

国際 ICT 利用研究学会

国際 ICT 利用研究
研究会講演論文集
第 1 回

2017 年 3 月 12 日（日）

@立正大学 品川キャンパス

プログラム

日時 2017年3月12日(日) 13:00-17:00

会場 立正大学 品川キャンパス 11号館8階第6会議室

13:00 開会の挨拶 上山俊幸(千葉商科大学)

第1セッション(13:05-14:05, 座長 青木和昭(立正大学))

13:05-13:20 藤田菜摘・山下倫範(立正大学)

小笠原の気象変化の自己相関時系列解析でカオスは見出だせるか

13:20-13:35 佐久間貴士(高崎商科大学)

3次元プリンタを用いた地域志向商品の開発に向けた応用研究

13:35-13:50 峰内暁世(立正大学)

ARCSモデルに基づいた説明会設計

13:50-14:05 菅原良(明星大学)

ICTを活用したAO・推薦入試合格者の学力および学習傾向の可視化と
学習習慣改善の試み

14:05-14:20 休憩

第2セッション(14:20-15:20, 座長 宮田大輔(千葉商科大学))

14:20-14:35 次郎丸沢(OME)

低コストかつ高品質な学会運営補助システムの開発にむけて

14:35-14:50 李盛源・下岡順直・白木洋平・北沢俊幸(立正大学)

水文環境教育における自然現象再現型モデルとICT教材の併用の可能性

14:50-15:05 峰内暁世・小川貴史・後藤紀恵(立正大学), 戸張繁((株)アルファメディア)

同期型遠隔教育実践

15:05-15:20 田中雅章(ユマニテク短期大学), 神田あづさ(仙台白百合女子大学)

電子教科書と電子教材の導入評価

15:20-15:35 休憩

第3セッション(15:35-16:35, 座長 永田清(大東文化大学))

15:35-15:50 今井優(Pacific Spatial Solutions)

近年のGIS技術とデータの動向

15:50-16:05 白木洋平・北沢俊幸・李盛源(立正大学), 千賀有希子(東邦大学)

千葉県谷津干潟を対象とした干潟環境把握手法の提案 - 外来種ホソウミニナを例
として-

16:05-16:20 青木和昭(立正大学)

衛星画像を用いた土地利用土地被覆分類に関する基礎的研究

16:20-16:35 宮田大輔(千葉商科大学), 山下倫範(立正大学)

$\phi(a) + \phi(b) = \phi(c)$ の成立状況とEuler関数導来対数関数のabc予想

16:35-16:50 鈴木治郎(信州大学)

ポケモンGOでポケモン探し

16:55 閉会

小笠原諸島の気象要素時系列データにおけるカオス解析

藤田 菜摘[†] 山下 倫範[‡]

[†] 立正大学 地球環境科学部

[†]fujita.natsumi8611@gmail.com [‡]yamasita@ris.ac.jp

キーワード 気象要素時系列データ, 状態空間, 時間遅れ座標, アトラクタ

1 はじめに

本報告では、時系列気象データを用い、小笠原諸島の気候について変化が起こっているのかどうか、他観測地点と比較解析した結果を報告する。なお、2016年9月初旬に小笠原諸島父島で観測調査で得られた時系列データの解析結果についても補足した。

2 実験解析の方法

多くの先行研究に倣い、気象要素時系列データを2次元状態空間（時間遅れ座標）で表現し、そのアトラクタの形を確認し、観測地点および1960年代からの年代による比較考察を行った。

2.1 観測点とその期間 1

小笠原で実測したデータは以下の2地点であり、それに気象庁のデータ（父島気象観測所）を加えた3地点において、気温と気圧の2要素について1時間ごとの時系列データを2次元状態空間ののアトラクタ形状について比較した。

観測期間：2016年9月2日18時-2016年9月5日8時
観測場所：

- 1) 小笠原ユースホステル
- 2) 父島夜明山山頂付近（標高300m）

2.2 方法 2

扱ったデータは気象庁の観測データであり、1960年（小笠原諸島父島については1970年）から10年ごとの気温、降水量の月平均について、小笠原諸島父島、東京、熊谷の3観測点で気温、降水量の2要素のそれぞれで状態空間を作成し、比較した。月平均気温は10年間のデータを用い、月合計降水量は10年ごとに1年間のデータを用いた。

3 結果

3.1 結果 1

実測データおよび気象庁データの状態空間でのアトラクタ比較

以下、図1-6については、A：父島気象観測所、B：小笠原ユースホステル、C：父島夜明山山頂付近とし、観測期間における1時間毎の測定値である。

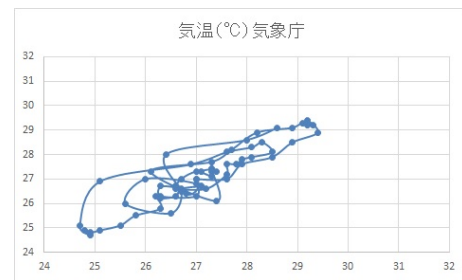


図1 気温 (A)

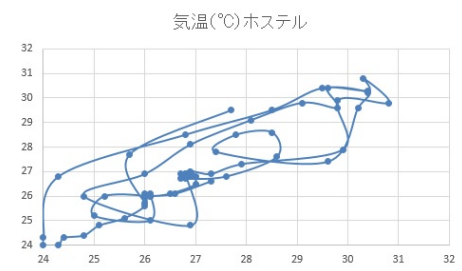


図2 気温 (B)

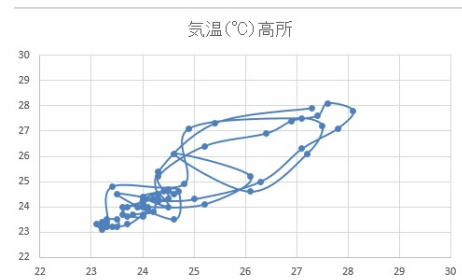


図3 気温 (C)

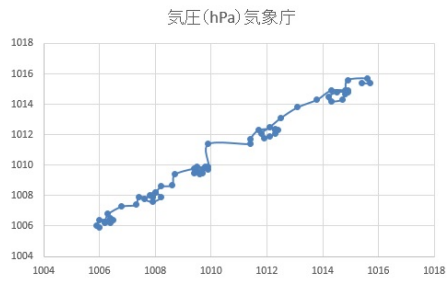


図 4 気圧 (A)

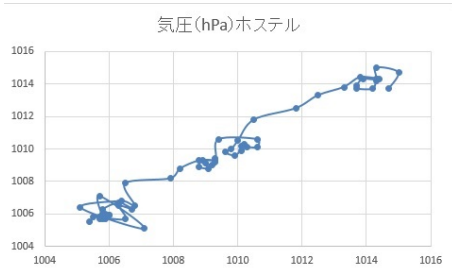


図 5 気圧 (B)

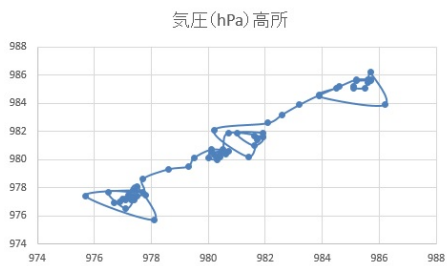


図 6 気圧 (C)

3.2 結果 2

気象庁データの状態空間アトラクタ比較

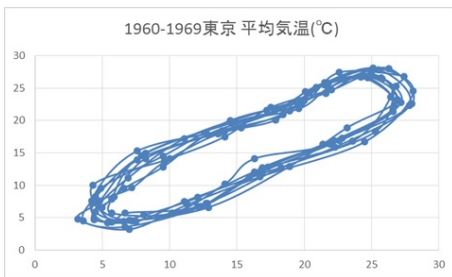


図 7 1960 年から 10 年間の平均気温 (東京)

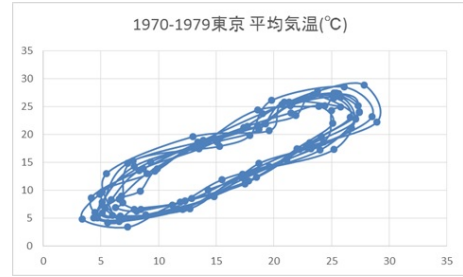


図 8 1970 年から 10 年間の平均気温 (東京)

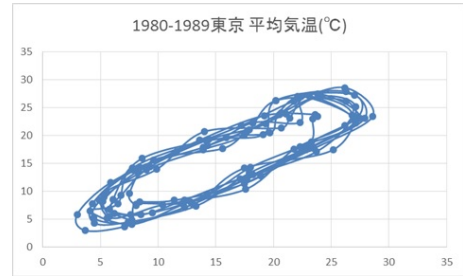


図 9 1980 年から 10 年間の平均気温 (東京)

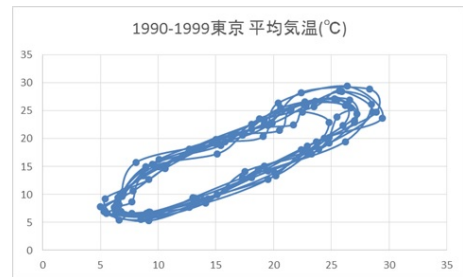


図 10 1990 年から 10 年間の平均気温 (東京)

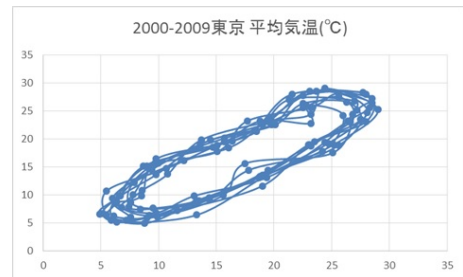


図 11 2000 年から 10 年間の平均気温 (東京)

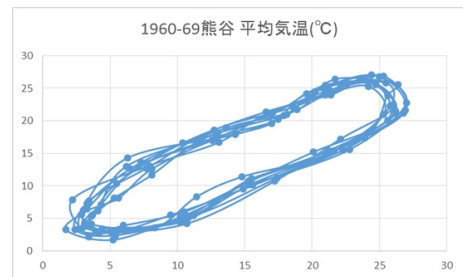


図 12 1960 年から 10 年間の平均気温 (熊谷)

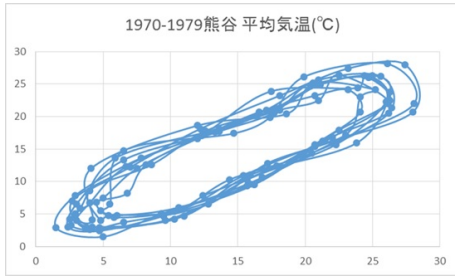


図 13 1970 年から 10 年間の平均気温（熊谷）

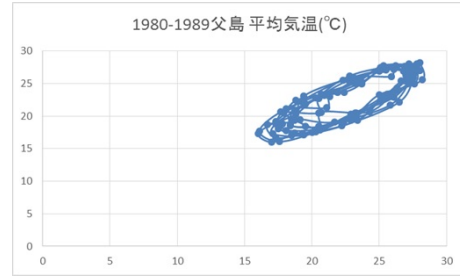


図 18 1980 年から 10 年間の平均気温（父島）

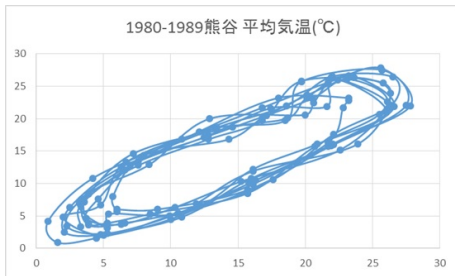


図 14 1980 年から 10 年間の平均気温（熊谷）

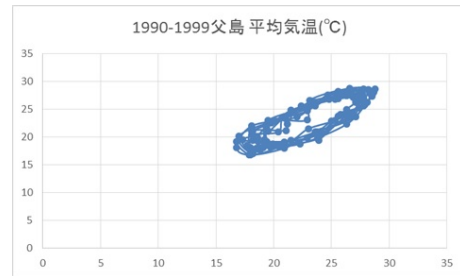


図 19 1990 年から 10 年間の平均気温（父島）

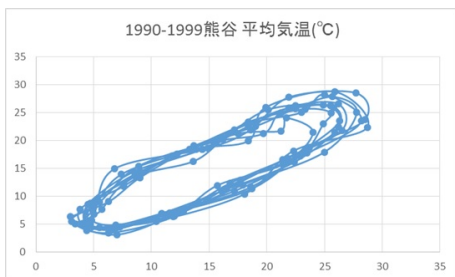


図 15 1990 年から 10 年間の平均気温（熊谷）

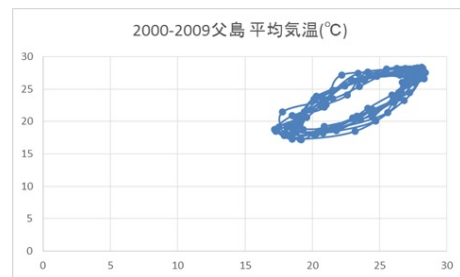


図 20 2000 年から 10 年間の平均気温（父島）

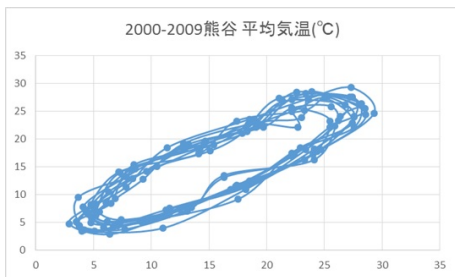


図 16 2000 年から 10 年間の平均気温（熊谷）

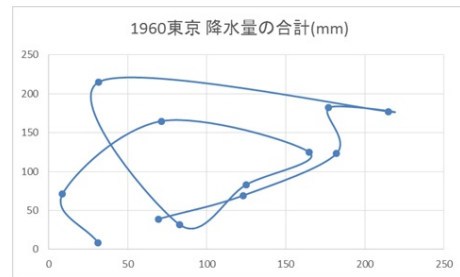


図 21 1960 年から 10 年間の平均降水量（東京）

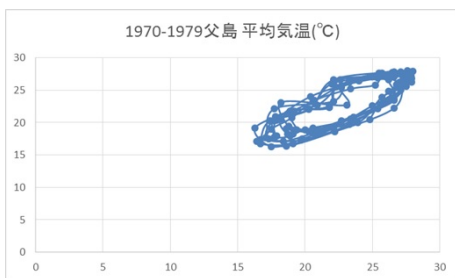


図 17 1970 年から 10 年間の平均気温（父島）

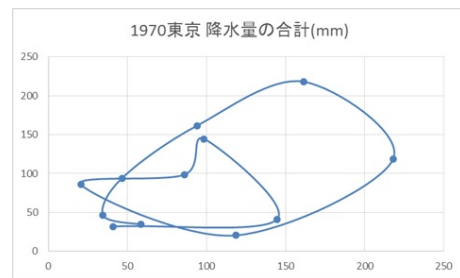


図 22 1970 年から 10 年間の平均降水量（東京）

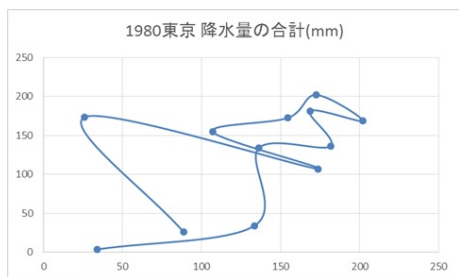


図 23 1980 年から 10 年間の平均降水量（東京）

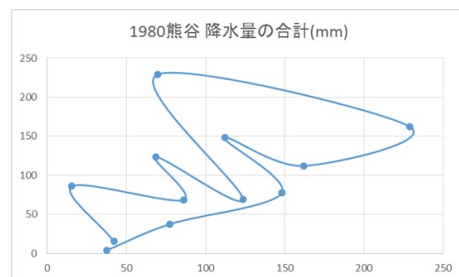


図 28 1980 年から 10 年間の平均降水量（熊谷）

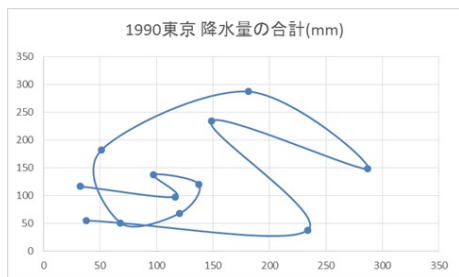


図 24 1990 年から 10 年間の平均降水量（東京）

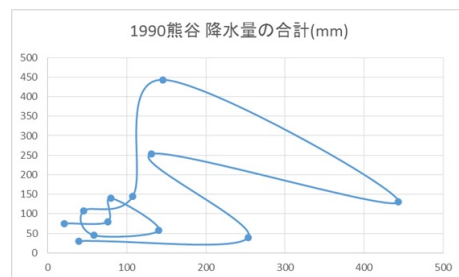


図 29 1990 年から 10 年間の平均降水量（熊谷）

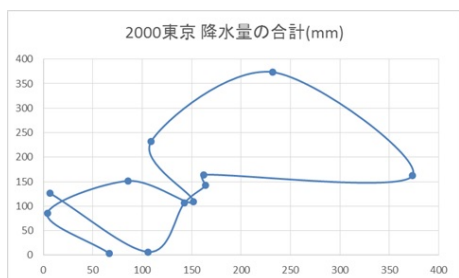


図 25 2000 年から 10 年間の平均降水量（東京）

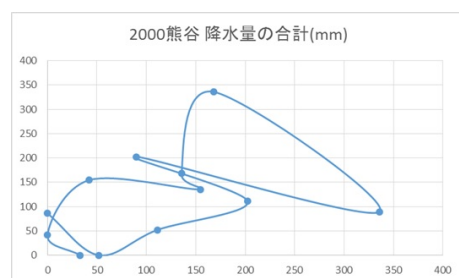


図 30 2000 年から 10 年間の平均降水量（熊谷）

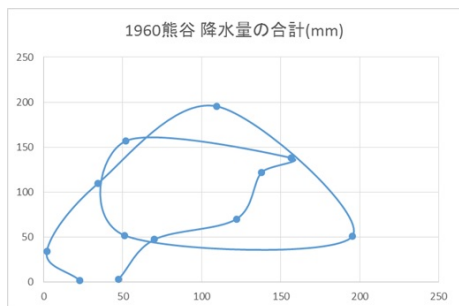


図 26 1960 年から 10 年間の平均降水量（熊谷）

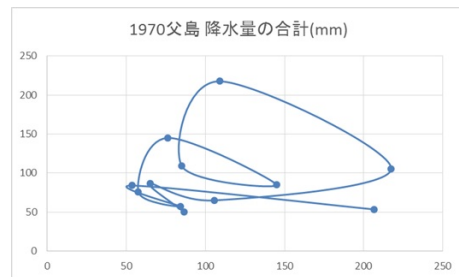


図 31 1970 年から 10 年間の平均降水量（父島）

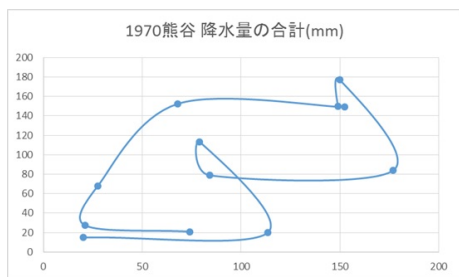


図 27 1970 年から 10 年間の平均降水量（熊谷）

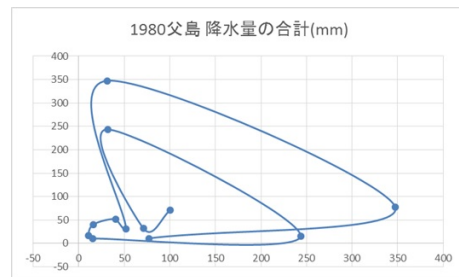


図 32 1980 年から 10 年間の平均降水量（父島）

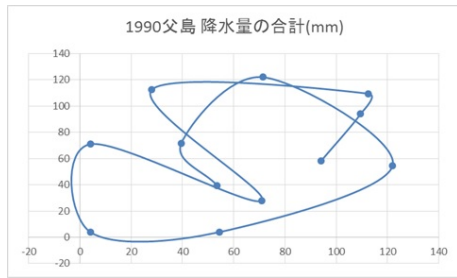


図 33 1990 年から 10 年間の平均降水量（父島）

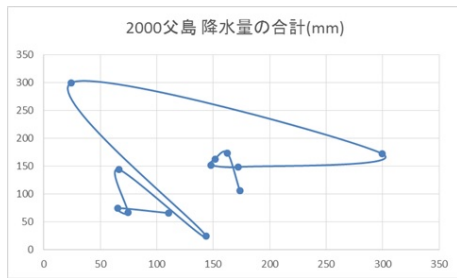


図 34 2000 年から 10 年間の平均降水量（父島）

4 考察

4.1 考察 1

実測データ及び気象庁データの比較では、アトラクタ（図 1-3）が同じ軌道上を通過しておらず、気温の日較差による変化が見られた。また、場所による気温の昇降の差により斜めに長く、所々に歪な小円を描いたアトラクタ（図 1-3）を形成している。

気圧に関しては、日較差の変動によりアトラクタ（図 4-6）が小円を描き出し、高低気圧に影響を受けたと考えられる全体的な気圧の上昇傾向が見られた。

4.2 考察 2

気象庁データの比較では、10 年間ごとの気温アトラクタについては形状がほぼ limit cycle で、気候変化の兆候は見受けられず安定していると判断した。ただ夏期冬期におけるアトラクタ（図 7-11, 図 12-15, 図 16-20）には年代ごとに変動の幅が異なることが認められる。アトラクタ（図 7-11, 図 12-15, 図 16-20）の形から月ごとの変化には差異は見受けられないが、年度ごとの夏期冬期における差異は年代ごとで異なる。

降水量については年ごとに形作られるアトラクタ（図 21-25, 図 26-30, 図 31-34）が違うため、安定しているとは言えず、2 次元状態空間においては明白な特徴を見出すことはできなかった。

5 まとめと今後の課題

今回の実験解析では、気象要素の実測データを用いて、気候変化の兆候を探る為、時間遅れ座標による 2 次元状態空間を再構成し、そのアトラクタを比較した。しかしながら、小笠原諸島父島における気候変動については顕著なアトラクタの崩れ等はなく、平衡状態を持続していることを否定するアトラクタは観察できなかった。

今後、気候変化兆候解明のための課題としては

- 多くの気象要素による実験
- 異なるスケール（例えば対数目盛）での状態空間再構成
- 遅延時間によるアトラクタの変化および適正な遅延時間の推定実験
- 3 次元状態空間についての解析

が挙げられる。

参考文献

- [1] 池口徹, カオスと時系列解析, 神戸大学大学院自然科学研究科, 特別講義, 2002
- [2] 井上 政義, 秦 浩起, カオス科学の基礎と展開—複雑系の理解に向けて—, 共立出版, 1999
- [3] R. Berndtsson, K. Jinno, A. Kawamura, J. Olsson and S. Xu, Dynamical systems theory applied to long-term temperature and precipitation times series, Tred in Hydrology I, (1994), 291-297.

3次元プリンタを用いた地域志向商品の開発に向けた応用研究

佐久間 貴士
高崎商科大学 商学部

キーワード：3次元プリンタ，地域志向商品，プロジェクトマネジメント

1 はじめに

地（知）の拠点整備事業とは，平成25年度から文部科学省が実施した，大学等が自治体と連携し，全学的に地域を志向した教育・研究・地域貢献を進める大学を支援することで，課題解決に資する様々な人材や情報・技術が集まる，地域コミュニティの中核的存在としての大学の機能強化を図ることを目的とした事業である。大学COC（Center Of Community）事業と呼ばれ，全国で52校が採択された。全学的に地域再生・活性化に取り組み，教育カリキュラム・教育組織の改革を行い，地域の課題解決のために地域の要望と大学の知力を効率的にマッチングさせ，自治体と大学が協働して地域復興策の立案を実施することが要求される。

本研究では，地（知）の拠点整備事業を背景に，民間連携事業として，地方自治体，あるいはその周辺企業と連携し，観光資源を活かした地域志向商品の開発を行うための基礎となる技術の習得や創造性を高めるための研究を行う。また，学生のITスキルと結びつけることで，3次元プリンタを利用した商品の開発に向けた取り組みを行う。さらに本研究を通して，学生はプロジェクトを体験することで，スキルの習得とマネジメント力を身に付けさせることを目的としている。

2 活動の意義と期待する効果

2.1 活動の意義

社会のニーズを考慮し，目的に沿った一連のシステム（商品，あるいはサービス）を構築する技術を習得し，社会に出た時の強みとして学習させることが有意義であると考えられる。

また，一つのプロジェクトとして動かすことにより，学生にはプロジェクトマネジメントを体験

的に学習させることができる。

2.2 期待する効果

学生は実地として経験する活動により，自身を対象として働きかけ，そして関わっていく活動である体験活動を充実させることができる。シミュレーション等を通じて模擬的に学ぶ模擬体験だけではなく，ヒト・モノや実社会に実際に触れ，関わり合う直接体験を行うことで，自ら学び，自ら考える力の思考や実践の基盤作りに役立つことを想定している。

本研究活動を遂行するにあたり，様々な調査活動が必要となり，地域に住む人々との交流が発生し，共存の精神や自他共に大切にすることということを学ぶ。また，地域の活性化や地域のブランディング，マーケティングを支援することに繋がる。地域の魅力を新たに発見し，磨くことにもなり，地域資源を活かしたビジネスに発展すれば，持続的なまちづくりを実現する可能性になることを期待している。

3 地域志向商品の開発計画

3.1 既存の取り組み

3次元プリンタを利用した研究は多岐に渡り行われている。しかし，地域性と連動させた研究は多くない。

例えば，長野県伊那市にオフィスを構える有限会社スワニー（3Dデータを駆使した製品設計会社）は，長野の町を活性化する取り組みを行っている。また，山形大学工学部では「ひらめき☆ときめきサイエンス」と題して，米沢駅で3次元プリンタの体験講座を開催している。群馬県内ではこのような取り組み（研究）はなく，3次元プリンタの出力サービスを展開する企業は数社に留まる。

3.2 実施計画

本研究は、以下の手順で進めるための取り組みを進めている。

①従来の研究や商品の調査

3次元プリンタを利用したサービスを調査（国内対象）。同じような目的で展開されていれば、その市場を含め、動向についても調査。

②ハードウェアに関する情報収集

システムを構成する上で必要なハードウェアの構成を決定。

③ハードウェア導入

必要となる設備全般の計画および実施。ハードウェアの運用と教育プログラムのトレーニング。

⑤アイデア分類・一覧の作成

新たなアイデアや可能性のあるアプローチを洗い出す。

⑥要件定義

調査結果をもとに現状を整理し、それをベースにプロジェクトの流れを明らかにする。

⑦実験 - 1

商品のモックアップ。

⑧実験 - 2

サービス・取り組みのモックアップ。

⑨アンケート調査など

3.3 開発計画

本研究において導入した3次元プリンタは、ヨーロッパを中心に事業を展開し、オランダに本社を構えるLeapfrog社の「Creator HS」である。設計部門での入門機、あるいはデザインの認識やプレゼンテーション等の用途として活躍しているモデルである。

取り組むべくコンテンツとして、「進化する伝統～こけしすたーず～」を採用した。これは高崎商科大学が開催しているビジネスアイデアコンテスト（地域を担う次世代のビジネスリーダーを育成し、地域を元気にすることを目的として展開）の昨年度のエントリー作品である。惜しくも落選となったが、地域活性化、そして地域志向商品として文句なしのアイデアなので、本研究におけるコンテンツとして採用した。その概要は、群馬県の中心部に位置する榛東村を軸として、榛東村の特

徴である木のぬくもりを活かしたこけしや、特産である葡萄を用いたワイン造りが盛んに行われていることに着目した、地域性を活かす商品である。女性の形を模したこけしをデザインし、機能は2つのパターンを用意している。1つは中が空洞になっており、頭が取り外し可能で胴体部には小物が収納できる構造、2つ目は頭を外すとコルク抜きになっている。

4 まとめ

本研究では、プロジェクトを体験的に学習し、ITスキルの習得を目的とし、地域志向商品の開発に向けた取り組みを行った。今後は、新たなコンテンツの生成を行い、プロジェクトチーム内で議論し、検討する必要がある。また、3次元プリンタを用いた新たな取り組みとして、高校生参加型のイベントを検討している。新規性やアート性等を中心に評価し、優秀作品の実演やクリエイティブな新たな授業の展開につなげたい。

謝辞

本研究は、文部科学省「地（知）の拠点整備事業」における平成29年度地域志向教育研究費の助成により行ったものである。

参考文献

- [1] 文部科学省, “地（知）の拠点整備事業”, http://www.mext.go.jp/a_menu/koutou/kaikaku/oc/, (2017/03/14)
- [2] 有限会社スワニー, “3D プリント受託造形サービス”, <http://www.swany-ina.com/>, (2017/03/14)
- [3] EkiFab⇄駅ファブ, “ときめきひらめきサイエンス”, <http://www.ekifab.com/>, (2017/03/14)
- [4] ぐんラボ, <http://www.gunlabo.net/>, (2017/03/14)
- [5] 高崎商科大学, “コミュニティー・パートナーシップ・センター”, http://www.tuc.ac.jp/uv/org_netbiz.html, (2017/03/15)

ARCS モデルに基づいた説明会設計

峰内 暁世

立正大学 情報環境基盤センター

キーワード：インストラクショナルデザイン，ARCS モデル，9 教授事象

1 はじめに

従来の講義形式の授業スタイルは、ガニェの 9 教授事象の「第 4 事象：新しい事項を提示する」と「第 8 事象：学習の成果を評価する」のみであると言われている^[1]。とすれば、説明会は第 4 事象のみになる。2017 年 2 月に立正大学ではメールシステムを更改した。本稿では、教職員向けのシステム更改に伴う作業説明会を効果的に実施するためにインストラクショナルデザイン（Instructional Design；以下 ID）の理論に基づき設計実践した例について報告する。

2 説明会の基本情報

メールシステム更改に伴い、教職員には以下の事項について認識して、必要な作業をして戴く必要があった。

- 転送設定
- 旧メールシステムのデータ保存
- メールサーバの変更

説明会は、表 1 に示す職員向けと希望のあった学部での説明会を実施した。

3 ARCS モデルに対応した説明会設計

ARCS モデルは、ジョン・ケラー JOHN M. KELLER が 1983 年に提唱した学習者の学習意欲改善を援助するシステムモデルである。本説明会は、ARCS モデルに基づいて実施前に設計の確認をした^[2]。その結果を表 2 に示す。



図 1 職員向け説明会タイムテーブル

表 1 説明会概要

対象者	・ 職員向け	・ 教員向け ・ 希望のあった学部（手上げ式）
研修内容	・ 職員の事務用パソコンのメールソフトの設定変更 ・ 転送設定 ・ 教員が必要となる作業の概要	・ 転送設定 ・ 旧メールシステムのデータ保存 ・ メールサーバの変更
研修期間など	・ 2017年2月 ・ 2 回(60分) ・ TV会議システム利用(品川校舎発信の熊谷校舎受信)	・ 2017年2月 ・ 品川校舎 4 回(10分～15分) ・ 熊谷校舎 2 回
参加者など	・ 1 部局 1 名以上程度 (一部参加できない場合は個別対応)	・ 学部教授会前後に実施
説明資料	・ 図 1, 図 2	・ 図 1
配布資料枚数	・ 9種類, 26面	・ 38枚 (希望者のみ: 2種類, 20+14面)

4 職員向け説明会

職員向け説明会のタイムテーブルを図1に示す。配布した資料は、9種類26面である。

説明に使った資料は、図2、図3のみ。クイズは、説明した内容に対する設問16問で、学生と教職員のメールシステム更改に関するもの。アンケートは、図3に示す5問で職員のメールシステム更改に伴う作業内容について、確認をした。

5 職員向け説明会実施結果

説明会では、非常に活発に質問がされた。また、参加者のアンケート項目の結果は、すべて「はい」であった。さらに、欄外に「すごくわかり易かったです。いっぱい質問して、お手数をおかけして

すみませんでした。」「お疲れ様です。私は、理解させて戴きました。」などの記入があった。また、終了後に「クイズがあったので、確認できて良かった」との感想も寄せられた。

6 おわりに

従来、システム更改に伴う説明会では、概要の説明、手順書を配布してデモを見せながらの説明であった。今回の説明会でもグループワークに対する必要性への疑問や、デモの必要性の要望もあった。しかし、今回の説明会では学習者である教職員が、(1)自分自身に必要な作業は何で、(2)そのためには何をしなければならないか、(3)そのための手順はどこにあるか、のみの説明にした。

表2 ARCSモデルに基づく確認

注意 (Attention) 〈面白そうだなあ〉	A-1:知覚的喚起 (Perceptual Arousal)	オープニングにひと工夫し、注意を引く(表紙のイラスト、タイトルのネーミングなど) 配布資料は、職員向けは26面だが、説明に使用したのは図1, 2の資料のみ。
	A-2:探求心の喚起 (Inquiry Arousal)	教材の内容が一目でわかるような表紙を工夫する 作業内容を一目でわかるチェックリスト。
	A-3:変化性 (Variability)	説明を長く続けずに、確認問題、練習、要点のまとめなどの変化を持たせる 説明、確認のクイズ、クイズの回答/解説、質疑。
関連性 (Relevance) 〈やりがいがありそうだなあ〉	R-1:親しみやすさ (Familiarity)	説明を自分なりの言葉で(つまりどういうことか)言いかえてみる 確認クイズで配布資料を見ながら書き込む。
	R-2:目的指向性 (Goal Orientation)	自分にとってやりがいのあるゴールを設定し、それを目指す 自分で手順書を見ながら、設定できる。教員や同じ部局の職員に説明できる。
	R-3:動機との一致 (Motive Matching)	勉強すること自体を楽しめる工夫を盛り込む(例えば、ゲーム的な要素を取り入れる) クイズに回答する。
自信 (Confidence) 〈やればできそうだなあ〉	C-1:学習要求 (Learning Requirement)	中間の目標をたくさん作って、「どこまでできたか」を頻繁にチェックして見通しを持つ 作業内容を一目でわかるチェックリスト。
	C-2:成功の機会 (Success Opportunities)	セクション(チャンク)ごとに確認問題を設け、出来具合を自分で確かめながら進ませる 作業内容を一目でわかるチェックリスト。
	C-3:コントロールの個人化 (Personal Control)	失敗したらやり方のどこが悪かったかを自分で判断できるようなチェックリストを用意する 作業内容を一目でわかるチェックリスト。
満足感 (Satisfaction) 〈やってよかったなあ〉	S-1:自然な結果 (Natural Consequences)	努力の結果がどうだったかを、目標に基づいてすぐにチェックできるようにする クイズとクイズの回答/解説/質疑。 アンケートで学習内容の確認。
	S-2:肯定的な結果 (Positive Consequences)	できて当たり前と思わず、できた自分に誇りを持ち、素直に喜べるようなコメントをつける クイズ/グループディスカッションで、自分の回答を確認できる。
	S-3:公平さ (Equity)	なし

システム更改前後の質問は、教職員の約75%が所属している品川キャンパスでは、2月末で90件であった。質問の多くは、「手順リストD」でアカウント設定の変更を試みましたが、エラーの状態でメールの送受信ができません。」のように「チェックリストの手順〇〇をしているができない」の趣旨であった。これにより、問い合わせに回答しなければならない情報システム課の職員も、質問者の意図の理解に要する時間が削減できた。

2008年8月に文部科学省が発表した、「新たな未来を築くための大学教育の質的転換に向けて

～生涯学び続け、主体的に考える力を育成する大学へ～」の中央教育審議会の答申には、「従来のような知識の伝達・注入を中心とした授業から、教員と学生が意思疎通を図りつつ、一緒になって切磋琢磨し、相互に刺激を与えながら知的に成長する場を創り、学生が主体的に問題を発見し解を見いだしていく能動的学修（アクティブ・ラーニング）への転換が必要である。」^[3]とされている。本稿では、説明会へIDに基づいたアクティブラーニングの実践例について報告した。今後は、IDに基づく授業設計により授業が改善されるように働きかけたい。

謝辞

メールシステム更改説明会の準備を一緒にしてくださった立正大学品川情報システム課の各位に心からの感謝を申し上げます。

電子メールシステム変更に伴う設定変更手順(メールソフトをご利用の場合)

メールソフト設定値一覧

POP3選択時のサーバー設定値

	受信サーバー	送信サーバー
サーバーのホスト名	(旧) pop.XX.ac.jp (新) mailXXX.mx.jp	(旧) mail.XX.ac.jp (新) mailXXX.mx.jp
ポート番号	995	465
SSL接続必要可否	あり	あり
暗号化接続の種類	あり(通常のパスワード認証)	あり(通常のパスワード認証)
認証ID	(旧)教職員番号 → (新)メールアドレス(@XX.ac.jpを含む)	
パスワード	ポータルサイト、学内LANなどのパスワード(変更なし)	

IMAP選択時のサーバー設定値

	受信サーバー	送信サーバー
サーバーのホスト名	(旧) iii.XX.ac.jp (新) mailXXX.mx.jp	(旧) mail.XX.ac.jp (新) mailXXX.mx.jp
ポート番号	993	465
SSL接続必要可否	あり	あり
暗号化接続の種類	あり(通常のパスワード認証)	あり(通常のパスワード認証)
認証ID	(旧)教職員番号 → (新)メールアドレス(@XX.ac.jpを含む)	
パスワード	ポータルサイト、学内LANなどのパスワード(変更なし)	

各種手順は、ポータルサイト→ライブラリ→マニュアル(教員用)→メール関連(新)をご覧ください。

図2 配布資料1

メールシステム更改説明会アンケート

アンケート記入日：平成 年 月 日

今回の説明会について、それぞれ理解は深まったかご回答ください。

- 2月16日AM9時にメールシステムが更改されることで、それに伴う作業が発生することについて。
 - ①ご理解頂きましたでしょうか？
 - 【 はい ・ いいえ ・ どちらとも言えない 】
 - ②ご不明な点がございましたらご記入ください。
 - 【 】
- 既存メールシステムでメール転送設定をしている場合、新システムでの転送設定が必要であることについて。
 - ①ご理解頂きましたでしょうか？
 - 【 はい ・ いいえ ・ どちらとも言えない 】
 - ②ご不明な点がございましたらご記入ください。
 - 【 】
- ユーザーIDが教職員番号から@XX.ac.jpを含むメールアドレスに変更される点について。
 - ①ご理解頂きましたでしょうか？
 - 【 はい ・ いいえ ・ どちらとも言えない 】
 - ②ご不明な点がございましたらご記入ください。
 - 【 】
- 2月16日AM10時以降にメールの設定を変更せずに既存メールサーバーからメールを受信し、同時にMailSoftの「smtp」「pop」サーバーの変更をすることについて。
 - ①ご理解頂きましたでしょうか？
 - 【 はい ・ いいえ ・ どちらとも言えない 】
 - ②ご不明な点がございましたらご記入ください。
 - 【 】
- 2月16日AM10時以降にMailSoftのIDとパスワードを変更することについて。
 - ①ご理解頂きましたでしょうか？
 - 【 はい ・ いいえ ・ どちらとも言えない 】
 - ②ご不明な点がございましたらご記入ください。
 - 【 】

よろしければ部署名・お名前をご記入ください。

部署名 _____ 氏名 _____

ご協力ありがとうございました。

図3 アンケート用紙

参考文献

- [1] 鈴木克明,『放送利用からの授業デザイナー入門～若い先生へのメッセージ～』,財団法人 日本放送教育協会,1995,
<http://www.gsis.kumamoto-u.ac.jp/ksuzuki/resume/books/1995rtv/rtv02.html>, (参照 2017-02-28)
- [2] 鈴木克明,『教材設計マニュアル：独学を支援するために』,北大路書房,2002
- [3] 中央教育審議会,「新たな未来を築くための大学教育の質的転換に

向けて～生涯学び続け、主体的に考える力を育成する大学へ～」,
 文部科学省,
[「http://www.mext.go.jp/b_menu/shingi/chukyo/chukyo0/toushin/1325047.htm](http://www.mext.go.jp/b_menu/shingi/chukyo/chukyo0/toushin/1325047.htm), (参照 2017-02-28)

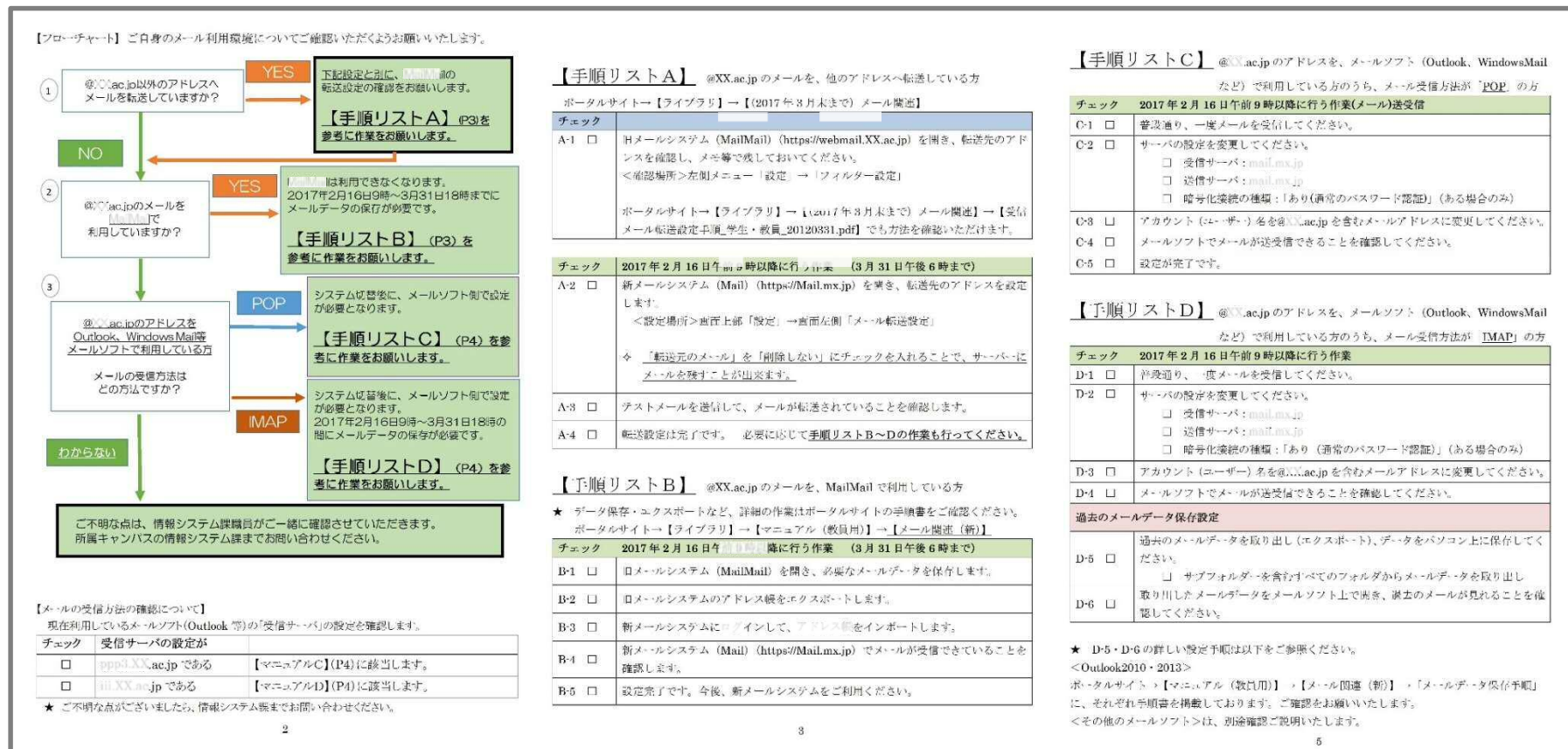


図2 配布資料2

ICT を活用した AO・推薦入試合格者の学力および 学習傾向の可視化と学習習慣改善の試み

Trial of visualization of the tendency of the learning and the improvement of the learning custom
to scholastic ability of admissions office examination and examination for selected candidates
passer utilized ICT

菅原 良
Ryo Sugawara

明星大学明星教育センター
Meisei Education Center, Meisei University

キーワード：AO・推薦入試 ICT 活用 e ラーニング 学習傾向の可視化 学習習慣改善

1 はじめに

本学において 2015 年度（2016 年度入学者対象）入学前教育において実施したプレテスト（以下「プレテスト」、自宅学習における学習内容の難易度を定めることを目的としてスタートアップ講習時に実施）及び修了テスト（e ラーニングによる自宅学習の成果を測定することを目的として自宅学習期間終了直後に実施）の結果（得点）の比較により、e ラーニングによる自宅学習の効果について検討する。具体的には以下の 3 点を取り上げる。

1 点目は「プレテストの結果から AO・推薦入試合格者の基礎学力の把握」について検討する。2 点目は「e ラーニングによる自宅学習の履歴を用いた学習傾向の把握」について検討する。3 点目は、プレテストと修了テストの結果（得点）から、「AO・推薦入試合格者の e ラーニングによる自宅学習の学習成果」について検討する。

2 基礎学力の特徴

2016 年度に明星大学に AO・推薦入試で合格し、入学前教育の e ラーニングを受講した生徒のうち、国語と英語のプレテストと修了テストをすべて受験した生徒を対象に分析を行った。英語、国語、数学のプレテスト得点間の得点の相関を確認したところ、いずれの組み合わせ（国語・英語、数学・英語、英語・数学）においても弱い相関が示されるに止まった（表 1）。

次に、プレテストの 2015 年度と 2016 年度の平均得

点と標準偏差を比較したところ、大きな相違はなく、基礎学力の変化はほとんどみられない（表 2）。ただ、英語では平均得点の変化はほとんどないものの、得点のばらつきが改善されており、AO・推薦入試合格者の得点下位層が底上げされた一方で上位層の得点が伸び悩んでいる（表 2）。また数学では、2016 年度の方が得点上位層と下位層のばらつき大きくなっていることがうかがわれる（表 2）。

表 1 科目得点間の相関

科目の組み合わせ	相関係数
国語と英語	.35***
英語と数学	.37***
数学と国語	.44***

*** $p<.01$

表 2 プレテスト得点の平均値と標準偏差

国 語			
2016 年度		2015 年度	
$\bar{x}$	SD	$\bar{x}$	SD
61.84	15.53	58.78	15.36
英 語			
2016 年度		2015 年度	
$\bar{x}$	SD	$\bar{x}$	SD
42.21	13.97	42.34	29.23

3 eラーニングの学習履歴を用いた学習傾向の分析

ここでは、入学前教育の課題として課したeラーニングの学習傾向を、学習タイプ別に7分類して検討する(表3)。

学習タイプ別eラーニング完了率では、LTrfタイプとMTrfタイプでいずれも100.0パーセントになっている(表4)。学習タイプとプレテストの得点の関連については、得点上位層(国語: ≥ 90 , 英語: ≥ 75)のほとんど(国語 77.8%, 英語: 88.2%)が、LTrfタイプ及びMTrfタイプのいずれかに分類される。しかし、得点が下がる(国語 $90 > x \geq 80$, 英語 $75 > x \geq 65$)と、LTrfタイプ及びMTrfタイプの割合が、得点上位層と比較して国語(64.9%)で12.9ポイント、英語(63.6%)で24.6ポイント下がる。eラーニングによる学習期間を通して、偏ることなく継続して学習を続けることと得点が高いこととの間に関連があることが推察される(表5)。

表3 学習タイプの分類

学習タイプ	eラーニング完了率	ログイン回数(Trf)
長期完了	100.0(%)	30 $\leq$
中期完了	100.0	<30
短期終了	<100.0	前後期共 10 $\leq$ Trf<30
前半集中	<100.0	前期 10 $\leq$ Trf<30 後期 Trf<10
後半集中	<100.0	前期 Trf<10 後期 10 $\leq$ Trf<30
非習慣	<100.0	前期 Trf<10 後期 10<Trf
無学習	ログイン(学習)していない	

表4 学習タイプ別eラーニング完了率

学習タイプ	完了率
長期完了(LTrf)	100.0(%)
中期完了(MTrf)	100.0
短期終了(STrf)	78.4
前半集中(FHaf)	62.0
後半集中(LHaf)	71.7
非習慣(N)	33.7
無学習(NS)	—
全 体	75.6

比較したところ、前者では61.84点だったのが、修了テストでは71.34点となり、9.50ポイントの上昇がみられた。また、プレテストの得点と修了テストの得点に差があるかどうかについてt検定を行ったところ有意差($t=-17.48$, $p<.01$)が認められた(表6)。この結果と平均値から、プレテストの得点よりも修了テストの得点の方が高くなったと解釈することができる。英語のプレテストと修了テストの得点を平均点で比較したところ、前者では42.21点だったのが、修了テストでは47.70点となり、5.49ポイントの上昇がみられた。また、プレテストの得点と修了テストの得点に差があるかどうかについてt検定を行ったところ有意差($t=-11.86$, $p<.01$)が認められた(表6)。この結果と平均値から、プレテストの得点よりも修了テストの得点の方が高くなったと解釈することができ、入学前教育の一環として実施しているeラーニングは、AO・推薦入試で合格した生徒の学力の伸長に寄与しているといえる。

表5 学習タイプとプレテスト得点の関連

		プレテスト得点			
		国語		英語	
学習タイプ	達成率	≥ 90	$90 > x \geq 85$	≥ 75	$75 > x \geq 65$
長期完了	100.0(%)	10 ^(人)	17 ^(人)	9 ^(人)	15 ^(人)
中期完了	100.0	11	7	6	6
短期終了	<100.0	2	3	—	3
前半集中	<100.0	3	—	1	—
後半集中	<100.0	1	6	1	4
非習慣	<100.0	—	3	—	5
無学習	<100.0	—	1	—	—

表6 プレテストと修了テストの得点

	国 語		英 語	
	プレテスト	修了テスト	プレテスト	修了テスト
$\bar{x}$	61.84	71.34	42.21	47.70
SD	15.51	18.68	13.97	16.37
t 値	-17.48***		-11.86***	

*** $p<.01$

4. eラーニングの学習効果

国語のプレテストと修了テストの得点を平均点で

低コストかつ高品質な学会運営補助システムの開発にむけて

次郎丸 沢†

† 株式会社カンファレンスサービス

キーワード：小規模学会 論文投稿システム 参加登録システム

1 はじめに

本稿では弊社が企画・制作・使用している低コストかつ高品質な学会運営補助システムの開発について述べる。

小規模学会は増加傾向にあるが、資金面の問題を抱えており、資金面に優しいサービスは専門的なスキルを必要とすることから、小規模学会は専門的なスキルを必要とせず、かつ資金面に優しいサービスを必要としている。

そこで、弊社は本システムを低コストかつ高品質な学会運営補助システムの開発することにした。

2 背景

2.1 小規模学会が抱える問題

学会運営をする上で弊社の主な顧客となる中小規模学会の主催者は、資金面等の問題を抱えていることが多い。大規模学会は参加者が多いため参加費も潤沢に使用することが出来、スポンサーがつくことが多いため資金的に余裕があることが多いが、中小規模学会はスポンサーがつきづらく、参加者も少ないため資金的な問題を抱えていることが多い。

そのため、金銭面で負担が少ない方法で学会運営を行うことが多いが、そのような方法はマンパワーが必要であるため、主催者に大きな負担がかかる。

2.2 論文投稿と参加登録

例えば、論文投稿システムや参加登録システムは無料で使用できるものから学会の企画および運営を行う大手の会社（JTBやコングレなど、以下大手と記載）が提供するものまでさまざまであるが、一般的に大手が提供するシステムは高価で

あり、無料もしくは安価に使用できるものは拡張性に欠けていたり、使用方法が難しかったりする（プログラミングの知識が必要）などの理由で導入が難しい。

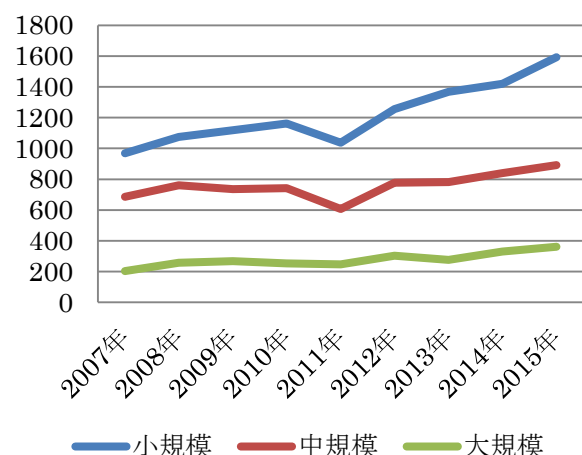
よって、小規模学会では、電子メールを使用して論文投稿および参加登録を行うことが多いが、送られてきたメールに対して、①返信②関係者に転送③参加者リストの作成④入金の確認などをする必要があることから担当者に負担が集中する。

小規模学会の主催者は本業（研究・教育および診療）の傍らで学会運営にマンパワーが割かれることが学会運営の上で大きな障害となっている。

2.3 小規模学会の開催件数

一方、小規模学会の開催件数は増加している。図1は2007年から2015年までの国際会議の開催件数のグラフである。

図1：国際会議の開催件数[1]



ここで、小規模とは参加者数200名未満、中規模とは参加者数200名以上1000名未満、大規模とは1000名以上のことを指す。本グラフより、東日

本大震災が起こった 2011 年を除けば、小規模の学会の件数が中規模や大規模の件数に比べて明らかに増えていることが分かる。また、2015 年度において小規模学会の割合が 56%、中規模学会の割合が 31%、大規模学会の割合が 13%であった。なお、国内学会の開催件数については正確なデータが無かったため考慮に入れていない。

小規模学会が増加しているのは、会議内でなされる議論の質に理由があるからだと予想している。小規模学会は非常に狭い分野で議論が出来るため、ニッチな研究をしている研究者にとっては無くてはならないものである[2]。

2.4 小規模学会主催者のニーズ

以上の状況から、小規模学会が増加している中で小規模学会の主催者は低コストかつ高品質なシステムの提供を必要としている。

3 条件を満たすシステム

条件を満たすシステムの機能を図 2 に、タイムラインを次ページの図 3 に示す。

3.1 本システムのコンセプト①: 低コスト

本システム制作にあたって低コストであることは最も重要なコンセプトのうちの 1 つである。そこで、本セクションでは低コストとは何かについて明確に定義しておく。

本システムにおけるコストとは、①経済的コスト（お金）②時間的コスト（時間）③肉体的コスト（労力・手間）④頭脳的コスト（思考）⑤精神的コスト（不安・気を遣う・楽しい）の 5 つであると定義する[3]。この 5 つのコストをいかに下げていくかについて考察する。

図 2：本システムの機能

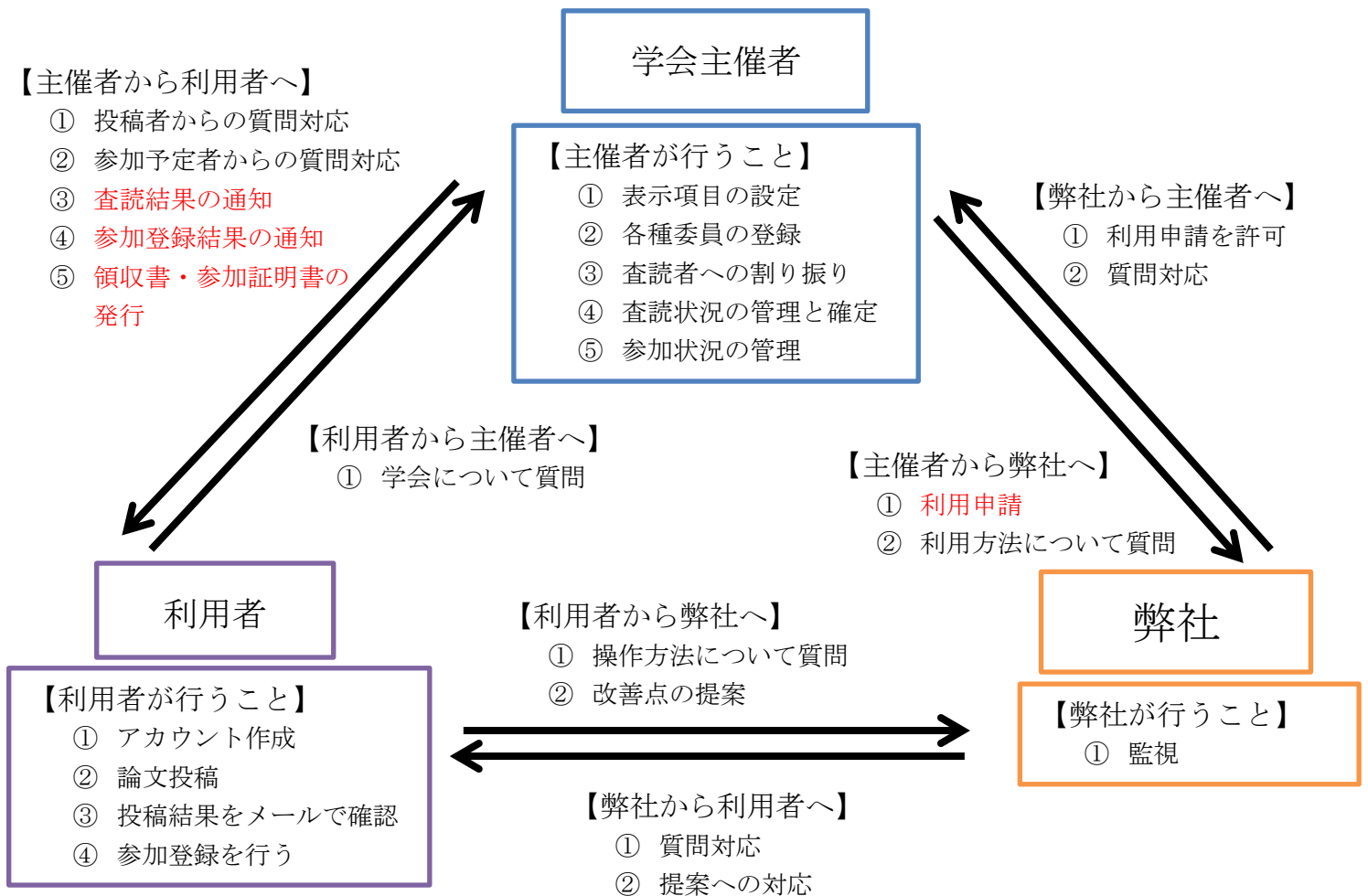
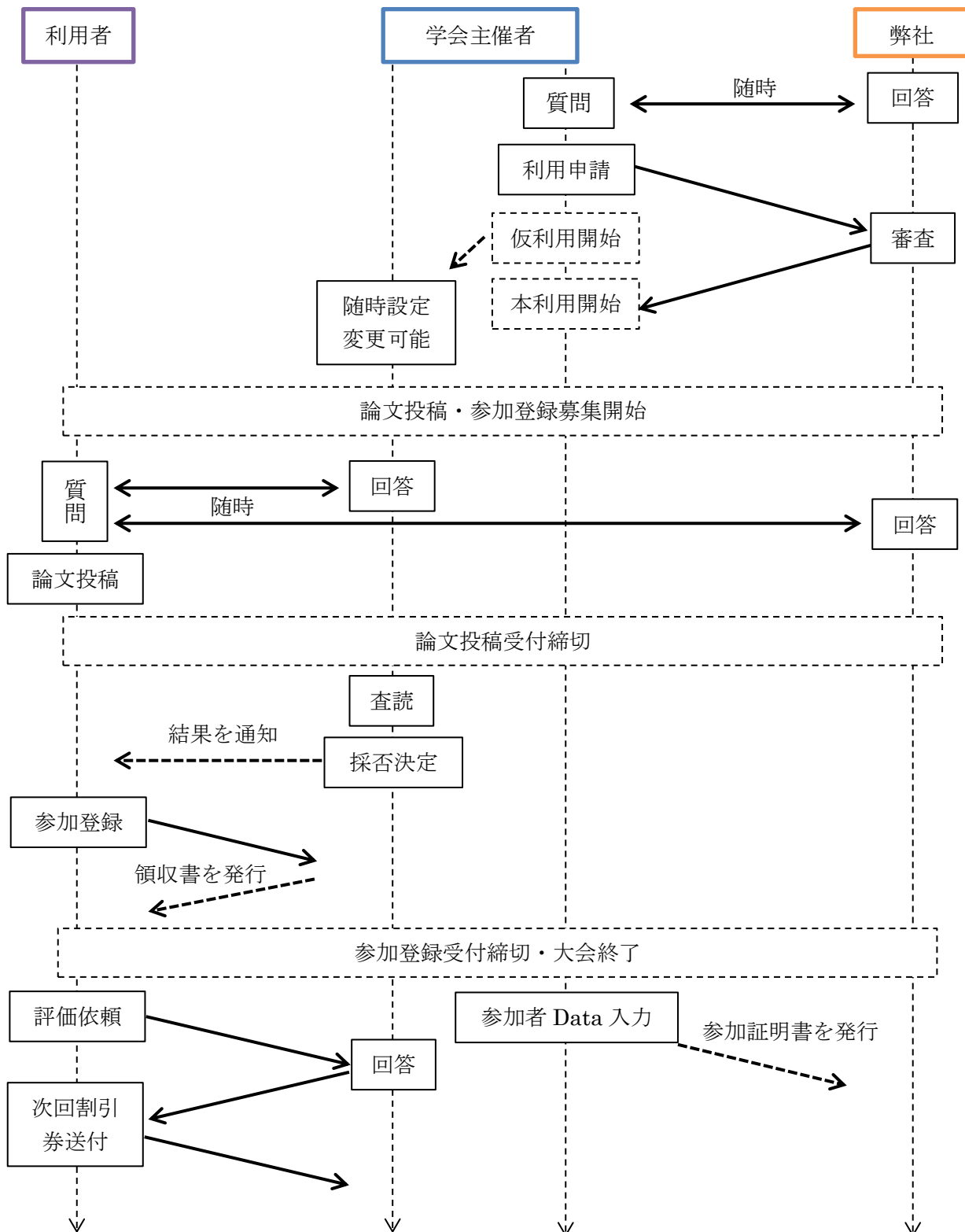


図3：本システムのタイムライン



3.1.1 経済的コストの低減

経済的コストとは、学会の主催者から見れば本システムの利用料であり、自社から見れば本システムの開発費である。開発費を利用料で回収する

ビジネスモデルの場合、開発費が高額になれば利用料を上げる必要がある。

本システムの開発においては、企業努力および補助金の獲得により開発費として自社から投入す

る金額を抑えることで利用料が高額になることを避ける。また、開発費のすべてを利用料から回収するのではなく、学会の運営業務の件数増を狙うことで運営業務の利益からの回収も行う。

3.1.2 時間的コストの低減

時間的コストの低減とは、本システムに関わる時間、ひいては学会運営に費やす時間をいかに減らすかということである。ここでいう時間は、作業するのにかかる時間とレスポンスを待つ時間とに大別される。この2つをいかに低減させるかが重要である。

主催者および自社の作業時間を減らすために、①作業の自動化、②分かりやすいUI、③簡単に質問できるフォームの設置、などを行う。加えて、主催者の作業時間を減らすために設定項目の最適化を行う。

レスポンスを待つ時間を減らすために、主催者は本システムを利用申請してから待ち時間なく仮利用を開始する。また、質問の回数を減らすために過去の質問に対する回答をFAQのページに集める。

3.1.3 肉体的コストの低減

労力や手間を低減するために、契約書は電子的なものに限定する。これにより、収入印紙や郵送費などの経済コストも0に出来る[6]。

3.1.4 頭脳的コストの低減

料金体系を3つに限定することで主催者が考える時間と労力を減らす。具体的には、参加登録のみ・論文投稿のみ・参加登録と論文投稿の両方の3種類にする。

この3つのうちどれにするかは比較的早期に決まり、それぞれのシステムでどんな機能を使うかを検討することに時間を要することが多い。

本システムもさまざまな機能を実装していく予定であるが、それらの機能を使うかどうかで単価

が変わらないようにすることで、本システムを使用するかどうか考える時間と労力を減らす。

3.1.5 精神的コストの低減

学会の主催者にとっての精神的コストとは、先行き不透明による不安と参加者や発表者に対して気を使うことである。

先行き不透明による不安に対応するために、まずはファイナンスの部分に焦点を当てる。そのコストを減らすために、①前項で上げた単純な価格設定②支払いは参加費と相殺③低価格設定、の3点を行う（いずれは参加者数の想定などのサービスも行いたい）。

参加者や発表者に対して個別に連絡することも一つの精神的なコストである。このコストを解消するために、参加者や投稿者のマイページに連絡事項を表示させたり、該当する方に一斉メールを送る機能を付けたりすることでコストを抑える

4 おわりに

本システムは現在設計中であり、効果測定などを行うことが現状ではできない。今後はシステムを作成後に効果測定などを行っていききたい。

参考文献

- [1] 日本政府観光局, “2015 年国際会議統計” (グラフは掲載データを基に作成), http://mice.jnto.go.jp/doc/data/cv_tokei_2015_1shou.pdf(2016 年 12 月 26 日閲覧)
- [2] 井上正康, “智の真空地帯と研究のニッチ”, 生化学 81(9), p761, 2009
- [3] 仲山進也, “あのお店はなぜ消耗戦を抜け出せたのか”, 宣伝会議, 2014
- [4] 国税庁, “請負契約に係る注文請書を電磁的記録に変換して電子メールで送信した場合の印紙税の課税関係について”, http://www.nta.go.jp/fukuoka/shiraberu/bunshokaito/inshi_sonota/081024/01.htm, (閲覧日: 2017 年 1 月 20 日)

水文環境教育における自然現象再現型モデルと ICT ツールの導入の試み

李 盛源[†]

下岡 順直[†]

白木 洋平[†]

北沢 俊幸[†]

[†] 立正大学 地球環境科学部

キーワード：水文環境教育，自然現象再現型モデル，ICT 教材，地下水流動モデル，アクティブ・ラーニング

1. はじめに

近年，大学教育に求められる大きな課題として，学士課程教育の質的転換がある．

求められる質の高い学士課程教育とは，教員と学生とが意思疎通を図りつつ，学生同士が切磋琢磨し、相互に刺激を与えながら，知的に成長する課題解決型の能動的学修によって，学生の思考力や表現力を引き出し、その知性を鍛える双方向の講義，演習，実験，実習や実技などの授業を中心とした教育である^[1]．

そこで，主体的な学び（学修）を行う有効な手法の一つとして「アクティブ・ラーニング」が挙げられている．

アクティブ・ラーニングとは，一方的な知識伝達型の講義を聴くという（受動的）学習を乗り越える意味での，あらゆる能動的な学習の総称である．能動的な学習には，書く・話す・発表するなどの活動への関与と，そして生じる認知プロセスの外化を伴うと定義されている^[2]．

すなわち，一方的な知識伝達型であり，聴くだけという講義という形式から脱皮し，学生が能動的に考え，書く・話す・発表するなどの活動を取り入れた授業を行うことがアクティブ・ラーニングであり，大学教育における「質」への転換の達成に繋がると考えられる．

そこで，本研究では，主体的な学びの有効な手法である「アクティブ・ラーニング」の実践として，環境水文教育への導入を試みた．

2. アクティブ・ラーニングの手法

本研究では，主体的な学びの有効な手法の一つである「アクティブ・ラーニング」を水文環境教

育へ導入するために，2つの試みを行った．

まず，1つ目は，自然現象再現型モデルの導入である．自然現象再現型モデルは，私たちが直接目で見ることのできない空間を流れている地下水流動とそれに伴う物質循環を可視化するためのものである．本研究で扱う自然現象再現型モデルは，目に見えない自然現象を可視化させることによって，時・空間的な自然現象が理解でき，学生の好奇心を刺激し，自ら考えるようになり，高い教育効果が得られるアクティブ・ラーニングの教材として用いることが可能であると考えられる．

次に，2つ目は，双方向授業を行うための ICT ツールの導入である．教員が一方的に知識伝達を行う「講義」などの形式から，タブレットを利用し，学生の意見を取り入れながら行う「双方向授業」への変換を試みた．それによって，教員と学生とが意思疎通を図りつつ，学生同士が切磋琢磨し、相互に刺激を与えながら，知的に成長ができると考えられる．

2-1. 自然現象再現型モデルの導入

導入された自然現象再現型モデルである地下水流動モデル（Groundwater Flow Model）は，Iowa State University の Prof. Richard M. Cruse に依頼し，製作されたものである．実際，同大学の授業で使われているものと同様のものである（Fig. 1）．

本研究で扱う自然現象再現型モデルは堆積構造や河川の流量などを変化することができ，井戸の位置や深度も選択できるなど，学生が工夫しながら様々な自然条件を作り上げながら自然現象が再現できるため，能動性や思考力を養う教材として用いられる仕組みとなっている（Fig. 1）．



Fig. 1 Groundwater Flow Model の構造

2-2. 双方向授業のための ICT ツールの導入

教員が一方向的に知識伝達を行う講義などの形式ではなく、タブレットなどを利用し、学生の意見を取り入れながら行う「双方向授業」を行うために、以下のような ICT ツールを導入した。

- ✓ 双方向授業用教育アプリケーション
(ロイロノート・スクール, 株式会社 Loilo)
- ✓ 双方向授業用端末機 (iPad, Apple.Inc.)

3. 水文環境教育におけるアクティブ・ラーニングの実践

立正大学地球環境科学部環境システム学科の「環境水文学実験」(学部 2~4 年生対象)という科目で、目に見えない地下水の流れとそれに伴う物質循環を可視化できる教材として、自然現象再現型モデル (GFM) を導入した。また、ICT ツール(タブレットおよびロイロノート)も導入し、双方向授業としての可能性について検討を行った。

- ✓ 授業内容：地下水流動、地下水と河川水の交流、汚染物質の拡散、土壌汚染など
- ✓ 授業目的：目に見えない地下水の流動とそれに伴う物質循環のプロセスを理解すること
- ✓ 授業形態：ICT 教材を用いた講義形式
(前半：1 時間)，
その後、自然現象再現型モデル (GFM) を用いた実験形式 (後半：2 時間)

- ✓ 利用した自然現象再現型モデル (GFM) の台数：6 台
- ✓ 受講者数：19 人
- ✓ 授業期間：2016 年 7 月 11 日 (月)

4. 結果および考察

4-1. 3 つの教材の有効性の定量的な評価

授業後、学生たちにアンケート実施し、以下の 3 つの教材に対する比較評価を行った。その回答の一部を以下に報告する (Fig. 2)。

【設問】下記の 3 つの教材 (自然現象再現型モデル, ICT 教材, 自然現象再現型モデルの内、「地下水流動」と「物質循環」を理解するのに最も役に立った教材の順位をつけて下さい。

【集計結果】

- ✓ 自然現象再現型モデル (GFM)
1 位：14 名 (87.5 % : 14/16 名)
- ✓ シミュレーション教材
1 位：1 名 (6.25 % : 1/16 名)
- ✓ ICT 教材 (自然現象再現型モデルを用い、撮影・編集した動画 (字幕解説付き))
1 位 (6.25 % : 1/16 名)

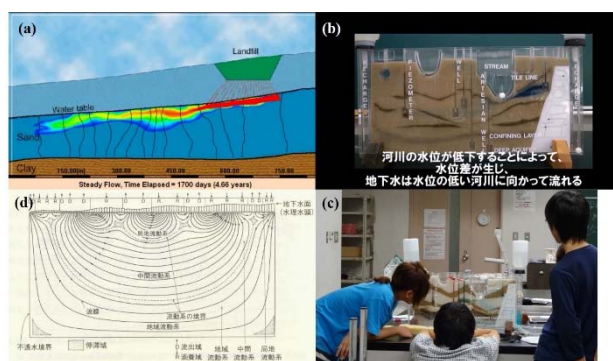


Fig. 2 地下水流動およびそれに伴う物質循環の教育に用いられる 4 つの教材

((a)：シミュレーション教材 (埋立による地下水汚染^{[4])}, (b)：ICT 教材 (自然現象再現型モデル (GFM) を用い、撮影・編集した動画 (字幕解説付き))^[5], (c)：自然現象再現型モデル (GFM) を用いた授業の様子, (d)：教科書 (地下水流動系の模式図)^[6]

上記の集計結果から、3つの教材の内、「地下水流動」と「物質循環」を理解するのに最も役に立った教材は、自然現象再現型モデル（GFM）が87.5 %で1位、シミュレーション教材とICT教材（自然現象再現型モデルを用い、撮影・編集した動画（字幕解説付き））が2位（6.25 %）となった。上記の結果から、自然現象再現型モデルの有効性および教育効果が定量的に示されたと考えられる。その理由としては、自然現象再現型モデルは、実物の自然環境ではないものの、自然環境中の地下構造が充実に再現できており、学生自身が実体験を通して、時・空間的に理解できるためであると考えられる。

4-2. 自アクティブ・ラーニング用教材としての自然現象再現型モデル（GFM）の有効性

授業後、学生たちにアンケート実施し、① 自然現象再現型モデル（GFM）、② シミュレーション教材、③ ICT教材（自然現象再現型モデルを用い、撮影・編集した動画（字幕解説付き））に対するメリット、デメリットを記述してもらった。今回は、自然現象再現型モデル（GFM）のメリットのみをFig. 3に報告する。

Fig. 3によると、記述式の回答であるため、16名の学生が様々な表現を用いて、自然現象再現型モデル（GFM）の評価を行っている。もちろん、「自然現象再現型モデル（GFM）のメリットを書いて下さい」という質問に対する回答であるため、それぞれの表現で良い評価を行っているのが、16名中12人の学生（75 %）が、「自分（自身）」および「実際」という言葉は用いて自然現象再現型モデル（GFM）のメリットを説明している。すなわち、「自分（自身）」と「実際」という言葉を用いて、学生自身が体験・経験したことを説明しており、それこそメリットであると表現している。

上記のことから、自然現象再現型モデル（GFM）の最大のメリットは、学生が自分の五感で、実際の自然現象を体験・経験できることである。また、学生が実際の自然現象を体験・経験することによって、深いインスピレーションや理解、高い学修効果に繋がっていると考えられる。

アクティブ・ラーニング用教材とは、アクティ

【地下水流動モデル（リアル教材）】のメリット：自分でやる分 真剣になる、実際もこのように動くのだと思う
自分で物質の動きが確認できる
実際に動きがわかるので、非常に理解しやすい。
実際に作業を行うことが可能であり、イメージできる。
自分で予想し、実験するため印象に残りやすい。
実際に体験できる。
体を動かすことでより理解が深まると思う。
例を理解できていると、エッセンスが通る気もする。
予想から実際の動きを見るからどうしてと考えることができる。
実際に起きていることを見るから納得できる。楽しい。
実際に自分でやってみるとよりわかりやすい。
自身が実験を行うことができるので、シミュレーションや動画と比べて身に付きやすい。
【地下水流動モデル（リアル教材）】のメリット：分かりやすいし、地下水流動と物質循環の動きを観察すること出来るから良いと思う。
失敗や成功を通して、地下水と河川の色々なパターンを探ることが出来るし、その結果も実感できる。
実際に自分の目でどのように動くか確かめるので理解もしやすいイメージも持ちやすかった。
実際に見ることで、地下水の動きがよりよく分かる。
食紅を使ったので、流れがわかりやすいところ。

Fig. 3 学生が自ら体験した自然現象再現型モデル（GFM）のメリット

ブ・ラーニングの定義や考え方、分類、条件などによって、その教材も変わってくると考えられる。しかし、その中で、欠かせないものが学生の知的好奇心や五感を刺激し、自ら考えさせることである。そして、刺激された好奇心が学修効果に繋がる必要がある。

そこで、上記のような観点から、アクティブ・ラーニング用教材としての自然現象再現型モデル（GFM）の有効性についても検討を行った。Fig. 3によると、「自分で予想し、体験するため印象に残

りやすい」,「例え,理解できなくても,工夫次第で違う方法も見つけられる」,「予想してから実際の動きをみるからどうしてそうなるのか考えたくなる.実際に起きていることを見るから納得できる」,「失敗や成功を通して,地下水と河川水のパターンを探ることができるし,その結果を実感できる」,「実際もこのように動くだろうと思える」などの回答からも読み取れるように,学生自身が「予想」や「工夫」,「考え」,「探る」,「思える」という言葉を用いて,自ら「考える」ようになったことを表現している.上記の結果から学生の好奇心を刺激し,自ら考えるようになり,その結果,理解度が向上するなどのポジティブな教育効果もあると考えられる.

5. まとめおよび今後の課題

本研究では,水文環境教育におけるアクティブ・ラーニングの一つの手法として,自然現象再現型モデル(GFM)とICTツールを用いた双方向授業の導入を試みた.また,学生アンケートによる自然現象再現型モデル(GFM)の教育効果の定量・定性的な評価を行った.

その結果,自然現象再現型モデル(GFM)は,シミュレーション教材やICT教材(自然現象再現型モデルを用い,撮影・編集した動画(字幕解説付き))より,高い教育効果があり,アクティブ・ラーニング教材といっても有効であることが明らかになった.

しかし,双方向授業に関する評価は行うことができず,実施したことに止まった.今後の課題として,双方向授業に関する教育効果の評価を行う必要があると考えられる.

6. 謝辞

本研究は,文部科学省の大学教育再生加速プログラム(AP※1)による成果の一部である.本研究の推進にあたり,Iowa State UniversityのProf. Richard M. CruseおよびIOWA WATER CENTERの皆様にも多くの協力と助言を頂きました.ここに記して感謝の意を表します.

※1: 大学教育再生加速プログラム(Acceleration

Program for University Education Rebuilding: AP Program)

「大学教育再生加速プログラム」とは,国として進めるべき大学教育改革を一層推進するため,教育再生実行会議等で示された新たな方向性に合致した先進的な取組を実施する大学を支援することを目的としている^[3].立正大学地球環境科学部で推進する大学教育再生加速プログラムは,①タブレットを利用した双方向教育,② 予習用動画作成と公開,③ 学生主体のフィールドワーク,④ リアル授業資料の収集と活用という4つの柱で構成されているがある^[7].本研究における取り組みは,上記の内,「タブレットを利用した双方向教育」,「予習用動画作成と公開」,「リアル授業資料の収集と活用」の一部分として行われた.

参考文献

- [1] 文部科学省, 2012, 中央教育審議会大学分科会大学教育部会審議まとめ「予測困難な時代において生涯学び続け,主体的に考える力を育成する大学へ」, 2017. 3. 11, Access.
- [2] 溝上慎一, 2014, アクティブ・ラーニングと教授学習パラダイムの転換, 東信堂, p196.
- [3] 文部科学省, 2014, 大学教育再生加速プログラム, http://www.mext.go.jp/a_menu/koutou/kaikaku/ap/, 2017. 3. 11, Access.
- [4] Michigan State University, 2005, Groundwater contamination, Landfills, <http://www.egr.msu.edu/igw/DL/>, 2017.3.11. Access.
- [5] 李 盛源, 2016, Groundwater Flow Model, https://youtu.be/1_igs6R1Ho8, 2017. 3. 11. Access.
- [6] 杉田倫明・田中 正, 2009, 水文科学, 共立出版, p275.
- [7] 立正大学, 立正大学における AP の取り組み, <http://www.ris.ac.jp/ap/ap/index.html>, 2017. 3.11, Access.

同期型遠隔教育実践

峰内暁世† 小川貴史† 後藤紀恵† 戸張繁‡
† 立正大学 情報環境基盤センター ‡ (株)アルファメディア

キーワード：遠隔教育，メディア，授業設計

1 はじめに

立正大学では、2005 年度に文部科学省サイバーキャンパス整備事業の指定を受け、高性能な同期型遠隔授業システムを品川・熊谷両キャンパスに整備した。2014 年度からは、法学部の品川キャンパス移転に伴い遠隔授業の実施が必須となり、9 号館に 2 教室を整備した。事前の検証をもとに法学部では「遠隔授業実践マニュアル」に以下の点を含め、(1) 板書+マイク。(2) パソコンまたはタブレットによるスライド投影+板書+マイク。(3) 書画カメラ+マイク。の授業別にマニュアルが纏められている^{[1][2]}。

遠隔授業には、授業サポートの要員が必要なことの法学部の判断により、授業をサポートする授業サポート要員：発信側 1 名、受信側 2 名、およびテレビ会議システムなどの機器を操作する機器サポート要員 1 名の計 5 名を各キャンパスに配置している。機器サポート要員は、授業支援室のスタッフを増員して対応した。

本稿では、立正大学法学部が 2014 年度から 2016

年度に実践した同期型遠隔授業実践の最終年度の 2016 年度 2016（Ⅱ期）9 月～1 月について報告する。

従来、大学における授業の方法は、直接の対面授業で行うことが想定されていた。1998 年に、「メディアを利用して行う授業」として多様なメディアを高度に利用して、文字・音声・動画などを一体的に扱って、同時かつ双方向に行われる授業が定義された。さらに 2001 年には、インターネットなどの通信技術の進歩に伴い、インターネットなどを活用した授業で、かつ、きめ細かな学習指導を行うことによって直接の対面授業に相当する教育効果があると認められるものについて、60 単位まで卒業要件単位とできるようになった^[3]。本稿の報告は、これに相当する。

2 授業実践状況

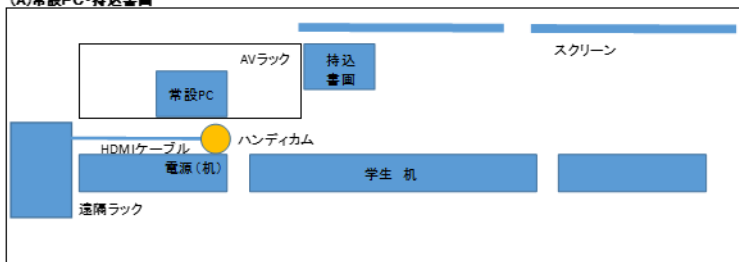
実践された授業一覧を表 1 に示す。あわせて、教室での機材レイアウト例を図 1 に、機器サポート用員が利用していたチェックリストを図 2 に示

表 1 2016 年度 2 期遠隔授業一覧

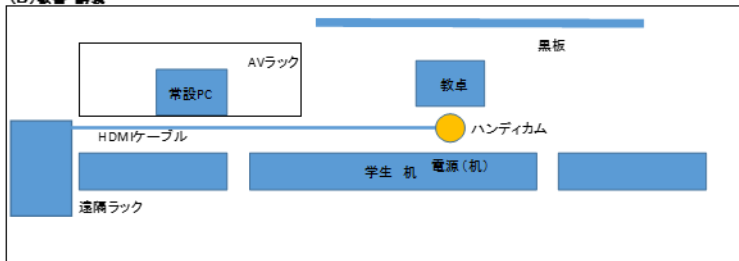
曜日	時限	発/受	教室	授業形態	使用機器類
A	1	品発	1152→A205	板書	・ハンディカムカメラ(法学部)・ハンドマイク
A	2	品発	1171→A205	PC/板書	・ハンディカムカメラ(法学部)・ピンマイク・常設PC・貸出用ポータブルブルーレイ
A	3	品発	1171→A205	PC/書画	・ハンディカムカメラ(法学部)・ハンドマイク・常設PC・常設書画カメラ
A	4	品発	1171→A205	iPhone/iPad 書画	・ハンディカムカメラ(法学部)・ハンドマイク・常設書画カメラ・iPhone・iPad
A	5	品発	1171→A205	PC/書画	・ハンディカムカメラ(法学部)・ハンドマイク・常設PC・常設書画カメラ ・貸出用ポータブルブルーレイ
B	1	熊発	A205→932	書画	・ハンドマイク
B	2	品発	932→A205	PC/書画	・ピンマイク・常設PC・書画カメラ(法学部)
B	3	品発	932→A205	板書	・ハンドマイク・常設PC・黒板
B	4	熊発	A205→932	PC	・ハンドマイク
C	1	熊発	A101→932	書画	・ハンドマイク
C	2	熊発	A101→932	PC/書画	・ハンドマイク
C	4	熊発	A205→932	PC/板書	・ハンドマイク
D	1	品発	1152→A205	PC/書画	・ハンディカムカメラ(法学部)・ハンドマイク(スタンド)・常設PC・書画カメラ(法学部)
D	2	熊発	A205→1152	板書	・ハンディカムカメラ(法学部)・ハンドマイク
D	3	品・熊発	1152⇄A205	PC/書画	・ハンディカムカメラ(法学部)・ピンマイク・常設PC

【法学部 遠隔授業 ハンディカムカメラ使用時のパターン】

◆品川1152教室(発信)→鹿谷A205教室
(A)常設PC・持込書画



(B)板書・講義



◆品川1152教室(受信)←鹿谷A205教室
(C)教室映像・指名学生のアップ映像を鹿谷へ

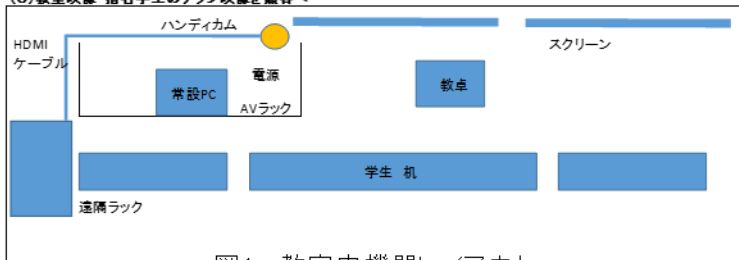


図1 教室内機器レイアウト

す。高品質の画像の送信と質問した学生をズームアップするなど授業の様子を遠隔地へ送信するためのカメラワークの操作性は、TV 会議システム本体のカメラよりハンディカムが優れていた。そのため、約半分の授業で利用していた。

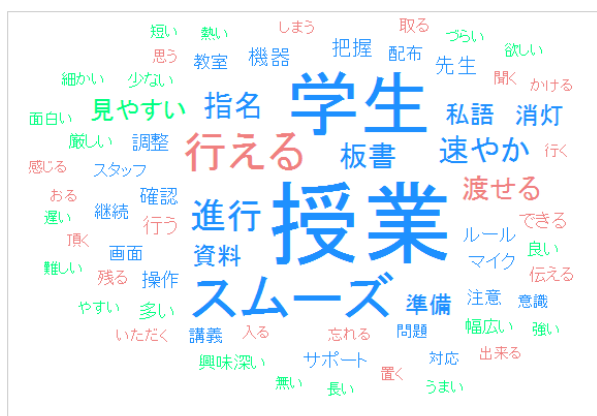


図3 授業サポート/機器サポート要員振り返り

3 授業サポート要員の観察

授業サポートを担当した2名、および機器サポート名を担当した4名が、以下の視点でⅡ期の振り返りをした。

- ✧ 授業前：授業準備
- ✧ 授業中：自身の行動
- ✧ 授業後：後片付け
- ✧ 授業後：次回確認
- ✧ 学生の様子：遅刻・欠席
- ✧ 学生の様子：スマホ/居眠り
- ✧ Ⅱ期を終えて：改善・反省
- ✧ その他・備考・所感

のべ37件の記述をテキストツールで分析した。結果を図3と表2に示す^[4]。表2は、名詞のみを頻度順に並べている。授業サポート・機器サポートの要員が入念に準備して、授業が支障なく「スムーズ」に進行できるように注意していたことが伺える。

授業中の学生の様子として、授業別居眠りの学生の割合・履修学生数の数について図4に示す。利用機器では、ハンディカムを利用している授業が、履修学生数に関係なく授業中に居眠りをしている学生が少ない。機器サポート要員の印象

では、機器としてハンディカムを利用したか否かの差ではなく、ハンディカムの利用を指定した教員は、学生を指す回数も多く、話者の学生のズームアップを希望する傾向があった。

さらに、この他に授業サポートと機器サポート要員が感じたことの自由記述では、

- ✧ 遠隔地のスクリーンの映り方。PPTの画像が後席まで見えるか。など細かな部分まで確認され、受信側を気にしてくれている様子が伝わる。授業後：文字の大きさ、図やグラフの色の見やすさなども確認された。遅延や欠席の処理方など細かな事項まで授業ルールを含め確認された。
- ✧ 書画（板書）使用の解説の際、投影範囲を外れて板書が進んでしまう場面があった。授業後、遠隔地側から発信側でコントロールして

表2 頻度8以上の名詞（のべ371

名詞	スコア	出現頻度
授業	47.36	70
学生	34.81	49
先生	4.88	31
準備	5.26	20
確認	2.6	18
スムーズ	23.58	16
資料	5.99	15
進行	13	13
注意	1.34	13
板書	8.4	12
配布	1.88	10
問題	0.39	9
私語	6.3	9
指名	9.79	9
サポート	1.9	9
消灯	6.3	9
教室	1.68	9
調整	1.93	8
ルール	2.15	8
機器	4.68	8
画面	1.38	8

欲しい旨、指摘を受ける。先生と話し合い、授業を止めてよいので、双方遠慮せず声をかけることとなった。

- ☆ 開始から 20 分、ネットニュースの閲覧に飽きて寝始めたり、スマホを触りだす学生多数。など、遠隔授業特有の問題と一斉授業にも共通する問題が挙げられている。

4 おわりに

一部の大学院では、オンラインのみで通学過程の単位が認められている。学部においてもオンライン大学がある。

インターネット以前の遠隔教育とは大きく様子が変わっている。本稿では、メディアを高度に利用した TV 会議システムを利用することで、学部

の移転にともない両キャンパスに受講学生がいるという物理的問題を解決した。一方で、「従来の対面式授業と同等か」を考えると課題となる部分がまだ多い。しかし、2012 年ごろから急激に発展している非同期のインターネットを利用した遠隔教育であれば、時間・場所を選ばずに高度な教育を受けることが可能になる。授業のように学生が教室に一斉に集まることでしか得られない学びもある。今後、様々なメディアを活用した同期・非同期の学習の特徴を活かした授業設計が重要となると考える。

参考文献

- [1] 峰内暁世, 菅野智文, 「マルチメディアを利用した授業への技術支援と効果」, 人文科学研究年報. 別冊. (19), p11-21, 2015
- [2] 立正大学法学部, 「遠隔授業実施マニュアル 6 版」, 2014
- [3] 文部科学省, 遠隔教育関連データ, http://www.mext.go.jp/component/b_menu/shingi/toushin/_icsFiles/afieldfile/2015/01/05/1354256_2.pdf, (参照 2017-02-14)
- [4] <http://textmining.userlocal.jp/home/result/810dc9ad6ae51597f59da78f27312d1a>, (参照 2017-02-14)

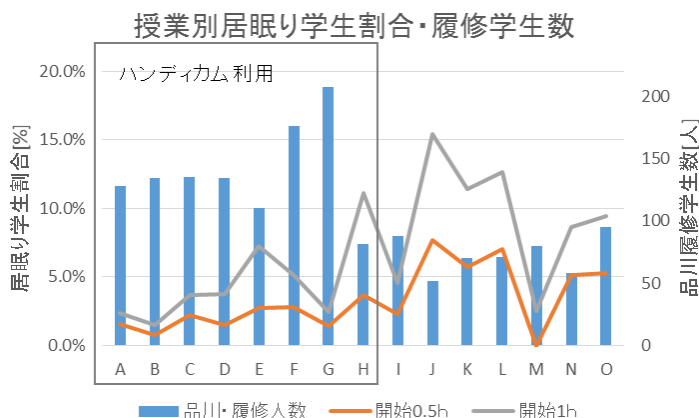


図4 授業別居眠り学生割合・履修学生数

遠隔授業チェックリスト(品川)			
	No.	確認	分類
遠隔接続方法	1	遠隔ケーブル接続	①対応教室:品川932/1152/1171 熊谷A205 ②遠隔ラックの電源はAV卓のコンセントからとらないこと。必ず壁コンから電源をとること ③コードが教卓の前を通ることで邪魔にならないように注意する
	2	遠隔システム起動	品川⇄熊谷
	No.	確認	分類
教室準備 (授業15分前)	1	AV卓電源ON	カードキーを当て、AV卓を起動する
	2	常設PC起動	インターネット接続要確認 / 先生にログインしてもらうこと
	3	持込みPC&機器接続	インターネット接続要確認
	4	PJ起動	AVラック内のプロジェクタスイッチをON
	5	遠隔ラック移動	遠隔ラックを定位位置に移動
	6	遠隔システム電源ON	リモコン、本体どちらでも可
	7	PHSで熊谷との送受信の確認	送信側からPHSで相手先に連絡を行う。受信の場合連絡を持つ。
	8	熊谷PHS	070-6947-5550 (1000-20MT)
	9	遠隔音声確認	品川⇄熊谷 音声が聞こえない場合、リモコンやAV卓主電源のボリュームを確認する
	10	マイク(無線ピン)/常設	9号館遠隔教室のワイヤレスマイク赤外線受信部分の注意を先生に説明する
	11	マイク(無線ハンド)	9号館遠隔教室のワイヤレスマイク赤外線受信部分の注意を先生に説明する
	12	マイク(有線)	AVラック内のマイク接続口に差込む
受信	13	受信	相手先からコールがあるのを待つ
	14	カメラワーク	遠隔システムのリモコンで自教室全体を映すようカメラ調整を行う
	15	終了	終了挨拶を行い、システム終了
送信	16	送信	メニュー表示からディレクトリを選択後、相手先を選択後⇒電話ボタンを押す
	17	カメラワーク	教員の希望でカメラを調整/基本的に教員を投影
	18	終了	終了挨拶を行い、システム終了
	No.	確認	分類
送信操作 コンテンツ切替	1	コンテンツ切替 AVラックスイッチャーで行う	投影したい対象のスイッチを押す 例:持込みPC、持込み書画カメラなどRGBを使うもの ⇒ 持込PCボタン
	2	コンテンツ送信	遠隔リモコンのcontentボタンでPCマークアイコンを選択
	4	自教室モニタ/スクリーン表示切替	遠隔リモコンのcameraから画面切替えアイコンを選択
	5	映像配信注意①	コピーガードのかかったDVDは常設HDM接続のデッキで遠隔画像送信ができない
	6	映像配信注意②	熊谷から常設DVDデッキで画像を送信する場合、受信側はモニタ投影されるが、スクリーンには投影できないため、DVDはPCでの再生をお願いすること
	7	カメラワーク	リモコンで行う、カメラ操作はnear+十字キー (双方遠隔ラックの場合は自分側がnear、相手がfarでカメラ操作可能)
	8	書画カメラ	望ましいフォントの大きさは14Pt、書画カメラ使用時の距離A4ズーム4/1アップ AV卓スイッチャー:持込PC 遠隔リモコン:contentでPCアイコンを選択
	9	iphone/ipad	接続ケーブル確認(iphone→RGB) AV卓スイッチャー:持込PC 遠隔リモコン:contentでPCアイコンを選択
	10	タブレット	接続ケーブル確認(iphone→RGB) AV卓スイッチャー:持込PC 遠隔リモコン:contentでPCアイコンを選択
	11	持込みVHSデッキ	接続ケーブル確認(AVケーブル→AVケーブル) AV卓スイッチャー:持込AV 遠隔リモコン:contentでPCアイコンを選択
	12	持込みDVDデッキ	接続ケーブル確認(AVケーブル→AVケーブル) AV卓スイッチャー:持込AV 遠隔リモコン:contentでPCアイコンを選択
	13	持込PC	接続ケーブル確認(RGB→RGB) AV卓スイッチャー:持込PC 遠隔リモコン:contentでPCアイコンを選択
	14	常設PC	接続ケーブルHDMIを外し(RGB→RGB)で繋げる AV卓スイッチャー:常設PC 遠隔リモコン:contentsでPCアイコンを選択
	15	終了	熊谷との終了の挨拶、撤収時間約10分以内、遠隔ラックを定位位置に収める

授業中使用

遠隔授業事前確認リスト(品川)			
	遠隔授業		利用機材(常 設)
教 員			●932/1152教室 □常設AVラック一式 □常設遠隔システム一式
講義名			
日 時	/		●1151教室 □常設AVラック一式 (遠隔システム含む)
曜 日	火 ・ 水 ・ 木 ・ 金		
時 限	1. 2. 3. 4. 5.		
発信教室	932/1151/1152/1171/A101/A205		●1171教室 □常設AVラック(書画カメラ含)一式 □常設遠隔システム一式
受信教室	932/1151/1152/1171/A101/A205		
担当者	品川:		
	No.	確認	事前確認
準 備	1	授業の進め方	先生に直接伺う内容はレポートに記入して情報を共有する
	2	時間配分	授業の時間配分を確認 例:最初にDVDを流してから書画カメラ⇒板書
	3	使用機器	□プレゼンタス、□書画カメラ(法学部所有/常設)、□その他
	4	持参資料	
	5	持参機器	□iphone/ipad、□持込PC □その他
	6	持参メディア	□USBメモリ □その他
	7	投影アプリ	□PPT、□Word、□Excel、□その他
	8	動作確認	事前の動作確認を行う
	No.	確認	当日準備
準 備	1	カードキー	教室AV卓用、専任教員は不要
	2	遠隔キー	授業支援室に1個保有
	3	PHS	熊谷PHS:070-6947-5550 品川PHS:070-6947-5532 070-6947-5533
	4	使用機器	
	5	持ち込ケーブル類	音声・AV(赤・白・黄)・RGB・LANは各1本教室に常設あり、iphone/ipad用アダプタ
	6	資料	
	7	書画カメラ	法学部用 / 常設
	8	準備所要時間	約15分
事前レポート			
[授業進行表より内容転記]			

授業前使用

レポート			
受信 ・ 発信			
品川履修生: 名、熊谷履修生: 名、機器サポート: 名、授業サポート: 名			
-TIME-	-WHO-	-WHAT/HOW-	-FELT/THAT-
品 機 器	品 機 器	品 機 器	品 機 器
:システム接続(回目でOK) or (限〜継続) □SC = □ディスプレイ= □ワイプ= □SC = □マイク音声確認 (ハンド・ピン・有線) □その他 :準備設置 □ハンディカムカメラ(法学部) □書画カメラ(法学部 / 常設) □ブルーレイディスク(貸出用) □PC(常設 / 持込) □その他 :資料配布 :授業スタート			

授業後使用

図 1 機器サポート要員利用チェックリスト

電子教科書と電子教材の導入評価

田中 雅章*1・神田 あづさ*2
Email: m_tanaka@jc-humanitec.ac.jp

*1: ユマニテク短期大学 幼児保育学科
*2: 仙台白百合女子大学 人間学部

◎Key Words デジタル教科書, デジタル教材, プラットフォーム

1. はじめに

学生にとって、より専門性の高い養成課程の授業を理解するには、多くの学習時間が必要である。筆者が所属する学園の看護師養成校では、平成27年度より学生が使用する教科書50冊の内39冊で電子教科書を導入した。電子教科書を使い始めた5月29日に最初の利用状況調査を実施した。その結果、学生の最も多い要望は、電子教科書のプラットフォームを利用した教材の配信であった。具体的には授業で配られたプリントや授業で使用されたPowerPointが、いつでもどこでも自由に見られるように整備することを希望していた。そこで学生の要望に応えるべく、平成28年度から非常勤も含めて授業で使用する教材の電子化に取り組むことになった。本稿では、電子教科書と電子教材の導入による学生の学習効果を示唆する事例を報告する。

2. 電子教科書システムの特徴

電子教科書は初等教育機関ばかりではなく、いくつかの高等教育機関においても実験的な段階から本格的な導入になりつつある¹⁾²⁾。電子教科書はタブレットの体積と重量ですみ、既存の紙とインクによる教科書に比べコンパクトで軽量である。既存の紙の教科書と同様に文字、記号、図表、写真の掲載・閲覧が可能である。当初の電子教科書は、紙面から画面表示に置き換えられた程度であった。しかし、最近の電子教科書システムはデジタル技術の進歩によって、様々な機能が実現された。電子教科書を開いた状態を図1に示す。

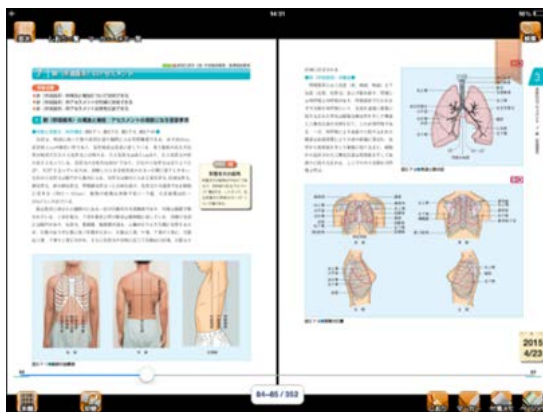


図1 電子教科書を開いた状態

今回導入した電子教科書システムはタブレットをメインとして利用することを想定している。フセンメモ、ページメモ、マーカーやしおりはデジタル化ゆえに自動で一覧表が作られる。これらの機能は利便性が高く、使い勝手も良い。もし、ページメモやマーカーが不要となった時はきれいに消去することや書き換えることができる。これは従来の紙の教科書では、実現できなかった事である。

この電子教科書システムは、電子教科書だけでなく、PowerPointなどのOfficeファイルやPDF、動画の登録も可能である。タブレットを操作する行為は、学生が授業へ能動的な参加をうながし、操作による記憶刺激をもたらす効果が期待できる。

3. 電子教科書システムの仕組み

採用した電子教科書システムの規格はPDF (Portable Document Format) である。PDFの電子書籍をスマートフォンで見ると文字が小さくなる欠点がある。ピンチ操作で文字を大きく表示すると画面からはみ出してしまい、読みにくい。EPUBの電子書籍のように自動的に改行処理を行うリフローをすることができない。しかし、PDFは学術的文書として早くから普及しており、歴史がある。紙の教科書から移行のしやすさとコスト面から、PDFを採用した。

デジタル教科書は透明テキスト付きPDFファイルである。透明テキストはPDFファイルの文字部分をOCRソフトで読み取って日本語テキストに変換されている。さらに、テキストを「書類の画像」に見えない形で重ね合わせて一体化したものである。透明テキストはそのままでは目で見ることができない。透明テキストは、画像の文字部分に該当するテキストと重なるように「書類の画像」にほぼ同じ位置に配置されている。透明テキスト付きPDFファイルを検索すると、透明テキスト部分が検索対象となる。そのため、用語検索はファイル単位あるいは、タブレット内の教科書データから検索することができる。マーカー機能は透明テキストの文字を認識することでテキスト部分を認識している。半透明のラインを文字と重ねて表示することで、マーカーを引いた状態を再現している。その他にし

電子教科書システムの仕組みの概要を図 2 に示す。

「完全電子化を強く希望する」は 2016 年の 4 月の時点では、51.3%だった。ところが 11 月は、73.6%と増加している。電子教科書は操作方法を理解し使いこなせるように慣れるまで、時間が必要である。そのため、丸 1 年の利用では電子教科書化へ移行の

希望はそう高くなかった。ところが、ほぼ2年間使用すると電子教科書の操作を習熟し、電子教科書の利便性を理解し、電子教科書を使いこなしている学生が増加した。そのため完全電子化の希望者が、58名(76.3%)から63名(87.5%)へ増加したと考えられる。

平成28年度より、電子教科書の運用システムに授業で使用するPowerPointや授業で配布するプリントを電子教材として、非常勤の分も含めて閲覧できる取り組みを始めた。電子教材の登録に対する評価結果を表3に示す。

表3 電子教材の登録に対する評価

回答項目	2016.11 n=72
とても良い	29名(40.3%)
やや良い	25名(34.7%)
あまり良くない	11名(15.3%)
全く良くない	7名(9.7%)

この全校的な取り組みを「とても良い」と評価したのは、29名(40.3%)である。「やや良い」も含めると、電子教材を利用している学生の75.0%は、電子教材を電子教科書のシステムから閲覧できるようになって、学習環境が良くなったと評価していた。

この結果は、表1の授業以外で電子教科書システムの利用頻度とも関連する。電子教材が登録されるようになって、学生の学習環境が整ったと言える。その結果として、学習に積極的な学生ほどこの環境を活用してよく勉強するようになったと言える。

逆に、電子教材の登録が「良くない」と評価したのは、18名(9.7%)であった。

表3の結果を受けて、教材を電子化する取り組みの結果で学生にとって何が良くなったのか、複数回答の結果を表4に示す。

表4 電子教材化の利点

回答項目	2016.11 n=72
見たい時に見られる	48名(66.7%)
試験対策がしやすくなった	26名(36.1%)
資料の紛失の心配がなくなった	25名(34.7%)
カラー化で見やすくなった	22名(30.6%)
復習がしやすくなった	18名(25.0%)
良くなったことはない	9名(12.5%)

※ 複数回答

最も多かったのは、「見たい時に見られる」で、48名(66.7%)である。次に多かったのは、「試験対策がしやすくなった」で、26名(36.1%)である。3番目に多かったのは、「資料の紛失の心配がなくなった」で、25名(34.7%)である。4番目に多かったのは「カラー化で見やすくなった」で、22名(30.6%)である。5番目に多かったのは、「復習がしやすくなった」で、18名(25.0%)である。これで、全学的に取り組んだ電子教材化による評価結果の具体的な理由が明らかになった。

学生は授業の時は紙のプリントに書き込みたいとの希望が多かった。しかし、プリントをきちんとファイリングする学生は少数派である。多くの学生は配られたプリントを教科書やノートに挟み込んでいることが多く、きちんと整理していない。そのため、試験前になってあわてて整理を始め、プリントの紛失に気が付き教員へリクエストしたり、友達からコピーで手に入れたりする。最近では、友人のノートやプリントはスマートフォンで手軽に撮影できるようになり、コピー代を節約しているようである。

新しい取り組みにより、タブレットからいつでも必要に応じて教材を閲覧できるようになり、欲しい時に手に入れる利便性は何よりも得難い。紛失したプリントを入手する手間から解放された効果は大きい。逆に、電子教材化の利点がないと評価したのは、9名(12.5%)であった。

今後、電子教材をより使いやすくするためにどこを改善すれば良いか尋ねた結果を表5に示す。

表5 電子教材を使いやすくするための改善

回答項目	2016.11 n=72
科目ごとに整理する	63名(87.5%)
電子教材を自動でダウンロード	50名(69.4%)
iPadのメモリー容量が大きくなる	38名(52.8%)
不要になった電子教材を自動で消去	12名(16.7%)

※ 複数回答

最も多かったのは、「科目ごとに整理する」で、63名(87.5%)である。次に多かったのは、「電子教材を自動でダウンロード」で、50名(69.4%)である。3番目に多かったのは、「iPadのメモリー容量が大きくなる」で、38名(52.8%)である。4番目に多かったのは、「不要になった電子教材を自動で消去」12名(16.7%)である。

1つの科目で、授業が15回実施される。それに伴い、PowerPointが15個登録され、授業で配られたプリントも15個登録されることになる。プリントは配られない授業もあるので、平均7個と仮定する。1科目につき22個の教材が登録されることになる。現在、教材だけで800ほどが登録されている。現在は、これが登録順に並んでいる。過去の教材を探そうとして、検索をかけてもヒットできない時は順番に探すしかないので、見つけるまでかなりの時間がかかる。この作業が煩わしいという意見である。これは、科目ごとに整理できる機能がリリースする予定である。これが実現出来たら、この問題は解決する。

また、現在利用しているタブレットの容量が32GBで電子教科書はすべて記憶できる。しかし、電子教材をすべて記憶させるには容量が不足している。したがって、メモリーが不足する点を補う意味で、電子教材の自動消去機能を希望していた。

授業中に電子教材をどの程度見ているかを尋ねた結果を表6に示す。

表 6 電子教材の閲覧頻度(授業中)

回答項目	2016.11 n=72
よく見ている	65 名(90.3%)
少し見ている	5 名(6.9%)
あまり見ていない	1 名(1.4%)
全く見ていない	1 名(1.4%)

最も多かったのは、「よく見ている」で、65 名(90.3%)であった。それ以外は 5 人以下の少数である。ただ、タブレットはノートパソコンと異なり、電子教科書と電子教材の同時閲覧ができない。そのため、交互に切り替えて閲覧することになる。切り替え操作を煩わしく感じているようである。

自由記述によると、現在使っている iPad mini では画面が小さいとの意見が散見される。もっと画面が大きな iPad Pro で、マルチタスク機能を利用すれば、電子教科書と電子教材の同時閲覧が可能となるので、現在の不満は解消されると思われる。

授業以外に電子教材をどの程度見ているかを尋ねた結果を表 7 に示す。

表 7 電子教材の閲覧頻度(授業外)

回答項目	2016.11 n=72
よく見ている	25 名(34.7%)
少し見ている	32 名(44.4%)
あまり見ていない	14 名(19.4%)
全く見ていない	1 名(1.4%)

授業中と様子が変わり、最も多かったのは「少し見ている」で、32 名(44.4%)であった。2 番目に多かったのは「よく見ている」で、25 名(34.7%)であった。3 番目に多かったのは「あまり見ていない」で、14 名(19.4%)であった。

このような学習行動は、表 1 授業以外で電子教科書システムの利用頻度に比較的近いように思われた。つまり、電子教材を良く見ている学生は、週に 4 日以上学習している学生である。少し見ている学生は、週末に学習する学生である。あまり見ていない学生は、期末試験など必要な時に学習する学生である。よく勉強する学生は学習環境が良くなったことで、電子教材を活用してよりいっそう勉強するようになったと思われる。しかし、あまり勉強することが好きでない学生は、学習環境が良くなっても、前向きに勉強していないことが分かる。

5. 電子教科書を活用した学習

電子教科書は、書込みをしてもきれいに消すことができる機能がある。この機能を活用した勉強例を挙げる。学生が専門の教科書で学習する時に、知らない事項や理解していない専門用語が記載されていることは多い。そのような用語や解説があったら、必ずマーカーなどの何らかの書込みをする。電子教科書の便利機能として、書面にマーカーなどの書込みをすると自動的にマーカー一覧表が作成される。

この一覧表の項目が多い教科書ほど重点的に復習をしなければならない教科書である。

関連項目の問題集や解説書で学習を繰り返す。そして、一覧表のページを開き、自信がついた項目であれば、書込みを削除する。もし、模擬試験で回答できなかった項目は、再びマーカーで印をつける作業を行う。つまり、自信がついた項目が増えれば、書込みは全てなくなることになる。この様に電子教科書を使って、国家試験対策を行えば、学習漏れを防ぐことができる。さらにマーカーを削除できれば学習が終了するという明確な学習目標を立てることができる。学習を進めることで、少しずつ教科書がきれいになっているのは、学習の進捗が可視化され、学習者にとって途中経過が分かりやすい。

タブレットでマーカー等の書き込んだ情報は、学習ログをアップロードする際にサーバーへバックアップが行われる。スマートフォンで同期処理を行うと書き込んだ情報がスマートフォンへ反映される。通学途上やスキマ時間を利用して学習することができる。スキマ時間の有効活用が可能となる。

6. まとめ

電子教科書は発展途上の教育支援システムである。そのため、定期的に機能改善がなされている。したがって、トラブルが発生することもあるため、電子教科書は従来の紙の教科書と併用導入である。学生は学校や実習先は電子教科書を使用している。ただ、一部の実習先は、電子教科書の使用を認められていないため、学生は従来の紙の教科書を持ち込んで実習に臨んでいる。

本格導入した 2 年目より、電子教材化の推進に積極的に取り組んだ。その結果、おおむね学生は電子教材の登録を歓迎していた。電子教材は授業中によく利用されているが、自宅でも電子教材を活用した学習を励むことを望みたい。

学生の学習環境の向上を図るために電子教科書システムを導入した。学生の評価を見ると目標どおりの評価を得ていると思われる。この様に学生の学習環境は導入前よりも改善されたと思われる。今後、学生の学習ログを分析することで、きめの細かい学習指導が可能になった。早い段階で、適切な学習指導に活用することが、電子教科書の教育効果を高めることになると思われる。

参考文献

- 1) 島田貴史, “慶應義塾大学における電子学術書利用実験プロジェクト: 実験から見えてきたもの”, 情報管理, vol.54, no.6, p.316-324, 2011
- 2) 島田貴史, “慶應義塾大学における電子学術書利用実験プロジェクト最終報告: 既刊書・電子学術書の学術利用の可能性”, 情報管理, vol.55, no.5, p.318-328, 2012
- 3) 田中雅章, “電子図書館実現のための電子書籍の未来”, パーソナルコンピュータ利用技術学会論文誌, 第 9 号, 第 1/2 合併号, pp.16-19, 2015

近年の GIS 技術の動向

今井 優[†]

[†] Pacific Spatial Solutions, LLC

キーワード：クラウド型 GIS，オフラインマップ，VR，深層学習，土地被覆分類

1 はじめに

GIS (Geographic Information System : 地理情報システム) は、様々な空間情報を重ね合わせ、表示・検索・計測・地図作成・解析等を行うためのシステムである。本発表では、近年発展が著しいクラウド型 GIS とモバイル型 GIS の技術の動向について報告する。また、現在急速に発展している ICT 技術の GIS への応用事例として、深層学習を用いた空中写真の土地被覆分類の試みについても報告する。

2 クラウド型 GIS の動向

端末にインストールして使用する、ArcGIS や QGIS 等のデスクトップ型 GIS に対し、クラウド型 GIS (Web GIS) は、インストール不要でブラウザ上で操作可能なことから、多くの人に空間情報を提供するツールとして有効である。しかし、従来クラウド型 GIS の web サイトを構築するためには、サーバに MapServer や GeoServer といった地図配信サーバソフトウェアをインストールし、OpenLayers、Leaflet 等のブラウザクライアントで地図表示のためのコードを記述する必要があり、専門的な知識を必要とした。そのような状況の中、CARTO [1] (旧名 : CartoDB) や MapBox [2] といったクラウドサービスが台頭したことで、極めて簡単に地図サイトを作成することが可能になった。

クラウドサービスの一つの CARTO は、データのアップロード、色等の見た目の調整、共有・公開が画面のクリック操作で可能なため、サーバの用意や専門的な知識の習得をしなくても地図サイトを作成することができる。「みんなのヒーリングマップ」 [3] は、CARTO で作成した地図サイトの例である。クラウド型 GIS の発展によって、空間

情報の共有が促進され、多くの人が課題解決に注力できるようになることが期待される。

3 モバイル型 GIS の動向

モバイル型 GIS は、携帯可能な端末で使用することを想定した GIS で、屋外での現在地および周囲の空間情報の確認に有効なツールである。現在地の情報を取得するため、使用する携帯端末には GPS (Global Positioning System : 全地球測位システム) 機能が搭載されている必要がある。従来は GARMIN 社等が提供するハンディ GPS が多く用いられてきたが、近年多くのスマートフォンやタブレット端末に GPS 機能が搭載されるようになったことで、一般向けのモバイル型 GIS アプリケーション (以下「アプリ」) も増加してきた。モバイル型 GIS の種類としては、現在地の地図を確認するための地図アプリ、飲食店等の場所を情報とともに提供する情報アプリ、PokemonGo に代表される位置情報ゲーム等がある。

地図アプリには、オンラインマップとオフラインマップがあり、前者はインターネットに接続して現在地の背景地図を取得して表示するアプリで、Google マップが有名である。後者はあらかじめ利用する地域の背景地図を端末に保存して使用するアプリで、Avenza Maps [3] (旧名 : PDF Maps) や Geopaparazzi [4] 等があり、インターネットに接続不能な山地等での使用に有効である。また、現在地や軌跡を記録し、KML 形式等で共有することもできる。Avenza Maps はアプリ内から閲覧できるマップストアや地理院地図のインポートを補助するサイト [5] から背景図を取得できるほか、専用ソフトで独自の背景図を作成したり、デスクトップ GIS で作成した地図を GeoTiff 形式として出力し、

使用することが可能である。Geopaparazzi はよりカスタマイズ性の高いフィールド調査用アプリである。

4 GIS への ICT 技術の応用

GIS 以外の ICT 技術の動向をみると、VR (Virtual Reality : 仮想現実) や深層学習の発展がめざましい。前者の GIS への応用事例としては、世界のあらゆる場所での視界を疑似体験できる Google ストリートビューのスマートフォンアプリや、チェルノブイリ原子力発電所立入制限区域内等を見て回ることのできる Chernobyl VR Project [6]等がある。遠隔地や訪問不可能な場所での 3 次元かつ 360 度の視界の再現が可能になった。後者については、深層学習の一種である画像の領域分割 (Segmentation) のリモートセンシング画像の土地被覆分類への応用が期待される。この課題は、古くから取り組まれてきたものの [7]、高分解能画像に対する汎用的な分類モデルの構築はできていない。そのような中で、近年のコンピュータの高性能化に伴い、深層学習を活用して高精度で分類する事例が現れ始めた [8]。

4.1 深層学習を用いたグレースケール化空中写真の土地被覆分類の試み

4.1.1 目的

グレースケール化した空中写真の土地被覆分類モデルを確立させることで、過去に撮影された多くの空中写真をより容易に活用しやすい形式にすることができる。それによって得られる環境変遷の情報は、国土利用計画を行う上での意思決定や、効果的な自然環境管理を行うために役立つと考えられる。

4.1.2 方法

GAN (Generative Adversarial Nets) による汎用的な画像変換プログラム「pix2pix」[9]を用いた。空中写真データに電子国土基本図 (オルソ画像) [10] のズームレベル 18、土地被覆情報に自然環境保全基礎調査 植生調査 [11] の細分類を使用した。二次メッシュの 543912 「三ヶ尻」の範囲を約 125m 四方の区画に区切り、その中からランダムで 1000 メッシュを抽出し、教師データとした。

4.1.3 結果・考察

分類結果を図 1 に示した。「放棄畑雑草群落」と「水田雑草群落」の凡例が多く検出された。次いで「市街地」、「緑の多い住宅地」が検出された。また「果樹園」が誤検出されることがあった。樹林の凡例は検出されなかった。現時点では誤りも多いものの複数の隣接するピクセルがまとまりと認識され、オブジェクトベース分類の手法と同等の成果が得られたと考えられる。今後は、凡例の厳選等を行い、精度を高めていきたい。

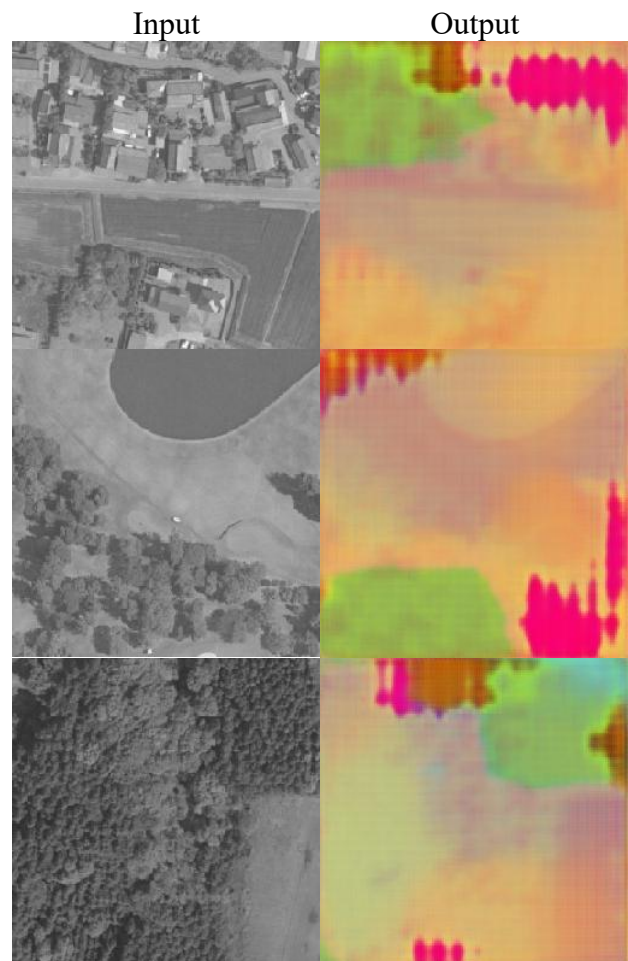


図 1 分類結果

参考文献

- [1] CARTO. <https://carto.com>.
- [2] Mapbox. <https://www.mapbox.com>.
- [3] Avenza Systems Inc, Avenza Maps. <https://www.avenzamaps.com>.
- [4] Geopaparazzi. <http://geopaparazzi.github.io/geop>

aparazzi/.

- [5] Pacific Spatial Solutions, LLC, 地理院地図インポート. http://pdf-maps.jp/?page_id=2494, (参照 2017-03-11).
- [6] The Farm 51, Chernobyl VR Project, <http://www.chernobylvrproject.com>, (参照 2017-03-11).
- [7] 小林幸夫, 稲村實. EM アルゴリズムによるリモートセンシング画像のカテゴリ分類におけるミクセルデータの影響と改善. 情報処理学会論文誌. 1996, 37, 1, 39-48.
- [8] Anirban Santara, Ankit Singh, et al. Deep Learning for Land-cover Classification in Hyperspectral Images. <https://kgpml.github.io/Hyperspectral/>, (参照 2017-03-11).
- [9] Isola, Phillip, et al. Image-to-image translation with conditional adversarial networks. arXiv preprint arXiv, 2016, 1611.07004.
- [10] 国土地理院. 地理院タイル (電子国土基本図 (オルソ画像)). <http://cyberjapandata.gsi.go.jp/xyz/ort/{z}/{x}/{y}.jpg>, (入手 2017-03-08).
- [11] 環境省. 第 6-7 回 自然環境保全基礎調査 植生調査 <http://gis.biodic.go.jp/BiodicWebGIS/Questionnaires?kind=v67>, (入手 2017-01-15).

千葉県谷津干潟を対象とした干潟環境把握手法の提案

—外来種ホソウミニナを例として—

白木 洋平[†]

北沢 俊幸[†]

李 盛源[†]

千賀 有希子[‡]

[†] 立正大学 地球環境科学部

[‡] 東邦大学 理学部

キーワード：ホソウミニナ，アオサ類，NDVI，谷津干潟，空撮気球，

1 はじめに

谷津干潟（図 1）は東京湾最奥部に位置し，東京湾と繋がっている谷津川と高瀬川があるものの高度経済成長期に周辺を埋め立てられたため住宅に周囲を囲まれているという特徴を持った約 40ha の干潟であり，また東京湾に残された貴重な干潟の一つとしても知られている．シベリアなどの寒冷地と東南アジアやオーストラリアなどの温暖地を行き来する渡り鳥にとって渡りの途中の中継地として重要な場所となっていることなどから，1993 年には「特に水鳥の生息地として国際的に重要な湿地に関する条約（ラムサール条約）」に日本で初めて干潟として登録されている．しかしながら，近年ではアオサ類やホソウミニナ，ホンビノス貝といった外来種が爆発的に増加しており，干潟の空間的な占有や他種との餌資源における競合が懸念されている（樋渡・木幡 2005）．

本研究では，干潟の広範囲に分布しているため徒歩にて実態把握を行うことが困難であり，また大きさ 2cm ほどという点から空中写真や衛星画像から情報を取得することが出来ない外来種ホソウミニナを対象とし，簡易的な分布の把握手法について検討を行った．

2 ホソウミニナの分布把握手法

谷津干潟内に分布しているホソウミニナは，アオサ類に付着する形で分布している．アオサ類をはじめとする藻類の分光反射率は，陸上の植物と同様に可視光領域で低く，近赤外領域で高くなるという特徴を有している．このような特徴を利用して植物の活性度を推定する方法を NDVI（Normalized Difference Vegetation Index）と呼び，

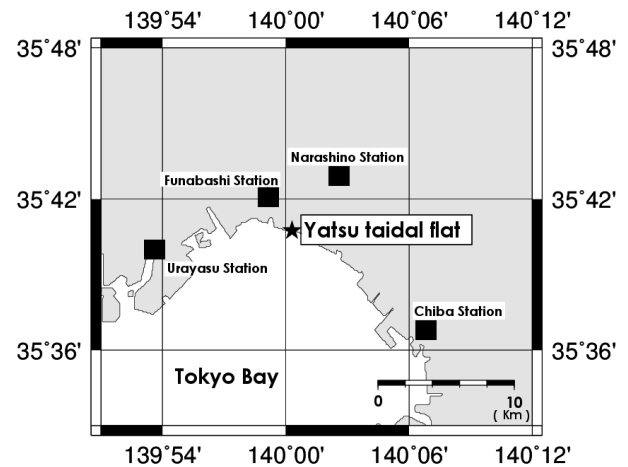


図 1. 研究対象地域

式 (1) によって算出される．

$$NDVI = \frac{NIR - R}{NIR + R} \cdot \cdot \cdot (1)$$

ここで，NIR は近赤外領域の反射率，R は可視光領域の赤の反射率であり，1 から -1 の間の値を取る．植物と同様の分光反射率を有するアオサ類と非植物のホソウミニナの NDVI には大きな差が生じることが予想され，これを利用することでホソウミニナの分布を明瞭に把握することが可能であると考えられる．そこで本研究では，2015 年 8 月に空撮気球に NDVI 画像を撮影することが可能な植生指標カメラを搭載し，干潟内におけるホソウミニナとアオサ類の空間分布の定量化を試みた．なお，植生指標カメラは市販のコンパクトデジタルカメラを改良したもの（YubaFlex：BIZWORKS 社によって開発）であり，近赤外領域を遮断するフィルタを除去し，その代わりに可視光領域の青

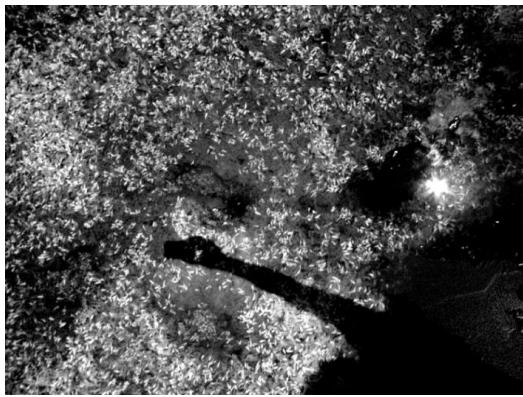


図 2. 水面の上約 150 cm から撮影したホソウミニナとアオサ類（水深 5-10cm 程度）

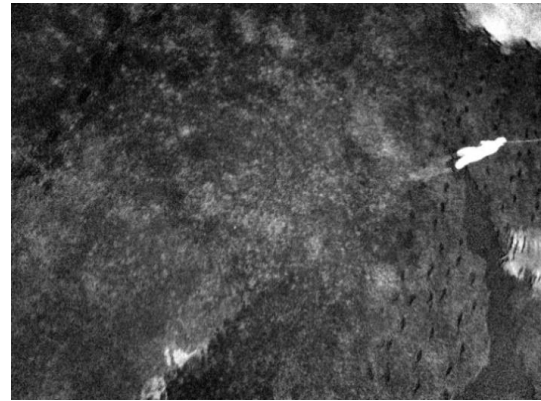


図 3. 水面の上約 10m から撮影したホソウミニナとアオサ類（水深 5-10cm 程度）

の感度を遮断するフィルタと入れ替えることで NDVI の撮影を行うことが可能となっている。また、本研究で使った空撮用気球は農研機構・東北農業研究センターによって開発された Hibari-II であり、植生指標カメラを搭載した空撮用気球に 2 本のロープで固定し 5-10m 程度浮上させた後に 2 名で牽引するという方法で撮影を行っている。

3 結果および考察

図 2 に水面の上約 150 cm から植生指標カメラを用いて撮影したホソウミニナとアオサ類の画像を示す（本画像は NDVI が 1 に近づくほど白色に、-1 に近づくほど黒色になるように設定したものである。また、対象としたホソウミニナとアオサ類は水深 5-10cm 程度に沈んだ状態である）。

図 2 によると、アオサ類と比べて非植物のホソウミニナの NDVI が高くなっており、肉眼でもその形状が明瞭に確認できる。さらに、Hibari-II を用いて高度約 10m から撮影した NDVI 画像を図 3 に示す。図 3 によると図 2 に示したものとは異なり、その形状まで把握することは困難であるものの NDVI の値が高い箇所（ホソウミニナ）を認識することができる。このことから、空撮気球と植生指標カメラを組み合わせることで一定の範囲においてはホソウミニナの分布情報を取得することが可能であることがわかった。

4 まとめと今後の課題

本研究では、近年干潟環境の悪化が懸念され

ている谷津干潟を研究対象とし、徒歩での分布把握や大きさ 2cm ということから空中写真・衛星画像を用いて判読することが出来ないホソウミニナの分布を把握するため、空撮用気球と植生指標カメラを利用した簡易的な手法についての検討を行った。その結果、植生指標カメラを用いて撮影を行った場合、高度 10m 付近からでもホソウミニナの分布を確認することができた。

なお、本研究では水深がホソウミニナやアオサ類の NDVI に与える影響については考慮を行っていない。そのため、今後は本研究で得られた NDVI 画像について適切な評価を行うために、野外観測用の可視・近赤外分光放射計（FieldSpec HandHeld2：ASD 社製）を用いて水深ごとの分光反射率の取得を行い、NDVI の変化について検討を行う予定である。

謝辞：

本研究は JSPS 科研費（15K01174）の助成を受けたものである。また、環境省、習志野市役所および谷津干潟自然観察センターには、干潟内で調査を行うにあたり許可と多大なる御協力を頂いている。ここに記して謝意を示す。

参考文献

1) 樋渡武彦, 木幡邦男 (2005)：東京湾に移入した外来大型二枚貝ホンビノスガイについて, 水環境学会誌, 28(10), 614-617.

衛星画像を用いた土地利用土地被覆分類に関する基礎的研究

青木 和昭[†]

[†] 立正大学 地球環境科学部 環境システム学科

[†]kazu@ris.ac.jp

キーワード 衛星画像、土地利用分類、土地被覆分類、深層学習、決定木

1 はじめに

近年、地球観測衛星の数は増加傾向にあり、企業による衛星打ち上げ数の増加もあり、衛星数は加速的に増加している。また、衛星に搭載されるセンサ類も性能向上を続けており、取得データの分解能が向上し、データ量も大規模になっている。たとえば、2013年に打ち上げられ運用が開始された Landsat8 からは、1日あたり 500GB のデータが送られてきている。日本列島のデータだけでも 1日 7GB になり、年間にすると約 3TB となる。こうした大規模なデータから土地被覆分類、土地利用分類といった分析を行う手法の構築は不可欠である。しかし、衛星やセンサの増加に伴って、衛星画像の種類とデータ量も時間とともに増加している。したがって、衛星画像の種類や利用目的毎に個別に分類モデルを設計・構築するには、時間とコストが必要となる。

画像認識の分野においては、2011年から深層学習 (Deep Learning) により、識別性能が飛躍的に向上した。この手法は特定物体認識や一般物体認識といった分野だけではなく、衛星画像や空中写真を用いた土地被覆分類・土地利用分類や地物認識への適用も可能である。衛星画像から深層学習によって特徴抽出、および識別を行った結果、既存の特徴と同等以上の性能を示すことが明らかになっている [1]。画像認識では、Convolutional Neural Network(CNN) 等を用いて識別を行っている。これは、高い識別性能を示しているものの、これまでパターン認識において用いられてきた Support Vector Machine(SVM) などと同様に、誤識別があった場合の問題解析が困難であるとともに、人が見て問題構造を把握することが難しい。人が見て理解可能な形で問題構造の可視化が行えれば、モデルのどの部分に問題があるか、人の知識と経験を活用した分析が可能であると考えられる。

そこで、本研究では衛星画像を用いた土地被覆土地利用分類問題において、(1) 様々な特性を持つ衛星画像から目的に応じた適切な特徴設計手法、(2) 人が理解可能な形で問題構造を可視化すること、の二点について検討す

る。本報告では、深層学習を用いた衛星画像からの土地被覆土地利用分類に関する関連研究について述べ、本研究の今後の方針と課題について検討する。

2 分類手法

本章では、衛星画像を用いた土地被覆土地利用分類手法について述べる。

2.1 分類の流れ

分類は、訓練データと呼ばれる衛星画像から分類のための特徴を設計し、画像と正解ラベルの組を学習させ分類モデルを構築し、モデルの分類結果を評価する。一連の流れを図 1 に示す。

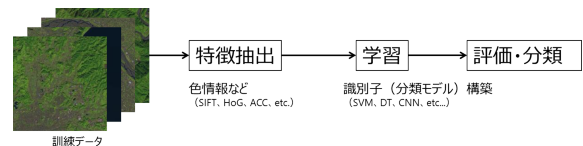


図 1: 分類の流れ

2.2 使用データ

衛星画像としては、1972年から地球の観測を続けている Landsat シリーズによる衛星データがある。Landsat は現在も観測を続けており、この衛星画像を用いて研究を進めることで、将来的にも利用可能なシステム構築が期待できる。さらに、Landsat が取得した衛星データはオープンデータとして公開されているためフリーで利用可能であり、システムの再利用も容易であると考えられる。そこで、本研究では主に Landsat の衛星画像を対象として、土地被覆土地利用分類の検討を進める。具体的には Landsat5 と Landsat8 の衛星画像を対象とする。

Landsat8 は 2013 年 2 月に打ち上げられた衛星であり、16 日ごとに任意の地点を観測している。分解能は

表 1: 分類クラス例

CNN に よる分類 [7]	GLCNMO 2008[3]	高解像度 土地利用被覆図 Ver16.02[4]
Urban	都市部	都市部
Forest	常用広葉樹 落葉広葉樹 常用針葉樹 落葉針葉樹 混合樹林	常用広葉樹 落葉広葉樹 常用針葉樹 落葉針葉樹
Water	水域	水域
Others	他 13 クラス	他 4 クラス

15-100m であり、搭載されているセンサは Operatina Land Imager(OLI) と Thermal Infrared Sensor(TIRS) である。OLI は可視から近赤外までの 9 バンドを持つマルチスペクトルセンサ、TIRS は地表面から放出される熱赤外線を観測する 2 バンドのセンサである。

2.3 分類クラス

土地被覆土地利用分類では、どの程度まで詳細に分類を行うか、クラスを決定する必要がある。例えば { 都市部、森林、水域、その他 } のように大分類のみを行うか、{ 都市部、落葉広葉樹、落葉針葉樹、常用広葉樹、常用針葉樹、海、湖沼、河川、雪原、その他 } といった詳細分類まで行うかである。クラス数を増やすほどより詳細な分類図が完成するものの、分類は困難となる。したがって、利用目的に応じて適切にクラス数を決定する。

3 関連研究

衛星画像からの土地被覆分類は、カーネル密度推定や深層学習を適用した手法がこれまでに用いられている。また、土地被覆土地利用分類の他にも特定地物認識手法も提案されており、ここでは従来研究について述べる。

3.1 衛星画像からの土地被覆分類

フリーで入手可能な衛星データと深層学習を用いた土地被覆分類手法の性能評価を行っている研究 [7] では、Landsat5 の衛星画像に GLCNMO2008 を用いて正解ラベルを付与したデータを訓練データとして CNN の学習

を行い、Landsat5 衛星画像による性能評価と、JAXA 高解像度土地利用被覆図 [4] によって汎化性能を評価している。

学習を行うためには、衛星画像の各ピクセルがどの土地被覆クラスであるかを示す教師画像が必要である。Global Land Cover National Mapping Organization 2008(GLCNMO2008)[3] は、NASA の地球観測衛星 Terra/Aqua に搭載されている光学センサ (MODIS, Moderate Resolution Imaging Spectororadiometer) によって観測されたデータ等を用いて作成された土地被覆分類図である。GLCNMO2008 は、解像度 500m、分類クラス 20、総合精度 77.9% である。土地被覆分類図としては、Glob Cover[5] (解像度 300m、分類クラス 22、総合精度 67.5%)、GLC SHARE[6] (解像度 1000m、分類クラス 11、総合精度 80.2%) 等もある。土地被覆分類は解像度が高く、分類クラスが多いほど分類が困難になるため、これらの総合精度をそのまま比較することはできない。

CNN には 31x31 ピクセルの画像と中心 1 画素の正解ラベルを入力とし、訓練サンプルとしては各クラス 40,000 枚 (計 160,000 枚) を用いている。検証用サンプル (各クラス 30,000 枚) に対する総合精度は 82.8%、評価用サンプル (各クラス 15,000 枚) での総合精度は 77.9% であった。分類モデルの実用性に関する評価 [8] としては、総合精度 85.0% 以上が実用的とされている。

3.2 日本域高解像度土地利用土地被覆図 [4]

JAXA の衛星である ALOS 搭載のセンサ (AVNIR-2/PALSAR など) による衛星画像を用いて、日本全域の土地被覆分類を行ったものであり、植生調査や森林管理、土砂災害の分析などに活用されている。ALOS の衛星データの他に国土地理院数値地形データやオープンストリートマップなどを用いて分類を行っている。分類はカーネル密度推定 [9]、日陰部分の推定や手作業による修正を併用して行っている。本手法の特徴としては解像度が 10m であり、他の手法と比較して高解像度である点が挙げられる。評価地点 1,409 点、分類クラス数 10 に対する総合精度は 78.0% となっており、前述の実用利用基準である 85.0% には届いていないものの、改良が進むごとに精度は向上している。

3.3 衛星画像上の地物認識

衛星画像から特定の地物を認識・分類する手法もあり、例えばメガソーラー (太陽光発電施設) を検出する試み

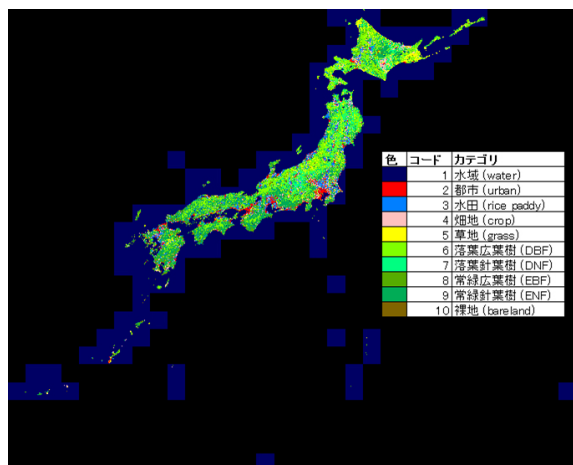


図 2: 日本域高解像度土地利用土地被覆図 [4]

がある [10]。Landsat8 の衛星画像を用いて、深層学習によって衛星画像上のメガソーラーを学習し、認識している。学習・認識は 16x16 ピクセルの画素で行い、訓練サンプル数 300 による学習で、およそ 50% の検出率となっている (図 3)。この研究ではメガソーラーを検出対象としているが、他の施設の検出や異常検知等にも応用が可能であると考えられる。



図 3: メガソーラーの検出例 [10]

4 提案手法

本研究では、衛星画像から深層学習により特徴抽出を行い、クラス決定木 [11, 12] によって識別子を構成することで、土地分類手法を構築することを目的とする。ここでは、Landsat 衛星データを用いた土地被覆分類の識別方法を検討する。

1. 深層学習を用いた特徴抽出を行う。
2. 抽出した特徴集合を用いてクラス決定木を構成し、

土地被覆分類問題の識別率を評価する。同時にクラスごとに利用された特徴集合を評価する。

3. 実験結果を踏まえた考察と識別規則改善方法を検討する。

提案手法の概要を図 4 に示す。

5 おわりに

本研究では、深層学習とクラス決定木を用いた衛星画像からの土地被覆分類・土地利用分類について検討するために、従来研究について述べた。さらに、深層学習による特徴抽出とクラス決定木を用いた分類手法を提案した。センサの種類や分解能に応じた特徴を深層学習によって抽出し、クラス決定木を用いて識別子を構成することで、分類を行うとともに問題構造の可視化を試みる。今後は、深層学習ライブラリを用いた実験システムの実装、および実験を行い、分類性能の評価を行う予定である。

参考文献

- [1] O. A. B. Penatti, K. Nogueira and J. A. dos Santos, “Do deep features generalize from everyday objects to remote sensing and aerial scenes domains?”, IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition Workshops (CVPRW), pp. 44-51, 2015.
- [2] 一般財団法人リモート・センシング技術センター, <https://www.restec.or.jp/satellite/landsat-8>, 2017 年 3 月 12 日参照.
- [3] R. Tateishi, N. T. Hoan, T. Kobayashi, B. Alsaadeh, G. Tana and D. X. Phong, Production of Global Land Cover Data (GLCNMO2008), Journal of Geography and Geology, Vol. 6, No. 3, Canadian Center of Science and Education, 2014.
- [4] 宇宙航空研究開発機構 (JAXA) 地球観測研究センター、日本域高解像度土地利用土地被覆図, http://www.eorc.jaxa.jp/ALOS/lulc/jlulc_jpn.htm, 2016 年 11 月 11 日参照.
- [5] S. Bontemps, P. Defourny, E. V. Bogaert, O. Arino, V. Kalogirou and J. R. Perez, GLOBCOVER 2009, Products Description and Validation Report, 2011.
- [6] J. Latham, R. Cumani, I. Rosati and M. Bloise, Global Land Cover SHARE (GLC-SHARE) Database Beta Release Version 1.0-2014, 2014.
- [7] 伊東里保, 飯野翔太, 藤田藍斗, 今泉友之, 彦坂修平, ディープラーニングを適用した衛星画像からの土地被覆利用分類手法の評価, 第 30 回人工知能学会全国大会, 2016.
- [8] J. R. Thomlinson, P. V. Bolstad, and W. B. Cohen, Coordinating Methodologies for Scaling Landcover Classifications from Site-Specific to Global: Steps toward Validating Global Map Products, Remote Sensing of Environment 70.1, pp. 16-28, 1999.

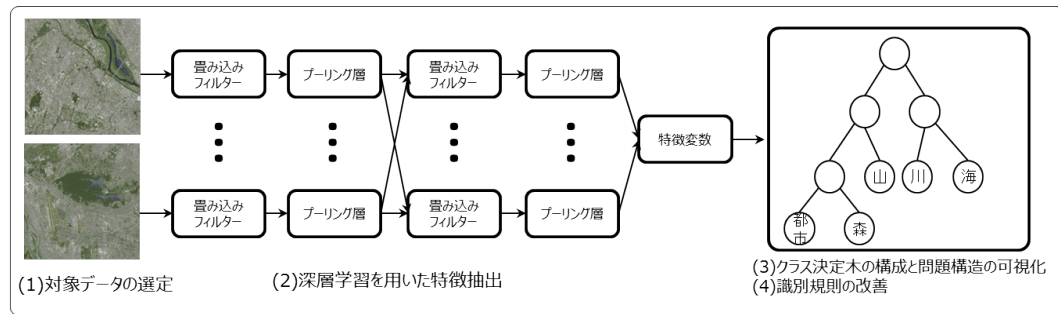


図 4: 提案手法の概要

- [9] 橋本秀太郎, 田殿武雄, 小野里雅彦, 堀雅裕, 塩見慶, 多時期光学観測データを用いた高精度土地被覆分類手法の開発, 日本リモートセンシング学会誌, Vol. 34, No. 2, pp. 102-112, 2014.
- [10] 中村良介, 石井智代, 野里博和, 坂無英徳, シモセラ・エドガー, 望月義彦, 飯塚里志, 石川博, 地球観測衛星画像上の地物認識, 第30回人工知能学会全国大会, 2016.
- [11] 青木和昭, 渡辺俊晴, 工藤峰一, クラスに依存した特徴集合を用いた決定木の設計. 電子情報通信学会論文誌, Vol.J86-D-II, No.8, pp. 1156-1165, 2003.
- [12] K. Aoki and M. Kudo, A Top-Down Construction of Class Decision Trees with Selected Features and Classifiers. Proceedings of the 2010 International Conference on High Performance Computing and Simulation, July, 2010, Caen, France, pp. 390-398. (DOI: 10.1109/HPCS.2010.5547102)

$\phi(a) + \phi(b) = \phi(c)$ の成立状況と Euler 関数導来対数関数の abc 予想

宮田 大輔[†] 山下 倫範[‡]

[†] 千葉商科大学 [‡] 立正大学

[†]miyata@cuc.ac.jp [‡]yamasita@ris.ac.jp

キーワード Euler 関数, abc 予想, 計算機実験

1 はじめに

n 以下の自然数のうち n と互いに素なものの個数を Euler 関数とよび $\phi(n)$ で表す。また, n の相異なる素因数の積を $\text{rad}(n)$ で表す。 n の素因数分解が $n = p_1^{e_1} p_2^{e_2} \cdots p_r^{e_r}$ のように与えられたとき,

$$\phi(n) = n \prod_{k=1}^r \left(1 - \frac{1}{p_k}\right)$$

および

$$\text{rad}(n) = \prod_{k=1}^r p_k$$

である。

Euler 関数導来対数的関数 L は,

$$L(n) = \begin{cases} 0, & \text{if } n = 1, \\ L(\phi(n)), & \text{if } n > 1 \text{ is odd,} \\ L(\phi(n)) + 1, & \text{if } n \text{ is even.} \end{cases}$$

と定義され, 任意の自然数 m, n に対して

$$L(mn) = L(m) + L(n)$$

が成り立つ [3]。

対数的関数 L に関して, 次の予想が提案されている。

予想 A (Yamashita[2])

a, b, c が互いに素な自然数で $a + b = c$ を満たすとき

$$\max\{L(a), L(b), L(c)\} < 2 \cdot L(\text{rad}(abc))$$

が成り立つ。

この予想は $\phi(a) + \phi(b) = \phi(c)$ のとき成立することが証明されており [2], また計算機による実験によって $c \leq 10^7$ で正しいことが確かめられている [4]。

本稿では $\phi(a) + \phi(b) = \phi(c)$ が成立する状況を, 計算機を用いて $c \leq 10^6$ の範囲で調べたので報告する。

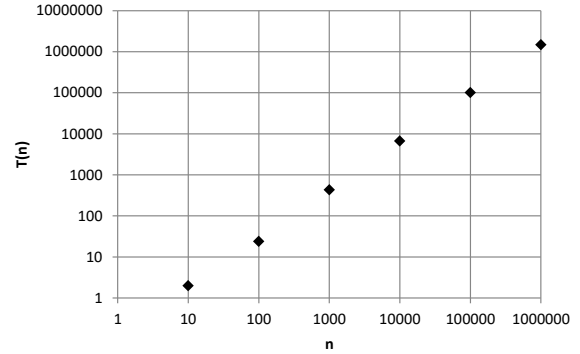


図 1: $T(n)$

2 Primitive ϕ -triple の個数

(a, b, c) が次の条件をすべて満たすとき, (a, b, c) を primitive ϕ -triple と呼ぶ。

- $a + b = c$
- $\phi(a) + \phi(b) = \phi(c)$
- $1 \leq a \leq b$
- a, b, c は互いに素

また $T(n)$ で $c \leq n$ なる primitive ϕ -triple の個数を表すことにする。計算機によって求めた $t(n)$ を図 1 に示す。 $T(n)$ は $O(n)$ 程度で増加していることがわかる。したがって primitive ϕ -triple は無限に存在すると予想できる。ただし n 以下の互いに素な a, c は $O(n^2)$ 個あるため, 無作為に a と c を選んだときの $\phi(a) + \phi(c - a) = \phi(c)$ となる確率は 0 に近づくとも予想できる。

3 Admissible な c の割合

自然数 c に対して, $\phi(a) + \phi(c - a) = \phi(c)$ となるような c と互いに素な a が存在するとき, c を admissible と

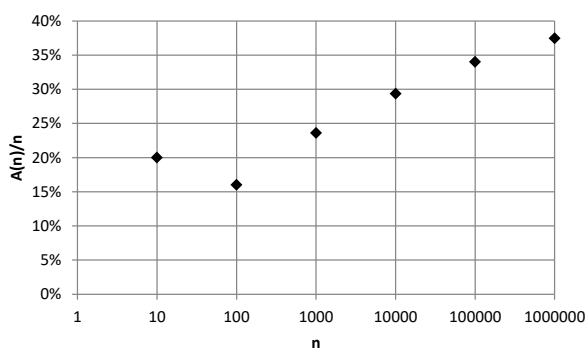


図 2: $A(n)/n$

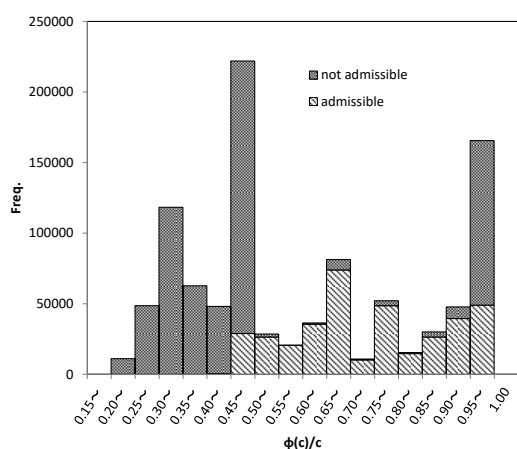


図 3: $\phi(c)/c$ の分布と admissible

呼び、 $A(n)$ で n 以下の admissible な自然数の個数を表す。計算機によって求めた $A(n)/n$ を図 2 に示す。

$n \leq 10^6$ の範囲では、 n の増加に伴って admissible な c の割合は増加傾向を示した。

4 $\phi(c)/c$ の分布と admissible

$\phi(c)/c$ の平均として次の漸近近似が知られている [1]。

$$\frac{1}{n} \sum_{c=1}^n \frac{\phi(c)}{c} \sim \frac{6}{\pi^2} = 0.607927...$$

例えば c が 5 以上の素数の場合、 $\phi(c) = c - 1$ であるが $\phi(a) + \phi(b) \leq c - 2$ であるから、 c は admissible ではない。 c が大きな素数の場合 $\phi(c)/c$ は 1 に近い値になるが、 $\phi(c)/c$ が極端に大きいあるいは小さい場合 $\phi(a) + \phi(b) = \phi(c)$ は成立しにくい。そこで $\phi(c)/c$ をいくつかの階級に分けて、admissible か否かを調べた結果を図 3 に示す。

$0.5 < \phi(c)/c < 0.9$ であれば、 c が admissible である

確率は 0.8 以上である。 c が偶数であれば admissible になる確率は極めて低い。

5 おわりに

計算機を使用して $c \leq 10^6$ の範囲で a, b, c が互いに素で $a + b = c$ かつ $\phi(a) + \phi(b) = \phi(c)$ が成立する状況を調べた。

そのような (a, b, c) の組は無限に存在するが、 $\phi(a) + \phi(b) = \phi(c)$ が成立する確率は 0 に近づくことが予想された。 c が奇数ならば、 $\phi(a) + \phi(b) = \phi(c)$ となる a, b が存在する可能性は高いが、偶数の時は極めて稀である。

参考文献

- [1] G.H. Hardy and E.M Wright, *An Introduction to the Theory of Numbers (6th ed.)*, Oxford University Press, 2008.
- [2] M. Yamashita and D. Miyata, “On the *abc* conjecture for a derived logarithmic function of the Euler function”, *Proc. of 1st International Conference on Computer Application Technologies 2015* (CD-ROM), Matsue, Japan, 2015.
- [3] 宮田大輔・山下倫範, “Note on derived logarithmic functions of Euler’s functions”, 日本数学会 2004 年度秋季総合分科会応用数学科会講演アブストラクト, pp.97-100, 2004.
- [4] 宮田大輔・山下倫範, “Euler 関数導来対数的関数における *abc*-triple の列挙”, パーソナルコンピュータ利用技術学会 合同研究会講演論文集, **3**(1), pp.23-24, 2016.

ポケモン GO でポケモン探し

鈴木治郎（信州大学全学教育機構）[†]

[†] 信州大学 全学教育機構

[†]szkjiro@shinshu-u.ac.jp

キーワード 位置情報ゲーム, スマートフォンゲーム, 初等幾何学

1 はじめに

ポケモン GO は Niantic Labs¹が提供するスマートフォン向けアプリであり, 位置情報ゲームの一つである. 日本国内では 2016 年 7 月 22 日に提供開始された. 先行公開されたアメリカなどでおおいに話題になったこと²や, そもそもポケモンに関するゲームは日本発だったこともあり, 国内でも社会現象を引き起こすなど³大流行した.

ゲームをプレイする目的の一つ, 野生のポケモン捕獲のための探索問題において, 国内提供開始から 1ヶ月を待たずに以下に述べる方法がゲーム攻略情報として公開され, その方法が数学的であるとして注目を集めた. ここでは, それらの探索方法の有効性について, 筆者が雑誌『数学セミナー』[1]に出題した探索問題の離散化を通じた分析も交えて考察する.

2 ポケモン GO と探索問題

スマートフォン向けの位置情報ゲームであるポケモン GO は, 基本的ゲーム要素を 2 つ持つ.

- 野生のポケモンの捕獲を通じたカード集め
- ポケモンを育成しバトルで勝利する

ここでいう探索問題とは, 野生のポケモン捕獲のためのポケモン探しのことである. そのためにゲームアプリで提供している基本機能は 2 つある.

- 捕獲できる距離（プレイヤーから半径 10m 程度）にいるポケモンを表示する

- ただちに捕獲はできないが, 近く（プレイヤーから半径 200m 以内）にいる「かくれているポケモン」を表示する

ポケモンが捕獲できる距離にあっても, それを捕獲できるかはプレイヤーのスキルに依存する. ここでは第 2 の条件, つまりかくれているポケモンの存在が示唆されるときに, それを実際に捕獲できる距離まで効率的に近づいて表示させる問題をポケモン探索問題（あるいは単に探索問題）と呼ぶことにする.

3 2 つの数学的解法

ここではオンラインメディアで話題となった 2 つの探索方法を述べる. それぞれの方法の名称は本論文で与えた. また方法の説明の簡略化に, 「かくれているポケモン」に適当なポケモンが表示されることを隠れ検出オン, 表示されなくなることを隠れ検出オフと記述する.

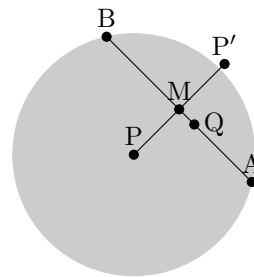


図 1: 二等分線法（点 P' は意図的に円外に描いた）

¹カタカナ表記は日本国内での通称であり, 正式には Pokémon GO と綴る. Niantic Labs はスマートフォンによる位置情報を利用した陣取りゲーム Ingress をすでに提供しており, ポケモン捕獲のためのモンスターボールを提供するポケストップの多くは, Ingress で用意済みの地図情報が活用された.

²アメリカなどでは 2016 年 7 月 6 日に提供開始された.

³例えば東北 3 県では, 東日本大震災復興支援の集客に活用された. 2017 年 3 月初旬に, 出現率の低い（レア）ポケモンであるラプラスが出現率高く設定され, 実際に多くの人が訪れた.

二等分線法（図 1 参照）

1. かくれているポケモン P に気づいた地点（開始点 Q ）から適当な方向に, 隠れ検出オフになる点 A まで進む.
2. 進行方向を逆戻りし（隠れ検出オンになる）, 開始

点 Q を過ぎ、隠れ検出オフになる点 B まで進む。

3. 地点 B から地点 A に逆戻りする。戻る距離は 2 点 AB 間の midpoint M までとする。
4. 線分 AB の垂直二等分線は地点 M およびポケモンの存在地点 P を通る（円とその弦に関する数学的性質）。そこで地点 M から線分 AB と直行する方向に進めば確率 1/2（P または P'）で捕獲したかった、かくれているポケモンにたどり着く。
5. 目的のポケモンを発見できずに隠れ検出オフとなったら、弦に対する垂直二等分線の残りの側である。よって逆戻りして進めば発見できる [2]。

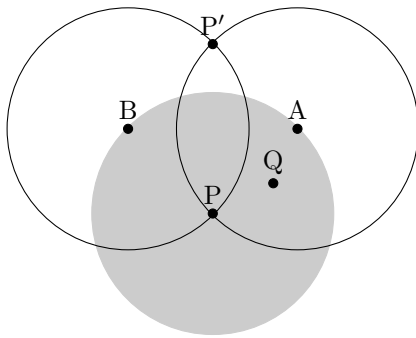


図 2: 二円交点法

二円交点法（図 2 参照）

1. かくれているポケモン P に気づいた地点（開始点 Q）から適当な方向に、隠れ検出オフになる点 A まで進む。
2. 点 A から適当な方向に、隠れ検出オフになる点 B まで進む。
3. 点 A および B を中心とする半径 200m の円を描き、その交点を P, P' とする。ただし開始点 Q を中心とする半径 200m の円内にある方が P である。
4. 点 B から点 P に向かえばよい [3]。

3.1 2つの方法の効率

ここでは 2 つの探索方法について、円の半径 r に対する探索経路の長さを考察する。

3.1.1 二等分線法

弦 AB の長さを $2kr$ で表す。ただし $0 < k < 1$ である。弦上の長さ $MQ = a$ とすれば $0 < a < kr$ である。

$$QA = kr - a, AB + BM = 3kr, PM = \sqrt{r^2(1 - k^2)}$$

より、探索経路長は $4kr - a + \sqrt{r^2(1 - k^2)}$ になる。たとえば弦の中心角 45° 、すなわち $k = 1/\sqrt{2}$ のとき $\simeq 3.7r - a$ である。この式は k の関数として $k = 16/17$ で極大となる上に凸な関数である。 $a = 0$ とすれば、 $k = 0$ のとき最小値 r をとり、 $k = 16/17$ のとき最大値、約 $4.1r$ をとる。また $k = 1$ のとき $4r$ である。 $k = 0$ のとき弦 AB の長さ 0、すなわち点 Q と点 A, B は一致する。

3.1.2 二円交点法

図 2 では、各経路 QA, AB, BP とも円の半径 r 以下に見える。ほとんど $3r$ 未満となるだろうか。この方法で QA の最大値はほぼ円の直径 $2r$ になるが、この場合、A と B の距離はほぼ 0 になる。点 A からポケモンの位置 P まではほぼ r なので、経路全体は $3r$ に近い。この方法の解析は次節の離散化を通じて進める。

4 二円交点法の最悪ケースは改良できるか

二等分線法は、円のある弦上をたどるという性質上、ほとんど改良の余地はない。二円交点法に関しては最悪の場合を避ける良い改良があるのか。それを調べるために、探索過程で何が起きているのかを以下の離散化を通じて考察した。

4.1 問題の離散化：数学セミナーでの出題

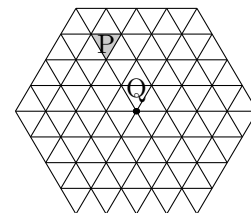


図 3: 数学セミナーでの出題

開始点 Q から半径 200m の円内部の探索に問題を限定して、探索問題を単純化した。そして図 3 に示す探索問題を「数学セミナー」の記事『エレガントな解答求む』で出題した [1]。出題が 1 月号、解答が 4 月号に掲載されて

いる。ポケモン探索問題との対応は次の通りである。

捕獲できるポケモンを表示する半径 10m の円を，ある点の周りの正三角形 6 個に表すことで離散化した。そして半径 200m の円全体は，正三角形を敷き詰めたものとして表した。

ただし実際の出題においては，隠れ検出と捕獲表示との関係を直接解釈すれば 20 : 1 (200m 対 10m) となるとところを 4 : 1 に，またポケモンのいる領域は三角形 6 個を合わせた正六角形とせず，正三角形一つのみと簡易化している。この出題に用いた盤をフィールドサイズが 4 ということにする。ポケモン GO の実際の設定はフィールドサイズが 20 の解釈になる。

4.2 解答応募例

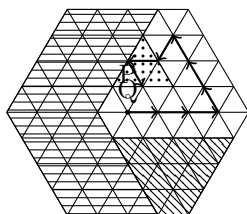


図 4: 解答応募例

図 4 に右に 3 ステップ進むまで隠れ検出オンであったときの典型的な解答応募例を示す。

1. 右向きの矢印に沿った 3 ステップ (辺の長さ $4-1=3$) の移動で，常に隠れ検出オンであれば，水平線で塗られた領域に左から順次ポケモンのいないことが確定される。
2. 左上向きの矢印に沿った 3 ステップの移動で常に隠れ検出オンであれば，斜線で塗られた領域に順次ポケモンのいないことが確定される。
3. 何も塗られていない領域にいたポケモンが探索経路に近接する三角形にいた場合，すでに発見されている。したがって未発見のポケモンは，点で塗られた三角形 4 個の領域内に確定される。
4. 左下に向かい，ポケモン P を発見する。

この探索過程は，フィールドを大きく 3 つの領域 a, b, c (図 5 参照) に分ける。

これらの 3 つの領域は上述のステップ 1, 2, 3 に対応している。あとで述べるフィールドサイズ 10 のときの半径 r に関する領域ごとのおよその探索ステップ数と，ここまで説明した探索方法，そして数学セミナーでの解答応

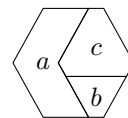


図 5: 探索の特性別領域

募者の一例との関係をまとめると次表の通りである。

表 1: 領域別探索ステップ数

領域	a	b	c
解答例 (図 4)	5 ~ 7	5 ~ 10	4 ~ 10
解答例 (最適化 [4])	3 ~ 4	1 ~ 7	1 ~ 7
サイズ 10	$r \sim 2r$	$2r \sim 3r$	$3r \sim 5r$

途中で隠れ検出オフになったときは引き返す。その典型例を図 6 に示す。

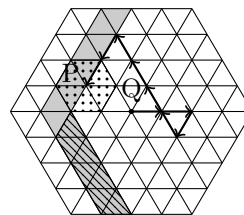


図 6: 途中で隠れ検出オフになった場合の探索

1. 右に 2 ステップ進んだときに隠れ検出オフになる。灰色の領域に確定。
2. 左下に 1 ステップ進む。隠れ検出オフのままなので，斜線部にいないことが確定。
3. ポケモンの隠れているくの字型領域へ，左上に 4 ステップ進む。
4. 左下に 2 ステップ進みポケモン P を発見する。

解答応募例の多くでは，ポケモン P の位置に応じた全体最適化の戦略を書いていた [4]。しかし，そうした最適化をしたとしても，ポケモンの存在領域を大きく絞り込んでから近接箇所を走査する方法自体は表 1 のサイズ 10 の通りであり，実は効率的でない。それを次節に示す。

4.3 フィールドサイズ 10 の場合の分析

解答応募例で示した探索方針をフィールドサイズ 10 で行くとどうなるかを図 7 に示した。図にポケモン P の位置は与えていない。

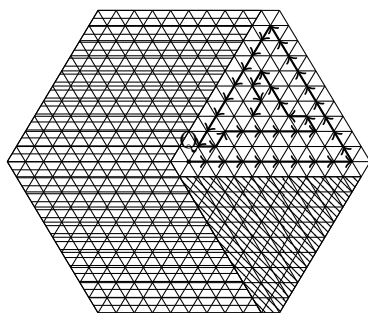


図 7: フィールドサイズ 10 の場合の探索経路例

1. 右に 9 ステップ進む。ここでフィールド全体の約 $2/3$ (図 5 の領域 a) が除外される。
2. 上に 9 ステップ進む。さらにフィールド全体の約 $1/6$ (図 5 の領域 b) が除外される。合わせて約 $5/6$ が除外される。
3. 残りの領域 (図 5 の c) は螺旋状に探索することになる。図 7 の例では最悪 23 ステップであるが、ほぼ等差数列の和であるから、一般のフィールドサイズ r に対しては、 $O(r^2)$ のステップ数になる。

この例でわかるように、比較的小さな領域にポケモンの存在領域を制限した後に、残りをくまなく探す方法は、その部分 (領域 c) の影響により二等分線法よりも悪い。

5 二円交点法の再確認

前節の最後の例 (図 7) と同じく、フィールドサイズ 10 の場合に比較する。

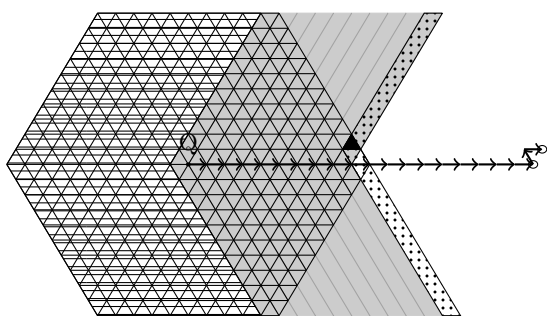


図 8: フィールドサイズ 10 の場合の二円交点法

図 8 に二円交点法の最悪の場合 (図 8 の黒い三角形が存在領域) を示す。隠れ検出オンのままで進むとき、1 ステップごとに 40 個の三角形領域にポケモンがいないことを確定している。探索者の初期位置を中心とするサイズ 10 のフィールドを右に飛び出してさらに $r \simeq 10$ 進んだ

とき、隠れ検出オフになる (図の右端の白い○)。(その点から下に向かうと隠れ検出オフのままなので) 上に向かい、オンとオフの変化する点 (もう一つの白い○) を得る。2つの白い○を中心とする半径 10 の円に相当するくの字領域 (灰色および点で塗られた図形) の共通部分に黒い三角形があるのを確認できる。くの字領域の中心から黒い三角形までの移動ステップ数は $r \simeq 10$ である。つまり二円交点法の最悪の場合でも、探索経路長さは約 $3r$ に過ぎない。

つまり二円交点法による探索経路長さは、最悪の場合でも、前節の表 1 に整理した方法と比べて悪くない。前節に述べた方法は、最初のフィールド内にポケモンが隠れていることにこだわり、移動をその範囲内に制限したことで、ポケモンの不在領域の探索効率を低下させてしまったのである。

6 まとめ

二円交点法によるポケモンの探索は、ここに述べた中で最良であることがわかった。探索経路の長さが比較的小さい理由は、問題の離散化で与えた図 3 から図 8 までを通じて明確になった。この事例のように、問題の離散化を通じて私たちが具体的に調べやすくすることは、ある方法がなぜうまく行くのか明らかにできる場合がある。

一般に問題を数学化する際の多くでは適当な極限を与えることを通じて、解析学の知識を適用可能とすることで解決を与えることが多い。しかしながら、ここで扱った問題のように、離散化を通じて実験しやすくなる問題もあることをポケモン GO のポケモン探しは教えてくれたのである。

参考文献

- [1] 鈴木治郎, 数学セミナー「エレガントな解答求む」, 2017 年 1 月, 4 月 (2017)
- [2] 例 えば <https://game8.jp/pokemon-go/beginner/81432>, 2016 年 12 月 6 日
- [3] 例 えば <http://touchlab.jp/2016/08/pokemongo-sightings-positioning-tool/>, 2016 年 8 月 13 日
- [4] これらの値は山田正昭氏の応募解答例による (数学セミナー「エレガントな解答求む」, 2017 年 1 月, 4 月) (2017)