

氏名	五十嵐 小雪		
学位の種類	博士（保健学）		
学位記番号	甲第 97 号		
学位授与の日付	2023 年 3 月 17 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	Action postponing and restraint varies among sensory modalities 行動遅延および行動保留は感覚モダリティによって異なる		
論文審査員	主査	新潟医療福祉大学	教授 佐藤 大輔
	副査	新潟医療福祉大学	教授 大西 秀明
	副査	新潟医療福祉大学	准教授 山代 幸哉

論文内容の要旨

反応抑制機能は、自動的な行動や不適切な反応を抑制する機能で、私たちの日常生活において重要な役割を担っており、「行動遅延」と「行動保留」を含む proactive inhibition および「行動中止」である reactive inhibition に分類される。これまでに、反応抑制機能の駆動には、感覚情報の入力が必要であることが示唆されており、我々の先行研究において、行動中止は視覚、聴覚、体性感覚のどの入力によっても同様に駆動される一方で、行動中止によって生じる行動遅延は感覚モダリティによる違いが明らかとなった。行動保留に関して、先行研究では Go/No-go 課題（GNT）を用いて感覚モダリティによる違いが検討されているが、一定の見解が得られておらず、未だ議論の最中である。また、これまでに行動保留に伴う行動遅延が感覚モダリティによって異なるか否かについては検討されていない。その理由として、①行動遅延と行動保留の切り分けができておらず、評価方法が確立されていない、②GNT に刺激反応適合性（刺激と反応する方向が一致すると反応時間が短縮される現象）が考慮されていない、③体性感覚モダリティを含めた 3 つの感覚モダリティによる比較がなされていないという方法論的問題点がある。そこで本研究では、これらの方法論的問題点を改善した実験パラダイムを新たに構築し、視覚、聴覚、体性感覚モダリティによる行動遅延と行動保留の違いを明らかにすることを目的とした。また、事象関連電位（ERP）を計測し、行動遅延と行動保留に関連する神経処理がモダリティによって異なるか否かを検討した。

若年健常男女 21 名を対象に、視覚（矢印）、聴覚（1000Hz の音）、体性感覚（示指への末梢電気刺激）刺激を用いた単純反応課題（SRT）と GNT を実施した。各モダ

リティの刺激は、左または右側に呈示された。行動遅延の評価には、postponing time (PT: GNT での Go シグナルに対する反応時間 (Go-RT) と単純反応時間 (S-RT) との差分) を用いた。行動保留の評価には、誤答率 (%FA: No-go シグナルに反応した割合) を用いた。また、行動遅延と行動保留に関連する ERP は、各感覚モダリティ間で N2 と P3 成分の潜時と振幅を評価した。

その結果、視覚モダリティでは聴覚、体性感覚モダリティと比較して PT が短く、行動遅延が生じにくいことが明らかとなった。このことは、コンフリクトモニタリングの神経処理が速いことに起因すると考えられる。行動遅延に関連した ERP の結果において、コンフリクトモニタリングを反映する N2 の潜時が視覚モダリティで短かった。N2 潜時は、課題の複雑性や No-go シグナルの頻度が増加するなどコンフリクトが生じる条件において遅延することが報告されている。したがって、本研究では、視覚モダリティにおいてコンフリクトモニタリングの処理が速かったことで行動遅延が生じにくかったと示唆される。また、%FA に関しても、視覚モダリティでは聴覚モダリティと比較して有意に低く、行動保留の機能が低いことが明らかとなった。この結果は、コンフリクトモニタリングに対する神経資源が高いことが関与していると考えられる。行動保留に関連した ERP の結果、視覚モダリティで大きな N2 振幅を示した。N2 振幅は、コンフリクトモニタリングに必要な神経資源量を反映していることが報告されており、振幅の増大により No-go シグナルに対する正確な応答が可能になったと考えられる。したがって、本研究では、視覚モダリティにおいて、コンフリクトモニタリングのための神経活動を高めることができたことで正確に反応でき %FA が低くなったと示唆される。

本研究では、視覚モダリティにおいて行動遅延が生じにくく、行動保留が優れていることが明らかとなり、コンフリクトモニタリングの処理が速いことや神経資源の高さが関与していることが示唆された。これらの結果より、感覚モダリティによる proactive inhibition の違いを検討する際には、行動遅延と行動保留を切り分けて評価する必要があることを示す。

キーワード：行動遅延，行動保留，事象関連電位，Go/No-go 課題，感覚モダリティ

論文審査結果の要旨

1) 研究課題の学術的意義と位置づけ

本論文は、人の反応抑制機能と入力される感覚情報との関連性およびその神経処理過程を解明するための研究として位置付けられる。反応抑制機能は、自動的な行動や不適切な反応を抑制する機能で、「行動遅延」と「行動保留」を含む proactive inhibition と「行動

のキャンセル」である reactive inhibition に分類されている。これまでに、反応抑制機能の駆動には、感覚情報の入力が必要であることが示唆されており、我々の先行研究において、行動のキャンセルは視覚、聴覚、体性感覚のどの入力によっても同様に駆動される一方で、行動中止によって生じる行動遅延は感覚モダリティによってことなることが明らかとなった。しかし、行動保留に対する感覚モダリティの影響については一定の見解が得られておらず、未だ議論の最中であった。これには、①行動保留の評価方法が統一されていない、②行動遅延と行動保留を切り分けて評価できていない、③刺激反応適合性による影響が考慮されていない、④体性感覚モダリティを含めた 3 つの感覚モダリティによる比較がなされていない、という方法論的問題点があった。そのような背景の中、本研究は、これらの方法論的問題点を改善した実験パラダイムを新たに構築し、視覚、聴覚、体性感覚モダリティによる行動遅延と行動保留の行動学的な違いに加え、関連する神経処理について検証するものであった。

2) 研究課題の新規性と独創性

本論文では、①視覚モダリティにおいて行動遅延が生じにくく、行動保留が優れていること、②これにはコンフリクトモニタリングの処理が速く、神経資源配分が高いことが関与していると考察された。一連の研究における新規性および独創性は以下の 3 点が挙げられる。

第一に、先行研究の方法論的問題を解決するための実験パラダイムを提案・確立した点は、今後の研究デザインに影響を与える独創的な点といえる。第二に、得られた行動データをもとに、感覚モダリティによって行動遅延および行動保留の機能が異なることを示した点は、感覚モダリティと行動抑制機能に関する議論に影響を与えると思われる。第三に、得られた神経生理学データをもとに、感覚モダリティによって反応抑制に関わる神経活動が異なることを示した点は、反応抑制機能のメカニズムの解明に結びつく成果といえる。

3) 研究の妥当性および創造性と波及効果

本研究では、先行研究で採用されている研究手法の問題点を解決することで、感覚モダリティによる反応抑制機能の違いとその神経活動について言及しようとしたものであり、適切な手法で検証されているといえる。そのため、得られた結果の信頼性も十分であり、その結果を踏まえた考察についても妥当性が高い。また、本研究で得られた成果は、感覚入力と反応抑制機能との関連性に関する研究の一部として位置付けられるため、人における感覚－認知－運動情報処理の解明の一助になると思われる。

4) 指摘事項および今後の課題

学位論文提出者に対し、本論文の内容について説明を求めると共に関連事項について試問を行った結果、①感覚モダリティによる単純反応時間の違い、②反応遅延に関する事象関連脳電位 N2 の妥当性および機能的意義、③視覚モダリティにおける優れた反応抑制機能の背景、④各パラメータにおける性差、に関する質疑が行われた。その結果、本研究の限界点を踏まえ、適切な回答を得ることができた。

審査において指摘された反応遅延に関わる N2 成分の妥当性および機能的意義については、認知制御の基盤となる順行性・逆行性制御を切り分けた実験パラダイムを確立するとともに、各成分の電流発生源を推定するなど、空間分解能の高い分析手法を導入することで、更なる検証が望まれる。上記の課題を有するものの、背景、目的、方法、結果、考察に至る論文の構成やその内容は博士論文として十分であり、本研究の限界についても考慮した上で結論を述べている。

以上のことから、審査委員会は本論文を博士論文に相応しいと認める。