

## 科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 30 年 6 月 13 日現在

機関番号：15401

研究種目：挑戦的萌芽研究

研究期間：2016～2017

課題番号：16K12791

研究課題名(和文) ネットワーク科学と社会物理学を基盤とするネオ・ラーニング・アナリティクスの展開

研究課題名(英文) Towards a New Learning Analytics Based on Complex Networks Sciences and Sociophysics

研究代表者

安武 公一 (Yasutake, Koichi)

広島大学・社会科学部研究科・准教授

研究者番号：80263664

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 2,600,000円

研究成果の概要(和文)：本研究の目的は、(1)欧州を中心として急速に発達しているネットワーク科学と社会物理学のアプローチをLearning Analytics (LA)に導入し、(2)この新しい枠組みのもとで、「データ解析による現象の把握と理論モデルによるそのメカニズムの解明」というデータ・サイエンスとしての新しいLAの方法論的基礎となる第一歩を歩むこと、であった。

本研究によって明らかになったのは次の2点である。(1) 協調的学習を行なう学習者の身体的リズム(加速度)には、周波数と加速度の累積分布に数理的な特性があること、(2) 協調的活動はコミュニティのネットワーク構造に強く依存すること。

研究成果の概要(英文)：When we began this investigation, Learning Analytics (LA) in Japan moved into a nutshell and pursued in an old-way. The purposes of this research are as follows; (1) To introduce new scientific and mathematical approaches into Learning Analytics (LA), and (2) By these groundworks, to build a solid scientific and methodological foundation of LA as "Data Sciences". Above all else, important considerations of our research are to adopt a new approaches from the domain of Sociophysics and Complex Networks Sciences that are rapidly development areas. The main contributions in this research are as follows; (1) When collaborate learning operates in a learning community, learners physical activities have a mathematical properties in terms of those accelerations (rhythms) distributions, and (2) Collaborate Learning Activities are affected by a community structures (the structure of multiplex networks of the community).

研究分野：計算社会科学

キーワード：学習科学 計算社会科学 ネットワーク科学 教育工学 協調学習

### 1. 研究開始当初の背景

2012 年われわれが初めて Learning Analytics (LA) の重要性を提唱(2012 年 CLE 研究会)して以来、本研究着手当初の時点ですらわが国の教育工学・学習科学研究者の間でも LA が注目されるようになり始めていた。LA とは、ビッグ・データの時代を背景として膨大に蓄積されるようになった多種多様な学習関連データをうまく解析することによって、「これまでは見えていなかった学習現象の本質」を捉えようという、新しい教育工学・学習科学方法論の総称である。

しかしながら本研究開始時点の特にわが国の LA の方向性には大きな限界があった。それは、現在の LA が教育工学・学習科学固有の方法論にあまりにも囚われすぎており、他分野におけるビッグ・データ解析と比べ著しく遅れていることであった。わが国の教育工学・学習科学研究は、ビッグ・データの時代に必要とされるデータ・サイエンスとしての分析手法も理論的枠組みも持ち合わせていなかったと言える。われわれはこの問題意識を 2013 年 JSET K03-2-103, 2014 年と 2015 年 JSiSE 企画 セッションなどですでに指摘していた。要するに、「教育ビッグ・データ」などは単なるパスワードでしかなかった。

### 2. 研究の目的

こうした状況を打開するために本研究は次の 2 点に焦点を当てこれらを目的としていた。

- (1) 欧州を中心として急速に発達しているネットワーク科学と社会物理学のアプローチを LA に導入し、従来の方法論に縛られている現在の LA を数理科学分析へと発展させる道を開くこと。
- (2) この枠組みのもとで、「データ解析による現象の把握と理論モデルによるそのメカニズムの解明」というデータ・サイエンスとしての新しい LA の方法論的基礎を確立すること。

### 3. 研究の方法

上記の目的を達成するために本研究が採用したのは、学習支援システム(LMS)サーバ上に記録されるログデータの可視化を中心とした、わが国の LA 研究とはまったく異なる、次の 2 つのアプローチである。

(1) 協調的学習活動を行う学習者の身体的行動のリズム加速度センサを使って計測し、加速度分布の数学的特性など解析した。この方法は、高頻度データの分布的な特性を解析する統計力学的手法、あるいは高頻度金融データの解析手法を協調学習分析に応用したものである。

(2) Multiplex Networks 構造の理論モデル(模型)を使って、協調的学習活動に関するシミュレーション分析を実施した。われわれはすでにおそらくわが国の教育工学・学習科学研究の分野で初めて、協調的学習活動の分析にコンピュータ・シミュレーションを使った解析を行なっている。本研究はそのアプローチを内外の Complex Networks 研究の動向を受けさらに発展させたものである。

### 4. 研究成果

本研究においてわれわれが得た成果は次の通りである。

(1) 協調的学習活動の身体的リズムの分布に関する実証分析

協調的学習活動を学習者が行なうとき、その活動が活発になるにつれ、加速度周波数の同期という点でとらえた学習者の相互作用のネットワークは図 1 のようにとらえることができる。加速度の時系列的变化は図 2 のようにとらえることができる。

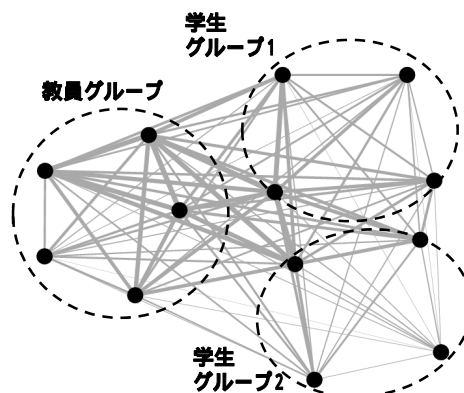


図 1 ある協調的学習活動で観察された学習者の相互作用ネットワーク

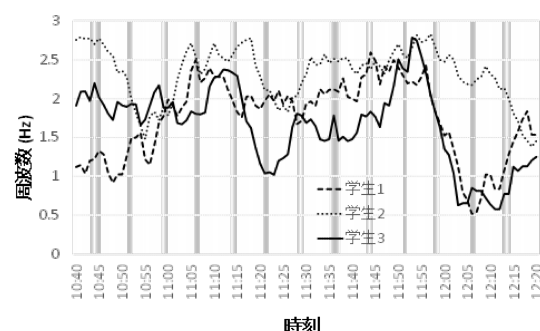


図 2 ある協調的活動における学習者の行動周波数の時系列データ

この研究では学習者の行動周波数に基づいて学習者間の「協調推測指数」を定義し、その値を同一グループ内と異なるグループとで比較した(なお、図 1 のネットワークにおいてリンクの太さは協調推測指数を反映している)。その結果、一定の留保条件付き

ではあるが、この指数によって学習者の協調的行動をとらえることが有意に可能であること ( $p < 0.05$ ) を明らかにした。

さらにまた、この実証例では、学習者のネットワークのもとで集計される学習者の身体的リズムの周波数は、図3のようにある数学的な特性を持つことを本研究では明らかにした。

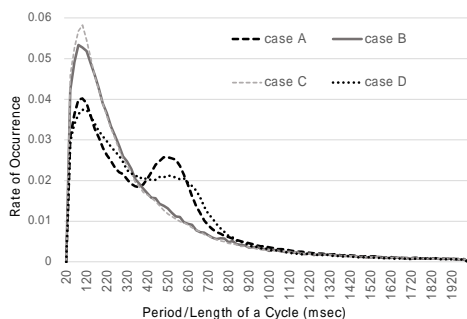


図3 ある協調学習において観察された学習者の身体的リズム（加速度）周波数の分布

② 本研究では上とは異なる2つの異なる協調的学習活動を対象として身体的リズム（加速度）の分布を解析する研究も実施した。その結果、まったく異なる協調学習活動において、学習者の加速度の分布は（確率変数の独立性を仮定した場合に中心極限定理によって保証されるガウス分布（正規分布）ではなく）指数分布に近い分布をとることが観察された（図4）。

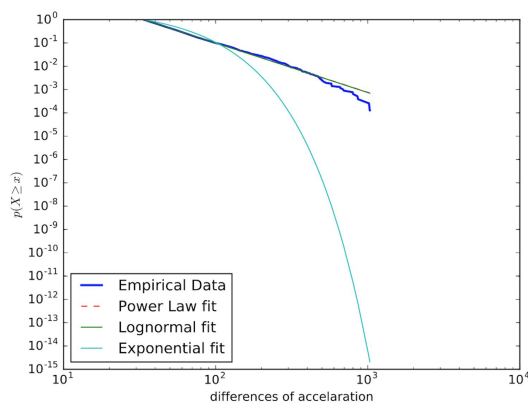


図4 協調的学習活動における全学習者の身体的リズム（加速度）の分布

この研究では、学習者の身体的リズムの加速度分布の特性と学習者が主観的に感じる「学習コミュニティに対するポジティブ性」との関係についても分析した。その方法はポジティブ心理学における「ポジティブ・ネガティブ比（P/N比）」の計測によるアプローチにしたがった。その結果、身体的リズムの加速度の集計的分布の特性（指数分布になること）とコミュニティの「成長」（コミュニティ内の学習者のP/N比の上昇）との間

には正の相関があるらしいという示唆を得た。ただしこの結論は、限られた学習コミュニティを対象としたものであり、暫定的な結果にすぎない。学習コミュニティの成長とコミュニティ活動における身体的リズムの関係については、さらなる研究の蓄積が必要である。

## (2) Multiplex Networks 構造モデルを使った協調的活動のシミュレーション分析

Multiplex Networks 構造のもとでは集団の協調的活動は、ネットワークの構造的特性に強く影響を受けること、さらには、コミュニティ内の他者との「距離」に依存して決まることを、シミュレーション分析によって明らかにした。この研究で用いたシミュレーションでは、「誰と相互作用を行うか」ということだけではなく「誰の行動から学ぶか」ということが、コミュニティの協調的活動に影響を与えるという結論を得た。このような結論は、実際の協調学習を参与観察などの手法によって分析している、従来の学習科学・教育工学のアプローチでは明らかにされなかった点である。

② 学習を「情報の伝播」の側面からとらえたシミュレーション分析では、コミュニティの Multiplex Networks 構造がその伝播現象に強く影響を与えることを明らかにした。つまり単一階層のネットワーク分析では見られなかった現象が Multiplex Networks 構造を持つコミュニティでは発生するのである。ただし、この現象がなぜ発生するのか、そのメカニズムの解析的な説明は次の課題として残されている。

## 5. 主な発表論文等

（研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線）

〔雑誌論文〕(計7件)

Takahiro Tagawa, Osamu Yamakawa, An Analysis of Characteristics of Learning Community Using Accelerometer Sensor Data with High Sampling Rate, Proceedings of Society for Information Technology & Teacher Education International Conference, 1119-1123, 2018.03. 査読有

② 多川 孝央, 田中 洋一, 山川 修, 加速度計データに基づく協調関係の推測の実験的検討, 教育システム情報学会, 34, 2, 98-106, 2018. 査読有

TAKAHIRO TAGAWA, Osamu Yamakawa, Koichi Yasutake, Takahiro Sumiya, Hitoshi Inoue, Combining Network Visualizations of Online Interactions and Real-world Collaborations in a Learning Community for

Effective Interventions, AACE World Conference on E-Learning in Corporate, Government, Healthcare, and Higher Education (e-learn 2017), 856-861, 2017.10. 査読有

Takahiro Tagawa, Yoichi Tanaka, Osamu Yamakawa, Analysis of Learning Activities in Learning Community Using Simple Accelerometer Sensor Data, Society for Information Technology & Teacher Education International Conference 2017, 1834-1838, 2017. 査読有.

Yasuyuki Nakamura, Takahiro Nakahara, A New Mathematics Input Interface with Flick Operation for Mobile Devices, MSOR Connections, 15, 76-82, 2017. 査読有.

曾我聡起, 中原敬広, 川名典人, 布施泉, 中村泰之, ボトムアップから始めるデジタル教科書を用いた授業の実践と提案, コンピュータ&エデュケーション, 41, 14-21, 2016, 査読有.

古川雅子, 山地一禎, 安武公一, 中村泰之, 山田恒夫, 梶田将司, 第6回 Learning Analytics & Knowledge Conference (LAK2016)参加報告, 情報処理学会情報教育シンポジウム(SSS2016)論文集, 55-58, 2016. 査読有

〔学会発表〕(計4件)

山川修, 多川孝央, 加速度センサーを使った学生の情動知能の把握の試み, 情報処理学会教育学習支援情報システム研究会, 2018.03.

② 安武公一, 中村泰之, 多川孝央, 田坂佳子, 北尾桃子, 学習コミュニティ活動における学習者行動リズムのマクロ的な特性とコミュニティの「成長」について, 第1回計算社会科学ワークショップ, 2017.02. <http://css-japan.com/wp-content/uploads/2017/02/12.CSSJWS.pdf>

多川孝央, 田中洋一, 山川修, 加速度データを用いた学習者間の協調関係の推測について, 教育システム情報学会研究報告, 30, 43-48, 2016

安武公一, 中村泰之, 山地一禎, 古川雅子, 梶田将司, 山川修, 多川孝央, 最先端の Learning Analytics 研究を目指して一周回遅れのわが国の LA 研究を打破するため - 第41回教育システム情報学会全国大会, 2016.08

6. 研究組織  
(1) 研究代表者

安武 公一 (YASUTAKE, Koichi)  
広島大学・大学院社会科学研究所・准教授  
研究者番号: 80263664

(2) 研究分担者

中村 泰之 (NAKAMURA, Yasuyuki)  
名古屋大学・大学院情報科学研究科・准教授  
研究者番号: 70273208

(3) 研究分担者

多川 孝央 (TAGAWA, Takahiro)  
九州大学・情報基盤研究開発センター・准教授  
研究者番号: 70304764