

令和 4 年 5 月 29 日現在

機関番号：17102

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2019～2021

課題番号：19K12064

研究課題名(和文)「実世界における学び方」を学習棄却・再学習させるための計算論的学習方略研究

研究課題名(英文) Computational Study of Learning Strategies for Un-learning and Re-learning "How to Learn in the World"

研究代表者

岡田 昌也 (Okada, Masaya)

九州大学・共創学部・准教授

研究者番号：10418519

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,400,000円

研究成果の概要(和文)：実世界に根ざした知識を得るためには、机上での学びにとどまらず、実世界の中で行動を通して学ぶ実世界学習が重要である。このとき、学習者が、自らの学習活動を省みて「学び方」を適切に自己調整できれば、知的生産性を高める行動をとれる。本研究では、このような「学び方」の内省を促すために、「実世界における学び方」を学習棄却・再学習させるための計算論的学習方略研究を実施した。学習者らの外部状態の計測に基づき学習の質的特性を評価する際、本研究が構造化・モデル化した計算的過程を利用できる。本研究が得た基礎知見は、人工知能による次世代学習支援などの応用に活用が期待される。

研究成果の学術的意義や社会的意義

本研究は、学習科学、行動情報学、身体性認知科学の統合によって、実世界における状況論的知能のメカニズムについて基礎的研究成果を得た。本研究は、人工知能による次世代学習支援などの応用を行う際、その基礎的知見として活用が期待される。具体的には、行動の計測・理解からの学習効果の予測技術の発展に寄与し、実世界における学習者に効果的な行動を取るよう促す学習支援技術への応用が期待される。

研究成果の概要(英文)：As an alternative of desktop learning, real-world learning by behaving in the world is important to acquire knowledge derived from the real world. If a learner can properly self-regulate "how to learn" by reflecting on his/her own learning activities, he/she can take actions to increase intellectual productivity. We conducted a computational study of learning strategies, as a basis to encourage a learner to reflect on, un-learn, and re-learn his/her way of real-world learning. Our computation models can be used to estimate qualitative characteristics of learning by measuring external situation of a learner. We expect that our basic findings are used for developing next-generation learning support with artificial intelligence.

研究分野：ヒューマンインタフェース・インタラクション

キーワード：ラーニングアナリティクス 行動情報学 実世界学習 学習方略 計算論 状況論的知能

### 1. 研究開始当初の背景

近年の学習科学研究において、学習者が「学び方」を学ぶことの重要性が指摘されている。これは、学習者が、自らの学習プロセス、メタ認知的コントロール、思考、行動に対して、より責任を持って自己調整すべきであるという知見に基づく。学習者が自らの学習方略を自己調整するためのメカニズムは、教室学習では盛んに研究されてきたが、一方で、このようなメカニズムは、教室外で実施される実世界学習の分野(自然の中での環境学習など)においては、ほとんど研究例がなかった。

### 2. 研究の目的

実世界に根ざした知識を得るためには、机上での学びにとどまらず、実世界の中で行動を通して学ぶ実世界学習が重要である。このとき、学習者が、自らの学習活動を省みて「学び方」を適切に自己調整できれば、知的生産性を高める行動をとれる。本研究は、このような「学び方」の内省を促すための基礎として、「実世界における学び方」を学習棄却・再学習させるための計算論的学習方略研究を実施した。特に、本研究は、「実世界における学び方」によって発揮される状況論的知能に焦点をあて、その計算論的プロセスについて、モデル化、理解、推定を行うことを目的とした。

### 3. 研究の方法

研究目的へのアプローチ方法として、本研究は、実世界型研究フレームワーク(図1)を提案・実施した。すなわち、生態学的妥当性が担保されたうえで、状況論的知能に対する定性的な仮説・定量的なモデルを構成し、モデルの実践的な評価から新たな知見を得ることによって、より適切なモデルを再構築する研究フレームワークである。これは、デザイン研究の方法論を、実世界学習における人の知能や行動生成プロセスを対象として応用するものである。本研究における生態学的妥当性は、厳密すぎる実験条件を課さずに、実世界において学習者の自然な振舞いを促すことによって、担保する。

本研究では、この実世界型研究フレームワークの中で、[Phase1] 仮説立案、[Phase2] 計算論的表現、[Phase3] 実験計画、[Phase4] 実践的検討、[Phase5] モデル評価、[Phase6] 再デザイン、からなるサイクリックループを回して、知見を洗練させるという研究方法をとった。

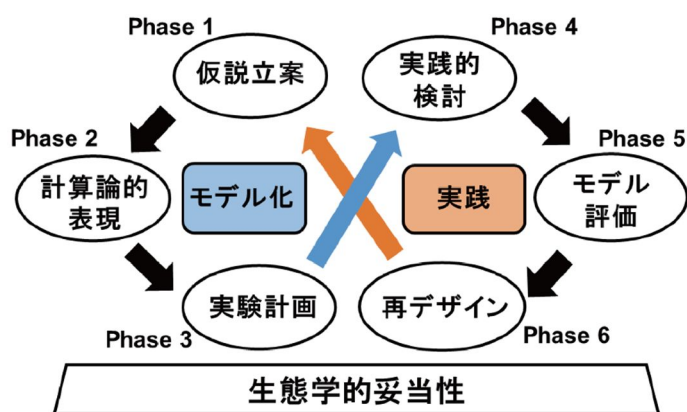


図1: 実世界型研究フレームワーク

### 4. 研究成果

2019年度、「実世界における学び方」を学習棄却・再学習させるための計算論的学習方略研究に関する基礎研究として、以下の研究を行った。

(1)「観察法によってなされる、行動観測、行動データの取得、行動の意味情報の抽出過程」を、マルチモーダルセンサデータの階層的抽象化を中核とした計算的過程として、構造化・モデル化する手法を開発した。そして、実世界における科学的探究の活性化に寄与する共同的観察行動の時空間的特徴の推定技術(図2)を開発し、データ分析を通してその有効性を確かめた。

(2) 学習者の知識空間が、彼ら自身の方略実行、実世界インタラクションを通して、自己組織化される動的過程(ダイナミクス)をモデル化した。そして、マルチモーダル行動センシング技

術と、知識の構造化表現技術の統合によって、実世界学習における認知・行動方略の自己調整過程を観察・トレース・検証するためのマルチモーダルラーニングアナリティクスを開発した。

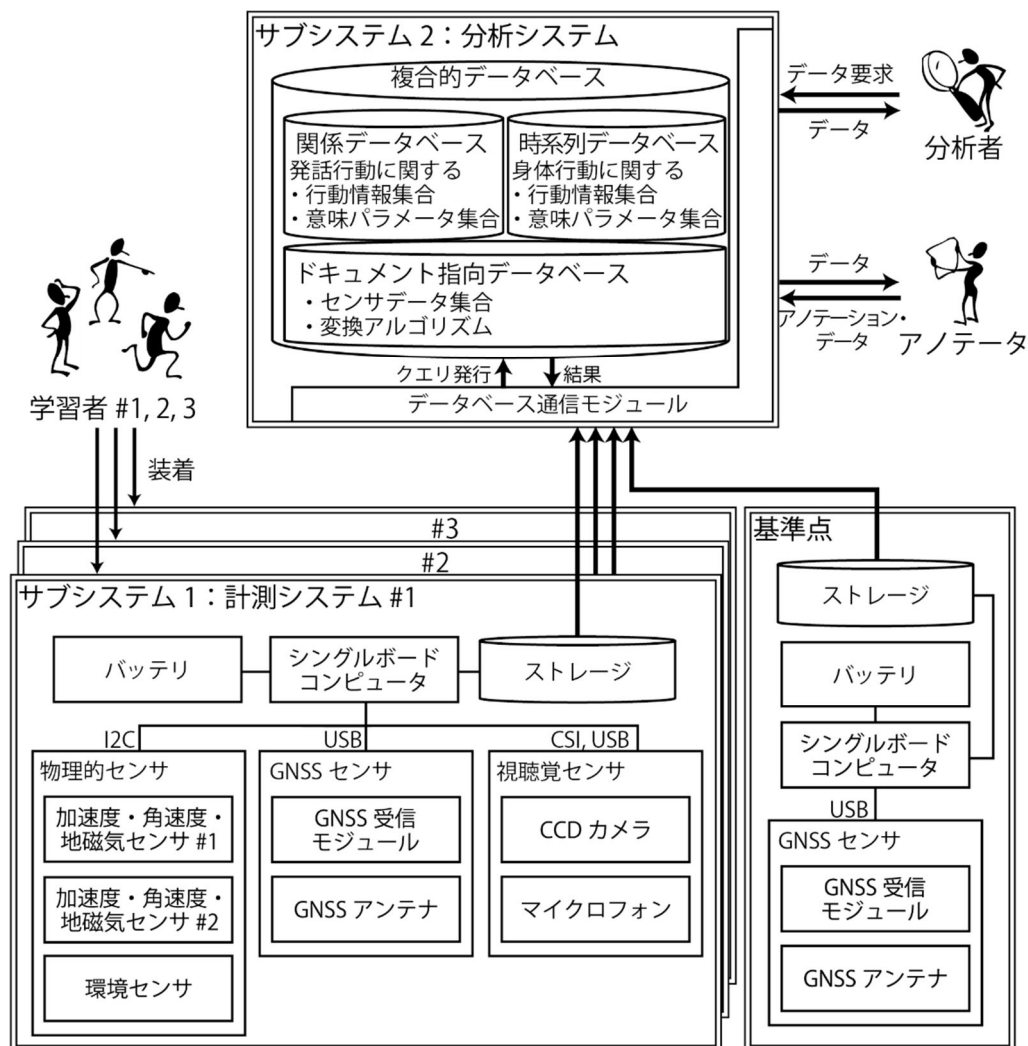


図2：実世界型ラーニングアナリティクスのシステム構成

2020年度、学習者が、自らの知識空間を自己組織化するための認知・行動方略を、実行・自己調整するメカニズムをモデルし、マルチモーダルデータをもとに方略の時系列生起情報を分析した。その結果、(1) 知的達成は、認知・行動方略を連鎖的に実行することでなされること、(2) 実世界における学習成果の量は、学習者が実行・自己調整する方略の量的情報および頻度情報から予測できること、を明らかとした。

加えて、実世界学習の形成過程に潜む制約条件を理解するための、行動のセマンティクス(意味情報)を分析する手法の開発と実践を行った。具体的には、実世界に対する多視点の理解を得るために有効な行動をデータマイニング手法によって取り出すために、(1) 実世界における学習行動を多面的に計測する技術、(2) 多様な意味情報をもつ行動の時系列生起シーケンスのパラメータ表現を行う技術、(3) 実世界の形成的過程に潜む制約条件を抽出する技術、を開発した。また、著者らの分析フレームワークを、京都大学フィールド科学教育研究センター里域ステーション上賀茂試験地において取得した被験者データに対して適用した。このことによって、行動の意味水準のデータが、学習者の内的状況と制約を捉え、学習状況の変化点を見つけることに役立つという知見を得た。これは、著者らのフレームワークが、実世界の中で創発される状況論的知能のメカニズムの解明に向けた理論基盤となることを示す結果である。

2021年度、行動によって駆動される人の知能を、「計算論」の観点でとらえ、行動と学習効果の関係性を構造化・モデル化した。モデル化においては、「人が、実世界からの観測を、行動生成における各種の制約をもとに多段階に変換する関数」を仮定し、学習効果が生成されるプロセスを、計算論的に表現した。実験を通して、「学習者らが自身の着眼点や視座となる理論を明確にする行動は、仮説検証・発見型学習への効果がある」という、特定の学習行動と学習効果の関係性を明らかにした。さらに、行動のセマンティクスデータの生起特徴と知的活動の関係を解析することで、行動に関する意味水準のデータが、実世界学習の効果に対して予測を与えられると

いう知見を得た。すなわち、本研究の提案フレームワークによって、デザイン研究的な成果である、知能理解のための要件定義・新たな知見の獲得が実現できた。また、将来的に、確率的データ生成プロセスによる計算モデリングの基盤となる、知能を張るパラメータを適切に仮定するための基礎的知見を得た。

以上、本研究は、「実世界における学び方」を学習棄却・再学習させるための計算論的学習方略研究において基礎となるモデルを構築、検証できた。本研究が構造化・モデル化した計算的過程は、学習者らの外部状態（個、あるいは、集団としての行動状態）の計測に基づき、学習の質的特性の評価を行う基礎となる。本研究は、学習科学、行動情報学、身体性認知科学の統合によって、実世界における状況論的知能のメカニズムについて基礎的研究成果を得て、このことで、人工知能による次世代学習支援などへの応用・展開が期待される。具体的には、行動の計測・理解からの学習効果の予測技術の発展に寄与し、実世界における学習者に効果的な行動を取るよう促す学習支援技術への応用が期待される。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計3件（うち査読付論文 3件／うち国際共著 0件／うちオープンアクセス 3件）

|   |                         |
|---|-------------------------|
| 1. 著者名<br>Masaya Okada, Yasutaka Kuroki, and Masahiro Tada  | 4. 巻<br>E103-D (5)      |
| 2. 論文標題<br>Multimodal Analytics to Understand Self-regulation Process of Cognitive and Behavioral Strategies in Real-world Learning | 5. 発行年<br>2020年         |
| 3. 雑誌名<br>IEICE Transactions on Information and Systems   | 6. 最初と最後の頁<br>1039-1054 |
| 掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子）<br>10.1587/transinf.2018EDP7364   | 査読の有無<br>有              |
| オープンアクセス<br>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<br>-               |

|   |                         |
|---|-------------------------|
| 1. 著者名<br>岡田 昌也, 黒木 康能, 永田 鴻流, 多田 昌裕              | 4. 巻<br>61 (4)          |
| 2. 論文標題<br>実世界における科学的探究の活性化に寄与する共同的観察行動の時空間的特徴の推定 | 5. 発行年<br>2020年         |
| 3. 雑誌名<br>情報処理学会論文誌                               | 6. 最初と最後の頁<br>1006-1022 |
| 掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子）<br>10.20729/00204252      | 査読の有無<br>有              |
| オープンアクセス<br>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<br>-               |

|  |                           |
|--|---------------------------|
| 1. 著者名<br>永田 鴻流, 渡邊 七江, 多田 昌裕, 岡田 昌也         | 4. 巻<br>62                |
| 2. 論文標題<br>実世界学習の計算論的理解のための行動セマンティクス         | 5. 発行年<br>2021年           |
| 3. 雑誌名<br>情報処理学会論文誌                          | 6. 最初と最後の頁<br>2090 ~ 2107 |
| 掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子）<br>10.20729/00214253 | 査読の有無<br>有                |
| オープンアクセス<br>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<br>-                 |

〔学会発表〕 計3件（うち招待講演 0件／うち国際学会 1件）

|   |
|---|
| 1. 発表者名<br>Koryu Nagata, Masahiro Tada, and Masaya Okada  |
| 2. 発表標題<br>Analytics of Behavior Semantics for Understanding Constraint Conditions Hidden in Formative Process of Real-world Learning |
| 3. 学会等名<br>ACE2020（国際学会）  |
| 4. 発表年<br>2020年   |

|                                    |
|------------------------------------|
| 1. 発表者名<br>渡邊 七江, 岡田 昌也            |
| 2. 発表標題<br>経験学習における信念システムの計算論的理解   |
| 3. 学会等名<br>2022年度人工知能学会全国大会 (第36回) |
| 4. 発表年<br>2022年                    |

|  |
|--|
| 1. 発表者名<br>永田鴻流, 多田昌裕, 岡田昌也                        |
| 2. 発表標題<br>実世界学習の形成的過程に潜む制約構造の抽出・理解のための行動セマンティクス研究 |
| 3. 学会等名<br>情報処理学会第82回全国大会                          |
| 4. 発表年<br>2020年                                    |

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

|   |
|---|
| 九州大学 大学院システム情報科学府/共創学部 岡田研究室<br><a href="http://okadalab.kyushu-u.ac.jp/">http://okadalab.kyushu-u.ac.jp/</a> |
|---|

6. 研究組織

|       | 氏名<br>(ローマ字氏名)<br>(研究者番号)                      | 所属研究機関・部局・職<br>(機関番号)                | 備考 |
|-------|--|--------------------------------------|----|
| 研究分担者 | 多田 昌裕<br><br>(Tada Masahiro)<br><br>(40418520) | 近畿大学・情報学部・准教授<br><br><br><br>(34419) |    |

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 |
|---------|---------|
|---------|---------|