

注意の瞬き事態に見られる P3 成分の遅延に関する再検討

森本 文人

仁愛大学人間学部

A Study on the Delay of the P3 Component of ERPs during the Attentional Blink Phenomenon

Fumihito MORIMOTO

Faculty of Human Studies, Jin-ai University

注意の瞬き (attentional blink) は、複数の標的刺激が短い時間間隔で呈示されたときに後続の標的刺激の見落としが増えるという、非常に頑健な現象である。Vogel & Luck (2002) など多くの研究では、見落としが起こる間隔で呈示された標的刺激の呈示時に惹起する P3 の潜時が遅延することが報告されている。本研究では、この P3 潜時の遅延が見られた事態での ERP の算出過程に着目し、再検討を行った。その結果、観測された P3 潜時の遅延は、標的刺激の呈示に関する ERP の算出過程において、直接の標的刺激に対しての処理とは関連のない成分が重畳した結果である可能性が示された。これは、処理遅延を仮定しない注意の瞬きの説明モデルにおいても、ERP の結果が有用な知見として利用される可能性が高まることであると考ええる。

キーワード：注意の瞬き ERP P3 N400

1. 序 論

時間の経過や身体移動・眼球運動によって、我々が置かれている視環境は常に変化している。我々はその環境の中で、意識的あるいは無意識のうちに、それらを巧みに取捨選択して生活している。これは、特定の刺激情報のみを取り込み不必要な情報を捨て去る選択的注意 (selective attention) 能力として知られている。適切かつ詳細な知覚・認知処理のためには、対象に正しく注意を向けることが必要になる。生物のパフォーマンスに直結するこの能力については、古くから多くの研究者が様々な概念を用いてそのメカニズムについて言及してきた (e.g., Kahneman, 1973, Norman, & Bobrow, 1975)。これらの研究は、この能力が万能ではなく限界を持っていることを同時に示している。

注意の限界には、空間的な注意 (spatial attention) に関するものと時間的な注意 (time-based attention)

に関するものの2種類があると考えられる。前者は一度に注意を向ける範囲について、後者は非常に近い時間、あるいは同時にさらされる情報量について、それぞれの限界点を指す。本研究では、注意の時間的側面における限界を反映する現象として、注意の瞬き (attentional blink phenomenon) を取り上げる。

注意の瞬きは、認知の一時的な不全で、特に2つの標的刺激が短い時間内に呈示されるときに、1つ目の標的刺激に対しては正しく報告できるにも関わらず、2つ目の標的刺激については正しく報告できなくなる現象、と定義される (河原, 2003)。注意の瞬きに関する研究では、高速逐次視覚呈示法 (rapid serial visual presentation method: RSVP; Potter & Levy, 1969) が用いられている。これは、様々な刺激によって構成されたフレームを、短時間中に連続で呈示する方法である。注意の瞬きに関する研究で用いられる一般的な RSVP 刺激系列では、刺激が同一箇所にも1フレームあたりの呈示時間を約 100 ms、1 s 間に 10 フ

レーン（刺激）程度の速度でディスプレイ上に連続呈示される。刺激系列中には、視覚的特徴によって定義された2つの標的刺激と、それ以外の妨害刺激が存在する。実験参加者には、2つの標的刺激それぞれについて、検出、同定などの課題が設定される。以降、本稿では刺激系列中の第1標的刺激をT1（target 1）、第2標的をT2（target 2）、またそれぞれの標的刺激に関する課題をT1課題、T2課題と表記する。このような典型的パラダイムの例をFigure 1に示した。この例では黒色の数字の中から、白色の数字（T1）と黒色のアルファベット（T2）それぞれを検出することが求められる。このような事態においては、系列内で先に表示されるT1関連の課題は常に高確率で正確に遂行される。一方、T2課題は2つの標的刺激の時間的間隔が短いとき、言い換えると、2つの標的刺激間の妨害刺激が少ない事態において、その正答率が低下する。これは、T2の見落としまたは見間違いの頻発の結果である。このような、標的刺激間の間隔に起因したT2課題の正答率の低下を「注意の瞬き」と呼ぶ。Figure 2の左の実線は、先に示した典型例から得られた、T1を正しく同定した試行におけるT2課題の正答率である。横軸は標的間隔、縦軸はT2課題の正答率を表している。また、同グラフ上の白四角、破線は、同様のRSVP系列を用いたパラダイムにおいて、T1を無視してT2課題のみを行ったとき（T2課題のみの設定時）の正答率である。T2課題の正答率の低下（T2の見落とし）が、あたかもT1の呈示後に瞬目が行われ、以降しばらくの間何も見えていないかのようなものであるという例えから、この現象は「注意の瞬き」と命名された（Raymond, Shapiro, & Arnell, 1992）。

Figure 1に示したパラダイムを用いた研究においては、T1とT2が連続で呈示された事態において、T2課題の正答率が最も低くなり、その後T1とT2の間隔が長くなるにつれて回復する（Figure 2左）。これに対し、数字系列の中から2つのアルファベットを採するという具合に、T1課題とT2課題が同一のカテゴリに設定されたパラダイムを用いた実験の結果が、Figure 2右である。グラフ上の実線は、T1を正しく同定した試行におけるT2課題の正答率、破線は同様

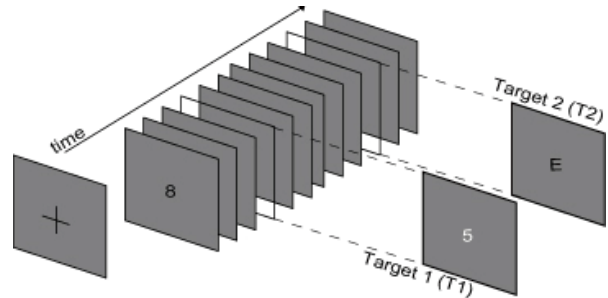


Figure 1. 典型的な RSVP 系列
T1 = 白数字, T2 = 黒アルファベット
妨害刺激 = 黒数字

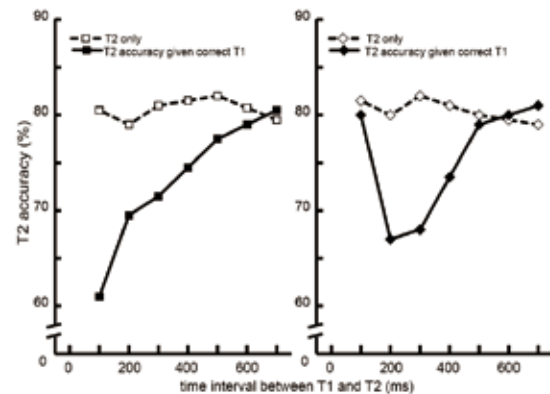


Figure 2. 典型的な RSVP を用いた実験における T2 課題の正答率

左がFigure 1で示した典型例で得られた結果、右は見落とし回避が見られた結果（河原, 2003より一部改変）。

の RSVP 刺激系列において、T1を無視してT2課題のみを行ったときの正答率である。このパラダイムにおいては、T1がT2の直後に呈示された事態において、T2の見落としが見られなくなる。これは、T1直後の「見落とし回避(lag-1sparing)」と呼ばれる現象である。

見落とし回避の有無を決定する要因としては、標的刺激関連の課題が、標的刺激ごとに異なるか否かということが影響していると考えられている。Visser, Bischof, & Di Lollo (1999) は注意の瞬き現象を報告している研究についてのメタ分析を行い、2つの標的に関する課題間に、2つ以上の大きな違いが見られるときには見落とし回避は見られず、違いが見られない場合には見落とし回避が起こると主張した。標的刺激間での課題の違いとは、標的刺激が標的刺激として知覚されるための視覚的特徴が標的刺激ごとに異なることや、それらに対する反応の方法（即時 or 呈示終了後、同定 or 検出など）が異なることを指し、これを「課

課題切り替え (task switching)」と呼ぶ。見落とし回避の有無が課題切り替えのみに起因するか否かは、未だ結論の得られていない問題である。しかし、課題切り替えが、見落とし回避の発生に大きく関わる要因の 1 つであることは事実である。

種々の研究を通して、注意の瞬き現象に関する説明モデルが、現象の発見以来多数構築されてきた。そのモデルの多くでは、T1 に関する情報処理が注意資源の大半を奪ってしまい、T2 の処理に十分な資源が残されていないことを原因としている (資源剥奪モデル)。代表的な資源剥奪モデルに Chun & Potter (1995) によって提唱された 2 段階モデル (two-stage model) がある。このモデルでは、刺激の処理は 2 段階を経て進行すると想定される。第 1 段階の処理は、呈示されたすべての刺激に対して行われる処理である。標的について、刺激の呈示終了後に報告を行うためには、第 2 段階での処理を受け作業記憶 (working memory) として固定化されることが必要であると考え、課題に関する報告のためになされるこの第 2 段階での処理を、Jolicoeur (1999) は短期固定化 (short-term consolidation) と命名した。短期固定化は一度に行える容量が決まっており、第 1 段階に比べその処理に時間がかかると仮定される。そのため T1 と T2 の刺激開始点間隔 (stimulus onset asynchrony: SOA) が短いときには、この第 2 段階の処理が T1 に関する処理によって占有されているために、T2 の短期固定化は T1 に関する処理が完全に終了するまで遅延されると考える。この期間に、続けて呈示された妨害刺激によるマスク効果や、時間の推移による T2 そのものの減衰によって T2 の報告ができなくなる。また妨害刺激の存在によっても、固定化が遅延される。これが、2 段階モデルによる注意の瞬きの説明である。このモデルは様々な研究 (e.g., Jolicoeur & Dell'Acqua, 1999; Vogel, Luck, & Shapiro, 1998; Potter, Staub, & O'Connor, 2002) において修正および発展が進んでおり、様々な付加機能が仮定される代表的なモデルとして扱われている。

しかし近年では、T2 の見落としを資源剥奪によるものと考えず、刺激系列中に存在する多くの候補の中から T1 を選択するプロセスに原因があると考えるモ

デル (選択モデル) が多数提案されている。注意の瞬き現象という言葉を始め論文で使った Raymond et al. (1992) が、現象の説明に用いたモデルは抑制モデル (inhibition model) であった。このモデルの説明では T2 の見落としは、T1 課題時に後続の妨害刺激と T1 の混同を避けるために、感覚入力に抑制が起こることに起因するとされた。つまりこれは、極めて初期の情報処理段階に、見落としの原因があるとするモデルであった。同様に課題に関する情報処理段階で何らかの抑制を受けるモデルとして、Loach & Mari-Beffa (2003) は、負のプライミング (negative-priming) に関する知見を導入し、新たな抑制モデルを提唱し、注意の瞬きの説明を試みた。これらのモデルにおいては、T1 あるいは T2 に関する処理における遅延という概念は用いられていない。

他にも、刺激評価に関する入力フィルタ (input-filter) という概念が用いられる TLC 仮説 (temporary loss of control hypothesis, Di Lollo, Kawahara, Ghorashi, & Enns, 2005) や神経モデルをその背景に用いた計算モデルである、注意のカスケードモデル (attentional cascade model, Shin, 2008) など様々なモデルが考えられては議論されている。

注意の瞬きは、非常に短い時間間隔で見られる現象である。この現象そのものは、行動指標によって定義されるものであるが、先に挙げたような説明モデルの追及など、情報処理メカニズムについての言及は、行動指標のみでは限界があり、時間分解能に優れた生理指標の 1 つである脳波 (electro-encephalogram: EEG) から算出される事象関連脳電位 (event-related brain potential: ERP) を用いた研究が行われている。

RSVP 事態における ERP 研究では、刺激間隔 (inter stimulus interval: ISI) が短いために、後期成分の惹起時には、既に次の刺激が呈示されている場合も多く、標的に対して惹起した ERP と、妨害刺激に対して惹起した ERP との区別が難しい。そこで利用されるのが、減算法である。この処理方法は、ある実験操作を加えることによって、それを加える以前の ERP に、加えた実験操作によって惹起する ERP 成分が重畳するとの仮定の下で行われる。つまり、実験操作を加えた事態 (T2 の出現時) での ERP から、以前

(T2 の非出現時) の ERP を減算することで、条件間での異なる実験操作 (T2 の出現) に関連した ERP のみを抽出する方法である。この方法で得られた波形は、減算波形 (difference wave) と呼ばれる。

Vogel et al. (1998) は、見落とし回避が見られる注意の瞬き事態での減算波形を算出した。その結果、見落としが多く見られる標的間隔事態において、P3 成分が減衰あるいはほぼ見られなくなることを示した。P3 は作業記憶への短期の更新 (updating) を反映しているという報告 (Donchin, 1981) もあることから、これは注意の瞬きが T2 の短期固定化の失敗によって起こる、という知見を支持する結果であるといえる。

また、Vogel & Luck (2002) は、RSVP を用いた刺激呈示場面において、標的間隔が短い事態では T2 より惹起する P3 成分が遅延して惹起することを示した。これは T1 を標的として処理するプロセスによって起こるボトルネックが、T2 処理への注意資源の分配を抑制していると考える点で、資源剥奪モデルに合致している。同様の P3 成分の遅延は Sessa, Luria, Verleger, & Dell'Acqua (2007) においても報告されている。また Morimoto & Yagi (2012) は、Lag をより細かく設定した事態において、Lag の間隔と P3 の遅延具合が対応することを報告した。これらの ERP 研究は、短期固定化の段階における、ボトルネックが注意の瞬きであるという説明に合致するものであるといえる。

しかし、別の ERP を用いた検討では、複数の標的刺激を設定した事態において、個々の標的から遅延なく P3 成分が惹起することが報告 (Kihara, Kawahara, & Takeda, 2008) されており、近年興隆している処理遅延を含まないモデルとの対応も可能になりつつある。

本研究では、処理遅延が見られた Morimoto & Yagi (2012) のパラダイムを用いて得られたデータを再考し、RSVP 呈示時に見られる標的刺激の処理遅延の有無について検討した。

2. 方 法

1) 実験参加者

本実験への参加者は、大学生 12 名 (男性 6 名、女性 6 名) で、平均年齢は 21.8 歳 (範囲: 19-23 歳) であった。すべての実験参加者は、裸眼もしくは視力矯正状態において、本実験の課題遂行に支障のない視力を有していた。なお実験参加者には、事前に実験内容の概要を説明し、同意を得た上で実験を行った。

2) 実験装置

本実験では視覚刺激を、17 インチカラーディスプレイモニター RD17M (MITSUBISHI 社製) に呈示した。リフレッシュレートは 60 Hz であった。視覚刺激呈示には、PC/AT 互換機を用い、Matlab6.5.1 および Psychtoolbox によって制御した。視距離は約 70cm であった。

3) 実験刺激

本実験で用いた視覚刺激は、白色 (31.1 cd/m^2) のアラビア数字 (0 から 9) と、黒色 (0.49 cd/m^2) のアラビア数字および黒色のアルファベットであった。なお、本実験で用いられたアルファベットは、キーボード上で 1 列に並ぶ「A」, 「S」, 「D」, 「F」, 「G」, 「H」の 6 種類であった。視覚刺激の大きさは、すべて視覚 $1^\circ \times 1^\circ$ であった。

本実験で使用した RSVP 系列は、19 個の数字と 1 個のアルファベットから構成され、すべての文字は 1 文字ずつ、灰色 (10.5 cd/m^2) に設定したモニターの中央に呈示された。1 文字ごとの刺激呈示時間は 50 ms、ISI は 33 ms であった。

RSVP 系列は黒色の数字 (妨害刺激) で構成され、T1 として、白色の数字 (1 から 6 のいずれか) が 1 つ呈示された。T1 は、全体の 75 % の試行で呈示され残りの試行では、T1 の位置には妨害刺激 (黒色の数字) が呈示された。また T2 は、RSVP 系列中に 1 つ含まれた黒色のアルファベットであった。T2 は、全体の 25 % の試行で、RSVP 系列の最後の刺激として呈示され、残りの試行では T2 の位置には妨害刺激 (黒色の数字) が呈示された。

T1 の呈示位置は、T2 の 1 個、3 個、5 個、あるいは 7 個前であった。T1 と T2 の SOA は、それぞれ 83 ms, 249 ms, 415 ms, 581 ms であった。以降、SOA ごとの条件を、それぞれ Lag-1, Lag-3, Lag-5, Lag-7 とする。T1 と T2 の呈示パターンおよびそれらの呈示回数については、後に述べる。

4) 実験課題および手続き

本実験での課題は、RSVP 系列中に含まれる色の異なる数字の同定 (T1 課題) と、RSVP 系列中に含まれるアルファベットの同定 (T2 課題) であった。T1 課題は、先に呈示された RSVP 中に含まれる T1 (白の数字) を同定した場合にキーボード上のテンキーでそれに対応するキーを、同定されなかった場合にキーボードの「space bar」を、それぞれ押すというものであった。T2 課題は、先に呈示された RSVP 系列中に含まれる T2 (アルファベット) を同定した場合にそれと対応するキーを、発見できなかった場合に「space bar」を、それぞれ押すというものであった。なお本実験で用いた反应用キーボードは、先の反応に使用するキー以外を取り外してあった。

各試行における T1 と T2 の呈示条件は、両方が呈示される条件 (以降、T1 & T2 条件と表記する)、T1 のみが呈示される条件 (以降、T1only 条件と表記する)、T1 と T2 のどちらも呈示されない条件 (以降、non 条件と表記する) の 3 種類で、T2 のみが呈示される条件は設定されなかった。実験では、32 試行を 1 ブロックとし、16 ブロック計 512 試行を行わせた。この組み合わせは、各ブロック中においても、4 種類の Lag、および T1 と T2 の呈示数が、一定になるように設計された。

それぞれの課題に関するボタン押しおよび実験の進行についての説明を行った。その際、RSVP 系列呈示中および呈示終了後しばらくの間は視線を動かさず瞬目も極力抑えること、瞬目は課題の反応時に行うことを強調して教示した。10 試行の練習試行終了後、参加者に電極を装着した。

5) データの記録

本実験では、前述した T1, T2 課題時のキー押し反

応を記録した。また同時に、課題遂行時の EEG を記録した。EEG は、鼻尖を基準電極として単極導出された。頭皮上の電極設置部位は、国際 10 % 電極配置法に基づいた 4 箇所 (Fz, Cz, Pz, Oz) であった。加えて、眼球運動から生じる眼電位 (electro-oculogram, EOG) によるノイズを除去するため、右眼裂外上部と左眼裂外下部に電極を 1 対設置し、EOG を双極導出し記録した。またアースは前額部とした。電極間抵抗値は、頭皮上で 5 k Ω 以下、残りは 10 k Ω 以下とした。測定時には 0.05-100 Hz の帯域通過フィルタ (band-pass filter) を使用した。得られた生理反応は、生体電気用アンプ SynAmps (Neuro Scan Labs 製) で増幅され、ERP 導出の際の加算平均処理に使用されるトリガーとともに A/D 変換され、PC/AT 互換機の HDD 内に収録された。A/D 変換時のサンプリング周波数は、500 Hz であった。

6) データ処理

(1) 行動指標

本実験で得られた結果は、すべて参加者内要因によって検討された。行動指標として、T2 課題の正答率を算出した。本実験では、標的の呈示パターン (T1 & T2 条件 \times T1only 条件 \times non 条件) と Lag の要因 (Lag-1 \times Lag-3 \times Lag-5 \times Lag-7) が設定された。本実験における正答率の算出に用いられたのは、T1 & T2 条件の試行における T2 課題であった。また、T1 にも注意が向いていることを証明するため、T1 課題に対して正反応をすることを、分析対象試行の前提条件とした。つまり、T1 課題で誤反応した試行および無反応が見られた試行は、分析対象から除外した。

T1 & T2 条件を対象とし、T1 課題に正答した試行における各参加者の T2 課題の正答率を算出し、参加者内要因で Lag (4) の繰り返しのある ANOVA を行った。その際、Huynh-Feldt の ϵ による補正を、自由度が 1 より大きい反復測定 of F 値の検定に用いた。

主効果が有意に見られた場合には、Shaffer の方法による多重比較を適宜行った。有意水準は 5 % とした。

(2) 生理指標

本実験では、生理指標として EEG を測定した。最初に、T2 のオンセットをトリガーにした加算平均処理によって ERP を算出した。その際、T1 課題に正答できなかった試行は、分析から除外した。ERP の分析区間は、T2 の呈示前 200 ms から、呈示後 1000 ms までとした。加算平均の際、分析区間内においていずれかのチャンネルで、 $\pm 70 \mu V$ を超える電位が見られた試行は、瞬目、眼球運動、ならびに体動などによるアーティファクトを含む試行であると見なし、分析から除外した。

得られた参加者ごとの加算波形には、オンセットの 200 ms 前から、オンセットまでの平均電位を、全体の波形から減じるベースライン処理と、デジタルフィルター (Low pass 30 Hz; 24 dB/octave slope) を施した。その後、参加者ごとの T1 & T2 条件試行の加算波形から、T1only 条件試行の加算波形を減算する減算法による処理を行い、T2 の呈示に伴い惹起する成分を抽出した。そこから得られた減算波形より、参加者全員の総加算波形を算出した。

ERP 成分における統計的検定を実施するため、以下の方法を用いた。本実験での T2 呈示により惹起した P3 成分の潜時算出には、オンセットの 300 ms 後から 900 ms 後を区間として設定し、区間内のピーク地点を P3 潜時として定義した。本実験で分析対象とした ERP 成分である P3 は、Pz で最も大きく観測されたため、この部位から得られたデータを分析対象として扱った。得られた潜時ならびに振幅値について、Lag (4) の ANOVA を実施した。その他、自由度の補正、有意水準および多重比較については、行動指標の処理と同様の方法を用いた。

本実験では、上述の方法を用いて、T1 のオンセットをトリガーにした加算平均処理による ERP もまた算出された。変更点は、T1 呈示による P3 成分の潜時ならびに振幅値に関する分析区間を、200 ms から 800 ms に設定したことであった。また、減算法の適応の際には、T1only 条件での加算波形から、non 条件での加算波形が減算された。加えて、分析対象部位は、Pz のみとした。その他の方法は、すべて T2 に

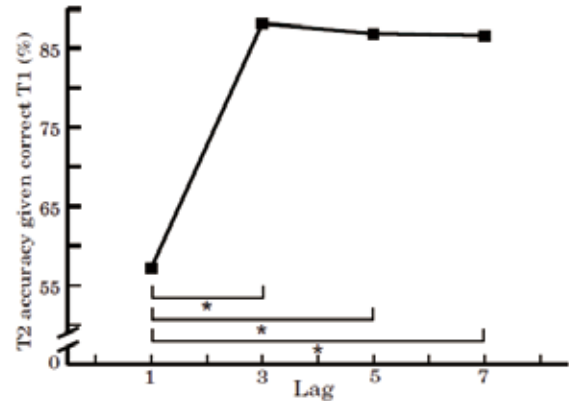


Figure 3. T2課題の正答率

*は、多重比較において5%で有意であったことを示す。

関するものと同様であった。加えて、この ERP 上の 450 ms から 1150 ms に見られた陰性の成分について、そのピーク潜時を算出し検討した。

3. 結果

1) 行動指標

Figure 3 は、T1 & T2 条件における T1 課題正答時の T2 課題の正答率を表したものである。縦軸は正答率を、横軸は T1 と T2 との Lag を表している。このグラフからも分かるように、T2 課題の正答率は、Lag-1 条件時にのみ正答率の低下が見られた。そこで、参加者内要因 Lag (4) の ANOVA を実施したところ、Lag の主効果 ($F(3,33) = 26.29, p < .01, \epsilon = .42$) が有意であった。さらに多重比較を行った結果、Lag-1 と Lag-3、Lag-1 と Lag-5 および Lag-1 と Lag-7 のそれぞれの水準間で、効果が有意であった ($p < .05$)。これらより、Lag-1 における正答率にのみ顕著な低下が見られたが、それ以上 Lag が長くなった事態では、正答率は高水準で保たれていることが明らかになった。

2) 生理指標

Lag ごとの加算回数の平均値は、T1 & T2 条件では 24.84 回 (全 32 回)、T1only 条件では 49.50 回 (全 64 回)、non 条件では 27.31 回 (全 32 回) であった。これらは、P3 が安定して得られるとされる最低加算試行数の 20 回 (Cohen & Polich, 1997) を上回っていた。最初に、T2 のオンセットをトリガーにして算

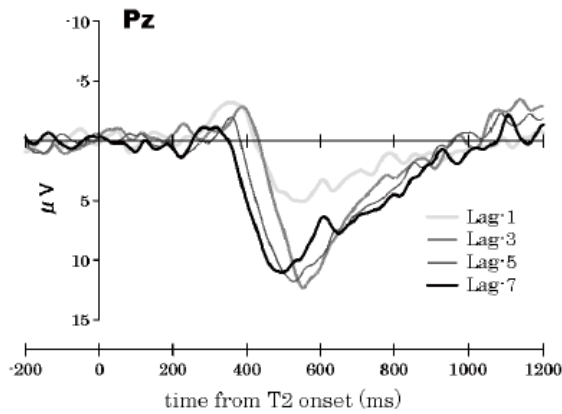


Figure 4. T2 のオンセットをトリガーに算出した Lag 別の総加算波形 (Pz) .

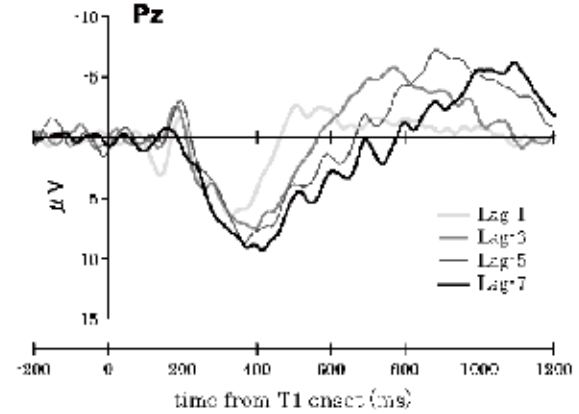


Figure 6. T1 のオンセットをトリガーに算出した Lag 別の総加算波形 (Pz) .

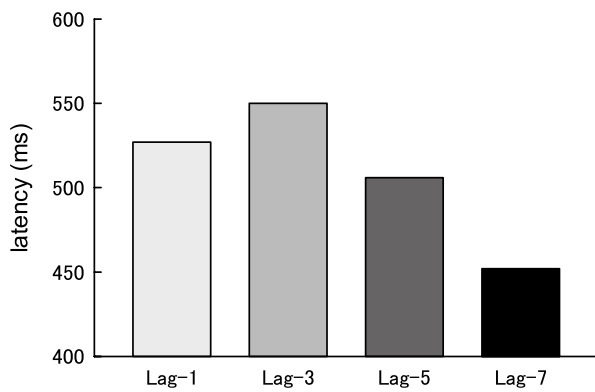


Figure 5. Pz で得られた P3 成分の潜時.

Table 1. 陰性成分の潜時に関する検討

	Lag-1	Lag-3	Lag-5	Lag-7
(1) 得られた陰性成分の潜時	510	784	890	1010
(2) T1 呈示後の刺激系列の最後の刺激 (T2 位置の刺激) が呈示されるまでの時間	83	249	415	581
(1)-(2) 系列の最後の刺激を基準とした陰性成分の潜時	427	535	475	429

出した ERP 波形について述べる。Figure 4 (次頁参照) は、各参加者から得られた総加算波形である。また Figure 5 は、Pz で得られた P3 成分の潜時を算出し、Lag 別に示したものである。このように P3 成分の潜時は、正答率の低下が見られた Lag-1 を除くと、Lag-3 で最も長く、Lag-5、Lag-7 の順に短くなっていることが示された。P3 の潜時について、Lag (4) の ANOVA を実施したところ、Lag の主効果 ($F(3,33) = 4.82, p = .013, \epsilon = .72$) が有意であった。それについての下位検定および多重比較の結果、Lag-3 とその他の Lag との間、さらに Lag-5 と Lag-7 の間で有意な差が見られた。これらより、Lag-3 以降 Lag が長くなるにつれて、T2 の呈示に関連して惹起する P3 の潜時は短くなることが明らかになった。また、この成分の振幅値については、Lag-1 において、他の Lag に比べ減衰が顕著に見られた。続いて、T1 のオンセットをトリガーにして算出した ERP 波形について述べ

る。Figure 6 は、各参加者から得られた総加算波形である。縦軸は振幅を横軸は潜時を表している。Figure 6 を見ると、潜時 300 ms から 500 ms に頂点を持つ陽性成分が導出されており、これは、P3 成分であると思われる。この成分の潜時および振幅については、一見して分かる特別な傾向は見られなかった。そこで、潜時 200 ms から 800 ms を分析区間として算出された P3 の潜時について、Lag (4) の ANOVA を実施したところ、Lag の主効果は有意でなかった ($F < 1$)。

さらに、500 ms 以降付近に見られる陰性成分について検討した。どの条件においても潜時の違いはあるものの、500 から 1150 ms に頂点を持つ陰性成分が惹起されていた。Table 1 は、この陰性成分の潜時についての分析をまとめたものである。

これによると、T1 オンセットをトリガーとして算出された ERP における陰性成分の潜時は、各条件の試行における最後の刺激が呈示時点を基準にする

と、T2より惹起したP3成分の潜時と同じような振る舞いを見せていることが示された。この陰性成分の潜時について、Lag (4) のANOVAを実施したところ、Lagの主効果 ($F(3,33) = 4.95, p = .009, \epsilon = .68$) が有意であった。それについての多重比較の結果、Lag-3とその他のLagとの間、さらにLag-5とLag-7の間で有意な差が見られた。

4. 考察

Figure 5に示したT2の呈示により惹起されたP3成分の潜時は、Morimoto & Yagi (2012)で示されたように、注意の瞬きが多く見られるLagで遅延し、Lagの長い条件ではその遅延が見られないことが示された。またT1の呈示により惹起されている陰性成分の潜時は、Table 1で示したように、各条件での刺激系列の最後の刺激の呈示を基準にすると、Lagごとに、T2に対するP3成分と似た振る舞いをしていることが示唆された。

Figure 6に示したT1の呈示により惹起されたERPに見られた陰性成分について考察する。このERPはT1only条件の加算波形からnon条件の加算波形を減算したものである。つまりこの陰性成分はT1のみが呈示された試行で見られる成分であった。本実験の課題ではT1の呈示後、実験参加者はアルファベット(T2)の出現に対して構えている。T2が呈示されなかった場合、つまり系列の最後の刺激まで数字だった場合には、言語的なミスマッチが発生していると考えられ、N400と同様に、このような言語的なミスマッチが反映された成分が、この陰性成分であると仮定できる。non条件(T1も呈示されない)およびT1 & T2条件では、アルファベットに対する構えはできないため、この陰性成分は発生しないと考えられる。またこの陰性成分がN400と同様の成分であるとする、アルファベットに対する構えに影響されるため、Lagが長くなるほど、潜時が短くなる傾向を持つことになる。

以上のような仮説でT1only条件においてこの陰性成分が惹起されているとすると、Figure 4に示したT2によるERPにもこの成分は影響していると考えられる。このERPはT1 & T2条件の加算波形から

T1only条件の加算波形を減算したものである。よってこのERPにはT1によって惹起されるERP成分が極性を逆にして混入していると考えられる。この陰性成分の潜時は、T2によって見られたP3成分の潜時に対応することから、T2より惹起されたP3成分に見られたLagによる潜時の変化は、この陰性成分の潜時の変化がP3成分に重畳していることが示唆され、T2によるP3成分には遅延が見られない可能性が示された。

本研究では、T2のみを呈示する条件は設定されていなかった。T2の呈示によるT1処理への逆行の影響を考慮した分析のためには、T1 & T2条件の加算波形からT2のみを呈示する条件での加算波形を減算することが妥当である。この条件の設定により、本実験のT1only条件で見られた言語的ミスマッチを反映すると考えられる成分が、non条件でも見られる可能性がある。これらの検討には、各条件の出現確率を操作した実験を行うことが必要となる。

本研究では、注意の瞬き事態で見られるP3成分の遅延が、ERPの算出操作により、別のイベント(刺激系列の最後の刺激の呈示)により惹起される成分が重畳することで見られている可能性が示唆された。これは、処理遅延を理由にしない説明モデルにおいてもERP、特にP3が反映する情報処理がLagの影響を受けないという知見として利用される可能性であと考える。

引用文献

- Chun, M. M. & Potter, M. C. (1995). A two-stage model for multiple target detection in rapid serial visual presentation. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 21, 109-127.
- Di Lollo V., Kawahara, J., Shahab, Ghorashi S. M. & Enns, J. T. (2005). The attentional blink: resource depletion or temporary loss of control? *Psychological Research*, 69, 191-200.
- Jolicoeur, P. (1999). Concurrent response-selection demands modulate the attentional blink. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 25, 1097-1113.
- Jolicoeur, P. & Dell'Acqua, R. (1999). Attentional and structural constraints on visual encoding. *Psychological Research*

- search*, 65, 154-164.
- Kahneman, D. (1973) . Attention and effort. Englewood Cliffs, NJ: Prentice-Hall.
- 河原純一郎. (2003) . 注意の瞬き. 心理学評論. 46, 501-526.
- Kihara, K., Kawahara, J. & Takeda, Y. (2008) . Electrophysiological evidence for independent consolidation of multiple targets. *Neuroreport*, 19, 1493-1496.
- Loach, D. & Mari-Beffa, P. (2003) . Post-target inhibition: A temporal binding mechanism? *Visual Cognition*, 10, 513-526.
- Morimoto, F. & Yagi, A. (2012) . P3 latency is related to temporal lag between two targets during the attentional blink. *Biomedical Soft Computing and Humanities Sciences*, 18, 13-17.
- Norman, D. A. & Bobrow, D. G. (1975) . On data-limited and resource-limited processes. *Cognitive Psychology*, 7, 44-64.
- Potter, M. C., Staub, A., Rado, J. & O' Connor, D. H. (2002) . Recognition memory for briefly presented pictures: the time course of rapid forgetting. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 28, 1163-1175.
- Potter, M. C. & Levy, E. I. (1969) . Recognition memory for a rapid sequence of pictures. *Journal of Experimental Psychology*, 81, 10-15.
- Raymond, J. E., Shapiro, K. L. & Arnell, K. M. (1995) . Similarity determines the attentional blink. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 21, 653-662.
- Sessa, P., Luria, R., Verleger, R. & Dell'Acqua, R. (2007) . P3 latency shifts in the attentional blink: further evidence for second target processing postponement. *Brain Research*, 1137, 131-139.
- Shih, S. I. (2008) . The attention cascade model and attentional blink. *Cognitive Psychology*, 56, 210-236.
- Visser, T. A. W., Bischof, W. F. & Di, Lollo V. (1999) . Attentional Switching in the attentional blink: A case for conceptual low-level filtering and higher-order modularity. *Psychological Bulletin*, 125, 458-469.
- Vogel, E. K., Luck, S. J. & Shapiro, K. L. (1998) . Electrophysiological evidence for a postperceptual locus of suppression during the attentional blink. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 24, 1656-1674.
- Vogel, E. K. & Luck, S. J. (2002) . Delayed working memory consolidation during the attentional blink. *Psychonomic Bulletin & Review*, 9, 739-743.