

表情刺激を用いた go/no-go 課題遂行時の 事象関連脳電位

宮谷真人・衛藤 萌¹・原 梢恵²・梨和ひとみ・徳永智子

(2010年10月7日受理)

Event-Related Brain Potentials in Go/No-Go Tasks with Processing of Facial Expressions

Makoto Miyatani, Moe Eto¹, Kozue Hara², Hitomi Nashiwa and Satoko Tokunaga

Abstract: This study investigated whether the event-related brain potentials (ERPs) in go/no-go tasks were modulated by the processing of facial expressions. The ERPs were recorded from 13 participants performing emotional (with happy and angry faces) and non-emotional (with letter stimuli) go/no-go tasks. Results showed that go responses to facial expressions were slower than those to letter stimuli. The no-go-trial-ERPs between 220-320ms after the stimulus onset were more negative than the go-trial-ERPs, but in the smile-go/anger-no-go task, this difference reduced in amplitude in the latency range of 220-260ms. Possible differences of no-go potentials between emotional and non-emotional go/no-go tasks were indicated.

Key words: go/no-go task, ERP, facial expression, no-go potential, response inhibition

キーワード: go/no-go 課題, ERP, 表情, no-go 電位, 反応抑制

問題と目的

交差点において赤信号ならブレーキを踏み、青信号ならそのまま通過する。これは、通常の運転者にとってそれほど意識することなく遂行できる行動である。特定の刺激のみに反応し、その他の刺激に対して反応しないことは、われわれが複雑な環境に柔軟かつ適切に適応するのに必要な機能の一つである。このような機能について実験的に研究するために工夫された課題が、go/no-go 課題である。通常の go/no-go 課題では、2種類の刺激がランダムな順序で呈示され、その一方に対してボタン押しなどの反応を行い (go 試行)、もう一方には反応しない (no-go 試行)。

いくつかの脳機能イメージング研究で、用いる刺激の性質によって、go/no-go 課題を遂行中の脳の活動

に違いがあることが報告されている。例えば Shafritz, Collins, & Blumberg (2006) は、文字刺激を用いた go/no-go 課題と表情刺激 (幸福, 悲しみ) を用いた go/no-go 課題の脳活動を fMRI によって比較した。その結果, DLPFC (背外側前頭前皮質, BA9, 46) や前運動皮質 (BA6), ACC (前部帯状回, BA24, 32) などは、文字課題でも表情課題でも go 試行に比べて no-go 試行で強く賦活していたのに対し、左頭頂葉後部下 (BA40) や前頭葉後部下 (BA45) などの活性化は、表情課題のみで観察された。彼らは、これらの結果から、社会的文脈における反応抑制には、非社会的文脈における反応抑制とは異なる神経システムが関与すると主張した。また、Hare, Tottenham, Davidson, Glover, & Casey (2005) は、顔刺激を用いた go/no-go 課題を遂行中の実験参加者の脳活動を fMRI で記録し、中性顔, ネガティブ顔 (恐怖表情), ポジティブ顔 (笑顔) に対する反応を抑制する際の脳活動パターンが異なり、恐怖表情では扁桃体, 笑顔で

¹ 大阪大学大学院連合小児発達学研究所

² 滋賀県警科学捜査研究所

は尾状核の賦活が観察されることを報告した。

Go/no-go 課題における反応抑制機能については、事象関連脳電位 (event-related brain potentials, ERP) による検討も行われている。No-go 電位は、no-go 試行の刺激呈示と同期して前頭部優勢に出現し、反応停止の判断と反応抑制の両方、あるいはどちらかに関連すると考えられている (Gemba & Sasaki, 1989; 岩木・宮谷, 2003)。ERP 波形では、no-go 電位の出現により、go 試行の ERP に比べて no-go 試行の ERP がよりネガティブにシフトする。出現潜時は実験によって異なり、簡単な色弁別課題を用いた Gemba & Sakai (1989) では、刺激呈示後約160ms で条件差が現れ始め、220ms 付近で最大に達するのに対し、フランカー刺激による反応の遅延が生じる実験事態 (岩木・宮谷, 2003) では、頂点潜時は291~314ms と長くなっている。

認知を支える神経システムと感情に関わる神経システムの相互作用を理解するためには、脳機能イメージング研究による知見だけでなく、さまざまな指標による多面的なアプローチが不可欠であるが、go/no-go 課題で記録される ERP に関して、感情的刺激の処理がどのような影響を及ぼすのかについての知見は現在のところ報告されていない。表情刺激 (Balconi & Mazza, 2009; Dennis, Malone, & Chen, 2009) や顔以外の感情喚起刺激 (Deveney & Pizzagalli, 2008; Schupp, Cuthbert, Bradley, Hillman, Hamm, & Lang, 2004) に対する ERP の特徴を調べた研究や、表情刺激を用いた go/no-go 課題で ERP を記録した研究 (Lewis, Todd, & Honsberger, 2007) はあるが、go/no-go 課題における表情刺激と顔以外の非感情的刺激に対する ERP を直接比較した研究は見当たらない。

そこで本研究は、fMRI 研究で報告されたような非感情的 go/no-go 課題と感情的 go/no-go 課題における脳活動の違いが ERP にも反映されるのか、反映されるとしたらどのような違いとして出現するかを調べることを目的とした。具体的には、笑顔と怒り顔を刺激とする go/no-go 課題と、文字 (H と S) を刺激とする go/no-go 課題を同じ実験参加者に対して実施し、2つの課題で記録された ERP を比較した。

方 法

実験参加者 視力または矯正視力の正常な21~24歳の大学生13名 (男性6名, 女性7名) が実験に参加した。全員右利きであった。

刺激 表情刺激 (笑顔, 怒り顔) と文字刺激 (H, S) を用いた。表情刺激は、九州大学で収集された JAFFE (The Japanese Female Facial Expression)

データベース (<http://www.kasrl.org/jaffe.html>) の中から選んだ1名の笑顔と怒り顔であった。それぞれの表情における感情の強さの評定値 (最高5点, 60名の大学生による評定の平均値) は、笑顔が4.8, 怒り顔が4.7であった。顔以外の背景が均一な灰色 (Microsoft Visual Basic 6.0上の色指定で &H808080) になるようにあらかじめ加工し、パソコン用17インチ液晶モニター (Dell, FP1702) 上に、横8.5cm×縦9.0cmの大きさ (観察距離: 70cm, 視角: 7.0度×7.4度) で呈示した。モニター画面の色は、写真の背景色と同色とした。文字刺激の大きさは表情刺激と同じで、文字色は黒 (&H0) であった。刺激呈示時間は1000ms とし、刺激呈示間隔 (SOA) は2500~3500ms の範囲でランダムに変化させた。

課題 4種類の go/no-go 課題を行った。笑顔反応課題では、実験参加者に、笑顔が呈示されたらできるだけ速やかに利き手の人差し指で反応ボタンを押し、怒り顔が呈示されたらボタンを押さないよう教示した。怒り顔反応課題では、怒り顔に対して反応ボタンを押し、笑顔に対しては反応しなかった。H反応課題では、Hが呈示されたときに反応し、Sに対しては無反応とした。S反応課題では、Sに対して反応し、Hに対しては反応しなかった。

手続き 1ブロック80試行として、2ブロック×4課題の計8ブロックを実施した。各ブロックは、実験参加者が手元にある2つのボタン (そのうち1つが反応ボタン) の両方を同時に押すことで始まった。まず刺激呈示領域を示す黒色の枠 (刺激よりも縦横それぞれ4ピクセルずつ大きかった) が出現し、その1000ms後に、最初の刺激が呈示された。枠はブロック終了までずっと呈示されていた。刺激呈示後、実験参加者が反応ボタンを押すまでの時間を1ms単位で測定した。Go試行において刺激呈示後1000ms以上反応がない場合、およびno-go試行において1000ms以内に反応ボタンが押された場合は誤反応とし、1000Hzの純音を100ms呈示して、誤反応であることを実験参加者に知らせた。

笑顔反応課題および怒り顔反応課題では、1ブロックで笑顔刺激40試行と怒り顔刺激40試行をランダムな順序で呈示した。H反応課題とS反応課題では、H刺激40試行とS刺激40試行をランダムな順序で呈示した。実験参加者のうち7名は表情課題4ブロックを実験の前半に行い、文字課題4ブロックを後半に行った。残りの6名では、表情課題と文字課題の実施順序を逆にした。表情課題のうち笑顔反応課題2ブロックを最初に行った実験参加者が7名、怒り顔反応課題2ブロックを最初に行った実験参加者が6名であった。

また、文字課題のうちH反応課題を最初に行った実験参加者は6名、S反応課題を最初に行ったのは7名であった。各反応課題の前に、練習を20試行を行った。また、各ブロック終了後に、適宜休憩をとった。全ての課題で、できるだけ素早くかつ間違えずに反応すること、および刺激が呈示されている間は瞬きを控えるように実験参加者に教示した。

脳波の記録と分析 NeuroScan社製の銀・塩化銀電極キャップ(Quik-Cap)を用いて、国際10-20法による9部位(Fz, Cz, Pz, C3, C4, T5, T6, O1, O2)から脳波を記録した。記録時の基準電極は、C3とC4の平均電位であった。左右耳朶にも電極を置き、信号を記録した。接地電極は額に置いた。垂直眼球電図を左眼窩外側と下側間で、水平眼球電図を左右眼窩外側間で記録した。電極間抵抗は、5kΩ以下とした。

脳波の増幅と記録には、デジタル脳波計(日本光電, EEG-1100)を用いた。AD変換のサンプリング周波数は、1000Hzであった。記録した脳波について、高域遮断周波数30Hz、時定数2.0秒となるようデジタルフィルターで処理し、さらに両耳朶連結が基準となるように再計算した。刺激の呈示前100msから呈示後600ms区間の脳波を課題と刺激(go, no-go)を組み合わせた8条件別に加算平均した。刺激呈示前100ms区間をベースラインとした。眼球電図などのアーチファクトが混入した試行(いずれかのチャンネルで $\pm 50\mu V$ 以上)と誤反応試行は、加算平均処理から除いた。加算回数の少ない(30未満)実験参加者1名と、加算後も顕著な背景脳波が残存していた2名のデータは、ERPの分析から除いた。

反応時間およびERPの分析には、反復測定分散分析を使用した。その際、自由度が2以上の要因については、Greenhouse-Geisserの ϵ で自由度を調整した。多重比較にはボンフェローニ法を用い、有意水準は5%に設定した。

結果

反応時間 各課題のgo試行について、正答の平均反応時間を計算し、Figure 1に示した。Figure 1を見ると、文字刺激に対する反応時間より表情刺激に対する反応時間の方が長いことがわかる。反応時間について課題(笑顔に反応、怒り顔に反応、Hに反応、Sに反応)を独立変数とする1要因反復測定分散分析を実施したところ、主効果が有意であった($F(3, 36) = 56.55, \epsilon = .664, p < .01$)。多重比較の結果、笑顔や怒り顔に対する反応時間がHやSに対する反応時間よりも有意に長かった。表情刺激同士(笑顔 vs. 怒り顔)、文字刺

激同士(H vs. S)では、有意な反応時間の違いはなかった。なお、ERPの分析対象とした実験参加者9名の結果も、上記と同じであった。

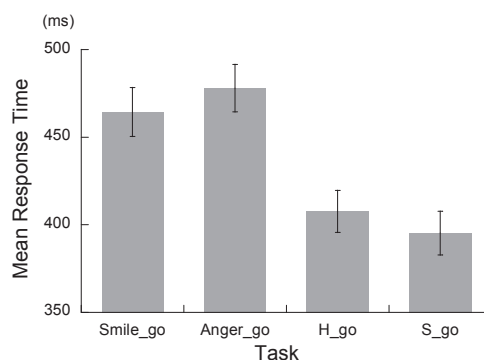


Figure 1. 各課題における平均反応時間と標準誤差

誤答率 誤答率は、すべての課題で非常に小さかった(笑顔 go: 1.2%, 怒り顔 no-go: 0.5%, 怒り顔 go: 1.3%, 笑顔 no-go: 0.8%, H_go: 0.6%, S_no-go: 0.1%, S_go: 0.5%, H_no-go: 0.1%)。誤答率に関しては、これ以上の分析を行わなかった。

ERP 表情課題および文字課題で記録されたERP(記録部位はFz, Cz, Pz)の総加算平均波形をFigure 2とFigure 3に示した。Figure 2の左側が笑顔反応課題、右側が怒り顔反応課題、Figure 3の左側がH反応課題、右側がS反応課題の波形で、go試行のERPとno-go試行のERPを重ね書きしてある。どの課題においても、刺激呈示後270ms前後で頂点を示す(頂点潜時)が最も短い条件は、笑顔反応課題のgo試行で257ms、最も長い条件は、H反応課題のno-go試行で288ms)陰性成分(以後, N2)が観察できる。また, N2後には、緩やかで大きな陽性成分(以後, P3)が出現している。

N2は、どの課題でもgo試行に比べてno-go試行で振幅が大きい、その条件差の現れ方は、表情課題と文字課題で少し異なっている。表情課題ではN2の頂点まではgo試行とno-go試行の波形にそれほど大きな違いはないが、頂点后no-go試行ERPがgo試行ERPに比べて陰性方向に大きくシフトしている。それに対して、文字課題では、N2頂点より前の区間でも、go試行とno-go試行のERPがはっきりと分離している。また、表情課題と文字課題を比べると、no-go試行の波形はよく似ているが、go試行のN2は、文字課題よりも表情課題で高振幅である。

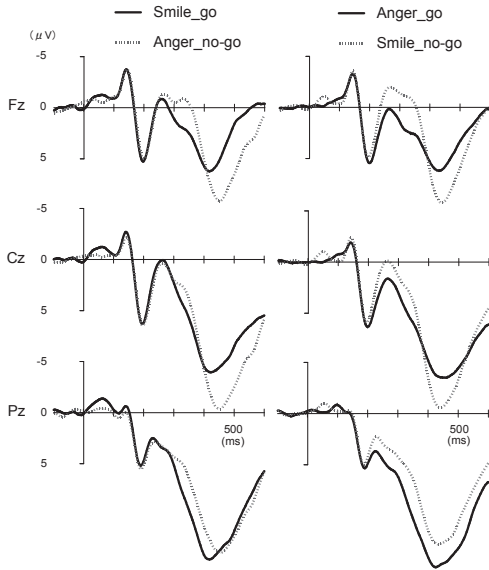


Figure 2. 笑顔反応課題(左)および怒り顔反応課題(右)で記録されたERP

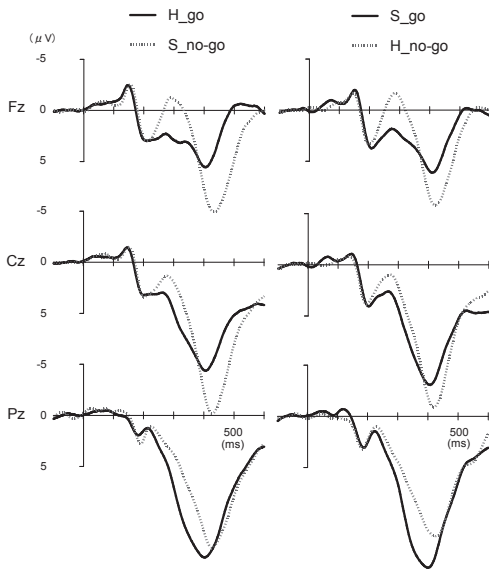


Figure 3. H反応課題(左)およびS反応課題(右)で記録されたERP

この視察を確かめるために、2つの分散分析を行った。まず、N2が最も優勢なFzのERPについて、課題(笑顔に反応、怒り顔に反応、Hに反応、Sに反応)×刺激(go, no-go)の8条件別に、潜時220~260ms区間の平均振幅を計算し、Table 1に示した。課題(4)×刺激(2)の2要因反復測定分散分析の結果、課題の主効果($F(3, 27) = 3.43, \epsilon = .727, p < .05$)が有意であつ

た。ボンフェローニ法による一対比較では有意な条件差は得られなかったが、この区間のERPは、文字課題(Hに反応: $2.18\mu V$, Sに反応: $1.71\mu V$)に比べて、表情課題(笑顔に反応: $0.22\mu V$, 怒り顔に反応: $0.61\mu V$)でよりネガティブであった。また、刺激の主効果($F(1,9) = 16.83, p < .01$)が有意であり、no-go試行($0.59\mu V$)のERPがgo試行($1.78\mu V$)のERPよりも有意にネガティブであった。さらに、課題×刺激の交互作用($F(3, 27) = 2.65, \epsilon = .737, p < .10$)も有意な傾向を示した。課題によって刺激の効果の現れ方が異なるかどうかを調べるために、no-go試行ERPの区間平均振幅からgo試行ERPの平均振幅を引き算した値を課題別に計算し、Figure 4に示した。各課題の平均値の90%信頼区間を求めたところ、笑顔反応課題が $-0.93 \sim 0.93\mu V$ 、怒り顔反応課題が $-2.99 \sim -0.83\mu V$ 、H反応課題が $-1.96 \sim -0.58\mu V$ 、S反応課題が $-2.97 \sim -0.73\mu V$ となり、笑顔反応課題では、go試行ERPとno-go試行ERPに差があるとはいえなかった。

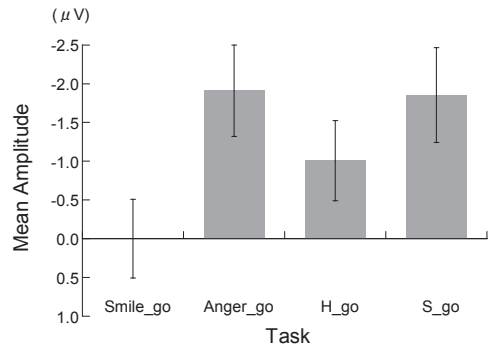


Figure 4. 潜時220~260ms区間のno-go試行ERPとgo試行ERPの平均振幅の差と標準偏差

次に、同じくFzの波形について、潜時260~320ms区間の平均振幅を計算し(Table 1を参照)、課題(4)×刺激(2)の2要因反復測定分散分析を実施した。刺激の主効果($F(1, 9) = 27.68, p < .01$)が有意で、no-go試行ERP($-1.09\mu V$)がgo試行ERP($1.60\mu V$)よりも有意にネガティブであった。課題の主効果と、課題×刺激の交互作用は有意でなかった。

Figure 2とFigure 3を見ると、P3の性質は、go試行とno-go試行で異なっている。まず、頂点潜時がno-go試行に比べてgo試行で短い。また、go試行ではPzで最大振幅を示すが、no-go試行では前頭部でもかなり大きなP3が出現し、Czで最大となっている

これらの視察を統計的に確認するために、刺激呈示後250~600ms区間で最大振幅を示した時点をP3の頂

Table 1 各課題で記録された ERP の区間平均振幅 () 内は標準偏差

Epoch	Stimulus	Task			
		Smile_go	Anger_go	H_go	S_go
220-260ms	Go	0.22 (2.38)	1.57 (2.96)	2.69 (1.95)	2.64 (2.72)
	No-Go	0.22 (3.53)	-0.34 (2.67)	1.68 (2.59)	0.78 (2.87)
260-320ms	Go	0.52 (3.01)	1.05 (3.86)	2.65 (3.16)	2.20 (3.68)
	No-Go	-0.85 (3.99)	-1.56 (2.76)	-0.83 (3.34)	-1.11 (4.14)

点と定め、その潜時と振幅を求めた。条件別の平均値と標準偏差を Table 2 に示す。まず、潜時について、課題 (4) × 刺激 (2) × 記録部位 (3 : Fz, Cz, Pz) の 3 要因反復測定分散分析を行った。その結果、課題の主効果 ($F(3, 27) = 12.52, \epsilon = .566, p < .01$) と刺激の主効果 ($F(1, 9) = 9.42, p < .05$) が有意であり、課題 × 刺激の交互作用 ($F(3, 27) = 3.48, \epsilon = .676, p < .06$) がほぼ有意であった。課題の効果について多重比較を行った結果、笑顔 (442.2ms) や怒り顔 (445.4ms) に対する P3 潜時が H (404.8ms) や S (405.4ms) に対する P3 潜時よりも有意に長かった (怒り顔 vs. S のみ, $p < .06$)。表情刺激同士、文字刺激同士では、P3 潜時に有意な差はなかった。また、go 試行における P3 潜時 (412.9ms) は、no-go 試行 (435.9ms) よりも短かった。

交互作用について調べるために、まず go 試行の P3 潜時について、課題 (4) × 記録部位 (3) の 2 要因反復測定分散分析を実施した。その結果、課題の主効果 ($F(3, 27) = 9.07, \epsilon = .600, p < .01$) が有意で、H に対する P3 潜時 (382.8ms) は、笑顔 (431.1ms) や怒り顔 (446.6ms) に対する P3 潜時より短かった。S に対する P3 潜時 (391.3ms) と他の課題における P3 潜時の間に、有意な差はなかった。No-go 試行の P3 潜時について同じ分散分析を行った結果、課題の主効果 ($F(3, 27) = 8.34, \epsilon = .691, p < .01$) が有意であった。笑顔に対する P3 潜時 (453.3ms) は、H (426.7ms) や S (419.4ms) に対する P3 潜時より長かった。怒り顔に対する P3 潜時 (444.2ms) と他の課題における P3 潜時との間に、有意な差はなかった。

次に、課題別に刺激 (2) × 記録部位 (3) の 2 要因反復測定分散分析を行った。笑顔反応課題では、刺激の主効果がほぼ有意 ($F(1, 9) = 4.31, p < .07$) で、P3 潜時は、go 試行 (431.1ms) より no-go 試行 (453.3ms) で長い傾向があった。怒り顔反応課題では刺激の主効果は有意でなかった ($F(1, 9) = 0.23, n.s.$)。刺激 × 記録部位の交互作用 ($F(1, 9) = 3.21, \epsilon = .674, p < .10$) に有意な傾向があったので、部位別に刺激の効果の有無を調べたところ、どの部位にも刺激の有意な効果はな

Table 2 各課題における P3 頂点の潜時と振幅 () 内は標準偏差

Measure	Stimulus	Electrode	Task				
			Smile_go	Anger_go	H_go	S_go	
Latency (ms)	Go	Fz	421.8 (71.3)	423.5 (98.4)	365.9 (63.1)	396.8 (83.9)	
			Cz	450.8 (43.2)	470.9 (56.8)	390.8 (45.2)	382.4 (39.6)
		Pz	420.6 (45.7)	445.3 (44.4)	391.6 (28.4)	394.7 (24.0)	
		No-Go	Fz	460.6 (30.1)	449.3 (25.0)	422.4 (55.8)	421.4 (22.8)
			Cz	457.8 (29.7)	442.1 (22.6)	437.0 (19.3)	423.5 (17.9)
			Pz	441.4 (24.3)	441.2 (32.4)	420.8 (34.9)	413.4 (38.4)
	Amplitude (μV)	Go	Fz	7.83 (4.32)	8.03 (3.35)	7.77 (3.01)	8.05 (4.44)
			Cz	12.54 (4.64)	13.07 (2.36)	11.75 (2.75)	12.70 (3.26)
			Pz	15.52 (3.53)	16.33 (2.16)	14.80 (1.43)	15.67 (2.75)
		No-Go	Fz	10.21 (4.69)	10.19 (5.17)	10.63 (4.49)	9.91 (3.52)
			Cz	15.61 (4.46)	14.82 (3.89)	15.17 (4.99)	14.40 (3.98)
			Pz	14.55 (3.53)	13.61 (2.27)	13.47 (3.66)	12.44 (2.73)

かった。H 反応課題では刺激の主効果 ($F(1, 9) = 29.76, p < .001$) が有意で、P3 潜時は、go 試行 (382.8ms) より no-go 試行 (426.7ms) で長かった。H 反応課題でも刺激の主効果 ($F(1, 9) = 6.48, p < .05$) が有意で、P3 潜時は、go 試行 (391.3ms) より no-go 試行 (419.4ms) で長かった。

P3 振幅について、課題 (4) × 刺激 (2) × 記録部位 (3) の 3 要因反復測定分散分析を行った結果、記録部位の主効果 ($F(2, 18) = 24.30, \epsilon = .996, p < .001$) と刺激 × 記録部位の交互作用 ($F(2, 18) = 28.10, \epsilon = .566, p < .001$) が有意であった。刺激別に課題 × 記録部位の 2 要因反復測定分散分析を実施したところ、go 試行においては記録部位の主効果 ($F(2, 18) = 48.25, \epsilon = .540, p < .001$) が有意で、多重比較の結果、Fz の振幅が Cz や Pz よりも小さかった。Cz と Pz の間に有意差はなかったが、振幅は Pz で最大であった。No-go 試行においても記録部位の主効果 ($F(2, 18) = 11.23, \epsilon = .644, p < .01$) が有意であったが、頭皮上分布は異なり、振幅は Cz で最大であった。Fz と Cz の間に有意な差があった。

考 察

本研究は、表情刺激を用いた go/no-go 課題と、文字刺激を用いた go/no-go 課題で記録される ERP を比較し、脳機能イメージング研究で報告されたような相

違が観察できるかどうかを確かめる目的で行った。Figure 2とFigure 3を見ると、すべてのgo/no-go課題でN2頂点前後のERPはgo試行に比べてno-go試行でネガティブである。波形の違いの出現潜時や極性、および条件差がFzで最大であるという頭皮上分布から、本研究のno-go試行で観察された大きなN2には、no-go電位が重畳していると考えられる。また、その後続く陽性波については、go試行のP3が頭頂部優勢であるのに対し、no-go試行のP3は中心部優勢であるという先行研究(Jodo & Inoue, 1990)と一致した結果が得られており、no-go試行においてはgo試行のP3とは性質の異なるNogo-P3(Falkenstein, Hoormann, & Hohnbein, 1999)が出現していると考えられる。これらのことから、本研究で実施したgo/no-go課題は適切なものであったといえる。

反応時間は文字課題よりも表情課題で長かった。Go試行のP3潜時も同様であった。本研究におけるgo試行P3は、通常のオドボール課題などで観察されるP3bと同等のものであり、P3b潜時は刺激評価時間と対応して変動する(McCarthy & Donchin, 1981)ことから、本研究では表情課題におけるgo判断には、文字課題よりも長い時間を要したといえる。

表情刺激に対するERPと文字刺激に対するEPRの違いとして、次の2つを挙げることができる。まず、N2の前半区間(220-260ms)の平均振幅に関して課題×刺激の交互作用に有意な傾向があった。この交互作用の原因は笑顔反応課題において刺激の効果が得られなかったことであるが、ERPの波形やTable 1の振幅値から判断すると、条件差が無くなった理由は、no-go試行N2の違いではなく、go試行N2が他の課題に比べて高振幅であったことである。怒り顔反応課題でも、go試行N2は、文字課題のgo試行N2に比べて大きい。したがって、この区間におけるgo試行N2は、非感情的課題よりも感情的課題で大きいといえることができる。

次に、Nogo-P3潜時における刺激の効果が、文字課題においては明瞭に出現したのに対し、笑顔反応課題では差が縮小し、怒り顔反応課題では有意な刺激の効果が得られなかった。P3潜時に関する分散分析では課題×刺激の交互作用がほぼ有意であった。Go試行でもno-go試行でも、表情刺激に対するP3潜時が文字刺激に対するものより長い、Table 2でわかるように、その差はno-go試行よりもgo試行で大きい。これは、認知システムと感情システムの相互作用の現れ方が、no-go判断の過程とgo判断の過程では異なることを示している。

表情刺激と文字刺激の間だけでなく、笑顔と怒り顔

の間にも結果の違いが見られた。220-260ms区間のERPにおいて、怒り顔反応課題では文字課題と同程度のno-go電位が観察されたのに対し、笑顔反応課題ではgo試行ERPとno-go試行ERPに振幅差はほとんど無かった。また、笑顔反応課題ではP3潜時はgo試行よりno-go試行で長い傾向があったが、怒り顔反応課題では、そのような相違はなかった。Go/no-go課題において、どの表情に反応するか、あるいはどの表情への反応を抑制するかによって、遂行成績や脳活動が異なることが報告されている。Hare et al. (2005)は、反応を抑制する際の脳活動パターンが恐怖表情と笑顔で異なることと同時に、no-go試行における誤反応であるフォールスアラームが、恐怖表情や中性顔に比べて笑顔で大きいことを報告している。また、Shafritz et al. (2006)でも、悲しみ顔への反応、あるいは反応の抑制時には、笑顔に比べてVLPFC(腹外側前頭前皮質)の賦活が増大することが示されている。

以上のように、本研究では、非感情的刺激に対する反応抑制と感情的刺激に対する反応抑制の違いをERPでも捕らえ得る可能性が示された。しかし、本研究の結果を、no-go電位が反映する反応停止判断あるいは反応抑制と直接関連づけることは、まだできない。その理由は、表情課題と文字課題のN2の相違が、220-260msという限定的な区間でのみ生じているからである。岩木・宮谷(2003)では、フランカー刺激とターゲットが一致する条件と不一致の条件を比較すると、後者で反応時間が延長すると同時に、no-go電位の頂点潜時も長くなっていた。Go判断に要する時間とno-go電位の潜時が対応するなら、本研究の表情課題では、no-go電位が文字課題よりも遅れて出現した可能性がある。260-320msの区間平均振幅では、課題×刺激の交互作用はないので、この潜時帯では、表情課題でも文字課題でも同程度のno-go電位が出現していたことになる。Nogo-P3の潜時についても、感情的刺激の処理に関わるシステムの関与という質の違いを反映するのか、表情刺激処理と文字刺激処理の時間という量的差異を反映するにすぎないかは、本研究の結果のみからは判断しにくい。さらに、Figure 2とFigure 3を比較すると、N2の頂点潜時は、反応時間やP3潜時とは逆に、わずかではあるが表情課題(Figure 2, 笑顔go: 257ms, 怒り顔no-go: 266ms, 怒り顔go: 265ms, 笑顔no-go: 269ms)の方が文字課題(Figure 3, H_go: 272ms, S_no-go: 288ms, S_go: 274ms, H_no-go: 282ms)よりも短い。したがって、220-260ms区間のERPの条件差は、no-go電位に反映される反応抑制機能ではなく、N2が反映する刺激の分類過程(Ritter, Simon, & Vaughan, 1983)

の違いを反映している可能性もある。

このような問題を解決して、感情的刺激の処理が反応抑制過程に及ぼす影響がERPにどのように反映されるかを検討するために、以下のような工夫が可能であろう。本研究では、Shafritz et al. (2006) にならって、表情刺激に対するERPと文字刺激に対するERPを比較した。しかし表情刺激と文字刺激は、感情的情報が含まれるかどうか以外にも、刺激の複雑性や刺激呈示領域の平均明度などでも異なっていた。これらの影響を避けるためには、感情的刺激に対して行う課題によって処理すべき情報を操作し（例えば、表情刺激を用いてその性別を判断させる）、処理の内容に伴うERPの変化を観察する方法が考えられる。また、反応時間を異なる刺激や課題間で同じにすることは困難であるので、むしろ岩木・宮谷（2003）のように反応時間が異なる2条件を設定し、感情的刺激の処理が反応抑制機能に及ぼす影響をそれぞれの条件で観察し、比較することも有効であろう。

【引用文献】

- Balconi, M., & Mazza, G. (2009). Consciousness and emotion: ERP modulation and attentive vs. pre-attentive elaboration of emotional facial expressions by backward masking. *Motivation & Emotion*, **33**, 113-124.
- Dennis, T. A., Malone, M. M., & Chen, C.-C. (2009). Emotional face processing and emotion regulation in children: An ERP study. *Developmental Neuropsychology*, **34**, 85-102.
- Deveney, C. M., & Pizzagalli, D. A. (2008). The cognitive consequences of emotion regulation: An ERP investigation. *Psychophysiology*, **45**, 435-444.
- Falkenstein, M., Hoormann, J., & Hohnsbein, J. (1999). ERP components in Go/Nogo tasks and their relation to inhibition. *Acta Psychologica*, **101**, 267-291.
- Gemba, H., & Sasaki, K. (1989). Potential related to no-go reaction of go/no-go hand movement task with color discrimination in human. *Neuroscience Letters*, **101**, 263-268.
- Hare, T. A., Tottenham, N., Davidson, M. C., Glover, G. H., & Casey, B. J. (2005). Contributions of amygdala and striatal activity in emotion regulation. *Biological Psychiatry*, **57**, 624-632.
- 岩木 信喜・宮谷 真人 (2003). GO/NO-GO 課題における反応停止判断とNO-GO 電位潜時 生理心理学と精神生理学, **21**, 245-252.
- Jodo, E., & Inoue, K. (1990). Effects of practice on the P300 in a Go/NoGo task. *Electroencephalography and Clinical Neurophysiology*, **76**, 249-257.
- Lewis, M. D., Todd, R. M., & Honsberger, M. J. M. (2007). Event-related potential measures of emotion regulation in early childhood. *NeuroReport*, **18**, 61-65.
- McCarthy, G., & Donchin, E. (1981). A metric for thought: A comparison for P300 latency and reaction time. *Science*, **211**, 77-80.
- Ritter, W., Simon, R., & Vaughan, H. G. Jr. (1983). On relating event-related potential components to stages of information processing. In A. W. K. Gaillard & W. Ritter (Eds.), *Tutorials in ERP research: Endogenous components*. Amsterdam: North Holland, pp.143-158.
- Schupp, H. T., Cuthbert, B. N., Bradley, M. M., Hillman, C. H., Hamm, A. O., & Lang, P. J. (2004). Brain processes in emotional perception: Motivated attention. *Cognition and Emotion*, **18**, 593-611.
- Shafritz, K. M., Collins, S. H., & Blumberg, H. P. (2006). The interaction of emotional and cognitive neural systems in emotionally guided response inhibition. *NeuroImage*, **31**, 468-475.

【付 記】

本研究は、梨和・衛藤・原・徳永・宮谷（第26回日本生理心理学会大会、沖縄、2008年7月）を再分析し、未発表のデータを追加したものである。本研究の一部は、日本学術振興会による科学研究費補助金（課題番号22530797）の補助を受けた。