

表情への注目が顔刺激に対する 事象関連電位に及ぼす影響

宮谷真人・原 梢恵¹・衛藤 萌²・下田博志³
徳永智子⁴・高村真広・橋本 翠・梨和ひとみ

(2011年10月6日受理)

Effects of Attention to Expression on the Event-Related Potentials to Face

Makoto Miyatani, Kozue Hara¹, Moe Eto², Hiroshi Shimoda³, Satoko Tokunaga⁴,
Masahiro Takamura, Midori Hashimoto and Hitomi Nashiwa

Abstract: The present study investigated whether the attention to and processing of expression modulated the event-related potentials (ERP) elicited by face. In two experiments, a total of 24 adult participants performed go/no-go tasks where the target was defined by the facial expression (smile/anger) or by the person identity (male/female). Two experiments differed only in the response time limit. Results in the experiment with a severer limit showed that the no-go-trial-ERPs between 230-300 ms after the stimulus onset were more negative than the go-trial-ERPs, and this difference was larger when participants processed person identity than when they attended to facial expression. This suggested that emotional information could alter the neuronal activities involved in response inhibition processes.

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

認知制御, すなわち目標を達成するために思考や行動を柔軟に調整することは, 高次の認知活動にとって重要なはたらきである。認知制御の2つの基本的な構成要素として, 環境の中の無関係な情報を取り除く能力と, 不適切だが優勢な反応傾向を抑制する能力が挙げられる (Bunge, Dudukovic, Thomason, Vaidya, & Gabrieli, 2002)。このうち, 反応抑制機能について実験的に研究するために工夫された課題の1つに, go/

no-go 課題がある。この課題では, 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, 文字刺激を用いた非感情的 go/no-go 課題と表情刺激 (幸福, 悲しみ) を用いた感情的 go/no-go 課題の脳活動を fMRI によって比較した。その結果, 感情的 go/no-go 課題では, 非感情的 go/no-go 課題では活性化しない部位 (左頭頂葉後部下部や前頭葉後部下部など) の活動が増加することがわかった。彼らは, この結果から, 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

¹滋賀県警科学捜査研究所

²大阪大学大学院連合小児発達学研究所

³日本コントロールシステム

⁴宇部フロンティア大学

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 課題における脳活動の fMRI 記録に基づき、表情刺激に対する反応を抑制する際の脳活動パターンが表情（中性顔、恐怖表情、笑顔）によって異なることを報告した。

これらの fMRI 研究で報告されたような脳活動の違いが、go/no-go 課題で記録される事象関連電位 (event-related potentials: ERP) に反映されるかどうかの検討も行われている。宮谷・衛藤・原・梨和・徳永 (2010) は、Shafritz et al. (2006) にならい、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。その結果、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つを報告している。まず、文字課題に比べ、笑顔反応課題（笑顔に対して反応し、怒り顔に対して反応しない）において no-go 電位 (Gemba & Sasaki, 1989) の出現が遅れた。次に、文字課題では go 試行の P3 に比べて、no-go 試行における P3 (Nogo-P3, Falkenstein, Hoormann, & Hohnbein, 1999) の潜時が長かったが、笑顔反応課題ではその差が縮小し、怒り顔反応課題では有意な違いが得られなかった。

宮谷他 (2010) は、これらの結果が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の現れである可能性を指摘する一方で、そのように結論できない理由として、文字課題と表情課題の比較の限界を挙げている。2つの課題は、用いた刺激の物理的な特性が大きく異なるとともに、判断に要する時間にも大きな差があった。No-go 電位が出現する潜時帯の ERP を文字課題と表情課題で比べると、no-go 波形よりも go 波形で大きな違いが見られた。したがって、no-go 波形と go 波形の差分をとることによって評価される no-go 電位に違いがあるからといって、それが no-go 波形に反映される反応抑制に関する相違なのか、go 波形に反映される心的過程——例えば、刺激の分類過程 (Ritter, Simon, & Vaughan, 1983)——が刺激の複雑性の影響を受けた結果なのかは区別できない。また、文字判断課題に比べて表情判断課題では反応時間が50ms以上長かったことから、笑顔判断課題における no-go 電位の出現の遅れや、go 試行 P3 と Nogo-P3 の潜時のずれに関する条件差は、処理に関わる過程の質的相違ではなく、同じ処理過程の時間経過の違いを反映している可能性がある。

宮谷他 (2010) の問題点を解決して、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

に反映されるかをより適切に検討するために、非感情的 go/no-go 課題と感情的 go/no-go 課題の両方で、同じ刺激を使うことが考えられる。白石・宮谷・峯 (2007) は、表情刺激によるプライミング効果の現れ方が、プライム刺激に対する判断の種類（表情、位置）によって異なることを示しており、同じ表情刺激であっても、どの側面に注意を向けるかによって、感情情報が認知や行動に及ぼす影響が異なる可能性がある。そこで本研究では、男性および女性の笑顔と怒り顔を刺激として使用し、表情判断を行う go/no-go 課題と性別判断を行う go/no-go 課題を実施して、感情情報への注目が no-go 電位や Nogo-P3 に及ぼす影響について検討することを目的とした。

実験 1

方法

実験参加者 課題の遂行に支障のない視力または矯正視力を持つ20-23歳の大学生12名（男性5名、女性7名）が実験に参加した。全員右利きであった。参加者にはあらかじめ実験の目的等について説明し、実験に参加することについて書面で承諾を得た。

刺激 NimStim Face Stimulus Set (<http://www.macbrain.org>) の中から、男女各4名（女性：1, 7, 9, 13, 男性：20, 29, 34, 36）の笑顔と怒り顔の写真計16枚を選び、刺激として用いた。1人の参加者に対し、男女各1名の写真を割り当てた。刺激はパソコン用17インチ液晶モニター (Dell, FP1702) 上に、横8.5cm、縦11.0cmの大きさ（観察距離：70cm、視角7.0度×9.0度）で呈示した。刺激呈示時間は1,000msとし、刺激呈示間隔 (ISI) は1,500-3,500ms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。参加者には、4種類の刺激（男性笑顔、男性怒り顔、女性笑顔、女性怒り顔）のうちあらかじめ指定したものが呈示されたら、利き手の人差し指を用いてできるだけ素早くボタンを押して反応し、他が呈示されたらボタンを押さないよう教示した。笑顔（怒り顔）反応課題では、刺激が男性か女性かにかかわらず、笑顔（怒り顔）に対して反応した。男性（女性）反応課題では、刺激が笑顔か怒り顔かにかかわらず、男性（女性）に対して反応した。刺激呈示後1,000ms以上反応がない go 試行と、1,000ms以内にボタンを押した no-go 試行では、誤反応であることをフィードバック音で参加者に知らせた。

手続き 1ブロックを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。1ブロック内

で、男性の笑顔20個、男性の怒り顔20個、女性の笑顔20個、女性の怒り顔20個をランダムな順序で呈示した。課題の実施順序は、参加者間でカウンターバランスした。各課題の前に、練習試行を20試行を行った。

脳波の記録と分析 銀・塩化銀電極 (NeuroScan, 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。左眼窩外側と下側間で垂直眼球電図を記録した。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、1,000Hzであった。

記録した脳波について、帯域通過周波数0.8-15Hz, の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(笑顔に反応, 怒り顔に反応, 男性に反応, 女性に反応)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±50μV以上)と誤反応試行は、加算平均処理から除いた。加算回数は49-80の範囲であった。

行動測定とERPの分析には、反復測定分散分析を使用した。その際、必要に応じて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

行動測定 各課題のgo試行における平均正反応時間と誤反応(ミス)試行数(80試行中)、およびno-go試行における誤反応(フォールス・アラーム)試行数(80試行中)をTable 1に示した。反応時間について、課題(4)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($F(3, 33)=10.80, \epsilon=504, p<.01$)。多重比較の結果有意差があったのは、笑顔-男性, 笑顔-女性, 怒り顔-女性の組み合わせであり、反応時間は、表情判断よりも、性別判断で短かった。

ミス試行数およびフォールス・アラーム試行数についても1要因反復測定分散分析を実施した。その結果、ミスには課題による違いはなかった($F(3, 33)=1.10, \epsilon=562, ns$)。フォールス・アラームについても課題の主効果は有意ではなかった($F(3, 33)=2.83, \epsilon=514, p<.10$)が、怒り顔反応課題で笑顔に対して反応してしまう誤答が多い傾向があった。

Table 1
実験1の各課題における反応時間と誤答数
(平均±標準偏差)

	課題(反応すべき刺激)			
	笑顔	怒り顔	男性	女性
反応時間 (ms)	501.8 ± 16.3	484.3 ± 14.2	454.5 ± 24.3	447.9 ± 17.4
ミス試行数 (80試行中)	0.3 ± 0.5	0.3 ± 0.5	0.6 ± 1.2	0.3 ± 0.9
フォールス・アラーム試行数 (80試行中)	0.7 ± 0.3	1.3 ± 0.6	0.4 ± 0.2	0.4 ± 0.2

ERP 表情判断課題および性別判断課題で記録されたFz, Cz, およびPzの総加算平均波形をFigure 1とFigure 2に示す。Figure 1の左側が笑顔反応課題, 右側が怒り顔反応課題, Figure 2の左側が男性反応課題, 右側が女性反応課題の波形で, go試行の波形とno-go試行の波形を重ね書きしてある。どちらの図でも, 刺激呈示後280ms前後(条件により278-286ms)で頂点を示す陰性成分(以後, N2)が観察できる。N2は, go試行に比べてno-go試行で振幅が大きく, その条件差の現れ方は, 全ての課題でよく似ている。また, どの波形でも, N2後に緩やかで大きな陽性成分(以後, P3)が出現しているが, P3の性質は, go試行とno-go試行で異なっている。Go試行ではPzで最大振幅を示すが, no-go試行ではCzで最大となり, FzとPzではほぼ同じ振幅である。また, 笑顔反応課題では, 頂点潜時がno-go試行に比べてgo試行で短いように見える。

これらの視察を確かめるために, 以下の分析を行った。まず, N2が最も優劣なFzのERPについて, 課題×刺激の8条件別に, 潜時260-310ms区間の平均振幅を計算し, Table 2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, 刺激の主効果($F(1, 11)=7.52, p<.05$)が有意で, no-go試行の波形がgo試行の波形よりもネガティブであった。課題の主効果($F(3, 33)=1.14, \epsilon=702, ns$)と, 課題×刺激の交互作用($F(3, 33)=0.03, \epsilon=822, ns$)は, 有意でなかった。

次に, 刺激呈示後250-550ms区間で最大振幅を示した時点をP3の頂点と定め, 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($F(3, 33)=11.24, \epsilon=630, p<.01$)が有意であった。多重比較の結果, 笑顔反応課題におけるP3潜時が, 他の課題よりも長かった。他の主効果と交互作用は, 有意でなかった。したがって, 視察では笑顔反応課題では, P3潜時がno-go試行に比べてgo試行で短いように見えたが,

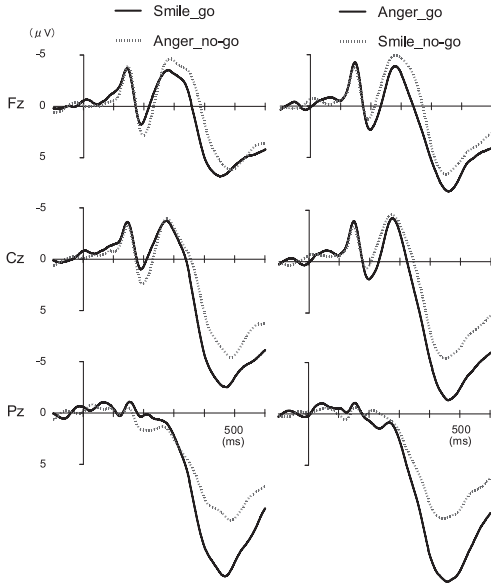


Figure 1. 実験1の笑顔反応課題(左)と怒り顔反応課題(右)で記録されたERP

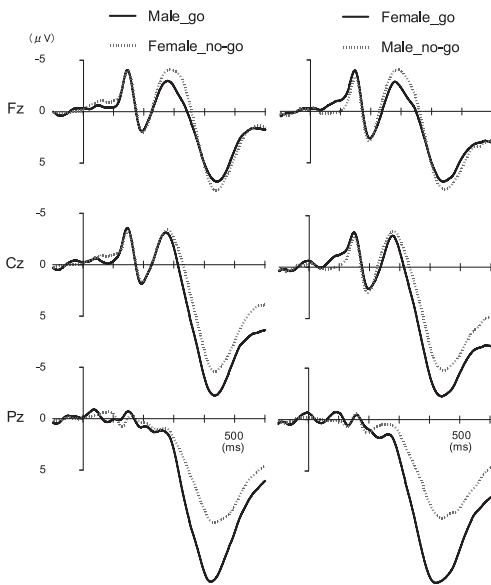


Figure 2. 実験1の男性反応課題(左)と女性反応課題(右)で記録されたERP

統計的な支持は得られなかった。

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、刺激の主効果($F(1, 11)=11.11, p<.01$)と刺激×部位の交互作用($F(2, 22)=75.72, \epsilon=.844, p<.01$)が有意であった。交互作用が有意であったので、部位ご

とに課題×刺激の分散分析を行ったところ、Fzでは刺激の効果は有意でなく($F(1, 11)=0.13, ns$)、Cz($F(1, 11)=9.03, p<.05$)とPz($F(1, 11)=38.75, p<.001$)では、go試行のP3がno-go試行のP3よりも有意に大きかった。なお、3要因分散分析における課題×刺激×部位の交互作用は有意ではなかった($F(6, 66)=2.63, \epsilon=.415, p<.10$)が、部位別に行った課題×刺激の分散分析で、Fzでのみ課題×刺激の交互作用が有意であった($F(2, 22)=3.70, \epsilon=.686, p<.05$)ので、Fzにおける刺激の効果を課題別に調べた。その結果、有意な刺激の効果を示した課題はなかった。この交互作用は、表情判断課題(Figure 1)では、Fzにおいてgo試行P3がNogo-P3よりもやや大きいのに対し、性別判断課題(Figure 2)では、逆にNogo-P3がgo試行P3よりも大きかったことが原因であると考えられる。

Table 2
実験1の各課題におけるERP測定
(括弧内は標準偏差)

測定	刺激	部位	課題(反応すべき刺激)			
			笑顔	怒り顔	男性	女性
260-310 ms 平均電位 (µV)	go	Fz	-3.25 (2.54)	-3.38 (2.83)	-2.61 (3.50)	-2.43 (4.46)
		no-go	-4.30 (4.22)	-4.68 (2.35)	-3.90 (2.58)	-3.77 (2.52)
P3 潜時 (ms)	go	Fz	455.6 (34.2)	449.4 (29.8)	445.4 (23.4)	444.3 (27.6)
		Cz	463.4 (38.5)	458.7 (38.9)	442.1 (21.7)	448.6 (28.2)
		Pz	465.4 (23.7)	451.5 (32.1)	422.8 (24.0)	444.7 (33.4)
	no-go	Fz	483.3 (32.0)	463.8 (37.0)	437.8 (24.7)	442.5 (22.5)
		Cz	478.3 (30.2)	456.4 (37.2)	442.3 (30.1)	447.0 (28.4)
		Pz	474.8 (36.4)	459.7 (39.4)	434.5 (33.5)	437.7 (37.7)
P3 振幅 (µV)	go	Fz	8.22 (7.68)	9.46 (7.54)	7.53 (7.96)	7.72 (6.32)
		Cz	13.58 (8.32)	14.94 (7.44)	13.41 (8.22)	13.58 (6.90)
		Pz	16.85 (6.17)	17.96 (5.14)	16.51 (5.53)	16.87 (4.41)
	no-go	Fz	6.90 (7.01)	7.50 (6.90)	8.55 (7.31)	8.62 (5.27)
		Cz	10.20 (6.49)	10.45 (6.60)	11.24 (7.34)	11.09 (5.45)
		Pz	10.98 (3.74)	11.26 (4.00)	11.13 (3.70)	10.71 (3.06)

考 察

実験1では、同じ表情刺激を用いた表情判断課題と性別判断課題の間で、ERPに違いがあるかどうかを調べた。その結果、4つのgo/no-go課題で記録されたERP波形はよく似ており、宮谷他(2010)で問題であった課題間のgo波形の違いはなくなった。同時に、宮谷他(2010)で指摘された、笑顔反応課題にお

ける no-go 電位の遅延や、課題によって go 試行 P3 と Nogo-P3 の潜時の差の現れ方が異なるといった結果も認められなかった。

実験1の結果を宮谷他(2010)と比較すると、さらに異なる点がある。まず、笑顔反応課題における反応時間が約40ms長くなった。また、表情判断課題で記録されたERPのN2潜時が約20ms、go試行のP3潜時が約40ms遅延している。さらにno-go電位の振幅を比較すると、宮谷他(2010)では課題によっては3 μ V以上あったのに対し、実験1では1.5 μ Vを越える課題はなかった。宮谷他(2010)と実験1では使用した顔刺激が異なるので、それが反応時間やERP潜時の遅延の原因かもしれない。しかし、no-go電位振幅の低下を考慮すると、むしろ実験1の参加者は、何らかの理由で反応を比較的ゆっくりと行ったため、no-go試行において反応を抑制する働きが、宮谷他(2010)に比べて弱かった可能性がある。

感情情報に対する注目がgo/no-go課題における反応抑制機能に及ぼす影響について適切に検討するためには、その課題において反応抑制が十分に機能している必要がある。Jodo & Kayama (1992)によると、go刺激に対する反応時間を制限することでno-go刺激に対するgo反応を抑制するための精神的負荷が高まり、その結果大きなno-go電位が出現したという。そこで、実験2では、実験1よりも厳しい反応時間制限を設けたうえで実験1と同様の課題を実施し、表情判断に基づくgo/no-go課題と性別判断に基づくgo/no-go課題で記録されるno-go電位とP3成分の特徴を比較した。

実験2

方法

実験参加者 課題の遂行に支障のない視力または矯正視力を持つ21-32歳の大学生と大学院生12名(男性5名、女性7名)が実験に参加した。10名中1名は左手利きであった。参加者にはあらかじめ実験の目的等について説明し、実験に参加することについて書面で承諾を得た。

刺激 実験1と同じ刺激を用いた。ただし、呈示時間は800msとした。

課題と手続き 実験1と同じ4種類のgo/no-go課題を行った。1ブロックを80試行として、3ブロック×4課題の計12ブロックを実施した。実験開始時には反応に許される時間を500msとし、練習試行や直前の試行ブロックの成績に基づき、ミスとフォールス・アラームをこみにした誤答率が10-15%になる

よう適宜調節した。制限時間内に反応がないgo試行と、1,000ms以内にボタンを押したno-go試行では、誤反応であることをフィードバック音で参加者に知らせた。その他の手続きは、実験1と同じであった。

脳波の記録と分析 実験1と同じとした。

結果

行動測定 各課題のgo試行における平均正反応時間、ミス試行数、およびフォールス・アラーム試行数をTable 3に示す。実験2では、表情判断に刺激の性が影響しているかどうか、および性別判断に刺激の表情が影響しているかどうかを調べるために、課題(2:表情判断, 性別判断)×刺激の性(2:男性, 女性)×刺激の表情(2:笑顔, 怒り顔)の8条件別にデータを集計した。

Table 3
実験2の各課題における反応時間と誤答数
(括弧内は標準偏差)

	課題(反応すべき刺激)							
	笑顔		怒り顔		男性		女性	
	[女性]	[男性]	[女性]	[男性]	[怒り顔]	[笑顔]	[怒り顔]	[笑顔]
反応時間 (ms)	385.6 (41.0)	391.0 (44.1)	373.3 (56.6)	377.0 (49.1)	350.5 (40.8)	353.4 (42.1)	348.2 (41.0)	349.7 (40.5)
ミス試行数 (60試行中)	5.4 (3.7)	6.5 (5.6)	5.3 (2.6)	4.9 (2.9)	4.2 (2.7)	5.0 (2.6)	4.3 (2.5)	5.6 (2.7)
フォールス・アラーム試行数 (60試行中)	1.1 (1.7)	2.2 (3.0)	1.3 (1.5)	2.3 (2.0)	0.4 (0.5)	0.7 (1.2)	0.5 (0.5)	0.8 (1.2)

反応時間について、課題に関する1要因8水準の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($F(7, 77)=10.80$, $\epsilon=.283$, $p<.01$)。多重比較の結果、笑顔(男女とも)に対する反応時間は、女性(笑顔, 怒り顔とも)や男性(怒り顔)に対する反応時間より長かった。また、怒り顔(男性)に対する反応時間は、女性(笑顔, 怒り顔とも)に対する反応時間より長かった。さらに、笑顔(男性)に対する反応時間は、怒り顔(男性)に対する反応時間よりも長かった。実験1と同様、反応時間は、表情判断よりも、性別判断で短かった。

ミス試行数およびフォールス・アラーム試行数についても1要因反復測定分散分析を実施した。その結果、ミスには課題による違いはなかった($F(7, 77)=1.00$, $\epsilon=.491$, ns)。フォールス・アラームについても課題の主効果は有意でなかった($F(7, 77)=2.60$, $\epsilon=.442$, $p<.07$)が、性別判断よりも表情判断で誤答が多い傾向があった。

ERP 行動測度の分析において、刺激の性が表情判断に及ぼす影響、および刺激の表情が性別判断に及ぼす影響はなかったため、ERPは、実験1と同様、課題と刺激を組み合わせた8条件別に集計した。加算

回数は、26–120回であった。

表情判断課題および性別判断課題で記録されたFz, Cz, Pzの総加算平均波形を、Figure 3とFigure 4

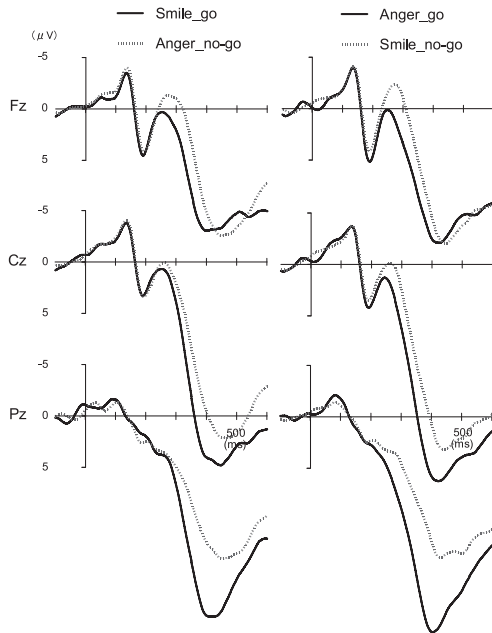


Figure 3. 実験2の笑顔反応課題（左）と怒り顔反応課題（右）で記録されたERP

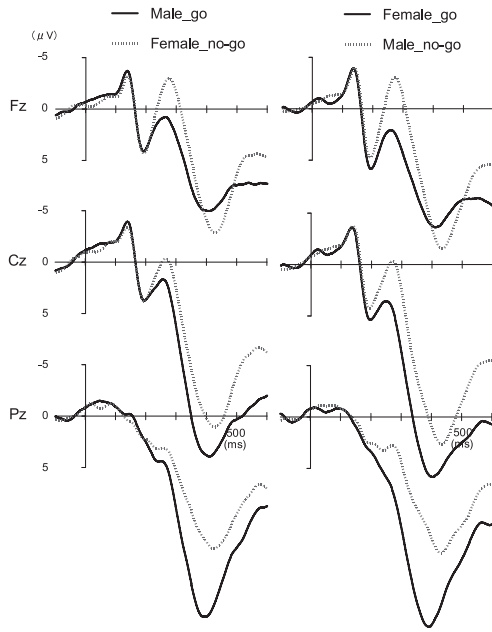


Figure 4. 実験2の男性反応課題（左）と女性反応課題（右）で記録されたERP

に示す。波形の基本的特徴は、実験1のFigure 1, Figure 2とよく似ている。ただし、FzにおけるN2の頂点潜時もgo試行におけるP3の頂点潜時も、実験1に比べて実験2では短縮した（例えば、笑顔反応課題の笑顔に対するFz波形のN2頂点は、実験1で280ms, 実験2で248ms。同じくPz波形のP3頂点は、実験1で451ms, 実験2で399ms）。

FzのERPについて、課題×刺激の8条件別に、潜時230–300ms区間の平均振幅を計算し、Table 4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 ($F(3, 33)=0.73, \epsilon=859, ns$) は有意でなかった。刺激の主効果 ($F(1, 11)=25.46, p<.001$) が有意で、no-go試行の波形がgo試行の波形よりもネガティブであった。課題×刺激の交互作用 ($F(3, 33)=5.95, \epsilon=680, p<.01$) も有意であったので、対応のあるt検定によって課題別に刺激の効果を調べた。その結果、全ての課題でno-go試行の波形がgo試行の波形よりも有意にネガティブであった（笑顔反応： $t(11)=3.11, p<.05$, 怒り顔反応： $t(11)=3.89, p<.01$, 男性反応： $t(11)=4.74, p<.01$, 女性反応： $t(11)=4.71, p<.01$ ）。さらに、no-go波形からgo波形を引き算してno-go電位振幅を求め、Figure 5に示した。課題（4）に関する1要因反復測定分散分析を行った結果、主効果 ($F(3, 33)=5.95, \epsilon=680, p<.01$) が有意であった。多重比較の結果、有意差のある条件対はなかったが、女性反応課題におけるno-go電位は、笑顔反応課題 ($p<.06$) および怒り顔反応課題 ($p<.07$) におけるno-go電位よりも大きい傾向があった。

次に、実験1と同じ方法でP3の頂点潜時と頂点振幅を求めた。条件別の平均値と標準偏差をTable 4に示す。潜時について、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、課題の主効果 ($F(3, 33)=17.01, \epsilon=842, p<.001$) と刺激の主効果 ($F(1, 11)=24.98, p<.001$) が有意であった。多重比較の結果、表情判断課題におけるP3潜時が、性別判断課題よりも長かった。笑顔反応–怒り顔反応、男性反応–女性反応の間には、有意な差はなかった。また、go試行P3の潜時が、Nogo–P3潜時よりも長かった。他の主効果と交互作用は、有意でなかった。

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、刺激の主効果 ($F(1, 11)=15.02, p<.01$), 部位の主効果 ($F(2, 22)=8.99, \epsilon=556, p<.01$), および刺激×部位の交互作用 ($F(2, 22)=37.49, \epsilon=918, p<.001$) が有意であった。部位別に課題×刺激の分散分析を

行ったところ、全ての部位で刺激の効果が有意で (Fz: $F(1, 11)=8.83, p<.05$, Cz: $F(1, 11)=6.27, p<.05$, Pz: $F(1, 11)=55.21, p<.001$) あった。Cz と Pz では、go 試行 P3 が Nogo-P3 よりも大きく、Fz では逆に、Nogo-P3 が go 試行 P3 よりも高振幅であった。

Table 4
実験2 の各課題における ERP 測定
(括弧内は標準偏差)

測定	刺激	部位	課題(反応すべき刺激)			
			笑顔	怒り顔	男性	女性
230-300 ms 平均電位 (μ V)	go	Fz	0.81 (4.86)	1.15 (5.16)	1.30 (4.73)	2.71 (4.68)
	no-go	Fz	-0.87 (4.57)	-1.69 (6.07)	-1.98 (5.78)	-1.93 (5.52)
P3 潜時 (ms)	go	Fz	420.7 (39.3)	429.8 (34.3)	415.3 (41.8)	415.3 (34.8)
		Cz	428.0 (29.9)	430.3 (37.5)	414.8 (38.4)	409.5 (33.9)
		Pz	412.6 (30.0)	411.1 (25.4)	390.7 (31.5)	388.0 (19.8)
		Fz	454.6 (35.2)	443.0 (35.2)	422.4 (31.1)	424.9 (25.3)
	no-go	Cz	461.1 (28.3)	451.0 (37.0)	422.4 (41.7)	418.7 (35.5)
		Pz	452.3 (41.5)	448.1 (40.3)	423.3 (38.7)	417.3 (60.8)
		Fz	13.28 (7.36)	13.93 (8.29)	11.10 (6.44)	12.52 (7.51)
		Cz	20.68 (5.55)	22.13 (7.53)	19.86 (5.83)	21.35 (6.71)
P3 振幅 (μ V)	go	Pz	20.64 (4.60)	21.57 (5.39)	20.43 (4.49)	20.93 (4.85)
		Fz	13.80 (6.57)	14.22 (8.57)	13.26 (7.27)	14.65 (7.83)
	no-go	Cz	18.45 (6.31)	19.20 (8.12)	17.38 (7.04)	18.58 (8.35)
		Pz	15.52 (4.80)	15.29 (4.55)	14.19 (4.71)	14.36 (4.96)

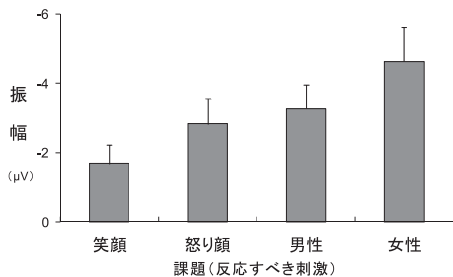


Figure 5. 潜時230-300ms 区間の no-go 電位振幅と標準偏差 (実験2)

考 察

実験2は、go 刺激に対する反応許容時間を短くしたこと以外は、実験1の繰り返しであった。実験1に比べて実験2では、go 試行における反応時間も P3 潜時も短縮しており、時間制限の効果はあったといえる。No-go 電位と Nogo-P3 についても、実験1と実験2

では大きな違いがあった。まず、no-go 電位が実験1では1.5 μ V 以下であったのに対し、実験2では最大で4.0 μ V を越えた。しかも、その振幅が課題によって異なり、性別判断課題に比べて表情判断課題で小さかった。これは、顔刺激の中の感情情報に注目することで、反応抑制に関わる神経活動に変化が生じたことを示す。

また、実験1では、go 試行 P3 潜時と Nogo-P3 潜時に違いはなかったが、実験2では、後者の潜時が有意に長かった。これは、反応時間の制限が、go 試行の P3 と Nogo-P3 に対して異なる影響を及ぼしたことを示す。ただし、宮谷他 (2010) が報告したような、go 試行 P3 と Nogo-P3 の頂点潜時のずれの程度が課題によって異なるという結果は得られなかった。

総合考察

本研究は、感情的 go/no-go 課題と非感情的 go/no-go 課題における反応抑制機能の違いが、ERP にどのように反映されるかを検討することを目的とした。そのために、顔刺激に含まれる感情情報である表情への注目が go/no-go 課題で記録される ERP に及ぼす影響について調べた。その結果、表情に注目する課題で記録された no-go 電位の振幅が、人物の性に注目する課題に比べて減衰することがわかった。宮谷他 (2010) では、表情課題と文字課題で go 波形の形状が異なり、また反応時間にも大きな違いがあったことから、文字課題に比べて笑顔反応課題において no-go 電位の出現が遅れたことが、反応抑制機能を反映するかどうかの結論はできなかった。しかし、本研究では、全ての課題で同じ刺激を用いたことで、Figure 3 や Figure 4 に示されるように、課題間の go 波形の違いはほとんどなかった。したがって、本研究で観察された no-go 電位振幅の課題による違いは、no-go 試行における反応抑制機能が、感情情報に注目あるいは処理するかどうかによって変化することを示唆するものである。

宮谷他 (2010) が報告した go 試行 P3 と Nogo-P3 の潜時のずれが文字課題よりも表情課題で小さくなるという結果は、本研究では再現されなかった。Nogo-P3 が go 試行 P3 に比べてどれくらい遅延するかは、go 試行 P3 の影響を受ける。本研究では、表情判断と性別判断で反応時間 (Table 1 と Table 3) や go 試行 P3 潜時 (Table 2 と Table 4) が異なっていた。感情的課題と非感情的課題における反応抑制機能の違いが Nogo-P3 に反映されるかどうかを調べるためには、比較の対象となる条件間で反応時間や go 試行 P3 が等しくなるような工夫が必要である。

本研究で示唆された感情情報の処理が反応抑制機能

に及ぼす影響については、以下の点に留意しながら、さらに検討が必要である。まず、本研究では感情情報処理を含まない課題として性別判断課題を実施したが、“快-不快”のような評価的判断は無意識的・自動的に行われることが多い(池上, 2000)。また、顔処理の初期段階において、人物とは独立した表情処理が行われていることを示すERP研究(Miyoshi, Katayama, & Morotomi, 2004)もある。したがって、本研究の性別判断においてもある程度表情処理、感情処理が行われていた可能性があり、感情情報処理の影響を評価するためにさらに適切な条件設定を考える必要がある。

次に、表情による感情処理の相違について考慮する必要がある。Hare et al. (2005)のfMRI研究では、恐怖表情に対する反応抑制では扁桃体の活動が増加し、笑顔に対しては尾状核が賦活するというように、表情の種類によって異なる脳活動パターンが報告されている。宮谷他(2010)では、笑顔反応課題における怒り顔に対するno-go電位には出現潜時の遅れがあったが、怒り顔反応課題における笑顔に対するno-go電位は、文字課題とはほぼ同じであった。本研究でも、Figure 5を見ると、怒り顔に対するno-go電位は笑顔に対するよりも小さい。これらが表情に表れる感情の種類自体に起因する違いなのか、実験で用いた刺激の特性に由来するものかについて、さらに検討する必要がある。

最後に、本研究で示されたno-go電位の振幅差が、反応抑制機能に関してどのような意味を持つかを吟味する必要がある。no-go電位の振幅が反応抑制に必要な処理資源の量を反映しているのであれば、表情判断課題におけるno-go電位振幅の低下は、感情情報が伴うことによって、反応抑制が効率的に行えるようになったことを示すのかもしれない。一方で、本研究では、統計的に有意ではなかったが、性別判断課題に比べて表情判断課題でフォールス・アラームが多かった。これは、表情判断では反応抑制の機能がやや低下していた可能性を示唆する。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(Shafritz et al., 2006)ことが、反応抑制機能にとって有利に働くのか、不利に働くのかという観点からの検討が必要であろう。

【引用文献】

Bunge, S. A., Dudukovic, N. M., Thomason, M. E., Vaidya, C. J., & Gabrieli, J. D. E. (2002). Immature frontal lobe contributions to cognitive control in children: Evidence from fMRI. *Neuron*, *33*, 301-311.

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

池上知子 (2000). 感情の自動性と表情 心理学評論, *43*, 320-331.

Jodo, E., & Kayama, Y. (1992). Relation of a negative ERP component to response inhibition in a Go/No-go task. *Electroencephalography and clinical Neurophysiology*, *82*, 477-482.

宮谷真人・衛藤 萌・原 梢恵・梨和ひとみ・徳永智子 (2010). 表情刺激を用いた go/no-go 課題遂行時の事象関連脳電位 広島大学教育学研究科紀要第三部 (教育人間科学領域), *59*, 75-81.

Miyoshi, M., Katayama, J., & Morotomi, T. (2004). Face-specific N170 component is modulated by facial expressional change. *NeuroReport*, *15*, 911-914.

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.

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.

白石舞衣子・宮谷真人・峯由希美 (2007). 異なる人物の表情同一性に基づくプライミング効果 感情心理学研究, *14*, 15-26.

【付記】

本研究は、徳永・原・衛藤・梨和・宮谷(第26回日本生理心理学会大会, 沖縄, 2008年7月)と高村・徳永・橋本・梨和・宮谷(同第27回大会, 京都, 2009年5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。