

生体データと行動データの研究動向

SS 研生体データと行動データの動的解析 WG

2022 年 3 月～2024 年 3 月

■ 商標について

記載されている製品名などの固有名詞は、各社/各機関の商標または登録商標です。

■ 著作権について

著作権は各原稿の著者または所属機関に帰属します。無断転載を禁じます。

目次

はじめに	2
生体データと行動データの動的解析 WG 構成	2
第 1 章 活動の記録	3
第 2 回 WG - 2022 年 5 月 24 日 (火)	3
第 3 回 WG - 2022 年 8 月 10 日 (水)	4
第 4 回 WG - 2022 年 10 月 12 日 (水)	4
第 6 回 WG - 2023 年 2 月 9 日 (木)	5
第 7 回 WG - 2023 年 3 月 29 日 (水)	5
第 8 回 WG - 2023 年 7 月 31 日 (月)	6
第 9 回 WG - 2023 年 7 月 31 日 (月)	6
第 10 回 WG - 2023 年 10 月 11 日 (水)	7
第 2 章 WG メンバの研究紹介	8
2.1 脳活動同期性に基づく道徳教育の評価手法の開発	8
2.2 生体データを学習に結び付けるためのモデルに関する一考察	13
2.3 センサデータを用いた学習者・学習環境の把握に関する研究について	17
2.4 位相的データ解析について	20
第 3 章 おわりに	23
付録：話題提供時の資料	24
A1: 松居辰則 (第 2 回 WG)	24
A2: 多川孝央 (第 2 回 WG)	45
A3: 山川 修 (第 6 回 WG)	58
A4: 栗原寛明 (第 7 回 WG)	61
A5: Adilin Anuardi (第 8 回 WG)	64
A6: 黄瀬浩一 (第 9 回 WG)	69

はじめに

2000 年以降 LMS (Learning Management System) が徐々に発展し、そこに蓄積された学習データを用いた学習分析 (Learning Analytics) が行われるようになってきた。これは学習データを教授者自らが分析し、分析結果を学生にフィードバックすることにより教育の高度化をはかるものである。ここで使われるデータは、LMS 上の活動を記録したもの、またそれを評価したものであり、学生のクリックや入力を基本単位としている。

一方、加速度、脈拍、脳波など様々な観点から学習者の状態を測るセンサーが利用しやすくなってきて、前記の LMS などと比べるとはるかに細かな単位の測定データ（生体データ、行動データ）を入手できるようになった。これらは学習者の状態を、いわば低水準で測るものであり、それらが学習活動にどのように影響するかというところから関係を知ることができたら、これまでよりもはるかに解像度の高い学習分析ができるようになるだろう。

本 WG は現在利用可能な各種センサーについて調査し、それらを使って先行研究をおこなっている研究者と連携することで、これらの生体データや行動データの学習分析への応用を展望するものである。

生体データと行動データの動的解析 WG 構成

メンバー 遠藤 慶一（愛媛大学）

栗原 寛明（富士通 人工知能研究所）

多川 孝央（筑紫女子学園大学）

滝沢 亮（富士通 Japan 文教・地域ソリューション開発本部）

松居 辰則（早稲田大学）

安武 公一（広島大学）

山川 修（元 福井県立大学）

山田 亜紀子（富士通 未来社会&テクノロジー本部）

横田 拓也（富士通 AI 倫理研究センター）

まとめ役 隅谷 孝洋（広島大学）

担当幹事 小林 真也（愛媛大学）

事務局 松本 孝之、小野寺 啓之、三浦 陽子、向山 義枝

第1章

活動の記録

WG にあたり、WG 内外の多くの方々より話題提供をいただいた。ここではその内容について簡単に紹介する。

第2回 WG - 2022年5月24日(火)

話題提供:

多川孝央（九州大学（講演当时））

松居辰則（早稲田大学）

生体データと行動データの動的解析に関する研究状況を調査する WG の第1回において、WG メンバの多川先生、松居先生に話題提供をいただいた。

多川先生には教育環境におけるセンサーテクノロジーの応用について講演していただいた。主に、大学生のコミュニケーションネットワークの分析と可視化、学習パフォーマンスと感情的なつながりの関係、教室環境データの収集と分析手法について紹介があった。

講演では、日立のビジネス顕微鏡を使用したデータ収集と、バッジ型センサー（加速度計と赤外線センサを一体化したもの）による生徒や教員の動きの計測方法が紹介された。これらのセンサーデータを用いて、コミュニケーションパターンや、リーダーと聞き手の動きの違い、対面関係やチーム内外の会話を分析する手法が示された。

また、協調関係にある人々の動作の同調を加速度センサーによって計測する事例や、加速度計による動きの持続時間と頻度の分析を通じた心的状態の推測についても紹介された。さらに、自律神経系の働きと心拍数の変動状態を用いた個人の安心状態や緊張状態の把握、教育への介入の参考としての Social and Emotional Learning の重要性が強調された。

さらに、映像から心拍を得るツール「リズミル」の紹介と、その解析上の問題点についても触れられた。特に、動きのある映像では信頼性係数が低下するという問題が指摘された。

松居先生の講演では、情動的側面からの学習支援に関する新しい研究方向性が提示された。具体的には、知識・理解と心的状態との連携に基づく学習支援の重要性と、従来の LMS (Learning Management System) では不十分であるとして、LLI (Low Level Interaction) への期待が語られた。

講演の主要部分は、脳活動同期性に基づく道徳の授業評価手法の開発に関する事例研究に焦点を当てていた。この研究は、前頭前野の活動と和感の関連を基に、道徳教育の評価方法を探求したものである。大学

生による道徳授業の再現実験と、実際の高校での授業を通じて、道徳の授業の効果と調和感の関連が示唆された。

松居先生は、道徳教育の評価は特定の行動を促進することではなく、学習者が道徳観を「大切だ」と感じる程度に基づくべきであるとされ、脳活動の同期性が教師と学習者間の良好な関係構築と関連していることを強調した。

ここでは、5つの実験について紹介された。特に、物語型道徳教材を用いた実験では、日立の HOT-1000 で脳血流を計測し、授業成功群と失敗群における調和感の違いが観察された。また、高等学校および大学における道徳講話の実験では、いくつかの仮説が支持された。

総じて、松居先生の講演では、脳活動同期性を用いた道徳教育の評価手法に関する研究の進展を示し、その有効性が示唆された。ただし、まだ課題が残るとして、今後の研究の重要性も強調された。

第3回 WG - 2022年8月10日(水)

話題提供:

野澤 孝之（富山大学）

野澤先生の講演は、マルチモーダル同調に基づくインタラクション体験の評価と支援に関するものであった。fNIRS ハイパスキャニング技術を活用し、脳・身体・生理活動のデータを計測する方法が紹介された。この講演では、実世界での集団相互作用における脳活動の個人間同調の重要性が強調され、特に協力的コミュニケーションがもたらす集団脳同調に焦点が当てられていた。

本講演では、脳活動同調を活用した学習効果の研究事例がいくつか示され、身体同調から脳活動同調への移行が学習コミュニケーションのアウトカムに与える効果を説明した。また、中学校教育現場への脳同調応用や、アクティブラーニングにおけるフロービークスと脳同調の関連性についても言及された。

さらに、マルチモーダルセンシングと機械学習を組み合わせたインタラクション評価の応用についても詳述され、遠隔授業における学習者の集中度測定や、コミュニケーションの改善に対する脳活動同調の応用が展望された。この講演は、教育やコミュニケーションの分野における新しい評価と支援手法の可能性を探るものであり、今後の進展が期待される。

第4回 WG - 2022年10月12日(水)

話題提供:

大須 理英子（早稲田大学）

大須先生の講演では、運動制御やニューロリハビリテーション、ニューロマーケティングを経て、脳活動の計測とさまざまな脳の同期、無意識、刺激による介入などに関する話題が提供された。

対人同期では、NIRS を用いた協調タッピングによる脳波の同期が観察され、動作の不安定性と脳波の同期が相關することが示された。また、テンポが速いほど相手のことを考え、脳活動の同期が起きやすいことが述べられた。

結婚当初の無意識的態度が将来を予測する事例や、Implicit Association Test (IAT) を用いた潜在意識へのアプローチが紹介された。これにより、意識と無意識の反応の違いが明らかにされ、無意識の反応が将来の態度に強く出ることが示唆された。

自閉スペクトラム症 (ASD) のコミュニケーションに対する無意識の態度や、AQ 社会的スキルの測定、さらには TMS を使用した脳への非侵襲刺激などのトピックが取り上げられ、脳活動と行動の関係性についての深い洞察が提供された。講演は、脳科学と無意識の理解における新しい視点を提供し、さまざまな応用分野への可能性を探るものであった。

第6回 WG - 2023年2月9日(木)

話題提供:

山川 修 (福井県立大学)

山川先生の講演では、生体・行動データと教育・学習の結びつきに焦点を当て、生理学的なデータも含めた生体的モデルの必要性が強調された。OECD の Learning Compass 2030 のウェルビーイングやエージェンシーの概念を基に、認識的基盤、リテラシーの再定義、心身の健康、社会・情動的基盤の重要性が示された。特に心身の健康的基盤と社会情動的スキルの密接な関連が指摘された。

本講演では、SEL(Social and Emotional Learning) や Goleman の情動知能の概念を取り上げ、これらが社会情動的スキルと重なることが紹介された。また、自律的学習者の形成において「安心」という要素が重要であること、信頼と安心の関係、観想と安心の関係、意味と安心の関係がどのように学習に影響を与えるかについて論じられた。

愛着理論を用いて他者との協働や情動の制御の基礎を解説し、愛着スタイルの種類とその影響を検討した。また、心拍数や心拍変動を測定する実験を通じて、愛着スタイル、情動知能、内発的動機づけ、SOC (首尾一貫感覚) といった指標との関連を調査した。

ポリヴェーガル理論と耐性の窓の概念を紹介し、最適な覚醒状態での学習や教育の重要性を指摘した。心拍変動によるストレスの測定や、存在論的安心の測定についても言及し、これらの測定方法が実際の心的状態をどの程度反映しているかを考察した。本講演は、生体・行動データを活用した教育の新たなアプローチを探求するものであり、特に心身の健康と社会情動的スキルの関連性に焦点を当てていた。このアプローチは、学習者が安心感を持ちながら学習に臨むことの重要性を示唆し、心拍変動や愛着スタイルなどの生体的指標を用いて学習者の心理状態を詳細に理解し、それを教育に活かす方法を提案していた。また、存在論的安心の概念を通じて、学習者のアイデンティティや社会的な安心感が学習に与える影響についても議論された。

第7回 WG - 2023年3月29日(水)

話題提供:

栗原 寛明 (富士通 人工知能研究所)

栗原氏の講演では、位相的データ解析 (Topological Data Analysis, TDA) とその応用が紹介された。TDA は、データの幾何学的特徴を抽出するための比較的新しいデータ解析手法であり、統計的手法と組み合わせて用いられる。データの分布を仮定する必要がなく、二つの点群の相違を記述することができる。

栗原氏は、TDA におけるパーシステンス図 (Persistence Diagram) の重要性を強調した。パーシステンス図は、サイクルや連結成分の生じる時刻と消滅時刻をプロットするもので、対角線から離れた点がデータの本質的な特徴を、対角線に近い点がノイズを示す。パーシステンス図の計算には、GUDHI, HomCloud, Ripser などのツールが使用される。

応用例としては、シリカの液体やガラス相転移温度の検出、タンパク質構造解析、心電図や脳波の時系列データ解析などが紹介された。特に心電図や脳波の異常検知に TDA が活用されていることが示され、富士通では入院患者のデータ解析へ TDA が活用されていることが紹介された。本講演は TDA がどのようにデータの本質的なトポロジカルな特徴を捉え、さまざまな分野に応用され得るかを示唆するものであった。

第8回 WG - 2023年7月31日(月)

話題提供:

Adilin Anuardi (広島大学)

Adilin 先生の講演では、コミュニケーションと学習に関する脳機能解析に焦点を当て、NIRS を用いた研究例が紹介された。学習におけるコミュニケーションは、デジタル化やバーチャル化の進展により変化しており、認知レベルが個人内から多層的なレベルへと広がっていることが指摘された。

講演では、学習と脳機能の関係、特に神経の可塑性や前頭前野、側頭葉の役割が説明された。また、脳機能マッピング、言語野の機能、ワーキングメモリーの働きについても触れられ、fMRI, EEG, NIRS などの脳機能測定技術が紹介された。

具体的な研究事例としては、感情的な言語音声の理解が脳機能に与える影響、紙媒体と電子メディアを用いた学習時の脳血流量の違い、タブレットの背景色が若者と高齢者の脳機能に与える影響、プレゼンへの不安感を脳機能から分析し、効果的な VR コンテンツの作成などが取り上げられた。

Adilin 先生の講演は、学習とコミュニケーションにおける脳機能の重要性を明らかにし、これらの領域でのさまざまな実験的アプローチが示されたものであった。これらの研究は、学習やコミュニケーションを理解する上での脳機能解析の可能性を示唆している。

第9回 WG - 2023年7月31日(月)

話題提供:

黄瀬 浩一 (大阪公立大学)

黄瀬先生の講演では、人間の読む行動とその技術応用に関する研究が紹介された。1988 年から 2020 年にかけて、人工知能分野の予算規模が右肩上がりで成長し、DFKI (ドイツ人工知能研究センター) とのコラボレーションを通じて研究が進展してきたことが説明された。

黄瀬先生は、「読む」ことが知識のインプットにおいて重要であり、それが心にとって重要であることを強調した。講演では、紙面の特徴点を用いてデータベース内の該当ページを検索する技術や、Reading-Life Log によってどのページのどの単語が読まれているかを追跡する技術が紹介された。

また、fNIRS や JINS MEME (目の動きによって皮膚の表面電位が変わる) などを用いて、一日に読んだ量を測定する Wordometer や、目と頭の動きで Reading と Talking を区別する方法が示された。ピアプレッシャーが読書量に与える影響や、アイトラッカー、タイピング、手書きによる軌跡を利用した自動復習機能の研究も紹介された。

さらに、読み方に応じた補助教材の提示や、有酸素運動をしながらの単語記憶課題とその効果についても言及された。黄瀬先生の講演は、読む行動を深く理解し、それを支援するための技術的アプローチを示すもので、読むことの重要性と、それを支援する技術の進化について紹介された。

第10回WG - 2023年10月11日(水)

話題提供:

井上 仁（中村学園大学）

井上先生の講演では、教育分野におけるデータ利用と倫理審査に関する事例が紹介された。久喜市の事例では、生徒の集中度をリアルタイムに把握するために脈拍を測定するプロジェクトが実施され、この取り組みには賛否があることが指摘された。井上先生は、このプロジェクトの手続きが適正に行われているかの確認のため情報公開請求を行い、久喜市における倫理的議論の不足を指摘している。

また、大阪教育大学では、授業中の居眠りをAIとサーマルカメラで検出する取り組みが行われているが、井上先生が情報公開請求を通じて得た倫理審査申請書は不十分な内容であったことが明らかにされた。

さらに、群馬大学や中村学園大学での倫理審査が紹介された。これらの事例を通じて、教育データの利活用における倫理的な側面と、適切な手続きの重要性が強調された。井上先生の講演は、教育におけるデータ利用が急速に進む中で、倫理審査の役割とその重要性を問い合わせるものであった。

第2章

WG メンバの研究紹介

2.1 脳活動同期性に基づく道徳教育の評価手法の開発

松居辰則（早稲田大学人間科学学術院）

本稿では、2022年5月24日（火）の「生体データと行動データの動的解析」WG 第2回会合において行った話題提供の内容の概要を述べる。

2.1.1 はじめに

現在の道徳教育の効果は問題視されており、道徳の授業の実施においては、学習者が教師の期待する正答を察知し、自身の感情を偽った意見を述べる傾向がある点など、様々な問題点が指摘されている [1, 2]。指導方法の改善に至らない原因の一つとして、「効果的な道徳の授業が実施されている状態」を客観的に評価する手法が存在しないことが挙げられる。一方、教師・学習者間で良質なコミュニケーションが行われた際、両者には高い調和感（授業がうまくいっているというポジティブな感覚）が生じると考えられる [3]。道徳教育では、教師による一方的な情報伝達ではなく、教師・学習者間で、道徳的価値観の「共有」が円滑に行われることが求められる。そこで本研究では、学習者の調和感に着目し、道徳の授業の効果を生体計測に基づいて評価する手法の開発を試みた。

2.1.2 道徳の授業の効果と調和感の関連の検討

本研究では、道徳の授業の効果と学習者の調和感の関連の検討を目的に道徳の授業に取り組む学習者に対して質問紙調査含む実験を実施した。調査は、(1) 大学生による道徳の授業の再現、(2) 高等学校で実施された道徳の授業（学習者は高校生）、(3) 大学で実施された道徳の授業（学習者は大学生）の3つの形式で実施した。なお、本研究では道徳の授業の効果を、「学習者が授業で取り扱われた道徳的価値観について、授業を通してどれほど重要な内容だと感じられたか」と定義した。調査の結果、高等学校で実施された授業では、道徳の授業の効果が高い学習者は、教師に対する調和感も高くなる傾向が見られた。このことから、「効果的な道徳の授業が行われている状態」の評価にあたり、学習者の調和感評価を取り入れることが有用である可能性が示唆された。

2.1.3 調和感と脳同期現象の関連について

前頭前野 (PFC) の活動は、他者の考え方や感情を推し量ることと関連していると考えられており、教師・学習者間での PFC の活動の同期は両者の良質な関係構築と関連する可能性が指摘されている [4]。そこで、授業中の学習者の調和感の高さと、教師・学習者間の PFC の活動の同期との関連を検討することを目的に、前節で述べた 3 つの形式の実験において、左右 2 チャネル型の NIRS (HOT-1000, 株式会社 NeU 製) による測定を実施した。なお、本研究では脳活動の同期を、ウェーブレットコヒーレンスに基づいて評価した [4]。その結果、全ての形式の実験において、学習者の調和感の高さによって、相互学習場面（教師・学習者が意見交換を行う場面）の左チャネルの低周波帯の同期の程度が異なることが明らかになった。このことから、学習者の調和感は、教師・学習者間の脳同期現象に基づいて評価できる可能性が示唆された。

2.1.4 まとめと今後の課題

本研究の結果、道徳の授業の効果は、学習者に生じる調和感と関連し、教師・学習者間の脳同期現象によって評価できる可能性が示唆された。今後は、小・中・高等学校での知見を蓄積し、脳同期現象に基づく道徳教育の評価手法の妥当性を検証することで、より良質な道徳教育の提供に貢献することが期待される。

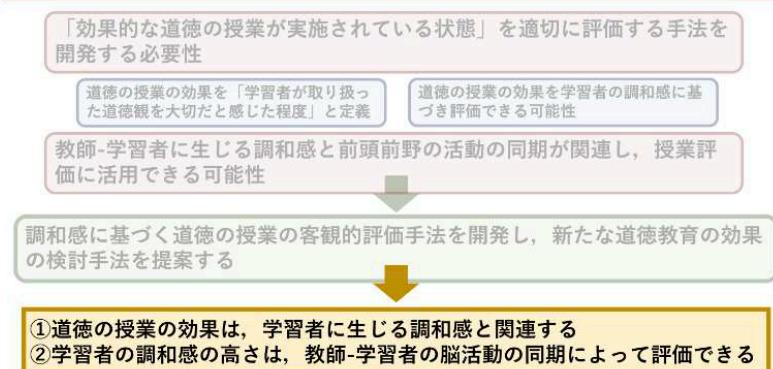
参考文献

- [1] 松尾直博: 道徳性と道徳教育に関する心理学的研究の展望-新しい時代の道徳教育に向けて-, 教育心理学年報, Vol.55, pp.165-182 (2016)
- [2] 徳永正直, 宮嶋秀光, 榊原志保, 堤正史, 林泰成: 道徳教育論: 対話による対話への教育, ナカニシヤ出版 (2003)
- [3] Vanessa Rodriguez: The Human Nervous System: A Framework for Teaching and the Teaching Brain, Mind, Brain, and Education, Vol.7, No.1, pp.2-12 (2013)
- [4] Takayuki Nozawa et al.: Prior physical synchrony enhances rapport and inter-brain synchronization during subsequent educational communication, Scientific Reports, Vol.9, No.12747 (2019)

研究の概要



研究目的と研究仮説



研究の流れ

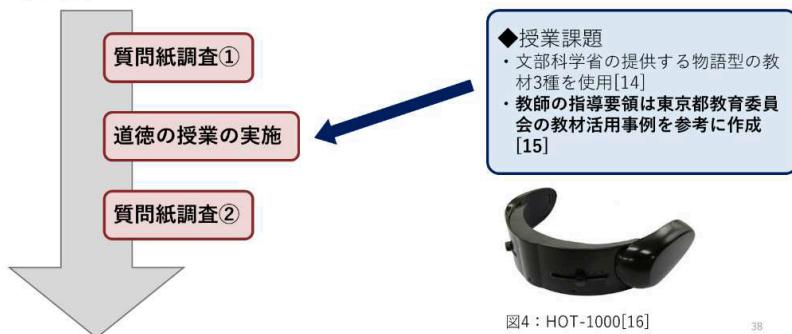
◇本研究の実験の一覧

実験名	実験の概要	学習形態	
実験1	大学生による道徳の授業の再現実験（非対面実施・対面実施）	個別	①道徳の授業の効果と調和感の関連の検討
実験2	大学生による道徳の授業の再現実験（対面実施のみ）	個別	②調和感と脳同期現象の関連の検討
実験3	大学生による道徳の授業の再現実験（対面実施のみ）	集団	③教育現場における再現性の検討
実験4	高等学校の教員による授業の実施（対面実施のみ）	集団	
実験5	大学教員による授業の実施（対面実施のみ）	集団	

※1 個別は教師1名・学習者1名、集団は教師1名・学習者複数名を表す

実験3-実験手続き -

◇実験3の流れ



38

実験3-実験手続き -

◇実験3の様子



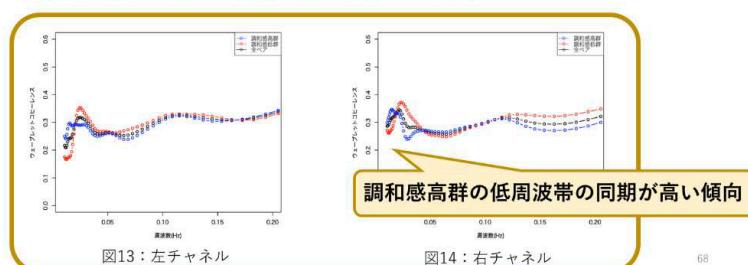
図5 : 110号館205実験室での実験の様子

39

実験3-結果 -

◇結果

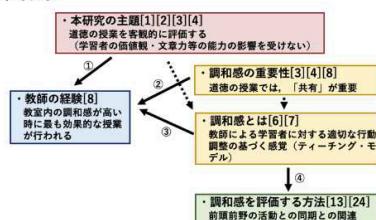
- ◆道德の授業の効果・調和感と脳同期現象の関連
- ・調和感の高さに基づく比較（相互学習ブロック）



68

まとめ

◇背景



◇目的

調和感に基づく道徳の授業の客観的評価手法を開発し、新たな道徳教育の効果の検討手法を提案する

◇仮説

- ①道徳の授業の効果は、学習者に生じる調和感と関連する
- ②学習者の調和感の高さは、教師-学習者の脳活動の同期によって評価できる

◇結果

実験名	実験の概要	学習形態	研究仮説1	研究仮説2
実験1	大学生による道徳の授業の再現実験 (個別 対面実験)	個別	○	—
実験2	大学生による道徳の授業の再現実験 (対面実施のみ)	個別	×	×
実験3	大学生による道徳の授業の再現実験 (対面実施のみ)	集団	×	○
実験4	高等学校的教員による授業の実施 (対面実施のみ)	集団	○	○
実験5	大学教員による授業の実施 (対面実施のみ)	集団	×	○

→ 道徳効果性に基づき調和感を評価し、道徳の授業の効果の検討手法として利用することの有効性が示唆

今後の展望

◇今後の展望

◆小・中・高等学校での知見の蓄積

- ・道徳教育は、教師-学習者の非対称的な教育関係が成立していると考えられる、
小・中・高等学校にて実施

◆脳間同期の計測部位の拡大

- ・道徳の授業の効果と調和感の関連について、教師-学習者間での非対称的教育関係が影響を及ぼす可能性が示唆
- ・上下関係の存在するコミュニケーションでは、両者の異なる脳部位において特徴的な同期が見られる可能性が示唆[23]

2.2 生体データを学習に結び付けるためのモデルに関する一考察

山川 修 (Safeology 研究所 代表, 福井県立大学名誉教授)

2.2.1 はじめに

近年, 様々なウェアラブルセンサーが市場に出され, 身体の3次元的な動き, 心拍の変化, 血圧の変化など, 生体データを取得するのが容易になってきている. それ以外でも, 簡易的な脳波計や視線を測定する装置など, 様々な生体データが取得できるようになっている. このワーキンググループでは, 生体データや行動データを解析することにより, 教育や学習へフィードバックすることを検討することが主目的であるが, 生体データと学習を結び付けるモデルが無い中で, 測定したデータがどのように学習に結び付くかがあいまいになっていることが多い. もちろん, ボトムアップ的に測定したデータを分析し, それと学習を結び付ける努力は続いているが, 測定データと学習の間には, 脳がどのように働いているかとか, 自律神経系や内分泌系がどのように働いているか, といった中間的なシステムの類推も必要になり, そのつながりはなかなか容易にはわからないことが多い.

そこで, 本稿では, 生体データを学習に結び付けるために, トップダウン的にまず学習にとって生体データの一つである自律神経系がどのような役割を果たしているかのモデル(仮説)を創り, その視点から生体データを利用するという, トップダウンアプローチを提案する. もちろん, ここで提案するモデルはあくまでも仮説であり, 今後, 実証的に検証されるべきものと考えている. さらにいうと, ボトムアップアプローチの場合, SEM(構造方程式モデリング)のような統計的なモデルを利用することが多いが, トップダウンアプローチの場合は, メカニズム(時間的な進展)を含んだ生体的モデルとして設定できると考えている.

2.2.2 生体的モデル

今考えている, 自律的学習者育成のためのモデル[1]を図2.1に示す. ここでいう自律的学習者とは, 学ぶこと自体を楽しいと感じ, 内発的動機づけから学ぶ学習者を指す. 大学も含めた学校教育の中では, 残念ながら外発的動機づけしか提供することができず, 内発的動機づけから学ぶ学習者がいるとしたら, その学習者の個性や興味によるところが大きい. そんな状況の中で, 内発的動機づけから学ぶ学習者を育てるというのは, いささか無理筋のような気もするが, ここでは, どういった環境を整えれば, またはどういったアプローチで, 学ぶことに対して好奇心を持って取り組むような学習者を育てることができるだろうか, という問題意識としておく

図2.1のモデルでは, 内発的動機により学ぶことの大元に「安心」があるのではないかという仮説がある. これは, ボウルビーの愛着理論[2]からの発想であるが, あとで詳しく説明する. そして, この「安心」にアクセスする方法として, 「共感」「観想」「創話」の3つの入口があると考えたモデルである. SS研の研究会の話題提供でお話しした際は, 「共感」ではなく「信頼」, 「創話」ではなく「意味」としていたが, 自分か働きかけとして安心にアクセスすることが妥当と考えたため, この要素は結果ではなくアクションであることが必要と考え, このような修正を行った. 信頼は共感の結果として得られるものであり, 意味も創話の結果として創られるものだろう.

さて, なぜ安心が内発的動機づけに重要かという点であるが, ボウルビーの愛着理論[2]によると, 幼少期の

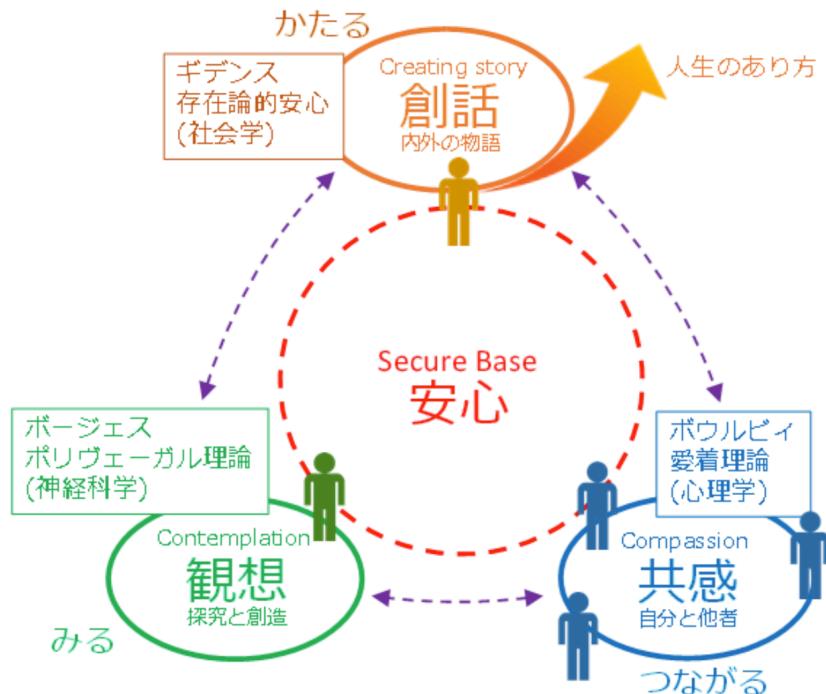


図 2.1 自律的学習者のモデル

養育者との関係性が大人になっても保存され、他者との関係性がそれをもとに構築されるとされる。そしてその際、重要な概念として、安全基地 (Secure base) がある。安全基地というのは、幼少期の頃、通常は養育者がその役割を果たし、外部に探索に行ってもなにかあれば、安全基地に戻ることができる場所である。いってみれば安全基地があるから、安心して自分の好奇心の赴くまま外部の探索ができるともいえる。成長すると、安全基地は内面化し、実際に安全基地となる人が近くにいなくても、自分の中の安心として働くと考えられるが、そういう安全基地を持たないと、好奇心に従って探索することが不安につながると考えられる。ここから類推で、自分の中の安全基地、すなわち安心が、好奇心や内発的動機づけに従って行動を起こす原動力になるとえたことが、このモデルの出発点である。そして、幼少期には養育者との関係性だが、成人してからは他者や自分との共感 (Compassion) で、他者や自分との信頼感が育まれ、「安心」が形成されうると考えた。

では、安心にアクセスできるのは共感だけであろうか、これに対して、このモデルでは、「観想」と「創話」という別の2つのアプローチを想定している。観想 (Contemplation) というのは、瞑想にも近いのだが、自分の思考だけでなく、感情や身体感覚も評価を交えずに観察する、というアプローチである。それがなぜ安心につながるのか？ これは神経科学で提唱されているポリヴェーガル理論 [3] にその根拠を求めている。詳細は省くが、トラウマケアの分野では、身体感覚にアクセスすることによりクライアントの安心感を増幅させるというケアがされていることからもわかるように、安心と身体感覚をキャッチするというとの関係は深い。

創話 (Creating Story) は、自分自身の物語を自分の大事なものから再構築する、いわゆるアイデンティティに関するアプローチである。「存在論的安心」 [4] の議論の中で、社会学のギデンズは、「幼児の早期の生活において、また成人の活動において、つねに他者への信頼が、安定した外的 세계의 経験と一貫した自己アイデンティティの感覚の起源にある。」と言っている。ここでは、他者への信頼から一貫した自己アイデンティ

ティという方向だが、それはたぶん双方向で、一貫した自己アイデンティティが他者への信頼の基礎にもなりうるのではないかと考えている。またギデンズは「ある人のアイデンティティは、特定のナラティブを進行させる能力の中にある。」とも言っており、ナラティブ（物語りを創ること）とアイデンティティの関係性を主張している。

2.2.3 生体データとの関係

この図 2.1 のモデルは、中心にある安心の度合を測定するところで、生体データとのかかわりが出てくると考えている。「安心さ」は心理学的には質問紙によって測定される。しかし、神経科学的には心拍変動によって測定される。これは、医学ではストレスの度合いを測る指標としてよく使われているもの [5] と同じである。私たちの心拍は、呼吸とともに変動していることが知られている。吸う息の時は自律神経の交感神経が優位になり心拍数は若干増加し、吐く息の時は副交感神経が優位になり心拍数は若干減少する。また、ストレス状態にあるときは、吐く息の際も副交感神経があまり優位にならず、心拍数の減少も少なくなる。そのため、ストレスがかかった状態とそうでない状態では、心拍変動の割合が変わり、ストレス低い時は心拍変動が大きく、ストレスが高い時は心拍変動が小さくなるという関係がある。それを安心にあてはめてみると、安心が大きいときは心拍変動がより大きくなり、安心が減少すると心拍変動が小さくなることが予想される。

心拍変動の測定は、LF/HF と CVRR の 2 種類が良く使われている。LF/HF は心拍変動のパワースペクトルの低周波成分 (Low frequency : LF : 0.05~0.15Hz) と高周波成分 (High Frequency : HF : 0.15~0.40Hz) の比であり、高い方がストレスが高いと考えられている。これは、LF は血圧変動（交感神経、副交感神経の両方に由来）し、HF は呼吸変動（副交感神経に由来）していると考えられているためである。CVRR は心拍のピーク (R) の間隔の平均と標準偏差の比であり、低くなると交感神経優位になりあまり変動しなくなるため、低い方がストレスが高いと考えられている。

従って、LF/HF にしろ CVRR にしろ、その瞬間のストレスの高さに関係している。言い換えると、その瞬間での安心さを測定していることになっている。一方、質問紙で測定する心理的な安心さは、その瞬間ではなく、その人のベースとなる安心さに関係がある。そのため、被験者 10 人に、心理学的な質問紙と心拍変動の両方で安心さを割り出し、比較したことがあるが、双方に相関は無かった。

2.2.4 おわりに

生体データを学習に結び付けるためにボトムアップな研究だけでなく、モデルを設定したトップダウンな研究の必要性を示した。その例として自律的学習者へのアプローチモデルを示し、その核心の「安心」が、生体データとして測定可能になるのではないかということを示した。しかし、実際に測定してみると、モデルで想定している長期的な安心と、生体データとして測定できる短期的な安心の間に乖離があり、相関は発見できなかった [6]。ただ、短期的な安心は、環境に付随して学習の現場で起こっていることと関連があると考えるのが自然なので、学習環境を整えるための指標として利用できる可能性もあり、今後、長期的な安心と短期的な安心に関して理論的および実証的整理が必要となる。

参考文献

- [1] 山川修: エージェンシー育成につながる社会情動的スキルの 3 つのアプローチ, 教育システム情報学会第 48 回全国大会講演論文集, pp.89-90 (2023)

- [2] Bowlby, J.: *Attachment and Loss*, Vol. 1 *Attachment*. Hogarth Press (1969)
黒田実郎, 大羽篆, 岡田洋子 (訳): *母子関係の理論 (1) 愛着行動*. 岩崎学術出版社 (1976)
- [3] Stephen W. Porges: *THE POCKET GUIDE TO THE POLYVAGAL THEORY The Transformative Power of Feeling Safe*, W W Norton & Co Inc (2017)
花岡ちぐさ (訳) : *ポリヴェーガル理論入門 心身に変革を起こす「安全」と「絆」*, 春秋社 (2018)
- [4] Anthony Giddens: *Modernity and Self-Identity : Self and Society in the Late Modern Age*, Polity, (1999)
秋吉美都, 安藤太郎, 筒井淳也 (訳) : *モダニティと自己アイデンティティ 後期近代における自己と社会*, ハーベスト社 (2005)
- [5] 林博史編: *心拍変動の臨床応用一生理的意義, 病態評価, 予後予測*, 医学書院, 東京 (1999)
- [6] 山川修: *Secure Base と情動知能および内発的動機の関係性に関する研究*, 教育システム情報学会第 46 回全国大会講演論文集, pp.53-54 (2021)

2.3 センサデータを用いた学習者・学習環境の把握に関する研究について

多川孝央（筑紫女学園大学）

安武公一（広島大学）

2.3.1 はじめに

情報技術を教育に活用することは既に一般化してきている。教室等の学校環境において旧来の板書等にかわる形で資料（写真や動画などを含む）を提示するという形での利用は早くから行われているが、インターネットおよび学習管理システム（Learning Management System, LMS）、パソコン用コンピュータの利用により資料の閲覧やオンラインテストなどの実施も可能となっている。また、そのような情報システムの利用履歴を学習者の学習行動の把握に用いることも、Learning Analytics の名のもとに行われるようになってきている。一方、様々なセンサ類を内蔵し使用者自身の活用や周囲の環境についての情報を収集するデバイスやサービス等も普及しつつあり、それらを、教育および学習環境における学習者の活動・行動や心身の状態を把握するために用いる研究もおこなわれている。ここでは、それらについて関連研究およびわれわれの研究も交えて述べる。

2.3.2 加速度データの利用

加速度センサは、物体の加速・減速の様子（および環境に含まれる重力加速度）を定量的に計測する機器であり、直交する3軸（ xyz の三方向）それぞれで検出される値を分析し対象物の振動や向きの変化などを検出するという形で、例えばスマートフォンの向きの把握や歩数の検知などに利用されている。人間の活動を分析する際には、この振動の分析が中心となる。振動の分析は、センサより得られる3軸の加速度の値を1軸に変換し、その増減の間隔から単位時間あたりの振動の回数、すなわち動きの周波数を算出することにより行われる。一般に、身体的な運動の種類と周波数は対応することが多く、周波数が高いほど激しい運動であるとされる。加速度データより活動状態や活動の量などを計測しようという場合は、一定の閾値を設け、その値以上の周波数を示したときに（活発に）活動しているものとして解釈を行うことが多い。

加速度データはそれのみでは活動の種類等をはっきりと特定できるものとはならないが、他の様々な情報と組み合わせることで対象についての情報をより詳細に提供することが可能となる。例えば、バッジ型のデバイスに赤外線センサと加速度センサの両方が内蔵されている場合には、赤外線センサで他のバッジの着用者と向き合った状態を判定し、それと動きの周波数が一定以上の値であるという条件を組み合わせることで、「会話」を推定することができる[1]。また、活動内容が限定されている場合には、加速度センサの情報のみであっても、複数のセンサの着用者の動きの周波数が近い値を示していることから、同様の活動に従事している、あるいは同じグループに属して協調的に活動していることなどを推定することも可能である[2]。

ここで、加速度データと協調的学習活動の関係については興味深い現象が観察されたことに注意したい。協調的活動を行う学習コミュニティがコミュニティとして成長していくとき、個々の学習者の加速度を集計したコミュニティ全体の加速度の分布はべき分布を示す。このことをわれわれは半年に渡る学習コミュニティの研究において確認した[3]。また、加速度センサの値から身体の運動について「静止」と「非静止」の二種類に分類すると、「非静止」の状態の持続時間の統計的な分布が、着用者の属するコミュニティにおける心的な状

態（「幸福度」など）と対応することも指摘されている。これらのような分析により、学習者の活動や協調の実態、心的な状況などを知る（推測する）ことが可能になると期待される。

2.3.3 心拍データの利用

現在もっとも広く利用されているウェアラブルセンサは腕時計の形状をしたいわゆるスマートウォッチである。スマートウォッチは多くの場合スマートフォンと連動して着用者に様々な情報を提供するのが主な機能であるが、その情報の中には、スマートウォッチ本体が内蔵するセンサによって提供される生体データの分析結果が含まれる。スマートウォッチの内蔵するセンサの中で代表的なのが心拍センサであり、多くの場合、LEDにより緑色の光を照射し、その反射により血管中のヘモグロビンの動きの変化を把握し心拍数を算出する光学式が用いられている。

心拍データについては、時間あたりの心拍数が運動の激しさに対応するものとしてよく知られている。一方、脈拍は呼吸と連動して自律神経系によって制御されており、息を吸う時と吐くときでは心拍間隔が増減するが、緊張状態では増減の幅が減り、リラックスしている場合は増減の幅が大きくなることが知られている。この心拍間隔の増減を心拍変動と呼び、心拍変動の代表的な指標値 CVRR (Coefficient of Variation of R-R Interval) は、一定時間内に観察される心拍の時間間隔の標準偏差の、心拍間隔の平均値に対する比として求められる。この CVRR の高低は前述のようにリラックスしている状態と緊張状態に対応することから、教室等の学習環境においてスマートウォッチを学習者に着用させれば、授業や学習への取組具合や態度などを、個人および集団に対して測定・推定あるいは把握するための可視化に用いることが可能である [4]。なお、われわれのグループでは、このような授業の中での学生の態度等を分析し授業の中で利用するのみではなく、個々の学習者的心拍変動の（授業時間を越えた）長期的な変化の情報を学習者の態度や動機付け、あるいはその向上などと関連すると考えられる「非認知的能力」や「情動知能」の育成や向上などに役立てることを目標としている。

また、われわれは、コロナ禍によってスマートウォッチを用いた教室環境等での実験・研究が困難になったことにより、学習者の映像データから心拍データを収集するソフトウェアの利用を試みた。このソフトウェアは対象者の映像を解析し、緑色光成分を抽出して心拍を計測・推定するというものである。われわれの試用では、静止している状態と誰かと会話している状態の間で心拍変動の様子が異なることが確認できた。しかし、身振りやその他の動きが含まれる状況・状態では心拍数の推定そのものができず、学習環境での心拍変動の把握等には限界があることも確認された [5]。

2.3.4 倫理的な考慮について

ここで述べたような、センサ等を用いた行動データや生体データ等の取得・分析・あるいはその利用は、個人の行動についての情報、また生体的・身体的な特徴や傾向、あるいは心身の状態、感情などについての情報を知り、それを使うということを意味する。これらの情報は「プライバシー」や「内心の秘密」などにあたるため、特に教育環境でデータを収集する場合にはその扱いには慎重を要する。研究のためにこのようなデータを収集する場合には、被験者からの同意取得の方法なども含む研究倫理教育、また倫理審査などのチェック機構によってデータの収集やデータの利用が過度なものや有害なものになることが抑制されると期待される。一方、教育実践の現場においては、データ収集や利用に関する手順や規則、データ管理に関する責任体制などが必ずしも確立されておらず、先駆的な取り組みであるほど、データの扱いや人権の側面からの危惧が生じるこ

とになる。現に、いくつかの中学校等でウェアラブルセンサを生徒に着用させてデータを収集し指導に利用するという取り組み事例が存在し[6]、上記のような事柄が問題視されている。これらについては個人データやビッグデータ、AIの利用に関する法的対応の国際的動向などとも関連するものとして、注意および検討が必要と考えられる。

2.3.5 おわりに

ここでは教育環境を対象としてウェアラブルセンサを用いた加速度データ・心拍データの収集と分析の方法などについて、基本的な内容を、われわれの研究と関連づける形で説明した。生体情報を取得・分析する方法は今後も研究され発展してゆくと期待されるが、利用のためには前述のような倫理面での検討あるいは社会的な同意が必要と思われる。

参考文献

- [1] 早川幹, 大久保教夫, 脇坂義博：“ビジネス顕微鏡—実用的人間行動計測システムの開発”, 電子情報通信学会論文誌. D, 情報・システム, Vol. 96, No. 10, pp. 2359–2370 (2013).
- [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誌, Vol. 34, No. 2, pp. 98-106 (2017).
- [3] Yasutake, Koichi, Nakamura, Yasukuki, Tagawa, Takahiro, Kitao, Momoko, Tasaka, Yoshiko : ”An Essay on the Relationship between the Characteristics of Aggregated Learning Physiological Data and the Growth of Learning Communities”, Proceedings of EdMedia + Innovate Learning, Vol. 2022, No. 1, pp. 370-385 (2022).
- [4] Tagawa, Takahiro & Yamakawa, Osamu. ”A Smartwatch-Based System for Students Sensor Data Collection: A Trial of Use and Study on Analysis”. In Schmidt-Crawford, D. (Ed.), Proceedings of Society for Information Technology & Teacher Education International Conference, pp.1052-1056(2020).
- [5] Tagawa, Takahiro, Yamakawa, Osamu: ”A Preliminary Study on Data Collection from Video Sources for the Analysis and Observation of the Mental States of Learners”, Proceedings of EdMedia + Innovate Learning, Vol. 2022, No. 1, pp. 87-91 (2022).
- [6] “授業中のバイタル情報を学びに生かす 脈拍情報などから集中度合いを判断【埼玉県久喜市】” (教育家庭新聞) (2021年12月8日) https://www.kknews.co.jp/post_committee/20211206_kuki (閲覧日 2024年1月12日)

2.4 位相的データ解析について

栗原寛明（富士通研究所人工知能研究所）

2.4.1 歴史・背景

位相的データ解析 (Topological Data Analysis, TDA) とはトポロジーのアイデアを応用したデータ（点群, 画像, グラフ, 時系列データ, etc）解析手法であり, 2000 年ころから急速に理論と応用の両面から盛んに研究が行われてきた [1]. TDA では主にパーシステントホモロジーの活用により, データが持つ幾何学的な特徴を記述することが可能であり, この点において従来の統計的データ解析手法とは大きく異なる. (図??参照) TDA の理論的な研究についてはパーシステントホモロジーの数学的特性の研究や, TDA の出力として得られるパーシステンス図の安定性に関する研究が行われていた一方で, 応用面においては, シリカの液体状態とガラス状態の原子配置の違いを特徴づけるために TDA が活用されたことで (一部の) 数学者コミュニティからも大きな注目を集めた [2]. 近年では, 機械学習や深層学習にも TDA は活用され, 産業界や諸科学分野への応用を見据えた幅広い研究が行われている.

2.4.2 位相的データ解析の発展

パーシステントホモロジーは数学的には, 単体複体の増大列 (フィルトレーション) に対してホモロジー函手を作用させて得られる列 (または, 列に現れるホモロジー群の直和) として定義される. データ解析の文脈においては, 対象となるデータからフィルトレーションを構成し, ホモロジー群の変化をパーシステンス図として記述する. 例えば, 3 次元空間内の点群が与えられたとき, それらを半径が 0 の球体の集まりとみなし, 半径を次第に大きくしていくにつれて球体同士の交わりが発生する. そこで, n 個の球体が交わりを持つときは $(n - 1)$ 単体を張るといった具合で点群から球体の半径に応じてフィルトレーションを構成することができる. また, TDA のグラフや時系列データへの適用も行われており, 具体的には, 時系列データを TDA を用いて解析することで, せん妄やインフラ (橋や道路) の異常検出へ役立てられている.

2.4.3 位相的データ解析の今後

近年, TDA の機械学習への応用も盛んに行われている. このような研究では, 例えば, TDA の出力であるパーシステンス図は $R^2 \cup \{+\infty\}$ 上の多重集合として得られるが, 機械学習への適用性を高めるため, パーシステンス図のベクトルとしての表現を獲得するための様々な方法が議論されている [3]. また, TDA 的な情報を含んだ損失関数の収束に関する議論なども行われている [4]. さらに実用面においては, 学習済み分類器 (学習済みニューラルネットワーク) の入力データに関する活性化の具合を幾何学的に観察することでモデルの異常検出やデータの共変量シフトの検出を行う技術 [5] や, 高次元データを幾何学的側面に着目してグラフとして表現する技術 (Mapper Algorithm, [6]) なども開発されており, 今後, 更なる発展が期待されている.

参考文献

- [1] Edelsbrunner, Herbert, and John Harer. "Persistent homology-a survey." *Contemporary mathematics* vol.453.26, p257-282 (2008).
- [2] Kusano, Genki, Kenji Fukumizu, and Yasuaki Hiraoka. "Kernel method for persistence diagrams via kernel embedding and weight factor." *Journal of Machine Learning Research* vol.18.189, p1-41 (2018).
- [3] de Surrel, Thibault, et al. "RipsNet: a general architecture for fast and robust estimation of the persistent homology of point clouds." *Topological, Algebraic and Geometric Learning Workshops 2022. PMLR*, 2022 (2022).
- [4] Mathieu Carriere, Frédéric Chazal, Marc Glisse, Yuichi Ike, Hariprasad Kannan. "Optimizing persistent homology based functions" . *ICML2021 38th International Conference on Machine Learning*, Jul2021, Virtual conference, United States, pp.1294-1303 (2021).
- [5] Théo Lacombe, Yuichi Ike, Mathieu Carrière, Frédéric Chazal, Marc Glisse, and Yuhei Umeda. "Topological Uncertainty: monitoring trained neural networks through persistence of activation graphs" . In *30th International Joint Conference on Artificial Intelligence (IJCAI2021)*, p2666-2672. International Joint Conferences on Artificial Intelligence Organization, 2021 (2021).
- [6] Singh, Gurjeet, Facundo Mémoli, and Gunnar E. Carlsson. "Topological methods for the analysis of high dimensional data sets and 3d object recognition." *PBG@ Eurographics* 2, p091-100 (2007).

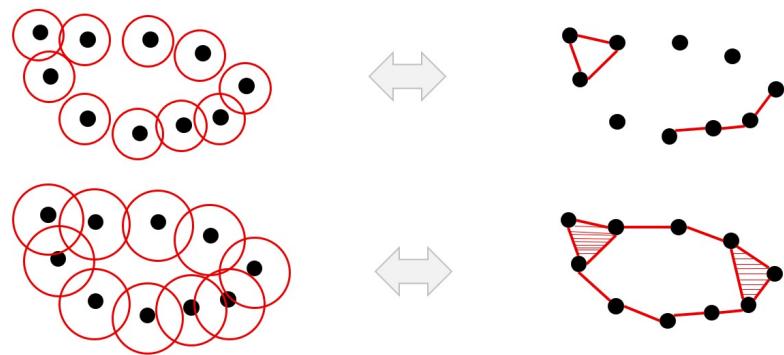


図 2.2 点群から得られる単体的複体

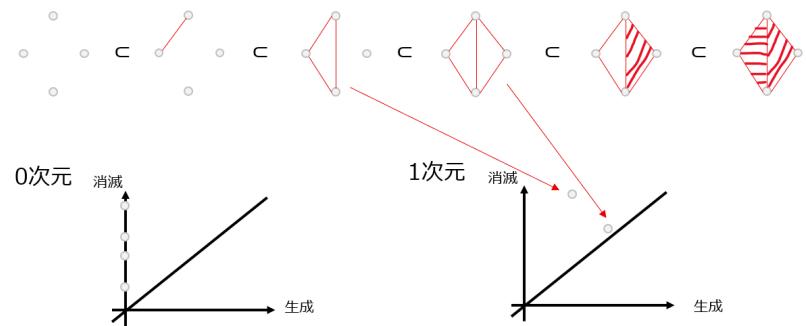


図 2.3 フィルトレーションとパーシステンス図

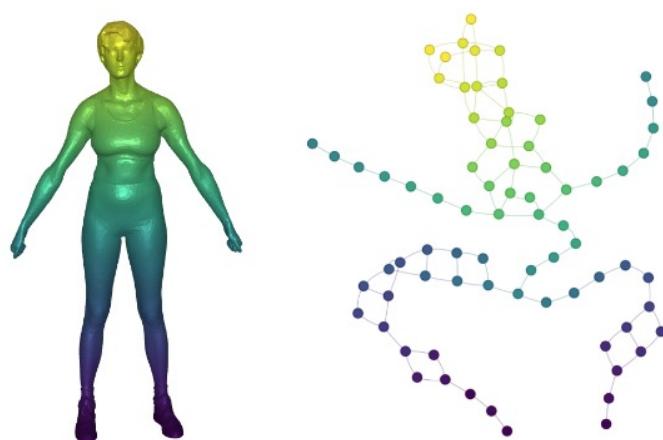


図 2.4 3 次元メッシュデータとその Mapper グラフ

第3章

おわりに

隅谷孝洋（広島大学）

2022年3月から2024年3月にかけて、「生体データと行動データの研究動向」と題してSS研のワーキンググループ活動を行った。WG外から5名のゲストを招き、またWGメンバーからも話題提供をいただいた。その内容は本稿にまとめている通りである。

本WGの活動は、学習データとして解像度を高めていく方向でのビッグデータとしての生体・行動データに関心を持ち、その研究動向を把握することを目的として開始された。活動を通じて現在の様々な研究の動向を把握できたことは、有意義であったと言える。当初の目的の一つとして、新たな研究グループを結成し科研費プロジェクトを立ち上げることを目指していたが、そこには至らなかった。この点については、まとめ役である隅谷の調整不足・力不足であり、メンバーの皆様には申し訳なく思っている。しかし、議論を通じて以下のような課題と可能性が明確になった。

まず、生体情報を測定するための機器は依然として高価であり、教育現場で全ての生徒や学生が日常的に使用することは現実的ではないという指摘があった。このため、現状の技術をどのようにして教育現場に取り入れ、コスト効率を高めるかが課題となる。

次に、生体情報や行動データから得られる知見をいかに教育現場にフィードバックするかについても議論された。特に、これらのデータを基に「教育レシピ」を作成し、個々の学習プロセスに応じた最適な教育手法を提供することが、実践的で興味深い方向性として提案された。

さらに、通常明らかにならない生体情報や行動データの取得・保存・分析には、プライバシーやデータの取り扱いに関する倫理的な問題が伴う。データ取得の際の許可を得ることは当然の前提であるが、それだけでは不十分であり、どのようなデータがどのように使用されるべきかについて、さらに深い倫理的配慮が求められる。

また、現在の学習分析（Learning Analytics）は、学習のメカニズムを十分に解明できていないという課題がある。これに関連して、生体情報および行動データが学習のモデル化およびその実証に有効に活用できるかどうかを探る必要性が議論された。これにより、より精緻な学習モデルの構築が期待される。これらの議論を通じて、今後の研究および実践において取り組むべき課題と可能性が明らかになった。

最後に、本WGの活動において多大なサポートをいただいたSS研事務局の皆様に深い感謝の意を表し、本稿を締めくくることとした。

【話題提供】

脳活動同期性に基づく 道徳の授業の評価手法の開発

早稲田大学 人間科学学術院
松居辰則

研究の概要

①研究の背景

- ・効果的な道徳の授業が実施されている状態を評価する手法を提案する必要性
- ・教師-学習者に生じる調和感と前頭前野の活動の同期が関連し、授業評価に活用できる可能性

②研究の目的と研究仮説

- ◆目的
調和感に基づく道徳の授業の客観的評価手法を開発し、道徳教育の効果の検討手法を提案する
- ◆研究仮説
①道徳の授業の効果と調和感の関連の検討
②調和感と脳同期現象の関連の検討

③研究の内容

④研究のまとめ

- ◆実験
・大学生による道徳の授業の再現実験
個別学習（実験1・実験2）
集団学習（実験3）
・教育現場での道徳に関する授業での調査
高等学校の授業（実験4）
大学の授業（実験5）
- ◆得られた結果
・高等学校の実験では、道徳の授業の効果と調和感に関連あり
・調和感と教師-学習者間の脳同期に関連あり
- ◆まとめ
脳活動同期現象を道徳の授業の効果の検討手法として利用することの有効性が示唆

目次

- ✓研究の背景
- ✓研究の目的と研究仮説
- ✓研究の流れ
- └実験1・実験2の概要
- ✓授業場面で生じる調和感と脳同期現象に関する調査（実験3）
- ✓教育現場における調査事例①（実験4）
- ✓教育現場における調査事例②（実験5）
- ✓まとめと今後の展望

3

目次

- ✓研究の背景
- ✓研究の目的と研究仮説
- ✓研究の流れ
- └実験1・実験2の概要
- ✓授業場面で生じる調和感と脳同期現象に関する調査（実験3）
- ✓教育現場における調査事例①（実験4）
- ✓教育現場における調査事例②（実験5）
- ✓まとめと今後の展望

4

脳活動同期性に基づく 道徳の授業の評価手法の開発

脳活動同期性に基づく 道徳の授業の評価手法の開発

道徳教育における課題と評価手法開発の重要性

研究の背景①-道徳教育における課題と評価手法開発の重要性-

◇道徳教育における課題

◆様々な問題点が指摘され、道徳教育の効果は疑問視 [1][2][3][4]

- ・学習者が共感しにくい教材内容[1]
- ・授業中、学習者は教師が期待する正答を察知し、自身の感情に基づかない解答を述べる傾向[1]



図1：道徳の授業のイメージ

7

研究の背景①-道徳教育における課題と評価手法開発の重要性-

◇道徳教育における課題

◆様々な問題点が指摘され、道徳教育の効果は疑問視 [1][2][3][4]

- ・学習者が共感しにくい教材内容[1]
- ・授業中、学習者は教師が期待する正答を察知し、自身の感情に基づかない解答を述べる傾向[1]

◆効果的な授業の評価方法は未確立 [1][3][4]

8

研究の背景①-道徳教育における課題と評価手法開発の重要性-

◇道徳教育における課題

◆様々な問題点が指摘され、道徳教育の効果は疑問視 [1][2][3][4]

- ・学習者が共感しにくい教材内容[1]
- ・授業中、学習者は教師が期待する正答を察知し、自身の感情に基づかない解答を述べる傾向[1]

◆効果的な授業の評価方法は未確立 [1][3][4]

➡ 「効果的な道徳の授業が実施されている状態」を適切に評価する手法を開発する必要性

9

脳活動同期性に基づく 道徳の授業の評価手法の開発

本研究における道徳の授業の効果の定義
道徳の授業の効果と調和感の関連

研究の背景②-本研究における道徳の授業の効果の定義-

◇本研究における道徳の授業の効果の定義

◆「学習者の道徳観を養うこと」が道徳教育の目的 [5]

- ・学習者に対する様々な道徳観に「触れる」機会の提供[3][4]
- ・教師-学習者間での道徳的感情の共有の必要性[4]

◆道徳観について「知り」、学習者独自の価値観を築く手助けが重要[3][4]

- ・道徳の授業を通じた「実践」の促進は評価として不適当[3]

11

研究の背景②-本研究における道徳の授業の効果の定義-

◇本研究における道徳の授業の効果の定義

◆「学習者の道徳観を養うこと」が道徳教育の目的 [5]

- ・学習者に対する様々な道徳観に「触れる」機会の提供[3][4]
- ・教師-学習者間での道徳的感情の共有の必要性[4]

◆道徳観について「知り」、学習者独自の価値観を築く手助けが重要[3][4]

- ・道徳の授業を通じた「実践」の促進は評価として不適当[3]



図2：道徳の授業の評価のイメージ

12

研究の背景②-本研究における道徳の授業の効果の定義-

◇本研究における道徳の授業の効果の定義

◆「学習者の道徳観を養うこと」が道徳教育の目的 [5]

- ・学習者に対する様々な道徳観に「触れる」機会の提供[3][4]
- ・教師-学習者間での道徳的感情の共有の必要性[4]

◆道徳観について「知り」、学習者独自の価値観を築く手助けが重要[3][4]

- ・道徳の授業を通じた「実践」の促進は評価として不適当[3]



図2：道徳の授業の評価のイメージ

13

研究の背景②-本研究における道徳の授業の効果の定義-

◇本研究における道徳の授業の効果の定義

◆「学習者の道徳観を養うこと」が道徳教育の目的 [5]

- ・学習者に対する様々な道徳観に「触れる」機会の提供[3][4]
- ・教師-学習者間での道徳的感情の共有の必要性[4]

◆道徳観について「知り」、学習者独自の価値観を築く手助けが重要[3][4]

- ・道徳の授業を通じた「実践」の促進は評価として不適当[3]



図2：道徳の授業の評価のイメージ

14

研究の背景②-本研究における道徳の授業の効果の定義-

◇本研究における道徳の授業の効果の定義

◆「学習者の道徳観を養うこと」が道徳教育の目的 [5]

- ・学習者に対する様々な道徳観に「触れる」機会の提供[3][4]
- ・教師-学習者間での道徳的感情の共有の必要性[4]

◆道徳観について「知り」、学習者独自の価値観を築く手助けが重要[3][4]

- ・道徳の授業を通じた「実践」の促進は評価として不適当[3]

→ 道徳の授業の効果を「学習者が授業で取り扱った道徳観を大切だと感じた程度」と定義

15

研究の背景③-道徳の授業の効果と調和感の関連-

◇道徳の授業の効果と調和感の関連

◆教師-学習者間の円滑なコミュニケーションと調和感の関連[6][7]

- ・調和感とは「授業がうまくいっているという感覚」[7]
- ・教師-学習者間での道徳的感情の円滑な共有の重要性[4]

16

研究の背景③-道徳の授業の効果と調和感の関連-

◇道徳の授業の効果と調和感の関連

◆教師-学習者間の円滑なコミュニケーションと調和感の関連[6][7]

- ・調和感とは「授業がうまくいっているという感覚」[7]
- ・教師-学習者間での道徳的感情の円滑な共有の重要性[4]

→ 道徳の授業の効果を学習者の調和感に基づき評価できる可能性

17

研究の背景③-道徳の授業の効果と調和感の関連-

◇道徳の授業の効果と調和感の関連

◆教師-学習者間の円滑なコミュニケーションと調和感の関連[6][7]

- ・調和感とは「授業がうまくいっているという感覚」[7]
- ・教師-学習者間での道徳的感情の円滑な共有の重要性[4]

→ 道徳の授業の効果を学習者の調和感に基づき評価できる可能性

18

◆道徳や宗教の授業の評価の困難さ[8]

- ・教師-学習者間のコミュニケーションの質といった、学習に影響を及ぼすと考えられる間接的な情報から、学習効果を推定する必要性[8]

◇脳活動同期性に基づく授業評価

脳活動同期性に基づく道徳の授業の評価手法の開発

研究の背景④-脳活動同期性に基づく授業評価-

◇脳活動同期性に基づく授業評価

- ◆教授学習場面における脳機能調査に基づく知見の蓄積の重要性が指摘[6]
 - ・教師-学習者間の相互作用を可視化する重要性
- ◆前頭前野（BA10・BA46）の脳活動は対話相手の意図の推定と関連[9][10][11]
 - ・教授学習場面における前頭前野の活動の同期は、教師-学習者間での良好な関係構築と関連 [12][13]



図3：プロードマンの脳地図（外側表面）[12]

20

研究の背景④-脳活動同期性に基づく授業評価-

◇脳活動同期性に基づく授業評価

- ◆教授学習場面における脳機能調査に基づく知見の蓄積の重要性が指摘[6]
 - ・教師-学習者間の相互作用を可視化する重要性
- ◆前頭前野（BA10・BA46）の脳活動は対話相手の意図の推定と関連[9][10][11]
 - ・教授学習場面における前頭前野の活動の同期は、教師-学習者間での良好な関係構築と関連 [12][13]

➡ 教師-学習者に生じる調和感と前頭前野の活動の同期が関連し、授業評価に活用できる可能性

21

目次

- ✓研究の背景
- ✓研究の目的と研究仮説
- ✓研究の流れ
 - └実験1・実験2の概要
- ✓授業場面で生じる調和感と脳同期現象に関する調査（実験3）
- ✓教育現場における調査事例①（実験4）
- ✓教育現場における調査事例②（実験5）
- ✓まとめと今後の展望

22

研究目的と研究仮説

「効果的な道徳の授業が実施されている状態」を適切に評価する手法を開発する必要性

道徳の授業の効果を「学習者が取り扱った道徳観を大切だと感じた程度」と定義

道徳の授業の効果を学習者の調和感に基づき評価できる可能性

教師-学習者に生じる調和感と前頭前野の活動の同期が関連し、授業評価に活用できる可能性

研究目的と研究仮説

「効果的な道徳の授業が実施されている状態」を適切に評価する手法を開発する必要性

道徳の授業の効果を「学習者が取り扱った道徳観を大切だと感じた程度」と定義

道徳の授業の効果を学習者の調和感に基づき評価できる可能性

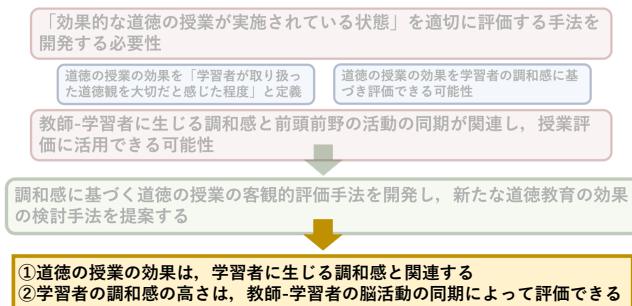
教師-学習者に生じる調和感と前頭前野の活動の同期が関連し、授業評価に活用できる可能性

調和感に基づく道徳の授業の客観的評価手法を開発し、新たな道徳教育の効果の検討手法を提案する

23

24

研究目的と研究仮説

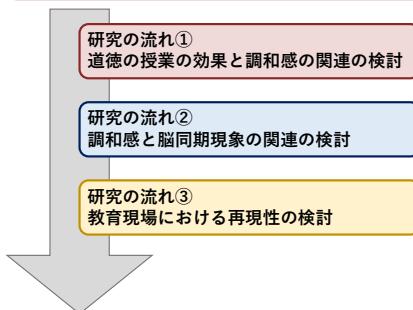


目次

- ✓研究の背景
- ✓研究の目的と研究仮説
- ✓研究の流れ
 - └実験1・実験2の概要
 - ✓授業場面で生じる調和感と脳同期現象に関する調査（実験3）
 - ✓教育現場における調査事例①（実験4）
 - ✓教育現場における調査事例②（実験5）
 - ✓まとめと今後の展望

26

研究の流れ



27

研究の流れ

◇本研究の実験の一覧

実験名	実験の概要	学習形態
実験1	大学生による道徳の授業の再現実験（非対面実施・対面実施）	個別
実験2	大学生による道徳の授業の再現実験（対面実施のみ）	個別
実験3	大学生による道徳の授業の再現実験（対面実施のみ）	集団
実験4	高等学校的教員による授業の実施（対面実施のみ）	集団
実験5	大学教員による授業の実施（対面実施のみ）	集団

※1 個別は教師1名・学習者1名、集団は教師1名・学習者複数名を表す

28

研究の流れ

◇本研究の実験の一覧

実験名	実験の概要	学習形態	①道徳の授業の効果と調和感の関連の検討	②調和感と脳同期現象の関連の検討	③教育現場における再現性の検討
実験1	大学生による道徳の授業の再現実験（非対面実施・対面実施）	個別			
実験2	大学生による道徳の授業の再現実験（対面実施のみ）	個別			
実験3	大学生による道徳の授業の再現実験（対面実施のみ）	集団			
実験4	高等学校的教員による授業の実施（対面実施のみ）	集団			
実験5	大学教員による授業の実施（対面実施のみ）	集団			

※1 個別は教師1名・学習者1名、集団は教師1名・学習者複数名を表す

29

研究の流れ-実験1・実験2について-

◇本研究の実験の一覧

実験名	実験の概要	学習形態	①道徳の授業の効果と調和感の関連の検討	②調和感と脳同期現象の関連の検討	③教育現場における再現性の検討
実験1	大学生による道徳の授業の再現実験（非対面実施・対面実施）	個別	●		
実験2	大学生による道徳の授業の再現実験（対面実施のみ）	個別	●	●	
実験3	大学生による道徳の授業の再現実験（対面実施のみ）	集団	●	●	
実験4	高等学校的教員による授業の実施（対面実施のみ）	集団			
実験5	大学教員による授業の実施（対面実施のみ）	集団			

※1 個別は教師1名・学習者1名、集団は教師1名・学習者複数名を表す

30

研究の流れ-実験1・実験2について-

◇実験1・実験2の結果

実験名	実験の概要	学習形態	研究仮説1	研究仮説2
実験1	大学生による道徳の授業の再現実験 (非対面実施・対面実施)	個別	○	—
実験2	大学生による道徳の授業の再現実験 (対面実施のみ)	個別	×	×

31

研究の流れ-実験1・実験2について-

◇実験1・実験2の結果

実験名	実験の概要	学習形態	研究仮説1	研究仮説2
実験1	大学生による道徳の授業の再現実験 (非対面実施・対面実施)	個別	○	—
実験2	大学生による道徳の授業の再現実験 (対面実施のみ)	個別	×	×

◇実験1・実験2の課題

- ◆道徳の授業の再現性の低さ
- ◆教師役実験参加者の教授スキルの未熟さ

32

研究の流れ

◇本研究の実験の一覧

実験名	実験の概要	学習形態	①道徳の授業の効果と調和感の関連の検討	②調和感と脳同期現象の関連の検討	③教育現場における再現性の検討
実験1	大学生による道徳の授業の再現実験 (非対面実施・対面実施)	個別			
実験2	大学生による道徳の授業の再現実験 (対面実施のみ)	個別			
実験3	大学生による道徳の授業の再現実験 (対面実施のみ)	集団			
実験4	高等学校の教員による授業の実施 (対面実施のみ)	集団			
実験5	大学教員による授業の実施 (対面実施のみ)	集団			

※1個別は教師1名・学習者1名、集団は教師1名・学習者複数名を表す

33

目次

- ✓研究の背景
- ✓研究の目的と研究仮説
- ✓研究の流れ
 - └実験1・実験2の概要
 - └授業場面で生じる調和感と脳同期現象に関する調査（実験3）
 - └教育現場における調査事例①（実験4）
 - └教育現場における調査事例②（実験5）
 - └まとめと今後の展望

34

実験3-概要-

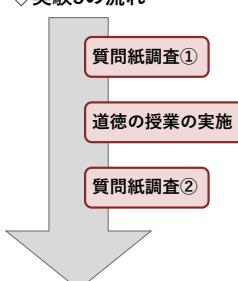
◇実験3について

目的	道徳の授業の効果と調和感の関連の検討 調和感と脳同期現象の関連の検討
概要	文部科学省が公開する物語型道徳教材(3種)を用いた教授学習再現実験[14] <使用した教材> 感謝する心・礼儀の大切さ・法律を守ること
参加者	4組14名(男性8名、女性6名、平均年齢25.1歳) 教師1名に対して学習者2~3名

35

実験3-実験手続き-

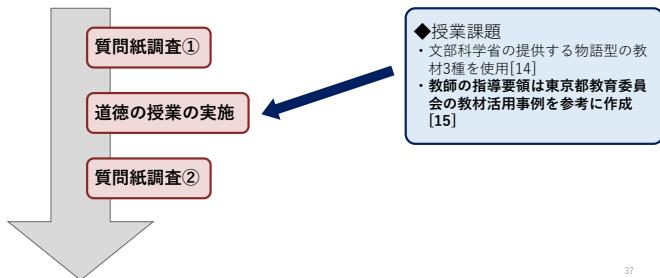
◇実験3の流れ



36

実験3-実験手続き-

◇実験3の流れ



37

実験3-実験手続き-

◇実験3の流れ

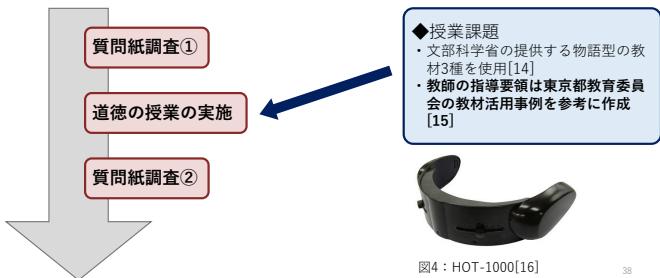
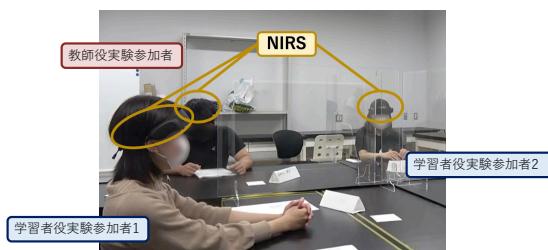


図4: HOT-1000[16]

38

実験3-実験手続き-

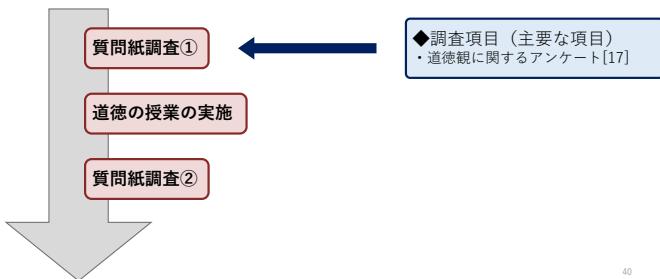
◇実験3の様子



39

実験3-実験手続き-

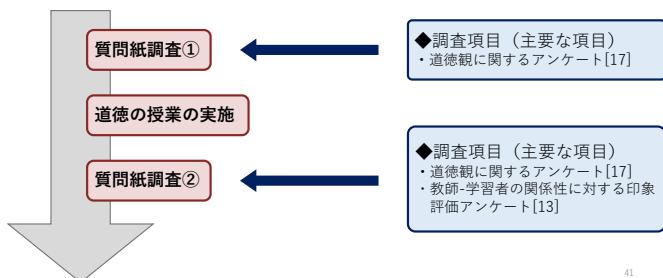
◇実験3の流れ



40

実験3-実験手続き-

◇実験3の流れ



41

実験3-質問紙調査-

◇質問紙調査

◆道徳観に関するアンケート[17]

- 教示文：「次の5つの項目を比較した時、あなたはそれをどのくらい大切だと思いますか。当時はまるところに丸をつけてください。」

- 礼儀の意義を理解し、時と場に応じた適切な言動をとる
- 多くの人の善意や支えにより、日々の生活や現在の自分があることに感謝し、それに応える
- 法や決まりの意義を理解し、遵守するとともに、自他の権利を重んじ義務を確実に果たして、社会の秩序と規律を高めるように努める
- 望ましい生活習慣を身につけ、心身の健康の増進を図り、節度を守り節制に心がけ調和のある生活をする
- 自律の精神を重んじ、自主的に考え、誠実に実行してその結果に責任を持つ

42

実験3-質問紙調査-

◇質問紙調査

◆道徳観に関するアンケート[17]

- 教示文：「次の5つの項目を比較した時、あなたはそれをどのぐらい大切だと思いますか、当てはまるところに丸をつけてください。」

- (1)礼儀の意義を理解し、時と場に応じた適切な言動をとる
 (2)多くの人の善意や支えにより、日々の生活や現在の自分があることに感謝し、それに応える
 (3)法や決まりの意義を理解し、遵守するとともに、自他の権利を重んじ義務を確実に果たして、社会の秩序と規律を高めるように努める
 (4)望ましい生活習慣を身につけ、心身の健康の増進を図る
 (5)自律の精神を重んじ、自主的に考え、誠実に実行してその結果に責任を持つ

43

文部科学省が公開している、道徳教育指導教材の学習目標から抜粋

実験3-質問紙調査-

◇質問紙調査

◆道徳観に関するアンケート[17]

- 教示文：「次の5つの項目を比較した時、あなたはそれをどのぐらい大切だと思いますか、当てはまるところに丸をつけてください。」

左のほうが大切	どちら	右のほうが大切
非常に	かなり	やや
なり	なり	なり
多くの人の善意や支えにより、日々の生活や現在の自分があることに感謝し、それに応える		多くの人の善意や支えにより、日々の生活や現在の自分があることに感謝し、それに応える

図6：道徳観に関するアンケート（一部抜粋）

44

実験3-質問紙調査-

◇質問紙調査

◆道徳観に関するアンケート[17]

- 教示文：「次の5つの項目を比較した時、あなたはそれをどのぐらい大切だと思いますか、当てはまるところに丸をつけてください。」

左のほうが大切	どちら	右のほうが大切
非常に	かなり	やや
なり	なり	なり
多くの人の善意や支えにより、日々の生活や現在の自分があることに感謝し、それに応える		多くの人の善意や支えにより、日々の生活や現在の自分があることに感謝し、それに応える

図6：道徳観に関するアンケート（一部抜粋）

45

実験3-質問紙調査-

◇質問紙調査

◆道徳観に関するアンケート[17]

項目No.	項目1	項目2	項目3	項目4	項目5
項目内容	礼儀の意義を理解し、時と場に応じた適切な言動をとる	多くの人の善意や支えにより、日々の生活や現在の自分があることに感謝し、それに応える	法や決まりの意義を理解し、遵守するとともに、自他の権利を重んじ義務を確実に果たして、社会の秩序と規律を高める	望ましい生活習慣を身につける	自律の精神を重んじ、自主的に考え、誠実に実行してその結果に責任を持つ
授業前	0.114	0.256	0.048	0.321	0.261
授業後	0.325	0.201	0.053	0.254	0.167

図7：道徳観に関するアンケートの分析

AHP(階層分析法)で各項目の重みを、合計が1になるよう算出

46

実験3-質問紙調査-

◇質問紙調査

◆教師-学習者の関係性に対する印象評価アンケート[13]

- 授業の印象を説明満足感、注目感、友好感、調和感、学習満足感で評価
- 評価方法は7件法を採用

項目No.	質問項目	調和感						
		1	2	3	4	5	6	7
1	生徒にわかりやすく説明できる。	はい	どちら	いいえ	どちら	いいえ	どちら	いいえ
2	生徒が自分の意見をよく尊重してくれる。	はい	どちら	いいえ	どちら	いいえ	どちら	いいえ
3	生徒に感謝を貰わせていく。	はい	どちら	いいえ	どちら	いいえ	どちら	いいえ
4	生徒が自分の意見をよく尊重してくれる。	はい	どちら	いいえ	どちら	いいえ	どちら	いいえ
5	生徒に対して印象をうけた。	はい	どちら	いいえ	どちら	いいえ	どちら	いいえ
6	生徒に対する印象がよくなかった。	はい	どちら	いいえ	どちら	いいえ	どちら	いいえ
7	自分の行動と生徒の行動が調和していると思ふ。	はい	どちら	いいえ	どちら	いいえ	どちら	いいえ
8	生徒との一体感があった。	はい	どちら	いいえ	どちら	いいえ	どちら	いいえ
9	生徒とのコミュニケーションがうまくいく。	はい	どちら	いいえ	どちら	いいえ	どちら	いいえ
10	教室内の雰囲気に影響がある。	はい	どちら	いいえ	どちら	いいえ	どちら	いいえ

図8：調和感に関するアンケート

47

実験3-結果-

◇結果

◆道徳の授業の効果と調和感の関連（研究仮説①の検討）

◆道徳の授業の効果・調和感と脳同期現象の関連（研究仮説②の検討）

48

実験3-結果-

◆結果

- ◆道徳の授業の効果と調和感の関連（研究仮説①の検討）
 - ◆道徳の授業の効果・調和感と脳同期現象の関連（研究仮説②の検討）

49

実験3-結果-

◆結果

- ・学習者役実験参加者の道徳観に関するアンケート[17]の結果で実験ペアを授業成功群（7組）/授業失敗群（7組）に群分け

50

実験-群分けの詳細-

Ex: 「礼儀の大切さ」に関する教材取り組んだ学習者役実験参加者の場合

項目No.	項目1	項目2	項目3	項目4	項目5
	項目内容	札幌の意義を理解し、時と場に応じた適切な言動を持つ	多様な人の尊重や支えに心をこめて、日々の仕事や家庭の分担がなされるに感謝し、それに応える	法や規則の重要性を理解し、守ることに感謝するに心をこめて、自然の尊重や量産の重要性を理解し、守ることに感謝するに心をこめて、社会の秩序と規律を高めるに心をこめる	生徒生活運営を身につけることの重要性を理解し、守ることに感謝するに心をこめて、規律と守る意欲と心が持て、規律のある生活をする
授業前	0.114	0.256	0.048	0.321	0.261
授業後	0.225	0.201	0.053	0.254	0.165

学習者②	項目No.	項目1	項目2	項目3	項目4	項目5
	項目内容	札幌の意義を理解し、時と場に応じた適切な言動とする	多くの「の」や「に」を用いて、日々の生活や現在の状況を表現する	法やつまりの意義を理解し、遵守するにとどめ、自己尊重の態度を示す	正しい生活習慣を身につける、心の健康の維持を図る、運動不足を克服する	自律の精神を重んじ、自己の考え、読み方に実行してその結果に責任を持つ
	授業前	0.058	0.527	0.034	0.244	0.131

図9：道徳の授業の効果に関する群分け

51

実験-群分けの詳細-

Ex: 「礼儀の大切さ」に関する教材取り組んだ学習者役実験参加者の場合

項目No.	項目1	項目2	項目3	項目4	項目5
項目内容	札幌の意義を理解し、時と題に応じた適切な言動である。	多くの人の声をやさしく理解し決まりの良い言動である。	白鳥の生活を理解し、白鳥の精神を実現する。	学生の生活を理解し、学生の精神を実現する。	学生の生活を理解し、学生の精神を実現する。
授業前	0.114	0.256	0.048	0.321	0.261
授業後	0.225	0.201	0.053	0.345	0.167
授業成功群					

項目No.	項目1	項目2	項目3	項目4	項目5
項目内容	礼儀の意義を理解し、時と 時に応じた適切な言動とし て、日々の生活や仕事で、適度に「お世話 ありがとうございます」とい ふ言葉を発してもらいたい。	多くの人の言葉や支えによ り決まりの意義を理解し、 日々の生活や仕事で、適度に「お世話 ありがとうございます」とい ふ言葉を発してもらいたい。	美しい生活習慣を持つ ために、心身の健康の維持と 向上をめざす活動を実行す る。また、心身の健康を保つ ために、健康的な生活習慣を つける。	自己の精神を重んじ、自主 的の思考、実現に実行して その結果に責任を持つ	
授業前	0.058	0.527	0.034	0.244	0.137
授業後					

図9：道徳の授業の効果に関する群分け

52

実験3-結果-

◆ 結果

- ◆道徳の授業の効果と調和感の関連

 - ・学習者役実験参加者の道徳観に関するアンケート[17]の結果で実験ペアを授業成功群（7組）/授業失敗群（7組）に群分け

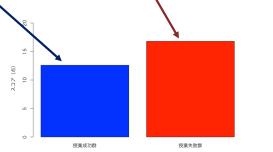


図10：道徳の授業の効果に基づく調和感の比較

53

実験3-結果-

◆ 結果

- ◆道徳の授業の効果と調和感の関連
 - ・学習者役実験参加者の道徳観に関するアンケート[17]の結果で実験ペアを授業成功群（7組）/授業失敗群（7組）に群分け
 - ・各群の調和感評価を比較（平均値）

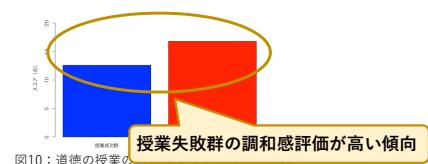


図10：道徳の授業の授業実施成績と感評価

54

実験3-結果-

◇結果

- ◆道徳の授業の効果と調和感の関連（研究仮説①の検討）
- ◆道徳の授業の効果・調和感と脳同期現象の関連（研究仮説②の検討）

55

実験3-結果-

◇結果

- ◆道徳の授業の効果・調和感と脳同期現象の関連
- ・脳同期現象の評価

ウェーブレットコヒーレンスによる評価[12][13]

56

実験3-結果-

◇結果

- ◆道徳の授業の効果・調和感と脳同期現象の関連
- ・脳同期現象の評価

ウェーブレットコヒーレンスによる評価[12][13]

2つの信号のウェーブレットパワースペクトルの相関
→実験ペアのNIRSによる計測データの類似性を評価する指標

57

実験3-結果-

◇結果

- ◆道徳の授業の効果・調和感と脳同期現象の関連
- ・脳同期現象の評価

ウェーブレットコヒーレンスによる評価[12][13]

- ・ウェーブレットコヒーレンスの比較方法
 - (1)授業課題全体
 - (2)教師主導学習ブロック
 - (3)生徒作業ブロック
 - (4)相互学習ブロック

58

実験3-結果-

◇結果

- ◆道徳の授業の効果・調和感と脳同期現象の関連
- ・授業の効果に基づく比較
 - ・学習者役実験参加者の道徳観に関するアンケート[17]の結果で実験ペアを授業成功群（6組）/授業失敗群（7組）に群分け
 - ・各群に属する学習者役実験参加者と教師役実験参加者のウェーブレットコヒーレンスを比較（平均値）

59

実験3-結果-

◇結果

- ◆道徳の授業の効果・調和感と脳同期現象の関連
- ・授業の効果に基づく比較（教師主導学習ブロック）

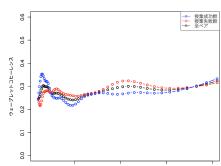


図11：左チャネル

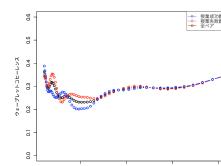


図12：右チャネル

60

実験3-結果-

◇結果

◆道徳の授業の効果・調和感と脳同期現象の関連

- 授業の効果に基づく比較（教師主導学習ブロック）

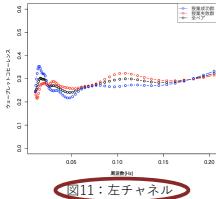


図11：左チャネル

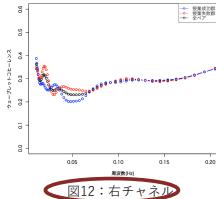


図12：右チャネル

61

実験3-結果-

◇結果

◆道徳の授業の効果・調和感と脳同期現象の関連

- 授業の効果に基づく比較（教師主導学習ブロック）

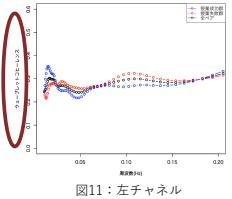


図11：左チャネル

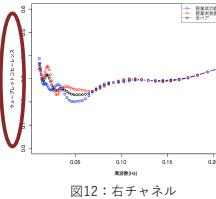


図12：右チャネル

62

実験3-結果-

◇結果

◆道徳の授業の効果・調和感と脳同期現象の関連

- 授業の効果に基づく比較（教師主導学習ブロック）

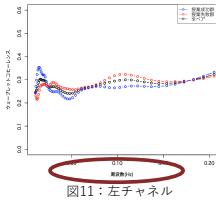


図11：左チャネル

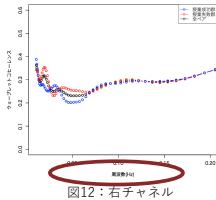


図12：右チャネル

63

実験3-結果-

◇結果

◆道徳の授業の効果・調和感と脳同期現象の関連

- 授業の効果に基づく比較（教師主導学習ブロック）

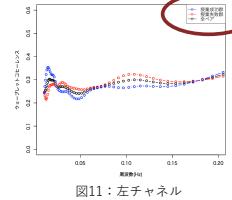


図11：左チャネル

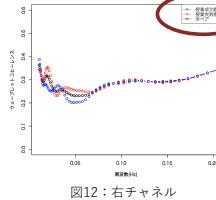


図12：右チャネル

64

実験3-結果-

◇結果

◆道徳の授業の効果・調和感と脳同期現象の関連

- 授業の効果に基づく比較（教師主導学習ブロック）

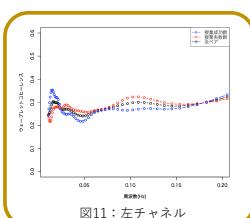


図11：左チャネル

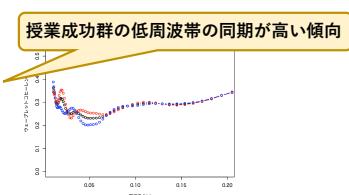


図12：右チャネル

65

実験3-結果-

◇結果

◆道徳の授業の効果・調和感と脳同期現象の関連

- 調和感の高さに基づく比較

・ 学習者役実験参加者の教師-学習者の関係性に対する印象評価アンケート

[13]の調和感に関する項目の結果で実験ペアを

調和感高群（7組）/調和感低群（6組）に群分け

・ 各群に属する学習者役実験参加者と教師役実験参加者のウェーブレットコヒーレンスを比較（平均値）

66

実験3-結果-

◇結果

- ◆道徳の授業の効果・調和感と脳同期現象の関連
 - ・調和感の高さに基づく比較（相互学習ブロック）

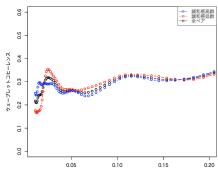


図13：左チャネル

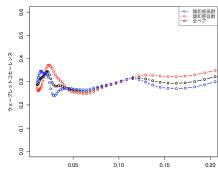


図14：右チャネル

67

実験3-結果-

◇結果

- ◆道徳の授業の効果・調和感と脳同期現象の関連
 - ・調和感の高さに基づく比較（相互学習ブロック）

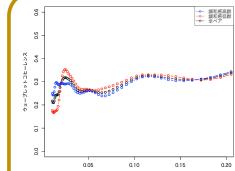


図13：左チャネル

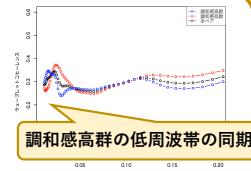


図14：右チャネル

68

実験3-まとめと課題-

◇まとめ

- ①道徳の授業の効果は、学習者に生じる調和感と関連する
- ②学習者の調和感の高さは、教師-学習者の脳活動の同期によって評価できる

◆研究仮説①に関して

- ・授業失敗群の調和感が高い傾向
→支持されなかった

◆研究仮説②に関して

- ・一部のブロックで授業成功群・調和感高群の脳同期が高い傾向
→支持された

69

実験3-まとめと課題-

◇課題

◆研究仮説①が支持されなかった原因に対する考察

- ・授業の効果/調和感に基づく群分けの実験参加者の内訳を確認
→授業失敗群には、親密度の高いと考えられるペアが多く含まれる
→調和感低群には、実験において初対面であった学生ペアが多く含まれる



実験文脈に依存しない実験参加者同士の関係性が、授業の効果や調和感の評価に影響を与えていた可能性

70

目次

- ✓研究の背景
- ✓研究の目的と研究仮説
- ✓研究の流れ
 - └実験1・実験2の概要
- ✓授業場面で生じる調和感と脳同期現象に関する調査（実験3）
- ✓教育現場における調査事例①（実験4）
- ✓教育現場における調査事例②（実験5）
- ✓まとめと今後の展望

71

実験4-概要-

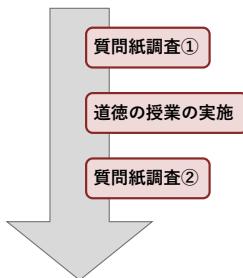
◇実験4について

目的	道徳の授業の効果と調和感の関連の検討 調和感と脳同期現象の関連の検討
概要	高等学校で実施される道徳に関する講話時の調査 <講話内容> 心から信頼できる友人をもち、互いに励まし合い、各々の目標に向けて自分自身を高め合うこと
参加者	教師1名(男性、60歳) 生徒20名(男性、平均年齢17.5歳) NIRS計測対象者は教師1名/生徒4名をランダムに指定

72

実験4-実験手続き-

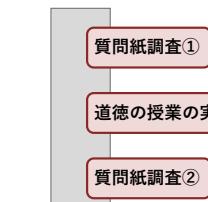
◇実験4の流れ



73

実験4-実験手続き-

◇実験4の流れ



- ◆授業課題
 - ・教師による講話
 - ・生徒によるグループワーク
 - ・生徒によるプレゼンテーション



図15: HOT-1000[16]

74

実験4-実験手続き-

◇実験4の様子

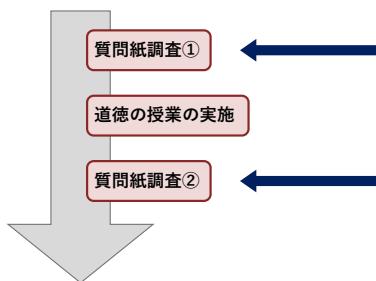


図16: 芝高等学校6-G教室での実験の様子

75

実験4-実験手続き-

◇実験4の流れ



- ◆調査項目（主要な項目）
 - ・道徳観に関するアンケート[17]

- ◆調査項目（主要な項目）
 - ・道徳観に関するアンケート[17]
 - ・教師-学習者の関係性に対する印象評価アンケート[13]

76

実験4-結果-

◇結果

- ◆道徳の授業の効果と調和感の関連（研究仮説①の検討）
- ◆調和感と脳同期現象の関連（研究仮説②の検討）

77

実験4-結果-

◇結果

- ◆道徳の授業の効果と調和感の関連（研究仮説①の検討）
- ◆調和感と脳同期現象の関連（研究仮説②の検討）

78

実験4-結果-

◇結果

◆道徳の授業の効果と調和感の関連

- ・生徒実験参加者の道徳観に関するアンケート[17]の結果で実験参加者を授業成功群（10名）/授業失敗群（10名）に群分け
- ・各群の調和感評価を比較

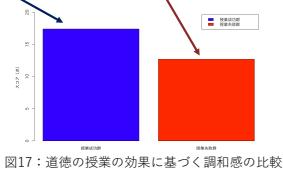


図17：道徳の授業の効果に基づく調和感の比較

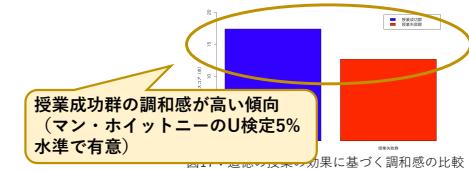
79

実験4-結果-

◇結果

◆道徳の授業の効果と調和感の関連

- ・生徒実験参加者の道徳観に関するアンケート[17]の結果で実験参加者を授業成功群（10名）/授業失敗群（10名）に群分け
- ・各群の調和感評価を比較



授業成功群の調和感が高い傾向
(マン・ホイットニーのU検定5%
水準で有意)

80

実験4-結果-

◇結果

◆道徳の授業の効果と調和感の関連（研究仮説①の検討） ◆調和感と脳同期現象の関連（研究仮説②の検討）

81

実験4-結果-

◇結果

◆調和感と脳同期現象の関連

- ・脳同期現象の評価
- 教師-各生徒のウェーブレットコヒーレンスによる評価[12][13]
- ・ウェーブレットコヒーレンスの比較方法
 - (1)授業課題全体
 - (2)教師主導学習ブロック（教師による講話）
 - (3)生徒作業ブロック（生徒によるグループワーク）
 - (4)相互学習ブロック（生徒によるプレゼンテーション）

82

実験4-結果-

◇結果

◆道徳の授業の効果・調和感と脳同期現象の関連

- ・各生徒-教師間のウェーブレットコヒーレンス比較（教師主導学習ブロック）

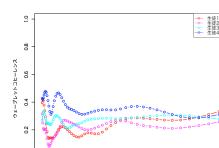


図18：左チャネル

83

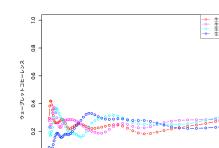


図19：右チャネル

84

実験4-結果-

◇結果

◆調和感と脳同期現象の関連

- ・教師-生徒4名の脳同期を比較
- ・授業の効果/調和感の高い生徒から順に生徒1/生徒2…と表記
- ・各生徒と教師のウェーブレットコヒーレンスを比較

実験4-結果-

◇結果

◆道徳の授業の効果・調和感と脳同期現象の関連ブロック

- ・各生徒-教師間のウェーブレットコヒーレンス比較（教師主導学習ブロック）

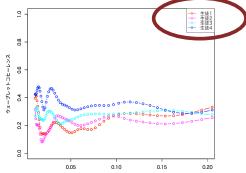


図18：左チャネル

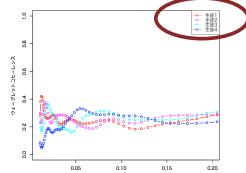


図19：右チャネル

85

実験4-結果-

◇結果

◆道徳の授業の効果・調和感と脳同期現象の関連ブロック

- ・各生徒-教師間のウェーブレットコヒーレンス比較（教師主導学習ブロック）

授業の効果/調和感が高い生徒の低周波帯の同期が高い傾向

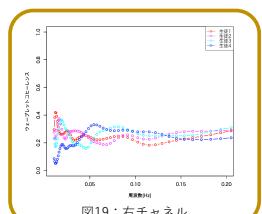


図18：左チャネル

86

図19：右チャネル

実験4-結果-

◇結果

◆道徳の授業の効果・調和感と脳同期現象の関連ブロック

- ・各生徒-教師間のウェーブレットコヒーレンス比較（相互学習ブロック）

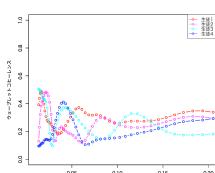


図20：左チャネル

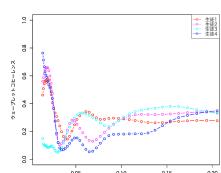


図21：右チャネル

87

実験4-結果-

◇結果

◆道徳の授業の効果・調和感と脳同期現象の関連ブロック

- ・各生徒-教師間のウェーブレットコヒーレンス比較（相互学習ブロック）

授業の効果/調和感が高い生徒の低周波帯の同期が高い傾向

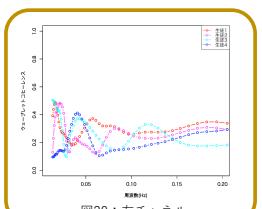


図20：左チャネル

図21：右チャネル

88

実験4-まとめと課題-

◇まとめ

- ①道徳の授業の効果は、学習者に生じる調和感と関連する
- ②学習者の調和感の高さは、教師-学習者の脳活動の同期によって評価できる

◆研究仮説①に関して

- ・授業成功群の調和感が有意に高い（マン・ホイットニーのU検定、5%水準）
→支持された

◆研究仮説②に関して

- ・一部のブロックで授業の効果/調和感の高い生徒の脳同期が高い傾向
→支持された

89

実験4-まとめと課題-

◇課題

◆実験参加者数が少ない点

➡ 教育現場における追加実験の必要性

90

目次

- ✓研究の背景
- ✓研究の目的と研究仮説
- ✓研究の流れ
 - └実験1・実験2の概要
- ✓授業場面で生じる調和感と脳同期現象に関する調査（実験3）
- ✓教育現場における調査事例①（実験4）
- ✓教育現場における調査事例②（実験5）
- ✓まとめと今後の展望

91

実験5-概要-

◇実験5について

目的	調和感と脳同期現象の関連の一般化可能性の検討
概要	大学で実施される道徳に関する講話時の調査 <講話内容> 社会参画の意識と社会連帯の自覚を高め、公共の精神と強い当事者意識をもってより良い社会の実現に努める
参加者	教師1名(男性、57歳) 生徒11名(男性4名、女性7名、平均年齢19.5歳) NIRS計測対象者は教師1名/生徒4名をランダムに指定

92

実験5-実験手続き-

◇実験5の様子

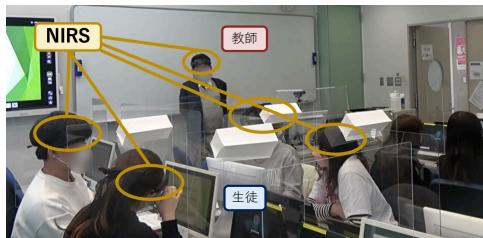


図23：文教大学教室での実験の様子

93

実験5-結果-

◇結果

- ◆道徳の授業の効果と調和感の関連（研究仮説①の検討）
- ◆調和感と脳同期現象の関連（研究仮説②の検討）

94

実験5-結果-

◇結果

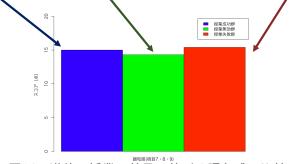
- ◆道徳の授業の効果と調和感の関連（研究仮説①の検討）
- ◆調和感と脳同期現象の関連（研究仮説②の検討）

95

実験5-結果-

◇結果

- ◆道徳の授業の効果と調和感の関連
 - ・生徒実験参加者の道徳観に関するアンケート[17]の結果で実験参加者を授業成功群（3名）/授業無効群（3名）/授業失敗群（5名）に群分け
 - ・各群の調和感評価を比較（平均値）



96

実験5-結果-

◇結果

◆道徳の授業の効果と調和感の関連

- ・生徒実験参加者の道徳観に関するアンケート[17]の結果で実験参加者を授業成功群（3名）/授業無効群（3名）/授業失敗群（5名）に群分け
- ・各群の調和感評価を比較（平均値）

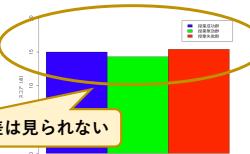


図24：道徳の授業の効果に基づく調和感の比較

97

実験5-結果-

◇結果

◆道徳の授業の効果と調和感の関連（研究仮説①の検討）

◆調和感と脳同期現象の関連（研究仮説②の検討）

98

実験5-結果-

◇結果

◆調和感と脳同期現象の関連

- ・脳同期現象の評価
教師-各生徒のウェーブレットコヒーレンスによる評価[12][13]
- ・ウェーブレットコヒーレンスの比較方法
 - (1)授業課題全体
 - (2)教師主導学習ブロック（教師による講話）
 - (3)生徒作業ブロック（生徒によるグループワーク）
 - (4)相互学習ブロック（生徒によるプレゼンテーション）

99

実験5-結果-

◇結果

◆道徳の授業の効果・調和感と脳同期現象の関連

- ・授業の効果に基づく比較
 - ・生徒3名-教師のウェーブレットコヒーレンスを比較

授業の効果が高い生徒ほど教師主導学習ブロックの左チャネルの低周波帯の同期が高くなる傾向

・調和感の高さに基づく比較

- ・生徒3名-教師のウェーブレットコヒーレンスを比較

調和感の評価が高い生徒ほど相互学習ブロックの左チャネルの低周波帯の同期が高くなる傾向

実験5-まとめと課題-

◇まとめ

- ①道徳の授業の効果は、学習者に生じる調和感と関連する
- ②学習者の調和感の高さは、教師-学習者の脳活動の同期によって評価できる

◆研究仮説①に関して

- ・各群の調和感の評価に差が見られない
→支持されなかった

◆研究仮説②に関して

- ・一部のブロックで授業の効果/調和感の高い生徒の脳同期が高い傾向
→支持された

101

目次

- ✓研究の背景
- ✓研究の目的と研究仮説
- ✓研究の流れ
 - ↳実験1・実験2の概要
- ✓授業場面で生じる調和感と脳同期現象に関する調査（実験3）
- ✓教育現場における調査事例1（実験4）
- ✓教育現場における調査事例2（実験5）
- ✓まとめと今後の展望

102

まとめ

◇目的

調和感に基づく道徳の授業の客観的評価手法を開発し、新たな道徳教育の効果の検討手法を提案する

◇研究仮説

- ①道徳の授業の効果は、学習者に生じる調和感と関連する
- ②学習者の調和感の高さは、教師-学習者の脳活動の同期によって評価できる

103

まとめ

◇本研究の実験の一覧

実験名	実験の概要	学習形態	①道徳の授業の効果と調和感の関連の検討	②調和感と脳同期現象の関連の検討	③教育現場における再現性の検討
実験1	大学生による道徳の授業の再現実験（非対面実施・対面実施）	個別			
実験2	大学生による道徳の授業の再現実験（対面実施のみ）	個別			
実験3	大学生による道徳の授業の再現実験（対面実施のみ）	集団			
実験4	高等学校の教員による授業の実施（対面実施のみ）	集団			
実験5	大学教員による授業の実施（対面実施のみ）	集団			

※1 個別は教師1名・学習者1名、集団は教師1名・学習者複数名を表す

104

まとめ

◇本研究の実験の一覧

実験名	実験の概要	学習形態	研究仮説1	研究仮説2
実験1	大学生による道徳の授業の再現実験（非対面実施・対面実施）	個別	○	—
実験2	大学生による道徳の授業の再現実験（対面実施のみ）	個別	×	×
実験3	大学生による道徳の授業の再現実験（対面実施のみ）	集団	×	○
実験4	高等学校の教員による授業の実施（対面実施のみ）	集団	○	○
実験5	大学教員による授業の実施（対面実施のみ）	集団	×	○

105

まとめ

◇本研究の実験の一覧

実験名	実験の概要	学習形態	研究仮説1	研究仮説2
実験1	大学生による道徳の授業の再現実験（非対面実施・対面実施）	個別	○	—
実験2	大学生による道徳の授業の再現実験（対面実施のみ）	個別	×	×
実験3	大学生による道徳の授業の再現実験（対面実施のみ）	集団	×	○
実験4	高等学校の教員による授業の実施（対面実施のみ）	集団	○	○
実験5	大学教員による授業の実施（対面実施のみ）	集団	×	○

106

研究仮説①に関する考察

◇研究仮説①についてのまとめ

- ◆実験4（高等学校での実験）でのみ支持
- ◆実験4（高等学校での実験）と実験3（大学生による授業再現）の差の検討
 - 教師-学習者間での非対称的な権力関係の成立[20][21]
 - 教師の指導能力の熟達レベルの差
- ◆実験4（高等学校での実験）と実験5（大学での実験）の差の検討
 - 高校教育/大学教育における教師-学習者の関係性の質的な相違[22]

研究仮説①に関する考察

◇研究仮説①についてのまとめ

- ◆実験4（高等学校での実験）でのみ支持
- ◆実験4（高等学校での実験）と実験3（大学生による授業再現）の差の検討
 - 教師-学習者間での非対称的な権力関係の成立[20][21]
 - 教師の指導能力の熟達レベルの差
- ◆実験4（高等学校での実験）と実験5（大学での実験）の差の検討
 - 高校教育/大学教育における教師-学習者の関係性の質的な相違[22]

➡ 実験4が、先行研究と同様の場面を再現した唯一の実験であった可能性

まとめ

◇本研究の実験の一覧

実験名	実験の概要	学習形態	研究仮説1	研究仮説2
実験1	大学生による道徳の授業の再現実験 (非対面実施・対面実施)	個別	○	—
実験2	大学生による道徳の授業の再現実験 (対面実施のみ)	個別	×	×
実験3	大学生による道徳の授業の再現実験 (対面実施のみ)	集団	×	○
実験4	高等学校の教員による授業の実施 (対面実施のみ)	集団	○	○
実験5	大学教員による授業の実施 (対面実施のみ)	集団	×	○

109

研究仮説②に関する考察

◇研究仮説②についてのまとめ

◆教師主導学習ブロックでの結果

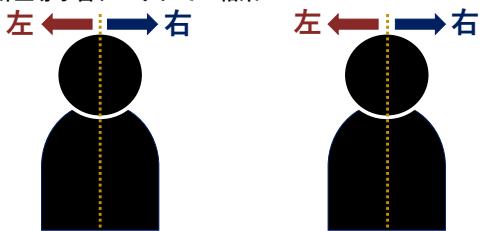
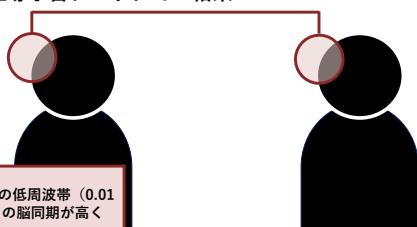


図25：教師主導学習ブロックにおける脳同期に関する実験結果

研究仮説②に関する考察

◇研究仮説②についてのまとめ

◆教師主導学習ブロックでの結果



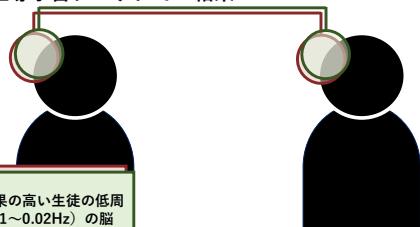
・実験3
授業成功群の低周波帯（0.01～0.03Hz）の脳同期が高くなる傾向

図25：教師主導学習ブロックにおける脳同期に関する実験結果

研究仮説②に関する考察

◇研究仮説②についてのまとめ

◆教師主導学習ブロックでの結果



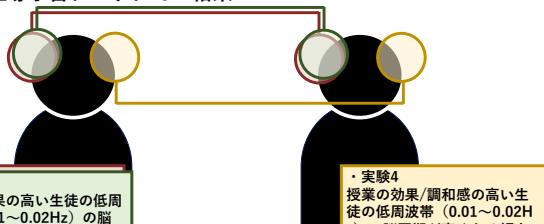
・実験5
授業の効果の高い生徒の低周波帯（0.01～0.02Hz）の脳同期が高くなる傾向

図25：教師主導学習ブロックにおける脳同期に関する実験結果

研究仮説②に関する考察

◇研究仮説②についてのまとめ

◆教師主導学習ブロックでの結果



・実験5
授業の効果の高い生徒の低周波帯（0.01～0.02Hz）の脳同期が高くなる傾向

図25：教師主導学習ブロックにおける脳同期に関する実験結果

研究仮説②に関する考察

◇研究仮説②についてのまとめ

◆相互学習ブロックでの結果

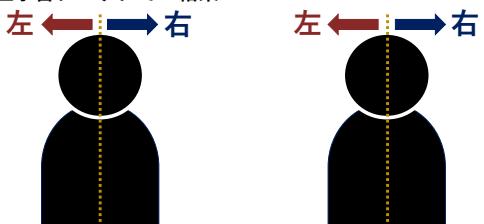
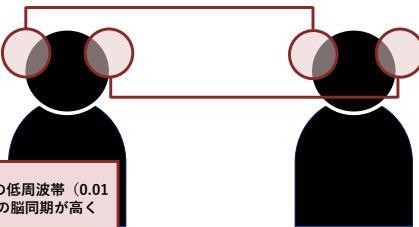


図26：相互学習ブロックにおける脳同期に関する実験結果

研究仮説②に関する考察

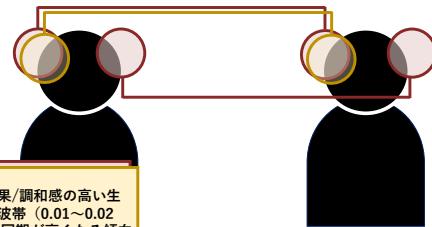
- ◇研究仮説②についてのまとめ
◆相互学習ブロックでの結果



・実験3
調和感高群の低周波帯（0.01～0.02Hz）の脳同期が高くなる傾向

研究仮説②に関する考察

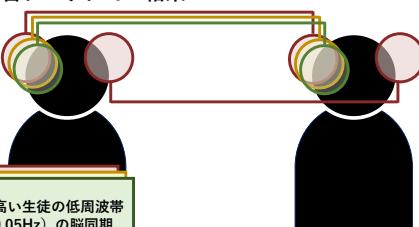
- ◇研究仮説②についてのまとめ
◆相互学習ブロックでの結果



・実験4
授業の効果/調和感の高い生徒の低周波帯（0.01～0.02Hz）の脳同期が高くなる傾向

研究仮説②に関する考察

- ◇研究仮説②についてのまとめ
◆相互学習ブロックでの結果



・実験5
調和感の高い生徒の低周波帯（0.02～0.05Hz）の脳同期が高くなる傾向

まとめ

◇本研究の実験の一覧

実験名	実験の概要	学習形態	研究仮説1	研究仮説2
実験1	大学生による道徳の授業の再現実験（非対面実施・対面実施）	個別	○	—
実験2	大学生による道徳の授業の再現実験（対面実施のみ）	個別	×	×
実験3	大学生による道徳の授業の再現実験（対面実施のみ）	集団	×	○
実験4	高等学校的教員による授業の実施（対面実施のみ）	集団	○	○
実験5	大学教員による授業の実施（対面実施のみ）	集団	×	○

脳活動同期性に基づき調和感を評価し、道徳の授業の効果の検討手法として利用することの有効性が示唆

118

今後の展望

◇今後の展望

◆小・中・高等学校での知見の蓄積

・道徳教育は、教師-学習者の非対称的な教育関係が成立していると考えられる、

小・中・高等学校にて実施

◆脳間同期の計測部位の拡大

・道徳の授業の効果と調和感の関連について、教師-学習者間での非対称的教育関係が影響を及ぼす可能性が示唆

・上下関係の存在するコミュニケーションでは、両者の異なる脳部位において特徴的な同期が見られる可能性が示唆[23]

参考文献

- [1]松尾 直博:道徳性と道徳教育に関する心理学的研究の展望-新しい時代の道徳教育に向けて-,教育心理学年報, Vol.55, pp. 165-182 (2016)
- [2]水澤 久恵:看護職者に対する倫理教育と倫理の判断や行動に関わる能力評価における課題-倫理教育の現状と道徳の感性に関する定量的調査研究を踏まえて-,生命倫理, Vol.20, No.1, pp.129-139 (2010)
- [3]徳永 正直, 宮崎 秀光, 柳原 志保, 塚 正史, 林 泰成:道徳教育論:対話による対話への教育,ナカニシヤ出版 (2003)
- [4]藤井 啓之:道徳教育の内容と方法に関する考察(1)社会的認知領域理論から道徳教育の内容と授業を考える,日本福祉大学子ども発達学論集, No.9, pp. 21-30 (2017)
- [5]文部科学省:中学校学習指導要領(平成29年告示)解説 特別の教科 道徳編, https://www.mext.go.jp/component/a_menu/education/micro_detail/_icsFiles/afieldfile/2019/03/18/1387018_011.pdf (2021/1/2 参照)
- [6]Vanessa Rodriguez:The Teaching Brain and the End of the Empty Vessel, Mind, Brain, and Education, Vol.6, No.4, pp.177-185 (2012)
- [7]Vanessa Rodriguez:The Human Nervous System:A Framework for Teaching and the Teaching Brain, Mind, Brain, and Education, Vol.7, No.1, pp.13-18 (2013)
- [8]Alexis Kent:Synchronization as a Classroom Dynamic: A Practitioner's Perspective, Mind, Brain, and Education, Vol.7, No.1, pp.13-18 (2013)

参考文献

- [9]酒井 道正:前頭連合野のしくみとはたらき、高次脳機能研究、Vol.36、No.1、pp.1-8 (2016)
 - [10]David M. Amodio, Chris D. Frith:Meeting of minds: the medial frontal cortex and social cognition, *Nature Reviews Neuroscience*, Vol.7, No.4, pp.268-277 (2006)
 - [11]S. Bludau, S.B. Eickhoff, H. Mohlberg, S. Caspers, A.R. Laird, P.T. Fox, A. Schleicher, K. Zilles, K. Amunts: Cytarchitecture, probability maps and functions of the human frontal pole, *NeuroImage*, Vol.93(Pt2), pp.260-275 (2014)
 - [12]Takayuki Nozawa, Kohei Sakaki, Shigeyuki Ikeda, Hyeonjeong Jeong, Shohei Yamazaki, Kelssy Hitomi dos Santos Kawata, Natasha Yuriko das Santos Kawata, Yukako Sasaki, Kay Kulason, Kanan Hirano, Yoshihiro Miyake, Ryuta Kawashima:Prior physical synchrony enhances rapport and inter-brain synchronization during subsequent educational communication, *Scientific Reports*, Vol.-9, No.-12747, (2019)
 - [13]Pan, Yafeng, Dikker, Suzanne, Goldstein, Pavel, Zhu, Yi, Yang, Cuirong, Hu, Yi: Instructor-learner brain coupling discriminates between instructional approaches and predicts learning, *NeuroImage* (Orlando, Fla.). 2020, vol. 211, p.116657-116657.
 - [14]文部科学省:道德教育, https://www.mext.go.jp/a_menu/shotou/doutoku/ (2021/1/2 参照)

参考文献

- [15] 東京都教育委員会:「中学校版「心みつづけ」活用のための資料集, <http://www.yoiku.metro.tokyo.jp/school/document/morality/reference04.html> (2021/1/2 参照)
 - [16] 株式会社NeU, <https://neu-brains.co.jp/solution/nirs/hot-1000/> (2021/1/2 参照)
 - [17] 宮地 功:「道徳授業における道徳意識変化の定量的測定とその分析」, *教育情報研究*, Vol.12, No.4, pp.15-22 (1997)
 - [18] Arthur Aron, Elaine N. Aron, Danny Smoller: *Inclusion of Other in the Self Scale and the Structure of Interpersonal Closeness*, *Journal of Personality and Social Psychology*, Vol.63, No.4, pp.596-612 (1992)
 - [19] Elle Berscheid, Mark Snyder, Allen M. Omoto: *The Relationship Closeness Inventory: Assessing the Closeness of Interpersonal Relationships*, *Journal of Personality and Social Psychology*, Vol.57, No.5, pp.792-807 (1989)
 - [20] 奥村 勉:「社会科教師の批判的観察が教師・生徒間の非対称的権力関係を対象とする理論とスケーラジエー 一学校における民主主義教育のジレンマに注目してー」, *中国四国教育学会 教育心理学研究紀要*, Vol.66, No.2, pp.538-543 (2020)
 - [21] 中井 大介:「教師との関係の形成・維持に対する動機づけと担任教師に対する信頼感の関連」, *教育心理学研究*, Vol.63, No.4, pp.359-371 (2015)
 - [22] 田中 毎実:「大学教育の臨床的研究 臨床の人間形成論<第1部>」, *東信堂*, (2011)
 - [23] Lifen Zheng,Wenda Liu,Yuhang Long,Yu Zhai,Hui Zhao,Xialu Bai,Siyuan Zhou,Kanyu Li,Huan Zhang,Li Liu,Taomei Guo,Guosheng Ding,Chunming Lu: *Affiliative bonding between teachers and students through interpersonal synchronisation in brain activity, Social Cognitive and Affective Neuroscience*, Vol.15, No.1, pp.97-105 (2020)

まとめ

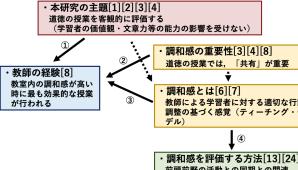
◇本研究の実験の一覧

実験名	実験の概要	学習形態	研究仮説1	研究仮説2
実験1	大学生による道徳の授業の再現実験 (非対面実施・対面実施)	個別	○	—
実験2	大学生による道徳の授業の再現実験 (対面実施のみ)	個別	×	×
実験3	大学生による道徳の授業の再現実験 (対面実施のみ)	集団	×	○
実験4	高等学校の教員による授業の実施 (対面実施のみ)	集団	○	○
実験5	大学教員による授業の実施 (対面実施のみ)	集団	×	○

脳活動同期性に基づき調和感を評価し、道徳の授業の効果の検討手法として利用することの有効性が示唆

まとめ

◆背景



◇目的

調和感に基づく道徳の授業の客観的評価手法を開発し、新たな道徳教育の効果の検討手法を提案する

◆仮説

- ①道徳の授業の効果は、学習者に生じる調和感と関連する
 - ②学習者の調和感の高さは、教師-学習者の脳活動の同期によって評価できる

◆結果

実験名	実験の概要	学習形態	研究版図1	研究版図2
実験1	大学による授業の授業の再現実験 (対面授業のみ)	個別	○	—
実験2	大学による授業の再現実験 (対面授業のみ)	個別	×	×
実験3	大学による授業の授業の再現実験 (対面授業のみ)	集団	×	○
実験4	済学の教員による授業の実施 (対面授業のみ)	集団	○	○
実験5	大学教育による授業の実施 (対面授業のみ)	集団	×	○

→ 脳活動同期性に基づき調和感を評価し、道徳の授業の効果の検討手法として利用することの有効性が示唆

研究紹介

多川孝央
筑紫女子大学(現在)、九州大学(当時)

背景

問題意識

- ・教育・学習におけるコミュニケーションには授業形態ごとにどのような特徴があるか
 - ・どのように把握できるか
 - ・どのように可視化できるか
 - ・それらの特徴はどのように作用するか
 - ・どのように重要か
- ・どのように学習支援に役立てるか
- ・入手可能なデータをどのように分析すればよいか

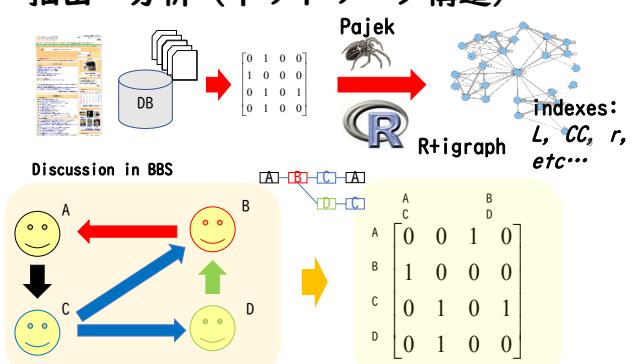
ネットワーク分析

- ・さまざまな関係性をネットワーク(グラフ構造)として表現し、その特徴をさまざまな指標値を通じて数量的に把握・分析する
 - ・社会ネットワーク分析
 - ・複雑ネットワーク分析
- ・集団的活動やコミュニケーションの分析

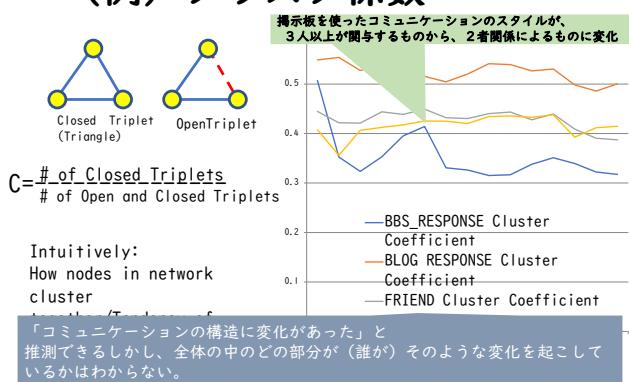
背景： 大学におけるSNSの導入および活用

- ・学生が「学習コミュニティ」や「実践共同体」(コミュニティ・オブ・プラクティス)を形成することを期待
- ・(教員や支援者の立場から)実際に学生がどのようにコミュニケーションを行なっているのか、把握する方法は?

SNSにおけるコミュニケーションの抽出・分析(ネットワーク構造)



ネットワークの指標値の変化 (例) クラスタ係数



コミュニティ構造の検出 (1)

「コミュニティ」（ネットワーク/グラフの文脈で）ネットワークの中で、ノードがその他の部分よりも密接に相互に密接に結合している部分のこと

- ・コミュニティ構造
 - ・ネットワークが相互に接続されたコミュニティの集まりから形成される構造
 - ・現実世界のネットワーク構造にも多い
- ・ネットワーク構造全体に変化が起こると、コミュニティの構造もそれに応じて変化
- ・ネットワークの理解に利用できる
 - ・「どの部分に変化が発生しているか」？
 - ・ある部分と他の部分の関係について

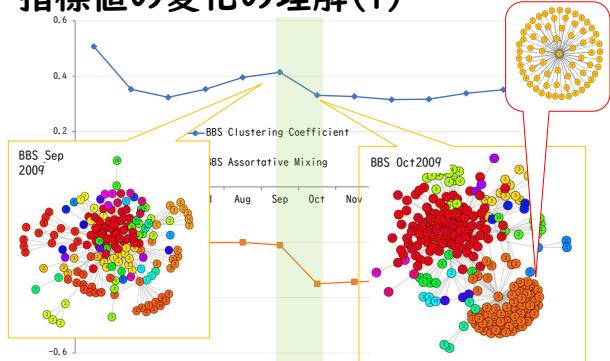
コミュニティ構造の検出 (2)

• Girvan と Newmanの方法

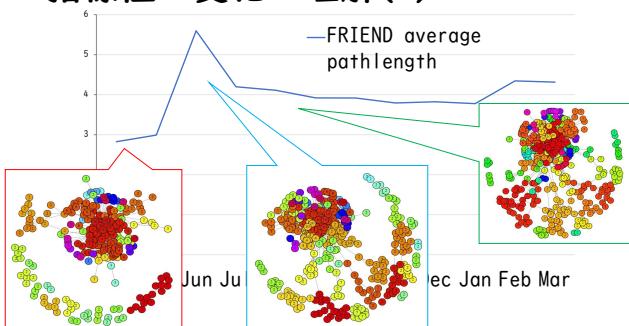
- ・ネットワークを部分ネットワーク（=コミュニティ）に分割するために、リンク（エッジ）の媒介中心性（edge-betweenness centrality）を利用
 - ・媒介中心性の大きなリンクを優先して切断、部分ネットワークに分割
- ・モジュラリティの最大化
 - ・コミュニティ分割の正しさ（適切さ）を評価する関数「モジュラリティ」を利用、Qの値が最大になるコミュニティの組み合わせを選ぶ

$$Q = \sum_i (e_{ii} - (\sum_j e_{ij})^2) = \sum_i (e_{ii} - a_i^2)$$

コミュニティの情報を併用した指標値の変化の理解(1)



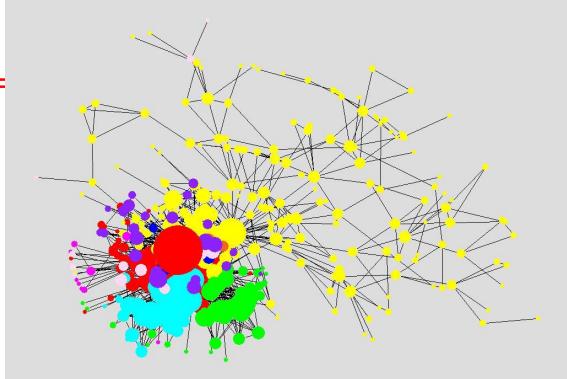
コミュニティの情報を併用した指標値の変化の理解(2)



ネットワークとコミュニティの受容、学習の関連

- sense of communityとネットワーク指標
 - ・次数、距離中心性に正、媒介中心性に負の相関 (Dawson2008)
- 授業の成績とネットワーク指標
 - ・成績上位者群、下位者群の比較で次数に差 (Dawson2010)
 - ・上位者どうし、下位者どうして結びつく傾向
 - ・次数、距離中心性と成績に正の相関(Cho et al, 2007)
- コミュニケーションのネットワーク構造上の位置が
 - ・sense of communityに影響
 - ・学習のパフォーマンスに影響

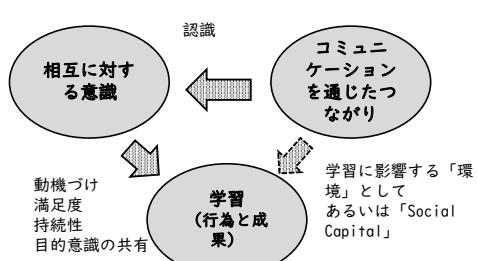
SNS上の友達関係(pajekによる描画)



学習との関連づけ

- SNS：人のつながり（コミュニティ）を支援する仕組み
 - コミュニケーションの分析・可視化は可能
 - 学習行動・成果の評価との関連付けを持たない
 - ピアアセスメント / ポイントシステム
- CMSと連携した可視化、重ね合わせ
 - SNSでの活動がどれだけ学習行動/成果 (on CMS) に反映するか？
 - (諸指標+時間変化) on LMS ⇔ CMSでの状況
- (CMSの) 成績、教材閲覧状況、テストの受験、コース情報
- (SNSの) コミュニティでの発言頻度、テキストの分析など
 - (システムの提供する) 「コミュニティ」 ⇔ 「コース」
- … 可視化ツールの活用へ

「つながり」と学習の関係



ウェアラブルセンサによるデータ収集・分析 (1) 加速度 + 赤外線

ウェアラブルセンサの試用

- 「ビジネス顕微鏡」（日立）
 - 「名札型センサ」の着用が中心
 - (+赤外線ビーコン)
 - 加速度（三軸）
 - 対面情報（赤外線通信）
 - 溫度、照度、音圧など
- 基地局システム（母艦PC）とクレードルで接続
 - システムの起動とセンサ-基地局の同期
 - 活動終了後、クレードルにセンサをセット、情報を吸い上げる
- 着用者の活動状況などについて可視化、Webインターフェイスで提供
- 内部で計算した「二次特徴量」を外部出力

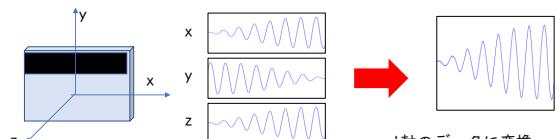
試用したシステムの情報提供（可視化）機能について

- 長期間、組織的な使用に適したデザイン
 - ウェアラブルセンサの運用と表裏一体
 - データの蓄積により個人の行動やコミュニケーションの特徴が際立つ可視化
- 分析の最小単位が「1日」
- 分析の柔軟度は小さい
- 教育工学・学習科学の研究、あるいは実用的なLearning Analyticsとしては？」
 - 分析単位（時間幅）の問題
 - 分析手法の問題
- 提供される可視化ツールよりも、収集されたデータをもとに分析される統計量・情報を独自に分析したい
 - 何ができるか、どう行うか

センサ

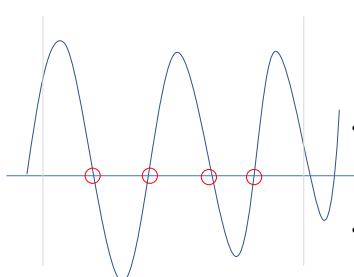


データ（1） 加速度計の記録に基づく身体の動き



3軸の加速度計データ
I軸のデータに変換、
ゼロ軸を横切る頻度を「リズム周波数」として
対象時刻・時間帯の平均値
を出力
A, ..., 0, 10, 300, 49, 20, 40, ...
B, ..., 1, 200, 300, 56, 0, 310, ...
C, ..., 40, 10, 10, 0, 20, 210, ... → 平均2.0Hz以上（閾値）のリズム周波数
...
と判定

周波数の計算

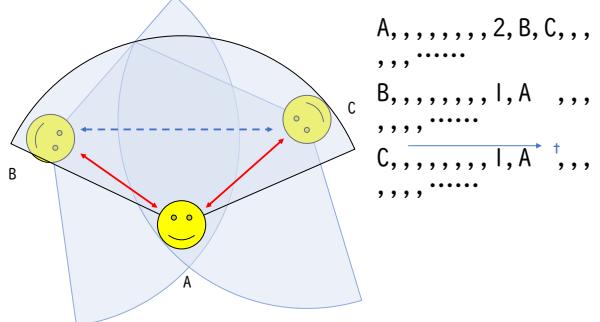


- 加速度計の値を一軸化
 - 重力のIGをマイナス
- ゼロクロス…値がゼロを
またいで変化する
 - プラスとマイナスの間の
変化
- 単位時間あたりのゼロク
ロス回数を $\frac{n}{t}$ とすると

$$\text{周波数は} \frac{n}{t}$$

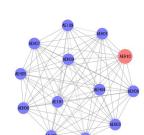
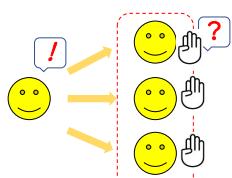
21

データ（2） 赤外線センサに基づく対面（相互位置）の履歴

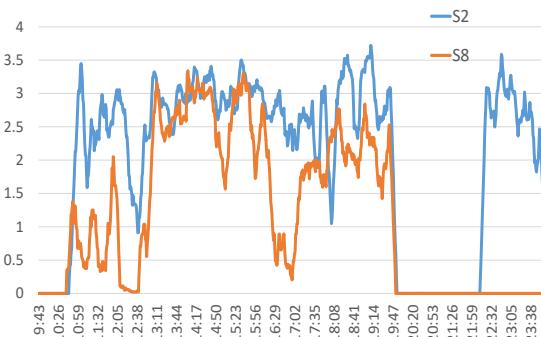


「コミュニケーション」の解 釈

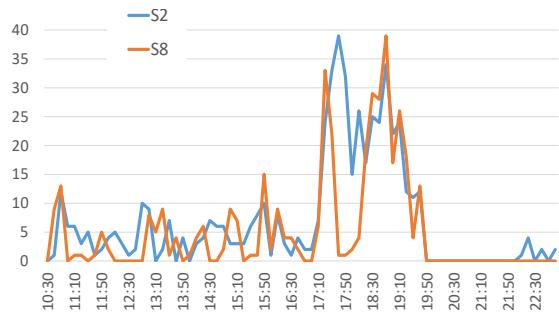
- 「対面状態」 × 「身体の動き」
 - 「対面状態にある相手」に対する「能動的働きかけ」 → 「発話」と解釈
 - 有向グラフとして解釈 → ネットワーク分析



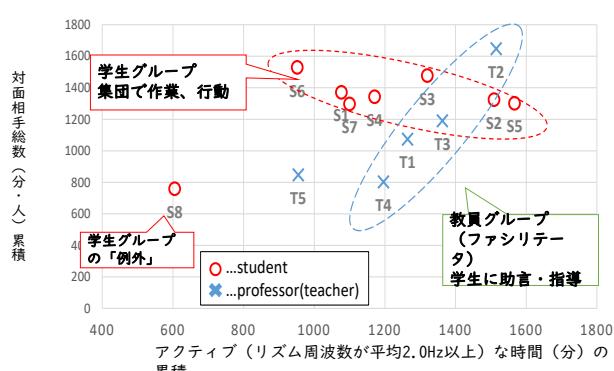
可視化：身体の動き（リズム周波数） 学生S2とS8、合宿第1日



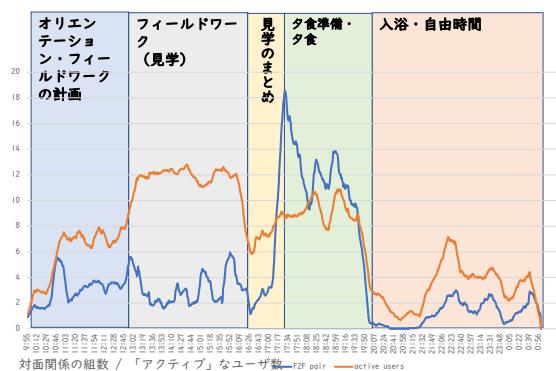
可視化 対面相手の人数（10分毎の累計） 学生S2とS8、合宿第1日



散布図 アクティブな時間／対面相手総数累積

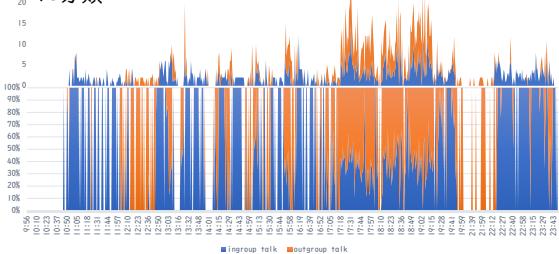


「対面数（ペアの数）」と「アクティブ状態の人数」の推移



チーム内/チーム間の会話

- 8人の学生 → 4人ずつのチームに分かれて作業
- 「チーム内の会話」と「チームをまたいで会話」に分類



まとめ

- 赤外線センサ…対面状態を把握
- 加速度センサ…身体の動きを把握
- 赤外線×加速度…対話の様子を把握
- 個人ごとに活動・コミュニケーションの
 - 時間ごとの状態を把握可能
 - 時間を通じた特徴を分析可能

ウェアラブルセンサによるデータ収集・分析 (2) 加速度のみ

問題意識

- 単体の加速度センサからどのような情報が得られるか？
- 特に、協調関係やコミュニケーションに関する情報を引き出すことは出来ないか？

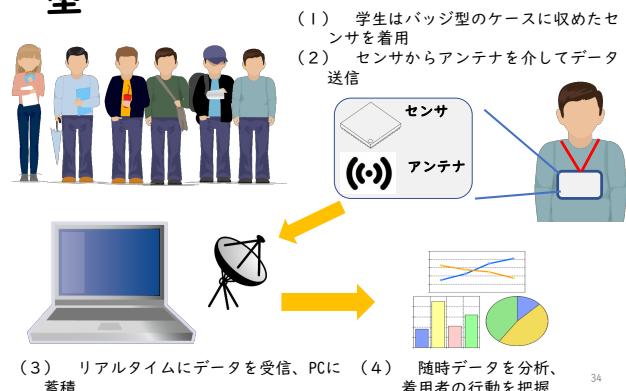
単体の加速度センサ/ IoT無線タグ（例）

- 製品名 TWE-Lite-2525A 「トワイライトニコニコ」（モバイリヤレス社）
 - 「無線通信するマイコン」と加速度センサを同一基盤上に実装
 - 25mm x 25mm x 10mm, 6.5g
 - ボタン電池CR2032で動作
 - 持続時間は通信間隔に依存（約20時間～約4年またはそれ以上）
 - 2.4GHz帯のワイヤレス送信、間隔 30msec～1day
 - 安価（約3000円/個）
 - 大学生協で受け取り可能
 - 受信機と対での運用
 - USBタイプ、シリアルポートからの文字出力
 - 多数の端末と接続して運用可能
 - 受信機1台で10個まで接続・受信可
 - Raspberry PiやIoTで遊びたい人に人気



33

データ収集のイメージ 送信型



34

データ出力の形式(TWE-Lite-2525A)



- シリアルポート（USB）から出力
 - セミコロン区切り
- タイムスタンプと子機ID、xyz軸の加速度値のみ使用
- データ収集にはWindows+Teraterm
 - 時刻のタイムスタンプを付加

35

体の動きの周波数と動作の関係

TABLE II
Typical activities performed at each motion frequency

Motion rhythm	Typical activity
0 Hz	Sleeping; just thinking without movement
0-1 Hz	Web browsing; listening
1-2 Hz	Talking; typing
2-3 Hz	Walking; talking with dynamic gestures
3-4 Hz	Excited discussion, rushed walking
>4 Hz	Running

- Ara, K., Akitomi, T., Sato, N., Tsuji, S., Hayakawa, M., Wakisaka, Y., ... & Yano, K. (2011, January). *Healthcare of an organization: Using wearable sensors and feedback system for energizing workers*. In *Proceedings of the 16th Asia and South Pacific Design Automation Conference* (pp. 567-572). IEEE Press.

36

協調関係の検出の検討

(考え方)

- 体の動きの周波数は動作（何をやっているか）と対応する
 - 同じ行動・行動を行っている二者の体の周波数は近くなる（同期・同調）
 - 協調作業・行為は同じ対象に協力して取り組む行為である
- (推測) 協調的・協力的に振舞っている二者は、以下の理由で体の動きが同調する
 - 似た行動をとる（同じ対象に取り組むことによる）
 - 相互作用を行う

37

周波数の計算

- 加速度計の値を一軸化
 - 重力のIGをマイナス
- $\sqrt{x^2 + y^2 + z^2} - 1$
- ゼロクロス…値がゼロをまたいで変化する
 - プラスとマイナスの間の変化
- 単位時間あたりのゼロクロス回数を n とする

周波数は $(n - 1)/2$

38

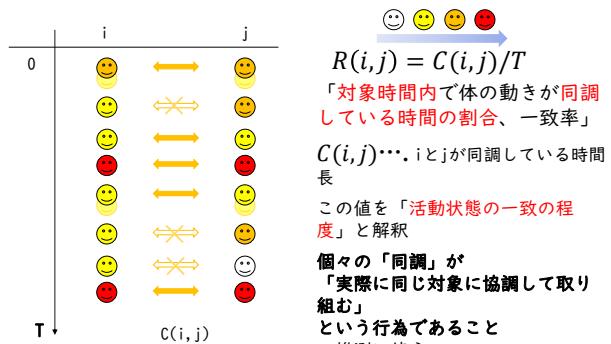
同期/同調



- $|f(i, t) - f(j, t)| < \Delta_f$
 - $f(i, t)$ 、 $f(j, t)$ …時刻 t における i と j の体の動きの周波数
 - Δ_f … 同調の判定のための閾値

39

活動の類似度/一致度



40

事例1

- 環境
 - 古民家（地域協働学習プロジェクト） およそ8m x 8m
 - 参加者： 13名（学生8, 教員5） 福井県の各大学から
 - 2014/08/29-31
 - 過疎地区の問題について現地でインタビューやディスカッション、プレゼンテーションを行う



事例1 結果

2014年8月開催：

参加者：学生8名、教員5名
 「地域協働学習」 過疎の地域を訪問、3日間宿泊し地域を見学、インタビューなどを行い、地域の問題を取り上げ解決策を立案
 学生は2グループに分かれて行動、教員はアドバイスなど

収録期間 = 7.2時間

同調判定の閾値 = 1.0Hz、身体の周波数2.0Hz以上の活動を対象としてCCを算出

	#of relations	Average of CC	SD of CC
Inside group	31	3.83×10^{-3}	4.21×10^{-3}
Between groups	77	2.51×10^{-3}	3.36×10^{-3}

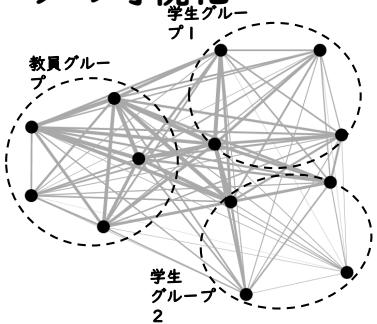
比較結果

CCの値の平均値は

「協調を行ったグループ内のもの」が「グループ間のもの」より大きい
 $(p < 0.05)$

42

事例1 同様関係に基づくネットワークの可視化



4

事例2

- 環境

- ・古民家（地域協働学習プロジェクト） よそ8m × 8m
 - ・参加者： 24名（学生19,教員5） 福井県の各大学から
 - ・2015/10/3,4, 11/14,15, 12/20（11月は宿泊、合宿）
 - ・過疎地区の問題について現地でインタビューやディスカッション、プレゼンテーションを行う
 - ・「デザイン思考」による問題解決



事例2 結果

2015年11月開催：

参加者：学生 19 名、教員 5 名

「地域協働学習」 趣旨は事例1と同じ

学生は4グループに分かれて行動

このうち、「グループでプレゼンテーションの準備を行う」という状況について
分析対象期間 約30分

同調判定の閾値 = 1.0Hz, 身体の周波数2.0Hz以上の活動を対象としてCCを算出、4台のPCを使ってデータを受信・収集

	# of relations	Average of CC	SD of CC
Inside group	24	4.11×10^{-2}	1.01×10^{-2}
Between groups	54	3.55×10^{-2}	1.05×10^{-2}

比較結果

CCの値の平均値は

「グループ内のもの」が「グループ間のもの」より大きな傾向($p<0.05$)

4

ウェアラブルセンサによるデータ収集・分析(3) 加速度データ&心的状態

小型口ガー 「ちょっとすごい口ガー」

- ・ 加速度センサ、ジャイロセンサ、地磁気センサ、気圧計、GPS受信機、温度センサ
 - ・ microSDに記録
 - ・ オープンソースハードウェア
 - ・ スイッチサイエンス社で販売
　　・ 2万円弱
 - ・ 加速度データのみを使用（サンプリング周波数100Hz）
 - ・ バッテリーと接続、名札ケースに付属



ログファイルの例

```
#gpstime, acc_xa(g), acc_y(g), acc_z(g), gyro_x(dps), gyro_y(dps), gyro_z(dps)
```

着用方法

- 名札ケースに入れ首からかける



データ収集の試行

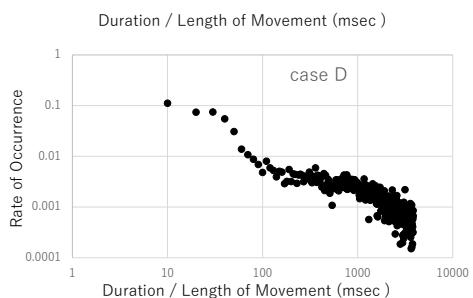
- 授業でのデータ収集(2017/11/8)

- マインドフルネスを扱う授業(ゼミ)の1回
 - グループでのディスカッション、軽い運動(屋内の歩行 =歩行瞑想) 約30名

身体運動の持続時間の分布

- 着用者の身体が「動いている状態」「止まっている状態」を調べ、「動いている状態」が連続する時間の長さを調べる
- 「与えられた時間幅あたりの活動量=ゼロクロスの回数」の平均値をしきい値とし、活動量がそれ以上を「動いている」それ以下の場合は「止まっている」と解釈

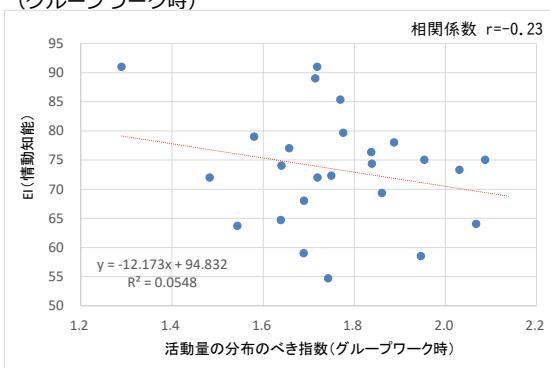
収集したデータにおける身体運動の時間長の分布



アンケート調査と組み合わせた分析

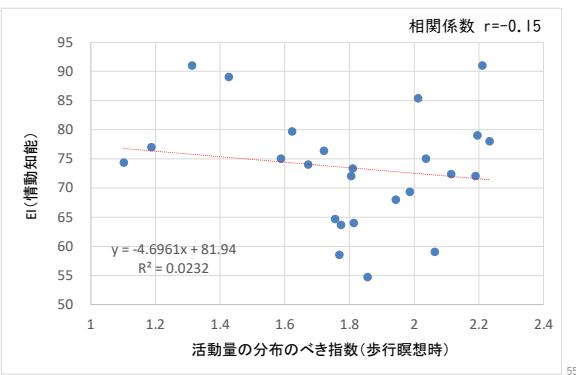
- マインドフルネスを扱う授業(ゼミ)の1コマ
 - 「情動知能」(Emotional Intelligence)についての評価を行うアンケート
 - 対人的知能、内省的知能など
 - 「抑うつ度」、「Sense of Coherence」などと近い
 - OECDの提唱するキー・コンピテンシーのうち一部と親和的
 - 「グループワークの時間帯」と「運動(歩行瞑想)を含む時間帯」に切り分け、べき指数(近似による推定)をそれぞれ算出
- 結果
 - 低い負の相関 $r=-0.23$ (通常の授業) -0.15 (歩行瞑想)
 - 直接的にこの値を「情動知能」の推測に使うことは難しい

情動知能とべき指数 (グループワーク時)



情動知能とべき指数

(歩行瞑想時)



ウェアラブルセンサによるデータ収集・分析 (4) 心拍計

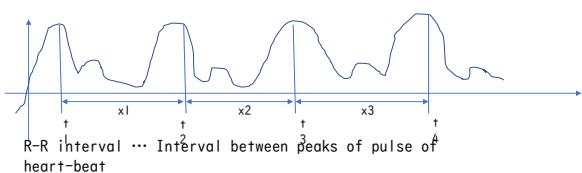
背景

- 自律神経系の働きが安全・安心とつながる（ボリューガル理論）
- 自律神経系（交感神経・副交感神経）の状態は心拍数の変動の状態（心拍変動）より把握可能
 - 個人の（ある時点での）状態…緊張、リラックス
 - 個人の持つ心的な特性・傾向
 - 把握できれば能力の育成に応用できる可能性も
⇒Social and Emotional Learning(SEL)
- スマートウォッチの内蔵する心拍センサを使った情報収集

スマートウォッチによるデータ収集システム



心拍データの分析 (1) 心拍数

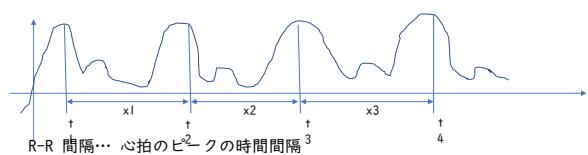


心拍数 …

60秒あたりの 心拍（心電図、脈波等の
ピーク）の数

身体的負荷等と関連

心拍データの分析(2) 心拍変動



CVR-R (CVNN) …R-R間隔の分散係数

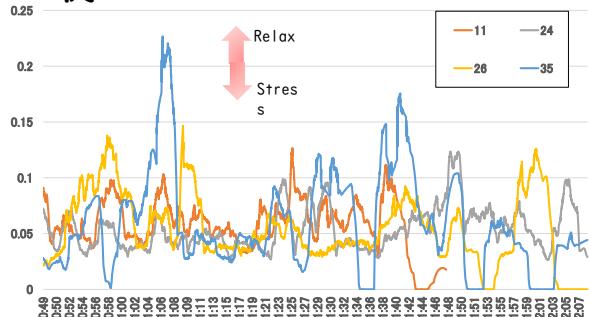
ストレス状態の把握に用いられる簡易指標
心拍と呼吸を制御する自律神経系バランスの状態
を測定するのに用いられる
値が大きいと副交感神経優位

$$CVRR = \frac{SDNN}{\bar{x}}$$

$$SDNN = \sqrt{\frac{1}{N} \sum_{i=1}^N (x_i - \bar{x})^2}$$

ストレス/リラックスの状況等を反映する

スマートウォッチの心拍データに基づき算出したCVR-Rの時間変化の例



映像からの心拍データ取得と分析の試行

試行対象（ソフトウェア）

- ・“リズミル”
 - ・株式会社シーエーシー
 - ・<https://www.cac.co.jp/product/rhythmiru/>
 - ・「非接触バイタルセンシングテクノロジー」
 - ・「映像脈波抽出技術」、映像より非接触で心拍を推定
 - ・映像中の体表面の緑色光を解析
 - ・一般的なカメラ+PCで利用可能、録画ファイルも利用可
- ※zoomなどネット越しの映像は不可

運用

- ・PCに接続（または内蔵）されたカメラ、あるいは映像ファイルをソースとして解析
- ・映像情報から対象者の心拍数、心拍間隔、心拍変動ほか各種パラメータを出力



各種制約（マニュアルより）

- ・測定は一定時間幅が単位
 - ・20秒をデフォルトとする
- ・周囲の環境に左右される
 - ・光量変化、特に心拍に近い周期の変動は測定に影響
- ・被験者の動きがあるのは望ましくない
 - ・顔検出が外れてキャンセルされることや、発声・表情で測定に影響が出ることも
- ・信頼性
 - ・SN比、信頼性指標、振幅変動係数という指標があり、測定結果の信頼性を評価

試用の内訳

- ・数種類のタスクを被験者に課し、10分間前後録画
 - ・「なにもしない」
 - ・「会話」
 - ・「パズル（知恵の輪）」
 - ・「アイソメトリックトレーニング」
- ・録画ファイルを当該ソフトウェアによって分析

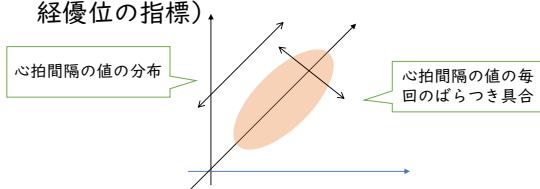
テスト

- 同一の個人を対象として複数のタスク間で出力データを比較
- 被験者：大学院生 1名
- タスク：「何もしない（静止）」「会話」「パズルを解く」「アイソメトリック運動」それぞれを約10分ずつ行う
- 解析ツールを使い、それぞれのタスクを行っている状況から1分間を対象として心拍データの解析を行う
- 解析結果を相互に比較し検討する

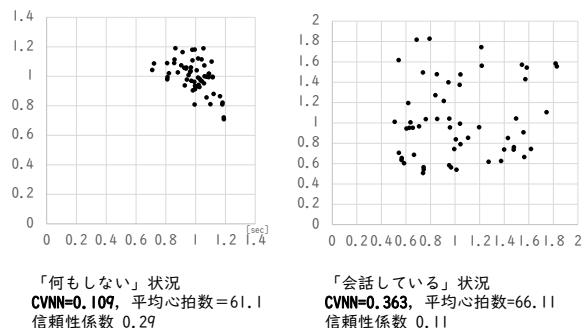


ローレンツプロット

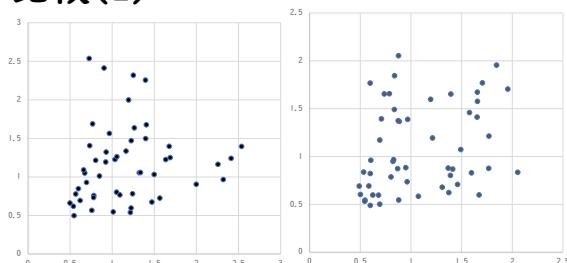
- 自律神経の状態の可視化手法
- 心拍間隔の値のn回目をx軸、n+1回目をy軸にプロット
- 心拍間隔の値のばらつきが大きな場合、y=xの軸に対して直交する方向に広がる（→副交感神経優位の指標）



ローレンツプロットを交えた比較(1)



ローレンツプロットを交えた比較(2)



比較結果の検討

- 「何もしない」状況のローレンツプロットは他の状況に比較して特徴的
- CVRRも「何もしない」状況のものは他と比べて小さな値を示している
 - ウェアラブルセンサの心拍データに基づく計算値の大小傾向とは一致
- 「会話する」「パズルを解く」「アイソメトリック体操」のローレンツプロットは幅広い分布を示しており、CVRRの値が「なにもしない」状況よりも大きいことは矛盾しない
- しかし、「何もしない」以外のケースでは「信頼性係数」の値が小さなことから、測定の正確さには疑問が残る
 - 心拍の状態が実際に変動しているのか、被験者の身体の動きによって誤った計測が行われているのか区別できない

問題点

- 映像からのデータ収集には制約が多い
 - 「トラッキング」（顔追跡）の成否
 - 映像中の測定対象の動き（パラメータ「振幅変動係数」）
 - 映像に含まれるノイズ（パラメータ「S/N比」）
 - 輝度信号中の心拍成分の強弱（パラメータ「信頼性指標」）
- これらの良し悪しは事後的にしか確認できず、また良い条件を長時間維持するのも困難→連続したデータ収集は不可能

試用に基づく検討

- 対象者の動作と環境についての制約
 - 利用者の「動き」が測定の支障となり得る
 - 動きが制約された状況・環境を対象とする必要
- 比較的短時間が計測対象となる
 - 数十分などの間での変化を連続して計測することは困難
 - 研究利用の上での制約、使い方が限定される
 - 信頼性の指標を用いて、条件が良好となった数十秒間を選んで測定・評価の対象とする可能性

運用・利用についての考察

- 一般的な授業環境での利用
 - 活動内容・環境のコントロールが困難
 - 録画と関連してファイルの収集・管理に伴う問題が派生（プライバシー等に関連）
- 少人数の教育実践（演習、ゼミ、PBLなど）
 - 個別の学習者支援と馴染みやすい
 - 情意・感情面の支援での利用可能性 →SEL

メリット/デメリット

- メリット
 - 特別な設備を要さない
 - 理想的な環境下では一貫した結果を出力する
- デメリット
 - 多数の対象者を並行して扱うことが出来ない
 - 被験者側の環境・条件のコントロールが困難
 - 動きのある対象や状況には不向き
 - 対象の追跡が途切れることがあるため、長時間のデータ収集は困難

全体のまとめ

- 教育・学習に関する活動・行動や身体の情報（行動情報・生体情報）を収集・分析した試み
 - 赤外線センサー+加速度センサーの組み合わせ
 - 「対面」と身体の動きからのコミュニケーション・インタラクションの抽出
 - 集団の切り出し
 - 加速度センサデータに基づく行動の類似性の分析
 - 心拍数の検出を通じた自律神経の状態の把握
 - 接触型センサー（スマートウォッチ）より
 - 映像データの解析による

生体データと行動データの動的解析WGへの話題提供

福井県立大学
学術教養センター
山川 修

本日のメインメッセージ

- **生体データや行動データ**を「学習」に結びつけるためには、何らかのモデルが必用ではないか？
- このモデルは、SEM（構造方程式モデリング）のような**統計的モデル**ではなく、生体の状態が学習にどのように結び付くかという、**生体的モデル**を指す
- これは、生体データや行動データをデータから積み上げて学習に到達しようとする**ボトムアップ**な方法では結び付けるのが難しく、学習の生体的モデルからデータを見るという**トップダウン**の方法が必用ではないかという提案である



OECD Learning Compass 2030 のポイント

- ・ウェルビーイング
- ・エージェンシー

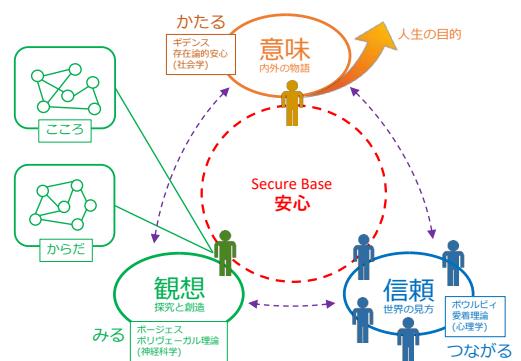
それを支える5つの基盤

- 1 認知的基盤
- 2 リテラシーとニューメラシーの再定義
- 3 デジタル・リテラシーとデータ・リテラシー
- 4 心身の健康
- 5 社会・情動的基盤

社会・情動的スキルとは

- ・他者との協働のスキル
- ・情動の制御のスキル
- ・目標の達成のスキル
- （動機づけ、責任ある意思決定）

自律的学習者の3要素



愛着 (Attachment) 理論

- 幼少時の養育者との関係性が保存され、成人してからの他者との関係にも影響を及ぼしているとする理論 (Bowlby 1969)
 - **安全基地** (Secure base)
 - ・ 危険にあった際にすぐ戻れる場所。通常養育者がその機能を果たす。心の中にある「安心さ」。
 - **内的作業モデル** (Internal working model)
 - ・ 他者との関わり方のモデル
- 他者との協働 (Social), 情動の制御 (Emotional) の基礎に「内的作業モデル」や「**安全基地** (安心さ)」があると考えられる

愛着スタイル

- 愛着スタイル=内的作業モデル
- 分類
 - **安定型**：愛着システムがバランスよく機能
 - **不安定型**
 - ・ **不安型**：愛着に過剰に敏感
 - ・ **回避型**：愛着軽視・親密な関係になりにくい
 - ・ **恐れ・回避型**：不安型と回避型の混合
 - **未解決型**：養育者との愛着の傷をひきずる

安心さの測定

- ・愛着スタイル診断テスト（岡田 2013）
 - 安定型、不安型、回避型、未解決型のスコア
 - 安定型スコア←安心の度合を表す
 - 不安定型スコア（不安、回避、未解決スコアの総計）
↑不安の度合を表す
- ・安心さの指標（SI）
 - 安心さの指標を、安定型スコアから不安定型スコアを引いたものとして定義
 - 安心さ（SI）= 安定型スコア - 不安定型スコア
- ・この妥当性を調べるために、SIを、情動知能や内発的動機づけの指標と比較してみる

7

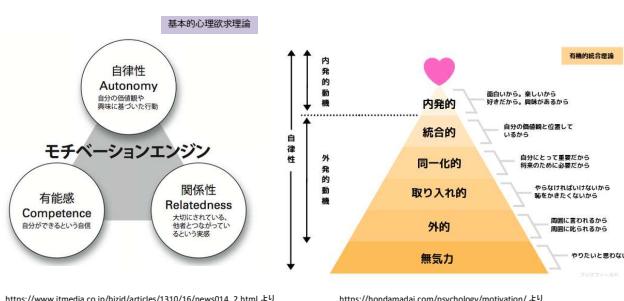
測定

- ・2021年2月に、10名のボランティアにお願いして、質問紙により、愛着スタイル、情動知能、内発的動機づけ、SOC（首尾一貫感覚）の測定を行った。
- ・10名のボランティアは、20代4名、30代2名、40代4名で、すべて女性であった。
- 愛着スタイルは（岡田 2013）
- 情動知能は（豊田、山本 2011）
- 内発的動機づけは（桜井 1993）
- SOCは（アントノフスキイ 2001）の質問紙を利用。

8

自己決定理論

3つの基本的欲求により内発的動機づけが強化される



https://www.itmedia.co.jp/bizid/articles/1310/16/news014_2.html より

https://hondamai.com/psychology/motivation/ より

9

SOC（首尾一貫感覚）

- ・SOC (Sense of Coherence : 首尾一貫感覚)
 - アウシュビッツの生存者でその後も健康に過ごした人にインタビュー調査をし、健康の要因を抽出
 - 極限のストレス下でも健康を保てる要因
- ・下位尺度として以下の3つ
 - **把握可能感** (Comprehensibility)
 - ・出会った出来事がどのようなものか説明できるという感覚
 - **処理可能感** (Manageability)
 - ・自分の周りに起こる困難に対処できるという感覚
 - **有意味感** (Meaningfulness)
 - ・出会った出来事が自分にとって意味があるとみなせる感覚
- ・健康の要因としても「安心さ」があるのだろうと、以前から測定

10

安心さと情動知能の相関

安心さ（SI）と情動知能の下位尺度の間で、正の相関が認められた。

安心さ(SI)と情動知能(の下位尺度)との相関

N=10	相関係数
情動の調整	0.657*
自己の情動評価	0.688*
情動の利用	0.777**
他者の情動評価	0.386

*p<0.05, **p<0.01

11

安心さと内発的動機づけの相関

安心さ（SI）と内発的動機づけの下位尺度の間で、正の相関が認められた。

安心さ(SI)と内発的動機づけ(の下位尺度)との相関

N=10	相関係数
有能感	0.437
有能欲求	-0.223
自己決定感	0.805**
自己決定欲求	0.244

*p<0.05, **p<0.01

12

安心さとSOCの相関

安心さ (SI) とSOC (首尾一貫感覚) の下位尺度の間で、正の相関が認められた。

安心さ(SI)とSOC(首尾一貫感覚)との相関

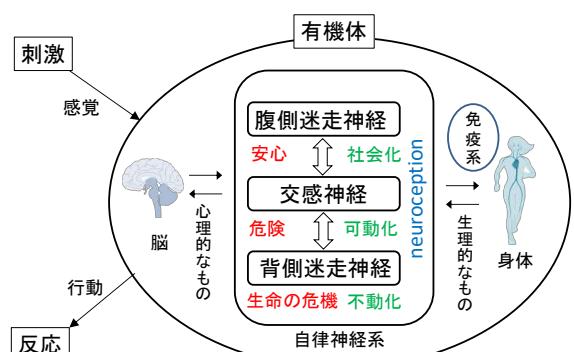
N=10	相関係数
SOC全体	0.751*
把握可能感	0.725*
処理可能感	0.591
有意味感	0.819**

*p<0.05, **p<0.01

13

ポリヴェーガル理論

by Porges



津田真人著、「ポリヴェーガル理論」を読む、星和書店、2019 より一部改変

耐性の窓

by ダニエル・シーゲル



K.L.ケイン, S.J.テラール著、「レジリエンスを育む」岩崎学術出版、2019.

どの程度最適な覚醒の窓が開いているかをどう測定するか？

・心拍変動を使う

- 心拍数は呼吸に連動して変化している
 - 吸うときには交感神経が優位：心拍数が上昇
 - 吐くときには副交感神経が優位：心拍数が下降
 - 緊張が強いときに交感神経が優位になり変動幅が減少
- 心拍変動の測定 = **ストレスを測る**
 - LF/HF：心拍変動のパワースペクトルの低周波成分 (LF:0.05~0.15Hz) と高周波成分 (HF:0.15~0.40Hz) の比
 - 高い方がストレスが多い
 - LFは血圧変動（交感神経, 副交感神経の両方に由来）に対応
 - HFは呼吸変動（副交感神経に由来）に対応
 - CVRR：RR間隔の平均と標準偏差との比
 - 低い方がストレスが多い

生理的に測定した「安心」はどの程度信頼できるのか？

- 2021年2月の測定の際、画像から心拍変動を測定する方法を試した
- 質問紙（愛着スタイル, SOC）の結果とCVRR, LF/HFの関係を調べた
 - 特に相関は認められなかった
 - 原因として、質問紙は定常的な安心の測定、心拍変動は一時的な安心（ストレス）の測定、の可能性がある
 - 改善の方向として、安静時の、心拍数や心拍変動を測り、質問紙による測定と比較すると良いかもしない
 - 逆に、心拍変動はその場の「安心さ・心理的安全性」を測定できる可能性がある

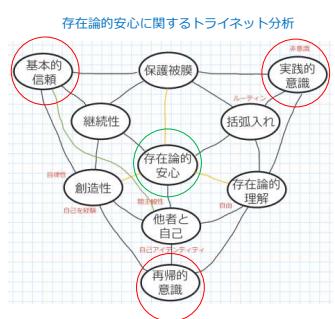
(おまけ) 存在論的安心の測定

・存在論的安心とは

- 社会学的に見た安心
- アイデンティティとの関係
- 「括弧入れ」が特徴的

・存在論的安心の指標

- 現在、右の要素（赤丸部分）から質問紙の作成を行なおうとしている
- メンバーは、心理学、社会学、教育工学分野の5人



Topological Data Analysis 研究紹介

富士通研究所
栗原寛明
2023/03/29



TDA 概要

- Topological Data Analysis (TDA, 位相的データ解析)
 - トポロジーを使ったデータ解析手法
 - データから幾何学的な特徴を抽出
 - 比較的新しいデータ解析手法
 - Edelsbrunner-Harer (2010), Carlsson (2009)
 - 平均, 分散などの統計的手法と組み合わせて使われる（ことがある）
 - データの分布を仮定しなくてよい

Fujitsu Restricted - Internal Use Only

© FUJITSU 2021

2

© FUJITSU 2021

TDA 概要

- 2つの点群はどのように異なる？



3



© FUJITSU 2021

TDA 概要

- 2つの点群はどのように異なる？

アイデア：各点の上に半径 r の円盤をおいてその交わりを調べる

$$r = r_0 (= 0)$$



4

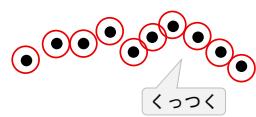


© FUJITSU 2021

TDA 概要

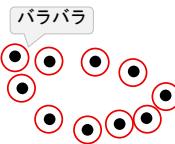
- 2つの点群はどのように異なる？

$$r = r_1$$



5

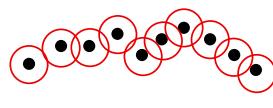
© FUJITSU 2021



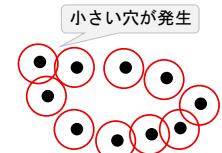
TDA 概要

- 2つの点群はどのように異なる？

$$r = r_2$$



© FUJITSU 2021



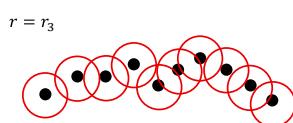
6

© FUJITSU 2021

TDA 概要

FUJITSU

- 2つの点群はどのように異なる？



Fujitsu Restricted - Internal Use Only

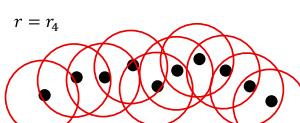
7

© FUJITSU 2021

TDA 概要

FUJITSU

- 2つの点群はどのように異なる？



Fujitsu Restricted - Internal Use Only

8

© FUJITSU 2021

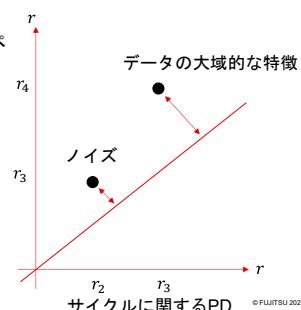
TDA 概要

FUJITSU

データの幾何構造の変化の表示方法：
サイクル/連結成分の再生時刻と消滅時刻のペアを
 $\mathbb{R}^2 \cup \{\infty\}$ 上にプロット



パーシステンス図 (PD)



対角線から遠い点：データの本質的な特徴
対角線から近い点：本質的でない点（ノイズ）

Fujitsu Restricted - Internal Use Only

9

© FUJITSU 2021

TDA 概要

FUJITSU

● 実データでのPDの計算にはGUDHI, HomCloud, Ripser などが使われる。

● PDの性質

- 対角線から遠い点が重要視され、対角線付近の点はノイズとみなされる
- (いくつかの設定の後に) PDの集合上に距離が定義できる
- (然るべき仮定の下で) 安定性定理が成り立つ
- スケール不变でない (拡大、縮小で保たれない)
- 逆変換は一意的でない
- ...

Fujitsu Restricted - Internal Use Only

10

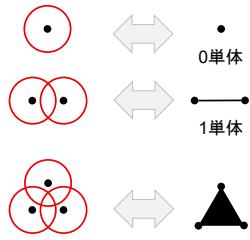
© FUJITSU 2021

TDA 概要

FUJITSU

- データからどのように幾何的な対象を取り出す？

● (数学的な定式化)



Fujitsu Restricted - Internal Use Only

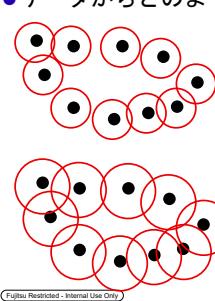
11

© FUJITSU 2021

TDA 概要

FUJITSU

- データからどのように幾何的な対象を取り出す？



Fujitsu Restricted - Internal Use Only

12

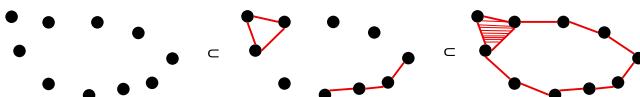
© FUJITSU 2021

TDA 概要

FUJITSU

- データからどのように幾何的な対象を取り出す？

データから単体的複体の包含列（フィルトレーション）を構成



TDA: フィルトレーションの幾何的な特徴の変化を追跡している

Fujitsu Restricted - Internal Use Only

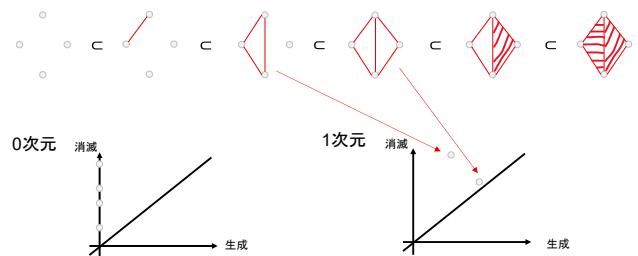
13

© FUJITSU 2021

TDA 概要

FUJITSU

例



Fujitsu Restricted - Internal Use Only

14

© FUJITSU 2021

位相的データ解析 (Topological Data Analysis, TDA)

FUJITSU

● TDA

- 「データ」の幾何的、トポロジー的な情報を抽出する方法

入力 : データ (点群, 画像, グラフ, 時系列データ, ...)



単体的複体

↓

フィルトレーション

↓

パーシステンス図 (ホモロジー類の変化 (生成、消滅) を観察)

出力 : パーシステンス図 (ホモロジー類の変化 (生成、消滅) を観察)

応用例

FUJITSU

- シリカの液相、ガラス相転移温度の検出 (Genki Kusano, Kenji Fukumizu, and Yasuaki Hiraoka. Persistence weighted Gaussian kernel for topological data analysis, ICML, 2016.)
 - 分子の配置ではわからなかったが、パーシステンス図に変換することで解析可能
- タンパク質構造解析 (タンパク質構造とトポロジー —パーシステントホモロジ一群入門—)
 - 日本語のTDAの教科書
- 時系列データ解析 (心電図、脳波、...)
- 時系列データに力学系理論で良く知られているTakensの埋め込み定理を適用することで、3次元空間内のアトラクター（=軌道）に変換できる
 - →離散化により3次元空間内の点群と思える
 - →PH/PDが活用できる

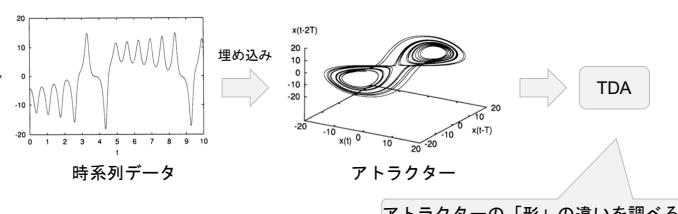
Fujitsu Restricted - Internal Use Only

16

© FUJITSU 2021

応用例

FUJITSU



鈴木秀幸, 'Takensの埋め込み定理' より引用

© FUJITSU 2021

Fujitsu Restricted - Internal Use Only

17

コミュニケーション（学習） のための脳機能解析： NIRSを用いた研究例

Adilin Anuardi
広島大学

学習におけるコミュニケーション

- ツールの進展によって変化すること
 - 対面 → デジタル・バーチャル

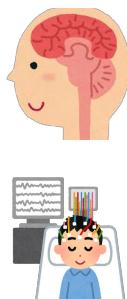
- 認知レベルの個人内から多層的なレベルまで
 - 情報の理解
 - グループワーク



渡辺清子. (2018). 「教育コミュニケーション」授業構想: コミュニケーション能力の育成とアクティブラーニング. 東北学院大学教養学部論叢= Faculty of Liberal Arts review, 2

学習と脳機能の関係

- 神経の可塑性（かそせい）
- 前頭前野、側頭葉など
 - 前頭前野：ワーキングメモリー、認知（注意、意思決定）
 - 側頭葉：言語、感情
- 脳機能測定
 - 簡易脳波計（EEG）、光トポグラフィー（NIRS）など



宮崎田. (2011). 学習・記憶におけるシナプス可塑性の分子機構. 生化化学, 83(11), 1016-1026.

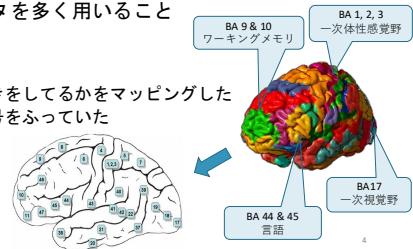
脳機能マッピング

人間の行動を脳部位に表す

- 脳機能測定からのデータを多く用いること

ブロードマン領野

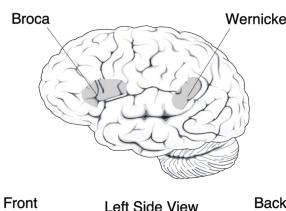
- 各部位がどのような働きをしているかをマッピングした
- 脳部位を1～52に番号をふっていた



Brodmann K (1909). "Vergleichende Lokalisationslehre der Grosshirnrinde"

言語野

- 言葉や表現の理解
 - 右利き：95% → 脳の左半球
 - 左利き：70% → 脳の左半球
- ウェルニッケ野（BA22）
 - 話し言葉を聞いて理解する
 - 単語や文の意味を理解する
- プローカ野（BA44, 45）
 - 言語生成



Coon, D., & Mitterer, J. O. (2012). *Psychology: Modules for active learning*. Wadsworth, Cengage Learning.

ワーキングメモリー

- 短時間に情報を保持し、同時に処理する

言語的短期記憶

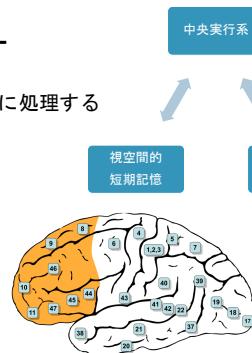
- 数、単語、文章など

視空間的短期記憶

- イメージ、絵、位置情報など

中央実行系

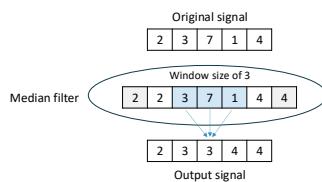
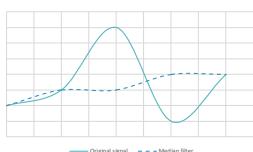
- 思考と行動の制御



Gathercole, S. E., & Alloway, T. P. (2008). *Working memory and learning: A practical guide for teachers*. London: Sage Publications.

メディアンフィルタ

- 画像処理によく利用されている
- 中央値を利用して、異常値に対応できる



13

Z-score化

- NIRS信号 → Hbの濃度変化と実行航路長の積 [mMmm]
- 直接に被験者間・チャンネル間の比較は好ましくない

$$z = \frac{NIRS\ signal(t) - \mu_{Rest}}{\sigma_{Rest}}$$

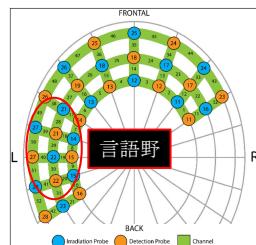
近藤祐樹, 俊義, 緑實啓一. NIRS を用いた室内空調の温熱的快適性評価(室内温度変化に伴う脳活性解析). 日本機械学会論文集 C編, Vol.79, No.807, pp.4075-4083, 2013.

14

研究 I: 感情的な言語音声と脳の活性化

目的: 理解できなかった感情的な言語音声が、脳機能に与える影響を調べる。

- 5つの言語音声
 - マレー語・日本語（逆再生）
 - 感情あり・なし
- 被験者は聞いた音声の意図する感情を選ぶ

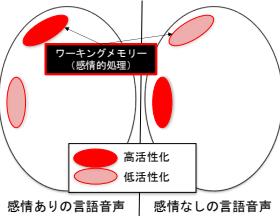


Mohd Anandi, M. N. A., & Yamazaki, A. K. (2019). Effect of emotionally toned Malay language sounds on the brain: a NIRS analysis. International Journal on Perceptive and Cognitive Computing, 5(2), 1-7. <https://doi.org/10.1007/s11439-019-00072> 15

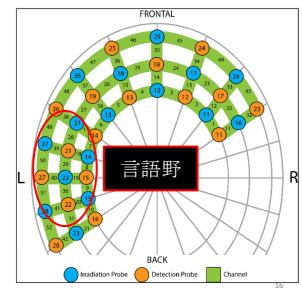
研究 I: 感情的な言語音声と脳の活性化

目的: 理解できなかった感情的な言語音声が、脳機能に与える影響を調べる。

- A. 全くわからない言語（マレー語）を聴かせたら：



感情に注目すると言語野の活性化が阻害されるが、感情的処理はかなり活性化される。

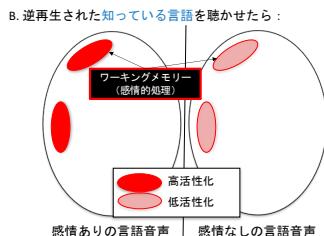
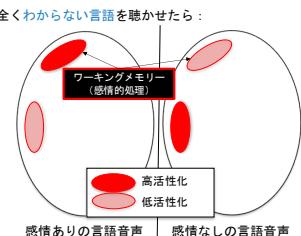


16

研究 I: 感情的な言語音声と脳の活性化

目的: 理解できなかった感情的な言語音声が、脳機能に与える影響を調べる。

- A. 全くわからない言語を聴かせたら：
- B. 逆再生された知っている言語を聴かせたら：

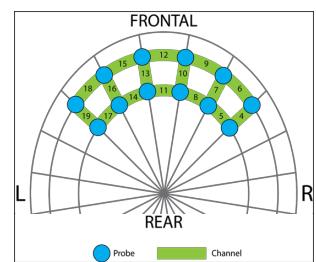


感情に注目すると言語野の活性化が阻害されるが、感情的処理はかなり活性化される。

感情のこもった音声がよく伝わると、脳が音声の意味を理解しようとしている。¹⁷

研究 II: 紙媒体と電子メディアでの学習と脳機能への影響

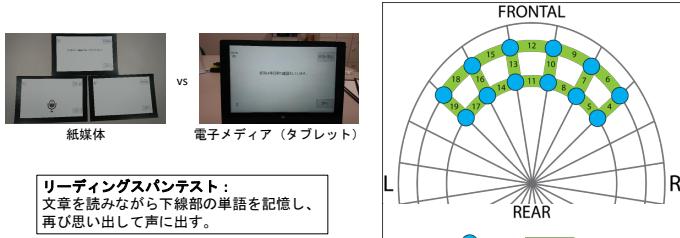
目的: 学習メディアによって学習効果への影響を脳機能からの調査。



18

研究 II: 紙媒体と電子メディアでの学習と脳機能への影響

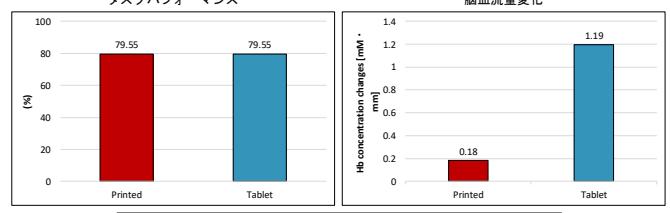
目的：学習メディアによって学習効果への影響を脳機能からの調査。



Daneman, M., & Carpenter, P. A. (1980). Individual differences in working memory and reading. *Journal of verbal learning and verbal behavior*, 19(4), 450-466.
Mohd Anurdi, M. N. A., Yamazaki, A. K., & Sato, I. (2020). The effects of tablet and printed media on brain activation during a short-memory task. *Procedia Computer Science*, 176, 1358-1365. <https://doi.org/10.1016/j.procs.2020.09.145>

研究 II: 紙媒体と電子メディアでの学習と脳機能への影響

目的：学習メディアによって学習効果への影響を脳機能からの調査。

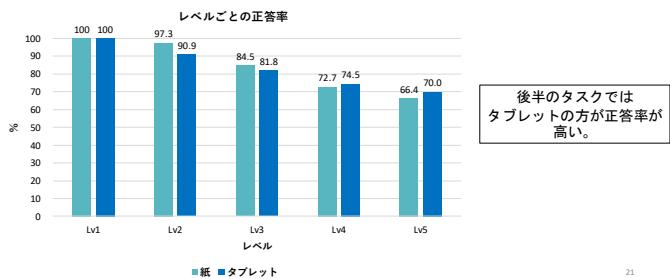


タスクパフォーマンスは同じなのでどちらでも良い。しかし、タブレットのような電子メディアは時間や場所の制限が少ないのでよりは便利性が高い。脳の活性化を目的とした場合はタブレットの方が効果的。

20

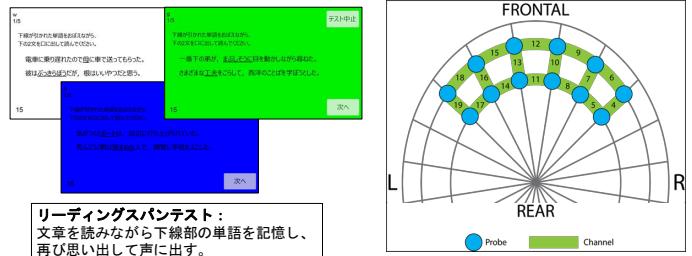
研究 II: 紙媒体と電子メディアでの学習と脳機能への影響

目的：学習メディアによって学習効果への影響を脳機能からの調査。



研究 III: タブレットの背景色によって脳機能への影響

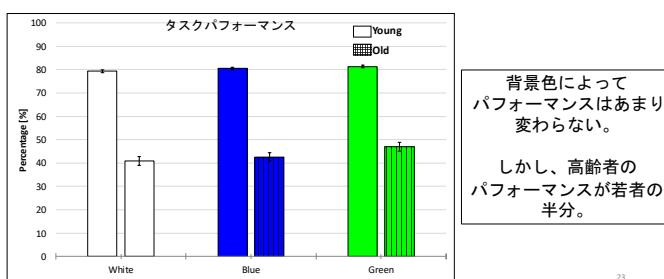
目的：パフォーマンスを向上させるためにどのような背景色が脳機能活性化させるか調査する。



Anuardi, M. N. A. M., Yamazaki, A. K., & Murakami, K. H. (2021). Contrast effects of display colors on Hb concentration changes in the frontal lobe of elderly and young people. *Procedia Computer Science*, 192, 4027-4036. <https://doi.org/10.1016/j.procs.2021.09.177>

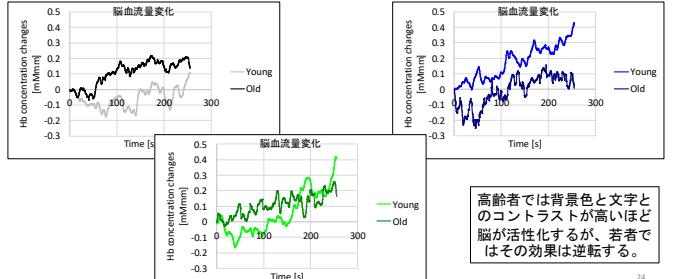
研究 III: タブレットの背景色によって脳機能への影響

目的：パフォーマンスを向上させるためにどのような背景色が脳機能活性化させるか調査する。



研究 III: タブレットの背景色によって脳機能への影響

目的:パフォーマンスを向上させるためにどのような背景色が脳機能活性化させるか調査する。

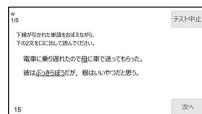


高齢者では背景色と文字とのコントラストが高いほど脳が活性化するが、若者ではその効果は逆転する。

24

研究 III (続き) : タブレットの背景色によって脳機能への影響

目的: 高齢者のパフォーマンスを向上させるためにどのような背景色が脳機能活性化させるか調査する。



リーディングスパンテスト:
文章を読みながら下線部の単語を記憶し、再び思い出して声に出す。

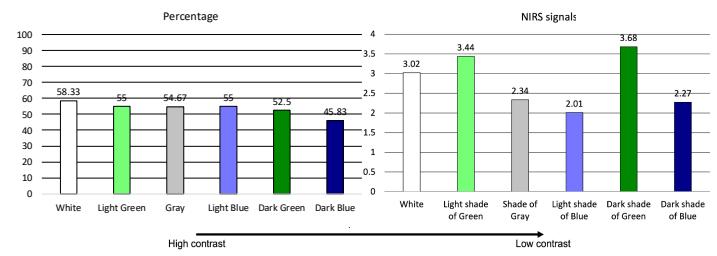


Neu社 HOT-2000
(2 channels : 前頭前野)

Yamazaki, A. K., Anuardi, M. N. A. M., & Murakami, K. H. (2023). Effects of Tablet Display Colors on Prefrontal Lobe Activation in Elderly People. *Sensors and Materials*, 35(11), 3883-3895. <https://doi.org/10.18464/SAM4467>

研究 III (続き) : タブレットの背景色によって脳機能への影響

目的: 高齢者のパフォーマンスを向上させるためにどのような背景色が脳機能活性化させるか調査する。

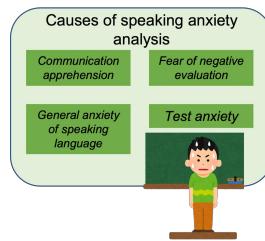


26

研究 IV: プレゼンへの不安感を脳機能から分析し、効果的なVRコンテンツを作成する

・言語コミュニケーションスキル

- Listening
- Reading
- Speaking**
- Writing



・不安感の要因

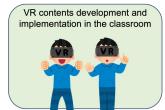
- 言語に対する不安
- コミュニケーションへの不安
- 他者からの印象
- プレゼンに対する評価 (授業内だけ)

Yakhong, K., & Usaha, S. (2012). A Measure of EFL Public Speaking Class Anxiety: Scale Development and Preliminary Validation and Reliability. *English Language Teaching*, 5(12), 23-35. Muhammad Nur Adlin Mohd Anuardi, Wan Nor Farah Wan Shamsuddin, and Atsuko K. Yamazaki, "Analysis of Speech Anxiety among EFL Learners in Japan: A Comparison between Gender," *International Journal of Learning and Teaching*, Vol. 9, No. 2, pp. 101-105, June 2023. Wan Shamsuddin, W. N. F., Mohd Anuardi, M. N. A., & Mohamad Razee, I. S. (2022). A preliminary study on the potential of Virtual Reality Therapy in reducing public speaking anxiety. *Eduapressa*, 9(1), 51-71. <https://doi.org/10.18500/rev-eduapressa.v9.i1.2027>

研究 IV: プレゼンへの不安感を脳機能から分析し、効果的なVRコンテンツを作成する

・要因ごとにに対してVRコンテンツを作成

- 不安感の対策をVR化



・VRコンテンツ評価

- 不安感の対策として効果的であるか評価する
 - 脳機能測定・心理学的のアンケート
 - 作成したVRコンテンツを実験への実施
 - VRとVRではない方法での比較



・将来に期待できる成果

- 先生が学生の状況を生体情報からリアルタイムでの把握
- VRの活用で学習意欲を高める

Thank you!

Adilin Anuardi

広島大学

adilina@hiroshima-u.ac.jp



Reading of “Reading” for “Actuating”: Augmenting Human Reading and Learning by Sensing and Actuating Technologies

Koichi Kise

Dept. of Core Informatics German Research Center for AI
Osaka Metropolitan University Japan Laboratory
Japan

2023.07.31

SS研

1



Koichi Kise
黄瀬浩一



- Professor, Grad. School of Informatics, Osaka Metropolitan University
- Director, Lab Japan, German Research Center for AI (DFKI)
- Research fields
 - human activity sensing and actuation
 - augmented learning and education
 - document analysis, image understanding

SS研

2

Osaka Metropolitan Univ. 大阪公立大学



- Started from April 2022
- As a merger of
 - Osaka Prefecture Univ. and
 - Osaka City Univ.
- 3rd Largest publicly founded university in Japan

2023.07.31

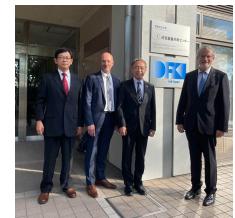
SS研

3

DFKI & Its Laboratory Japan



DFKI: Deutsches Forschungszentrum für Künstliche Intelligenz
German Research Center for Artificial Intelligence
ドイツ人工智能研究センター



日本ラボ@OMU
Since 2022.6

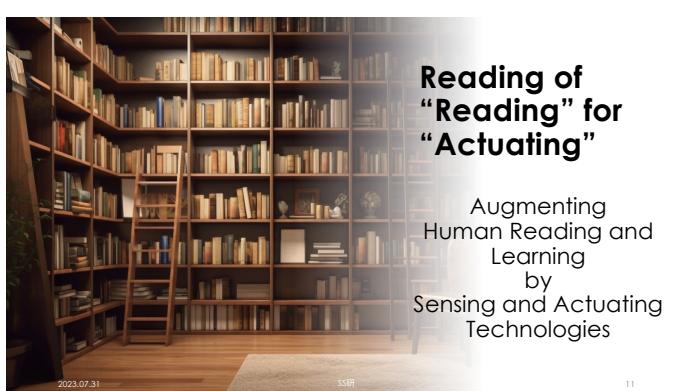
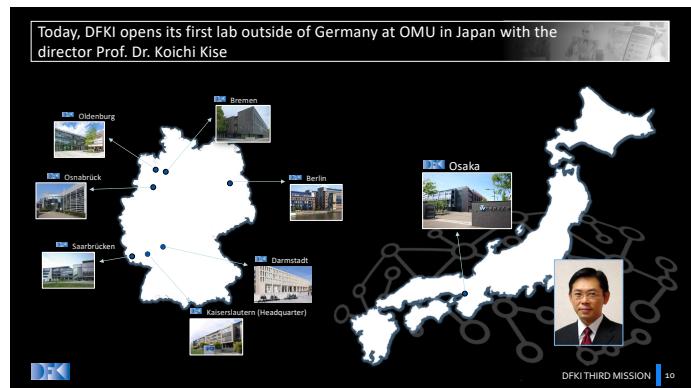
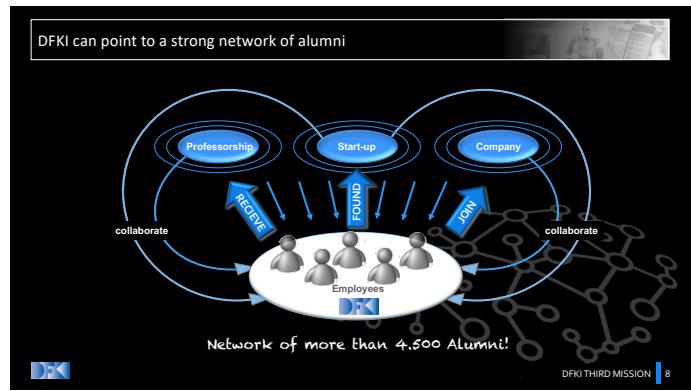
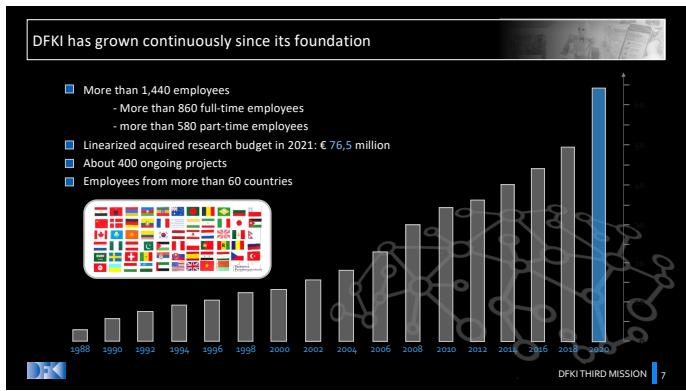
4

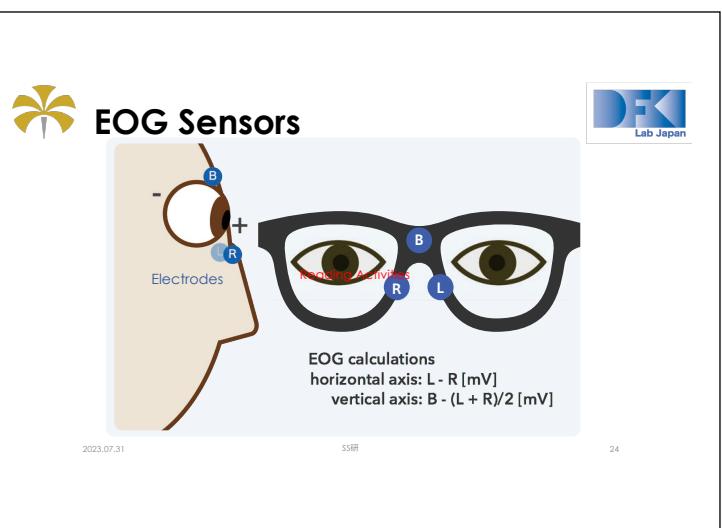
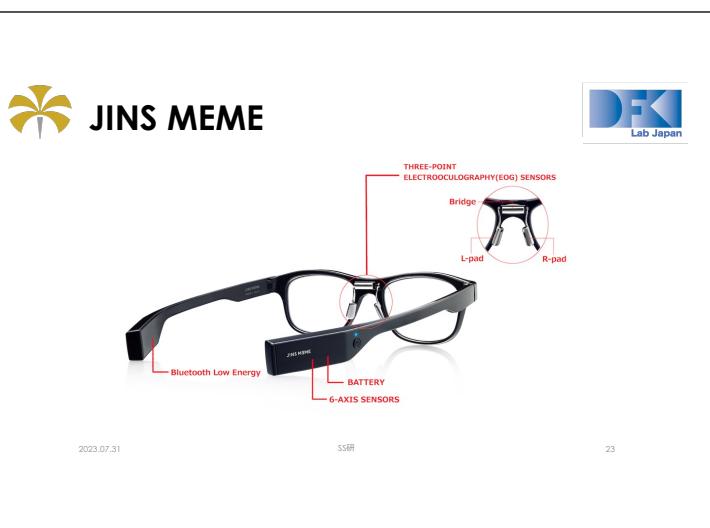
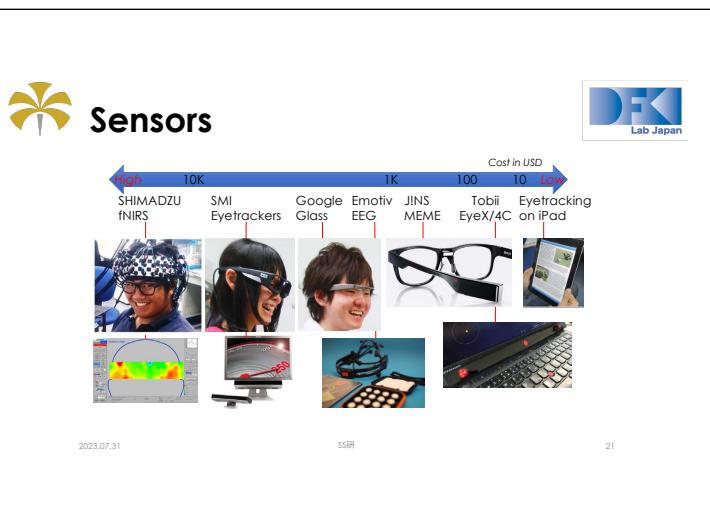
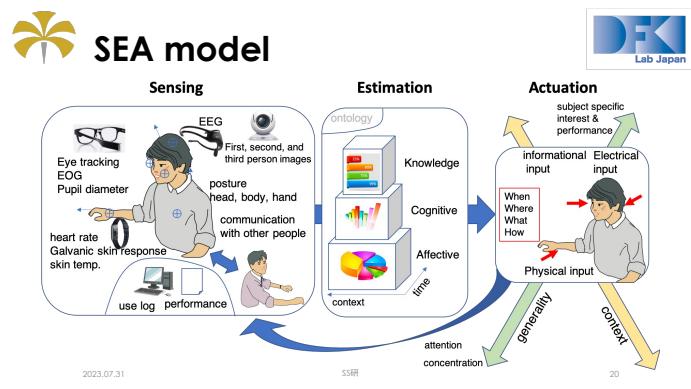
DFKI has expanded at different locations in Germany



DFKI GmbH is a non-profit organization with currently 33 shareholders and has established a national and international reputation

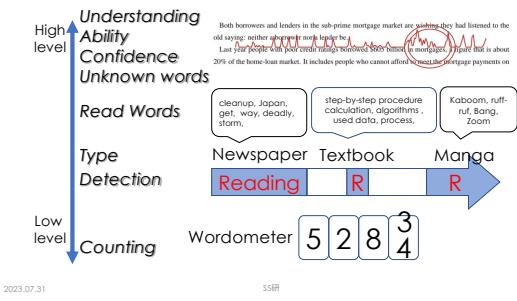
6



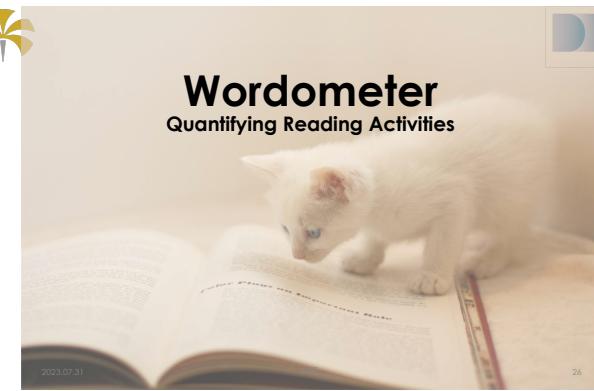




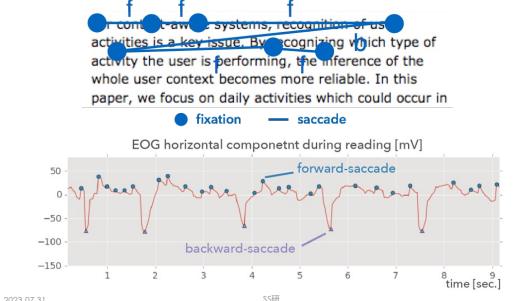
Quantified Reading and Learning



Wordometer Quantifying Reading Activities



Wordometer with JINS MEME



Accuracy

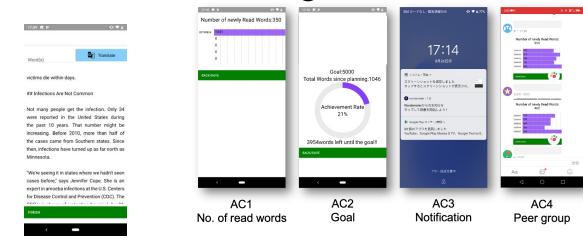


Subject	user-independent		user-dependent	
	Each paragraph	All paragraph	Each paragraph	All paragraph
a	17 %	11 %	14 %	2.2 %
b	24 %	9.5 %	25 %	6.4 %
c	24 %	18 %	15 %	2.4 %
d	15 %	7.5 %	15 %	1.8 %
e	15 %	11 %	12 %	2.4 %
Ave.	18 %	11 %	16 %	3.0 %

Error rates of word count estimations (5 subjects, 38 paragraphs)



Actuators for Extensive Reading



Result: Effectiveness

29 people

effective if # read words increased by 20% or more from "no feedback"

AC1 #read words	AC2 goal setting	AC3 notifi- cation	AC4 peer group
24.1%	62.1%	50.0%	75.0%
# read words Big5 Personality Test			
AC2 goal setting 90.2%			

2023.07.31

29





Confidence-aware Learning



2023.07.31

SSRF

31



Typical Training Process



Learning



Reviewing



Taking test

2023.07.31

32



Traditional Review



Only correctness is taken into account

Correct	😊
Incorrect	😢

2023.07.31

SSRF

33



Review with Confidence Info.



	Confident	Unconfident
Correct	😊	😢
Incorrect	😢😢	😢

2023.07.31

SSRF

34



Review with Confidence Info.



finding more opportunities of review

	Confident	Unconfident
Correct	😊	😢
Incorrect	😢😢	😢

by chance

2023.07.31

SSRF

35



Review with Confidence Info.



putting weights for more serious cases

	Confident	Unconfident
Correct	😊	😢
Incorrect	😢😢	😢

Misunderstanding

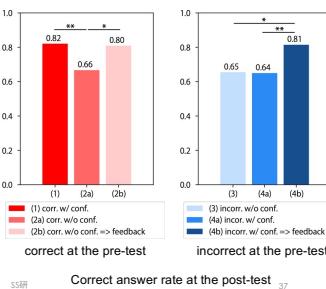
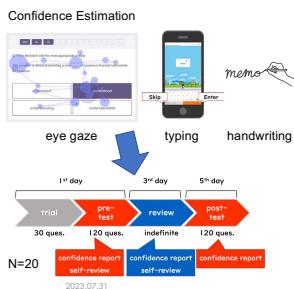
2023.07.31

SSRF

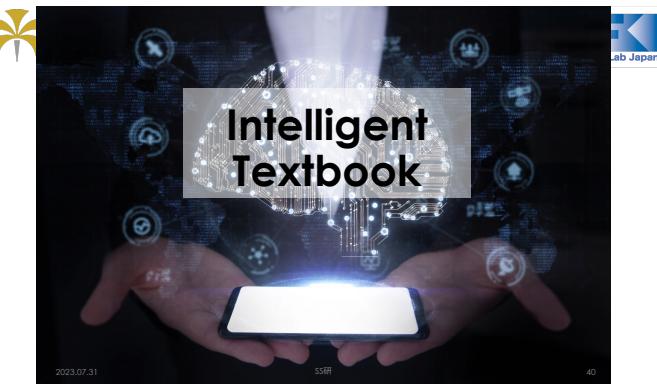
36



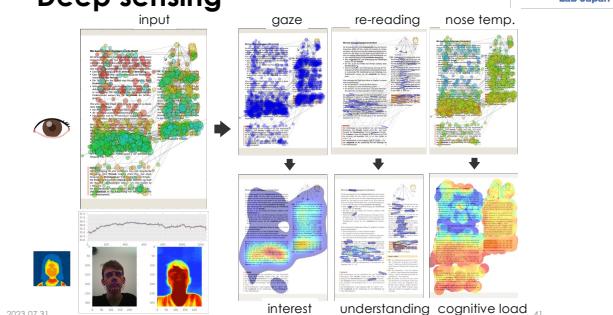
Confidence Aware Learning



Intelligent Textbook

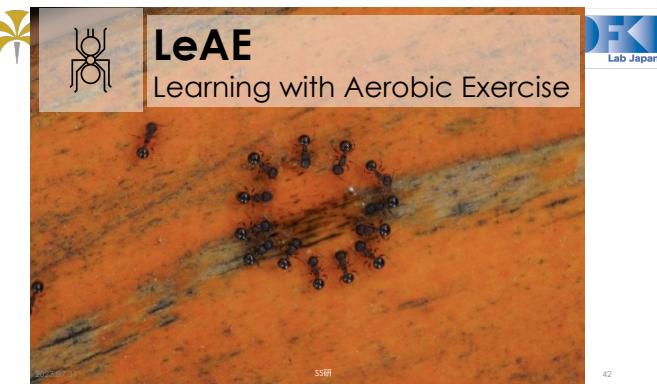


Internal State Estimation with Deep sensing



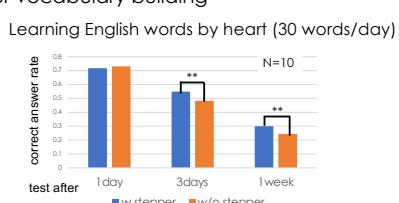
LeAE

Learning with Aerobic Exercise



LeAE: Learning with Aerobic Exercise

Another ES for vocabulary building



Reading Activity



Reading to the mind is what exercise is to the body.

--- Sir Richard Steele
(1672-1729, Irish writer)



Exercise is not only for the body but also for the mind.

SSRF

44



Summary



- Reading is an important activity for us to learn.
- Reading of "reading activity" tells us quality and quantity of reading/learning.
- Effectiveness of sensors and actuators depends on their recipients
 - prescription of sensors and actuators

2023.07.31

SSRF

45