



博士（人間科学）学位論文 概要書

エラー関連陰性電位によるエラー検出の研究

A study of error detection using error-related negativity (ERN)

2003年1月

早稲田大学大学院 人間科学研究科

田中 秀明

Tanaka, Hideaki

研究指導教員： 山崎 勝男 教授

選択反応時間課題遂行中にエラー反応が生じた際、反応後約 60ms に前頭-中心部においてエラー関連陰性電位 (error-related negativity: ERN) が脳波上に観察される。ERN はエラー検出に関連した認知処理機能を反映している (Scheffers, Coles, Bernstein, Gehring, & Donchin, 1996)。本研究では、注意資源、エラーの性質といった心理的要因がエラー検出機能に及ぼす効果を、ERN を指標として検討することを目的とした。

注意資源のモデルは、入力モダリティ、中枢処理、反応出力といった認知情報処理過程の各処理段階に対して、単一の汎用注意資源から注意をそれぞれに配分する単一競合モデル (Kahneman, 1973) と、各処理段階が独自に有する注意資源を当該処理段階に配分する複数競合モデル (Wickens, 1980; 1984) に大別される。複数競合モデルによると、2 つの実験課題を同時遂行する二重課題下では、両課題が同一の認知情報処理段階で処理される場合には注意資源の競合は激化するという。

実験 1 では単一課題と二重課題を用いて注意資源の配分方略と ERN 振幅変動との関係を比較検討した。その結果、ERN 振幅は単一課題に比較して二重課題条件で減少するが、二重課題の難易度操作には影響されないことを見いだした。この知見は、ERN の振幅変動が単一競合モデルと複数競合モデルのいずれにも適合しないことを示唆している。

しかしながら、実験 1 では入力モダリティ段階の難易度のみを操作し、反応出力段階は操作していないため、ERN 振幅変動と複数競合モデルとの関連性を完全に否定することはできない。ERN は反応出力段階の処理を反映すること (Leuthold & Sommer, 1999) から、入力モダリティ段階よりも反応出力段階の難易度を操作する方が複数競合モデルとの関連性を検討するうえで適しているからである。そこで実験 2 では、入力モダリティ段階と反応出力段階のそれぞれで難易度を操作する二重課題条件を設定することで、エラー検出処理に対する注意資源の配分方略と ERN との関係を検討した。その結果、ERN 振幅変動が二重課題の難易度操作には影響されないことが実験 1 と合致した。また、反応出力段階ではなく、入力モダリティ段階に対する負荷をかけた条件で ERN 振幅が減少した。これらの結果は、ERN の振幅変動が単一競合モデルと複数競合モデルのいずれにも適合しないことをより明確に示し、ERN の脳内発生源である前部帯状皮質の機能的特性 (Bush et al, 2000) によってこの結果が惹起されたことが示唆

された。

ところで実験 1・2 では、副課題の難易度を操作した際、聴覚刺激の周波数または呈示時間を弁別する課題を設定したために、この 2 条件間の難易度には質的差異があったと考えられる。もし、副課題の難易度の質を同一に設定し実験変数の数量的変化によってのみ難易度を操作したならば、エラー検出処理へ配分される注意資源が一定の閾値を越えると一挙に離散的に投入されるのか、あるいは段階的・連続的に投入されるのかといったエラー検出処理における注意資源配分の方略を ERN 振幅変動によって明確に示すことが可能である。そこで実験 3 では、二重課題において主課題である認知的葛藤課題と同時に副課題である Sternberg memory search task を設定し、副課題の難易度の質を統制して記憶負荷の数量的変化によってのみ難易度を操作することで、エラー検出処理における注意資源配分の方略を検討した。その結果、ERN 振幅は難易度変化に伴って段階的に変動することはなかった。

実験 1・2・3 で共通して見い出された知見は、課題難易度がある程度の水準を越えた高さになると、エラー検出機能へ配分される注意資源量が低下し、その機能は低下したことであった。同時に反応時間の遅延というパフォーマンスの低下も見られた。反応時間は認知情報処理全体の処理効率、すなわち認知情報処理の制御システムの機能を示す指標である(Donders, 1969)。これらの結果は、エラー検出機能と制御システムの機能は注意資源の配分方略を媒介として正の相関関係があることを推測させる。

また実験 4・5 では、従来の ERN 研究で主な研究対象であった手のボタン押し反応による離散的な運動反応のエラーとは異なる性質の運動反応によるエラーを検討した。実験 4 は握力計の力量発揮による連続的エラー、実験 5 は発声エラーを対象とした。その結果、連続的エラーおよび発声エラーの両者において ERN が出現した。これらの結果から、ERN が反映するエラー検出機能は、あらゆる性質の運動反応で生起したエラーの認知に関与する普遍的なモニタリング機能であることが推察できる。