

科学研究費助成事業 研究成果報告書

令和 5 年 6 月 9 日現在

機関番号：15401

研究種目：基盤研究(B) (一般)

研究期間：2018～2021

課題番号：18H01052

研究課題名(和文)「複雑系科学+計算社会科学」アプローチに基づく学習相互作用力学に関する理論的研究

研究課題名(英文) Theoretical Approach to Learning Dynamics based on Complex Sciences and Computational Social Sciences

研究代表者

安武 公一 (Yasutake, Koichi)

広島大学・人間社会科学研究科(社)・准教授

研究者番号：80263664

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 8,700,000円

研究成果の概要(和文)：学習科学・教育学の協調学研究では静的ネットワークが理論的道具として使われることが多い。これに対してわれわれはテンポラルネットワークがより適切であることを本研究で確認した。さらに本研究では、学習のBurst性を協調学習のモデルに組み込むことも検討してみた。まだこの研究は完成しているとは言えないが、今後注目に値する概念的道具であるとわれわれは見ている。本研究の結論は次の通りである。

(1) 協調学習プロセスの分析にあたってはTDAを導入することも重要な視点である。(2) 協調的な学習プロセスをモデル化するためには今後テンポラルネットワークと点過程を使った概念の数理化が必要である。

研究成果の学術的意義や社会的意義

本研究の意義は、(i) 学習共同体における活動を、多層かつ動的な構造を持つネットワーク上での相互作用力学としてとらえ、学習相互作用力学の機能、メカニズム、ダイナミクスを、従来の方法論にとらわれないアプローチによって解明する足掛かりをつかみ、(ii) ひいては、伝統的な分析手法にとらわれている現在の Learning Analytics (学習支援システムなどに蓄積されたデータ解析を中心とする手法：LA) をデータ分析科学とするための方法論的基礎を提供すること、に挑戦したことである。テンポラル・ネットワークや点過程概念の重要性の確認などは従来の研究では触れられなかった点である。

研究成果の概要(英文)：Static networks are often used as a theoretical tool in cooperative studies in learning sciences and educational technology. In contrast, we confirmed in this study that temporal networks are more appropriate. Furthermore, in this study, we also tried to incorporate the burst nature of learning into the model of cooperative learning. Although this research is not yet complete, we believe it is a conceptual tool that deserves further attention. The conclusions of this study are as follows.

(1) The introduction of TDA is an important perspective for analyzing the cooperative learning process. (2) Mathematicalization of concepts using temporal networks and point processes is necessary to model the cooperative learning process in the future.

研究分野：教育学

キーワード：教育学 学習科学 協調学習 計算社会科学 ネットワーク科学 位相的データ解析 シミュレーション分析 複雑系

1. 研究開始当初の背景

わが国で初めて複雑ネットワーク科学を応用した学習コミュニティ分析を行なったのは、おそらくわれわれである。それ以来、教育工学の分野でもネットワーク分析に関する研究も増えてきた。とりわけ、ビッグデータの時代を背景として Learning Analytics (LA) が提唱されて以降、社会ネットワーク分析は協調的学習活動に対する主な分析方法のひとつとなっている(わが国で最初に LA の重要性を主張したのもわれわれである)。

しかしながら現在の特にわが国の教育工学研究で採用されている社会ネットワーク分析は、一世代前の時代のアプローチであり、この分野を牽引している複雑ネットワーク科学の知見はほとんど導入されていない。LA 研究においても扱うデータ量は増えたものの、その「可視化」に関する研究がほとんどであり、学習というダイナミックな現象を文字通り「動的」にとらえた研究はまだないのが現状であった。

われわれはこれまで、多階層のネットワーク上で人々の協調的な関係が維持されるための条件について論じるなど、複雑ネットワーク科学に関する研究も発表してきた。また、センサデータを使って学習活動中の身体的加速度のリズムを計測し、その特性と協調的活動との間にある関係があることを見出すなど、これまでの LA 研究の枠にはとられない研究や提案も行ってきた。こうしたことを背景として、急速に発展している複雑ネットワーク科学や関連数理科学の知見を教育工学研究に導入することで、データサイエンスを志向した LA への道を開くというのが本研究である。

2. 研究の目的

本研究の目的は上述した問題意識にもとづき、(1) 学習共同体における活動を、多層かつ動的な構造を持つネットワーク上での相互作用力学としてとらえ、学習相互作用力学の機能、メカニズム、ダイナミクスを、従来の方法論にとられないアプローチによって解明する足掛かりをつかみ、(2) 従来の分析手法にとられている現在の Learning Analytics (学習支援システムなどに蓄積されたデータ解析を中心とする手法: LA)をデータ分析科学とするための方法論的基礎を提供すること、である。

3. 研究の方法

当初本研究では次の方法によって遂行することを計画していた。(1) 実証データの分析によって学習共同体のネットワーク構造を解析する、(2) 実証データによって明らかとなったネットワークの特性を再現する理論的基礎モデルの開発とそのモデルを使った学習相互作用に関する理論研究、(3) 理論モデルの拡張的研究。

4. 研究成果

研究初年度の目標は、次年度以降の理論分析の準備として、実証データの分析による学習共同体の Multilayer/Temporal Networks 構造の解析に着手することであった。この点については当初の研究予定を一部修正し、(1) 国内外の研究会、カンファレンス等に参加しセンサデータ分析に関する最新の情報を収集すること、(2) 研究計画作成時には見られなかった技術進歩による最新のセンサデータの導入を検討すること、以上の2点を研究初年度の目標とした。さらに(2)については新しく開発されたリストバンド型のセンサデータの開発企業に連絡をとり、次年度初頭に MTG を開催することとした。研究初年度に参加した研究会、カンファレンス等は次の通りである。

1. 2018年4月名古屋大学にて Complex Networks 上の ABS(Agent Based Simulation)に関する研究会を開催した。
2. 2018年5月名古屋大学にて圏論に関する研究会を開催し、学習科学分析への応用の可能性について検討した。
3. 2018年6月 IMLF2018 に参加、主として 東南アジア各国におけるモバイル学習端末の活用等について知見を得た。
4. 2018年8月九州大学にて研究分担者らと研究 MTG を開催し研究の方向性について議論した。
5. 2018年9月日本教育工学会全国大会(東北大学)に参加。2018年9月シンガポールで開催された、人工知能の教育への応用を検討するフォーラムに参加、最新の知見と情報を収集した。
6. 2018年12月 UK ケンブリッジ大学で開催された Complex Networks Workshop 2018 にて協

調的行動に関する研究発表を行った。

7. 2019年3月LAK2019に参加した。

研究初年度の進捗状況は当初の予定よりも「やや遅れて」いた。その理由は、当初の予定を一部変更したためである。具体的には、研究計画調書作成時においては、その時点でわれわれが使用していたセンサデータを使ったデータ収集を計画していた。しかしながら、(1) 研究に着手した段階以降、より技術的に進歩したセンサデータが開発されていたこと、(2) 人工知能（特に機械学習）を教育・学習データ分析に活用した研究が盛んに行われるようになったこと、以上の2点を考慮した上でこの2点を導入した研究計画の一部修正を行なった。これが理由である。

研究初年度での若干の方向性の修正を行なった後2019年度の研究では当初、以下の研究を進める予定であった。(1) 2018年度に新しく使用するかどうかの検討対象となったセンサデータ等を実際に使って、学習共同体の実証データの収集を実施する。(2) 収集したセンサデータを「集計的」かつ「時系列的」に分析することを試みる。(3) Multiplex/Temporal Networksの枠組みを使って理論モデル化の可能性を探る。(4) 以上のデータ分析と平行して、時間的に可能であれば2019年度内に学習共同体の学習ダイナミクスを記述する理論モデルの研究に入る。具体的にはMultiplex/Networks上の情報ダイナミクス現象として協調学習をモデル化することを目指す。(5) 研究の成果は国内外の研究会、カンファレンスで発表。その候補としては、International Conference on Web and Social Media, Learning@ Scale, International Conference on Computational Social Sciences, AIED, NetSci, Complex Networksなどを考えていた。

しかしながら、2019年度後半に発生したSARS-Cov-2による世界的なパンデミックにより、研究の進展は阻害されはじめ、結果的に2019年度の研究は2020年度へと繰越さなければならない事態となった。本研究において特に痛手となったのは、センサデータを使って協調学習の実証分析を実行すること、そしてこの実証分析の結果に対応して理論モデルを構築することであったため、これらの研究は2020年度への延期に引き続きさらに2021年度に繰り越さなければならないようになった。

2020年度の計画もCovid-19(新型コロナウイルス感染症)の世界的拡大により必要なデータ収集計画の一時凍結を余儀なくされ、2021年度、さらには2022年度へと2度延長せざるを得なかった。そこでわれわれはこの延長期間を利用して、新しいデータ解析手法の導入を本研究で試みることを検討した。その新しいデータ解析手法とは、位相的データ解析(Topological Data Analysis: TDA)である。TDAは従来の統計解析方法とはアプローチがまったく異なっている。TDAは代数的位相数学(代数的トポロジー)の諸概念を使ってデータの集合体をユークリッド空間などの位相空間上の「図形」によって把握する手法である。この方法は結晶化学などの分野で近年応用が進んでいるが、学習科学・教育工学の領域での応用はまだほとんど手つかずの状態であると言える。われわれはCovid-19による研究の一時的延長期間を利用してTDAの学習データ解析の応用問題に着手することにした。この期間における研究活動でわかったことは、次の通りである。

1. 現在TDAで中心となっているPersistent Homologyを理解するためには群論と代数的位相数学の知識が必要であり、特に「ホモロジー」概念に基づいて学習理論を再構築しなければならない。
2. したがってTDAを学習データ解析に広く応用するためには、学習科学研究・教育工学研究の処理論を代数的位相数学をつかって再構築しなければならない。

これらの点が理解できたことからわれわれは2021年度から断続的に群論と代数的位相数学(代数的トポロジー)を理解するための研究会を開催した。

本研究は本来2021年度が研究最終年度であった。しかしながら上でも述べたように、Covid-19(新型コロナウイルス感染症)の世界的拡大により、2020年度にプランニングしていた研究は2021年度と2022年度の2度にわたって延長せざるをえず、その影響は研究最終年度の研究プランに及んだ。われわれは研究最終年度の再延長申請は行わなかったため、2022年度には2020年度と2021年度に計画していた研究を同時並行的に微調整を重ねて実行した。

2022年度にわれわれは(2020年度の研究プランを修正した)位相的データ解析を協調学習のLearning Analyticsに応用することを試みた。この検討過程でわれわれが見出したのは、人間のコミュニケーション活動の動的な時間依存性である。そのために次に(そして同時に)われわれが検討したのが、テンポラルネットワークワーク上での動的プロセスとして協調学習の相互作用過程をとらえることである。現在のところ学習科学・教育工学の協調学研究では、静的ネットワークが理論的道具として使われることが多い。これに対してわれわれはテンポラルネットワークがより適切であることを確認した。さらにわれわれは、学習のBurst性を協調学習のモデルに組み込むことを検討してみた。この検討においてわれわれが重要視しているのが、自己励起的な点過程(Hawkes Processes)である。まだこのモデルは完成しているとは言えないが、今後注目に値する概念的道具であるとわれわれは見ている。

本研究の結論を述べる．

1. 協調学習プロセスの分析にあたっては TDA を導入することも重要な視点である．
2. 協調的な学習プロセスをモデル化するためには今後テンポラルネットワークと点過程を使った概念の数理化が必要である．

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計8件（うち査読付論文 4件／うち国際共著 0件／うちオープンアクセス 1件）

1. 著者名 Takahiro Tagawa, Jin Meng, Hitoshi Inoue	4. 巻 2019
2. 論文標題 A Smart Speaker Application to Assist Japanese Onomatopoeia Learning: A Prototype	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Proceedings of Society for Information Technology & Teacher Education International Conference(SITE)	6. 最初と最後の頁 808-811
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） なし	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -
1. 著者名 山川修	4. 巻 19
2. 論文標題 対話による知の創造--問いと関係性の变化を導くものとしての対話--	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 臨床心理学	6. 最初と最後の頁 570-574
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） なし	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -
1. 著者名 天野 由貴, 隅谷 孝洋, 長登 康, 稲垣 知宏	4. 巻 2019
2. 論文標題 反転授業動画のカオアリとカオナシの比較	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 情報処理学会研究報告	6. 最初と最後の頁 29-29
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） なし	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -
1. 著者名 Tagawa, T., and Yamakawa, O.	4. 巻 2020
2. 論文標題 A Smartwatch-Based System for Students Sensor Data Collection: A Trial of Use and Study on Analysis	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Proceedings of Society for Information Technology & Teacher Education International Conference	6. 最初と最後の頁 1036-1040
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） なし	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 井上仁, 後藤浩士, 伊達卓二, 隅谷孝洋, 多川孝央, 豊野勇紀	4. 巻 2019-CLE-27-15
2. 論文標題 学習活動の数理モデル化とそれに基づく修学支援システムでの履歴情報蓄積機能の構築に向けて	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 研究報告教育学習支援情報システム	6. 最初と最後の頁 1-3
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Yasuyuki Nakamura, Koichi Yasutake, Keiya Ando, and Takahiro Tagawa	4. 巻 1
2. 論文標題 Effects of Interaction and Learning Distance on Cooperation in Evolutionary Games on a Multiplex Network	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Proceedings The 7th International Conference on Complex Networks and Their Applications COMPLEX NETWORKS 2018	6. 最初と最後の頁 -
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1007/978-3-030-05411-3_63	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 山川修	4. 巻 036-06
2. 論文標題 社会情動的スキル向上プログラムにおける学習者特性による効果の違い	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 JSiSE-TR	6. 最初と最後の頁 120-126
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Yasutake, K., Nakamura, Y., Tagawa, T., Kitao, M., and Tasaka, Y.	4. 巻 2022
2. 論文標題 An Essay on the Relationship between the Characteristics of Aggregated Learning Physiological Data and the Growth of Learning Communities	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Proceedings of EdMedia + Innovate Learning 2022	6. 最初と最後の頁 375-380
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

〔学会発表〕 計12件（うち招待講演 4件 / うち国際学会 1件）

1. 発表者名 山川修
2. 発表標題 圏論を利用した学習のモデル化の可能性
3. 学会等名 日本教育工学会2020年春季全国大会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 隅谷孝洋, 長登康, 挽地平
2. 発表標題 雲のむこう, LMSのはやさ
3. 学会等名 情報処理学会情報教育シンポジウム
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 安武公一
2. 発表標題 ヴァーチャルな空間でリアルな授業を！---インタラクティブ性を導入したオンライン授業の実践報告---
3. 学会等名 サイエンティフィック・システム研究会教育環境分科会2020年度会合（招待講演）
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 安武公一, 小山歩優
2. 発表標題 複雑ネットワーク構造を組み込んだSIRモデルによるCOVID-19禍の「Go Toトラベル」政策に関する市ミュレーション分析
3. 学会等名 計算社会科学ワークショップ
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 隅谷孝洋
2. 発表標題 オンライン授業期の学習活動状況を、LMSのログから概観する
3. 学会等名 第15回 大学等におけるオンライン教育とデジタル変革に関するサイバーシンポジウム「教育機関DXシンポ」(招待講演)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 隅谷孝洋
2. 発表標題 オンライン授業期の学習活動状況を、LMSのログから概観する (2)
3. 学会等名 第25回 大学等におけるオンライン教育とデジタル変革に関するサイバーシンポジウム「教育機関DXシンポ」(招待講演)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 隅谷孝洋, 近堂徹
2. 発表標題 広島大学におけるオンライン授業と教育学習支援環境
3. 学会等名 情報処理学会研究報告
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 山川修
2. 発表標題 ライブデザイン・ポートフォリオプログラムの学習者特性による効果の違い
3. 学会等名 教育システム情報学会第47回全国大会講演論文集
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 山川修
2. 発表標題 デザイン思考のプロセスを補完するコトのデザインのプログラム
3. 学会等名 日本教育工学会2022年度秋季大会講演論文集
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 井上仁, 安武公一, 山川修, 多川孝央, 隅谷孝洋
2. 発表標題 学習分析への位相的データ解析の適用に向けて
3. 学会等名 日本教育工学会2022年度春季大会講演論文集
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 山川修
2. 発表標題 毎日の実践報告の可視化と返却の自動化
3. 学会等名 日本教育工学会2022年度春季大会講演論文集
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 隅谷孝洋
2. 発表標題 広島大学における情報セキュリティ教育
3. 学会等名 立正大学FD講演会(招待講演)(国際学会)
4. 発表年 2022年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

-

6. 研究組織

	氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
研究分担者	井上 仁 (Inoue Hitoshi) (70232551)	中村学園大学・流通科学部・教授 (37109)	
研究分担者	中村 泰之 (Nakamura Yasuyuki) (70273208)	名古屋大学・情報学研究科・准教授 (13901)	
研究分担者	多川 孝央 (Tagawa Takahiro) (70304764)	九州大学・情報基盤研究開発センター・学術研究員 (17102)	
研究分担者	山川 修 (Yamakawa Osamu) (90230325)	福井県立大学・学術教養センター・教授 (23401)	
研究分担者	隅谷 孝洋 (Sumiya Takahiro) (90231381)	広島大学・情報メディア教育研究センター・教授 (15401)	

7. 科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計0件

8. 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

共同研究相手国	相手方研究機関
---------	---------