ISSN 0288 - 6936

群馬高専レビュー

平成２６年度　　　　　　　　　　　　　　　　　　第　３３　号

目　　次

Scratch を用いた中学生向けプログラミング入門講座 ―電子情報工学科体験授業「チャレンジ ゲームプログラミング」の取り組み―

荒川 達也 *　牛田 啓太 *　大木 幹生 **

（2014 年 11 月 27 日受理）

1. はじめに

群馬工業高等専門学校 電子情報工学科（以下，「電子情報工学科」）では，2008（平成 20）年度より中学生向け体験授業として「チャレンジ 電子工作」「チャレンジ プログラミング」の 2 科目を実施してきた。群馬工業高等専門学校 体験授業は，中学生（受験生）向け PR 行事のひとつであり，毎年 8 月上旬に実施している。

前記の 2 科目は，電子情報工学科の専門における「電気･電子工学」「計算機ソフトウェア」の一端に触れてもらうべく企画したものである。いずれの科目も，3 時間（半日）での実施である。

「チャレンジ プログラミング」は，特にアルゴリズム（手順設計）を題材に，2 部構成で実施してきた。暗号を題材に理論的な側面を，画像処理の手順設計を題材に実践的な側面を，実習を交えて扱った。

この「チャレンジ プログラミング」を，2013（平成 25）年度よりリニューアルしたものが，**「チャレンジ ゲームプログラミング」**である。コンピュータゲームを題材に，その制作を通じてプログラミングに触れ，その考え方を体験・理解してもらうことを主眼とした。本稿では，この「チャレンジ ゲームプログラミング」の企画，および 2013･2014 年度における実施について報告する。

2.「チャレンジ ゲームプログラミング」の構想

「チャレンジ ゲームプログラミング」は，2011（平成 23）年度まで実施していた「チャレンジ プログラミング」のリニューアルとして計画した。

コンピュータゲームは，中学生にとって身近なコンピュータ活用事例のひとつである。電子情報工学科においても，コンピュータゲームから情報工学に興味を抱いて入学した学生が少なくない。これを題材にとることで，

- 中学生へのアピール
- 「ゲームが作れる」という「成果の想像のしやすさ」から意欲をもって取り組んでもらえること

を期待した。

プログラミング環境は，次の要請のもと，Scratch[1)] を選定した。Scratch は，2007 年にマサチューセッツ工科大学で開発された教育向けプログラミング環境で，Squeak（Smalltalk 環境のひとつ）[*1] 上で作られている。

1. 限られた時間で文法・規則を習得できること
2. ゲームに必要な入出力・メディア処理が容易なこと
3. プログラミングで重用される概念を学べること

Scratch は，これらの要請に，次の特徴で応えうる。

- 1. に対して，文字入力ではなく，部品を視覚的に組み合わせてプログラムする（ビジュアルプログラミング）こと
- 2. に対して，マウス・キー入力，画像の扱い（アニメーション等）が容易であること
- 3. に対して，Scratch のコード片は，基本的に構造化され，イベント駆動，オブジェクト指向の概念も含んでいること

Scratch は国内の教育においても実績があり（たとえば文献 2)），書籍・ウェブともに情報を入手しやすいことも，選定の大きな理由である。「チャレンジ ゲームプロ

* 電子情報工学科　** 教育研究支援センター

*1　http://www.squeak.org/（2014.08.18 現在）

表-1 2013年度「チャレンジ ゲームプログラミング」実施概要

日時	2013年8月7・8日 13:00–16:00 （半日；同内容で2回実施）
場所	群馬工業高等専門学校 電子情報工学科棟 情報処理実習室
実行環境	Windows Vista Business SP2 Scratch 1.4（日本語化済み）
対象	中学生（3年生を優先）
定員	各回20名

表-2 2013年度「チャレンジ ゲームプログラミング」実施タイムテーブル

開講式	ガイダンス，電子情報工学科紹介など	10分
サンプル試遊	スタッフ制作のサンプルゲームを試遊	20分
Scratch 速習講座	Scratchの基本事項について，実習を交えて説明	50分
ゲーム 制作実習	制作したいゲームのジャンルごとにグループを編成し，チュータの指導のもとでゲーム制作実習	60分
作品発表会	グループごとに優秀作品を推薦し，チュータがプレゼンテーション；制作した作品を受講生全員で試遊	30分
閉講式	学科長賞表彰，講評，受講修了証授与	10分

グラミング」の実施計画は，公式ウェブサイト[1)]，文献3)などの書籍，および，奈良工業高等専門学校における小中学生向けプログラミング講座の事例[4)]を参考に策定した。

3. 2013年度「チャレンジ ゲームプログラミング」

2013（平成25）年度「チャレンジ ゲームプログラミング」は，表-1のように実施した[*2]。

3.1. 実施計画

「チャレンジ ゲームプログラミング」のおもな内容は，次のとおりとした（タイムスケジュールは表-2）。

1. サンプルゲームの試遊で「何を作れるのか」を実感する。
2. 作品制作のために必要なプログラミングの考え方・技法を習得する。
3. Scratchプログラミングでゲームを制作する。
4. 作品を互いに試遊し，評価する。

また，受講生の作品から特に優秀なものを各日1点スタッフの合議で決め,「学科長賞」として表彰することにした。

体験授業実施に際し，電子情報工学科5年生および電子情報工学科卒業の専攻科生にチュータとして協力を依頼し，おもにゲーム制作実習において受講生の指導を担当していただいた。本授業は実習を中心に構成されており, 講義形式での基本事項の解説に割ける時間が短く, 実習時のきめ細かい指導が不可欠と判断したからである。

また，同時に，本授業においてスタッフに学生が含まれていること自体に少なくない意義がある。実習において，受講生は，チュータ学生がプログラミングをする姿を間近で見ることになる。これは，受講生が，電子情報工学科でどのような知識・技能・能力が身に付くかを在校生を通じて実感してもらう機会として機能している。

また，授業冒頭のサンプルゲームには学生スタッフ制作の作品も多く含まれている。作品発表会では受講生に代わってチュータがショートプレゼンテーションを行う。これらにも同様な効果を期待している。

協力いただく学生スタッフには，授業の趣旨と要領を周知するため，2回の事前説明会を実施した。

Scratchのバージョンは1.4を選定した（授業実施時〈2013年8月〉の最新バージョンは2.0）。バージョン2.0はオンライン開発環境であるため，受講者へのわかりやすさを優先し，インターネット接続を必要とせずに動作するバージョン1.4を選択した。実行環境と制作した作品は記憶媒体に収め，授業後も受講生が自宅等で作品のプレイやプログラミングを続けられるように配慮した。

受講生には，授業スライドおよび実習課題の内容と解説を記したテキストを配付することとした。

3.2. 授業の実施

2013年度「チャレンジ ゲームプログラミング」には，定員を大きく超える受講希望者があった。抽選にて40名を決定し，うち36名が受講した（4名の欠席）。

サンプルゲーム試遊では，スタッフ・学生スタッフの作品のほか，体験授業の趣旨に賛同してくださった電子

*2 2012（平成24）年度は「チャレンジ モーションキャプチャ」実施のため休止している。

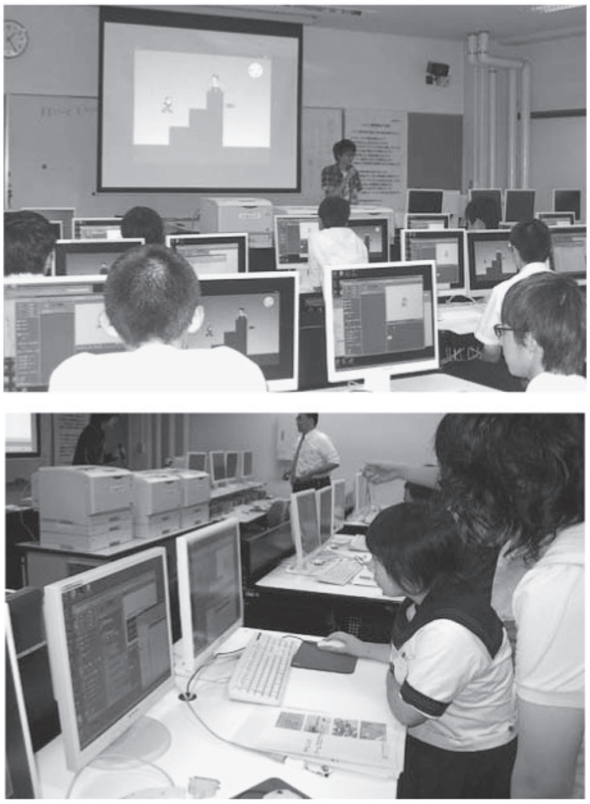


図-1　2013 年度「チャレンジ ゲームプログラミング」実施のようす

情報工学科学生が作品を制作・提供してくださり，10 点を超える作品が受講生に用意された。

「Scratch 速習講座」は，3 部構成とし，次の内容を扱った。

- プログラミングの考え方
- Scratch の使い方 1（操作方法），順次実行・繰り返しを交えた実習
- Scratch の使い方 2（簡単なプログラミング），条件分岐・イベント駆動を含んだ実習

ゲーム制作実習では，ゲームのジャンル（アクションゲーム，シューティングゲームなど）によって 5 グループを編成した。授業中に受講生に対して希望調査を実施し，できるだけこれに沿うように編成した。

実施のようすが図-1 である。2 日間で合計 20 名の学生スタッフにチュータとして協力いただいた。制作実習においては，学生チュータ 2–3 名で 1 グループを受け持った。教職員スタッフは担当グループを決めず，教室内を巡回し，繁忙となったグループのアシストや，トラブルシューティングを担当した。

ゲーム制作実習では，時間の制約を考慮し，冒頭のサンプルゲームの改良や，スタッフが骨格を作って用意したプログラムの細部を追加していく制作形態もとれるように準備した。オリジナルアイディアを準備してきた受講生，使用したいキャラクタのグラフィクス素材を事前に描いて用意してきた受講生もおり，本授業に対する期待の高さもうかがえた。

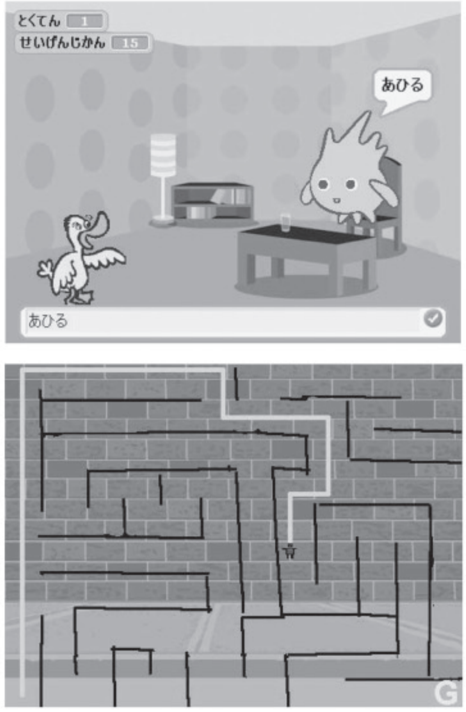


図-2　2013 年度「チャレンジ ゲームプログラミング」受講生の作品例（学科長賞受賞作品）

図-2 が受講生が制作した作品例である。実習時間が短かったにもかかわらず，学生チュータの熱心な指導もあり，ひととおりの動作をする作品が揃った。クイズ仕立てのタイピングゲーム，Tic tac toe（〇×ゲーム），迷路脱出ゲームなどの工夫を凝らした作品も制作された。グループごとにチュータが作品を推薦し，チュータが全受講生およびスタッフに向けてプレゼンテーションを行った。続いて作品試遊，学科長賞表彰を経て閉講した。

閉講に際して，チュータ推薦作品の中からの人気投票およびアンケートを実施した。このときに，改めて，本授業終了後の Scratch の利用方法，プログラミング学習の方法について説明した。

3.3. フォローアップの実施

学生チュータ推薦作品，およびその中から選ばれた受講生推薦作品は，授業実施後に電子情報工学科ウェブサ

図-3　第19回「工華祭」における電子情報工学科3年生による Scratch 作品展示および Scratch 教室

イトで発表した[*3]。

定員を大きく超える受講希望者があり，抽選漏れが多数出たことについては, 2013年度電子情報工学科3年生の厚意によりフォローアップできることとなった。2013年11月2･3日に開催された群馬工業高等専門学校第19回「工華祭（こうかさい）」（文化祭）において，3年生クラスは，電子情報工学科の学科紹介および学生による作品展示を企画しており，その一部として本授業のダイジェストが組み込まれた。この展示は電子情報工学科ウェブサイトで告知した。3年生による新作を含めた Scratch ゲーム作品の試遊，希望者への Scratch 講習，ゲームプログラミング体験を実施した（展示のようすは図-3）。

3.4. 実施に対する評価と考察

受講生アンケートは，群馬工業高等専門学校体験授業共通でのものである。無記名式で実施された。「チャレンジ ゲームプログラミング」での回収数は，2日で32通であった。

授業について問うた設問（「体験授業」に参加してどうでしたか；回答は3段階）は32通すべてで「参加して良かった」（3段階中の1）と回答されていた。自由記述意見に「楽しかった」と回答した受講生も多く（11通），全体的に好意的に評価されたとみることができる。

そのほか自由記述意見（本日の「体験授業」について，要望・感想等をお書きください）として，学生チュータの丁寧な指導が挙げられていた（9通）。「作品を作り上げた」という達成感も挙げられていた。一方，時間の不足，特に実習時間が短かったという指摘も見られた。

実習に際しては，自宅等で使用している PC 環境と異なる設定に起因して受講生が戸惑うことが予想されていたが，学生チュータのフォローもあってトラブルはなかった。

受講生の作品およびアンケートから，受講生はゲームを通じてプログラミングに触れ，「楽しかった」「いい経験だった」と評価された。学生チュータの指導が特記されていることから，電子情報工学科の学生をその能力とともに知っていただくことができ, PR にも有効に機能したと見受けられた。

*3　http://www.ice.gunma-ct.ac.jp/taiken/taiken2013/（2014.08.18 現在）

表-3　2014年度「チャレンジ ゲームプログラミング」実施概要

日時	2014年8月7・8日 9:30–15:30 （終日；同内容で2回実施）
場所	群馬工業高等専門学校 電子情報工学科棟 情報処理実習室
実行環境	Windows 8.1 Pro Update 1 Scratch 1.4（日本語化済み）
対象	中学生
定員	各回15名

4. 2014年度「チャレンジ ゲームプログラミング」

2014（平成26）年度「チャレンジ ゲームプログラミング」は，表-3のように実施した。

4.1. 実施計画および2013年度からの変更点

2014年度実施においては，2013年度で実施時間が短かったという受講生の意見を反映させ, 終日（5時間）での実施を計画した（タイムスケジュールは表-4）。

ゲーム制作実習の時間を，2倍の120分とした。受講生自身でプログラムを作成する時間が増えることを鑑み，制作実習の前に「ゲームプログラミング入門」の時間（60分）を設けた。簡単なシューティングゲームを題材に，ステップアップ式で Scratch によるゲーム制作のフローも含めて学ぶ（表-5）。これにより, 午後の実習に向けてプログラミングの基礎力を補強することにした。

その他の実施計画は, 2013年度に準じた。授業が長時間にわたることを考慮して，受講定員は各回15名とし

表-4　2014年度「チャレンジ ゲームプログラミング」実施タイムテーブル

開講式	ガイダンス，電子情報工学科紹介など	10分
サンプル試遊	スタッフ制作のサンプルゲームを試遊	20分
Scratch 速習講座	Scratchの基本事項について，実習を交えて説明	60分
ゲームプログラミング入門	示された手順に従い，簡単なシューティングゲームを制作する	60分
（昼休み）		
ゲーム制作実習	制作したいゲームのジャンルごとにグループを編成し，チュータの指導のもとでゲーム制作実習	120分
作品発表会	グループごとに優秀作品を推薦し，チュータがプレゼンテーション；制作した作品を受講生全員で試遊	30分
閉講式	学科長賞表彰，講評，受講修了証授与	10分

表-5　「ゲームプログラミング入門」実施内容

1. 敵キャラクタを動かす	敵を出現させ，左右に反復移動させる（繰り返し）
2. 自機の移動	自機を表示させ，左右キーの入力で左右移動させる（繰り返しと入力の監視）
3. 弾の発射	スペースキーの入力で弾を出現させ（イベント駆動），移動させる（繰り返し）
4. 命中判定	3. で実装した弾が 1. で実装した敵に命中したかを調べる
5. 得点の計算と表示	スコアの変数を用意し（変数），敵に弾が命中するたびに1点ずつ加算する（演算）
6. 画面設定	背景を作成する（素材の作成）
7. ゲームクリア処理	得点を監視し，5点に達したら背景をクリア画面に変更する
8. 効果音	イベントごとに効果音を鳴らす
9. 自由演習	テキストに示されたヒントを参考に，機能拡張を実装する

ている。

Scratchのバージョンは，2013年度と同じ1.4とした（体験授業実施時〈2014年8月〉に開発中であったバージョン2.0のオフライン版への移行は見送った）。

4.2. 授業の実施

2014年度「チャレンジ ゲームプログラミング」も，受講定員を大きく超える希望者があった。特に希望者が多かった8月7日実施分については，学生チュータの増員を依頼し，22名を受け入れることとした。2日間全体として，抽選により37名を決定し，36名が受講した。

図-4　2014年度「チャレンジ ゲームプログラミング」実施のようす

8月7日は8名，8日は7名の学生チュータ（電子情報工学科4･5年生[*4]）に協力いただいた。午前中の実習は巡回指導，午後の制作実習においては担当のグループを決めて，その受講生に対して巡回指導することを基本とした。また，チュータ学生の提案により，講義の一部の説明も学生が担当している。授業冒頭のガイダンスでは，チュータが電子情報工学科で作成したプログラム（特に4年後期の実験で制作した作品[*5]）を紹介した。

サンプルゲームは今回のチュータ学生が制作したもののほか，昨年度（2013年度）に制作されたサンプルも用意した。

午後のゲーム制作実習は，7日は4グループ，8日は3グループで実施した（実習のようすは図-4）。昨年度に比べて実習時間が長いため，実習作業の前に担当チュー

*4　4年生は，3.3節で述べたように，2013年度「工華祭」（文化祭）で「チャレンジ ゲームプログラミング」のフォローアップに相当する展示を実施している。そこで得られたノウハウも体験授業の参考にしたく，協力を依頼した。

*5　電子情報工学科4年次後期の実験実習は，半年をかけて実施される自主課題制作・製作である。エンジニアリングデザイン力の涵養も企図している（報告は文献5)）。

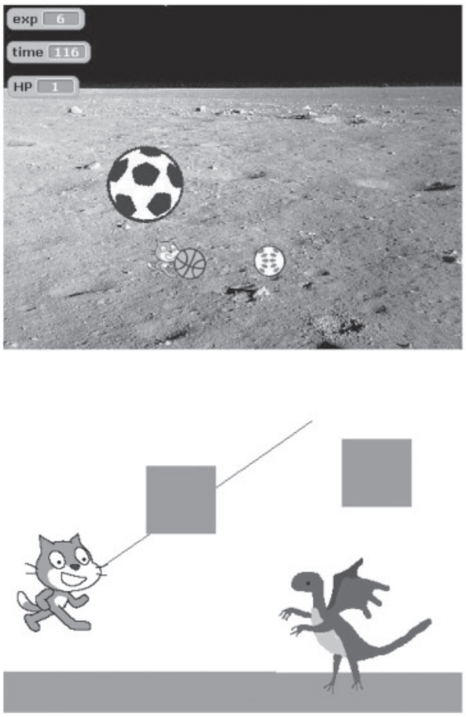


図-5　2014年度「チャレンジ ゲームプログラミング」受講生の作品例（学科長賞受賞作品）

タ学生が補足講義を行ったグループもあった。午前中の「ゲームプログラミング入門」で制作したプログラムから改良する受講生も見られた。今年度も，グラフィクス素材を事前に準備していた受講生や，考えてきた作品アイディアを実習開始と同時にチュータに相談する受講生が見られた。

受講生の作品例は図-5である。昨年度と比較し，長く確保された実習時間を活用して，受講生が試行錯誤した跡が見られた作品が多かった。たとえば，敵キャラクタの動きが複雑であるシューティングゲームや，物語性の高いロールプレイングゲームなどが制作された。チームで制作した受講生も見られた。

実習について，会場の計算機システムが2014年度に更新されたため，機材の変更やファイル転送の手順の変更に起因して時間を要する場面があった。そのためもあり，授業終了が予定より遅れて15:40ごろとなった。

4.3. フォローアップの実施

2014年度「チャレンジ ゲームプログラミング」においても，学生チュータ推薦作品・受講生推薦作品を電子情報工学科ウェブサイトで発表した[*6]。

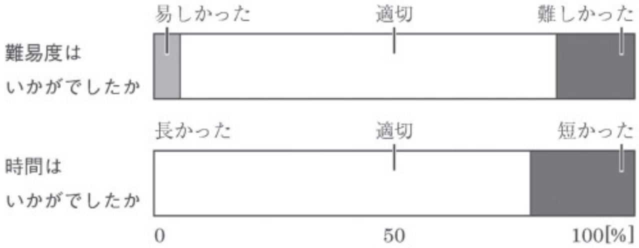


図-6　2014年「チャレンジ ゲームプログラミング」受講生アンケート集計結果（2日分；回収数34）

また，2014年11月に実施した中学生向けの学校見学会において，本授業で使用したサンプル作品などを展示した。

4.4. 実施に対する評価と考察

2013年度と同様に実施されたアンケート（3.4節参照）については，2日間で36通を回収した。「『体験授業』に参加してどうでしたか」の設問は，33通（92%）が「参加して良かった」，残り3通が「まあまあだった」と回答していた[*7]。12通に自由記述欄に「楽しかった」と記載があった。

2014年度実施においては，優秀作品の推薦と同時に「チャレンジ ゲームプログラミング」独自のアンケート調査（無記名式）も実施した。この集計結果（おもな項目）が図-6である。回収数は34通であった。

難易度については，26名（76%）が「適切」と回答した。「難しかった」と回答した受講生は意見・感想（自由記述）において「時間がかかった」等を回答しており，デバッグ等に時間がかかり難しく感じたと推測される。前年度指摘された授業時間について，76%が「適切」と回答した。「短かった」と回答した8名はいずれも特に実習時間が短かったと回答している。その中には「思ったより複雑だった」と感想を述べているものもあり，自主制作で期待していた作品の規模に対してプログラミングに手間がかかることを実感したものと推測される。

両アンケートの自由記述では，7名の受講生が学生チュータについて，「優しく，分かるように教えてくれた」「気軽に尋ねられた」のように言及していた。また，プログラミングについて理解できた，大変さがわかった，

*6　http://www.ice.gunma-ct.ac.jp/taiken/taiken2014/gameprog.html（2014.08.18 現在）

*7　2013年度の同設問の回答（3.4節）と比較してカイ二乗検定を実施したところ，$p = .095$ であり，5%水準での有意差は認められなかった。

などプログラミングそのものについて言及が多くなった（2013 年度ではプログラミングそのものについて明示的に述べている受講生は 1，2 名であった）。実習時間が長く，受講生自身が考える時間が増えたことによる効果のひとつと考えられる。

5. 考察

2 年 4 回の「チャレンジ ゲームプログラミング」の実施について，受講生の作品から，また，学生チュータの協力の点から考察する。

5.1. 受講生の作品とプログラミングの理解

計 4 回の授業における受講生の作品は，3.2 および 4.2 節で述べたように工夫を凝らしたものも多かった。

受講生の作品のプログラムでは，順次実行・選択実行・繰り返しといったプログラミングの基本的概念，およびイベント駆動は適切に使用されているものが多かった。一方，変数を用いるべき部分で困難を覚えていると推測されるものがあった。シューティングゲームにおける「スコア」，ロールプレイングゲームにおける「体力」のように，プレーヤに明示される変数は適切に使用できるものの，「ステージ･物語の進行度」のような内部状態を表す（明示されない）変数・フラグの使用は難しいようである。このような変数の使用法は制作実習前の講義では扱っておらず，一方で制作実習で必要となる概念である。講義における要改善事項のひとつといえる。

プログラミングへの理解全般は，2014 年度の講義･実習の時間増で高められたと評価するが，まだ十分といえる水準には至っていない。しかし，特に時間制約が強い体験授業では，安易に時間増を図ることは難しく，これ以上の時間確保のためには，進行をスムーズにするなどの対応，受講生の作品を精査した上での講義内容の組み立てが検討事項となってくる。

5.2. 学生チュータの位置づけ

「チャレンジ ゲームプログラミング」の企画から実施においては，多くの学生がその趣旨に理解を示し，協力くださった。直接チュータを引き受けてくださった学生のほかにも，3.2 節で述べたようにサンプルを提供してくださった学生，3.3 節で述べたフォローアップにあたる展示を実施してくださった 3 年生など，企画時の予想よりも大きな協力をいただけた。

実習におけるチュータ学生は，受講生がプログラミングを楽しみ，達成感を得られるよう腐心して準備してくださった。また, 実習では親身に考え, 懇切に指導していた。これらが「チャレンジ ゲームプログラミング」の受講生からの高い評価の要因のひとつであるといえよう。

長期的には，本授業を受講し，電子情報工学科に入学した受講生が，高学年次において，自分が受講生として指導されたときと同じように，体験授業等において，自分が何を学んできたかを語り，それを行動・指導で実践できるよき案内役となることを期待する。そのためには，電子情報工学科在学生の学力の維持向上が教職員の課題であることは言うまでもない。

6. まとめと今後の課題

本稿では，群馬工業高等専門学校 電子情報工学科の中学生向け体験授業として企画し，2013・2014 年度に実施した「チャレンジ ゲームプログラミング」について報告した。プログラミング環境として Scratch を選定し，ゲームを題材にすることで，受講生のモチベーションを高め, 導入と目標設定を容易にすることを狙った。また，多数の電子情報工学科学生にチュータとして協力いただき, きめ細かい指導のもと実施した。2013 年度半日で実施した授業を 2014 年度では終日とし，プログラミングのいっそうの理解と充実したゲーム制作を図った。電子情報工学科学生の多大な協力のもと，受講生に評価の高い授業を展開できたと総括できよう。

本体験授業のほかにも，Scratch を利用した体験授業が全国で実施され，報告されている。たとえば，高校生向け [6]，女性情報技術者育成を企図した女子小学生向けの講座 [7] が展開されている。Scratch が短時間でのプログラミング講座の有力な環境として認知・活用されていることがうかがえる。

2012（平成 24）年度より完全実施された中学校の『新学習指導要領･生きる力』[8] では，技術家庭科においてプログラミング [*8] が選択から必修となった。そのため，プログラミング教育にいっそうに注目が集まっている。プ

*8　第 2 章 第 8 節〔技術分野〕2 D (3) イ に「情報処理の手順を考え，簡単なプログラムが作成できること。」と記載がある。

ログラミングを含めた情報工学を専門としている電子情報工学科では，「中学校卒業生を受け入れる」「専門教育を実施する」という特質を活かして，中学校の正課とは異なるアプローチからのプログラミング教育として，この「チャレンジ ゲームプログラミング」を中学生にアピールし，今後も多数の中学生に受講していただければと考えている。

現在，2 年間の実績に基づき，時間配分・講義内容を改良するとともに，開講準備と進行ノウハウを確立させることが課題であると認識している。学生を含めた学科全体のいっそうの理解を得て，高い質で安定して実施できる授業として継続的に展開できればと考えている。

謝辞

体験授業「チャレンジ ゲームプログラミング」実施に際してご協力いただいた，群馬工業高等専門学校 電子情報工学科 鶴見智先生，雑賀洋平先生，崔雄先生，および，教育研究支援センター 森田真司氏に感謝いたします。また，チュータとしてご尽力いただいた岡田悟氏，石脇滉己氏，井上航氏，今村美聡氏，梅澤浩然氏，江原宏紀氏，笠原彰人氏，菊池健太氏，小林隆人氏，櫻井健太氏，佐藤健太氏，佐鳥恭太郎氏，須田雄大氏，田代晶久氏，田島彰規氏，西尾さつき氏，平石亮氏，皆川純氏，村木幹実氏，山田竜也氏（2013 年度），小川直希氏，荻原昂大氏，小嶋雄大氏，小針和也氏，佐藤紗都氏，高橋千優氏，藤間黄純氏，長谷川正樹氏，藤井賢吾氏（2014 年度）に感謝するとともに，今後のご活躍を期待します。

参考文献

1）Scratch - 想像、プログラム、共有，http://scratch.mit.edu/（2014.08.18 現在：英語版ページの表題は「Scratch - Imagine, Program, Share」）

2）森秀樹，杉澤学，張海，前迫孝憲：Scratch を用いた小学校プログラミング授業の実践：小学生を対象としたプログラミング教育の再考，日本教育工学会論文誌，Vol. 34，No. 4，pp. 387–394，2011

3）石原正雄：スクラッチアイデアブック ―ゼロから学ぶスクラッチプログラミング―，カットシステム，ISBN978-4-87783-217-9，2009

4）松村寿枝，内田眞司，山口智浩：Squeak を用いた小中学生のためのプログラミング講座 ―奈良高専情報工学科公開講座―，高専教育，No. 34，pp. 685–690，2011

5）荒川達也：電子情報工学科大規模実験の教育目標と効果，平成 25 年度全国高専教育フォーラム，AK11_1_2，2013

6）大熊一正，恐神正博，篭谷隆弘，四折直紀，杉原一臣，山西輝也：高校生を対象とした Scratch プログラミング体験授業の実施とその展開，福井工業大学研究紀要，No. 43，pp. 426–437，2013

7）Tech Girls 1DAY CAMP を 開 催！：http://techkidscamp.jp/event/2014/03/entry_17.html（2014.08.18 現在）

8）文部科学省：中学校学習指導要領 平成 20 年 3 月告示，東山書房，ISBN978-4-8278-1461-3，2008（ウェブ版は http://www.mext.go.jp/a_menu/shotou/new-cs/，2014.08.18 現在）

Challenge Game Programming: An Introductory Course of Programming for Junior High Students Using *Scratch*

Tatsuya Arakawa, Keita Ushida and Mikio Oki

The authors report an introductory course of computer programming for junior high students. The theme is game programming, which is familiar to them. *Scratch* is adopted as the programming environment because it is easily approachable. Enrolled students cooperated as mentors. The first half of the course is the lecture of introduction to programming and basics of *Scratch* programming. The latter half is practice of game programming under instruction of mentors. The courses have been carried out in 2013 and 2014. Most the students taking the course are satisfied with the course. Improvement of the contents of the course and efficiency of operation based on the feedback are current issues.

浄化槽処理水の間欠ばっ気運転における窒素除去効果の検討

堀尾 明宏* 平 靖之** 宮本 正雄***

(2014 年 11 月 24 日受理)

1. はじめに

群馬工業高等専門学校では、校内に浄化槽が設置されており、昭和 61 年 4 月に使用開始し、既に 28 年経過している。初期の浄化槽であるため、BOD、SS 除去を主流とした窒素除去機能の有しない接触曝気法が採用されている。今日、富栄養化対策に重点が置かれ、中大規模の浄化槽では窒素除去機能を有した浄化槽が主流となっている。今後、窒素除去機能を有しない浄化槽の窒素除去対策が求められる。

下水処理場では消費される電力量のうち送風機が占める割合は 30〜50%[1] と高い。浄化槽においても同様であり、それは通常流入がない深夜等において常時ばっ気している状況にある点が挙げられる。東日本大震災以降は省エネルギー化がより一層叫ばれるようになり、エネルギー消費を抑えることが益々必要となってきている。このことを受け、現在の高専内浄化槽では、校内消費電力のピーク時刻と深夜帯の数時間に本校浄化槽反応タンクの曝気を停止する間欠曝気が行われている。

排水処理分野では、これまでにも過ばっ気防止を目的に間欠ばっ気運転方式を試みている事例[2]がある。この効果としては、消費電力の低減と窒素除去効果を期待している。しかし一方では、安易な間欠ばっ気運転は処理水質悪化を招く恐れもある。

以上のことから､本研究では本校浄化槽を対象として、複数の間欠ばっ気系において処理水質及び消費電力を調査し、間欠ばっ気運転による窒素除去効果と併せて最適運転条件下における省エネ効果について検討した。

2. 本校浄化槽概要

本校浄化槽は処理目標水質 BOD20mg/L 以下を目標に排水処理し、河川へ放流している。計画流入汚水量は 195m^3/day であり、実流入汚水量は 138m^3/day(平成 22 年日平均値)である。処理対象人員は 679 人であり、実使用人員は 1,173 人である。流入汚水は流量調整槽を経た後、2 系列に分岐され、反応タンク第 1 槽、第 2 槽、沈殿槽の順に処理され、消毒後放流される。また、沈殿槽内汚泥は、汚泥濃縮槽で濃縮されたのち、貯留槽に貯留されて定期的に系外へ引き抜かれる。

3. 実験内容

3.1 運転条件

本実験の運転条件を図-1 に示す。運転は、現在から平成 25 年 7 月 29 日と同年 8 月 16 日〜9 月 15 日を計 6 時間/日停止(高専現行運転；間欠ばっ気-3hr 系)、同年 7 月 29 日〜8 月 16 日、同年 9 月 15 日〜12 月 16 日を計 12 時間/日停止(間欠ばっ気-6hr 系)、同年 12 月 16 日〜12 月 21 日を計 13 時間/日停止(間欠ばっ気-8hr 系)、同年 12 月 21 日〜翌年 1 月 17 日をばっ気停止なし（連続ばっ気系）として設定し、実験を行った。

3.2 実験方法

1) 間欠ばっ気系における DO 消費及びその回復の挙動

実験は、反応タンク第 2 室の各測点におけるばっ気停止後の DO 経時変化とばっ気再開後の DO 回復時間を調査

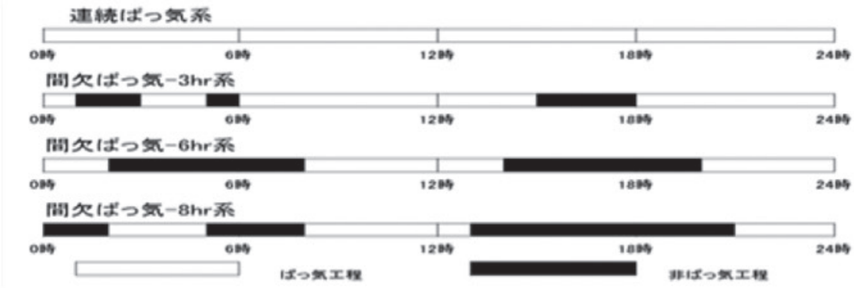


図-1 本実験における運転条件

*環境都市工学科 **物質工学科 ***教育研究支援センター

した。間欠ばっ気時間は、間欠ばっ気-3hr 系と間欠ばっ気-6hr 系で行った。

2) 硝化脱窒の挙動及び硝化速度の推定

実験は、間欠ばっ気-6hr 系で反応タンク 1 室において下水の流入を止めた場合の硝化と脱窒の挙動を調査した。

3) 各種工程内の放流水質の比較と流入水との比較検討

実験は、3.1 の期間において連続ばっ気系、間欠ばっ気-3hr 系、間欠ばっ気-6hr 系、間欠ばっ気-8hr 系の各運転条件下において、一定期間馴致した後、放流水質を調査した。また、間欠ばっ気-3hr 系、間欠ばっ気-6hr 系機関での流入水(流量調整槽からの移流水)を調査し、それぞれの処理水と比較した。

3.3 サンプリング方法及び分析測定項目

1) 水点の設置及び采水方法

反応タンク測点は、1 室、2 室ともに槽内底部の散気管出口付近に 2 点(測点 1、3)及び接触材の隙間に 1 点(測点 2)とした。採水点は反応タンク各測点、分水計量槽(原水)及び消泡ポンプ槽(放流水)、分水計量槽 (流入水) とした。反応タンク各測点及び消泡ポンプ槽では採水瓶を用い水深 1m から、分水計量槽内水は直接ボトルに採水した。

2) 分析測定項目

分析項目は、水温、 DO、pH、ORP、T-N 濃度、NOx-N 濃度、NO_2-N 濃度、NH_4-N 濃度、PO_4-P 濃度、SS、BOD とした。水温及び DO は投げ込み式 DO メータ、pH 及び ORP は pH メータで測定した。T-N は紫外線吸光光度法により分析した。NOx-N、NO_2-N、NH_4-N、PO_4-P はオートアナライザーで分析した。SS はガラス繊維濾紙法により測定した。BOD は JIS K 0102 21 に準じた。

4. 実験結果及び考察

4.1. 反応タンク内の水質の挙動

1) 間欠ばっ気系における DO 消費及び回復の挙動

ばっ気停止後の反応タンク 2 室各測点の DO経時変化を図-2 に示す。間欠ばっ気-3hr 系では水温 24.7℃で平均 DO 減少速度 1.4mg/L/hr、間欠ばっ気-6hr 系では、夏期水温 25.2℃で平均 DO 減少速度 1.4mg/L/hr、秋期水温 22.6℃で平均 DO 減少速度 1.2mg/L/hr であった。この結果より、夏期25℃、秋期23℃で、飽和(最大)DO濃度8.11、8.32mg/L から計算すると、脱室に必要な条件とされる DO0mg/L になるためにはそれぞれ 5.8、6.8h の停止が必要となった。いずれも接触材付近では散気管付近より DO 減少速度が大きかった。なお、水温と DO 減少速度に正の相関傾向(R=0.76)が見られたことから、水温が高いほどばっ気停止後の反応タンク内DOが 0mg/L付近まで消費される時間は短くなると言える。また、いずれも DO はばっ気再開後およそ 30 分でばっ気停止前の値まで回復した。以上の結果より、ばっ気停止時間を夏期 6h、秋期、冬期 8h で検討した。

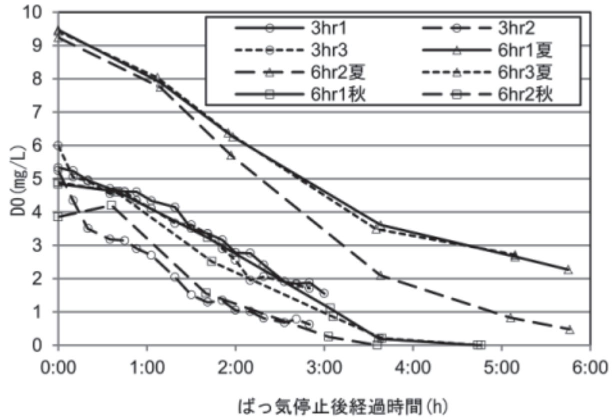


図-2　ばっ気停止後の DO の経時変化

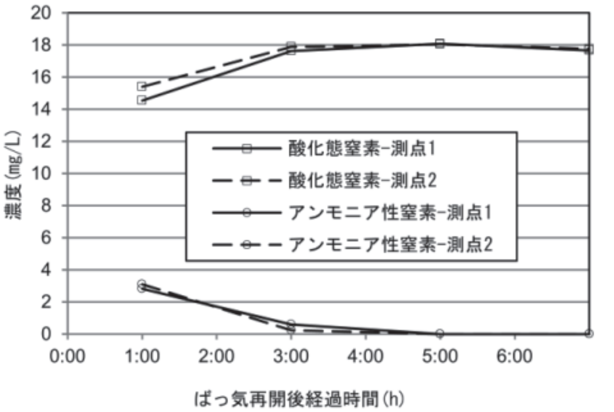


図-3　ばっ気再開後の酸化態窒素濃度

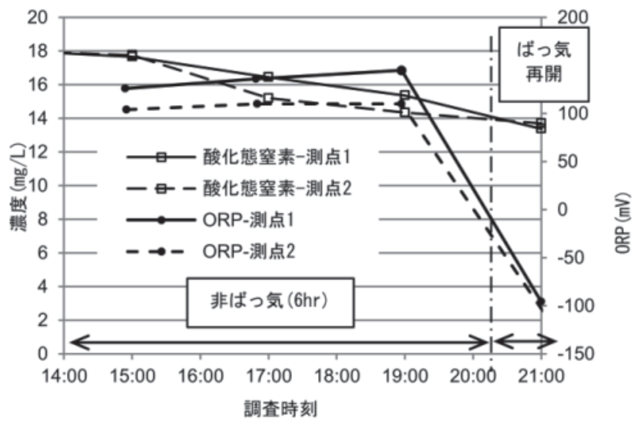


図-4　ばっ気停止後の酸化態窒素濃度と ORP

2) 硝化脱窒の挙動及び硝化速度の推定

槽内平均水温は 22.6℃であった。

ばっ気再開後の測点 1、2 における NOx-N 濃度及び NH_4-N

濃度を図-3 に示す。NOx-N 濃度増加速度を硝化速度として算出すると槽容量当たりの硝化速度は接触材付近で 1.2 mg-N/L/hr、散気管出口付近で 1.5mg-N/L/hr であった。本実験では接触材に付着している生物膜量(SS)を求めることができなかったため、Yoshino ら[3]の実験結果をもとに生物膜量当たりの硝化速度を算出した。その結果、接触材付近で 3.2 mg-N/g-SS/hr、散気管出口付近で 3.3mg-N/g-SS/hr となった。これは水温 20℃で三島ら[4]が得た値 4.4 mg-N/g-SS/hr 及び李ら[1]が得た値 3.9mg-N/g-SS/hr と比較するとやや小さかった。また、硝化が完全に進行するまでにおよそ 3 時間を要したことから、本校浄化槽の生物膜量および水温 22.6℃の条件では、完全硝化のために 3 時間以上のばっ気が必要であると言える。

ばっ気停止後の測点 1、2 における NOx-N 濃度と ORP を図-4 に示す。槽内 NOx-N 濃度は非ばっ気工程前後（15:00 と 21:00）で比較すると散気管出口付近で 3.7mg/L、接触材付近で 4.0mg/L の減少となり、大差はなかった。一方、ばっ気停止（非ばっ気工程内）の 17:00 と 19:00 においては、NOx-N 濃度は散気管付近より 1mg/L 程度低くなった。また、ORP はばっ気停止 5h 後では依然プラスにふれていたが、ばっ気再開後ではマイナスにふれていた。NOx-N 濃度の減少傾向から、生物量の多い接触材付近では、脱窒しやすい傾向にあると考えられる。

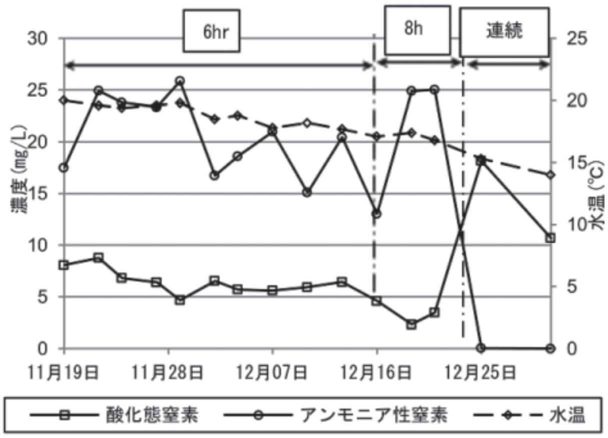


図-5　各運転の放流水各態窒素と水温

3）各種工程内による放流水質の比較

11 月以降の各運転の放流水 NOx-N 濃度、NH_4-N 濃度及び水温を図-5 に、各運転の平均放流水質を表-1 に示す。水温 25℃を超える条件では間欠ばっ気-3hr 系、間欠ばっ気-6hr 系ともに BOD は 7.0、6.1mg/L と大変良好であり、T-N 濃度はともに 23mg/L であった。一方、11 月以降の水温 20℃を下回る条件では間欠ばっ気-6hr 系で BOD18mg/L と処理目標水質 20mg/L 以下を下回ったが、水温 25℃時に比べ、3 倍ほど高くなった。また、硝化は進行せず NH_4-N 濃度が高かった。さらに、同条件において間欠ばっ気-8hr 系では BOD34mg/L と悪化し、硝化は進行せず NH_4-N 濃度が高かった。従って、水温が低下する冬期に 6 時間以上の非ばっ気時間を設けることは好ましくないと言える。

4.2　各工程間での放流水質と流入水質の評価

1）　流入水質と放流水質の差による窒素除去効果

7 月から 12 月の間、間欠ばっ気系-3hr 系と-6hr 系でそれぞれに運転し、水質調査を行ったが、この間の BOD、T-N の流入水質(n=12)の平均値は、それぞれ 56mg/L、43mg/L であり、BOD/T-N 比は 1.3 であった。中島ら[5]は流入負荷量が低いリゾートマンション浄化槽での断続ばっ気運転の窒素除去効果を報告しているが、その中で最大 T-N 除去率が BOD/T-N=3 で約 70%、BOD/T-N=2 で約 50%、BOD/T-N=1 で約 30%としており、水素供与体としての有機物が低い場合には除去率の低下を示している。本校の浄化槽でも BOD/T-N が 1.3 と低く、脱窒に必要な有機炭素源が少ないことがわかる。流入水に対する放流水の窒素除去率は、約 35%であった。

2）　各間欠ばっ気運転による窒素除去効果の評価

表-1 より、放流水質での連続ばっ気系と間欠ばっ気系での窒素除去効果を比較すると、連続ばっ気系で 25mg/L に対して、3h 系、6h 系では 23mg/L であり、ともに 2mg/L 程度の差であった。脱窒効果が低い理由としては、脱窒工程である非ばっ気工程時でも DO が残存している時間が多いため、十分な嫌気条件を作り出すことができないことと、前述のとおり反応タンク内での水素供与体である有機炭素源が不足していることが考えられる。

3）　各運転の評価と消費電力の積算

水温が 22℃を超える期間において 3 時間のばっ気で十分硝化が進行するのに対して、水温が 20℃を下回る期間

表-1　各運転の平均放流水質

項目	連続ばっ気系	間欠ばっ気-3hr 系	間欠ばっ気-6hr 系		間欠ばっ気-8hr 系
			8 月	12 月	
水温(℃)	12	25	25	17	17
BOD(mg/L)	19	7.0	6.1	18	34
SS(mg/L)	2.1	12			1.1
T-N(mg/L)	25	23	23	33	41
T-N 除去率(%)		50	39	22	

においては6時間のばっ気でも硝化は進行せず、脱窒に問題が生じることがわかった。従って、本校浄化槽の最適な間欠ばっ気運転を評価した場合、水温20℃を境に考えて、5～11月(7か月)は間欠ばっ気-6hr系、12～4月(5か月)は間欠ばっ気-3hr 系が妥当と考えられる。この運転で考えた場合、年間消費電力量と電気料金(単価 2012年平均19.1円/kWh)はそれぞれ58,700kWh、112万円となった。また、2012 年度の東京電力㈱の排出係数は0.000406(t-CO_2/kWh)[6)]であることから、CO_2排出量を計算すると 23.8t-CO_2/年となった。本来の連続ばっ気運転と比較すると、年間38,500kWh、73万円、15.6t-CO_2の削減が見込まれた。

5. まとめ

高専浄化槽の間欠ばっ気運転による処理水の窒素除去効果の検討を行った結果、以下の知見が得られた。

(1)間欠ばっ気系におけるDO消費及び回復の挙動

ばっ気停止後および再開後の DO の挙動を調査した結果、夏期水温25℃、秋期水温23℃で平均DO減少速度はそれぞれ1.4mg/L/hr、1.2mg/L/hrであった。水温とDO減少速度に正の相関傾向(R=0.76)が見られた。また、それぞれの時期で、脱窒に必要な条件とされるDO0mg/Lになるためにはそれぞれ5.8、6.8hのばっ気停止が必要となった。DOはばっ気再開後およそ30分でばっ気停止前の値まで回復した。

(2) 硝化脱窒の挙動及び硝化速度の推定

秋期23℃の実験では、硝化が完全に進行するまでにおよそ3時間を要した。槽容量当たりの硝化速度は接触材付近で1.2 mg-N/L/hr、散気管出口付近で1.5mg-N/L/hrであった。

(3) 各種工程内による放流水質の比較

水温 25℃を超える条件では間欠ばっ気-3hr、-6hr 系ともにBODは良好であったが、6hr系で水温20℃を下回る条件ではBODは悪化し、硝化が不十分であった。冬期水温17℃での間欠ばっ気-8hr系ではさらに悪化した。冬期に6時間以上の非ばっ気時間を設けることは好ましくないと言える。

連続ばっ気系といずれの間欠ばっ気系での放流水中の窒素濃度には、差は小さく、間欠ばっ気運転による窒素除去効果は低かった。

(4) 各運転の評価と消費電力

本校浄化槽の最適な間欠ばっ気運転は、5～11月(7か月)は間欠ばっ気-6hr系、12～4月(5か月)は間欠ばっ気すると年間112万円となり、本来の連続ばっ気運転と比較して年間73万円の削減が見込まれた。

6. 謝辞

本研究は、環境都市 13 期生　中沢禎文君の卒業テーマであり、数多くのデータ収集等に感謝します。また、併せて平成２５年度学科等教育連携推進経費の助成を受けて実施できたことを感謝します。

参考文献

1) 榎本博ら:下水処理場の送風機設備におけるエネルギー評価手法、学会誌「EICA」第11巻第2,3号、合併号(2006)
2) 李先寧ら:間欠曝気を用いた小型合併処理浄化槽の窒素除去特性、浄化槽研究、Vol1.11、No.1(1999)
3) Tsuneo Yoshino ら:Effect of nitrogen load and water temperature on nitrification efficiency of nitrification tank using submerged bed process、Japanese Journal of Water Treatment Biology、Vol.31、No.1、16～19(1995)
4) 三島浩二ら:担体投入型活性汚泥法の硝化特性とその影響因子に関する研究、水環境学会誌、Vol.21、No.4、237～243(1998)
5) 中島淳ら:生活排水の断続曝気処理施設における低負荷運転時の窒素除去特性, 水環境学会誌、Vol.20、No8、519-525(1997)
6) 環境省:平成 24 年度の電気事業者ごとの実排出係数･調整後排出係数等の公表について、環境省報道資料、平成25年12月19日

Examination of nitrogen removal during Johkasou water treatment via intermittent aeration

Akihiro HORIO, Nobuyuki TAIRA and Masao MIYAMOTO

This study was performed using the Johkasou system installed at the Gunma National College of Technology, which uses a contact aeration process to effect water treatment. This system does not have denitrification capabilities. Several intermittent aeration modes were surveyed to investigate their effects on the total nitrogen (T–N) removal performance and energy efficiency. The water temperature was significantly correlated with the decreased velocity of dissolved oxygen (DO); the decreases at 25 and 23°C were 1.4 and 1.2 mg・$(L \cdot hr)^{-1}$, respectively. The aeration time required to achieve DO 0 mg・L^{-1} was more than 6 h. The time required upon restarting to reacquire the DO value observed during aeration was 30 min. It was thought that an aeration period exceeding 3 h was necessary for denitrification. Intermittent aeration times of 3 and 6 h exhibited good biochemical oxygen demand (BOD) values at more than 25°C. However, at water temperatures lower than 20°C, the effluent BOD was approximately 3 times higher, denitrification did not proceed, and the NH4-N concentration became high. The denitrification effect was not able to expect the big effect in comparison with consecutive aeration mode.

As a result of this study, we concluded that the most suitable operating conditions for intermittent aeration would employ a 3 h application from December to April, and a 6 h application from May to November. The energy costs were calculated to be 1,120,000 yen·year−1 based on the most suitable operating conditions. In comparison to the consecutive aeration mode, the energy, environmental, and cost savings with intermittent aeration were calculated to be 38,500 kWh, 15.6t-CO2, and 730,000 yen per year.

平成27～30年度用「コミュニケーション英語Ⅲ」
――文部科学省検定済新英語教科書案内――

横山　孝一*

（2014年11月27日受理）

はじめに

これで高等学校・高等専門学校１～３年生用の新課程「コミュニケーション英語」の教科書が出揃った。結局、文科省の当初の意図とは裏腹に、「英語講読」の教科書であることに変わりはなく、*English Communication* という書名がちぐはぐな印象を与えるばかりだ。特に３年生用は、変更前の *English Reading* のほうが教科内容を正しく表わしているように思われる。まだきちんと確立していない、日本語に訳さずに英語を使って教える教授法で、英語を英語のまま理解するといった理想論が建前となり、速読でなければとても終わりそうにない大量の英文を載せた教科書や、日本語でも難解な内容の原文をそのまま集めた教科書も現われている。やる気のある若者の能力をどんどん伸ばすのはよいことだが、未消化と挫折を招く授業になってしまっては、ゆとり教育導入の原因となった落ちこぼれをまた増やすことになりかねない。幸い、以下にあげる教科書 17 冊は、難易度や編集方針に違いが見られる。選択の幅は予想以上に大きいかもしれない。まずは、各学校のレベルに合った、読んでおもしろい本を見つけることが、授業を成功させるカギとなるにちがいない。

今回出た教科書の特色を簡単にまとめておこう。新課程以前の *English Reading* で定番になっていた、冒頭で、リーディング・スキルを具体例つきで紹介する形式を残した教科書がけっこうある。また、「コミュニケーション英語」と改名したため、各課本文の終わりには英語で発表する課題が用意されたが、多くはおまけ的な要素が強い。

英文の内容は、いつもながら環境問題（地球温暖化、水・食料の不足）とそれを解決する科学技術の展望、貧しい途上国を助ける取り組み、人種差別撤廃の理想（おなじみのキング牧師、黒人初の大リーガーとして苦労したジャッキー・ロビンソン、第二次大戦中輸血法を確立したのに人種差別をまのあたりにしたチャールズ・ドリューなど）、日本文化（世界に誇る、浮世絵・マンガ・スカイツリー）が目立つ。熱帯雨林や氷河が消えていく一方、IT 技術や生命工学の発達で都市化が進む現代の世界が実感できるが、未来に希望が持てる内容になっているか疑問である。山積した難問を解決するのは、教科書を読む学生たちの熱意ということなのだろうが。

登場する日本人の筆頭は、iPS 細胞を開発した山中伸弥教授だ。昨年の *Ⅱ* 同様、わが国に帰化したドナルド・キーン氏も大きく扱われている。紫式部、坂本竜馬、嘉納治五郎、金子みすゞ、杉原千畝、司馬遼太郎、緒方貞子など一般に名前がよく知られている人物、石井幹子、森本喜久男、吉岡幸雄、中西麻耶、宮脇樹里、大崎茂芳、菅井円加、東儀秀樹、舘野泉、天野篤、瀬谷ルミ子など、各分野で活躍する現代の日本人が紹介されている。堀達之助、金栗四三、山口安次郎などの偉業を回顧する教科書もある。

外国人では、スティーブ・ジョブズを扱った教科書が圧倒的に多かった。死を意識してこそ充実した人生が送れるというメッセージは傾聴に値する。末期癌で最終講義を行なったランディ・パウシュ教授の話もその死ゆえにズシリと重い。サンデル教授は、社会道徳を自分の頭で考える大切さを教えてくれる。アメリカの大学は検定教科書の題材に適しているようで、被験者に映像を見せて白服のパスしたボールを数えさせると半数が黒い着ぐるみのゴリラの登場を見逃すというハーバードの心理実験や、５ドルと２時間でいくら稼げるかチームで競わせたスタンフォードの課題を複数の教科書が紹介している。今回、時事的関心からミャンマーの民主化指導者アウンサンスーチーも数社が取り上げているが、なぜか、過去に起きたモナリザの盗難事件や、ナチスを騙したフェルメールの贋作画家ファン・メーヘンもいくつかの教科書が題材に選んでいる。政治の話よりはおもしろそうだ。なお、２社が再び光をあてたヘレン・ケラーの体験は、いまなお感動的で、時代を超えて読む価値があるだろう。

以下は、筆者の勤務校（国立群馬工業高等専門学校）に届いた教科書見本 17 冊（到着順）の概要と各課本文の要約である。

*人文科学系・英米文学

1）*Compass: English Communication Ⅲ*（岡田圭子ほか５名、大修館）

unit 1 に読解のテクニックを小文とともに示す *English Reading* 時代の構成を残した。英語を読むことが主目的だが、今回 *English Communication Ⅲ* と名称が変わったため、Further practice のＣでスピーキングとライティングの問題が用意されている。unit 3 の英文は軽めで、速読・自習用に使える。

unit 1

① 読む前にわかること
　日本の人口ピラミッド――1955 年と 2011 年の比較。
　イソップ物語「カラスと水差し」。

② パラグラフの基本構成
　博物館の魅力 / 人々のミツバチへの関心。

③ パッセージの構成
　現代社会を生き抜くためのストレス対処法。

④ 論説文の読み方①
　交通渋滞など日常生活で見られるバタフライ効果。

⑤ 論説文の読み方②
　体内時計で時間を認識する動植物と多忙な人類の違い。

⑥ 物語文の読み方
　図書室の本から風力発電機を自作したマラウイの少年。

⑦ 指示語について
　だれでも簡単に使えるユニバーサルデザインの自販機。
　公民権運動の指導者として尊敬される故キング牧師。

⑧ 読んだ後に何を学んだか振り返る
　悲惨な家庭から奨学金でハーバードへ進学したリズ。

unit 2

① A Black and White Beauty
　絶滅危惧種パンダ（現在約 1600 頭）と中国の対策。

② Let There Be Light!
　照明デザイナー石井幹子の仕事と「平和」の思想。

③ How the Kiwi Lost Its Wings
　ニュージーランドの国鳥キウイの自己犠牲の伝説。

④ Nature Technology
　自然界との共存のカギとなる、自然に学ぶ科学技術。

⑤ Buyology
　脳の働きに着目する、商品を売るための新しい戦略。

⑥ The Functions of Language
　情報の伝達だけではない言語の複雑な役割を考察する。

⑦ Coffee Travels the World
　日本人が大好きなコーヒーの伝播の歴史と近年の動向。

⑧ Reviving Cambodian Silk Culture
　カンボジアの伝統絹織物復活に尽力する森本喜久男。

unit 3

① Laughter is the Best Medicine
　健康に役立つ笑いの効用は、科学的にも裏づけられる。

② Soup for Everyone!
　種類は様々。人々を癒す、世界各国のスープ。

③ Monet's Passion for Japanese Art
　印象派の画家モネに影響を及ぼした日本の浮世絵。

④ The Science behind the Mystery of Snow Crystals
　美しい雪の結晶がどのようにできるかを科学的に解説。

⑤ The Man Who Planted Trees
　妻子を亡くし死ぬまで木を植えつづけた羊飼いの寓話。

2）*Genius: English Communication Ⅲ*（村野井仁ほか５名、大修館）

読解方法をまとめた予備的な頁はない。Lesson と Read On! の２部構成になっている。後者は各課の関連テーマの英文を集めており、問いは内容に関する選択問題のみで速読をめざしている。前半の Lesson は精読用だが、コミュニケーション英語として、冒頭にリスニングと語彙の問題を置く。まとめは、200 語で本文の要旨を書かせ、パートナーと２つの問題を議論させる。

① Step into a New World
　青年海外協力隊の男女が、アフリカでの体験を語る。

② Finding Flow
　自分の能力を最大限発揮して喜びを味わえる至福の時。

③ The Island in the Wind
　再生可能エネルギーで電力の自給を達成したサムソ島。

④ Quest for Traditional Colors
　家業を継いで、日本古来の染色術を広める吉岡幸雄。

⑤ Practical Wisdom: What it Takes to Be Good at Work
　人間関係を重視して、融通をきかせて働くことが大切。

⑥ Crosscultural Communication
　イントネーションや挨拶の文化的違いが偏見を生む。

⑦ What are Stem Cells?
　ＥＳ細胞から、山中伸弥の iPS 細胞とその展望を解説。

⑧ Paralympic Games
　パラリンピックの歴史。英国の病院から中西麻耶まで。

⑨ How to Feed the World in 2050
　2050 年の人口を養う科学技術、土壌改良剤と人造肉。

⑩ Spoken Language vs. Written Language
　書き言葉に反対したソクラテスから、IT 革命を再考。

○Read On! 1　International Assistance: Interview with Sadako Ogata
　JICA 理事長の緒方貞子が語る、国際協力と私生活。

○Read On! 2　How We Think
　多くの人は頭を使う論理よりも誤った直感に頼りがち。

○Read On! 3　The Sense of Wonder
　当り前になった自然の美を子供のように感動する見方。

○Read On! 4　The Nagaoka Fireworks in Honolulu
戦争中傷つけあった２つの都市が、花火で結ばれる。
○Read On! 5　Career Information
イギリスの職業紹介サイト（仕事内容と適性）の５例。
○Read On! 6　People Skills
相手の話をよく聞いて共感を示す具体的方法を教える。
○Read On! 7 Dr. Yamanaka's Kyoto Prize Acceptance Speech
機会を逃さぬ山中教授が、再生医療の戦略を語る。
○Read On! 8　The Golden Arrow
ストーク・マンデヴィル病院でアーチェリーと出会った英国女性が第１回パラリンピック金メダリストに。
○Read On! 9　Five Foods That Could Save the World
世界人口の増加に伴う食糧問題を解決する５つの作物。
○Read On! 10　Reading and the Growth of the Mind
共に成長する良書。頭を活性化しつづける読書の効用。

3) *NEW STREAM: English Communication Ⅲ, Strategic Reading Focus: Standard*（鈴木寿一ほか18名、増進堂）
右頁は、本文を理解するための Comprehension（やさしめの選択・穴埋め問題）にあてられている。コミュニケーション英語の目玉である Activities は、付録のように巻末にひっそり置かれている。 例えば１課では、"Make a presentation about the innovator you respect or you are interested in in pairs or groups."といった指示がある。書名からもわかるように、読みに力を入れた教科書で、１分間に何語読めたかを記録する「WPM(Words Per Minute)表」が 142-143 頁にあり、活用が期待される。
Skills
① 意味のまとまりで読む
A Real Life *Maneki Neko*
猫のタマが和歌山電鉄貴志駅の駅長になったいきさつ。
② 代名詞・言い換えに注意する
A Little Boy's Act of Kindness
テロ後の支援に感謝して、恩返しをするＮＹ市の父子。
③ 推測して読む
The Miracle of Trees
樹木の効用とそれを理解している人々。みどりの日も。
④ パラグラフ構成を意識して読む
What is Friendship?
人生を豊かにしてくれる友。友情は、率直であること。
⑤ 時間・順序を表す言葉に注意する
Short-term Memory
ラットの「短期記憶」時間は約 10 秒と計測した実験。
⑥ 例示・列挙・新情報の追加
Beach Cleanup in Hawaii
８千人以上のボランティアが参加した、ハワイの清掃。
⑦ 逆接・対比の表現に注意する
"Superman" vs. "Anpanman"
米国の個人主義と日本の協調性を反映した人気キャラ。
⑧ 原因・理由・結果の表現に注意する
A Little Bit Difficult?
日本人同僚の微妙な断り方が理解できなかったニール。
⑨ 言い換え表現・要約・結論表現に注意する
Life without Technology
パソコン、スマホなしでは成り立たない現代人の生活。
⑩ 必要な情報をつかむ
All Work and No Play
長時間働く日本人とアメリカ人。自由時間を持つべき。
Main Chapters
① Steve and Ryoma
スティーブ・ジョブズと坂本竜馬は己を信じた革新者。
② Uluru, Not Ayers Rock
観光地化するアボリジニの聖地ウルルは、保護が必要。
③ Community Design
瀬戸内海の家島。町おこしで、住民の絆が再び強まる。
④ The Life of Murasaki Shikibu
平安時代、紫式部が傑作『源氏物語』を書けた理由。
⑤ Microfinance
少額の資金を貸し出して商売を促し、貧困を減らす。
⑥ The Air Powered Car
圧縮空気で 200 キロ以上走れるフランスの無公害車。
⑦ Are Children the Best Learners?
大人の方が外国語をうまく学べることを示した実験。
⑧ Seed Balls
粘土団子で砂漠化を止め、緑化をめざす日本人 NPO。
⑨ Creativity
問題を解決する創造力は金銭ではなく興味から発揮。
⑩ Mutual Understanding of Different Cultures
米国では上司に「夫をよろしく」と言ってはいけない。
○ Visas for Life
外務省に逆らい 6000 人のユダヤ人を救った杉原千畝。

4) *MAINSTREAM: English Communication Ⅲ, Strategic Reading Focus: Advanced*（鈴木寿一ほか 19 名、増進堂）
冒頭に、「フレーズ・リーディング」「文のつながり」「予測・推測」「トピック・センテンス、文章構成の理解」「時間的順序」に焦点をあてた読解術の解説がつく。*Strategic Reading Focus* という *NEW STREAM* と

共通の副題をつけ、*Standard* に対して *Advanced* を名のることで、上級編であることをはっきり示している。１・２年用とは編集方針が異なり、見開きに本文を収める。2020 年東京オリンピックの開催が決定したこともあり、第１課では、講道館を開き柔道を西洋に紹介してアジア人初のオリンピック委員になった嘉納治五郎の業績を再評価する。10 課に東京スカイツリーの意義、最後の 18 課に iPS 細胞の展望を配置することで、わが国の未来に期待する教科書になっている。付録の読み物では、ヘレン・ケラーが、特にあこがれた「視力」を得る３日間を空想し、健常者が当たり前に思っている、目が見えるすばらしさを感動的に語っている。

① The Legacy of KANO Jigoro
1964 年東京オリンピックは嘉納治五郎の尽力の賜物。
② Microfinance: A Little Money Goes a Long Way
少額の金融支援が多くの人々を貧困から救っている。
③ *Mona Lisa* : The Way to Fame
ルーブル美術館の「モナリザ」と 1911 年の盗難事件。
④ Less than 0.08%
水が豊富に見える地球の水不足。科学技術と節水が鍵。
⑤ Life and Tax
福祉国家フィンランドでは稼いだ金を自由に使えない。
⑥ A Lucky Planet, Earth
太陽系の地球の適切な位置が人類の生存を可能にした。
⑦ Expanding World Population
第二次大戦後、急増する人口。2050 年には 90 億人に。
⑧ Leave the Walls Alone
落書きで補導された少年に父が語る、切実な体験談。
⑨ Theories about Dinosaur Extinction
恐竜が絶滅した３つの学説（気候変動・火山・隕石）。
⑩ What Does the Tokyo Skytree Tell Us?
最新技術を結集したスカイツリーは過去と未来を結ぶ。
⑪ Why Do We Lie?
自尊心から、人は自分で思っている以上にうそをつく。
⑫ Sustainable Lifestyle of Edo Period
過去には戻れないが、江戸の精神が日本を救うかも。
⑬ How Have Butterflies Survived?
色鮮やかな蝶はその飛び方で外敵から身を守ってきた。
⑭ Why Was Glass Not Made in China?
お茶から磁器、ワインからグラスが発明された東西史。
⑮ E-readers VS. Paper Books
電子書籍の時代に紙の本が生き残る理由。利点と展望。
⑯ Costa Rica: Environmental Protection and Economic Growth
自然環境を守るために石油開発を封印したコスタリカ。
⑰ Fairtrade to Lift People out of Poverty
消費者が生産者の極貧生活を改善するフェアトレード。
⑱ Vision, Work & iPS
2012 年ノーベル医学賞受賞者・山中教授のモットー。
○ Three Days to See
ヘレン・ケラーが健常者に訴える、視力のすばらしさ。

5) *Power On: Communication English Ⅲ*（浅見道明ほか９名、東京書籍）

冒頭に「Reading Skills を確認する」があり、５つの読解術がまとめられているが、例文は簡潔だ。本課は、少なめの７つの課からなる。人一倍の努力（４課）、初対面での自己アピール（５課）、夢をあきらめないこと（７課）が、人生で成功する秘訣だと教え、“If you lead your life the right way, your dreams will come true.”と最後の課を締め括っている。ところがそのあとに爆弾が仕掛けられている。“Reading”として付録的に掲載しているボブ・グリーンの物語には、才能のあるなしを最初から決めつけられてしまう厳しい現実が描かれているのだ。代表著者の意図がどこにあるのかは不明だが、本編のメッセージをいっきに破壊してしまう皮肉な構成になっている。まぎれもないリーディングの教科書ではあるが、名称を「コミュニケーション英語」に変えた文部科学省の意図をよく汲んで、各課の最後に Communication!（感嘆符つきなのが、文科省の役人をからかっているようにも見える）を置く。本文に関連したスピーチやプレゼンテーションのほか、「ペアで１分程度のスキットを作成し、暗唱して、演じてみましょう」といった指示もある。本文が比較的少ないので、実行は可能である。

① The History of English Tea
英国人が朝から晩までお茶を楽しむようになった歴史。
② The Work of “Zoo Dentists”
アシカやジャガーの歯を診る歯医者の工夫と苦労。
③ Ecotourism: What to Do and Where to Go
ハワイのエコツアーで環境保全の大切さを実感する。
④ The 10,000-Hour Rule
モーツァルトとビル・ゲイツは、長時間の練習で成功。
⑤ Making Contact: The First Four Minutes of an Encounter
最初の４分間で相手に印象づける態度と話題を伝授。
⑥ The Mysterious World of Sleep
(ノン)レム睡眠、夢中歩行、夜驚など睡眠の不思議。
⑦ The Last Lecture: The Message from Randy Pausch
末期癌のパウシュ教授が最終講義で語った人生哲学。
○ Baseball and the Facts of Life
大好きでも下手だと出場させてもらえないリトルリーグの教訓。

6) *PROMINENCE: Communication English Ⅲ*（田辺正美ほか15名、東京書籍）

パート1にReading Skillsとして「文の構造をつかむ」「流れをつかむ」「文章の構成を理解する」「予測する・推測する」「全体の概要をつかむ」を練習問題つきで掲載。本文は「現代社会」から「科学技術」まで10テーマ。それぞれ、見開き2頁に収めた短めの課と写真入りの4～6頁の課がユニットになり、計20課からなる。練習問題はCommunication Activityを含めてすべて英語で書かれているが、Juri's Jam Tartのつくり方や、iPS細胞の解説は日本語になっている。例によって、文学的な読み物はOptional Readingsに押しやられてしまっているが、内容がいつまでも古びないのはこの3編かもしれない。なお、この教科書に限らないが、Wagoen, "Sangenton" pigs, Kaichi Nitta等日本語には漢字の注をつけるべきだろう。初めて名前を聞く人は、「和郷園」の文字は絶対に思い浮かばない。

① The News: Getting It the Way You Want to
インターネット時代に廃れつつある新聞の役割を評価。
② Welcome to the Repair Café!
どんなものでも修理してくれるボランティアのカフェ。
③ Build a Tower, Build a Team
スパゲッティとマシュマロで塔をつくり、高さを競う。
④ Bring New Light on Traditional Assumptions
5ドルと2時間でいくら稼げるか競う米大学生の課題。
⑤ Recycling Hotel Soap to Save Lives
ウガンダ人がホテルの石鹸の再利用を米国で思いつく。
⑥ Technology as Trash
ケータイなど電子機器のごみを途上国に押しつける悪。
⑦ Human BUYology
嗅覚で儲けるスーパー、触覚を利用する衣料品店。
⑧ Breakthroughs in Japanese Agribusiness
安全な野菜と、うまい豚肉。和郷園と平田牧場の成功。
⑨ A New Way of Remembering
デジタル時代、機器に頼って電話番号もおぼえない。
⑩ The Flight from Conversation
自分勝手なケータイとメール。直接、会話を楽しめ。
⑪ Leaving Microsoft to Change the World
一流企業を辞め、貧民に図書館を贈るジョン・ウッド。
⑫ The Art of Choosing
76日間漂流後生還したキャラハンの「選択」の意義。
⑬ A One-Million-Dollar Lottery Ticket
店のごみ箱から拾った宝くじの当たり券は誰のものか。
⑭ Equality in the Workplace, Equality in the Home
憲法に男女平等を入れた米女性。スウェーデンの先進。
⑮ Juri's
英国で、本場の菓子をだす紅茶店で成功した宮脇樹里。
⑯ Attitudes toward Time
国によって時間の観念は異なる。約束の際は要注意。
⑰ Magicicada
13年か17年ごとに地中から現われる周期ゼミの戦略。
⑱ Beautiful Friendship
イソギンチャクと共生するクラウンフィッシュの生態。
⑲iPS: The Great Promise of Cutting-Edge Medicine
山中伸弥教授のiPS細胞開発の成功と今後の展望。
⑳ TOKYO SKYTREE: A Gathering Place Up in the Heavens
世界一のスカイツリーを実現した、新技術と伝統文化。

Optional Readings
① Letters to Sam
事故で半身不随の男性が発達障害の孫に宛てた手紙集。
② Dead Poets Society
ロビン・ウィリアムズ主演1989年アメリカ映画のあらすじ。伝統校の生徒をやる気にさせた詩の授業。
③ A Summer's Reading
マラマッド作。高校を中退し、本を100冊読んでいると嘘をついた引きこもり青年のひと夏と成長の兆し。

7) *New ONE WORLD: Communication Ⅲ*（伊東治己ほか9名、教育出版）

冒頭に、「フレーズ・リーディング」「主語＋動詞」「マッピング」「トピック・センテンス」「代名詞の中身を読み取る」「比較・対照」「原因と結果を明らかにする」「時間的順序・列挙・例示」に注目したReading Tasksが用意されている。ちなみにTask 5では、今年(2014年)ＮＨＫの朝のドラマで脚光を浴びた『赤毛のアン』がアンの家のカラー写真つきで取り上げられている。本編の第1課でも、今年、続編がヒットした映画『テルマエ・ロマエ』の大きな写真を載せている。5課の『アンネ・フランクの日記』も、頁を破る悪質な事件が社会問題になったばかりだ。金子みすゞの詩が東日本大震災直後、テレビＣＭで注目されたことが4課で触れられており、ずいぶん前のことのようにも感じられるが、国内の流行に敏感な教科書といえるかもしれない。「本文を参考にして、あなた自身の日常生活を時間を追って英語で言ってみましょう」(1課)「先週一週間の中で、最もあなたの記憶に残っている出来事を英語で説明してみましょう」(5課)といったコミュニケーションのための練習問題Express Yourselfが各課の最後に置かれている。

① Ancient Rome
劇場や温泉施設など文化的に進んでいた古代ローマ。

② The Beautiful Game
　サッカーの起源とルールの確立。地域別の特色と展望。
③ Endangered Languages
　2,500 の言語が絶滅の危機。文化まで消えてしまう。
④ The World of Misuzu
　金子みすゞの詩「私と小鳥と鈴と」「大漁」他を紹介。
⑤ The Secret Annexe
　アンネの日記から隠れて暮らす苦悩と恐怖を抜粋する。
○ Who Moved My Cheese?
　寓話。消えたチーズを嘆くより、新しいチーズを探せ。
⑥ New Image of Babies
　何もできないと思われていた「赤ん坊」の優れた能力。
⑦ Tuna
　日本人が大好きなマグロの種類と習性、養殖の成功。
⑧ Rare Metals
　ハイテク製品を支えるレアメタルの害とリサイクル。
⑨ The Mystery of Mozart's Music
　モーツァルトの音楽が、イチゴや酒をおいしくする？
⑩ Living with Stress
　現代社会ではストレスを積極的に利用することも大切。
⑪ Water Crisis
　日本は貴重な水を朝シャンと牛丼で浪費。技術に期待。
⑫ Japanese Innovations
　スカイツリーのナット、美ら海水族館の水槽は職人技。
○ Stay Hungry, Stay Foolish
　逆境を利用し、死を意識して成功をつかんだジョブズ。

8) *LANDMARK: English Communication Ⅲ*（竹内理ほか10名、啓林館）
　読みのテクニックは示さずに、代わりに、１・２学年で学んだ単語集を冒頭に掲げている。英語による選択式問題が各レッスンのあとにつく。表やグラフに関する問題もあるが、ディスカッションは、長めの英文を扱うパート２から登場する。第１課は、東京書籍の *Power On* と同じランディ・パウシュ教授が語った子供時代の体験だが、ディズニー・ワールドの名称を「遊園地」と書きかえたために、具体性が乏しくなり、感動が薄れてしまった。固有名詞を出して検定に通っている教科書もあるのだから、過剰な自己検閲はやめたほうがいい。また、パート１とパート２の間におかれた物語は、わが国の検定教科書が重視するナチスに迫害されたユダヤ人が登場人物になっているが、実話ではないので、ご都合主義の結末はばかばかしく感じられる。第２課は、血液の保存と効率的な輸血を確立しながら第二次世界大戦中に黒人であることを思い知らされたチャールズ・ドリュー医師を取り上げ、*LANDMARK: English Communication Ⅰ*の題材の新鮮さを髣髴させるが、そのほかは他社と似たり寄ったりで、全体として平凡な印象を受ける。とはいえ、精読とアクティビティが両立できる本文の適度な分量は魅力的だ。
① The $100,000 Salt and Pepper Shaker
　遊園地のささやかな心遣いがその後の儲けにつながる。
② Blood Is Blood
　血液バンクの生みの親、黒人のチャールズ・ドリュー。
③ Australia and its Creatures
　独自の進化を遂げた珍しい生物が揃うオーストラリア。
④ Bilingual Effects in the Brain
　二か国語を話す人のほうが、脳が活発で呆けにくい。
⑤ Sesame Street
　テレビで読み書き能力を向上させたセサミストリート。
⑥ Communication without Words
　言葉より重要なボディーランゲージ。文化による違い。
⑦ The Honeybee Dance
　ミツバチが仲間に食物のありかを伝える２つのダンス。
○ Reading　The Tablecloth
　牧師のテーブルクロスが離れ離れの夫婦を再会させる。
⑧ Political Correctness
　男女平等の語が普及する一方、行き過ぎた言葉狩りも。
⑨ Mom's Struggle with English
　移民の母が英語コンプレックスを克服するまでの苦労。
⑩ Animal Math
　進化の過程で動物も数の概念を身につけているらしい。
⑪ The Story of My Life
　ヘレン・ケラーがサリバン先生から学んだ「愛」。
⑫ Mona Lisa: Behind the Fame
　『モナリザ』を一躍有名にした 1911 年の盗難事件。
⑬ Extinction of Languages
　文化と一緒に絶滅する言語。復活の例と保存の方策。
⑭ Learning a First Culture
　赤ん坊が学ぶ言葉と文化。国によって方法が異なる。
⑮ Light Pollution
　夜の活動を可能にした電灯が人間や動物に及ぼす害。

9) *ELEMENT: English Communication Ⅲ*（卯城祐司ほか９名、啓林館）
　パート１の Discourse Navigator 1～7 は「ミクロパラグラフ―パラグラフ内の構造をつかむ」から「未知語の推測・行間を読む」まで読解術を紹介する。例文は、人災と考えられるタイタニック号の悲劇、オーストラリアの有袋類、色の効果、グローバル化を反映したスーパーの商品、朝型と夜型・電子書籍と紙の本・猫と犬の比較、ローザ・パークスとバス・ボイコット、ニカラグア

における手話の形成、ミツバチの減少、他者理解に役立っている脳内のミラー・ニューロン、海洋生態系の危機など。パート２から始まる本課は全 11 課で、２つの読み物がつく。アクティビティの Pros and Cons 2 では、ハーバード大学のマイケル・サンデル教授が、日本の教師の 400 倍、オバマ大統領の 42 倍稼いでいるイチロー選手の報酬が妥当かどうかを議論させる。

① A Small Crime
駅で落書きした夜、父が語ったルーマニアを去る体験。
② How Can We Save Disappearing Languages?
多様な言語を絶滅から救うには社会全体の協力が必要。
③ Environment or Orangutans?
パーム油製造のため生息地を奪われるオランウータン。
④ The Truth about Grit
ニュートンを例に、目標を定め努力する重要性を説く。
⑤ Praying Hands
デューラーの「祈る手」にまつわる兄弟の悲痛な実話。
⑥ A Painting for His Life
ファン・メーヘンの贋作に騙されたナチス高官の衝撃。
⑦ A Class from Stanford University
５ドルと２時間でいくら稼げるか競う大学の授業報告。
⑧ The Mpemba Effect
冷凍庫で、常識を覆す発見をしたタンザニアの少年。
⑨ Darwin and Wallace
同じ時期に進化論を考え出したダーウィンとウォレス。
⑩ Invisible Gorilla
被験者の半分が見えなかったハーバード大の映像実験。
⑪ All the Good Things
ベトナムで戦死した教え子が持っていた紙切れとは？
○ A Candlelight within Us
ファラデーが「呼吸」をロウソクの燃焼から解説する。
○ To You Who Will Live in the 21st Century
司馬遼太郎が願う、自然と調和し他人を敬う 21 世紀。

10) *Grove: English Communication Ⅲ*（倉持三郎・川端一男ほか６名、文英堂）

12 課までの UNIT 1 は、それぞれわずか１頁の英文を読ませる。Reading Tips がつき、展開を表にまとめる。13～24 課の UNIT 2 は英文が２～３頁になり、読解術を応用。25、26 課の UNIT 3 では、10 頁を超える形式の異なる３つの英文を鑑賞する。宇宙エレベーター構想や、シンガポールの NEWater は検定教科書でおなじみだが、それ以外は、個性的な珍しい題材を揃えている。

① Space Elevators
宇宙ステーションまで７日間の旅。2050 年に実現か。
② Bamboo Trains
内戦後のカンボジアを走る、竹で作った簡易電車。
③ Cheese Rolling
大きな丸いチーズを転がして後を追う、英国の祭り。
④ The Hemline Index
米国の経済学者の学説。スカートが短いと景気がよい。
⑤ Scarlet Ibises in Trinidad
トリニダード島旅行者必見。赤い鳥の群れが森に帰る。
⑥ NEWater: Singapore's Recycled Water
排水を浄水加工した、シンガポールの新しい飲み水。
⑦ The Animal Lounge
フランクフルト空港にある、動物のためのラウンジ。
⑧ Socotra—The Galapagos of the Indian Ocean
イエメンのソコトラ島にだけある珍しい「竜血樹」。
⑨ A Unique Amusement Park in Germany
世界的遊園地に生まれ変わった、ドイツの原発施設。
⑩ A Cardboard Bike
イスラエルの発明家が作ったボール紙の安い自転車。
⑪ Brinicles— Deadly Ice Fingers by Doug Anderson
海中にできる「氷の柱」のテレビ撮影に成功した二人。
⑫ Bed Nets for African Children
アフリカの子供たちの命を守るのに役立っている蚊帳。
⑬ Earth Hour
シドニーで始まった１時間電気を切る行事が世界中で。
⑭ The Rose Valley
ブルガリアのバラの収穫。名産品ローズオイルになる。
⑮ The French School Lunch
自国の食文化を学ぶ、レストラン並のフランスの給食。
⑯ EcoScraps: A Million-dollar Business Built on Trash
残飯の活用を思いつき、会社を立ち上げ、堆肥を売る。
⑰ Lost Olympic Sports
綱引き、ハト射撃など姿を消したオリンピック競技。
⑱ Afghan Children Dream of Musical Future
タリバン崩壊後、子供たちの音楽学校を始めた音楽家。
⑲ Sleep Position And Personality
睡眠中の姿勢６パターンから、その人の性格がわかる。
⑳ El Anatsui
ナイジェリアで活躍するエル・アナツイの芸術を解説。
㉑ A Name for My Cat
子猫に勇ましい名前を考えて結局「ネコ」になる落語。
㉒ Grandmothers as Solar Engineers
お婆さんを教育し村に太陽エネルギーを広めるインド。
㉓ The Svalbard Global Seed Vault
世界中の種子を厳重に貯蔵するノルウェーの重要施設。
㉔ The Invisible Gorilla
ボールに集中するとゴリラが登場しても見えない実験。

㉕ A Plate of Peas
祖母の金に釣られて嫌いな豆を食べた僕に、母が文句。
㉖ Oprah Talks to Graduates
人気の司会者がスタンフォードの卒業式で語る人生訓。
○ Our Town by Thornton Wilder
戯曲。学校から一緒に帰るジョージとエミリーが結婚。

11) *UNICORN: English Communication 3*（市川泰男・高橋和久ほか５名、文英堂)

第１課で学問の意義(The Meaning of Study) を説いたあとは、６つの分野ごとに様々な英文を著者名入りで読ませる。各セクションの表紙に添えられた日本語の文章が、非常に知的な雰囲気を醸し出している。「もしかすると学ぶ意味は、安易な解に満足せずに、真の問題を発見する能力を身につけることにあるのかもしれません」「わたしたちは他者とまったく無関係に自分の行動を決められるわけではない。高邁な理想も他者への顧慮なくしては空転するだけでしょう」「自然との調和、地球との共生といった標語がいろいろなところで目につきます。ところがそうした標語も人間の身勝手な自己満足の産物なのかもしれません。自然は外部であるという認識を忘れずに、謙虚な探究心をもって自然と向き合うことが必要でしょう」といった調子で綴られている。自然科学を扱いながらも、このような思考はきわめて「文学」的で、３年間一貫した新 *UNICORN* の特色になっている。しかし、なぜ英語で書かなかったのか。原文を重視する一方、日本人の著者自身が英語を使わずに、もったいぶった日本語で説教するところに違和感をおぼえる。

① What Do You Know about College Education?
ジョージタウン大学で自分の頭で考える必要を痛感。
② How We Think about Memory
正確な記憶は難しい。連想に左右されることを実証。
③ The Kid Who Challenged a Giant Company
化学工場の廃液を無害化した米女子高生の個人研究。
④ Variation in English
本場の英語を理解するには英語の多様性に触れること。
⑤ Why Study Foreign Languages?
外国語は人生を豊かにすると語るドナルド・キーン。
FOR READING 1 Spacious Skies and Tilted Axes
発展の地域格差を作物と技術の伝播ルートで解明する。
⑥ Design for the Other Ninety Percent
世界人口の大多数を占める貧民を客とした製品開発。
⑦ We Are Not Alone: An Invitation to Social Psychology
個人は集団に影響を受ける。社会心理学研究の意義。
⑧ Pendulums in Motion
ブランコの速度に体重が関係ないことを実証する講義。
⑨ Collect Everything. Save Everything.
将来の食糧難に備えノルウェーに造られた種子貯蔵庫。
FOR READING 2 The Missing Link
権威をだましたフェルメールの贋作と人間心理の陥穽。
⑩ Kaleidoscope
アウンサンスーチーが語る万華鏡と亡父の民主化の夢。
⑪ A Paradise Built in Hell
ハリケーン・カトリーナを例に、災害で甦る人間の絆。
⑫ What We're Learning from Online Education
生活向上のため、ネットで世界に高等教育を無料提供。
FOR READING 3 Araby
ジョイス作。女性への淡い憧れと夜中の慈善市の幻滅。

12) *Vivid: English Communication Ⅲ*（築道和明ほか10名、第一学習社)

世界的に活躍している日本人を３人も取り上げている。2011 年に亡くなったアップル創業者のスティーブ・ジョブズを扱っている教科書は多いが、2005 年のスタンフォード大学卒業式のスピーチだけでなく、生まれてすぐ養子に出された幼年時代や、伴侶となる女性を食事に誘うエピソードなども含み、親しみが持てる。第一学習社は、広島の出版社として平和教育に力を入れており、アウシュヴィッツを生き抜いて国際法と人権の専門家になったユダヤ人男性の体験を最後の課で紹介している。読み物の“Information Please”は、「コミュニケーション英語」導入以前からわが国では人気の高い物語で、『こころのチキンスープ』シリーズ屈指の名作である。

① Happy Nations
経済より幸福を重視する国、コスタリカとブータン。
② “Gamification”: Games May Save the World
オンラインゲーム化することによって諸問題を解決。
③ Spider Silk Spun into Violin Strings
大崎茂芳博士が発明したクモの糸製・弦のバイオリン。
④ A Girl Goes on Dancing
ローザンヌ国際バレエコンクールで優勝した菅井円加。
⑤ Can Cellphone Recycling Help African Gorillas?
ケータイに使うコルタン採掘でゴリラの生息地が減少。
⑥ *Gagaku*, the Music of the Universe
篳篥の斬新な演奏で雅楽を世界的に広める、東儀秀樹。
⑦ Etymology: Wonders of Words
意外な語源、時代とともに変化する語義を知る楽しさ。

⑧ A Lesson from Steve Jobs' Life
養子で問題児だったジョブズ。癌闘病による成功哲学。
⑨ Water: The Biggest Problem in the Century
ハンバーガーやＴシャツにも水を使う。節水が必要。
⑩ A Lucky Child
アウシュヴィッツ生存者の少年が憎悪の連鎖を断つ。
Further Reading 1　Information Please
やさしい電話交換手を回想するセンチメンタルな物語。
Further Reading 2　Becky and the Wolf
末娘が、３歳の時になついた狼の死を15歳で体験。

13) *Perspective: English Communication Ⅲ*（野村和宏ほか10名、第一学習社）

17課からなり、本文のほとんどを見開き２頁に収める。美しい印象的な写真が各課の表紙に使われている。目次とは別に、これらのカラー写真を冒頭４頁に並べているところが斬新である。カズオ・イシグロの作品を取り上げているところにもセンスの良さを感じるが、最後のアウンサンスーチーのノーベル賞スピーチは冗長だ。

① Is Bottled Water Really Better?
水道水のほうがうまい。ゴミを出すボトル水は飲むな。
② Let's Go to the Movies!
旅先の外国の映画館は、国民性も観察できて楽しい。
③ Louis Pasteur—Medical Wonder Worker
狂犬病のワクチンを作り、少年を救ったパスツール。
④ Who Do You Want to Be?
あこがれの有名人を起用して商品を売り込む広告術。
⑤ Science of the Canyon
コロラド川の浸食作用でできたグランドキャニオン。
⑥ Giving Hope to Kids in Palestine
パレスチナの子供たちに希望を与える日本のNGO活動。
⑦ The Myth of Multitasking
コンピュータと違って、人間にマルチタスクは無理。
⑧ Hidden in the Dark
1940年と1994年にフランスで見つかった動物の壁画。
⑨ The Loneliest Black Player
初の黒人大リーガー、ジャッキー・ロビンソンの苦難。
⑩ A Miracle of Navigation
カナダとメキシコを往復する蝶の方向感覚を解明する。
⑪ The Man Who Photographed History
リンカーンと南北戦争を写真に残したＭ・ブレイディ。
⑫ You Can Be a World Memory Champion!
記憶力を競う世界大会のチャンピオンも特訓を積む。
⑬ Two Rock Stars of Social Change
発展途上国の人々を助けるキールバーガー兄弟の活動。
⑭ Feathers of Love
メスの気を引くため派手な羽を得たニューギニアの鳥。
⑮ The Optimism Bias
未来が過去や現在よりも良くなると考える人間の傾向。
⑯ Beauty, Biology and Machines
手になじみ心に届くスティーブ・ジョブズのデザイン。
⑰ Nature Loves Mathematics
花びらの数がフィボナッチ数列と対応する不思議。
○ An Unlikely Friendship
大戦中捕虜だった祖父を助けた日本人少年を探す米人。
○ Cellists
新進のチェリストの前に現われた謎のアメリカ人女性。
○The Nobel Prize Speech Given by Aung San Suu Kyi
ミャンマーの民主化に尽力するスーチーの希望的展望。

14) *MY WAY: English Communication Ⅲ*（森住衛ほか17名、三省堂）

11のリーディング・スキル、14のレッスン、２編の物語からなる。ユニット１は左１頁に収めた短めの英文を読み、右頁で、その構造をまとめた表を埋める。特に、導入・展開・結論に注意を向けている。ユニット２（1～８課）は見開き２頁の英文を読み、ユニット３（９～14課）は倍の量になる。やさしめの英語で多様なテーマを読む教科書である。

Reading Skill
① Onomatopoeia
「ワンワン」と「バウワウ」など日英の擬音比較。
② Gross National Happiness
「国民総幸福量」を重視するブータン国の政策と規則。
③ The International Day of Peace
英国の映画監督が尽力した国際平和デー、９月21日。
④ Arabic Calligraphy
禁じられている偶像の代わりに発達したアラビア書道。
⑤ Laughter Therapists / Secrets of *Janken*
患者を癒す笑い。/　ジャンケンに勝つ法則。
⑥ Wild Raccoon Dogs in Tokyo / The Language Café
東京に住みついたタヌキ。/ 様々な言語を店内で学べる、スウェーデンのカフェ。
⑦ The High Line / How Fast Can Humans Run?
鉄道跡地を活用したニューヨークの細長い公園。/ 100年間で１秒縮まった100メートル競走の世界記録。
⑧ Shortened Words in Texting / Plant Factories
メールで使われる省略語について賛否両論。/ 利点と欠点をもつ野菜栽培工場が、将来の食糧危機を救う。
⑨ Neighbors' Day / Bicycle Sharing
都市生活者の交流を進める「隣人の日」。/ 公害と渋

滞を緩和する自転車シェアリング。
⑩ Thirty-Six Views of the Eiffel Tower / Blue Roses
浮世絵に影響を受けたリヴィエールの『エッフェル塔 36 景』。/ 2004 年、科学者たちが開発した青いバラ。
⑪ Join the ABC Tennis Club! / Kyoto One-Day Tour
テニスクラブと、京都バスツアーの広告。
Lesson
① Narrow Boats in Britain
英国の運河をゆっくり進む、余暇用のナローボート。
② A Miraculous Pianist
半身不随になった舘野泉が左手でピアノ演奏を続ける。
③ iPS Cells
2006 年、山中伸弥が開発した iPS 細胞の特色と展望。
④ Roman Baths
古代ローマ人が大勢で毎日楽しんだという公衆浴場。
⑤ The Leap Week Calendar
毎年同じ曜日になる「うるう週暦」の提案と問題点。
⑥ Digital Books vs. Printed Books
エミとケンが電子書籍と紙の本の利点と欠点を議論。
⑦ Buckwheat around the World
ソバはロシアやフランスなどでも料理に使われている。
⑧ A Message form Small Creatures
ミツバチや雀の減少は、人間の生活に悪影響を及ぼす。
⑨ Aung San Suu Kyi
アウンサンスーチーがノーベル賞を手にするまで。
⑩ The Wonders of Memory
記憶力を高めるための「海馬」活用法。睡眠も重要。
⑪ The Voting Age in Japan
18 歳選挙権について賛成か反対か、生徒が議論する。
⑫ A Moment Makes a Great Difference
新幹線を止める地震計、ラリーが続く卓球の開発。
⑬ Media Literacy
テレビやインターネットが伝える主観的な情報に注意。
⑭ A Variety of "Englishes"
英語はネイティブだけのものではない。日本流もあり。
○ A Special Moment in the Third Period
時空を超えた高校男子の恋物語「三時間目のまどか」。
○ Rules are Rules?
規則厳守の係員が預かったモルモットが増殖する物語。

15) *CROWN: English Communication Ⅲ*（霜崎實ほか 14 名、三省堂）

かつてわが国の英語教科書の最高峰と見なされていたが、英文の難易度が下がり、扱われるテーマも高尚なものから親しみが持てるものへと変わった。英語のレベルを上げて分量を激増させた教科書が目立つ中、全 10 課（オプションの関連英文はわずか１頁）と物語３編の非常にすっきりした作りになっている。原文主義の教科書と比べると、高校生用にリライトした英文はとても読みやすい。アクティビティの Your Opinions も、"Do you believe in UFOs? Why or why not?"とか "Who are your heroes? What do they tell you about yourself?" など、UFO は著者の年齢を感じさせるものの、わりと身近な話題を取り上げている。
① An American in the Heart of Japan
日本人になった日本文学者ドナルド・キーンの体験談。
② Design for Whom?
世界人口の９割を占める貧しい人々のためのデザイン。
③ God's Hands
凄腕の世界的心臓外科医・天野篤のインタビュー。
○ Flying
飛行機から落ちた娘を助けて一緒に空を飛ぶ父の物語。
④ Be Aware! Be Engaged!
街中に出現して、物の見方に変革をもたらす現代美術。
⑤ Only a Camera Lens between Us
兵士の武装解除に尽力する瀬谷ルミ子の活動と思い。
⑥ The Magic of Reality
超能力や妖精写真に騙されぬためにドーキンズが助言。
⑦ Being Bilingual
移民は母語を大切にするので英国や米国でも多言語化。
○ The Silent Miaow
子猫の視点で、猫嫌いの男を虜にするまでを描く物語。
⑧ Green Revolution, Blue Revolution
1960 年代世界の食糧難を救った政策が水不足を招く。
⑨ What's Not for Sale?
サンデル教授が指摘する、売ってはいけないもの。
⑩ Stay Hungry, Stay Foolish
スタンフォード大学卒業式でのジョブズの名スピーチ。
○ The Storyteller
サキ作。列車の子供たちを黙らせた、よい子の物語。

16) *BIG DIPPER: English Communication Ⅲ*（畠山利一ほか 10 名、数研出版）

１～16 課まで左１頁に本文を収め、右頁が練習問題。短い文章ながら興味深い題材を探し出しており、バラエティに富んでいる。17～21 課は２部構成で２頁になる。22～24 課は大学入試の長文をイメージしているのか、見開きで無題。読み物の "The Joker"は、昨年出た *Vivid Ⅱ* にも採用されている。各課のアクティビティ It's Your Turn!では、"Tell your classmates about a "lucky" experience you had."といった問題が用意さ

れている。要約文を作らせる Writing a Summary 1～3 が英作文の基礎を築くのに役立ちそうだ。

① Mile High
高層ビルの歴史。現代では、1マイルのビルも可能。

② The 55-Year Race
オリンピックの無念を55年後に晴らした金栗四三。

③ Chew and Chew Some More
噛む回数を増やして、より良い老後を過ごそう。

④ Online Word-of-Mouth
ネット上に書き込まれたレストランの評判を比較。

⑤ After the Flowers
花が種を飛ばして子孫を残す、生き残りの戦略。

⑥ India's Incredible Industry
年間千本以上制作されるインド映画とその人気ぶり。

⑦ World Weather
月別の平均気温と降水量の５都市比較。グラフ付き。

⑧ Alfred Nobel: A Person of Peace
死の誤報後、ノーベル賞創設。平和のイメージを残す。

⑨ Great Migrations
動物（ヌー、キョクアジサシ）の渡りと絶滅の危機。

⑩ Art on Display
ニューヨークの美術館の案内（企画・料金等）ちらし。

⑪ Thinking Outside the Box
電話詐欺に注意を促す、あっと驚くユニークな広告。

⑫ She Sells Seashells by the Seashore
早口言葉のモデルになったメアリーと恐竜の化石発掘。

⑬ Antarctica by Cruise Ship
南極大陸の18日間の船旅を宣伝する広告文を読む。

⑭ Keys to Winning
運動選手が実力を発揮するための工夫。微笑も有効。

⑮ The Immortal Jellyfish
ベニクラゲの不死の仕組み。科学者は応用をめざす。

⑯ Miracle on the Hudson
ハドソン川に不時着し、全員無事だった飛行機事故。

⑰ Rude Japanese?　by Kay Hetherly
満員電車を知らず、日本人を無礼と非難した米女性。

⑱ Bottled Water? No Water?
ペットボトル水人気の弊害と水道水を奨励する動き。

⑲ Manners Still Matter
インターネットの利便性と問題点。礼儀作法が必要。

⑳ Creating Your Own Luck
幸運な人はチャンスを見つけて活かすのがうまい人。

㉑ Left in Space
人口衛星を壊しかねない、宇宙の危険なごみ問題。

㉒ 無題
政治犯から大統領になったマンデラの差別との闘い。

㉓ 無題
蜂群崩壊症候群の考えられる原因とミツバチの重要性。

㉔ 無題
嘘の種類と役割。相手を思いやる嘘は人間関係に必要。

㉕ The Joker　by Jake Allsop
冗談好きの故ヘンリーが葬式に用意した最後の大笑い。

㉖ Poetry: The Power of Words
「きらきら星」と、ワーズワス、フロストの詩を鑑賞。

17) *POLESTAR: English Communication Ⅲ*（松坂ヒロシほか12名、数研出版）

9・10 課以外は、Part 1, 2 の２部構成。さらに関連の英文を読ませる Real-World English が５つ挟まれている。西陣織の衰退とマンガの興隆を対比させた日本文化の変容や、インターネットの進歩と地球環境の悪化など、急速に変わっていく現代社会を反映した教科書になっている。Research on the Theme というコーナーには、ネットで調べたことをクラスで発表する Research and Report がある。

① Language and Communication
ペリーの通訳をした堀達之助が作った辞書とその伝統。
英語の国アメリカ合衆国が抱える、国内の多言語問題。

② Media and the Internet
過剰なセレブ報道。/ 新聞と報道が根底から変わる。

③ Modern Culture and Custom
ヨーロッパのマンガ市場。/ 西陣織の大家山口安次郎。

④ Technology and Society
思考で操作する技術。/ 死後もネットで生きつづける。

⑤ Cross-cultural Understanding
異文化を尊重して話す。/ 目から感情を察する東洋人。

⑥ Politics and Economics
今治タオルの復活。/ 英国の人口減少歓迎論。

⑦ Medicine and Biotechnology
遺伝子組み換えの問題点。/ チンパンジーの重要性。

⑧ Nature and the Environment
温室効果ガスの問題。/ 消えゆく氷河の問題。

⑨ How to Worry Well
「心配する」ことで準備が進む。利点を積極的に評価。

⑩ The Truth about Happiness May Surprise You
先進国で幸せを左右するのは、金や物よりも人間関係。

○ The Flipped Classroom
ネットに授業ビデオをアップして教室で議論する試み。

○ The Things They Carried　by Tim O'Brien
中年男が、脳腫瘍で死んだ好きだった女の子を回想。

"English Communication Ⅲ": A Guide to New 2015-2018 English Textbooks Authorized by the Ministry of Education, Culture, Sports, Science and Technology, Japan

Koichi YOKOYAMA

The present paper is the final sequel to ' "English Communication I": A Guide to New Textbooks Authorized by the Ministry of Education in Japan' (March, 2013) and ' "English Communication II": A Guide to New 2014-2017 English Textbooks Authorized by the Ministry of Education, Culture, Sports, Science and Technology, Japan' (March, 2014). The trilogy shows the new contents and tendencies of current English textbooks used at Japanese high schools. Although the name of the subject has been changed from English Reading to Communication English III, the newly published textbooks for the third-year students are just the same in that the highest aim is to acquire the basic reading skills so that they can pass entrance examinations to Japanese universities. Of course, a new kind of activities such as "Make a presentation about the innovator you respect or you are interested in in pairs or groups." and "Tell your classmates about a "lucky" experience you had." are added to the new textbooks, which, however, seems a sheer compromise between Japanese teachers of English and Japan's Ministry of Education; the former generally believe it more appropriate and essential to teach how to read English, while the latter want to drastically change the traditional, or in their words, "old-fashioned" classroom English and to produce as many fluent English speakers as possible, fearing that the nation will drop out of the severe, international economic competition due to the poor command of the international language, compared with the spiteful, neighboring rivals like South Korea and China, whose people, somehow, appear to have the ability to speak better English.

Info Trail ガイド
——地理・歴史・理科——

横山　孝一*

（2014年11月27日受理）

はじめに

英国のピアソン・エデュケーションが出版しているInfo Trail は、子供の成長に合わせて「地理」「歴史」「理科」を無理なく学ばせるシリーズだ。科目名から連想される勉強のイメージとはかけ離れており、日常生活で役立つことをおもしろおかしく身につける教材になっている。

たとえば「地理」で教える地図の見方では、家の中での宝探しから始まり、友人宅での誕生パーティー、さらにはロンドンの名所巡り、サッカー観戦旅行へと広がっていく。世界への関心は、近所のスーパーに並ぶ多くの輸入食品から高めていく。雑学はクイズ形式で学び、国内の有名都市から世界の砂漠、南極・北極まで、ぜひ行ってみたいと思わせる。そしてその美しい地球を守るため、環境問題にはとりわけ敏感で、日頃から環境にやさしい生活を心がけるよう呼びかけている。

「歴史」の教え方もじつにユニークだ。まず、自分の成長そのものが歴史だと気づかせ、家系図を書くことで自分が歴史の一部であることを実感させる。このシリーズに暗記は不要だ。祖父の時代の学校生活、中世の騎士の装備、サッカーボールやトイレの歴史など好奇心を刺激して、暗記しなくても自然と記憶に残るからだ。無味乾燥な叙述とも無縁だ。古代エジプトのミイラづくり、古代ローマの英国支配、二輪戦車競走、ロンドンの大火などが、昨日のことのように鮮やかに再現される。今と基本的には変わらない人間の生活があったのだと感じさせ、過去の人々に親近感をおぼえるようになる。

「理科」も意外なほど日常生活に根ざしている。日本版ではScience が「科学」と訳されているため、身構えてしまう者もいるだろうが、難しいところは何もない。けがや病気の対処法、日焼け対策、ヒマワリの栽培、ラットの飼い方、放課後の部活練習での注意事項、サッカーでゴールを決める練習法など具体的で役に立つテーマが目立つ。動物の多様な足や舌を写真入りで特集したり、身近な猫や人気の恐竜を取り上げたりして、何よりも、子供の関心を重視している。

３教科に共通して見られるのは、自分の頭で考えさせる教育方針だ。「地理」の入門レベルでは、どんなところに住みたいかと問いかける。城から宇宙ステーションまで多種多様だが、もちろん答えは読者によって異なる。初級レベルでも、雷から風まで自然現象で怖いと思うものは人それぞれ違うのであり、他人を納得させるには客観的な証拠と自己主張が必要となる。島の生活と都会の生活はどちらがよいかという中級レベルの問いは、「理科」初級レベルの、動物園のライオンが幸せかどうか問う本と同様、討論形式で書かれている。どちらの側にも頷ける言い分があって簡単に決着のつかない問題だが、本シリーズではかならず“What do you think?”と最後に自分の意見を求めてくる。

これは、民主主義社会の成員を育てる訓練であろう。事実、「地理」の最後では、大型スーパーマーケットの建設について賛成か反対か、住民たちの激しい議論を取り上げている。「歴史」では、中上級レベルの読者に、英国の王室を存続させるべきか否か、自分の立場を明らかにするよう求めている。わが国では皇室について議論すること自体がまれなので、意外な感じがするかもしれない。さらに驚くべきは、「理科」の中上級レベルの子供たちに宇宙開発の是非を尋ねていることだ。莫大な費用がかかり、しかも危険極まりない宇宙計画も、地球の資源が枯渇する未来を考えれば、無駄と決めつけるわけにはいかない。読者が子供でも、いずれ大人になって、決断を迫られることになるだろう。著者は未来を見据えて執筆しており、その先見性に感心させられる。

本シリーズをおもしろくしている想像力の活用も見習いたい。想像力を用いることによって世界に興味がわき、時空を超えて、過去に生きた人々にまで共感が芽生える。空想の世界でハチになって、虫にまで親しみが持てる。教材の内容が身近で生き生きとしているので、学習者は楽しく学び、実生活で活かすことができそうだ。将来、ユニークな発見や発明につながるかもしれない。以下、３教科の本の内容をレベル別に紹介する。

*人文科学系・英米文学

Geography（地理）

1）Beginner Stage（入門レベル）

住所と氏名をしっかり書けば、宇宙からでも郵便物が届く。手紙をもらうのが宇宙人というしゃれたオチがつく⑤は、宛名の書き方を教えている。すべての川は海に注ぐ。だからごみを流してはいけない。⑥のクイズは、①の公衆道徳とつながっている。寄り道もある通学路や、ピクニックに出かける丘など身近な場所が舞台となる（⑧⑦）が、たとえば③のように、近所のスーパーであっても世界とつながっていることが意識され、まさしく「地理」の勉強になっている。

① Pick up That Crisp Packet!
スナック菓子の袋はゴミ箱へ。校庭や通りに捨てると散らかってたいへんなことに。海で泳げなくなる。

② Which Home?
どこに住みたい？　城、キャンピングカー、灯台、テント、舟、ホテル、宇宙ステーション。利点と欠点。

③ What Shall We Have for Tea Tonight?
父と娘がスーパーで今晩の食べ物を選ぶ。魚、米、豆、オレンジ、チョコレート。豆以外は、外国から輸入。

④ How to Read the Sky
空の色や様子で天候の変化がわかる。雲や月のかたち、夜空にも関心を持つよう促している。

⑤ Addressing a Letter
郵便物の宛名の書き方。イングランドのヒルタウンに住むグリーン氏宛に宇宙から手紙が配達される。

⑥ Do All Rivers Go to the Sea?
「すべての川は海に注ぐ」。正しいか間違っているか？ ――正しい。地理クイズ６問とその答え。

⑦ Up the Big Hill
少女が父と丘の頂上をめざす。途中、キャンディーや弁当を食べ、風が吹き、雨になる。… but I did it!

⑧ Have You Seen My Bag?
帰宅後、カバンがないことに気づき、通学路を戻って探し、お店のなかでやっと見つける。

2）Emergent Stage（初級レベル）

家の中、近所、ロンドン市内へと地図の見方を無理なく学ぶ。③は一見宝探しにすぎないが、④では地図を見ながら友人の家へ出かけ、⑦ではロンドンの名所を地図上で確認して、移動するときの方角を学習。入門レベルの①同様、環境問題には敏感で、こちらの①ではリサイクルを実践する意義を説いている。②では気象現象を扱うが、議論によって考え方の違いや問題の解決策を示す。⑧では世界的視点も導入され、新ミレニアムを迎える催しを国別に眺めることで、時差について自然に学ぶことができる。⑤は宇宙人の視点を入れることで、青い地球を外側から見せている。未知の地球人とコンタクトするために、休み時間中の校庭に宇宙船を着陸させるエンディングが楽しい。窓から見える子供たちの写真は、英国の人種的多様性を映し出している。

① Don’t Throw It Away!
ごみは捨てずにリサイクルしよう。紙、ガラスの瓶、空き缶、プラスチック、残飯が役に立つ。

② Is Lightning Most Frightening?
雷、霧、雨、雪、日光、風。いちばん怖いのはどれ？エマと友人４人が議論する。

③ The Birthday Treasure Hunt
誕生日の朝、親が用意した指示書に従って、プレゼントを１つずつ探し出すと、自転車一式がそろう。

④ Come to My Party!
放課後、ジャネットの誕生日パーティーへ。招待状の地図を見ながら、彼女の家にたどり着く。

⑤ Alien Landing
地球人のうわさを聞いたゾグ星人が宇宙船に乗って地球へ。イングランドの小学校の校庭に着陸する。

⑥ Are Mountains Like Children?
「子供のように毎年背が伸びる山がある」ＴかＦか？Ｔ。ヒマラヤ山脈がそう。奇問を含むクイズ６問。

⑦ The Pigeon Patrol
えさを探しにハトがネルソン記念碑を飛び立つ。ロンドンの名所を巡り、地図で方角を学ぶ。

⑧ A Millennium Scrapbook
世界には24の異なる標準時間帯がある。西暦2000年を迎える国々の様子を時差をまじえて紹介する。

3）Competent Stage（中級レベル）

①では、地図を使って、英国のあらゆる地域から目的地をめざす。初級レベルから発展していることがわかる。環境問題に関しても、②で、より細かい実践を促している。議論もディベート風になり、③は、答えは１つとは限らず、結論は常に簡単に出るわけではないことをはっきり示している。知的レベルが上がるのに対応し、情報量も飛躍的に増える。④では、北極と南極についていろいろと知ることができる。⑤は、世界の４つの砂漠について興味深いカラー写真つきで解説している。現地を実際に見ることを勧めており、「地理」が現実の生活に根ざした教科であることを実感できる。

① Five Go to Wembley
ウェンブリースタジアムで行なわれるサッカーの試合を見るため、異なる街に住む５人が目的地をめざす。

② How to Have a Green Day
環境保全を意識した１日の過ごし方を時刻に合わせて伝授。電気や水を大切にし、リサイクルを心掛ける。
③ Would You Like to Live on a Small Island?
小島と都市で暮らすのはどちらが幸せか？　正反対の考えを持つルースとピーターが自説を展開する。
④ Poles Apart
北極と南極について、オーロラや幻日など特異な現象、動植物、住民、探検の歴史、天然資源、意義を概説。
⑤ Come on a Desert Safari!
インターネットの画面を模した砂漠探検ツアー案内。砂漠の種類、住民の生活、珍しい動植物を紹介する。

4) **Fluent Stage（中～上級レベル）**

環境保護に力を入れ、①では、自宅の庭に野生生物のパラダイスをつくる具体的方法を教えている。四季と各生物に分けて記述する「野生生物日誌」の作り方までイラスト入りで示し、自然と向き合った生活を推奨している。②では、自然災害の恐ろしさを経験した人たちに焦点をあてる。③では、有名なまちの歴史を語り、郷土への関心を刺激する。④は、発展途上国の人口増を地球環境の観点から取り上げる。最後の⑤でも、スーパーマーケットの建設を環境破壊と結びつけて議論している。

① How to Build a Wildlife Paradise
自宅の庭に野生生物の楽園をつくろう。蝶や小鳥など生物別に環境を整える具体的方法を指南する。
② Surviving the Volcano
カリブ海の美しいモンスラット島の火山が 300 年の眠りから覚め、1997 年に噴火。災害を乗りこえ復興へ。
③ If Towns Could Talk…How British Towns Grew
まちはどのように発展したのか？　英国を代表する 10 都市を例に、主要産業に着目して歴史を語る。
④ Popclock
刻一刻と地球の人口が増えつづけ、このままでは 2050 年に 110 億人に達し、地球環境は悪化する。
⑤ Stop the Shop?
街の郊外に進出する巨大スーパーに賛成か、反対か？関係者が講演し、活発に議論する。

History（歴史）

1) **Beginner Stage（入門レベル）**

「歴史」とは何か？　この入門レベルは、幼い子供を対象に書かれた本６冊がセットになっているが、まずは自分の成長自体が歴史であることを認識させ、家族、さらには先祖へと視野を広げていく。③では実際に家系図を書かせて自分が歴史の一部であることを実感させ、⑦では私から曾祖母まで時代をさかのぼって、写真をとおして家族旅行の変遷を比較。最後の⑧では、小学校まで歩いて送ってくれる祖父の少年時代を興味深く回顧する。なつかしさを感じさせる内容だが、②のように現代のよさを強調し、未来志向の歴史教材になっている。④と⑤のように、子供が喜ぶ遊びやアイスクリームを使って、古代ローマ人への関心を喚起する工夫がすばらしい。

① It's Best to Be Five!
小さいときは親に手伝ってもらったが、５歳のいまはひとりで自転車に乗れて、本も読め、水も汲める。
② Were the Old Days the Best?
お年寄りが言う「昔はよかった」は本当か。自動車・テレビ・冷蔵庫がない時代をあなたはどう思う？
③ How to Write a Family Tree
一本の木の絵に下から、自分・きょうだい・両親・祖父母の名前を順に書き入れて、家系図の出来上がり。
④ Knucklebones!
古代ローマのゲーム「ナックルボーンズ」で遊ぼう。現代では、骨の代わりにカードのコマを使う。
⑤ Did a Hamster Go into Space?
古代ローマ人はアイスクリームを食べた。宇宙に初めて行った動物はハムスターのハンク？　クイズ６問。
⑥ This House is Too Small!
新しい家に引っ越すことになったのは、きょうだいが生まれて家が狭くなったから。
⑦ Emma's Photo Album
2000 年、1975 年、1950 年、1925 年。私・母・祖母・曾祖母の少女時代の家族旅行を比較。家系図つき。
⑧ When Grandad Was at School
同じ小学校に通っていた祖父の時代の学校生活。帽子・体罰・牛乳など、いまとかなり様子が違う。

2) **Emergent Stage（初級レベル）**

いよいよ、本格的にイギリスの歴史を扱う。子供の興味を引きつけ、歴史好きにさせる工夫が随所に見られる。①では、ヴィクトリア朝の家に、現代の家庭用品につながるアイデアがすでに実用化されていたことを借家案内のかたちで紹介し、一度住んでみたいと思わせる。②は、人形を引きまわして焼くイギリス人におなじみのガイ・フォークス・デーのもとになった「火薬陰謀事件」をスリリングに語る。③は、かっこいい騎士を取り上げる。サッカーボール⑤やトイレの歴史⑧は、身近で楽しく学べそうだ。過去の話でも、⑦のように子供の視点を入れているのがいい。注目すべきは、自国の優越感を抑え、

謙虚に歴史を学ぶ姿勢だ。⑥のクイズでは、古代エジプトや中国の建築技術のすごさを印象づける一方、祖先であるアングロサクソン人が豚や牛と同じ家で一緒に暮らしていたことを明かしている。

① To Let: Modern Victorian Home
ヴィクトリア朝の借家紹介。冷蔵庫・洗濯機・掃除機・水洗トイレなどの原型が見られ、意外にモダン。

② Who Goes on the Bonfire?
1605 年 11 月 5 日のジェームズ 1 世暗殺計画。ガイ・フォークスが犯人として有名だが首謀者は別にいた。

③ How to Dress a Knight
中世の騎士のフル装備をイラスト入りで紹介。甲冑の中がどうなっているのか、下着から身に着けていく。

④ How to Dress a Queen
女王編。シルクのストッキング、ガーター、コルセット、スカート、宝石類などを順につける。

⑤ The History of the Football
サッカーボールの歴史（けると痛い石から現在のボールになるまで）とサッカーにまつわる 10 の雑学。

⑥ Did Vikings Eat Chips?
奇抜な歴史クイズ 10 問。「バイキングはポテトチップを食べていた」はＦ。ジャガイモの歴史を学べる。

⑦ London’s Burning!
1666 年９月２日、パン屋から出火して燃え広がったロンドンの大火を９歳の少年の目から再現する。

⑧ Toilets through Time
トイレの歴史。臭いが強烈だった 900 年前、500 年前、300 年前。100 年前に画期的なフラッシュトイレ誕生。

3) **Competent Stage（中級レベル）**

①は、レオナルド・ダ・ビンチ（1452 - 1519）の生涯を業績（絵画とさまざまな発明品のスケッチ）を中心に紹介し、彼の天才ぶりを印象づける。19 世紀に登場する自転車よりも今日に近い形で、はるか昔に自転車を構想していた。ダ・ビンチのパラシュートは実際に使えることが 2000 年に実証されている。こうした事実を示し、「史上最大の天才」という世評に同意するかと読者に問いかけている。②は、初級レベル⑦のロンドンの大火と同じ手法で、古代ローマ市民を熱狂させた二輪戦車競走を少年の目からきのうのことのように再現している。好きなチームを応援し、売店で飲食物やおみやげを買う様子は現代のサッカー観戦と変わらず、親しみをおぼえる。⑤は、部族が絶えず争っていた時代の英国に平和をもたらし、道路と街を建設した古代ローマ人について、その進んだ文化を享受した金持ちと、侵略者としか見なかった庶民の相反する見方を提示する。読者に深く考えさせるのが目的らしい。歴史を身近に感じさせる工夫は、好きな人物の伝記を書く方法を教える③にも見られ、“Why not give it a try?”と子供たちに自由研究への参加を呼びかけている。なお④のみ情報が詰まりすぎて、例外的に単調な印象を受けるかもしれない。

① Leonardo da Vinci
世界で最も有名な絵の一つ「モナリザ」を描いたダ・ビンチが、史上最大の天才といわれる理由。

② A Day in the Life of a Roman Charioteer
20 万人の人々が観戦した古代ローマの二輪戦車競走。初優勝した 16 歳の少年の視点から鮮明に描く。

③ How to Write a Biography
親戚のおばさん、ゴッホ、ベッカム。好きな人物の伝記を書こう。資料集めから執筆までノウハウを指導。

④ From Pictures to Words
象形文字から漢字・アルファベットに至る文字の歴史。活字印刷、タイプライター、Ｅメールまでの技術史。

⑤ Romans Go Home!
部族間で争っていた英国に、平和をもたらしたローマ帝国。当時の賛否両論をなまの言葉で再現する。

4) **Fluent Stage（中～上級レベル）**

６歳の子供が遊びも学校も知らずに 1 日に 16 時間も働かされた過去の歴史を、あたかも現在の問題であるかのように男性が熱弁をふるう①から始まる。この趣向には思わず引き込まれてしまう。③の学校教育の歴史とともに、現代が子供にとっていかに恵まれた時代であるかを実感させる。王室の問題について、②で子供の読者にも廃止論や改革論を紹介し、自分の意見を求めているところがすごい。歴史を今日の問題と結びつけ、自分の頭で考えさせる工夫が徹底されている。昔の国王の晩餐会の準備がいかに大がかりで大変だったかを調理場から描く④の最後には、残飯を楽しみに待つ貧民たちが登場しており、王室に悪い印象を持つかもしれない。「歴史」上級レベルの最後は、子供たちが恐怖を感じるかもしれないミイラのつくり方を淡々と教える。古代ローマ時代を扱った時と同様に、大昔の生活を時空を超えて鮮やかに描き出している。

① Stop Children Working!
19 世紀の過酷な児童労働に反対する男性の演説。その後、法律によって学校に通えるまでに改善された。

② Abolish the Monarchy?
英国の君主制を存続させるべきか否か、改革は必要か。３つの考え方を紹介し、What do you think?

③ Changing Schools
英国の学校の歴史。金持ちの息子しか受けられなかっ

た教育が、貧民や女性にも提供されるようになった。
④ The King's Dinner
ベネチアの大使を連れて狩りから国王が戻る。豪華な晩餐会の舞台裏（厨房などで働く人々）を描く。
⑤ How to Prepare a Mummy
古代エジプトのミイラのつくり方。心臓以外の内臓を抜き取って40日乾燥させ、15日かけて布を巻く。

Science（理科）

1）Beginner Stage（入門レベル）

気温が高いと、アイスクリームがすぐに溶けてしまうことを①でユーモラスに語る。けがしたときの対処法④や、病気になったときの医者と薬の効用⑦は、日常生活で大いに役に立つ。ものを触感で言い当てるゲーム③や、ヒマワリの栽培⑧は、実際に体験することを勧めている。⑥のさまざまな動物のまるで異なる足の比較や、おなじみのＴかＦで答えさせるクイズ⑤は、娯楽として学べる。ミツバチの生態を語る②では、ミツバチになって飛ぶことを読者に想像させており、空想上、風変わりな冒険を楽しめるだろう。

① Don't Bite the Bottom off Your Ice Cream Cone!
夏の暑い日にアイスクリームコーンの底をかじりとると、大変なことになるから、やめたほうがいい。
② Would You Be a Bee?
花の蜜を吸い花粉を運ぶ、短命なミツバチの生態。
③ How to Make a Feely Box
箱にいろいろなものを入れて手探りで当てるゲーム。
④ A Scab on the Knee
ひざをけがしたらよく洗って絆創膏をはり、かさぶたができたら、自然にとれるまで放っておくこと。
⑤ Does Cheese Come from Cows?
地球の中心は凍っているか？　ライオンはネコ科か？
⑥ Feet
人間・ゾウ・ヤモリなどそれぞれの異なる足の特性。
⑦ The Day I Felt Ill
具合が悪くて母と病院へ。薬を飲むと、よくなった。
⑧ I Grew a Sunflower as Big as My Dad
５月に種をまいて水をやり夏に大きく育ったヒマワリ。

2）Emergent Stage（初級レベル）

月の概説①は自分の旅行先として語っており、子供の読者は好奇心を刺激されるだろう。動物によって形状が違う舌の比較⑤も、なかなか見る機会がない拡大写真つきでとても興味深い。情報を与えるだけでなく、かならず自分の頭で考えさせるのが、Info Trail 共通の教育方針だ。⑥は、おなじみのクイズ。付属ＣＤではカチカチと時計の秒針が鳴り、制限時間内にＴかＦか答えを求められる。②は、動物園のライオンが幸せか否か、正反対の意見をぶつけ合い、読者自身の考えを問う。日焼け防止策③とペットの飼い方④は、すぐ使える情報を提供する。最後の⑧は、ウォームアップからウォームダウンまで運動に必要なことを紹介している。なお、スタン・カリモアが書きおろした⑦は、ドングリが大きな木に育つ 40 年間を、祖母を亡くし母になる、少女の成長と重ねて語っており、ちょっとした名作である。

① Come and Visit the Moon!
2020年の夏休みは月旅行へ！　申込用紙つき。
② Is Simba Happy in the Zoo?
ライオンのシンバは動物園の檻の中で幸せか議論。
③ Don't Be a Beetroot!
日焼けには要注意。クリームや帽子で対策を！
④ How to Look After a Rat
ラットの飼い方。家・えさ・おもちゃ・掃除など。
⑤ Tongues
蛙・犬・蝶・アリクイ・蛇など様々な形の舌を紹介。
⑥ Does Chocolate Grow on Trees?
チョコレートは木になる（正解）などクイズ10問。
⑦ From an Acorn to an Oak Tree
祖母と植えたどんぐりが、大きなオークの木に育つ。
⑧ Training with Ali and Emma
放課後のアリとエマ。サッカーと水泳の練習風景。

3）Competent Stage（中級レベル）

ペットとして日常的に親しみのある猫①や、子供たちに根強い人気がある恐竜②を取り上げているが、内容はけっこう本格的だ。人間よりもすぐれた猫の視覚・聴覚・嗅覚を概説し、「猫には命が九つある」と信じられた理由にも触れ、病気になったら獣医に連れて行くことを勧めている。恐竜が滅んだ謎については、巨大隕石の激突と、大陸移動による火山噴火を有力な２つの学説として紹介し、それぞれ証拠をあげている。③では、本・リンゴ・猫など無関係な 10 の事物を完全に暗記する方法を伝授する。頭の中に自分の家をイメージし、その中に、記憶すべきものをはっきり印象づけながら置いていくと覚えられる。読者に実際に想像させながら解説しており、学校の試験勉強にも役に立ちそうな技術である。④は理科とは一見関係なさそうだが、日頃から原因と結果を考える習慣をつけさせたいのだろう。⑤は偉人伝だが、牛痘にかかった者は天然痘にかからないという話を乳搾り女から聞いて、８歳のジェームズ・フィップスに

試して種痘法を完成したジェンナーの実話は、劇的で、じつにおもしろい。

① Why Do Cats Purr?
　のどを鳴らすのは満足とは限らない。猫の習性を概説。
② The Death of the Dinosaurs
　恐竜が絶滅した原因は何？　２つの学説と証拠を紹介。
③ How to Remember Absolutely Everything
　関連のない 10 の事物を記憶する最善の方法を解説。
④ Think about It!
　親がいないときは、自分でよく考えて自分の身を守れ。
⑤ Dr Jenner and the Cow Pox
　天然痘の予防接種を発明したエドワード・ジェンナーの伝記。

4) **Fluent Stage（中～上級レベル）**

「理科」の最終レベルは、大人でもじゅうぶん楽しめるテーマを揃えている。①の「血液！」は、わかりやすいイラストつきで各臓器の働きにも言及し、勉強になる。血液や、細菌を呑みこむ白血球の顕微鏡写真は一見の価値がある。④の「ダーウィンの進化論発見の船旅」は簡潔ながら、ビーグル号の構造や乗員、船内での生活にも触れていて興味深い。自分の頭で考えさせる教育方針は一貫しており、③の「われわれは宇宙へ出るべきか？」は、資源枯渇などで将来、大人になった読者が決断を迫られる問題と想定して書かれている。莫大な費用がかかる危険な宇宙探査について、一般公募の女性教師らが亡くなった 1986 年の悲惨なスペースシャトル爆発事故を写真入りで紹介しており、単なる夢と冒険に満ちた子供向けの本とは一線を画している。驚くべきは、②の「私は永遠の命などいらない！」だろう。Science シリーズの１冊なのに、若返りや不死を研究する現代の科学者たちに真っ向から反対し、永遠につづく人生は退屈で、若い世代を圧迫して地球環境を悪化させるだけだと説く。短くも充実した人生を送った例として詩人のキーツと小説家のエミリー・ブロンテの名をあげているので、著者は文系なのかもしれない。いずれにせよ、哲学的に若い読者に語りかけている。最後を飾る⑤「ゴールを決める方法」は、サッカーの試合で決勝ゴールを決めるためのテクニックを伝授する。科学的練習法だけでなく非科学的な縁起かつぎの具体例まであげているところに、著者と本シリーズの柔軟さが感じられる。

① Blood!
　細胞に酸素と栄養を供給して臓器を動かす血液の役割。
② I Don’t Want to Live for Ever!
　老いて死ぬのが人間。不死は退屈で、環境悪化を招く。
③ Should We Go into Space?
　危険な宇宙に大金をかけて出ていく必要はあるのか。
④ Darwin’s Voyage of Discovery
　若きダーウィンが約５年過ごしたビーグル号の船旅。
⑤ How to Score a Goal
　サッカーでゴールを決めるための正しい効果的練習法。

A Guide to Info Trail, the Unique English Textbooks of Geography, History, and Science

Koichi YOKOYAMA

This paper is a simple guide to Info Trail, the unique series of 78 English textbooks of geography, history and science. Info Trail is a sort of graded readers for elementary school children in Britain, consisting of four stages: beginner, emergent, competent, and fluent stages. The authors often introduce completely different ideas and tell stories in the form of debate, asking at the end “What do you think?” Various questions include whether you are for or against, say, the construction of a huge supermarket, the monarchy, and dangerous space exploration, all of which are generally considered in Japan as adult matters. It is likely that through these books children will be able to think by themselves and have their own opinions. In this sense, Info Trail helps young readers grow into responsible members of their democratic societies. Which seems to be the very ideal aim of this series that is worth imitating among Japanese educators of English.

The Info Trail books can be also enjoyed by foreign learners of English whether you are a student or an adult. Originally intended for school kids, the series is much easier for adult readers to understand and appreciate. In fact Info Trail is not boring at all even to adults. Though partly childish to be sure, the contents are wonderfully written in order to stimulate the readers’ interest and imagination. For example, “From an Acorn to an Oak Tree” is a little masterpiece, which may touch your heart. History is described clearly and sympathetically as if it had happened to your friends only yesterday. Science deals with the thrilling adventures of distinguished men like Edward Jenner and Charles Darwin, satisfying mature readers’ intellectual curiosity.

The Secret Garden
――グレイディッド・リーダーの作り方――

横山　孝一*

(2014年11月27日受理)

はじめに

グレイディッド・リーダーは、登場人物の造形とストーリーがしっかりした英米文学の名作を題材にすることが多く、同じ作品を、各出版社がリライトした異なる版で読むことができる。一見どれも原作の短縮版のように見えるが、初めてその作品に接する場合、原作とは違った印象を受ける可能性があるのではないか。本稿では、いまなお人気の高いフランシス・ホジスン・バーネットの *The Secret Garden*『秘密の花園』(1911年)を、コンパス、ペンギン、オックスフォード、マクミランの計4つの版を原作と比較してみたい。各書の特色と、章ごとの内容は最後にまとめたので、適宜参照されたい。

１．出だし

ペーパーバックで200頁をこえる全27章の原作を挿絵入りで50～70頁にまとめるのである。当然、原文は短縮される。まず、バーネットのオリジナルの出だしを見てみよう。

> When Mary Lennox was sent to Misselthwaite Manor to live with her uncle everybody said she was the most disagreeable-looking child ever seen. It was true, too. She had a little thin face and a little thin body, thin light hair and a sour expression. Her hair was yellow, and her face was yellow because she had been born in India and had always been ill in one way or another. Her father had held a position under the English Government and had always been busy and ill himself, and her mother had been a great beauty who cared only to go to parties and amuse herself with gay people. She had not wanted a little girl at all, and when Mary was born she handed her over to the care of an Ayah, who was made to understand that if she wished to please the Mem Sahib she must keep the child out of sight as much as possible. (Original, 5 以下カッコ内の数字は引用頁)

ミッセルスウェイトのお屋敷で暮らすことになる主人公がフルネームで紹介されるが、このインド生まれの少女は醜く、美人の母親に見捨てられていたことが語られている。

取り上げるグレイディッド・リーダー中、レベル２のもっとも簡単なコンパス版では、次のようになる。

> Mary Lennox was not a pretty child. Neither was she a happy one. She was often rude and bad-tempered.
>
> She lived in India with her parents, but they did not spend much time with her. Servants looked after her. (...)
>
> She was a lonely child and was usually alone in her garden. Her mother was busy visiting friends and having friends visit her. Her father, who worked for the government, was often away.
>
> (Compass, 5)

改行を多くして読みやすい。庭への関心を伏線として入れている。両親の不在が孤独の原因とわかるが、母親の子供嫌いには言及していない。

対して、同じレベル２のペンギン版は母親の育児放棄をしっかり描く。

> Mary Lennox had a thin little face and always looked cross. Nobody liked her and she was often ill. Mary's parents were English, but they lived in India. Mr Lennox worked there. Mrs Lennox was very beautiful and had many friends. But she did not like children. So when she had a baby, Mary, she was not interested in her. Mr Lennox had a

*人文科学系・英米文学

lot of work and was not at home very often. Mrs Lennox gave the baby to an Indian servant.

'You take the child,' she said to the servant. 'I don't want to see it or hear it.' (Penguin, 1)

赤ん坊を it と呼ぶ最後のせりふは原作にはなく強烈だが、そのぶん、原作の重要箇所を現代の読者にうまく伝えているように思われる。

ステージ３のオックスフォード版はどうだろうか。

Nobody seemed to care about Mary. She was born in India, where her father was a British official. He was busy with his work, and her mother, who was very beautiful, spent all her time going to parties. So an Indian woman, Kamala, was paid to take care of the little girl. Mary was not a pretty child. She had a thin angry face and thin yellow hair. (Oxford, 1)

唯一 Lennox の姓を省き、インド人の乳母に原作にない Kamala の名前をつけている。母親の子供嫌いには言及していない。

今回比較するグレイディッド・リーダーで一番原文に近いレベル４のマクミラン版はこう始まる。

Mary Lennox was born in India. When she was nine years old, her mother and father died of cholera. Mary did not miss her mother very much when she was gone. She had not seen or spoken to her very much when she was alive.

Mary's mother had not wanted a child at all. She had been very beautiful, and she had only been interested in going to parties and meeting people. Mary's father was always busy with his work, too. So when Mary was born, a servant looked after her. Her mother told the servant to make sure that Mary did not cry or make too much noise. So the servant always gave Mary whatever she asked for and Mary quickly became a very difficult and selfish little girl.

(Macmillan, 7)

２段落目で子供を顧みない母親がきちんと記されているが、１段落目が他と違う。じつは、原作で描かれるコレラで両親を亡くす重要な場面を丸ごとカットしており、最初にその要点をまとめたのである。マクミランは原作のきめ細かい描写を多く取り入れているため、そのぶん大胆な省略が必要になったのだ。グレイディッド・リーダーのレベルが高くても、省略は行なわれるのである。

２．変更と書きかえ

ロンドンで出迎えてヨークシャーのお屋敷に連れて行くメドロック夫人はメアリーがすぐさま嫌う家政婦だが、コンパス版では、When she arrived in London, a lady called Mrs. Medlock met her. She was Archibald Craven's housekeeper. (Compass, 8-9)とあるだけで外見がまったく描かれていない。ペンギン版では、She was a fat woman with a red face and small black eyes. (Penguin, 3)と、「太った」女性であるが、オックスフォード版は、Mrs Medlock was a large woman, with a very red face and bright black eyes. (Oxford, 6)、マクミラン版は、Mrs Medlock was a large woman, with very red cheeks and sharp black eyes. (Macmillan, 8)と、共に「大柄な」女性で、目が「小さい」とは書いていない。原作はどうかというと、She was a stout woman, with very red cheeks and sharp black eyes. (Original, 12)となっており、マクミラン版が一番近く、stout(「太った」の婉曲)をより一般的な large に変えたことがわかる。

クレイヴン氏が花園を閉鎖するきっかけとなった最愛の妻の死についても、変更や書きかえがある。コンパス版は、Then one day, a branch of a tree fell down and hit Mr. Craven's wife on the head. The next day she died.(Compass, 21)と落ちた枝が頭にぶつかって亡くなったことにしているが、One day she fell out of the tree. She died the next day.(Penguin, 16)とペンギン版が書いているように、夫人のほうが落ちたのである。オックスフォードは、But one day when she was sitting on the branch, it broke, and she fell. She was very badly hurt and the next day she died.(Oxford, 17)と、座っていた枝が折れたことに言及している。マクミラン版も同様だが、She fell to the ground and she was hurt very badly. The next day she died.(Macmillan, 21)と、地面に墜落したことにも触れている。死因を変えたコンパス版は、著者の勘違いの可能性もあるが、原作が衝撃的なので若い読者に配慮したのかもしれない。原文は、But one day when she was sittin' there th' branch broke an' she fell on th' ground an' was hurt so bad that the next day she died. (Original, 37)と、話し手のメイド、マーサのヨークシャー方言で綴られている。オックスフォード版ではメアリーがまねる場面などで一部方言を取り入れているが、マクミラン版は方言には言及しても、表記にまでは踏み込んでいない。標準英語に慣れることをめざ

すグレイディッド・リーダーとしては当然の変更だろう。

クレイヴン氏は妻が致命傷を負った花園を嫌い、２度と入れぬようにドアの鍵を処分した。どうやって？　ペンギン版では、He threw away the key to the door. (Penguin, 9)と「投げ捨てた」が、マクミラン版は、He locked the door and buried the key.(Macmillan, 15)と原作を踏襲している。「埋めた」のが正しい。グレイディッド・リーダーは使用語彙をレベルごとに制限していることがあり、難語は平易な語に変えるのが普通である。レベル４のマクミラン版でも bury には注をつけており、ペンギン版がやさしめの動詞に変えたことが理解できる。花園の入口を隠す ivy が、ペンギン版とオックスフォード版で plant に変えられているのも同じ理由にちがいないが、一番やさしいコンパス版でさえ ivy を残しているので、制限する単語はあくまでも出版社次第ということだろう。意味がまったく違ってしまったり、置き換えた語が不自然に見えたりする場合は、難しい語でもそのまま残すほうがよさそうだ。

３．「魔法」のテーマと改変

このツタに覆われた秘密の花園のドアをメアリーはどうやって発見するのだろうか。コンパス版はこう語る。

> The robin sat on the top of the garden wall. It began to sing. The wall was covered with ivy. Mary pulled at a piece of the ivy. It came away from the wall. Behind the wall was a door.
> (Compass, 25)

メアリーがたまたま手で引っぱって見つけたことにしているが、これでは原作の重要なテーマが消えてしまう。

> The robin hopped on to an old climbing plant on the wall, and sang his most beautiful song. Suddenly the wind made the plant move, and Mary saw something under the dark green leaves. The thick, heavy plant was covering a door.
> (Oxford, 25)

オックスフォード版ではたまたま風が吹いて見つけるのだが、これも原作者の意図を無視している。

> The robin flew up onto the top of the wall and twittered loudly. What happened next really was very strange.
> Mary had stepped forwards close to the robin, and at that moment a strong wind suddenly blew, lifting some of the ivy from the wall. Underneath, Mary saw a round knob which had been covered by leaves. It was the knob of a door.
> (Macmillan, 25)

たしかに突然風が吹くのは strange だが、マクミラン版は原作の単語を変えてしまった。

> Then something magical happened. There was a strong wind that day, and suddenly it moved the plants under the robin to one side. Mary looked —and there in the wall was a door. 'The door to the secret garden!' she cried. (Penguin, 21)

ここでは、このペンギン版が一番原作に近い。バーネットは、わざわざ次のような説明を加えている。

> Mary Lennox had heard a great deal about Magic in her Ayah's stories, and she always said that what happened almost at that moment was Magic. (Original, 56)

起こったのは something magical というより、Magic そのものなのだ。原作はこの「魔法」のテーマを物語全体にちりばめている。原書を熟知しているグレイディッド・リーダーの著者が見落とすはずはなく、あえて無視したり、弱めた表現にしていることが推測できる。いわゆるリアリズム以前の児童文学では、魔法が当たり前のように登場していたが、現代の読者は子供を含め、たとえ物語中であってもこの魔法が信じられず、わざとらしく感じてしまうようだ。改作者たちは、現代人の好みに合わせて意図的に変更を行なっているといえよう。

おじのクレイヴン氏と初めて会見したメアリーは、発見した秘密の花園についてはもちろん黙っているが、それとなくこの庭の使用許可をとっている。各版の言葉を並べてみよう。

> "No, but I'd like a small piece of a garden."
> (Compass, 40)

> 'Can I—can I have a very small part of the gardens?' (Penguin, 27)

> 'Could I—could I have a bit of garden?'
> (Oxford, 33)

> 'Could I…' said Mary, her voice trembling.

‘Could I have a bit of earth?’ (Macmillan, 36)

“Might I,” quavered Mary, “might I have a bit of earth?” (Original, 86)

不定冠詞、定冠詞付の複数形、無冠詞とさまざまだが、garden が earth の代用語であることは明白だろう。この場合、garden では直接的すぎる。頼み方もいろいろあるが、原作の Might が一番控えめでていねいに響く。

４．メアリーとコリン

メアリーは100室もあるミッセルスウェイトのお屋敷で謎の泣き声を聞いていたが、ある夜、ついにその正体を突きとめる。クレイヴン氏にはメアリーと同じ 10 歳の息子がいた。妻の死後、この子が自分と同じせむしになると思い込み、部屋にずっと寝かせていたのである。メアリーとコリンが初めて出会ったときの原作の会話は忘れがたい。

“Who are you?” he said at last in a half-frightened whisper. “Are you a ghost?”

“No, I am not,” Mary answered, her own whisper sounding half frightened. “Are you one?” (original, 91)

ふたりとも相手が幽霊かと思って怖がっているところがおもしろい。

“Are you a ghost?” he asked.

“No, I’m not. Are you?” Mary asked. (Compass, 42)

コンパス版はせりふのみを簡潔にまとめている。

‘Who are you?’ he said in a half-frightened whisper. ‘Are you a ghost?’

“No, I’m not,’ answered Mary. ‘Are you?’ (Macmillan, 38)

やはりマクミラン版が原作に近いが、メアリーのほうも怖がっていることがこれではわかりにくい。

‘Who are you?’ he whispered. ‘Are you a dream?’

‘No, I’m not. ‘I’m Mary Lennox. Mr Craven’s my uncle.’ (Oxford, 34-35)

ivy を plant に変えたオックスフォード版は、ここでも不自然な語彙の制限を行なっている。単語の難易度は機械的に決められるものではない。「幽霊」は日常とは程遠い存在だが、子供の世界ではれっきとした日常語であることを見逃している。

‘Who are you?’ he asked. He looked very afraid.

‘I’m Mary Lennox,’ the little girl answered. (Penguin, 30)

ならば省略という手もあるが、ペンギン版では、原作の面白味まで省いてしまった。

コリン少年はせむしになることに脅えながら生きてきた。背中にこぶがあると泣きわめき、調べたメアリーがこぶなどないと断言するところは、物語中もっとも感動的な場面の一つだ。

“I can prove it,” Colin screamed. “Feel my back.”

He lay on his stomach and pulled up his pajama top. “Now feel it. You can see the lump. It’s getting bigger and bigger.”

Mary felt Colin’s back. There was no lump. His back was as smooth as hers.

“There is no lump, Colin,” she said, “Believe me. There’s nothing wrong with your back.”

“You’re lying.” (Compass, 59)

異常がないと言っているメアリーを「嘘つき」呼ばわりするのは不自然だ。

‘All right. You’ll see!’ Colin cried. He showed Mary his back. The girl looked at it carefully. His back was thin and weak, but there was nothing wrong with it.

‘You’re not going to be a hunchback,’ said Mary loudly. ‘Your back is as good as mine.’

Colin smiled weakly. ‘Really? Is it really all right?’

‘Yes!’ (Penguin, 41)

このようにコリン自身、異常がないことを信じたいのだ。

‘My back’s becoming crooked, I can feel it! I know I’m going to die!’ Large tears ran down his face.

‘Don’t be stupid!’ cried Mary. ‘There’s nothing the matter with your horrid back! Martha, come here and help me look at his back!' (Oxford, 43)

オックスフォード版はここでマーサを登場させているが、原作では別人の看護婦だ。しかし、このあとのコリンは、コンパス版と違って素直である。

'There's nothing wrong with your back!' she said at last. 'Nothing at all! It's as straight as mine!'

Only Colin knew how important those crossly spoken, childish words were. (Oxford, 44)

マクミラン版は原作に似て詳しく描く。

'I felt a lump in my back,' he choked. 'I felt it. I am going to turn into a hunchback, and then I shall die.'

'You didn't feel a lump,' said Mary, still angry. 'There's nothing wrong with your stupid back. Turn over and let me look at it. Nurse! Come here and show me his back!'

(...)

'Show her!' Colin cried. 'Then she'll see!'

(...)

'There's nothing there!' she said at last. 'There are no lumps. If you ever say there's a lump again, I shall laugh!' (Macmillan, 50)

最後の一言がコリンの反論を封じている。最後に原作を見よう。

"I felt the lump—I felt it." choked out Colin. "I knew I should. I shall have a hunch on my back and then I shall die," and he began to writhe again and turned on his face and sobbed and wailed, but he didn't scream.

(...)

"There's not a single lump there!" she said at last. "There's not a lump as big as a pin—except backbone lumps, and you can only feel them because you're thin. (Original, 126)

なぜコリンが背中にこぶがあると言い張ったのか、原作を読んで初めて納得できる。やせてあらわになった「背骨」をこぶと勘違いしていたのだ。メアリーのこの言葉を聞けば、「嘘つき」と叫ぶこともあるまい。

ずっと自分が死ぬと思っていたコリンはこの一件で、生きる希望をもつ。メアリーとディコンが車椅子で秘密の花園へ連れて行ったとき、コリンの希望は頂点に達する。

"I shall get well! I shall get well!" he cried out. 'Mary! Dickon! I shall get well! And I shall live forever and ever and ever!'

(Original, 151)

このように原作では、美しい庭を見たコリンが「永遠に生きる」と高らかに宣言する。

'Mary! Dickon!' he cried. 'I'm going to get better! I'm going to live for ever and ever and ever!' (Oxford, 46)

'I shall get well!' he cried out. 'Mary! Dickon! I shall get well! And I shall live for ever and ever!' (Macmillan, 56)

オックスフォード版とマクミラン版は、しっかり元のせりふをとどめた。原作では第 20 章の題名にもなっており、テーマとからむ非常に重要な言葉だ。大袈裟とはいえ、省いてはならないだろう。

5．コリンとベンの主従関係

庭師のベンがはしごを使って秘密の花園をのぞき込む場面も大事だ。ベンから poor cripple (Original, 158) と言われ激高したコリンは、その場で立ち上がってみせる。省略してしまったコンパス版はやはり欠陥があると言わざるを得ない。

'Listen!' the boy said. 'This garden's a secret. Don't tell anybody about it. You can come sometimes and help.'

'Thank you,' Ben Weatherstaff said, and he smiled. (Penguin, 47)

ペンギン版はコリンとベンの主従関係を弱めている。「魔法」と同じで、現代社会の好みに合わせたのだろう。

'You've got to help us keep the garden a secret.'

'Yes, sir,' said old Ben, as he dried his eyes.

(Oxford, 49)

オックスフォード版にはベンの返事に原作の名残が認め

られるが、ここでもマクミラン版のほうが原作に忠実だ。（ちなみに、10 年間閉めきりだった花園が枯れ果てていなかったのはベンがときおり手入れをしていたからで、マクミラン版のみがこの事実に言及している。）

> ‘I’m your master when my father is away,’ Colin said to Ben. ‘You must do what I say. This is my garden. You mustn’t say anything about it!(...)’ (Macmillan, 60)

原作では、もっと露骨に主従関係を描き出している。

> “I’m your master,” he said, “when my father is away. And you are to obey me. This is my garden. Don’t dare to say a word about it! (...)” (Original, 159)

命令するコリンの言葉づかいがかなりきつい。原作発表当時感動をもたらした、少年に仕える老人の姿も、現代では不快に思う読者もいるはずだ。

６．感動のクライマックス

秘密の花園には亡き母がいてコリンを見守っていたのかもしれないと思わせる「母性愛」のテーマはどう扱っているのだろうか。コンパス版のサワビー夫人は、“Your mother will be so pleased,” she said to Colin. “I’m sure her spirit is in the garden, and she knows how well you are doing.” (Compass, 62)と原作よりもストレートだ。オックスフォード版は「霊」という言葉を使わずに、‘Dear boy! You’re as close to your mother as you could be, here in her garden.’ (Oxford, 52) とうまく暗示している。原作では “Thy own mother’s in this ’ere very garden, I do believe. She couldna’ keep out of it. Thy father mun come back to thee—he mun!” (Original, 198)と、サワビー夫人の母性も濃厚に感じとれる。

母代りとしてコリンの食事の世話をしていたサワビー夫人は、旅先のクレイヴン氏に手紙を書く。コンパス版とオックスフォード版はともに省いてしまったが、

> ‘Your wife would like you to come home.’ (Penguin, 53)
> *And I think your wife would ask you to come if she was here.* (Macmillan, 66)

とペンギン版とマクミラン版は、原作の I think your lady would ask you to come if she was here. (Original, 203)を取り入れている。コンパス版以外が描いた、亡妻が「花園のなかですよ」と呼びかける夢と呼応して、クレイヴン氏は迷わず帰国するのである。コリンがくどいほど口にする「魔法」同様、バーネットの原作は超自然的な要素が欠かせない。

最後に、結末の比較を行ないたい。各版はどのようにこの物語を締め括っているのだろうか。アーチボルト・クレイヴンは、走れるほどになったコリンと再会し、初めて自分の息子として受け入れる。

> The two of them walked hand in hand toward the house. For the first time since his wife died, Mr. Craven was smiling. (Compass, 64)

コンパス版のなかでは父子を見る召使は登場せず、父親のクレイヴン氏の幸せに焦点をあてて終わっている。

オックスフォード版ではコリンに気づいたメドロック夫人と、マーサら召使たちが仰天する。

> Through the gardens towards the house came Mr Craven, looking happier than they had ever seen him. And by his side, with his shoulders straight, his head held high and a smile on his lips, walked young Colin! (Oxford, 57)

原作にわりと近いが、ベンが最初に見つけて「誰が来ると思う？」と召使たちに訊き、メドロック夫人が見て驚くのが元の展開だ。ペンギン版は正確に受け継ぎ、次のように終える。

> A tall, strong boy came across the grass. There was a happy smile on his face. It was Colin Craven! (Penguin, 55)

マクミラン版はベンを省略してしまったが、ただの Colin Craven ではなく、原作の Master Colin をそのまま使う。

> Mr Craven, the Master of Misselthwaite, was walking across the garden towards them, looking happier than he had been for years. And next to him, his head up in the air, and his eyes full of laughter, was Master Colin. Walking as strongly as any boy in Yorkshire! (Macmillan, 69)

マクミラン版は概して原作に忠実で、特に貴族の跡取り

が誕生する意義をきちんと伝えている。ちなみに、バーネットの原作はこう締め括っている。

> Across the lawn came the Master of Misselthwaite, and he looked as many of them had never seen him. And by his side, with his head up in the air and his eyes full of laughter, walked as strongly and steadily as any boy in Yorkshire —Master Colin! (Original, 210)

父親のクレイヴン氏の名前は出さずに「ミッセルスウェイトの主人」とし、マクミラン版と違って Master Colin!を最後に置き、コリンが由緒ある貴族の跡取り息子であることを強く印象づけている。

おわりに

その後の貴族階級の必然的没落と平等な民主主義社会の到来を知る現代の読者にとっては、原作の結末はいかにも封建的で古めかしい。読む人によっては反感すらおぼえるかもしれない。その意味で、原作に忠実なマクミラン版よりも、階級社会の要素を薄めたオックスフォード版やペンギン版のほうが喜ばれるかもしれない。グレイディッド・リーダーは版によって読後の印象が微妙に異なることが本論で明確になった。

筆者は、いま社会問題になっている女性の育児放棄が『秘密の花園』に描かれていることをペンギン版グレイディッド・リーダーで知り、原作に注目するようになったのだが、コリンが「魔法」の熱烈な信者になり、次のような「お題目」を唱える場面で辟易してしまった。龍口直太郎訳で引いてみよう。

> 「お日様が照っています――お日様はかがやいています。あれは魔法です。草花が大きくなったり、根が動いたりしていますが、これも魔法の力です。生きていることも魔法です。――丈夫になることも魔法です。魔法はわたくしたちのからだのなかにあります――魔法はわたくしのなかにもあるのです。わたくしのからだにもあるのです――わたくしのなかにもたしかにあります。わたくしたちみんなのなかに、めいめいが持っています。ベン・ウェザースタッフの背中にもあります。魔法よ！　魔法！　さあ助けにきてください！」（『秘密の花園』、344）

オックスフォード版が簡潔にこの祈りを取り入れたが、残りの３冊はそろって無視している。しかし、これは原作者フランシス・ホジスン・バーネットの信念そのものだったにちがいない。“Do you believe in Magic?” とコリンに質問され、“That I do, lad,” she answered. “I never knowed it by that name but what does th' name matter? (...)” (Original, 196)とサワビー夫人に言わせたバーネットにとって、子供が使う「魔法」という名前にこだわりはなかったのかもしれないが、その不思議な力はしっかり信じていた。

> The children told her about the magic in the garden.
> ‘Of course there's magic here,’ said Mrs Sowerby. ‘But I have a different name for it. For me, it's plants and trees and flowers. It's green things—it's life!’ (Penguin, 52)

と、ペンギン版の著者アン・コリンズは、原作のどぎつい魔法信仰をあたりさわりなく花園内の自然の再生力に還元する。原作者の意図を汲みながら、現代風にうまくまとめているといえよう。原作あってのグレイディッド・リーダーだが、元が完璧とはかぎらない。現代人の好みに合わせて省略や言い換えを行ない感動を倍加させることができるのは、グレイディッド・リーダーの利点であり、知られざる存在意義かもしれない。

付録

Frances Hodgson Burnett, *The Secret Garden*
Original (1911; Oxford World's Classics, 2011)
龍口直太郎訳『秘密の花園』（新潮文庫、1954 年）

① There Is No One Left
ひとりぼっちになって
② Mistress Mary Quite Contrary
つむじまがりのメアリー嬢
③ Across the Moor
荒野をこえて
④ Martha
マーサ
⑤ The Cry in the Corridor
廊下の泣き声
⑥ “There Was Some One Crying—There Was!”
泣き声のぬし
⑦ The Key of the Garden
花園のかぎ
⑧ The Robin Who Showed the Way
花園の入口
⑨ The Strangest House Any One Ever Lived In
ふしぎな家

⑩ Dickon
ディコン
⑪ The Nest of the Missel Thrush
つぐみの巣
⑫ “Might I Have a Bit of Earth?”
すこしばかりの地面
⑬ “I Am Colin”
ぼくはコリン
⑭ A Young Rajah
若い王様
⑮ Nest Building
春の仕事
⑯ “I Won’t!” said Mary
仲たがい
⑰ A Tantrum
仲なおり
⑱ “Tha’ Munnot Waste No Time”
うちあけ話
⑲ “It Has Come!”
ひきあわせ
⑳ “I Shall Live Forever—and Ever—and Ever!”
「僕はいつまでも生きるんだ！」
㉑ Ben Weatherstaff
ベン・ウェザースタッフ
㉒ When the Sun Went Down
ばらを植えて
㉓ Magic
魔法
㉔ “Let Them Laugh”
笑え笑え
㉕ The Curtain
壁の画
㉖ “It’s Mother!”
おっかさん
㉗ In the Garden
父と子

1) Compass Classic Readers (2009)

Ken Methold and Sheila Lyne, *The Secret Garden* (Level 2)

章題をきれいに Mary に統一して、会話を活用する。クレイヴン夫人の墜落死が衝撃的すぎると思ったのか、折れた枝が頭にぶつかって亡くなったと変更。秘密の花園のドアを隠していたツタは超自然的な風ではなく、メアリーの手でどけられる。主治医はクレイヴン氏の財産を狙っている悪役とみなされる。原作の小さな改変と大胆な省略が目につき、第９章でこれが決定的欠点になる。ベンに挑んでコリンが立ち上がる有名な場面と、クレイヴン氏が帰宅するきっかけとなる亡妻の夢が丸ごと省かれ、コリンとの再会も感動が薄れている。原作の 11 章分をむりやり最終章に詰め込んだのは全体のバランスを欠き、大急ぎで物語を終えた感じが強い。

① Mary Goes to Misselthwaite
孤独なメアリーはインドの家でコレラが発生したとき、小さな蛇と庭の小屋にいた。両親を亡くし、クロフォード牧師から、アーチボルト・クレイヴンおじのミッセルスウェイトのお屋敷へ行くことを告げられる。ロンドンからメドロック夫人が同行。妻を亡くしている「背中が悪い」クレイヴン氏は、老執事のピッチャー以外とは会いたがらないと聞く。
② Mary Makes a Friend
対等な口をきくメイドのマーサを無礼と非難するが、彼女から自分で服を着て外で遊ぶことを学ぶ。塀に囲まれたドアのない庭に気づく。興味を示すと、ベン・ウェザースタッフから関わらぬよう言われる。
③ Mary Hears a Strange Cry
空腹を感じ、嫌っていたポリッジも食べる。マーサから、クレイヴン夫人は枝がぶつかって亡くなったと聞く。屋敷内で泣き声が聞こえたと言うと、「風か、歯痛のベティよ」とマーサは強弁する。
④ Mary Finds a Secret Garden
友人になったマーサから縄跳びのなわを贈られる。「春がやって来る」とベン。コマドリに導かれて、花園の鍵とドアを続けざまに発見し、中へ入る。美しいこの庭で働くことに決め、鋤と種をマーサの弟ディコンに買ってきてもらうことにする。
⑤ Mary Meets Dickon
「秘密の花園」で雑草をとる。クレイヴン夫人の影響でベンがバラを好んでいることを知る。木笛で動物を魅了するディコンと会い、花園の秘密を共有する。
⑥ Mary Discovers Colin
ディコンが大好きになる。クレイヴン氏に a small piece of garden を求め、気前のよい返事をもらう。泣き声の主コリンと出会い、花園を話題に。寝たきりの同い年の少年をインドの歌で眠りにつかせる。
⑦ Mary and Colin Become Friends
失職を恐れるマーサがコリンの病状を説明。せむしになると思ったクレイヴン氏が閉じ込め、癇癪もちに。「父は母の死を僕のせいにしている。親戚のクレイヴン医師は財産を狙っている」とコリンは言う。
⑧ Mary Quarrels with Colin
ディコンと庭仕事をする。嫉妬したコリンがわがままを通そうとするが、メアリーは屈しない。クレイヴ

ン氏が庭の本、筆記用具、ゲームなどを送ってくる。

⑨ Mary Helps Colin to Get Better
その夜メドロック夫人に助けを求められ、騒ぐコリンの部屋へ。背中にこぶがないことをナースと確認。翌日、ディコンがキツネの子を連れて訪問。コリンはメアリーたちと秘密の花園に通い、歩けるようになる。食事を提供したサワビー夫人の勧めでクレイヴン氏が帰国。メドロック夫人からコリンとメアリーが元気になったと聞いて花園に入ると、見違えるように成長した息子が歩み寄る。手をつないで屋敷へ戻るクレイヴン氏は、妻の死以来初めてほほ笑む。

2) Penguin Active Reading（2009）

Anne Collins, *The Secret Garden*（Level 2）

母親の子供嫌いに着目し、メアリーを被害者として同情。人とのつながりを求めて幸せになっていく姿に焦点をあてている。コンパス版とメアリーの扱いが似ており、原作では影が薄い最後の章でも、メアリーがコリンと共に幸せになったことを強調する。コリンの寝室にある母の肖像画を重視し、花園に母の霊がとどまっていたことをほのめかして、原作の「魔法」にも言及している。母の愛をめぐるテーマを浮き彫りにした半面、召使に対する貴族的態度には批判的で、メアリーを通して矯正し、締め括りの Master Colin! を Colin Craven! に変えることで、歴史ある大邸宅の後継者が誕生するテーマはだいぶ弱まっている。

① 'Where is Everybody?'
美人の母が育児放棄。９歳のときインドの家で疫病が発生し、召使と両親を亡くす。無事でいるところを自室で発見されたメアリーは、自分の存在が忘れられていたことにショックを受ける。

② Mary Goes to England
クロフォード家の長男から「せむし」のおじに引き取られることを告げられる。英国ヨークシャーの古いお屋敷へ。迎えに来たメドロック夫人は太った女。メアリーは、妻を亡くしておかしくなったというクレイヴンおじの話に興味を示す。

③ Martha
召使のマーサ・サワビーが同情して服を着るのを手伝う。メアリーは、弟ディコンの話に興味をもつ。花園の話も聞く。10 年前、妻の死後にクレイヴン氏が閉鎖し、鍵を窓から投げ捨ててしまったという。

④ Ben Weatherstaff and the Robin
家族がいない似た者同士として、コマドリをかわいがるベンと知り合うが、自分も無愛想なのかと少し傷つく。ドアのない花園への関心をとがめられる。

⑤ Somebody is Crying
外で遊び空腹を知る。クレイヴン夫人が木から落ちて亡くなった話に同情。屋内で泣き声を聞く。マーサは風と言い張り、メドロック夫人は探検を禁ずる。

⑥ The Secret Garden
人から嫌われていたことを自覚。春が来る。コマドリが覚えていてくれたことに感激。好きになることをおぼえ、幸せを感じる。花園の鍵、翌日に塀のドアを発見し中へ。草とりに熱中。ディコンに手紙を書き、鋤と種を買ってくるよう頼む。

⑦ Dickon
初めて会ったディコン（笛は吹いていない）と花園の秘密を共有。互いに好きとわかり、幸福感を味わう。

⑧ Mary Meets Mr Craven
悲しげなおじと会見し、園芸用に庭の一部をもらう。

⑨ 'I'm Colin Craven'
泣き声の主コリンを発見。せむしになると引きこもっている部屋には母の肖像画がある。花園の鍵を召使に探させると言う同い年のいとこに、メアリーは秘密の大切さを説く。互いに 'I like you.'と意気投合。古いインドの歌で眠りにつかせる。

⑩ Martha is Afraid
雨。屋敷の秘密がばれてマーサは首を心配。ロンドンの医者が「外で遊べば元気になる」と言ったと明かす。コリンは「クレイヴン氏の息子」として召使の身分を保証するが、メアリーは尊大ぶりを批判する。

⑪ 'I'm Going to Die!'
晴れ。ディコンと庭仕事。会いに行かなかったことにコリンが怒り、口論になる。クレイヴン氏が庭の本を送ってくれて、覚えていてくれたことに幸せを感じる。夜中にマーサが助けを求める。せむしになると泣くコリンの背中を調べ、異常なしと断言。外で遊べば元気になるとマーサも請け合う。希望をもったコリンをまた歌で眠らせる。

⑫ Mary Tells Colin the Secret
反省したコリンが「ディコンに会いたい」と言い出す。メアリーは花園の秘密を明かす。医師とメドロック夫人は、ディコンと母スーザン・サワビーを信頼。ディコンが小鳥を連れて見舞いに来る。

⑬ Colin Sees the Secret Garden
車椅子で秘密の花園へ。メアリーは「魔法」を実感。コリンは、壁の上から覗くベンの目前で立ち上がり、せむしであることを否定させ、手伝うよう命令する。

⑭ The Magic in the Garden
歩けるようになったコリンは、避けていた母の肖像画を見る。お金をもらって食事をこっそり提供するサワビー夫人は、メアリーをきれいになったと褒め、

コリンに「おかあさんはこの庭にいるわ」と言う。

⑮ In the Garden
メアリーもコリンも幸せになる。オーストリアの山で亡妻の夢を見たクレイヴン氏は、翌朝サワビー夫人の手紙を見て帰国。悪い父親だったと反省し、花園から駆け出る息子と再会。美しい秋の庭を見る。屋敷へ戻る父子をベンが見つけ、召使たちを呼ぶ。メドロック夫人が驚く。颯爽とやって来るのは、幸せそうにほほ笑む「コリン・クレイヴン」だった！

3) Oxford Bookworms (2008)

Clare West, *The Secret Garden* (Stage 3)

インド人の召使に原作にない「カマーラ」という名前をつけている。使用語彙には制限をかける。cholera は terrible disease、庭のドアを覆う ivy は plant、 真夜中に部屋にやって来たメアリーに Are you a ghost? と訊くコリンの印象的な言葉は Are you a dream? に変えている。メアリーがインドにいるときから庭遊びが好きだったことを伏線として採用。コリンがクレイヴン家の立派な後継ぎになる展開と、原作特有の「魔法」信仰をいくぶん残し、主人公だったメアリーが消えてしまう原作の問題点をそのまま受け継いでいる。

① Little Miss Mary
インド人のカマーラに世話されわがままに育つ。9歳のころ、疫病でこの召使と両親が死ぬが悲しまない。一時滞在した英国人一家のバジルから、庭遊びをからかわれ、出ていくのを喜ばれる。背中が曲がったアーチボルト・クレイヴンおじに引き取られることになり、ヨークシャーへ。ロンドンから同行したメドロック夫人を一目で嫌うが、おじが妻を亡くした話に驚く。雨の寒い夜、恐ろしい風の音を聞きながら、海のように広いムーアを馬車で進む。

② Mary in Yorkshire
古い屋敷に到着。翌朝、インドの召使と違い対等な口をきくマーサに反感を抱くが、妻を亡くしたおじが10 年閉めきりにしている庭の話に興味をもち、早速、外で秘密の花園を探す。ヨークシャー特有の率直なベンから不器量と言われる。老人がかわいがるコマドリに友達になってと頼む。マーサにせがみ、座っていた枝が折れてクレイヴン夫人が墜死したことを聞きだし、初めて他人を気の毒に思う。屋敷内で子供の泣き声を聞くが、マーサは風と言い張り、メドロック夫人が探検を阻む。メアリーは正体を突きとめようと決心し、新生活が楽しくなる。

③ Finding the secret garden
話を聞いてマーサの家族が好きになる。秘密の花園を知るコマドリがなつく。犬が掘った穴に古い鍵を発見。マーサから母親がメアリーのために買ったという縄跳びのなわを贈られ、初めてお礼を言う。コマドリに頼むと、風が吹いて plant に隠れていたドアも見つかり、花園の中へ。新芽のじゃまになる雑草をとり、お腹がすいて昼食を倍食べる。鋤と種を買いたいとマーサに話し、弟のディコンに手紙を書いてもらう。泣き声についてマーサはなおも知らぬふり。

④ Meeting Dickon
木笛で動物を魅了し鳥の言葉がわかるディコンと会い、花園を盗んだと打ち明ける。バラの木が生きていることを確認。好きになったディコンにヨークシャー方言で私を好きかと尋ね、よい返事をもらって幸せを感じる。クレイヴン氏と初めて会い、a bit of garden を求める。おじは亡妻を思い出した様子。

⑤ Meeting Colin
真夜中、泣き声の主を突きとめる。Are you a dream? と尋ねた寝たきりのコリンは父が自分を嫌い、財産を相続するために主治医が死を望んでいると思っている。秘密の花園の「秘密」を共有。メアリーは外での体験を語り、カマーラの歌で寝かせる。

⑥ Colin is afraid
会いに来なかったことをコリンが怒り、ディコンの貧乏をけなす。メアリーは「わたしよりわがまま」とあきれる。「背中が曲がって死ぬ」と夜中に騒ぎ、メアリーがマーサと調べる。異常なし。謝るコリンに、花園のドアを見つけたと明かす。

⑦ Colin and the garden
春の日。動物を連れたディコンが押す車椅子で召使に見られないように秘密の花園に入り「永遠に生きる」と宣言したコリンは、塀の上に現われたベンの前で立ちあがり、手伝いを命じる。「魔法」を信じ、みんなで呪文を唱える。父が好きになってくれることを願い、極秘で歩く練習を開始。サワビー夫人が牛乳とパンを提供し、花園にも来る。

⑧ Mr Craven comes home
10 年孤独にヨーロッパを放浪していたクレイヴン氏が「庭にいます」と言う亡妻の夢を見て、サワビー夫人の手紙で帰国。メドロック夫人は、食事をとらず元気になったコリンに困惑。庭から笑い声。ドアが開き、腕の中へ駆けこんできた息子と再会。中ではバラが咲き誇る。「花園、メアリー、ディコン、魔法のおかげ」と言う「若きコリン」は、召使たちが驚くなか、背筋をまっすぐ伸ばして父と歩く。

4) Macmillan Readers (2008)

Rachel Bladon, *The Secret Garden* (Level 4)

取り上げた４冊中もっとも描写が詳しい。メドロック夫人との長旅、メアリーが秘密の花園に引きつけられていく経緯、コマドリに導かれて見つけた古い鍵を差し込んでツタの下に隠れていたドアを開ける興奮、メアリーとコリンを陰で支えるサワビー夫人など原作に近く読み応えがある。ところが冒頭で、頁数制限のためか、他の本が揃って描いているインドでのコレラ騒ぎを丸ごと省略し、亡くなったクレイヴン夫人の名前「リリアス」は出しているものの、バジル・クロフォードを無名化した。母の愛のテーマはほとんど消えてしまい、代わりに、600 年の歴史を誇る大邸宅ミッセルスウェイトの次の主となるコリンの貴族ぶりが、原作にもっとも忠実に描き出される。ベンとの主従関係をいまなお麗しいと思うかどうかは、読者次第だ。

① Mary Comes to England
メアリーがコレラで両親を亡くしたことを冒頭で簡単に触れ、「クロフォード家の男の子」から、せむしのおじに引き取られることをからかわれる。メドロック夫人とムーアの中を旅し、築600年のミッセルスウェイトのお屋敷へ。結婚して妻を亡くしていた、アーチボルト・クレイヴンの過去を聞いて驚く。

② Robin Redbreast
ヨークシャーなまりがある召使のマーサは、強そう。反抗できずに泣くと同情してくれる。メアリーは、貧しい家の子供たちの「空腹」は理解できないが、動物好きのディコンと、おじが妻の死後鍵を埋めてしまったという花園の話に興味をもつ。コマドリが唯一の友というベン・ウェザースタッフに気に入られるが、10 年間閉めきりの花園の入口がどこにあるか尋ねると、ベン老人はまた不機嫌になる。

③ Mary Finds the Key
外を走り回って空腹を知る。コマドリは秘密の花園に住む。おじが庭を嫌うのは夫人が墜死したためと聞きだす。マーサの話から、マーサの母とディコンを好きになる。子供の泣き声をマーサは風と言い張る。ムーアの青空が春の訪れを告げる。コマドリを追って古い鍵を発見し、「花園の鍵かも」と思う。

④ Inside the Secret Garden
コマドリに頼み、突然の強風でツタの下にドアを発見。興奮しながら鍵を差し込んで開く。若葉を見つけ、雑草を抜く。造園に詳しいディコンに鋤と種を買ってきてもらうためマーサと手紙を書く。

⑤ Dickon
ベンは亡き女主人からバラのすばらしさを教わったという。笛を吹くディコンと初めて会う。聴きほれる動物を気遣い、草の香りがする。花園の秘密を共有。クレイヴン氏にやっと面会。a bit of earth を求めると、おじは亡妻を思い出す。「庭」を得て喜ぶ。

⑥ A Meeting in the Night
夜中にまた泣き声を聞き、コリンを発見。「母の死で父は嫌っているようだが、跡取りなので召使はぼくの機嫌をとらなければならない。父のいとこである主治医は遺産が入るので、ぼくに長生きしてほしくない。死ぬことを考えて泣いていた」と告白。メアリーは秘密の花園の話をし、インドで召使たちにしてもらったようにコリンの手を握り、歌で眠らせる。

⑦ Colin
「コリンを見つけた」と言うと、マーサは首になることを心配。せむしの矯正具をつけさせたクレイヴン医師と、反対したロンドンの医者の話をする。コリンはメアリーを来させるよう命令し、メドロック夫人より偉いことを誇示。「インドの王子」のような振る舞いにメアリーは呆れ、ディコンの話をする。

⑧ A Tantrum
ディコンと花園で過ごし、コリンが機嫌を損ねる。「私よりわがまま」とメアリー。「せむしになる」と騒ぐので背中を調べ、こぶなどないと断言。看護婦を去らせ、明日、花園について明かすと約束する。

⑨ ‘The Spring has Come!’
クレイヴン氏が庭の本を送ってくれる。反省したコリンに花園の鍵を見つけたことを話す。母を亡くした子羊などを連れたディコンがコリンを見舞う。

⑩ Colin Goes into the Secret Garden
待ちに待った日。コリンは召使をさがらせ、メアリー、ディコンと車椅子で秘密の花園へ。「健康になって永遠に生きる」と宣言。はしごを使ってベンが登場。「歩けない気の毒な子」と言われ怒ったコリンは、立ち上がってみせ、秘密を守るよう主人として命令。ベンはこっそりバラの世話をしていたと告白する。

⑪ ‘I am Getting Stronger!’
バラの香る庭で、コリンは父を驚かせるために歩く練習をつづける。極秘のため、空腹でも屋敷ではたくさん食べるわけにはいかない。そこでディコンの母が Master Colin のためにパンと牛乳を提供する。

⑫ Mr Craven Comes Home
ヨーロッパを放浪していたクレイヴン氏は月夜の散歩のあと、亡妻リリアスが「庭にいます」と言う夢を見る。翌朝、帰宅を促すサワビー夫人の手紙を読む。父として反省し、庭の鍵を探そうと決意。まっすぐ花園へ行くと、ドアが開きコリンが腕の中へ駆け込む。「庭のおかげ」で元気になったと話す息子と、屋敷へ戻る。メドロック夫人ら召使たちは、一緒に歩いてやって来るのが Master Colin と気づいて驚く。

The Secret Garden: How Graded Readers Are Made

Koichi YOKOYAMA

This paper is a comparative study on four different graded readers of Frances Hodgson Burnett's *The Secret Garden* (1909) with the main purpose of clarifying how adaptations are made from the original. Closely compared with Burnett's writing, the four versions (Compass Classic Readers, Penguin Active Reading, Oxford Bookworms, and Macmillan Readers) will show their own characteristics. As the easiest of all, Compass version is naturally the shortest digest, omitting even some of the most impressive scenes such as Colin defying Ben and standing up from his wheelchair, and Mr. Craven's supernatural dream of his deceased wife calling him home as if to make possible his touching reconciliation with his son Colin, who, with the help of "Magic" as well as with his great efforts, has gained the ability to walk. Although Oxford's stage 3 version is longer and truer to the original than Compass, it also has a few bad points. Because of the publisher's strict rules of restricting vocabulary, the Oxford book includes absurd-looking changes like "plant," instead of ivy, covering the door to the secret garden, and Colin's first words to Mary in their midnight encounter, "Are you a dream?" replacing the frightful expression "Are you a ghost?" On the whole, Macmillan's pre-intermediate level of *The Secret Garden* appears to be the best adapted book just because it is truest to Burnett's classic.

What is interesting is, this study has discovered an unexpected merit of graded readers: A retold version may have the possibility of moving the people who read it more than the very original. Penguin version is a good example. In this elementary level 2 book, Anne Colins has managed to modernize the 1909 novel, focusing on the wealthy mother's total indifference to Mary. Such neglect happens to be one of today's social problems quite common in developed countries, and undoubtedly tends to draw modern readers' attention. Furthermore, Ms. Colins intentionally weakens the outdated class element like the 10-year-old aristocrat Colin ordering arrogantly the elderly servant Ben Weatherstaff, which is loyally retained in Macmillan's counterpart. Penguin version avoids the name of "Master Colin," using untitled "Colin Craven." In conclusion, it can be said that the most preferred graded readers are not necessarily the ones which are always loyal to the masterpiece.

カメラ画像を用いた3Dモデルの作成とCNC加工

金子　忠夫*　　樫本　弘*

(2014年11月27日受理)

1．はじめに

3Dプリンタが著しく発展しつつあり、平成２５年度補正予算では経済産業省の「地域オープンイノベーション促進事業のうち 3D プリンタ拠点整備によるオープンプラットフォーム構築支援事業」があった[1]。今後は教育現場にも3D プリンタが急速に導入されるものと推測される。本校ではこの補助事業には申請しなかったが、既に石膏モデルが作成できる 3D プリンタが高学年の設計製図教育などに用いられている。実習工場には５軸加工機、複合加工機なども設置されている。これらの設備をフルに活用して 3D モデルを製作すれば、より多くの中学生に“ものづくり”に興味を持ってもらえるのではなかろうか。アメリカのスミソニアン博物館[2]で一部の展示物の3D データが公開されているので、試みにダウンロードした（図－１）。探せば他にも利用できる3Dデータがいろいろ見つかるだろうし、自分ではじめから作成する事も出来るだろう。一方、実物から3Dモデルを作成する方法もある。Microsoft から近年販売されたゲーム機用センサ kinect は有名で、3Dモデルの作成に活用される。しかし kinect センサは測定可能な実物サイズに制限がある。そこで最近急速に進展した、デジタルカメラで撮影した多数枚の画像を用いて 3D モデルを作成する方法、について検討することにした。得られた3Dデータの一つを実際にCNC加工できたので、モデルの作成からツールパス作成までの一連の手順をまとめて報告する。

図－１　スミソニアン博物館のCrabデータ

2．3Dモデルの作成

2．1　SFMおよび点群データ処理ソフトの概要

画像処理技術をベースにした三次元形状復元技術が開発され、パソコンで写真から 3D モデルが作成できるようになった。このような技術は SFM(Structure from motion)と呼ばれる。いくつかのパッケージが公開され、フリーで利用できるようになっている。そこで、これらの中から VisualSFM(V0.5.25)[3]および osm-bundler[4]を用いることにした。いずれもWindowsノートパソコンで動作する。osm-bundler では、データベースソフトSQLiteを使って焦点距離、センサーサイズなどのカメラデータをcameras.sqliteに登録しておく必要がある。

SFM で、撮影された多数の画像データから点群データを得るには、①特徴点の抽出、②カメラ位置の推定、③三次元モデルの構築、④緻密化、の行程を経る。

SFM で得られた点群データから被写体以外の背景データを削除して面張りを行うのに、いずれもフリーなアプリケーションソフト CloudCompare(V2.6.0)[5]およびMeshLab(V1.3.3)[6]を用いる。MeshLab は多数の filter を持っているなど点群処理に関係した多くの機能を持っている。

2．2　撮影機材と撮影方法

写真撮影には一般に高画質のデジタルカメラが用いられ、osm-bundlerでは画像のExif情報に書き込まれた焦点距離値を必要とする。これに対しVisualSFMでは、Exif情報がなければdefaultの値(focal lengths = 1.2×max(width, height);focal length in pixels = (image width in pixels)×(focal length in mm)/(CCD width in mm))を用いて計算が始まる。そこで、デジタルカメラ（Nikon、COOLPIX　P500,焦点距離が35mm換算で22.5mm～810mm)の他に,USBカメラ(バッファロー製、3.2Mピクセル、ピント調整付き）とデジタルマイクロスコープ（Digi Micro Scope、拡大倍率：10～230倍 （17インチLCDディスプレイ使用時)、２Mピクセル）を使って接写画像からの形状復元を試みた。また、SFM で特徴点抽出に使われている sift(Scale-invariant feature transform)がグレースケール変換画像（8ビット/ピクセル）を用いることから、計算時間の短縮を目的として、白黒の小型監視カメラ（Watec製、WAT-902H2　SUPREME)

*機械工学科

を用いて形状復元を試みた。映像信号をUSBビデオキャプチャーユニット（デジ造 PCA-DAV2、720×480 画素、29.97フレーム/秒）でパソコンに取込み、その後静止画に変換した。

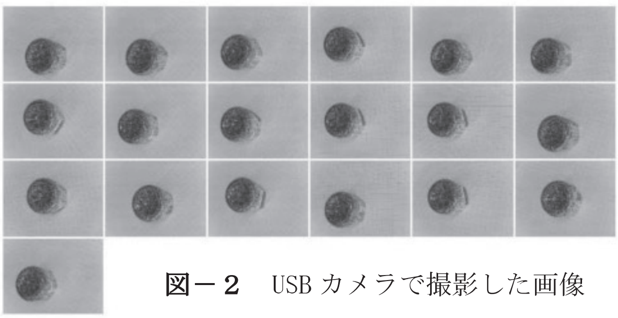
デジタルカメラ以外は、画素数が少なく、高精度な3Dモデルの作成には向かない。しかし体験入学あるいは公開講座などで、個人個人で撮影して 3D モデルが作成できれば、より楽しんでもらえるはず、と考えてこれらの安価な機材を試みた。

デジタルカメラのケースでは、CNC 加工を意識して、顔面および人頭を被写体とした。被写体となった人間は可能な限り動かず、その間に撮影者が正面から、あるいは全周方向からカメラの連写機能を使って撮影した。その他の場合は、カメラを斜めに固定してサーキュラテーブル上の被写体を撮影した。被写体にはペットボトルの底、五百円玉、軸受箱上蓋（鋳造品）などを用いた。ペットボトルはデジタルカメラでも撮影して比較対象として用いた。

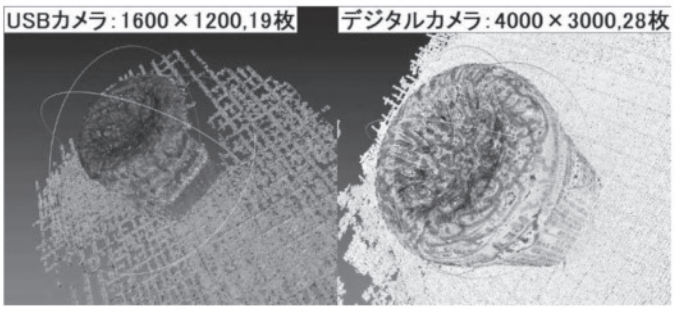
２．３　得られた点群データの概要

（１）　USBカメラで撮影

ペットボトルの底部を約５cm の高さで切取り被写体とした。底部は透明なのでマジックで特徴点になるよう線を書き加え、サーキュラテーブルに方眼紙を載せてその上に置いた。形状復元に用いた元画像（1600×1200、19枚）を図－２に、VisualSFMで得られた点群画像をデジタルカメラの場合と共に図－３に示す。



図－２　USBカメラで撮影した画像

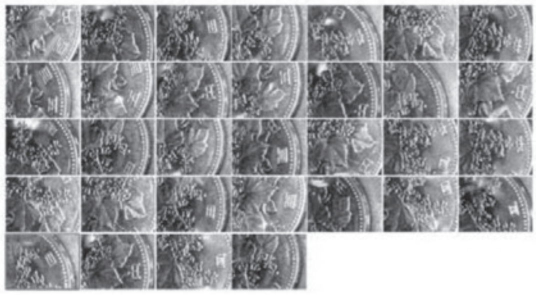


図－３　点群データ画像の比較

画素数や撮影枚数が少ないUSBカメラのケースで得られた点群データは、デジタルカメラの場合と比較すればかなりの違いがあるが、ある程度、形状を復元できていることがわかる。さらにデジタルカメラ画像を使って osm-bundler と VisualSFM でそれぞれ計算した。osm-bundlerとVisualSFMではカメラのradial distortionの補正方法が異なり、osm-bundlerではパラメータ２個(k_1、k_2)を用いるのに対し、VisualSFMは１個（r）である。このため結果に違いが生じているが、画像から分かる程の差ではなかった。この結果から、VisualSFM の方が、Exif情報がなくても形状復元できるので使いやすいと言える。

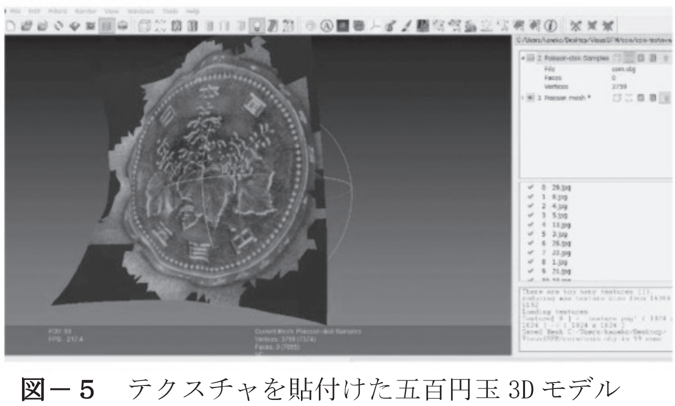
（２）　デジタルマイクロスコープで撮影

昆虫の 3D モデルが作成できないかと考え、今回は五百円玉の形状復元を試みた。カメラ位置を推定する際の奥行き情報を意識し五百円玉の厚さがわかるように撮影した(32枚撮影、図－４)。画素数は1600×1200である。



図－４　五百円玉の連続撮影画像

VisualSFM で計算し点群データを観察したところ全体の形状が歪んでいた。①作動距離が長いためかなり望遠側の撮影である、②被写体に凹凸が少ない、などから形状復元は難しい。MeshLabでMeshデータに変換しテクスチャを貼付けた画像を図－５に示す。個々の撮影画像は部分的にしか写っていないが、ほぼ全体をカバーしているのがわかる。五百円玉の厚さは識別できるものの彫刻部はほぼ平坦で凹凸は再現できていない。

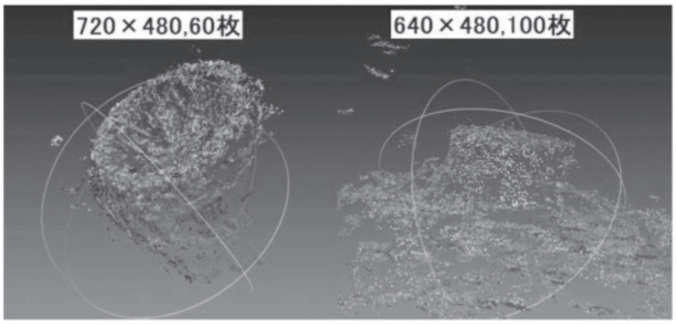


図－５　テクスチャを貼付けた五百円玉3Dモデル

（３）　白黒動画の場合

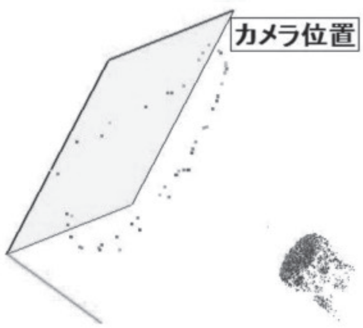
USB カメラでの撮影に用いたペットボトルの底部と蓋を、サーキュラテーブルを回転しながら動画撮影した。

次いで、Free Video to JPEG Converterで抜き出し静止画に変換した。これらの画像をVisualSFMで計算して得られた点群データを図－６に示す。計算時間は１分以内と短いものの概略形状しか得られない。



図－６　白黒動画からの形状復元結果

ペットボトルの底部のデータで、カメラの位置推定結果を確認すると、図－７に示すように円周からずれて高さ方向にもばらついていた（図中ではカメラの位置が点に見える）。元画像の画質を考えると、カメラ位置がおおよそ推定出来ていることにむしろ驚くべきかも知れない。

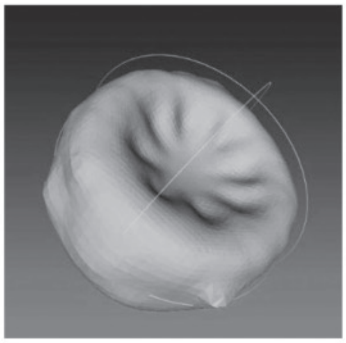


図－７　カメラ位置の推定結果

Sift 特徴点の対応点探索では特徴点間のユークリッド距離が判定基準として用いられる。そこで元画像の劣化を考慮して、VisualSFMの初期設定ファイル(nv.ini)で対応点探索に用いられるパラメータと、pmvs2 に関係したパラメータをdefaultから次のように変更した。

param_sift_max_dist 0.7＝＞5.0
（対応点探索の候補点の増加を期待）
param_sift_max_dist_ratio 0.8＝＞0.9
（誤検出が増加する可能性がある）
param_pmvs_threshold 0.7＝＞0.4
（頂点数の増加を期待：1.0に近い方が信頼度は上がる）

得られた点群データの頂点数は増加したものの、ノイズが増加し明白な改善効果は見られなかった。そこで、図－２の画像をVGAサイズ（640×480）にリサイズして計算してみた。図－８に示すようにペットボトルの底の形状が復元できている。VGAサイズでしかも画像が19枚しかないので計算時間は極めて短く、level パラメータを１から0(high detail)に変更しても１分をややオーバーする程度であった。csizeパラメータを２から1(high detail)に変更すると得られた頂点数が増加した。これらのことから高精度が要求されなければ、VGA サイズでも3Dモデルが得られる可能性があることがわかった。



図－８　VGAサイズの画像からの形状復元

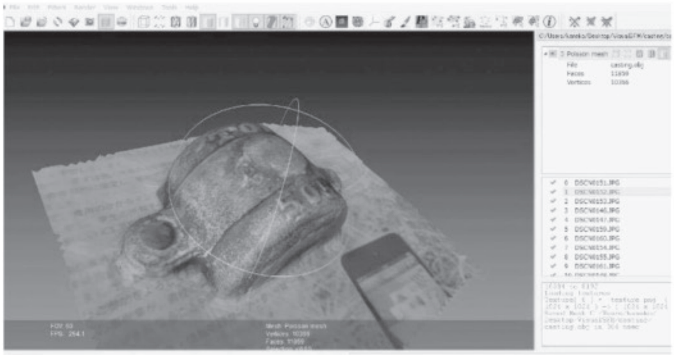
２．４　点群データからMeshデータへの変換

VisualSFMで点群データを取得し、その後MeshLabにインポートする。この時、VisualSFM のプロジェクトファイルをオープンすると画像データと緻密化前の点群データがレイヤ毎に読込まれる。Meshファイルに変換したのちにテクスチャを貼付ける場合、元画像をこの手順であらかじめ読み込んでおく必要がある。

pmvs2 で緻密化された点群データをインポートするとverticesが数十万ある。初めに被写体以外の不要なデータを消去する。その後適度にverticesを減らす。MeshLabで vertices を減らす方法にはいくつかあるが、今回はPoisson-disk Sampling を用いた（Base Mesh Subsamplingにチェックを入れておく）。Mesh化の準備が出来たので次いで面張りを行う。この時、Surface Reconstruction:Poissonを用いる。Octree Depthの値（Marching Cubes法で空間を区切るボクセルを表す）を変更して何回か計算してみる必要がある。生成される面の頂点位置は元の点群の位置とは異なる。面張りについては別の方法も用意されている。余分な面を適当に削除してから stl でエクスポートすれば 3D モデルが完成する。必要に応じて、「Parametrization＋texturing from registered rasters」でテクスチャを貼付け、objでエクスポートする(stl は色情報を含まない)。なお、CloudCompare でも被写体以外の点群データ除去および面張りが出来る。MeshLab より機能が少ない分操作が容易である。3D モデルの大きさは実物と異なるので、MeshLabのスケール機能（Transform:Scale）を使って調整しておく必要がある。MeshLab には断面形状を抽出する機能（Compute Planer Section）もあるので必要ならば出力しておく。

デジタルカメラで撮影した軸受箱上蓋の画像から、3Dモデルを作成しテクスチャを貼付けた例を図－９に示す。

テクスチャを貼ると実物に近くなり、かなり良く形状が復元できているのがわかる。



図－９　テクスチャを貼付けた軸受箱上蓋

３．CNC 加工の試み

３．１　3D モデルの準備

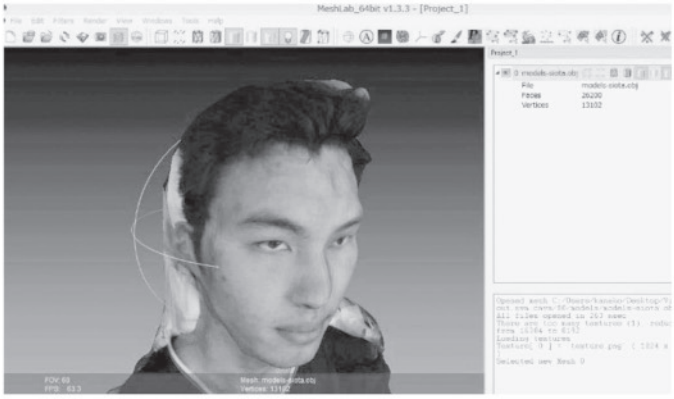
デジタルカメラで顔面および人頭を撮影した。顔面撮影では、撮影者は立ったままカメラだけ動かして連写撮影した。全画像を図－１０に示す。人頭の場合には撮影者が全周をまわりながら連写撮影した。その後、VisualSFM から MeshLab の手順で 3D モデルを作成しテクスチャを貼付けた（図－１１）。対応点探索の状況を図－１２に示す(View=>Feature Matches)。廊下で撮影したので、廊下の壁、天井にはほとんど対応点がない。顔面よりもドア越しに見える室内に対応点が多いのがわかる。この事は対応点探索における背景画像の重要性を示唆しているのかも知れない。

図－１０　顔面の撮影画像

３．２　二つの stl ファイルの合成方法

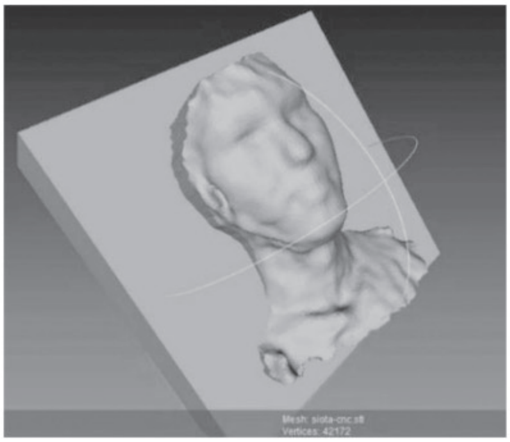
実際に CNC 加工するためには、SFM で得られた 3D モデルと台座を合成し、その後ツールパスを作成するという手順を経る必要がある。そこで二つの 3D モデルの結合方法および使用した CAM ソフトについて以下に述べる。

フリーで使える Autodesk 社の MeshMixer(V2.6)[7]と FreeCAD(V0.14)[8]について検討した。MeshMixer では作成した 3D モデルをあらかじめ My Part に登録しておき、別途作成した台座に貼付ける。位置、角度、大きさなどがマウス操作で自由に変更できるのが特徴と言える。ただし、3D モデルが台座の Mesh の中に食い込んだ状態の Mesh ファイルが合成されるので、その後の処理に影響を及ぼすことがあるかも知れない。図－１３に顔面 3D モデルを台座と合成した例を示す。食い込んだ状態ではあるものの、図のように一体化している。



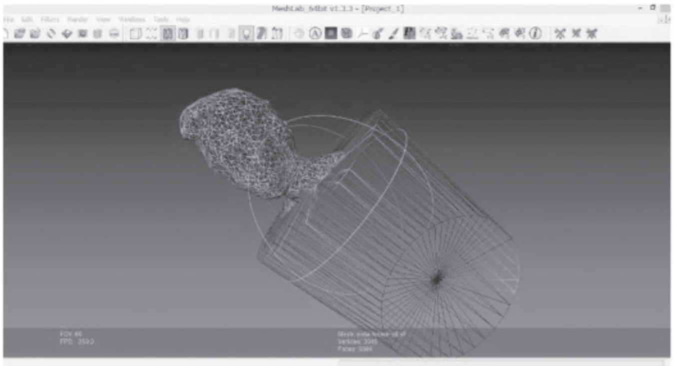
図－１１　テクスチャを貼付けた顔面 3D モデル

図－１２　対応点探索状況



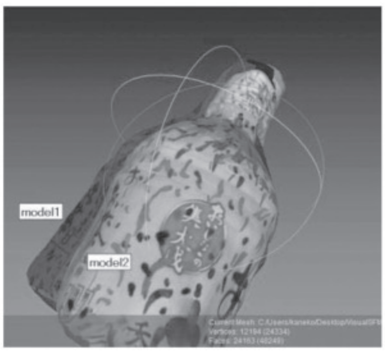
図－１３　MeshMixer で合成した加工用 3D モデル

FreeCADを使って合成する場合には3Dモデルと台座をそれぞれ stl で保存しておき、ワークベンチを Part にしてそれぞれ別のレイヤに読み込む。Part から Solid に変換した二つの Solid 間ではブール演算が可能になるのでそれぞれ変換し、ブール演算で合成して stl で保存する。この手順を踏むことで MeshMixer とは異なり、図－１４のように完全に一体化できた。このように一体化できれば全体の重心や体積などを求める事もできる。元画像はデジタルカメラで人頭周囲から合計 222 枚撮影したものを用いている。VisualSFM で pmvs2 の計算中にメモリ使用量を調べると、ここでは３GB を超えていた。なお、MeshLab でも複数のレイヤの stl ファイルが既に位置や大きさが調整済で、単に重ねるだけならば Flatten Visible Layers で合成できる。



図－１４　FreeCAD で合成した人頭モデル

MeshLab では複数の Mesh ファイルの alignment（位置を合わせた貼合わせ/再配置）もできる。そこで、マジックで特徴点を増やしたペットボトルを、USB カメラでおよそ半周ずつ合計４０枚撮影し、オーバーラップした半割りペットボトルモデルを作成して alignment を試みた。しかし図－１５に示したようにうまくいかなかった。テクスチャのない面上で対応点を指示する必要があり、正確に指示できないのが原因である（Point Based Glueing)。やはり alignment に頼らないで全周形状が復元できるような撮影時点での工夫が必要であろう。



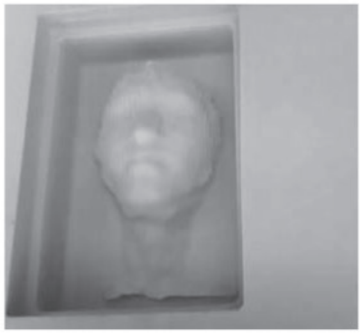
図－１５　Alignment の失敗例

３．３　PyCAM の利用

3D モデルが出来上がれば 3D プリンタで造形することはもちろん可能である。今回は 3D プリンタでなく、CNC 加工について検討する。本校では CAM ソフトに MasterCAM を使っているが、中学生向けの体験授業での利用を想定して３軸 CNC 加工用のフリーソフトである PyCAM を用いた。顔面モデルは三軸加工を、人頭モデルは MasterCAM を使って５軸加工することを想定している。

PyCAM では、原点移動およびスケール変換を行ってからツールパスを計算する。VisualSFM の出力はカメラ空間での座標、大きさなので、原点移動、スケール変換はいずれかの中間行程で処理しておく必要がある。最後の機会が PyCAM と言える。

ケミカルウッドに顔面を実際に CNC 加工して撮影した写真を図－１６に示す。



図－１６　顔面モデルの三軸加工作品

３．４　体験授業での経験

今年度、3D モデルの作成から CNC 加工まで行う内容の１日体験授業を中学生 15 名の参加で行った。筆者ら指導員４名で対応したが思わぬトラブルが続出し、少しだけ加工して終わった。準備不足ではあったが、実際に体験してみて分かった点もあるので反省を含めて以下に記す。

1)被写体の選定、撮影方法について十分検討できていなかった。

2)VisualSFM や PyCAM の計算にかなりの時間が必要で、この間の時間が有効に使えなかった。次の手順の説明を、と考えていたが、計算中なのでパソコンが使えず分かり難かった。

3)MeshLab で被写体以外のデータ消去に想像以上に手間取った。

4)MeshMixer で台座とうまく結合できず時間がかかった。

3)、4)の行程はいずれもマウス操作が主体で、慣れないとスムーズに作業できない。指導員４名では足りず、中学生２名に対して指導員１名といった手厚い体制が必要であろう。手順の説明も想像以上に時間を要した。

5)CNC 加工にどの程度の時間を割り当てるか。今回は、パソコン制御 CNC マシン２台で１個ずつ２個だけ加工した。前述したように時間的に厳しいので事前に加工して

おく必要があるかもしれない。
６）いくつものアプリケーションソフトを使いさらに手順も複雑なので、中学生対象の体験授業向きとは言えないようだ。いずれかの行程を事前に済ませておき、ある行程は説明だけにとどめるという対応策が必要と思われる。

４．おわりに

WindowsXP のサポートが終了したので、XP の 32bit デスクトップパソコンを Ubuntu に変更した。その後、bundler+pmvs2[9]をインストールしたのをきっかけにこのような試みを始めた。メモリが不足してエラーが出るので 2GB に増設したが計算時間があまりに長いので、64bit、Windows8 のノートパソコンに変更した（CUDA 対応グラフィックボードは搭載されていない）。Ubuntu と dual boot する方法もあるが、ここでは Windows で動作する osm-bundler および visualSFM を用いた（他にフリーソフトでは bundler photogrammetry package[10]がある）。CPU は Intel Core i7-4702MQ,2.2GHz、メモリは 8GB である。今年度の体験入学では 64bit、windows7 デスクトップパソコンを使った（i3-540CPU、4GB）。

今回の撮影には全くスマホを使わなかったが、本校の学生や中学生も多数が使っているので、体験授業などでは各自のスマホを使うことも考えられよう。被写体に特徴点がないと面張りの際に欠損部となるので被写体についても配慮が必要である。作成した人頭モデルは５軸加工を想定しているが、MasterCAM を使ってツールパスを生成する必要があり今のところ実際に加工するまでには至っていない。

参考 URL

［１］http://www.meti.go.jp/information/publicoffer/kobo/k140228003.html
［２］https://3d.si.edu/download-browser
［３］http://ccwu.me/vsfm/
［４］https://code.google.com/p/osm-bundler/
［５］http://www.danielgm.net/cc/
［６］http://meshlab.sourceforge.net/
［７］http://www.meshmixer.com/
［８］http://www.freecadweb.org/
［９］http://www.di.ens.fr/pmvs/
[10]http://tacticalspace.org/archives/bundler-photogrammetry-package/

3D model reconstruction from camera images and CNC machining

Tadao KANEKO and Hiroshi KASHIMOTO

3D models can be obtained by utilizing the structure-from-motion (SFM) technique with photographs taken from digital camera. This SFM would be exercise its power not only digital photogrammetry but also 3D model generation for 3D machining or printing, taking account of an ordinary PC is applicable. Osm-bundler and VisualSFM which have been developed as a free application software for 3D reconstruction are used in this report. Osm-bundler uses the focal length information from Exif of the images for doing point cloud generation. If the focal length information is missing, osm-bundler cannot compute. On the other hand, VisualSFM can be doing by default parameters in which the focal lengths are set to be 1.2 ×max(width, height) , although camera model is restricted than that used in osm-bundler. So, we have been photographed and reconstructed 3D models by using the digital camera, USB camera and digital micro scope. It is suggested that VisualSFM is useful to prepare 3D models for machining or printing, and also MeshLab that is a free software designed as a 3D mesh processing, is effective to edit and reconstruct the point cloud data obtained by VisualSFM. A tool-path generation of 3D face model reconstructed by MeshLab was carried out by applying PyCAM which was open source CAM software for 3D CNC milling.

体育系課外活動のすすめ
ー硬式野球部の顧問になってわかったことー

布施川　秀紀*

(2014年11月27日受理)

1.まえがき

硬式野球部のクラブ顧問を務めてきて，感じたことがある。それは，野球部員の中には初めのうち成績があまり良くない学生でも，卒業するまでに成績が上がる学生が多数いるということ。運動をすることによって勉強の成績も上がるという研究成果[1]も他で発表されているが，本校の硬式野球部でもそれが感じられたので，これを報告する。

上記の研究成果の他に成績が上昇傾向にある理由としては，クラブ活動のために削られてしまった時間の中で集中して効率よく勉強し，また運動を通して集中力を養っていることも要因になっていると考えられる。また，部員同士で工夫しながら一緒に勉強をすることで，励ましたり助けあったり，競争したりして学力が向上してるとも考えられる。

2.本校のクラブ活動の時間について

本校には，硬式野球部やサッカー部などの体育系のクラブ活動と吹奏楽部やロボット研究会のような文化系のクラブ活動がある。いずれも放課後においては，授業終了後の午後４時から７時半までにクラブ活動は制限されており，これ以降は原則として活動できない。また，休日についても夜は７時半までとなっている。さらに試験前一週間と試験期間中については，大会など特別な理由がない限りは，クラブ活動は中止である。

3.硬式野球部の活動について

3.1 野球部の組織

1〜3年生については，群馬県高校野球連盟に加入しており，いわゆる高校野球に参加している。4〜5年生については，高専大会に参加している。

高校野球では，高校の教諭が監督やコーチを担当していることがほとんどであるが，本校の場合，教員に技術的な指導をする者がいないため，上記の高校野球，高専野球共に監督は５年生が担当し，その他の4,5年生がときにはコーチとして部員（高校野球）の指導にあたっている。

現在の部員数は，表1ようになっているが，チームとして維持するにはギリギリの人数である。

表1.硬式野球部の部員数(H26年度)

（　）は，女子マネージャーの人数で，外数。

1年生	6
2年生	4　(2)
3年生	7
4年生	8　(3)
5年生	6

3.2 公式戦，練習試合

高校野球では，以下に示すように公式戦として県レベルの大会が年に春夏秋の三回実施され，準公式戦として地区リーグ（本校は，前橋，伊勢崎，渋川，沼田，利根の各地区からなる中毛リーグに参加，24校）が春と夏に実施されている。これを4ブロック（1ブロック6校）に分け，各校5試合を戦う。

【公式戦】
・春季関東高校野球大会　群馬県予選（４月）
・全国高校野球選手権　　群馬大会（７月）
・秋季関東高校野球大会　群馬県予選（９月）
【準公式戦】
・春季中毛リーグ（３月）5試合
・夏季中毛リーグ（８月）5試合

この他，主に県内の高校との練習試合を，３月８日の練習試合解禁日から12月1日のオフシーズンまで，試

＊電子メディア工学科

験による部活中止期間を除いた休日のほどんどで実施している。近年の練習試合の実績は以下のとおりである。

【試合数の実績】
H23年度　練習試合：29日，56試合
H24年度　練習試合：25日，49試合
H25年度　練習試合：26日，50試合
H26年度　練習試合：33日，64試合（予定も含む）

3.3 練習時間

クラブ活動の時間は，先に述べたように平日は午後４時から７時半までの3時間半である。ただし，原則として週に最低一日は野球部としての活動を行わない日を設ける[2)]と，日本学生野球憲章で謳われているため，月曜日を休みにしている。

4.自宅での勉強可能時間について

クラブ活動終了後，片付けをしてから帰宅するため，遠方からの通学生の場合には１時間以上かかる場合もあり，食事や入浴等の時間をとると，自宅で勉強できる時間はあまりない。そこで，野球部員とクラブ活動をしてない学生の勉強可能時間を比較してみると，図1のようになる。

時刻	4	5	6	7	8	9	10	11	12
なし	下校	勉強	勉強	食事	入浴	勉強	勉強	勉強	勉強
あり	部活	部活	部活	部活	下校	食事	入浴	勉強	勉強

図1.平日の勉強時間の比較

単純な比較ではあるが，勉強に当てられる平日一日あたりの時間は，6時間と2時間になり4時間の差がある。休日の過ごし方は人それぞれであると思われるので計算に入れてない。また，練習のない月曜日については活動のない学生と同じ勉強時間と考えて，一週間に4×4=16時間の差があると考えられる。この差の蓄積は非常に大きなものとなるはずである。

5.成績の傾向について

上で述べてきたように，クラブ活動に参加していると，自ずと勉強に当てられる時間が減ってくるわけであるので，学業成績も芳しくなくなる可能性が高くなると思われる。このことで，クラブ活動をしないという学生も少なくないし，保護者もそのことを非常に心配している。

しかしながら，ここ数年，野球部の学生を見てきて感じたことは，クラブ活動の時間が多く勉強時間が制限されているにもかかわらず，成績が徐々に上昇してくる学生が多数いるということである。また，常に上位の成績をとっているものも少なくないという印象を受けた。

そこで，ここ何年かの野球部員34人分の成績（順位）について調べてみた。その中で，だんだんと成績が上がってくる者がいたので，その例を図2に示す。横軸は，前期中間，前期総合，後期中間，学年総合の成績を年ごとに並べてある。縦軸は，学科順位である。ただし，個人を特定できないように，詳しい年代や順位は表示していない。

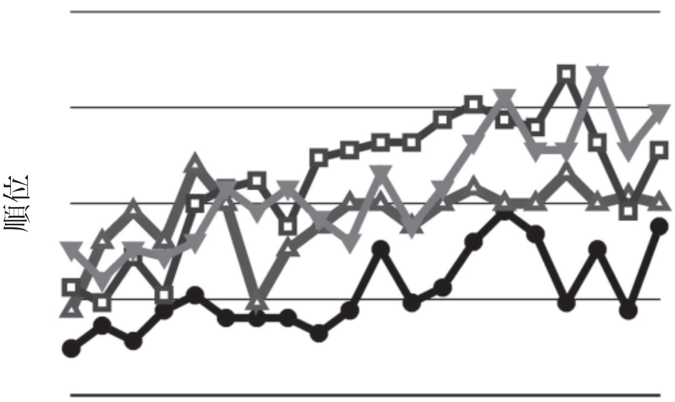


図2.学業成績上昇の例

この例では，半分以下の順位であったものが，上位半分以内の成績に上がった事がわかる。また，概ね成績が上昇した者は，図3に示すように，34人中14人で41.2%，下降した者は6人で17.6%であった。

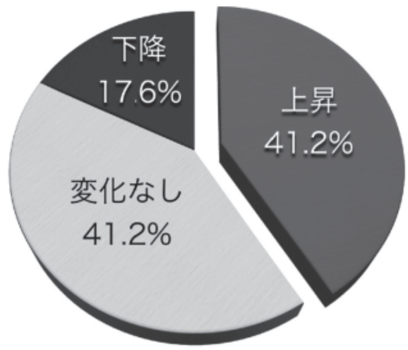


図3.学業成績上昇者の割合

このように，降下した者17.6%に対し，上昇したものが２倍以上の41.2%ということは，顧問にとっても非常に喜ばしい結果である。

6.勉強とクラブ活動との両立について

このように勉強に使える時間が，一般学生に比べてだいぶ少ないが，各教科の宿題や実験レポートなど，運動部に所属している学生に対する課題の軽減や優遇措置などは全くない。そんな状況で，彼らはどのようにして対処しているのか，話を聞いてみたところ，次のようなことであった。

彼らは，不足しがちの勉強時間を朝の授業前，休み時間から捻出している。あるいは，電車通学の場合には，電車の中であったり，乗り換えの待ち時間などを使っている。また，わからないところがある場合には，SNSなどを活用して友達に聞いたりしてる。試験前などのまとまった時間が取れる時には，日頃からのチームワークの良さを発揮して，勉強会を開いたり，野球部の先輩に教えてもらって時間を有効利用してる。このように，クラスメイトのみのつながりでなく，クラスや学科，上下のつながりを有効に使っていると言えよう。

7.野球で集中力を養う

もうひとつ大事なことを忘れてはいけない。野球の1プレーは，ピッチャーの投球で始まり，バッターが打球を打ち，野手が取って塁に送球して終わる。数秒のプレーである。投手の球速は概ね100～140km/hであり，その一瞬に集中してなければ打てないし，野手もその打球に集中してなければ追うこともできない。そのため，野球部員は1プレー1プレーに集中するという訓練を日夜行っている。

また守備の場合，どのベース上にランナーがいるか，どこに打球が飛んだかで，自分はどこに移動しどのような行動を取るべきか，瞬時に判断して連携プレーを行うべきか，様々なパターンを想定して練習している。

その結果，ここぞという時の集中力が発揮できるようになっている。それにより，試験前の部活動中止期間の限られた時間内だけでもしっかりと勉強できているのではないかと考えられる。まさに，文武両道が実践されていると言えよう。

8.あとがき

硬式野球部に所属する（所属していた）学生の学業成績の推移を調べた結果，半数に近い学生の成績が上昇傾向にあることがわかった。これは，運動と成績の関係を示す研究にも沿う結果であった。これを機会に，本校の学生にも課外活動（特に体育系）を勧める材料に使うことも可能ではないだろうか。それにより野球部の部員不足解消（９人揃わないと試合ができない！）にも貢献できればと考えている。

参考文献

1) ジョン・J・レイティ他：「脳を鍛えるには運動しかない！」，NHK出版，2009.
2) 「日本学生野球憲章」，日本高等学校野球連盟，第2章第10条2，2010全面改訂.

Recommendation to join a Club activity
- Realization after I became the adviser of Baseball Club -

Hideki FUSEGAWA

The relationship between learning and sports are reported by some researchers. They say that students marks go up by studying after doing some physical exercise. After I became the adviser of Baseball Club, I have watched the grade of all of member of Baseball Club. Then I have realized a similar situation. About 40% member’s grade go up, and about 40% members keep their grade. So I report them in this article.

身近な材料を用いたルビー結晶の育成

平　靖之*

(2014年11月27日受理)

１．はじめに

平成25年度より本校教員らによって，中学生を対象とした「スマート・サイエンス・スクール（以下「SSS」という。）」を実施している[1]。理科系科目について，中学校では学習しない領域のテーマを設定し，ある程度長期間にわたり学習・実験を行っている。周辺の中学校や地域企業と連携を取りながら，理工系高等教育機関としての「高専ブランド力」を高めつつ，理工学人材・技術者の育成と高専入学志願者増を目的としている。

SSSは単発のイベントではなく，中学生が群馬高専を会場として，長期的に学習・実験できることを目指している。夏休み中，土曜日，日曜日等を利用して，複数回分の講義内容を準備した。中学生には実際に群馬高専に足を運んでもらい，高専で利用している研究設備や測定機器を使用させ，中学校や普通科高等学校では体験できない内容を目指した。平成25年度の参加者は7月に募集を行い，周辺中学校より参加希望者があった。7月末に参加者を集め，全体ガイダンスを行った。最終日には研究報告会を行い，修了証書の授与を行った。成果発表は，参加者が2人1グループで行い，発表時間は1グループ当たり8分とし，質疑応答の時間を2分設けた。成果報告会および閉校式の後に参加中学生を対象に，SSSに関するアンケートを実施した。参加者のアンケート結果を集計したところおおむね好評で，一定の教育効果が得られたと考えている。今後継続的に毎年実施することで，単発の企画に比べて長期にわたるSSSの取り組みが効果的であることを明らかにしていきたい。

著者はSSSにて，平成25，26年の両年度にわたり中学生らと共に宝石のルビー結晶を得ることを目指している。本稿では教材に用いるルビー結晶の育成条件の検討を行ったので報告する。

２．ルビー結晶の育成条件の検討

２．１　フラックスを用いたルビー結晶合成

色鮮やかな宝石を自らの手で合成することで，中学生にものづくりや物質科学に興味を持ってもらうことを期待して，結晶育成を教材として選定した。現在では，人工的にエメラルド[2),3)]やルビー[4)]などの多種類の宝石を作ることができるようになっている。ルビーは，酸化アルミニウム（Al_2O_3）に，0.1～1%程度のクロム（Cr）が混ざった結晶である。酸化アルミニウムは融点が2072℃と非常に高く，単結晶育成のためにフラックス法を用いた。酸化モリブデン（MoO_3）をフラックスに用いると，比較的低温の1100℃でルビー単結晶が得られると報告があったため，その報告を参考にした[5),6)]。アルミニウム源は市販の試料を使うのではなく，飲料のアルミ缶やアルミ箔から，原料のアルミニウムを水酸化アルミニウム（$Al(OH)_3$）として取り出すことを目指した。

２．２　平成２５年度実施内容

平成25年度に実施した作業工程を以下に記す。アルミ缶の表面の塗装をバーナーで焼き，サンドペーパーで削った。缶を細かく切り刻み，ドラフト中で4M-NaOH水溶液の中へ入れて溶かした。溶液を吸引ろ過し，ろ液に6M-HNO_3を過剰に加え，さらに6M-NH_3水溶液を加えて出てきた沈殿を吸引ろ過した。得られた白色粉末について行った蛍光エックス線分析結果を図-1に示し，分析から得られた元素の割合を表-1にまとめた。カルシウム，亜鉛，鉄，銀が1%以下であるのに対し，試料の91%が目的のアルミニウムであることを確認した。ナトリウムが7.4%含まれていたが，これは水酸化ナトリウムの洗浄が不十分だったためだと考えられる。アルミニウム源として水酸化アルミニウム（$Al(OH)_3$）を沈殿させることが目的であるが，蛍光エックス線分析では酸素と水素の量を調べることはできない。そこで，試料の粉末エックス線回折測定を行い，目的の水酸化アルミニウムが得られていることを確認した。図-2に試料のエックス線回折パターンを示す。回折パターンはバックグラウンドが大きいことから，非晶質成分が多く含まれることが示唆される。また回折ピークを解析したところ，目的の水酸化アルミニウムではなく，ベーマイト（AlO(OH)）であることがわかった[7)]。ベーマイトは加熱することで酸化アルミニウムに変化するため，ルビーの出発原料として使用した。

所定量のベーマイト0.380 g，酸化クロム0.002 g，酸化モリブデン7.120 gを中学生に秤量させ，乳棒・乳鉢を用いて30分程度撹拌させた。混合した粉末混合物を白金るつぼに移し，1100℃で100時間加熱した。得られたル

表-1　蛍光 X 線分析結果（平成 25 年度）

元素	Al	Na	Ca	Zn	Fe	Ag
割合	91	7.4	0.71	0.55	0.16	0.06

単位は wt%

*物質工学科

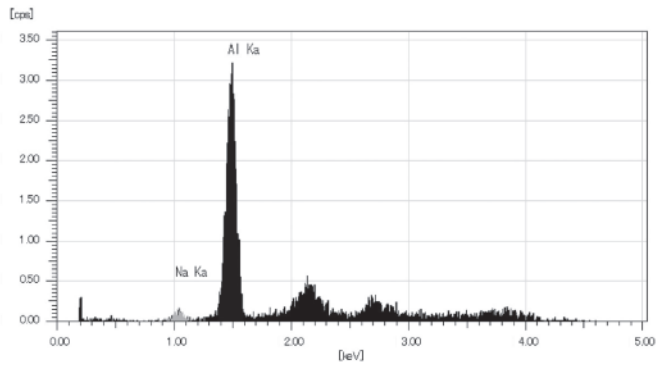


図-1　平成 25 年度試料の蛍光 X 線分析結果

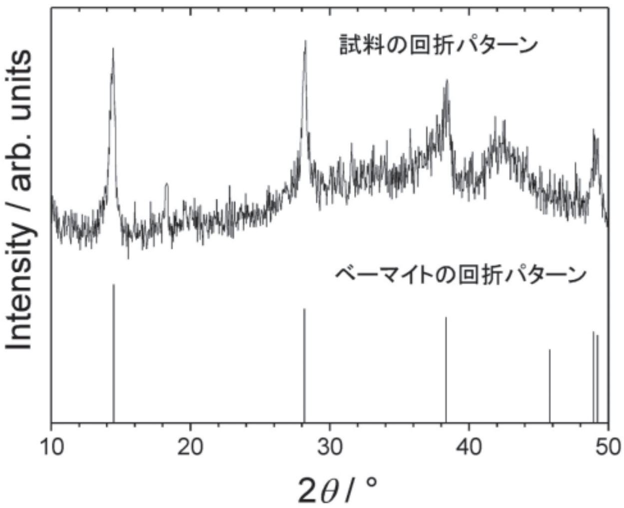


図-2　平成 25 年度試料の X 線回折パターン

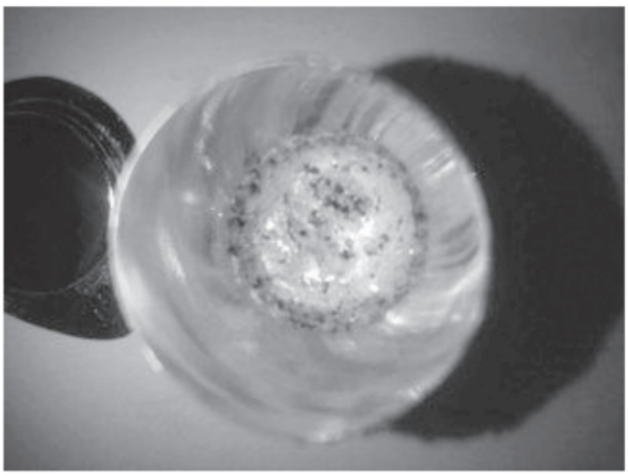


図-3　平成 25 年度の SSS で得られたルビー結晶

ビー結晶を図-3に示す。フラックスとして用いた酸化モリブデンを熱水に溶かすことで取り除くと，1 mm程度の大きさのルビー結晶を得ることができた。

２．３　平成２６年度実施内容

平成26年度に実施した作業工程を以下に記す。平成25年度はアルミ缶を用いたが，表面の塗装をバーナーで焼き，サンドペーパーで削る作業が中学生にとってはかなり大変だった。そこで平成26年度は，アルミホイルを細かく切り刻み，ドラフト中で4M-NaOH水溶液の中へ入れて溶かした。作業の様子を図-4に示す。溶液を吸引ろ過し，ろ液に6M-HNO_3を過剰に加え，さらに6M-NH_3水溶液を加えて出てきた沈殿を吸引ろ過した。得られた白色粉末について行った蛍光エックス線分析結果を表-2にまとめた。試料3以外では95%以上が目的のアルミニウムであることを確認した。試料3ではナトリウムが11%含まれていたが，これは平成25年度と同様に水酸化ナトリウムの洗浄が不十分だったためだと考えられる。

表-2　蛍光 X 線分析結果（平成 26 年度）

	Al	Na	P	Si	Ca	その他
試料１	98.31	0.00	0.67	0.22	0.17	0.63
試料２	99.10	0.00	0.49	0.17	0.10	0.14
試料３	87.73	11.40	0.49	0.18	0.11	0.09
試料４	95.80	3.24	0.52	0.19	0.13	0.12

単位は wt%

試料の粉末エックス線回折測定を行い，目的の水酸化アルミニウムが得られていることを確認した。図-5に試料のエックス線回折パターンを示す。平成25年度はベーマイト（AlO(OH)）が得られたのに対し，平成26年度は目的の水酸化アルミニウムが得られていることがわかった[8]。得られた水酸化アルミニウムを1000°Cで24 h加熱し酸化アルミニウムを得た。図-6に1000°C加熱試料のエックス線回折パターンを示す。目的の酸化アルミニウムができていることがわかったので[9]，ルビーの出発原料として使用した。

所定量の酸化アルミニウム1.542 g，酸化クロム0.008 g，炭酸リチウム0.120 g，酸化モリブデン28.338 gを中学生に秤量させ，乳棒・乳鉢を用いて30分程度撹拌させた。混合した粉末混合物を白金るつぼに移し，1100°Cで100時間加熱した。得られたルビー結晶を図-7に示す。フラックスとして用いた酸化モリブデンと炭酸リチウムを熱水に溶かすことで取り除くと，0.7 mm程度の大きさのルビー結晶を得ることができた。走査型電子顕微鏡を用いて観察することで，試料は平滑な面を有する単結晶であることが分かった。

図-4　アルミホイルを水酸化ナトリウム水溶液に溶かす様子（平成 26 年度）

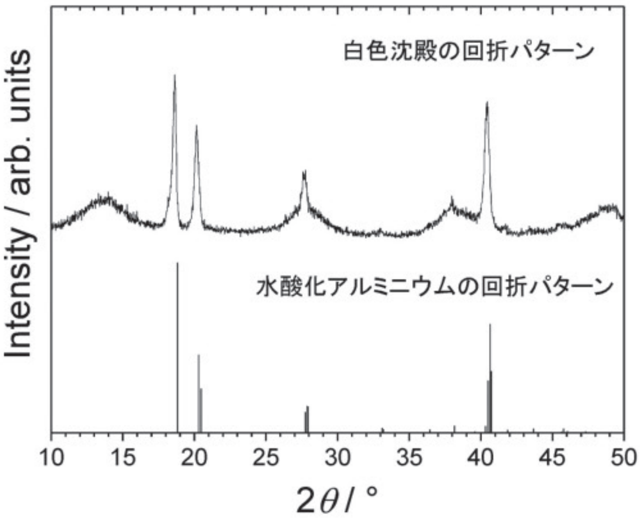


図-5　白色沈殿試料の X 線回折パターン（平成 26 年度）

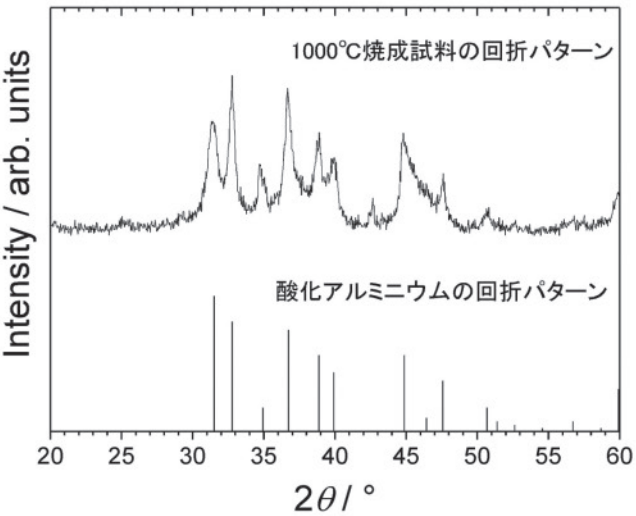


図-6　1000°C 焼成試料の X 線回折パターン（平成 26 年度）

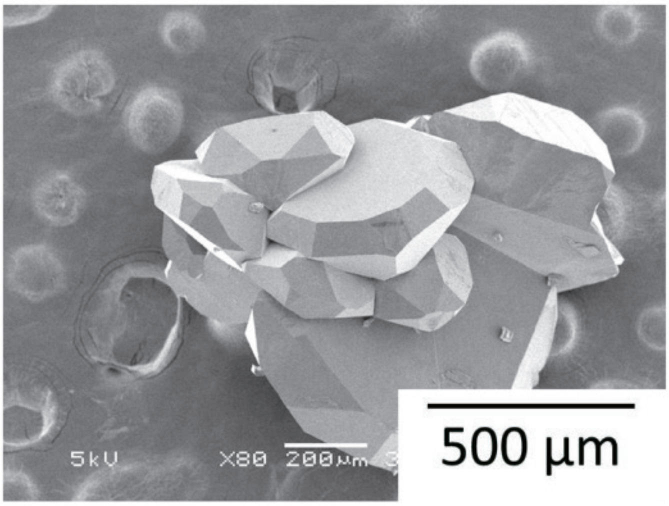


図-7　平成 26 年度の SSS で得られたルビー結晶

３．今後の検討課題

本稿では，SSSでのルビー結晶合成の取り組みについて紹介した。身近なアルミニウム源である，アルミ缶とアルミホイルからルビー結晶を得ることに成功している。しかしながら，水酸化アルミニウムの精製時に洗浄をしっかり行わないと，水酸化ナトリウムが不純物として混入することが分かった。得られたルビー結晶は報告されているものよりも小さく（0.7~1 mm），そして結晶面があまり綺麗ではない。混入する不純物がその原因かも知れない。今後は高純度の水酸化アルミニウムや酸化アルミニウムを用いてルビー合成を行い，単結晶エックス線構造解析を試みたい。

今後とも高専の研究設備を利用した中学生の理科教育・ものづくり教育支援を行いながら，実践的かつ専門的な知識・技術を有する創造的な人材育成，優秀な理系志向学生の入学志願者の確保を目指したい。

参考文献

1)　平 靖之，出口米和，大岡久子，太田道也，*群馬高専レビュー*，**32**, 55-59 (2013).
2)　大石修治，*セラミックス*，**29**, 417-420, (1994).
3)　大石修治，住吉義博，*化学と教育*，**43**, 531-534, (1995).
4)　大石修治，近藤人資，小林壮，渡辺章司，若林信一，住吉義博，*日本化学会誌*，**1997**, 107-111, (1997).
5)　手嶋勝弥，近藤人資，鈴木孝臣，大石修治，*J. Ceram. Soc. Jpn.*, **113**, 733-735, (2005).
6)　大石修治，手嶋勝弥，宮本亮，宮坂晃，鈴木孝臣，*化学と教育*，**54**, 356-358, (2006).
7)　H. E. Swanson, R.K. Fuyat, *Natl. Bur. Stand. (U.S.)*, Circ. 539111 (1953).
8)　R. Rothbauer, F. Zigan, H. Z. O`Daniel, *Kristallogr., Kristallgeom., Kristallphys., Kristallchem.* **125**, 317 (1967).
9)　G. Yamaguchi, I. Yasui, W-C. Chiu, *Bull. Chem. Soc. Jpn.*, **43**, 2487-2491, (1970).

Study on Growth of Ruby Crystals Synthesized by Familiar Aluminium Sources

Nobuyuki TAIRA

The author reports the activities and issues on the Smart Science School (SSS) for junior high students. The junior high school students have learned at Gunma National College of Technology and carried out several experiments. In this paper, study on growth of ruby crystals synthesized by familiar aluminium sources is reported. The participants learned the synthesis and characterization of the ruby crystals. Relatively large crystals were obtained with MoO_3 and Li_2CO_3 fluxes.

群馬県神流川上流域に設置された石丸積水制による流れの制御と地形変化の検討

長山 昭夫*

(2014年11月27日受理)

1．はじめに

近年, 水制工は従来の潜堀防止・護岸対策などだけではなく, 人為的に瀬と淵を形成することで生態系や河川景観の再生・保全の手法としての役割が重視されるようになってきた. これらの背景を受け, 水制をはじめとする河川構造物周辺の流れの構造・河床潜堀機構及び潜堀深予測についての実験的研究が盛んに行われてきている[1),2),3)]. 近年では, 水谷ら(2011)[4)]の混合粒経を使用した水制周辺の河床変化と砂の分級現象を検討したものなど数多くの室内実験が行われてきている. さらに水制が設置された現地観測についての検討も数多くあり, 例えば福留ら(2010)[5)]は水制の環境機能の評価について報告している. ただし, これらの研究は水制を設置した後, 数秒から数時間単位（現地においては数ヶ月単位）における現象の検討を行っているものであり, 現地において数年経過後の地形変化や流れの検討を行っている研究はほとんどない.

そこで本研究は, 現地観測と数値計算により, 水制設置後10年が経過した現地を対象に, 地形変化と流れの制御に関して検討を行った. さらに水制設置後, 新たに設置された護岸の地形変化に与える影響についても検討を行った.

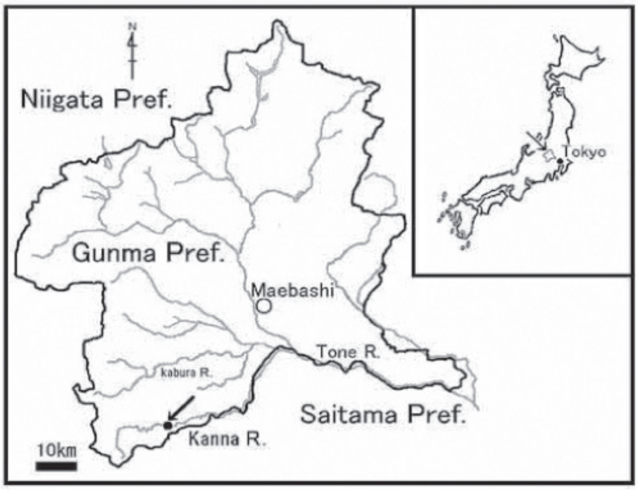
2．瀬と淵を取り戻す実験工事について

(1) 研究対象地

研究対象地は群馬県多野郡神流町の神流川上流域(図−1)であり,群馬県西部を東流する利根川上流域の利根川水系烏川の第2次支流である.群馬県の最南端の上野村の県境に位置する三国山の西側を源流とし,下久保ダムを経由し利根川に合流する.幹川流路延長87.4km,流域面積407km^{2}であり関東有数の鮎の生息地として知られている. またこの地域では,合流する三波川とともに緑泥片岩（三波石）の産地としても有名である.

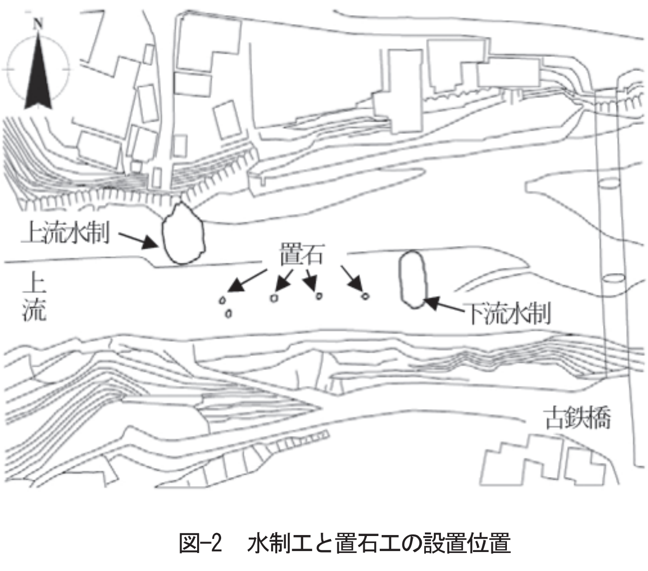
(2) 実験工事の概要

この実験工事は,「群馬県の瀬と淵を取り戻す検討委員会」が,緑泥片岩の過採取が原因で直線化した神流川上流域を対象に,実施したものである.その工事の一環として水制が設置された.またこの水制として,緑泥片岩の巨石を使い石丸積という工法が採用された. この工法は群馬県藤岡市鬼石地域の石匠の間で受け継がれてき



図−1 神流川位置図[6)]を加筆

た石積み技術であり緑泥片岩の巨石をくさび形になるように配置し,石同士の摩擦とかみ合わせ効果により流れに抵抗する構造となっている.また,この実験工事では第1期・第2期工事が実施され,第1期工事は2003年11月から2004年3月の期間で行われ,左岸と右岸にそれぞれ水制1基をずらした形で設置し,合計水制2基とその水制の間の右岸側に置石4基が設置された.ついで第2期工事は2005年3月から8月の期間で行われ,水制間の右岸に石積護岸が設置された.第1期における水制と置石の設置位置を図−2に示す.



図−2 水制工と置石工の設置位置

＊環境都市工学科

(3) 工事後から現在までの出水履歴

水制設置後の出水履歴を,神流地点での日降水量の推移（気象庁HP）から推測した.水制設置後の2003年から2013年の10年間の間に,日降水量が100㎜を超える降雨は7回あった.また2007年9月6日においては台風0709号の影響で,日降水量が対象期間で最大値となる364mmを記録した.つまり10年間の期間に大小様々な出水が生じたことがわかる.また例年,冬季(11-3月)は降雨が少なく,春季から秋季は比較的まばらに降雨することもがわかった.

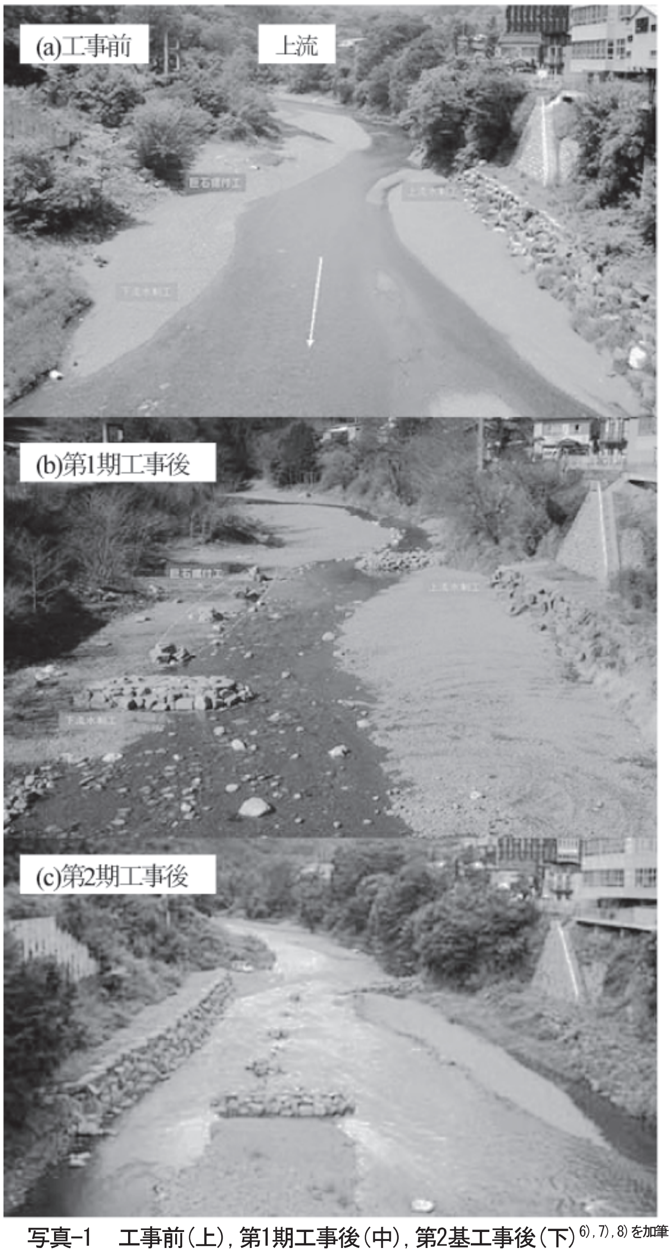
3. 写真データによる地形変化の変遷の検討

(1) 第1・2期工事完了までの地形変化について

研究対象地において,これまでに数年単位で継続して水制周辺の地形変化について議論した文献は存在せず,散見される写真データをまとめ,特に初期においての地形変化の変遷を検討した.ここで使用した写真データは,水制の直下流に位置する古鉄橋から撮影されたものがほとんどである.**写真−1(a)**に工事前(2003年10月)の河川地形を示す.工事前においては巨石の緑泥片岩の採掘が進み,河川上流域にも関わらず巨石が点在していない.また,上流部は左岸に接する形で若干ではあるがこの状態でも蛇行していることがわかる.しかしながら局所的な淵と淵の発生は確認できず,全体的には直線化された河川だといえる.次に第1期工事直後の河川の様子を**写真−1(b)**に示す.石丸積は緑泥片岩を積み上げた工法であるので,この水制は透過水制であり魚類の休息地や住処になることができる.また上流側の水制（以後,上流水制）は岸と接する形で設置されているが,下流側の水制（以後,下流水制）は,岸に設置されておらず1-2m程度の距離を保った状態で設置されている.これは,上流水制により湾曲された流れをさらに2つに分割し,本流以外にも岸側の方へも川の流れを導き水制の間の右岸の侵食速度を軽減させることや岸側に流速の遅い瀬を造ることを目的としたためだと考えられる.さらに水制間に設置された置石も同様な機能を有する目的で設置されていると考えられる.また,第2期工事直後の河川の様子を**写真−1(c)**に示す.この工事では,水制間の右岸の侵食対策のために新たに石丸積み工法による護岸が設置されたことがわかる.また流れに関しては上流水制により蛇行し,さらに下流水制により2つに分断されていることがわかる.一方,地形変化については上流水制の背後と下流水制の背後の両者で底質が堆積し始めていることがわかる.また上流水制の背後においては植生が徐々に前進していることもわかる.

(2) 現在の水制について

写真−2に2013年5月19日・7月1日・9月14日の古鉄橋から撮影された水制周辺の様子を示す.これより,工事前まで比較的直線であった川の流れが水制を設置することで,蛇行することがわかる.さらに,蛇行に伴い元々の堆積域であった上流部の右岸域と水制の背後に植生が繁茂していることがわかる.また設置された水制に関して,上流水制の先端部分は水撃により倒壊し流され,水制全体も石積みがしっかりとなされていない状態になっている.これは,これよりも上流で大きな障害物がほとんどなく上流から流れてきた水が上流水制に流速の大きいまま衝突してしまうということ,さらにその水撃により,河床が深く掘られてしまい,石積み自体が保持できなかったことが影響していると考えられる. 一方,下流水制は当初,岸と連結しない状態で施工されたが,現在では岸と連結されている状態(**写真−2**)になっており,その影響で下流水制は川の流れを2つには分流できていない状態である. これは,上流水制が川の流れを右岸側に蛇行させることに伴い,右岸に設置された護岸周辺地形が侵食され,護岸が倒壊してしまったことに起因すると考えられる.



写真−1 工事前(上)，第1期工事後(中)，第2基工事後(下)[6),7),8)]を加筆

４．現地観測結果の検討

(1) 流量の測定と下久保ダム流入量との比較

対象地域の流量測定を電磁流速計（2点法）で簡易的行い,対象地域から直線距離約20km下流にある下久保ダムとの流入量との比較を行った.その結果,下久保ダムの約40%の流量がこの神流川から流入することが推測できた.また**図-2**に2013年4月19日から9月14までの半年間の下久保ダムへの日流入量を示す.この期間において,6月中旬と7月下旬にかけて20m^3/sを超える大きな流入量が数回あり,それ以外は10m^3/s以下の比較的少ない流入量であったことがわかる.

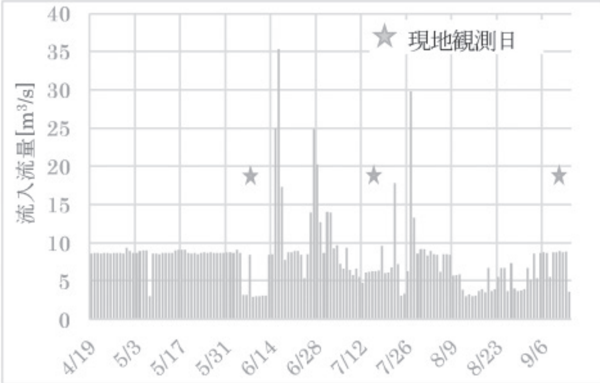


図-2　下久保ダムへの流入量の変化

(2) 水制周辺の地形変化過程について

図-3にDGPSで測定した植生と水辺位置を示す.

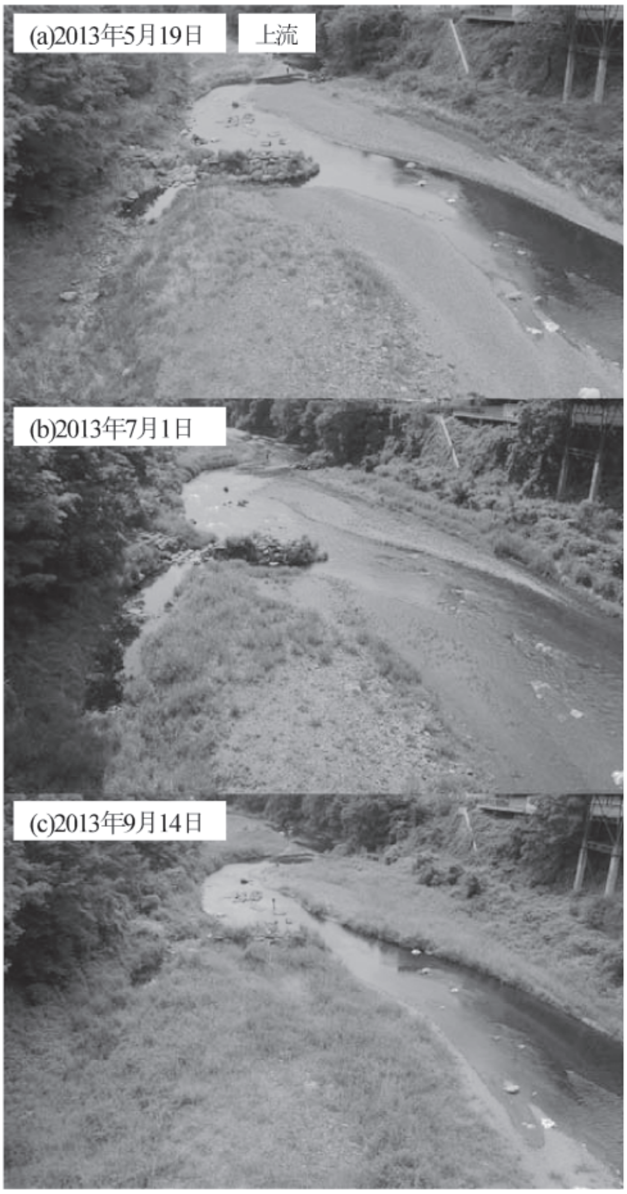


写真-2　2013年5月19日(上),7月1日(中),9月14日(下)

この図から,水制よりも上流部の堆積域では水辺全体が1-2m後退しており,上流水制と下流水制の堆積域ではほとんど水辺の位置は変化していないことがわかる.一方,植生の前進については,水制よりも上流域では,植生全体が3m程度前進することに対して,2つの水制の堆積域では10m規模で前進することがわかる.これは,堆積している細粒分の違いに起因する部分が大きいことが予想され,水制の上流域では礫分の堆積が多く一方,水制の堆積域では細粒分の堆積が多かったことが推測できる.**図-2**・**図-3**と**写真-2**から,この期間の水制周辺の地形変化過程を検討してみると,流量が少ない4・5月頃までは,水制背後の堆積域の前面に細粒分が堆積し,植生の繁茂期の6月頃になるとその細粒分の堆積域に植生が前進することがわかる.また,植生の前進速度には差異があり,上流水制の堆積域で植生はあまり前進できない一方で,下流水制の堆積域では一気に植生の前進が進み,流入量が多い7月1日の写真では水中まで植生が前進していることがわかる.これは,上流水制と下流水制背後の堆積域に堆積する底質量や細粒分が影響していることが考えられる.

５．流れの制御と地形変化の再現計算

(1) 一般曲座標系における流れの基礎式

本研究ではiRICのソルバーNays2Dの平面2次元の流れおよび河床変動計算プログラムを使用した.このモデルは直交座標系における連続式と運動方程式を一般曲座標系に変換したもので,基礎式は以下のようになる[9),10)].

連続式

$$\frac{\partial}{\partial t}\left(\frac{h}{J}\right)+\frac{\partial}{\partial \xi}\left(\frac{hu^{\xi}}{J}\right)+\frac{\partial}{\partial \eta}\left(\frac{hu^{\eta}}{J}\right)=0 \qquad (1)$$

運動方程式

$$\frac{\partial u^{\xi}}{\partial t}+u^{\xi}\frac{\partial u^{\xi}}{\partial \xi}+u^{\eta}\frac{\partial u^{\xi}}{\partial \eta}+\alpha_1 u^{\xi}u^{\eta}+\alpha_2 u^{\xi}u^{\eta}+\alpha_3 u^{\eta}u^{\eta}$$

$$= -g\left[(\xi_x^2+\xi_y^2)\frac{\partial H}{\partial \xi}+(\xi_x\eta_x+\xi_y\eta_y)\frac{\partial H}{\partial \eta}\right]$$
$$-\left(C_f+\frac{1}{2}C_D a_s h\right)\frac{u^\xi}{hJ}\sqrt{(\eta_y u^\xi-\xi_y u^\eta)^2+(-\eta_x u^\xi+\xi_x u^\eta)^2} \quad (2)$$
$$+D^\xi$$

$$\frac{\partial u^\eta}{\partial t}+u^\xi\frac{\partial u^\eta}{\partial \xi}+u^\eta\frac{\partial u^\eta}{\partial \eta}+\alpha_4 u^\xi u^\eta+\alpha_5 u^\xi u^\eta+\alpha_6 u^\eta u^\eta=$$
$$-g\left[(\eta_x\xi_x+\eta_y\xi_y)\frac{\partial H}{\partial \xi}+(\eta_x^2+\eta_y^2)\frac{\partial H}{\partial \eta}\right] \quad (3)$$
$$-\left(C_f+\frac{1}{2}C_D a_s h\right)\frac{u^\eta}{hJ}\sqrt{(\eta_y u^\xi-\xi_y u^\eta)^2+(-\eta_x u^\xi+\xi_x u^\eta)^2}$$
$$+D^\eta$$

ただし,

$$\alpha_1=\xi_x\frac{\partial^2 x}{\partial \xi^2}+\xi_y\frac{\partial^2 y}{\partial \xi^2} \qquad \alpha_2=2\left(\xi_x\frac{\partial^2 x}{\partial \xi\,\partial \eta}+\xi_y\frac{\partial^2 y}{\partial \xi\,\partial \eta}\right)$$

$$\alpha_3=\xi_x\frac{\partial^2 x}{\partial \eta^2}+\xi_y\frac{\partial^2 y}{\partial \eta^2} \qquad \alpha_4=\eta_x\frac{\partial^2 x}{\partial \xi^2}+\eta_y\frac{\partial^2 y}{\partial \xi^2}$$

$$\alpha_5=2\left(\eta_x\frac{\partial^2 x}{\partial \xi\,\partial \eta}+\eta_y\frac{\partial^2 y}{\partial \xi\,\partial \eta}\right) \qquad \alpha_6=\eta_x\frac{\partial^2 x}{\partial \eta^2}+\eta_y\frac{\partial^2 y}{\partial \eta^2}$$

$$D^\xi=\left(\xi_x\frac{\partial}{\partial \xi}+\eta_x\frac{\partial}{\partial \eta}\right)\left[\nu_t\left(\xi_x\frac{\partial u^\xi}{\partial \xi}+\eta_x\frac{\partial u^\xi}{\partial \eta}\right)\right]$$
$$+\left(\xi_y\frac{\partial}{\partial \xi}+\eta_y\frac{\partial}{\partial \eta}\right)\left[\nu_t\left(\xi_y\frac{\partial u^\xi}{\partial \xi}+\eta_y\frac{\partial u^\xi}{\partial \eta}\right)\right]$$

$$D^\eta=\left(\xi_x\frac{\partial}{\partial \xi}+\eta_x\frac{\partial}{\partial \eta}\right)\left[\nu_t\left(\xi_x\frac{\partial u^\eta}{\partial \xi}+\eta_x\frac{\partial u^\eta}{\partial \eta}\right)\right]$$
$$+\left(\xi_y\frac{\partial}{\partial \xi}+\eta_y\frac{\partial}{\partial \eta}\right)\left[\nu_t\left(\xi_y\frac{\partial u^\eta}{\partial \xi}+\eta_y\frac{\partial u^\eta}{\partial \eta}\right)\right]$$

$$\xi_x=\frac{\partial \xi}{\partial x} \quad \xi_y=\frac{\partial \xi}{\partial y} \quad \eta_x=\frac{\partial \eta}{\partial x} \quad \eta_y=\frac{\partial \eta}{\partial y}$$

$$J=\xi_x\eta_y-\xi_y\eta_x$$

hは水深,tは時間,uはx方向の流速,vはy方向の流速,gは重力加速度,Hは水深,C_fは河床せん断係数, ν_tは渦動粘性係数,C_Dは植生の抗力係数,a_sは単位体積に占める植生の遮断面積を示す.

(2) 初期条件と境界条件の設定

計算対象域は水制2基を中心に約500mの範囲とした.また斜面域の侵食過程についても検討を行うために両岸側の斜面も対象領域とした.そして過去の資料を元に対象域の地盤高データを作成し,計算格子を設定した.計算格子と各種係数に関する属性を**図-4**に示す.初期の植生位置に関しては,右岸斜面全面に繁茂している状態とした. マニング粗度係数は,水中は0.02,岸部分は0.03,斜面は0.04と便宜的に設定した.流入流量については10m³/sとした.この流量が下久保ダムへの流入量の約40%だと仮定すると実際の下久保ダムへの流入量は25m³/sと推定できるので,大規模な出水を想定しているといえる.今回は,この流量を定常流として10時間流入させた.また,各種初期条件・境界条件を**表-1**に示す.

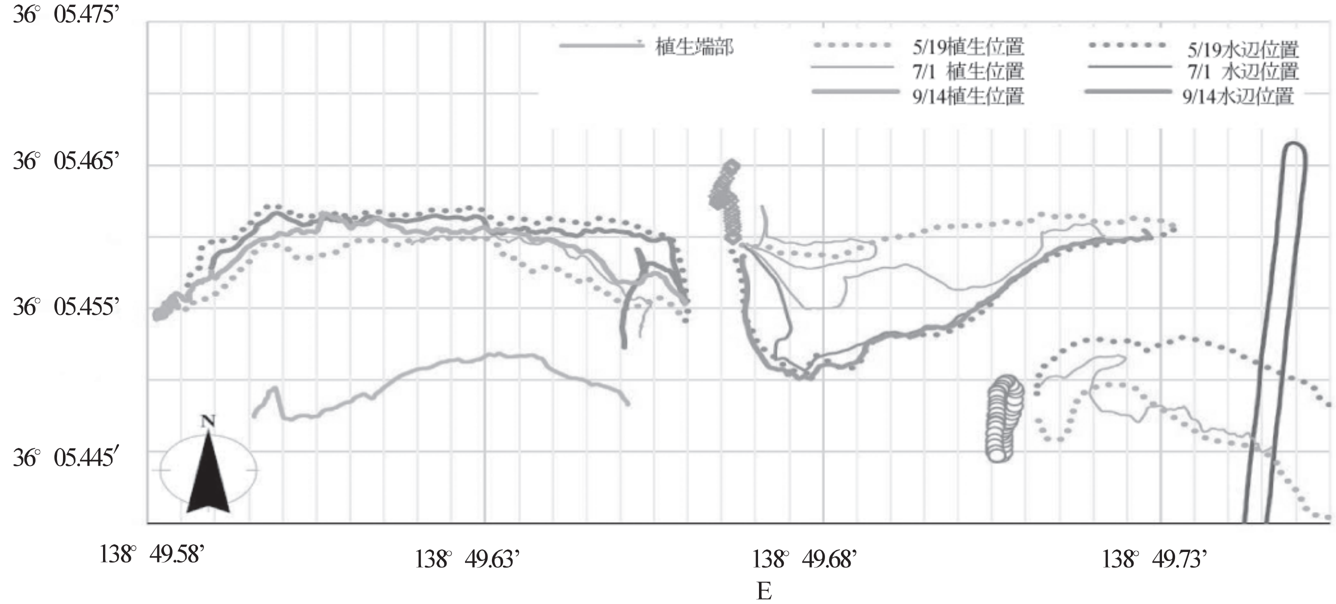


図-3 植生と水辺位置の地形変化

(3) 流れと地形変化の検討

図-6に18000sと36000s後の流速コンターと流速ベクトルを示し,上部の2つの図は護岸が設置していない状態,下部の2つの図は護岸が設置してある状態を想定している.この図から,大規模場出水を想定している流量を与えると,時間の経過と共に川幅が急速に広がり,右岸の斜面部まで達することがわかる.18000s後では,護岸が無い場合では,下流水制の周りで流れが2つに分断されることに対して,護岸が有る場合では流れは分断されない.そのために,若干ではあるが護岸が設置されている場合の方が流れを抑制しているためだと考えられる.

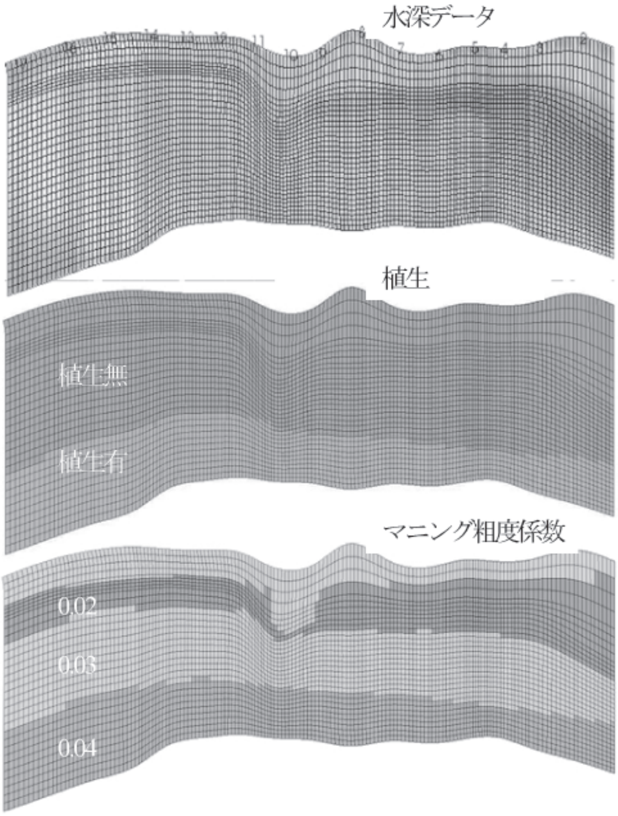


図-4　格子属性

表-1 初期条件・境界条件

格子数	5313(161*33)
移流項の差分方法	CIP法
河床材料	均一粒経(0.55mm)
下流端水位	等流計算
河床勾配	河床データから自動計算
上流端の流速分布	等流計算
流量	$10m^3/s$(定常状態)
計算時間	10時間(36000sec)
計算ステップ	0.01s
水位計算の緩和係数	0.8
植生の抵抗係数	0.7
初期水面形	等流計算

岸よりも下流部分で流れが速くなっていることがわかる.また36000s後での護岸の有無で比較すると,護岸が無い状態の方が,護岸が有る場合に比べ,川の流れが大きく蛇行することがわかる.これは右岸護岸の上流部の先端部分が蛇行する流また実際には上流水制前面では,渦が形成され複雑な流れが発生しているが,このモデルではそれらが再現出来ないこともわかる.

図-7に18000sと36000s後の地形変化量を示す.上部の2つの図は護岸が無しの状態,下部の2つの図は護岸が有る状態を想定している.これらの図から,大規模な出水があると,水制よりも上流の右岸部分に堆積域が形成されることや,上流水制の背後に堆積域が形成されることがわかり,これらは実際の現象を比較的正確に再現できているといえる.また,18000s後の護岸の有無で比較すると,護岸の有無で堆積・侵食位置が大きく変わることがわかる.護岸が無い場合では,上流水制の対岸の斜面位置が,広く浅く侵食されることに対して,その位置に護岸がある場合では,侵食は当然斜面部に達しないが,その代わりに護岸前面が広く浅く侵食されることがわかる. さらに,下流水制の対岸部分では護岸の有無に関わらず,侵食されるが,護岸が有る場合のほうが広く深く侵食される傾向にあることがわかる.一方,36000s後では,それらの傾向が強まり,護岸が無い場合,上流水制の対岸部分の斜面への侵食が広範囲において1-1.5m程度発生し,護岸が有る場合は,斜面が侵食されない代わりに,護岸の前面の全域において2m程度が侵食される.また下流水制の対岸部分でも侵食量が異なり,護岸が有る場合の方が,護岸の無い場合に比べ侵食量が大きいことがわかる.また,水制よりも上流域と上流水制の背後では堆積が起こるが,下流水制の背後では堆積がほとんど起こらない.これは,計算範囲をより下流へ広げることで対応できると考えられる.また,両水制の前面域では渦が発生していないために,それに伴う局所潜堀も再現できていないこともわかる.これらを総合すると,護岸の有無により, 水流れの蛇行幅が変化することと,堆積・侵食位置に変化が起こることがわかった.つまり,護岸を設置することで,斜面への侵食は防げるが,新たに護岸前面域が侵食されることと,下流水制の対岸での侵食が大きくなることがわかった.

6．まとめ

本研究では以下の結果を得た。

(1)直線化した流れの神流川において,石丸積を使用した水制を設置した結果,流れが蛇行し,瀬（堆積域）と淵（侵食域）が形成されたことがわかった.また過去の出水により水制の一部は破壊されたが,継続して流れを制御していることもわかった.

(2)写真データと現地観測により,水制背後に堆積する底質は細粒分を含み,それが堆積することで植生が一気に前進することがわかり,この植生の繁茂が水制周辺の地形を安定化させる一因であることが推測できた.

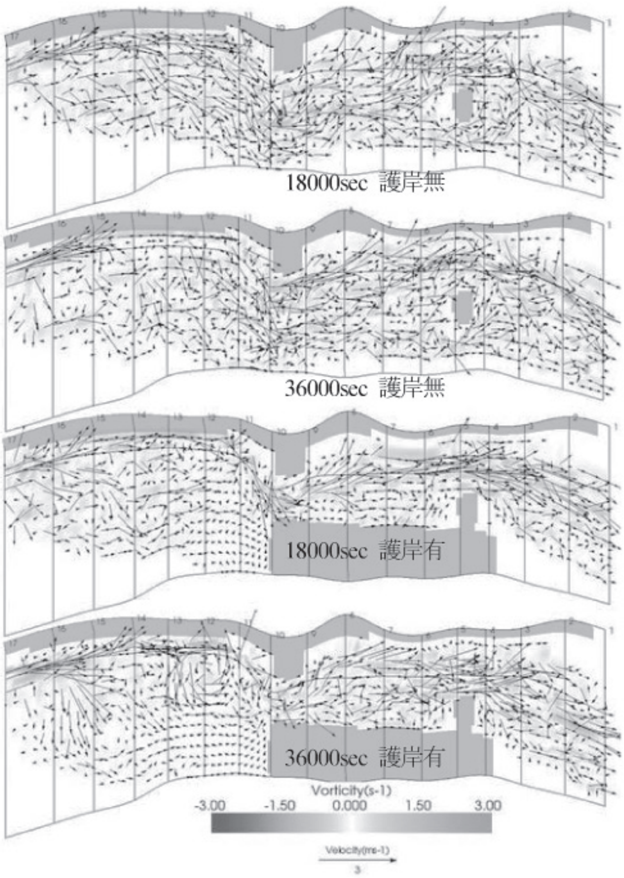


図-6　流れ場の計算

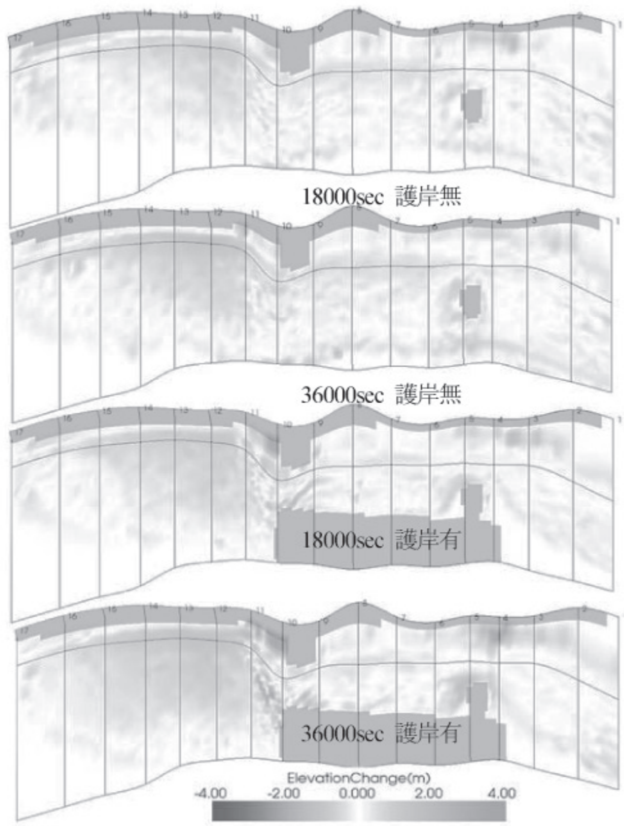


図-7　地形変化計算

(3)数値計算において大規模出水を想定した流量を流入させると,上流水制の対岸の上流部は堆積が発生し水制周辺では侵食が発生する現象を再現できた.また水制間の右岸に設置された護岸により,水流は蛇行幅が狭くなり右岸斜面の侵食を防ぐが,あらたに護岸前面に侵食が発生し下流水制の対岸での侵食が大きくなることがわかった.

謝辞：過去の資料について群馬工業高等専門学校環境都市工学科青井透特任教授に便宜を図っていただいた.また現地観測について群馬工業高等専門学校環境都市工学科堀尾明宏教授と研究室学生の古田島樹君・後藤裕司君・坂本佑太君・Rendy君に協力いただいた.

参考文献

1) 道上正規,檜谷治:水制周辺の平面２次元河床変動計算に関する研究,水工学論文集,第36巻,pp.61-66, 1992.
2) 崇田徳彦・清水康行:水制を含む流れの準３次元数値計算モデルの開発,土木学会論文集,No.497, II-28,pp.31-39, 1994.
3) Hao Zhang, Hajime Nakagawa, Kenji Kawaike, Yasuyuki Baba:Experiment and simulation of turbulent flow in local scour around a spur dyke, International Journal of Sediment Research, Vol.24, No.1, pp.33-45, 2009.
4)水谷英朗・中川一・川池健司・馬場康之・張浩:水制周辺の河床変化び砂の分級現象,京都大学防災研究所年報,第54号B,平成23年6月
5)福留脩文・藤田真二・福岡捷二:淵環境を回復した低水路水制の設計とその環境機能の評価,水工学論文集,第54巻,pp1268-1272,2010
6)掛川優子・水石舞衣子・長壁妃呂子・青井透・中島啓治:神流川瀬と淵を取り戻す実験工事」における水生昆虫,付着珪藻の生育調査,多自然研究,第115号,pp3-10,2005
7)NPO法人建物と人と環境のフォーラム,http://www.tatekan.org/town_kanna.html,2013年9月現在
8)ぐんまの魚の生息環境を考える(7),http://ayunihonichi.gunmama-p.gr.jp/imagesayu/kawakankyou/,2013年9月現在
9)Jang,C.&Y.Shimizu:Numerical simulation of relatively wide, shallow channels with erodible banks,Journal of Hydraulic Engineering, ASCE,Vol.131,pp.565-575,2005.
10)清水康行：河道平面形状の形成における河床・河岸の変動特性の相互関係について,土木学会水工学論文集,第47巻,pp. 643-648,2003.

FLOW CONTROL AND TOPOGRAPHY CHANGE OF SPUR DYKE BY ISHIMARUTSUMI AT THE KANNA RIVER OF GUNMA PREFECTURE

Akio NAGAYAMA

This study shows that a linear river was changed meander by putting spur dykes that made by ishumaruzumi. In addition some shallow water zones and deep water zones were formed in this river. Those spur dykes passes for ten years, but it has controled flow. Infinitesimal grain sands collects behind a spur dykes and, many plant begin to bring it up after waeds in the place. And the luxuriant growth of this plant makes topography change stable. Those above-mentioned results local observation and photograph data. Meandering width became narrow and prevent the erosion of right bank slope by building a breakwater installed in the right bank, but erosion occurs newly in the front part of building a breakwater.

Arduinoを用いたマイコン制御の入門教育

櫻本　弘*　　平社　信人*

（2014年11月27日受理）

1.　はじめに

平成25年度から機械工学科の４年を対象に「マイコン制御」なる科目を開設した．従来のコンピューターを計算の道具として利用するだけでなく，制御のためのコントローラーとしての活用方法の習得を目指したものである．マイコンについては以前からも実験実習の一部のテーマに組み込まれていたが，これらは短時間であり，後日学生に話を聞くとマイコンに「触れた・体験した」であっても「学習した・習得できた」とまではいえない様子であった．そこで，半期15回の必修科目であるが，

・マイコンで何ができるか

・そのためにはどのようなプログラムが必要か

を全員に理解してもらえる内容を目指し，安価なセンサーや機器を使用しているが，興味を引くようなテーマの準備を行ってきた．今回は実際の講義で扱っている項目を中心に，その後の応用を含め，現状を報告する．

2.　機械工学科の情報処理教育の移り変わり

2.1.　FortranからＣ言語へ

従来より機械工学科では情報処理としてFortranによるプログラミング教育を行ってきた．数値計算用途に限ればFortranも十分実用であるとともに，過去に開発された膨大な計算用ライブラリが存在するという優位性がある．例えば線形計算用ソフトウェアライブラリであるLAPACK[1]も初版はFortran77で実装され，その後Fortran90が用いられている．今ではＣ言語インターフェースも統合されているが，行列計算の場合には内部で行列転置が行われるため,オーバーヘッドが生じている．

このようにFortranの有用性もあるが，さすがに初心者が最初のプログラミング言語として学習するには古さを感じさせる書式も多い．また，過去の資産を活用するのでなければFortranにこだわる必要はなく，すでにパソコンから大型コンピューターまで広く使用されているＣ言語に変更することになった．

2.2.　カリキュラム変更と「マイコン制御」の新設

Ｃ言語への変更は決定したが，講義内容の変更は学生の学年進行にともない平成23年から26年の４年間をかけて実施した．カリキュラム変更の過程を表１に示す．

表１　カリキュラム変更の学年進行

		H22年	H23年	H24年	H25年	H26年
2年	情報処理Ⅰ	Fortran	Ｃ言語 入門	Ｃ言語 入門	Ｃ言語 入門	Ｃ言語 入門
3年	情報処理Ⅰ	Fortran	Fortran	Ｃ言語 入門続き	Ｃ言語 入門続き	Ｃ言語 入門続き
4年	設計製図	Fortran 設計計算	Fortran 設計計算	Fortran 設計計算	Ｃ言語 設計計算	Ｃ言語 設計計算
5年	情報処理Ⅱ	Fortran 数値計算	Ｃ言語 速習	Ｃ言語 速習	Ｃ言語 速習	Ｃ言語 数値計算

組み込みマイコンのプログラミング言語として，アセンブラ以外ではＣ言語（最近ではC++）のみ用意されていることが多い．Ｃ言語への変更により，単に数値計算だけではなくマイコンを用いた制御用途の学習も可能になった．これは従来のFortranでは絶対に不可能である．そこで新たに４年生で「マイコン制御」なる半期科目を新設し，コンピューターをコントローラーとして活用するための講義内容とした．この科目は平成25年から開設したが，カリキュラムの変更の学年進行に合わせる形で，前年度においても計測工学の一部として講義を行った．

2.3.　マイコンボードの選定

プログラミング教育では学生一人に１台の環境を提供し，複数の学生が１つの機器を使用する状況をつくらないことが重要と考えている．また，プログラミングは得手不得手が出やすいところがある．そこで，学生が自宅でも自習できようにマイコンのボードは学生各自が購入し，それ以外に必要となるものは学科で準備するようにした．マイコンボードを選定するにあたってはおもに次の点に絞って検討した．

＊機械工学科

(1) 学生各自が購入するため,低価格なものであること.おおよそ教科書１冊の価格と大差ないこと.
(2) 特定の教科書は指定しないが，参考となる日本語の情報が Web 上に多くあり，初心者向けの書籍も刊行されていること.
(3) 開発ためのソフトウェアが無償で提供されており，学生個人のパソコンにもインストールできること.
(4) すでに多くの無償ライブラリが公開されており，短いコードでプログラムが記述できること.
(5) ある程度の期間はマイコンボードの変更を行わずに済むよう販売実績の多いもの.
これらより，最終的には Arduino を選択した．なお，Arduino ではプログラムのことを"スケッチ"と呼んでいるが一般的ではないため，本報告ではプログラムとしている．またプログラムの一部の意味でコードとも称している.

3. Arduino

3.1. Arduinoとは

Arduino[2]は「コンピューターの初心者でも簡単に扱うことができるマイコンボード」を目指し，2005 年にイタリアで開発プロジェクトがスタートした．現在でも安価で簡単に使用できるハードウェアとして販売されている．図１は現行品である Arduino の上面と裏面である.

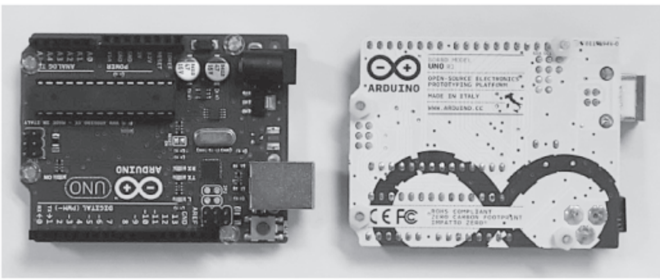


図１　マイコンボード Arduino UNO R3

ただし，ボードだけでなく，プログラムの言語や開発のための環境などソフトウェアを全て含んだ総称として「Arduino」と呼んでいる.

ところで，Arduino の読み方であるが，このイタリア語をカタカナ表記すると「アルデュイーノ」が近いようである.

3.2. Arduinoの特徴

授業で使用している Arduino UNO R3 は米国 Atmel 社製の AVR ATmega 328P という８bit のマイコンを搭載している．今さら８bit では時代遅れの感想を持つかもしれない．しかし，16 さらに 32bit と高性能のマイコンになるにつれ，その機能の理解と性能を引き出すための手順が複雑になり，初心者が最初の一歩を踏み出すまでの敷居が高いものになる．入門用として Arduino は初心者に最適であると判断している.

Arduinoで出来ること・得意なこと

Arduino は簡単にいろいろな機器を接続することが可能である．たとえば，LED などはボード本体の端子に直接接続でき，半田付けは不要である.

Arduino のハードウェア，ソフトウェアのいろいろな情報が Web 上に公開されている．例えば，ボードの回路図やプリント基板の配線図も入手可能である.そのため，いろいろな周辺機器を使用するためのソフトウェアも作成・公開されており，例えば任天堂スーパーファミコンのゲームパッドも Arduino に接続して利用可能である.

図２　ゲームパットを接続した Arduino

通常 Arduino はパソコンと USB 接続してプログラム開発から動作まで行うが，プログラムを書き込んだ後は乾電池などで電源を供給すれば単独で動作でき，いろいろな装置に組み込むことが可能になる.

Arduinoに出来ないこと・不得意なこと

上述のように Arduino に搭載しているのは８bit マイコンであり，処理能力は高くない．そのため複数の処理を同時に行ったり，多くの機器を接続して動作させるには無理がある．また，Arduino は基板上に半田付けされた IC がむき出しの状態であり,金属片がボードに触れるとショートする恐れがある

4. 授業の進め方と題材

4.1. 学習環境と授業の進め方

繰り返しになるが，プログラムの学習において環境や

機器を一人ひとりに準備する事が絶対に必要と考えている．授業で使用するArduinoは学生に共同購入してもらっている．イタリア製のため，円安の影響で販売価格が上昇したが，現在の値段は3,000円弱である．(教科書は使用せず，Web 上においた資料等を用いて授業を進めているので，学生にこれ以外の費用負担はない.）本体に接続するセンサーや機器類は学科の予算で購入し，授業で使用している．

授業は機械工学科３階の設計実習室で実施している．プログラムの開発環境は次節に示す通りであるが，必要なものは全てArduinoのWebサイト[2]からダウンロードでき，無料で使用できる．48台の学生用パソコンには既にインストール済みであり，授業に限らず放課後も使用できる．また，ボード本体は学生が購入しているので，自宅のパソコンでも自習可能である．

毎回の講義前半は各項目の説明，後半はプログラム実習になるように工夫している．プログラミングにおいて初心者はプログラムが上手く動作したという「成功体験」を多く積むことが重要であり，内容を絞ったプログラムの作成を行えるように注意している．また，この授業は教員２名と支援センター員１名の計３名で行っており，進度の遅い学生が授業の進行に取り残されないようにサポートしている．

4.2.　Arduinoの開発環境

Arduinoのプログラムの開発はArduinoとUSBと接続し，コードの入力，コンパイルとボードへの書き込みまでを行う．これはWindowsに限らず，MacintoshやLinux上でも可能である．授業は Windows7(64bit)のパソコンを用いている．

図３　Arduino IDEを起動した直後

プログラムの入力には開発環境であるArduino IDEを起動する．図１は起動直後の様子である．Arduinoはパソコンと USB 接続しているが，Windows 上ではシリアルポートして認識される．実際に接続されているシリアルポート番号とIDEのポート選択が一致していないとボードへの書き込みに失敗するので，確認が必要である．

Arduino IDE の画面からはプログラムの入力，コンパイルとボードへの書き込みだけでなく，ライブラリの使用，サンプルプログラムのオープンやシリアルモニター利用などの作業がソフトウェアの切り替えなしに実行することができる．

4.3.　Arduino言語

Arduinoのプログラムには Arduino 言語で記述する．これは C/C++言語を基に変更・拡張した言語である．通常C言語でプログラムを作成する場合，最初に呼び出される関数としてmain関数が必要となるが，Arduinoではmain関数ではなく，次の二つの関数を記述することが最低限必要になる．

(1) void setup()
(2) void loop()

電源ONもしくはリセットかかった後は(1),(2)の順番に実行される．

(1)のsetup関数はボードの初期設定を行う関数であり，最初に１回だけ実行される．プログラムの最初に記述し，省略することも名前を変更することもできない．
(2)のloop関数はsetup関数に続いて実行され，処理は電源が切れるまで繰り返される．主に処理すべき内容を記述する．これも省略することも名前を変更することもできない．なお，実際にはプログラムをコンパイルする前に標準でライブラリを自動的に付加している．これは以下のファイルを見ると明らかである．

arduino-1.0.5¥hardware¥arduino¥cores¥arduino¥main.cpp

main.cppにおいて，最初に呼び出されるmain関数が存在しており，この中のsetup()とloop()のみをプログラマーが作成していたことがわかる．リスト１にmain.cppの内容を示す．

```
#include <Arduino.h>

int main(void)
{
  init();
```

```
#if defined(USBCON)
  USBDevice.attach();
#endif
                          この部分のみをプロ
  setup();                グラミングしている.

  for (;;) {
    loop();
    if (serialEventRun) serialEventRun();
  }

  return 0;
}
```

リスト1　main.cpp の内容

以下，授業で扱う各題材について，羅列的ではあるが簡潔に説明する.

4.4.　LED 点滅

C言語の教科書では"Hello World!"と表示させるプログラムを最初のサンプルとして示されていることが多いが，マイコンでは接続した LED を点滅させるプログラムを例示している場合が多い．俗にいう「LED チカチカ」である．Arduino には自由に使用できる LED が一つだけ半田付けされている.この LED は 13 番ピンに接続されているため，一切のハードウェアを追加することなく点灯・消灯させる事が可能である．Arduino IDE やボード本体が正常に動作するかのテストのためにも購入後最初に動作させている.

実際にはサンプルプログラムの「Blink」を呼び出している.このプログラムで使用する関数は次の通りである.

(1) pinMode 関数
(2) degitalWrite 関数
(3) delay 関数

pinMode 関数で入出力ポートの方向を設定し，degitalWrite 関数で入出力ポートに HIGH か LOW を書き込んでいる．さらに delay 関数で指定した時間，処理を停止させている．この間 LED は点灯もしくは消灯状態を維持している.

4.5.　シリアル入出力と独自関数の活用

パソコンと Arduino の間でシリアル通信する機能が備わっている．ボード上で自由に利用でき，内部の状態を表示できるのは上述の LED 1 個のみである．シリアル通信を用いれば，パソコンの画面上に多くのデータを表示させる事が可能である．特にプログラムが期待した動作をしない場合に実行状況をモニターできるので，プログラムの間違い箇所の発見が容易になる.

このプログラムで使用する関数は次の通りである.

(1) Serial.begin 関数
(2) Serial.print 関数，Serial.println 関数

Serial.begin 関数でシリアル通信の転送速度を設定し，Serial.print 関数もしくは Serial.println 関数でパソコンに送信する文字や常数,変数を設定している.なお,両者の違いは Serial.println 関数は改行とラインフィードのコードを自動的に追加するが，Serial.print 関数はそれがなく，改行されない.

Arduino で標準に準備されている関数は Arduino からパソコンへの通信であり，Arduino IDE のシリアルモニターやターミナルソフトを用いてパソコンの画面に出力している．しかし，逆方向つまりパソコンからの文字出力を Arduino が数値として受信する関数は用意されていない．そこで，このような機能があればいろいろ応用ができ有用と考え，独自に inpInt 関数を作成した．そのソースリストを以下に示す．この関数では先頭の負号(－)と数字以外の文字は無視するようになっている．この関数を用いれば，パソコンのキーボードを数値入力装置として使用することが可能である．但し，int 型の変数の使用範囲（-32768～32767）は考慮していないので，利用の際に注意が必要である.

```
void inpInt(int *x) {
  int inByte, n=0, m;
  boolean fst=true, neg=false;

  while(Serial.available() == 0);

  do {
    delay(3);
    inByte = Serial.read();

    if(fst && inByte == '-') {
      neg = true;
    }
    fst = false;

    if('0' <= inByte && inByte <= '9') {
      m = inByte - '0';
      n = n * 10 + m;
```

```
    }
  }
  while(Serial.available() > 0);

  *x = (neg) ? -n : n ;
}
```

リスト２　inpInt 関数のソースリスト

4.6.　キャラクタ液晶シールド

前節のシリアル通信を使用したパソコン画面への出力は手軽で機器の追加も不要と便利ではあるが，パソコンと USB ケーブルで接続している必要がある．Arduino 単体で使用したい場合には利用できない．そこで，ボード本体の上部にキャラクタ液晶パネルと専用 IC からなる液晶シールドを接続して使用する．シールドとは Arduino 用の機能拡張用回路基板である．図４は授業で使用しているキャラクタ液晶シールド(16 文字×２行)である．専用 IC は標準といえる日立製 HD44780 とコンパチブルである．

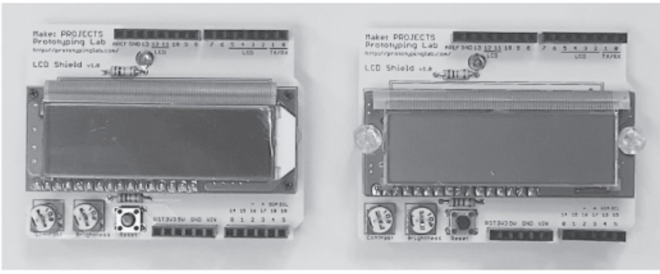


図４　キャラクタ液晶シールド　左が青色　右が緑色

HD44780 互換であるため，標準にインストールされている「LiquidCrystal ライブラリ」が使用できる．これにより，制御信号の意味を意識する必要がなく，モジュールの初期化など面倒な手順も１行記述するだけで済むなど短いコードを書くだけで利用可能である．

プログラムで使用するには，最初に LiquidCrystal オブジェクトのインスタンスの生成が必要になる．生成の際には引数で制御信号とデータバスの接続を指定すればよい．使用する主な関数は次の通りである．

(1) インスタンス名.begin 関数
(2) インスタンス名.clear 関数
(3) インスタンス名.home 関数
(4) インスタンス名.setCursor 関数
(5) インスタンス名.print 関数

インスタンス生成後，最初に begin 関数を用いてライブラリを初期化して，キャラクタ液晶パネルの文字数と行数の指定を行う必要がある．

4.7.　圧電ブザー

Arduino で簡単に音を鳴らせる部品に圧電ブザーがある．音を鳴らすにはスピーカーと連想するが，スピーカーを動作させるには Arduino からの出力では不可能であり，オーディオ用のオペアンプ等を用いた回路が必要になる．それに対して，圧電ブザーは Arduino のポートに直結でき，手軽に動かすことができる．図５に２種類の圧電ブザーを示す．

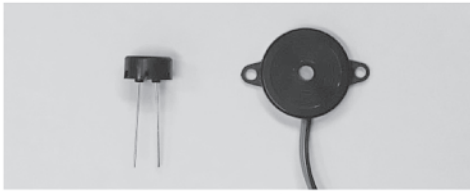


図５　圧電ブザー

Arduino では圧電ブザーを鳴らすために矩形波を出力する関数が用意されている．使用する関数は次の通りである．

(1) tone 関数
(2) noTone 関数

pinMode 関数で圧電ブザーを接続したピンを出力に設定した後，tone 関数で出力する周波数を指定する．また，出力時間も指定できる．この関数によりブザーから音がでる．tone 関数で出力時間を指定しなかった場合は音が鳴り続けるので noTone 関数で停止させる必要がある．

なお，tono 関数で出力時間を指定しても，それより前に再度 tone 関数を実行した場合には，その時点で次の音が出力されるので，delay 関数を併用して出力時間を確保することが必要になる．また，同時に複数の音を鳴らすことはできない．

4.8.　温度センサー

温度を測定するためのセンサーとしてナショナル・セミコンダクター社製 LM35DZ を使用している．摂氏温度(℃)に比例した電圧が出力でき，温度係数は使用範囲内で 10.0mV/℃である．これは温度が１℃上昇すると出力電圧も 0.01V 高くなる．０℃のとき出力は０V に調整されているので，センサーを接続したアナログピンから AD 変換した電圧値を 100 倍すれば温度になり，扱いが楽である．図６に温度センサーの写真を示す．TO-92 パッケージなので，一見するとトランジスタのように見える．

図６　温度センサー　LM35DZ

上述のようにこのセンサーは測定値に比例した電圧が出力される．このアナログ量をArduinoでは内蔵のAD変換機能を用いて取り込む．AD変換で使用する関数は次の通りである．

(1) analogReference関数
(2) analogRead関数

Arduinoボードには６チャンネルの10bitAD変換機能を搭載している．analogReference関数はアナログ入力に使用される基準電圧の設定であり，次の文字列のうちどれかを一つを指定する．

・DEFAULT　：５Ｖの電源電圧を基準電圧（省略時）
・INTERNAL：1.1Vの内蔵基準電圧
・EXTERNAL：AREFピンに加えられる電圧（最大５V)を基準電圧

analogRead関数は指定したアナログピンから値を読み取るものである．０から基準電圧までの入力電圧を０から1023までの数値に変換する．

温度センサーLM35DZの動作温度範囲は０～100℃であり，温度係数からセンサーから出力される電圧の最大値は１Ｖとなる．analogReference関数でDEFAULTと設定した場合，入力できる電圧の最大は５Ｖとなり，基準電圧の20%までしかLM35DZでは使用せず，精度的に非常に効率が悪い．INTERNALと設定した場合，基準電圧は1.1Vとなり，約91%まで使用できている．測定温度は0.11℃刻みの測定となる．

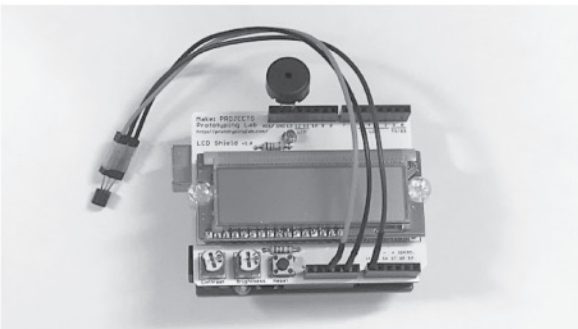


図７　気温警報装置

4.6～4.8のキャラクタ液晶シールド，圧電ブザー，温度センサーを用いることにより，Arduinoを気温警報装置として使用することができる．温度センサーで気温を測定して液晶に表示するとともに，設定した閾値を超えた時点で圧電ブザーから警告音を発生させることで実現している．図７にその構成を示す．

4.9.　XBeeによる無線通信

4.5のシリアル通信はパソコンとArduinoをUSBで接続していたが，この通信を無線化する．無線化できればケーブルを引き回す必要がなくなり，より便利になる．実際にはZigBee規格に準拠したDigi international社製のXBeeを使用した．このXBeeを用いれば簡単に無線通信を実現可能である．パソコンとArduinoの間で通信するにはArduino側にXBeeシールド，パソコン側にはXBee本体をパソコンのUSBに接続するためのモジュールが必要である．

XBeeには動作モードが２つあり，「トランスペアレントモード」を使用することで，シリアル通信のケーブルをXBeeと置き換えたように動作する．事前にこの設定を行ったXBeeモジュールを使用することで，プログラムには修正を加えることなくUSB接続から無線通信に置換が可能である．例えば上記の気温警報装置のプログラムに温度をシリアル通信する部分を追加すれば，パソコンから離れた位置にある温度もワイヤレスで収集することが可能になる．図８に専用シールド上にセットしたXBeeモジュールを示す．

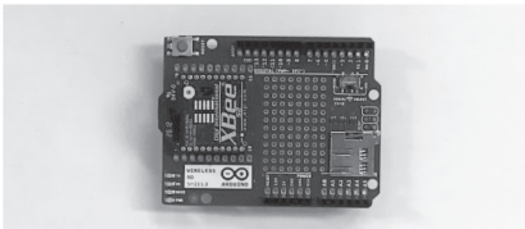


図８　XBeeと専用シールド

4.10. DCモーターの回転

電子工作で動くものといえば，DCモーターが最も安価で手軽である．プラモデルでも使用されており，電池をつないでスイッチを入れればフル回転する．しかし，ArduinoにDCモーターを直結しても電流不足から回転させる事はできない．そのため専用のモータードライバーを搭載したシールドを使用する．授業ではガリレオ７社製の4Motorsシールド[3]を用いる．DCモーターの回転をより細かく制御するため販売元が無償で提供しているライブラリを使用する．このライブラリはArduino IDEから使用できるようにインストールが必要である．

DC モーターの駆動で問題となるのは電源である．この電源はArduino と共通にすることも別にすることもできるが，別電源（単３電池３本）を用意している．接続しているDC モーターの定格電圧は３V であり，これより高い電源をDC モーターにかけると故障の原因にもなる．必ず定格電圧以下になるように制限する必要がある．また，モーター起動時やストール時には大きな電流が流れるが，これがシールドの最大定格電流を超えないような DC モーターを選定する必要がある．図９に 4Motors シールドを示す．

図９　4Motors シールド

5.　応用例１　４Ｍ設計製図

４年機械工学科の「設計製図」の授業では２段の歯車減速機の設計計算，3D-CAD によるモデリングとFEM による強度解析さらに３Ｄプリンターによる製作と発表会までを１年間で行っている．製作した歯車減速機の動作確認は従来手動で回転させていたが，これを(1)モーターによる連続回転(2)出力軸の回転数計測と減速比の確認を行う必要があった．高価な既成の装置を購入・利用するのではなく，Arduino を用いたシステムの利用を検討した．

5.1.　ステッピングモーターの回転制御

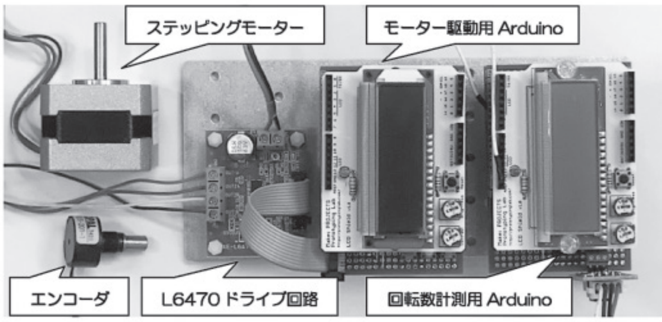


図 10　ステッピングモーターとドライブ回路および回転数計測用回路

ステッピングモーターは軸が時計の秒針のように一定角度ずつ回転するモーターである．エンコーダ等がなくても回転を制御できる．このためにはDC モーターと同様に専用 IC による回路が必要になる．STMicroelectronics 社製バイポーラステッピングモータドライブ IC であるL6470 を使用したドライブキットを使用した．図 10 にステッピングモーターとドライブ回路，さらに 5.2～5.3で用いる回転数計測用回路とエンコーダを示す．

L6470 はArduino と SPI で通信し，２相バイポーラステッピングモータの正逆転，加減速，ブレーキ，速度制御、位置制御に加えて脱調監視機能も内蔵している高機能なものである．モーター駆動用の電源電圧は８～45Vなので，別途駆動電流の大きい電源を準備する必要がある．

Arduino 用シールドとして商品化されていないので，専用のライブラリも存在していない．詳細は割愛するが，公開されている技術情報[4]をもとに SPI 通信で指令をL6470 に送信することでモーターの加減速なども短いコードで実現可能である．

5.2.　回転数計測(1)

軸の回転数は取り付けたローターリーエンコーダからのパルス信号を取り込み，これから算出する方法を用いている．計測方法は(1)一定時間のパルス数をカウントする方法(2)パルス信号の HIGH もしくはLOW である時間を測定する方法の２種類の方法で実現した．この節では(1)の方法，次節では(2)について簡単に説明する．

一定時間のパルス数をカウントする方法は文献[5]に紹介されたFreq ライブラリを使用している．大まかな処理の流れは計測条件の設定，一定時間ごとのアップデートと周波数の随時読み出しを繰り返すことになる．このプログラムではArduino 言語の範囲を超え，マイコンのレジスタの参照や書き込みが必要となる．ライブラリもC++で記述されている．残念ながら，ここまでになると授業の範囲を超えるので，ライブラリの使用のみに留める予定である．なお，調整を行ったプログラムで実測した結果，約１MHz までは３桁程度の精度で周波数を測定することが可能であった．3,000 円程度のマイコンでもこの範囲まで測定できるといろいろ応用が可能である．

5.3.　回転数計測(2)

上記(1)の方法は高い周波数の測定には向くが，低い場合には測定時間が長くなる問題がある．例えば，10Hz 程度のパルスの周波数が有効桁数３桁を満たすよう測定するには 100 秒以上必要となる．これでは実用的ではない．そこで，Arduino の pluseIn 関数を使用し，パルスの長さをμ秒単位(実用上はその 10 倍程度)で求められるので，低い周波数でも短時間での測定が可能である．

6.　応用例２　５M卒業研究

最後に卒業研究における Arduino 活用の一例を示す．

6.1.　ねじ緩み試験機におけるカウンター

JIS にはねじの緩み試験に関する規格がなく，企業においてはアメリカ航空規格（NAS3350）に準拠した試験が行われている．この試験機の振動数 1750～1800cpm，衝撃加振回数 30000cycles で，試験時間は約 17 分になる．加振回数を正確に数えるため Arduino を用いたカウンターを製作した．センサー部は反射タイプのフォトリフレクタを使用し，トランジスタのスイッチング回路を用いて赤外線の反射強度の違いから矩形波を発生させている．センサーは試験機のスコッチヨーク機構の近くに固定している．

シールドは自作し，上述の回路の他に Start/Stop スイッチも配置している．液晶シールドにはカウンター数と試験開始からの経過時間も表示している．図 11 にセンサーとシールドを取り付けた Arduino を示す．Arduino には AC アダプターから９V の電源を供給している．２枚のシールドを重ねて使用している．キャラクタ液晶シールドは最上部に接続する必要があり，それを考慮して自作シールド上にスイッチ等の部品を配置している．

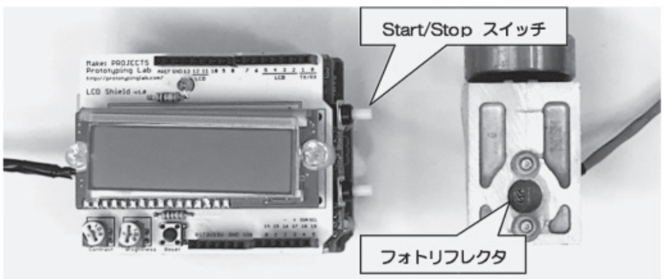


図 11　センサーと液晶＋自作シールドを取り付けた Arduino

赤外線の反射光は強弱の２値ではなく，ノイズを伴っているため，誤カウントも発生しやすい．しかし幸いにも振動数が 1750～1800cpm とほぼ一定でありため，センサーの不感時間を適当に設定することより，問題なくカウンターとして動作している．

この例のように，Arduino を試験機の一部として組み込むことは比較的容易であり，高価な装置の代替になり得ることが期待できる．また，プログラムの改良により，装置に組み込み後でも機能強化が可能である．

7.　おわりに

「Arduino を用いたマイコン制御の入門教育」と題して，羅列的ではあるが，機械工学科４年の必修科目「マイコン制御」とその後の応用について報告した．

まだまだ内容的に不十分なのが，今までの感想である．例えば，Arduino に搭載されているマイコン(ATmega328P)の内部構造についてはほとんど触れていない．プログラムを作成するのにマイコンの内部を全て理解している必要はないが，より高機能や高速なプログラムの必要に迫られた時には避けて通れなくなる．

卒業研究などでも，これらの知識が活用されると期待して，題材の検討や変更も継続的に行っていきたいと考えている．

参考文献および URL

[1] http://www.netlib.org/lapack/
[2] http://www.arduino.cc/
[3] http://www.galileo-7.com/?pid=19411264
[4] http://www.st.com/web/en/resource/technical/document/datasheet/CD00255075.pdf
[5] 鈴木 哲哉：作って遊べる Arduino 互換機，ソシム，pp.89-97，2013

参考にした書籍

【Arduino 関係】
(1) 河連 庸子，山崎 文徳，神原 健：Arduino スーパーナビゲーション しくみと応用テクニック，リックテレコム，2012
(2) Massimo Banzi，船田 巧：Arduino をはじめよう 第2版，オライリージャパン，2012
(3) 小林 茂：Prototyping Lab ―「作りながら考える」ための Arduino 実践レシピ，オライリージャパン，2010
(4) 高橋 隆雄：たのしい電子工作　Arduino でガジェットを作ろう！，秀和システム，2013
(5) 牧野 浩二：たのしくできる Arduino 電子工作，東京電機大学出版局，2012
【XBee 関係】
(1) 濱原 和明，佐藤 尚一ほか：超お手軽無線モジュール XBee，CQ 出版，2012
(2) Robert Faludi，小林 茂，水原 文：XBee で作るワイヤレスセンサーネットワーク，オライリージャパン，2011

Introductory Education of the Microcomputer Control using Arduino

Hiroshi KASHIMOTO and Nobuto HIRAKOSO

The programming language used in information processing education from 2011 in mechanical engineering department was changed to C from Fortran.　Not only the numerical computation but also the study of the control using the microcomputer was thereby enabled and a new subject has been initiated in 2013.　The name of this 4th grader's subject is "microcomputer control" and is compulsory in half year.　Each individual student is using Arduino purchased by oneself, is taking the lesson and doing a programming training.　The aim of this subject is to have a student understand next.
(1) what is made with a microcomputer ?
(2) what kind of program is necessary for it ?
Inexpensive sensors and equipment were being used, were prepared subject to feel that there is interest to students.　In this report, the contents of the lecture are reported including the later application around an item to treat by a lecture.

英単語選択システムの開発と応用

八鳥　吉明*　大野　佳代子**

（2014年11月27日受理）

1．背景

英語を習得するためにはさまざまな学習活動が必要となるが、中でも語彙学習は必須である。筆者は、高等専門学校（以下「高専」と略称する）における英語の授業を通した語彙習得のための効果的方法を求め、学生が意識的に語彙力を強化することができる学習環境の研究を行ってきた。

もともと外国語習得のためには語彙の学習に「計画的に時間をかけることが絶対に必要」（千野 64）であるが、現在進めている研究には、この基本的認識に加えて二つの契機が存在している。

一つは高専の学生を取り巻く環境の変化である。大学へ編入したり、さらには大学院に進学したりする学生が増えるにつれ、受け入れ側の大学や大学院は高専生により高い英語力を求めるようになっており、入学試験、あるいは近年ではTOEICやTOEFLのスコアによって、英語力を検査や評価の対象とすることが多い。また、就職後も、経済のグローバル化に伴って業務で英語が必要になる機会が増えるにつれ、英語で書かれた文書の読み取り、海外の取引先との英語による口頭あるいはメールでのやり取り、さらには海外出張や海外勤務での英語によるコミュニケーションなど、技術者に期待される英語力も高まっている。

もう一つの契機は、高専4年次以降の語彙学習環境である。学生が進学や就職に向けた学習準備を意識するこの時期、授業での使用テキストは検定教科書から授業毎に異なる教科書へと多様化する。英語学習の実践的側面が強化される反面、語彙習得という観点からは、学習は体系的というよりもむしろ拡散的になる傾向がある。

こうした状況への対策として、学生が授業を通して意識的・計画的に単語を学習することができる環境の整備が必要になると思われた。そこでまずは語彙学習の目標を設定することにし、覚えるべき単語数におおまかな制限を加えた。当面の目標は高校までの学習範囲に相当する約2,500語から3,000語とし、選別の基準は使用頻度数の高さ（千野 55-56；白井『英語』163-64）とした。実際の選別にあたっては、この目標や基準とほぼ同じ観点に沿って単語がデータ化されている既刊の数種類の英単語本を試行的に参照することにした。

このようにして授業で使用するテキストの中から重要単語を選択し、授業で解説を行った。さらに授業の後には、選択した単語を重要単語リスト（**図-1** 参照）としてまとめ、紙媒体並びにWeb上で情報を提供するシステムを構築した（八鳥・大野）。単語は文脈の中で覚えることが効果的であるとされているが（白井『外国語』172-73；白井『英語』80-81，161-62）、今回の方法は授業教材と語彙学習を密接に関係付けることで、単語を文脈の中で理解することを促すものとなっている。

4年 英語A（前期定期試験）：重要単語

2013年度

No.8

[1]

1	necessities	必需品
2	duty (to do)	(…する)義務
3	provide A with B	AにBを提供する
4	citizen	国民、市民
5	available (to A)	(Aに)入手可能な
6	vital	きわめて重要な
7	responsibility (to do)	(…する)責任
8	welfare	福祉、福利

[2]

9	deny	を否定する
10	physical	物理的な
11	environment	環境

[3]

12	environment	環境 → [2]11

[3]

9	meditation	瞑想
10	physical	肉体[身体]の → No.10 [3]10
11	observe	を観察する
12	suffer from A	Aを患う
13	gain	を得る
14	patient	患者
15	extend	を伸ばす、拡大する
16	recommend (that-節)	…すべきだと勧める
17	practice	練習する

[1]

1	fold	を折りたたむ
2	theory	学説、理論

『SUPREME スプリーム英語構文 109 活用ワーク英文解釈演習』に基づいて作成

図-1　学生に提供している重要単語リスト

目標と基準に沿った単語の選択、単語と文脈の接続、授業での指導、Web環境の整備――これらの試みによって、語彙学習をより効率的なものにし、学生が意識的に語彙学習を継続する環境をある程度整備することができたように思われる。

しかし、この方法では授業準備に時間を要することが問題となっていた。重要単語を選び出すためには、複数の英単語本を参照しながら表を作成する作業が必要になるが、それにはどうしても時間がかかるからである。そこで今回、この問題に対処するため、英単語本における単語に関する情報を含む表を自動で出力できる「英単語選択システム」を開発し、それを運用することで作業

*人文科学科　**教育研究支援センター

時間の削減を実現することが可能となったので、以下にその報告をする次第である。

２．従来手法と問題点

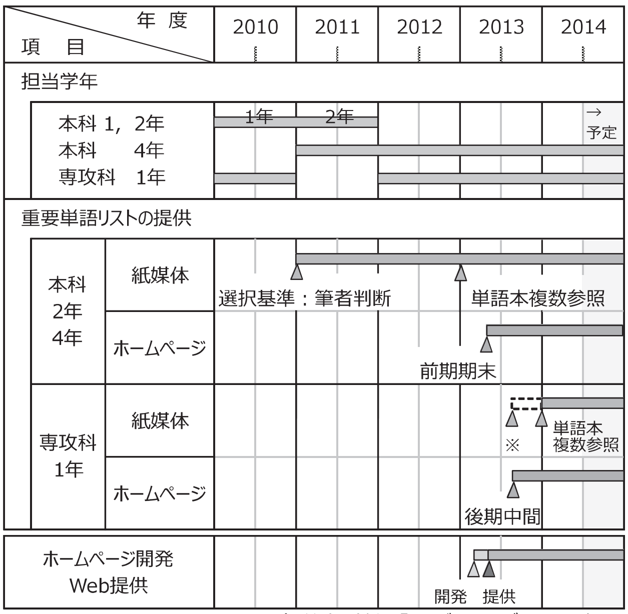
従来、重要単語を選択するためには、**表-1** に示す6冊の既刊の英単語本を試行的に参照し、その内容を比較・検討しながら表の作成を行ってきた。その際、同時にTOEICや科学・工業英語などで使用される語彙も考慮に入れ、6冊の内容を補うようにした。

表-1　６冊の英単語本の情報一覧

No.	1	2	3	4	5	6
書籍名	ドラゴン・イングリッシュ必修英単語　1000	英単語ターゲット1900 5訂版	DUO3.0	システム英単語改定新版	速読英単語(1)必修編改訂第5版	COCET 2600
出版社	講談社	旺文社	アイシーピー	駿台文庫	Z会	成美堂
区分	○:見出し語 △:解説	○:見出し語 △:派生・関連	○:見出し語 △:派生・関連	○:見出し語 △:上記以外	○:通し番号 △:上記以外	○:見出し番号 △:派生・関連
Index	16ページ	26ページ	49ページ	27ページ	24ページ	20ページ
単語数	2,377	3,473	8,231	3,712	3,250	3,135
内訳○	1,298	1,900	2,940	2,407	1,923	2,600
△	1,079	1,573	2,217	1,305	1,327	535
その他	0	0	3,074	0	0	0

単語リストの提供そのものは2011年度から開始していたが、複数の英単語本のデータをもとにした重要単語リストの提供を開始したのは2013年度（**表-2** 参照）である。その結果、2011年から2013年までの間に、合計1,822単語を重要単語として選択してきた。

表-2　重要単語リストの提供履歴



※）筆者判断＋『ドラゴン・イングリッシュ』参照

ここで問題となったのは、重要単語を選択するためにかかる作業時間である。テキストの中から、まず重要単語の候補を選び、それらを6冊の英単語本で確認しながら結果を表にまとめ、作成したこの表の情報をもとに最終的に重要単語を確定していく。この調査には、どうしても相当程度の時間が必要であった。

３．英単語選択システムの開発

上記の問題を解決するために、作業効率を上げることを目的とし、6冊の英単語本における単語の掲載状況を自動で作表できる「英単語選択システム」を開発した。

３．１　アプリケーションの選定

システムの開発にあたり、プログラム開発言語とアプリケーションの選定を行った。本システムは、英単語本のインデックス（索引）の情報をデータベース化して格納した情報の中から、調査対象の英単語と一致するデータを出力するものである。データベース開発ツールとしては、OracleシリーズやMySQLなどが有名である。今回の英単語選択システムの実行は、ユーザ自身が行うことから、日常業務で使用しているアプリケーションで、プログラムの組み込みが可能な、Microsoft Office 2010のExcelとし、プログラミング言語はExcelに標準装備されているVBA（Visual Basic for Applications）とした。ExcelのVBAでシステム開発を行うためには、VBAそのものの知識と、プログラミングのスキル、そしてシステムを作り上げるノウハウが必要となる（立山 14）。

３．２　開発日程

表-3 に、本システムの開発日程を示す。2014年度の教材から適用を開始することを目標とし、2013年11月から仕様検討を始め、2013年12月にPhase 1として、1冊の英単語本を対象とした英単語選択システムを作成した。その後レビューを行い、問題点を検証して制御プログラムに改良を加えた。更に、残り4冊の英単語本をデータベース化して、2014年3月22日にPhase 2を完成させた。

表-3　開発日程

No.	工程	開始日	終了日	工数
1	仕様検討・作成	2013/11/30(土)	2013/11/30(土)	0.5人日
2	Phase1：開発	2013/12/01(日)	2013/12/08(日)	3人日
3	Phase1：レビュー	2013/12/08(日)	2013/12/08(日)	1hr.
4	Phase2：開発	2013/12/14(土)	2014/03/16(日)	5.5人日
5	Phase2：レビュー	2014/03/22(土)	2014/03/22(土)	1hr.
			合計	9人日

３．３　システム概要

図-2 にシステム構成図を示す。

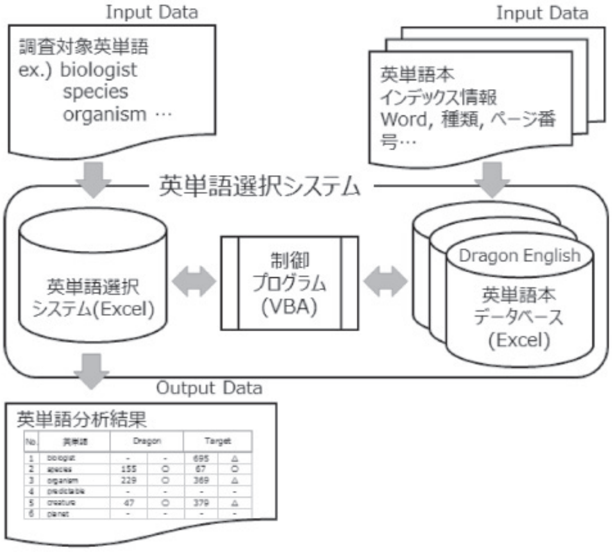


図-2　英単語選択システム構成図

本システムの動作環境としては、アプリケーションはMicrosoft社のOffice Excel 2010以上、オペレーティングシステム(OS)はWindows 7以上である。入力データは、調査対象の英単語である。

制御プログラムの実行は、Excelのファイル上で行う。Excelのシートに調査対象となる英単語を入力し、制御プログラムを実行すると、英単語本データベースの中から一致する情報を検索し、出力データである一覧表を作成する。

英単語本データベースは、市販英単語本の改訂版の発行に伴う差替えや、調査対象とする単語本の追加・削除などが簡単に行えるように、英単語本1冊につき、Excelデータベースを1ファイル作成する。

機能性に優れたデータベースを作成するためには、「利用者にとって使いやすい」という点を常に念頭に置き、利用者の心理的な側面についても十分に配慮した手順を考える必要がある（石桁、他 148）。そのため、英単語本データベースには、単語とその区分だけではなく、単語が掲載されているページ番号や通し番号の情報も登録しておき、出力する項目に追加する。

さらに、出力された結果を見やすくするために、Excel自体が持つ条件付書式である指定データ強調表示機能や、指定文字をカウントする関数であるCOUNTIFを活用する。条件付書式を活用することにより、データの変化を視覚的に表現できるので、出力結果である表が読みやすくなる（小舘、他 163）。この条件付書式とカウント関数は、事前にExcelシートに設定しておくことができ、VBAプログラムには組み込む必要が無いため、制御プログラムの処理時間に影響することはない。

３．４　処理アルゴリズム

システムをExcelで開発するため、VBAプログラムの実行処理に時間がかかることが懸念される。プログラムの処理速度は、データ構造と処理アルゴリズムの仕様によって決まる。

本システムの処理の大部分は、データベースに格納された文字列の検索である。検索処理は、プログラミングにおいて、頻繁に現れる操作の1つであり、これまでに多くの異なるアルゴリズムが開発されてきた（ヴィルト 53）。ただし、検索に複雑な処理を施せば、その分、処理時間は長くなる。そのため、調査対象の単語と、データベースに格納された単語の比較は、対象文字が「含まれる」かどうかのみを判断基準とすることとした。これにより、プログラムの処理スピードの劣化を防ぐことができる。しかし、この方法では、完全一致ではない単語を誤って出力する可能性がある――例えば、調査対象単語の“portion”に対する“proportion”の出力。このため、調査対象単語と完全一致したデータベース内の単語の区分と番号を一覧表に出力し、完全一致ではない場合は、その旨の表示を出力する。

また、ブランク文字やタブ文字など、目に見えない文字も、検索単語と不一致の結果をもたらす。その対策としては、検索対象の単語の前後の空白を除く関数であるTrimを使用する。

検索単語を含む候補が複数存在する場合は、それぞれの単語本に対してあらかじめ作成されているシートに、その詳細を出力する。その中で完全一致した単語には、一目で判断ができるように、先頭に星印を付ける。完全に一致するものがなく、同じ文字列を含む単語のみが存在する場合は、結果出力一覧表に、その個数を出力する。

一致する単語が存在しなかった場合は、空欄ではなく、ハイフンを表示する。この記号を出力することで、処理が正しく行われたことを示す。

最後に、ユーザの操作や運用による、実行時エラー発生時に対処する機能を追加する。これは、制作者が意図していない操作をユーザが行う可能性があることを念頭に、あらゆる操作パターンを想定してエラー対策を組み込むことが必要である（立山 377）という認識に基づいている。本システムでは、調査対象の単語の入力がない場合や、プログラムの処理範囲を超える個数のデータが入力された時などは、エラーメッセージを表示してプログラムを終了させる処理機能を採用した。

また、プログラムが自動で判断できない部分は、次のように手動で事前処理を行う必要がある。例えば、英単語本のインデックス（索引）に記載されている“analytic(al)”のような省略記述の指示内容を、人間は“analytic”または“analytical”であると判断できる。しかし、

コンピュータは、この“analytic(al)”という文字列すべてを1つの単語として判断してしまう。そこで、英単語本データベースを作成する際には、その記述を省略せず、区切り文字として空白を入れて“analytic (analytical)”と入力し直すことにした。これにより、人間と同じ判断がプログラム上で実現可能となる。

以上の処理アルゴリズムを組み込んで完成した制御プログラムのソースコードは、コメント行と空行を含め、220ステップであった。プログラムとしては、制御部分を極小規模で実現できたと言える。図-3 に制御プログラムの開発画面を示す。

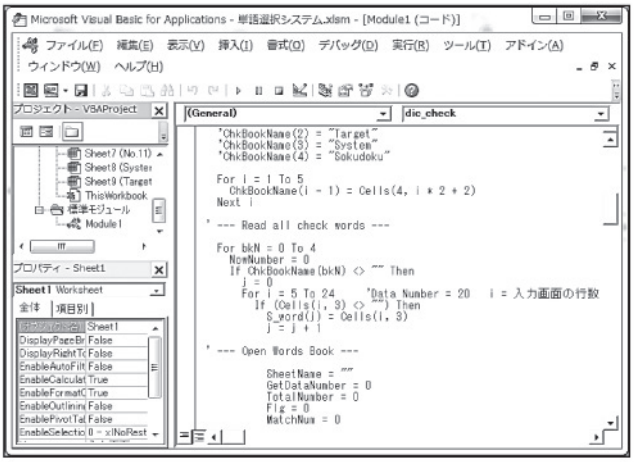


図-3　制御プログラム開発画面

3．5　英単語本データベース

英単語本データベースの作成方法を図-4 に示す。

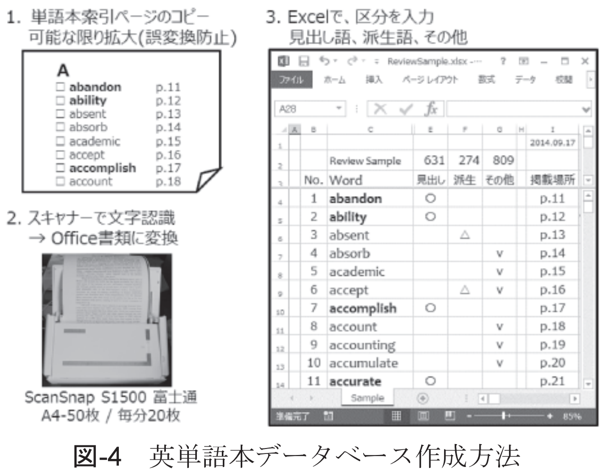


図-4　英単語本データベース作成方法

データベースの作成にあたっては、人の手動操作によるデータ入力方式は、速度が遅く、誤りも多いため、できる限り自動化することが望ましい（石桁、他 12）とされる。そのため、まず初めに、英単語本のインデックス（索引）ページのコピーを取る。この際、可能な限り拡大してコピーをする。拡大することで、次の工程である、スキャナーに文字を自動認識させる処理をより円滑に行うことができる。使用スキャナーは、オートフィーダー付きで、文字認識アプリケーション対応のものを活用した。拡大コピーをしないで文字認識をさせた場合、文字の誤認識率は20%であった。しかし、拡大コピーをした後に文字認識をさせた場合では、誤認識される確率はほぼなくなった。

自動認識された単語はExcelフォーマットに変換し、その後、区分情報である見出し語には丸印、派生語・関連語などには三角印を入力してデータベースを完成させる。

3．6　実行方法と出力ファイル

本システムの実行例を図-5 に示す。Excelの「入力画面」シートのセル内に、調査対象の単語を入力する。マクロボタン「単語本サーチ」を押すと、プログラムが実行され、英単語本6冊分の検索を行い、掲載されているページ番号や区分情報などが実行シート上に一覧表で出力され、最後にプログラムの処理が正常終了したことを示すメッセージボックスが表示される。

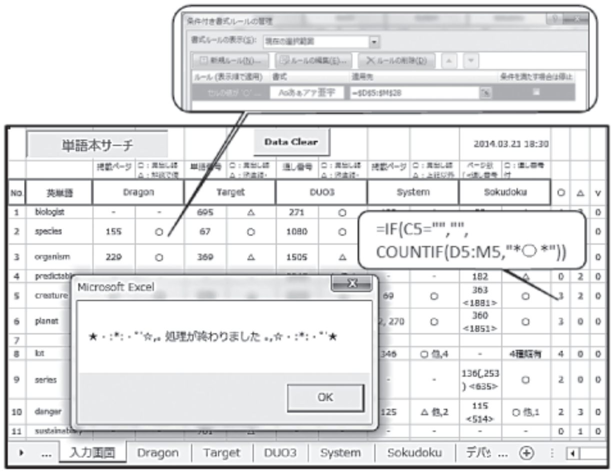


図-5　システム実行例

Excelの結果出力部分のセルには、見出し語を示す丸印が存在するセルを赤文字に変更する条件付書式機能と、列内の丸印を自動でカウントするCOUNTIF関数が組み込まれているため、ユーザは、出力された表から結果を視覚的に、かつ素早く判断することが可能である。

4．適用結果

開発した本システムを適用し、自動で出力された表の情報を参考にして重要単語を選択した結果、2014年4月から本科4年と専攻科1年の各回の授業範囲に対して、授業1回分に2時間程度かかっていた作業時間を、約30分に短縮することができた。

2014年9月時点で、該当年度の半年間に本システムを利用して検索した単語数は、2学年合わせて1,072単語であり、その中から重要単語として選択した数は、399単語であった。

５．今後の課題

今後は、筆者が2011年度から学生に提供している重要単語リストをもとに、独自のデータベースの構築を行っていく予定である。さらに、データベースに基づく英単語学習アプリケーションの開発に着手することを目指している。こうした試みを実践することを通して、学生にとってより効果的な英語学習が可能となる、新たな学習環境の整備を進めていきたい。

参考文献

CHART INSTITUTE.『SUPREME スプリーム英語構文109――活用ワーク 英文解釈演習』. 改訂版. 東京：数研出版. 2011.

石桁正士、磯本征雄、江澤義典.『データベース入門』. 東京：パワー社. 1984.

ヴィルト，N.『アルゴリズムとデータ構造』. 浦昭二、國府方久史訳. 東京：近代科学社. 1990.

風見寛.『速読英単語（１）必修編』. 改訂第5版. 東京：Ｚ会. 2009.

亀山太一、青山晶子、穴井孝義、武田淳、中井大造、森和憲、森岡隆.『COCET2600――理工系学生のための必修英単語2600』. 東京：成美堂. 2012.

小舘由典.『できるExcel 2010 Windows 7/Vista/XP対応』. 東京：インプレスジャパン. 2010.

白井恭弘.『外国語学習の科学――第二言語習得論とは何か』. 岩波新書. 1150. 東京：岩波書店. 2008.

―――.『英語はもっと科学的に学習しよう』. 東京：KADOKAWA. 2013.

鈴木陽一.『DUO 3.0』. 東京：アイシーピー. 2000.

竹岡広信.『ドラゴン・イングリッシュ――必修英単語1000』. 東京：講談社. 2008.

立山秀利.『続 Excel VBAのプログラミングのツボとコツがゼッタイにわかる本』. 東京：秀和システム. 2009.

千野栄一.『外国語上達法』. 岩波新書. 329. 東京：岩波書店. 1986.

刀祢雅彦、霜康司.『システム英単語 Ver.2』. 東京：駿台文庫. 2005.

八鳥吉明、大野佳代子.「英単語学習用 Web 教材開発――効果的な英語学習法を求めて」.『群馬高専レビュー』. 32（2013）：61-65.

宮川幸久.『英単語ターゲット1900』. 5訂版. 東京：旺文社. 2011.

Development and Application of a Computerized System for Selecting English Words

Yoshiaki HACHITORI and Kayoko OHNO

This paper reports an attempt to introduce a computerized system which makes it possible to select important English words in an efficient way. Vocabulary building is indisputably important in developing English skills, so we have adopted a web-based English vocabulary learning system that we use in conjunction with regular classes. To maintain this system, it is necessary to select target vocabulary words from textbooks while also referring to several wordbooks. Although this process serves an important purpose, it takes a certain amount of time each time, which inevitably constitutes a problem. As a means of addressing this issue, we have developed a computerized system for selecting important English words based on the data of multiple wordbooks. This new system has made it possible to reduce the time it takes to choose target words.

Detoxification of asbestos by laser-induced rapid melting Ⅰ

Masao Fujishige, Nathuko Tamura, Ikuko Karasawa and Akira Kojima

（2014 年 11 月 27 日受理）

Abstract

We studied laser-induced melting and decomposition of asbestos-containing slate and confirmed the effectiveness of CO_2 laser irradiation. A comparison between continuous-wave and pulse CO_2 laser irradiation revealed that pulse irradiation, which provides advantages in equipment cost and energy consumption, was as effective as continuous-wave irradiation. We conducted laser irradiation experiments on asbestos-containing slate at different pulse intervals and laser power levels, measured melting depths, and confirmed the absence of asbestos fiber by surface and cross-sectional observation of molten areas. We observed evaporation of molten material by laser irradiation, and elemental analysis showed that the overall material rather than specific elements evaporated. Although it was possible to detoxify asbestos, laser treatment has yet to be optimized for low-evaporation conditions.

1. Introduction

Asbestos has been used for various applications including construction materials. The amount of asbestos being used is estimated to be about 10 million tons, and the amount of construction material containing asbestos is said to be more than 40 million tons. An approved disposal method of dispersible asbestos is either of the following: containing asbestos, as industrial waste subject to special control, in a double plastic bag and disposing of it in a controlled type landfill site; or melting and vitrifying asbestos at high temperatures of 1500°C or more. However, because there is concern about asbestos dispersion in the landfill approach and costliness in the melting approach, development of treatment technologies to detoxify asbestos waste is urgently required.

We have decomposed and detoxified asbestos at temperatures as low as 800°C by adding a small amount of $CaCl_2$ to asbestos-cement construction waste [1-5]. Because this approach still requires a substantial time for the rise and maintenance of temperature, we still need to establish a quick and simple method of asbestos treatment. Given that supplying high energy for a very short time period would not significantly affect the total energy cost, we investigated a laser melting and vitrification method. The advantage of using laser light, primarily, is low energy consumption due to the very short duration of irradiation. Secondary, the equipment required is compact and the work involved is simple. Thirdly, there is no dispersion of asbestos due to cutting or crushing.

This study explores laser types most effective for asbestos treatment and optimum treatment conditions under which energy is not lost due to the gasification of the processed material.

Department of Chemistry and Materials Science

2. Experimental methods

2-1 Selection of laser source suited for slate tile melting

We investigated two types of lasers: CO_2 and LD. Besides, a YAG laser is planned to be studies at a joint research facility. The effects of pulse and continuous-wave irradiation were compared using the CO_2 laser. In the comparison of the CO_2 and LD lasers, laser power was set to 4 kW and the focal length was adjusted to obtain two levels of energy density on the slate surface: 11.34 W/mm^2 and 5.66 W/mm^2. The irradiation time was set to either 1 sec or 2 sec. The CO_2 pulse wave had a peak power of 4 kW and a frequency of 100 Hz, whereas the continuous wave had a power of 2 kW. The focal length was adjusted to obtain energy densities of 11.34 W/mm^2 and 5.66 W/mm^2. The irradiation time was set to either 1 sec or 2 sec, and an adjustment was made to obtain the same heat input for the pulse and continuous wave. For the pulse CO_2 laser, a comparison was made between the cases of cutting off and not cutting off the plasma generated when the material evaporated during laser irradiation was irradiated with laser light. A non-asbestos slate material was used in this laser irradiation experiment because the use of asbestos was not permitted in the facility where the experiment was conducted. Apart from whether asbestos is decomposed or not, the experiment was aimed at evaluating laser irradiation conditions in terms of slate melting.

2.2 Decomposition and melting of asbestos-containing slate by using a laser-engraving machine

2-2-1 Laser-engraving machine supplied

For the experiment, we used Versa LASER 3.50, a laser-engraving machine supplied by Universal Laser Systems. The machine has a CO2 laser source with maximum power of 50 W. The samples subjected to laser irradiation were asbestos-containing slate, a construction material consisting of asbestos (20%) and cement (80%). The samples were dried overnight at 100°C before the irradiation.

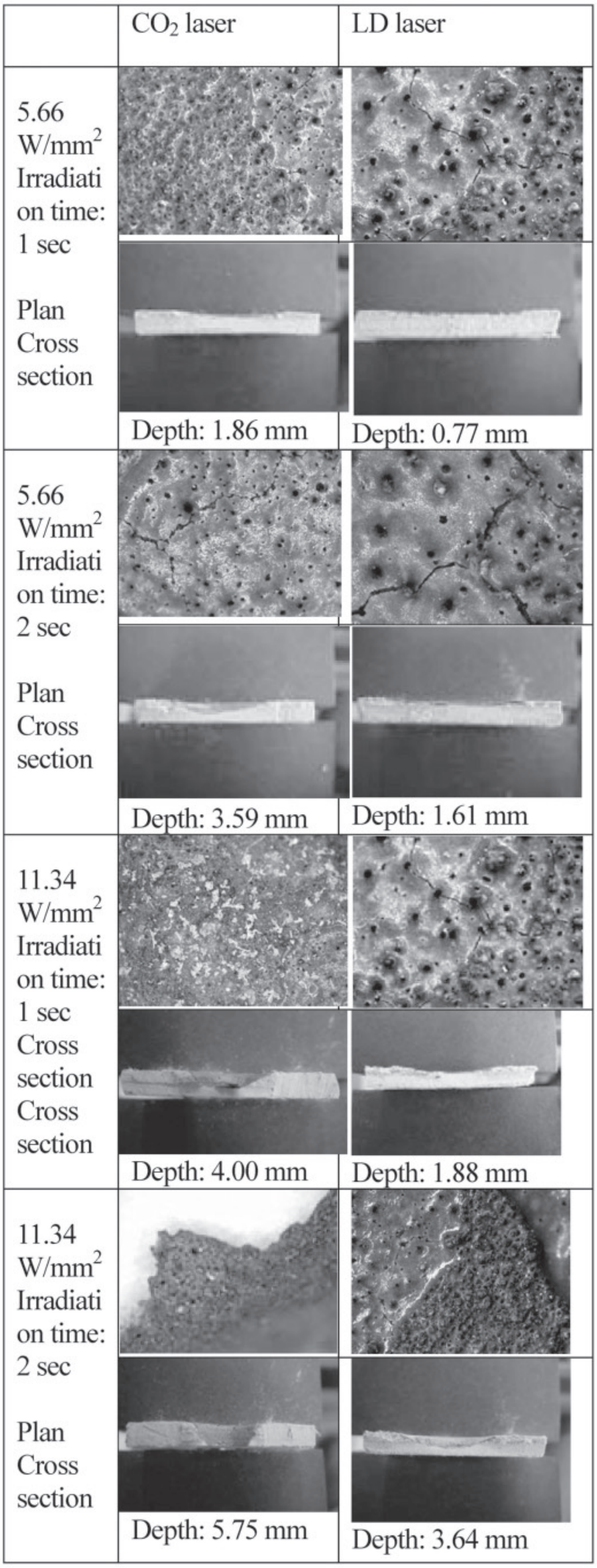


Fig. 1 Comparison of slate tile molten areas subjected to CO_2 and LD laser irradiation

2-2-2 Setting laser irradiation conditions

We adopted 100% laser power, a constant pulse-per-inch (ppi) value of 100, and three plotter speeds (10%, 30% and 50% of 1270 mm/sec) as preliminary conditions and observed the depth of melting to decide irradiation conditions for actual experiments.

2-2-3 Laser irradiation of slate

Before irradiating the samples, the mass of each sample was precisely measured using an electrobalance. We adopted 100% laser power, a constant plotter speed, and ppi values of 100, 300, 500, 700 and 1000. Two square areas (10 mm x 10 mm each) in each slate tile sample (15 mm x 30 mm x 6 mm) were laser-irradiated. After the irradiation, the mass of each sample was precisely measured using an electrobalance. The samples were irradiated at laser power levels of 25 W (50%) and 15W (30%) for each of the five ppi values.

3. Results and Discussion

3.1 Selection of laser sources suited for slate tile melting

3-1-1 Comparison between CO_2 and LD lasers

Figure 1 shows results obtained for the CO_2 and LD lasers. The depth of melting by 1 sec irradiation was 1.86 mm for CO_2 and 0.77 mm for LD, and the depth of melting by 2 sec irradiation was 3.59 mm for CO_2 and 1.66 mm for LD. In the CO_2 laser irradiation at power of 11.34 W, the amount of melting was large enough to cause penetration. As an adjustment was made to obtain the same energy density at the processed point, the CO_2 laser was found to be effective for cement materials such as slate.

3-1-2 Comparison of pulse and continuous-wave CO_2 lasers

Figure 2 compares the results of the pulse and continuous-wave CO_2 laser irradiation. The depth of melting by 1 sec pulse irradiation was 3.30 mm, whereas that by 1 sec continuous-wave irradiation was 3.16 mm. The depth of melting by 2 sec pulse irradiation was 4.74 mm, whereas that by 2 sec

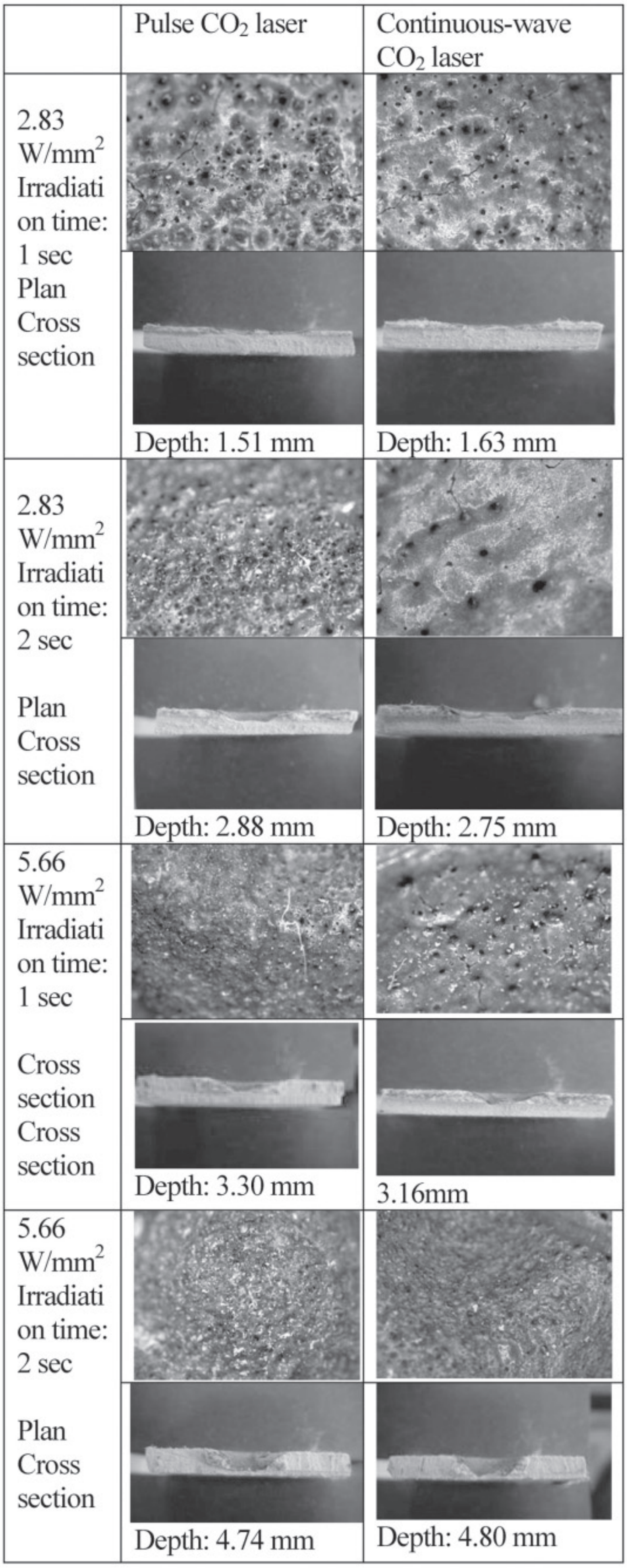


Fig. 2 Comparison of pulse and continuous-wave CO_2 laser irradiation (energy density: 2.83 and 5.66 W/mm^2)

continuous-wave irradiatiomn was 4.80 mm. There were no substantial differences between the results obtained from pulse irradiation and continuous-wave irradiation. Being more compact and less costly in equipment, pulse laser irradiation appears to be more advantageous.

3-1-3 Effectiveness of plasma cut-off in pulse CO_2 laser irradiation

Plasma is generated when the volatile substances emitted from the laser-processed surface absorb laser light. To prevent plasma generation by removing the volatile substances, inert gas was sprayed from the laser beam window lens area during laser irradiation. This operation is called plasma cut-off. Inert gas was sprayed laterally in this experiment. A sample that underwent plasma cut-off operation resulted in a melting depth of 1.81 mm, which is 0.3 mm greater than the melting depth of 1.51 mm for a sample that did not undergo plasma cut-off. The effect of plasma cut-off has therefore been proved.

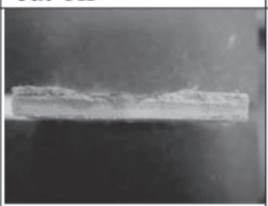
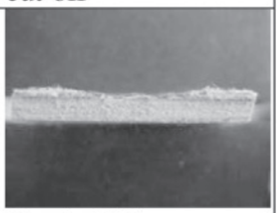
	With plasma cut-off	Without plasma cut-off
Irradiation time: 1 sec	 Depth: 1.81 mm	 Depth: 1.51 mm

Fig. 3 Effect of plasma cut-off during CO_2 laser irradiation

3-2 Decomposition and melting of asbestos-containing slate by using a laser-engraving machine

We used a digital microscope to observe the surfaces of laser-irradiated samples. The surface areas irradiated with 100% power laser light were melted regardless of the ppi value, and no asbestos fiber was found in the molten areas. Even when the samples were laser-irradiated at 100 ppi, in which the lowest surface energy density was provided, the sample surfaces became brownish and vitric.

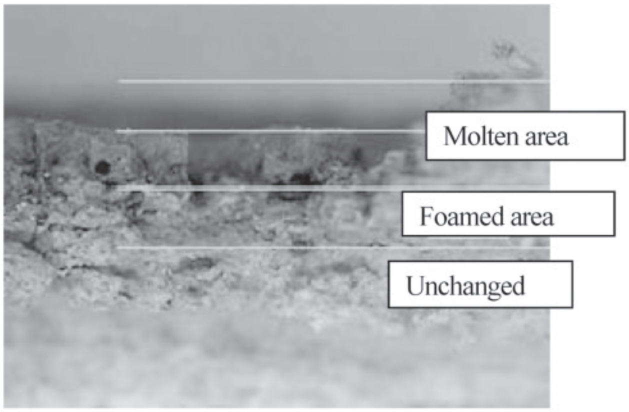


Fig. 4 Molten area observed under a digital microscope (cross section)

Figure 4 shows a cross section of a molten area observed under a digital microscope. There was a molten area with no asbestos fiber remained having a thickness of about 117.55 μm and a foamed area having a thickness of about 62.5 μm.

In areas irradiated at laser power levels of 50% and 30%, the molten areas were not as smooth as those obtained by 100% power irradiation were. Many protrusions and dents were observed on molten surfaces in particular at low ppi values. For the same ppi value, the energy transferred during one run of irradiation depends on the laser power while the laser irradiation interval remains the same. In the 100% power laser irradiation, because a large amount of energy was transferred during one run of irradiation, an extensive area including non-irradiated areas around the irradiated area melted. At lower power levels, on the other hand, because the amount of energy transferred was small, only the irradiated areas melted and unevenness became prominent.

There are no substantial differences in the melting depth shown in Table 1. As observed under a digital microscope and scanning electron microscope, the areas beneath the molten areas were foamed. There were no substantial differences in the melting depth created by laser irradiation at different ppi values, and this can be explained by the fact that the slate tiles, 5 mm in thickness, consisted of multilayered thin paper-like sheets of porous asbestos cement.

Table 1 Relationship between the number of pulses per inch (ppi) and melting depth at constant laser power

ppi	Melting depth
100	0.93mm
300	0.74mm
500	0.73mm
700	0.84mm
1000	1.00mm

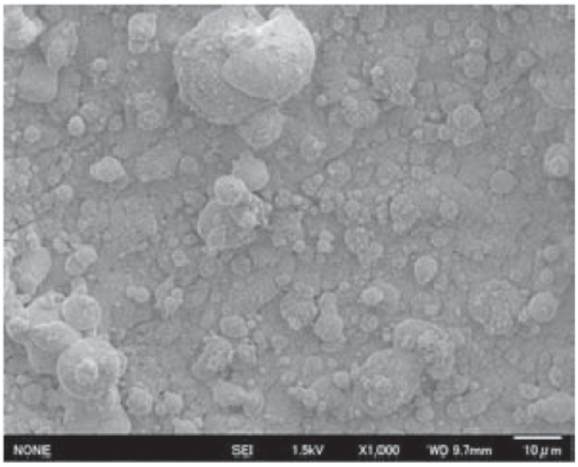


Fig. 5 Molten area surface observed under a scanning electron microscope

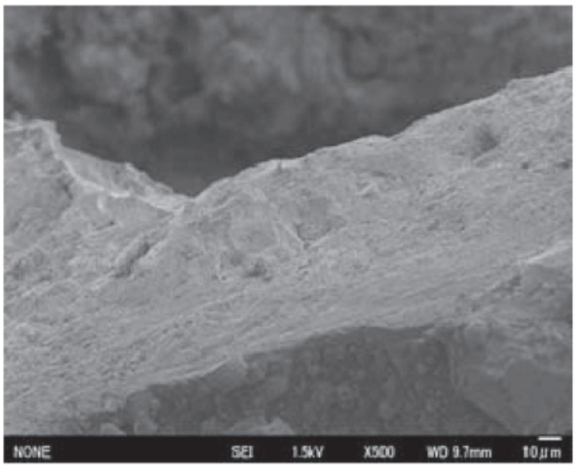


Fig. 6 Molten area cross section observed under a scanning electron microscope

Figures 5 and 6 show some results of scanning electron microscopy. No asbestos fiber was observed on the surfaces and cross sections of the molten areas as well as on the rear surfaces of the samples. We therefore consider that asbestos was melted and decomposed in the laser-irradiated areas.

Figure 4 shows the reduction of mass for each ppi value in laser irradiation at 100%, 50% and 30% power levels. The mass reduction presented here is that for each 2 cm^2 area of laser treatment. There is little effect of ppi values at 100% power. Although the mass reduction is smaller at 50% and 30% power compared with 100% power, no significant correlation is found in ppi values at 50% and 30% power. We therefore consider that the effect of ppi values is negligible even at low power levels.

The main elements detected by X-ray fluorescence spectrometry on the molten areas of samples laser-irradiated at 100% power are titanium, manganese, iron, zinc, magnesium, aluminum, silicon, sulfur, potassium and calcium. There were no significant differences in elemental composition between unirradiated and laser-irradiated slate samples. This indicates that no specific elements are selectively gasified by laser irradiation. The fact that the dispersion of molten materials by gasification is small is advantageous for pursuing the practical application this technology.

4. Conclusions

We have found that CO_2 laser irradiation is effective for detoxifying asbestos in slate and that pulse irradiation, which is less costly, is as effective as continuous-wave irradiation. The number of laser pulses per inch (ppi) did not significantly affect the depth of melting because of the melting of areas around the laser-irradiated area. No asbestos fiber was observed on the surfaces and cross sections of the molten areas. While the amount of evaporation during melting increased when laser power exceeded a certain level , there were no substantial differences between results obtained at power levels of 25 W (50%) and 15 W (30%) in the equipment used for the experiment. The elemental composition of molten materials obtained by irradiation at 50 W (100%), when the amount of evaporation during melting was large, showed that overall material rather than specific elements evaporated.

5. Gratitude

We would like to thank the laser processing specialists of the National Institute of Advanced Industrial Science and Technology for support us in laser power control and communication with the laboratories of laser processing manufacturers.

References

(1) M. Fujishige, H. Obuchi, R. Sato, and A. Kojima, J. Ceram. Soc. Japan, 114, 355 (2006) .

(2) M. Fujishige, R. Sato, A. Kuribara, I. Karasawa and A. Kojima. J. Ceram. Soc. Japan, 114, 844 (2006).

(3) M. Fujishige, R. Sato, A. Kuribara, I. Karasawa and A. Kojima, J. Ceram. Soc. Japan, 114, 1133 (2006).

(4) M. Fujishige, A. Kuribara, I. Karasawa, and A.Kojima, J. Ceram. Soc. Japan, 115, 434 (2007).

(5) M. Fujishige, M. Asakawa, I. Karasawa, and A.Kojima, J. Materials Science Society Japan, 40, p.308-312(2011).

Detoxification of asbestos by laser-induced rapid melting Ⅱ

Masao Fujishige, Chanthavong Khempheth, Ikuko Karasawa and Akira Kojima

（2014 年 11 月 27 日受理）

Abstract

We attempted to melt and decompose asbestos in asbestos-containing slate panels solely by laser irradiation using compact laser irradiation equipment while varying the laser output (50 W), the number of pulses per inch (ppi) and the travel speed of the laser beam window. We found that slate panels could be decomposed and melted, even with the compact equipment, by irradiating both sides of the slates. No specific elements evaporated selectively during the melting. No asbestos-derived fiber was found in the molten material zone.

1. Introduction

There have been studies reporting that surface melting and detoxification of asbestos can be achieved by using compact laser equipment. This study further aims to melt and decompose asbestos-containing slate panels (6 mm in thickness) by using only compact laser equipment. We have investigated the presence or absence of asbestos-derived fiber after laser irradiation and the composition of molten areas by using a digital microscopy, X-ray fluorescence spectrometry and scanning electron microscopy with the EDS method.

2. Experimental methods

We used Versa LASER 3.50, a laser engraving machine, for the experiment. This machine has a CO_2 laser source with a maximum power of 50 W, maximum speed of 1270 mm/sec at the laser beam window, and maximum ppi value of 1000. Asbestos samples were prepared by cutting asbestos slate panels for buildings (20 wt% asbestos and 80 wt% cement) into a size of 30 mm x 15 mm x 6 mm followed by drying.

2.1 Laser irradiation conditions

1: Various ppi values of 100, 300, 500, 700 and 1000 at 5% of the maximum speed (63.5 mm/sec) and 100% power (50 W).

2: Various power levels of 10%, 30%, 50%, 70% and 100% at 5% of the maximum speed and 500 ppi.

3: Various lowered speeds of 4.0%, 3.5%, 3.0%, 2.5%, 2.0%, 1.5% and 1.0% of the maximum speed at 100% power and 500 ppi.

2.2 Analysis of slate panels after melting by laser irradiation

Two square areas (10 mm x 10 mm) on both sides of each slate panel (15 mm x 30 mm x 6 mm) were laser-irradiated, and the mass and melting depth of the slate panels were measured after the irradiation and compared with each other. Cross sections of the slate panels were observed under a digital microscope, and their composition was analyzed by X-ray fluorescence spectrometry and SEM-EDX. After rinsing the samples with acetic acid, an observation on asbestos fiber was made.

3. Results and Discussion

The cross sections of slate panels whose both sides were laser-irradiated were observed under a digital microscope. Figure 1 shows an example of molten areas and dent depths measured under a digital microscopy. The total of the melting depths on both sides where no asbestos fiber was observed under the digital microscope was 2.99 mm, which means about half of the 6 mm thick panel remained unprocessed. For various laser irradiation conditions, the melting depth is given by the depth of the dent. While the molten slate areas were observed under the digital microscope after the acetic acid rinsing, no asbestos fiber was found in any of the samples. The acetic acid treatment consists of

Department of Chemistry and Materials Science

Table 1 Melting depth and mass reduction as a result of irradiation on both sides at 5% speed, 100% power and various ppi values

ppi	Melting depth (mm)	Mass reduction (%)
100	3.18	32.2
300	3.05	30.9
500	3.19	33.2
700	2.54	25.7
1000	3.50	28.0

Table 2 Melting depth and mass reduction as a result of irradiation on both sides at 5% speed, 500 ppi and various power levels

Power (%)	Melting depth (mm)	Mass reduction (%)
10	0.81	6.9
30	1.89	16.0
50	2.37	26.4
70	2.45	28.3
100	3.19	33.2

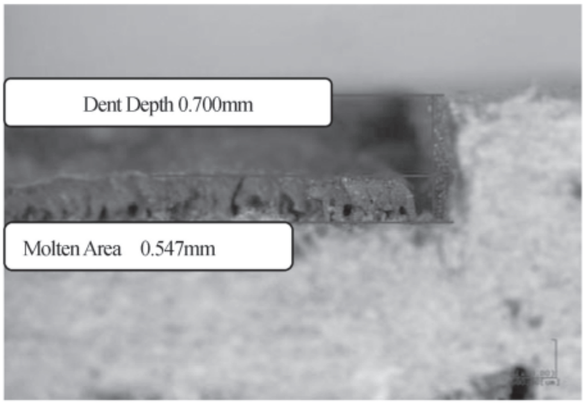
Table 3 Melting depth and mass reduction as a result of irradiation on both sides at 100% power, 500 ppi and various speeds

Speed (%)	Melting depth (mm)	Mass reduction (%)
4.0	1.22	11.2
3.5	1.68	22.2
3.0	2.06	24.3
2.5	2.47	29.4
2.0	2.28	30.8
1.5	2.50	34.6
1.0	3.22	39.7

dissolving Ca components derived from the slate in acetic acid to facilitate the finding of any remaining asbestos-derived fiber [1-5].

Tables 1, 2 and 3 show the melting depth and the amount of evaporation for different laser irradiation conditions. When laser irradiation was conducted at 100% power (50 W) and varying ppi values ranging from 100 to 1000, as shown in Table 1, the sample surfaces melted and no asbestos fiber was observed. However, the melting depth and mass reduction were about the same for different ppi values. A smaller ppi value, which means a greater pulse interval, resulted in a greater number of small protrusions and dents on the molten area surface.

Table 2 shows the melting depth and mass reduction at different laser power levels ranging from 10% to 100% at a constant ppi value. The melting depth and mass reduction increased as power was increased. For the same ppi value, a smaller power level means a smaller energy transfer, resulting in locally confined melting in the irradiated areas and increased surface unevenness.



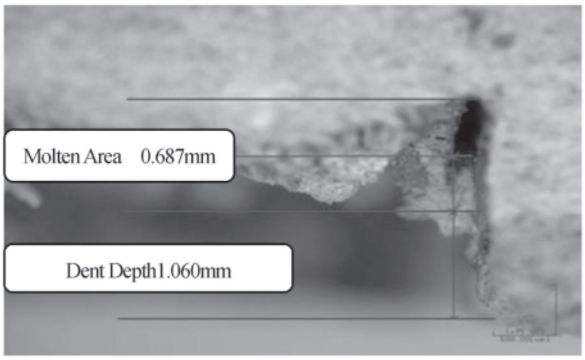


Fig. 1 Molten areas of both sides of a slate panel observed under a digital microscope after laser irradiation (5% speed, 100% power, 500 ppi)

In Table 3, the melting depth and mass reduction increased as the travel speed was decreased. A melting depth of 3.22 mm was obtained at a speed of 1.0%, power of 100% and a ppi value of 500. Within the range of conditions such as laser power and the number of pulses per inch (ppi), we could not melt the 6 mm thick slate panel completely by irradiation from one side. As shown in Fig. 1, it may be possible to melt and decompose a panel by irradiating from both sides. Laser irradiation was conducted at 100% power (50 W) and 500 ppi. The elements detected by X-ray analysis on molten areas after irradiation at different power levels were mainly Ca, Si, Fe and Mg as well as lesser amounts of Ti, Al, S and K. The elemental composition of irradiated slate samples did not change significantly from that of unirradiated samples, indicating that no specific elements evaporated selectively. In addition, the results of electron microscopy with EDS analysis on the molten areas were similar to the results of the X-ray analysis, again indicating no selective evaporation of specific elements.

4. Conclusions

Melting depths exceeding 3.0 mm were obtained under the experimental conditions of this study. This indicates that asbestos in a slate panel can be decomposed by irradiating both sides of the panel with laser beams using compact laser irradiation equipment.

References

(1) A. Kojima, M. Fujishige, R. Sato, J. Materials Science Society Japan, 42, 41 (2005).
(2) A. Kojima, M. Fujishige, S. Hosoya, H. Obuchi, R. Sato, J. Materials Science Society Japan. 43, 43 (2006).
(3) M. Fujishige, H. Obuchi, R. Sato, and A. Kojima, J. Ceram. Soc. Japan, 114, 355 (2006) .
(4) M. Fujishige, R. Sato, A. Kuribara, I. Karasawa and A. Kojima. J. Ceram. Soc. Japan, 114, 844 (2006).
(5) M. Fujishige, R. Sato, A. Kuribara, I. Karasawa and A. Kojima, J. Ceram. Soc. Japan, 114, 1133 (2006).
(6) M. Fujishige, A. Kuribara, I. Karasawa, and A.Kojima, J. Ceram. Soc. Japan, 115, 434 (2007).
(7) M. Fujishige, M. Asakawa, I. Karasawa, and A.Kojima, J. Materials Science Society Japan, 40, p.308-312(2011).

ヨーロッパにおける高等教育改革の現状

～スロベニア共和国を例として～

五十嵐　睦夫*

(2014 年 11 月 27 日受理)

1. はじめに

今年度の群馬工業高等専門学校は、大学評価・学位授与機構による機関別認証評価[1]および日本技術者教育認定機構（JABEE）による教育プログラム審査[2]の双方への対応を迫られた。この小文の原稿執筆時は丁度、11 月におこなわれた上記機関別認証の訪問調査が終了したところであり、少し前の 10 月には上記 JABEE の実地閲覧審査もおこなわれた。昨年度から今年度にかけては、まさにそれらの評価への対応に追われた期間であったと言える。筆者は両審査に裏方として関わった。それのみならず、これまでの JABEE 審査においても裏方として関わってきた。審査が繰り返される過程では、その審査自身の哲学が必ずしも納得しやすくない変化をすることを苦々しく思いながら、一方的に示された審査基準への適合を説明せねばならない理不尽さと空しさを味わってきた。それは偽らざる心境である。このような経緯をたどってきたため、評価や審査がどのような動機でおこなわれ、また、どのような方向に進むものであるのかについて関心を持たざるを得なかったところがある。どのみち対応に振り回されるのであれば、審査が盛んになったその動機や哲学の部分に対する理解を深めたいと思うようになった次第である。

そういった審査の準備過程と並行する形で、筆者はスロベニア共和国（以下、スロベニアと略記）における研究研修のため断続的ながら彼の地に通算数ヶ月にわたって滞在す機会を得た。上記審査群に対応する資料作成と研究研修の両立にはスケジュール調整の困難や経済的な追加負担の苦労等も伴ったが、タイミングを逸すれば研修の機会それ自身が得がたいものとなってしまうことを肝に銘じて対応した。そんな条件での滞在であったせいか、スロベニアの教育も日本と同様に改革の過程にあることが目に止まった。聞くところによれば、その改革の流れはスロベニアに限ったものではなく、大きくヨーロッパ全体に及ぶもの[3]であるという。EU の目指すもの、そして世界的規模での潮流と無関係ではない大きなうねりが存在することを肌身に感じた次第である。

以上を受け、この小文においては、断片的ではあるがスロベニアにおける教育改革の現状周辺の事象をメモとして残しておきたい。ただ、素人の聞きかじりに過ぎないゆえに、ほとんどは単に直接見聞したことを述べるにとどまる。残念ながら研究報告とはとても言えないものであることを予めお断りしておく。

2. スロベニア共和国について

本稿を始めるにあたり、執筆のきっかけとなったスロベニアについて少々述べておく。スロベニアが位置するのはオーストリアの南側である。「ヨーロッパの背骨」と呼ばれるアルプス山脈はフランスからスイスやイタリアを通ってオーストリアに至るが、その東端がスロベニアとオーストリアとの境界となっている。国土は四国と同程度の広さしかないが、3000 メートル級の山岳地域からアドリア海沿岸地方までの変化に富んだ地形を持つ。大国の狭間に位置するゆえ、歴史的にはベネチア共和国やオーストリア・ハンガリー帝国の構成要素として歩み、直近ではユーゴスラビア連邦の構成国のひとつであった。そして、その連邦が東欧のビロード革命等の流れを受けて解体となったことを受け、スロベニアは有史上初めて 1991 年に独立国家となった。国家としての歴史はそのように浅いが、スロベニア文化自体は長い歴史を持つ。学術的に活躍した、またはしているスロベニア人も多い。例えば、筆者が研修で滞在した研究所[4]がその名を冠するヨジェフ・ステファンという人物は、19 世紀に活躍したスロベニア人の物理学者である。熱輻射の研究成果から得られたステ

＊電子メディア工学科

ファン・ボルツマンの法則にその名を残す。生まれはオーストリア中部ケルンテン地方であり活躍の場はウィーンであったが、スロベニア人であった。物理学者であるとともに詩人でもあり、スロベニア語による詩集も残しているという。他にも、地の利を生かしてスキージャンプに代表される冬季スポーツなどが国民の間では大変に盛んで、スロベニアの選手が冬季ソチオリンピックでスキージャンプの葛西紀明選手と金メダルを争ったことは記憶に新しい。

筆者は、そういった国の首都であるリュブリアナ市に滞在した。**図-1** に示すような丘が街の中心に存在し、そこに建つリュブリアナ城がシンボルとなっているコンパクトながら美しい都市であった。そしてこの国は、2004 年のEU加盟や2007 年のユーロ通貨加盟を受けて大きな変化の途上にある。教育も然りで、ボローニャ・プロセスと呼ばれる高等教育機関の改革過程がまさに進行中である。**図-2** は筆者がリュブリアナで見聞の機会を得たリュブリアナ大学物理学科の校舎である。この中でも改革は静かに進みつつあり、カリキュラム改訂などが行われている。

3. 日本における教育改革と評価

本稿の主目的はスロベニアにおける教育改革の実地報告であるが、その流れと日本で起こっていることは無関係ではない。ここでは、スロベニアの報告の前に日本における教育改革の現状について少々述べておきたい。

教育改革には教員集団そのものの自発的な動機によるものと外部的な動機によるものがあると思われるが、近年はその外部的な動機の部分が非常に拡大しつつあり、底なし沼の状態になっていると思われる[5)]。それには主にふたつの複合的な要因が重なっているように思う。第1の要因は、少子化による入学者確保の必要性が高まっていることである。18 歳人口は急速に減少しつつあるため、従来の教育水準を維持しようとすれば入学定員を人口にあわせて調節する必要がある。しかし、現実に起こっていることはその逆であり、大学教育の大綱化と設置基準の緩和に伴って大学の新規設置や定員増が続いている[6)]。その結果、既に入学希望者総数を総定員が上回る状態となってしまっており、入学先を選ばなければ希望者はほぼ全員が大学へ入学可能となっている。そのままでは教育水準を維持することは不可能である。そして、政府の深刻な財政難を根源として、国立大学でさえ授業料が上昇し続けており、高等教育の質確保に対して顧客としての保護者の視線は厳しくなっている。それに応えるひとつの手段として、教育改革が欠かせないものとなってきたということなのであろう。

一方、企業活動を取り巻くグローバル化に伴い、卒業生を受け入れる側としての企業からの教育改革要求も高まっている。これが第 2 の要因と言えよう。大学等の高等教育機関は少子化にもかかわらず定員を拡大しつつあるため、入学者の資質確保が加速度的に困難となってきている。難易度の高い入学試験を課すことによって入学者の資質を確保する従来の手法は一部の有力大学以外では通じない。それに加え、卒業生を引き受ける側の企業等に余裕がなくなり、自前で教育することが困難となってきている事情も拍車をかけている。ペーパー試験による学生の資質確保だけをよりどころとした教育体制はもはやたちゆかないのである。入学者を如何に育てて能力を身につけさせたかどうかを企業が選別する時代となっている。

以上のような複合的な流れがあり、各種の認定は改革の結果を社会に提示する役割を帯びたのであろう。そのため、認定を受けることが高等教育機関に求められることになったのだと思われる。上記第1の要因に対しては、大学教育の大綱化と抱き合わせに導入された学位授与機構による機関

図−1　コングレス広場からリュブリアナ城を臨む

図−2　リュブリアナ大学物理学科

別認証評価[7)]が対応するであろう。これは、高等教育機関が7年に一度の認証評価を受けるものであり、本校の場合は7年前の第1回につづいて平成 26 年の今年度は第2回目の評価を受けている最中である。第2の要因に応える観点からは、日本技術者教育認定機構（JABEE）[8)]による認定が導入されたのだと推察する。この認定が大学に加えて高等専門学校にも導入され、本校では今年度が第3回目の本審査となっている。

これらの認証もしくは認定に際しては、各審査機関から提示された基準を満たす自己点検書を被審査機関が作成して現地審査に臨むこととなる。それに立ち会った経験からすると、何点か重視される点があることを感じる。近年強まっていると特に感じるのは、授業内容をシラバスにて記述して公開するということである。これが審査の回を追う毎に強化されるようになってきた。また、入学者および編入学者に要求する水準までもが明記することを求められるようになってきている。特に編入学の場合には、既修単位の扱いについての規定を明示することが必要であることを先日の実地審査では審査員がしきりと強調していたことが印象的であった。そして、言うまでもないほどのことになっているが、教育体制に対する不断の点検作業を行い、点検結果に基づく改善実行の証拠を示すことが毎度のように求められる。これらのことはいずれも、直接的には従来の日本の高等教育には明示的に求められてこなかったものであり、評価を受けるにあたって現場にはいつも相当の混乱が発生した。これらの点について、後述するようにヨーロッパにおける教育改革の現場と通じるところもあるように思われる。

4. ボローニャ宣言とその経過

良く知られているように、ヨーロッパでは EU 圏内において様々な制度の収斂が図られている[9)]。その狙いは、グローバル化の中で埋没しないため単一市場をEU圏内に形成することにある。教育もご他聞にもれずその道程にある。1999年におこなわれたボローニャ宣言[10)]にて、高等教育機関は2010 年までに一連の改革を行うという宣言された。この改革の道程がボローニャ・プロセスであり、起草文には、スロベニアもその名を連ねている。

表-1にそのボローニャ・プロセスの歩み[11)]を示す。EU 組織とボローニャ・プロセスの因果関係は明示されてはいないが、関連があるのは明らかである。それは、ボローニャ宣言の前年になされたソルボンヌ宣言において、英仏独伊の教育関係相による合意があった[12)]ことからも推し量られることである。その合意とは、各国における教育の同等性の確保が必要であるという認識についてのものである。EU 憲章にある移動の自由の保証を論拠とし、EU 加盟国の大学教育は質的な同等性を確保するべきだという宣言がボローニャ宣言であり、それの確保をするための様々な実行がボローニャ・プロセスなのである。その流れはサラマンカ協定、グラーツ協定などと強化されてきており、同等性をどう確保するかという議論がなされてきているらしい。その際に常々強調されるのは、各々の大学の歴史や特色を打ち消すものではない[13)]というスタンスである。同等性を確保する手段は、「補償」による補いを基本とする。すなわち、まず標準化したカリキュラムが想定されることになる。それと比較して、ある大学において不足した部分があれば、その部分は追加の講義を開設するなどによって単位の取得を可能にすることが求められる。それを履修するかどうかは学生の自主的判断に委ねられるらしいが、大概の学生は履修を選択することになる、というものである。そして、移動の自由を保障するという観点から、各個人の学生が学期ごとにどの大学へ移動して学ぶことも可能にすることが求められる。聞いたところでは、平成25年度にもエストニアからのそういった学生がリュブリアナ大学に在籍中であるとのことだった。その対応のためには、補助的に英語教材を用意するといった手間が必要で、時間は割かれるとのことである。手間の増大を歓迎しているわけではないだろうが、時代として止むを得ないものと認識されているようであった。

そういった学生は、エラスムス留学生として在籍しているケースも多い。このエラスムス留学生とは、人文学者のエラスムスにちなんだプロジェクトであるエラスムス計画に基づく

表-1 ボローニャ・プロセスの歩み[11)]

1988	大学大憲章（The Magna Charta Universitatum）
1997（4 月）	リスボン協定（Lisbon Convention）
1998（5 月）	ソルボンヌ宣言(The Sorbonne Declaration)
1999（6 月）	ボローニャ宣言(The Bologna Declaration)
2001（3 月）	サラマンカ協定（Salamanca Convention）
2001（3 月）	ゲーテボルク学生協定（Göteborg Student Convention）
2001（5 月）	プラハ会合（Prague Summit）
2003（5 月）	グラーツ協定（Graz Convention）
2003（9 月）	ベルリン会合（Berlin Summit）
2005（5 月）	ベルゲン会合（Bergen Summit）
2007（6，7 月）	ロンドン会合（London Summit）

ものである。この計画では欧州圏内である学期間だけ他国の大学に留学して単位を取得することを促進するプログラムであり、人的流動性を促す役割を担うことが期待されて長年にわたって行われている。近年は、欧州圏外からも同様にして学生を呼び込もうとする動きがあり、エラスムス・ムンドゥス/エラスムス・プラス[14)]として学生の募集がおこなわれているらしい。

そうした取組みの結果はさっそく社会的な影響を及ぼし始めているように思う。新聞を賑わしているように南ヨーロッパ諸国（スペイン、ギリシャ等）は経済破綻に近い状態にあるが、そこからは優秀な学生がドイツなどの経済的に優位な地域へ流れてしまい、人材不足に陥っているとも聞く。このようなことが可能になったのは、ECTS[15)]という単位換算制度が実効を発揮しているからとも言える。各大学での単位はこの ECTS でも表示されるようになり、他大学のどの単位と対応するかということの対応関係が事細かく定められるようになった。そのため、かなりアクロバティックな履修も可能となる。後述するように、その仕組みがあることによる歪みは教育面に現れている。

JABEE でも編入の際の単位互換の規定を定めることが求められている。しかし、入学試験での学生募集という運営が大半を占める日本では、このように自由な移動を保証するような状況にはない。その土壌に、インターナショナルな同等性確保の観点が取り入れられてしまい、日本においてはやや荒唐無稽な認定基準となっている感がある。しかし、これは明らかに EU で見られるような単位互換性の確保と通じる基準である。強化されることはあっても、弱まることはないであろうと推察している。

5. スロベニアの教育課程の変化

高等教育だけでない全体にわたったスロベニアの教育課程年限図を**図-3** に示す。これは、筆者がスロベニアに滞在中、研究所のスタッフに直接質問して教えてもらったものである。文献[16)]にも同様の情報は載っているが、現地スタッフならではの情報もあった。

はじめに、2005 年以前の状態を見てみよう。それは長年月にわたり、Osnovna Šola（小学校＋中学校）で8年間、Gimnažija（ギムナジウム≒高等学校）で4年間という制度であったらしい。加えて、小学校入学前には1年間の Mala Šola（小さい学校）というものがあった。ボローニャ・プロセスとの因果関係は明らかでないが、2004 年の EU 加入と同期してこの Mala Šola を義務教育年限に組み入れる判断がなされたらしい。その結果、日本で言えば小学校から中学校までの9年間に相当する初等教育・前期中等教育が、スロベニアでは3年づつの3サイクルに整理された。2013 年現在では、学士課程の学生がこのような教育を経た年代層にあたる。博士課程の学生は以前の制度で学んだ年代層であるので、現在の大学現場には新旧の制度の学生が混在している状況にある。博士課程の学生と卒業研究に相当した学修に携わる学部生に話を聞き、そのような実情を知った。

そのような低年齢側への延伸の一方で、ギムナジウムの年限の4年間は変化がなかった。この年限が変化しないのは、よほど社会に根ざしたものだからだろう。そして、学士課程の年数も3年間のままであった。従って、ギムナジウムを卒業するのは 19 歳になってからであることに変化はない。この点はドイツなどの中央ヨーロッパが長らくそういう制度で動いてきたことの証なのかもしれない。余談になるが、筆者の大学時代の後輩にはドイツからの帰国子女が存在したが、彼は特に留年をしたわけではないのに日本で1年浪人をした人と同じ学年になって日本の大学へ入学した。他方、アメリカでは飛び級が盛んなので、日本に居たら1学年下であったであろうアメリカからの帰国子女の同級生もいた。

話を元に戻すと、そもそもヨーロッパ大陸の大学では、修業年限という概念が希薄であったとも聞く。各自に必要な講義を自ら選んで聴講し、研鑽を積むということが基本であった。その暁として、機が熟したと自ら判断したときに、積算した単位を元に認定試験に臨んでディプロムを得るというスタイルであった。その単位を揃えるための最小年限が3年間というのが相場であったらしい。それを終えると 22 歳になっており、従来はそれに1年を加えてディプロムを取得するのが相場であった。ディプロムは日本で言えば修士に相当するもののようである。このままでは 23 歳で修士相当ということになり、年限が同じ段階ではアメリカよりヨーロッパの方が得をするということになってしまう。そのような判断からか、ディプロムは第2サイクルという名称に変わり、2年間が標準となったのだろうと推察される。この変化は、ボローニャ・プロセスの基準に則したものである[17)]。この変化後の年数を前期中等教育終了時点（15歳相当）以降の学年で比較すると、

$$\boxed{\text{ギムナジウム4年＋学士課程3年＋修士課程2年＝9年}}$$

となり、日本でいうところの、

$$\boxed{\text{高等学校3年＋学士課程4年＋修士課程2年＝9年}}$$

と同じになったことがわかる。

ボローニャ宣言には、EU という経済圏における政治哲学が色濃く反映されている。そのひとつが、移動の自由の保障である。EU 領域内では移動の自由が保障され、原則とし

て就業差別が撤廃された。とはいえ、各場所には固有の言語があり、その地域で活躍するのにその地域の言語を話せることが重要であるのは変わりない。しかし、その問題をクリアすれば他の条件（ライセンス等）ではどこで教育を受けても就業の機会を得ることができる。それを保障する仕組みを作ることが重視される。同じ年限の教育を受ければ、他国における教育と同等性を保持することができるようにすることが求められた結果、スロベニアには上記の年限変化が起こったのだと推察する。スロベニアのような小国においては恐らく、他国との同等性を確保することが至上命題である。それ故、ボローニャ・プロセスへの参加も極めてスムーズに進んだのではないだろうか。もちろん現場には不満が鬱積している。しかし、他に選択肢はないといった強い雰囲気を現地の人々から感じた。

かといっていろいろな分野での同等性を追求しすぎると、歪みもはらむこととなる。単位互換の範囲設定は悩ましい問題らしい。直接に聞いた例で言えば、コンデンサの充電曲線の振る舞いを習ったことがない学生が物理学の学士取得を可能なまでに単位を揃えていた、とのことである。これは以前ならば到底考えられなかったことであるが、選択科目の増加および編入（大学の遍歴）が可能となる中で許容されるようになってしまったらしい。

また、継続的改善が求められるなかで学生の要望に答えることも重視されるようになっているようである。直接に聞いた例では、ある授業において演習問題のレベルを保持しようとしたところ、学生と学部長との折衝の結果、再試験やレベルの再検討を余儀なくされたとのことであった。その直接の原因は、多数の不合格者が出たことにある。授業担当者いわく、従来と同基準で試験を実施して単に合格者が少なかっただけだと主張したらしいが、「不合格者が出ないようにする」という建前に押し切られたということらしい。従来のスロベニアならば、不合格は有無をいわさず不合格でスパッとおしまい、ということであったらしいが、近年はそういうわけにいかないという嘆きの声を聞いた。この点について、現地でお世話になったDenis Arčon教授に聞いたところ、学生が成績不振であるのは 100%が教師の責任であるとイギリスの教

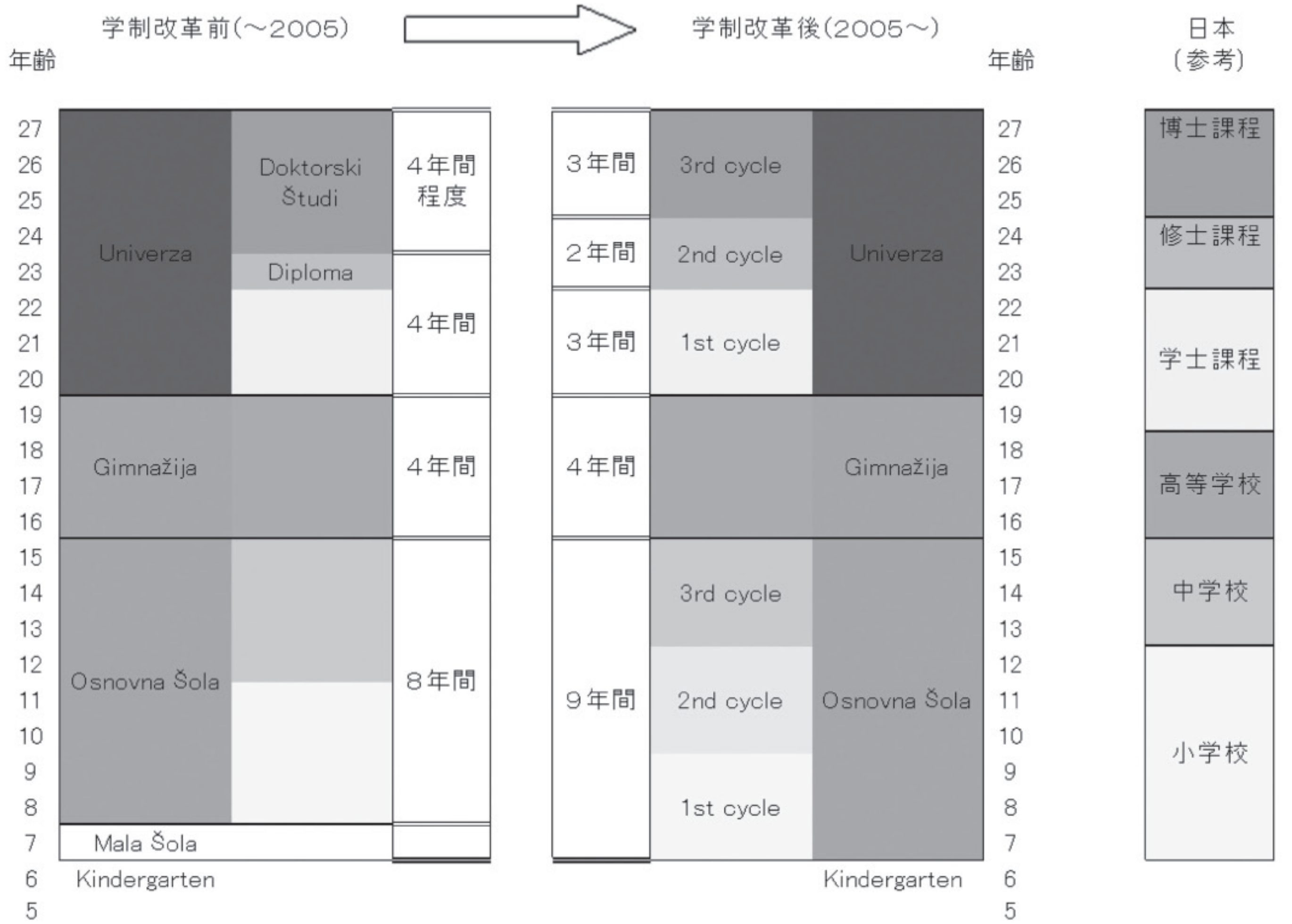


図-3 スロベニアにおける教育年限の変化

師はのたまうとのことだった。教師は学生が合格するように責任を持つ義務があると認識されているようである。こういったところに、教育改革はイギリス、ひいてはアメリカの流儀を反映させざるを得ないのだというニュアンスを感じた。

とはいえ、そういう指令は不承不承にも大学の教師陣に受け入れられている。その動機は、大学の予算が在学生の人数に比例して配分されることにあるらしい。成績評価を厳しくすると学生が集まらなくなって自らの首を締める絞めるため、どこかで妥協をする必要が出てくる。そのため、学生に不人気な内容は再検討を余儀なくされるのであろう。そういう意味で、継続的改善とは市場原理による体制の再構築のことだとも言えそうである。ここのところが PDCA サイクルとしてどれだけ明示的に義務化されているのかは残念ながら確認できなかったが、少なくとも授業担当教員のレベルにおいては、学部長勧告を受けて改善を実行せざるを得ない状況が存在する。そのような状況下では、(言葉は悪いが)「ざる」のような成績のつけ方がある種の必要悪として存在せざるを得ず、真の意味の合格は成績の評点で判断されるという仕組みに近づきつつあるように感じる。その意味で、アメリカのような GPA 方式[18]に移行しつつあるのかもしれない。中欧社会においてかつて大学は権威の象徴であり、アインシュタインの例[19]を引き合いに出すまでもなく、試験に不合格であるということはそこで完全に学問への道が閉ざされることを意味した。しかし、時は移った。ほとんどは合格として処理し、当人が生き残るかどうかはその後の展開に任せるよう、事後チェック方式に移行したとも言えるであろう。

他に気のついた改革例は、学士課程初学年に設けられた入門クラスの存在である。ギムナジウムの教育とのギャップの解消が目的であるようだ。なぜならば、大学入学はマトゥーラと呼ばれる、フランスでのバカロレアに相当する試験に合格することだけが条件になっているためだと聞く。以前は大学入試があったものの、この制度が 20 年くらい前に始まって大学入試が撤廃されたため、ギムナジウムではマトゥーラの範囲を超えた発展的な内容を学習しなくなって久しいとのこと。マトゥーラの過去問題は書店で入手できるので購入してみたが、確かにその内容は基本問題に限られていた。しかも、マトゥーラの合格には学科目はわずか2科目を取れば良いのだという。そして、どの科目を取っても進学先に制限はない。そのため、物理をまったく知らずに物理学科へ進学することが可能になってしまっている。ただ、論述試験や口頭試問は必須となっており、論述力がないと合格することはできない。共同研究者である大学院生の Andraž Krajnc 氏もその点を力説していた。他方、日本の大学入学試験はマークシート方式のみになってきているところも多い。この点において日本の高等教育は決定的に後退しているように思う。

教育編成における「市場原理の適用」については、文科系についても然りであるようだ。リュブリアナ大学文学部アジアアフリカ学科には日本文化コースがあり、そこの授業を見聞する機会があったので最後に紹介しておく。日本に対する関心は意外と高く、日本文化コースは規模拡大中のようであった。教室整備が追いつかないながら、スタッフは増員中のようであった。そして、韓国の経済力台頭に合わせてか、韓国文化コースも追加的に発展中のようであった。「市場原理の適用」はフレキシブルな成長を可能にするものであるとも言える。

6. 教育の同等性とは

いろいろ調べてみると、結局のところ教育課程の同等性確保とは、教育課程の時間数(年限)を揃えるということであるように思う。その年限の中でどれくらい力を付けられたかどうかが重要となり、学生にとってはレベルの高い大学で良い成績を取ることが基本となる。そして、主戦場はすでに、成績外の評価へと移行しているのかもしれない。大学を修了して学位を取得するということそれだけでは、もはや何らかの集団でのポジションを保証するものではなくなっている。その後のサバイバルへ向けての準備という位置付けになっているように思う。

この小文を準備する過程で、イギリスにおける高等教育改革の報告[20]を目にした。ボローニャ・プロセスにおける標準修業年限は上述のように、学士3年、修士2年、博士3年の年限となっている。それにもかかわらず、イギリス(特にイングランド)についてだけは、学士3年、修士1年の年限がそのまま通用し続けているらしい。これは、「教育課程の同等性」を各国間で比較検討するにあたり、イギリスは絶対にゆずらず自国の制度が他と同等であると主張し続けているためらしい。イギリスの言い分によれば、イギリスでの教育制度は広く認知されており、修士課程が1年であっても他国で2年間の修士課程を履修したのと同等な Outcomes が得られているとのことである。これを聞くと、JABEE 審査において修業年限が至上命題として存在し続け、高専4・5年プラス専攻科1・2年で初めて学士に相当するという線を高専側が崩せなかったことと(月とスッポンかもしれないが)ある意味で対照的である。高等専門学校学科課程5年だけで学士相当という主張は、短期大学の反対にあって頓挫したと聞いている。その折衝の詳細は公開されていないが、社会的実績の勝負で負けたということなのかも知れない。我々教員としてできることは、そういう主張の場に寄与できるよう粛々と実績を積み、結果を甘んじて受けるといったところであろうか。

7. おわりに

調べたところ、中央ヨーロッパにも高等教育の認証機関は存在するらしい[21)]。その有効性についてまでは実地確認する機会がなかったので推測であるが、認証自体はそういった機関によるものでも効力を持つと想像される。どのような内容の教育ならばお墨付きとなるかは、結局のところ認証機関同士の折衝によって相場が決まるのであろう。そして、EUとしてはイギリスにも足並みを揃えて欲しいところであるようだ。しかしイギリスは首を縦に振らない。しかし国力を考えるとイギリスを除外するわけにもいかず、肝心なところはぼやかして進めているところがあるように思う。「同等性の相互認証」という、さも客観性が高いように聞こえる表現を用いながら、結局最後の行き着くところは政治なのだという感想を持っている。伝統まで含めた国力の違いが如実に反映される国際関係の現実を見せ付けられた思いである。

本稿を記すにあたり、ヨジェフ・ステファン研究所の Denis Arčon 教授はじめ、 Peter Jeglič 博士、Martin Klanjšek 博士や他スタッフ、そして大学院生の Andraž Krajnc 氏には種々の情報をご提供いただきました。ここに感謝します。また、リュブリアナ大学文学部アジアアフリカ学科日本文化コースの Andrej Bekeš 教授はじめ、守時なぎさ博士や他スタッフには、現地事情について貴重な情報をいただきました。この場を借りて感謝申し上げます。

参考文献

1) 機関別認証評価ウェブサイト
http://www.niad.ac.jp/n_hyouka/index.html
2) JABEE 認定・審査ウェブサイト
http://www.jabee.org/accreditation/about/
3) 欧州高等教育圏（The European Higher Education Area; EHEA)ウェブサイト
http://www.ehea.info/
4) ヨジェフ・ステファン研究所ウェブサイト
http://www.ijs.si/
5) 「国立大学法人における大学評価実施体制の現状と課題―「評価室」を中心に―」, 高森　智嗣, 大学評価・学位研究　第15号, 2014 年.
http://www.niad.ac.jp/n_shuppan/gakujutsushi/mgzn15/index.html
6)「高校教育及び大学教育との接続の現状」, 文部科学省ウェブサイト, 2012 年.
http://www.mext.go.jp/b_menu/shingi/chukyo/chukyo4/siryo/attach/1322874.htm
7) 大学評価情報ポータルウェブサイト
https://portal.niad.ac.jp/library/1179798_1415.html
8) JABEE 本部ウェブサイト
http://www.jabee.org/
9) 「EU における通貨統合」, 外務省ウェブサイト
http://www.mofa.go.jp/mofaj/area/eu/euro_gaiyou.html
10) ボローニャ宣言全文, 1999 年.
http://www.ond.vlaanderen.be/hogeronderwijs/bologna/documents/MDC/BOLOGNA_DECLARATION1.pdf
11) ボローニャ・プロセスの年表, 東京外国語大学国際学術戦略本部資料.
http://ofias.jp/j/strategy/nenpyo.pdf
12) 木戸裕「ヨーロッパの高等教育改革　～ボローニャ・プロセスを中心にして～」, 独立行政法人　新エネルギー・産業技術総合開発機構資料, 2005 年.
http://www.ndl.go.jp/jp/diet/publication/refer/200511_658/065804.pdf
13) 「講演録：ボローニャ宣言―ヨーロッパ高等教育の学位資格と質保証の構造への影響―」, リチャード・ルイス, 大学評価・学位研究　第3号, 2005 年.
http://www.niad.ac.jp/sub_press/sciencemag/No3/06.pdf
14) 「エラスムス・ムンドゥス」ウェブサイト
http://www.euinjapan.jp/programme/erasmus/
15) ECTS ウェブサイト
http://eacea.ec.europa.eu/llp/support_measures_and_network/ects_dsl_en.php
16) 「スロヴェニア共和国の外国語教育政策」, 脇田博文, 龍谷紀要　vol.29, no.2, pp.115-131, 2008 年.
17) ボローニャ・プロセスについてのリーフレット
（以下のウェブサイト
http://www.euinjapan.jp/?s=%E3%83%9C%E3%83%AD%E3%83%BC%E3%83%8B%E3%83%A3
に現れる最上部のリンク）
で駐日欧州連合代表部は以下のように記している。
「欧州には国によってさまざまな高等教育制度が存在していた。ボローニャ・プロセスは、それを、学士課程―修士課程―博士課程という国際的基準に沿った、3 つのサイクルからなる枠組み制度に整備する。それぞれのサイクルで得られた資格が国内だけではなく、他の国々でも承認されれば、ボローニャ・プロセスの大きな目標である人の移動が大きく前進する。第1 サイクル修了後に授与された学位が、どの参加国でも承認され、どの国の第2サイクルにも進めるだけでなく、欧州労働市場においても統一した資格と見なされるようにするのだ。」

18) 「大学における教育内容等の改革状況等について」, 文部科学省高等教育局大学振興課, 2013 年.
19) 「アインシュタイン」, 寺田寅彦, 大正十年十月『改造』. http://www.aozora.gr.jp/cards/000042/files/43074_23773.html
20) 「英国におけるボローニャ・プロセスの取組と展望について」, 山口 裕史, JSPS London 学術調査報告, 2008 年. http://www.jsps.org/advisor/pdf/2008_report_yamaguchi.pdf
21) 中央ヨーロッパ教育認証機関ウェブサイト （Network of Central and Eastern European Quality Assurance Agencies in Higher Education） http://www.uka.amu.edu.pl/subnetwork.html/

Current State on Reform of Higher Education in Europe

- In the case of Slovenia -

Mutsuo IGARASHI

Current state on reform process of higher education in Europe or so called Bologna process is reported with taking Slovenia as an example. The included contents are practical descriptions based on the author’s research experience in the time to visit Slovenia. Inspired from experiences on accreditation process in the author’s institution, the source of the philosophical aim for accreditation of education system is discussed. What needed for probing equivalency of education system is a main issue to consider. Reform process of higher education in Japan is compared with Europe’s one.

人工廃水を用いた衛生工学実験の実施と課題

宮里　直樹*　大野　佳代子**　宮本　正雄**　堀尾　明宏*

（2014年11月27日受理）

１．はじめに

群馬高専において、環境都市工学科４年の学生実験（科目名：環境都市工学実験実習）では、河川水や生活排水などを使った様々な水質検査を行っている。この実験の目的は、

① 基本的な水質分析を行うことにより，各水質指標の意味を理解すると共に、基本的な分析技術を身につけること

② 基本的な浄化反応（浄水場での濁度除去・下水処理での基質除去）について実験を行うことにより、水処理プロセスを理解すること

である（実験指導書より抜粋）。そのため、実験に用いている試料水には、河川水や汚濁された水を用いている。その１つである本校の合併浄化槽流入汚水の扱いには、衛生面で安全対策が必要となる。校内に病気にかかっている人がいた場合には、病原微生物混入の可能性が考えられるからである[1) 2) 3)]。特に、自然界で抵抗性が高いサルモネラ、ノロウイルスなどは長期間水中で生存するため[4)]、この汚水を使用した実験では危険を伴う。著者らは、このリスクを排除するために、汚水の代替として人工廃水を採用する試みを行い、学生と教職員の安全を確保することを目的として研究を開始した。本稿では、その内容と今後の課題について報告する。

２．衛生工学実験の概要

本校４年生の環境都市工学実験実習では、２種類の実験を行っている。環境水の分析を行う衛生工学実験と、橋梁模型の製作や載荷実験を行う構造実験である。著者らが担当する衛生工学実験では、身近に存在する河川水や生活廃水などの環境水を使用し、基本的な水質分析を行うことにより、学生に各水質指標の意味を理解させ、分析技術を修得させることを目的としている。更に、濁度除去や基質除去などの浄化反応実験を行うことで、水処理プロセスを理解させる。

実験に使用する手順書は、下水試験方法などを参考に環境都市工学科の教員が作成したものを、毎年度、改良して用いている。**表-1** に実験項目の一覧を示す。環境水の水質分析を実施する項目は、ｐＨ、水温、透視度、濁度、溶存酸素、化学的酸素要求量（COD）、生物化学的酸素要求量（BOD）、アンモニア態窒素、大腸菌群、浮遊物質、リン酸態リンである。水質分析以外の観察として、原生動物・後生動物を顕微鏡で検鏡し、名称や特徴などを調べる。ジャーテスターによる凝集実験を行い、上水試験方法も理解してもらっている。但し、凝集実験では、環境水ではなく、カオリン懸濁液を利用する。

表-1　衛生工学実験項目一覧

実 験 項 目
1. ガイダンス及び実験器具の使い方の練習
2. 温度・pH・電気伝導度(EC)・濁度・透視度・色度・ 塩素イオン・溶存酸素(DO) Ⅰ
3. 化学的酸素要求量 (COD：Chemical Oxygen Demand)
4. アンモニア態窒素及び、リン酸イオン態リン
5. 生物化学的酸素要求量 (BOD：Biochemical Oxygen Demand) 5-1 生物化学的酸素要求量(DO1)及び溶存酸素Ⅱ …1日目の消費量測定 5-2 生物化学的酸素要求量(DO5)…5日後の消費量測定
6. 浮遊物質(SS)・大腸菌群 6-1 浮遊物質・大腸菌群 6-2 18～22時間培養(35～37℃)後、菌数の計測
7. 凝集試験・原生動物、後生動物の顕微鏡観察
8. 利根川水質データからの総合考察

３．実験に用いる試料水と課題

衛生工学実験で使用する環境水である、試料の一覧を**表-2** に示す。採水は、教職員が行う（**図-1** 参照）。

*環境都市工学科　**教育研究支援センター

表-2　衛生工学実験の使用試料

A	利根川河川水（群馬大橋付近）
B	校内西湖の流入河川水（生活雑排水）
C	本校の合併浄化槽流入汚水
D	本校の合併浄化槽処理水

Ａの利根川河川水は、水質が良好な環境水として、群馬大橋もしくは中央大橋の付近から採水する。環境基準でＡ類型の実験結果が期待できる。Ｂの校内西湖の流入河川水は、生活雑排水で汚濁している可能性がある。Ｃの本校合併浄化槽流入汚水は下水流入水相当であり、Ｄの浄化槽処理水の生物化学的酸素要求量は、10～20mg/L程度であり、窒素とリンを残留している。これらの試料水のうち、Ｃの合併浄化槽流入汚水には、有機物質や病原微生物が混入している可能性が考えられる。特に、サルモネラやノロウイルスなどは長期間水中で生存するため、この汚水を使用した実験は常に衛生面で十分な安全対策が必要となる。この問題の対策として、校内の合併浄化槽流入汚水の代わりに、人工廃水を採用する試みを行う。

図-1　教職員による環境水の採水

４．人工廃水による衛生工学実験

４．１　人工廃水の作製

表-1 に示すように、衛生実験では15種類の実験項目に試料水を用いる。そのため、人工廃水の組成として、環境都市工学科の卒業研究で使用しているものを参考にして、ポリペプトンを1g、塩化ナトリウムを0.5g、カオリン粘土水溶液を60mL（10g/Lの水溶液）を6Lの水に溶解したものを作製した。有機物と無機物、濁度成分を加えたものである。実験開始時間前までは冷蔵庫で保管することとし、実験テーマ毎に必要な容量を作製する。

大腸菌群の培養実験では、上記人工廃水では、結果が得られないことが予想されたため、実験室で飼育しているコイ科モツゴ（クチボソ）などの魚が入った水槽（図-2 参照）の水500mLを、水道水で2倍に希釈したものを使用する。

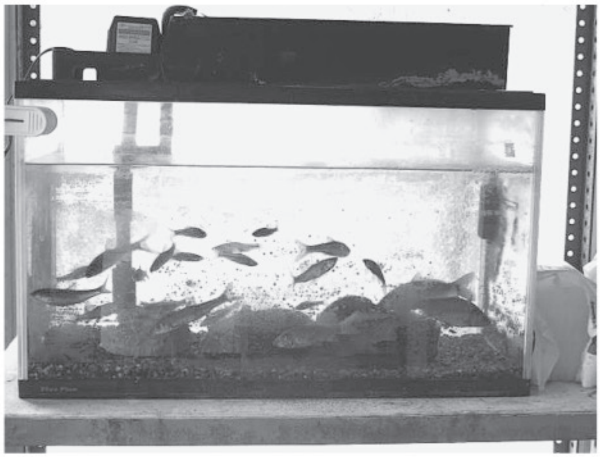


図-2　衛生実験室の水槽

４．２　各種水質分析の予備実験結果

下水処理試験方法[5)]に掲載されている水質分析の一般的項目（実験2～10）において、事前に予備実験を行ったところ、試料水Ｃと概ね同様の値を得ることができた。また、基本的な浄化反応（上水場の濁度除去や下水処理による基質除去）を理解するため、有機物の指標となる化学的酸素要求量（COD）や生物化学的酸素要求量（BOD）の値は、Ｄの浄化槽処理水よりも高い値にする必要がある。今回の人工廃水について、学生実験と同様の方法を用いて水質分析を行ったところ、CODが約70～200mg/L、BODが約30～70mg/Lであり、概ねＤの浄化槽処理水より高い値であった。アンモニア態窒素やリン酸イオン態リンの濃度も浄化槽処理水よりも高い値であった。しかし、本校の浄化槽で窒素やリンの除去はできないため、Ｃの浄化槽流入水とＤの浄化槽処理水では大きな値の変化はないことが予想される。特にリン酸イオン態リンの濃度は、実際のＣの浄化槽流入水よりも10倍程度高い値であり、細かく成分を調整する必要性が考えられる。

４．３　大腸菌群の予備実験結果

水槽の水が、流入汚水に代替できることを確認する為に、事前に予備実験を行った。学生実験と同じく、重層平板培養法を用いる。以下にその手順を示す。

約45℃に保温したデスオキシコレート寒天培地（45g / 1L）10mLを、ディスポーザブルの滅菌プラスチック製シャーレ（90φx 20mm）に入れ、その上に試料水である水槽の水1mLを加えて蓋をする。シャーレを左右前後に回転させて、培地と試料水を十分に混和させ、水平状態

に静止して、放置冷却する。培地がある程度固まったら、更に培地を10mL加えて重層し、冷えて固まったら、シャーレの上下を反転させた状態で、フラン器に入れて、37℃で24時間培養させる。以上、全ての手順は無菌状態で行う。

上記の方法で予備実験を行った。試料水は、水槽の水の他に、比較対象として、屋上ビオトープと、校内の正門側にある下田池の水の３種類を使用した。実験の結果、水槽の水1mLでの大腸菌のコロニー数は、2,504個であった。比較対象の屋上ビオトープは137個、下田池は426個であった。**図-3** に結果を示す。これにより、水槽の水を浄化槽流入汚水の代替として利用できると判断した。

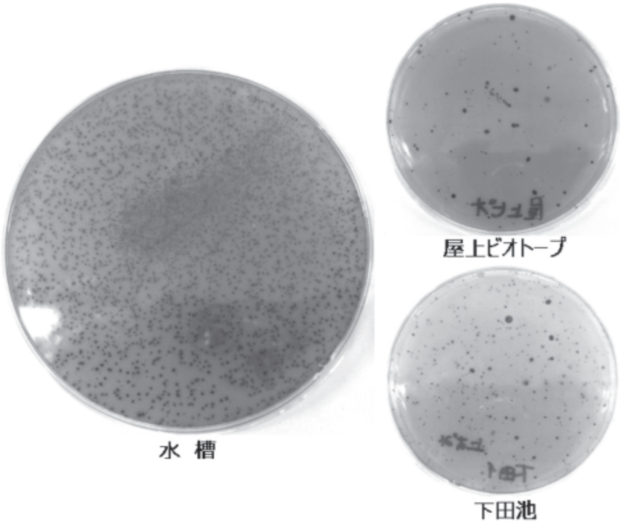


図-3　大腸菌培養結果

５．学生実験への人工廃水の適用結果

実際に検討した人工廃水を、2014年4月からの衛生工学実験でＣの浄化槽流入水の代わりとして試験的に使用した。なお、実際の浄化槽流入水については、教職員が実験に用いて各水質分析項目の実験で使用し、値を学生に提示することにした。その結果、学生並びに教職員の衛生面における安全性を向上することができた。また、衛生実験の目的である①基本的な水質分析を行うことにより，各水質指標の意味を理解すると共に、基本的な分析技術を身につけること、②基本的な浄化反応（浄水場での濁度除去・下水処理での基質除去）について実験を行うことにより、水処理プロセスを理解できたことが、提出された学生の実験レポートから感じられた。

しかしながら、考察では「人工下水について、ポリペプトンを含んでいるため、CODの値が高い」というような、人工廃水の値がなぜ高くなるのかといった考察など、人工廃水の成分に関する考察があった。考察の一例を、

表-3　人工廃水を用いた実験における考察の一例

項目	考察
BOD	人工廃水にはポリペプトンが含まれており、微生物培養に使用されるものであるから、微生物が増殖し酸素が消費される
COD	人工下水について、ポリペプトンを含んでいるため、CODの値が高い。
COD	人工廃水が生下水より値が高くなったのはなぜか。考えられることはポリペプトンが含まれているためである。

表-3 に示す。

下水の成分について検討することは非常に大切であるが、本来の実験のねらいとしては、有機物がどのように除去されているかと言うことを理解してもらうことであった。そのため、今後も人工廃水を用いる場合は、使用する試料水の十分な説明と考察の書き方（考察してほしいところは、何か）等についてさらなる指導が必要であると考えられる。また、今回の人工廃水の作成について、下水処理試験方法[5)]に掲載されている水質分析の一般的項目（実験2～10）と有機物に関する項目（COD、BOD）を中心に考えて作成したため、栄養塩（アンモニア態窒素、リン酸イオン態リン）については検討が不十分であった。

また、**表-4** に、今回行われた衛生実験における水質分析結果の一例を示す。

表-4　人工廃水を含む水質分析結果の一例

	COD (mg/L)	BOD (mg/L)	NH_4-N (mg/L)	PO_4-P (mg/L)
下水	56	30	0.5	6.2
人工廃水	228	36	13	0.8
処理水	18	14	24	11

アンモニア態窒素やリン酸イオン態リンの濃度が実際の下水（浄化槽流入水）と比較して値の差が大きいことがわかる。今後、人工廃水を用いる場合は、ポリペプトン以外の成分を加えて、実際の下水成分を反映できるように工夫が必要であるといえる。

６．おわりに

今回、採用した人工廃水では、筆者らが卒業研究で用いている人工廃水の組成を参考にして作成した。平成26年度の環境都市工学実験実習（４年次の衛生実験）にて、人工廃水を用いて水質分析を行ったが、概ね浄化槽流入水を用いた場合と同じような結果が得られた。また学生の理解の程度も、前年度と大きな違いはなかったように感じている。しかしながら、以下に示す2つの課題が残された。

① 人工廃水に関する考察について、成分等を含めた十分な説明が必要であること
② 栄養塩（アンモニア態窒素、リン酸イオン態リン）の濃度に関する実際の下水と人工廃水の差を小さくすること

今後は、より汚水に近い実験結果が得られるように、人工廃水の調整を検討するとともに、浄化槽流入水をオートクレーブ処理等により安全性を確保した試料を用いることも検討する。

参考文献

1) 国土交通省： 処理水，再生水の衛生学的水質検討プロジェクト活動報告書：国土技術製作総合研究所： ISSN1346-7328, 第460号, 平成20年4月
2) 内田勉、諏訪守、安井宣仁、岡本誠一郎：下水処理水の再生水利用における処理水質の信頼性評価手法検討：平成23年度下水道関係調査研究年次報告書集：土木研究所：ISSN0386-5878, 第4241号, pp.1-17, 平成24年10月
3) 金子光美：水の安全性と病原微生物－その歴史と現状、そして未来：モダンメディア：栄研化学株式会社：pp.20-27, 52巻, 3号, 2006
4) 文部科学省：調理場における衛生管理＆調理技術マニュアル：文部科学省スポーツ青少年局学校健康教育課： pp.60-62, 平成23年3月
5) 社団法人日本下水道協会：下水試験方法(上巻)：1997年版(第7版)：平成19年11月

Experiments in Sanitary Engineering using the Artificial Wastewater with Peptone

Naoki MIYAZATO, Kayoko OHNO, Masao MIYAMOTO
and Akihiro HORIO

We suggest that using the artificial wastewater for the experiments in sanitary engineering. The wastewater from the septic tank of our college is used on the experiments in sanitary engineering for 4th year students in department of civil engineering. The safety management was concerned for sanitary conditions. Therefore, the artificial wastewater with peptone, NaCl and kaolin was used for the experiments in sanitary engineering. The similar data were obtained at 15 kinds of water quality analysis, when we used the wastewater from the septic tank. However, the difference of NH_3-N and PO_4-P data were higher as compared with the wastewater from the septic tank data. The method of explanation for the artificial wastewater has to be improve. These results indicate that using the artificial wastewater on the experiments in sanitary engineering has a few improvement.

アルミナ微粒子に吸着させたナフタルイミド類のケイ光挙動

中島　敏*

（2014 年 11 月 27 日受理）

1. はじめに

ある分子がどのような波長の光を吸収して励起状態を生じ、そこからどのような波長の発光を示すのかを調べることは、化学的な視点として、その物質が光とどのように相互作用するのかを知ることになると同時に、工学的な視点では、発色材料としての評価につながる。

吸収スペクトルや発光スペクトルは、試料溶液に調製して測定されることが多い。これは、系をなるべくシンプルにするためである。つまり、希薄な溶液系では、光を吸収する分子は、周囲に溶媒分子が存在しているものの、その溶媒からの相互作用を除けば、ほぼ孤立しているとみなせるからである。

溶液中では自由に動いている試料分子が、固体の表面に吸着されたときに、その動きや構造に制限が生じる可能性がある。これが光吸収および光励起後の諸過程に対して、どのような影響を及ぼすのかに興味をもった。

溶液系での測定では、その濃度を比較的自由に変更できる。また、溶液中の試料分子は、三次元の広がりの中で別の試料分子と隔てられている。ところが、固体の表面は二次元であるので、同じ空間的隔たりを実現するためには、ガラスのような一様な固体平面に担持させるだけでは、測定に用いることのできる試料がかなり少なくなってしまう。これにより、吸収や発光の強度が下がり、装置の検出限界に近づくと測定結果の精度が落ちること、また、固体表面への担持量も、その絶対量が小さいことによる相対的な誤差が大きくなること、などが懸念される。

これらの問題を解決するためには、比表面積の大きな担体を用いる必要がある。比表面積の大きな吸着剤として、ゼオライト、シリカゲル、活性炭などが知られている。しかしながら、細孔をもつ吸着剤では、固体表面の形状が一様ではないため、試料と固体との相互作用も一様ではない。アルミノ珪酸塩の多孔質結晶であるゼオライトは、表面構造の繰り返し均一性が高いといえるが、それでも、分子サイズで見たときに一様であるとは言いがたい。これは、細孔にぴったりと嵌っている分子は、その周囲全体が固体表面からの相互作用を受けられるのに対し、細孔の外にある分子は、分子の表面の多くても半分しか固体表面からの相互作用がない、という意味での不均一性である。また、細孔に入っていても、その位置（周囲のくぼみの曲率や形状など）により、相互作用の大小、分子の変形や運動の自由度等にも異なる影響をもつと予想される。また、細孔のサイズによっては、小さな分子はその中に入り込めるものの、大きな分子では入りこめないといったことが起きるため、用いる試料の種類により、比表面積が変化する可能性がある。

そのため、測定試料を担持させる固体としては、構造が緻密であること、組成が均一であること、化学的に安定であること、また、それ自身が吸収や発光を示さないこと、などが望ましいと考えられる。

今回、この条件を満たす担体として、粒径のそろったアルミナ粉末を用いることとし、固体表面吸着系のケイ光測定の手法として適切であるかどうかを評価することを目的とした実験を行った。アルミナは、異なる粒径分布をもつものが容易に入手できるという利点がある。アルミナ粒子を、均一径をもつ真球とみなしたとき、その比表面積は、次式（1）で求めることができる。

$$\frac{\text{一粒子の表面積}}{\text{一粒子の質量}} = \frac{4\pi r^2}{\rho \times \frac{4}{3}\pi r^3} = \frac{3}{\rho \times r} \qquad \text{（式１）}$$

ここで、r は球の半径、ρ はアルミナの密度で、文献値は 4.0×10³ kg/m³ である。この式から判るように、比表面積は粒子径の逆数に比例するので、粒子径を変更することにより、適切な比表面積を選択することができると期待できる。ただし、実際の比表面積は、アルミナ粉末の形状により、この計算値より大きくなることが予想されるので、実測して用いる必要がある。

2. 実験

2.1 測定装置

ケイ光スペクトルの測定には、日立蛍光光度計（F-3010、および、F-4000）を用いた。ケイ光色素を担持させたアルミナ粉末を、1 mm × 10 mm の矩形セルに充填し、長軸が作る面を励起光に対し斜めに配置した。この際、自作のセルホルダを用い、セル表面からの反射光が観察方向に直接入らないよう、斜め 45 度、仰角 12.5 度に設置した。観察方向（励起光と直交した方向）からは、試料表面での励起光の散乱と、試料から

* 物質工学科

の発光が観測される。しかしながら、試料からの発光は励起光より長波長側に観測されるので、蛍光光度計に配置されている分光計で区別される。

2.2 測定試料

2.2.1 担体

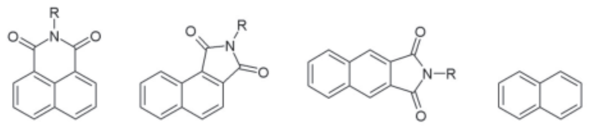
次に示す３種類の粒径を持つ市販のアルミナは、特に洗浄や精製することなく、そのまま用いた。これらの試料の比表面積は、QUANTA CHROME 製の高速比表面積測定装置 AUTO SORB-1 を用いて N_2 ガス吸着法により測定した。

表１　実験に用いたアルミナ試料

試薬	粒径	比表面積（m^2/g）
和光純薬 019-01975	45 μm	0.33
和光純薬 328-38382	80 nm	12.50
関東化学 01176-13	22.2～47.7 nm	41.56

2.2.2 ケイ光色素

ケイ光色素として、３種の *N*-ヘキシルナフタルイミド 1～3 およびナフタレン 4 を用いた。（図１）



1　2　3　4

図１　実験に用いたケイ光色素（R = n-C_6H_{13}）

ナフタレンは、古くから広く研究されているケイ光色素である。また、今回用いた３種類のナフタルイミドと共通の発色団をもつ。ナフタルイミドは、溶液中でのケイ光挙動が既知であることなどにより選定した。また、1～3 は、位置異性体の関係にあり、同じ分子量をもつ。これらは、いずれも平面性の高い構造をとり、固体表面に吸着する際の挙動が似ていると考えられる。更に、無置換のナフタレンは、容易に昇華することが知られているのに対し、*N*-ヘキシルナフタルイミドは、減圧下に加熱しない限り顕著な昇華挙動は示さない試料である。

ナフタレン 4 は、市販の試薬をエタノールから再結晶後、昇華精製して用いた。ナフタルイミド 1～3 は、酸無水物とアミンとの縮合反応により合成し、シリカゲルカラムクロマトグラフィーを用いて精製した。純度は、^{1}H-NMR の測定の他に、溶液系のケイ光測定により、一成分しか発光を示さないことにより確認した。

2.2.3 試料の担体への吸着

ケイ光色素を３桁以上の精度で秤取し、ジクロロメタンに溶解して均一溶液とした。メスフラスコとホールピペットを用いて、適当な倍率に希釈したのち、一定量をとり、ナスフラスコに入れた。この中に重量を測定したアルミナ粉末を加え、全体に馴染ませた。その後、ロータリーエバポレータを用いて、ナスフラスコを回転させながら溶媒を留去した。

この操作により、ナスフラスコの内側にも若干の試料が残る可能性がある。しかしながら、アルミナ粉末の量が十分である場合には、アルミナ粒子の表面積に対し、フラスコの内側の表面積は無視できるほど小さいと扱うことができる。そのため、*N*-ヘキシルナフタルイミドの担持量は、溶液として加えた全量がアルミナ上に吸着されたものとして算出した。

ナフタレンは、上記の操作の間に昇華した様子が見られたので、アルミナ担持試料の調製後、その一定量を秤取し、ジクロロメタンで洗浄後、その溶液を一定量にメスアップしてから溶液の吸光度を測定した。ナフタレンのモル吸光係数（文献値 7100 L/cm mol、波長 286 nm）により、溶液中のナフタレン濃度を決定し、アルミナへの担持量を決定した。

2.3 被覆率

この実験では、アルミナ粒子上の分子の密集状況が結果に大きく影響すると考えられる。そこで、アルミナ上に担持させた色素分子が一様に並んだときに必要とする面積が、アルミナの持つ表面積に占める割合を被覆率と定義した。

この際、色素がアルミナ表面に吸着されるとき、面の方向を下にして、水平に吸着していると仮定した。これは、分子と表面の間のファンデルワールス相互作用が最大になる配置である。この仮定により、分子一つが占める面積を、構造式から見積もることができる。ナフタレンは 2.8×10^{-19} m^2、３種の *N*-ヘキシルナフタルイミドは 4.4×10^{-19} m^2 とし、被覆率の計算に用いた。

3. 結果と考察

3.1 ナフタレン(4)

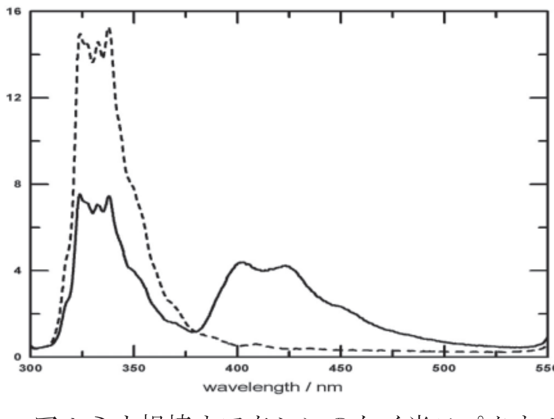


図２　アルミナ担持ナフタレンのケイ光スペクトル（被覆率　破線：1.2×10^2 %、実線：1.5×10^4 %）

アルミナに担持したナフタレン4のケイ光スペクトルを図2に示す。

375 nm より短波長に見られるケイ光は、溶液中のものと波長、形状ともに一致した。これは、アルミナ表面で単分子分散して吸着されているナフタレン分子からの発光であると考えられる。発光波長にシフトが見られなかったのは、ナフタレンはアルミナ表面との強い相互作用を持たない結果であると解釈できる。被覆率 1.2×10^{2} %の試料では、このケイ光しか見えなかった。グラフには示さないが、被覆率を 2.2×10^{-2} %、9.0×10^{-3} %と下げた試料についても、同じ挙動であった。

実線のスペクトルは、被覆率を上げ、1.5×10^{4} %としたときのものである。短波長側のケイ光に加えて、長波長側にややブロードな発光が観測されている。これは、アルキル鎖などで架橋されたナフタレン二量体が溶液中で示すエキシマー発光と波長が一致している。そのため、アルミナ表面での担持量が多い場合に、ナフタレンが積層しており、励起後にエキシマーが形成されていることを示す。

3.2 *N*-ヘキシル-1,8-ナフタルイミド(1)

図3に、試料1の溶液中とアルミナに担持した試料（被覆率 6.8×10^{3} %）のケイ光スペクトルを示す。

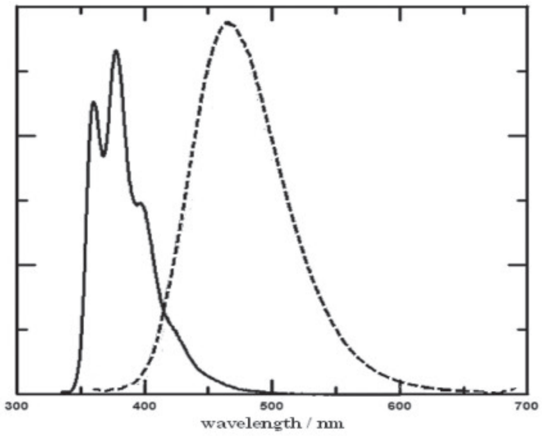


図3　ナフタルイミド1のケイ光スペクトル（実線：CH_2Cl_2 溶液、破線：アルミナ担持（被覆率 6.8×10^{3} %））

ナフタルイミド1はアルミナに担持されたとき、溶液系で見られたπ-π*ケイ光より長波長側にシフトしたブロードな発光を示した。このスペクトルは、図には示さないが、ナフタルイミド1の微結晶粉末をそのまま同じセルに入れて測定したケイ光スペクトルと完全に一致している。このことより、図3の破線のスペクトルは、過剰のナフタルイミド1が、アルミナの上で積層されていることを示す。

次に、図4に、同じ試料1のアルミナ上の担持量を下げた結果を示す。

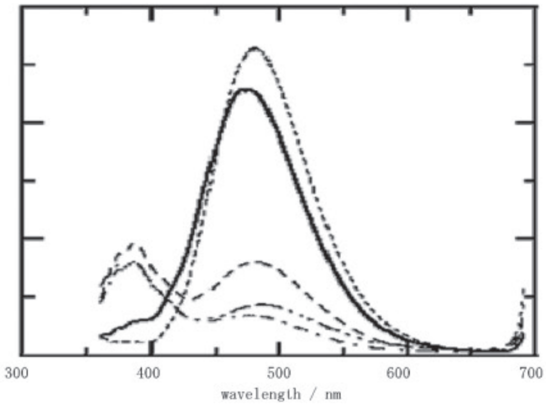


図4　アルミナ担持ナフタルイミド1のケイ光スペクトル（被覆率　実線 : 68 %、点線 : 34 %、破線 : 9.0 %、一点鎖線：1.8 %、三点鎖線：0.90 %）

被覆率が 9.0 % より小さいときに顕著になってくる 350〜450 nm にかけての発光は、溶液中のケイ光と近いため、アルミナ上で単分子として分散した試料分子からの発光であると考えられる。

図5には、アルミナ担持ナフタルイミド1のケイ光の極大波長を、被覆率を変えて測定した結果をまとめたグラフを示す。ただし、横軸は対数表記とした都合上、被覆率 100 % を SC = 1 としている。

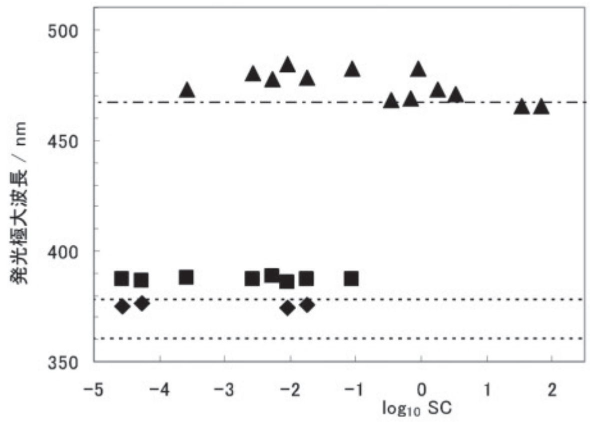


図5　アルミナ担持ナフタルイミド1の発光波長（破線：溶液中の発光極大（0-0：360 nm、0-1：377 nm）一点鎖線：微結晶の発光極大（467 nm））

アルミナ上で単分子分散された試料からの発光は、被覆率 10 % 程度より小さい場合に観測された。更に被覆率が小さい 6×10^{-3} % 以下では主となった。その極大波長は、被覆率による変化は見られなかったが、溶液中のスペクトルに比べて長波長シフトしていた。また、スペクトルの形状もややブロードになり、振動構造の切れ込みが浅くなっていた。これらは、アルミナの表面の極性構造が、カルボニル基の構造を通してイミドの励起状態を安定化した結果であると解釈できる。

長波長側の発光極大波長は、$\log_{10}SC=0$ より大、すなわち、被覆率が 100 %より大きいとき、微結晶を用いた発光極大と同じであったのに対し、被覆率が小さいときには更に長波長側にシフトした。これは、積層したイミドからだけではなく、数分子が集まって生じたオリゴマーがアルミナの表面で安定化を受け、480 nm 付近に極大をもつ長波長発光を示すためであると考えられる。

このようなオリゴマーを形成した１からの発光は、被覆率がかなり低い（0.027 %）試料からも確認できた。これは、アルミナ表面で単分子分散した１の割合の方が多くても、オリゴマーを形成している部分への励起エネルギー移動が生じているためである可能性が高い。

3.3 *N*-ヘキシル-1,2-ナフタルイミド(2)

図６に、アルミナ担持ナフタルイミド２のケイ光の極大波長を、被覆率を変えて測定した結果をまとめた。

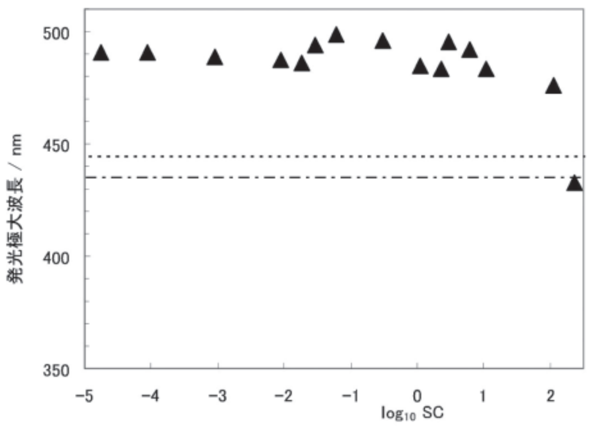


図６　アルミナ担持ナフタルイミド ２ の発光波長（破線：溶液中の発光極大（444 nm）、一点鎖線：微結晶の発光極大（435 nm））

この化合物は、ほとんどの被覆率の範囲に亘って、溶液中、または微結晶の積層試料中のいずれよりも長波長側に発光を示している。これは、試料１のときと同様にアルミナ表面による安定化の効果があるためと考えられるが、溶液中の発光極大と微結晶からの発光極大が近いため、アルミナ担持試料で観測された発光が、単分子分散した試料に由来するのか、オリゴマーに由来するのかは区別がつかなかった。

3.4 *N*-ヘキシル-2,3-ナフタルイミド(3)

図７に、アルミナ担持ナフタルイミド３のケイ光の極大波長を、被覆率を変えて測定した結果をまとめた。

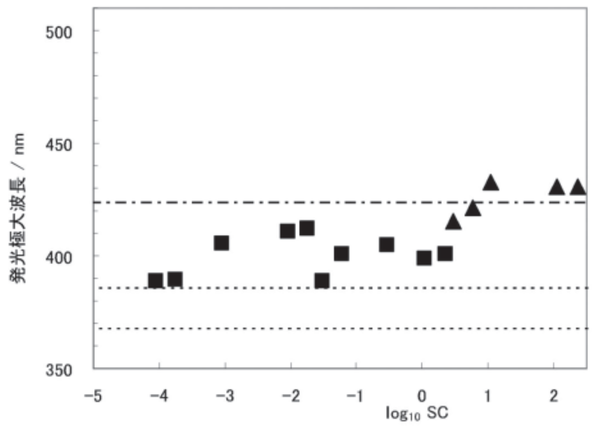


図７　アルミナ担持ナフタルイミド３の発光波長（破線：溶液中の発光極大（0-0：367 nm、0-1：386 nm）、一点鎖線：微結晶の発光極大（423 nm））

被覆率が 100 %より小さいとき、溶液中の発光より長波長側、微結晶を用いた発光極大より短波長側に極大を示した。これは、単分子分散した３からの発光であると考えられる。極大波長に幅があるのは、発光強度が小さかったことに由来する読み取りのばらつきである。

4. まとめ

粒径を変えたアルミナを用いることで、固体表面吸着量を、対数スケールで－５から＋２までの広い範囲で変化させ、ケイ光スペクトルを測定することができた。

ナフタレン４は、アルミナ表面との相互作用はほとんど示さなかったが、ナフタルイミド１～3 は、単分子、オリゴマーともにアルミナ表面からの相互作用により励起状態が安定化を受けていることが示された。

Fluorescence Study of Naphthalimides Absorbed on Alumina Particles.

Satoshi NAKAJIMA

Fluorescence spectra were measured of *N*-hexyl-naphthalimides absorbed on alumina particles, of which sizes were varied from 22 nm to 45 um, and the amount of the imides loading on the alumina particles were controlled so that logarithm of the coverage of the surface was the reach from -5 to +2. Naphtalimides which behaved as monomer or oligomer according to its amount were stabilized with alumina surface, and emission was red shifted than the fluorescence of the solution or neat crystals.

ガウス整数環とスーパーガウス整数環のゼータ関数

谷口 正*　　森下 奈保子†

(2014 年 11 月 27 日受理)

1　はじめに

数学最大の難問といわれるリーマン予想とは, リーマンゼータ

$$\zeta(s) = \sum_{n=1}^{\infty} n^{-s} = \prod_{p:\text{素数}} (1-p^{-s})^{-1}$$

の自明でない零点の実部がすべて $\frac{1}{2}$ になるという予想であり，1859 年に数学者リーマンが提出してから 150 年以上経った今でもまだ未解決である ([2],[3])．ミレニアム問題として, 日本円にして約 1 億円の懸賞問題でもある.

我々の興味の理由は, リーマン予想の解決に向かう方向が,「新しい空間概念の発見」の方向にあるような気がするからである．我々の興味である「点とは何か」「素数とは何か」さらに云うと「量子化とは何か」「超対称性とは何か」などの素朴な問題に根付いている気がするからである．リーマン予想の解決は全ての数学に測り知れない影響を与えると予想される．そして重要なことは, リーマン予想の解決への様々な試み事態が数学の発展に強い影響があるということである．その一つの我々の興味ある動向として, 黒川, マニン, コンヌたちの一元体 $\mathbb{F}_1$ 上で考える絶対数学の研究がある.

本研究は，新しく定義したスーパーガウス整数環のゼータを考察することを目的とする．三種類のゼータのうち一つは絶対井草ゼータと一致することが示される（系 1). これがどんな意味があるのか, たまたま偶然一致したのか, 現段階では解らない．スーパーガウス整数環は先ほどの「超対称性とは何か」を意識して考えた出された対象である．まだ全くの初歩の研究段階で, スーパーガウス整数環について考えるべきことは山ほどある.

2　ガウス整数環

環の定義は以下である.

集合 R に演算 $+,\cdot$ が入っていて，次の条件を満たす.

(1)$(R,+)$ は可換な加法群.

(2)$(R,\cdot)$ はモノイド（単位元をもつ半群).

(3) 分配法則をみたす.

最も基本的な環の例は整数 $\mathbb{Z}$ に通常の和と積を入れた有理整数環 $(\mathbb{Z},+,\cdot)$ である.

ガウス整数環の定義は以下である ([1]).

$$\mathbb{Z}[i] = \{n+mi \mid i^2=-1\ ,\ n,m\in\mathbb{Z}\}$$

ガウス整数 ρ について，真の約数を持たず，0 でも単数 $(\pm1,\pm i)$ でもないとき，ρ をガウス素数という. 例えば, $1+i, 2+i, 3, 3+2i$ などである. 有理素数 2 は，ガウス整数においては $2=(1+i)(1-i)$ と分解することができるので，ガウス素数ではない. このように、有理素数がガウス素数であるとは限らない. また，単数因数 ($\pm\alpha, \pm i\alpha$ ただし,$\alpha\in\mathbb{Z}[i]$) の違いと順序の違いを除けば，素因数分解の一意性が成立する.

ガウス整数 $\alpha = n+mi\quad(n,m\in\mathbb{Z})$ のノルムは

$$N(\alpha) = \alpha\overline{\alpha} = n^2+m^2$$

と定義されている．また，次の 2 つの性質を満たす.

(1)　$N(\alpha)$ は，0 または正の整数である.

　このとき, $N(\alpha)=0 \Leftrightarrow \alpha=0$

(2)　$N(\alpha\beta)=N(\alpha)N(\beta)$

ガウス素数は次のように判定することができる.

* 一般教科（自然科学)
† お茶の水女子大学理学部数学科

ガウス素数の判定

ガウス整数 α に対し,
$N(\alpha)$ が有理素数　$\Rightarrow \alpha$ がガウス素数

ただし，この逆は成り立たないことに注意する．例えば，3 はガウス素数だが，$N(3) = 9$ なのでノルムは有理素数にはならない．

有理素数について，次の定理からガウス素数に分解することができる．

有理素数の分解定理

奇素数 p に対して,
(1)　$p \equiv 1(\mathrm{mod}4)$ のとき p は互いに共役なガウス素数の $\alpha, \overline{\alpha}$ の積に分解される．
$\because p = \alpha\overline{\alpha} = n^2 + m^2$
　よって p はガウス素数ではない．
(2)　$p \equiv 3(\mathrm{mod}4)$ のとき p はガウス素数．

有理整数環 $\mathbb{Z}$ において，$n\mathbb{Z}$(n の倍数全体) はイデアルであり，$\mathbb{Z}/n\mathbb{Z} = \{0, 1, 2, \cdots n-1\}$ は環をなし，n を法とした剰余環という．n が有理素数 p とすると，$p\mathbb{Z}$ は素イデアルであり，$\mathbb{Z}/p\mathbb{Z} = \{0, 1, 2, \cdots p-1\}$ は体をなし，p を法とした剰余体という．

これと同様なことがガウス整数環においても成り立つ．ガウス整数環 $\mathbb{Z}[i]$ において，ガウス整数 ρ に対して $\rho\mathbb{Z}[i] = (\rho) = \{\rho\alpha \mid \alpha$ は任意の複素整数 $\}$ はイデアルであり，$\mathbb{Z}[i]/(\rho)$ は環である．

$\mathbb{Z}[i]$ において，ガウス整数 $\rho \neq 0$ に対し，次の 3 条件は同値である：
(1)ρ はガウス素数
(2)(ρ) は素イデアル
(3)$\mathbb{Z}[i]/(\rho)$ は体
以下が成り立つことが知られている．

命題 1. ([1])
(1) ガウス素数 ρ で $p = \rho\overline{\rho}$, $p \equiv 1(\mathrm{mod}4)$ の有理素数の因数のとき

$$\mathbb{Z}[i]/(\rho) \cong \mathbb{F}_p \ , \ N(\rho) = p$$

(2) ガウス素数 $p \equiv 3(\mathrm{mod}4)$ の有理素数のとき

$$\mathbb{Z}[i]/(p) \text{ の素体} \cong \mathbb{F}_p \ , \ N(p) = p^2$$

3　環のゼータ

一般の環 A のゼータの定義を 2 種類示す ([2],[3]).

$$\zeta_A(s) = \sum_{\substack{I \subset A \\ \text{イデアル}}} N(I)^{-s} \tag{1}$$

$$\zeta_A(s) = \prod_{\substack{M \subset A \\ \text{極大イデアル}}} (1 - N(M)^{-s})^{-1} \tag{2}$$

ここで，I は A のイデアルで $N(I) = |A/I| < \infty$ となるものを動き，M は A の極大イデアルを動く．$N(M) = |A/M|$ は剰余体 A/M の位数を表す．(1) 式の定義は，少なくとも A が有限環や代数体の整数環のような 0 次元や 1 次元の環の場合に有効であり，良いゼータになる．(2) 式の定義は，高次元の環に対して使われる．

有理整数環 $\mathbb{Z}$ において，$n\mathbb{Z}$(n の倍数全体）はイデアルであり，(1) 式の定義に当てはめるとリーマンゼータになる．また，ガウス整数環 $\mathbb{Z}[i]$ においても，有理整数環 $\mathbb{Z}$ の場合と同じく $\sigma\mathbb{Z}[i]$ ($\sigma = a + bi$ の倍数全体) がイデアルになり，ゼータは

$$\zeta_{\mathbb{Z}[i]}(s) = \frac{1}{4} \sum_{\substack{a,b=-\infty \\ (a,b)\neq(0,0)}}^{\infty} (a^2 + b^2)^{-s} = \zeta(s)L(s)$$

ただし，

$$L(s) = \prod_{p:\text{奇素数}} (1 - (-1)^{\frac{p-1}{2}} p^{-s})^{-1}$$

となることが知られている．これをデデキントゼータという．

4　合同ゼータ

(2) 式の環のゼータを拡張すると，

$$\zeta_A(s) = \exp\left(\sum_{m=1}^{\infty} \frac{|\mathrm{Hom}(A, \mathbb{F}_{p^m})|}{m} (p^{-s})^m\right)$$

という合同ゼータになる．ここで $\mathbb{F}_{p^m}$ は p^m 元体であり，p 元体を m 次拡大したものである。$\mathrm{Hom}(A, \mathbb{F}_{p^m})$ とは A から $\mathbb{F}_{p^m}$ への $\mathbb{F}_p$-代数準同型全体である．

$A = \mathbb{F}_p$ のときには

$$\zeta_{\mathbb{F}_p}(s) = \exp\left(\sum_{m=1}^{\infty} \frac{1}{m} (p^{-s})^m\right) = (1 - p^{-s})^{-1}$$

となって，リーマンゼータのオイラー積の p 因子がでてくる ([2],[3]).

そこでガウス素数 ρ の素イデアル (ρ) を法とする“剰余体”$\mathbb{Z}[i]/(\rho)$ を A に当てはめると次の定理が得られた．

定理 1. 命題1より，２種類のガウス素数について，
(1) $\rho = c+di$（ただし, $p \equiv 1(\text{mod}4)$ で $p=(c+di)(c-di)$ と分解できる）のとき，$A=\mathbb{Z}[i]/(\rho)$ でのゼータは

$$\zeta_{\mathbb{Z}[i]/(\rho)}(s) = (1-p^{-s})^{-1}$$

(2) $p \equiv 3(\text{mod}4)$ のとき，$A=\mathbb{Z}[i]/(p)$ でのゼータは

$$\zeta_{\mathbb{Z}[i]/(p)}(s) = (1-2p^{-s})^{-1}$$

証明. (1) ガウス素数 ρ が $p \equiv 1(\text{mod}4)$ の因数のとき，ρ を法とする剰余体 $\mathbb{Z}[i]/(\rho)$ の元の数は,

$$|\mathbb{Z}[i]/(\rho)| = \rho\overline{\rho} = p$$

であり，これは p 元体 $\mathbb{F}_p$ の元の数と等しいので，体として同型であるといえる。よって，$\mathbb{Z}[i]/(\rho) \simeq \mathbb{F}_p$ となり，合同ゼータの定義に当てはめると,

$$\begin{aligned}
\zeta_{\mathbb{Z}[i]/(\rho)}(s) &= \exp\left(\sum_{m=1}^{\infty} \frac{|\text{Hom}(\mathbb{Z}[i]/(\rho)\mathbb{F}_{p^m})|}{m}(p^{-s})^m\right) \\
&= \exp\left(\sum_{m=1}^{\infty} \frac{|\text{Hom}(\mathbb{F}_p,\mathbb{F}_{p^m})|}{m}(p^{-s})^m\right) \\
&= \exp\left(\sum_{m=1}^{\infty} \frac{(p^{-s})^m}{m}\right) \\
&= (1-p^{-s})^{-1}
\end{aligned}$$

(2) ガウス素数 $p \equiv 3(\text{mod}4)$ のとき，p を法とする剰余体 $\mathbb{Z}[i]/(p)$ の元の数は,

$$|\mathbb{Z}[i]/(p)| = p^2$$

であり，これはこれは p 元体を２次拡大した $\mathbb{F}_{p^2}$ の元の数と等しいので，体として同型であるといえる。よって，$\mathbb{Z}[i]/(p) \simeq \mathbb{F}_{p^2}$ となり, 合同ゼータの定義に当てはめると,

$$\begin{aligned}
\zeta_{\mathbb{Z}[i]/(\rho)}(s) &= \exp\left(\sum_{m=1}^{\infty} \frac{|\text{Hom}(\mathbb{Z}[i]/(p)\mathbb{F}_{p^m})|}{m}(p^{-s})^m\right) \\
&= \exp\left(\sum_{m=1}^{\infty} \frac{|\text{Hom}(\mathbb{F}_{p^2},\mathbb{F}_{p^m})|}{m}(p^{-s})^m\right) \\
&= \exp\left(\sum_{m=1}^{\infty} \frac{(2p^{-s})^m}{m}\right) \\
&= (1-2p^{-s})^{-1}
\end{aligned}$$

□

(1) は，リーマンゼータのオイラー積の p 因子になっていることがわかる．また (2) を，素数全体で掛け合わせれば新たなゼータが得られる．

5　スーパーガウス整数環のゼータ

谷口・森下によって以下のように新しい環を定義した．

$$\mathbb{Z}[\theta] = \{a+b\theta \mid \theta^2=0, a,b \in \mathbb{Z}\}$$

これをスーパーガウス整数環と呼ぶ．ここで，θ は１次元グラスマン代数の生成元で, 変数と考える場合と i と同様に定数のように扱う場合がある．θ を１次元グラスマン代数の生成元と考える場合, $\mathbb{Z}[\theta]$ は多項式環 $\mathbb{Z}[T]$ の剰余環 $\mathbb{Z}[T]/(T^2)$ とは異なる対象であることを注意しておく．また，$\mathbb{Z}[\theta]$ はベキ零元を含む環としても興味があると考えられる．

$\mathbb{Z}[\theta]$ のイデアルは $(\varepsilon)=\varepsilon\mathbb{Z}[\theta](\varepsilon=a+b\theta\ ,\ a,b\in\mathbb{Z})$ である．これを環のゼータの定義 (1) にあてはめ, 以下の定理を得た．

定理 2.

$$\mathbb{Z}[\theta] = \{a+b\theta \mid \theta^2=0\ ,\ a,b \in \mathbb{Z}\}$$

の環において，イデアル (ε) のノルムは $a^2, |a|, |a|+|b|$ の３通り考えられ, それぞれのゼータは以下である．

$$\begin{aligned}
\zeta_{\mathbb{Z}[\theta]}(s) &= \zeta(2s) \\
\zeta_{\mathbb{Z}[\theta]}(s) &= \zeta(s) \\
\zeta_{\mathbb{Z}[\theta]}(s) &= \zeta(s)+\zeta(s-1)
\end{aligned}$$

証明. (1)　$N((\varepsilon)) = a^2$ のとき
環のゼータの定義 (1) より,

$$\zeta_{\mathbb{Z}[\theta]}(s) = \sum^{\infty} N((\varepsilon))^{-s} = \frac{1}{2}\sum_{\substack{c=-\infty\\ c\neq 0}}^{\infty} c^{-2s} = \zeta(2s)$$

(2)　$N((\varepsilon)) = |a|$ とき
同様にして,

$$\zeta_{\mathbb{Z}[\theta]}(s) = \frac{1}{2}\sum_{\substack{c=-\infty\\ c\neq 0}}^{\infty} |c|^{-s} = \zeta(s)$$

(3)　$N((\varepsilon)) = |a|+|b|$ のとき
同様にして,

$$\zeta_{\mathbb{Z}[\theta]}(s) = \frac{1}{4}\sum_{\substack{c,d=-\infty\\ (c,d)\neq(0,0)}} (|c|+|d|)^{-s} = \zeta(s)+\zeta(s-1)$$

□

いずれもリーマンゼータの形で示せるため，自然なゼータだといえる．

6 $\mathbb{F}_1$-代数と一元体 $\mathbb{F}_1$

$\mathbb{F}_1$-代数とは，集合に一つの演算が定義されていて，3 つの条件 (1) 結合法則，(2) 単位元が存在，(3) 零元が存在，を満たすものである．また，(1),(2) を満たすものをモノイドという．モノイド X に対して集合を

$$\mathbb{F}_1[X] = \begin{cases} X & (X \text{ が零元を含むとき}) \\ X \cup \{0\} & (X \text{ が零元を含まないとき}) \end{cases}$$

とおくことができる．モノイド X から作られる $\mathbb{F}_1$-代数を $\mathbb{F}_1[X]$ と表記する．

一元体 $\mathbb{F}_1$ とは，単位元のみからなる群 $G = \{1\}$ に対し零元を添加して作ったモノイド G' のことである．すなわち，集合としては

$$\mathbb{F}_1 = \{1\}' = \{1\ \} \cup \{0\}$$

であり，群 G から作られる一元体 $\mathbb{F}_1$ を $\mathbb{F}_1[G]$ と表記する．

一元体 $\mathbb{F}_1$ は二元体 $\mathbb{F}_2 = \{0, 1\}$ と外見上似ているように見えるが，$\mathbb{F}_2$ には和が定義されているのに対して，$\mathbb{F}_1$ では定義されていないという決定的な違いがある．この「和を忘れる」という行為が絶対数学において大きく影響してくる ([3])．一元体 $\mathbb{F}_1$ は体ではないことに注意する．

また，自然数 N に対して

$$\mathbb{F}_{1^m} = \mu_N \cup \{0\} = \mathbb{F}_1[\mu_N]$$

とおく．ここで μ は 1 の N 乗根全体の群である．たとえば,

$$\begin{aligned} &\mathbb{F}_{1^1} = \{1, 0\} = \mathbb{F}, \\ &\mathbb{F}_{1^2} = \{1, -1, 0\}, \\ &\mathbb{F}_{1^3} = \{1, \frac{-1+\sqrt{3}i}{2}, \frac{-1-\sqrt{3}i}{2}, 0\}, \\ &\mathbb{F}_{1^4} = \{1, i, -1, -i, 0\} \end{aligned}$$

である ([2]).

7 絶対井草ゼータ

井草ゼータは井草準一が創始したゼータであり, ゼータに日本人名がついている珍しい例である．

$\mathbb{Z}$-代数 A の井草ゼータは,

$$\zeta_A^{Igusa}(s) = \sum_{m=1}^{\infty} \frac{|\mathrm{Hom}(A, \mathbb{Z}/m\mathbb{Z})|}{m^s}$$

と定義される．

このとき, オイラー積

$$\zeta_{A/\mathbb{Z}}^{Igusa}(s) = \prod_{p:\mathrm{prime}} \zeta_{A/\mathbb{Z}}^{p}(s),$$

$$\zeta_{A/\mathbb{Z}}^{p}(s) = \sum_{k=0}^{\infty} |\mathrm{Hom}(A, \mathbb{Z}/p^k\mathbb{Z})| p^{-ks}$$

をもつ．定義は合同ゼータに似ているが，考えている準同型の行き先が，合同ゼータでは有限体 $\mathbb{F}_{p^m}$ であるのに対し，井草ゼータでは有限環 $\mathbb{Z}/m\mathbb{Z}$ である点が大きく異なる．

これを $\mathbb{F}_1$-代数上で考えると，群として

$$\mu_m \cong \mathbb{Z}/m\mathbb{Z}$$

であることから，$\mathbb{F}_1$-代数 A の絶対井草ゼータは

$$\zeta_A^{Igusa}(s) = \sum_{m=1}^{\infty} \frac{|\mathrm{Hom}(A, \mathbb{F}_{1^m})|}{m^s} \tag{3}$$

と定義できる ([2],[3]). ここで $\mathbb{F}_{1^m} = \mu_m \cup \{0\}$.

また，素スペクトルを用いて次のようにも書き表すことができる．環 R に対して R の素イデアル全体の集合を $\mathrm{Spec}(R)$ と書き，素スペクトルという．

$$\zeta^{Igusa}(s, X) = \sum_{m=1}^{\infty} \frac{|\mathrm{Hom}(\mathrm{Spec}(\mathbb{F}_{1^m}), X)|}{m^s} \tag{4}$$

ただし，X は $X = \mathrm{Spec}(A)$ である．

命題 2. ([4],[5])

$X = \mathbf{A}^1(\mathbb{F}_1)$ のとき,

$$\zeta^{Igusa}(s, \mathbf{A}^1(\mathbb{F}_1)) = \zeta(s) + \zeta(s-1)$$

ただし，$\mathbf{A}^1(\mathbb{F}_1)$ は $\mathbb{F}_1$ 上 1 次元アファイン空間である．

証明 1

Spec A=$\mathbf{A}^1(\mathbb{F}_1)$ を満たす $\mathbb{F}_1$-代数 A は，一元体 $\mathbb{F}_1$ であると考えられる．よって，絶対井草ゼータの定義 (3) 式より,

$$\begin{aligned} \zeta_A^{Igusa}(s) &= \sum_{m=1}^{\infty} \frac{|\mathrm{Hom}(\mathbb{F}_1,\ \mathbb{F}_{1^m})|}{m^s} = \sum_{m=1}^{\infty} \frac{m+1}{m^s} \\ &= \zeta(s) + \zeta(s-1) \end{aligned}$$

となり，命題を得る． □

証明 2

ダイトマーによって次の公式が成り立つ．

$$X(\mathbb{F}_A) = \mathrm{Hom}(\mathrm{Spec}(\mathbb{F}_A), X)$$

A はモノイド, $\mathbb{F}_A$ は A から作られる $\mathbb{F}_1$-代数．これより，$X = \mathbf{A}^1(\mathbb{F}_1)$ のとき，$\mathrm{Hom}(\mathrm{Spec}(\mathbb{F}_{1^m}), \mathbf{A}^1(\mathbb{F}_1)) =$

$\mathbf{A}^1(\mathbb{F}_{1^m})$ が成り立つ．よって絶対井草ゼータ関数の定義 (4) 式を用いると，

$$\zeta_A^{Igusa}(s, \mathbf{A}^1(\mathbb{F}_1)) = \sum_{m=1}^{\infty} \frac{|\mathbf{A}^1(\mathbb{F}_{1^m})|}{m^s} = \sum_{m=1}^{\infty} \frac{m+1}{m^s} = \zeta(s) + \zeta(s-1)$$

となり，命題を得る． □

これより，スーパーガウス整数環のゼータのひとつと，$\mathbb{F}_1$-代数上の絶対井草ゼータが一致していることがわかる．

系 1. 定理 2 のノルムが $N((\varepsilon)) = |a| + |b|$ のときのスーパーガウスゼータは，命題 2 の絶対井草ゼータと一致している．

8　今後の課題

以下のような問題が考えられる．

1. 定理 1 の (2) に対するリーマン予想の類似性を調べる．
2. 定理 1 を $\mathbb{F}_1$-合同ゼータで考える．
3. スーパーガウス整数環 $\mathbb{Z}[\theta]$ の素元を決定する．
4. $\mathbb{Z}[\theta]$ のある種の剰余環を構成し，そのゼータを定義する．
5. $\mathbb{Z}[\theta]$ の井草ゼータと絶対井草ゼータを構成する．

参考文献

[1] 加藤明史, ガウス 整数論への道, 現代数学社, 2009.

[2] 黒川信重, リーマン予想の 150 年, 岩波書店, 2009.

[3] 黒川信重・小山信也, 絶対数学, 日本評論社 ,2010.

[4] A. Deitmar, Schemes over F_1, arXiv:math /0404185,2006.

[5] A. Deitmar, S. Koyama, N. Kurokawa, Absolute zeta functions, Documenta Math.141-142,2008.

Zeta Functions on Gauss Integer Ring and Super Gauss Integer Ring

Naoko MORISHITA and Tadashi TANIGUCHI

In this paper we study the Zeta functions on the Gauss integer ring and super Gauss integer ring. We define the super Gauss integer ring $\mathbb{Z}[\theta] = \{a + b\theta \mid \theta^2 = 0, a, b \in \mathbb{Z}\}$. There are three different types of norms according to a^2, $|a|$ and $|a| + |b|$. Then we have the three types of Zeta functions with respect to three types of norms, respectively. We see that the one of the three types coincides with absolute Igusa Zeta on the one dimensional affine space $\mathbb{A}^1(\mathbb{F}_1)$ on $\mathbb{F}_1$-algebra .

群馬高専レビュー要項

（平成20年７月15日改訂）

１．名称について

本誌の名称を，群馬高専レビュー（THE GUNMA-KOHSEN REVIEW）と定める（通称「レビュー」と言う）。

「レビュー」の発行は，年１回年度末までに行う。

２．編集発行事務について

「レビュー」の編集発行は，教育研究委員会がこれを行う。

教育研究委員会には，常任編集委員若干名をおき，教育研究委員会委員長がこれを総括する。

事務は，総務課総務・広報・評価係においてこれを処理する。

３．内容と目的について

「レビュー」は，高専教育の向上と本校教職員の研究成果を公表することを主目的とし，オリジナリティーのある未発表の論文を原則とする。

４．投稿資格について

投稿者は，原則として本校の専任教職員に限る。ただし，共同発表に関しては本校の専任教職員が代表者である場合に限り，外部の研究・教育及びそれに相当する機関に所属する者についてのみ許される。

また，論文の投稿者名は，事前に提出する申込書に記された投稿者と同一であることとする。

５．体裁について

(1) 印刷上の体裁

Ａ４判，本文10ptフォント，ヨコ２段組とする。なお，特別のタテ書き原稿はタテ２段組とし巻末からおこす。

(2) 掲載順について

論文は，理工系・人文系に大別し，その掲載は受理日の順とする。ただし関連論文はなるべくまとめる。

(3) 体裁の統一について

執筆要領の詳細は別に定めるが，論文提出について，体裁の統一上必要な修正を編集委員から依頼することがある。

６．その他

(1) 原稿の執筆・投稿・受理に関しては，別に定める「群馬高専レビュー執筆・投稿要領」による。

(2) 別刷の作成は，原則として，自己の研究費負担とする。

群馬高専レビュー執筆・投稿要領

（平成22年6月10日改訂）

群馬　太郎*　高専　花子**

（20××年11月27日受理）

１．原稿形式について

A4判の白上質紙を用い，和文ヨコ書き・和文タテ書き・欧文原稿のすべてにおいて，タイトルページは2つの部分で構成されます.

タイトル部分：1段組（題目，著者，受理年月日）

本文部分　　：2段組

１．１　タイトル部分のレイアウトとフォント

全てのページのマージンはこのサンプルのように上辺25mm，下辺30 mm，左右ともに14 mmに設定して下さい.

そして，以下次の順にタイトル部分の構成要素を書いて下さい.

タイトル：ゴシック体20pt フォント，センタリング
　　　（約 10 mm のスペース）

著者名：明朝体 14 pt フォント，センタリング
　　　（約 5 mm のスペース）

受理年月日：明朝体 12pt フォント，センタリング

著者と所属（フッタ）とは*印で対応づけて下さい.

１．２　本文部分のレイアウトとフォント

本文と受理年月日の間に約 10 mm のスペースを設けて下さい.

本文は2段組で，左右のマージンは 14mm ずつ，段と段との間のスペースは約 6 mm とします.

和文ヨコ書き：25文字×48行程度

和文タテ書き：35文字×33行程度

欧文原稿　　：25文字×48行程度

本文には明朝体 10 pt フォントを用いて下さい.

１．３　フッタ

著者に対応する所属を記入して下さい．なお，群馬高専に所属している場合には，学科名のみ記入して下さい.

１．４　原稿枚数について

原稿枚数は，12ページ以内として下さい.

*○○工学科　**○○センター

２．見出し（見出しが1行以上に長くなるときはこの例のようにインデントし折り返す）

２．１　見出しのレベル

見出しのレベルは**章**，**節**の2段階までとします．**章**の見出しはゴシック体とし，**２．**などの数字に続けて書きます．また，見出しの上下に1行程度のスペースを設けて下さい．ただしページや段が切り替わる部分は章の見出しが最上部に来るよう調整して下さい.

２．２　節の見出し

節の見出しもゴシック体で，**２．１**などの数字に続けて書きます．見出しの上だけに1行程度のスペースを空けて下さい.

表-1　表のキャプションは表の上に置く．このように長いときはインデントして折り返す.

資料番号	高さ h (m)	幅 w(m)
1	1.45	0.25
2	1.75	0.40
3	1.90	0.65

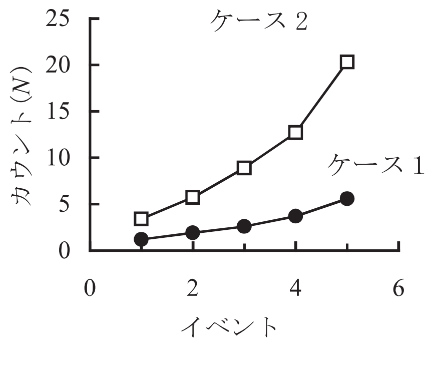


図-2　図のキャプションは図の下に置く

３．図表および注

３．１　図表の位置

図表はそれらを最初に引用する文章と同じページに置くことを原則とします．図表の横幅は，「2段ぶち抜き」あるいはこのサンプルの**表-1** や**図-2** のように「1段の幅いっぱい」のいずれかとします．

３．２　図表中の文字およびキャプション

図表のキャプションは，図の場合は下方に**図−1**，**図−2**のごとく，表の場合は，表の上方に**表−1**，**表−2**のごとく付記して下さい．欧文原稿の場合は，Fig.1やTable 1として下さい．長いキャプションは**表-1** のようにインデントして折り返します．

３．３　注

注は脚注・章末注の２本だてとして下さい．引用文献の注記やその他くわしい注記は章末注にまとめ，脚注は最小限にとどめることとします．脚注番号は，＊印で＊，＊＊のごとく，章末記号は，片バーレーンで１），２）のごとく記して下さい．

４．最終ページおよび英文要旨

原稿が和文の場合，または英語以外の外国語で書かれた場合には，英文による論文題目，著者名及び400語程度の論文要旨が必要となります．

最終ページに，英文のタイトル，著者名および要旨を横1段組で書きます．　タイトルは，Times New RomanのBold(太字)で20pt，著者名は，Times New Romanで14pt，要旨は，Times New Romanで10ptとします．

なお，和文タテ書きの場合は，英語要旨は別ページにして下さい．

５．原稿の提出・受理について

投稿希望者は，７月末までに「群馬高専レビュー投稿申込書」を総務・広報・評価係担当者に提出して下さい．

原稿は，締切日までに総務・広報・評価係担当者に提出して下さい．提出日を以て論文受理日付とします．その際，本論文にコピー１部を添付すると共に，電子ファイルを担当者に送付して下さい．

申込書や原稿が期日に遅れた場合，投稿要領に著しく反している場合は受理されないことがあります．また，原稿締切日以降の原稿内容の変更は認めません．

６．著作権

「群馬高専レビュー」に掲載された論文の著作権*のうち，複製権および公衆送信権は，群馬工業高等専門学校に帰属するものとします．

なお，営利を目的とせず，著作者自身が論文の複製および公衆送信を行う場合，群馬工業高等専門学校は，著作者からの申し出がなくてもこれを許諾します．その際，著作者は，出典（誌名・巻号・ページ・掲載年）を明記することとします．

*著作権法第21条から第28条に規定する権利

参考文献

1) 群馬太郎，高専花子：高等教育の展望，教育研究センター，第 40 巻，pp. 40-46，2006.
2) 日本研究協会：高等教育・研究機関における最先端研究戦略、工学部門編，pp.110-120，2007.
3) Gunma，T. and Kousen，H. ：A Study on the Evolution of Education and Research in the Natinal College of Technology, Journal of Education Research Center， pp.110-120, 2007.

Print Sample for Japanese Manuscript for the GUNMA-KOUSEN REVIEW

Taro GUNMA and Hanako KOUSEN

The present paper has been made as a print sample of the Japanese manuscripts for the GUNMA-KOUSEN REVIEW. Its text describes instructions to prepare the manuscripts: the layout; the font styles and sizes; and others. If you replace the text or the figures of the present file by your own ones, using CUT & PASTE procedures, you can easily make your own manuscripts.

This English ABSTRACT has narrower width than the main text by 10 mm from the left and the right margins of the main text, respectively. Font used here is Times-Roman 10pt. The length should be within 7 lines. It is preceded by the title and the authors; both are centered and the font size is 12pt.

Print Sample for Japanese Manuscript for the GUNMA-KOUSEN REVIEW

Taro GUNMA and Hanako KOUSEN

The present paper has been made as a print sample of the Japanese manuscripts for the GUNMA-KOUSEN REVIEW. Its text describes instructions to prepare the manuscripts: the layout; the font styles and sizes; and others. If you replace the text or the figures of the present file by your own ones, using CUT & PASTE procedures, you can easily make your own manuscripts.

This English ABSTRACT has narrower width than the main text by 10 mm from the left and the right margins of the main text, respectively. Font used here is Times-Roman 10pt. The length should be within 7 lines. It is preceded by the title and the authors; both are centered and the font size is 12p.

広報・評価係担当者に提出して下さい。

原稿は、締切日までに総務・広報・評価係担当者に提出して下さい。提出日を以て論文受理日付とします。その際、本論文にコピー一部を添付すると共に、電子ファイルを担当者に送付してください。

申込書や原稿が期日に遅れた場合、投稿要領に著しく反している場合は受理されないことがあります。また、原稿締切日以降の原稿内容の変更は認めません。

六、著作権

「群馬高専レビュー」に掲載された論文の著作権*のうち、複製権及び公衆送信権は、群馬工業高等専門学校に帰属するものとします。

なお、営利を目的とせず、著作者自身が論文の複製および公衆送信を行う場合、群馬工業高等専門学校は、著作者からの申し出がなくてもこれを許諾します。その際、著作者は、出典（誌名・巻号・ページ・掲載年）を明記することとします。

*著作権法第二一条から第二八条に規定する権利

参考文献

(一) 群馬太郎、高専花子：高等教育の展望、教育研究センター、第四〇巻、四〇頁—四六頁、二〇〇六

(二) 日本研究協会：高等教育・研究機関における最先端研究戦略、工学部門編、一一〇頁—一二〇頁、二〇〇七

見出しのレベルは**章**、**節**の二段階までとします。**章**の見出しはゴシック体とし、二、などの数字に続けて書きます。また、見出しの左右に一行程度のスペースを設けて下さい。ただしページや段が切り替わる部分は章の見出しが最右部に来るよう調整して下さい。

二、二　節の見出し

節の見出しもゴシック体で、「二、一」などの数字に続けて書きます。見出しの右だけに一行程度のスペースを空けて下さい。

三、図表および注

三、一　図表の位置

図表はそれらを最初に引用する文章と同じページに置くことを原則とします。図表の横幅は、「二段ぶち抜き」あるいはこのサンプルの**表**や**図**のように「一段の幅いっぱい」のいずれかとします。

三、二　図表中の文字およびキャプション

表及び図のキャプションは、左におき、長くなる場合はインデントして折り返してください。

三、三　注

注は脚注・章末注の二本だてとして下さい。引用文献の注記やその他くわしい注記は論文本文の最後にまとめるか、章末注にまとめ、脚注は最小限にとどめることとします。脚注番号は、＊印で＊、＊＊のごとく、章末記号は㈠、㈡のごとく記して下さい。

資料番号	高さ h (m)	幅 w(m)
1	1.45	0.25
2	1.75	0.40
3	1.90	0.65
4	1.45	0.25
5	1.75	0.40
6	1.90	0.65
7	1.45	0.25
8	1.75	0.40
9	1.90	0.65
10	1.45	0.25
11	1.75	0.40
12	1.90	0.65
13	1.45	0.25
14	1.75	0.40
15	1.90	0.65
16	1.90	0.65

表１　表および図のキャプションは表の左に置く。このように長いときはインデントして折り返す。

四、最終ページおよび英文要旨

原稿が和文の場合、または英語以外の外国語で書かれた場合には、英文による論文題目、著者名及び四百語程度の論文要旨が必要となります。別ページに、英文のタイトル、著者名および要旨を横一段組で書きます。タイトルは、Times New RomanのBold(太字)で20ポイント、著者名は、Times New Romanで14ポイント、要旨は、Times New Romanで10ポイントとします。

五、原稿の提出・受理について

投稿希望者は、七月末までに「群馬高専レビュー投稿申込書」を総務・

群馬高専レビュー執筆・投稿要領（タテ書き）

群馬　太郎＊　高専　花子＊＊

（二〇××年一一月二七日受理）

一、原稿形式について

Ａ４判の白上質紙を使用してください。
全てのページのマージンはこのサンプルのように上辺25ミリ、下辺30ミリ、左右ともに14ミリ、に設定して下さい。

一、一　タイトル部分のレイアウトとフォント

タイトル部分は一段組にして下さい。
以下次の順にタイトル部分の構成要素を書いて下さい。
タイトル：ゴシック体20ポイントフォント、センタリング
（約10ミリのスペース）
著者名：明朝体14ポイントフォント、センタリング
（約5ミリのスペース）
受理年月日：明朝体12ポイントフォント、センタリング
著者と所属（テキストボックス内）とは＊印で対応づけて下さい。

一、二　本文部分のレイアウトとフォント

本文部分は二段組にして下さい。

＊〇〇学科　＊＊〇〇センター

本文と受理年月日の間に約10ミリのスペースを設けて下さい。
本文は二段組で、左右のマージンは14ミリずつ、段と段との間のスペースは約6ミリとします．
和文ヨコ書き：二五文字×四八行程度
和文タテ書き：三五文字×三三行程度
欧文原稿　：二五文字×四八行程度
本文には明朝体10ポイントフォントを用いて下さい。

一、三　テキストボックス内

著者に対応する所属を記入して下さい。なお、群馬高専に所属している場合には、学科名のみを記入して下さい。

一、四　原稿枚数について

原稿枚数は、一二ページ以内として下さい。

二、見出し（見出しが一行以上に長くなるときはこの例のようにインデントし折り返す）

二、一　見出しのレベル

An Introduction and a Reprint of ***Tenshōdajingohonji***

Yukio　OSHIMA

Tenshōdaijingohonji（天照大神御本地）is a story which narrates the legendary origin of Tenshōdaijin. There are four manuscripts of this story. They are as follows:

Manuscript 1（M1） Untitled manuscript〈well-known tentative title：Tenshōdaijinhonji（天照大神本地）〉
Possessor：Keio University Library
A manuscript book copied by hand sometime during the first half of the Edo period

Manuscript 2（M2） Title：Tenshōkōtaijingūgoengi（天照皇大神宮御縁起）　Possessor：Mr. Tōru ISHIKAWA
A manuscript book copied by hand in 1734

Manuscript 3（M3） Title：Isedaijingūgoengi（伊勢大神宮御縁起）　Possessor：Mr. Tōru ISHIKAWA
A manuscript book copied by hand in 1710

Manuscript 4（M4） Title：Tenshōdaijingohonji（天照大神御本地）　Possessor：Yukio OSHIMA
A manuscript book copied by hand in 1750

M1 was introduced by Mr. Ryushin MATSUMOTO in 1974 and reprinted in *Muromachijidai-Monogatari-Taisei*（『室町時代物語大成』）vol.10 in 1982. Consequently the story came to scholars' notice. After that, Mr. Tōru ISHIKAWA reported on M2 and M3 in his possession. Recently I obtained M4 at an antiquarian bookshop. So it has become possible to advance the study on the story by comparing these four manuscripts with each other. The fact that M2, M3 and M4 were originally handed down at Uonuma（魚沼）district in Niigata Prefecture（新潟県）gives us a clue to investigate the popularization of the story.

In this paper, I have reprinted the text of M4 and given a bibliographical introduction to it.

有米を上ヽの御年裏（ママ）なるなり、残て六十歩ニ
ある米、作人の作とうとなる、京より東ハばん
どうとよう（ママ）、京ゟ南ハなんぼうといふ、京ゟ
西ハせいとよふ、京ゟ北ハほくろくとうとゆふ也、
又、御あさまのこくうそうの御きもんニ、たち
ものゝ事」二十八オ
正月十六日、ごほう立べし、火なんおぬかすなり、
二月八日、せきはんお立べし、水のなんおぬかすなり、
三月廿五日、わらび立べし、かせなんおのかすなり、
四月十四日、にこり酒立べし、久せんおのかすなり、
五月十六日、とつぎおぜ（ママ）つ、つる(き)の山おのかすなり、
六月十日、ぶりいお立へし、して山おのかすなり、
七月十五日、なすび立へし、かうのはかりおのかすなり、
八月十八日、よき酒立へし、じやうはんのかゝみおのかすなり、」二十八ウ
九月廿八日、布を立へし、ひのはしらおぬかすなり、
十月朔日、ゑのいも立へし、三つかわおぬかすなり、
十一月五日、大こんお立へし、やまいのなんおぬかすなり、
十二月十三日、山のいも立へし、人ののろいおぬかすなり、
右是ハ、あさまのこくうそうの御きもんなり、
よく／＼立へし、〽近江の国たか天大明神ハ
御外宮の御母子ニてましますが、人の命を
延ゞためのはうへん也、又、古、ゑひ山にたつとき、」二十九オ
御僧有けるが、さん宮被成、神明の御前ヘ参りける
あいた、神ハ御ことハおあらわしての給ふける、我か
前ヘ仏の参り、過分なり、その上、此国ハ神の国、
仏法ハきらいける、はや／＼御かいり候と仰ける、
此御僧、大きニはらおたち、神ハ是、ほんじハ仏
なり、何とて仏法ハきらい給ふべき、なんし、五すい
三ねつのくるしみおたすけんためニ、につ（ママ）まくの
ころもをき、ほつしやうのけさおかけ、とくたつの」二十九ウ
じよずおもち、こくうどうたのしやくしやう
もち、はる／＼是迄来りしに、かいれとの給ふ、御身

わ如何成こゝろやと申されけるハ、天照大神わ
しやだんのとひらおひらき給ふて、如何に地蔵
坊、みすからハ日本の主なれハ、わうとにすむ
ならい、思ふ様ニなきそかし、とにかくに此国ハ海山さ
とけしほとものこさす、みなみづからがしき地なり、
われニしたかうまじくハ、いつくゑもいなさせたまい」三十オ
と仰ける、地蔵坊いよ／＼腹を立、此大地がなんし
が領ならハ、大地おふむましとて、こしよりしやく
じやうのきて、大地ニつき立、そらいのぼり給ふ
ておわしますが、神明ハしやだんしんとうして、
其後、しやくしやうお中ニ立、のほり給へ、大地に
たつることハと仰ける、地蔵坊、しやくしやうおふり
かたけて、こくうえ上り給へば、神明ハみつからわ
九せん、御身ハ十一せん成か、これまて御出おそ」三十ウ
それ（ママ）とて、三のきだはしまておりさかり給へハ、地蔵
坊、しやくじやうおふりなおし／＼、しんめいにれ(い)
おし給へハ、そのしやくじやうのさきか、しんめいのひたり
の御まなこニあたり、つふれたり、誠ニ壱度も参宮
申ぬ人ハ、此世お盗ている物なり、よく／＼こゝろ
ゑへし、〽此ゑんぎおハ、ふしやう成所ニていかゝよむへ
からす、壱度よミ申せハ、御伊勢え三度参り
たるにさうたうすへし、又、月十六日ことにあ」三十一オ
らいよねおして、みきおまいらせ、是およみ申せハ、
よろつのなんなく、命の御守の御方へん有べし
との御ちかいなり、かへす／＼壱度みな／＼ふれ
たる人ハ、参りたるに相あたるなり、よく／＼つゝしみ
て、てうもん可申候、目出度／＼納候
春和元きのへ子の年三月五日
当国へ参給ふハ元和六年かのへ申の参り候也」三十一ウ
松山天水嶋村
持主宍田政右衛門」三十二オ

ちくの王城をうつされたり、とりわけ内宮
外宮ハ天しゆ大神の御国はらない国
都をうつされたり、又、日本のはしめハ、嶋壱つ
国なりけるを、人王十三代の御みかとせ(い)む天
王の御時、三十三国わりたまいて有けれハ、
あまり小国にて仏法もわたすましと」二十四オ
よいけるあいだ、其のち、仁王三十代のみかど
さうしゆん天王の六十六ヶ国ニわり給ふなり、
又、村ゝ里ゝニ百庄おさだめ給ふ事ハ、仁王三
十九代のみかどの天智天王の御時の年
けちハ白長三年水のとのいの年、百
庄をくはりてさたまるゝ、又、庄ゝハりう
ぐうに五百座(ママ)、天竺ニ百三十座、太とうニ
三十四座、日本ニ十二座、かくのごとくニ仏法も国」二十四ウ
にひろむる、又、日本のはしまることハ、天永二年
まてハ六十三万七千八百九十弐年ニ当る、又、天しゆ
大神の日本ゑ御わたりなされ候ハ、大永弐年
まてハ三十万八千五百四十二年ニあたる成、又、しやか
如来ハ御かくれましますハ、大永二年迄ハ
二千七百七十二年ニあたる、誠ニみろくの出せ、みへ
のあか月までも、しんめい御おんとくハつき間
敷候、御きもん也」二十五オ
神明の御作の御日待日記の事
正月三日御日まち申せハ、八千日ニあたるなり、
二月七日五千日　　三月廿日二千日
四月五日五百日　　五月十二日二千日
六月十一日二千日　　七月廿四日五百日
八月十日二百日　　九月八日弐百日
十月十五日弐万日　　十一月六日四万日
十二月十三日三万日　当る也」二十五ウ
右、此日をよく〳〵見わけ、御日まちいたすへし、又、
御いせのじやうこりのうた〽はざらたやばんじ

の水のきよけれハむすひてかたるゑあひらうん
けんと、月十六日ことニ此うたおよミてこりおかくべし、
たゝし、十六日がくこりなる共、神明のこりなくば、
此うたおよむへからず、又、神明のごきもんに
参り宮不申、としの事、男ハ十、廿五、四十二、六十三、女わ
七つ、十九、三十七、四十三、七十一、此年ニあたる年ハ」二十六オ
参宮申へからす候、みわけてさんぐう不可申候、
又、内裏の三十ばんじんの事
正月ハ天照大神　　二月ハ八満大菩薩
三月春日大明神　　四月かもの大明神
五月松苧大明神　　六月あつた大明神
七月住吉大明神　　八月熊野権現
九月白山権現　　十月加嶋大明神
十一月いなり大明神　　十二月諏訪大明神」二十六ウ
如此、壱月つゝ大りの御ばん被成候、自然御番
をろかなれハ、(内)裏の御なふ有也、又、日本はしめより
十月十三日出雲の国大やしろえあつまり、御出あ
るべし、然共、天照大神ハ御出なき也、去程ニ十月お
出雲の国にて神有月ハ六ヶなり、余の国ニて神
なし月ハ書なり、天竹の王の始るハ、はんご
天王と申なり、此国の初ハミなこれ本来大日如来
にて、神明の御遍しんなり、又、日本の国郡ノ数」二十七オ
五百五十四郡也、日本のひろさ、西(にし)東えハ九百八十里、
北南え五百三十里有、又、男数ハ十九奥九万四千
八百弐拾八人、女かずハ弐拾九奥八万九千三十人、
しるされたり、〽一日の御せい一千余匁(ママ)、月の御せい
一千余匁也、ほしの大ほしの五十余匁、中ほし
十二匁、小ほし六匁なり、一匁とゆふハ、三十六町
の二里半お一しやん(ママ)とゆふなり、又、田壱畈ゆふハ、
三百六十歩ニさたまり給ふなり、壱畈の田お」二十七ウ
作り、百歩有米おさけニつくりて、万の神ぇそない、百
歩に有米お出家とわうらいの人ニとらせ、又、百ぶ

をとこハ女房のいみ初めの女房ばかりいむべし、後ゝハ
少もいみなし、男ハ女房いみきせす、父方の大ぢ大
ばのいミハ百五十日、又、をばのはゝ方の大ぢ大ば
ゑみハ百日也、びうじびうばのいみハ七十五日、父の方
のをじおばいみ五十日也、しうとのいみハ五十日也、
む子のいみハ三日、をいめいハ三十日、いとこむ子三十日也、」二十オ
二いとこも廿一日、三いとこ七日、四いとこ三日、むすめハ七つゟ
内ハ三日、八つから七日なり、やくやみなをりての後
ハ七十五日、きるも(の)わ日数をあらいてきへし、或ハ腹
色うせてゟぬち七日也、はらみたる女ハ六月迄
不苦、七月ゟ不参、うみなかしも百五十日、十月
とつぎハ五日、ふうふけいやくなり共、一度もとつぎ月
なくハいみなしハ、いぬくいたらば廿一日、犬しゝたらば
四十九日、牛馬産たらば十四日、但子うみたらば」二十ウ
但シ子うみたらば三日、しゝたらば百日也、しゝくいたら
ば四十九日、合日くいたらハ三十日、其合火七日、ねづみくい
たらハ七日、二足いみなし、又、いんこうしたる人ハ百日也、
こもりそうハ四月、こしかきたる人ハ四十九日、つい
持たる人ハ三十日、しこつびつ持たる人ハ四日、弟子のいみハ
五十日、合弟子廿一日、弟子けいやくハ九十日、さとる人は
萬のいミを三日、何時も父母の命日ニ参宮不可申候、
内の者のいみハ七日、人にやいとを仕る人ハ七日、すわりた」二十一オ
る人ハ三日也、右、此ぶつきりやう、よく〳〵身を訳、参宮
可申候、又、しんめいの御きもんに、我か前三度参たらん
ゟ、はせのくわんおんえ一度参るへしと御きもん也、
十一面はせゑ三度参りたるゟ、あさまえ一度参べし
との御(き)もん也、誠に天照大神ハ御本事ハ
大日如来にてをわしますか、人間をた(す)けん為に、
位をすめり給ひて、五つすい三ねづのくるしみ
を御身ニ請給ひてまし〳〵、神明の御をんどくに」二十一ウ
もれたる事、ゆもあらじ、胎内にてハうぶかみ
となりて、うかのそごゑあくる時ゟ守りの神と

成給ひて、一後の間、しやしんと成てかうへしニ
御や(と)り給ひ、しゝてぬちハしこつと守給也、まことに
日ニ三度つゝ我身を引さき参せたり共、其内
の御をんとくおくりかたし、殊になう人ハ作り
の御をんとくか(き)りなし、萬のはつを、先ゝ神
明の参せべし、其子細に、やき米をする事、古」二十二オ
日本に万の物たねなきとき、天照大神た当へ
御渡り給ひて、ご石のたね、十二石の重をぬすみ
て帰らんと仕給ひハ、とうニて天しゆ大神をから(め)
取、何とてご石たねを取給ふぞ、早ゝかいせし給ふ
べし、しかるすわ、命立へしとゆいければ、よめ〳〵
ご石の種ハ取候つす、左様にぬ給ふすと申給ひ
ば、当の人ハ、ちんぢ給ふともぬかすまし、但、日本
此国えしたかいん事ならば、なんなくもどし候べし」二十二ウ
とゆいければ、いや〳〵ゐかに五穀たね成共、日本
わしたかい申間敷と思召、其時、神明の方へん
に取給ひたる五穀たねを、半分取出シ、目
前いにてやきすて給ふ間、扨はしやう直成とて、
なんなく日本え返シ給ふ也、如此にしんらう被成、
五石のたねをひろめ給ふ、そのまねひニよつて、たね
やき米とゆふて、たねをろす時と秋のいね
取初め時、やき米を仕て、先ゝ御いせ初を」二十三オ
して参るへし、やき米をせの者ハ、天しゆ大神
の御め盗、くらい候也、それハ作も悪敷候、
又、日本のはしまりハ、あし壱本生はしまる
に以而あし原国と申也、いざなきいざなみ
のみことの、たうり天のうなはらゟ、あまの
さかほこにて大海を中おさかし給ふとき、
あわぢ嶋ほこのさきニあたりたれハ、あわぢ
こくかとの給ふて、ほこおひき上給へハ、其時」二十三ウ
ほこのしたたりかたまりて、大和の国と
なる也、今のあわぢ嶋これなり、又、いせ国、天

九つにハ、我おしんする人を六しんまてあんおんに守らん
との御ちかい、又ハしん上親しよ(う)にこう〳〵成共、我をしんせつハ、
中を悪なして、むなしくなさんと有、とうをたつる共、我を
しんすわ、むなしくうちやむらんとの御事、又、千ふ万ふを
ゆむ共、六十六ふをするとも、我にすら(せ)すわ、むなしく
なさん(と)有、蔵を立、たからをつむ共、田を買共、為智すハ」十六オ
むなしくなさん(と)有、ありきおする共、京かたひ(ら)お買共、我に
しらせつハ、其きどく有へからす、何事も如此ニ
先ゝ御はつを御いせへ参らせへし、十方ニわ法花経
守らんとの御事、是ハしやか如来御せつ法の御時は
ら内国の原内国ニて御約束有に依而法花経を
しやごし給ふ也、是ニ依而ほけ京しんする人わ、天照大
神の御めぐみに預ヶ成、又、出家、神前い参らの
事ハ、廿壱日三十三度くにニて有シ時、藤伊と」十六ウ
云物、日本え渡り、仏法を(や)むりて国をむこくニいたさん
とする間、人の力ニてハたいじすへき事かなわねば、
天しよ大神の御法べんにて斗事ほめく(ら)し、とうい
を近時、日本ニハ仏法わたつまじ、我もなんじと
同心すへし、早ゝ返りとぬ給ふハ、とういわたばかり
とわしらすして、仏法をやむり給ひ、かいり候得ん
とて、ひたくにまてかいりける、とういけんそく百万人
うんかのごとくみち〳〵たり、舟の数壱万ぞ、内のり〳〵」十七オ
帰りける、去程ニ七日の内に五十万人ぬりたり、
かしまの明神の斗事おたくみ、藤伊をよひ
よせて、たま〳〵日本え渡り候に、なくさみ申のと
をほせ有て、やぶさあめをゐさせて給ひば、
とう伊わ、是にみほれてかいらさり、去程ニ三日
めにか嶋の明神は内子をたまいり、去程ニとう伊
けんそく半歩わふねにのり、五拾万を板
東八ケ国ニをいちらして、少〳〵ハ打ころし、から」十七ウ
(め)取、あるいハうみいをいはめ、残りすくなにうちころして、
天下納給ひける、又、其後、百六拾年のぬちに、仏
法きかり成程ニ、うちやふらんとゆふて、ほく
てきとゆふ物、大しやうにて、百廿万人のけんそく
を引つれて、日本え渡りたり、其時ハ仁王三十
代のみかとやうみやうハ天皇の御時なれハ、王法つよ
く、天下をもやうして、五十日の大しする、百廿
万人けんそくを九十万人打ころして、残る」十八オ
ちり〳〵うせたり、ぼくてきをハ、百座大りの
御たから物のその中の、村くもぬほをけん
にてころし、其けんをば、をわり国のやつの
みやのやしろに(こ)め置給ふ也、是ニよて、仏法わ
なきと云心に、出家を神の前い不為参り候也、
然ハ、ともなひ諸佛ほうをたてんためのほう
べん也、殊ニ来せわむくりえ渡ル共、人心けこんにて、
むくりをばたいじする事なる間敷候と」十八ウ
思召て、仏法わなき(と)ゆう心の印に、出家ら、かみの
前い参せたま(は)す、又、かどに御払へはこと御はらい
置ハ、仏法なくて神の国也とよう心成、又、神は
けんほうしやう直をおんとし給ふ間、神わくせん、仏
わ十せん、王ハ十二せんのくらい成、出けわ則ほとけ
なる間、くぜん前い、十一せん人参り給ふハ、三のきさ
橋迄礼に御出ある、よつて、神参せたまわす、又、
太神ハりんゑをきらい給ふ間、とくどうの人を守給ふ、」十九オ
去程ニ、参、とりえ内を通りけるハ、下がうにわ内とを
らさる也、参り、下かうに内を通れば、し(と)て又うま
るゝ心成、これもり(ん)ゑをきらい給ふ也、去程ニ、参宮
ふじやうをきらい給ふ也、神明のぶつきりやうの事、
一、父母のいまれハ向月、但シ閏月有シハ十四月過て、
参宮致ヘシ、ゑほしをや弐百五十日、継父ハ五十日、
継母ハ七十五日、兄弟ハ百五十日也、女兄弟も日改、
但シ、たね替ハ七十五日、腹かわらば五十日、御衆の」十九ウ
いミわ向月、当座の衆ハ九十日、ししやういみハ向月、女のハ
男ゑみ弐百五十日、いくたりの男産ル共、度〳〵同改也、

万弐壱千人の大臣と此舟ニ打ぬり給へて、百八十日ニて
中天じくまかた国付給ふ、去程ニ、はらないこくの人々
わ、大王のうせさせ給ふ事、きさきのあしきゆい也、
此后をうしなわんとて、みやうれんのうみにしすみ
をう付而しすめける、又、きさきに頼して原内国の
市にて八よう経を売出シたるまかくら大臣」十二オ
をば、こしら下おハつちにつきこめて、ぬこきり
にてひきにける、去程ニ、天王わまかた国をうつ立、三
年申にわ、とう天ぢく付給ふ、それら壱年ニてりう
しやかわを渡り、こうり山に越て大とうに付給ふ、
それら百廿日ニてこうらい国に付、それら八十日ニて
白才国に付給ふ、それら三拾日ニてしんらん国に付
給ふ、それら百日ニて足原国に付給ふ、如此くに三
千大千せかいをめくり候へ共、我中ほどの目出度」十二ウ
国ハなしとて、日本にとゞまり給へて、我等がねがいの置(ママ)と
なり、天しゆ大神とあらわれ給ふ、然間、先、内宮ハけん
たつば王ニてをわします、本じハ大日如来なり、外宮
わめうをん太子にてをわします、本地十一面くわん
をんニておわします、めうおん太子の御母子、近江
ぬ国の高天大明神にてをわ(し)ます、地壱丈人ハ
あさまのたけこく蔵菩薩をわします、壱万人の大
じんハ、あなたこなた明神となせ給ふなり、然間、天しゆ」十三オ
大神は十の御ちかゐあり、まつ一つにハ、日本のまわし
を守たまう也、二つにハ、正直成人をまむりらん共
御ちかい、三つにハ、しんじん衆生かう〴〵成人を守給ふ、
四つにハ、じひふかき人を守也、五つにハ、こりかく人守也、
六つにハ、月参りをする人を守給ふ、但シ日間(ママ)人をする
共、正直になくハ、立まち大なんおあたいへシ、御物人を
はづして仏法を守給ふ、八つには、どうり成事を
やむりたる物を立まち大なんあたゐんとの御事成、」十三ウ
九つにハ、我をしんせん物お六しん物(ママ)をあんおん守
へシ、十には、所をきらいす、法花経読所ゐ用

かうあらふとの誓也、去程ニ、一きもんに大りを守らん
との御事、大りの三十番神の事、
一先朔日ハ天照大神の出仕給ふ也、
二日ハやはた八萬大菩薩　三日ハ加茂の大明神
四日ハならの春日大明神　五日ハ大原の大明神
六日ハ松苧の大明神　七日ハ平苧の大明神」十四オ
八日ハきをん大明神　九日ハ二条の大明神
十日ハ日吉大明神　十一日ハ白山権見
十二日ハいつく嶋の大明神　十三日ハゐなり大明神
十四日ハすみ吉大明神　十五日ハかづての大明神
十六日ハ高苧の大明神　十七日ハ数手の大明神
十八日ハみちやうの大明神　十九日ハさが大明神
廿日ハたいまの大明神　廿一日ハきびつの宮大明神
廿二日ハあつたの大明神　廿三日ハすわ大明神」十四ウ
廿四日ハ廣田の大明神　廿五日ハ京五条の大明神
廿六日ハせたの大明神　廿七日ハかしま大明神
廿八日ハひら苧の大明神　廿九日ハ吉埜大神(みやう)明
卅日ハひら苧の大明神　如此一日宛大りの御ばんを
被成也、四つにハ、じひふかき人をまふらんとの御ちかい成、じひ
くでん有、さむき物ニてきる物を当へへシ、金録をあ
たいてはこゞゐる也、みやうりなり、又、ういたる物ニ食をくわせ
て、吉きのこそでわ名利成也、又、かわいながれん物にハ、」十五オ
つゐかなわをやらんじ、米銭ハ(名利)成也、又、ひやうじやにわ少
成共薬あたいて由、さなくハさい〳〵見舞し、ゆ水をあたいて由、
たちかたなをやるハ名利也、又、めしゆとにわ命
をたすくる事こそしひなれ、がき(ママ)のこそでハゐの(ママ)成、
じひ、其いろ〳〵したかいてすん(ママ)しとの御ぐわん成、五つにハ、一すり(ママ)
かく人をほめ給ふ、一ご利とハ朔日十一日廿一日、此日三日也、
東にむいて手合、てうすを遣、口をすゝきて、南無
天照大神、げんざいあんをん、ご生前生御守候へと申て、」十五ウ
うた、書なかすあふやま本のいすゝ川や(を)よろすよの
つみハ残さじ、此うた三べんゆみて、こりをかくへし、

は、をしごニでをわします、かくて、うち裏御だい
面有て、おゝせけるハ、是きたる段いたすも、別
の子細ニてもなし、めうをん太子、すでにさせ給ふ由
承り候間、けうくんのために参り、そも〳〵子せ
つかんするも、さらにくき不有、かわゐと悲
楽のあまりにこそ、せつかんくわゐ候、こく(う)にすて」八オ
させ給て、びたびかいる事あらじ、殊ニ又、三年
の間、色々御きせいあり而、十一面観音の御(り)
しやうニて、たま〳〵御子壱人持給ふ、かゝるしたいをた
ぐせ給ふ事、ひとえにくわんをんの御め、人々にちかい
給へて、御咄シあらんと存候、殊ニ母后ふかくいたわり
思召、諸仏寺お立、われらをすて、其御
吊たいてんなし、草葉かけニておほしめさん
もゐたわしや、可然え事思召とゝまり給へ、定而継」八ウ
母のさんさうにて有るらん、能々御しやんあつて、
御とゞまり存候と、知一上人わ諸仏寺いぞかいり
給ふ、然間、大王さま、御心の内にも、こんゟにくから
しの事かなとて、弥々にくしと思召、とやせんかく
やらんハ、さんざうをたくみ給ふ也、継母、こよいしのび
て御てんに火をかけ給ふ間、七百八十間、御てんなれ
ば、三千大千せかい、一度やくるかとをもわれて、何
とよりへきやうもなし、天王ハくるまにのりて迯」九オ
給ふ、めうをん太子ハ、にしきのしとねに召て、に
げさせ給ふを、さうゟ火いん落かゝり、すてに、
やけさせ給へし十一面くわんおんのらうたうとけんじ
給へて、うしろにを手、大王のめしたるくるまのせ給へ、
御太子をうせけるハ、扨も御僧様ハ何くの人ニてまし〳〵
ぞ、只今はしり出、みつからをたつけ給ふ事、誠に
是ハ前世のじやくいんに候と、よろこび給ふ、御僧仰
けるやうハ、われハこれ、ほつたい生じぐわんとゆいすて、」九ウ
かきけすやうにうせ給へハ、扨ハくわんおんの御へんけ
かとさとり、急へて火いん中え大臣を遣たま

いて、観音ハ御やけなきか、見て参と有けるハ、大じんはか
しくまつて、かたひらを水に付てかふり、よきて
見れハ、大き也はしらかと思しき者に、さわりける、
是観音かとをもい、引上て見れハ、かみ〴〵しとして
御長弐丈六尺のくわんおんの、なんなく御座有給へハ、
大臣ハ急此由、天王に申上る、壱万人の大じんに仰」十オ
付られ、諸仏寺えぞうつりける、去程ニ、后、大じん
にをわれて、たつかり給へて、大王の御前ニてぬ給へける
やうハ、自をやきころさんために、御てんにめうをん
太子の火を懸給ふ、ざんけん申ハ、天王ハとかくの御返
事めされづして、御心の内思召けるやうハ、さてこそ、
きさきのざんざうなるとて、をほしめして、去
程ニ、御てんハ殊ゝくいんしやうしたる間、皆、諸仏寺
ゐぞ移りける、其後三年ぬちに、もとのごとくに」十ウ
大りを作り給ふ、原内国ハ七千六ケ国をもゆふし
て、ばんじやう千人、かじ千人、ついじをつき十万
人ニて本のごとくに立給へ、然間、めうをん太子十七才ニ
ならせ給ふ間、天王仰ける様ハ、太子にみゆよつる
べしと仰ける、太子、いや〳〵、をうに成もむやくなり、何
くの国さとニても母の提菩をとい、よなくらん
との給ふ、天王、此由きこし召、御身、左様にぬ給ふも、
まゝ母をにくみてこそぬ給ふらめ、しからハ、后」十一オ
をこきやうえをくり、なんじ(か)母をとむらいせんとぬ給ふ、
太子、此由聞ゟも、ゐやしき(き)さきをおくり給ふ、
われ等が母のかいらせ給ふへきにあらず、無やく
ニて候、御うらみハ数ゝ候へ共、不苦シ候、たとい送り
給ふ共、みつからハくらいに付僧ゝ候、是程の女
の心たけしく候くにを持ても無役なり、何方へ
も目出度国へ越シてすまわんとて、すてに出ッとし給ふ、
大王も、後に残而何かせん、御身つれて何国成共、」十一ウ
行ヘシと仰ける間、しやくせんたんにて大船こしらい、
大王、めうをん太子と諸仏寺の智壱丈人と壱

いたわしや、十四日と申にハすてに松ごに及ける時、大王わ
枕本ニ近付て、只今まつごにおよひ申成、せめてあの名
をん大子が十二三にも成立姿をみすしてかなしくならん
事、あわれさゆと思召て、泪をながし給ふ、けんたつば
をうも、うみ山かなしみ給ふ、つれて行の道なれ
ば、其かいなし、めうをん大子ハ、御母后にたをれふし」四オ
まろひてぞなき給ふ共、ようかんひれ(い)の御姿も早ゝ
引かいて、色かわりけれハ、なきあとの御吊申、
様々のおん事とも也、埜へのをくりに壱万人、けんぞ
く、十万人のそう、其外思々の御供にて、天地もびゝき
おびたゝしく、七日七やの御吊、申斗りハなか(り)ける、さる程
に、天王ハひとゐに御ともらいをふかくに思召、原内国ハ
七千六ヶ国なり、其内にやうりうこくと云国に、寺を立
させ給ふ、本だうハ、をもて三百七拾間、つまいわ百八」四ウ
拾三間也、四方のくわいらうハ四千六百六十間なり、
寺領田八千町也、坊数ハ三百八拾坊也、寺ゝ名
ハ諸仏寺と申也、びとゐに是をいたわしく思召給ふ
ほど$\boxed{け}$に、めうをん太子、十三にならせ給ふ、其後、又、
天王ハきさきを向給ふ間、めうをん太子、拾三の御年
より継母にぞそひ給ふ、いたわしくや、然間、女の
習えなれハ、后の方ゟめうをん太子御方へ、たまづ
さをおくりけり、其御使にハ山丸と云女取つき」五オ
申也、然共、御太子ハ御心の内にゆかすして、玉札を
返シけり、しかれ共、后、ことばをかい、玉札かよわせ給ふ、めう
御太子ハ山丸に向て(お)ほせけるハ、山丸聞給ふへ、親子
ちきりむすふ、ちくしやう成、なんぞミつからハたいない
わけの斗りニて、母后と思召し《け》(る)に、ゐ屋敷あさまし
き事を思召者かな、おむゐなからもゐやニて、人申、又、
玉札を返シ給へば、山丸、后に此由申けり《ママ》ハ、后ハ大
きに腹を立、三千大千せかい、こひとゆふ事有そがし、」五ウ
是も前の世、いんくわのたうり、定而ぬかるゝかわもなし
とて、又、玉札をやり給へハ、めうおん太子ハ、とかく取事なく

して、玉札をひきさきすて被成ける、山丸、此由きさき
に申ける、高《ママ》きさき、あまりにはらにすいかね、ゑかり給ふ
やうハ、たかさ七尺にゆかり《ママ》をかき、弘けのとう明、御き
くわしをそないて、南無諸天三法、願リハ《ママ》天王と御太子
の中を悪敷なして給へシと、七日七夜いぬり給ふ、然
共、じやんき外レたるいぬりなれハ、其きどくなか」六オ
りける、后ハ猶もはらを立、わかのぬるゑ
もかなわす、とやせんかくやせんと思召、御太子の御食
かふそくやとて、別なへをさせられんために、御た(か)
らものヲ売せられ候と申給へ共、大王の思召様、
めうをん太子ハかゝるひが事ハよもあらじ、定而継母の
さんざう有やらいと思召、とかくの御返事めされ
ねハ、きさきハ弥々腹を立、斗ッ事をぞ給へける、
大里の御たから物の中にも、こんじこんていの八用」六ウ
の経ありけるを、まかくら大臣ゆふ人ヲ頼ミ、原
内国の市中ニて売せ給へとて、あつける、若、人、ふしん
せハ、是又、けんたつば王のだいし、別なべヲして、くわん
ゐにうらせ候との給ふてうり給へとをしいける、后、
扨も御たから物を取出、八やうの経お市ニて売給へ、
あつけける也、さて、きさき、其、大王様に此由
を仰ける、大王さまハ猶も誠《まこと》とハ思召(す)、后の
給へける用ハ、なさの中のいつわりと、大王様ハ」七オ
市ゑちよくしを習《ママ》て御尋給へハ、きさき仰の
ごとく、こんじこんて(い)の八やうの経、市中ニてぞ
売せ給へ《ママ》、大王様、此由きこシ召、かやうの子を置て、猶
をらんゟ、ゐつくの野山え成共、す(て)させばやとを
ほしめして、ものゝふをちかつけ仰ける、
此事、諸ぶつ寺長老きこし召、大王をけいくんめされン、
其ために、けつこふにこしらいて、御弟子三十人ニて内
裏《え》来段被成ける、此長老は、けんたつば王の」七ウ
御弟子ニてをわします、御(年)四拾六に為《ママ》成給ふ、御名ハ
ば知壱上人と申ける、ミやうをん太子の御ために

翻刻

《凡例》

一、漢字は原則として新字体で示す。
二、読解の便宜を考慮し、読点を付し、明らかな脱字は（　）で補う。
三、改丁は「」で示し、その下に丁数を記す。
四、原本で誤記を削除している箇所は$\boxed{\text{⦶⦶⦶}}$、$\boxed{\text{○}}$のごとく示す。但し、同筆で横に書き直している場合は、元の誤記を示さない。
五、原本のルビはそのまま記す。
六、誤字は読解に支障をきたす箇所のみ「ママ」と傍記する。

天照大神御本地（外題）

抑、天照大神の御本地をたづのるに、こんほんハ
大日如来にて、三ぜの諸仏の御へんゑん也、其由来
をくわしく尋るに、古ｼ天ぢくのはらない国の大王にて
おはします、御名ハけんたつば王と申奉る、大利の
かまいは、百四拾り四方ついじ也、ついじのあつさ
三拾七丈也、どうい高さ四拾九丈也、壱万壱百四拾り
にて、四方のまハり五百六拾里也、東の方に三つの
門有、一つの文ハき金門、一つハ銀白のもん、一つわ$\boxed{\text{黒}}$」一オ
くろ金の門也、南の方に三つ門有、一つハ日の
もん、一つハ月のもん、一つわほしの文、西の方に三つ門
有、一つハ仏のもん、一つハ神の文、一つハ人の文也、北
の方に三つ門有、一ツハ木文、一ツハ水の文、一ツハ火の文也、
是ハ十二の門いんゑんをひよ(う)す也、又、大里の御天
の間数七百八拾間にて、八つむね作り也、大しん壱
万人、くきやう弐壱千人、せいたうたゝしく納綬にて、人
もちい申事、ふるあめのごとし、こくどをなひかし」一ウ
給ふ、然共、如何成事にや、御大子壱人も倍まさす
けんをあさゆふかなしみ給へて、十一面観音、御長弐
丈六尺に作り、まい日法花経壱万べん、くわんをん経
三拾、悉ゝ読経（ママ）いて、きねん遊ｼけれ共、其印
無御座候間、百様といのらせ給へて有けれは、三年
三月と申時、けんたつば王、御ゆめにしでを付
さがりの花お(そ)ゑて、らうたうの枕たちよりて向ふ
ると見給へは、ゆめわはやさめけれハ、大王様ハふ」二オ
しぎ思召て、夜もあけければ、きさききゆめ
物かたりをあそはしけれハ、きさきこのりき（ママ）
こしめし、とても御利しやうにあらハ、つほ
みたるはなも給りたらば、いかばかりうれしかる
へきに、さきたる花も頓而ちる物な(れ)ば、をもふ
わしかいもなく候との給へハ、大王様きこし召、くわんをんの
御り生をおもわしくもな(く)候との給ふわ、もつ
たいなき、つほみはなもふらす、一度ハめつしち」二ウ
る物成、さきたるはなも本ゟちる、何がもるゝ事候
へしと申給へハ、去ほとに、其月ゟも后（きさき）ハ月のさ
わりとまり申て、御心内定ならす、なやましくこそ成
給ふ、去程に、めのとを近付、御問有様ハ、さてくわい人とゆふ
わ、何様の物ぞとの給ふいハ、さん候、月のさわりめとまり
申て、うふかみたい内に入給ふと、子お作ﾘ給ふ十月の間、
萬わびしくなやましく候、能々（よくよく）御つゝしみ候へと申され
ける、明年正月十六日に、たまをのへたるごとく成御若きみ」三オ
をまふけ給ふ、三十二ぞうの御かたちにて生させ給ふ、
御ふたいに米とゆふもじすわりて、八十諸かうにて
目出度事かきりなし、然る間、大王様と后、御悦ハ
申不及、目出度事かきりなし、去程に、其外大じん
くきやうの御悦ハかきりなし、扨又、御名をハめうをんたい
しと名付奉る、かくて年月送給ふ程に、三年の
ちに、御母后、かりそめにやまふをうけさせ給へて、百
二日とすまのまどのかぎりのとこにぞふし給ふ、色々」三ウ
御きねん、様々の御りやうくわん、たといん方もなかりける、
然とハ申せ共、生悪（ママ）習ゐなれハ、とめて留（とめ）かたくて、

近い本文を推定することも可能になったといえよう。未調査の二伝本の報告も含め、本作の生成・展開については、今後改めて詳細に論じることとし、本稿では以下に４の翻刻を掲げる。

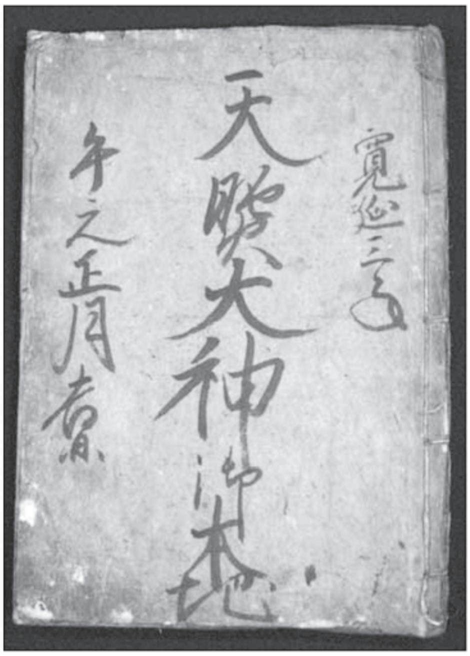
注

１　松本隆信「中世における本地物の研究（二）」・『斯道文庫論集』第十一輯（一九七四年）。のち、『中世における本地物の研究』（一九九六年、汲古書院）所収。同氏により『室町時代物語大成』第十（一九八二年、角川書店）に翻刻収載。

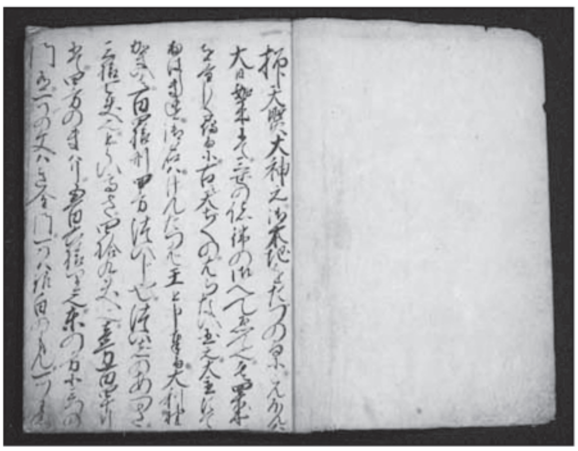
２　２の伝本については、石川透「『天照大神本地』翻刻」・『古典資料研究』二十二号（二〇〇六年）で翻刻紹介され、同氏編『室町物語影印叢刊25　天照大神本地』（二〇〇六年、三弥井書店）に影印が収載される。

３の伝本については、石川透「『伊勢太神宮御縁起』解題・翻刻」・『三田国文』二十号（一九九四年）で翻刻紹介されている。

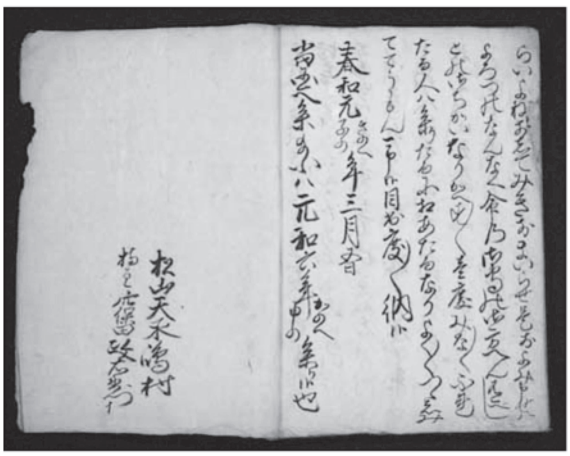
３　注１の『室町時代物語大成』第十。



表紙



冒頭



末尾

『天照大神御本地』解題・翻刻

大島由紀夫＊

（二〇一四年一一月二七日受理）

解　題

本作は、松本隆信氏が慶応義塾図書館蔵の佚名写本を『天照大神本地』と仮に題し、孤本であるとして紹介されたことにより、その存在が知られるところとなったが(注1)、その後、石川透氏が所蔵本二種を紹介され(注2)、他に伝本の存することが明らかになった。近時、筆者も一伝本を入手し、本作の流布状況について、ある程度まで推察できる状況となった。

以上の四伝本は次のとおりである。

1　慶応義塾図書館蔵(赤木文庫旧蔵)　近世前期写・一冊
　外題・内題なし
　　「橘や　元禄八年正月吉日」(最終丁表)

2　石川透氏蔵　享保一九年(一七三四)写・一冊
　天照皇大神宮御縁起(外題)
　　「享保一九年寅文月十六日　髙野氏」(奥付)

3　石川透氏蔵　宝永七年(一七一〇)写・「念仏之御本地」と合一冊
　伊勢太神宮御縁起(内題)
　　「宝永七年寅三月二十日　泉村　上村市右衛門」(奥付)

4　架蔵　寛延三年(一七五〇)写・一冊
　天照大神御本地(外題)
　　「寛延三年　午之正月吉日」(表紙)
　　「松山天水嶋村　持主　窪田政右衛門」(最終丁表)

この他に、未調査ではあるが二伝本の存在を把握しており、さらに新たな伝本が出現する可能性は高いと考えられる。

1の「元禄八年(一六九五)」について、松本隆信氏は「本文と同筆かどうか疑わしく、書写奥書ではないかもしれないが、写しの年代は、さして隔たらないと思われる」とされる(注3)。2は、表紙見返に「越之後州魚沼郡浦佐組今川村」、裏表紙の内側に「越後国魚沼郡浦佐組今川村」の記載があり、現・南魚沼市浦佐に伝来した写本であることがわかる。4の伝来地を示す「松山天水嶋村」は、現・十日町市松之山天水島である。この両本の伝来地が新潟県魚沼地方であることをふまえると、3の「泉村」は現・南魚沼市泉である可能性が高い。当地方に本作の写本が伝わることは、魚沼市堀之内に皇大神宮が鎮座することと関わるようである。堀之内の皇大神宮は、伊勢から移ってきた御師一志太夫により勧請されたと伝えられ、その来歴については不明の点も多いが、中世末から近世期に至るまで当地方における伊勢信仰の拠点であった。

次に4の書誌を簡略に掲げる。

　写本一冊　袋綴　三十二丁　タテ二九・二cm　ヨコ二〇・四cm
　題簽なし　外題「天照大神御本地」(打付)　内題なし

表紙の打ちつけ書き「寛延三年」を書写年次として差し支えなかろう。末尾に見られる「春和元年」は、私年号であるのか、虚構の設定であるのか、或いは単なる誤記であるのか、現時点では判断を保留する。4の本文は、訛音表記や誤写・脱字が多く、文意の通じぬ箇所が少なくないものの、他本に見られぬ記述もあることから、1～4の本文比較によって、転写が繰り返されて本文が乱れていく過程がある程度まで把握されるのであり、より原態に

＊人文科学系・日本文学

群馬高専レビュー　第 33 号(2014)

発　行　平成 27 年 3 月 16 日
編集者　群馬工業高等専門学校教育研究委員会
発行者　群馬工業高等専門学校
群馬県前橋市鳥羽町 580
電話（027）254-9000(代)
印刷所　上武印刷株式会社
群馬県高崎市島野町 890-25
電話（027）352-7445(代)

ISSN 0288 - 6936

THE GUNMA-KOHSEN REVIEW

2014 No. 33

CONTENTS

Published by GUNMA NATIONAL COLLEGE OF TECHNOROGY
(580 TORIBA-MACHI, MAEBASHI, GUNMA 371-8530, JAPAN)