

氏名（本籍） ^の ^{むら} ^{りょう} ^た 野村亮太（東京都）
学位の種類 博士（工学）
学位記番号 甲第1004号
学位授与の日付 2019年3月19日
学位授与の要件 学位規則第4条第1項該当
学位論文題目 **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)

論文審査委員 (主査)教授 池口 徹
教授 藤井 孝藏 教授 渡邊 均
教授 八嶋 弘幸 教授 谷口 行信
教授 長谷川幹雄 准教授 後藤田 浩
教授 荒木 修

論文内容の要旨

本論文の目的は、劇場における観客間の瞬目同期現象の存在を実験的に明らかにし、その生起メカニズムを数理モデルにより解明することである。自発性瞬目は、認知活動と連動することが知られている。視覚的注意を必要とする課題では、実験参加者間で自発性瞬目の生起タイミングが揃うことが知られているが、観客間相互作用がある劇場での瞬目同期現象については未解明である。そこで本論文では、実験室や劇場を再現した状況での実験を行い、自発性瞬目が観客間で同期する現象が、演者の表現という観客への共通入力によって生じることを明らかにした。また、瞬目同期度は、観客が有する予備知識や観客間の相互作用によって高まることも明らかにしている。

これらの実験事実を元に、種々の瞬目間隔の分布を再現できる自発性瞬目の数理モデルを提案している。具体的には、減衰特性を有する認知負荷が積分されることで、内部状態値が上昇し、その値が生理学的なゆらぎに対応する閾値に達した時点で瞬目が生じると仮定するモデルである。これにより、生理学実験で得られている代表的な瞬目間隔分布の一つである双峰性分布が再現されること、また、そのパラメータからは、自発性瞬目が0.11-

0.25[Hz]という比較的遅いリズムに支配されていることを明らかにした。

さらに、複数のリカレンスプロットを用いた情報補完により、共通入力の時系列を再構成する手法を提案している。まず始めに、その動的特性が既に明らかになっている神経細胞の数理モデルから共通入力を再構成できることを確認し、提案手法の有効性を評価している。続いて、提案手法を観客の瞬目率時系列に適用することで、共通入力の時系列の再構成を行っている。その結果、複数の観客の瞬目率時系列から再構成された時系列は、観客の視覚的注意を誘導する演者の表現の時間変化に対応すると考えられる結果を得た。観客間の瞬目同期現象を引き起こす共通入力の再構成は、演者の熟達化の定量化を可能にするため、今後の実証研究に応用できると考えられる。

以上まとめるに本論文では、(1) 劇場における観客間の瞬目同期が演者からの共通入力によって生じることを実験的に明らかにし、(2) 減衰項を含み閾値が変動する積分発火モデル数理モデルによって瞬目間隔分布が再現できることを示し、(3) 共通入力を再構成する手法を提案して観客の瞬目同期を引き起こす共通入力演者の表現の時間変化に対応することを明らかにした。

論文審査の結果の要旨

学長からの審査の付託を受けて、標記 8 名の審査委員で構成する審査委員会を組織し、提出された学位論文について審査を行った。審査委員会では、学位申請者より学位論文の内容、あるいは前回審査における指摘事項に対する対応結果についての説明があり、その後、質疑応答を実施することで、博士論文として満たすべき条件や必要な修正点を確認する、という形式で審査を行った。

本論文は、「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)」と題し、全 6 章より構成されている。

同期現象は、物理学、生物学、化学、心理学などの様々な分野で観測されている普遍的で重要な非線形現象の一つである。ヒトの自発性瞬目の同期についても、同じ映像を視聴する者どうしの瞬目同期が報告され、情報の分節化という認知機能との関連が示唆されている。しかしながら、これらはあくまで個人を対象にした実験室での知見であり、その生起メカニズムは明らかとは言えなかった。そこで本論文では、実証論的なアプローチとして、ヒトの自発性瞬目に関する実験を行い、観客が有する演者やストーリーについての知識や集団状況が瞬目同期に与える影響を実験的に計測し、観客が有する知識量に依存して同期度が変化することを明らかにしている。また、計算論的なアプローチとして、共通入力による同期現象の立場から数理モデルの構築と解析を行っている。

具体的には、生理学実験で報告されている 4 つの典型的な瞬目間隔分布を再現できる自発性瞬目のモデルを提案し、実験データが再現できることを示している。さらに、複数

の非線形振動子への共通入力信号を振動子からの出力点過程時系列データのみから再構成する手法を提案し、提案手法を観客からの瞬目点過程データに適用することで、演者からの共通入力を再構成している。

第 1 章では、導入として、同期現象についてレビューを行い、瞬目同期研究の現状として、個人を対象とした実験に限られていることを述べ、本研究の意義と重要性について述べている。

第 2 章では、観客の有する落語の演者やストーリーについての事前知識によって、対象被験者を 2 群に分け、瞬目同期の程度を計測することで比較・検討を行っている。その結果、事前知識が豊富な観客どうしでは、そうでない観客どうしよりも瞬目同期の程度が高いことを明らかにしている。

第 3 章では、集団状況での視聴下における実験を行い、個人を対象とした実験との比較を行っている。その結果、集団状況において観客間の瞬目同期はより高いことを実験的に明らかにした。

第 4 章では、第 2 章、第 3 章で得られた実証論的な知見に基づき、ヒトの自発性瞬目についての数理モデルを提案している。本研究で提唱する閾値が変動する漏れのある積分発火モデルは、先行研究の数理モデルが再現できなかった瞬目間隔の双峰性分布を表現できるばかりでなく、生理学実験で得られた双峰性分布のピークの位置を再現すること、さらには近年新たに発見された三峰性の分布をも再現できることを示している。

第 5 章では、演者からの共通入力を、それを受けるシステムの出力である点過程時系列から再構成する手法を提案している。まず始めに、その動的特性がすでに明らかにされている神経細胞の数理モデルに適用し、提案手法を用いることで共通入力が再構成できることを明らかにした。続いて第 2 章、第 3 章にて実施した実験により得た観客の瞬目データに提案手法を適用し、演者の技量に依存して異なる共通入力が再現されることを明らかにした。

以上まとめるに、本論文は、ヒトの自発性瞬目とその同期現象に関して、まず始めに、観客が有する演者やストーリーについての知識や集団状況が瞬目同期に与える影響に関する実験を行い、観客が有する知識量に依存して同期度に変化することを実証論的な立場から明らかにした。また、ヒトの自発性瞬目に関する数理モデルの構築と解析を行い、そのモデルの有効性を示している。さらには、ヒトの瞬目の生成メカニズムを明らかにすべく、演者からの共通入力信号の再構成にも成功しており、数理工学分野、情報工学分野において寄与するところが大きい。

以上により、本論文審査委員会は、本論文が博士（工学）の学位論文として十分に価値あるものと認める。