

令和 3 年 6 月 14 日現在

機関番号：32689

研究種目：基盤研究(C) (特設分野研究)

研究期間：2018～2020

課題番号：18KT0076

研究課題名(和文) 数理的アプローチによる劇場コミュニケーションの統合的理解

研究課題名(英文) An Integrative Understanding of Theatre Communications through Mathematical Approaches

研究代表者

野村 亮太 (Nomura, Ryota)

早稲田大学・人間科学学術院・准教授

研究者番号：70546415

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,200,000円

研究成果の概要(和文)：本研究の目的は、劇場で行われるコミュニケーションを数理的な観点から統合的に理解することである。そのために、劇場をヒトの集合行動の場として捉え、コミュニケーションが時間発展する際のメカニズムについて検討を行った。そのためにまず、観客の瞬目開始時刻点過程の時系列データから、表現の訴求力を再構成する数理的な手法を開発した。また、異なるバックグラウンドを有する観客に高い時間的精度で感情反応を引き起こすという集団-交差信頼性の概念を提唱し、これにより熟達の程度を定量することで、個人内・個人間の比較が可能であることを示した。得点化や序列化による客観的指標が得られない表現領域において有用である。

研究成果の学術的意義や社会的意義

従来、表現領域においては、人文学の観点から表現の特徴を記述する研究や歴史の変遷を調査する研究が行われてきた。それに対して本研究は、数理的な観点から表現が有する「観客の感情を駆動する力」(=表現の訴求力)を定量化した。これにより、演者の熟達の程度は、表現それ自体の特徴としてではなく、その表現がどの程度観客の感情を引き起こすことができるのかという観点から定義できるようになった。これは、共通入力としての表現とそれを同時に受け取る観客の反応という数秒から数十秒で生じる劇場コミュニケーションに即した指標である。熟達化支援ができるばかりではなく、「ダイジェスト映像の作成」など、工学的な応用も可能である。

研究成果の概要(英文)：The purpose of this study is to understand the communications in theatres from an integrative mathematical perspective. For this purpose, we considered a theatre as a place of collective human behaviors, and examined the mechanism of the temporal development of communications. Thus, we first developed a mathematical method to reconstruct the an expression as a common input from the audience's blink initiation time as point process data. Then, we proposed the concept of cross-population reliability, i.e. induction of emotional responses with high temporal accuracy in audience with different backgrounds. This reliability can be used to quantify the degree of performer's proficiency through the intra- and inter-individual comparisons. It is useful in the field of expression domain where objective indices such as scoring or ranking are not available.

研究分野：認知科学

キーワード：感情 同期 瞬目 非線形時系列解析 リカレンスプロット

様式 C - 19、F - 19 - 1、Z - 19 (共通)

1. 研究開始当初の背景

蟻の行列や渡り鳥の編隊飛行、魚の群泳といった例が知られるように、群(むれ)を作る生物の多くは、多くの個体が凝集した状況で集合行動を示す。集合行動(collective behavior)とは、集団全体を観察したときに見出される創発的な行動パターンである(Sumpter, 2006)。我々ヒトにおいても、多くの個体が時空間的に凝集した状況で同時に振る舞うとき集合行動がしばしば観察される。例えば、スクランブル交差点で互いにぶつからないように歩くことやサッカースタジアムで多くの人が協力して作るウェーブは、ヒトが示す集合行動としてよく知られる例である。多くの場合、行動パターンは、大域的な法則によって制御されているのではなく、個体どうしの相互作用を通して創発されることが知られている。

本研究では、舞台芸術が公演される劇場において、観客の間に創発される集団としての振る舞いのパターンをヒトの集合行動として捉える。例えば、落語のような演芸では、笑いが頻繁に生じるが、この時の笑いのパターンは、個々の観客が独立した反応をしているというよりも、相互作用を通じた集合行動として生み出されていると考えられる。他方、例えば劇場の観客の身体動揺は、演者からの共通入力を受けながら、集合行動としての協調パターンを創発していると予想される。このような劇場のコミュニケーションは、劇場関係者や研究者の間では、観客の満足体験に関わる重要な要因であることが経験的によく知られている。このため、観客の心を動かす効果的な配置や劇場空間の設計のために、劇場コミュニケーションのデザインには多くの関心が寄せられている。しかしながら、本研究を開始する時点では、劇場のコミュニケーションがどのような相互作用を通して生み出されているのかについて学術的な水準では未だ十分に検討されていなかった。

2. 研究の目的

本研究の目的は、劇場で行われるコミュニケーションを数理的な観点から統合的に理解することである。そのために、劇場をヒトの集合行動の場として捉え、コミュニケーションが時間発展する際のメカニズムについて検討を行う。具体的には、まず観客の瞬目開始時刻点過程の時系列データから、表現の訴求力を再構成する数理的な手法を開発する。これにより、数理的な観点から表現が有する「観客の感情を駆動する力」(=表現の訴求力)を定量化する。

また、異なるバックグラウンドを有する観客に対して、高い時間的精度で感情反応を引き起こすという集団-交差信頼性の概念を提唱し、これにより熟達の程度を定量化することで、個人内・個人間の比較が可能であることを示す。

3. 研究の方法

(1) 共通入力の再構成手法

点過程時系列から共通入力を再構成する手法を開発し、このデータに適用できることを確認した。共通入力の再構成手法の概要は次の通りである。点過程時系列から一定幅の時間窓を設定して、その窓内の瞬目数をカウントし、各時点での瞬目率を算出する。次に、各人のデータに対して、瞬目率時系列からリカレンスプロットを計算する。リカレンスプロットの各点ごとに和集合を取り、重畳リカレンスプロットを作成する。重畳リカレンスプロットをネットワークとして捉え、各点をつなぐ最短距離を計算する。最後に、多次元尺度構成法の手法を用いて、共通入力の振幅の情報を抽出し、時系列を再構成する。

(2) 瞬目データを用いた検証

新型コロナウイルス感染症の拡大で当初予定した実験の実施が一部行えなかったため、予定を一部変更し、本研究課題以前に行った実験のデータを利用した。具体的には、落語家古今亭文菊師(落語協会、真打、28人抜きで真打昇進)に落語会にて口演をしてもらい、その際に撮影したパフォーマンスを実験刺激として用いた実験で得られた瞬目開始時刻点過程のデータである。これは、同一の演目(『二番煎じ』)を、異なる2種類の観客(視聴経験が10回以上のベテラン、それ以下の初心者)に対して演じてもらい、各30名ずつ(それぞれ視聴経験10回以上15人、10回未満15人)に視聴してもらい、その間に自発性瞬目を測定したものである。

4. 研究成果

【論文】

1. Nomura, R. (2019). A computational and empirical study on blink synchronization induced by performer's inputs. (演者からの入力によって生じる瞬目同期に関する計算論的・実証論的研究) 博士論文、東京理科大学工学研究科

表現の訴求力は、再構成以外にはその時系列を得る方法がなく、手法が適切に共通入力を再構成できるか否かを検証するためには、入力を制御できる他の系を扱う必要がある。そこで、既にダイナミクスが明らかになっているIzhikevichニューロンモデルに共通した電位を外部から与え、この入力の再構成を試みた。その結果、発火率を多次元空間に埋め込む際の空間の次元数が十分に大きい、かつ、十分な発火数が得られる入力であれば、誤差5%という高い精度で再構成

できることが明らかになった。この手法を瞬目開始時刻点過程に適用し、落語表現の「観客の目を惹く」という意味での訴求力を、共通入力として再構成した。その結果、熟達者の口演視聴時に得られた瞬目データの場合には、演目の初めにあるマクラの部分では共通入力は相対的に弱かったが、本編になると共通入力が強くと維持されることが明らかになった。これに対して、初級者の口演視聴時に得られた瞬目データの場合には、こうしたパターンは見られなかった。

2. Nomura, R., & Maruno, S. (2019). Rapid serial blinks: An index of temporally increased cognitive load. PLoS ONE, 14(12): e0225897.

没入体験に関係することが知られている自発性瞬目を応用した研究を行った。ヒトの瞬目は、課題遂行中の認知負荷に関係することは知られていたが、自発性瞬目の頻度には個人差が大きいため、実験参加者に一律の基準を設ける先行研究の指標では講義(実験参加者により理解度が大きく異なる $\log(x)$ の微分の導出)を視聴中の理解度を瞬目情報から予測することができなかった。そこで、本研究では、個人の瞬目間隔の経験分布からランダムシャッフルサロゲートデータ(順序をランダムに入れ替えたデータ)を複数作成した。これにより、平均や標準偏差を維持したまま時間相関を打ち消して、統計学的に妥当な個人内基準を決定できた。加えて、理解度の高い群では、急速連続瞬目(rapid serial blinks)が生じにくいいため、正規分布を仮定した分散分析では統計的過誤が大きくなる。この点については、ゼロを多く含むカウントデータの分布(Zero-Inflated Poisson 分布)を誤差の構造として適用することで解決した。

3. Nomura, R., Liang, Y. Z., Morita, K., Fujiwara, K., & Ikeguchi, T. (2018). Threshold-varying integrate-and-fire model reproduces distributions of spontaneous blink intervals. PloS ONE, 13(10): e0206528.

睡眠や心拍など、ヒトの生理的リズムに関しては古くから関心が持たれ、数理モデリングが行われてきた。だが、自発性瞬目に関する数理モデルは限られており、論文発表時点では提案者の知る限り物理現象を模した1次拡散モデル(Hoshino, 1994)のみであった。だが、このモデルを用いて本研究で追試した結果、このモデルは自発性瞬目の間隔分布として古くから知られる4種類のうち、3種類(正規分布、対数正規分布、ピークのない分布)までしか再現することができなかった。そこで本研究では、外的要因や内生的リズムをモデル化する「変動する閾値」を導入することにより、残されていた双峰性分布を再現可能であることを示し、分布のピークの位置を再現するモデルのパラメータを明らかにした。加えて、その時点で見つかっていなかった三峰性分布が生じうることを示唆した。

【招待講演】

1. Nomura, R. (2021.3). Recurrence-based reconstruction of performer's input with using audience's blink responses. Online liveness symposium: Conceptualising, practicing, and measuring liveness. Goldsmiths, University of London, UK.

再構成した共通入力により、表現の訴求力について定量的に議論ができるようになった。これを利用して、同一の演者が異なる対象に向けて行われた口演への反応から共通入力を再構成した。二つの口演の共通入力の間には、非線形も含めた高い相関が確認された。この結果は、熟達者が異なる背景を持つ集団に対して、高い時間的精度で繰り返し入力を与えることができることを意味する。この知見に基づき、本シンポジウムでは、集団-交差信頼性の概念について説明し、この指標が熟達の程度を判断するために利用できることを提案した。

2. 野村亮太 (2020.12) 新たな学術領域「ライブ・パフォーマンスの科学」の創出を目指して 電子情報通信学会データ工学研究会, オンライン開催

劇場の中のコミュニケーションは、観客間相互作用と演者からの共通入力という二つの側面が含まれることを指摘し、実験的な操作を行い、両者を区別した研究が多くの知見をもたらすことを指摘した。また、その上で、集団-交差信頼性の概念を初めて発表した。

【著書】

1. 野村亮太 (2021.2) 舞台と客席の近接学 ライブを支配する距離の法則 dZERO

本研究の知見を含めて、劇場における身体同期や感情同期について述べた。情動伝染の観点から、観客間相互作用や演者からの共通入力による同期メカニズムについて解説した。

2. 野村亮太 (2020.7) やわらかな知性 認知科学が挑む落語の神秘 dZERO

落語を認知科学の観点から研究するという新たな試みを紹介した。表現領域の熟達化について、実証的に研究が可能であることを示唆し、共通入力の再構成の研究へとつながっていった。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計3件（うち査読付論文 2件/うち国際共著 1件/うちオープンアクセス 2件）

| | |
|--|--------------------|
| 1. 著者名 Nomura, R., & Maruno, S. | 4. 巻 14(12) |
| 2. 論文標題 Rapid serial blinks: An index of temporally increased cognitive load. | 5. 発行年 2019年 |
| 3. 雑誌名 PLoS ONE | 6. 最初と最後の頁 1-11 |
| 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1371/journal.pone.0225897 | 査読の有無 有 |
| オープンアクセス オープンアクセスとしている(また、その予定である) | 国際共著 - |

| | |
|--|---------------------|
| 1. 著者名 野村亮太 | 4. 巻 26 |
| 2. 論文標題 噺家の印象を測るものさし 演者の印象評定尺度の作成と印象評定値に観客の特性が与える影響 | 5. 発行年 2019年 |
| 3. 雑誌名 笑い学研究, 26, 29-40. | 6. 最初と最後の頁 29-40 |
| 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし | 査読の有無 無 |
| オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難 | 国際共著 - |

| | |
|---|------------------------|
| 1. 著者名 Ryota Nomura, Ying-Zong Liang, Kenji Morita, Kantaro Fujiwara, Tohru Ikeguchi | 4. 巻 13 |
| 2. 論文標題 Threshold-varying integrate-and-fire model reproduces distributions of spontaneous blink intervals | 5. 発行年 2018年 |
| 3. 雑誌名 PLoS ONE | 6. 最初と最後の頁 e0206528 |
| 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1371/journal.pone.0206528 | 査読の有無 有 |
| オープンアクセス オープンアクセスとしている(また、その予定である) | 国際共著 該当する |

〔学会発表〕 計10件（うち招待講演 2件/うち国際学会 2件）

| |
|---|
| 1. 発表者名 野村亮太 |
| 2. 発表標題 噺家は芸をどう磨いているか 江戸四派若手噺家へのインタビューから |
| 3. 学会等名 日本笑い学会 |
| 4. 発表年 2019年 |

| |
|----------------------------------|
| 1. 発表者名 野村亮太 |
| 2. 発表標題 重心動揺データから演者の印象の決定因を探る |
| 3. 学会等名 日本心理学会 |
| 4. 発表年 2019年 |

| |
|-------------------------|
| 1. 発表者名 野村亮太・ヒュース由美 |
| 2. 発表標題 演者の印象評定尺度の作成 |
| 3. 学会等名 日本教育心理学会 |
| 4. 発表年 2019年 |

| |
|---|
| 1. 発表者名 野村亮太・池口徹 |
| 2. 発表標題 重畳リカレンスプロットによる共通入力再構成に関する一検討 |
| 3. 学会等名 電子情報通信学会NOLTAソサイエティ非線形問題研究会 |
| 4. 発表年 2019年 |

| |
|------------------------------------|
| 1. 発表者名 野村亮太・池口徹 |
| 2. 発表標題 重畳リカレンスプロットを用いた共通入力の再構成 |
| 3. 学会等名 電子情報通信学会 2019年総合大会 |
| 4. 発表年 2019年 |

| |
|---|
| 1. 発表者名 Nomura, R. & Maruno, S. |
| 2. 発表標題 Propagation and synchronization of contagious laughter in theater. |
| 3. 学会等名 2019 International Convention of Psychological Science (ICPS2019), Paris, France. (国際学会) |
| 4. 発表年 2019年 |

| |
|---|
| 1. 発表者名 野村亮太・森田賢治・丸野俊一 |
| 2. 発表標題 瞬目時系列情報を用いた学習者の理解の推定 |
| 3. 学会等名 2018年度日本認知科学会第35回大会論文集. 645-651. |
| 4. 発表年 2018年 |

| |
|---|
| 1. 発表者名 Nomura, R. |
| 2. 発表標題 Threshold-varying LIF model reproduces distributions of human blink intervals. |
| 3. 学会等名 オンロロジー領域会議 |
| 4. 発表年 2018年 |

| |
|--|
| 1. 発表者名 野村亮太 |
| 2. 発表標題 新たな学術領域「ライブ・パフォーマンスの科学」の創出を目指して |
| 3. 学会等名 電子情報通信学会データ工学研究会 (招待講演) |
| 4. 発表年 2021年 |

| |
|---|
| 1. 発表者名 Nomura, R. |
| 2. 発表標題 Recurrence-based reconstruction of performer's input with using audience's blink responses. |
| 3. 学会等名 Online liveness symposium: Conceptualising, practicing, and measuring liveness (招待講演) (国際学会) |
| 4. 発表年 2021年 |

〔図書〕 計3件

| | |
|--|-----------------|
| 1. 著者名 野村 亮太 | 4. 発行年 2019年 |
| 2. 出版社 集英社 | 5. 総ページ数 192 |
| 3. 書名 プログラミング思考のレッスン 「私」を有能な演算装置にする | |

| | |
|-------------------------------|-----------------|
| 1. 著者名 野村 亮太 | 4. 発行年 2020年 |
| 2. 出版社 dZERO | 5. 総ページ数 256 |
| 3. 書名 やわらかな知性 認知科学が挑む落語の神秘 | |

| | |
|----------------------------------|-----------------|
| 1. 著者名 野村 亮太 | 4. 発行年 2021年 |
| 2. 出版社 dZERO | 5. 総ページ数 144 |
| 3. 書名 舞台と客席の近接学 ライブを支配する距離の法則 | |

〔産業財産権〕

〔その他〕

劇場認知科学 | 野村亮太
<http://www.f.waseda.jp/nomuraryota/publications.html>

6. 研究組織

| | 氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号) | 所属研究機関・部局・職 (機関番号) | 備考 |
|--|---------------------------|-----------------------|----|
|--|---------------------------|-----------------------|----|

7. 科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計0件

8. 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

| 共同研究相手国 | 相手方研究機関 |
|---------|---------|
|---------|---------|