

国際 ICT 利用研究学会
研究会研究論文誌
第 1 号

国際 ICT 利用研究学会

目次

はじめに

研究会研究論文誌（Online version）創刊について

国際 ICT 利用研究学会 会長 山下 倫範 1

短報／ノート

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） 2

実践論文

深層学習を用いた画像認識と物体検出

青木和昭（立正大学） 9

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

菅原 良（明星大学） 15

3次元プリンタを用いた地域志向商品の開発に向けた取り組み

佐久間貴士（高崎商科大学） 17

ポケモン GO でポケモン探し

鈴木治郎（信州大学） 21

論文

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） 23

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

李 盛源，下岡順直，白木洋平，北沢俊幸（立正大学） 27

電子教科書と電子教材の導入評価

田中雅章（ユマニテク短期大学），神田あづき（仙台白百合女子大学） 32

はじめに

研究会研究論文誌(Online version)創刊について

山下倫範
国際 ICT 利用研究学会会長
立正大学 地球環境科学部

本会では、会員の皆様方の日頃のご研究成果発表の場でもある研究会開催後に研究会講演論文集を **Online version ISSN 2432-7956** で公開していますが、この度、**2017年3月12日**に立正大学品川キャンパスで開催された第1回研究会で発表された方の中から、改めて査読を希望される論文を受付け、査読審査の結果、採録と判断された論文について、研究会研究論文誌 (**Online version ISSN**) として公開することといたしました。今後とも、会員の皆様方による多くの優れた研究成果のご発表を期待しております。

2017年6月30日

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、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及び公開されている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。

2 実験解析の方法

Lorenz ([1]) に始まるカオス視点の力学系手法 ([3], [2], [4]) 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。

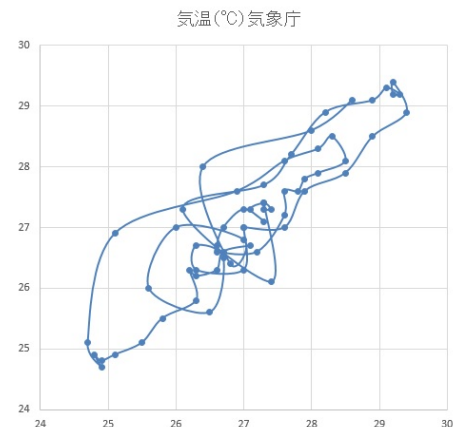


図1 気温 (A)

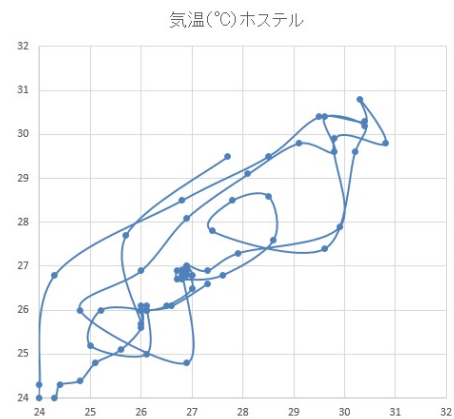


図2 気温 (B)

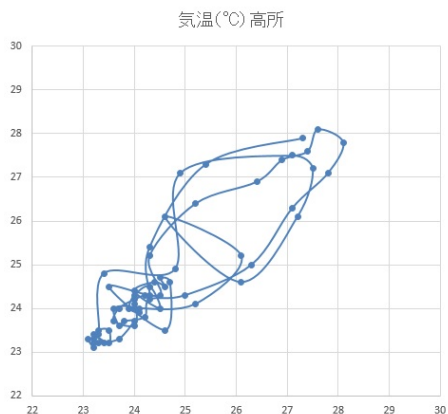


図3 気温 (C)

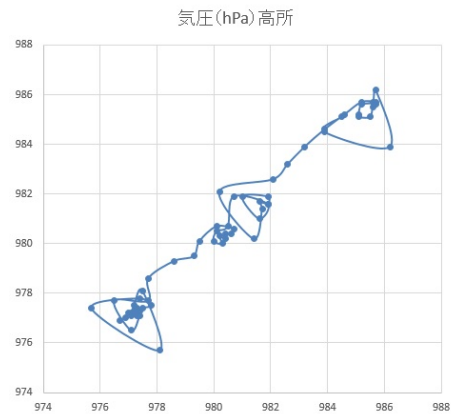


図6 気圧 (C)

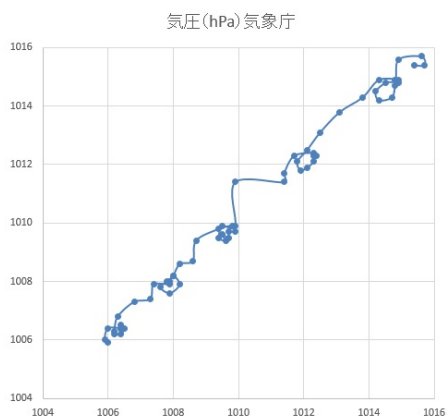


図4 気圧 (A)

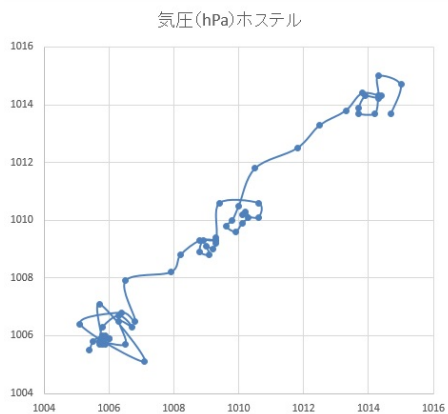


図5 気圧 (B)

3.2 結果 2

気象庁データの状態空間アトラクタ比較

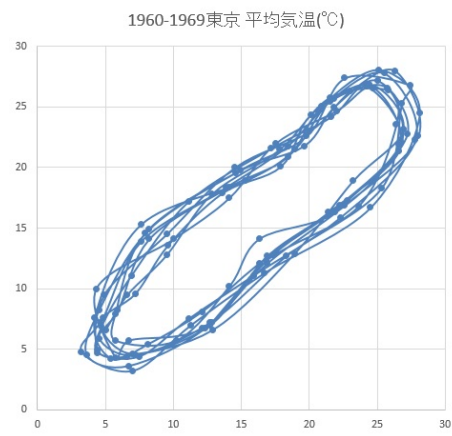


図7 1960年から10年間の平均気温 (東京)

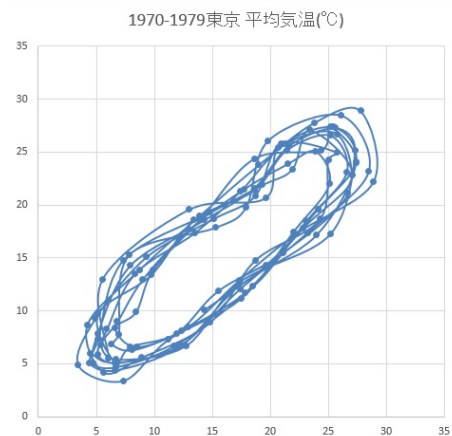


図8 1970年から10年間の平均気温 (東京)

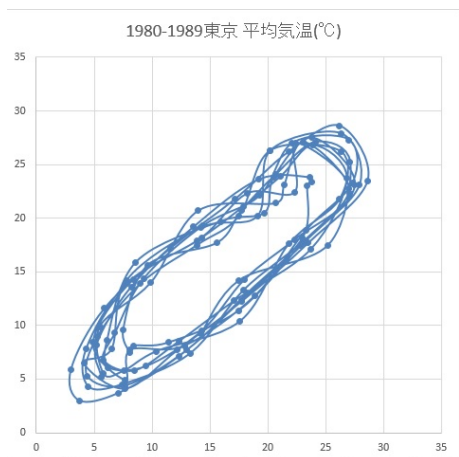


図9 1980年から10年間の平均気温（東京）

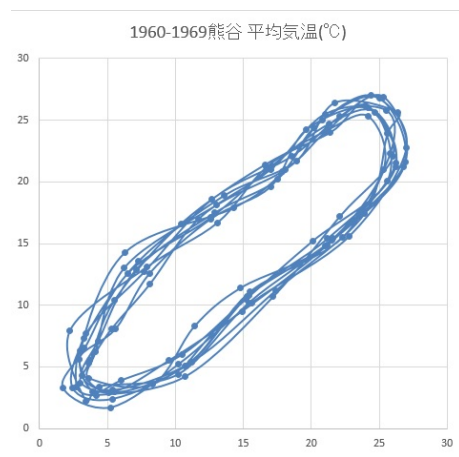


図12 1960年から10年間の平均気温（熊谷）

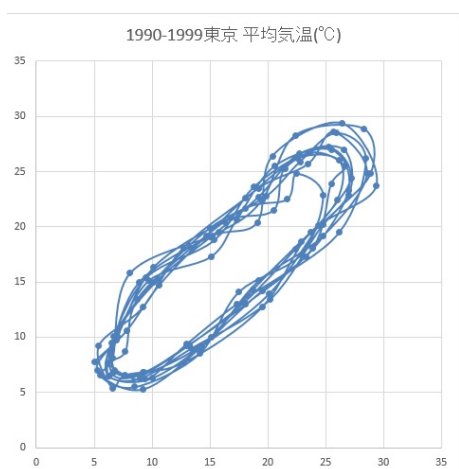


図10 1990年から10年間の平均気温（東京）

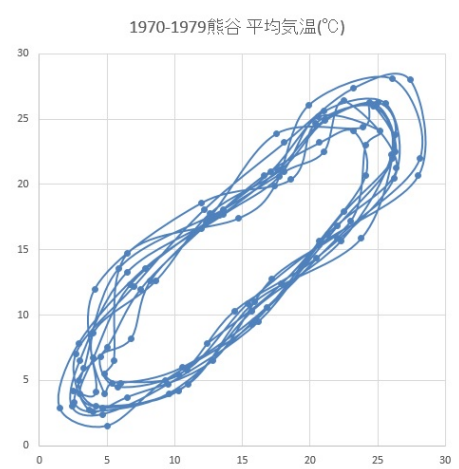


図13 1970年から10年間の平均気温（熊谷）

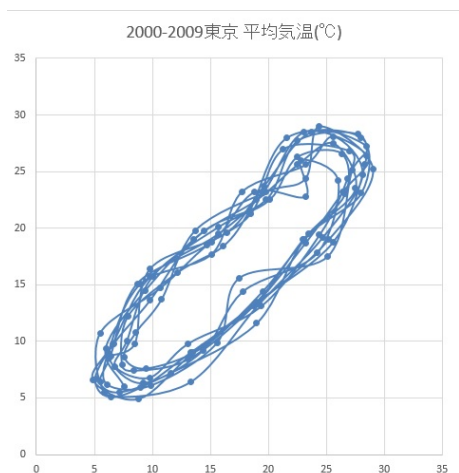


図11 2000年から10年間の平均気温（東京）

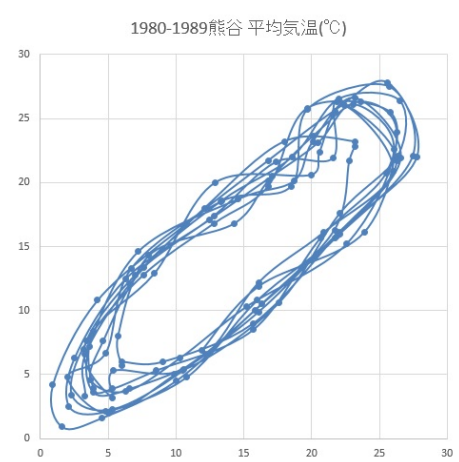


図14 1980年から10年間の平均気温（熊谷）

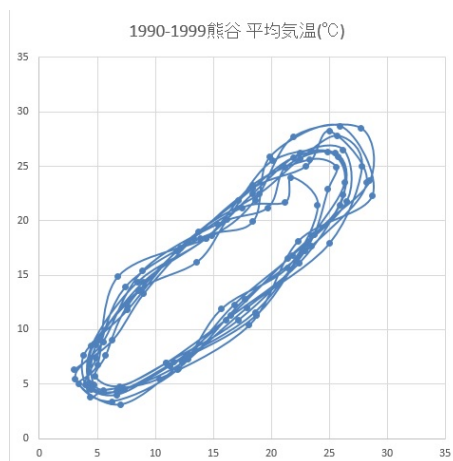


図 15 1990 年から 10 年間の平均気温 (熊谷)

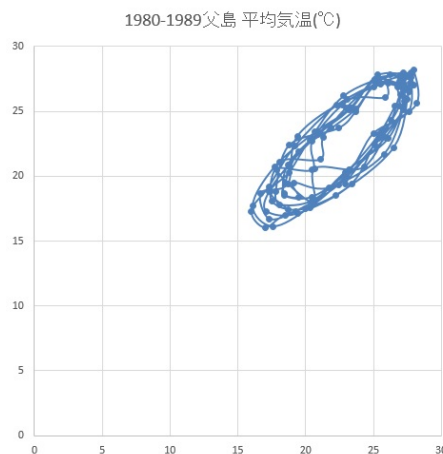


図 18 1980 年から 10 年間の平均気温 (父島)

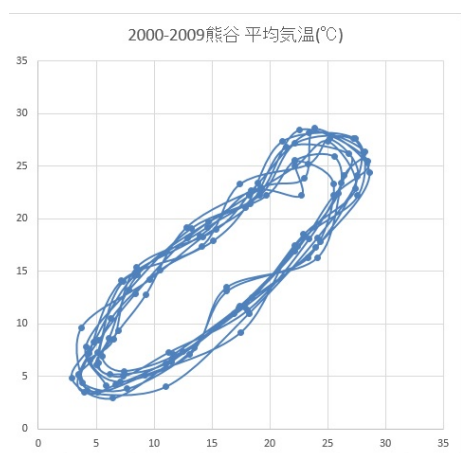


図 16 2000 年から 10 年間の平均気温 (熊谷)

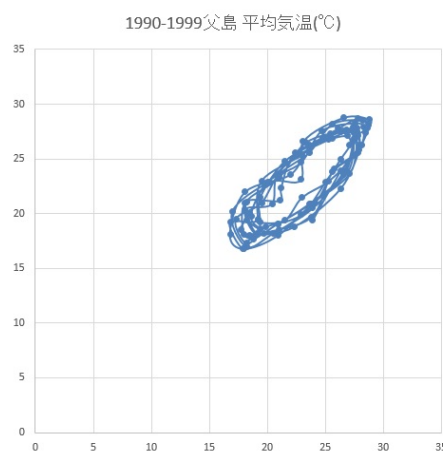


図 19 1990 年から 10 年間の平均気温 (父島)

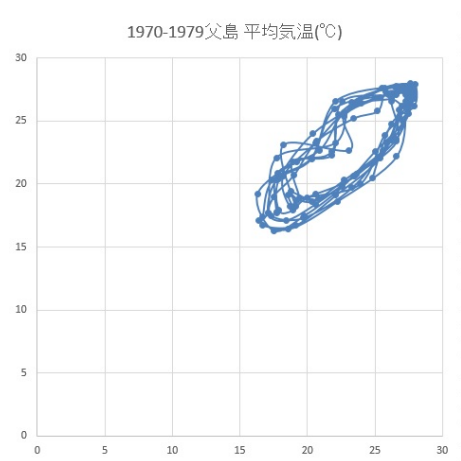


図 17 1970 年から 10 年間の平均気温 (父島)

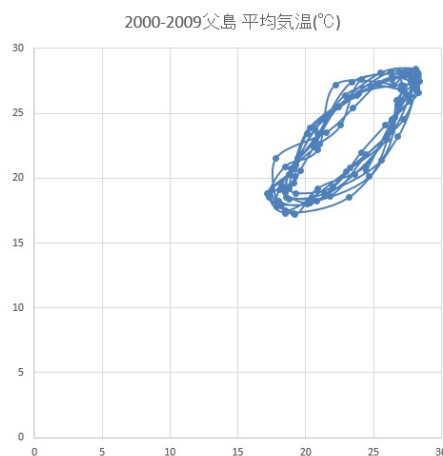


図 20 2000 年から 10 年間の平均気温 (父島)

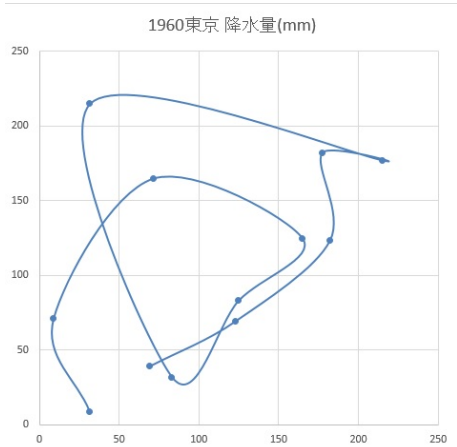


図 21 1960 年から 10 年間の平均降水量 (東京)

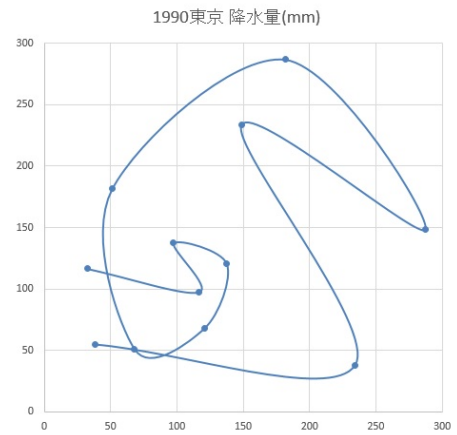


図 24 1990 年から 10 年間の平均降水量 (東京)

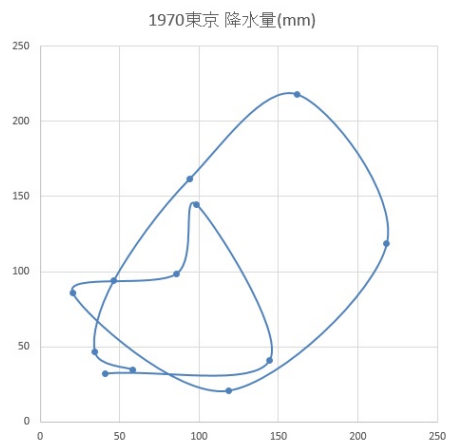


図 22 1970 年から 10 年間の平均降水量 (東京)

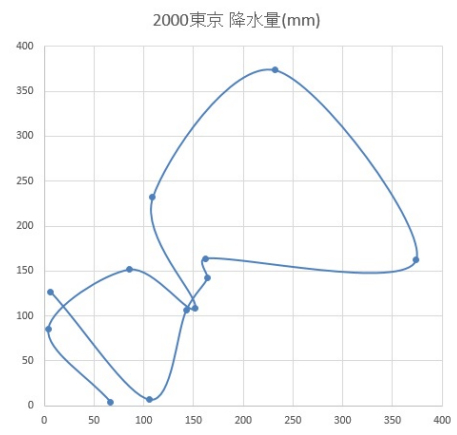


図 25 2000 年から 10 年間の平均降水量 (東京)

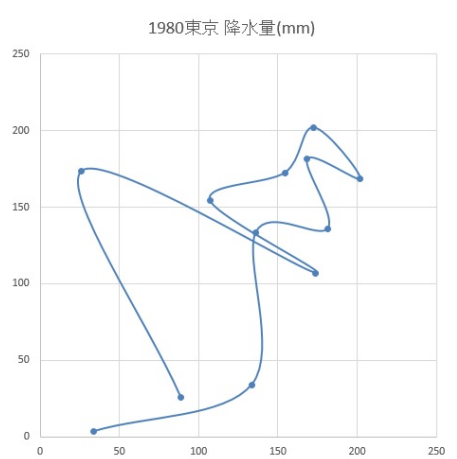


図 23 1980 年から 10 年間の平均降水量 (東京)

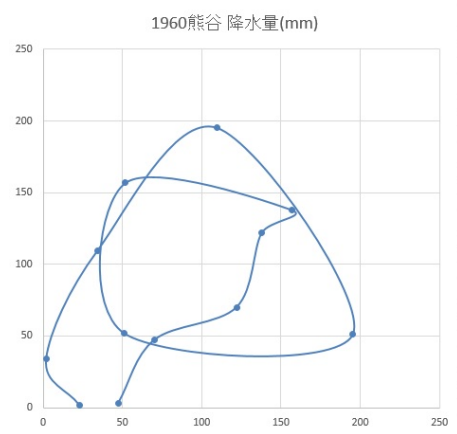


図 26 1960 年から 10 年間の平均降水量 (熊谷)

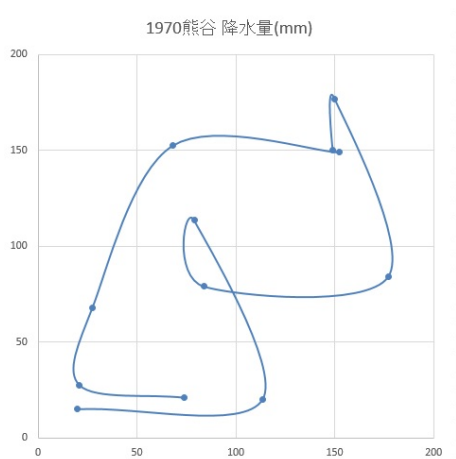


図 27 1970 年から 10 年間の平均降水量 (熊谷)

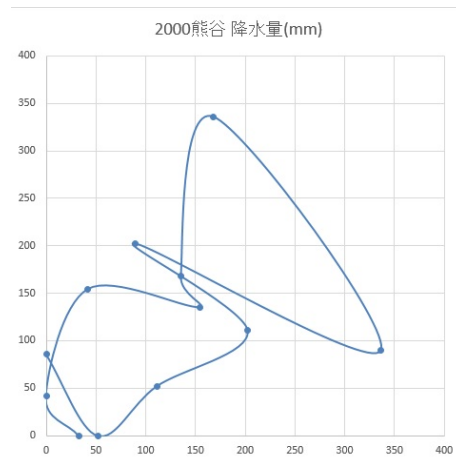


図 30 2000 年から 10 年間の平均降水量 (熊谷)

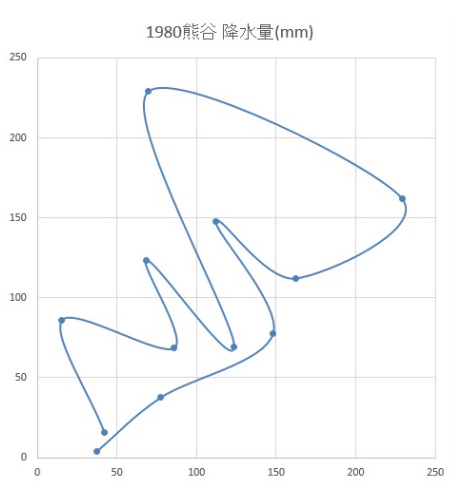


図 28 1980 年から 10 年間の平均降水量 (熊谷)

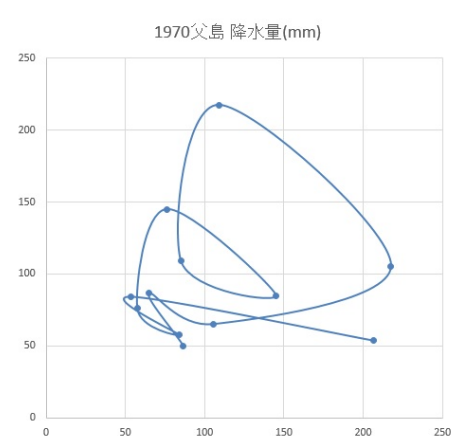


図 31 1970 年から 10 年間の平均降水量 (父島)

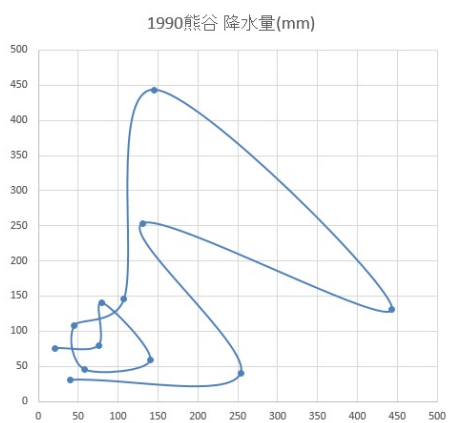


図 29 1990 年から 10 年間の平均降水量 (熊谷)

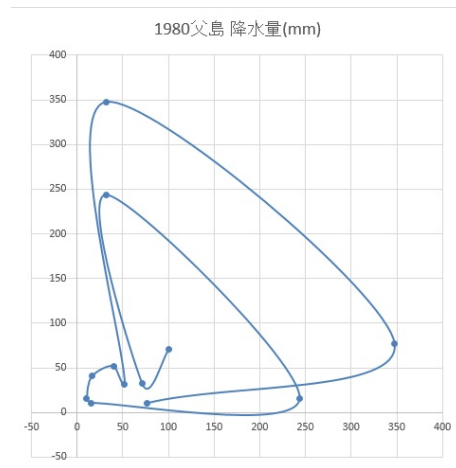


図 32 1980 年から 10 年間の平均降水量 (父島)

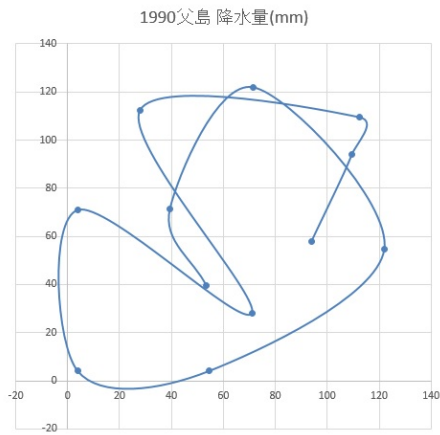


図 33 1990 年から 10 年間の平均降水量（父島）

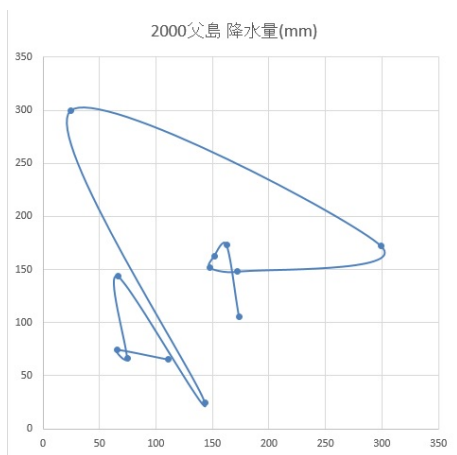


図 34 2000 年から 10 年間の平均降水量（父島）

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）が同じ軌道を通しておらず、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] Lorenz, E. N., Deterministic Nonperiodic Flow, Journal of Atmospheric Sciences, Vol.20, pp.130-141, 1963
- [2] 高橋陽一郎, 区間学系のカオスと周期点, 都立大学数学教室セミナー報告, 都立大学, 1980
- [3] Cleick, J., Chaos: Making a New Science, A Penguin Book, 1987
- [4] Peitgen, H.-D., Saupe D., The Science of Fractal Images, Springer-Verlag, 1988
- [5] 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
- [6] 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
- [7] 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.

深層学習を用いた画像認識と物体検出

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 深層学習、画像認識、特定物体認識、一般物体認識

1 はじめに

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。特に、一般物体認識において深層学習は成功を取めている。これは畳み込みニューラルネットワーク(Convolutional Neural Network, CNN)が一般物体認識というタスクに適していたという点と、大規模なデータセットが整備された点が要因として挙げられる。正解ラベル付き大規模データセットを用いて学習を行ったCNNは汎化性能が高く、特徴抽出器としても適切な働きを示すことが知られている。

画像からの物体認識は、大別して特定物体認識と一般物体認識の二つに分類される。近年の画像認識研究においては、一般物体認識が中心となっており、深層学習が一般物体認識の精度向上に大きな役割を果たしている。そこで、本研究ではこれまでの画像認識技術の発展について述べる。特に、一般物体認識において深層学習が果たしてきた役割について、近年の研究を中心に紹介する。

2 深層学習を用いた画像認識

2.1 畳み込みニューラルネットワーク

画像認識分野において、深層学習の手法は様々な手法が提案されており、種々のアプローチが試みられている。その中でも最も良い成果を挙げている手法が、畳み込みニューラルネットワーク(Convolutional Neural Network, CNN)である。CNNは多層パーセプトロン[2, 3]を基に発展した手法であり、脳の視覚角構造をモデルとしてニューロン間の結合を限定し、層間が疎結合している点が特徴である。CNNは、画像の局所的な特徴抽出を行うための畳み込み層と、画像の局所ごとに特徴をまとめてダウンサンプリングするプーリング層の繰り返し構造になっている(図1)。畳み込み層では、画像全域に渡ってフィルタ処理を行うことで画像全体から特徴を抽出し、プーリング層では平行移動、回転、スケールングに対して不変性を

獲得可能となる。これらの処理により、CNNでは構成性(Compositionality)と位置不変性(Location Invariance)を持つこととなる。こうした畳み込みとプーリングの繰り返し構造をもつニューラルネットワークは、福島らが提案したNeocognitron[4]が初出であり、その後LeCunらによって誤差逆伝搬法(Backpropagation, BP)による学習手法[5]が提案され、CNNの基本的な理論が確立された。

2.2 物体認識

画像認識分野では、特定物体認識から徐々に一般物体認識に研究対象が移っていき、CNNの一般物体認識への適用が2000年台から始まった[6]。一般物体認識とは、制約のない実世界画像に対して、計算機が画像中に含まれる物体を一般的な名称で認識することであり、コンピュータビジョンにおける目標の一つとされてきた。これに対して、特定物体認識はある特定の物体が画像中に存在するかどうか判定する処理であり、両者を比較すると、一般物体認識の方が困難なタスクである。一般物体認識のタスクとしては、画像全体のカテゴリー識別、画像アノテーション、画像ラベリング、物体検出、物体領域検出の5種類が主要なタスクである(図2)。各タスクの内容は以下の通りである。

- 画像全体のカテゴリー識別：画像全体を1つのカテゴリーに識別
- 画像アノテーション：画像に複数のラベルを付与
- 画像ラベリング：画像を複数の領域に分割し、各領域に対してカテゴリーラベルを付与
- 物体検出：長方形の矩形で、画像中の物体が存在する位置を検出
- 物体領域検出：画像から、物体の存在する領域を正確に切り出す

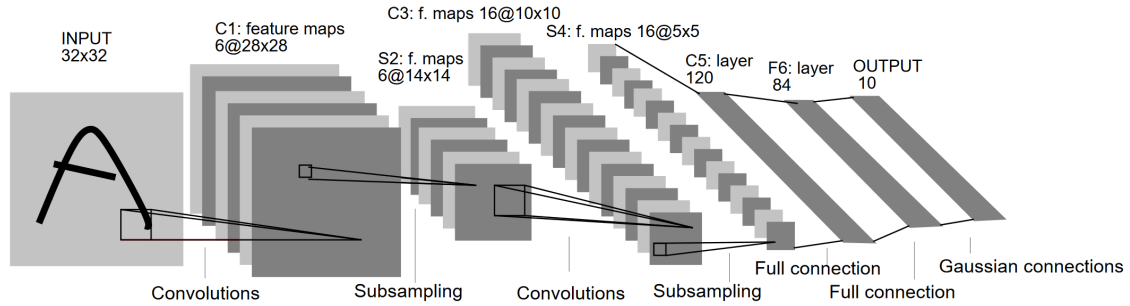


図 1: 畳み込みニューラルネットワークの構造 [5]

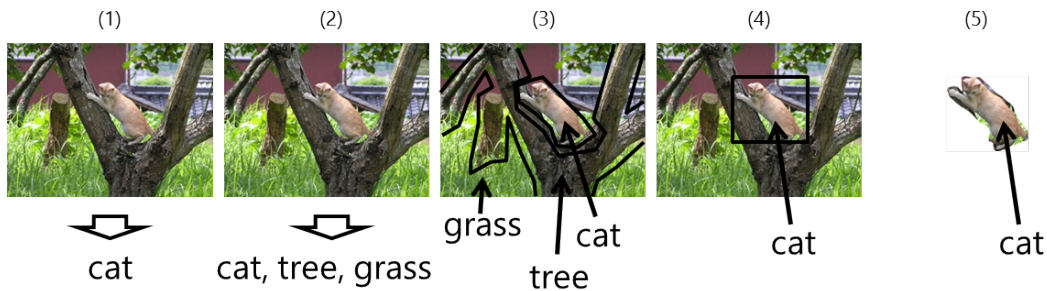


図 2: 一般物体認識の主要タスク、(1) 画像全体のカテゴリ識別、(2) 画像アノテーション、(3) 画像ラベリング、(4) 物体検出、(5) 物体領域検出

2.3 CNN と物体認識

CNN の応用が始まった 2000 年代は、計算機性能と学習のためのデータ量が十分ではなかったため、HoG[7] や SIFT[8] といった特徴量ベースの手法が用いられることが多かった。例えば、一般物体認識でしばしば用いられてきたデータベースである Caltech101[9] は、1 カテゴリ当たり 40-800 枚の画像が 101 カテゴリに分類されて格納されており、合計で約 5000 枚の 200×300 ピクセルの画像が存在している。数千枚の画像では、CNN の全パラメータを最適化するには不十分であり、CNN の適用としては停滞期にあった。加えて、計算機の性能を考慮すると、一般的に用いられているサイズの画像 (640×480 、 1280×1024 など) に CNN を適用することは困難であり、MNIST[10] などのサイズが小さい画像を用いた研究が主であった。

2010 年代に入ると、ImageNet[11] という大規模な教師付き画像データセットが公開されるようになった。ImageNet は、自然言語処理分野で用いられている WordNet[12] のオントロジーに従って、単語に対応する画像を収集したデータセットである。ベースとなる画像データは既存の検索エンジンを用いて収集され、Amazon Mechanical Turk を利用することで、大規模でありかつ

質の高い教師付き画像データセットが構築されている。2010 年から ImageNet の画像を用いたワークショップ (ImageNet Large Scale Visual Recognition Challenge, ILSVRC) が毎年開催されており、大規模データセットを用いた研究の基礎となった。ImageNet には、2017 年 5 月時点において 21841 クラス、14,197,122 枚の画像データが存在している。

2010 年代には計算機性能も向上しており、CPU の高速化と並列化、メモリの大容量化と同時に、GPU (Graphics Processing Unit) による計算能力の向上が著しかった。大規模学習データセットが整い、計算機能力が向上した結果、CNN が適用可能となる基礎が完成した。

3 深層学習による一般物体認識

3.1 Imagenet classification with deep convolutional neural networks.

CNN による一般物体認識が注目を集めるようになったのは、前述の ILSVRC2012 においてトロント大学のチーム [13] が、2 位のチームに大差をつけてコンテストで優勝したことがきっかけであった。コンテストは 1000 クラス識別問題 (学習データ 120 万枚、テストデータ 10 万枚)

のエラー率を競うものであり、トロント大学のチームは約 15%、2位のチームは約 26%と、その差は 10%以上の大差であった。トロント大学のチームは 8 層の CNN(図 3) を用いて識別を行っており、このネットワーク構造は第一著者の名前から AlexNet と呼ばれた。

2013 年以降は、ILSVRC のシステムは CNN がベースとなり、2014 年からは Microsoft や Google といった企業が開発の中心となっている。ILSVRC の 1000 クラス識別タスクの年ごとのエラー率は、図 4 に示す通り、年々改善されている。

3.2 R-CNN[14]

ILSVRC2012 では、1000 クラスの識別問題に CNN を適用することで、大幅なエラー率の改善を達成した。これに対して、物体検出タスクに CNN のアルゴリズムを適用するきっかけとなった研究が、Regional CNN(R-CNN)[14] である。R-CNN のアルゴリズムは以下の通りである。

1. 1 枚の画像から、物体の候補となる領域 (最大 2,000 個程度) を、Selective Search[15] と呼ばれる手法を用いて探索する。Selective Search では物体らしさ (Objectness) というスコアで物体候補を検出している。
2. 1. で抽出した物体候補となる領域の画像を全て同一のサイズに変換し、CNN に入力することで特徴を抽出する。
3. 抽出した特徴を用いて、SVM(Support Vector Machine) の学習、クラス分類を行い、矩形領域の正確な位置を回帰分析によって推定する。

つまり、物体らしさ (Objectness) を持つ領域候補を Selective Search を用いて複数抽出し、画像を一定のサイズに統一して CNN によって特徴抽出し、SVM でクラス分類する、という手法である。R-CNN によって、PASCAL VOC データセットにおいて既存の手法と比較して 30%以上の精度向上を達成した。しかし、R-CNN には以下のような課題もあった。

- 学習が多段になっているため、手順が煩雑である。
 - 特徴抽出のための CNN の学習
 - クラス分類のための SVM の学習
 - 物体の詳細位置推定

- 学習の時間計算量、空間計算量が大きい。
- 実行時間が遅い。GPU を用いて画像 1 枚あたり 10-45 秒の計算時間を要する。

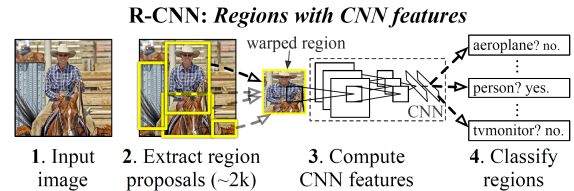


図 5: R-CNN による一般物体検出法の概要 [14]

3.3 SPPnet[16]

R-CNN では、一定サイズの画像を入力として CNN を領域候補の数だけ計算していたため、冗長な計算が発生してしまい、実行時間が遅くなっていた。そこで、SPPnet[16] では、画像全体に対して 1 回だけ CNN を計算した後、注目領域の特徴を抽出した。SPPnet では Spatial Pyramid Pooling(SPP) と呼ばれる手法によって、入力画像のサイズが異なっている場合でも、出力を一定のサイズにすることが可能となった。SPPnet の導入によって、R-CNN のように物体候補領域すべてに対して CNN を計算するのではなく、1 枚の画像から特徴マップを作成し、各領域の特徴を SPP によってベクトル化することで、R-CNN と比較して 10-100 倍の高速化を実現した (図 6)。

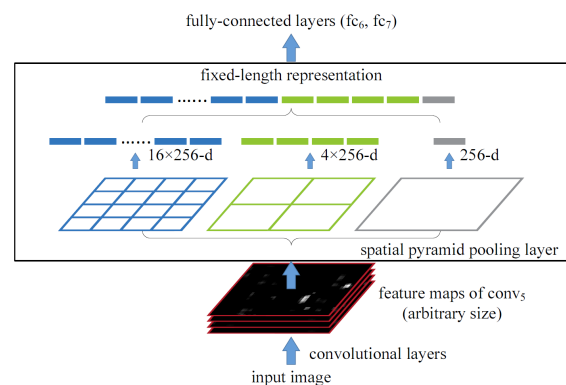


図 6: SPPnet[16]

しかし、SPPnet でも学習が多段であるという欠点は解決されていない。

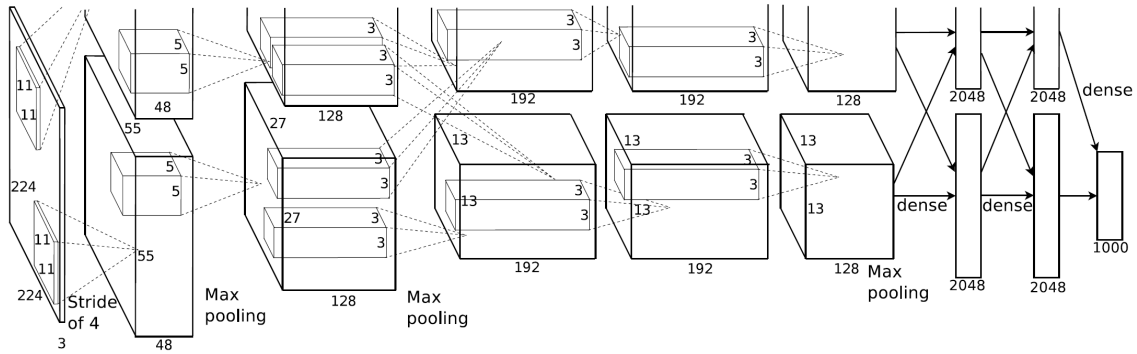


図 3: AlexNet[13]

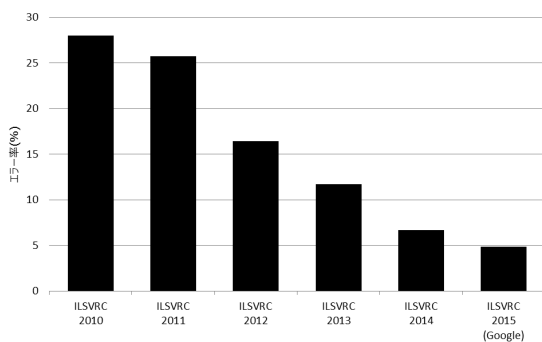


図 4: ILSVRC のエラー率の推移

3.4 Fast R-CNN[17]

R-CNN と SPPnet では、特徴抽出・クラス分類・詳細位置推定に対してそれぞれ学習を行う必要があったため、手順が煩雑であるという欠点があった。Fast R-CNN[17]では、以下の手法によってこの課題の解決を図った。

- RoI(Region of Interest) pooling layer と呼ばれる、SPP からピラミッド構造を除去した幅可変のプーリングを行う。
- Multi-task loss によって、クラス分類・詳細位置推定を 1 回の学習によって同時に行う。
- Multi-task loss の導入によって、誤差逆伝搬法が CNN 全層で利用可能となるため、全層で学習が可能となった。

上記アルゴリズムによって、R-CNN、SPPnet よりも物体検出精度が向上した。さらに、実行速度は R-CNN と比較して学習速度が 9 倍、クラス分類速度が 213 倍、SPP net と比較して学習速度が 3 倍、クラス分類速度が 10 倍高速化した。

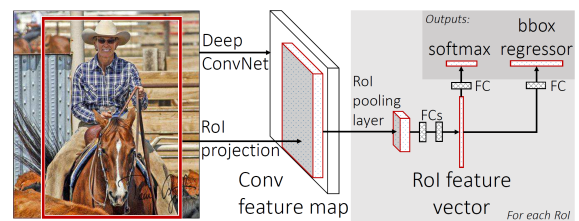


図 7: Fast R-CNN の概要 [17]

3.5 Faster R-CNN[18]

Fast R-CNN では、特徴抽出・クラス分類・詳細位置推定を CNN で行っているものの、物体候補領域の検出には Selective Search を用いていた。Faster R-CNN では、Region Proposal Network(RPN) と呼ばれる、物体候補領域を推定するネットワーク (図 8) で Selective Search を置き換えた。さらに RoI pooling によるクラス推定を行うことで、物体候補領域の推定からクラス分類まで全ての学習を CNN で行うことが可能となった。

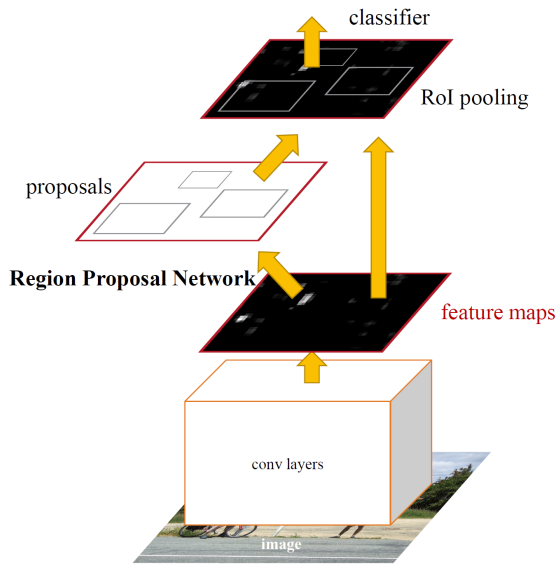


図 8: Region Proposal Network を用いた特徴抽出と分類 [18]

RPNでは、物体らしさを示すスコア(図9のcls layer)と、物体領域(図9のreg layer)を同時に出力する。画像全体の特徴マップから k 個の Anchor Box を用いて特徴を抽出し、RPN への入力としている。そして、各領域において物体候補となる場所を推定している。物体候補と推定された出力を RoI pooling し、クラス分類ネットワークの入力とすることで、最終的な物体検出を行っている。Selective Search を CNN で置き換えたことにより、物体候補領域の候補数が減少し、精度が向上した。結果として、GPU を用いて 5fps の実行速度を達成し、検出精度も Fast R-CNN と比較して向上した。

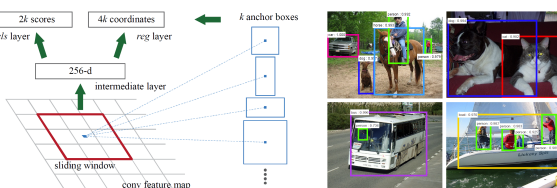


図 9: Faster R-CNN における物体検出 [18]

3.6 YOLO[19]

R-CNN や Fast R-CNN、Faster R-CNN では、物体候補領域を何らかの手法で推定した後に、クラス分類を行っていた。YOLO(You Only Look Once) は、これらの手法とは異なるアプローチを提案しており、事前に画像全体をグリッドで分割しておき、分割された領域ごとに物体のクラス分類を行う(図10)、という手法である。学習

の枠組みが単純になった結果、Faster R-CNN と比較して精度は若干低下したものの、10-30 倍の高速化を達成している。さらに、画像全体を学習に用いるため、背景の誤検出が Fast R-CNN の約半分となっている。

欠点としては、分割するグリッドサイズが固定である点、分割された各領域に割り当てられるクラスは1つとなり、検出可能な物体数は2つという制約があるため、領域内に複数の物体が存在するような画像に対して、精度が低下する点が挙げられる。

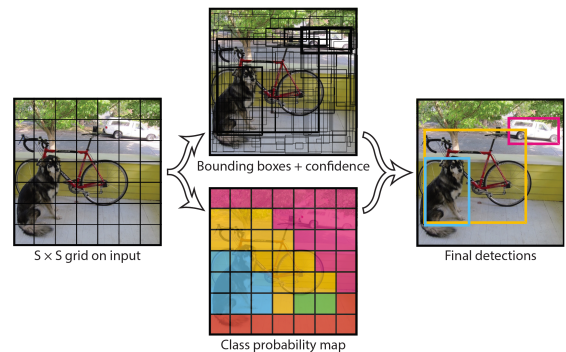


図 10: YOLO による一般物体認識の概要 [19]

4 おわりに

本研究では、画像認識分野、特に物体検出において深層学習を用いた研究について、CNN を用いた手法を中心に紹介した。画像認識分野における深層学習の成功は、ImageNet のような質の良い大規模データセットが大きな役割を果たしていると言える。他分野への深層学習の適用についても、理論的な方法の構築のみではなく、質の良い学習データの確保が今後の課題と言える。

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] D. E. Rumelhart, G. E. Hinton and R. J. Williams, "Learning representations by back-propagating errors". Nature, 323, pp. 533-536, 1986.
- [3] D. E. Rumelhart, G. E. Hinton and R. J. Williams, "Learning internal representations

- by error propagation”. Parallel Distributed Processing, Vol.1, pp.318-362, 1986.
- [4] K. Fukushima, "Neocognitron: a self-organizing neural network model for a mechanism of pattern recognition unaffected by shift in position", Biol Cybernetics, Vol. 36, No. 4, pp. 193–202, 1980.
- [5] Y. LeCun, L. Bottou, Y. Bengio, and P. Haffner. "Gradient-based learning applied to document recognition". Proc. of the IEEE, pages 2278–2324,1998.
- [6] K. Jarrett, K. Kavukcuoglu, M. A. Ranzato and Y. LeCun, "What is the Best Multi-Stage Architecture for Object Recognition?", Proc. IEEE ICCV, 2009.
- [7] N. Dalal and B. Triggs. "Histograms of Oriented Gradients for Human Detection". Proceedings of Computer Vision and Pattern Recognition, pp. 886-893, 2005.
- [8] D. Lowe, "Object recognition from local scale-invariant features", Proceedings of International Conference on Computer Vision, Vol. 2, pp. 1150-1157, 1999.
- [9] Caltech 101, http://www.vision.caltech.edu/Image_Datasets/Caltech101/, 2017年5月1日参照.
- [10] MNIST handwritten digit database, <http://yann.lecun.com/exdb/mnist/>, 2017年5月1日参照.
- [11] ImageNet, <http://image-net.org/index>, 2017年5月1日参照.
- [12] WordNet, <https://wordnet.princeton.edu/wordnet/>, 2017年5月1日参照.
- [13] K. Alex, I. Sutskever and G. E. Hinton. "Imagenet classification with deep convolutional neural networks". Advances in Neural Information Processing Systems 25, pp. 1106–1114, 2012.
- [14] G. Ross, D. Jeff, D. Trevor and M. Jitendra, "Rich Feature Hierarchies for Accurate Object Detection and Semantic Segmentation", Proceedings of the 2014 IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition, pp. 580–587, 2014.
- [15] J. R. R. UijlingsEmail, K. E. A. van de Sande, T. Gevers and A. W. M. Smeulder, "Selective search for object recognition." International journal of computer vision, Vol. 104, Issue 2, pp. 154–171, 2013.
- [16] K. He, X. Zhang, S. Ren and J. Sun, "Spatial Pyramid Pooling in Deep Convolutional Networks for Visual Recognition", IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence, Vol. 37, pp. 1904–1916, 2014.
- [17] R. Girshick, "Fast R-CNN.", Proceedings of the 2015 IEEE International Conference on Computer Vision, pp. 1440–1448, 2015.
- [18] S. Ren, K. He, R. Girshick and J. Sun, "Faster R-CNN: Towards Real-Time Object Detection with Region Proposal Networks.", Advances in Neural Information Processing Systems 28, pp. 91–99, 2015.
- [19] Joseph Redmon, Santosh Divvala, Ross Girshick, Ali Farhadi, "You Only Look Once: Unified, Real-Time Object Detection.", Computer Vision and Pattern Recognition, pp. 779–788, 2016.

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

学習タイプ	達成率	プレテスト得点			
		国語		英語	
		≥ 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

3次元プリンタを用いた地域志向商品の開発に向けた取り組み

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

平成 25 年度から文部科学省が実施している地（知）の拠点整備事業とは、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・活性化に取り組む、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。

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、これを学生の IT スキルと結びつけ、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の準備を行い、学生にはプロジェクトを体験させることで、スキルの習得とマネジメント力を身に付けさせることに寄与する。本研究では、3次元プリンタを利用した地域志向商品の開発に向けた取り組みの報告とする。

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、以下の手順を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「Creater 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。同クラスのデスクトップ3次元プリンタと比べると、積層ピッチが細かく（最小積層ピッチ 0.02mm）、造形サイズ（270mm（W）×280mm（D）×180mm（H））を有し、より高品質の造形を可能にする機種となっている。また、造形に必要な材料（フィラメント）は PLA 樹脂となっており、ABS 樹脂と比べ、熱膨張率が小さく、大きな造形物を作るのに向いている。一方、研磨や塗装等の加工作業が困難である、といった一面もある。

また、3次元プリンタで出力するためには3Dデータが必要となる。その場合、3D-CAD等のソフトウェアが必要となり、それを使いこなすための技術が必要となる。つまり、3次元プリンタを導入したからといって、直ぐに立体的造形物を出力することができるわけではない。以前はこのような3Dモデリングソフトウェアは高価なものであったが、現在は安価に提供、あるいは無料で使用できるソフトウェアも多く存在する。

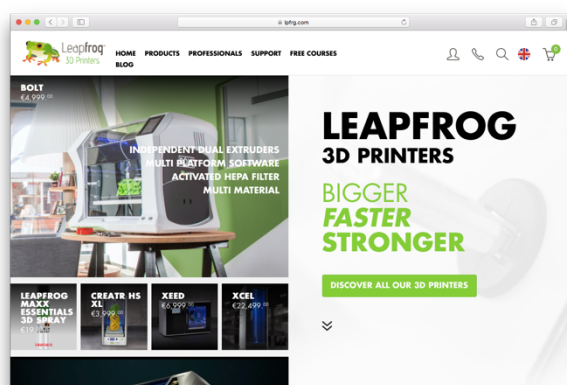


図1 Leapfrog社「Creater HS」Webサイト

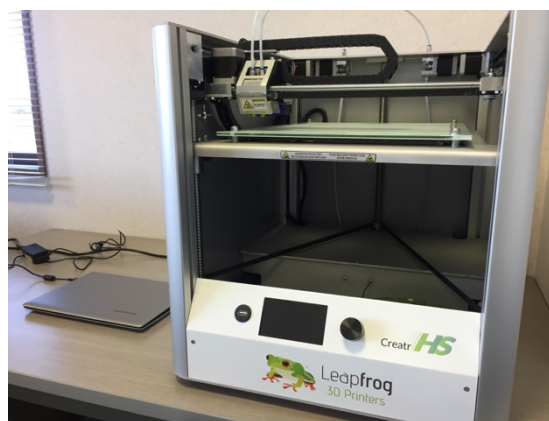


図2 導入した3次元プリンタ

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。これは群馬県富岡市に本店を置く、しのものめ信用金庫が共催し、高崎商科大学が主催している「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）の昨年度の高崎商科大学の在学生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することにした。



図 3 「14回ビジネスアイデアコンテスト」ポスター

3.4 地域志向商品としてのコンテンツ

「進化する伝統～こけしすたーず～」の概要は、古臭い、可愛くない、怖い、といったイメージで捉えがちな「こけし」を今時の若者が好みそうなスタイルへと昇華させ、可愛らしくインテリアに使えるだけでなく、日用品と組み合わせることで、実用性もあるおしゃれグッズとして商品化を行う、というのがこのアイデアのコンセプトである。

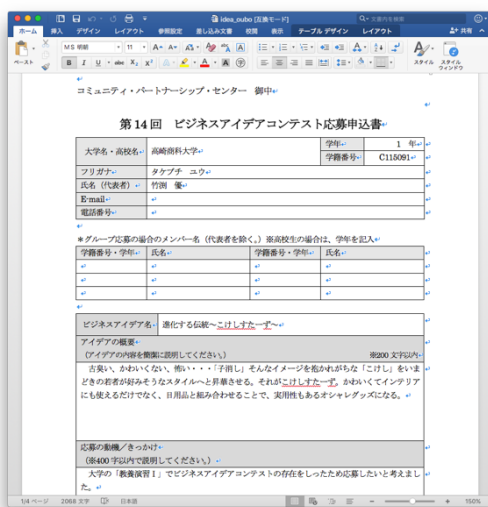


図 4 「進化する伝統～こけしすたーず～」エントリーシート

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。また、こけしの服の種類(胴体部分)は幾つか用意することができ、榛東村には陸上自衛隊の駐屯地である相馬原駐屯地が存在することから、自衛隊をイメージした迷彩柄も視野に入れている。

本研究で導入した3次元プリンタの特徴を活かすことで、「進化する伝統～こけしすたーず～」のモックアップを比較的容易に安価で制作することが可能となる。しかし、塗装等の加工作業が困難であるということが懸念される。



図 5 「進化する伝統～こけしすたーず～」アイデアスケッチ

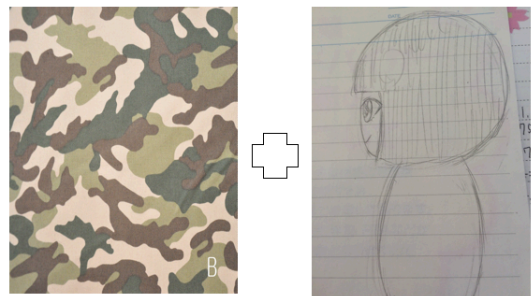


図 6 「進化する伝統～こけしすたーず～」アイデアスケッチ 迷彩こけし

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。3.2に記載している実施計画において、⑤までを遂行した。今後は、⑥の要件定義を精査し「進化する伝統～こけしすたーず～」のモックアップを制作し、更に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)

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)

szkjiro@shinshu-u.ac.jp

2017年3月12日・立正大学品川キャンパス

1 扱う問題

ポケモン GO は、日本国内では 2016 年 7 月 22 日に Niantic^{*1} がリリースしたスマートフォンを用いた位置ゲームの一つである。先行公開されていたアメリカなどでおおいに話題になったことや、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、国内でも大流行した。ゲームは次の 2 つの基本要素を持つ。

- 野生のポケモンの捕獲によるカード集め
- ポケモンを育成しバトルで勝利する

ここでは野生のポケモン捕獲のための、ポケモン探しの問題を扱う。ポケモン探しに関して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 (プレーヤーから半径 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 (プレーヤーから半径 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ー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 (ポケモン探索問題) を扱う。

^{*1} Niantic 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 2 つの数学的解法

このポケモン探索問題に関して、国内リリースから 1 ヶ月を待たずに以下の 2 つの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。以下では方法の説明を簡略化するため「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。

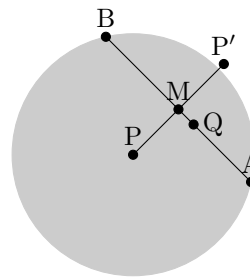


図 1 二等分線法 (点 P' は意図的に円外に描いた)

■二等分線法 (図 1)

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 (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') で捕獲したいかくれているポケモンにたどり着く*2.

■二円交点法 (図2)

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.

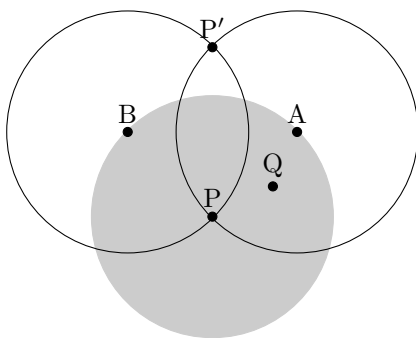


図2 二円交点法

2.1 2つの方法の効率

2.1.1 二等分線法

円の半径 200m の代わりに r を使い、弦 AB の長さを $2r'$, 弦上の長さ $MQ = a$ とする. 探索経路長は

$$QA = r' - a, AB + BM = 3r', PM = \sqrt{r^2 - r'^2}$$

より合計 $4r' - a + \sqrt{r^2 - r'^2}$ になる. $r' = kr, 0 < k < 1$ や開始点 Q の位置に関する a の値によるが,

たとえば $r' = r/\sqrt{2}$ のとき $\simeq 4.7r - a$ である. 最小値は点 Q が円周上にあるときで $2r$ になる.

2.1.2 二円交点法

図2の場合, 各経路 QA, AB, BP とも r 以下に見える. $3r$ 未満とできるだろうか. この方法で最悪の場合 QA がほぼ円の直径 $2r$ に近くなり, 経路全体が $4r$ 近くになる.

3 探索法の改良

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こと, そのために開始点 Q を中心とする半径 r の円外に出ないで済ますことを考えるのが有力な改良法である.

3.1 問題の離散化: 数学セミナーへの出題

開始点 Q から半径 200m 内の探索方法に問題を限定することを基本に問題を単純化し, 図3のような探索問題を「数学セミナー」2017年1月号『エレガントな解答求む』へ出題した(解答は同誌4月号). 離散化は, 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個とし, 半径 200m の円全体を正三角形を敷き詰めたものとして実現した. 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 となるところを 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している.

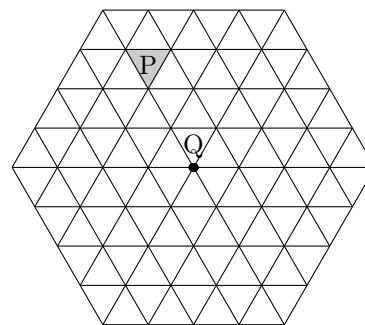


図3 数学セミナーでの出題

発表では出題応募者の提案にもとづく探索方法と実際のポケモン GO への反映に関して報告する.

*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

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。

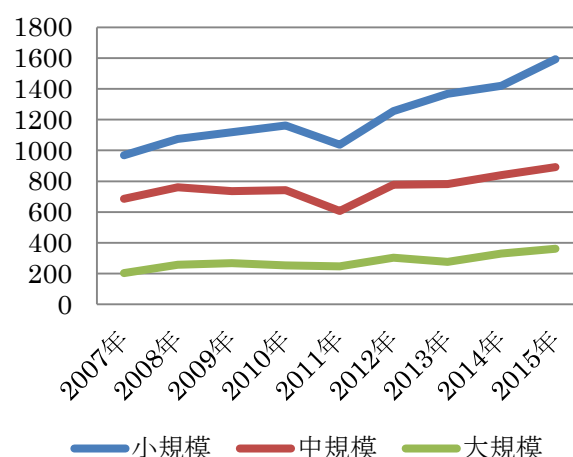
よって、小規模学会では、電子メールを使用して論文投稿および参加登録を行うことが多いが、送られてきたメールに対して、①返信②関係者に転送③参加者リストの作成④入金の確認などをする必要があることから担当者に負担が集中する。

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

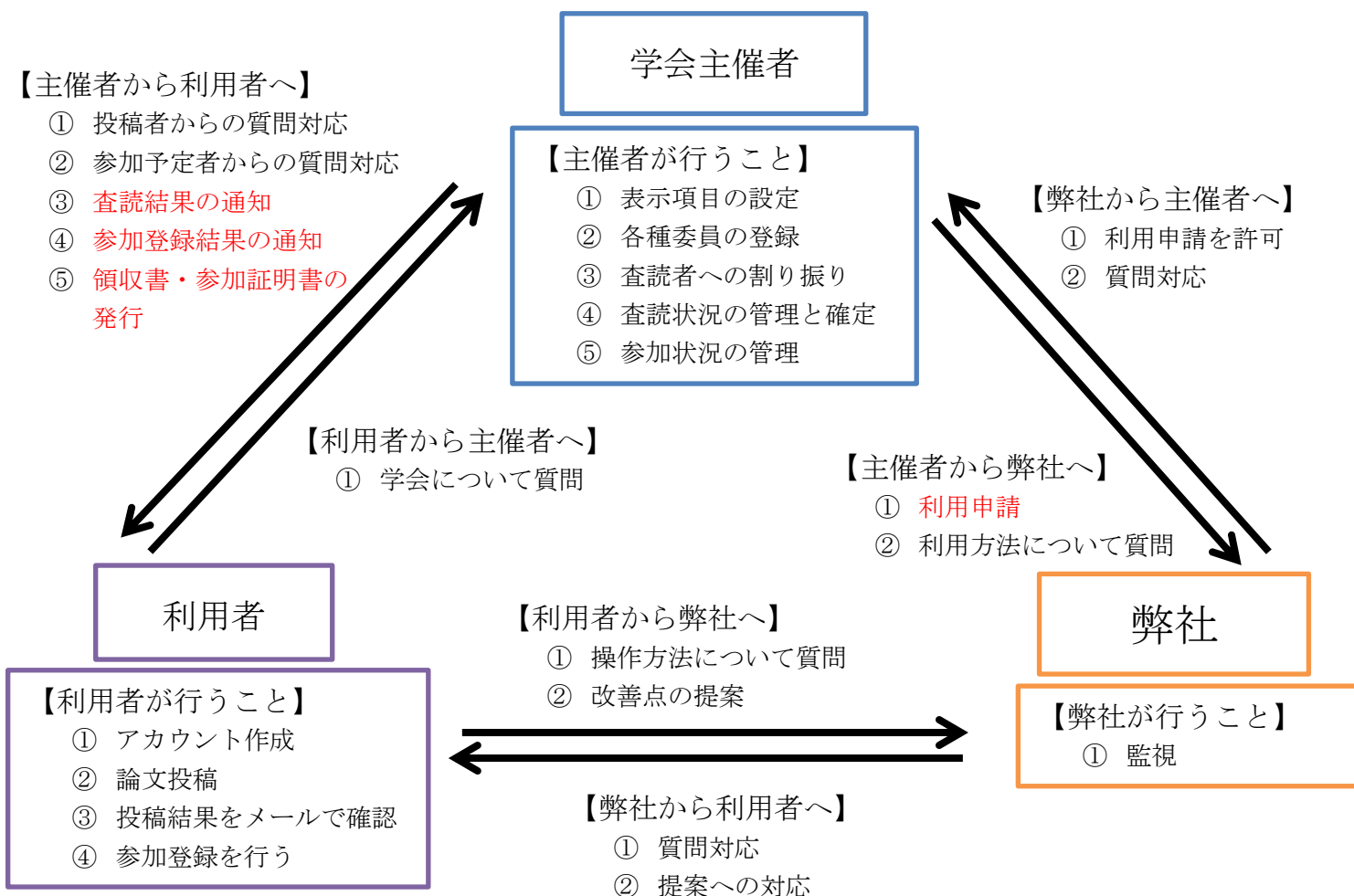
条件を満たすシステムの機能を図 2 に、タイムラインを次ページの図 3 に示す。

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。

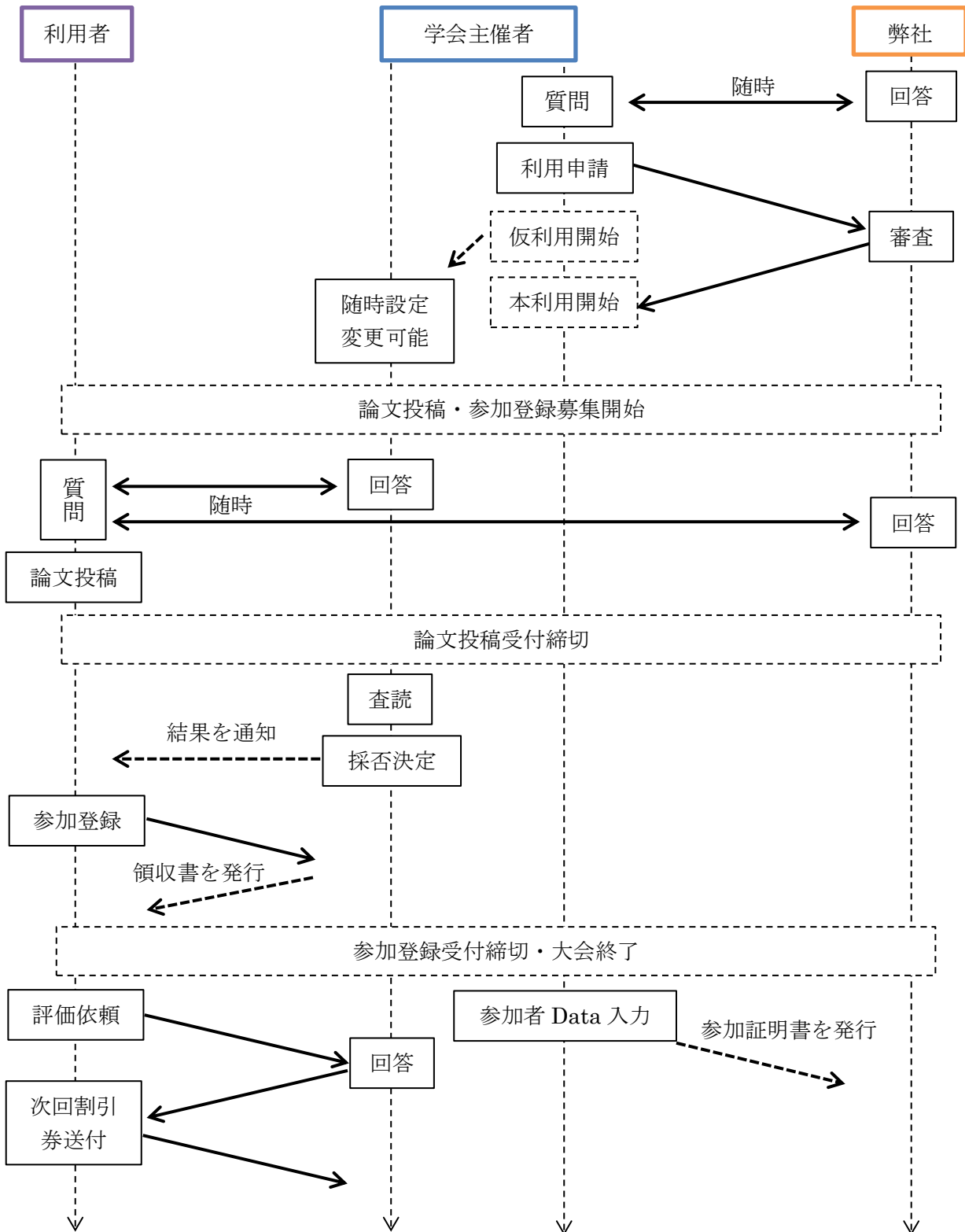
本システムにおけるコストとは、①経済的コスト（お金）②時間的コスト（時間）③肉体的コスト（労力・手間）④頭脳的コスト（思考）⑤精神的コスト（不安・気を遣う・楽しい）の 5 つであると定義する[3]。この 5 つのコストをいかに下げていくかについて考察する。

図 2 : 本システムの機能



※赤字は自動で行われる項目

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[4]。

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)

自然現象再現型モデルと ICT ツールを用いたアクティブ・ラーニングの試み

－水文環境教育を例として－

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，水文環境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なものである（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させることができ，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）。

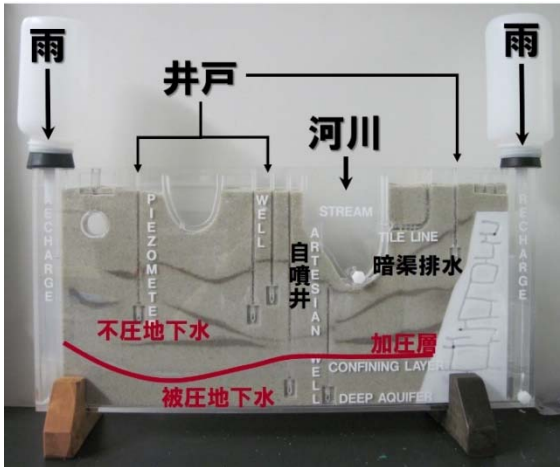


Fig. 1 Groundwater Flow Model の構造

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・予想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
(ロイノート・スクール, 株式会社 Loilo)
- ✓ 双方向授業用端末機 (iPad, Apple.Inc.)

上記の2つの ICT ツールを利用する方法としては、本授業中のそれぞれ自然現象のテーマに対して、自然現象再現型モデルを用い実験・観察を行う前に、学生に事前予想をさせた。学生が予想したそれぞれの結果をスクリーンに投影し、「なぜ、そのような結果になると思ったのか」について、学生とのディスカッションや教員によるコメント・解説を行った。

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

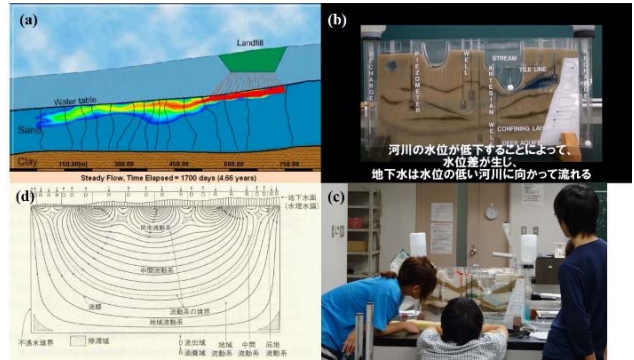


Fig. 2 地下水流動およびそれに伴う物質循環の教育に用いられる4つの教材

(a): シミュレーション教材(埋立による地下水汚染¹⁴⁾), (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))¹⁵⁾, (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)¹⁶⁾

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(約1時間), その後、自然現象再現型モデル(GFM)とICT ツール(学生の事前予想を含むディスカッション形式)を用いた実験形式(約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(内、欠席者: 3人)
- ✓ 授業日: 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）

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）が同率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、実物の自然環境をモデル化したものの、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. 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）の評価を行った。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」という言葉を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、それこそが自然現象再現型モデルの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・経験できることによって、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、アクティブ・ラーニングの定義や考え方、分類、条件などによって、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。

【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、 実際もこのように多くの
だろーと思える
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。

【地下水流動モデル(リアル教材)のメリット: 実際に作業を行う
ことが可能でよい。メモが出来る。
自分で予想し実験するため印象に残りやすい
実際に体験できた
体を動かすことより理解が深い感じが出来る。
例の理解が正しいか、また第2回を返して見れば
予想しかう実際の動きを見たからどうしてと考えるか考えた。
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
自身で実験と行うことで、ミミリーミミヤ
の両方と比べて身に覚えがある。

【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が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分かるので理解し
やすいイメージも持ちやすかった。

【地下水流動モデル(リアル教材)のメリット: 実際に見ることが、地下水の動きが分かるから
食料を使った方が、流すのがわかりやすい。

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

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い。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」、「実際に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、自然現象再現型モデル (GFM) は、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。

4-3. ICTツールを用いた双方向授業に関する検討

今回は、自然現象再現型モデルによる実験を行う前に、4つ(地下水流動プロセス、土壌汚染プロセス、失水河川のプロセス、不圧・被圧地下水の流動プロセス)のテ

ーマについて、ICT ツール用い、学生の事前予想を集め、スクリーンに投影させながら、「なぜ、そのような結果になると思ったのか」についてディスカッションを行った(Fig. 4)

今回は、ICT ツールを用いた双方向授業に関するアンケートは実施していないため、定量的な評価はできなかった。しかし、ICTツールを用いた双方向授業を行うことによって、学生の理解度を確認する時間が大幅に短縮でき、リアルタイムで学生の理解度が確認できたため、授業中での補足説明をすることも可能であった。実際、学生に事前の講義を聴いた上で、事前予想をしてもあったが、それぞれのデーマのよって、43.8~75.0 %程度の正解率であり、思ったより事前講義での理解度が低い結果となった。

また、教員が事前予想結果やディスカッション内容を参考にすることで、今後の教員の授業準備や教授法、振り返りなどにも役に立つと考えられる。また、授業中で学生の予想や意見を取り入れることによって、学生の思考力を刺激することができ、表現力などを養うことや授業の活性化などにも繋がると考えられる。

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・

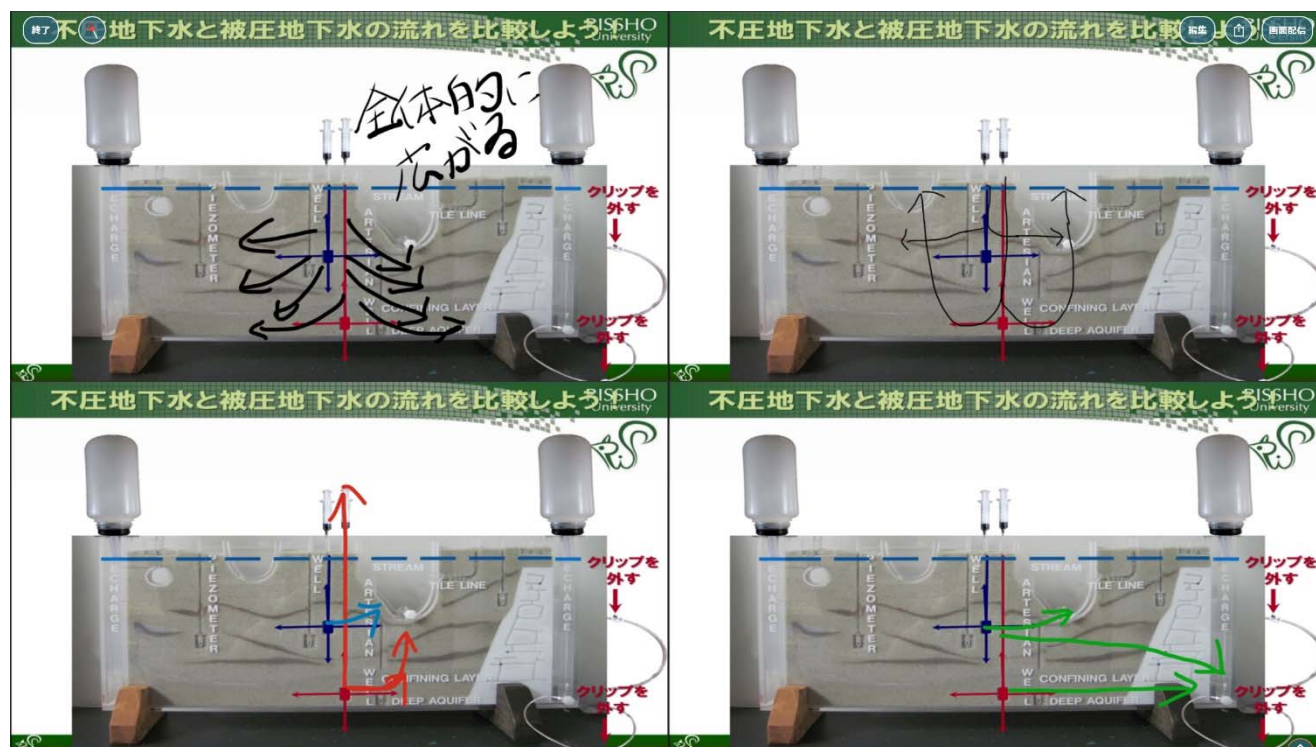


Fig. 4 ICTツールを用いた不圧・被圧地下水の流動プロセスに関する学生からの解答(事前予想)(一部抜粋)

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・ラーニング教材としても有効に用いることが可能であると考えられる。しかし、本研究の結果、自然現象再現型モデル (GFM) のアクティブ・ラーニング用教材としての有効性が示されたものの、そのサンプル数が 16 人と少ないため、今後サンプル数を増やし、さらに詳細な検討を行う必要もあると考えられる。また、双方向授業に関しては定量的な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を定量的に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.

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。使用するタブレットはiPad mini 32GBで、専用アプリをインストールして電子教科書として利用できる。タブレットは利用誓約書と引き換えに全入学生に配布した。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¹²⁾。

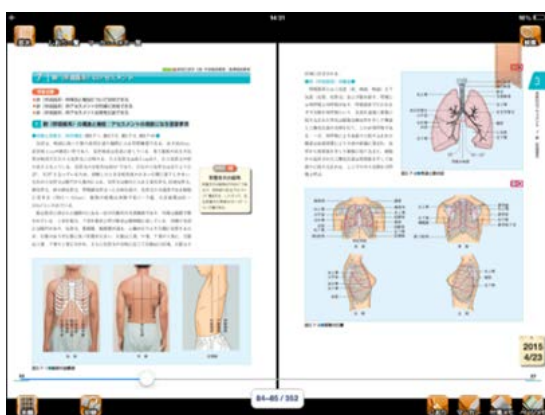


図1 電子教科書を開いた状態

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。

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」には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。その他にしており、フセンメモ、ページメモの機能がある。これらの機能はXML (Extensible Markup Language) によって実現されている³⁾。

電子教科書システムの仕組みの概要を図2に示す。



図2 電子教科書システムの概要

電子教科書システムのコンテンツは、2種類ある。1つは、各出版社から提供される電子書籍である。一般的に電子教科書と呼ばれるコンテンツはこの電子書籍の事を指す。電子書籍のコンテンツデータは出版社から提供されるため、有償であり、利用期限が設けられる。もう1つは、各大学が独自に登録する副本やPowerPoint、プリントなどの電子教材である。こちらは、各大学に著作権等があるため、無償であり、利用期限が設けられていない。

電子書籍はデジタル著作権管理であるDRM(Digital Rights Management)によって利用者保護と不正利用の防止を実現している。さらに安全性を高めるために、定期的にIDとパスワードの再入力が必要になっている。そのため、利用者からは使い勝手が面倒であるという苦情の声もある。これは電子教材を使う時も同じ不便さを強いられる。

電子教科書システムには、自動的に利用者ログを記録する機能がある。使用者が電子教科書や電子教材に対して何らかの操作をすると1件の利用者ログが発生する。この利用者ログはデバイスがネットワークに接続できた時に自動でアップロードを行う。そのため、利用者によって電子教科書システムの使い方が異なるため、利用者ログの回収が完了するまで若干の時間を必要とする。

本研究で対象とする看護師養成校の場合、80名の学生が電子教科書と電子教材を1か月間使用すると10万件以上の利用者ログが発生する。この利用者ログを分析することで、学生の学習傾向が分かるようになってきた。利用者ログを解析した結果、個人ごとの学習時刻や学習時間の傾向が明らかになった。逆に学習ログが、少ない学生は電子教科書システムを学習に活用していないことを示す。つまり、自宅では学習をしていない可能性が高いことを示す。この様に電子教科書システムの利用者ログは、学生の日々の学習実態を鮮明に把握できる。指導者にとつ

て、学生の落ちこぼれを未然に防ぐ、学習指導ツールとして活用できる可能性を示している。

4. 利用状況調査の結果

利用者状況調査は、2016年4月と11月に実施した。対象者は電子教科書の利用が2年目になる2年生76名である。自己記述の無記名式調査票を学生に配布し、学生が記入後に回収した。回収した調査票は記入漏れがないかを精査した。データの入力および集計はExcel2013である。

学生が、授業以外で電子教科書システムの利用頻度を表1に示す。

表1 授業以外で電子教科書システムの利用頻度

回答項目	2016.4 n=75	2016.11 n=72
ほぼ毎日	11名(14.5%)	25名(34.7%)
週4～5日	18名(23.7%)	8名(11.1%)
週2～3日	24名(17.1%)	16名(22.2%)
週1日	14名(18.4%)	0名(0.0%)
試験対策など必要な時	—	22名(30.6%)
ほとんど使用しない	8名(10.5%)	1名(1.4%)

「週に4日以上利用する」のが、29名(38.2%)から33名(45.8%)へと増加した。「週末に学習するであろう」と思われるのが、38名(35.5%)から16名(22.2%)へと減少した。「ほとんど使用しない」が、8名(10.5%)から1名(1.4%)へ減少したのは良い傾向である。しかし、「試験対策などで必要な時」が、22名(30.6%)は国家試験の受験を真剣に考えているのだろうか。このままの状態でも良い結果が得られないのではないかと危ぶまれる。

1年次は電子教科書と試行した一部の電子教材だけであった。2年次になってから、電子教科書だけではなく、新しい取り組みとして電子教材を積極的に学生が閲覧できるように登録を行っている。電子教科書のコンテンツが充実するにつれ、学習に前向きな学生は電子教科書システムを学習ツールとして上手に利用している。表1から、学生の学習傾向にその特徴が表れてきた。週に4日以上学習するグループ、週末にまとめて学習するグループ、試験対策などその場しのぎに学習するグループの3グループ化が顕著である。

現在、電子教科書率は78.0%であり、まだ100%には至っていない。学生に全ての教科書を電子教科書化への意向の結果を表2に示す。

表2 完全電子教科書化への意向

回答項目	2016.4 n=75	2016.11 n=72
とてもそう思う	39名(51.3%)	53名(73.6%)
そう思う	19名(25.0%)	10名(13.9%)
そう思わない	13名(17.1%)	4名(5.6%)
全くそう思わない	4名(5.3%)	5名(6.9%)

「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、一部の实習先は、電子教科書の使用を認めていないため、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

国際 ICT 利用研究学会
研究会研究論文誌 第 1 号
Transactions of the International ICT Application Research Society
2017 年 6 月 30 日発行
発行者 国際 ICT 利用研究学会 研究委員会 (委員長 山下倫範)