

令和元年6月25日現在

機関番号：12608

研究種目：基盤研究(A) (一般)

研究期間：2015～2017

課題番号：15H01771

研究課題名(和文) 共創的な授業支援を目的としたコミュニケーション「場」のリアルタイム可視化システム

研究課題名(英文) Real-time visualization system of embodied communication field for co-creative lecture support

研究代表者

三宅 美博 (Miyake, Yoshihiro)

東京工業大学・情報理工学院・教授

研究者番号：20219752

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 30,200,000円

研究成果の概要(和文)：授業とは教師と生徒のコミュニケーションを介する気づきの共創プロセスである。そして共創では「場」が重要な役割を担っている。しかし、現状では「場」を可視化する技術は開発されておらず、現場の教師の経験と勘に依存しているのが実状である。そこで本研究では、授業現場を対象として集団的コミュニケーションの「場」を可視化するシステムを構築するとともに、「場」における共感状態の神経科学的な基盤を明らかにした。さらに、「場」の情報をリアルタイムに教師にフィードバックすることのできる共創的な授業支援システムを実現した。

研究成果の学術的意義や社会的意義

従来の授業支援システムは生徒に外側から情報を効率的に入力することを目的としていた。しかし、近年は生徒みずからが内側から情報を創出する立場も現れはじめており、われわれが提案する共創的な教育への萌芽と見なすことができる。しかし、共創の基盤にあるコミュニケーション「場」の重要性には全く注目されていなかった。このような背景の中で、本研究は「場」を可視化し、それに基づいて気づきの共創プロセスとしての授業を支援する世界で初めての取り組みとなった。

研究成果の概要(英文)：Lecture is a co-creation process through communication between teachers and students. And in co-creation, "Ba" (embodied communication field) plays an important role. However, visualizing system of "Ba" has not been developed yet, and it depends on the experience and intuition of teachers in the class room. In this study, we constructed an artificial system to visualize "Ba" in group communication, and clarified the neuroscientific base of the empathic state in "Ba". In addition, we have developed a co-creative lecture support system which can feed back information from the "Ba" to teachers in real time.

研究分野：コミュニケーション科学

キーワード：共創システム 「場」の可視化 授業支援 脳科学

様式 C-19、F-19-1、Z-19、CK-19（共通）

1. 研究開始当初の背景

授業には教師から生徒への情報伝達としての側面と、教師と生徒のコミュニケーションを介する気づきの共創プロセスとしての側面の二重性がある。前者はアンケートやテストで客観化できるため、既に教育工学（CAI や WBT、e-learning 等）でも広く取り上げられてきた。しかし、後者の共創的側面は、主体性や学習意欲の向上、さらには創造性の涵養などと深く関わるにも関わらず、工学的には全く手がつけられていなかった。それは共創の基盤にあるコミュニケーション「場」が潜在的であり、集団の中に遍在化されるため、従来手法では定量的に計測することが難しかったからである。

一方、われわれは20年近く前から共創システムの研究を開始し、その基本的な枠組みを確立してきた。共創の「場」を無意識な身体運動リズムとそのインターパーソナルな同調（引き込み）から捉え、その基盤としての時間知覚の研究と、応用としてのリハビリ支援システムの開発を進めてきたのである。さらに、その方法論を対話の領域に拡張し、近年はコミュニケーション「場」の可視化の問題にも取り組み始めた。本研究申請は、これらの実績に基づき提案されたものであり、直接関わる重要な成果としては以下の2つを挙げることができる。

第1の成果は、授業を模した2人の対面コミュニケーションにおける身体的インタラクションの分析である。教師と生徒を想定したレクチャー課題を開発し、身体的インタラクションを介する領き運動の同調状態の分析を行った。その結果、コミュニケーション「場」が生成して共感的な状態にある場合に、領きはインターパーソナルに同調しやすいことが明らかになった。しかも生徒の方が教師よりも数10ms早い位相進みで同調して領くことが確認されたのである。これらの驚くべき発見は、領き運動の無意識な同調状態、特に、位相関係に注目することで「場」を定量的に評価できる可能性を示した。

第2の成果は、集団的コミュニケーションにおける「場」の可視化手法の開発である。これはオフィス環境において200人以上の集団で約2か月間の身体的インタラクションを計測したものである。名札型の加速度センサを用い、日常生活中でも身体運動のインターパーソナルに同調することが確認された（PLoS ONE, 2014）。さらに、コミュニティ分析を併用したところ、コンテクストが共有されている集団で同調状態がより強くなる傾向も確認された。これらの知見は集団的なコミュニケーション「場」を可視化する技術基盤が確立されていることを示したことになる。

しかし、ここには大きい問題が3つ残されていた。まず1) 授業の現場を対象としたコミュニケーション「場」の可視化がなされていないことである。さらに2) 無意識な身体運動の同調に基づく「場」の可視化が脳活動とどのように関連しているのかも明らかではない。そして3) これらの成果を統合した共創的な授業支援システムとしての構築もなされていない。

2. 研究の目的

本研究では、このような現状を踏まえて、授業における集団的コミュニケーション「場」を可視化し、それに基づく授業支援システムを構築することを目標とした。具体的には以下の3つの研究項目を設定した。研究項目1では、授業における集団的コミュニケーション「場」の時間的・空間的パターンを可視化することを目標とした。研究項目2では、脳計測の併用によって本研究が提案する「場」の可視化手法を神経科学的に根拠づけること、研究項目3では、「場」の情報をリアルタイムに教師に表現できる共創的な授業支援システムを構築することをめざした。

従来の授業支援システムは生徒に外側から情報を効率的に入れることを目的としていた。行動主義としての刺激=反応理論に基づくドリル型のCAI（Alessi & Trollio, 1995）や、認知主義としてのガニェ教授理論に基づく学習プロセス支援システム（鈴木, 2002）などである。しかし、近年は構成主義、つまり生徒が自ら情報を創出する立場も現れはじめており、われわれが提案する共創的な教育への萌芽と見なすことができる。例えばジャスパー教材（CTGV, 1997）などが知られているが、その運用は教師の勘と経験に委ねられることが多く定量的な評価がなされていない。しかも共創の基盤にあるコミュニケーション「場」の重要性には全く注目されていなかった。このような背景の中で、本研究は「場」を可視化し、それに基づいて気づきの共創プロセスとしての授業を支援する世界で初めての取り組みである。

本研究の最も重要な成果は、教師と生徒のコミュニケーション「場」を介する気づきの共創プロセスとして授業を捉える視点が確立されることである。これは日本から初めて提案される共創的な教育工学の新技術となるであろう。しかも、この方向性は政府が推進する『人材力強化のための教育改革プラン』（文部科学省 2013.4.23）とも合致するものである。

3. 研究の方法

研究全体としては3年計画であり、平成27～28年度は「場」の可視化技術の開発（研究項目1）およびその神経科学的基盤の確立（研究項目2）を並行して進めた。その上で平成29～30年度に授業現場に展開（研究項目3）した。なお、項目ごとにマイルストーン（MS）を設け、その進捗を確認しながら推進した。

研究項目1では、授業現場の集団的コミュニケーションを対象とし、加速度センサのセンサネットワークを用いて「場」を可視化する手法を確立した。具体的には、教師と生徒の身体運動（領き運動を含む）の集団的な同調状態（位相関係を含む）を計測し、その時間的推移および空間的パターンを分析し可視化した。さらに「場」が生成し共感度の高い状況と低い状況を人為的に構

成し、本可視化手法の有効性を確認した。

研究項目2では、授業を模した2人（教師役と生徒役）のレクチャー課題を対象として、本研究が提案する「場」の可視化と脳活動の同時計測を行った。具体的には、fMRIを用いて身体運動の同調状態と相関して賦活される脳部位を明らかにし、「場」と深くかかわる共感との関係や、それに基づく意欲や態度への影響を調査した。さらに、NIRSを用いて身体運動の同調状態において脳活動もインターパーソナルに同調しているか否かを確認した。

研究項目3では、授業現場を対象とし、身体運動の同調状態として可視化される「場」の時間変動と空間パターンを、授業中の教師自身にリアルタイムにフィードバックできる共創的な授業支援システムを構築した。具体的には、上記の「場」の情報を教師の手元の小型モニターに表示し、授業における場づくりを支援した。

研究グループとしては研究項目1の「場」の可視化グループと研究項目2の神経科学グループに大きく2つに分けられるが、研究項目3で両グループは一体化した。研究代表者は三宅美博（東京工業大学・教授）とした。研究分担者は、「場」の可視化からのアプローチにおいては、可視化の数理科学的側面を担当する小川健一郎（東京工業大学・助教）、可視化の認知科学的側面を担当する緒方大樹（東京大学・助教）、計測用センサネットワークを担当する山本知仁（金沢工業大学・准教授）から構成した。神経科学的側面からのアプローチにおいては、fMRIによる脳機能の分析を担当する杉浦元亮（東北大学・准教授）とNIRSによる脳活動の分析を担当する野澤孝之（東北大学・助教）から構成した。研究協力者としては、計測用センサネットワークを担当する矢野和男（日立製作所・主管研究長）が参加した。

4. 研究成果

研究項目1：

授業における集団的コミュニケーション「場」の時間的・空間的パターンの可視化

実施内容：

授業現場の集団的コミュニケーションを対象とし、加速度センサのセンサネットワークを用いて「場」を可視化する手法を確立した。具体的には、大学等の授業において教師と生徒の集団的かつ無意識な身体運動（頷き運動を含む）の同調状態（位相関係を含む）を計測し、その時間的推移および講義室内における同調状態の空間分布パターンを分析し可視化するシステムである。

計測方法としては、既にわれわれがコミュニケーション分析で開発してきた加速度センサに基づく身体運動の計測手法を採用した。具体的には、スマートフォンを名札ホルダーに入れて首に掛ける形式である。100人規模の集団で個々人の上半身の揺れに伴う加速度変化を100Hzでリアルタイムに計測することができる（図1）。このセンサを教師と生徒が一人ひとりずつ装着した。



図1：集団的身体運動の計測センサ

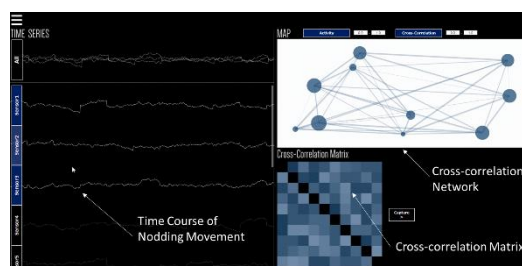


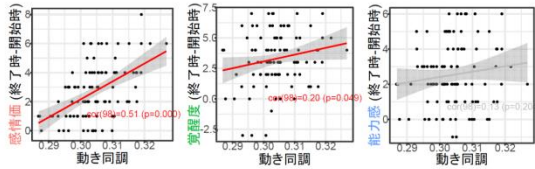
図2：集団的身体運動の同調分析

分析方法としては、この加速度データを教師と生徒間および生徒同士の間で、時系列データの相互相関関数を計算することで、インターパーソナルな身体運動の同調状態を位相関係の時間発展の観点から分析した。この結果を生徒の着席位置に基づく空間パターンとして捉えグラフ表示し、さらにその時間発展として「場」を可視化することに成功した（図2）。

また、提案手法の有効性を確認するための新たな実証実験も行った。授業において共感度の高い状況と低い状況をアンケートによって定量化し、それと身体運動の同調状態によって可視化した「場」との相関を調べたのである。その結果、身体運動の同調と共感のあいだには強い正の相関があるが（図3）、身体運動のパワーと共感のあいだには有意な相関が見られないこと（図4）が示された。このことは提案手法の有効性を明確に示している。

結果2: 動き同調はポジティブ感情へ

ペア単位; 第13回(11/12); 他の回も同様

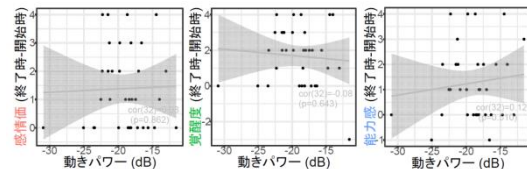


- 動きの同調は、感情値の変化量と顕著な**正相関**。
- 覚醒度の変化量とも弱い**正相関**。

図3：身体運動同調度と共感は正の相関

結果3: たくさん動けば良いわけではない

個人単位; 第13回(11/12); 他の回も同様



- 個々人の動きの多さ(パワー積分)は、感情状態の変化量とは相関しない。

図4：身体運動パワーと共感は無相関

研究項目2：

脳計測の併用によって「場」の可視化手法の神経科学的基盤を明確化

実施内容

授業を模したレクチャー課題を対象として、本研究が提案する「場」の可視化と脳活動の同時計測を行った。具体的には、身体運動の同調状態と相関して賦活される脳部位を f-MRI を用いて分析することで、「場」と深くかかわる共感との関係や、それに基づく意欲や態度への影響を明らかにすることができた。さらに身体運動の同調状態において脳活動もインターパーソナルに同調しているか否かを NIRS で調査し、同調していることを確認した。

fMRI による分析では、MRI 内外の2人の被験者にビデオ会話装置を通じて対話させ、MRI 内の被験者の脳活動を計測した。さらに「場」の状態を反映する脳部位賦活と身体同調との相関の検証を進めた。具体的には情動・価値評価と意思決定系(基底核、前頭前野内側部、島皮質など)、注意系(前頭-頭頂ネットワーク)、共感系(側頭頭頂接合部)の関係が分析された。ただし身体同調で重要な傾きが MRI 計測上は大きな問題となるため、近年提案された大きな頭部の動きを補正できる撮像方法を導入した。

NIRS による分析では、制限された fMRI 環境での傾きの生成/知覚処理を担う脳部位の活動を、リアルな教育現場で測定し、その身体同調との相関を検証することをめざした。これによって個人間の脳活動の同調が、身体同調と相関的または補完的に「場」の定量化・可視化に寄与する可能性を示した。

研究項目3：

「場」の情報をリアルタイムに教師に表現できる共創的授業支援システムの構築

実施内容

授業現場の集団的コミュニケーションを対象とし、身体運動の同調状態として可視化される「場」の時間変動と空間パターンを授業中の教師自身にリアルタイムにフィードバックできる共創的な授業支援システムを構築した(図5)。具体的には、教師と生徒のあいだでの身体運動のインターパーソナルな同調状態の時間的推移および講義室内で同調しているクラスターの空間分布の情報を、教師の手元のモニターに表示し、授業中の場づくりを支援する。



図5：共創的な授業支援システム



図6：東工大の参加型授業への適用

さらに現場への適用事例を収集することで有効性の評価を行うとともに、授業における「場」のアーカイブ化を推進した。具体的には、東工大の学部2年のコミュニケーション論という参加型の授業に適用した(図6)。これによってコミュニケーション「場」を時間的・空間的パターンとして評価し、場づくりを支援する方法論として構築することをめざした。

5. 主な発表論文等

[雑誌論文] (計 10 件) 全て査読有

- 1) Ogata, T., Higo, N., Nozawa, T., Ono, E., Yano, K., T., Ara, K., Miyake, Y., “Interpersonal coevolution of body movements in daily face-to-face communication,” *IEICE Transactions on Information and Systems*, vol.E100-D, No.10, pp.2547-2555 (2017)
- 2) Thepsonthorn, C., Ogawa, K., Miyake, Y., “The relationship between robot’s nonverbal behavior and human’s likability based on human’s personality,” *Scientific Reports*, vol.8, pp.1-11 (2018) <https://doi.org/10.1038/s41598-018-25314-x>
- 3) Ikeda S, Nozawa T., Yokoyama R, Miyazaki A, Sasaki Y, Sakaki K, Kawashima R, “Steady beat sound facilitates both coordinated group walking and inter-subject neural synchrony,” *Front Hum Neurosci*, vol.11, pp.1-10 (2017) 10.3389/fuhum.2017.00147
- 4) Motoki K, Saito T, Nouchi R, Kawashima R, Sugiura M. “Tastiness but not healthfulness captures automatic visual attention: Preliminary evidence from an eye-tracking study,” *Food Quality and Preference*, vol.64, pp.148-153 (2018) 10.1016/j.foodqual.2017.09.014
- 5) Hao, Q., Ora, H., Ogawa, K., Ogata, T., Miyake, Y., “Voluntary movement affects simultaneous perception of auditory and tactile stimuli presented to a non-moving body part,” *Scientific Reports*, vol.6, pp.1-6 (2016) 10.1038/srep33336
- 6) Thepsonthorn, C., Yokozuka, T., Miura, S., Ogawa, K., Miyake, Y., “Prior knowledge facilitates mutual gaze convergence and head nodding synchrony in face-to-face communication,” vol.6, pp.1-14 (2016) 10.1038/srep38261
- 7) Nozawa T., Sasaki Y, Sakaki K, Yokoyama R, Kawashima R, “Interpersonal frontopolar neural synchronization in group communication: an exploration toward fNIRS hyperscanning of natural interactions,” *NeuroImage*, vol.133, pp.484-497 (2016) <https://doi.org/10.1016/j.neuroimage.2016.03.059>
- 8) Kwon J., Ogawa K., Ono E., Miyake Y., “Detection of nonverbal synchronization through phase difference in human communications,” *PLoS ONE*, vol.10, pp.1-15 (2015)
- 9) Ogawa K., Miyake Y., “Similarity of body movement in daily face-to-face communication: As a fundamental feature of co-creation system,” *Advances in Science, Technology and Environmentology*, vol.B11, pp.99-103 (2015)
- 10) Hanawa, S., Sugiura, M., Nozawa, T., Kotozaki, Y., Yomogida, Y., Ihara, M., Akimoto, Y., Thyreau, B., Izumi, S., Kawashima, R., “The neural basis of the imitation drive,” *Neuroscience*, vol.11, pp.66-77 (2016) <http://doi.org/10.1093/Scan/nsv089>

[学会発表] (計 10 件)

- 1) Harada, N., Kimura, M., Yamamoto, T. Miyake, Y., “System for Measuring Teacher-Student Communication in the Classroom Using Smartphone Accelerometer Sensors,” *HCI 2017* (2017)
- 2) Nozawa T., Kondo M, Yamamoto R, Jeong H, Ikeda S, Sakaki K, Ishikawa Y, Miyake Y. Kawashima R, “Shared subjective experience and interpersonal neural synchronization in foreign language active learning classroom: a pilot Study,” *Society for Neuroscience 2017* (2017)
- 3) Nozawa T., “fNIRS Hyperscanning for Investigating Natural Communications,” *Yamada Symposium 2017 on "Neuroimaging of Natural Behaviors"* (2017) (invited lecture)
- 4) Nozawa T., “Potential of fNIRS hyperscanning and interpersonal neural synchronization for investigation of educational communication,” *The 2nd Symposium on Inter-Brain Cognition* (2017) (invited lecture)
- 5) Sugiura M., Kikuchi T, Yamamoto Y, Sasaki Y, Hanawa S, Sakuma A, Matsumoto K, Matsuoka H, Kawashima R, “Dissociating the neural response to contingency errors: agency-and prediction-error accounts,” *The 47th Annual Meeting of the Society for Neuroscience* (2017)
- 6) Thepsonthorn, C., Ogawa, K., & Miyake, Y., “Does Robot’s Human-based Gaze and Head Nodding Behavior Really Win Over Non-human-based Behavior in Human-robot Interaction?,” *The 2017 ACM/IEEE International Conference on Human-Robot Interaction (HRI)* (2017)
- 7) Yamamoto Y., Nozawa T., Jeong H, Ikeda S, Sakaki K, Kawashima R, Smith C, & Ishikawa Y, “An investigation of brain synchrony between students and their teacher during a secondary school EFL lesson,” *the 48th Annual Meeting of the British Association for Applied Linguistics* (2016)
- 8) Thepsonthorn, C., Yokozuka, T., Kwon, J., Yap, M.S.R., Miura, S., Ogawa, K., Miyake, Y., “Does user’s prior knowledge worth consideration?: The influence of prior knowledge toward mutual gaze convergence,” *the 40th IEEE Annual Conf. of Computer Software and Applications Conference*

(COMPSAC2016) (201&)

9) Kwon, J., Fang, X., Miyake, Y., “The role of body motion synchrony in distance education,” the 30th AAAI Conference on Artificial Intelligence (AAAI16) (2016)

10) Yap, M.S.R., Inoue, Y., Kwon, J.H. Miura, S., Ogawa, K., Miyake, Y., “Head motion synchrony in the process of consensus building: A comparison between native English and Japanese speakers,” Int. Conf. on Complex medical Engineering (CME2015)

〔図書〕 (計 0 件)

〔産業財産権〕

○出願状況 (計 0 件)

○取得状況 (計 0 件)

〔その他〕

該当なし

6. 研究組織

(1) 研究分担者

研究分担者氏名：小川 健一郎

ローマ字氏名：Ken-ichirou Ogawa

所属研究機関名：東京工業大学

部局名：情報理工学院

職名：助教

研究者番号 (8 桁)：90612656

研究分担者氏名：緒方 大樹

ローマ字氏名：Taiki Ogata

所属研究機関名：東京大学

部局名：人工物工学研究センター

職名：助教

研究者番号 (8 桁)：80598037

研究分担者氏名：山本 知仁

ローマ字氏名：Tomohito Yamamoto

所属研究機関名：金沢工業大学

部局名：工学部

職名：教授

研究者番号 (8 桁)：60387347

研究分担者氏名：杉浦 元亮

ローマ字氏名：Motoaki Sugiura

所属研究機関名：東北大学

部局名：加齢医学研究所

職名：教授

研究者番号 (8 桁)：60396546

研究分担者氏名：野澤 孝之

ローマ字氏名：Takayuki Nozawa

所属研究機関名：東京工業大学

部局名：地球インクルーシブセンシング研究機構

職名：特任准教授

研究者番号 (8 桁)：60370110

(2) 研究協力者

研究協力者氏名：矢野 和男

ローマ字氏名：Kazuo Yano

所属：日立製作所・中央研究所・主管研究長