

氏名(本籍)	かとう ゆういちろう 加藤 雄一郎 (福井県)		
学位の種類	博士 (体育科学)		
学位記番号	博甲第 2432 号		
学位授与年月日	平成 12 年 3 月 24 日		
学位授与の要件	学位規則第 4 条第 1 項該当		
審査研究科	体育科学研究科		
学位論文題目	刺激-反応整合性が異なる運動肢の反応動作パフォーマンスに及ぼす影響		
主査	筑波大学教授	医学博士	浅見高明
副査	筑波大学助教授	教育学博士	田中喜代次
副査	筑波大学助教授	博士(心理学)	吉田茂
副査	筑波大学助教授	学術博士	西平賀昭
副査	筑波大学教授		藤田和弘

### 論文の内容の要旨

刺激-反応 (S-R) 整合性は、刺激だけの特徴や反応だけの特徴によって決まるのではなく、刺激セットと反応セットの空間的な配列が一致するときの方が、一致しないときよりも速い反応が行えるという現象である (Fitts & Deininger, 1954; Fitts & Seeger, 1953)。刺激呈示から反応開始までの基本的な人間情報処理モデルは、3つの情報処理段階で構成され、まず、刺激の同定段階で刺激を符号化し、S-R変換段階で刺激符号を意図した反応符号へ変換し、反応プログラミング段階で反応符号から運動プログラムを構築する。その運動プログラムを骨格筋へ送ることによって反応動作が起こると考えられている (Henry & Rogers, 1960; Keele, 1968; Klapp, 1977; Klapp & Wyatt, 1974; Schmidt, 1988, 1991)。数多くの先行研究では、S-R整合性の効果は、情報処理過程におけるS-R変換段階での刺激符号と反応符号の変換処理に浪費する時間の差異であると報告されてきた (Nicoletti et al., 1982, 1984; Proctor & Reeve, 1990; Umiltà & Nicoletti, 1990)。つまり、刺激位置に関して符号化される刺激符号と反応を実行する位置に関して符号化される反応符号が一致している方が (i.e., left/left, right/right), 一致していないとき (i.e., left/right, right/left) よりも符号の変換処理に時間がかからないため反応時間が短くなるというものである。しかし、Kornblum et al. (1990) は刺激が呈示されると情報処理過程において反応符号の自動的な賦活処理が起こるという次元の重複モデルを提案し、S-R整合性がS-R変換段階のみの問題でないことを報告した。もし、反応プログラミング段階においてS-R変換段階で選択した反応符号と自動的に賦活した反応符号との間で競合が生じるのであれば、運動プログラムの構築に対して何らかの影響があると考えられる。つまり、中枢での情報処理時間だけでなく、反応動作パフォーマンスにもS-R整合性が影響する可能性がある。

一方、反応プログラミング段階で構築された運動プログラムは、1次運動野から脊髄 $\alpha$ 運動ニューロンを経て骨格筋を収縮させると考えられる (Evarts, 1984)。 $\alpha$ 運動ニューロンと筋線維からなる運動単位は、反応動作を行う効果器によって、その数や支配比がそれぞれ異なり (Buchthal & Schmalbruch, 1980)、運動単位の動員のされ方も異なっている (Basmajian & De Luca, 1985)。そのため上肢では詳細な張力制御が可能であるが、下肢は粗大な張力制御しかできない。もし、S-R整合性が、運動プログラムに対して影響しているのであれば、運動制御様式の異なる上肢と下肢では、整合反応と不整合反応の運動プログラムが実行されるときに反応動作パフォーマンスにも差異を生じさせると考えられる。

本研究の主要な目的は、S-R整合性が異なる運動肢の反応動作パフォーマンスにどのように影響するかを検討することにより、S-R整合性が情報処理過程におけるS-R変換段階での符号の変換処理時間だけでなく、反応プログラミング段階での運動プログラム構築にも関与しているのかどうかを明らかにすることであった。

研究課題1では、筋電図（EMG）計測によって反応時間をPremotor timeとMotor timeに分け、S-R整合性が異なる運動肢の選択反応時間に及ぼす影響を検討した。その結果、上肢、下肢ともにPremotor timeに対するS-R整合性の効果が認められ、さらに下肢においてMotor timeに対するS-R整合性の効果が認められた（実験1,2）。中枢性司令による脊髄 $\alpha$ 運動ニューロンの興奮性を表すMotor timeの遅速（Bonnet et al.,1982；Requin et al.,1991）にS-R整合性の効果があったことより、S-R整合性は運動プログラムのパラメーターに対して何らかの影響を及ぼしていると推察された。また、反応動作空間を変えてもPremotor timeに対するS-R整合性の効果が変化しなかったことより、S-R整合性を説明する情報処理モデルには、符号化モデルが適切であると考えられた。

研究課題2では、筋電図（EMG）計測によって反応時間をPremotor timeとMotor timeに分け、さらに半側空間への選択的注意とS-R整合性が異なる運動肢の選択反応時間に及ぼす影響を検討した。Go/No-go反応課題（実験3）では、Premotor timeとMotor timeに対する、S-R整合性の効果が消失した。選択的注意課題（実験4）では、Premotor timeに対するS-R整合性の効果が増加するにしたがい、下肢のMotor timeに対する、S-R整合性の効果が認められた。これらのことより、情報処理過程におけるS-R変換段階での符号の変換処理に要する時間が延長するほど、運動プログラムの構築に対してS-R整合性が影響すると推察された。また、研究課題1で生じた下肢におけるMotor timeの遅速は、反応準備状態の差異ではなく、S-R整合性の効果であることが示唆された。

研究課題3では、研究課題1,2で明らかになった運動プログラムに対するS-R整合性の効果が、どのパラメーターに対して影響しているのかを明らかにするため、空間制御課題（実験5）、力量制御課題（実験6）を用いて検討した。その結果、S-R整合性は、空間制御パフォーマンスに影響しなかったが、力量制御パフォーマンスに対しては影響することが認められた。したがって、S-R整合性は、運動プログラムの角度パラメーターに影響しないが、運動単位の動員に密接な関わりを持つ力量パラメーターには影響することが示唆された。

研究課題4では、脳磁図（MEG）計測によって運動野神経活動を時系列的に分析し、S-R整合性が異なる運動肢の反応プログラミングに及ぼす影響を検討した（実験7）。その結果、上肢、下肢ともにMEGデータを刺激呈示に同期させて加算平均を行うと、Premotor timeの潜時に関係なく、どの条件においても一定の潜時に刺激位置に関連した側の運動野が自動的に賦活することが認められた。さらに、MEGデータをEMG onsetに同期させて加算平均を行うと、整合反応における1次運動野の神経活動強度の方が、不整合反応よりも有意に強いことが認められた。つまり、整合反応は、自動的に賦活する運動野と反応動作を指令する運動野の準備活動が、同じ運動野で起こっているため、反応実行に関する1次運動野の神経活動をより高めることができると考えられた。しかし、不整合反応では、自動的に賦活と反応動作を指令する運動野の賦活が、異なる脳半球で行われ、さらに自動的に賦活から反応実行までの潜時が長いと、反応実行に関する1次運動野の神経活動に自動的に賦活を利用できないと考えられた。これらのことより、S-R整合性における情報処理過程は、自動的に賦活の処理系と反応実行に関する処理系が並列的に情報処理を行い、自動的に運動野への賦活系が反応プログラミング段階での運動プログラム構築に影響を及ぼしていると示唆された。

本研究の結果より、S-R整合性は、情報処理過程におけるS-R変換段階での符号の変換処理時間だけでなく、反応プログラミング段階における運動プログラムの構築に対して影響していることが示唆された。つまり、刺激に関連した運動野の自動的に賦活処理が、整合反応のための運動プログラム構築に有利に働き、不整合反応のための運動プログラム構築には不利に働くということが明らかになった。それは、反応プログラミング段階において自動的に賦活する反応符号が、整合反応を実行するための反応符号と同じであり、不整合反応を実行するための反応符号とは異なるからであると考えられた。また、S-R整合性は、運動プログラムの力量パラメーターに対して影響して、それは、上肢の反応動作パフォーマンスにおいて顕在化しないが、下肢の反応動作パフォーマンスで顕

在化することが推察された。

## 審 査 の 結 果 の 要 旨

研究課題が1,2,3,4と分かれているが、これらの研究は仮説検証型か探索型か？脳磁図の分析から自動的賦活（automatic activation）が随意運動の中にあると言っているが、根拠があるか？脳磁図をとらなくても脳波で十分分析可能ではないか？整合課題と不整合課題の差は、克服可能な差なのだろうか？対象者が大学生男子のみだが、他の年齢層や女子、スポーツマンなどに本研究成果を一般化できるのか？Motor timeを見ると手ではなく足に整合性の効果が出た理由は何か？等の質問がでたが、申請者は、研究は仮説検証型である、自動的賦活については動物による研究はあるが、人間の随意運動で実証したものはない、実験方法的には脳波の方が簡便であるが、脳波では運動野の神経活動ベクトルを考慮することはできない、整合と不整合課題の差は幾分縮められるが、逆転は不可能、対象者の幅はこれから膨らませていきたい、手と足の反応の違いについては今後詳細な生理学的分析が必要であると適切な質疑応答がなされた。

本論文は、従来のS-R整合性の理論が刺激受容器の変化を脳波を用いて分析したものが多いのに対し、反応運動プログラミングの段階でどのような変化が起こるのかを脳磁図を用いて解明したものであり、体育科学分野での初めての試みとして高い評価が与えられる。

よって、著者は博士（体育科学）の学位を受けるに十分な資格を有するものと認める。