



HOKKAIDO UNIVERSITY

Title	注意理論への事象関連脳電位（ERP）アプローチ：N400を用いた分析
Author(s)	沖田，庸嵩；治部，哲也
Citation	北海道大學教育學部紀要，67，13-38
Issue Date	1995-03
Doc URL	https://hdl.handle.net/2115/29465
Type	departmental bulletin paper
File Information	67_P13-38.pdf



注意理論への事象関連脳電位 (ERP) アプローチ¹⁾

— N 400 を用いた分析 —

沖 田 庸 嵩 治 部 哲 也

Event-related brain potential (ERP) approaches to theories of attention: An N400 analysis

Tsunetaka OKITA and Tetsuya JIBU

1 はじめに

近年の注意研究は、行動主義隆盛時の暗黒期を経て 40 年前に“カクテル・パーティ問題”(Cherry, 1953)として復興し、新たに実験心理学的な研究が始まった。しかし、その当初からの理論的問題は今日もなお未解決の状態である(Allport, 1993)。ひとつの論点は注意の選択機能に関わる問題であり、情報選択段階が知覚成立の以前とする立場と以後とする立場に分かれる。すなわち、初期選択と後期選択の論争である。

初期選択説は Broadbent (1958, 1971) の発案に始まり、Treisman (1964, 1969, 1985), Kahneman (1973), Neisser (1967) らによって支持されてきた。この理論によれば、刺激特徴を要素に分析する予備的段階は並列的に自動処理されるが、長期記憶アクセスに基づく刺激同定処理となると注意を払わないと実行できない。ところが、注意には限度があって、同時にいくつもの刺激に注意を払うことはできない。注意の対象となった刺激のみ、同定処理を受ける。その刺激選択は場所手がかりあるいは自動的な予備的分析で抽出される色や方向など単純な特徴を手がかりとして行なわれる。

他方、後期選択説は Deutsch & Deutsch (1963) に始まり、Allport (1977), Duncan (1980), Keel (1972), Morton (1969), Norman (1968), Shiffrin (1975) らによって展開されてきた。後期選択理論によれば、刺激(少なくとも常用的な文字)は並列的に自動処理され、同定される。注意は刺激同定後に作用し、その時々状況把握や行為に必要な情報、長期記憶に貯蔵すべき情報を選択する。こうした選択には、単純な刺激特徴のみならず、並列処理で同定される統合的な特徴(例えば、文字)も手がかりとなる。

こうして、初期選択説と後期選択説を対比させると、この論点が注意を限界処理資源・容量(limited processing resource or capacity)としてとらえる観点と密接に関連していることがわかる。知覚処理が自動的に並列的に処理が実行されるものなら、初期段階の選択は不要である。Shiffrin & Schneider (1977) は注意資源が必要な制御処理(controlled processing)と必要としない自動処理(automatic processing)に分けたうえで、熟練に伴う知覚処理の自動化に言及した。知覚処理の自動性については柔軟にとらえる必要性を示すとともに、自動化が容易な処理と困難な処理を分ける問題も提出した。

1) 本研究の一部は、平成6年度文部省科学研究費補助金一般研究(C)(課題番号 06610088, 研究代表者 沖田庸嵩)の補助を受けた。

表1 フィルタリングと選択的セット・パラダイムの比較

Kahneman & Treisman (1984) を改変

特 徴	フィルタリング・パラダイム	選択的セット・パラダイム
実 験 計 画	選択的聴取 部分的報告	探索 プライミング
モ デ リ テ ィ	聴覚または視覚	視覚
刺 激 の 多 様 性	大きい	小さい
反 応 の 選 択 性	大きい	小さい
記 憶 負 荷	高い	低い
測 度	正確さ	反応時間
帰 無 仮 説	完全な初期選択	完全な自動性
標 準 的 な 解 釈	選択的注意は非注意刺激の知覚 処理を阻止または弱める	選択的注意は標的に対する反応 を選択し速める

脳内の認知機構を演算処理 (computational mechanism) とエネルギー供給 (energetical mechanism) に大別して考えると (Hockey, Gaillard, & Coles, 1986), 注意の選択段階は演算機構における問題であり, 処理の自動性はエネルギー供給に関わる問題ととらえることもできる。演算処理機構はシンボル表象 (symbolic representation) の情報変換, すなわち情報処理活動 “そのもの” である。エネルギー供給機構は注意資源 (処理容量) の配分, 心的努力, 動機, 情動, 疲労などに関連し, 情報処理を賦活し, それに活動能力を与える機構である。注意は知覚処理の演算とエネルギー供給の両面に関わる問題である。

また, こうした論争は多分に注意研究で使用されるパラダイムとも関わっている。Kahneman & Treisman (1984) によれば, フィルタリング (filtering) パラダイムと選択的セット (selective set) パラダイムに大別でき, フィルタリング・パラダイムは初期選択説, 選択的セット・パラダイムは後期選択説に有利な実験的証拠を提供してきた (表1 参照)。フィルタリング・パラダイムでは, 被験者は一般に課題遂行に関連する刺激と無関連な刺激を同時に受ける。課題関連刺激と無関連刺激を区別する選択手がかりには, 一般に単純な物理的特徴が使用される。典型例としては, 選択的追聴課題 (selective shadowing task ; Cherry, 1953) や部分報告法 (Sperling, 1960) があげられる。他方, 選択的セット・パラダイムでは, 被験者に特定の刺激を検出して直ちに反応することを要請する。視覚探索 (Shiffrin & Schneider, 1977) や記憶探索課題 (Sternberg, 1969) などがその典型例である。

本稿では, 注意の選択段階に問題をしぼり, その理論的問題への事象関連脳電位 (event-related brain potential ; ERP) アプローチについて述べてみたい。まず, 従来の注意に関する ERP 研究に簡単にふれて, その問題点を探る。ついで, 言語処理に関わる N 400 成分を指標とした最近の研究について述べる。

2 注意研究における ERP 測度の特長

事象関連脳電位 (ERP) は知覚・注意・記憶・意志決定といった心的活動,あるいは運動などに関連して一過性に生ずる電位である。ヒトを対象とする場合,頭皮上から記録する研究が中心で,その ERP は脳の情報処理に関わる神経集団の活動を反映する電場電位といえる (Hillyard & Kutas, 1983)。こうした頭皮上記録 ERP の場合,ERP 波形を算出するための加算処理が必要なため,ERP 研究はコンピュータの普及と平行して,1970 年代から 80 年代にかけて急速に発展した。その初期における心理学が担ってきた役割はその独自のパラダイムを利用して ERP 成分と心的活動の対応を探ることであった。今日では,認知情報処理系の諸活動と ERP 成分との特定化も進み,ERP 反応を測度とした心理学的な分析が広く試みられるようになってきた。ERP 研究は,心理実験パラダイムの枠組みで,反応時間や想起率といった心理学の伝統的な行動測度と併用して,心理学本来のテーマにアプローチする段階まで成長してきたといえる。

この ERP 測度の特長は,被験者の課題遂行とは無関係に記録できる点にある。特に,注意研究における無視した刺激や行動反応を伴わない刺激に対する処理,あるいは自動処理過程を探る場合に有効である。また,ERP 測度の別の魅力は,その時間分解能を活かして,刺激入力から行動出力に至る心的介在過程を処理の流れに沿って,ミリ秒単位で分析できる点にある。しかも,ERP が頭皮上から非観血的に記録できるので,特に被験者に苦痛を与えることはなく,認知心理学で確立された様々な実験パラダイムを流用して,注意や記憶などヒトの認知処理系を探ることができる。言語刺激を用いる場合にも,ヒトを対象としているので,実験パラダイムに特に制限を受けることはない。

3 初期選択と初期 ERP 効果

初期選択を探る ERP 研究では,基本的にはフィルタリング・パラダイム (Hillyard, Hink, Schwent, & Picton, 1973) を用い,単純な手がかりに基づく短潜時成分における選択的注意効果が検討されてきた。被験者はヘッドホーンを介してピッチの異なる純音 (tone pips) を左耳と右耳に無作為な順序で,しかも短い間隔で呈示を受ける。被験者の課題は一侧の耳に注意を払い,その刺激系列中に時折挿入される僅かにピッチ (あるいは強度) の異なる音を検出することである。こうした実験事態では,選択的注意効果として,刺激開始 20–50 ms 後に出現する陽性波 (P 20–50),それに続く陰性電位 (Nd 波) が観察された (Woldorff, Hansen, & Hillyard, 1987)。視覚刺激でも基本的には同様のパラダイムを用いる。真正面の凝視点に目を向けた状態で,左右視野いずれか一侧の光刺激系列に注意を払わせると,注意に応じて刺激後約 100 ms に頂点を持つ後頭部陽性波 (P 1) が増強する (Mangun, Hillyard, & Luck, 1993)。短潜時 ERP における注意効果は,単純な物理的手がかり (位置,ピッチなど) に基づき,情報処理の初期段階で感覚入力が選択されるという初期選択の考えを支持する証拠として解釈されてきた (Naatanen, 1990; 沖田, 1989)。

しかし,これらの ERP 研究からは,注意対象外の刺激 (非注意刺激) が ERP 上の注意効果以後の時間帯でどのようなになったか,その“ゆくえ (fate)”については答えが引き出し難い (Rugg, 1991)。短潜時 ERP 成分における注意効果は,その時点で非注意刺激に対する処理が打ち切られることを必ずしも意味するものではない。例えば, Lewis (1970) は単語を両耳分離的に呈示し,被験者には一侧の耳に呈示される単語を追唱し,他側の単語を無視するように教示した。その結

果は、単語追唱速度に非追唱側の同時呈示語が影響し、両者が低連想非類義語の場合には 578 ms、高連想非類義語では 626 ms、低連想類義語では 679 ms と、意味的に関連するほど追唱速度が遅くなった。この結果からも示唆されるように、ERP に注意効果が生じた後も非注意刺激に対し何らかの処理が引き続き実行されている可能性がある。従来の ERP データではこの可能性を探り難い。

こうした ERP 研究上の問題は、行動レベルの研究で指摘された点に応じたものである。単純な物理的手がかり（感覚的選択）が意味的な手がかり（意味的選択）よりも刺激選別に有効である知見は、初期選択のひとつの証拠として考えられてきた (Broadbent, 1971; Moray, 1970 参照)。初期選択説に従うと、単純な刺激特性は前注意過程で抽出され、初期選択の段階で手がかりとして使用しうる。したがって、単純な特性で選択が実行された場合には常に初期選択が推測できるというのである。しかし、単に刺激選択における単純な物理特性の有効性から、初期選択の証拠とすることについて問題が指摘された (Yantis & Johnston, 1990)。選択手がかりの特性は選択レベルを示すものとはいえないというのである。後期選択説からすると、処理対象となっている項目は選択を受ける前にすでに同定されていた可能性もある。単純な物理特性が抽出された段階で入力項目に選別用「タグ」が付与されたとしても、それに基づく選択はすべての刺激項目が同定された後で実行されることも考えられる。入力項目に対する選択手がかりの付与 (selective cuing) は必ずしも選択的処理 (selective processing) を示すものではなく、両者は分けて考える必要がある (Allport, 1989)。

Yantis & Johnston (1990) は、初期選択と後期選択の論点を扱う上で、注意集中課題の非注意刺激に対する処理の「ゆくえ」を検討する有効性を主張する。後期選択説では、すべての刺激項目は非注意項目も含め、選択以前に同定される。項目の同定は、その結果として、さまざまな意味的相互作用や反応賦活をもたらし、従属変数（反応時間など）に促進的あるいは抑制的に影響する。他方、初期選択説によれば、前注意過程では基本的な物理特性のみが抽出される。項目は注意選択後にのみ同定される。同定処理が実行されなかった非注意項目は、関連する意味表象や反応を賦活せず、結果的に促進的あるいは抑制的な効果をもたらさない。したがって、非注意項目が後続する入力に明確な効果を及ぼすと、それは初期選択説に反する証拠となる。そうした効果がなければ、後期選択説に反する証拠となる。

この論理に添って、ERP を測度とした注意研究が新たに始まろうとしている。従来の単純な光刺激や純音・クリック音に替えて単語を使用し、単語知覚処理より以前の初期選択を探ろうとしている。そうした研究の主要な ERP 反応測度は、単語処理に関わる N 400 成分である。

4 単語処理に関わる N 400

N 400 は、語彙判断やカテゴリー判断が要請される事態で、単語処理に応じて発達する陰性電位（頂点潜時約 400 ms）である。N 400 研究の大半が視覚刺激で行われてきたが、要約すると次のような結果が得られている (Van Petten & Kutas, 1991)。(1)意味的に無関連な単語を反復せずに提示すると、最も大きな N 400 が惹起される。(2)正書法の規則に合っており、発音ができる無意味な綴り、すなわち非単語（疑似単語）にも N 400 は惹起される。(3)発音が不可能な非単語には N 400 はほとんど惹起されない。(4) N 400 の振幅は単語の使用頻度によって影響を受け、低頻度ほど大きくなる。(5)プライミング効果も観察され、同じ単語や意味的に関連の強い単語が先行すると、N 400 は減衰する。文章の文脈に整合する単語には、N 400 減衰が生ずる。さらに、(6)文中

の単語の位置によって影響を受け、N 400 は文末になるに従って減衰する。

こうした特徴をもつ N 400 を注意研究に指標として用いる場合、単語処理のどの面に関係するのか、把握しておく必要がある。また、筆者らが扱おうとしている聴覚的な単語音声の知覚処理に関わる N 400 についてはこれまで僅かしか報告されていない（総説：Kutas & Van Petten, 1988；Rugg & Doyle, 1994；小山，印刷中）。そこで、聴覚 N 400 の特徴をみताうて、N 400 と単語処理の関係、特に、後述の注意研究で扱う N 400 の単語反復効果に問題を絞って考察してみたい。

4.1 聴覚 N 400 の特徴

まず最初に聴覚 N 400 を観察したのは、視覚 N 400 と同様 (Kutas & Hillyard, 1980)、意味的に不整合な文末語に対してである (McCallum, Farmer, & Pocock, 1984)。他の文章レベルの研究では、意味的誤り (“The cloud was buried.”) では頭皮上電位分布的にも潜時的にも視覚と類似の N 400 が惹起されるが、語形的 (morphological) 誤り (“The parquet was polish.”) では N 400 に後続する陽性波、統語的誤り (“The friend was in the visited.”) では N 400 に先行する陰性波 (頂点 180 ms) が出現し、誤りの違いによって ERP のパターンが異なることも報告されている (Friederici, Pfeifer, & Hahne, 1993)。

また、単語レベルでは、語彙判断時の N 400 を視覚と比較し、聴覚においても同様の側頭・頭頂部最大に分布する意味プライミング効果を認めている (Holcomb & Neville, 1990)。ただ、その ERP プライミング効果は視覚よりも聴覚で早く始まり (聴覚：刺激後 200–290 ms, 視覚：300–360 ms)、振幅は大きく (頂点潜時約 500 ms)、持続も長かった。N 400 の頭皮上分布は、視覚の場合、左より右半球で大きいのに対し、聴覚では僅かながら左半球で大きかった。さらに、非 (疑似) 単語では、聴覚に限って、単語の場合よりも大きく持続時間も長い N 400 が観察された。こうした結果はプライミング効果をもたらす機構はモダリティ間で共有する部分もあるが、モダリティに特異な部分もあることを示唆している。

課題の違いを検討した研究では (Bentin, Kutas, & Hillyard, 1993)、聴覚 N 400 における意味プライミング効果は、後の再認テストに備えて単語を記憶する課題で認められたが、単語リスト中の非単語を無言で数える語彙判断課題では有意でなかった。また、上記の結果と異なり、N 400 プライミング効果は頭皮上広範に分布し、むしろ前頭部で優勢であった。さらに、音韻照合課題を用いた研究で、単語・非単語、男声・女声に関わらず、先行するプライム語と音韻的に一致すると N 400 が減衰したが、語彙判断課題では単語にのみそうした音韻プライミング効果が生じた (Praamstra & Stegeman, 1993)。こうした結果は、視覚 N 400 と同様、聴覚 N 400 (プライミング効果) が課題 (語彙判断・記憶・音韻照合) 要請による処理の深さのみならず、運動反応様式 (できるだけ速い反応・無反応) や惹起刺激 (単語・非単語) によっても影響を受けることを示している。

Rugg は Melan との共同研究で (Rugg & Doyle, 1994)、単語を視覚と聴覚で半数づつ無作為な順序で提示し、被験者には時折 (17%) 提示される非単語を検出する語彙判断を課した。この事態で同一の単語を反復提示し (反復語間の挿入語数 6, lag 6)、反復の 1 回目と 2 回目とも聴覚 (聴覚–聴覚) あるいは視覚 (視覚–視覚) の条件とモダリティが変わる条件 (視覚–聴覚, 聴覚–視覚) を設けて、プライミング効果のモダリティ依存性を検討した。聴覚–聴覚と視覚–聴覚条件で観察された反復プライミングによる聴覚 N 400 減衰は、ともに大きく、持続時間も長く、

広範に分布し、刺激後約 400 ms で始まった。ところが、2 回目が視覚提示の場合、視覚—視覚条件では反復効果が刺激後 300 ms あたりから始まったのに対し、聴覚—視覚条件ではその立ち上がりが 100 ms ほど遅れた。こうした条件間の違いを説明する仮説として、Rugg & Doyle(1994) は聴覚提示と視覚提示の単語に対する符号化の違いを挙げている。この仮説に従うと、単語は聴覚・視覚提示とも音韻的符号が形成される。2 回目提示が聴覚(すなわち、聴覚—聴覚と視覚—聴覚条件)では、1 回目提示のモダリティに関わりなく同程度に音韻的符号化が生ずるので、同等の反復効果が ERP にみられる。他方、正書法上の (orthographic) 符号は単語が視覚的に提示された時にのみ形成される。従って、視覚—視覚条件では正書法上の処理が重複するが、聴覚—視覚条件ではしない。この差が ERP に表現されたというのである。

意味プライミング効果をモダリティ間で調べた研究では、プライムが視覚提示の場合、聴覚標的の N 400 減衰は刺激後 200 ms あたりから始まり、300—500 ms の間で頂点に達した。意味プライミング効果の立ち上がり時間はモダリティ間でほとんど変わらなかったが、その初頭部分(刺激後 150—250 ms)に頭皮上分布の違いを見いだした。この結果を Pratarelli (1994) は感覚特異処理とモダリティ間で共通する意味処理を示すものと考えている。

次に、聴覚 N 400 の基本的特性を調べた筆者らの最近の結果について述べておきたい。まず、図 1 に示すのは、2 音節(平均持続時間(ms) $\pm$ SD: 266 ± 64)、3 音節(381 ± 69)、5 音節(638 ± 101)と音節数の異なる単語音声が無作為な順序で提示し、N 400 における音節数の影響を調べた実験の結果である(治部・沖田・八木, 1994 a)。被験者の課題は、時折提示される非単語を検出する語彙判断であった。N 400 の立ち上がり時間をみると、音節数に関わらず、250 ms 前後と変わらない。音節数の違いは N 400 の持続時間として認められる。視覚で観察されるような N 400 に後続する陽性波はみられない。立ち上がり時間の値は、上記の Holcomb & Neville (1990) にほぼ一致し、追唱課題を用いた Marslen-Wilson (1973) の実験と照合すると非常に興味深い。彼の実験で、270 ms より短い遅れで追唱できる被験者は成績がよかったが、270 ms を越える被験者ではとたんに追唱成績が落ちた。さらに、その実験で、追唱エラーを分析すると、エラーは単語

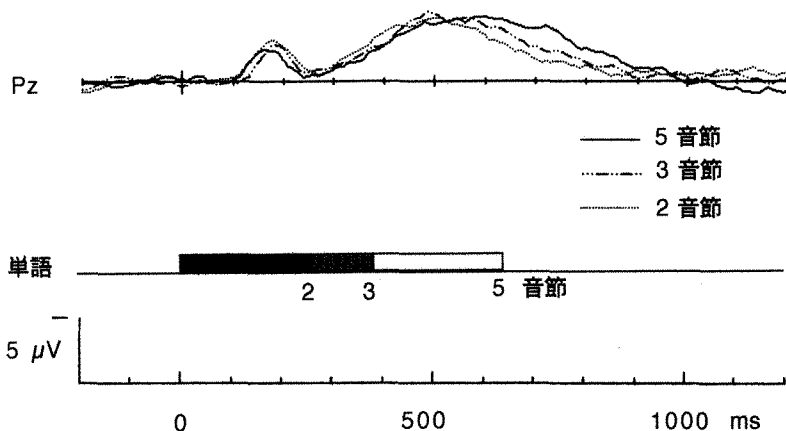


図 1 聴覚 N 400 における単語(名詞)音声の音節数の効果。2 音節(点線)・3 音節(2 点破線)・5 音節(実線)の単語に対して頭頂部(Pz)より記録された被験者(N=12)間総平均 ERP 波形を重疊して示す。上方が陰性。

の脱落や単語の追加が主で、文法的あるいは意味的には適切に保たれていた。こうした結果から、刺激後 250~270 ms で 1 音節目の比較的初期の知覚が成立すると推定できる。270 ms 以上の遅れで追従した被験者は、単語の意味的な内容まで知覚していたために、追唱の単語の脱落や文法的・意味的にそれを補う単語の追加があったのであろう。N 400 の立ち上がり時間はこの追唱実験の結果に呼応するものであり、Holcomb & Neville (1990) も指摘するように、単語の最終語音を待たずに、利用可能となった情報に基づいて単語の意味処理が直ちに始まるという Marslen-Wilson & Tyler (1980) や Zwitserlood (1989) の考えを支持する。N 400 はそうした単語の意

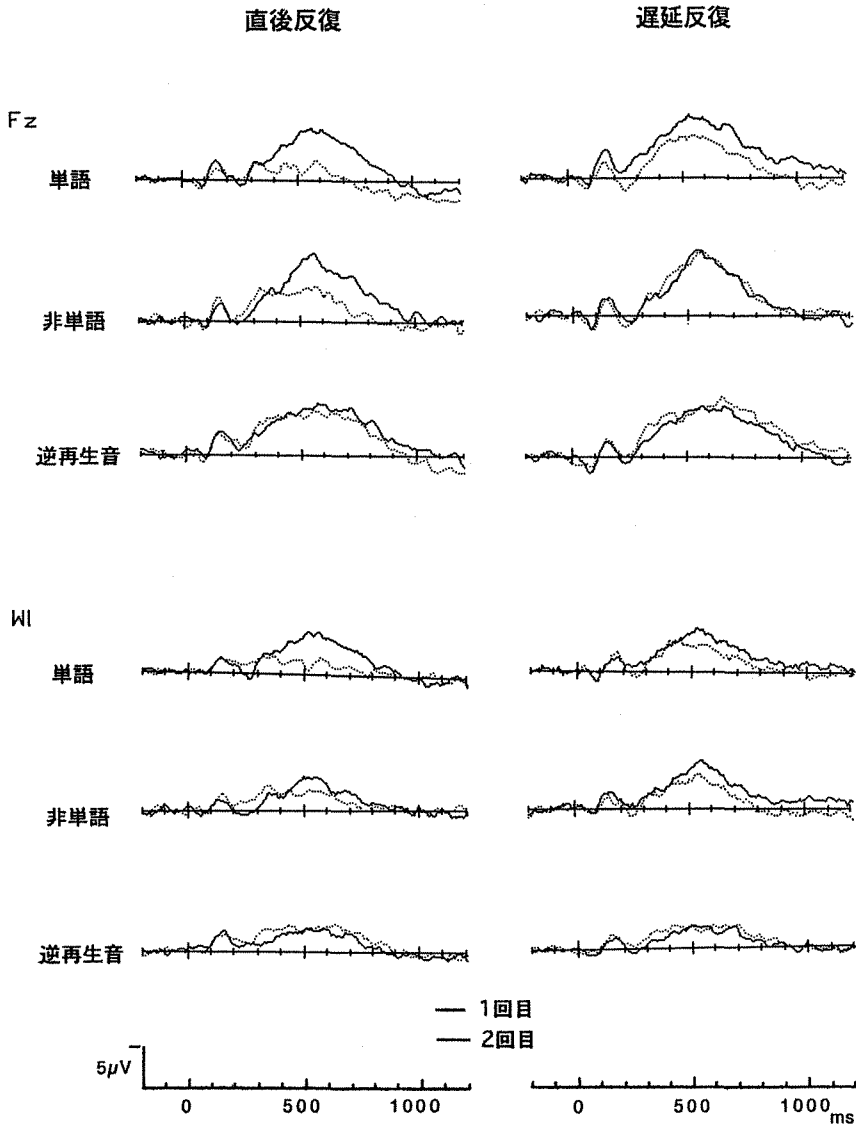


図 2 聴覚 N 400 における惹起刺激と直後・遅延反復の交互作用。単語・非単語・逆再生音に対して前頭部 (Fz) と左頭頂側頭部 (W1) より記録された被験者 (N=10) 間総平均 ERP 波形を、直後反復 (左側) と遅延反復 (右側) に分けて、1 回目 (実線)・2 回目 (点線) 提示を重畳して示す。上方が陰性。

味処理の開始とともに発達し始め、その持続時間は音節数にともない変化する意味処理の終了に
応ずるようである。なお、非単語検出に対する反応時間は、2音節で1,012 ms、3音節で1,040
ms、5音節で1,147 msと音節数に応じて延長したが、音節あたりの増加は単語音声(約120 ms/
音節)より短かった。

図2は、直後反復と遅延反復(lag 9 または 10)の比較とともに、N 400 における単語、非単語、
そして逆再生の音声の効果を検討した結果である(治部・沖田・八木, 1994 b)。非単語は「こも
て」といった発音はできるが意味のないもの、逆再生音は単語を逆再生したもので、音声の音響
的特徴はなく、発音のできない音である。被験者の課題は、単語リストでは時折提示される非単
語、非単語リストと逆再生音リストでは単語を検出することであった。まず、単語では、従来の
視覚 N 400 の結果(Bentin & Peled, 1990 ; Karayanidis, Andrews, Ward, & McConaghy,
1993 ; Nagy & Rugg, 1989) に一致して、直後・遅延ともに反復効果として N 400 減衰が生じ
ている。視覚と異なるのは、第1に、上記でも注目したように聴覚 N 400 が単相性の持続的な陰
性波を示す点である(ただし、ボタン押しなどの反応を要請すると、聴覚提示の刺激にも LPC が
惹起される)。第2に、遅延時間はむしろ短く、反復語間の挿入語数も少ないにも関わらず、語彙
判断課題において、直後に比べ遅延で N 400 反復効果が有意に減弱するのを認めた点である。こ
の知見は Bentin & Peled (1990) および Nagy & Rugg (1989) と異なる。Bentin & Peled (1990)
は、単語を単に記憶する課題でのみ、遅延反復による N 400 減衰効果がなくなるのを観察してい
る。Nagy & Rugg (1989) は直後反復語に N 400 より短い潜時で惹起される陰性波(約 200 ms
の立ち上がり)を認め、遅延反復との違いを報告している。非単語に惹起された N 400 では、直
後反復で減衰効果がみられるが、遅延反復では認めなかった。さらに、逆再生音では、直後・遅
延反復とも N 400 減衰を認めず、頭頂側頭部(W1)では N 400 の発達が小さくなった。非単語と
逆再生音の直後反復については、視覚の正書法的に正しい非単語と誤った非単語を用いた結果
(Rugg & Nagy, 1987 : 実験 2) と一致する。非単語と逆再生音の遅延反復効果をみた ERP 研
究は、今のところ見あたらない。逆再生音で W1 の N 400 が小さかった点については、先述の
Holcomb & Neville (1990) が同様の逆再生音で N 400 を認めなかったのと一致する。また、視
覚でも、正書法で誤った非単語では N 400 を認めていない (Holcomb & Neville, 1990 ; Nagy
& Rugg, 1989)。

4.2 単語処理と単語反復効果

これまで広く一般に受け入れられてきた(主に、視覚提示の)単語の知覚処理に関する考えを、
Van Petten & Kutas (1991) は5段階にまとめている。(1)入力から正書法あるいは音素的アク
セス符号を抽出する。(2)その符号を用いて、心的辞書で対応する単語を見つけ出す。(3)単語の語
彙項目をアクセスし、その基本的な意味の核心(core)をすべて活性化する。(4)先行文脈に基づ
いて、適切な核心的意味を選択する。(5)その時の状況や話し手の意図から、その単語の意味に関
連する広範な属性を推考し、文の意味を生成している先行の単語と統合する。これらの単語処理
過程は心的辞書の語彙アクセスを中心にその前と後に集約できる(李, 1987)。すなわち、上記の
(1)と(2)を合わせた語彙処理前過程、(3)の語彙アクセス、そして、(4)と(5)の語彙処理後過程である。

反復提示された単語に対する遂行の促進効果、すなわち、行動レベルの単語反復効果について
は、語彙アクセスと語彙処理後のエピソード記憶に関連づけて解釈されてきた(Karayanidis,
Andrews, Ward, & McConaghy, 1991)。語彙アクセスに関連づけるモデルによれば、反復効果

は同じ語彙表象に反復してアクセスすることで生ずる。すなわち、アクセスされた語彙表象は活性化閾が低下すると仮定する。(たとえば, Monsell, 1985; Morton, 1969; Scarborough, Cortese, & Scarborough, 1977; Scarborough, Gerad, & Cortese, 1979)。エピソード記憶を強調するモデルでは、文脈に関わる先行提示の情報を重要視し、単語の初回提示で形成されたエピソード記憶痕跡を反復アクセスすることから生ずる (Feustel, Shiffrin, & Salasoo, 1983; Jacoby, 1983 b)。語彙アクセスのモデルを支持する結果としては、疑似単語に比べ単語反復で明瞭な促進効果がみられること (Monsell, 1985; Scarborough et al, 1977)、語彙判断課題では反復効果が数分 (Monsell, 1985; Ratcliff, Hockley, & McKoon, 1985; Scarborough et al, 1977) から 24 時間以上を超えて持続すること (Jacoby, 1983 b; Scarborough et al, 1977)、それに対し、疑似単語では遅延で急速に効果が減衰すること (Scarborough et al, 1977)、さらに、語彙検索に影響すると考えられる単語の出現頻度と単語反復には交互作用があること (Jacoby, 1983 a, 1983 b; Scarborough et al, 1977) から、共通の処理過程、特に語彙表象の活性化閾に影響すると推定できること (Monsell, 1985)、などがあげられる。他方、エピソード記憶のモデルを支持する結果には、見知らぬ顔といった非言語刺激で反復効果が観察されること (Bentin & Moscovitch, 1988)、課題関連要因と文脈関連要因の両者が反復効果の大きさに影響すること (Bentin & Moscovitch, 1988; Jacoby, 1983 a, 1983 b; Oliphant, 1983; Ratcliff et al, 1985)、などがある。

こうした各モデルを支持するデータに加え、時間経過に伴う反復効果の変動など、語彙アクセスあるいはエピソード記憶のいずれか一方で十分に説明し難い実験結果も報告されている。直後(数秒の提示間隔の)反復では、さまざまな課題で刺激材料(単語・疑似単語・非言語刺激)やプライミング(初回提示)刺激の意識的再認性に関わらず、顕著な促進効果(反応時間の短縮)が観察されている (Bentin & Moscovitch, 1988; Dannenbring & Briand, 1982; Forster & Davis, 1984; Humphreys, Besner, & Quinlan, 1988; Monsell, 1985; Ratcliff et al, 1985; Scarborough et al, 1977)。他方、遅延(1項目あるいはそれ以上の項目を挿む)反復では、促進効果は直後反復に比べて小さいが、挿入項目数が増加しても効果の減少はほとんど生じない (Monsell, 1985; Ratcliff et al, 1985)。また、遅延反復の促進効果は、課題や反応操作によって影響を受ける (Bentin & Moscovitch, 1988; Hockley, 1982)。

こうした直後反復と遅延反復の違いから、それぞれの効果には語彙処理とエピソード記憶が関与するという2過程モデルが提出されている。Forster & Davis (1984) は直後反復と遅延反復の各効果に語彙アクセスとエピソード記憶が個別に作用すると仮定する。彼らによれば、直後反復効果は先行入力ですでに活性化している同一語彙項目を反復アクセスした結果である。この活性化は、多くの語彙項目が同時に活性化して語彙処理系が過負荷とならないように、1-2秒で衰退する。持続的な遅延反復効果はエピソード記憶痕跡の反復アクセスを反映すると仮定する。別の2過程モデルを提唱している Ratcliff et al (1985) は、直後反復には語彙アクセスとともにエピソードの両要因が影響し、遅延反復には主にエピソード記憶が関与すると、両要因の作用に重複を仮定している。

4.3 N 400 に関わる単語処理過程

N 400 についても、単語同定の基礎過程あるいは語彙アクセスに関連づける考え (Kutas & Hillyard, 1984; Van Petten, Kutas, Kluender, Mitchiner, & McIsaac, 1991) と、語彙処理後のエピソード記憶に関連づける考え (Bentin & McCarthy, 1994; Rugg, 1990; Rugg & Doyle,

1994)に大別することができる。語彙アクセスの考えに従えば、N 400 は心的辞書内の語彙表象の活性化(あるいは、閾値)を反映し、単語提示時の活性化が高いほど(閾値が低いほど)N 400 振幅は小さい。他方、語彙処理後の考えでは、N 400 は刺激文脈との統合過程を反映する(Bentin & McCarthy, 1994; Rugg & Doyle, 1994)。先行項目によって(候補として)絞られている項目ほど統合が容易となり、容易なほどN 400 は小さい。文脈統合は刺激処理に随伴する過程であり、エピソード記憶への符号化過程の一部と考える。あるいは、別の語彙処理後仮説では、活性化されている意味構造へのアクセスにN 400 を関連づけて考えている(Bentin & McCarthy, 1994)。この意味情報は語彙項目と関わる場合もあれば、絵や疑似単語のように語彙項目に関わらない場合もある。反復効果は、先行する単語がその意味情報をすでに活性化していることで、意味記憶への反復アクセスが省略され、N 400 減衰が生ずると解釈する。

疑似単語に対するN 400 と反復提示に伴う減衰効果は、語彙アクセスに関連づけて考えると、疑似単語も語彙処理系をアクセスし、類似の単語表象を一部活性化したと推定できる。発音不可能な非単語には、N 400 が(聴覚提示では、少なくとも頭頂側頭部(W1)で)ほとんど惹起されず、N 400 減衰反復効果もみられなかったのは、そうした非単語がアクセス前に除外されてしまったことを示す(Rugg & Nagy, 1987)。しかし、文脈統合仮説に従うと、発音可能な疑似単語のように(視覚提示では、正書法上で違反しても)音韻レベルで符号化が可能な場合には、その符号が先行刺激文脈と統合されるので、それを反映してN 400 が発達し、反復効果が観察される。発音不可能な非単語については、そうした符号を活性化できないので、文脈統合処理ができず、N 400 が惹起されないし、反復効果も観察されない。すなわち、N 400 は語彙処理後に相当する文脈統合過程に関連する電位とみなされる(Rugg & Doyle, 1994)。

直後反復と遅延反復では、先に述べたように、N 400 への影響は明らかに異なる。遅延反復でN 400 減衰効果が弱まった点は、語彙アクセス仮説や意味アクセス仮説に基づく、時間経過に伴う語彙表象の活性化の減衰によると説明できる。文脈統合仮説では、時間経過よりも同一項目が提示される文脈の違いで解釈する。いずれの仮説も説明できるが、従来の行動レベルの研究から直後(あるいは、短い遅延)反復と(長い)遅延反復における重要な2点の違いが指摘されている(Bentin & McCarthy, 1994)。ひとつは、直後反復では熟知度に関わらず課題遂行に促進効果がみられるのに対し、遅延反復では熟知性の高い刺激にのみ効果が現れる点である。第2に、反復効果は直後で最大で、2項目以上の遅延となると効果は急速に落ちる点である。これらの知見は、先述の2過程モデルを支持し、直後反復と遅延反復で異なる処理過程が関与することを示唆する。たとえば、直後反復では、初回提示に関するエピソード痕跡を顕在化することによって、冗長な意志決定や反応選択過程が省略され、反復提示の反応が加速されと考えられる(Forster & Davis, 1984; Jacoby & Brooks, 1984)。また、直後反復では、刺激再認時間が短縮し、それによってパターンの熟知度や遂行の促進効果が生ずる可能性もある(Salasoo, Shiffrin, & Feustel, 1985)。他方、エピソード記憶が弱い遅延反復では、潜在的記憶検査に現れるように、以前に活性化された知覚痕跡にはアクセスが容易となり、反復効果が生ずると推定できる(Bentin & McCarthy, 1994)。

Bentin & McCarthy (1994) は、反応時間とERP 測度における直後反復効果に対する課題の影響を検討した。反応時間では、課題の複雑さに関わらず反復効果が得られたが、ERP 測度(N 400・P 300)では意志決定に時間がかかる複雑な課題(語彙判断・相貌再認・文字探索)でのみ反復効果がみられ、単純な課題(顔/非顔弁別・単語/数字弁別)で効果を認めなかった。こ

の知見から、反応時間の直後反復効果には刺激再認の促進と意味情報アクセス（意味記憶検索）の省略という両要因が関与するが、ERP には後者のみが影響し、意味アクセス時に発達する N 400 は反復に伴うアクセスの省略によって減衰すると考えた。また、浅い（意味検索を必要としない）処理で遂行が可能な文字探索課題で反復効果を認めたことから、意味情報への自動的アクセスを示唆した。課題によって変わる処理の深さが N 400 反復効果に影響することから (Bentin, Kutas, & Hillyard, 1993), 意味アクセスは注意制御型の認知機構と推定できるが、このことは完全に自動的な面を否定するものではない (Bentin & McCarthy; 1994)。文字探索は意味情報を必要としないが、課題は難しく、意志決定には時間がかかる。この間、自動的にトリガーされた意味アクセスが進行し、それを反映して N 400 が惹起される。顔／非顔弁別と単語／数字弁別のように意志決定が直ちにできる課題では、意志決定に従って反応系をトリガーし、それによって自動的意味処理（意味アクセス）を停止するので、初回提示から N 400 はあまり惹起されず、反復効果もみられないと推定する。要するに、この仮説では、N 400 は刺激の意味アクセスに伴って発達する。直後反復に伴う N 400 減衰は、作動記憶（working memory）に残っている直前の意志決定が意味アクセスを省略させ、刺激のカテゴリ分けを速め、反応選択を早めて、それが単語提示で自動的に進行し始める意味分析を打ち切ることで生ずる。すなわち、この仮説によれば、直後反復の N 400 はエピソード痕跡の顕在化が関わる意志決定関連要因によって変わる。

また、聴覚 N 400 はプライム語と標的語の音韻関係にも鋭敏に応ずる (Praamstra & Stegeman, 1993)。プライム語と韻が一致しない標的語には一致する場合に比べ、大きな N 400 が惹起される。この音韻効果は、プライム語と標的語の音声の異同に関わらず観察されたことから、単に物理的な不一致に由来する効果ではないことがわかる。また、音韻照合のみならず、語彙判断課題の遂行中でも音韻効果が観察され、被験者の意図とは関係なく、自動的に実行される音韻処理にも聴覚 N 400 が関連すると推定できる。

4.4 言語処理に関わる他の ERP 成分

LPC を伴わない持続的な単相性の聴覚 N 400 (図 1・図 2 参照) を考察する上で参考になると思うので、LPC について少し触れておきたい。特に視覚提示の刺激には N 400 に一部重畳して後期陽性成分 (すなわち、LPC, P 300, あるいは P 600) が後続するが、この LPC についてもいくつかの単語処理過程との関係が推定されている。Rugg (1990; Rugg & Doyle, 1994) によれば、記憶再認の 2 過程モデル (Jacoby & Kelly, 1991; Jacoby & Dallas, 1981; Mandler, 1980) に基づく単語の“相対的熟知度 (relative familiarity)”を反映する。実験事態で反復提示された単語は、日常生活で出現頻度の低いほど、1 回目と 2 回目の熟知度の相対的な違いが大きい。2 過程モデルでは、単語が初めて提示された (“NEW”) か否か (“OLD”) を判断する記憶再認テストで、出現頻度の高い単語より低い単語ほど成績がよいのは、判断の手がかりとなる相対的熟知度の違いが大きいためと考える。同様に、LPC も低頻度の単語ほど反復効果が大きいことから、相対的熟知度との関係が推定された。Van Petten et al (1991) の仮説では、意味情報とエピソード情報を長期記憶から取り出し、作動記憶の内容と統合する (すなわち、内容を更新する) 過程を反映する。記憶との関連は、LPC が単語反復にも出現頻度にも鋭敏に応ずることから推定された。また、この場合、LPC を従来の P 3b 成分とみなしており、LPC 反復効果を記憶と関連づける解釈は新しいが、作動記憶の更新や記憶からの取り出しと LPC の関連づけは Donchin (1981; Donchin & Coles, 1988; Donchin & Fabiani, 1991) の考えに従っている。さらに、Halgren

(1990)は、N 400 と LPC を複合波とみなし、分離できる成分とは考えていない。彼によれば、語彙アクセスと文脈統合は単一の過程である。この過程は単語入力の語彙符号化でトリガーされ、認知文脈に刺激の意味を統合する容易さによって変わり、複合波はそれによって影響を受ける。

さらに、ごく最近の論文で Nobre & McCarthy (1994) は、中心・頭頂部優勢に広範に分布する N 400 に加え、左前頭・側頭部に分布する N 330 を見い出した。プライミング効果として N 400 が減衰するの対し、N 330 は増強する。この N 330 と対比させ、彼女らは頭皮上電位分布とともに頭蓋内 ERP 記録や PET 研究も参考に、N 400 の発生源としては言語処理に関わる視床・大脳基底核・帯状回といった脳深部と推定した。それに対し、N 330 発生源の候補としては(1)ウェルニッケあるいはブローカの言語領域、(2) PET や MRI 研究で意味操作時に活性化する前頭皮質の左前下部、あるいは(3)意味表象の貯蔵とアクセスに関わると示唆される左側頭新皮質をあげている。機能的には、N 400 が語彙アクセス後の過程に関連するという考えを支持するとともに、左側電位分布と短潜時の特徴から N 330 は語彙あるいは意味アクセスを反映する可能性が高いと述べている。筆者らもごく最近の実験で、聴覚提示単語の直後反復に対して類似の陰性電位の増強を見いだしている (図 12 参照)。

4.5 N 400 のまとめ

こうして、N 400 と単語反復に伴う減衰効果は、大別すると、語彙アクセスと語彙処理後の過程に関連づけられて解釈されてきた。語彙処理後の過程は、さらに、文脈統合と意味情報へのアクセスが推定されている。また、直後反復と遅延反復で観察される N 400 減衰は、異なる過程を反映する可能性も指摘されている。この点は、N 400 が下位成分で構成され、それぞれが異なる処理過程と関わる可能性も示唆する。特に、聴覚 N 400 は、逆再生の音声 (非単語) に対し側頭・頭頂部で振幅減衰が顕著であるにもかかわらず、前頭部では単語と変わらず発達し、この知見は聴覚 N 400 の下位成分を示唆する。音韻処理に応ずる変化も、N 400 が反映する異なる処理側面を示唆する。聴覚 N 400 に限って言えば、前頭・中心部優勢な N 400 は前頭連合野にセンターをもつ作動記憶の働きに関連し、中心・頭頂部に広範に分布する N 400 は 250 ms という N 400 の立ち上がり潜時を考慮すると、語彙アクセス自体より語彙処理後の過程を反映する可能性が強い。さらに、前頭部優勢な N 400 については、前頭部最大に分布する注意関連陰性電位 (Nd) の後期成分が多分に重畳したもののようにみえる。後期 Nd は注意チャンネルの刺激検出に伴う注意容量の再配分過程 (Okita, Konishi, & Inamori, 1983), あるいは特定の刺激に注意を向けさせておくスーパーバイザー的過程 (attentional supervisor) と関連づけられており (Naatanen & Picton, 1987), これらは作動記憶の中央指令装置 (central executive) にほぼ相当し (Gathercole & Baddeley, 1993), 上記の機能的な意味付けと矛盾するものではない。加えて、聴覚 N 400 は持続的な単相性の波形を示すのに対し、視覚 400 には後続して LPC が惹起され、この LPC についても単語処理過程との関係が推定されている。持続的な聴覚 N 400 がそうした LPC に反映される処理にも併せて関わることもあり得る。

Van Petten & Kutas (1991) も指摘するように、N 400 は単語処理の様々な側面と関わるようであるが、さらに分析的に検索することにより、N 400 と一部重畳して発達する Nd や N 330 といった電位が明らかとなり、言語処理に関わる ERP の理解は深まることと思う。

5 N 400 で探る注意選択機能

5.1 視覚 N 400 による検討

McCarthy & Nobre (1993) は左右の視野に無作為な順序で単語を呈示し、被験者には一側の視野で特定のカテゴリに属する単語を検出させた。図 3 に示すように、注意視野の単語にはカテゴリ判断に応ずる N 400 が発達し、意味プライミングと反復プライミングに伴う N 400 減衰も観察された。他方、非注意視野では N 400 が全体に小さく、有意なプライミング効果を認めなかった。本結果は、N 400 が単語表象を活性化する語彙アクセス過程に応ずる電位なら、単語認識以前の入力選択を示す証拠となる。しかし、N 400 が注意側刺激にのみ発達することからも分かるように、N 400 が語彙処理後の意識的処理(意味アクセス、文脈統合など)を反映するとなると(小山, 印刷中), 問題が残る。非注意入力 が語彙処理系にアクセスし、単語表象をプライミングしていたとしても、その単語に対する意識的処理が実行されなければ、N 400 は発達せず、当然の結果として、N 400 減衰も観察されないことになる。

また, Otten, Rugg, & Doyle (1993) は、文字の色(赤と緑)を変えて、2つの文字列(単語または非単語)を凝視点の上下に同時に呈示した。被験者の課題は指定された色の刺激に注意を払い、意味のない非単語を検出することであった。この事態で同じ単語が連続して注意色で反復呈示されると(注意—注意反復)、2回目呈示の反復語には1回目呈示に出現した N 400 様の電位が減少し、陽性方向への電位シフトが生じた。さらに、各単語呈示直前に注意方向の手がかりを

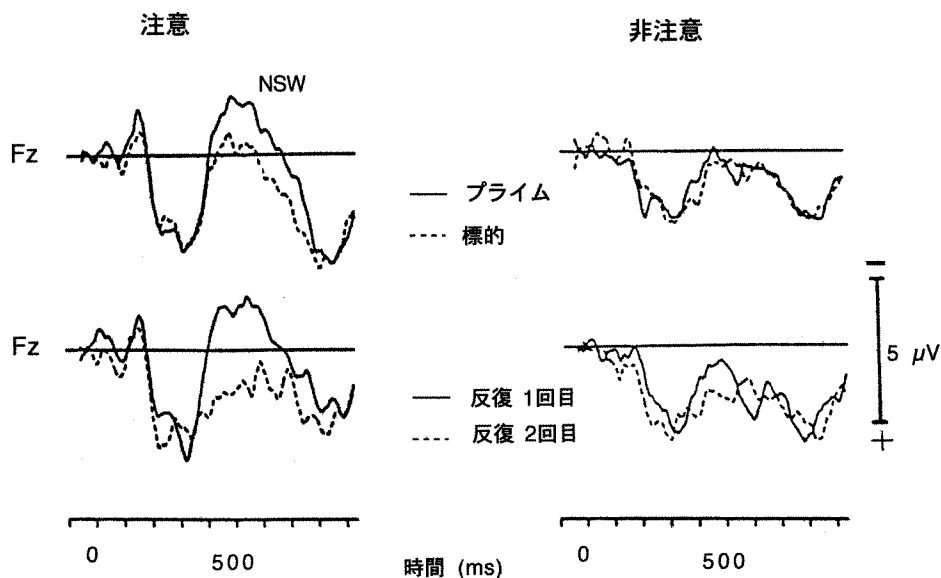


図 3 視覚 N 400 における注意効果。意味的に関連する単語対のプライム(実線)と標的(点線)、反復語の1回目(実線)と2回目(点線)に対して前頭部(Fz)から記録された被験者(N=13)間総平均波形をそれぞれ重畳して示す。注意視野刺激には明瞭な N 400 の発達と意味・反復プライミングに伴う減衰が観察されるが(左欄)、非注意視野刺激には N 400 がほとんど発達せず、プライミング効果もみられない(右欄)。上方が陰性となるように極性を反転して、McCarthy & Noble (1993) より引用。

与えると、1回目または2回目のいずれかが注意の対象となるだけで(注意—非注意, 非注意—注意反復), 上記の直後反復効果としての陽性シフトが僅かではあるが認められた。Otten et al (1993) はこうした反復効果を文脈統合 (Rugg, Furda, & Lorist, 1988), 記憶の取り出し (Bentin & Peled, 1990), あるいはエピソード記憶における符号化 (Cowan, 1988) に必要な意識的制御処理に関連づけて解釈した。また, 反復語の1回目が非注意, 2回目が注意刺激となった場合に, 僅かながら N 400 減衰が生じたことから, 非注意入力も語彙処理され, エピソード記憶にエントリ—される可能性を示唆した (Rugg et al, 1988)。

5.2 聴覚 N 400 による検討

Bentin (1994) は, 被験者の左耳と右耳に異なる単語を同時に提示した。この両耳分離提示を

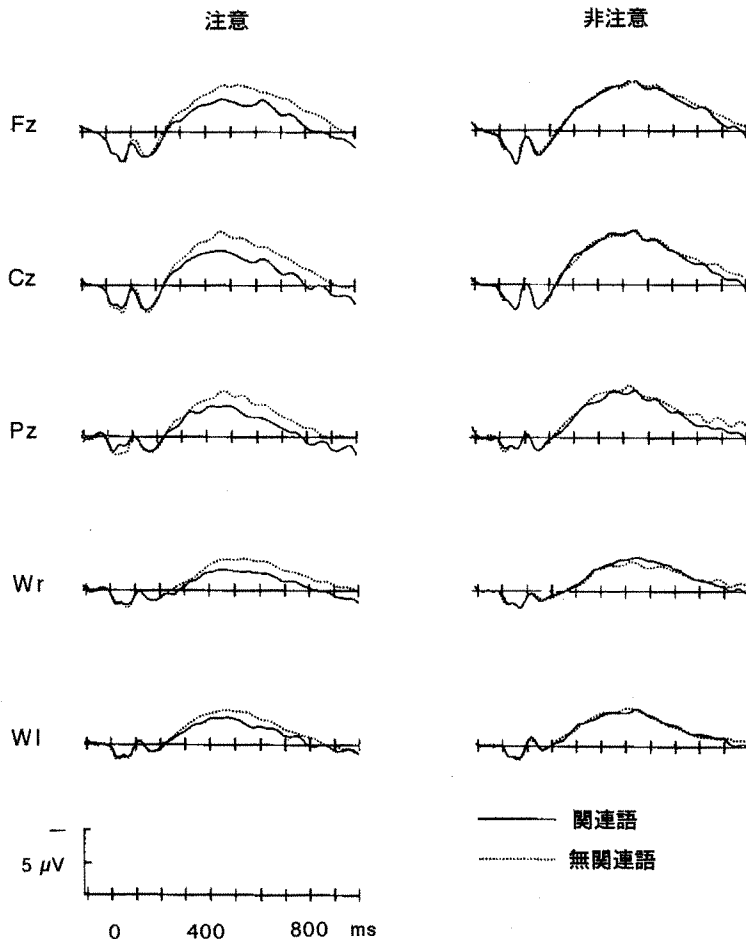
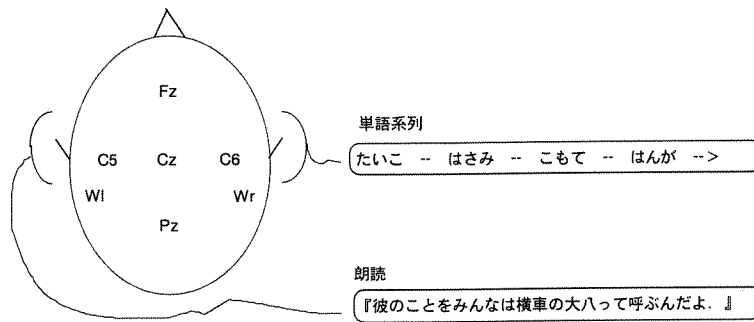


図4 聴覚 N 400 における注意効果。意味関連語が先行する条件 (実線) と無関連語が先行する条件 (点線) で記録された被験者 (N=13) 間総平均波形を記録部位別に重畳して示す。注意耳側では意味プライミングによる N 400 減衰がみられるが (左欄), 非注意耳側には認められない (右欄)。上方が陰性。Bentin (1994) より引用。



単語注意条件：語彙判断課題を遂行
非単語を検出し，反応ボタンを押す

朗読注意条件：朗読を聴取
単語を無視

図 5 実験 1 の刺激事態と課題条件を示す模式図。

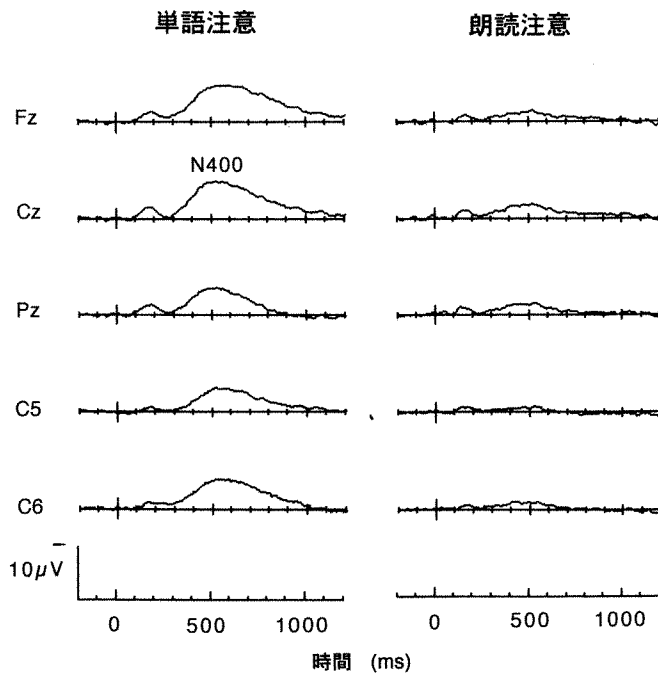


図 6 実験 1 で観察された聴覚 N 400 における注意効果。単語注意時（左欄）と朗読注意時（右欄）において記録された被験者 (N=14) 間総平均波形を記録部位別に表示。上方が陰性。

1 秒毎に行い、被験者にはいずれか一侧の耳に注意を払い、その注意側に提示される単語を記憶するように教示した。彼らは意味プライミングに应ずる N 400 減衰を調べ、図 4 に示すように、注意耳側では N 400 減衰が生じたが、非注意耳側では認めなかった。この実験では、注意-非注意間で意味的関連単語が交叉する条件を設けていない。

5.2.1 聴覚 N 400 における注意効果 (実験 1)

筆者らは、一侧の耳に音声語リスト、他側に朗読を呈示し、単語注意条件と朗読注意条件を設けた実験を行い、まず予備的な資料を収集した(図 5 参照)。単語注意条件では、被験者は音声語リストに注意を払い、語彙判断課題を遂行した。朗読注意条件では、単語リストは無視し、朗読の内容を聞き取るように教示した。1 リストあたりの音声語数は 30 単語と 5 非単語であった。音声語は 2 秒毎 (SOA) に呈示した。図 6 に示すように、単語に惹起された ERP には、単語注意条件で頭皮上広範に分布する大きな N 400 が発達したが、朗読注意条件では僅かな N 400 しか観察されなかった。この結果は、McCarthy & Nobre (1993) の視覚 N 400 における知見に一致し、N 400 が多分に意識的な制御処理に应ずる電位を含むことを示す。この聴覚 N 400 における注意効果を踏まえ、詳細な分析を遅延反復と直後反復事態で試みた。

5.2.2 リスト内遅延反復における注意効果 (実験 2)

筆者の最近の実験 (沖田, 1993) で、被験者の左耳または右耳に 3 音節の音声語 (単語または非単語) を継時的に無作為な順序で、約 1.4 秒毎に呈示した。同一の単語反復は、図 7 に示すように、9 語を隔てた同側 (同側先行反復) あるいは対側 (対側先行反復) の 2 条件を設けた。加えて、一侧の耳への注意集中を促進するため、朗読を両耳間の中央から聞こえるように呈示した。被験者にはいずれか一侧の耳に注意を集中し、時折呈示される非単語を検出する選択的語彙判断課題を課した。図 8 は頭頂部 Pz から記録した ERP 波形である。同側先行反復では、注意側の場合 (aA)、上述の視覚刺激実験と同様、反復効果として N 400 減衰が生じ、非注意反復 (uU) では N 400 自体の発達が小さく、反復効果もみられなかった。他方、対側先行反復条件では、2 回目の注意側呈示 (uA) に N 400 は減衰せず、Otten et al (1993) と異なる結果を得た。この知見は 1 回目の非注意側呈示に対する語彙処理が注意側への 1 回目呈示とは明らかに異なることを示唆する。ただ、1 回目呈示が対側の注意側先行反復 (aU) では、Otten et al (1993) が報告するように、他の非注意時 (Ua)

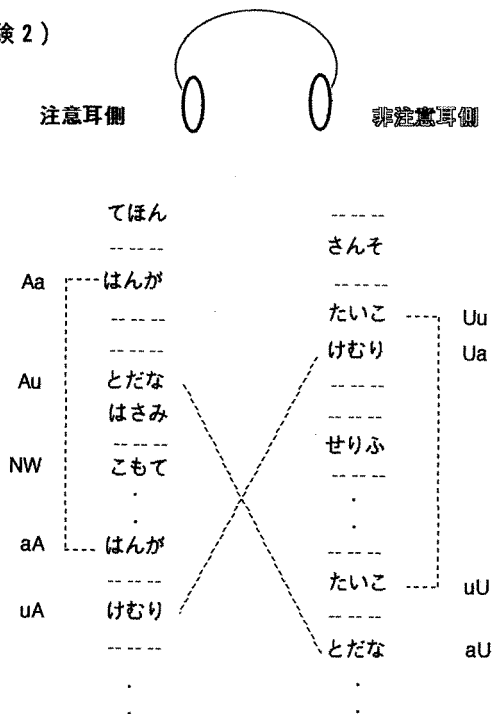


図 7 実験 2 の刺激条件を示す模式図。Aa, aU といった略称は反復語の条件を示し、大文字は当該刺激の提示側、小文字は同一単語の先行または後続時の提示側、A/a は注意側、U/u は非注意側提示を表す。Aa/aA と Uu/uU は同側先行反復、Au/aU と Ua/uA は対側先行反復を示す。

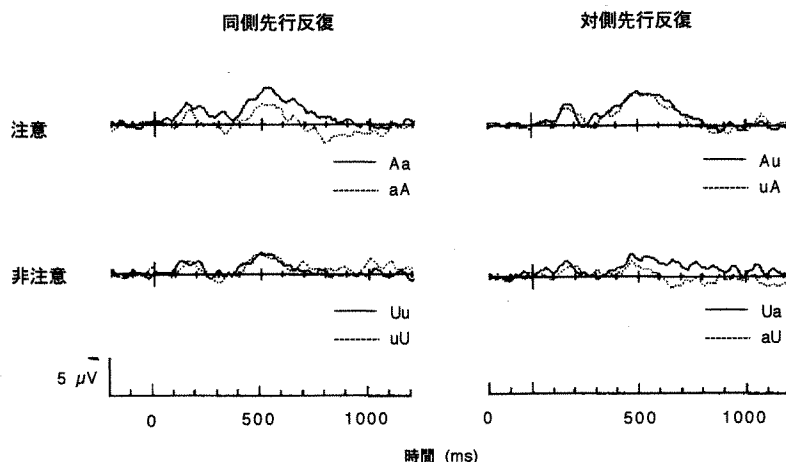


図8 リスト内遅延反復効果を調べた実験2で、選択的語彙判断時に頭頂部 (Pz) より記録した被験者 (N=14) 間総平均 ERP 波形。上段は注意側単語音声に惹起された ERP, 下段は非注意側単語音声に対する ERP を示す。それぞれ、左欄は同側先行反復、右欄は対側先行反復で、反復語の1回目呈示 (実線) と2回目呈示の波形 (点線) を重畳して描いてある。Aa, aU といった略称は図7に対応する。上方が陰性。

N 400 に比べ、2回目の非注意側呈示 (aU) に僅かではあるが、統計的に有意な N 400 減衰がみられた。注意の対象となった単語入力は、後続する非注意側呈示の単語に何らかの影響があるようである。

5.2.3 リスト間遅延反復における注意効果 (実験3)

さらに、筆者ら (沖田・治部, 1994) は、刺激リスト間の長い遅延反復でも上記と同様の検討を加えた。この実験では、先の実験1と同様 (図5参照)、一側の耳に音声語リスト、他側に朗読を呈示し、音声語リストに注意を払う語彙判断課題条件と朗読聴取課題条件を設けた。1リストあたりの音声語数は35個 (30単語と5非単語) で、そのうち20個の単語を連続する系列で順序を変えて反復して使用した。音声語は2秒毎に呈示したので、実験ブロック (1リスト呈示) あたり70秒であった。ブロック間には、次のブロックにおける条件の教示や多少の休息を含め、約60秒を要した。結果は、反復間隔が上記の注意・遅延反復実験 (12秒程度) に比べてはるかに長い (約60–130秒) にも関わらず、注意側先行反復条件 (aA) で明瞭な N 400 減衰がみられ、反復効果が持続することを示した。また、実験2と同様、1回目の呈示が非注意側 (朗読注意) では、次の実験ブロックにおける注意側への呈示 (uA) に対し、反復効果は生じなかった。しかし、先の実験と異なり、注意-非注意反復では、2回目呈示の非注意側 (aU) N 400 に他の非注意側 (Ua) N 400 との相違はみられなかった。この実験2との相違は、音声語が左耳・右耳いずれかに無作為な順序で呈示される (実験2) よりも、一側の耳にほぼ一定間隔で音声語が呈示される (実験3) 方が一側の音声語リストに注意を集中しやすいことに起因するようにもみえる。この点も踏まえ、次の直後反復実験では、Bentin (1994) のように、異なる音声語を左右の各耳に同時に呈示する刺激リストを用いた。

5.2.4 直後反復における注意効果（実験 4）

上記の実験 1・2・3 とともに、同一の単語が非注意に先行する場合、2 回目の注意時(uA) N 400 に反復効果はみられなかった。非注意側への呈示直後に、注意側に同一語を反復呈示する条件(非

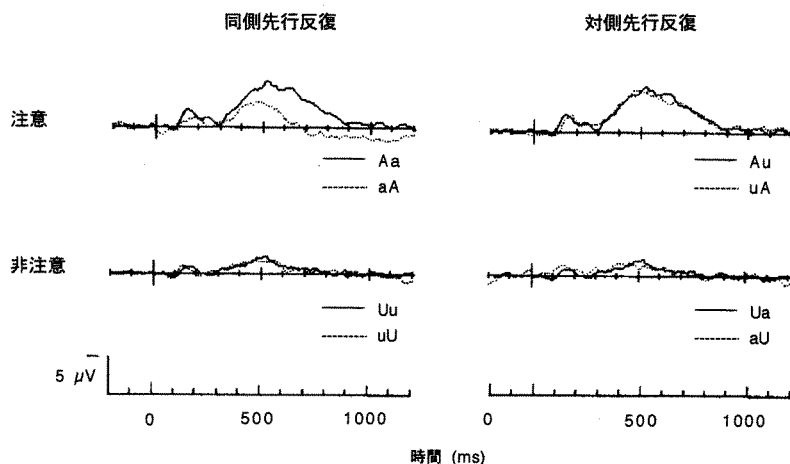


図 9 リスト間遅延反復効果を調べた実験 3 で、選択的語彙判断時に頭頂部 (Pz) より記録した被験者 (N=20) 間総平均 ERP 波形。1 回目呈示の ERP 波形が同側先行反復と対側先行反復の条件間で加算平均してある以外、図 8 の説明に準ずる。

注意—注意反復) でも、同様の結果が得られるであろうか。本実験 (沖田・治部, 1994) では、実験 2 の音声語リストを基に、遅延反復を直後反復に変更するとともに、分析対象となる音声語に同期させた別の音声語を対側の耳に追加した (図 10 参照)。図 11 に示すように結果は明瞭で、遅延反復および Bentin (1994) に一致して、注意—注意の同側先行反復 (aA) において、反復効果として顕著な N 400 減衰が観察された。非注意側先行では、直後の注意側反復語 (uA) N 400 に減衰はなかった。しかし、注意—非注意反復 (aU) では、リスト内遅延反復の実験 2 および Otten et al (1993) と同様、僅かな量ではあるが、統計的に有意な N 400 減少が認められた。

さらに、今のところ十分に分析を行っていないが、同様のごく最近の実験 (沖田, 1994) で左前頭・側頭部で優勢な N 330 様陰性電位を認め、注意方向に関わらず直後反復に増強するこ

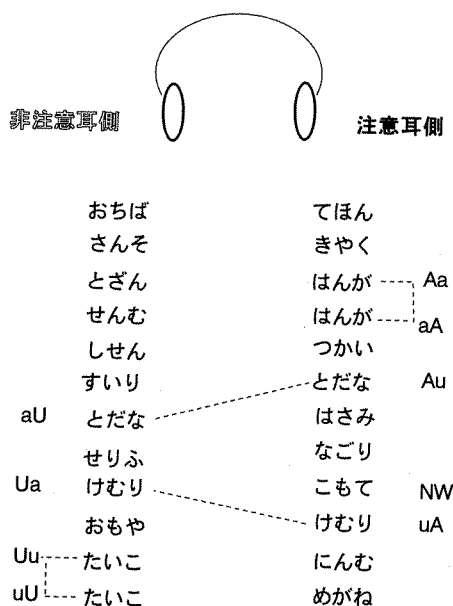


図 10 実験 4 の刺激条件を示す模式図。Aa, aU といった略称は図 7 に準ずる。

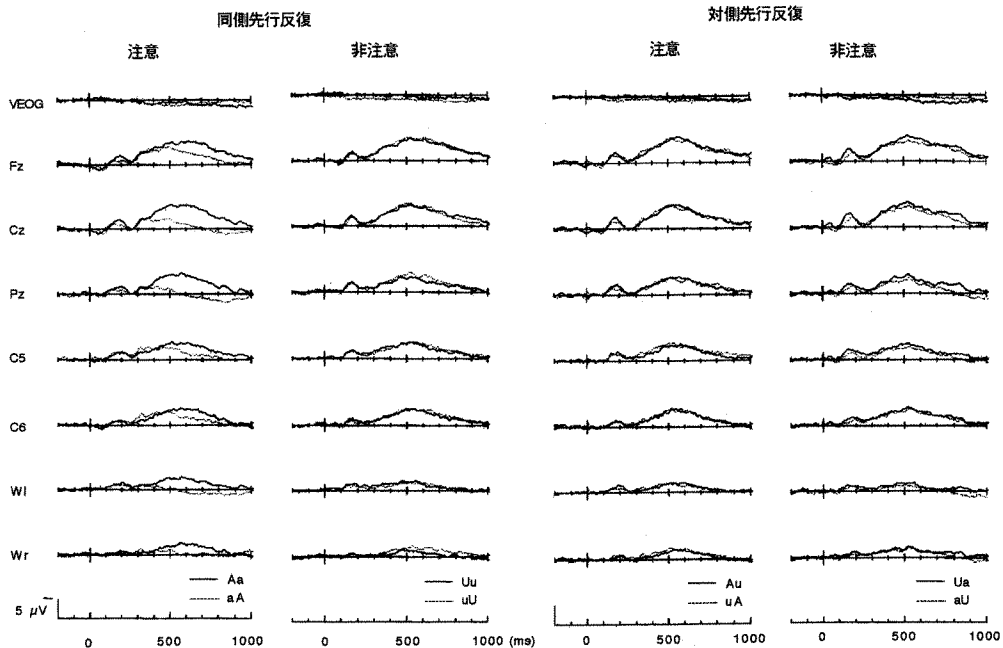


図 11 直後反復効果を調べた実験 4 で、選択的語彙判断時に頭皮上 7 部位 (図 5 参照) から記録した被験者 (N=14) 間総平均 ERP 波形。Aa, aU といった略称は図 10 に対応する。両側耳に同時に単語が呈示された本実験では、注意側・非注意側は反復語が呈示された耳側で表示してある。上方が陰性。

とを観察している (図 12 参照)。Nobre & McCarthy (1994) が推定するように、N 330 が語彙 (あるいは意味) アクセスを反映するならば、そうした過程は自動的に実行され、それ以前の段階で注意選択が作用しないようである。

5.2.5 聴覚 N 400 における選択的反復効果

上記の一連の実験では、音声語に対する明瞭な N 400 は注意時に大きく発達し、聴覚 N 400 が意図的な制御処理に関与する電位で多分に構成されることを示した。また、同一語の反復呈示が 2 回とも注意の対象となると、反復効果として大きな N 400 減衰が生じ、反復語に対する制御処理の負荷軽減との対応を示した。他方、非注意側への呈示は後続の反復語 N 400 に変化をもたらさず、注意対象外の音声語入力に対しては反復効果を発現する語彙処理の実行あるいは記憶系の変化がないことを示した。こうした選択的反復効果が直後反復でも観察されたことから、注意側では単語呈示直後 (1.5 秒以内) に効果が現れ、非注意側では呈示直後 (1.5 秒後) にはすでに効果のないことがわかる。さらに、遅延反復の結果は、注意時反復効果が 60 秒以上にわたって持続することを示した。

注意-非注意条件の直後反復とリスト内遅延反復で、Otten et al (1993) と同様、僅かな N 400 減少が生じた点は、注意選択機構が単語処理に悉無律的に作用するのではなく、Treisman (1969) が提唱したように、減衰的に働くことを示唆する (Otten et al, 1993)。この考えでは、非注意入力も僅かながら処理を受け、直前あるいは数十秒以内に注意の対象となった単語では、その処理

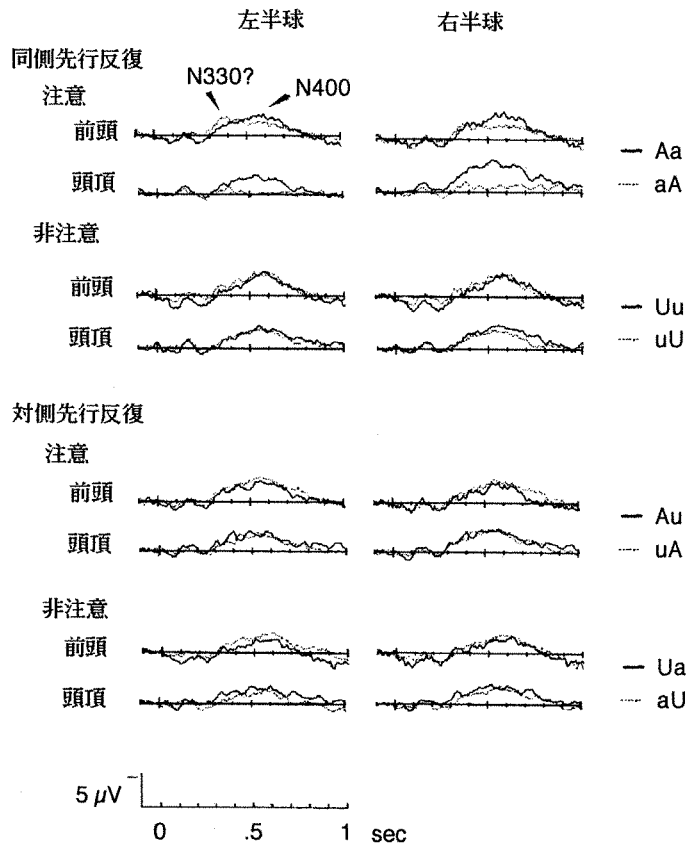


図 12 直後反復効果を調べた最近の実験で、選択的語彙判断時に前頭部と頭頂部の左右各半球 (F 3, F 4, P 3, P 4) より記録した被験者 (N=14) 間総平均 ERP 波形。実験 4 と同様、両側耳に同時に単語が呈示された本実験も、注意側・非注意側は反復語が呈示された耳側で表示してある。Aa, aU といった略称は図 7 に対応する。上方が陰性。

負荷が軽減され、それに応じて N 400 が減衰すると推定できる。注意対象外 (非注意) の単語処理は僅かであるので、後続する (少なくとも、SOA 1.5 秒以上における) 反復語の処理には影響しないようである。被験者の注意が時折一時的に非注意側に向けられた結果、非注意—注意条件の N 400 が減衰したとも推定できるが、非注意—非注意および注意—非注意条件で N 400 減衰が認められなかったことから、その可能性はなさそうである。

Van Petten et al (1991) のように、単語反復の N 400 減衰が同一語彙項目への反復アクセスによって単語同定処理に促進が生じた結果と考えると、筆者らの知見は明らかに注意の初期選択説を支持する。結果からすると、注意の対象となった単語は心的辞書へのアクセスで語彙表象を十分に活性化するので、反復語の再アクセスは容易となり、明瞭な N 400 減衰が生ずる。他方、非注意入力語は語彙アクセス以前に減衰され、活性化作用も弱く、反復効果をもたらさない。

4.3 節で述べたように、Rugg & Doyle (1994) は N 400 を語彙処理後の文脈統合過程に関連づ

けたが、この考えでは N 400 減衰における注意効果から情報選択の段階を語彙アクセスの前か後か決定しがたい。1 つは、語彙アクセス以前に入力が選択され、語彙項目を活性化した単語のみが文脈に取り入れられるという可能性である。別の可能性は、語彙処理後の段階で選択的注意が働き、文脈統合への情報が選択されることも考えられる。

また、Bentin & McCarthy (1994) に従うと、N 400 は単語提示によって自動的に始まる意味分析に応じて発達する。提示された単語の意味が先行刺激ですでに（部分的に）活性化した状態にある場合には、N 400 が減衰する。直後反復語では作動記憶に残された初回提示時の意志決定に基づいて反応選択が早まり、意味記憶へのアクセスは省略されるので、さらに大きな N 400 減衰がみられる。この考えでも、注意選択段階に 2 つの可能性がある。まず、語彙アクセス以前に注意機構が作用し、注意入力にのみ活性化した語彙項目の意味情報に自動的にアクセスして、意志決定の資料とすることが考えられる。第 2 に、語彙アクセスも意味情報アクセスとともに自動的に仮定すると、意志決定の前段階における情報選択が残される。しかし、この後者の考えは明らかに先に述べた実験の非注意－注意条件の結果に矛盾する。注意の対象とならなかった非注意側の単語は、直後に反復された時にも N 400 減衰をもたらさず、Bentin & McCarthy (1994) が仮定するような意味アクセスがなかったこと、すなわち、意味アクセス以前の注意情報選択を示している。もし意味記憶へのアクセスが自動的になく、意味処理段階で注意選択が働くとしても、N 400 が意味アクセスを反映するなら、非注意－注意条件における N 400 減衰の欠如は非注意入力の意味処理が実行されなかったことを示す。この結論は、Bentin (1994) が ERP 測定時の行動測度に基づく非注意耳側の入力も意味処理を受けるという結論と一致しない。

6 ま と め

注意理論の論点を概観した上で、単語反復に伴う N 400 変化を利用した ERP アプローチの可能性を筆者らの最近の知見を中心に探ってみた。今日広く研究されている N 400 は、頭頂・中心部優勢に頭皮上広範に分布する特性および出現潜時から、脳深部に発生源を持ち、語彙処理後の過程を反映する電位と推定できる。ごく最近の知見から、語彙（あるいは意味）アクセスを含む新皮質言語領野の働きは、左前頭・側頭部に分布する N 330 によって反映されるようである。さらに、選択的注意課題下では特に前頭部にも N 400 が大きく発達するが、この前頭 N 400 は多分に後期 Nd 陰性波で構成されるようにみえる。後期 Nd は注意の配分や課題の困難度によって影響を受け、作動記憶の中央指令装置に関わる電位と推定される。

こうした仮定に立てば、予備的なデータながら N 330 に注意効果がなかったことから、すべての音声単語（少なくとも、名詞）入力は注意の選択を受けることなく、心的辞書の該当する語彙項目をアクセスすると推定できる。頭頂・中心部優勢な N 400 に明瞭な注意効果がみられた点は、語彙処理後の段階で課題関連（注意）入力が選択的に優先的に処理を受け、その結果として、その刺激文脈に組み込まれ、エピソード記憶として残ることを示している。但し、非注意入力も同一語が直前に注意の対象となると若干の反復効果があるように、注意選択は悉無律的ではなく、減衰的に作用する。この語彙処理後の意識的に制御された処理過程は、前頭 Nd に反映される作動記憶の中央指令下で実行され、音声単語入力の意味が意識化（顕在化）するようである。

こうした考えをさらに実験的に確証していくには、N 400 下位成分や時間的に接近して惹起される電位の検証が急務であり、注意理論への今後の ERP アプローチを大きく左右すると思う。ERP 反応をうまく活用して、注意といった脳の認知機能に関わる諸問題に対処していくこと

によって、今後の心理学の発展に寄与できることを期待している。

文 献

- Allport DA: On knowing the meaning of words we are unable to report: The effects of visual masking. In: Attention and Performance VI (ed Dornic S). Erlbaum, New Jersey, pp 505-533, 1977.
- Allport DA: Visual attention. In: Foundations of Cognitive Science (ed Posner MI). MIT Press, Cambridge, pp 631-682, 1989.
- Allport DA: Attention and control: Have we been asking the wrong questions? A critical review of twenty-five years. In: Attention and Performance XIV (eds Meyer DE & Kornblum S). MIT Press, Cambridge, pp 183-218, 1993.
- Bentin S: Semantic processing of ignored stimuli: The role of attention in memory. Attention and Performance XV (eds Umiltà C & Moscovitch M). MIT press, Cambridge, pp 551-569, 1994.
- Bentin S, Kutas M, Hillyard SA: Electrophysiological evidence for task effects on semantic priming in auditory word processing. *Psychophysiology*, 30:161-169, 1993.
- Bentin S, McCarthy G: The effects of immediate stimulus repetition on reaction time and event-related potentials in tasks of different complexity. *J Exp Psychol: Learn Mem Cognit*, 20:130-149, 1994.
- Bentin S, Moscovitch M: The time course of repetition effects for words and unfamiliar faces. *J Exp Psychol: Gen*, 117:148-160, 1988.
- Bentin S, Peled BS: The contribution of stimulus encoding strategies and decision-related factors to the repetition effect for words: Electrophysiological evidence. *Mem Cognit*, 18:359-366, 1990.
- Broadbent DE: Perception and Communication. Pergamon Press, London, 1958.
- Broadbent DE: Decision and Stress. Academic Press, London, 1971.
- Cherry EC: Some experiments on the recognition of speech, with one and with two ears. *J Acoust Soc Am*, 25:975-979, 1953.
- Cowan N: Evolving conceptions of memory storage, selective attention, and their mutual constraints within the human information-processing system. *Psychol Bull*, 104:163-191, 1988.
- Dannenbring GL, Briand K: Semantic priming and the word repetition effect in a lexical decision task. *Can J Psychol*, 36:435-444, 1982.
- Deutsch JA, Deutsch D: Attention: Some theoretical considerations. *Psychol Rev*, 70:80-90, 1963.
- Donchin E: Surprise!.. Surprise? *Psychophysiology*, 18:493-513, 1981.
- Donchin E, Coles MGH: Is the P300 component a manifestation of context updating? *Behav Brain Sci*, 11:357-374, 1988.
- Donchin E, Fabiani M: The use of event-related brain potentials in the study of memory: Is P300 a measure of event distinctiveness? In: Handbook of Cognitive Psychophysiology: Central and Autonomic Nervous System Approaches (eds Jennings JR & Coles MGH). John Wiley & Sons, NY, pp 471-498, 1991.

- Duncan J: The locus of interference in the perception of simultaneous stimuli. *Psychol Rev*, 87:272-300, 1980.
- Forster KI, Davis C: Repetition priming and frequency attenuation in lexical access. *J Exp Psychol: Learn Mem Cognit*, 10:680-698, 1984.
- Friederici AD, Pfeifer E, Hahne A: Event-related brain potentials during natural speech processing: Effects of semantic, morphological and syntactic violations. *Cognit Brain Res*, 1:183-192, 1993.
- Feustel TC, Shiffrin RM, Salasoo A: Episodic and lexical contributions to the repetition effect in word identification. *J Exp Psychol: Gen*, 112:309-346, 1983.
- Gathercole SE, Baddeley AD: *Working Memory and Language*. Erlbaum, Hove, 1993.
- Halgren E: Insights from evoked potentials into the neuropsychological mechanisms of reading. In: *Neurobiology of Higher Cognitive Function* (eds Scheibel AB & Weschler AF). Guilford Press, New York, 1990.
- Hillyard SA, Hink RF, Schwent VL, Picton T: Electrical signs of selective attention in the human brain. *Science*, 182:177-180, 1973.
- Hillyard SA, Kutas, M: Electrophysiology of cognitive processing. *Annu Rev Psychol*, 34:33-61, 1983.
- Hockey GR, Gaillard AWK, Coles MGH (eds): *Energetics and Human Information Processing*. Dordrecht:Martinus Nijhoff Publishers, 1986.
- Hockey WE: Retrieval processes in continuous recognition. *J Exp Psychol: Learn Mem Cognit*, 8:497-512, 1982.
- Holcomb PJ, Neville HJ: Auditory and visual semantic priming in lexical decision: a comparison using evoked potentials. *Lang Cognit Processes*, 5:281-312, 1990.
- Humphreys GL, Besner D, Quinlan PT: Event perception and the word repetition effect. *J Exp Psychol: Gen*, 117:51-67, 1988.
- Jacoby LL: Remembering the data: Analyzing interactive processes in reading. *J Verb Learn Verb Behav*, 22:485-508, 1983a.
- Jacoby LL: Perceptual enhancement: Persistent effects of an experience. *J Exp Psychol: Learn Mem Cognit*, 9:21-38, 1983b.
- Jacoby LL, Brooks LR: Nonanalytic cognition: Memory, perception, and concept learning. *The Psychology of Learning and Motivation*, Vol 18 (ed Bowers G). Academic Press, San Diego CA, pp 1-47, 1984.
- Jacoby LL, Dallas M: On the relationship between autobiographical memory and perceptual learning. *J Exp Psychol: Gen*, 110:306-340, 1981.
- Jacoby LL, Kelley C: Unconscious influences of memory: Dissociations and automaticity. In: *The Neuropsychology of Consciousness* (eds Milner AD & Rugg MD). Academic Press, London, pp 201-233, 1991.
- 治部哲也, 沖田庸嵩, 八木昭宏: 語彙判断時の聴覚 ERP における音節数の効果. 第 12 回日本生理心理学会学術大会, 1994 a.
- 治部哲也, 沖田庸嵩, 八木昭宏: 聴覚 ERP における直後反復と遅延反復の効果. 関西心理学会第 106

回大会, 1994 b.

Kahneman D: Attention and Effort. Prentice-Hall, New Jersey, 1973.

Kahneman D, Treisman A: Changing views of attention and automaticity. *Varieties of Attention* (eds Parasuraman R & Davies DR), Academic Press, San Diego CA, pp 29-61, 1984.

Karayanidis F, Andrews S, Ward PB, McConaghy N: Effects of inter-item lag on word repetition: An event-related potential study. *Psychophysiology*, 28:307-318, 1991.

Karayanidis F, Andrews S, Ward PB, McConaghy: Event-related potentials and repetition priming in young, middle-aged and elderly normal subjects. *Cognit Brain Res*, 1:123-134, 1993.

Keel SW: Attentional demands of memory retrieval. *J Exp Psychol*, 93:245-248, 1972.

小山幸子: 単語認知と事象関連電位成分 N 400. 事象関連電位: 事象関連電位と神経情報科学の発展 (編者 鶴紀子・丹羽真一). 新興医学出版社, 印刷中.

Kutas M, Hillyard SA: Reading senseless sentences: Brain potentials reflect semantic incongruity. *Science*, 207: 203-205, 1980.

Kutas M, Hillyard SA: Brain potentials during reading reflect word expectancy and semantic association. *Nature*, 307: 161-163, 1984.

Kutas M, Van Petten C: Event-related potential studies of language. In: *Advances in Psychophysiology*, Vol 3 (eds Ackles PK, Jennings JR, & Coles MGH), JAI Press, Greenwich CT, pp 139-187, 1988.

Lewis J: Semantic processing of unattended messages using dichotic listening. *J Exp Psychol*, 85: 225-228, 1970.

Mandler G: Recognizing: The judgment of previous occurrence. *Psychol Rev*, 87:252-271, 1980.

Mangun GR, Hillyard SA, Luck SJ: Electrocortical substrates of visual selective attention. In: *Attention and Performance XIV* (eds Meyer DE & Kornblum S). MIT Press, Cambridge, pp 219-243, 1993.

Marslen-Wilson WD: Linguistic structure and speech shadowing at very short latencies. *Nature*, 244:522-523, 1973.

Marslen-Wilson WD, Tyler LK: The temporal structure of spoken language understanding. *Cognition*, 8:1-71, 1980.

McCallum WC, Farmer SF, Pocock PK: The effects of physical and semantic incongruities on auditory event-related potentials. *Electroencephalogr Clin Neurophysiol*, 59:477-488, 1984.

McCarthy G, Nobre AC: Modulation of semantic processing by spatial selective attention. *Electroencephalogr Clin Neurophysiol*, 88:210-219, 1993.

Monzell S: Repetition and the lexicon. *Progress in the Psychology of Language Vol.2* (ed Ellis AW). London: Erlbaum, pp 147-195, 1985.

Moray N: A data base for theories of selective listening. *Attention and Performance V* (eds Rabbitt PMA & Dornic S). London: Academic Press, pp 119-134, 1970.

Morton J: Interaction of information in word recognition. *Psychol Rev*, 76:165-178, 1969.

Naatanen R: The role of attention in auditory information processing as revealed by event-related potentials and other brain measures of cognitive function. *Behav Brain Sci*, 13:201-288,

- 1990.
- Naatanen R, Picton T: The N1 wave of the human electric and magnetic response to sound: A review and an analysis of the component structure. *Psychophysiology*, 24:375-425, 1987.
- Nagy ME, Rugg MD: Modulation of event-related potentials by word repetition: The effects of inter-item lag. *Psychophysiology*, 26:431-436, 1989.
- Neisser U: *Cognitive Psychology*. Appleton-Century-Crofts, New York, 1967.
- Nobre AC, McCarthy G: Language-related ERPs: Scalp distributions and modulation by word type and semantic priming. *J Cognit Neurosci*, 6:233-255, 1994.
- Norman DA: Toward a theory of memory and attention. *Psychol Rev*, 75:522-536, 1968.
- 沖田庸嵩：事象関連電位と認知情報処理：選択的注意の問題を中心として。心理学研究, 60 : 320-335, 1989.
- 沖田庸嵩：記憶系アクセスにおける選択的注意効果：ERP を用いた検討。中国四国心理学会論文集, 26 : 31, 1993.
- 沖田庸嵩：直後反復に伴う N 400 減衰を指標とした聴覚選択的注意の検討。中国四国心理学会論文集, 27 : 81, 1994.
- 沖田庸嵩・治部哲也：聴覚選択的注意：単語反復ブラミングに伴う N 400 減衰を測度とした検討。第 12 回日本生理心理学会学術大会発表, 1994.
- Okita T, Konishi K, Inamori R: Attention-related negative brain potential for speech words and pure tones. *Biol Psychol*, 16:29-47, 1983.
- Oliphant GW: Repetition and recency effects in word recognition. *Aust J Psychol*, 35:393-403, 1983.
- Otten LJ, Rugg MD, Doyle MC: Modulation of event-related potentials by word repetition: The role of visual selective attention. *Psychophysiology*, 30:559-571, 1993.
- Praamstra P, Stegeman DF: Phonological effects on the auditory N400 event-related brain potential. *Cognit Brain Res*, 1:73-86, 1993.
- Pratarelli ME: Semantic processing of pictures and spoken words: Evidence from event-related brain potentials. *Brain Cognit*, 24:137-157, 1994.
- Ratcliff R, Hockley W, McKoon G: Components of activation: Repetition and priming effects in lexical decision and recognition. *J Exp Psychol: Gen*, 114:435-450, 1985.
- 李 光五：単語認知における自律性と文脈依存性。心理学評論, 30 : 387-401, 1987.
- Rugg MD: Event related potentials dissociate repetition effects of high- and low-frequency words. *Mem Cognit*, 18:367-379, 1990.
- Rugg MD: ERPs and selective attention: Commentary. In: *Event-Related Brain Research (EEG J Suppl 42)* (eds Brunia CHM, Mulder G, & Verbaten MN). Elsevier, Amsterdam, pp 222-227, 1991.
- Rugg MD, Doyle MC: Event-related potentials and stimulus repetition in direct and indirect tests of memory. In: *Cognitive Electrophysiology* (eds Heinze HJ, Munte TF, & Mangun GR). Birkhauser, Boston, pp 124-148, 1994.
- Rugg MD, Furda J, Lorist M: The effects of task on the modulation of event-related potentials by word repetition. *Psychophysiology*, 25:55-63, 1988.
- Rugg MD, Nagy ME: Lexical contribution to nonword-repetition effects: Evidence from event-

- related potentials. *Mem Cognit*, 15:473-481, 1987.
- Salasoo A, Shiffrin RM, Feustel TC: Building permanent codes: Codification and repetition effects in word identification. *J Exp Psychol: Gen*, 114:50-77, 1985.
- Scarborough DL, Cortese C, Scarborough HS: Frequency and repetition effects in lexical memory. *J Exp Psychol: Hum Percept Perform*, 3:1-17, 1977.
- Scarborough DL, Gerard L, Cortese C: Accessing lexical memory: The transfer of word repetition effects across task and modality. *Mem Cognit*, 7:3-12, 1979.
- Shiffrin RM: The locus and role of attention in memory systems. In: *Attention and Performance V* (eds Rabbitt PMA & Dornic S). Academic Press, New York, pp 168-193, 1975.
- Shiffrin RM, Schneider, W: Controlled and automatic human information processing: II. Perceptual learning, automatic attending, and a general theory. *Psychol Rev*, 84:127-190, 1977.
- Sperling, GA: The information available in brief visual presentations. *Psychol Monogr*, 74, Whole No 498, 1960.
- Sternberg S: The discovery of processing stages: Extensions of Donders' method. In: *Attention and Performance II* (ed Koster WG). North-Holland, Amsterdam, pp 276-315, 1969.
- Treisman AM: Verbal cues, language, and meaning in selective attention. *Am J Psychol*, 77:206-219, 1964.
- Treisman AM: Strategies and models of selective attention. *Psychol Rev*, 76:282-299, 1969.
- Treisman AM: Preattentive processing in vision. *Computer Vision, Graphics, and Image Processing*, 31:156-177, 1985.
- Van Petten C, Kutas M: Influences of semantic and syntactic context on open and closed class words. *Mem Cognit*, 19:95-112, 1991.
- Van Petten C, Kutas M, Kluender R, Mitchiner M, McIsaac H: Fractionating the word repetition effect with event-related potentials. *J Cognit Neurosci*, 3:131-150, 1991.
- Woldorff M, Hansen JC, Hillyard SA: Evidence for effects of selective attention in the mid-latency range of the human auditory event-related potential. In: *Current Trends in Event-related Potential Research (EEG J Suppl 40)* (eds Johnson Jr R, Rohrbaugh JW, Parasuraman R). Elsevier, Amsterdam, pp 146-154, 1987.
- Yantis S, Johnston JC: On the locus of visual selection: Evidence from focused attention tasks. *J Exp Psychol: Hum Percept Perform*, 16:135-149, 1990.
- Zwitserslood CME: The locus of the effects of sentential-semantic context in spoken-word processing. *Cognition*, 32:25-64, 1989.