

平成 21 年 5 月 18 日現在

研究種目：若手研究 (B)

研究期間：2007 ～ 2008

課題番号：1970485

研究課題名 (和文) エラーの手掛かり情報と脳内処理過程に関する研究

研究課題名 (英文)

The type of subjective cue information influences error processing.

研究代表者

竹内 成生 (TAKEUCHI SHIGEKI)

国立障害者リハビリテーションセンター研究所・感覚機能系障害研究部・研究協力者

研究者番号：10329162

研究成果の概要：

本研究では、エラーの認知処理過程において正誤判断に利用する情報の起源と主観的強度と起源を操作し、エラー処理に関与する脳部位を明らかにすることを目的とした。その結果、予測段階で自身のパフォーマンスに関する評価が曖昧、且つ正解と考えた場合に特異的な現象として右前頭一側頭領域の緩電位成分である刺激前陰性電位 (SPN) の抑制が認められ、エラー関連電位 (ERN) とフィードバック ERN (Fb-ERN) では、発生源の差異が認められた。Fb-ERN は従来の知見どおり、前部帯状皮質 (ACC) が発生源と推定されたのに対し、ERN は ACC に加え、眼窩前頭皮質の関与が認められた。本研究の成果として、エラー回避は予測一評価段階に渡って客観的な正誤評価と主観的な正誤判定の重要度という二つの判断基準によって制御され、失敗後の行動変化が同様な場合でも異なる制御機構による再学習が生じる可能性が示された。したがって、両電位の機能的意義は異なるものと推測された。

交付額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
2007 年度	2,700,000	0	2,700,000
2008 年度	600,000	180,000	780,000
年度			
年度			
年度			
総計	3,300,000	180,000	3,480,000

研究分野：総合領域

科研費の分科・細目：健康・スポーツ科学・身体教育学

キーワード：脳高次機能学 / 精神生理学 / エラー認知 / 危機管理

1. 研究開始当初の背景

ここ 10 年来、事象関連電位研究において、エラーと行動修正に関する研究が注目されている。その中でも即時的な行動修正と強く関係するものが、エラー関連陰性電位 (error-related negativity; ERN; Gehring

1990) である。この ERN はエラー後 100 ms 前後に前頭前野を中心として出現する電位である。また、行為者にとってエラーを起こしたかどうか不確かな場合にエラーに関する情報を与えると、フィードバック ERN (feedback ERN; fb-ERN) が出現する。この電

位は、フィードバック呈示後 200 ms 前後で前頭部に中心電位を示し、長期的な行動修正に関係すると考えられている(Miltner et al. 1997). 現在まで ERN と fb-ERN の機能的意義については研究者間で議論が分かれており(Holroyd, Gehring and Willoughby 2002, Gehring 2002), 未だ一貫した知見は得られてない.

これまで両電位の発生機序について, ERN ではコンフリクト仮説(Carter et al. 1998), エラー検出仮説(Falkenstein et al. 1991, Coles et al. 2001)の両モデルが提唱され, fb-ERN を含めれば情動仮説(Gehring 2002)の三者で議論されてきた. コンフリクト仮説とは, いわば正誤いずれかの反応を行おうとするときの迷いを ERN が反映するというものである. また, エラー検出仮説とは, 自分の行動の正誤を検出したときに ERN が出現するというものである. そして, 情動仮説とはエラーを犯したことに對する情動反応によって fb-ERN が出現するというものである. しかしながら, ERN, fb-ERN の差異を直接検討したものは比較的少なく, 近年では Holroyd et al. (2002, 2004), Müller et al. (2005)が, フィードバック情報を操作することによって同一パラダイム内で比較している. この ERN, fb-ERN 比較に関する実験パラダイムには問題点があげられる. Holroyd の検討では, エラー認知に伴う情報の手掛かりは, 外的・内的という視点ではなくフィードバック情報の情報量を操作したのみであった. また, Müller の研究では, 同一パラダイム内で ERN と fb-ERN を取得したのみであり, 両電位を直接比較したわけではない. そこで, 本研究では認知的負荷を被験者に与えた状態で情報の外的・内的を変数として操作し, エラー処理過程について検討をするものとした.

2. 研究の目的

Müller(2005)は, ERN が自己の行動という内的情報を手掛かりとしたエラー認知であり, fb-ERN はフィードバック情報という外的情報を手掛かりとしたエラー認知であることに注目し, 両電位の差異を強調している. そこで, 本研究では, エラー行動の修正に関わる手掛かり情報に注目することによって, ERN と fb-ERN について検討し, 両電位間の関与部位の差異を明らかにし, 機能的意義を明らかにすることを目的とした.

一般に内的情報に基づいて行うエラー処理(ERN)では, エラー直後に修正行動が現れることから, 即時的な行動の修正と密接に関係していると考えられている. また, 外的情報を基にするエラー処理(fb-ERN)は, エラー以後の長期的な行動変容に関係するものと考えられている. したがって, 本研究により

ERN, fb-ERN の差異が明確化されれば, 即時的な回避行動に繋がる機能部位ならびに, 長期的な回避行動に繋がる部位が明らかになることが期待される.

3. 研究の方法

被験者: 健康成人 18 名とした.

課題: 被験者は CRT モニター上に呈示された注視点の周辺四隅に 8 連続表示された視覚刺激 (各 300ms) の空間位置を記憶した. その後, 記憶した系列の位置を示す数字が注視点上に 2500ms 呈示された. 被験者は, 数字の消失を合図に指定された系列時点での視覚刺激の空間位置を 4 方向のボタン押しで回答した. 回答に対するフィードバックがボタン押し後, 直ちに注視点上に色で 1200ms 呈示されたが, このフィードバックには 10% の確率で虚偽のフィードバックが混入されていた. 誤答の場合 (虚偽を含む) には, フィードバック情報が 1200ms 呈示された後, 被験者は自身の誤答に対して「絶対に私が合っている」-「絶対に私が間違っている」までの 4 段階で評定した. 尚, 試行間間隔は平均 800ms とし, 22 試行×24 ブロックの 528 試行とした. 被験者は, 実際の課題に入る前に練習ブロックを行った (図 1).

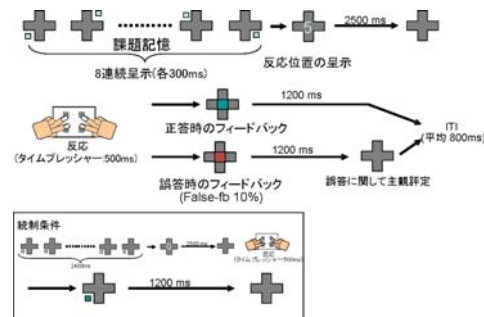


図1 本研究での課題構成

記録方法: 脳波 (EEG) は, 国際 10%法に準拠した 41 部位 (FP1, Fpz, Fp2, AF3, AF4, F7, F3, Fz, F4, F8, FT9, FC5, FC1, FCz, FC2, FC6, FT10, T7, C3, Cz, C4, T8, TP9, CP5, CP1, CPz, CP2, CP6, TP10, P7, P3, Pz, P4, P8, PO9, PO3, PO4, PO10, O1, Oz, O2) から鼻尖 (Nz) を基準に, 時定数 10s, 高域遮断周波数 160Hz で導出した. 測定事象はサンプリング周波数 500Hz で保存し, オフライン処理に供した.

分析方法: 行動指標は正誤間での反応時間比較, また誤反応率, 誤反応時の反応時間は, 正誤 (2) × 強度 (2) の分散分析に供した. また, 4 段階の主観評定の結果による分類も同様に検討した. エラー前の認知-感情的状態との関係性を検討するために, 刺激前陰性電位 (Stimulus preceding negativity; SPN)

を検討した。SPNはボタン押し反応をトリガとして、加算処理した。加算波形は、10 Hzのlow-passフィルタに供し、統制条件を減じた。ボタン押し時の-1000 msから0 ms平均振幅をベースラインとし、左右(2; L, R) × 部位(5; F, C, T, P, O) × 正誤評定(2; 正誤) × 評定強度(2; 強弱)を要因配置とした分散分析に供した。Fb-ERNは、フィードバック刺激時点をトリガとして-200msから0msの平均振幅をベースラインとし、正解試行からの差波形からFCzにおける振幅値を測定し、主観評定を要因とした分散分析に供した(図2)。

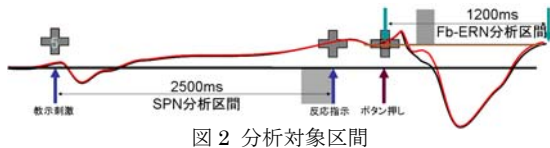


図2 分析対象区間

4. 研究成果

行動指標: 反応時間では、誤反応時に反応時間が延長する傾向が認められた($p=.075$)。また、誤反応率は主観評定の強度が高い場合に上昇した($p<.05$)。誤反応時の反応時間では、主観的な正誤判定と強度による差は認められなかった(図3)。

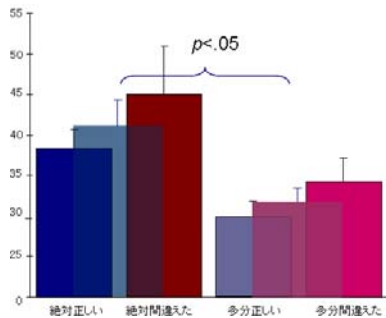


図3 誤反応率を主観的評価

SPN: 主観的に正答・誤答と考えた両条件ともにボタン押し直前のSPN頭皮上分布は、右後頭を中心に電位を示した。振幅値を条件間で検討した結果、電極部位(左右・前後)、主観評定(正誤・強度)に主効果は認められなかった。しかし、正答と考えていた場合にCentralの電極で左半球の振幅が低下する可能性が認められた。このC3部位による抑制の発信源について推定したところ、下前頭皮質(BA45)の関与が認められた(図4)。

ERN: 反応後100msに出現するERNは誤答と判断し、パフォーマンスモニタが不明確な場合にのみ、出現が認められた。一方、250ms-350msに出現するFb-ERNを平均振幅値で検討した結果、主観的に正解であると考えていたときに誤答と考えていた場合に比べ、Fb-ERNは増大した($p<.01$)。しかしながら、評定強度による振幅の変化は認められなかった(図5)。

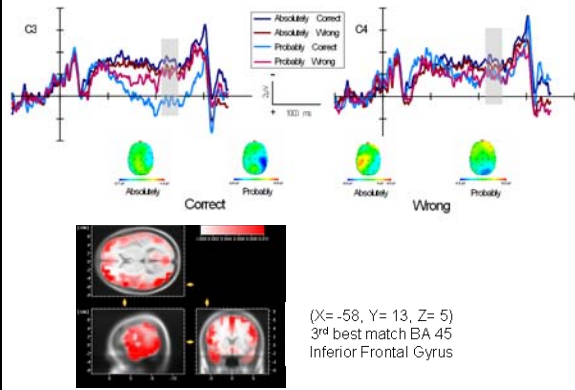


図4 Centralにおける振幅、頭皮上分布と発信源推定

両電位の発信源を推定したところ、ERNとFb-ERNともにACCの関与が推定された一方、ERNでは眼窩前頭皮質の関与が示された(図5)。

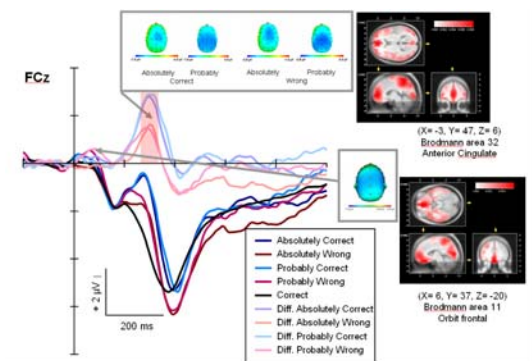


図5 ERN, Fb-ERN振幅、頭皮上分布と発信源推定

行動指標では誤反応時に反応遅延が生じ、誤反応時では主観的な正誤評価ではなく、主観的な自信の低下によって正答率が上昇することが示された。これは、被験者の正誤に対する慎重さによる行動制御と考えられる。一方、SPNは主観的に正しいと考えた状況下において左Centralで低下する可能性を示した。加えて、MFNは正誤認知の曖昧さに関係なく、被験者が正解と考えていた場合に増大を示すという二値に分かれた。このようなSPNとMFNの対応関係は、誤反応回避における予測と修正過程の制御機構の関係性を反映しているものと考えられる。

本研究の成果として、エラー回避は予測-評価段階に渡って客観的な正誤評価と主観的な正誤判定の重要度という二つの判断基準によって制御され、失敗後の行動変化が同様な場合でも異なる制御機構による再学習が生じる可能性が示された。したがって、両電位の機能的意義は異なるものと推測された。

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

〔雑誌論文〕(計1件)

竹内成生, 中島八十一, 門田宏, 関口浩文.
空間認知記憶課題における予期と評価の検討. *Japanese Journal of Physiological Psychology and Psychophysiology*, 26, p.124, 2008.

〔学会発表〕(計1件)

竹内成生, 中島八十一, 門田宏, 関口浩文.
空間認知記憶課題における予期と評価の検討. 日本生理心理学会第26回大会. 2008. 7. 5.
於 琉球大学

6. 研究組織

(1) 研究代表者

竹内 成生 (TAKEUCHI SHIGEKI)

国立障害者リハビリテーションセンター研究
所・感覚機能系障害研究部・研究協力者

研究者番号: 10329162