

2015 年度
JPCATS 合同研究会
講演論文集

特定非営利活動法人
パーソナルコンピュータ利用技術学会
於：立正大学

目 次

開催プログラム	1
招待講演	
フィリピンにおけるオフショア開発の状況と今後の日本の情報教育のグローバル化の可能性の考察	福田真規夫 2
情報と社会	
WindowsXP 世代パソコンのセキュリティリスクに関するパフォーマンス面からの考察	新谷奈樹, 山下倫範 6
上信電鉄沿線における情報発信アプリケーションの開発に向けた取り組み	佐久間貴士 10
多様な学習者の学習情報の伝搬が学習行動に与える影響に関する調査の検討 ..	奥原 俊, 菅原 良, 山崎一徳, 伊藤孝行 12
コンピュータと環境動態	
MODIS を用いた広域斜面温暖帯の抽出に関する研究	高橋祐美子, 白木洋平 14
台北市における土地利用の変化が地表面温度に与える影響	小林彩乃, 白木洋平 17
水文環境教育における ICT 教材とリアル教材の併用の可能性について	李 盛源, 下岡順直, 白木洋平, 北沢俊幸 19
数理科学とコンピュータ	
Euler 関数導来対数的関数における <i>abc-triple</i> の列挙	宮田大輔, 山下倫範 23
クラスに依存した特徴集合を用いたパターン認識手法に関する検討	青木和昭 25

アナログ計算機再考ーなぜアナログで作るのかー

..... 鈴木治郎 29

2015年度 JPCATS（通算第4回） 合同研究会 プログラム

場所：立正大学 品川キャンパス 11号館8階 第6会議室

日時：2016年3月18日（金）12時～17時

テーマ：情報と社会，コンピュータ技術と環境動態，数理科学とコンピュータ

発表 15-25分，質疑 5-10分

12:10-12:15 開会挨拶 田中敏幸（慶應義塾大学）

12:15-13:00 招待講演 司会：白木洋平（立正大学）

† フィリピンにおけるオフショア開発の状況と今後の日本の情報教育のグローバル化の可能性の考察
福田真規夫（大阪国際大学）

13:00-14:00 情報と社会 座長：福田真規夫（大阪国際大学）

† WindowsXP世代パソコンのセキュリティリスクに関するパフォーマンス面からの考察
○新谷奈樹，山下倫範（立正大学）

† 上信電鉄沿線における情報発信アプリケーションの開発に向けた取り組み
○佐久間貴士（高崎商科大学）

† 多様な学習者の学習情報の伝搬が学習行動に与える影響に関する調査の検討
○奥原俊（藤田保健衛生大学），菅原良（明星大学），山崎一徳（藤田保健衛生大学），
伊藤孝行（名古屋工業大学）

14:00-14:20 休 憩

14:20-15:20 コンピュータ技術と環境動態 座長：宮田大輔（千葉商科大学）

† MODISを用いた広域斜面温暖帯の抽出に関する研究
○高橋祐美子，白木洋平（立正大学）

† 台北市における土地利用の変化が地表面温度に与える影響
小林彩乃，○白木洋平（立正大学）

† 水文環境教育におけるICT教材とリアル教材の併用の可能性について
○李 盛源，下岡順直，白木洋平，北沢俊幸（立正大学）

14:20-15:20 数理科学とコンピュータ 座長：永田 清（大東文化大学）

† Euler関数導来対数的関数における abc -tripleの列挙
○宮田大輔（千葉商科大学），山下倫範（立正大学）

† クラスに依存した特徴集合を用いたパターン認識手法に関する検討
○青木和昭（立正大学）

† アナログ計算機再考ーなぜアナログで作るのかー
○鈴木治郎（信州大学）

フィリピンにおけるオフショア開発の状況と 今後の日本の IT 教育のグローバル化の考察

大阪国際大学 福田真規夫

キーワード：オフショア開発, フィリピン, Web プログラム, オープンソフト

1. はじめに

我が国のソフトウェア産業では、近年、国外のソフトウェア産業にシステム開発作業を委託するいわゆる「オフショア開発」に関心が高まっている。経済産業省によると、「ソフトウェア開発規模が増大する一方で、国内の人材不足が深刻化し、開発期間の短縮やコスト削減の要求の強まりに対応するため、安価で豊富な労働力を海外に求めざるを得ない状況があると考えられる。」とのことである。しかしながら、製造業などのハードウェア主体の産業に比べて、ソフトウェア産業では、製造および販売において、特に中小規模の企業においては、グローバル化が進んでいるとは言い難い状況にある。IPA（独立行政法人 情報処理推進機構）によると、我が国のオフショア開発の比率は、2011 年度において調査した結果では、従業員 1,000 人規模のソフトウェア産業の約 66% であるが、100 人規模の企業では約 17% 程度である。このような状況から推察するのは、大手の企業では、オフショア開発は何らかの形で進めているが、我が国ソフトウェア産業のほとんどを占める中小の規模では、まだほとんど進んでいないことが窺える。一方の欧米先進国においては、アジアや東ヨーロッパの新興国でのオフショア開発が半ば常識的になりつつある。

一方で、我が国の大学、特に著者の勤務する大学においては、多くの留学生を受け入れ、著者らは情報教育、情報処理システムについての授業をこれら留学生に対して担当している。このような授業の中では、我が国では既に日

常語となっている IT 用語が多用されている。

教育する側は、IT 用語である和製英語・カタカナ英語を多用して授業や演習を行っているが、留学生の側からすると、和製英語・カタカナ英語の形で授業において説明を受けた際には、その意味が不明なため、国語辞典などの日本語辞書の使用が必要となり、学習の効率を低下させている。

本研究では、これらの「オフショア開発」の進展の遅滞や、留学生向けの情報処理授業における問題を解決する方法として、留学生らが、我が国の持つ情報処理技術について、和製英語でなく正しい英語で学ぶことができる教材（学習支援システム）を開発して導入することが最も有効と考えた。現に、ソフトウェア産業界においては、最近の求人において、英語運用能力を持つ技術者に対する需要が増えつつある。さらには、グローバルビジネスを学ぶ日本人学生にとって、英語を使った情報処理演習に取り組むことは、将来グローバルな社会での活躍を考慮すると、大いに有効であると考えられる。このような研究目的に従い、著者は平成 28 年 2 月 20 日（土）から 29 日（月）までの期間でフィリピンのセブにおいて、オフショア開発の現状および英語による情報処理研修やその教材についての調査を行った。本稿は、それについてまとめたものである。

2. オフショア開発について

オフショア開発とは、e-Words¹⁾によると、「情報システムやソフトウェアの開発業務を海外の事業者や海外子会社に委託・発注すること。」とされている。実際には、ソ

ソフトウェア開発工程の全工程を委託・発注するのではなく、要件分析や設計などの上流工程、営業や企画などは顧客に近い発注者の国側で行い、実装やテストなどの下流工程を受託する側の国で行うことが多い。

このような方法により、高度の専門的知識や企画・設計能力が要求される工程でなく、プログラミングや画像制作などの技能的な能力を要求される工程をオフショア開発で行う。

そのため、人件費や事業コストの安い新興国の企業・人材を活用して ソフトウェア開発のコスト削減や効率的な開発で、安価で豊富な労働力を海外に求めるのがオフショア開発である。欧米先進国においては、新興国でのオフショア開発が半ば常識的になっているものの、我が国の場合、このようなグローバル化が進んでいるとは言い難い状況にある。

最も大きな理由として、オフショア開発を行うには、ドキュメント作成能力、語学力(英語)などが重要であるが、我が国のようにほぼ単一民族で、単一言語で成り立っている社会では、普段は英語の能力が必要でなく、かつ「口頭発注」という、作業の指示でわざわざ文書化をする必要が少ない方法が多く採られている。

このような我が国の習慣は、普段国内で生活する場合、上記のようなオフショア開発を行うための重要とされる能力の必要性が低いと言える。

オフショア開発のメリットとしては、新興国のスタッフの人件費は先進国の数分の一程度のことが多く、順調に進められれば大幅なコスト削減が可能であることが最も多い。

しかしながら、デメリットとしては、言葉や商習慣の違いから、意思疎通のコストが嵩んでコストメリットを打ち消してしまったり、品質や契約などをめぐる認識の相違からトラブルになることも多い。それが、我が国のオフショア開発の拡大や進展の障壁となっていると思われる。

3. 現地調査について

本研究では、我が国のオフショア開発の状況を探るため、平成28年2月20日から29日の期間で、実際に開発作業を請けている外国での状況を下記の①～⑥の面から調査することにした。

①オフショア開発を請け負っている現地企業の規模や場所について。

②現地企業の経営の状況について。

③現地企業における具体的な作業内容。

④現地企業の技術スタッフの技術的な能力。

⑤現地企業の技術者と発注する側の技術者のコミュニケーションの状況を調査する。

⑥現地の生活環境や就業環境。

我が国のオフショア先として最も多い国は、IPAの資料によると、中国が最も多いことがわかる。中国には、日本に留学経験がある技術者が多くいたため、語学能力による壁は存在しない。しかし、世界をマーケットとしたソフトウェアを開発するためには、欧米先進国がオフショア開発している国で、しかも人件費が廉価である国となると、フィリピンが該当する。そこで、調査先としてフィリピンのセブとした。



図4. フィリピンの全体図

フィリピンは、外務省の資料によると、面積は日本の約8割で約7,000の島々から成り立っている国で、国民はマレー系の人々がほとんどである。使用されている言語は、フィリピン語（識字率 89%）であるが、公用語として英語が使われている。

また、農林水産業の生産高が産業全体の30%を占めているが、年々増加傾向にあり、今後の産業として有力視されているのが、ビジネス・プロセス・アウトソーシング（BPO）産業である。これは具体的には、ソフトウェアのアウトソーシング、米国通販業などのコールセンター、英会話学校（最近ではオンラインによるものが増えている。）

また、旧来から世界中に家政婦・看護婦・家政婦および船員などを派遣して本国に送金している人々は人口の1割で、約800万人いる。ちなみにこれらの毎年の本国への送金額は174億ドルと言われている。本調査では、BPO(Business Process outsourcing)のハブとされ、米国からのオフショア開発のランキングで8位となっているセブでの調査を行った。

セブには、英語が公用語であるというBPOのための人的資源やインフラが整っており、セブの中心部に位置する「IT パーク」という場所は、米国系の企業のコールセンターや英語学校やソフトウェア産業は24時間体制で運営されている。

また、他にも珊瑚礁からなる美しい島々や海岸などを活用した観光業も有名である。

4. オフショア開発企業について

本調査では、日本の福岡市に本社があり、フィリピンのセブ、バングラディッシュのダッカにランチを持つ GIA(Global IT Academy)³⁾のセブランチを訪問した。GIAでは、日本の顧客からのソフトウェア開発を受注し、フィリピンとバングラディッシュの両方のランチに開発作業を発注している。同時にフィリピンとバングラディッ

シュの両国の技術者に研修を行う事業も行っている。また、日本人（学生や技術者）を対象とした英語を使ってプログラミングやコンテンツ製作などの技術研修も行っている。



写真1. GIAのオフィスの風景

日本からは、主に Web システムの開発やコンピュータを使ったデザイン製作を受注しており、図5のようなオフィスで作業をしている。技術スタッフは、フィリピンおよびバングラディッシュでそれぞれ40名程度である。

5. 研修プログラム

研修プログラムは、現在次のようなメニューが用意されている。

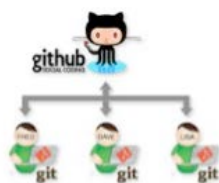
- ①グローバルITディレクターコース（1週間）
- ②ブリッジSEコース（1週間）
- ③初心者向けWebプログラミングコース（1週間）
- ④初心者向けデザインコース（1週間）
- ⑥ブリッジディレクターコース（1ヶ月）

これらのコースの内、②や③は、マンツーマンによる指導がつき、寮での宿泊込みで約60,000円くらいの費用である。これらのコース以外に、日本から自主的に集まってきた大学生らが参加している「起業コース」があり、セブでのランチを提供する店舗をインターシップの形で経営する研修を行っていた。



写真2. インターンシップ研修としてディレクターコースを受講する山口県の大学生

著者は、上記のコースの内、③の初心者向け Web プログラミングコースを受講した。このコースでは、フィリピン人技術者がマンツーマンで Web プログラムの作成ツールである WordPress やプロジェクト管理用ツールである GitHub の使い方について指導を受けた。



他にも、バン格拉

ディッシュの技術者を対象とした EDOO というプロジェクト³⁾がある。

これら研修で使う教材は、Olive Code⁴⁾という名前で作成されており、マンツーマンやオンライン会議システムを使って学習することもできる。

GIA では、開発用のツールとして、次のようなほとんどオープンソフトを使用しており、徹底した開発コストの削減と開発作業の効率性の向上を図っている。

- ・ Olive Code (TV 会議システムを使った遠隔教育。)
- ・ Chat work (クラウド会議室)
- ・ Google Spread Sheet (クラウドでデータ共有)

6. まとめ

今回の調査では、現地企業の経営の状況や具体的な作業内容を、社長やスタッフからのヒヤリングおよび著者の体験を通して把握することができた。

技術スタッフは、ほとんどがコンピュータ科学を専門とする大卒者であり、プログラミングやプロジェクト管理のための種々のオープンソフトを駆使して効率の高いシステム開発作業を行っていた。また、外国にいる設計者側とフィリピンにいるプログラマなどの制作スタッフのコミュニケーションも TV 会議システムや開発状況の情報共有システムなどを使い円滑に行われているようであった。

フィリピンの公用語が英語ということもあり、今回調査した分野のみでなく、人々の生活や文化の面で、米国や海外とリアルタイムに直結している印象であった。特にビジネスの分野では、まさしく「グローバル化」が実現されており、アジア諸国の中では一歩抜きん出ていると思われる。しかし、我が国は、グローバル化とは反対に、先にも述べたように、いわゆる「ガラパゴス化」が進んでいるような印象がある。

一方、教育という面から見ると、英語に触れる機会が少ない日本の大学生が、グローバルビジネスについて学ぶ環境として、フィリピンのセブは有効で意義あると思う。ただし、道路や交通機関などの生活インフラについては、今後の改善の余地が残されている。

7. 注釈

- 1) オフショア開発 (offshore development) , IT 用語辞典 e-Words, <http://e-words.jp/w/オフショア開発.html>
- 2) GIA, Global IT Academy, globalit-academy.com/
- 3) EDOO, 株式会社Edoo (Education Company Offering Online) , <http://www.edoo.co.jp/>
- 4) Olive Code(Olive code | Job Guaranteed Online Computer), <http://www.olivecode.com/>

WindowsXP 世代パソコンのセキュリティリスクに関する パフォーマンス面からの考察

新谷奈樹* 山下倫範
立正大学 地球環境科学部

1 はじめに

日本時間 2014 年 4 月 9 日にマイクロソフト社製オペレーティングシステム「WindowsXP」のサポートが終了した [1]。2001 年の発売から延長サポートも含め 10 年以上のサポートが続いたオペレーティングシステムであるだけに普及率が高く、アプリケーション互換性の優秀さから、サポートの終了から 2 年近く経とうとしている現在でもその利用を続けるユーザや企業が決して少なくはない [2]。

マイクロソフト社からのサポートが終了することにより、今後の問題として浮上してくるものは、新たにオペレーティングシステムの脆弱性が見つかった場合に修正が施されず、マルウェアなど悪意を持ったプログラム等の攻撃対象となりやすいことであろう。この問題は最新のオペレーティングシステムに比較して、よりリスクは高く、決して XP 使用継続を推奨できるものではない。しかし、セキュリティソフトをインストールすることにより、その対策は可能である。

旧いオペレーティングシステム搭載のコンピュータと現在主流のコンピュータとではハードウェア性能差に開きがありながらも、マイクロソフト社のサポート終了後も一定期間 WindowsXP をサポートするセキュリティソフトウェア・ベンダーが存在している [3]。様々なソフトウェア、Web ページ等が現在のコンピュータ／オペレーティングシステム向けに作られている中、我々は WindowsXP サポートのセキュリティ・ベンダーの存在に着目し、本研究ではハードウェアで劣仕様のコンピュータを利用するセキュリティリスクを確認するため、WindowsXP 世代のコンピュータにおいていくつかのセキュリティソフトの動作を確認しその結果を報告するものである。

2 事前考察

セキュリティソフトはコンピュータを常に監視する必要があり、そのソフトウェアを構成するプログラムも膨大である。

一方マルウェアはユーザに認知されることなくコンピュータで活動を行うことを目的としているためファイルサイズも小さく（ダウンロードされやすい）、CPU や RAM に対しては低負荷であることが考えられる。つまりあらゆるソフトウェアの起動・動作を遅くさせる CPU や RAM が多用される状態やその状態に陥りやすいコンピュータにおいてはマルウェアの方がより有利に働くことができると考えられる。これはセキュリティソフトとマルウェアが同時に起動した場合であり、多くのセキュリティソフトはオペレーティングシステム起動と同時に起動し常駐するため現実的なリスクとは主張できないかもしれない。

しかしマルウェアがスタートアップ時に登録された場合には、両者の組合せの在り方によってはオペレーティングシステム起動時にマルウェアも同時起動される可能性が存在する。

3 実験環境と結果

WindowsXP 搭載コンピュータを用いて異なる 4 社のセキュリティソフトをインストールした状態でテスト用のウイルスファイルを実行した。利用したコンピュータの詳細は次の通りである。

- OS: WindowsXP Professional
- CPU: 1.7GHz
- RAM: 1024Mb/512Mb

同一のコンピュータであるが 512Mb の RAM を付け替え、性能による動作を比較した。

テスト用に利用したウイルスファイルは次の通りである。

*環境情報数学研究室 araya.d.9407@gmail.com

- テスト用ウイルスファイル EICAR
- 68 バイトの COM ファイル
- EICAR-Test-File として検出される

このファイルはウイルス検出のテスト用に開発されたものであり、ハードウェア・ソフトウェア共に影響を与えるものではなく実行されるとコマンドプロンプトが起動し「EICAR-STANDARD-ANTIVIRUS-TEST-FILE!」の文字が表示されすぐにコマンドプロンプトのウィンドウごと閉じられる [4]。

このファイルを次の (1)-(3) では RAM:512Mb, RAM:1024Mb 両方で実行, (4) では RAM:1024Mb だけで実行した。

- (1) 起動後, 他のアプリケーションが起動していない状態
(サービスなどバックグラウンドのものを除く)
- (2) 上記の状態ですら二回目の実行
- (3) さらに Internet Explorer 8 起動時での実行
(実際のコンピュータ利用状態を再現するため)
- (4) スタートアップフォルダにショートカットを作成し起動

(1)-(3) までは RAM の性能差, ソフトウェアによる動作の相違を調べるためテスト用ウイルスファイルを実行してからセキュリティソフトが検出・反応するまでの時間を測定した。

(4) に関してはオペレーティングシステム起動直後であるため他のスタートアップアプリケーションやサービス, あるいは BIOS 起動等の不安定要素が重なり, 単に時間を計測するだけでは動作の判断は困難であると考えられるためテスト用ウイルスファイルやセキュリティソフト動作の状態を比較した。

利用したセキュリティソフトの特徴などは次の通りである。

- A 社：アンチウイルスのみ無料, ファイアウォールなど統合されたものは有料。
検出率が高く動作も比較的軽い。日本よりも海外での普及率が高い。
- B 社：アンチウイルスのみ無料, A 社と同じく有料版あり。今回使用した中では検出率はやや劣る。

C 社：アンチウイルスのみ無料, A 社と同じく有料版あり。日本ではフリーで利用できるセキュリティソフトとしていち早く有名になり, 普及率も高い。動作, 検出率と共に評価は高いが誤検出が多く報告される。

D 社：有料の統合セキュリティソフト。ファイアウォールや個人情報保護など様々な機能を備える。(今回は体験版を利用)
検出率が高く, 特に未知のマルウェアの検出率が高い。

4 結果

テスト用ウイルスファイルの実行を行い, 検出に至るまでの時間は次の通りである。

表 1: 各社セキュリティソフトの検出・動作時間

社名	RAM (Mb)	実行のタイミング		
		直後	2 回目	起動時
A	1024	3.96 秒	実行直後	実行直後
社	512	3.78 秒	実行直後	実行直後
B	1024	1.35 秒	実行直後	実行直後
社	512	2.15 秒	実行直後	実行直後
C	1024	4.40 秒	1.88 秒	1.92 秒
社	512	6.50 秒	3.84 秒	3.72 秒
D	1024	4.42 秒	実行直後	1.26 秒
社	512	4.43 秒	実行直後	1.30 秒

RAM の増減により動作に顕著な影響が出たのは C 社のみであり, 他は計測の誤差も考えると影響が出ているとは言い難い。

スタートアップフォルダにテスト用ウイルスファイルを登録した場合の結果は次の通りである。

A 社, B 社は通常時の検出では表示されないはずのコマンドプロンプトウィンドウが起動した。今回使用したテスト用ウイルスファイルではコマンドプロンプト画面にて文字列を表示させるものであり, その文字列は表示されなかった, つまり完全には実行されなかったものの通常検出時の動作とは異なるため一部実行されてしまった可能性が考えられる。

また C 社, D 社では通常時の検出でコマンドプロンプトウィンドウが表示されるがその後のソフトによる検出報告がされずにファイルが削除され

表 2: スタートアップ登録時の動作

A 社	通常検出時には見られないコマンドプロンプト画面が出現後、検出通知
B 社	通常検出時には見られないコマンドプロンプト画面が出現後、検出通知
C 社	通常検出通りコマンドプロンプト画面が出現、検出通知はされず削除が行われる
D 社	通常検出通りコマンドプロンプト画面が出現、検出通知はされず削除が行われる

たことから同じく通常時とは異なる動作となったことがわかる。

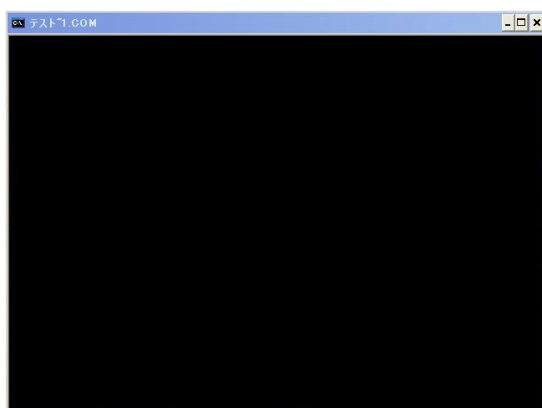


図 1: 表示されたコマンドプロンプト・ウィンドウ

5 考察

今回の実験では RAM の違いによりセキュリティソフトの動作に著しく違いが現れるという仮説の検証には至らなかったが、テスト用ウイルスファイルを起動時に意図的に登録することにより、通常とは異なるセキュリティソフトの始動を引き起こすことが可能であることが検証された。しかしこの結果のみでは、起動時にテスト用ウイルスファイルを登録した場合のセキュリティソフトの動作についてコンピュータの性能によるものなのか、セキュリティソフトの仕様によるものなのかを判断できず、コンピュータの性能によるセキュリティソフトの動作を検証しようとした本実験の趣旨に対し不適切である。

したがって、A 社だけであるが、実験に用いたコンピュータよりも高性能のコンピュータについて、同様に起動時にテスト用ウイルスファイルを登録した状態で実験を行った。

- OS:Windows8 Pro 64bit
- CPU:3.1GHz Dual-core
- RAM:8Gb

上記のコンピュータにて検証したところ、通常通りコマンドプロンプト画面は出現せず、検出の通知が表示された。この結果よりコンピュータの性能等によりパフォーマンスが劣っている場合、セキュリティソフト・マルウェアの組み合わせや条件によっては通常検出と異なる動作となる場合があり、セキュリティ面でのリスクトリガーになると類推される。

6 今後の課題

今回利用したコンピュータでは RAM は 512Mb や 1024Mb, CPU は 1.7GHz と現在主流のコンピュータと比べれば決して高くない数字ではあるが WindowsXP (サービスパックなし) の推奨システム要件は RAM128Mb, CPU300MHz とさらに低いため仮想マシンなど RAM を自由に設定できる環境を用いて検証が必要だと考える [5]。また A 社以外のセキュリティソフトに関してもテスト用ウイルスファイルをスタートアップに登録しての検証を他のコンピュータでも実験し、「コンピュータの性能等によりパフォーマンスが劣っている場合、セキュリティソフト・マルウェアの組み合わせや条件によっては通常検出と異なる動作となる場合があり、セキュリティ面でのリスクトリガーになる」という仮説の成否を確認、およびそのセキュリティ対策についても検討したい。

参考文献

- [1] Microsoft, Windows XP と Office 2003 のサポートを終了させていただきました, https://www.microsoft.com/ja-jp/windows/lifecycle/xp_eos.aspx, 2016.2.19 参照
- [2] 朝日インタラクティブ, 「Windows 10」のシェア、「XP」と「8.1」を上回る, CNET Japan, <http://japan.cnet.com/news/service/35077220/>, 2016.2.19 参照
- [3] ITmedia エンタープライズ (メールマガジン), トレンドマイクロ、XP のサポート終

了後もウイルスバスターでの対応を継続へ,
[http://www.itmedia.co.jp/enterprise/
articles/1305/23/news064.html](http://www.itmedia.co.jp/enterprise/articles/1305/23/news064.html),
2016.2.19 参照

- [4] カスペルスキー, テスト用ウイルスファイル
EICAR とは,
[https://support.kaspersky.co.jp/gener
al/products/7399](https://support.kaspersky.co.jp/general/products/7399), 2016.2.19 参照
- [5] Microsoft, Windows XP のシステム要件,
[https://support.microsoft.com/ja-jp/k
b/282012](https://support.microsoft.com/ja-jp/kb/282012), 2016.2.19 参照

上信電鉄沿線における情報発信アプリケーション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：iBeacon, プロジェクトマネジメント, Bluetooth

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。

高崎商科大学はこの事業に採択され、一般市民向け・地域向けの人材育成を目的とした公開講座の開催、地元自治体・教育機関・住民への地域貢献の場の提供、地域科目を横断的に配置することで地域性を理解した問題解決型人材の輩出など、様々な取り組みを行っている。地域性を活かし、上信電鉄との連携により、沿線での事業を展開し、富岡製糸場などの点在している観光資源を上信電鉄によって結びつけることで、外部者の利用を促進するという試みである。

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、上信電鉄と観光資源の見せる化に着目し、これらと学生のITスキルを結びつけることで、情報発信アプリケーションの開発に向けた取り組みを行う。また、本研究を通して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つ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

大学での限られた講義の中で、授業展開に沿ったパーツ、またはその一部を制作するスキルを身につけさせることはできるが、社会で利用されているような一連の流れに伴ったシステムを構築することは難しい。加えて、そのような機会を設定することも困難である場合がある。社会のニーズを考慮し、身につけた技術を一部のパーツに留め、それをモジュールとして扱い、目的に沿った一連のシステム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 期待される効果

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。具体的に以下のような点において、効果が望めると考えられる。

- ・現実の世界や生活などへの興味・関心、意欲の向上
 - ・問題発見や問題解決能力の育成
 - ・思考や理解の基盤づくり
 - ・社会性や協調性の育成
 - ・豊かな人間性や価値観の形成
- このアプリケーションを制作するにあたり、

様々な調査活動が必要となる。その際に地域に住む人々、あるいは上信線に関わる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、上信線沿線の情報を発信することで、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 アプリケーション開発の計画

3.1 既存のアプリケーション

上信電鉄公式アプリ「電車くるよっ！～上信電鉄版～」(プレスリリース：平成27年5月20日)が既存のアプリケーションとして配信されている。スマートフォンの位置情報取得機能を利用し、駅からおおよそ100メートルに近づくと次の電車の発車時刻を音声(またはバイブ)で案内する。①駅チカ通知機能、②駅設定機能、③時刻表閲覧機能、④今すぐ確認機能、といった機能を備えている。

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アプリケーションの調査

3.1で述べた機能以外を調査。同じような目的で開発されたアプリケーションの市場を含め、動向についても調査。

②上信電鉄沿線の情報収集

③要件定義 - 1

調査結果をもとに現状を整理し、プロジェクトの流れを明らかにする。

④要件定義 - 2

機能面のみならず、非機能や運用に関連する事項をまとめる。

⑤要件定義 - 3

業務フロー、システム機能一覧、画面遷移。

⑥外部設計(基本設計) - 1

画面に配置する情報を設定し、各機能の振る舞いを作成。他システムとの連携や扱えるデータの範囲や制限事項をまとめる。

⑦外部設計(基本設計) - 2

インフラや運用に関する取り決めに整理する。

⑧外部設計(基本設計) - 3

画面仕様書、機能仕様書、他システム連携仕様書、システム構成図、他要件洗い出し。

⑨実験

UIを含めた操作手順の実態などを把握。

3.3 開発計画

スマートフォンやタブレット型端末に代表される携帯型デバイスを対象として、上信電鉄沿線の各駅や名所を紹介するための動画を利用したアプリケーションを想定している。上信電鉄利用客が乗車している状態で、ポイントとなる各所を通過すると、手元の携帯型デバイスにより名所などを紹介する動画コンテンツが配信されるという仕組みである。ポイントと携帯型デバイスの通信手段として、iBeaconを採用し、現段階ではその通信実験を行っている。名刺サイズのコンピュータであるPaspberry PiとBluetoothを組み合わせて仮想ポイントを制作し、携帯型デバイス上で通信するアプリケーションを開発中である。

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、情報発信アプリケーションの開発に向けた取り組みを行った。今後は、コンテンツ配信用のアプリケーション開発や沿線の調査、さらに動画などのコンテンツについて議論し、検討する必要がある。

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27年度地域志向教育研究費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/, (2016/03/01)
- [2] 上信電鉄株式会社, “上信電鉄公式アプリ「電車くるよっ！～上信電鉄版～」”, [http://www.joshin-dentetsu.co.jp/images/tetudou/densha-kuruyo%20\(2\).pdf](http://www.joshin-dentetsu.co.jp/images/tetudou/densha-kuruyo%20(2).pdf), (2016/03/15)

多様な学習者の学習情報の伝搬が学習行動に与える影響に関する調査の検討

奥原 俊[†]

菅原 良[‡]

山崎 一徳[†]

伊藤 孝行^{†‡}

[†] 藤田保健衛生大学 医療科学部

[‡] 明星大学 明星教育センター

^{†‡} 名古屋工業大学 工学部

キーワード：複雑ネットワーク、社会ネットワーク分析、ソーシャル物理学

1 はじめに

ICTの普及によって、人間の行動をセンシングすることが容易になり、ソーシャル物理学[1]と呼ばれる学問が発展してきている。ソーシャル物理学とは、人間の行動を情報技術から取得したデータを基に数理的に集団的な社会行動を示す新しい学問である。本研究ではソーシャル物理学がまだ余り取り組んでいない、領域である人間の学習行動に焦点を当てる。

学習行動の研究は社会ネットワーク分析などを用いて、学習者の教え合いの行動に関する分析を行っている。例えば、大島ら[2]が取り組むように学習者の中心的役割を把握するために学習者同士の影響を学習者の発言回数と内容から調査、解析した研究が挙げられる。学習者の発言の回数と内容から学習内容に重要な発言を抽出し、他の発言と比較することで、グループ内の学習者の貢献度を測定する試みを行っている。

以上のような学習者の教え合いに関する行動から分析した研究は盛んである。しかし、多くの研究は分析結果を実際の授業で使用することを想定していないため、学習行動の分析だけに留まる傾向がある。つまり、上記の研究に学習効果があったとしても、教師が実際に授業を行うなどの有効活用が十分にされているとは言えない状況がある。

そこで、ペントランド[1]らは、学習行動をスマートフォンなどから発言頻度を手軽に把握するシステムなどを試作し、学習行動に影響を与える要素を調査している。

しかし、ペントランドらの研究は、学習者の行動モデルとして学習行動に隠れた個別の変数を推定するという手法を採用しているため、学習者が持つ教え合いの繋がり（以下、教え合いネットワーク）まで調査できているとはいえない。

そこで、本稿では、学習者同士の教え合いをモデル化した認識の複雑二重ネットワークモデルを提案し、その後に実際の学習における隠れた変数を調査するシステムと方法について述べる。

2 学習者の学習情報の伝搬

人間の交流をモデル化する研究は影響モデルとして、社会科学実験に応用されてきた。事例として、ソシオメトリック・バッチやスマートフォンを使用し、発言頻度や役職などから調査、分析を行う被験者実験に関する研究が挙げられ、隠れマルコフモデル（以下、HMM）でモデル化が行われている。

しかし、上記のモデルは、単純にHMMを利用したアプローチであるため、社会的な繋がりを考慮していない。

以上のことを踏まえて、社会ネットワークを加えた複雑二重ネットワーク[4]と呼ばれるモデルが提案されている。複雑ネットワークは、ネットワークモデルの研究分野で、内部ネットワークと社会ネットワークと呼ばれる二つのネットワークモデルを活用したネットワークモデル構築手法である。まず、内部ネットワークとは、人間の認識構造をモデル化した概念である。次に社会ネットワークとは人間が持つ行動による繋がりをモデル化した概念である。また、複雑二重ネットワークは國吉[4]らによって、社会におけるエージェント間の知識、認識の伝搬、及び学習を扱うシミュレーションモデルで示されている。しかし、複雑二重ネットワークでは、内部ネットワークと外部ネットワークが互いに独立しており、学習相手を選択する行動と認識から改善が行われる現状と乖離しているため、適切ではない。

そこで、本研究では学習者の認識を考慮した認

識の複雑二重ネットワークモデルを提案する。

以下の図1は学習者の内部ネットワークと社会ネットワークを示している。社会ネットワークは社会的（教え合い）関係のネットワークを表し、内部ネットワークは内部状態（他の学習者の認識）を示している。

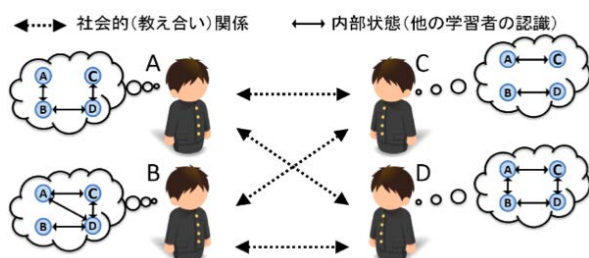


図1 学習情報取得システムの構成図

以上のように本研究で提案している認識の複雑二重ネットワークモデルは学習者が他の学習者の行動を認識することで学習者の次の行動に影響するモデルである。

3 学習情報の取得と実験

実際のグループ学習の時に行われる学習に関する行動は複数挙げられるが本研究では特に学習者の姿勢や他の学習者との距離、及び発言回数などを学習情報として調査する。

学習情報を取得するために以下のようなシステム（以下、学習情報取得システム）を作成する必要がある（図2）。学習者の行動や音声情報をセンサーから取得し、その情報をサーバーからデータベースに保存する。保存されたデータを教員が確認して、学習者の学習情報や音声から学習者同士の各種の繋がりや要素を調査する。

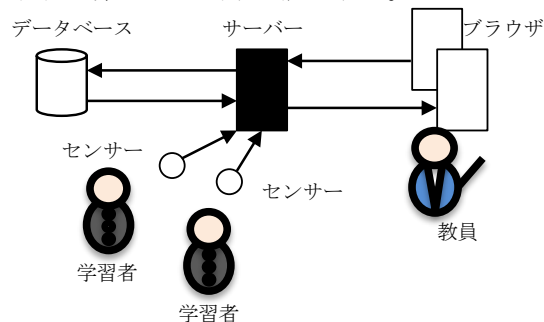


図2 学習情報取得システムの構成図

具体的な使用方法について述べると、学習情報取得システムのセンサーから、学習者同士の発話内容、及び位置情報などを得ることで、学習者の学習状況を把握する。その後、取得したデータを学習情報取得システムから教員が閲覧することで学習者状況に合わせたグループの編成を行うことができる。

さらに、以上のシステムでアンケートを実施し、学習者の性別などの属性情報や教えた、教わった学生の認識を収集することができる。

4 おわりに

本研究では、認識の複雑二重ネットワークモデルを提案した。このようなモデルを現実社会に適応するには課題が存在する。1つ目は、学習者の教え合いの行動に対して、どの要素が多大な影響を与えて、教え合いが行われているのかが、特定できていないことが挙げられる。そのため、明星大学、藤田保健衛生大学、名古屋工業大学で実証実験を行い、教え合いに影響を与える要素を調査から検討する。

謝辞

本研究は、堀科学芸術振興財団の支援により、実現することができた。そのことに深く感謝を述べると共に、本研究の関係者各位に心より感謝する。

参考文献

- [1] アレックス・ペントランド, 小林 啓倫 (翻訳) ソーシャル物理学, 「良いアイデアはいかに広がるか」の新しい科学, 草思社(2015)
- [2] 大島純, 新原勇介, 太田健介, 大島律子, 協調学習のプロセスと個人の貢献を測定する試み- 発言のネットワークを用いた学習者の対話分析, 日本教育工学会論文誌 33(3), pp.333-342(2010)
- [3] Wen Dong, Alex Pentland, Modeling influence between experts, Artificial Intelligence for Human Computing, 170-189(2007)
- [4] 國吉 啓介, 倉橋 節也, 複雑二重ネットワークモデルによる知識教授シミュレーションに関する研究, 計測自動制御学会論文集 Vol.49 No.11p.1004-11 (2013)

MODIS を用いた広域斜面温暖帯の抽出とその要因に関する研究

高橋祐美子[†] 白木洋平[†]

[†] 立正大学 地球環境科学部

キーワード：MODIS, 斜面温暖帯, 地表面温度

1 はじめに

よく晴れた静穏な夜間では、山地斜面の中腹地帯にて山麓と比べて温度が高くなる現象、いわゆる斜面温暖帯がしばしば発生することが知られており、これまでに多くの研究が行われてきた。たとえば、既往研究[1][2]では、茨城県の筑波山にて気温ロガーやサーモグラフィーを用いた斜面温暖帯の観測を行い、筑波山では標高 200–300m を中心に 100–450m 付近まで斜面温暖帯が広がっていることを明らかにしている。

一方、LANDSAT/TM の夜間熱画像と DTM (Digital Terrain Model) の重ね合わせを行い、関東平野周辺部では少なくとも数 100km の連続性を持つ非常に広範囲の斜面温暖帯が形成されていることも確認されており[3], NOAA/AVHRR と ASTER 全球 3 次元地形データ（以下、ASTER GDEM と表記）を利用して解析においても同様の見解を得ている[4]。

以上のように、これまで冬季夜間に顕著に発生する斜面温暖帯の把握および発生メカニズムについて議論を行った研究は数多くあるが、他の季節の斜面温暖帯についての把握や季節変化について議論を行った研究は少ない。そこで本研究では、図 1 を研究対象地域とし衛星リモートセンシングを利用した冬季および夏季の広域斜面温暖帯の把握および季節変化について議論することとする。

2 使用データおよび研究対象期間

本研究では斜面温暖帯を把握するために、空間分解能は高くないものの観測頻度が高い Terra/MODIS を利用することとした。ここで Terra とは 1999 年 12 月に打ち上げられた回帰日数 16 日、軌道周期 99 分、太陽準回帰軌道の地球観測衛星であ



図 1. 研究対象地域

り、MODIS とは Terra に搭載され、可視から熱赤外域を 36 バンドで観測をしている中分解能撮像分光放射計である。なお、本研究で斜面温暖帯の抽出を行うにあたって用いた Terra/MODIS のデータは NASA Reverb からダウンロードを行い、地表面温度プロダクト MOD11A1（空間分解能：1000m）を利用していることを追記する。

また、本研究における対象期間は 2000 年から 2015 年の夏季（7-9 月）と冬季（12-2 月）とした。

3 研究方法

3.1 斜面温暖帯の抽出方法

対象地域内に顕著に雲が発生している場合、正確な地表面温度の抽出を行うことが困難となる。そこで、本研究では研究対象地域に顕著な雲が発生していない画像を目視により選定し、得られた画像をコンポジットすることで典型的な斜面温暖帯の抽出を試みた。なお、得られた画像は夏季 20 シーン、冬季 6 シーンである。

3.2 研究対象地域における標高の抽出

斜面温暖帯を把握するために重要な情報として標高が挙げられる。そこで、本研究では ASTER GDEM を用いて研究対象地域の標高情報を得る

こととした。ここで ASTER GDEM とは、一般財団法人宇宙システム開発利用推進機構からダウンロードを行うことができる DEM (Digital Elevation Model) データであり、Terra に搭載されたセンサーである ASTER で直下視と後方視の二方向から同一地域を観測して作成されたものである（原データは経済産業省及び NASA に帰属する）。なお、空間分解能は 30m である。

3.3 土地被覆分類

確認できた温暖域が斜面温暖帯によるものか判別するため、本研究では地球地図土地被覆全球版を地球地図国際委員会よりダウンロードし、研究対象地域内の都市の判別を行った。

3.4 5km×5km メッシュデータの作成

斜面温暖帯への各要因の関係について考察するため、研究対象地域内に 5km×5km メッシュを作成し、メッシュ内の平均地表面温度、標高、土地被覆分類について考察を行った。

4 結果および考察

Terra/MODIS より得られた夏季の地表面温度を図 2 に、冬季の地表面温度を図 3 に示す。これによると、範囲に違いがあるものの平野部において温暖域を見ることができる。これは、斜面温暖帯ではなく、市街地が大きな影響を与えている都市のヒートアイランド現象を捉えているものと考えられる。一方、関東地方を取り巻く山地斜面に着目してみると、広域の温暖域が特に冬季にて発している様子が見て取れる。この斜面には都市は在しておらず、したがって斜面温暖帯を捉えているものと考えられる。

次に、地表面温度と標高の関係を明確にすることを目的に作成した地表面温度と標高の断面図を図 4 に示す。これによると、夏季と比べて冬季では平地よりも、筑波山斜面（100m から 300m 付近）において地表面温度が 2℃ 程度上昇している様子を確認することができる。また、関東平野部においても同様に斜面における温度上昇を確認することができる。このことから、筑波山や関東平野部では夏季と比べて冬季に斜面温暖帯が顕著に発生していることがわかる。

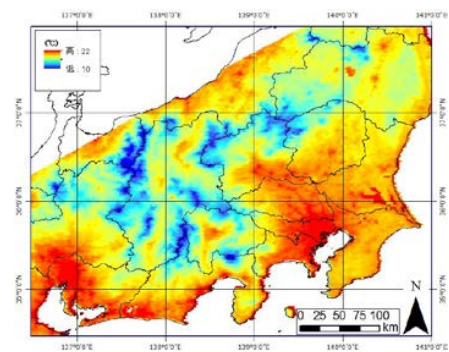


図 2. 夏季の地表面温度分布図

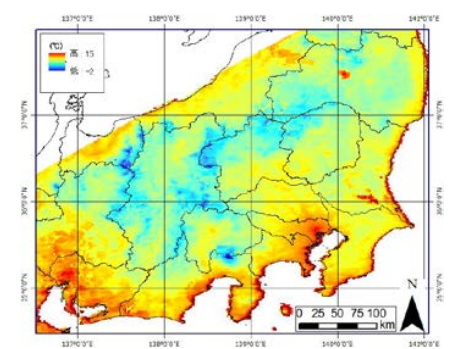


図 3. 冬季の地表面温度分布図

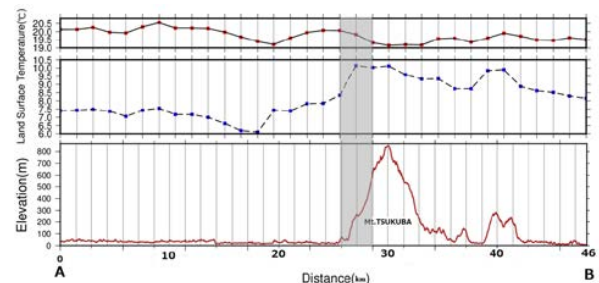


図 4. 地点 A-筑波山-地点 B における地表面温度（実線：夏季、破線：冬季）と標高の断面図

5 まとめと今後の課題

本研究では Terra/MODIS を用いて冬季および夏季の広域斜面温暖帯の抽出を試みた。その結果、先行研究と同様に関東平野周辺部（埼玉から群馬県・長野県にかけた山地斜面や、群馬県から新潟県にかけた山地斜面など）や筑波山などにおいて斜面温暖帯の確認を行うことができた。

今後の課題は、本論にて確認することができた地表面温度と標高との関係だけでなく、植生や日射量、撮影時の気象条件などとの関係性について

の考察を行うことが挙げられる。さらに夏季・冬季だけでなく年間を通したデータの解析を行うことで斜面温暖帯の季節変化について議論を行っていく必要がある。

参考文献

- [1] 渡来靖（2008）筑波山における斜面温暖帯観測．地球環境研究．10．79-86.
- [2] 植田宏昭・小池祐人・大庭雅道・井上知栄・釜江陽一・池上久通・竹内茜・石井直貴(2011) 筑波山の東西南北 4 斜面における高度 100m 間隔での通年観測-斜面温暖帯に注目して-．天気．58．9．777-784.
- [3] 近藤昭彦・菅野洋光・三上岳彦（1992）ランドサット TM 画像と DTM の重ね合わせによる斜面温暖帯の解析，日本リモートセンシング学会誌，12，2，33-42.
- [4] 白木洋平・近藤昭彦・渡来靖（2011）NOAA/AVHR を用いた関東地方の明け方における地表面温度の特徴．環境科学会誌．24，472-479.

台北市における土地利用の変化が地表面温度に与える影響

小林 彩乃† 白木 洋平†

†立正大学 地球環境科学部

キーワード：都市化，リモートセンシング，旧版地図

1 はじめに

近年ではアジアの顕著な都市化とそれに伴う気温上昇が注目されている．既往研究では，アジアのメガシティ（東京，大阪，ソウル，マニラ，台北，ジャカルタ，バンコク）を研究対象地域とし，土地利用と温度の関係について評価を行ったものがある[1]．しかしながら，この研究で利用されている土地利用図は 500mメッシュで作成されており，温度との関係性を評価する際の手法に一定の制限を与えてしまう．そこで，本研究では上述した既往研究でも挙げられている台北を研究対象地域とし，ベクタ形式の土地利用図を作成するとともに，土地利用と温度との関係について再評価を行うことを試みた．

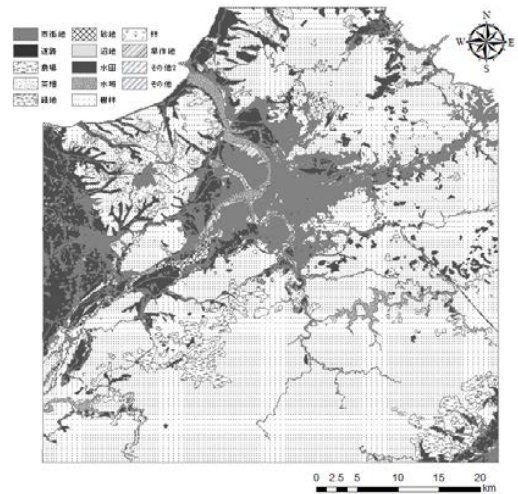


図1. 台北の土地利用図（1984年）

2 研究方法および使用データ

2. 1 土地利用図の作成方法

本研究では，試験的に 1980 年代の土地利用図を用い温度との関係について評価を行うこととした．なお，本研究にて利用した土地利用図は総合地球環境学研究所の研究プロジェクト「都市の地下環境に残る人間活動の影響」（代表者：谷口真人）によって入手されたものである．これをスキャナで取り込み，得られた情報を幾何補正し位置情報を持ったデジタル地図を作成した（図1）．

2. 2 温度情報の算出

土地利用図と温度の関係性を評価する場合，気温を用いることが望ましい．しかしながら，気温は点の情報であるため，対象地域が広域の場合，密な情報を得ることが極めて困難である．そこで，本研究では衛星リモートセンシングを利用することで得ることができる地表面温度を利用すること

とした．なお，本研究にて利用した地表面温度は Landsat-5 によって 1984 年 8 月 22 日に撮影されたものである．また，熱赤外バンドの DN（Digital Number）から地表面温度 T を推定する方法として，以下に記す(1)式にて放射輝度への変換を行い，次に(2)式にて放射輝度から地表面温度への変換を行った．放射輝度や地表面温度の変換に必要な計算式および係数はアメリカ地質調査所(USGS : United States of America Geological Survey) により公開されている手順に従っている．

$$R = ((L_{max} - L_{min}) / (QCAL_{max} - QCAL_{min})) \times (DN - QCAL_{min}) + L_{min} \quad \dots\dots\dots (1)$$

$$T = 1282.71 / \ln(666.09 / band6 + 1) \quad \dots\dots\dots (2)$$

ここで， L_{max} ：最大放射輝度， L_{min} ：最小放射輝度， $QCAL_{max}$ ：最大諧調値， $QCAL_{min}$ ：最小諧

調値である．図2に作成した台北の地表面温度を示す．

3 結果および考察

図1に示す土地利用図を見てみると，1984年の台北では主要な河川の一つである淡水河を中心に市街地が形成されており，その周辺には水田や樹林が広がっている様子が見て取れる．次に，図2に示す地表面温度を見てみると，市街地が形成されている地域において地表面温度が高くなる傾向が見てとれる．このことから，市街地は他の土地利用と比べて相対的に地表面温度が高くなる傾向があることがわかる．一方，その他の土地利用を考察してみると，たとえば研究対象地域の土地利用の多くを形成している樹林や水田において地表面温度差がある様子がうかがえ，特に市街地に近い樹林は地表面温度が高い様子が見てとれる．

そこで，本研究では市街地から500m間毎（4段階）の平均地表面温度を算出し，市街地が周辺の土地利用の地表面温度にどのような影響を与えるか評価を行うこととした．得られた結果の一例を図3に示す．これによると，市街地に近いほど地表面温度が高くなるという傾向を見ることが出来る．一般に市街地はアスファルトやコンクリートといった蓄熱作用の高い物質で構成されるため地表面温度が高く，市街地の熱量が隣接する樹林や水田に影響を与えたため，このような傾向が見られたと考えられる．

4 まとめと今後の課題

本研究では，台北を研究対象地域として詳細な土地利用図を作成するとともに，土地利用とLandsat-5のDNから推定された地表面温度の関係について評価を行った．その結果，他の土地利用と比べて相対的に地表面温度が高い傾向にある市街地の影響により，隣接する区域の地表面温度が上昇する可能性について示唆することができた．

本研究では1984年の土地利用を利用して解析を行ったが，今後は本研究と同様の手法を用いて2000年代においても解析を行い，市街地の発展が隣接する土地利用の地表面温度にどのような影響を与えるか比較・評価を行う予定である．

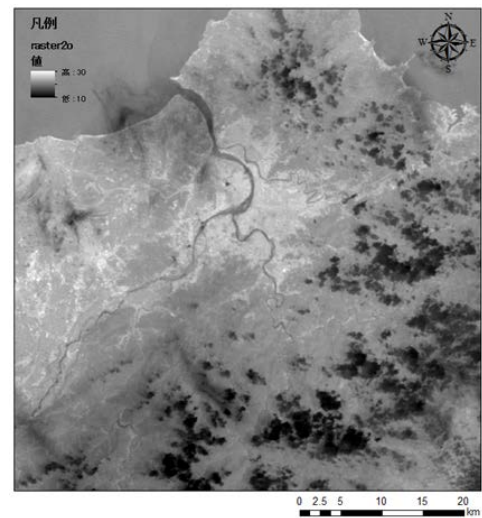


図2. Landsat-5/TM を用いて作成された台北の地表面温度分布（1984年8月22日撮影）

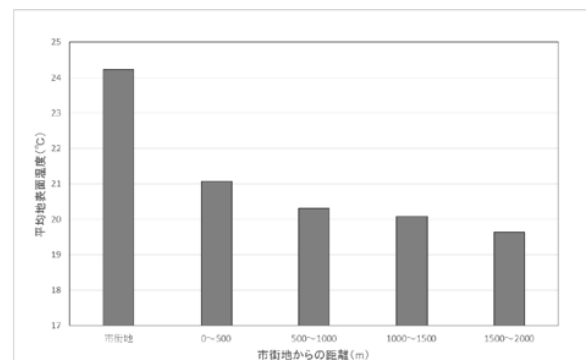


図3. 市街地からの距離による地表面温度の変化（樹林）

謝辞

本研究にて利用した土地利用図は，総合地球環境学研究所の研究プロジェクト「都市の地下環境に残る人間活動の影響」（代表者：谷口真人）にて収集された情報を利用している．ここに記して感謝を述べる．

参考文献

- [1] 白木洋平・山下亜紀郎・谷口智雅・香川雄一・一ノ瀬俊明・豊田知世・吉越昭久・谷口真人（2011）アジアのメガシティにおける都市の発達が郊外との温度差に与える影響，地球環境研究，13，107-113.

水文環境教育における ICT 教材とリアル教材の併用の可能性について

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：リアル教材，ICT 教材，水文環境教育，地下水流動モデル，アクティブ・ラーニング，大学教育再生加速プログラム（AP）

1. はじめに

地下水流動およびそれに伴う物質循環を理解することは，陸上の水循環・物質循環を理解・議論するために欠かせないものである．しかし，地下水の流れを直接目で確認することはできない．なぜならば，地下水は私たちが直接見ることのできない空間を流れているためである．そのため，イメージを掴むことが困難であり，学生たちが間違った解釈やイメージを持つことも多い．特に，近年都市化された環境の中で育った学生たちにとって，生活用水は水道水と認識しており，水は蛇口をひねれば出るものだと認識している．実際，生活・農業用水としての井戸を見たこともない学生も非常に多い．

そのような学生たちに，地下水の流動やそれに伴う物質循環について理解させるのは，非常に難しい．今まで見たこともない現象を理解することは，だれにとっても難しいものである．

しかしながら，どのように地下水の流れを理解するのかは陸上の水循環・物質循環を理解するうえで重要なテーマであり，その地下水流動が理解できない限り，それに伴う物質循環や汚染プロセスなどを理解することはとても難しい．まず，各種物質（汚染物質を含む）の「運び屋」としての水ということをどのように理解させるかは，今後の環境教育および環境保全において重要なテーマの一つであると考えられる．

そこで，本研究では，地下水の流れを可視化できる教材である Groundwater Flow Model (GFM) ^[1] (Fig. 1) を用い，地下水流動およびそれに伴う物質循環を理解させるための授業を

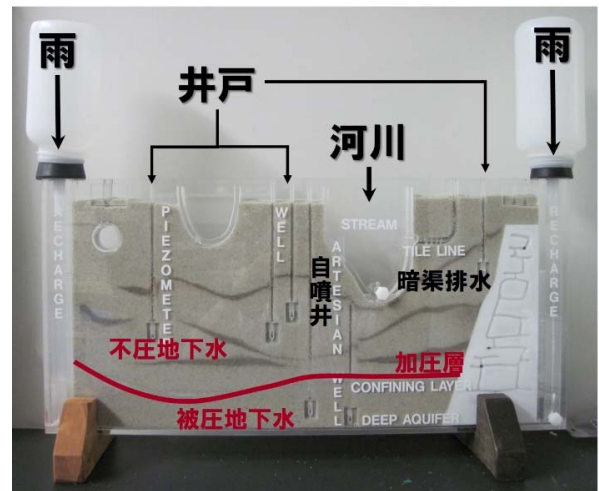


Fig. 1 Groundwater Flow Model の構造

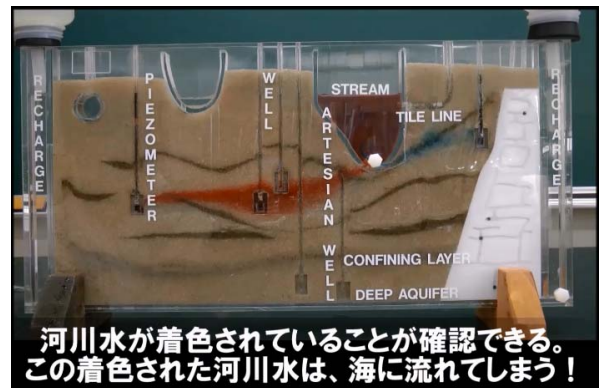


Fig. 2 Groundwater Flow Model を用いた ICT 教材（動画）のキャプチャー（日本語解説付き）

大学の専門基礎教育として行った．また，授業の際に，事前に GFM という「リアル教材」を用いて撮影を行った「ICT 教材」(4 倍速) ^[2] (Fig. 2) を製作し，学生の事後アンケートに基づいて両教材に関する定性的な比較・検討を行った．その成果をここに報告する．

2. 教材の導入

導入されたリアル教材（GFM）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。

まず、文部科学省の AP^[3]（※1）に先立って 2013 年 4 月に GFM を導入したが、1 台しか導入できなかったため、教員による演示実験形式に止まった。しかし、2015 年 3 月に大学教育再生プログラムの予算で新たに 3 台追加導入することができ、合計 4 台になったことで、学生が主体となって行う能動的な実験形式へと変更することが可能になった（Fig. 3）。

また、GFM は堆積構造や河川の流量などを变化でき、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を再現できるため、能動性や思考力を養うアクティブ・ラーニングの教材として用いられる仕組みとなっている。



Fig. 3 Groundwater Flow Model を用いた授業風景

3. 授業実施

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 GFM（Fig. 4）を導入し、地下水流動に関する自然現象の正しいイメージアップを試みた。

- ✓ 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 教材を用いた座学形式（前半：1 時間）およびリアル教材を用いた実験・形式（後半：2 時間）
- ✓ 利用したリアル教材（GFM）の台数：4 台
- ✓ 受講者数：29 人
- ✓ 授業期間：2015 年 5 月 18 日



Fig. 4 Groundwater Flow Model を用いた実験様子

4. 結果および考察

4-1. リアル教材と ICT 教材に関する比較

授業後、学生たちにアンケート実施し、GFM を用いたリアル教材と ICT 教材との比較評価を行った。その回答の一部を下記に紹介する。

【設問】他の講義資料（例えば、印刷物、パワーポイント、写真、動画など）と比較して、「地下水流動モデル」のメリットとデメリットを教えてください。

メリット

- ✓ 地下水の動きを実際に自分たちで再現することができ、より理解が深まった。
- ✓ 今まで目に見えなかった汚染水（物質）の流れを再現してみて、実際はこういう感じで流れているということを知ることができた。

- ✓ 地下水を着色させることによって、地下水の流れる場所やスピードが視覚的に理解できる。
- ✓ あまり地下水自体に興味がない人でも、「おお」と思えるものを感じた。
- ✓ 自分たちで、降雨や地下水の流れを変えたり、汚染物質を入れることができ、目で見えない地下水の動きを確認できた。

デメリット

- ✓ 現象を再現するのに時間が掛かる。
- ✓ その時限りの記憶になってしまいそう。
- ✓ 手元に試料が残らないので、後々忘れた場合苦労しそう。
- ✓ 機材の後片付けに時間を使う。また、実験中に汚れる。
- ✓ 片づけや下準備が大変で、コストが掛かる。

上記の結果をみると、メリットに関しては、概ね予想とおりの結果が得られた。特に、「地下水の流れる場所やスピードが視覚的に理解できる」という意見や「目で見えない地下水の動きを確認できた」などの意見があり、リアル教材を用いた授業の有効性が示された。また、「自分たちで、降雨や地下水の流れを変えたり、汚染物質を入れることができ」という回答からも分かるように、学生自ら実験条件を変えるなど、能動性で、思考力を養う効果もあり、アクティブ・ラーニング教材としての有効性も示唆された。

一方、デメリットに関しては、特に、時間や手間に関する回答が多かった。上記については、改善する必要があると考えられる。

リアル教材の主なメリットおよびデメリットは下記のようにまとめることができる。

メリット

- ① 学生の五感を刺激することができる。
- ② 立体 (3D) 的な情報や刺激を与えることができる。
- ③ 自然現象が再現可能である。

- ④ 学生自ら能動的に条件を設定することができる。

デメリット

- ① 授業形態に制限が有る。
- ② 比較的高価である。
- ③ 専門的な技術や知識が必要である。
- ④ 事前準備や片付けに時間を要する。
- ⑤ 自然現象繰り返し再現させるのに時間が掛かる。

リアル教材は上記のようなデメリットを有しているが、その一方、学生の思考力を高揚させ、能動的にさせる優れた教育的効果があると考えられる。

そこで、上記のようなリアル教材に関するデメリットの改善策として、教育環境や教育現場での必要な場面において、ICT とリアル教材を併用および使い分けることで、上記のようなデメリットを克服することができると考えられる。例えば、授業形態や目的によって、実験・実習形態の際にはリアル教材を、座学形式の際には演示実験としてリアル教材を用い、事前に動画撮影などを行った ICT 教材を利用することで繰り返し学習（ふりかえり）が行えるなど有効であると考えられる。それによって、両教材が持つそれぞれの教育効果を最大限引き出すことができると考えられる。また、再現時間に関する問題は 2~3 倍速で上映することで、見落とし部分や拡大したい部分などについても ICT 技術を用いることでクリアできると考えられる。さらに、ICT 教材を Web 上に公開することで反転授業や予・復習用の動画として用いることも有効であると考えられる。

5. まとめ

本研究では、アクティブ・ラーニングの一つの手法として、GFM という教材を用い、水文環境教育に関する「リアル教材」と「ICT 教材」についての比較を行い、その併用の可能性についての検討を行った。

比較の結果、両教材に関するメリットおよびデメリットは相反するものであることが明らかになった。そのため、両教材のメリットおよびデメリットを教育現場の必要な「場面」において使い分けることで、両教材が持つ教育的効果を最大限引き出すことができるだろう。

6. 今後の課題

本研究では、リアル教材と ICT 教材との比較に関し、学生の事後アンケートによる定性的な比較に止まった。今後の課題としては、定量的な比較・評価が可能な教育評価アンケートを用い、より詳細な解析を行うことで、ICT 導入した GFM の活用をより充実できるだろう。また、単年度のデータのみでなく、実施事例を年齢別（小・中・高校・大学生・一般）に増やしなから、年齢別による定量的な評価やデータの蓄積が必要であると考えられる。

さらに、今後 GFM を用いた実験の解説動画（字幕付き）を複数製作し（例えば、得水河川と失水河川のプロセス、自噴井のプロセスなど）、より多くの方に環境教育および環境保全の重要性をアピールしていきたいと思う。

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）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には、① タブレット PC 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の4つの柱がある。本研究における取り組みは、上記の内、「リアル授業資料の収集と活用」の一部分として行われた^[4]。

参考文献

- [1] Iowa State University Soil & Water Conservation Club, Groundwater Flow Model, <http://www.swcc.stuorg.iastate.edu/groundwater-flow-model/>, (2016. 3. 15, アクセス)
- [2] 李 盛源, Groundwater Flow Model, https://youtu.be/1_igs6R1Ho8, (2016. 3. 15, アクセス)
- [3] 文部科学省, 大学教育再生加速プログラム, http://www.mext.go.jp/a_menu/koutou/kaikaku/ap/, (2016. 3. 15, アクセス)
- [4] 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>, (2016. 3. 15, アクセス)

Euler 関数導来対数的関数における abc-triple の列挙

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 abc-triple, Euler 関数, アルゴリズム

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 [2]。

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[1])

a, b, c が互いに素な自然数で $a + b = c$ を満たすとき

$$L(c) < 2 \cdot L(\text{rad}(abc))$$

が成り立つ。

この予想は計算機による実験によって $c \leq 10^5$ で正しいことが確かめられている [1]。

$\varepsilon > 0$ のとき,

- $\text{gcd}(a, c) = 1$
- $a + b = c$

- $a < b$

- $L(c) \geq (1 + \varepsilon) \cdot L(\text{rad}(abc))$

を満たす自然数の組 (a, b, c) を abc-triple と呼ぶ。

本稿では, abc-triple を高速に列挙するアルゴリズムを提案し, 予想 A が $c < 10^7$ で正しいことを確かめたので報告する。

2 列挙アルゴリズム

$c < n$ について abc-triple を素朴に列挙するコードは以下ようになる。

```
for (c = 3; c < n; c++) {
    for (a = 1; a < c / 2; a++) {
        if (gcd(a, c) == 1) {
            b = c - a;
            p = L(c);
            q = L(rad(a)) + L(rad(b)) + L(rad(c));
            if (p / q >= 1 + EPS) {
                print(a, b, c);
            }
        }
    }
}
```

ここで, $\phi(n)$ を計算するためには n を素因数分解する程度の計算量が必要であり, $\sqrt{n}$ までの試割で実装すればその計算量は $O(\sqrt{n})$ となる。 $L(n)$ の値を求めるためには ϕ を $\log_2 n$ 回程度計算する必要があるため, その計算量は $O(\sqrt{n} \log n)$ である。 $L(\text{rad}(n))$ の計算量も同様に $O(\sqrt{n} \log n)$ となる。また, $\text{gcd}(a, c)$ は Euclid の互除法を用いれば $O(\log n)$ で計算することができる。

したがって素朴な方法で $c < n$ となる abc-triple を列挙するための計算量は $O(n^{2.5} \log n)$ となる。

2.1 テーブルの作成

$L(n)$ および $L(\text{rad}(n))$ について, あらかじめテーブルを作成しておき, それを参照するようにすれば計算量を

抑えることができる。次のようなコードで、 $L(n)$ および $L(\text{rad}(n))$ の値を配列 $L[n]$ および $L\text{rad}[n]$ に格納することができる。この処理に必要な計算量は $O(n \log \log n)$ である。

```

for(i = 1; i < n; i++) {
    phi[i] = i;
    rad[i] = 1;
}
for(i = 2; i < n; i++) {
    if (phi[i] == i) {
        for (j = i; j < n; j += i) {
            phi[j] -= phi[j] / i;
            rad[j] *= i;
        }
    }
}
L[1] = 0;
for(i = 2; i < n; i++) {
    if (i % 2 == 0) {
        L[i] = L[phi[i]] + 1;
    } else {
        L[i] = L[phi[i]];
    }
}
for(i = 1; i < n; i++) {
    Lrad[i] = L[rad[i]];
}

```

2.2 $L(\text{rad}(n))$ による整数のソート

もし $L(\text{rad}(a)) > \lfloor L(c)/(1+\varepsilon) \rfloor - L(\text{rad}(c))$ ならば、そのような (a, b, c) は abc-triple になりえない。abc-triple を列挙するためには、 $L(\text{rad}(a)) \leq \lfloor L(c)/(1+\varepsilon) \rfloor - L(\text{rad}(c))$ となるような a と c の組み合わせだけを検査すればよいが、そのためには、あらかじめ n 以下の $L(\text{rad}(n))$ でソートしておく必要がある。 $L(\text{rad}(n))$ は $\log_2 n$ 以下の整数値をとるため bucket sort によって $O(n)$ でソートすることが可能である。

なお、 $L(\text{rad}(a)) \leq \lfloor L(c)/(1+\varepsilon) \rfloor - L(\text{rad}(c))$ となるような a と c の組み合わせは n^2 に比べずっと少ないことが実験的に確かめられた。

3 結果

$\varepsilon = 0.6$ として $c < 2^{24} \approx 1.7 \times 10^7$ について abc-triple を列挙した結果を下表に示す。下表を得るための計算時間は約4秒であった (CPU:Core i7 3.4GHz, メモリ:8GB)。

a	b	c	$Q^{\ast}$
7^3	3^{10}	$2^{11} \cdot 29$	1.875
$3^5 \cdot 7$	$5^6 \cdot 67$	2^{20}	1.818
2	$3^{10} \cdot 109$	23^5	1.818
3	5^3	2^7	1.750
11^2	$3^9 \cdot 13$	$2^{11} \cdot 5^3$	1.700
1	$2 \cdot 3^7$	$5^4 \cdot 7$	1.667
7	181^2	2^{15}	1.667
$3^4 \cdot 43$	$5^3 \cdot 7^2 \cdot 37^2$	2^{23}	1.643
13	3^5	2^8	1.600
3	$13 \cdot 71^2$	2^{16}	1.600
3^4	$7^3 \cdot 19^2$	$2^{10} \cdot 11^2$	1.600
5	3^{11}	$2^{10} \cdot 173$	1.600

※ Q は $L(c)/L(\text{rad}(abc))$

4 おわりに

$\varepsilon > 0$ が与えられたとき $a + b = c$ および

$$\frac{L(c)}{L(\text{rad}(abc))} \geq 1 + \varepsilon$$

を満たすような互いに素な自然数の組 (a, b, c) を高速に列挙するアルゴリズムを提案し、 $c < 2^{24}$ で予想 A が成り立つことが確認できた。

参考文献

- [1] 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.
- [2] 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分科会講演アブストラクト, pp.97-100, 2004.

クラスに依存した特徴集合を用いたパターン認識手法に関する検討

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 パターン認識、クラスに依存した特徴集合、決定木

1 はじめに

パターン認識とは、画像・音声などの雑多な情報を含むデータの中から、意味を持つ対象を選別して抽出する処理であり、音声認識や文字認識、特定物体認識、検索などの応用がある。これらの処理は人間が自然に行っているものであり、同等の機能をコンピュータで実現しようとする技術・手法のことを機械学習と呼ぶ。パターン認識問題では、画像や音声などが入力データとして与えられ、機械学習によって構成された識別子によって文字や音声などが出力される。

パターン認識問題において、識別に有効な特徴を取捨選択する手法を「特徴選択」とよび、問題ごとに与えられた特徴集合から特徴選択を行うことは重要な手法である。一般に、識別に用いる特徴は多ければ多いほど良いと考えてしまう傾向がある。しかし、実際の問題においては、得られる訓練サンプル数が比較的少ない場合もあり、このような場合に少数の訓練サンプルから識別子を構成すると、多すぎる特徴は識別子の性能を劣化させてしまうことが「次元の呪い」、あるいは「ピーキング現象」として知られている。これはパラメトリックな識別子、ノンパラメトリックな識別子の両方において起き得る現象である。例えば、線形識別子などのパラメトリックな識別子を適用する場合には、分散行列の固有値が小さい場合に推定精度が悪化するなど、パラメータの推定精度が低下することが主な原因である。最近隣法などのノンパラメトリックな識別子を利用する場合には、識別に有効な情報を持たない特徴の混入により、サンプルのクラス分類情報が錯乱するため、性能の劣化が生じる。

これらの問題は、識別子の構成に十分なサンプルが得られないことが原因ではあるものの、現実ではこの問題がしばしば起こる。特徴選択は、識別に有効な情報を持つ特徴を選択すると同時に、特徴の測定コストを削減するという現実的な利点もある。特徴選択はこれまで様々な手法 [1, 2] が提案されており、性能・計算量に関しての比較研究も行われている [3, 4, 5]。近年では、パター

ン認識問題の大規模化に対応するため、最適な特徴集合を求めるのではなく、実用的な計算量で準最適な特徴集合を選択することが必要となってきた。

近年のパターン認識問題としては、医療画像や衛星画像などの画像解析分野や、遺伝子解析やテキストマイニングなどのデータマイニング、あるいは自然言語処理などの分野があり、このような応用分野においては、これまでの問題と比較して多くのクラス数や特徴数を取り扱う必要がある。そこで、本研究では特に、クラス数が多い多クラス問題について検討する。

本研究では、クラスに依存した特徴集合と識別子を用いたクラス決定木について検討を行っている。実験の結果、Support Vector Machine(SVM)などの従来の識別子と比較すると、識別性能は同程度かやや向上する結果となった。しかし、SVMやニューラルネットワークといった識別子では、識別規則はブラックボックスであり、問題構造の把握は困難である。決定木を用いた場合、識別規則が木構造で表現可能なため、問題構造の把握と識別規則の改善可能性が示唆された。

2 クラスに依存した特徴集合

従来の特徴選択としては、全クラスに対して共通の特徴集合を選択する手法が一般的であり、様々な手法が提案されている。しかし、識別に有効な特徴はクラスに依存すると考えられる [6]。例えば、クラス1を他のクラスから分離するのに有効である特徴が、必ずしもクラス2をその他のクラスから分離するのに有効であるとは限らない。このような特徴集合を「クラスに依存した特徴集合」と呼ぶ。クラスに依存して特徴を使い分けることで、有限の訓練サンプルから推定するパラメータを必要なものだけに限定し、識別に無関係なパラメータによる推定識別境界の揺らぎをおさえることができる。実際には、全く識別情報を持たない特徴は期待できないものの、問題が大規模になるにつれ、有する識別情報がごくわずかである特徴は多く存在することになる。こうした特徴を

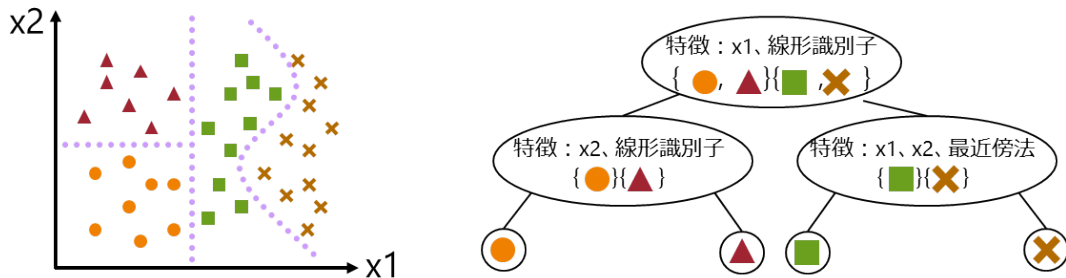


図 1: クラス決定木

除外することで、訓練サンプル数に対する特徴次元数を減少させることが可能となり、結果としてパラメータの推定精度を向上させる効果が期待できる。

3 クラス決定木

クラスに依存した特徴集合を利用する方法を考えたとき、以下の三点が問題となる。

- クラスに依存した特徴集合を用いるということは、クラス集合ごとに識別を行うこと、すなわち部分問題を解くことに該当するため、全体としての結果の統合方法
- どのクラス集合対同士をどういった順番で識別を行うか
- クラス集合ごとの特徴選択を行うための方法

問題を解く場合、クラスの全体集合からクラスの部分集合へと識別処理が進むので、全体としての識別子は決定木として表現できる。本研究ではクラス決定木という手法を提案しており、クラス決定木では各ノードでクラス集合対の識別を行うための特徴集合、および識別子を構成する。クラス決定木の構成例を図1に示す。

図1では4クラス問題の識別を行っており、クラス決定木の各ノードにおいて用いる特徴集合と識別子が異なっている。このように部分問題毎に適切な特徴集合および

識別子を選択することで、全体として準最適な識別子が得られることが期待できる。

3.1 クラス決定木の構成法

決定木の構成法には、根ノードから分割を開始していくトップダウン方式と、クラス数分の葉ノードを用意し、それらを順番に統合していくボトムアップ方式が考えられる。本論文では、分離度の小さい順番にクラスを統合するボトムアップ方式のアルゴリズムを述べる。分離度とは、クラス(集合)対がどれくらい離れているかを示す量であり、ダイバージェンスなどの分布間の距離、サンプルに基づく直接的な評価として識別子を用いた場合の推定識別率などを利用できる。以下に、クラス決定木の構成アルゴリズムを示す。

1. Initialization step: Set $\Omega_i = \{\omega_i\}, (i = 1, 2, \dots, C)$, $c = C, t = 1$. Attach an *unprocessed* mark to all Ω_i . These Ω_i correspond to leaves.
2. Calculate the separability $S_{ij} = S(\Omega_i, \Omega_j)$ of pair (Ω_i, Ω_j) for all unprocessed nodes Ω_i and $\Omega_j, (i, j = 1, \dots, c)$.
3. Choose the pair $(\Omega_{i^*}, \Omega_{j^*})$ with the smallest separability $S_{i^*j^*}$. Let Ω_{i^*} be Ω_{c+1}^1 and Ω_{j^*} be Ω_{c+1}^2 . Mark Ω_{i^*} and Ω_{j^*} as *processed*. Select a feature subset F_{c+1} that is effective for discrimination between Ω_{c+1}^1 and Ω_{c+1}^2 .
4. Construct a classifier ϕ_{c+1} to classify Ω_{c+1}^1 and Ω_{c+1}^2 with feature subset F_{c+1} . In this step, we have a new node, $Node^{c+1} = \{\Omega_{c+1}^1, \Omega_{c+1}^2, F_{c+1}, \phi_{c+1}\}$.
5. $\Omega_{c+1} = \Omega_{c+1}^1 \cup \Omega_{c+1}^2$ and $c \leftarrow c + 1, t \leftarrow t + 2$.
6. Repeat steps 2-5 until $t = c$.

「え」 and 「之」	「ぼ」 and 「ぼ」	「び」 and 「び」
「穎」 and 「穎」	「干」 and 「干」	「熊」 and 「熊」
「采」 and 「采」	「士」 and 「士」	「師」 and 「師」
「情」 and 「情」	「伸」 and 「伸」	「推」 and 「推」
「磨」 and 「磨」	「末」 and 「末」	「肋」 and 「肋」

図 2: 15 対の類似文字

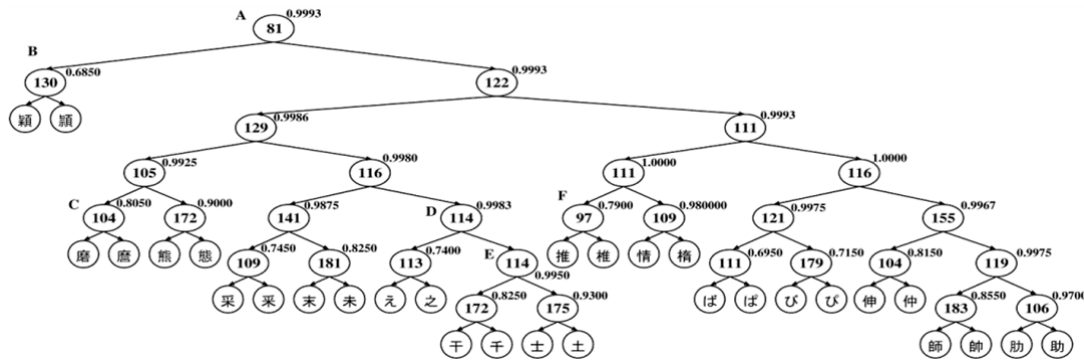


図 3: 類似文字分類問題のクラス決定木

このアルゴリズムにより、ノード数が $2c-1$ のクラス決定木が構成される。木構造は分離度のみに依存して決定するものであり、特徴部分集合および識別子には依存しない。識別は根ノードから開始し、2 クラス問題を解きながら、葉ノードに至るまで分類を続けることで最終的な識別結果を得る。

4 実験結果と今後の課題

提案手法の有効性を確認するため、クラス数の多い手書き文字認識問題に対して提案手法を適用した結果を示す [7]。文字認識では段階的に大分類、小分類、詳細分類という流れで認識を行うことが多い。そこで、本研究においても、15 対の類似文字に関して分類実験を行った (図 2)。本実験では、一般的な文字分類問題として捉えるため、30 クラス問題として実験を行った。

実験に用いた手書き文字データベース ETL9B は、一つの文字データが横 64、縦 64 画素の 2 値画像として収録されており、1 文字種に対して 200 サンプルが収められている。特徴量としては、改良型方向線素特徴量 [8] を抽出した。したがって、一つの文字画像は $49 \text{ ブロック} \times 4 \text{ 方向} = 196$ 次元の特徴ベクトルで表現されることとなる。アルゴリズムに用いる分離度、特徴選択手法および識別子の候補は以下の通りである。

- 分離度: 最近隣法の leave-one-out による推定識別率
- 特徴選択手法: ピークに基づく特徴選択
- 識別子: 線形識別子、二次識別子、最近隣法、混合改良投影距離法

識別率は 600 サンプルに対する 10 重交差検証法の平均識別率として求めた。

識別子	識別率 (%)		
	特徴選択 なし (196)	決定木 (127.6)	共通特徴 選択 (192)
線形識別子	90.28	92.55	90.32
二次識別子	89.47	89.90	89.52
最近隣法	80.25	83.17	80.32
混合改良投影 距離法	92.15	92.08	92.00

類似文字分類問題に対して、クラス決定木を構成した結果を図 3 に、識別率を表 4 に示す。識別率について、混合改良投影距離法を除くすべての識別子で、クラス決定木を構成することによる識別性能の向上が確認できた。特に、線形識別子は混合改良投影距離法よりも良い識別率が得られた。

また、図 3 より、1) 類似文字が葉の直前でまとめられており、これは特徴空間においても類似文字同士が近い位置にあることを示している、2) クラス対のみではなく、クラスの集合対に関しても特徴空間での分離性が理解可能となる、3) 漢字とひらがなが上位ノードで分類されている、4) 分離度を調べることで、どの部分問題が現在の特徴集合で難しいかを知ることができる。例えば「ば」と「ぱ」や「び」と「ぴ」などの分類は、直感的には容易だと考えられるが現在の特徴空間では分離がうまく行えていないということがわかる。このことから、全体としての識別子の性能向上のために、どの部分問題を検討すべきかを判定できる。

クラス決定木の利点として、クラスに依存した特徴集合の利用による識別性能の向上のほかに、識別問題の難しさと対象箇所が視覚化されることが挙げられる。二つのクラス集合対がもつ類似性が特徴空間で再現されない

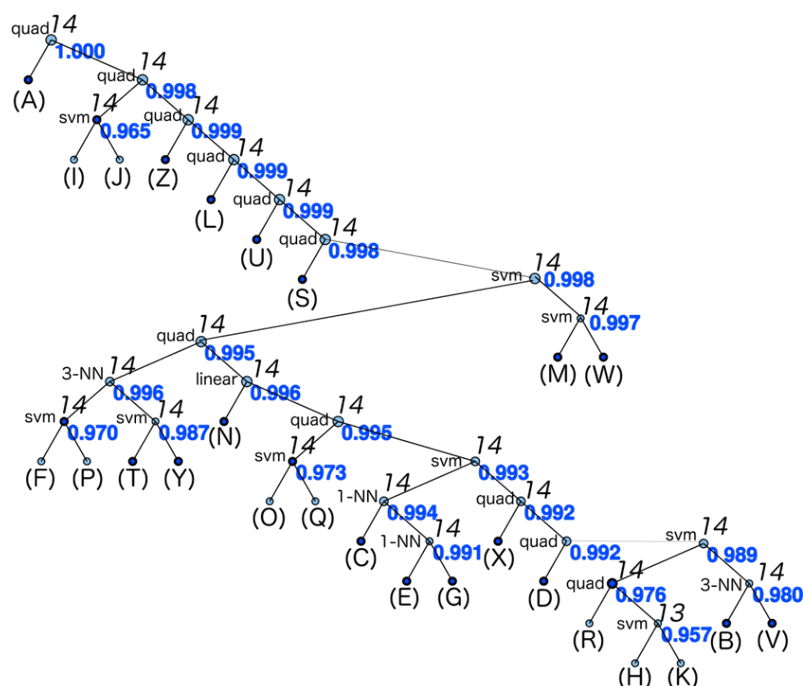


図 4: 手書きアルファベット識別問題のクラス決定木

場合もあるため、分離度に基づく決定木による表現は問題構造の把握において有効であると考えられる。また、クラスに依存した特徴集合を用いた分離度を調べることで、どの部分問題がどの程度難しいかを一覧できる。このことを利用して、分類の難しい部分問題に対して特徴を追加するなど、改善を検討することも可能となる。全クラスを一括して解析する場合には困難であるこのような解析も、解析対象となる部分問題が限定されれば比較的容易になる。

類似文字分類問題と同様に、アルファベットの識別問題に対してクラス決定木を構成した結果を図4に示す。この問題においても、類似文字分類問題と同様に「O」と「Q」や「F」と「P」など、類似したアルファベットが葉の直前でまとめられていることがわかる。

本研究の課題として、特徴が1万を超えるような大規模データに対して本手法を適用し、速度・性能の両面からの検証が必要である。また、クラス決定木の構成には $O(c^3)$ (c :クラス数)の計算量が必要であるため、計算量の削減を検討している。さらに、可視化された識別規則をもとに、識別性能の改善を図るための具体的手法を検討する予定である。

参考文献

- [1] J. Kittler, Feature Set Search Algorithms, in: Pattern Recognition and Signal Processing, pp. 41–60, 1978.
- [2] P. Pudil, J. Novovicova, J. Kittler, Floating search methods in feature selection, Pattern Recognition Letters, vol. 15, pp.1119–1125, 1998
- [3] A. Jain, and D. Zongker, Feature Selection: Evaluation, Application, and Small Sample Performance, IEEE Trans. Pattern Anal. Mach. Intell., vol19, pp. 153–157, 1997.
- [4] M. Kudo and J. Sklansky, Comparison of Algorithms that Select Features for Pattern Classifiers, Pattern Recognition, vol.33, no.1, pp. 25–41, 2000.
- [5] F. J. Ferri, P. Pudil, M. Hatef, and J. Kittler. Comparative study of techniques for large-scale feature selection. Pattern Recognition in Practice IV, pp. 403–413, 1994.
- [6] 田中佑典, 上田修功, 田中利幸, クラス固有の特徴選択に基づくベイズ識別器, 電子情報通信学会論文誌. D, 情報・システム (96), 11, 2013.
- [7] 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.
- [8] 孫寧, 安倍正人, 根元義章, 改良型方向線素特徴量および部分空間法を用いた高精度な手書き文字認識システム. 電子情報通信学会論文誌. D-II, 情報・システム, II-情報処理, pp. 922–930, 1995.

アナログ計算機再考 —なぜアナログで作るのか—

鈴木 治郎[†]

[†] 信州大学 全学教育機構

[†]szkjiro@shinshu-u.ac.jp

キーワード アナログ計算機, 数の認知, 数値リテラシー

1 はじめに

アナログ計算機で一般社会への普及を見たものは計算尺ぐらいであるが, それも 1970 年台の小型電子計算機 (電卓) の普及により, 目にしなくなった. 本論では, 人間が本来備えている数値情報への感覚はアナログであること [1] を踏まえて, 数値リテラシーを高める装置としてのアナログ計算機の価値を再興することを論じていく.

2 アナログ計算機の特徴

計算機の発展は大きく 2 種類の目的に動機付けられてきた. 一つは, 単純な計算を正確に多数回繰り返す目的であり, 常時の四則計算はもちろん, 対数表や三角関数表など数表の作成にも大きな需要があった. この種の目的にとって計算尺のようなアナログ計算機は, 四則計算においては安価な小型電子計算機 (電卓) の登場により代替された. また数表の利用目的においても, 「その場で」三角関数や対数関数などの特殊関数を計算できる高速な計算機の登場により, 特定の計算のための設計は必要なくなった.

アナログ計算機を発展させたもう一つの目的は, 実際の現象を物理的に類似 (analog) できる現象に置き換えて問題を解く装置 (シミュレータ) を実現することであり, 現在でも利用されている風洞実験装置などもそれに当たる. これらの場合も, 最近のスーパーコンピュータの発達により, 大掛かりな装置からの置き換えがなされる場面も増えてきた.

アナログ計算機を退場に迫りやった大きな弱点は次の 2 つである.

- 計算対象ごとに設計され汎用性がない
- 計算精度を高めることは装置の巨大化を意味する

第 1 の点であるが, 電子計算機の登場においても, 最初は計算対象ごとの設計であった [2]. 1940 年以前に開発された電子計算機にイギリスのコロッサスがあるが, 暗

号解読を目的とした記号置換専用の設計であった. また同時期のアメリカのエニアックは微分方程式の数値解専用の設計だったのである.

プログラムもデータも計算機の記憶装置上に置かれる, いわゆるノイマン型計算機の発展は, アイデアはチューリングによるユニバーサル計算機まで遡るが, エドサックなどによる実現以前はそれほど汎用的とは言えなかったのである [2].

2.1 数覚とアナログな認知

ドゥアンヌ [1] が詳細に論じているように, 私たち人間を含めた多くの生物は, アナログな数量を見積もることのできる脳機能を有している. 数量をアナログで把握することは教育以前の自然な能力なのである. それは近似的には始めから私たちは数直線への表象を備えているとも言えるが, ただしその目盛は等間隔ではないし, 無限大まで伸びているわけでもない [1].

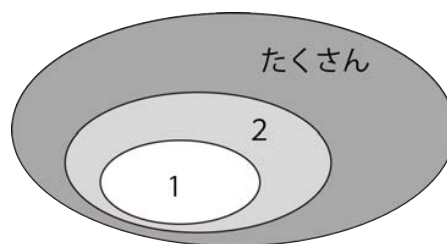


図 1: 生物のもつ数の素朴な大小比較

そして, その感覚的に把握できる数 (アナログな数) の認知 (数覚) と, 言語によるデジタルな数の取り扱い (言語によるロジック) を結びつけることができた生物が私たち人間である.

素朴な数量感覚の問題から数学学習の問題へと視点を転じることにする. 現在の数学は, 実は歴史的発展を離れて, その成果の記述に適した人工的な架構に沿って再構築されていることに注意すべきである. 数学という全体像を効率よく学習できるように適した概念を採用したがゆえに, 慣れるまではとっつきにくく, 実際に数学学

習者の多くが戸惑いを感じる枠組みが多く入り込んでいるのである。

2.2 アナログ計算機の特徴は弱点ではない

先にアナログ計算機の弱点を2つあげた。計算対象ごとに設計されるということは、逆に言えば、数値リテラシーなどの学習対象の特徴を顕現しやすいことでもある。

さらに計算結果に数値精度を与えるには、例えば1桁の精度向上のためには表示装置部の目盛を10倍の長さにとる必要が生じるのである。このため、表示装置部だけを考えても装置が巨大化するのがアナログ計算機の欠点である。しかしアナログ計算機の利用そのものが目的ではない教育目的であれば、数値精度を高くする必要はなくなるのである。

2.3 アナログ操作可能なスマートフォン

2007年のiPhoneの登場以降に急速に普及した、スマートフォンでも画面タッチ操作型なのは、アナログ操作を行う携帯型計算機として利用できる。だから、これをデジタル計算機のエミュレータである「電卓」の形で実装するのか、計算尺などのアナログ計算機の形で計算機能を実装するのかは、すべてアプリ開発者側の選択である。

しかも、タッチ操作型のスマートフォンは、キーボードを備えるスマートフォンと違って、装置自体がアプリ利用のための専有装置として眺めることができる。このため、先にあげたアナログ計算機の欠点である「計算対象ごとに設計」することは、各アプリごとに実現することをむしろ推奨されるのである。



図2: 指のタッチ操作による
拡大（ピンチアウト）／縮小（ピンチイン）

さらに指の開く／閉じるにもとづく直感的な拡大／縮小操作（ピンチイン／ピンチアウト）により、表示された読み取りスケールの拡大／縮小は自然に行えるので、フリースケールの目盛をもつ計算装置として利用するのに困難はない。まさに携帯型アナログ計算機を実現する上

で好適の装置がスマートフォンなのである。

3 設計例

以下では3つの例を通じてアナログ計算機を設計する効用を示す。

3.1 三角関数

実数軸に対する余弦曲線の扱いは、数学的に解析関数として扱うための自然な発展である。

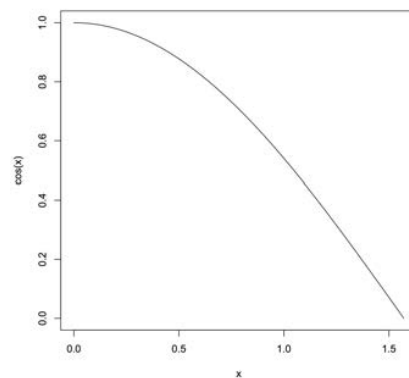


図3: 第1象限における余弦（cos）関数

しかし測量に起源をもち、今日でも日常生活では測量の周辺に多くの用途をもつ三角関数の自然な表現ではない。図で横軸を360度法で表現したとしても、円周の分点の図形的表現ではないからである。

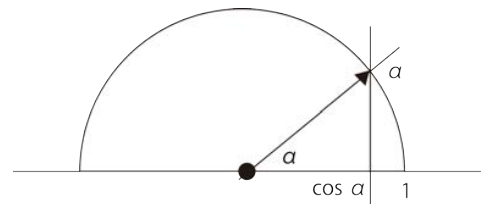


図4: 余弦（cos）関数専用のアナログ計算機
円周上の α 位置をスライドし余弦の値を計算

余弦関数のみしか計算しないアナログ計算機を通じて角度と関数の値（図の底辺への射影）の関係に馴染むことは簡単である。三角関数を解析関数として取り扱う以前に日常の数学としては慣れるべきではないだろうか。

3.2 目盛スケールを粗くした読み取り

数値リテラシーという観点からは測定値の精度に応じた数の扱いを考えたほうがよい問題もある。今日、電卓が

表示する桁数すべてを正しい値と考える、あるいは必要もないのに「およそ」などの表現を濫用することへの改善策になるかも知れない。以下の2つの図では $3 \div 2 = 1.5$ を計算尺により計算させる過程の表示である。



図5: 固定尺 (D 尺) を小数点以下2位まで表示

この細かな目盛のもとでは、答えを1.50まで読みたくなるのは自然なことだろう。



図6: 固定尺 (D 尺) を小数点以下1位まで表示

この粗い目盛の例ならば、計算結果が1.50なのか1.51なのか気にしなくなるのではないだろうか。

3.3 BMI 計算尺の解釈

身長 T (単位 m) と体重 W (単位 kg) にもとづく肥満度尺度の一つに BMI (Body Mass Index) がある。式で表せば

$$\text{BMI} = \frac{W}{T^2}$$

である。

$$\log \text{BMI} = \log W - 2 \log T$$

であるから、標準的な計算尺の原理にしたがった専用計算尺を設計できて販売もされている [3]。計算尺により計算してみることは有用である。なぜならば、上にあげた目盛の粗さに関する議論と合わせると、キログラム単位の体重で小数点以下を伴わない値から計算される BMI は小数点以下1位を要するものでないと実感できるのではないだろうか。

4 今後の課題

先端技術的話題には並列処理とアナログ計算機との関わりがある。例えば光演算による並列処理の事例には、初期の写植機で用いられたフォントの光学レンズによる変形がある。またカナダの D-Wave 社の量子アニーリング計算機は、物理現象の平衡点の利用であり、ある意味アナログ計算機である。

以上、いくつかの例を交えて考察してきたように、例えば誤差の問題を考える上でアナログ計算機は有用である。すでに触れた数覚に即して言えば、私たちは数の感覚的処理において適当な誤差内の数値を同一視している。

電卓を含めてデジタルな数字表示にならされた私たちが、その数値への実感を感じられるように、身近なツールとなったスマートフォンを通じてアナログ計算機が多数提供されることを期待するものである。

参考文献

- [1] ドゥアンヌ. 数覚とは何か. 早川書房, 2010 (原著: number sense: How the brain do, 1998)
- [2] 大駒誠一. コンピュータ開発史. 共立出版, 2005
- [3] (株) コンサイス. (BMI 計算尺ページ, 2016 年 3 月確認) https://www.concise.co.jp/user_data/category_list.php?category_id=30