

学位記番号

※ 甲 第 44 号

## 主 論 文 の 要 旨

論文題目 視覚情報処理の制御に関する認知神経心理学的研究

氏 名 蔵 富 恵

### 論 文 内 容 の 要 旨

本論文の目的は、視覚情報処理における認知的制御機構を明らかにすることであった。我々は、これまで用いてきた方略を文脈や状況に応じて、より適切なものへと調整することができる。このような認知的制御は、近年では視覚情報処理に注目して検討されている (Egner, 2007)。この視覚情報処理の認知的制御を検討するため、本論文では刺激反応適合性パラダイム (Fitts & Seeger, 1953) を用いた。これは、決められた標的 (ターゲット) を課題とは無関連な情報を見捨てながら同定するものである。一般的に、ターゲットと無関連情報が同じ反応を導く一致試行と、それらが異なる不一致試行が設けられ、不一致試行では無関連情報からの競合が生じる。それゆえ、一致試行に比べて、不一致試行において遂行成績が劣り、これは適合性効果 (干渉) として算出される。この適合性効果は競合を効率的に排除できなかった程度を反映し、さらに競合頻度によって変動する。競合頻度が低い事態 (一致試行が多い) に比べて、それが高い事態 (不一致試行が多い) には、適合性効果は小さくなる。このように競合頻度のような課題文脈によって変動する適合性効果は、競合適応効果と呼ばれ、視覚情報選択性の調整が行われた程度として解釈することができる (Fernandez-Duque & Knight, 2008)。この競合適応効果は、呈示位置の競合頻度に依存しても行われることが明らかである。そこで、本論文では、刺激の呈示位置に依存して行われる視覚情報選択性の調整機構を明らかにすることを目的とする。本研究は、研究 1 (実験 1, 2, 3)、研究 2 (実験 4, 5, 6) と、研究 3 (実験 7, 8) から構成される。

これまで、呈示位置に依存する認知的制御研究のほとんどは、左右一側視野の情報が対側半球に投入されることが神経基盤から明らかであるにも関わらず、左右大脳半球の関与についてはほとんど検討されてこなかった。ラテラリティ研究では、視覚情報処理において、各半球が独立した処理資源を有し、様々な処理が独立に行われることが示されていることを考慮すれば (Nishimura & Yoshizaki, 2010)、各半球に刺激が

投入される事態では、その刺激に関する視覚情報選択性の調整は、投入された半球で行われていることが想定できる。

研究1では、フランカー課題を用いて、呈示位置の競合頻度に依存して行われる視覚情報選択性の調整が、二つの機構の反映によって行われていることを明らかにした。実験1では、左右視野間で異なる競合頻度が、視覚情報選択性の調整に及ぼす影響を検討した。呈示位置に依存する調整機構と、半球内の競合頻度に起因する調整機構が重畳に働くのであれば、頑健な競合適応効果が生起することが予測された。左右各視野の上下の4箇所（左上、左下、右上、右下）に十字型のフランカー刺激を呈示し、それらが一側半球に投入される事態を用いて、左右視野間の競合適応効果に注目した。重要な操作として、左右いずれか一方の視野を一致試行出現確率75%（低競合視野）にし、もう一方の視野のそれを25%（高競合視野）にした。その結果、低競合視野に比べて高競合視野の適合性効果が小さくなり、左右視野間において競合適応効果が生起した。これは、視覚情報選択性の調整が、半球内の競合頻度だけではなく呈示位置に依存して行われていることを示唆した。

実験2では、実験1と同様の刺激布置を用いて、上下視野間で異なる競合頻度が視覚情報選択性の調整に及ぼす影響を検討した。上述した二つの調整機構が働くのであれば、半球間では競合頻度が同等となるため、競合適応効果が小さいことが予測された。実験の結果は、上下視野間において、頑健な競合適応効果は見られなかった。そこで、実験1と実験2の競合適応効果を実験間（参加者間）で比較したところ、そこに差は見られなかった。このことを受けて、実験3では、参加者内計画で左右視野間と上下視野間の競合適応効果を比較した。結果は、左右視野間と上下視野間の競合適応効果に差は見られなかった。しかしながら、課題前半において、上下視野間に比べて左右視野間において競合適応効果が大きいことが示された。課題後半においては、左右視野間の競合適応効果は小さくなり、上下視野間のそれは大きくなった。

このように、研究1では左右視野間と上下視野間の競合適応効果に差が見られなかったため、呈示位置に依拠して視覚情報選択性の調整が行われたとも解釈できる。しかしながら、課題遂行経験によって、左右視野間と上下視野間の競合適応効果の生起過程が異なることが示唆された。これらの結果から、視覚情報選択性の調整には、二つの異なる調整機構が介在していることが示された。

研究2では、半球内の競合頻度に起因して視覚情報選択性の調整が行われることを明らかにした。実験4では、左右視野間に加え、左右両半球に刺激が冗長に投入される中央視野に対しても刺激を呈示し、左右両視野の競合頻度を低競合（一致試行出現確率75%）もしくは高競合（一致試行出現確率25%）とブロック間で変動させ、中央視野のそれは課題を通して一定（一致試行出現確率50%）に保った。もし、半球内の競合頻度に起因して視覚情報選択性の調整が行われるのであれば、中央視野における適合性効果は、左右両視野における競合頻度の多寡に応じて変動することが予測された。実験の結果、中央視野の適合性効果は、左右両視野の競合頻度の多寡に応じて変動し、競合適応効果が生起した。しかし、画面全体における競合頻度の条件差（66.7%

vs. 33.3%) によって、画面全体の競合頻度に依拠して競合適応効果が生じたとも考えられた。そこで、実験 5 では、中央視野の競合頻度の多寡が、競合頻度を一定にした左右両視野の視覚情報選択性の調整に及ぼす影響を検討した。この操作によって、画面全体における競合頻度の条件差 (58.3% vs. 41.7%) を実験 4 よりも小さくし、半球内の競合頻度は実験間で同等 (62.5% vs. 37.5%) にすることができた。結果は、実験 4 と同様に、競合頻度を一定にした左右両視野の適合性効果は、中央視野の競合頻度の多寡に応じて変動した。さらに、画面全体の競合頻度が競合適応効果に及ぼす影響を検討するため、実験間で競合適応効果量を比較したところ、低競合と高競合の頻度差の大きい実験 4 (66.7% vs. 33.3%: 33.3%) と、それが小さい実験 5 (58.3% vs. 41.7%: 16.7%) において、競合適応効果量に差は見られなかった。

実験 6 では、競合頻度の条件間における競合量の差が競合適応効果量を規定するかどうかを検討するため、低競合と高競合の差が小さい頻度差小条件 (56.25% vs. 43.75%: 12.5%) と、それらの差が大きい頻度差大条件 (62.5% vs. 37.5%: 25%) を設定した。もし、競合頻度の条件差が競合適応効果量に重要であるならば、実験 4 と実験 5 の競合適応効果が同量であった結果は、画面全体の競合頻度ではなく、半球内の競合頻度に基づいて行われた視覚情報選択性の調整ということが主張できた。実験の結果、頻度差大条件に比べて、頻度差小条件において、競合適応効果が小さくなることが示され、画面全体における競合頻度の条件差の大きさが競合適応効果量には重要であることが示された。このように、研究 2 では半球内の競合頻度に起因した視覚情報選択性の調整が行われることが示唆された。

研究 3 では、半球優位性によって競合頻度に対する振る舞いが異なることを明らかにした。小さい文字 (局所文字) から構成された大きな文字 (大域文字) の複合パターン (Navon, 1977) を左右いずれかの視野に呈示し、各視野における競合頻度の多寡を操作した。参加者の課題は、大域情報の文字同定あるいは局所情報の文字同定を行うことであった。実験 7 では、右半球/左視野が優位となる大域情報同定課題を、実験 8 では左半球/右視野が優位となる局所情報同定課題を用いた。その際、競合頻度を視野毎に操作し、一方の視野が低競合 (一致試行出現確率 80%) のときに、もう一方の視野が高競合 (一致試行出現確率 20%) になるように操作した。もし、半球に起因して視覚情報選択性の調整が行われているのであれば、課題要求に優位な半球に刺激が投入される事態と、その対側半球に刺激が投入される事態とでは、競合頻度に対する振る舞いが異なることが予測された。実験の結果、課題要求が優位となる半球に刺激が投入される事態 (実験 7 における右半球, 実験 8 における左半球) には、干渉量が小さかった。これは、課題要求が優位となるため、競合を効率的に排除でき、干渉量が小さくなったことを示唆し、競合頻度の多寡に関わらず、干渉量も変動しなかった。一方、優位ではない半球に刺激が投入される事態 (実験 7 における左半球, 実験 8 における右半球) では、干渉量が大きくなった。重要なことに、競合頻度に応じて干渉量が変動し、低競合に比べて高競合の事態に干渉量が小さくなる競合適応効果が生じた。従って、課題要求が優位でない半球に刺激が投入された際は、競合頻度

に応じた視覚情報選択性の調整が行われることが示唆された。このように、研究3では、半球優位性によって競合頻度に対する振る舞いが異なることが明らかとなった。

研究1では、左右視野間もしくは上下視野間の競合頻度を操作し、左右視野間と上下視野間では競合適応効果の生起過程が異なることが明らかとなった。これは、視覚情報選択性の調整には、呈示位置の競合頻度に依存して行われる調整機構と、半球内の競合頻度に起因して行われる調整機構が介在し、反映することが示唆された。研究2では、半球内の競合頻度によって視覚情報選択性の調整が行われるのかを検討した。その結果、画面全体における競合頻度に関わらず、半球内の競合頻度に応じて視覚情報選択性の調整が行われることが示唆された。研究3では、半球優位性によって競合頻度に対する振る舞いが異なるのかを検討し、課題要求が優位でない半球に刺激が投入された事態のみ、競合頻度に応じた視覚情報選択性の調整が行われることが明らかになった。これは、半球起因調整機構が介在して視覚情報選択性の調整が行われることを示している。

これら三つの研究を踏まえて総合考察では、視覚情報選択性の調整についての新しいモデルを提案した。三つの研究を総合すると、呈示位置に対して行われる視覚情報選択性の調整は、呈示位置の競合頻度に依存する「位置依存調整機構」と、半球内の競合頻度に起因する「半球起因調整機構」の反映によって行われることが明らかとなった。特に半球起因調整機構は、半球間相補性(Cook, 1984)と半球内相互干渉(Żurawska vel Grajewska et al., 2011)によって視覚情報選択性の調整に反映する度合いが異なることが示唆された。一側半球にまず刺激が投入される事態には、半球間相補性が働く。さらに、左右視野間で競合頻度が異なる事態には、左右半球間での調整傾向も異なることによって、半球間相補性が働く。これらの半球間相補性が、視覚情報選択性の調整に対する半球起因調整機構の関与を上昇させる。このような左右視野間で競合頻度が異なる事態には、位置依存調整機構に加え、半球起因調整機構が大きく関与した視覚情報選択性の調整が行われる。一方、同一半球が担当する一側視野内の呈示位置の間で競合頻度が異なる事態には、半球内で調整傾向が異なるため、このことが相互干渉を生じさせる。この半球内相互干渉によって、半球起因調整機構の反映は低下する。従って、上下視野間で競合頻度が異なり、さらに刺激が両半球に冗長に投入される事態には、半球起因調整機構の働きに関与は低下し、位置依存調整機構のみが関与する視覚情報選択性の調整が行われる。

このように、本研究で得た知見は、視覚情報選択性の調整が位置依存調整機構に加え、半球起因調整機構の働きによって行われることを明らかにした。さらに、視覚情報選択性の調整への両機構の関与を示す新たなモデルは、これまでに得られた視覚情報処理の認知的制御に関する知見の整合的な解釈を可能にするだけでなく、検証すべき新たな仮説をもたらした。