

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 26 年 5 月 28 日現在

機関番号：15401

研究種目：挑戦的萌芽研究

研究期間：2012～2013

課題番号：24650557

研究課題名(和文) 協調学習理論の基本原則と構造を力学系によって数理モデル化するための基礎研究

研究課題名(英文) A Fundamental Research on Mathematical Models for Collaborative Learning

研究代表者

安武 公一 (Yasutake, Koichi)

広島大学・社会(科)学研究科・講師

研究者番号：80263664

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 2,900,000円、(間接経費) 870,000円

研究成果の概要(和文)：本研究着手以降、MOOCのような従来は見られなかった大規模なオンライン学習環境の実現、Learning Analyticsなど新しいタイプのアプローチの提唱など、新しいテーマに国際的な関心が集まるようになった。こうした動向に照らし合わせて本研究で得た最大の成果は、シナジェティクスで提唱されている「隷従原理」を学習プロセスの記述に適用することが、学習の効果を数理的に記述する上では有効であることを突き止めたことである。

研究成果の概要(英文)：One of the most global interests in the research horizons of educational technology and learning sciences are emergent of massive virtual learning environment like MOOC and the new proposed approach to learning sciences, i.e. Learning Analytics. With respect to these movements, our findings in this research are as follows; 1) It may be necessary to introduce mathematical analytics based on Markov Process like Yule process or Birth-Death process, to analyze learning processes in massive virtual learning environments like MOOC. 2) Learning processes weave "fast variables" with "slow variables". Learning phenomena are based on these variables. Therefore, applying "the principle of slaving", which is propounded in Synergetics, to describe learning phenomena mathematically will be one of the most successful strategies.

研究分野：総合領域

科研費の分科・細目：科学教育・教育工学・教育工学

キーワード：複雑系科学 学習科学 数理モデル ネットワーク分析 力学系

1. 研究開始当初の背景

学習科学・教育工学研究の領域では学習現象そのもの、あるいは、それに関する諸概念を数学的言語によって記述するという、数理学化が著しく遅れていた。そのため一般性と普遍性をもった理論はほとんど構築されていない状況にあった。

このことがなぜ問題であるかと言えば、たとえば、学習科学・教育工学の領域で提唱されている、「建設的相互作用説」や「集合知の収斂説」などの仮説群を考えてみればよい。この領域ではこうした概念によって、学習共同体での学習者間の相互作用が理解の深化を説明してきた(状況的学習論、正統的周辺参加論、最近接発達領域論など)。しかしながら、こうした仮説群はあくまでも「観察と自然言語に基づく推測」によって導き出されたメタファーであるにすぎない。「相互作用」「集合知の収斂性」などの数学的概念は借り物なのである。学習科学・教育工学の領域では、本来非線形現象である協調学習の相互作用などの概念が厳密に定義されモデル化されたことは、ほとんどなかったといえる。一般的な妥当性と普遍性をもった協調学習の理論が未だ構築されていないのもそのためである(これらのことは本研究以前にすでに、2011年 JSET 全国大会課題研究 K2-203-05 などで指摘していた問題である)。

2. 研究の目的

本研究の目的は、これまで自然言語に依拠して記述されてきた協調学習に関する代表的理論の基本原則と構造を、数学的言語によって記述し直すことによって、協調学習研究、ひいては学習科学研究を厳密な学とするための突破口を切り開くことであった。具体的には次の2つの目標を掲げた。1) 正統的周辺参加論、最近接発達領域など代表的な協調的学習理論の構造と基本原則を力学系として数理的・公理的に記述し直すこと。2) その上で、認知神経科学などミクロ・レベルで研究が進んでいる関連研究との接合・融合を試みる。

本研究は、特定・個別実践のプロファイルを蓄積することしかできていない学習科学研究の従来の方法論とは明確に一線を画し、数理的アプローチを提唱することによって学習理論の一般化・普遍化を目指すこと、そして、他領域で先行しているミクロ・レベルの数理的研究とマクロ・レベルにおける学習科学・教育工学研究とを理論的に接合する試みへの第一歩となること、それが本研究であった。

3. 研究の方法

本研究は基本的に「文献研究フェーズ」と「数理研究フェーズ」という、2つの段階を踏んで行った。

「文献研究フェーズ」では、Lave and Wenger の正統的周辺参加論、Vygotsky の最近接発達領域論(歴史・文化学派)、Engestrom の拡張による学習理論を代表的な協調学習理論として取り上げ、それぞれの理論の数学的構造と基本原則を力学系からの観点から抽出することを試みた。

「数理研究フェーズ」では「文献研究フェーズ」において数理的な構造化を試みた諸理論をモデル化することを検討した。加えて、それらのモデルと隣接関連科学でのモデルとの接合を試みた。この数理研究フェーズでわれわれが目指したのが、協調学習という現象を主として力学系(非線形微分方程式)によって記述するという方法論である。特に、Synagetics、およびその理論的発展ヴァージョンである Sociodynamics のモデルによって、協調学習理論と学習現象を記述することをわれわれは試みた。

4. 研究成果

本研究着手以降、MOOC のような従来は見られなかった大規模なオンライン学習環境の実現、Learning Analytics など新しいタイプのアプローチの提唱など、国際的に新しく関心を集めるようになったテーマがある。この動向と並行して本研究課題で得た成果は次の通りである。

1) MOOC のような巨大な学習環境での学習プロセスを記述するためには、Yule 過程、あるいは出生消滅過程といった飛躍型マルコフ過程をモデル化することが、ひとつの突破口となりえる。

2) 学習プロセスでは、変化速度が遅い変数と速い変数が混在し、それらが学習現象を出現させる。したがって、シナジェティクスで提唱されている「隷従原理」を学習プロセスの記述に適用することが、学習の効果を数理的に記述する上では有効であるように思える。

3) ビッグ・データを対象とした分析を本格的に行なおうとするのであれば、これまで教育工学/学習科学が依拠してきた方法論を本質的に拡張あるいは修正しなければならない。

特に最後の点に関して本研究がこの領域で提唱したアプローチは重要である。これまでの学習科学・教育工学研究の多くは、「文脈依存」という言葉のもと、特定事例のプロファイルに強く依存したものであった。しかし特定事例のプロファイルをいくら積み重ねたところで、そこで得られるのは、一般的な博物誌であるという批判を逃れることはできない。本研究が提唱した数理的アプローチは、学習科学・教育工学研究のこう

した方法論上の欠陥を補い、実証科学としての確立を目指すものである。

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)

1. Kohei Ogawa, Yasuyuki Nakamura, Koichi Yasutake, and Osamu Yamakawa, Mathematical Model for Collaborative Learning Acquiring: Hierarchic Structure Knowledge, Proceedings of the 21th International Conference on Computers in Education, 査読有, 2013, pp.247-251

2. Yoichi Tanaka, Toshifumi Sawazaki, and Osamu Yamakawa, Desiring Courses Based on SECI Model with Mahara as an e-Portfolio, Proceedings of ePIC 2013, 査読有, 2013, pp.132-132

3. Takahiro Tagawa, Koichi Yasutake, Osamu Yamakawa, Takahiro Sumiya, and Hitoshi Inoue, Network Visualization of Connection inside Social Network Service for the Evaluation and Assessment of the Learning Community, Proceedings of Society for Information Technology & Teacher Education International Conference 2013, 査読有, 2013, pp.1054-1059.

4. Yasuyuki Nakamura, Koichi Yasutake, Osamu Yamakawa, Some Aspects of Mathematical Model of Collaborative Learning, Proceedings of the IADIS International Conference CELDA, 査読有, 2012, pp.305-307

5. Yasuyuki Nakamura et.al., (1st author) Development of a Question-authoring Tool for Math e-Learning System STACK, Proceedings of the IADIS e-Learning 2012, 査読有, 2012, pp.435-307

6. Takahiro Tagawa, Koichi Yasutake, Osamu Yamakawa, et al., (2nd and 3rd author) Introduction Network Measures of Social Capital to the Analysis of Learning Community, IADIS ITS2012, 査読有, 2012, pp.317-319

7. Takahiro Tagawa, Osamu Yamakawa, and Koichi Yasutake et.al., (2nd and 3rd author) Combining Community Detection Method and Text Mining to Investigate the Interaction inside SNS as Learning Community, IADIS e-Society 2012, 査読有, 2012, pp.539-542

[学会発表](計12件)

1. 安武公一, 中村泰之, 山川修, Learning Analytics に関する教育工学/学習科学の Missing Link, 日本教育工学会第29回全国大会(課題研究), 2013年9月20日-23日,

秋田大学

2. 安武公一, Learning Analytics (LA) を教育にどう活用するか(指定討論), 第20回大学教育研究フォーラム参加者企画セッション(招待講演), 2014年3月18日-19日, 京都大学

3. 西進之介, 中村泰之, 安武公一, 山川修, 協調学習の微分方程式による数理モデル化とその解析, 日本教育工学会第29回全国大会, 2013年9月20日-23日, 秋田大学

4. 多川孝央, 山川修, 安武公一, 隅谷孝央, 井上仁, 複数のデータに基づく多面的な学習履歴情報分析について, 日本教育工学会第29回全国大会(課題研究), 2013年9月20日-23日, 秋田大学

5. 田中洋一, 入澤学, 山川修, 大学連携ですすめる学生意識調査の分析-F レックスにおける教学 IR の取組み-, 日本教育工学会第29回全国大会(課題研究), 2013年9月20日-23日, 秋田大学

6. 安武公一, 豊かな協調を導くデザイン原則の確立に向けて(指定討論), 日本教育工学会第28回全国大会(招待講演), 2012年9月17日, 長崎大学

7. 安武公一, ライフログの教育活用における海外動向, サイエнтиフィック・システム研究会教育環境分科会第2回会合(招待講演), 2012年10月24日, ANA クラウンプラザ神戸

8. 安武公一, 協調学習環境を生態系としてとらえた非線形力学分析の提案, 日本教育工学会第28回全国大会, 2012年9月15日, 長崎大学

9. 安武公一, Social Learning Analytics ver.2 の提案, 情報処理学会第8回CLE研究会, 2012年12月3日, 九州大学

10. 山川修, 大学間連携で利用するSNSの可能性と課題, 教育システム情報学会第37回全国大会(招待講演), 2012年8月24日, 千葉工業大学

11. 山川修, CLE を利用した学習の可視化と分析に関する提案, 情報処理学会第8回CLE研究会, 2012年12月3日, 九州大学

12. 山川修, 学習科学における新しい研究アプローチの提案, 日本教育工学会第28回全国大会, 2012年9月16日, 長崎大学

6. 研究組織

(1)研究代表者

安武 公一 (Koichi Yasutake)

広島大学・大学院社会科学部研究科・講師
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

山川 修 (Osamu Yamakawa)

福井県立大学・学術教養センター・教授
研究者番号：90230325