

平成 21 年 6 月 12 日現在

研究種目：若手研究(B)

研究期間：2007～2008

課題番号：19730472

研究課題名（和文） 眼球運動前後における視覚情報獲得の精神生理学的研究

研究課題名（英文） Psychophysiological study on visual information acquisition after saccadic eye-movement

研究代表者

風井浩志 (KAZAI KOJI)

関西学院大学・理工学研究科・専門技術員

研究者番号：80388719

研究成果の概要：眼球運動終了直後の視覚情報処理の特性を調べるために、眼球運動終了直後に呈示される図形に対する反応時間（検出時間）と脳波（視覚誘発脳電位）を計測した。眼球運動終了直後に呈示された図形に対する検出時間は、眼球静止中に呈示された図形に対する検出時間よりも長かった。これに対して、脳電位の反応は、眼球運動終了直後に図形を呈示した方が眼球静止時に呈示した場合よりも速くなる場合があることが示された。この結果は、多くの場合では眼球運動によって視覚情報処理が抑制されるが、一部の視覚情報処理はサッカードによって促進される可能性があることを示唆する。

交付額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
2007 年度	3000,000	0	3000,000
2008 年度	500,000	150,000	650,000
年度			
年度			
年度			
総計	3500,000	150,000	3650,000

研究分野：社会科学

科研費の分科・細目：心理学・実験心理学

キーワード：感覚・知覚

1. 研究開始当初の背景

視覚経験の成立に必要な情報を能動的に獲得するためには眼球運動が不可欠である。それにもかかわらず、従来の視覚研究の多くは、眼球運動の要因を重視していない。本研究は、視覚情報処理における眼球運動の要因を重視するものである。特に本研究では、「サッカード」と呼ばれる眼球運動を対象とする。サッカードとは、ある視点から次の視点へと急速に視点を移動させる眼球運動のことであり、視覚情報獲得に重要な役割を担ってい

る。

多くの先行研究によって、サッカード中には視覚情報処理が抑制されているということが明らかにされている。この現象をサッカード抑制と呼ぶ。他方、研究代表者のこれまでの研究（脳電位計測実験）の結果は、サッカード終了直後には大脳視覚皮質の脳活動が上昇していることを示唆している。これは一見すると上述のサッカード抑制と矛盾するようであるが、「サッカード終了直後には、サッカード中のサッカード抑制による視覚

情報処理の低下を補償するために、脳の活動が上昇する」と考えることもできる。本研究では、この考えを検証するために、脳電位と反応時間を指標として、サッカー終了直後の脳活動と視覚認知を検討した。

2. 研究の目的

研究全体を通しての目的は、眼球運動（サッカー）の終了直後の大脳皮質の活動が、眼球運動直後の視覚情報処理と関係があるか否かを検討することである。この目的を達するためには、脳電位を惹起するのに適切な視覚刺激（図形）を選定する必要がある。研究1は、この視覚刺激の選定の一環として、顔模式図に対する脳電位の計測を実施した。研究2では、サッカー終了直後に呈示される図形に対する反応とサッカー終了後の注視時間中に呈示される図形に対する反応とを比べた。

研究1では、この研究の実験に適した視覚刺激を選定する目的で、顔模式図を選択し、顔模式図のパーツ（目と口）の配置が視覚情報処理に与える影響を検討した。視覚情報処理の指標として、反応時間と脳電位（N170成分）を計測した。

研究2では、チェッカーボードパターンを視覚刺激として、チェッカーボードパタンの検出時間（反応時間）とチェッカーボードパターンに対する脳電位（P1成分）を計測した。

3. 研究の方法

(1) 一般的な実験方法

健康な成人若年者に対して、視覚刺激（顔模式図、チェッカーボードパターン）を呈示し、その視覚刺激に対する行動反応（反応時間）と脳電位を計測した。脳電位を計測することによって、最終的な行動反応よりも早い時点・早い段階での視覚情報処理の相違を検討することができる。

① 刺激呈示

視覚刺激（顔模式図、チェッカーボードパターン）は、CRTディスプレイ（リフレッシュレート：200 Hz）に呈示した。

② 行動反応計測

反応時間を計測する場合には、刺激が呈示されてから被験者が反応キーを押すまでの時間を1ミリ秒単位の精度で計測した。

③ 脳電位計測

頭皮上に設置した電極から脳電位を計測した。脳電位信号のサンプリング周波数は1000 Hzであった。

(2) 研究1の実験方法

① 刺激

線画による顔模式図を刺激として用いた。顔パーツの配置を操作して、10種類の図形を

作成した。刺激の大きさは、視覚に換算して直径3.7度であった（図1）。これらの図形を上下反転させて呈示する条件も設定した。

② 実験課題

実験課題は、CRT上に250ミリ秒間呈示された図形が、上下方向に関して、正立であるのか倒立であるのかを反応キー押しによって判断することであった。

③ 計測

反応時間と刺激呈示に対する脳電位を計測した。脳電位として、顔に対して特異的に反応する脳電位成分、N170成分を計測対象とした。刺激呈示からN170成分がピークに達するまでの時間（N170潜時）とN170成分の大きさ（N170振幅）を計測した。

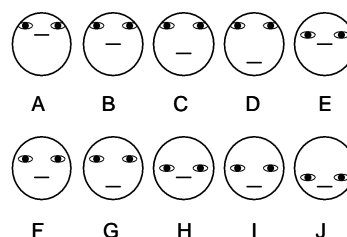


図1. 研究1で使用した顔模式図。

(3) 研究2の実験方法

① 刺激

直径が視角20度の円形の白黒チェッカーボードパターンを刺激として用いた。チェッカーボードパタンの白黒の輝度差（コントラスト）とチェックの細かさ（チェックサイズ）を操作した。すなわち、コントラスト要因として、低コントラスト条件と高コントラスト条件を設定し、チェックサイズ要因として、大サイズ条件と小サイズ条件を設定した。さらに、刺激タイミング要因として、刺激の呈示が、サッカー終了直後（サッカー終了後0ミリ秒）、眼球静止中（サッカー終了後250ミリ秒後）の条件を設定した。

② 実験課題

実験課題は、警告刺激が呈示された後にチェックパターンが呈示されれば反応キーを押す、呈示されなければ反応キーを押さない、というgo/no-go課題であった。上記の3つの要因の組み合わせで設定される8つの条件に、刺激が呈示されない条件を加えた9つの条件が実験課題に組み込まれた。

③ 計測

反応時間と刺激呈示に対する脳電位を計測した。脳電位として、刺激パターン呈示から約100ミリ秒後にピークを迎える脳電位、P1成分を計測対象とした。刺激パターン呈示からP1成分がピークに達するまでの時間（P1潜時）とP1成分の大きさ（P1振幅）を計測した。

4. 研究成果

(1) 研究1の結果

① 反応時間の結果

図2は、研究1の正立の顔模式図に対する反応時間の結果を示す。図2の横軸の記号は、図1の各図形の記号に対応する。倒立条件も含めた分散分析の結果として、正立条件において、パーツ配置の単純主効果が認められた。すなわち、パーツ配置によって、反応時間が変化することが示された。しかしながら、パーツ配置の変化と反応時間の変化との間に法則性は見出せなかった。

② 脳電位 (N170 成分) の結果

図3は、研究1で計測された脳電位の一例を示す。図3が示すように、研究1の視覚刺激が、刺激呈示後の約170ミリ秒後にN170成分を惹起することが明らかになった。すなわち、顔に対して特異的に反応する脳電位成分が、顔模式図に対しても明確な反応を示すことが分かった。

各図形におけるN170成分の潜時を図4に、N170成分の振幅を図5に示す。潜時と振幅に対して、反応時間と同様の分析をおこなったところ、潜時も振幅もパーツ配置によって変化することが示された。しかしながら、潜時と振幅に関しても、パーツ配置の変化との間に法則性は見出せなかった。

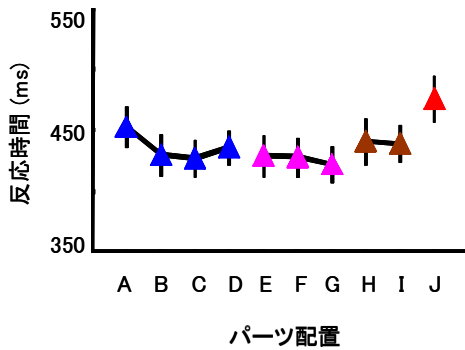


図2. 正立の顔模式図に対する反応時間 (n = 16) (± 1SE)。

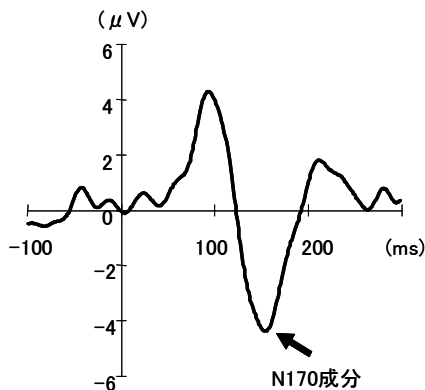


図3. 顔模式図によって惹起された脳電位。原点0は顔模式図が呈示された時点を示す。

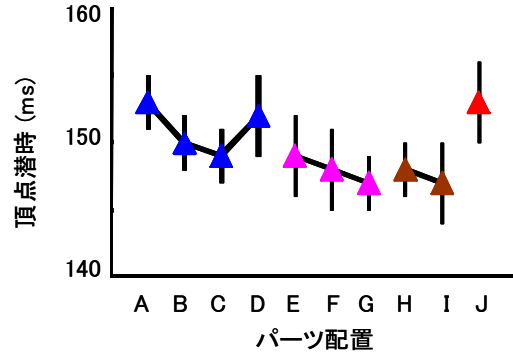


図4. 正立の顔模式図に対するN170成分の潜時 (n = 16) (± 1SE)。

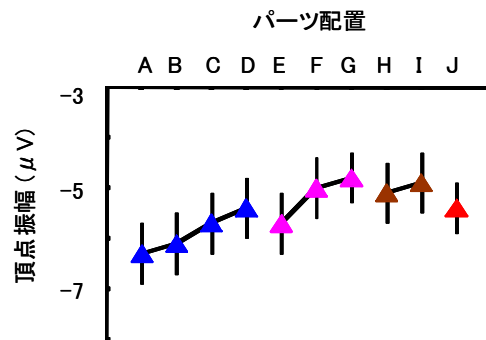


図5. 正立の顔模式図に対するN170成分の振幅 (n = 16) (± 1SE)。

(2) 研究1の結論

研究1では、今回の研究課題に適切な視覚刺激(図形)を検討するために、顔模式図に対する反応時間と脳電位(N170成分)を計測した。顔模式図のパーツ(目と口)の配置によって、反応時間とN170成分が変化することが明らかになったが、この変化の法則性は見出せなかった。

今回の研究課題の全体的目的である、眼球運動直後の視覚情報処理を検討するためには、下記の3条件を満たす必要がある。すなわち、i) 視覚刺激の属性を系統的に変化できること、ii) 視覚刺激に対して明瞭な脳電位成分が惹起されること、iii) 視覚刺激の属性の系統的な変化に対して、脳電位の変化に明瞭な法則性が存在すること、が必要である。研究1で使用した顔模式図とN170成分の組み合わせでは、上記のiii)を満たすことができないことが判明した。

研究1の結果を受けて、研究2ではチェッカーボードパターンを視覚刺激として、P1成分を脳電位成分として、実験を実施した。

(3) 研究2の結果

① 反応時間の結果

図6は、8つの条件における反応時間を、刺激図形のチェックサイズ（小チェックサイズ/大チェックサイズ）別に示したものである。

3つの要因（提示タイミング、コントラスト、チェックサイズ）を含めた分散分析の結果、(i) 刺激のコントラストが低い方が刺激のコントラストが高い場合よりも反応時間が長い、(ii) 眼球運動終了直後に刺激呈示された方が眼球静止中に刺激呈示されるよりも反応時間が長い、(iii) チェックサイズが小さい方がチェックサイズが大きいよりも反応時間が長い、ということが示された。さらに、反応時間に与えるコントラストの効果は、眼球運動終了直後においてよりも眼球静止中の方が大きいことが示された。すなわち、注視中（眼球静止状態）を基準と考えた場合、高コントラスト刺激の検出は低コントラスト刺激の検出よりも眼球運動によってより大きく抑制されていること、換言すれば、刺激のコントラストが高い方がサッカード抑制が大きいということが示された。

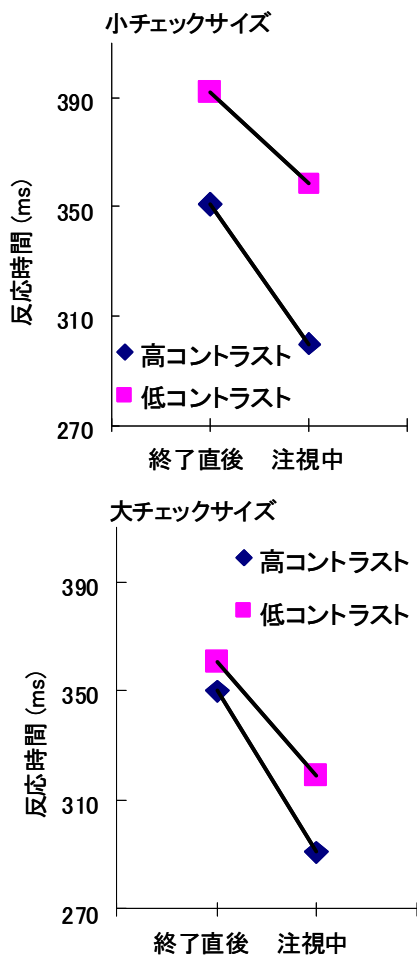


図6. チェッカーボードパタンの検出反応時間(N = 11)。

② 脳電位 (P1 成分) の結果

8つの条件で得られた各々の脳電位から、刺激パターンが呈示されない条件で得られた脳電位を差し引くことによって、視覚刺激図形とは無関係な脳電位成分を除去した（差分脳電位）。

図7は、8つの条件における差分脳電位のP1成分潜時を、刺激図形の刺激タイミング（眼球運動終了直後/眼球静止中）別に示したものである。

3つの要因（コントラスト、提示タイミング、チェックサイズ）を含めた分散分析の結果、(i) 刺激のコントラストが低い方が刺激のコントラストが高い場合よりもP1成分の潜時反応時間が長い、(ii) 眼球運動終了直後に刺激呈示された方が眼球静止中に刺激呈示されたよりも反応時間が長い、(iii) チェックサイズが小さい方がチェックサイズが大きいよりも反応時間が長い、ということが示された。多重比較の結果、チェックサイズが大きくてコントラストが低い刺激図形の場合には、眼球運動終了直後の方が注視中（眼

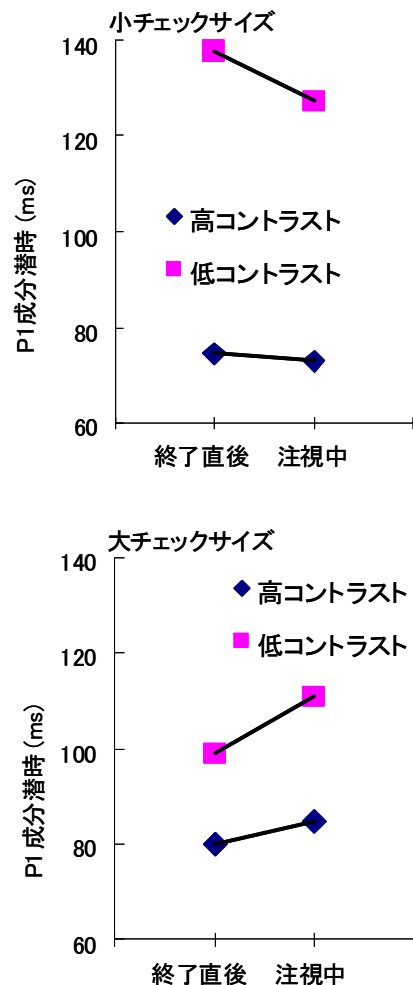


図7. P1成分の潜時(N = 11)。

球静止状態)よりも、P1成分潜時が短いことが分かった。

図8は、8つの条件における差分脳電位のP1成分振幅を、チェックサイズ(小チェックサイズ/大チェックサイズ)別示したものである。

3つの要因(コントラスト、呈示タイミング、チェックサイズ)を含めた分散分析の結果、チェックサイズの効果のみが認められた。すなわち、チェックサイズが大きい方がチェックサイズが小さい場合よりもP1成分振幅が大きいことが分かった。

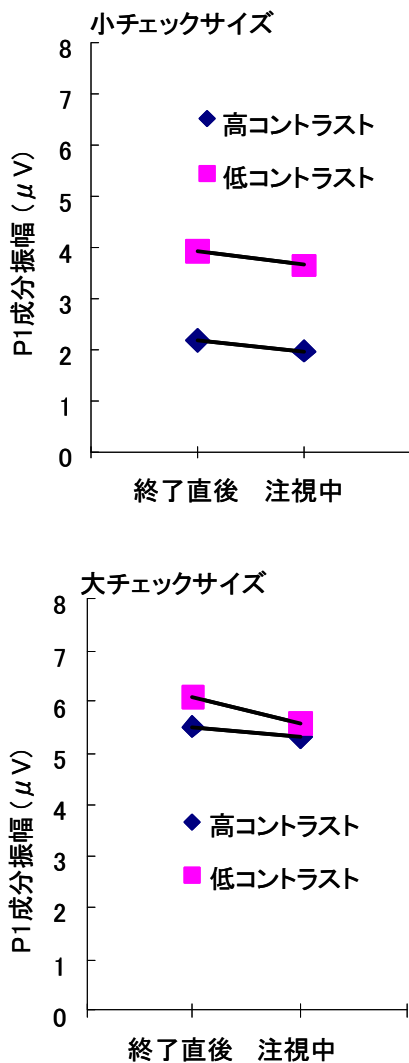


図8. P1成分の頂点振幅。

(4) 結論

眼球運動(サッカー)直後の視覚情報処理の特性を検討するために、眼球運動直後に視覚刺激(チェッカーボードパターン)を呈示する条件と、注視中(眼球静止状態)に視覚

刺激を呈示する条件とで、刺激検出時間(反応時間)と刺激に対する脳電位を計測した。視覚刺激の細かさ(チェッカーボードパタンのチェックサイズ)と視覚刺激のコントラストを実験変数として実験を実施した。実験の結果から、注視中に呈示された視覚刺激に対する反応時間よりも眼球運動直後に呈示された視覚刺激に対する反応時間の方が長いことが分かった。この結果は、多くの先行研究で報告されているサッカー抑制が、眼球運動終了直後に作用していたことによると考えられる。脳電位の結果は、大部分がサッカー抑制の考えを支持するものであった。ただし、大きなチェックサイズで低コントラストの視覚刺激に関しては、眼球運動終了直後の方が注視中に比べて刺激に対する脳電位(P1成分)の潜時が短かった。この結果は、眼球運動によって、その直後の処理が促進される視覚情報が存在することを示唆する。

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0件)

[学会発表] (計3件)

① 風井浩志・小西恭太・八木昭宏・片寄晴弘・永井聖剛 N170を指標とした線画顔刺激における倒立効果 日本心理学会第72回大会 於北海道大学 2008.09.20.

② Kazai, K., Konishi, K., Bennet, P. J., Sekular, A. B., Katayose, H., Yagi, A., and Nagai, M. Inversion effect of schematic face on N170. The 47th Annual Meeting of the Society for Psychophysiological Research. Savannah, Georgia, USA. 2007.10.20

③ 風井浩志・小西恭太・Bennett, P. J.・Sekular, A. B.・片寄晴弘・八木昭宏・永井聖剛 線画顔刺激における倒立効果 - N170を指標として - 第25回日本生理心理学会大会 於札幌医科大学 2007.07.16.

6. 研究組織

(1) 研究代表者

風井 浩志 (KAZAI KOJI)

関西学院大学・理工学研究科・専門技術員
研究者番号: 80388719

(2) 研究分担者

なし

(3) 連携研究者

なし