

学位論文

事象関連電位 N400 に反映される
単語認知過程

広島大学大学院 教育学研究科
中尾美月

目次

第1章 研究の背景と目的

- 第1節 事象関連電位 N400……………(1)
- 第2節 単語認知過程の概要……………(6)
- 第3節 N400 に反映される単語認知過程に関する研究の概観……………(12)
- 第4節 本研究の目的……………(22)

第2章 N400 に反映される単語認知過程の実験的検討

- 第1節 プライムとプローブの呈示時間間隔が意図的期待および意味的関連性による N400 減衰に及ぼす影響(実験 1, 実験 2)……………(25)
- 第2節 特定の単語に対する意図的期待および課題関連性が意味的関連性による N400 減衰に及ぼす影響(実験 3, 実験 4)……………(54)

第3章 総合考察

- 第1節 N400 に反映される単語認知過程……………(80)
- 第2節 今後の課題……………(91)

- 引用文献……………(96)

付録

Appendix A(103)

Appendix B(108)

Appendix C(111)

Appendix D(117)

謝辞(122)

第 1 章 研究の背景と目的

第 1 節 事象関連電位 N400

言語研究

言語の使用は人に特徴的な高次機能の一つである。人は言語を使って思考し、コミュニケーションし、読み書きする。このような高次機能のメカニズムを明らかにしようと、古くから様々な領域で研究が続けられてきた。例えば言語学では、Chomsky の生成文法理論に基づき、普遍文法の性質の解明を目指してきた。また工学では、ニューラルネットを用いた自然言語処理システムの構築を試みている。そして、現在の心理学では、認知心理学の中心的テーマのひとつとして、文字や単語の認知、統語解析、文章理解に関する多彩な研究が展開されている。

また、言語活動の生物学的基盤を探る心理生理学や神経心理学の領域では、脳内で言語がどのように処理され、どのように蓄えられているのかという側面からのアプローチが進められている。脳損傷患者に見られる失語や失読に関する事例報告、陽電子断層撮影法(positron emission tomography, PET)や磁気共鳴断層撮影法(magnetic resonance imaging, MRI)、機能的 MRI(functional MRI, fMRI)などの脳機能イメージング技術を用いた脳構造と言語活動との対応づけ等は、その例に挙げられよう。本研究では、人の言語活動を一連の言語情報処理過程として捉え、その過程を支えている脳内活動との対応を検討するために、電気生理学的な指標である事象関連電位(event-related brain potentials, ERP)を用いる。

事象関連電位

ERP は、脳波(electroencephalogram, EEG)の一種で、感覚・知覚・認知などの情報処理に関わる神経集団の同期的活動で生じる電場電位である(Hillyard & Kutas, 1983; 沖田, 1989). 頭皮上に装着した電極からは、脳細胞が示す様々な電氣的活動が記録できるが、ERP は、 α 波や β 波など、特定の事象に関係なく常に揺らいでいる一般脳波とは異なり、特定の刺激や課題に関連する事象に対して発生する一過性の電位変動である。ERP は EEG と比べて非常に小さな電位変動であるため、通常、振幅の大きな背景脳波によって隠されており、EEG 記録上で直接観察するのは難しい。しかし、刺激（場合によっては被験者の反応）と同期して脳波を加算平均していくにつれて、背景脳波が平滑化され、特定の事象に対する電位変動がはっきりと観察されるようになる(宮谷, 2000b). Figure 1-1 に、聴覚刺激に対する ERP の例を示した。横軸は潜時であり、刺激が呈示された時点から経過した時間である。縦軸は振幅であり、陰性および陽性方向への変動として記録される。このように、ERP は、極性、潜時、振幅、頭皮上分布といった特徴で記述される複数の成分で構成されている。

ERP 成分のうち、比較的潜時の長い成分は、人の認知活動をよく表すことが明らかにされている。そして、行動測度を用いた研究で確立されてきた実験パラダイムを適用し、反応時間などの行動測度を併用することによって、これらの長潜時成分と心理学的概念との対応づけが試みられている。現在までに、準備や期待を反映する CNV、選択的注意を反映する処理陰性電位、定位反応を反映する MMN、刺激評価に関わる P300、意味処理に関わる N400 など、心理学的概念との対応が想定される種々

の成分が報告されている(Hillyard & Picton, 1987).

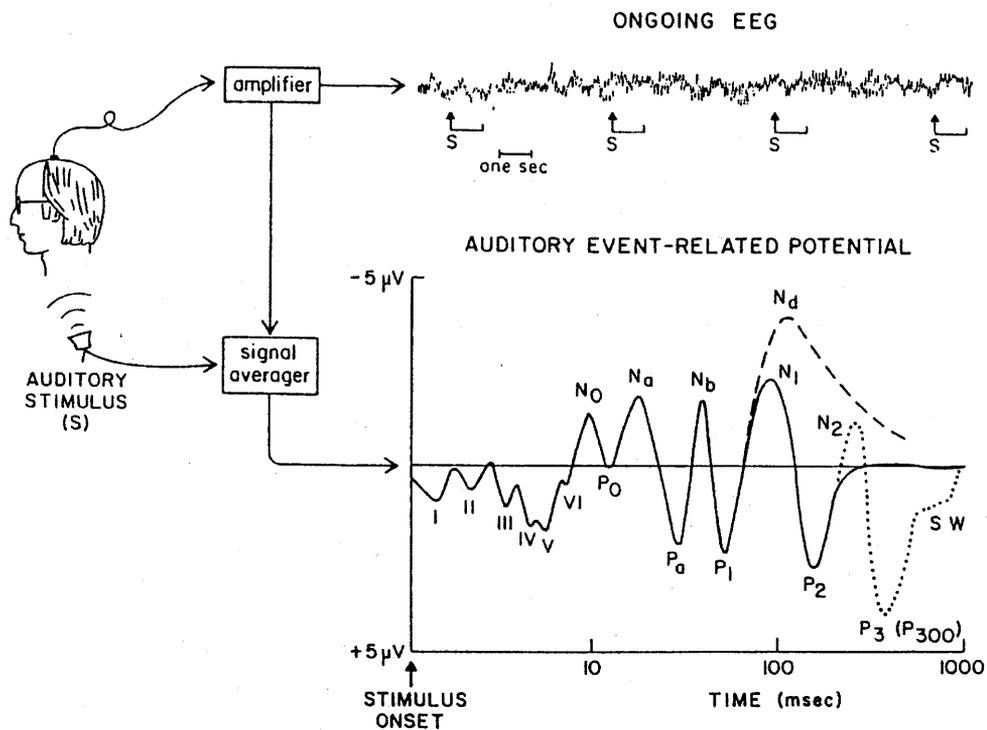


Figure 1-1 Idealized waveform of the averaged auditory event-related potential. (cited from Hillyard & Kutas, 1983)

ERP を言語研究の指標として用いる利点には、以下の4点が考えられる。第1に、刺激入力から行動出力に至るまでの脳内過程をミリ秒単位で記録できる。第2に、被験者の課題遂行に依存せずに記録できるので、被験者が無視したり反応しなかった刺激に対する処理や、自動的な処理過程の性質についての情報を得られる。第3に、その頭皮上分布から特定の心的機能に関連する脳部位を推測できる。第4に、行動指標を用いた研究で確立された実験パラダイムを適用できるため、ERP と行動指標を同時に測定して、その結果を比較することによって、行動指標では捉えられない処理過程の特性についても推測できる(宮谷, 2000b; 沖田, 1989).

N400

N400 は、文脈から意味的に逸脱した文末単語に対して、潜時約 400 ms で頭皮上中心部・頭頂部付近に発達する陰性電位である。N400 についてはじめて報告した Kutas & Hillyard(1980)は、被験者に 7 単語からなる文を 1 単語ずつ呈示し黙読させた。その結果得られた ERP を Figure 1-2 に示す。文末単語が文脈から意味的に逸脱した単語である文に対する ERP(波線)には、意味的逸脱の無い文に対する ERP(実線)と比較すると、文末単語に対して中心部・頭頂部付近に分布する陰性電位が認められた。一方、文字の大きさが物理的に異なる文末単語に対する ERP(点線)には、そのような陰性電位は出現しなかった。この電位は、頂点潜時が約 400 ms であることから N400 と命名され、意味処理に関わる電位として注目を集めた。

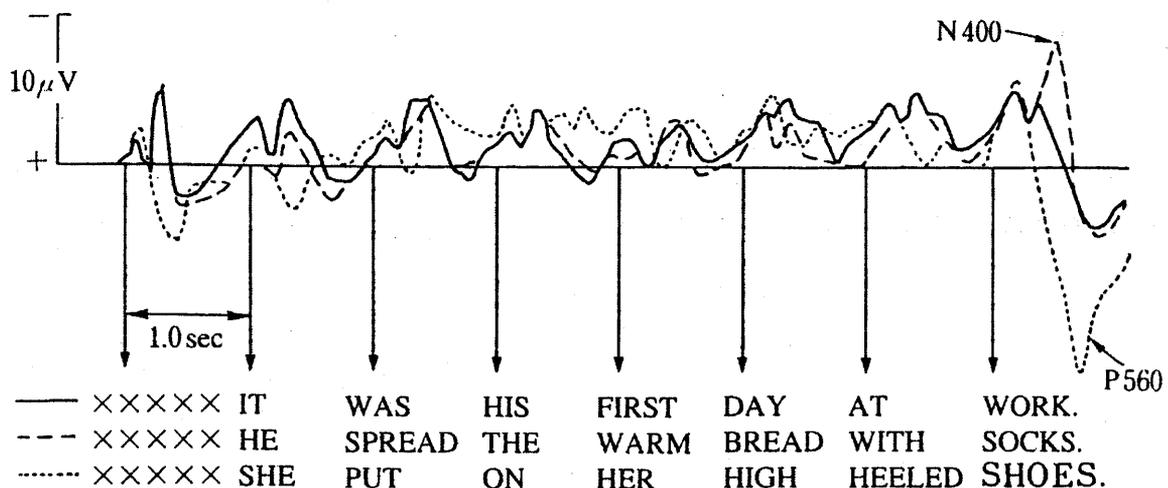


Figure 1-2 The timing of word presentations for three sample sentences and typical ERP waveforms recorded over entire seven-word sentence. (cited from Kutas & Hillyard, 1980)

この報告以来、言語処理についての ERP 研究は、N400 を中心に行わ

れるようになった(Kutas & Van Petten, 1988). 例えば, 選択的注意と N400 との関連性を検討した研究(Kellenbach & Michie, 1996; Luck, Vogel, & Shapiro, 1995; McCarthy & Nobre, 1993; 沖田, 1997; Okita & Jibu, 1998; Otten, Rugg, & Doyle, 1993) は, 注意の初期選択説と後期選択説の論争を解決する何らかの手がかりを得ようとしたものである. また, 意味記憶や概念表象の構造を探る指標の一つとして, N400 を扱った研究もある(Fujihara, Nageishi, Koyama, & Nakajima, 1998). Gunter, Nackson, & Mulder(1995)は, 加齢と言語的ワーキングメモリ容量との関係を検討する指標として N400 を用いている. また, 臨床的研究として, 分裂病(Koyama, Hokama, Miyatani, Ogura, Nageishi, & Shimokochi, 1992), 失語症を含む脳血管障害(伊藤・小山・投石・木村, 1995), アルツハイマー病(Ford, Woodward, Sullivan, Isaacks, Tinklenberg, Yesavage, & Roth, 1996; Revonsuo, Portin, Juottonen, & Rinne, 1998)の患者にみられる様々な言語障害を, N400 によって明らかにしようと試みた研究がある.

これらの研究のほとんどは, N400 を意味処理の指標と捉えている. しかし, ひとことで意味処理といっても, その背後には, 単語の同定, 語義の選択, 内容理解など, いくつもの下位過程が存在する. 言語研究の指標としての精度を高めるためには, N400 が言語処理過程のどの段階の, どのような処理に敏感な成分なのかをより詳細に特定する必要があるが, いまだ統一した見解は得られていない. そこで本研究では, 言語研究において比較的多くの知見が蓄積されている単語認知過程に焦点を当て, N400 が単語認知過程のどの段階の処理を反映しているのか明らかにすることを目指した.

第2節 単語認知過程の概要

本節では、阿部・桃内・金子・李(1994)にそって、単語認知研究で現在もっとも広く支持されている単語認知過程の考え方を紹介する。単語認知過程は、心内辞書(mental lexicon)にアクセスする語彙アクセス過程を中心に、語彙アクセス前過程(pre-lexical access process)、語彙アクセス過程(lexical access process)、および語彙アクセス後過程(post-lexical access process)に分けることができる。このうち、N400との関連性が指摘されているのは、語彙アクセス過程と語彙アクセス後過程である。

外界から単語が入力されると、まず語彙アクセス前過程において、その視覚的もしくは聴覚的特徴分析が行われる。そして、続く語彙アクセスを可能にするよう符号化される。語彙アクセス過程は、語彙アクセス前過程で符号化された知覚表象と心内辞書の単語表象とのマッチングを行う。この過程では、単語の知覚表象と合致しそうな視覚的(orthographic)情報もしくは音韻(phonologic)情報を持つ複数の単語表象が活性化する。

いくつかの単語認知モデルでは、その活性度がある閾値を超えたり、競合する表象の活性度が背景レベルに減退することによって、単語が同定されると考えられている(例えば御領, 1987; Morton, 1969)。また、心内辞書の多くのモデルでは、単語表象間に視覚的、音韻的、意味的等の類似性に基づくリンクがあるというネットワーク構造を仮定している。そして、ある単語表象の活性化はリンクを介して別の単語表象を活性化させるという自動的活性化拡散(automatic spreading activation)の概念を導入している(例えば Collins & Loftus, 1975)。

語彙アクセス後過程では、文理解という目標に到達するために、先行文脈に一致する特定の語義の選択、精緻化、文脈との意味的な統合が行

われる。この文脈との語彙的・意味的な統合を行う統合過程(integration process)では、文脈表象を一時的に保持しておく必要があるが、その保持機構としてワーキングメモリが想定されている。ワーキングメモリは、言語活動だけではなく、暗算、判断、推理、思考、プランニングなど人の高次機能を支えるシステムであり、認知課題の遂行に必要な情報の処理と、その一時的な保持を担っている(Baddeley, 1992)。このワーキングメモリに保持された文脈表象は、後続の単語表象と統合され、より高次の談話表象(discourse representation)が形成される(Kintsch, 1988)。

プライミング・パラダイム

単語認知過程におけるこれらの下位過程は、その多くが、プライミング・パラダイムを用いた実験結果から導き出されたものである。このパラダイムでは、二つ(あるいはそれ以上)の単語を継時的に呈示する。先行刺激はプライム(prime)、後続刺激はプローブ(probe)もしくはターゲット(target)と呼ばれる。被験者には、プローブを声に出して読む音読課題や、プローブに対して意味のある単語か無意味な非単語かを判断させる語彙判断課題などを課す。そして、プローブに対する反応時間や誤反応率などから、プライムの処理がプローブの認知に及ぼす影響を検討する。例えば、プライムに「医者」、プローブに「看護婦」という単語を用いた関連条件では、プライムに「パン」、プローブに「看護婦」を用いた非関連条件よりも、「看護婦」に対する語彙判断時間が短縮する。この現象は意味的プライミング効果と呼ばれている(Meyer & Schvaneveldt, 1971)。意味的プライミング効果は、プライムに“+”などの記号を用いた中立条件を用いることによって、促進効果と抑制効果に分けることができる。これ

らの効果は、関連条件もしくは非関連条件の反応時間を中立条件の反応時間から減算して評価する。

語彙アクセス過程における自動的過程と制御的過程

プライミング・パラダイムを用いることによって、語彙アクセス過程を注意理論に基づく二つの過程に分けたのが、Posner & Snyder(1975)である。彼らは、プライムにアルファベット1文字、プローブにアルファベット2文字を呈示し、プローブに対するマッチング課題を行った。そして、プローブが同じ文字である場合について、プライムがプローブと同じ文字である一致条件(例えば“A”に続く“AA”）、異なる文字である不一致条件(例えば“B”に続く“AA”）、プラス印である中立条件(例えば“+”に続く“AA”）における各プローブに対する反応時間を比較した。さらに、これらの条件の出現確率を変えることで、被験者がプライムに向ける注意を操作した。すなわち、一致条件が不一致条件の4倍の割合で出現する注意条件では、不一致条件が一致条件の4倍の割合で出現する非注意条件と比べて、プライムの処理により注意が向けられると考えた。

その結果を Figure 1-3 に示す。横軸はプライムとターゲットの呈示時間間隔(stimulus onset asynchrony, SOA)、縦軸は中立条件から一致条件、もしくは不一致条件から中立条件の反応時間をそれぞれ減算した促進量と抑制量である。この図によると、非注意条件では、SOAに関わらず、一致条件に対する促進効果しか認められなかった。一方、注意条件では、SOAによって、一致条件に対する促進効果と不一致条件に対する抑制効果の現れ方が異なった。すなわち、SOAが短い時には促進効果しか認め

られなかったのに対し、SOA が長くなるにつれて促進効果と抑制効果の両方が認められるようになった。この結果は、アルファベットの検索において、時間的特性の異なる複数の処理過程が介在していることを示唆している。

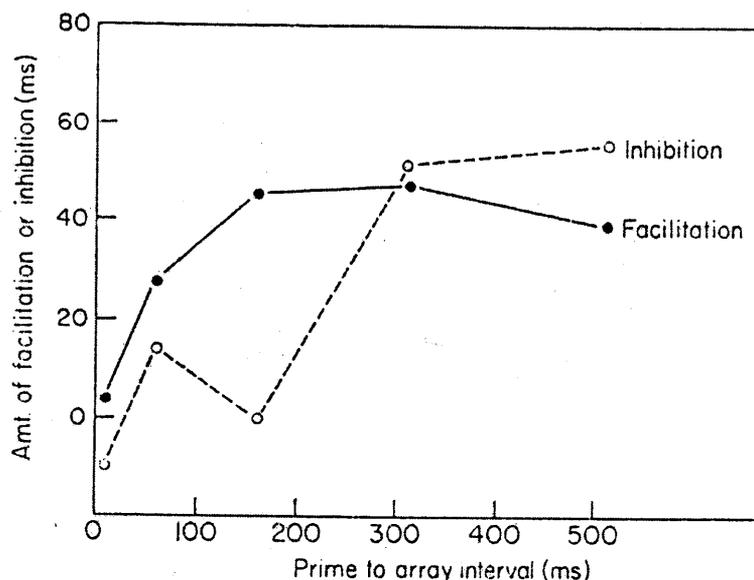


Figure 2 The time course of facilitation (benefit) and inhibition (cost) of reaction time in the matching task. (cited from Posner & Snyder, 1975)

Posner & Snyder(1975)は、このようにプライムに注意を向けなくても生じる過程を自動的過程，注意を向けた場合に働く過程を制御的過程と呼んだ。また彼らは、このような二つの過程が、アルファベットの処理だけでなく、語彙アクセス過程においても存在すると考えた。

自動的語彙アクセス過程は、立ち上がり早く、心内辞書へのアクセスに注意資源を消費しない。また、この過程では、先に述べた自動的活性化拡散が生じ、意味的に関連する先行単語によってあらかじめ活性化していた単語表象は、その認知に必要な活性化が少なくてすむため、アクセスが早くなる。ただし、この自動的活性化拡散は、活性化が及んで

いない単語表象へのアクセスを抑制することはない。

一方、制御的語彙アクセス過程は、特定の単語の出現を意図的に期待している場合に働く。この過程では、心内辞書の特定の単語表象(群)に、容量に限界のある注意資源を配分することによって、その領域内にある単語表象へのアクセスを促進するとともに、領域外の単語表象へのアクセスを抑制する。心内辞書へのアクセス時には、このような性質の異なる二つの過程が独立に働くと考えられている。

Neely(1977)は、意図的期待の操作と SOA の操作を組み合わせることによって、促進効果と抑制効果の時間的特性を検討し、それぞれの効果が Posner & Snyder(1975)の主張する二過程の枠組みから説明できることを示した。意図的期待の操作は以下のように行った。プライムは、BIRD, BODY, BUILDING, xxx のいずれかであった。プライムが BIRD の場合、プローブの 1/3 は鳥の名前を表す単語、1/6 は身体の一部を表す単語、1/6 は建物の一部を表す単語、1/3 は非単語であった。プライムが BODY の場合、プローブの 1/3 は建物の一部を表す単語、1/6 は鳥の名前を表す単語、1/6 は身体の一部を表す単語、1/3 は非単語であった。プライムが BUILDING の場合、プローブの 1/3 は身体の一部を表す単語、1/6 は鳥の名前を表す単語、1/6 は建物の一部を表す単語、1/3 は非単語であった。プライムが xxx の場合、プローブの 1/6 は鳥の名前を表す単語、1/6 は身体の一部を表す単語、1/6 は建物の一部を表す単語、1/2 は非単語であった。そして被験者には、プローブが単語の場合、プライムが BIRD の時には鳥の名前を表す単語、BODY の時には建物の一部を表す単語、BUILDING の時には身体の一部を表す単語がそれぞれ高確率で呈示されるので、それぞれプライムからプローブを意図的に期待するよう教示した。

SOA の操作については、被験者を 36 名ずつ 3 群に分け、各群の SOA をそれぞれ 250 ms と 2 000 ms, 400 ms と 2 000ms, 700 ms と 2 000 ms とした。そして、SOA が 250 ms, 400 ms, 700 ms の時の各プローブに対する語彙判断時間を比較した。刺激の持続時間は、プライムを 150 ms, プローブを 1 000 ms とした。

その結果を Figure 1-4 に示す。縦軸は促進量であり、プライムに xxx を用いた中立条件から各条件の反応時間を減算して求めた。値が正の場合は促進効果, 負の場合は抑制効果を表している。このグラフによると、SOA が 250 ms と短い時には、BODY-heart のように意図的な期待とは一致しないがプライムと意味的関連性のあるプローブが呈示される S-Ux-R 条件において、促進効果が認められた。一方、BODY-door のように、プライムとは意味的関連性を持たないが意図的な期待と一致するプローブが呈示される S-Ex-U 条件においては、促進効果は認められなかった。しかしこのパターンは SOA が長くなるにつれて変化した。まず、S-Ux-R 条件の促進効果は次第に消失し、SOA が 700 ms の時には逆に抑制効果が生じた。一方、S-Ex-U 条件では、SOA が長い条件で促進効果が出現した。

SOA が短い時に促進効果が生じ、長い時に促進効果と抑制効果が生じるというこのパターンは、Posner & Snyder(1975)の結果と非常に類似している。Neely は、SOA が短い時の促進効果を自動的活性化拡散によって、SOA が長い時の促進効果および抑制効果を、意図的期待との一致および不一致によるアクセス促進および抑制によって説明した。

以上をまとめると、単語認知過程は、語彙アクセス前過程、語彙アクセス過程、語彙アクセス後過程という 3 つの下位過程に分けられる。さらに語彙アクセス過程には、自動的語彙アクセス過程と制御的語彙アク

セス過程という性質の異なる二つの過程があると考えられている。

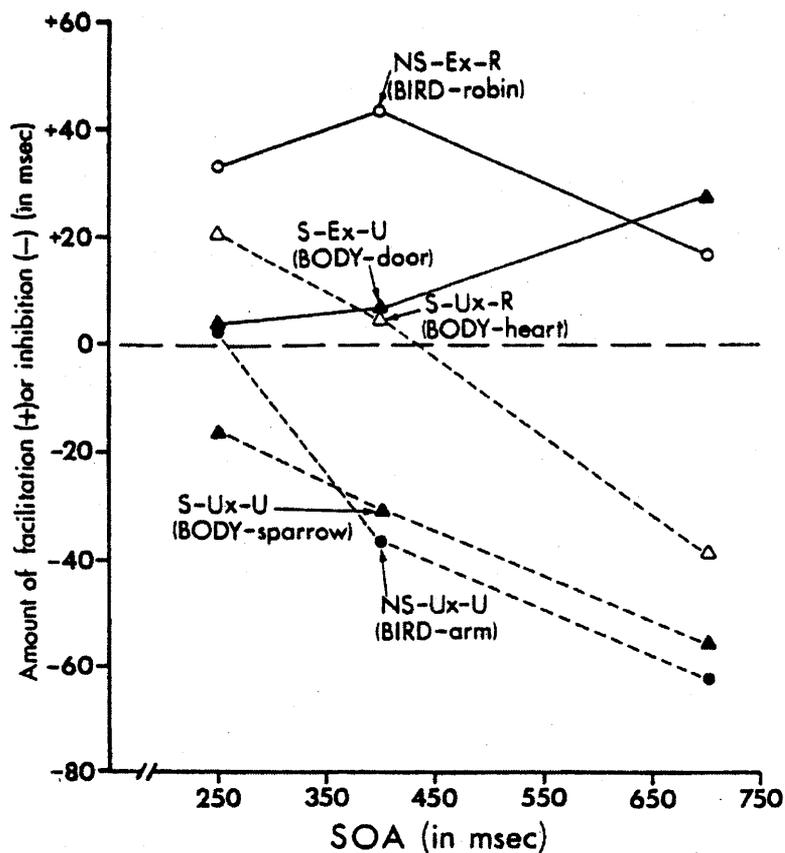


Figure 1-4 Amount of facilitation (+) or inhibition (-) for word targets in word prime conditions as a function of SOA. (cited from Neely, 1977)

第3節 N400 に反映される単語認知過程に関する研究の概観

本節では、プライミング・パラダイムを用いて、N400 に反映される処理過程の特定を試みた先行研究を概観する。

プライミング・パラダイムにおいて ERP を測定すると、N400 上に意味的プライミング効果に対応した変動が認められ、プライムとプローブの間に意味的関連性がある場合には、ない場合と比較して、N400 振幅が減衰する。例えば Bentin, McCarthy, & Wood(1985)による実験では、単語

もしくは非単語からなるリストを刺激に用い、それらを一項目ずつ被験者に継時呈示して語彙判断させた。その結果、語彙判断時間における意味的プライミング効果に対応する変動が ERP 上にも認められた。すなわち、先行単語が後続単語と意味的に関連している場合には、そうではない場合と比較して、後続単語に対して潜時 400 ms 付近に生起した陰性電位に振幅の減衰が認められた。彼らは、この陰性電位が、文末の文脈逸脱単語に対して生起する N400 と性質や分布が類似していることから、N400 であると結論した。

この N400 上の意味的関連性効果が、単語認知過程のどの段階で生じているのかを明らかにするために、行動指標を用いた研究によって各処理過程に独立に影響することが推測されている要因を操作し、N400 に及ぼす影響を検討した数多くの研究がある。これらの研究において挙げられた要因には、プライムとプローブの SOA、選択的注意(Kellenbach & Michie, 1996; McCarthy & Nobre, 1993)、関連比率(藤本・宮谷・岡・桐木, 2000; Holcomb, 1988; Koyama, Nageishi, & Shimokochi, 1992)、知覚的同定の妨害(Brown & Hagoort, 1993; Holcomb, 1993)、期待(Bentin, 1987; 片山, 1995; Kutas & Hillyard, 1984; 実平・片山, 1995)などがある。以下、それぞれの研究について具体的にレビューする。

SOA の操作による検討

プライムとプローブの SOA は、自動的語彙アクセス過程と制御的語彙アクセス過程の影響を分離して評価することを可能にする要因の一つである。なぜならば、自動的語彙アクセス過程で生じる自動的活性化拡散は、SOA が 250 ms と短い時にも生じるが、制御的語彙アクセス過程を

駆動する注意，方略，意図的期待などは，SOA が 700 ms 以上でないと作用しない(Neely, 1977). つまり，SOA が短い時には自動的語彙アクセス過程の影響が，SOA が長い時には制御的語彙アクセス過程の影響が，それぞれ相対的に強くなると考えられる。

このような SOA の操作が N400 に及ぼす影響を検討した研究として，まず Boddy(1986)が挙げられる。彼は，SOA に 200 ms, 600 ms, 1 000 ms の 3 水準を設け，プローブに対する語彙判断時間および ERP を比較した。その結果，N400 における意味的関連性効果に SOA の影響は認められなかった。しかし，この研究にはいくつかの問題点が挙げられる。第 1 に，SOA が 200 ms の時，プローブに対する ERP にプライムに対する ERP が重畳していたため，SOA が 200 ms の時の波形から 1 000 ms の時の波形を減算している。しかし，このような手法を用いるには，二つの SOA 条件間でプライムの処理が等質であることが前提となるが，そのような保証はない。なぜならば，SOA の違いによって，被験者のプライムに対する注意水準，構え，処理方略などが異なる可能性も考えられるからである。第 2 に，分散分析の際，非単語に対するデータも分析対象としているが，非単語の処理については不明な点が多く，単語に対するデータと直接比較することは望ましくない。第 3 に，反応時間に従来認められてきた SOA の影響が認められなかったことから，Boddy の行った実験操作が適切でなかった可能性がある。

Anderson & Holcomb(1995)は，これらの問題点を改善した上で，N400 における意味的関連性効果に及ぼす SOA の影響について再検討した。SOA は 0 ms, 200 ms, 800 ms の 3 水準とした。結果は Boddy(1986)とほぼ同じであり，どの水準の SOA においても N400 上に意味的関連性効果が認められた。彼女らは，SOA が短い場合に認められた N400 減衰は自

動的活性化拡散によるものかもしれないが、SOA が長い場合に生じた N400 減衰には、期待などの制御的要因が関わっている可能性があると考えた。そして、自動的活性化拡散のみで N400 の変動を説明するのではなく、単語認知過程の自動的側面と制御的側面の両方が N400 に関わっていると結論づけた。

注意の操作による検討

N400 が自動的過程と制御的過程のどちらに敏感かを明らかにする方法の一つに、注意の操作が挙げられる。もし N400 が何らかの注意操作に応じた変動をするならば、N400 は単語認知の制御的側面に関連した成分であると結論づけることができる。ただし、この注意の操作は、注意という概念をどのように捉えるかによって異なってくる。

まず、非注意視野に呈示された単語も自動的に意味処理されているのかという注意の初期選択の問題にアプローチする研究として、McCarthy & Nobre(1993)があげられる。彼らは、中央の凝視点を挟んで、右視野あるいは左視野に単語を呈示し、被験者に注意視野に出現した単語についてカテゴリー判断課題を課した。その結果、注意視野の単語に対して生じた N400 には意味的関連性効果が認められたが、非注意視野の単語には N400 が生起しなかった。結論として、N400 に反映される処理過程は自動的ではないことが示唆された。

注意の後期選択の問題、すなわち注意を向けた空間に呈示された単語でも、課題関連性などによる選択の有無によって、その単語が意味処理されるかどうか決定されるという問題にアプローチするため、Kellenbach & Michie(1996)は、色手がかりによって選択的注意を操作した。

彼らは、被験者に赤色もしくは緑色の単語と非単語を1項目ずつ継時呈示し、どちらか一方の色で呈示された項目に注意を向けさせ、語彙判断を求めた。その結果、N400における意味的関連性効果は、プローブが注意色か無視色かに関わらず、プライムが注意色である場合に認められた。このように、N400における意味的関連性効果がプライムに対する注意水準に依存するという結果は、N400が自動的語彙アクセス過程を反映する成分ではないことを示唆している。また彼らは、N400に関わる処理過程の候補として、制御的語彙アクセス過程と統合過程を挙げているが、この実験事態で得られた結果からは、どちらがより妥当な説明であるか結論できない。

プライムに対する注意水準を操作する要因の一つに関連比率がある。Holcomb(1988)は、プライミング・パラダイムにおいて、関連条件の比率が低い自動ブロックと、高い注意ブロックを設けた。課題はプローブに対する語彙判断であり、被験者に、注意ブロックではプライムとプローブの関連性を意識することで、語彙判断の効率を高めるように教示した。このような操作によって、自動ブロックではプライムの処理が相対的に自動的に行われ、注意ブロックでは意識的・制御的にすすめられると考えられる。その結果、まず関連条件に対する語彙判断時間は、プライムに刺激が呈示されない中立条件と比較して短縮した。この促進効果に応じて、N400振幅は関連条件の方が中立条件よりも小さくなった。このようなN400減衰は、自動ブロックよりも注意ブロックで顕著に見られた。一方、非関連条件の方が中立条件よりも反応時間の遅延する抑制効果は、どちらのブロックでも認められず、N400にも抑制効果に対応した変動は認められなかった。以上の結果から、N400が注意操作に敏感な成分であることが示された。ただし、自動ブロックにおける意味的関連性による

N400 減衰は、自動的活性化拡散によるものである可能性があり、N400 が制御的語彙アクセス過程だけを反映しているとは断定できなかった。

Koyama, Nageishi, & Shimokochi(1992)は、Holcomb(1988)の実験において、反応時間に抑制効果が認められなかった点に疑問を抱き、追試を行った。Holcomb(1988)と異なる点は以下の3点である。第1に、中立プライムに刺激を呈示しないのではなく、「◎◎」という非言語刺激を使用した。第2に、プローブに非単語が出現する試行の割合を50%から75%に増やし、非単語判断に対する反応バイアスを高めた。第3に、自動ブロックと注意ブロックとで異なる被験者を使用した。その結果、Holcombの注意ブロックにあたる実験1では、反応時間に促進効果と抑制効果の両方が認められた。また、N400には抑制効果に対応した変動が生じたが、促進効果に対応した変動は生じなかった。一方、Holcombの自動ブロックにあたる実験2では、反応時間に促進効果のみが認められ、N400には促進効果に対応した変動も、抑制効果に応じた変動も認められなかった。反応時間における抑制効果が、制御的語彙アクセス過程の影響が相対的に強い実験1で認められ、その影響が相対的に弱い実験2では認められなかったことは、この実験における関連比率の操作が適切であったことを示している。また、N400が促進効果よりも抑制効果に対応した変動を示したことから、N400が単語認知過程の制御的側面に関連した成分であることが示唆された。ただし彼女らは、N400のこのような振る舞いを、Posner & Snyder(1975)の提唱する二過程ではなく、Forster(1981)の語彙アクセス後抑制モデルにそって解釈した。その論拠として、Posner & Snyder(1975)の説では、制御的語彙アクセス過程において促進と抑制が生じると想定している。従って、N400がこの段階の処理を反映しているならば、N400に抑制効果だけでなく促進効果も生じると考えられるから

である。一方、Forsterの説によると、抑制は語彙アクセス後過程において、感覚入力で活性化した意味候補から、文脈にあう最適な項目を選択する働きをすとしてしている。従って、N400が語彙アクセス後過程における抑制機能を反映していると仮定すれば、N400に抑制効果しか認められなかったという実験結果がうまく説明できる。

知覚的同定の妨害による検討

単語の知覚的同定を困難にすることによって、N400が関わる言語処理過程の特定を試みた二つの研究が、どちらも1993年に報告されている。

Holcomb(1993)は、プライミング・パラダイムにおいて、語彙判断の対象となるプローブを劣化させ、N400における意味的関連性効果にどのような影響が見られるかを、二つの実験で検討した。第1実験では、各文字の全ピクセルから33%をランダムに取り除くことによって、実験2ではプローブにドット・マトリクスを重ねあわせることによって、刺激を劣化させた。その結果、どちらの実験でも、反応時間およびN400に意味的関連性効果が認められた。しかし、反応時間における意味的プライミング効果が、プローブを劣化させていない場合よりも劣化させた場合において大きくなったのに対し、N400における意味的関連性効果には、このような劣化の有無の影響が認められなかった。行動指標とN400の結果の違いは、二つの指標が単語認知過程の異なる段階を反映していることを示している。行動指標を用いた先行研究で、単語の劣化が語彙アクセス段階に影響することが示されていることから、N400は語彙アクセス段階を反映せず、語彙アクセス後の統合過程に関連した成分であることが示唆された。

Brown & Hagoort(1993)は、マスクト・プライミングという手法を用いて、N400 と統合過程との関係を検討しようと試みた。彼らは、プライムにマスクングを施し、プライムの意識的同定を困難にした上で、被験者にプローブに対する語彙判断を求めた。このような事態では、プライムが意識にのぼらないため、プローブとの意味的統合が起こらない。その結果、反応時間においては、マスクの有無に関わらず意味的プライミング効果が生じた。このうち、マスクあり条件で得られた意味的プライミング効果は、自動的活性化拡散によって生じたと考えられる。一方、N400においては、マスクなし条件で見られた意味的関連性効果が、マスクあり条件では生じなかった。このような反応時間と N400 の結果の相違から、N400 が自動的語彙アクセス過程を反映せず、統合過程と関係があることが示唆された。

ただし、同様の実験事態で追試を行った Deacon, Hewitt, Yang, & Nagata(2000)は、Brown & Hagoort(1993)とは異なる結果を見いだしている。すなわち、マスクあり状態において、N400 に意味的関連性効果が認められたのである。マスクト・プライミング・パラダイムにおける N400 の変動については、今後も検討を重ねる必要がある。

期待の操作による検討

期待は自動的語彙アクセス過程ではなく、制御的語彙アクセス過程や統合過程において作用する心的活動の一つである。したがって、期待の操作が N400 に何らかの影響を及ぼすならば、N400 と制御的語彙アクセス過程もしくは統合過程との関係が示唆される。

Kutas & Hillyard(1984)は、文脈から意味的に逸脱した文末単語に対す

る ERP を測定し、逸脱単語に対して生起する N400 の振幅と期待との関係について調べた。彼女らは、期待を、各文末単語が文脈からどの程度期待されるかという cloze probability によって定義した。その結果、N400 振幅は cloze probability の逆関数となり、被験者が抱く期待に反するほど高振幅になった。さらに、期待していなかった単語が呈示された場合でも、その単語と期待していた単語との間に意味的関連性がある時には、N400 振幅は減衰した。彼女らはこの結果を、期待していた単語からの自動的活性化拡散に関連づけて考察した。しかし、N400 が期待に敏感な成分であることは、N400 と制御的語彙アクセス過程あるいは統合過程との関係を示す証拠の一つとして考えることもできる。

プライミング・パラダイムを用いて、N400 と期待との関連性を検討したのが、Bentin(1987)である。課題は、プライムが単語である時、プローブがプライムの反対語であれば YES ボタンを、反対語でなければ NO ボタンを押し、プライムが非単語である時、プローブが単語であれば YES ボタンを、非単語であれば NO ボタンを押しすることであった。このような事態では、プライムが単語である場合には、プローブとしてその反対語が期待されるが、プライムが非単語である場合には、特定のプローブは期待されない。その結果、期待された反対語に対して N400 がほとんど出現せず、N400 は期待との一致によって減衰する成分であることが明らかになった。

この Bentin(1987)の実験で得られた結果について、実平・片山(1995)は、プライムが単語の場合と非単語の場合では、プローブに対する課題の性質が異なるため、この課題解決過程の違いが N400 振幅に影響した可能性があるとして主張している。そこで彼女らは、プローブに対する語彙判断課題において、関連条件のプローブとして、プライムの反意語が呈

示されるブロック(反意語条件)と、プライムと同じカテゴリーに属する単語が呈示されるブロック(カテゴリ条件)とを設けた。すなわち、反意語条件ではプライムから唯一のプロープが予測されるが、カテゴリ条件では限られた複数のプロープが予測される。この予測項目数の違いは N400 振幅に影響を与え、反意語条件よりもカテゴリ条件で大きな N400 が生じた。

実平・片山(1995)は、Bentin(1987)と同様に、Becker(1976)の照合モデル(verification model)に基づいて上述の結果を解釈している。このモデルでは、期待の有無によって語彙アクセスのしかたが次のように変化すると仮定している。まず単語が入力されると、その単語と視覚的類似性の高い単語項目からなる候補群(視覚セット)が形成される。それらの候補は出現頻度順に入力単語と比較照合される。一方、先行文脈がある場合には、期待される単語項目の候補群(期待セット)が形成され、視覚セットよりも前に期待セットとの照合が起こる。よって、期待セットに含まれている単語への語彙アクセスが促進される。このモデルに基づくと、N400 振幅は語彙アクセス過程における検索量によって説明される。すなわち、期待されたプロープは視覚セットよりも前に期待セットと照合されるため、検索量が少なくすみ、結果として N400 が減衰するというわけである。ただし、これらの期待の操作に伴う N400 の変動は、その多くが Posner & Snyder(1975)の想定した制御的語彙アクセス過程や、語彙アクセス後の統合過程の観点からも説明が可能である。従って、これらの過程を考慮に入れ、期待の操作に伴う N400 の変動について再解釈する必要がある。

第4節 本研究の目的

前節でレビューした先行研究をまとめると、N400に反映される処理過程の候補は、次の3つに絞られよう。

第1の候補は、自動的語彙アクセス過程における、単語の同定に必要な活性化量である(Kutas & Hillyard, 1984, 1989)。この仮説に従うと、意味的プライミング効果に対応するN400減衰は次のように説明できる。すなわち、プライムと意味的関連性のあるプローブは、自動的活性化拡散によってあらかじめ活性化しているため、プローブが認知されるのに必要な活性化量は少なくすむ。したがって、N400振幅が減衰する。

第2の候補は、制御的語彙アクセス過程における、意図的期待との一致および不一致によるアクセスの促進および抑制である(Holcomb, 1988)。すでに述べたように、制御的語彙アクセス過程における期待の働きには、心内辞書の特定の領域に対する注意資源配分があり、注意資源が配分された領域内にある単語表象へのアクセスは促進されるが、領域外の単語表象へのアクセスは抑制される。つまり、アクセス促進はN400減衰を、アクセス抑制はN400増大を引き起こすと考えられる。

第3の候補は、語彙アクセス後過程における、先行する文脈表象と後続の単語表象とを統合する難易度である(Brown & Hagoort, 1993; Kellenbach & Michie, 1996; Holcomb, 1993; Koyama, Nageishi, & Shimokochi, 1992)。すなわち、統合過程では、ワーキングメモリに保持された先行文脈と後続の単語との意味的統合が行われるが、この統合が容易であればN400が減衰し、困難あるいは不可能であればN400が増大するという考え方である。統合の難易度は先行文脈と後続単語との意味的整合性に規定され、整合性が高い場合には統合は容易であるが、整合性が低い場合

には、統合のために付加的な処理が必要となる。プライムもしくは文脈からの意味的逸脱により N400 が増大するのは、この付加的な処理を反映していると考えられる。

しかし、N400 がこのうちどの処理過程を反映しているのか、N400 が反映する過程は一つなのか複数なのかという点については、未だ統一の見解が得られていない。N400 と単語認知における諸過程との対応付けが明確になっていない原因として、以下の三点が考えられる。第1に、自動的語彙アクセス過程と制御的語彙アクセス過程を分離して検討するためには、制御的語彙アクセス過程の影響を統制するための SOA の操作と、被験者の意図的期待の操作を組み合わせる必要がある。しかし、N400 を指標とする研究で、これら二つの要因を同時に操作した実験はない。

第2に、N400 における注意効果について検討し、N400 と制御的語彙アクセス過程との関係を示した研究のほとんどは、Posner & Snyder(1975)が想定している意図的期待による心内辞書内での注意資源配分を操作していない。単語認知過程において注意が影響力を持つ過程は、制御的語彙アクセス過程だけではない。例えば関連比率は、被験者がプライムに向ける注意の程度を操作する要因の一つであるが、このような注意は統合過程にも影響すると考えられている(Neely, 1991; Seidenberg, Waters, Sanders, & Langer, 1984)。このように、注意をどのようにとらえ、どう操作するかによって、影響を受ける処理過程は異なってくる。従って、N400 が Posner & Snyder(1975)の想定した制御的語彙アクセス過程を反映する成分であると結論づけるためには、意図的期待による心内辞書における注意資源配分と N400 との関係を示す必要があり、単に N400 に注意の影響があることを示しただけでは不十分であると思われる。

第3に、統合過程とN400との関係を直接検討した実験が少ない点が挙げられる。

本研究の目的は、上述した問題点を改善した上で、N400に反映される処理過程を特定することである。第1の問題を解決するために、実験1,2では、反応時間を指標として語彙アクセス過程における二過程の存在を実験的に示した Neely(1977)の研究に基づいて、SOAと意図的期待を操作する。そして、意図的期待がN400に及ぼす影響を異なるSOAにおいて比較することによって、N400が自動的語彙アクセス過程と制御的語彙アクセス過程のどちらを反映した成分かを明らかにする。第2の問題を改善するために、実験1,2,3において、意図的期待による心内辞書における注意資源配分を直接的に操作する課題を工夫し、N400と制御的語彙アクセス過程との関係を検討する。第3の問題を改善するために、実験3,4ではN400と統合過程との関係を明らかにすることを目的とし、ワーキングメモリ内に保持されている表象とプローブとの意味的な統合について検討する。最後に、すべての実験で得られた結果に基づいて、N400が自動的語彙アクセス過程、制御的語彙アクセス過程、統合過程のうち、どの過程を反映しているのかについて考察する。

第2章 N400 に反映される単語認知過程の 実験的検討

第1節 プライムとプローブの呈示時間間隔が意図的期待および意味的関連性による N400 減衰に及ぼす影響

1. 実験 1

実験 1 では、Neely(1977)の行った実験事態で ERP を測定し、N400 が自動的語彙アクセス過程と制御的語彙アクセス過程のどちらを反映した成分かを検討した。前章で述べたとおり、Neely は、プライムとは意味的関連性のないカテゴリーに属するプローブを意図的に期待させ、プローブに対する語彙判断時間を測定した。その結果、SOA が 250 ms の時には、プライムと意味的に関連するプローブに対する反応時間が短縮し、意味的関連性による促進効果が得られた。しかし SOA が 400 ms, 700 ms と長くなり、意図的期待の影響が高まるにつれて、この促進効果は消失してゆき、逆に反応時間が遅延するという抑制効果が現れた。それとともに、期待と一致するプローブに対する反応時間が短縮し、期待による促進効果が増大した。Neely は、SOA が短い時に生じた促進効果を自動的活性化拡散によって、SOA が長い時に生じた促進効果と抑制効果を、期待との一致によるアクセス促進と、期待との不一致によるアクセス抑制によって説明した。

この研究に依拠して、実験 1 では、プローブに対する語彙判断を課題とし、次のように意図的期待の操作を行った。すなわち、プライムに特定の単語が出現した場合には、プローブとして特定のカテゴリーに属する単語を高確率で呈示し、被験者にそのカテゴリーに属するプローブの

出現を意図的に期待させた。例えば「ミカン」というプライムに続いて「国」カテゴリーに属するプローブを高確率で呈示する場合、被験者は「ミカン」に続いて国カテゴリーに属するプローブの出現を意図的に期待すると思われる。プローブには、期待どおり「アメリカ」などの国カテゴリーに属する期待プローブ、「バナナ」などのプライムと同じカテゴリーに属する関連プローブ、「サーカス」などの期待ともプライムとも意味的関連性のない非関連プローブの3種類があった。

Neely(1977)に基づくと、各実験条件で観察される N400 について、次のような予測が成り立つ。もし N400 が自動的語彙アクセス過程を反映しているならば、SOA が短い時には、関連プローブに対して減衰し、期待プローブに対しては減衰しないであろう。一方、もし N400 が制御的語彙アクセス過程を反映しているならば、SOA が長い時には、期待プローブに対して減衰し、関連プローブに対しては減衰しないであろう。N400 が自動的語彙アクセス過程と制御的語彙アクセス過程の両方を含めた語彙アクセス過程全体の処理に関わっているならば、上記の二つの結果が同時に得られると予想される。

方法

被験者 21-30 歳の成人 12 名(男性 7 名, 女性 5 名)が実験に参加した。全員、視力(矯正視力を含む)は正常範囲内で、利き手は右手であり、母語は日本語であった。この点については、以下のすべての実験で同様である。

刺激 カタカナ表記で 2-6 文字(平均文字数 3.7)の名詞単語および非単

語を使用し、Table 2-1 に示す 6 種類の刺激対を作成した。なお、実験で用いたすべての刺激対は、条件別に Appendix A に掲載した。6 種類の刺激対のうち 4 種類は、プライムに特定の単語を呈示した。この 4 種類の刺激対のうち、3 種類はプローブに単語を呈示し、残り 1 種類は非単語を呈示した。単語プローブには、意図的期待に一致するがプライムとは意味的関連性のない期待(EXPECTED)プローブ、意図的期待とは一致しないがプライムと意味的関連性のある関連(RELATED)プローブ、意図的期待とも一致せずプライムとの意味的関連性もない非関連(UNRELATED)プローブがあった。他の 2 種類の刺激対は、課題を成立させるために必要なフィラー対であり、プライムに任意の単語を、プローブに任意の単語もしくは非単語を呈示した。

Table 2-1
*Examples of Prime-Probe Pairs in Each Stimulus Condition
 (Experiment 1)*

CONDITION	EXAMPLE
EXPECTED	ミカン-アメリカ orange-America
RELATED	ミカン-バナナ orange-banana
UNRELATED	ミカン-サーカス orange-circus
NONWORD	ミカン-ケヒ orange-nonword
FILLER WORD	タバコ-キョウカシヨ cigarette-textbook
FILLER NONWORD	トモダチ-イマイユ friend-nonword

実験は 8 セッション構成とし、被験者に期待させるプローブのカテゴリ

リーはセッション間で変えた。各セッションにおける特定のプライムは、果物、文房具、天災、乗り物、樹木、昆虫、お菓子、衣類の8カテゴリーの中から、比較的出現頻度の高い単語を選択した。具体的には、特定のプライムと期待プローブのカテゴリーの組み合わせは、ミカン-国、エンピツ-魚、ジシン-動物、ジテンシャ-花、マツ-スポーツ、チョウ-楽器、ケーキ-鳥、セーター-野菜とした。以上のカテゴリーは小川(1972)を参考に選択した。関連プローブについては、プライムと同じカテゴリーに属する単語であった。なお、実験の前に行った練習セッションでは、特定のプライムとして色カテゴリーから「アカ」を選び、期待プローブとして身体のカテゴリーに属する単語を組み合わせた。

1セッションは40試行×2ブロック構成であった。各ブロックにつき、プローブが期待プローブである対を15対、その他のプローブである対を5対ずつ用い、これらを疑似ランダム順に配置したリストを2種類作成した。セッションの順序効果を防ぐため、一方のリストではもう一方のリストと逆の順序になるようセッションを配置し、半数の被験者には前者のリストを、残り半数の被験者には後者のリストを使用した。

課題と手続き 課題はプローブに対する語彙判断とし、プローブが単語であるか実在しない非単語であるかを、左右のボタンの押し分けによって反応させた。反応手のボタンへの割り当ては、被験者間でカウンター・バランスした。また、各セッションの前には、被験者に次のような教示を行った。例えば、特定のプライムが「ミカン」であるセッションでは、「ミカン」に続いて国の名前を表す単語が高い確率で呈示されるため、「ミカン」が呈示されたら国の名前を表す単語の出現を意図的に期待するように求めた。

刺激は、パーソナルコンピュータの CRT(MF-8621, 飯山電気)画面上に呈示した。刺激の色は常に白、背景色は黒であった。各試行は長方形の枠の呈示によって開始し、その枠内にプライムとプローブを呈示した。枠の呈示後 2 000 ms 後にプライムを 150 ms 間呈示し、SOA の短い短 SOA 条件では 250 ms、長い長 SOA 条件では 1 200 ms の時間間隔(オンセット-オンセット間隔)をあけて、プローブを呈示した。プローブと枠は、被験者の反応と同時に消失した。それぞれのブロックで、各条件の刺激対のうち半数を短 SOA 条件に、残り半数を長 SOA 条件に割り当てた。試行間間隔は 2 500-2 700 ms とした。

電極装着後、半暗室に設置した CRT 画面に向かって被験者を座らせた。課題の説明を行ったあと、練習セッションを行い、被験者が課題に十分慣れたら実験セッションを行った。各ブロック終了後には約 2 分の休憩を入れ、第 4 セッションと第 5 セッションの間には約 10 分の休憩を入れた。実験に要した時間(電極装着時間を含む)は 3 時間 30 分であった。

脳波の記録と分析 銀・塩化銀皿電極を用い、両耳朶連結を基準電極として Figure 2-1 における F3, F4, C3, C4, P3, P4, BL(F7 と T5 の中間; ブローカ野相当), BR(BR の対側), WL(Cz から 30%左側方, 13%後方; ウェルニッケ野相当), WR(WL の対側), Fz, Cz, Pz の 13 部位から脳波を、右眼窩上下から垂直方向の眼球電図(electrooculogram, EOG)を導出した。脳波と EOG は帯域通過周波数 0.05-30 Hz で増幅し、プローブ呈示前 100 ms から呈示後 1 000 ms の 1 100 ms 区間を、サンプリング周波数 200 Hz で AD 変換した。加算平均は、プライム呈示前 100 ms 区間の平均電位をベースラインとし、いずれかの部位で $\pm 100 \mu\text{V}$ を越える電位を示した試行および誤反応試行を除いて条件別に算出した。

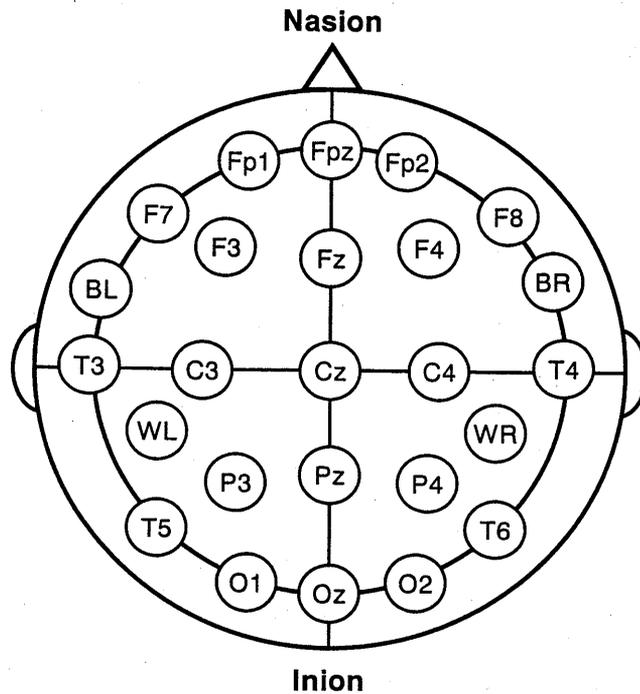


Figure 2-1 The electrode placement

条件差の出現区間や有意性は、繰り返し測度の分散分析およびその下位検定を行うことによって判断した。第一種の過誤の増大を防ぐため、必要に応じて Greenhouse & Geisser(1959)の ϵ による自由度の調整を行った。多重比較には Ryan 法を用い、有意水準を 5% に設定した。部位を含んだ交互作用に関しては、各部位における平均電位をベクトル長で規準化した場合(McCarthy, & Wood, 1985)にも有意であった場合のみを採用した。これらの点は、特にことわらない限り、以下のすべての実験で同様である。

本実験では、単語プローブにおける条件差について検討することが目的であるため、非単語プローブおよびフィラー対のデータは分析から除外した。なお、先行研究では N400 の左右差について一致した結果が得られておらず、本研究においても、側頭部位を分析対象に含めた検定の結果、左右差に関する一貫した傾向が得られなかったため、これ以降の

実験ではすべて、正中線上部位についての分析結果のみを報告した。

結果

行動指標 各条件のプロープに対する反応時間と誤反応率を Table 2-2 に示した。反応時間は正反応のみを分析対象とし、各条件の中央値を被験者間で平均した値を用いた。

まず単語プロープに対する反応時間は、SOA の長短に関わらず、期待プロープにおいて最も短く、非関連プロープにおいて最も長くなった。期待プロープと非関連プロープの差を期待効果、関連プロープと非関連プロープとの差を意味的関連性効果として評価したところ、どちらの効果も生じているが、その効果の大きさは期待効果の方が大きいように見える。2SOA(短 SOA, 長 SOA)×3 プロープ(期待, 関連, 非関連)の分散分析を行ったところ、プロープの主効果のみが有意であった($F(2, 22)=50.07, p<.001$)。多重比較の結果は視察を支持し、期待プロープと非関連プロープ、および関連プロープと非関連プロープの間に有意差が認められた。この結果は、期待効果と意味的関連性効果が統計的にも有意であることを示している。また、両効果の大きさを統計的に比較するため、非関連プロープから期待プロープ、および非関連プロープから関連プロープの反応時間を減算して促進量を算出し、2SOA×2 プロープ(期待, 関連)の分散分析を行った。その結果、プロープの主効果が有意であり($F(1, 11)=24.72, p<.001$)、視察通り、期待効果の方が意味的関連性効果よりも有意に大きかった。

誤反応率についても反応時間と同様の傾向が見られた。どちらの SOA 条件においても、誤反応率は期待プロープにおいて最も低く、非関連プ

ローブにおいて最も高くなり，期待効果と意味的関連性効果が生じているように見える．反応時間と同様の分散分析を行った結果，SOAの主効果($F(1, 11)=10.48, p<.01$)およびプローブの主効果($F(2, 22)=48.60, p<.001$)が有意であった．プローブの主効果について多重比較を行ったところ，期待プローブと非関連プローブ，および関連プローブと非関連プローブの間に有意差があり，期待効果と意味的関連性効果が統計的に有意であることが示された．反応時間と誤反応率に同様の傾向が得られたことから，反応の速さと正確性のトレードオフは生じていないといえる．

Table 2-2

Mean Reaction Times (ms) and Error Rates (%) for Each Probe in the Short and Long SOA Conditions (Experiment 1)

SOA	PROBE	REACTION TIME(ms)	ERROR RATE(%)
SHORT	EXPECTED	482 (45.3)	1.0 (1.0)
	RELATED	523 (59.5)	2.5 (2.5)
	UNRELATED	560 (61.9)	6.5 (3.3)
	NONWORD	709 (98.2)	17.3 (10.2)
LONG	EXPECTED	470 (54.2)	1.2 (1.0)
	RELATED	531 (74.3)	5.6 (3.8)
	UNRELATED	577 (81.1)	8.1 (3.2)
	NONWORD	728 (123.7)	8.3 (7.9)

Note. Values enclosed in parentheses represent *SDs*.

ERP 各条件のプローブに対する被験者間総加算平均波形を，SOA別にFigure 2-2に示した．どちらのSOAにおいても，300-500 ms区間にかけて陰性電位が出現し，続いて600 ms付近に頂点を持つ大きな陽性電位(late positive component, LPC)が発達していた．陰性電位については，前頭部から頭頂部まで広く認められるが，中心部正中線上で振幅が最大となることから，この成分はN400であると考えられる．一方LPCについ

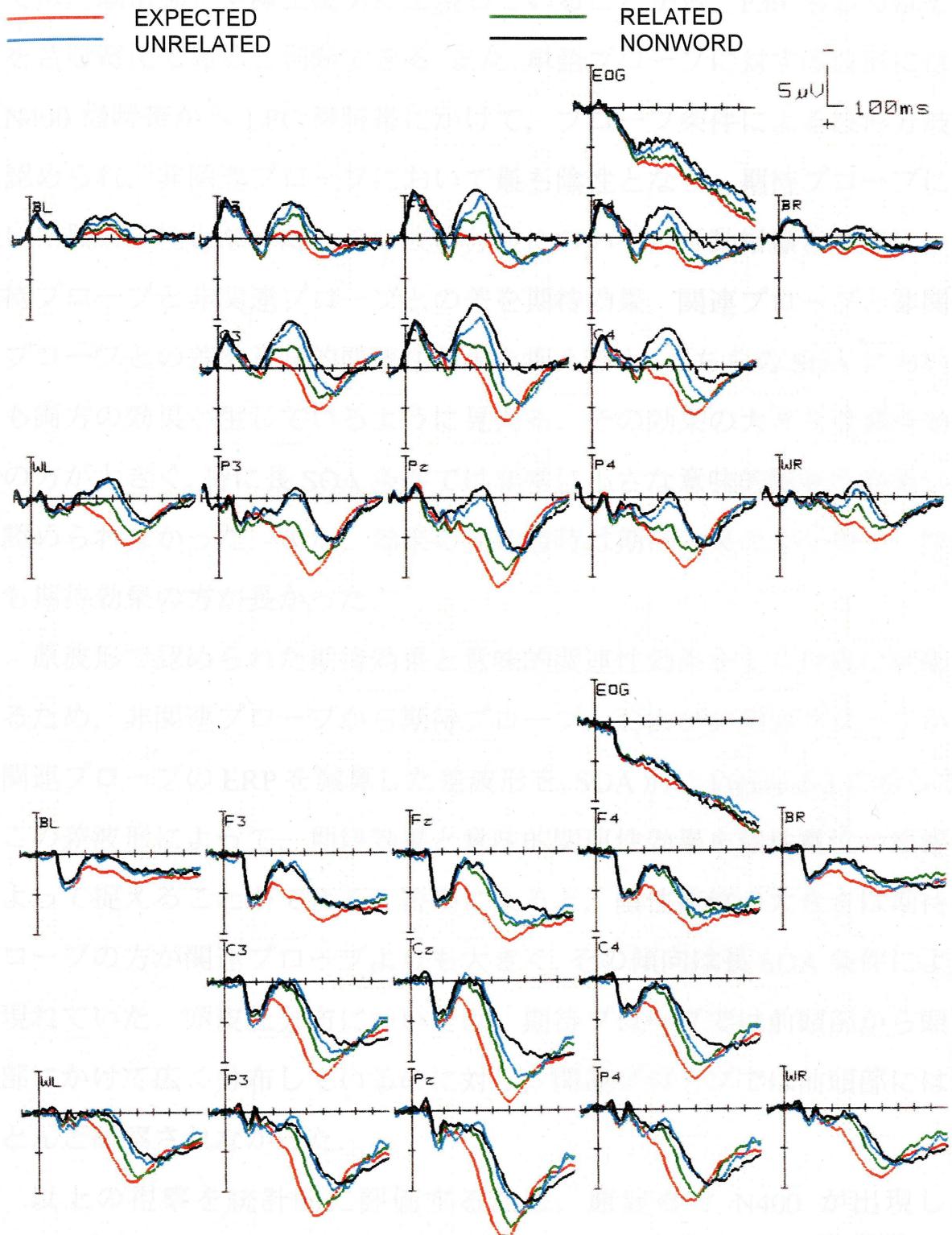


Figure 2-2 Grand average ERPs to each probe in Experiment 1. Upper panel shows ERPs for the SHORT SOA condition and lower panel for the LONG SOA condition.

ては、頭頂部正中線上優勢に出現していることから、P3b もしくはそれを含む電位であると判断できる。また、単語プローブに対する波形には、N400 潜時帯から LPC 潜時帯にかけて、プローブ条件による波形分岐が認められ、非関連プローブにおいて最も陰性となり、期待プローブにおいて最も陽性となった。この波形分岐について、行動指標と同様に、期待プローブと非関連プローブとの差を期待効果、関連プローブと非関連プローブとの差を意味的関連性効果と捉えると、どちらの SOA においても両方の効果が生じているように見える。その効果の大きさは期待効果の方が大きく、特に長 SOA 条件では非常に小さな意味的関連性効果しか認められなかった。また、効果の開始潜時は期待効果の方が短く、持続も期待効果の方が長かった。

原波形で認められた期待効果と意味的関連性効果をより詳細に評価するため、非関連プローブから期待プローブ、および非関連プローブから関連プローブの ERP を減算した差波形を、SOA 別に Figure 2-3 に示した。この差波形によって、期待効果と意味的関連性効果を陰性電位の振幅によって捉えることができる。視察によると、陰性電位の大きさは期待プローブの方が関連プローブよりも大きく、その傾向は長 SOA 条件によく現れていた。頭皮上分布については、期待プローブでは前頭部から頭頂部にかけて広く分布しているのに対し、関連プローブでは前頭部にはほとんど観察されなかった。

以上の視察を統計的に評価するため、原波形で N400 が出現した 300-500 ms 区間について、50 ms 区間ごとに平均電位を算出し、2SOA × 3 プローブ × 3 部位(Fz, Cz, Pz)の分散分析を行った。その結果、すべての区間でプローブの主効果が有意であった(300-350 ms: $F=5.97$, $\epsilon=0.665$, $p<.05$; 350-400 ms: $F=11.16$, $\epsilon=0.587$, $p<.01$; 400-450 ms: $F=17.67$, ϵ

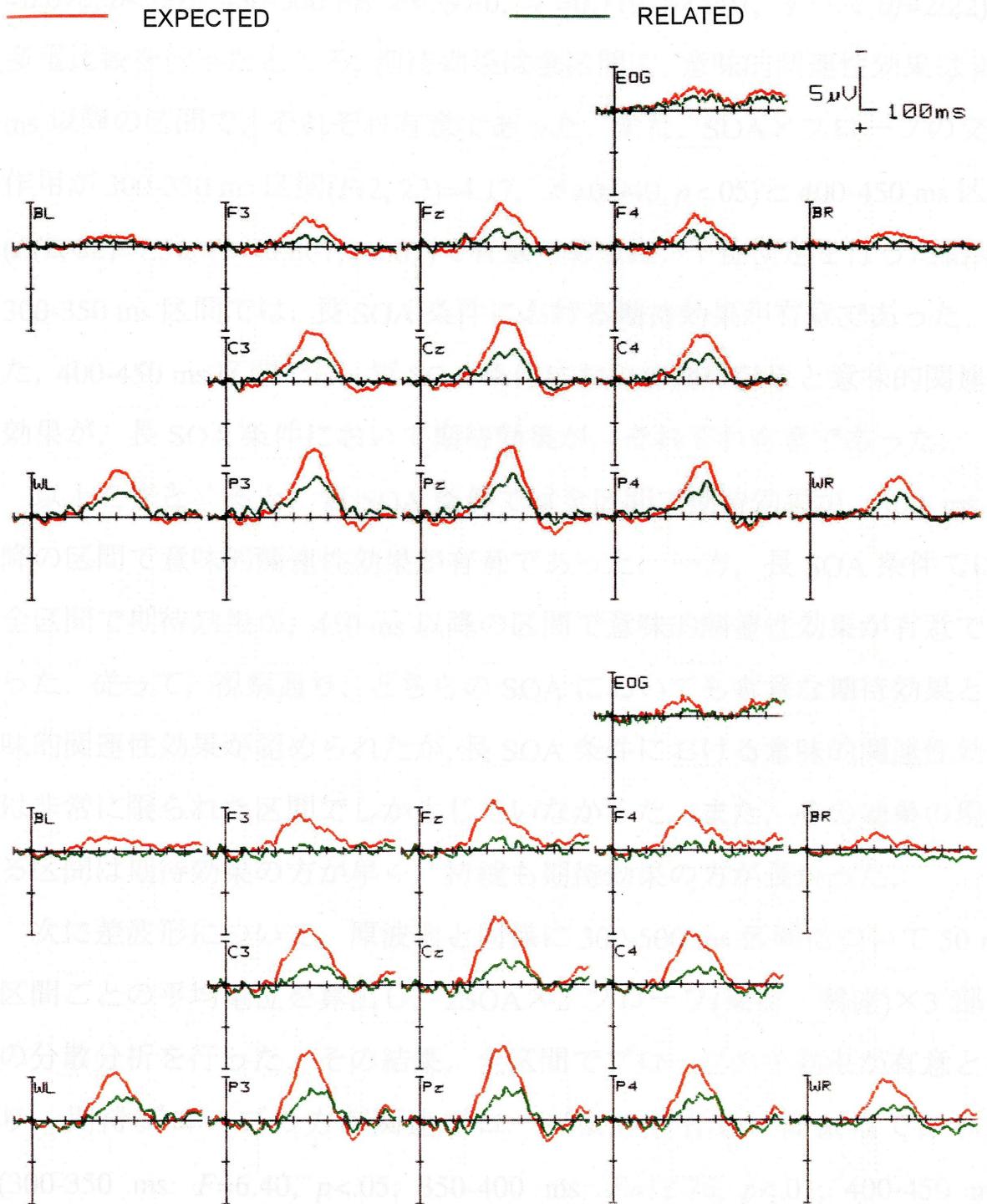


Figure 2-3 The difference ERPs obtained by subtracting ERPs to EXPECTED and RELATED probes from ERPs to UNRELATED probes in Experiment 1. Upper panel shows ERPs for the SHORT SOA condition and lower panel for the LONG SOA condition.

=0.676, $p < .001$; 450-500 ms: $F = 39.80$, $\epsilon = 0.719$, $p < .001$, すべて $df = 2/22$). 多重比較を行ったところ, 期待効果は全区間で, 意味的関連性効果は 450 ms 以降の区間で, それぞれ有意であった. また, SOA×プローブの交互作用が 300-350 ms 区間($F(2, 22) = 4.17$, $\epsilon = 0.940$, $p < .05$)と 400-450 ms 区間($F(2, 22) = 7.56$, $\epsilon = 0.887$, $p < .01$)で有意であった. 下位検定を行った結果, 300-350 ms 区間では, 長 SOA 条件における期待効果が有意であった. また, 400-450 ms 区間では, 短 SOA 条件において期待効果と意味的関連性効果が, 長 SOA 条件において期待効果が, それぞれ有意であった.

以上をまとめると, 短 SOA 条件では全区間で期待効果が, 400 ms 以降の区間で意味的関連性効果が有意であった. 一方, 長 SOA 条件では, 全区間で期待効果が, 450 ms 以降の区間で意味的関連性効果が有意であった. 従って, 視察通り, どちらの SOA においても有意な期待効果と意味的関連性効果が認められたが, 長 SOA 条件における意味的関連性効果は非常に限られた区間でしか生じていなかった. また, その効果の現れる区間は期待効果の方が早く, 持続も期待効果の方が長かった.

次に差波形について, 原波形と同様に 300-500 ms 区間について 50 ms 区間ごとの平均電位を算出し, 2SOA×2 プローブ(期待, 関連)×3 部位の分散分析を行った. その結果, 全区間でプローブの主効果が有意となり, 期待プローブの方が関連プローブよりも有意に高振幅であった(300-350 ms: $F = 6.40$, $p < .05$; 350-400 ms: $F = 12.76$, $p < .01$; 400-450 ms: $F = 14.48$, $p < .01$; 450-500 ms: $F = 29.99$, $p < .001$, すべて $df = 1/11$). また, 300-450 ms 区間では SOA×プローブの交互作用が認められた(300-350 ms: $F = 7.20$, $p < .05$; 350-400 ms: $F = 5.25$, $p < .05$; 400-450 ms: $F = 13.61$, $p < .01$, すべて $df = 1/11$). 下位検定の結果, 短 SOA 条件では 350-450 ms 区間, 長 SOA 条件では 300-450 ms 区間でプローブの単純主効果が有意であった.

プローブの主効果が得られた区間を考慮すると、差波形の陰性電位は、短 SOA 条件では 350 ms 以降の区間、長 SOA 条件では全区間で、期待プローブの方が関連プローブよりも有意に高振幅であった。したがって、どちらの SOA においても、ほとんどの区間で、期待効果の方が意味的関連性効果よりも大きいことが統計的に示された。さらに 400-450 ms 区間では、期待プローブにおける SOA の単純主効果が有意であった。このことは、期待効果が短 SOA 条件よりも長 SOA 条件で有意に大きいことを示している。頭皮上分布については、450-500 ms 区間でプローブ×部位の交互作用が有意となり($F(2, 22)=8.59$, $\epsilon=0.616$, $p<.01$), 期待効果と意味的関連性効果の分布が異なる可能性が示された。

最後に、N400 に続いて著しい LPC が出現していることから、以上の結果が LPC の変動によって生じた可能性がある。このことを統計的に検討するため、原波形において最も LPC が発達している 600-800 ms 区間について 50 ms 区間ごとの平均電位を算出し、N400 潜時帯と同様の分散分析を行った。その結果、プローブの主効果は 600-650 ms 区間($F(2, 22)=10.82$, $\epsilon=0.774$, $p<.01$)でしか得られず、N400 潜時帯で認められた SOA×プローブの交互作用も有意ではなかった($ps>.05$)。LPC の優勢な区間において N400 潜時帯とは異なる統計的傾向が見られたことは、N400 潜時帯の変動が LPC によるものではないことを示している。

考察

実験 1 の目的は、Neely(1977)の行った実験事態で ERP を測定し、N400 が自動的語彙アクセス過程と制御的語彙アクセス過程のどちらを反映した成分かを明らかにすることであった。そして、N400 が自動的語彙アク

セス過程を反映しているならば、短 SOA 条件下で意味的関連性効果が生じ、制御的語彙アクセス過程を反映しているならば、長 SOA 条件下で期待効果が生じると予測した。また、N400 が自動的語彙アクセス過程と制御的語彙アクセス過程の両方を含めた語彙アクセス過程全体の処理に関わっているならば、短 SOA 条件下では意味的関連性効果が生じ、長 SOA 条件下では期待効果が生じると推測した。しかし、結果はいずれの予測とも完全には一致しなかった。すなわち、どちらの SOA 条件においても有意な期待効果と意味的関連性効果が得られ、その効果の大きさは期待効果の方が大きかった。

この結果について、短 SOA 条件下で生じた意味的関連性効果は自動的活性化拡散によって説明できるが、同時にそれを上回る期待効果が認められたことは、自動的語彙アクセス過程の観点からは説明できない。また、長 SOA 条件下で得られた期待効果と意味的関連性効果についても、持続の短い自動的活性化拡散によって説明することは不可能である。

一方、長 SOA 条件下で得られた期待効果は、期待との一致によるアクセス促進によって説明できる。長 SOA 条件下で得られた意味的関連性効果については、その効果自体が比較的小さく、出現区間も非常に限られていた。したがって、これを期待との不一致によるアクセス抑制から解釈しても良いように思われる。ただし、意図的期待がまだ十分に形成されていない短 SOA 条件においても期待効果が得られ、かつ明瞭な意味的関連性効果が認められたことは、制御的語彙アクセス過程の観点からは説明が困難である。以上をまとめると、本実験で得られた N400 の変動は、自動的語彙アクセス過程の観点からも、制御的語彙アクセス過程の観点からも、十分に説明することができない。

反応時間 反応時間の結果は Neely(1977)の結果と必ずしも一致せず、どちらの SOA 条件下でも、有意な期待および意味的関連性による反応時間の促進が生じた。短 SOA 条件において期待による促進効果が生じたことは、本実験では SOA が短いにもかかわらず、何らかの期待が作用していたことを示唆する。また、長 SOA 条件において意味的関連性による促進効果が生じたことから、意図的期待による心内辞書内での注意資源配分が十分に機能していなかった可能性も伺われる。つまり、本実験では、SOA と意図的期待を組み合わせた各条件における N400 の増減を、特定の処理過程と対応づけることは不適切であるという可能性も考えられる。

このような結果の食い違いが生じた原因の一つに、意図的期待を形成させるプライム-プローブ対が各ブロックにつき 1 種類しかなかったことがある。Neely(1977)では、このような対として「BIRD-鳥の名前」、
「BUILDING-身体の一部」、
「BODY-建物の一部」の 3 種類があったため、被験者は試行ごとに新たな期待を形成する必要があった。一方、本実験では 1 種類しかなかったため、最初の試行で形成された期待が全試行を通じて働いていた可能性がある。この持続的な期待のために、短 SOA 条件においても期待の影響が生じたことが考えられる。さらに、意図的期待を試行ごとに更新しなくてもすむため、強い意図的期待を形成しなくても容易に課題を遂行することができた可能性がある。この緩やかな期待のために、長 SOA 条件において意味的関連性効果が十分に抑制されなかったのかもしれない。

2. 実験 2

実験 2 では、Neely(1977)の実験事態により近づけることによって、実験 1 で生じた持続的で緩やかな期待の影響が小さくなるよう改善し、実験 1 の目的を再検討した。具体的には、期待を形成させるプライムプローブ対を Neely の実験と同様に 3 種類に増やし、試行ごとに新たな期待が形成されるようにした。例えば、プライムが「サンマ」である場合には、プローブとして「文房具」カテゴリーに属する単語を、「バイク」である場合には「お菓子」カテゴリーに属する単語を、「テニス」である場合には「花」カテゴリーに属する単語を、それぞれ高確率に呈示した。

方法

被験者 19-31 歳の大学生および大学院生 18 名(男性 8 名, 女性 10 名)が実験に参加した。うち、実験 1 に参加した被験者は 3 名であった。

刺激 カタカナ表記で 2-6 文字(平均文字数 3.6)の名詞単語および非単語を用いて、Table 2-3 に示す 4 条件の刺激対を作成した。なお、実験で用いたすべての刺激対は、条件別に Appendix B に掲載した。すべての刺激対において、プライムには特定の 3 単語のうちいずれかを呈示した(例えば、「サンマ」、「バイク」、「テニス」)。プローブには単語プローブと非単語プローブがあり、単語プローブには、実験 1 と同様に、期待プローブ、関連プローブ、非関連プローブがあった。なお、本実験ではフィルターは設けなかった。

実験は 3 セッション構成であり、セッション間で異なるカテゴリーに

属するプローブを期待させた。各セッションにおけるプライムと期待プローブのカテゴリーの組み合わせは、第1セッションではサンマー文具、バイクーお菓子、テニスー花、第2セッションでは、ナダレー鳥、ルビーー野菜、ツクエー国、第3セッションでは、ブドウー楽器、シャツー県、エイズー動物であった。これらのプライムは、魚、乗り物、スポーツ、災害、宝石、家具、果物、衣類、病気の9カテゴリーの中から、比較的出現頻度の高い単語を選択した。以上のカテゴリーは、小川(1972)を参考に選択した。

1セッションは36試行×4ブロック構成であった。各ブロックにつき、プローブが期待プローブである対を18対、関連プローブ、非関連プローブ、非単語プローブである対をそれぞれ6対ずつ使用し、これらを疑似ランダム順に配置したリストを3種類作成した。セッションの順序効果を防ぐため、リスト間でセッションの施行順序を変え、どのリストを刺激として用いるかは、被験者間でカウンター・バランスした。

Table 2-3

Examples of Prime-Probe Pairs in Each Stimulus Condition (Experiment 2)

CONDITION	EXAMPLE		
EXPECTED	サンマーエンピツ saury-pencil	バイクーケーキ motorcycle-cake	テニスーバラ tennis-rose
RELATED	サンマーサバ saury-mackerel	バイクーバス motorcycle-bus	テニスーヤキュウ tennis-baseball
UNRELATED	サンマークズカゴ saury-dustbox	バイクースナ motorcycle-sand	テニスーレコード tennis-record
NONWORD	サンマータサ saury-nonword	バイクーコラキ motorcycle-nonword	テニスーユミルシ tennis-nonword

課題と手続き 課題はプローブに対する語彙判断であった。実験1よ

りも課題が困難になったので、意図的期待を十分に形成できるように長 SOA 条件の SOA を 2 000 ms とし、試行間間隔を 2 900-2 700 ms とした。他の点については実験 1 と同様であった。

各ブロック終了後には約 2 分の休憩を入れ、セッション間には約 10 分の休憩を入れた。実験に要した時間(電極装着時間も含む)は 3 時間 30 分であった。

脳波の記録と分析 鼻尖を基準電極として、Fp1, Fp2, F3, F4, C3, C4, P3, P4, O1, O2, F7, F8, T3, T4, T5, T6, Fpz, Fz, Cz, Pz, Oz の 21 部位から脳波を導出した。左右耳朶にも電極を装着し、両耳朶連結を基準とする電位をオフラインで計算した。本実験では特に頭皮上前頭よりの記録部位を増やしたが、その理由は、実験 1 において、N400 における期待効果と意味的関連性効果の頭皮上分布の違いが、前頭領域で観察されたからである。その他の点については実験 1 と同様であった。

結果

行動指標 各条件におけるプローブに対する反応時間と誤反応率を、実験 1 と同様に算出し、その値を Table 2-4 に示した。

単語プローブに対する反応時間について、実験 1 と同様の期待効果が得られた。つまり、どちらの SOA 条件でも期待効果が認められ、その効果の大きさは長 SOA 条件の方が大きかった。一方、意味的関連性効果は実験 1 と異なり、どちらの SOA 条件でも認められなかった。分散分析の結果、SOA の主効果($F(1, 17)=8.25, p<.01$)、プローブの主効果、($F(2, 34)=42.12, p<.001$)、および SOA×プローブの交互作用($F(2, 34)=24.40,$

$p<.001$)が有意であった。交互作用について下位検定を行ったところ、どちらの SOA 条件においてもプローブの単純主効果が有意であり、期待プローブに対する反応時間は、非関連プローブと比べて有意に短かった。また、どちらの SOA 条件においても、関連プローブと非関連プローブの差は有意ではなかった。よって、視察通り、どちらの SOA 条件においても有意な期待効果が生じ、意味的関連性効果は生じなかった。この期待効果の大きさが SOA によって異なるかどうかを統計的に評価するため、促進量について分散分析を行った。その結果、SOA の主効果($F(1, 17)=13.13, p<.01$)、プローブの主効果($F(1, 17)=33.01, p<.001$)、SOA×プローブの交互作用($F(1, 17)=36.95, p<.001$)がそれぞれ有意であった。交互作用の下位検定の結果、期待プローブにおける SOA の単純主効果が有意であり、短 SOA 条件よりも長 SOA 条件において有意に大きな期待効果が生じていた。

Table 2-4
Mean Reaction Times (ms) and Error Rates (%) for Each Probe in the Short and Long SOA Conditions (Experiment 2)

SOA	PROBE	REACTION TIME(ms)		ERROR RATE(%)	
SHORT	EXPECTED	543	(46.2)	1.1	(0.9)
	RELATED	578	(67.6)	2.6	(2.4)
	UNRELATED	582	(63.0)	1.9	(2.6)
	NONWORD	749	(81.8)	8.5	(8.4)
LONG	EXPECTED	484	(45.1)	0.2	(0.4)
	RELATED	576	(69.4)	3.3	(3.2)
	UNRELATED	588	(63.5)	5.6	(3.2)
	NONWORD	716	(85.8)	8.2	(7.2)

Note. Values enclosed in parentheses represent *SDs*.

誤反応率については、短 SOA 条件ではどのプローブ条件でも 3%以下

ときわめて低く、一貫した傾向が見いだせなかった。一方、長 SOA 条件では、期待効果と意味的関連性効果の両効果が観察された。分散分析の結果、SOA の主効果($F(1, 17)=11.39, p<.01$)、プローブの主効果($F(2, 34)=17.69, p<.001$)、SOA×プローブの交互作用($F(2, 34)=8.76, p<.001$)がそれぞれ有意であった。交互作用の下位検定を行ったところ、長 SOA 条件におけるプローブの単純主効果が有意であり、各水準間にそれぞれ有意差が認められた。すなわち、長 SOA 条件では、有意な期待効果と意味的関連性効果が生じていた。なお、意味的関連性効果の現れ方に違いがあるようなので、反応の速さと正確性のトレードオフは生じていなかった。

ERP 各条件におけるプローブに対する被験者間総加算平均波形を SOA 別に Figure 2-4 に示した。波形の形態的特徴や条件差の現れ方は実験 1 とほぼ同じであり、300-500 ms 付近の N400 から 600 ms 付近に頂点を持つ LPC にかけて、プローブ条件による波形分岐が認められた。この波形分岐について、短 SOA 条件では、意味的関連性効果と、それを上回る期待効果が観察された。長 SOA 条件においても顕著な期待効果が認められたが、意味的関連性効果はかなり小さいように見える。効果の開始潜時については、どちらの SOA 条件においても期待効果の方が短く、効果の持続も期待効果の方が長かった。

これらの期待効果と意味的関連性効果をより詳細に評価するため、実験 1 と同様に差波形を算出し、SOA 別に Figure 2-5 に示した。陰性電位の大きさは、実験 1 と同様、どちらの SOA 条件においても、期待プローブの方が関連プローブよりも大きかった。頭皮上分布については、長 SOA 条件において、期待プローブでは前頭部から後頭部にかけて広く分布しているのに対し、関連プローブでは前頭部にはほとんど観察されな

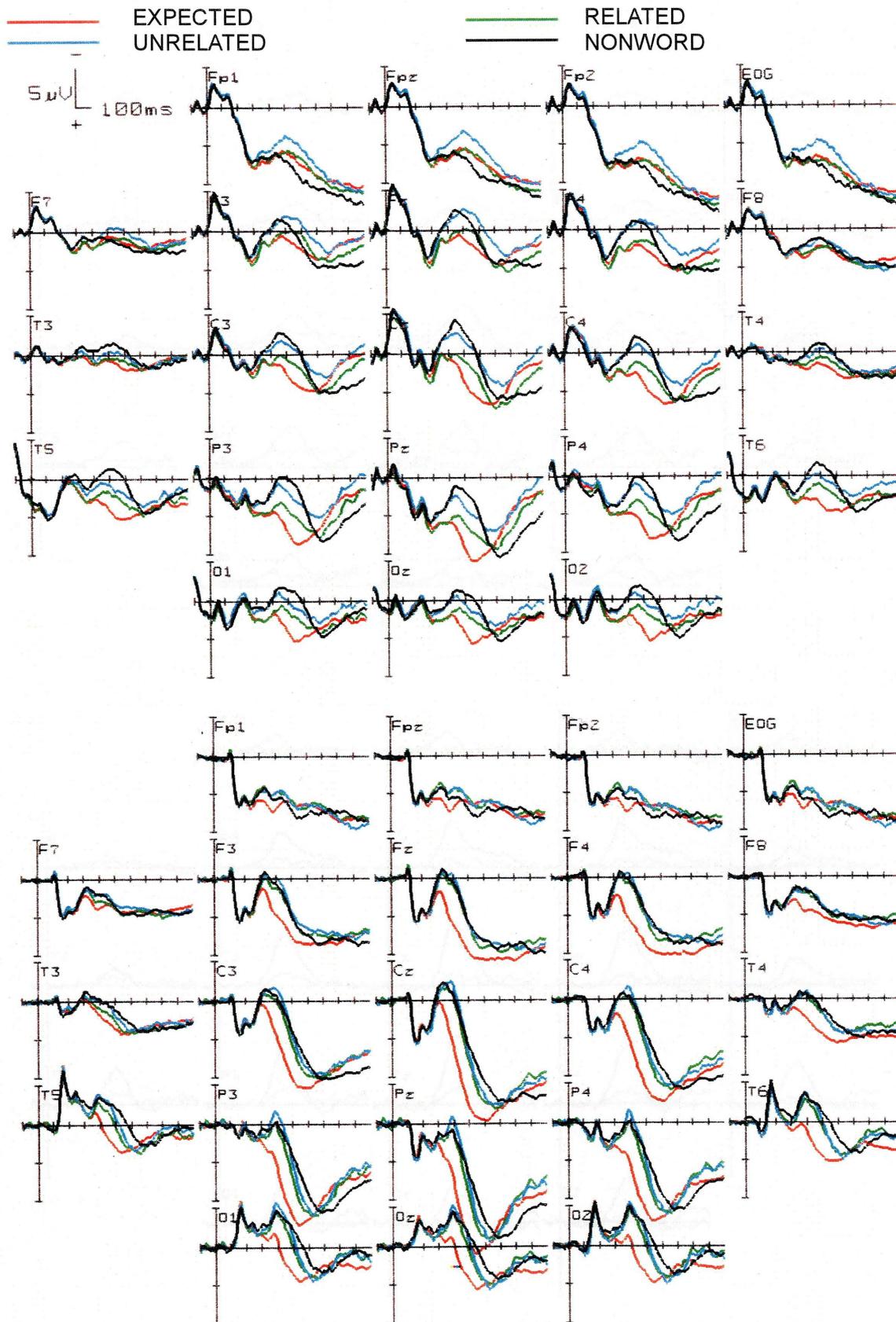


Figure 2-5 The difference ERPs obtained by subtracting ERPs to EX-
 Figure 2-4 Grand average ERPs to each probe in Experiment 2. Upper
 panel shows ERPs for the SHORT SOA condition and lower panel for
 the LONG SOA condition.

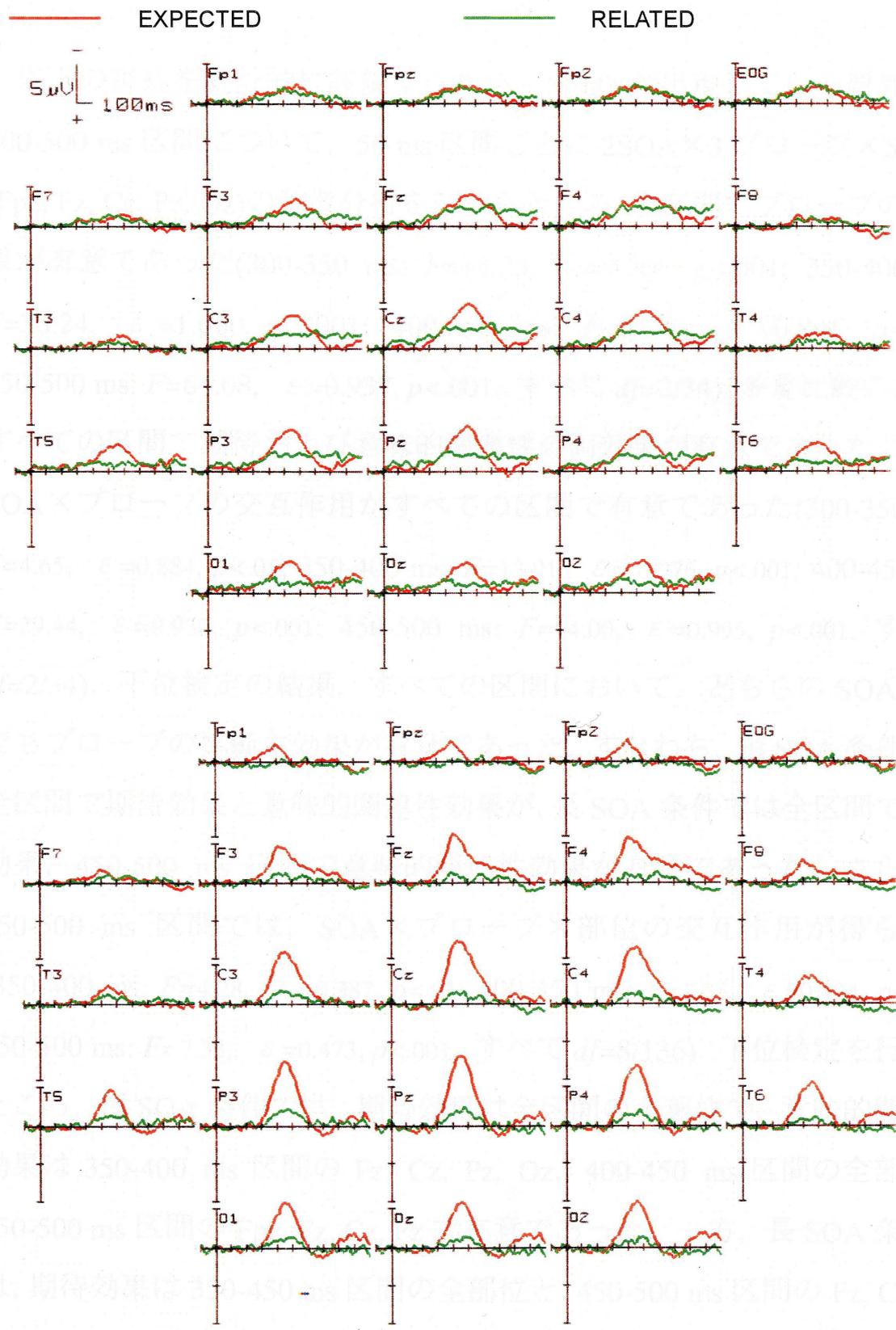


Figure 2-5 The difference ERPs obtained by subtracting ERPs to EXPECTED and RELATED probes from ERPs to UNRELATED probes in Experiment 2. Upper panel shows ERPs for the SHORT SOA condition and lower panel for the LONG SOA condition.

かった。

以上の視察を統計的に評価するため、N400 が出現している原波形の 300-500 ms 区間について、50 ms 区間ごとに 2SOA×3 プローブ×5 部位 (Fpz, Fz, Cz, Pz, Oz) の分散分析を行ったところ、全区間でプローブの主効果が有意であった(300-350 ms: $F=15.23$, $\epsilon=0.906$, $p<.001$; 350-400 ms: $F=38.24$, $\epsilon=1.000$, $p<.001$; 400-450 ms: $F=53.43$, $\epsilon=0.861$, $p<.001$; 450-500 ms: $F=64.08$, $\epsilon=0.937$, $p<.001$, すべて $df=2/34$). 多重比較の結果、すべての区間で期待および意味的関連性の両効果が有意であった。また、SOA×プローブの交互作用がすべての区間で有意であった(300-350 ms: $F=4.65$, $\epsilon=0.884$, $p<.05$; 350-400 ms: $F=13.01$, $\epsilon=0.976$, $p<.001$; 400-450 ms: $F=29.44$, $\epsilon=0.930$, $p<.001$; 450-500 ms: $F=14.00$, $\epsilon=0.995$, $p<.001$, すべて $df=2/34$). 下位検定の結果、すべての区間において、どちらの SOA 条件でもプローブの単純主効果が有意であった。すなわち、短 SOA 条件では全区間で期待効果と意味的関連性効果が、長 SOA 条件では全区間で期待効果、450-500 ms 区間で意味的関連性効果が有意であった。さらに、350-500 ms 区間では、SOA×プローブ×部位の交互作用が得られた(350-400 ms: $F=4.28$, $\epsilon=0.387$, $p<.01$; 400-450 ms: $F=7.35$, $\epsilon=0.424$, $p<.001$; 450-500 ms: $F=7.33$, $\epsilon=0.473$, $p<.001$, すべて $df=8/136$). 下位検定を行ったところ、短 SOA 条件では、期待効果は全区間の全部位で、意味的関連性効果は 350-400 ms 区間の Fz, Cz, Pz, Oz, 400-450 ms 区間の全部位, 450-500 ms 区間の Fpz, Fz, Cz, Pz で有意であった。一方、長 SOA 条件では、期待効果は 350-450 ms 区間の全部位と、450-500 ms 区間の Fz, Cz, Pz, Oz で有意であり、意味的関連性効果は 350-400 ms 区間の Pz, 400-450 ms 区間の Cz, Pz, 450-500 ms 区間の Cz, Pz, Oz で有意であった。

以上の結果をまとめると、短 SOA 条件では、すべての区間において、

有意な期待効果と意味的関連性効果が認められた。一方、長 SOA 条件においても、すべての区間で有意な期待効果が生じたが、意味的関連性効果は 450 ms 以降に現れた。また、これらの効果の現れ方は部位によって異なり、期待効果が頭皮上の広い範囲に分布しているのに対し、意味的関連性効果の分布は若干狭かった。特に、長 SOA 条件における意味的関連性効果は、前頭部では得られなかった。

次に、差波形について分散分析を行った結果、全区間でプローブの主効果(300-350 ms: $F=11.84$, $p<.01$; 350-400 ms: $F=25.16$, $p<.001$; 400-450 ms: $F=37.29$, $p<.001$; 450-500 ms, $F=46.31$, $p<.001$, すべて $df=1/17$), および SOA × プローブの交互作用(300-350 ms: $F=13.04$, $p<.01$; 350-400 ms: $F=28.08$, $p<.001$; 400-450 ms: $F=58.48$, $p<.001$; 450-500 ms, $F=28.76$, $p<.001$, すべて $df=1/17$)が有意であった。交互作用の下位検定を行ったところ、短 SOA 条件では 450-500 ms 区間で、長 SOA 条件では全区間で、プローブの単純主効果が有意であった。したがって、短 SOA 条件では、ほとんどの区間において、ほぼ同程度の期待効果と意味的関連性効果が生じたが、長 SOA 条件では全区間において期待効果が意味的関連性効果よりも大きかった。さらに、350-500 ms 区間では、期待プローブにおける SOA の単純主効果が有意であり、期待効果が短 SOA 条件よりも長 SOA 条件において有意に大きかった。頭皮上分布については、450-500 ms 区間でプローブ × 部位の交互作用が有意であったが($F(4, 68)=33.47$, $\epsilon =0.453$, $p<.001$), 各部位における平均電位をベクトル長で規準化した場合 (McCarthy, & Wood, 1985)には有意ではなかった($p>.05$)。

最後に、以上の結果が LPC の変動によるものである可能性を統計的に検討するため、原波形の 500-800 ms 区間について分散分析を行ったところ、N400 潜時帯で認められたような SOA × プローブ × 部位の交互作用

は、いずれの区間においても有意ではなかった($p > .05$)。よって、N400 潜時帯の変動が LPC によるものではないことが示された。

考察

反応時間 本実験では、実験 1 で生じた持続的で緩やかな期待の影響が小さくなるよう、期待を形成させるプライム-プローブ対を 3 種類に増やし、Neely(1977)の実験により近い事態で、実験 1 の目的を再検討した。しかしながら、反応時間の結果はやはり Neely の結果とは完全には一致せず、どちらの SOA 条件においても有意な期待による促進効果が生じ、意味的関連性による促進効果が生じなかった。つまり、長 SOA 条件については Neely の実験結果と一致したが、短 SOA 条件については一致しなかった。

ただし、実験 1 では期待および意味的関連性による促進効果はいずれも SOA の影響を受けなかったが、本実験では期待による促進効果が短 SOA 条件よりも長 SOA 条件において大きかった。このことは、本実験における意図的期待の操作が、実験 1 よりも適切であったことを示唆している。

しかしながら、短 SOA 条件では依然として Neely(1977)の実験とは異なる結果が得られた。この短 SOA 条件における結果の不一致は、本実験と Neely(1977)との、実験手続き上の違いに起因すると考えられる。そのような違いとして、例えば全試行に占める各条件の割合が挙げられる。具体的には、本実験では Neely の実験よりも期待プローブの割合が高いため(本実験では 50 %、Neely の実験では約 33 %)、より強い意図的期待が働き、SOA が短いにもかかわらず期待が作用した可能性がある。しか

し、実験 1 における期待プロープの割合は Neely と同じであったが、やはり短 SOA 条件下で期待効果が生じていた。したがって、期待プロープの割合の違いが、本実験と Neely の実験における結果の食い違いを生んだ決定的な原因であるとは考えにくい。

また、実験 1, 2 では、Neely(1977)の実験よりも非単語プロープの割合が低い(実験 1 では 22 %, 実験 2 では 17 %, Neely の実験では 33 %)。Neely, Keefe, & Ross(1989)は、非単語プロープの割合が高いと、語彙アクセス後過程において、非関連プロープを「非単語である」と判断するバイアスが強くなり、非関連プロープに対する反応時間が遅延するため、意味的プライミング効果が大きくなると述べている。しかし、この語彙アクセス後過程における反応バイアスによる説明は、本実験のように意図的期待が働いている事態では未確認である。

そのほかにも、本実験と Neely(1977)の実験では、SOA の条件設定、中立条件の有無、非関連プロープに対する予測しやすさなどが異なる。しかし、そのいずれによっても、実験結果の不一致を十分に説明することはできない。それ故、現段階では特定できない何らかの原因によって、本実験では SOA が短い場合にも意図的期待が作用し、自動的活性化拡散による意味的関連性効果が抑制されたか、観察されにくくなったと考える以外にはないように思われる。

N400 N400 の変動パターンは、ほぼ実験 1 と同様であり、どちらの SOA 条件においても有意な期待効果と意味的関連性効果が認められた。したがって、予測と完全に一致する結果は得られなかった。

短 SOA 条件における意味的関連性効果は自動的活性化拡散によって説明できるが、期待効果は説明できない。もちろん、長 SOA 条件におけ

る期待効果と意味的関連性効果も、持続の短い自動的活性化拡散によって説明することは不可能である。一方、この長 SOA 条件における期待効果は、意図的期待との一致によるアクセス促進によって説明できる。また、長 SOA 条件で得られた意味的関連性効果は、実験 1 と同様、その効果の大きさ自体が小さく、出現区間も限られていた。よって、意図的期待との不一致によるアクセス抑制から解釈しても良いように思われる。ただし、意図的期待が十分に働いていない短 SOA 条件で得られた期待効果と、明瞭な意味的関連性効果は、制御的語彙アクセス過程の観点から説明することが困難である。

以上を総合して考えると、N400 の変動は、自動的語彙アクセス過程よりも制御的語彙アクセス過程と関連づけた方が、より多くの結果を説明できる。少なくとも、N400 が意図的期待によって影響を受けたことは、自動的語彙アクセス過程の観点のみから説明することは難しい。

統合過程からの説明 前章で述べたとおり、統合過程とは先行文脈と後続単語とを意味的に統合する過程である。このような時間的に前後する情報を統合するためには、先行文脈やプライムを保持しておく機構が必要であるが、その保持機構としてはワーキングメモリが想定されている。

実験 1, 2 で得られた N400 の変動は、統合過程から解釈すると、以下のようにすべて説明することができる。まず、プライムが呈示され、語彙アクセスが終了すると、そのプライム表象はワーキングメモリ内に保持される。ここで、本実験のように特定のカテゴリーに属するプローブが期待される場合には、そのプローブの表象もワーキングメモリ内で保持されると考えられる。以下、これを期待表象と呼ぶ。例えば、「ミカン

「国」というプライムプローブ対が高確率で呈示される事態では、ワーキングメモリ内に、「ミカン」というプライム表象と、「国」という期待表象が保持されているであろう。このような状態において「アメリカ」という期待プローブが呈示されると、「アメリカは国である」、あるいは「アメリカと国との間には意味的関連性がある」といった意味統合が行われる。一方、「リンゴ」という関連プローブが呈示された場合にも、「リンゴはミカンと意味的関連性がある」、あるいは「どちらも果物カテゴリーに属する」といった意味統合がなされる。N400 がこのような統合を反映していると考えれば、期待プローブと関連プローブのどちらに対しても N400 が減衰し、期待効果と意味的関連性効果がどちらも生じたことがうまく説明できる。このような統合は、プライムとプローブの同定が終了した後に生じる過程であると考えられているので、二つの効果が SOA の長短に関わらず認められたこととよく適合する。

以上の考察をまとめると、少なくとも N400 は意図的期待の影響を受ける成分であることから、自動的語彙アクセス過程のみを反映しているとは考えにくい。N400 における意図的期待の効果は、制御的語彙アクセス過程と関連づけて解釈した方がより多くの結果を説明できるが、いくつか説明できない部分もある。一方、本実験で得られた N400 の変動は、統合過程の観点からうまく説明することができる。

期待効果と意味的関連性効果の比較 実験 1, 2 について、N400 における期待効果と意味的関連性効果を比較すると、次の 2 点で違いが認められた。第 1 に、各効果が認められる頭皮上分布が若干異なり、期待効果は前頭部から後頭部にかけて頭皮上広範囲に認められるのに対し、意味的関連性効果は比較的狭い領域に限られた。特に意図的期待が十分に

形成されている長 SOA 条件において、前頭部では、期待効果は認められるが意味的関連性効果は得られなかった。このことは、二つの効果に関わる脳領域が異なることを示唆する。すなわち、特定のカテゴリーに属する単語の出現を意図的に期待している場合には、脳の前頭領域も活発に働いていることが考えられる。

第 2 に、期待効果と意味的関連性効果では、出現潜時と持続時間が異なり、期待効果の方がより早く出現し、持続も長かった。このことは、意図的期待の形成によって、より効率よく単語を処理できるようになることと関係しているように思われる。なぜならば、N400 が減衰するということは、N400 に反映される処理に必要な神経活動が少なくてもすむことを示していると考えられるからである。N400 における期待効果は、意図的期待と一致した単語の処理過程が、より早い段階から遅い段階まで効率化あるいは省略されたことを示しているように思われる。

第2節 特定の単語に対する意図的期待および課題関連性が意味的関連性による N400 減衰に及ぼす影響

本節では, N400 が制御的語彙アクセス過程と統合過程のどちらを反映しているのかに焦点を当てる. 前節の実験により, N400 は意図的期待の操作に敏感な成分であることが明らかになった. ここで, 意図的期待が十分に形成されていると思われる長 SOA 条件において, 意図的期待と一致しないがプライムとは意味的関連性のあるプローブに対する N400 は有意に減衰したが, その減衰量は非常に小さく, 区間によってはこの減衰が生じなかった. このようなプローブに対する N400 減衰の有無は, N400 に反映される処理過程を特定する上で, 非常に重要である. なぜならば, 意図的期待には一致しないがプライムとは意味的関連性のあるプローブは, 制御的語彙アクセス過程では抑制されるが, 統合過程ではプライムと意味的に統合されると考えられる. よって, N400 が前者の過程を反映しているならば減衰しないが, 後者の過程を反映しているならば減衰するという予測が成り立つ. したがって, 本節では, このような意図的期待と一致しない様々なプローブに対する N400 の変動を詳しく調べることで, N400 がどちらの過程を反映しているのか明らかにすることを目的とする.

1. 実験 3

実験 3 では, N400 が制御的語彙アクセス過程と統合過程のどちらを反映しているのかを明らかにするために, 意図的期待と一致しない 3 種類のプローブに対する N400 の変動を, SOA の長い状況下で観察した. こ

の目的のために、実験3では二つの単語を継時的に呈示する典型的なプライミング・パラダイムを用いず、多数の単語からなる刺激系列を一刺激ずつ継時呈示する方法を用いた。つまり、刺激系列において時間的に前後する二つの刺激のうち、先行の刺激がプライム、後続の刺激がプローブとなる。課題は、特定のプライムに先行される特定のプローブを標的とする標的検出課題とした。このような事態では、特定のプライムの呈示によって、標的となるプローブの出現が意図的に期待されると考えられる。例えば、「ニンジン」に先行される「ヤキュウ」が標的である場合、被験者は「ニンジン」の呈示によって、次に「ヤキュウ」の出現を期待するであろう。

ここで、実験1,2では特定のカテゴリーに対する意図的期待を形成させたのに対し、本実験では特定の単語に対する意図的期待を形成させた。このように、意図的期待の範囲を単語に焦点化させることで、制御的語彙アクセス過程と統合過程で行われる処理の推定が容易になると思われる。まず制御的語彙アクセス過程では、心内辞書内の「ヤキュウ」に容量に限界のある注意資源を配分することによって、「ヤキュウ」へのアクセスを促進し、それ以外の単語表象へのアクセスを抑制する。一方、統合過程では、ワーキングメモリ内に先行表象である「ニンジン」と期待表象である「ヤキュウ」の二つの表象が保持されていると考えられる。

このような状況下で、意図的期待に一致しない次の3種類のプローブに対して、N400がどのように変動するか観察した。標的関連プローブは、意図的に期待している標的と同じカテゴリーに属する「テニス」などの単語である。プライム関連プローブは、プライムと意味的に関連する「ダイコン」などの単語である。非関連プローブは、標的ともプライムとも意味的関連性のない「ハサミ」などの単語である。

これらの3種類のプローブに対するN400の変動を比較することによって、N400に反映される処理過程が明らかになると思われる。もしN400が制御的語彙アクセス過程を反映しているならば、どのプローブも意図的に期待している「ヤキュウ」と一致しないため、アクセスが抑制され、結果として同程度のN400が出現するであろう。一方、もしN400が統合過程を反映しているならば、標的関連プローブである「テニス」は期待表象である「ヤキュウ」と、プライム関連プローブである「ダイコン」はプライム表象である「ニンジン」と、それぞれ統合されるため、標的関連プローブとプライム関連プローブは非関連プローブと比較してN400が減衰すると予想される。

方法

被験者 22-27歳の大学生および大学院生12名(男性10名、女性2名)を被験者とした。

刺激 カタカナ表記で2-6文字(平均文字数3.6)の名詞単語224項目を用意し、Table 2-5に示した8種類の単語対をそれぞれ14対ずつ作成した。なお、実験で用いたすべての刺激対は、条件別にAppendix Cに掲載した。8種類の単語対のうち4種類はプライムに特定の単語を呈示し、プローブに対して意図的期待を形成させた。残り4種類はプライムに任意の単語を呈示し、プローブに対する意図的期待を形成させなかった。以下、前者を期待あり(GENERATING EXPECTANCY)条件、後者を期待なし(GENERATING NO EXPECTANCY)条件と呼ぶ。

プローブには、(1)期待あり条件においてボタン押し反応を要求する標

的(TARGET)プローブ, (2)標的との意味的関連性はあるがプライムとの意味的関連性はない標的関連(TARGET-RELATED)プローブ, (3)標的との意味的関連性はないがプライムとの意味的関連性はあるプライム関連(PRIME-RELATED)プローブ, (4)標的とプライムのどちらとも意味的関連性のない非関連(UNRELATED)プローブの4種類があった。

Table 2-5

Examples of Prime-Probe Pairs in Each Stimulus Condition (Experiment 3)

EXPECTANCY	PROBE	EXAMPLE
GENERATING EXPECTANCY	TARGET	ニンジン-ヤキュウ carrot-baseball
	TARGET-RELATED	ニンジン-テニス carrot-tennis
	PRIME-RELATED	ニンジン-ダイコン carrot-radish
	UNRELATED	ニンジン-ハサミ carrot-scissors
GENERATING NO EXPECTANCY	TARGET	メガネ-ヤキュウ glasses-baseball
	TARGET-RELATED	マド-バレーボール window-volleyball
	PRIME-RELATED	イシャー-カンゴフ doctor-nurse
	UNRELATED	カバン-テレビ bag - television

このような合計 112 対の単語対を疑似ランダム順に配置し, 計 224 単語からなる単語系列を 6 系列作成した。期待あり条件におけるプライムと標的の組み合わせは, 単語系列ごとに変えた。具体的には, ニンジン-ヤキュウ, スズメ-アメリカ, ケーキ-イヌ, ジシン-バラ, セーター-マグロ, アカー-アタマの 6 種類を, それぞれ異なる単語系列で用い

た。これらの単語は、小川(1972)を参考に、プライムは色、衣料、菓子、災害、野菜、鳥カテゴリーの中から、標的は身体、魚、動物、花、スポーツ、国カテゴリーの中から、それぞれ選択した。

課題 継時的に呈示される単語系列の中から、期待あり条件の標的に対してボタン押しする標的検出課題とした。被験者には、単語系列を呈示する前に、例えば「ニンジン」に続いて「ヤキュウ」が出現した場合に、「ヤキュウ」に対してボタンを押して反応し、それ以外の場合には反応しないように要求した。反応の際は、できるだけ速くかつなるべく間違えないようにボタンを押すように教示した。また、呈示される刺激は常に凝視するように求めた。

手続き 実験は半暗室で行った。電極装着後、被験者を CRT 画面に向かって座らせた。はじめに課題について説明し、6つの単語系列のうち、期待あり条件のプライムと標的の組み合わせが「アカーアタマ」である系列を使って練習試行を行った。被験者が課題に十分慣れた後、残り 5 系列を使用して本試行を開始した。系列の実施順序は固定し、半数の被験者は正順で、半数の被験者は逆順で実施した。本試行では各系列をそれぞれ 2 ブロックに分け、計 10 ブロック行った。反応手はブロックごとに変えた。また、最初の反応手をどちらにするかは、被験者間でカウンター・バランスをとった。

ブロックの始めに凝視点(+)を 1 500 ms 呈示し、500 ms のブランクの後、単語系列を 1 単語ずつ継時呈示した。刺激の持続時間は 500 ms とした。SOA は、プライム-プローブ間では 2 400 ms、プローブ-プライム間では 2 300-2 500 ms 間でランダムとした。

1ブロックは約4分30秒で、ブロック間には約2分の休憩を入れた。また、第6ブロックと第7ブロックの間に約10分の休憩を入れた。実験に要した時間(電極装着時間を含む)は約3時間であった。

脳波の記録と分析 脳波の導出部位を Fp1, Fp2, F3, F4, C3, C4, P3, P4, O1, O2, F7, F8, T3, T4, T5, T6, Fz, Cz, Pz, Oz の20部としたことを除いて、実験1と同様であった。

結果

行動指標 ボタン押し反応を求めた期待あり条件の標的プローブに対する反応時間について、被験者ごとに中央値を算出し、被験者間で平均した値は、425 ms($SD=35.9$)であった。

各条件に対する平均誤反応率は次のようになった。期待あり条件において、標的プローブに対するミスは1.0 %($SD=2.1$)、標的関連プローブに対するフォルス・アラームは0.4 %($SD=0.6$)であった。次に期待なし条件では、標的プローブに対するフォルス・アラームは0.6 %($SD=0.9$)であった。他の条件では誤反応はなかった。総じて誤反応率が低く、全く誤反応のない条件もあったので、統計的分析は行わなかった。

ERP 各プローブに対する被験者間総加算平均波形を、期待条件別に Figure 2-6 に示した。

まず期待あり条件では、頭皮上の広い範囲で、刺激後300 ms付近から顕著なLPCが認められた。特に標的プローブ波形における頂点潜時約400 msの陽性電位は、標的に対して頭頂部最大に出現するという性質が

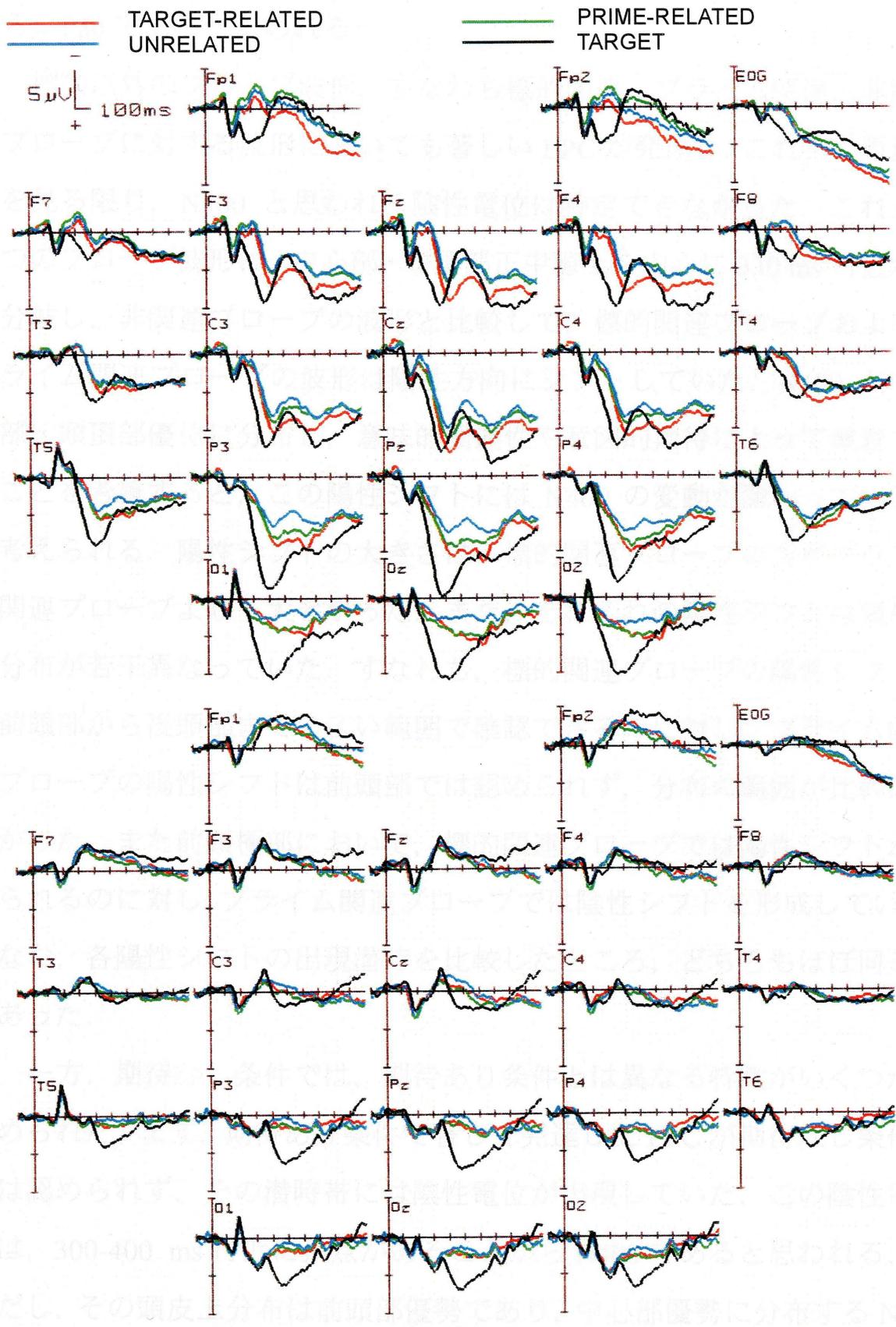


Figure 2-6 Grand average ERPs to each probe in Experiment 3. Upper panel shows ERPs for the GENERATING EXPECTANCY condition and lower panel for the GENERATING NO EXPECTANCY condition.

ら、P3b であると思われる。

標的以外のプローブ波形，すなわち標的関連，プライム関連，非関連プローブに対する波形においても著しい LPC が発達し，これらの原波形を見る限り，N400 と思われる陰性電位は特定できなかった。これら 3 つのプローブ波形は，中心部・頭頂部正中線上を中心に 330 ms 付近から分岐し，非関連プローブの波形と比較して，標的関連プローブおよびプライム関連プローブの波形は陽性方向にシフトしていた。N400 が中心部・頭頂部優位に分布し，意味的関連性や意図的期待によって減衰することを考慮すると，この陽性シフトには N400 の変動が関わっていると考えられる。陽性シフトの大きさは，標的関連プローブの方がプライム関連プローブよりも大きかった。また，それぞれの陽性シフトは頭皮上分布が若干異なっていた。すなわち，標的関連プローブの陽性シフトが前頭部から後頭部までの広い範囲で確認できるのに対し，プライム関連プローブの陽性シフトは前頭部では認められず，分布の範囲が比較的狭かった。また前頭極部において，標的関連プローブでは陽性シフトが見られるのに対し，プライム関連プローブでは陰性シフトを形成していた。なお，各陽性シフトの出現潜時を比較したところ，どちらもほぼ同じであった。

一方，期待なし条件では，期待あり条件とは異なる特徴がいくつか認められた。まず，期待あり条件で著しく発達した LPC が期待なし条件では認められず，その潜時帯には陰性電位が出現していた。この陰性電位は，300-400 ms 付近に頂点があることから N400 であると思われる。ただし，その頭皮上分布は前頭部優勢であり，中心部優勢に分布する N400 の性質とは若干異なる。また，この陰性電位には，期待あり条件と異なり，プローブ条件による波形の分岐がほとんど認められなかった。

プローブ波形における条件差をより詳細に検討するため、非関連プローブから標的関連プローブ、および非関連プローブからプライム関連プローブの波形をそれぞれ減算した差波形を Figure 2-7 に示した。これらの差波形によって、標的関連プローブおよびプライム関連プローブの陽性シフトが、500 ms 付近を頂点とする陰性電位として観察できる。

まず期待あり条件では、この陰性電位の振幅は、標的関連プローブの方がプライム関連プローブよりも大きかった。また陰性電位の頭皮上分布はプローブによって異なり、標的関連プローブに対する陰性電位は前頭部から後頭部まで広範に観察できるが、プライム関連プローブに対する陰性電位は前頭部ではほとんど認められなかった。

一方、期待なし条件では、各プローブに対する陰性電位はほとんど生起しなかった。

以上の視察を統計的に評価するため、N400 が典型的に出現する 300-500 ms 区間について、50 ms 区間ごとに平均電位を算出し、2 期待(あり, なし)×3 プローブ(標的関連, プライム関連, 非関連)×4 部位(Fz, Cz, Pz, Oz)の 3 要因分散分析を行った。まず、プローブの主効果が 400 ms 以降の区間で有意であった(400-450 ms: $F(2, 2)=6.24$, $\epsilon=0.708$, $p<.05$; 450-500 ms: $F(2, 2)=12.63$, $\epsilon=0.762$, $p<.001$)。さらに同区間では期待×プローブの交互作用が有意であり(400-450 ms: $F(2/22)=5.15$, $\epsilon=0.782$, $p<.05$; 450-500 ms: $F(2/22)=11.61$, $\epsilon=0.909$, $p<.001$)、450-500 ms 区間では期待×プローブ×部位の交互作用も有意であった($F(6/66)=5.64$, $\epsilon=0.371$, $p<.01$)。したがって、これらの交互作用が得られた区間では、プローブによる条件差の現れ方が期待の有無や部位によって異なる可能性がある。

それぞれの交互作用について下位検定を行ったところ、期待あり条件

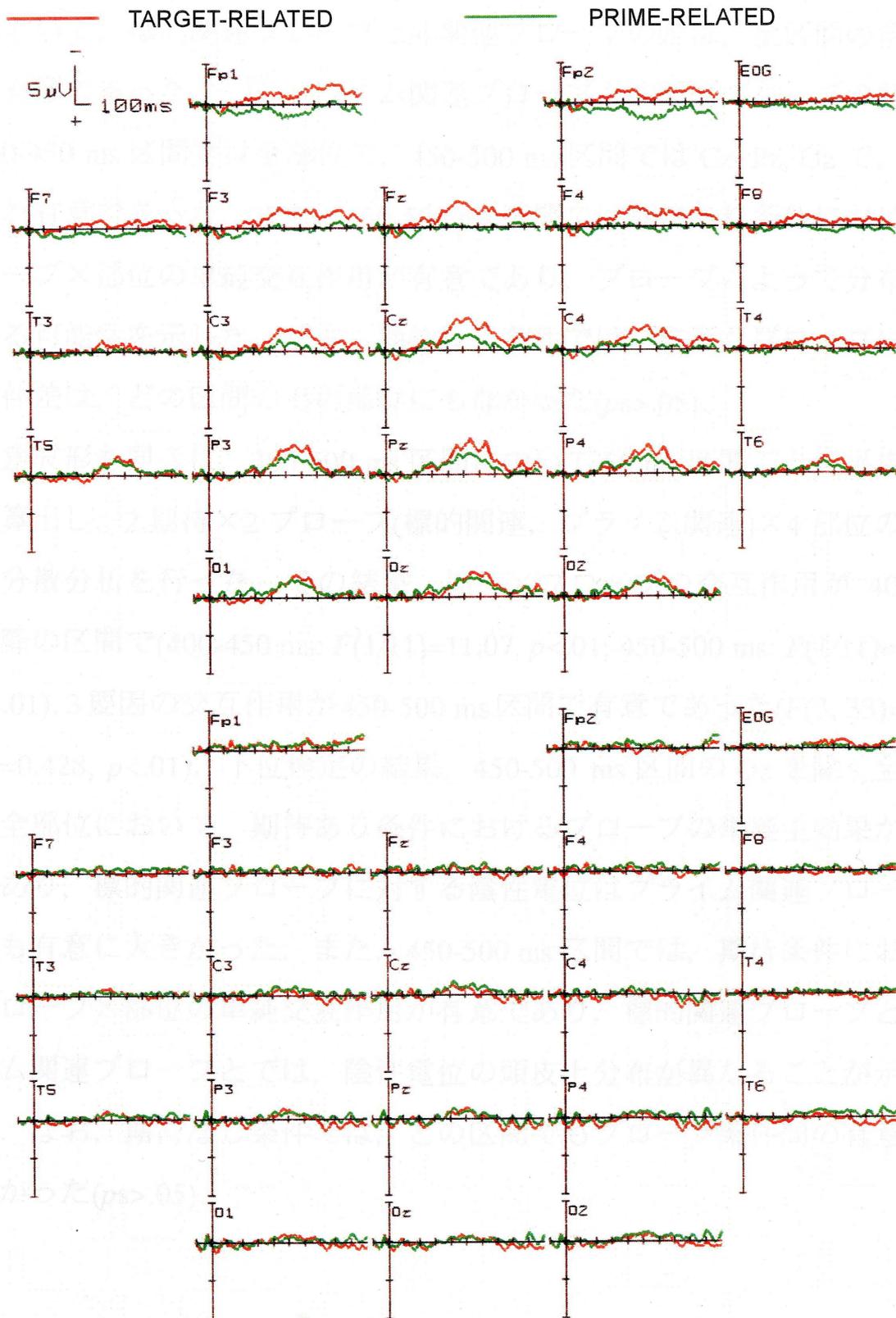


Figure 2-7 The difference ERPs obtained by subtracting ERPs to TARGET-RELATED and PRIME-RELATED probes from ERPs to UNRELATED probes in Experiment 3. Upper panel shows ERPs for the GENERATING EXPECTANCY condition and lower panel for the GENERATING NO EXPECTANCY condition.

において、標的関連プローブと非関連プローブの差は、全区間の全部位で有意であった。一方、プライム関連プローブと非関連プローブの差は、400-450 ms 区間では全部位で、450-500 ms 区間では Cz, Pz, Oz で、それぞれ有意であった。また、450-500 ms 区間では期待あり条件におけるプローブ×部位の単純交互作用が有意であり、プローブによって分布が異なる可能性を示した。なお、期待なし条件では、有意なプローブによる条件差は、どの区間のどの部位にもなかった($ps > .05$)。

差波形も同様に、300-500 ms 区間について 50 ms 区間ごとに平均電位を算出し、2 期待×2 プローブ(標的関連, プライム関連)×4 部位の 3 要因分散分析を行った。その結果、期待×プローブの交互作用が 400 ms 以降の区間で(400-450 ms: $F(1/11)=11.07, p < .01$; 450-500 ms: $F(1/11)=10.17, p < .01$), 3 要因の交互作用が 450-500 ms 区間で有意であった($F(3, 33)=8.88, \epsilon=0.428, p < .01$)。下位検定の結果、450-500 ms 区間の Oz を除く全区間の全部位において、期待あり条件におけるプローブの単純主効果が有意であり、標的関連プローブに対する陰性電位はプライム関連プローブよりも有意に大きかった。また、450-500 ms 区間では、期待条件におけるプローブ×部位の単純交互作用が有意であり、標的関連プローブとプライム関連プローブとでは、陰性電位の頭皮上分布が異なることが示された。なお、期待なし条件では、どの区間でもプローブ条件間の有意差がなかった($ps > .05$)。

考察

実験 3 では、N400 が制御的語彙アクセス過程と統合過程のどちらを反映する成分かを明らかにするために、意図的期待に一致しない 3 条件の

プローブに対する N400 の変動を観察した。そして、N400 が制御的語彙アクセス過程を反映しているならば、標的の出現を意図的に期待している期待あり条件において、すべてのプローブに対して同程度の N400 が出現すると予測した。一方、N400 が統合過程を反映しているならば、標的関連プローブとプライム関連プローブでは、非関連プローブと比較して、どちらも N400 が減衰すると推測した。その結果、標的関連プローブとプライム関連プローブに対する N400 は、非関連プローブに対する N400 よりも有意に減衰した。この結果は、N400 が制御的語彙アクセス過程ではなく、統合過程を反映していることを示唆している。

標的関連プローブとプライム関連プローブの比較 標的関連プローブとプライム関連プローブの N400 減衰量を比較すると、標的関連プローブの方がより大きく減衰していた。この違いは、ワーキングメモリ内に保持された期待表象とプライム表象の活性度の違いを反映していると思われる。なぜならば、本実験のように特定の単語を期待している場合には、ワーキングメモリ内で、期待表象の方がプライム表象よりも高く活性化していると推測されるからである。つまり、期待表象と標的関連プローブとの統合の方が、プライム表象とプライム関連プローブとの統合よりも容易であったため、標的関連プローブに対してより大きな N400 減衰が生じたことが考えられる。このようなワーキングメモリ内に保持されている表象の相対的な活性度が、N400 減衰量を規定する要因の一つである可能性がある。

また、N400 減衰が認められた頭皮上分布を比較すると、標的関連プローブでは前頭部を含む頭皮上の広い範囲で認められたのに対し、プライム関連プローブでは前頭部には認められなかった。また、統計的検定の

結果からも、N400 減衰の分布が標的関連プローブとプライム関連プローブとでは異なることが示された。特に、前頭部では、標的関連プローブに対する N400 減衰は認められたが、プライムとの意味的関連性による N400 減衰は認められなかった。このような傾向は、本実験と同様に意図的期待を操作した実験 1, 2 においても確認されている。

この分布の違いは、期待表象とプローブ表象とでは保持あるいは統合に関わる脳部位が異なる可能性を示している。特に、意図的期待に関わる N400 減衰が頭皮上前頭部にも認められたことは、ワーキングメモリ内で期待表象を高く活性化した状態で保持しておくことや、期待表象と後続単語とを統合することに、脳の前頭領域が関わっていることを示唆している。

LPC ここまで、期待あり条件で認めたプローブの条件差が、N400 の変動によって生じたと想定した上で考察してきた。しかし、N400 が典型的に出現する 300-500 ms 区間には著しい LPC が出現していたため、この条件差が LPC の変動によって生じた可能性もある。このことについて、本実験で得られた条件差のパターンは、N400 と LPC が異なる潜時帯で優勢となった実験 1, 2 で得られた条件差のパターンと類似している。よって、本実験で認められたプローブによる条件差には、LPC だけではなく、N400 の変動も関わっていると考えられる。しかしながら、同一の潜時帯に出現した N400 と LPC の変動を明瞭に分離することは困難であるため、LPC と N400 の重複する潜時帯ができるだけ少なくなるような実験事態において、本実験の結果を確認する必要がある。

本実験において、実験 1, 2 と類似した課題事態であったにもかかわらず LPC 潜時が短縮した原因としては、課題の難易度が挙げられる。LPC

を構成する成分の一つとして考えられる P3b は、課題が困難であるほど潜時が遅延することが知られている(Hillyard & Picton, 1987). 本実験の課題は標的検出課題であったため、実験 1, 2 における語彙判断課題と比較して簡単である. その根拠として、本実験では実験 1, 2 と比較して、反応時間が早く(実験 3 における標的プローブに対する平均反応時間は 425 ms, 実験 1 および実験 2 における全単語プローブに対する平均反応時間は、それぞれ 573 ms と 551 ms), 誤反応率も低かった(実験 3 における全プローブに対する平均誤答率は 0.24 %, 実験 1 および実験 2 における全単語プローブに対する平均誤答率は、それぞれ 4.14 % と 2.35%). したがって、語彙判断課題などのより困難な課題を用い、N400 と LPC を可能な限り分離した上で、本実験の結果を確認する必要がある。

期待なし条件 期待なし条件では、標的関連プローブとプライム関連プローブのどちらに対しても、N400 減衰が生じなかった. その理由を統合過程の観点から考えると、以下のように解釈できる. まず、標的関連プローブに対して N400 減衰が生じなかったのは、期待なし条件では標的に対する意図的期待が必要ないため、ワーキングメモリ内に期待表象が形成されていなかったことが考えられる. しかし、この説明は、プライム関連プローブに対して N400 減衰が生じなかった理由にはならない. なぜならば、期待なし条件であっても、プライム表象はワーキングメモリ内に保持されると考えられるからである.

ただし、Baddeley(1992)によると、ワーキングメモリは、課題の遂行に必要な情報を一時的に保持しておくだけでなく、状況に応じて情報を更新してゆく機能も備えている. この更新機能の働きにより、課題遂行の必要のない期待なし条件では、プライムの表象がワーキングメモリ内

から失われ、プライム関連プローブとの統合が生じなかった可能性がある。このように考えると、期待なし条件における各プローブに対する N400 の変動も、統合過程の観点からうまく説明することができる。

しかし、本実験では意図的期待の操作と課題関連性の要因が交絡しているため、期待なし条件でプローブ間に条件差が生じなかった原因は意図的期待が働いていなかったためなのか、課題関連性がなかったためなのかが不明である。したがって、上述したワーキングメモリにおける更新機能の結果が N400 に影響するという仮説を検証するには、意図的期待の操作を取り除いた状況下で、N400 における課題関連性の効果を検討する必要がある。

別の可能性として、期待なし条件では、そもそも N400 が出現していなかったか、減衰が生じるほど高振幅ではなかったことも考えられる。N400 は注意水準の増大によって増強する成分であり (Holcomb, 1988; Kellenbach & Michie, 1996; Koyama, Nageishi, & Shimokochi, 1992; McCarthy & Nobre, 1993; Otten, Rugg, & Doyle, 1993), 期待なし条件では課題遂行の必要がなかったために、注意水準が低下し、N400 が生じなかったのかもしれない。このことを確かめるには、期待あり条件と期待なし条件の N400 振幅を比較する必要があるが、本研究では期待あり条件にのみ著しい LPC が生じ、両条件で波形そのものが異なっていたために、そのような比較ができなかった。

2. 実験 4

実験 4 では、N400 と統合過程の関係を明らかにするために、実験 3 の実験事態から意図的期待の操作を取り除いた上で、課題関連性が N400 に及ぼす影響について検討した。統合過程で重要な役割を担っているワーキングメモリは、課題に関連する情報を保持し、課題に関連しない情報を消去する機能を持つ(Baddeley, 1992)。したがって、N400 が課題関連性に敏感であることが確かめられれば、N400 と統合過程との関係をより強く支持することができると考えられる。

課題は、連続的に呈示される刺激系列の中から、ある特定のプライムに先行される非単語を標的として検出することとした。例えば、特定のプライムが「ピアノ」である場合、「ピアノースツラマ」の「スツラマ」に対してはボタンを押して反応するが、「サラダーコラキ」の「コラキ」に対しては反応しない。また、「ピアノ」に続いて単語が呈示された場合にも反応しない。つまり、特定のプライムに先行されたプローブに対しては、語彙判断が必要であるが、それ以外のプライムに先行されたプローブに対しては、語彙判断の必要がない。以下、前者を課題関連条件、後者を課題非関連条件と呼ぶ。

このような課題を採用したもう一つの理由は、N400 潜時帯に及ぼす LPC の影響をできるだけ小さくするためである。実験 3 では標的検出課題を行ったため、語彙判断課題と比較して課題が簡単になり、より短潜時の LPC が N400 潜時帯に重畳した。このように N400 と LPC が同潜時帯に現れることを阻止するため、実験 4 では、課題の難易度のより高い語彙判断課題を行い、LPC の出現潜時ができるだけ遅延するようにした。

プローブには、プライムと意味的関連性のある関連プローブと、意味

的関連性のない非関連プローブの 2 水準を設けた。もし N400 が統合過程を反映しているならば、N400 における意味的関連性効果に課題関連性の影響が生じるであろう。すなわち、課題関連条件では意味的関連性に基づく N400 減衰が生じ、課題非関連条件では生じないと予測される。

方法

被験者 21-28 歳の大学生および大学院生 12 名(男性 10 名, 女性 2 名)が被験者として実験に参加した。

刺激 カタカナ表記で 2-6 文字(平均文字数 3.6)の名詞単語 140 項目, および非単語 28 項目から成る刺激系列を 6 系列使用した。各刺激系列は、Table 2-6 に示した 6 種類の条件について、それぞれ 14 個のプライム-プローブ対を用意し、これらを疑似ランダム順に配置して作成した。なお、実験で用いたすべての刺激対は、条件別に Appendix D に掲載した。

6 種類の条件のうち 3 種類はプライムが特定の単語である課題関連(TASK RELEVANT)条件であり、残り 3 種類はプライムが任意の単語である課題非関連(TASK IRELEVANT)条件であった。各刺激系列における課題関連条件のプライムとして、小川(1972)を参考に、楽器、果物、昆虫、乗り物、文房具、植物の 6 カテゴリーの中から、それぞれピアノ、ミカン、チョウ、ジテンシャ、エンピツ、マツの 6 単語を選択した。

プローブには非単語プローブと単語プローブがあり、さらに単語プローブには、プライムと意味的に関連した関連(RELATED)プローブと、意味的に関連しない非関連(UNRELATED)プローブがあった。なお、課題関連条件の関連プローブには、上記の 6 カテゴリーから、プライムに使

用した項目を除いて，出現頻度の高い順に 14 単語ずつ選択して用いた。

Table 2-6

Examples of Prime-Probe Pairs in Each Stimulus Condition (Experiment 4)

TASK RELEVANCY	PROBE	EXAMPLE
TASK RELEVANT	RELATED	ピアノーギター piano-guitar
	UNRELATED	ピアノーウエキバチ piano-flowerpot
	NONWORD	ピアノースツラマ piano-nonword
TASK IRELEVANT	RELATED	ハリーイト needle-thread
	UNRELATED	タバコーキョウカシヨ cigarette-textbook
	NONWORD	サラダーコラキ salad-nonword

課題 継時的に呈示される刺激系列の中から，特定のプライムに先行される非単語プローブを検出する課題であった。例えば特定のプライムが「ピアノ」である場合，被験者には，次々に呈示される刺激を黙読し，「ピアノ」に続いて非単語が出現した場合にのみ，できるだけ速くかつ正確にボタンを押して反応することを求めた。

手続き 電極装着後，半暗室に設置した CRT 画面に向かって被験者を座らせた。課題の説明を行った後，6 つの刺激系列のうち，課題関連条件のプライムが「マツ」である系列を使って練習試行を行った。被験者が課題に十分慣れた後，残り 5 つの刺激系列を用いて本試行を行った。各系列は，半数の被験者では残り半数の被験者とは逆の順序で呈示した。

各系列を2ブロックに分け、計10ブロック行った。反応手はブロックごとに変え、最初の反応手をどちらにするかは、被験者間でカウンター・バランスをとった。刺激呈示については実験3と同様であった。

1ブロックは約3分30秒で、ブロックとブロックの間には約2分の休憩を入れた。また、第6ブロックと第7ブロックの間に約10分の休憩を入れた。実験に要した時間(電極装着時間を含む)は、約2時間30分であった。

脳波の記録と分析 実験3と同様であった。

結果

行動測度 標的として反応を求めた課題関連条件の非単語プローブについて、被験者ごとに反応時間の中央値を算出し、被験者間での平均値を求めたところ、743 ms($SD=146.6$)であった。

各プローブ条件における平均誤反応率を求めたところ、課題関連条件では、非単語プローブに対するミスが5.1%であり、関連プローブおよび非関連プローブに対するフォルス・アラームが、それぞれ2.0%および9.3%であった。課題非関連条件では、非単語プローブおよび非関連プローブに対するフォルス・アラームが0.1%であり、関連プローブに対するフォルス・アラームは生じなかった。誤反応の全く生じない条件があり、データのばらつきの点から統計的検定は不適切であると考えられたので、実施しなかった。

ERP 各条件のプローブに対する被験者間総加算平均波形を、課題関

連性別に Figure 2-8 に示した。

まず、課題関連条件の ERP には、約 400 ms 付近に頂点を持つ中心部優勢の陰性電位と、その後 700 ms 付近に頂点を持つ中心部・頭頂部優勢の顕著な陽性電位が出現した。これらの電位は、その頂点潜時と頭皮上分布から、それぞれ N400 と LPC であると考えられる。この LPC は、標的である非単語プローブに対して頭頂部優勢に出現し、非標的である単語プローブに対してやや中心部よりに分布していることから考えて、P3b もしくはそれを含む電位であると判断できる。また、実験 3 では LPC が N400 と同じ潜時帯に出現したが、本実験では課題の難易度を増すことにより LPC の出現潜時が遅延し、N400 の変動を明瞭に観察することができる。

また、単語プローブに対する波形には、N400 から LPC の頂点間に意味的関連性による条件差が認められ、関連プローブの波形は非関連プローブの波形よりも陽性であった。すなわち、意味的関連性効果が認められた。

次に、課題非関連条件の波形には、実験 3 の期待なし条件と同様、N400 は認められるが、その後の LPC はほとんど発達していなかった。ただし、単語プローブに対する波形には、実験 3 とは異なり、課題関連条件と同様の意味的関連性効果が認められた。ただし、その効果の大きさは課題関連条件と比べると非常に小さかった。

単語プローブに対する ERP に認められた意味的関連性効果をより詳細に検討するため、非関連プローブに対するの波形から関連プローブに対する波形を減算した差波形を Figure 2-9 に示した。この差波形では、原波形で認められた意味的関連性効果が、550 ms 付近を頂点とする陰性電位として観察できる。この陰性電位の振幅は、課題関連条件の方が課

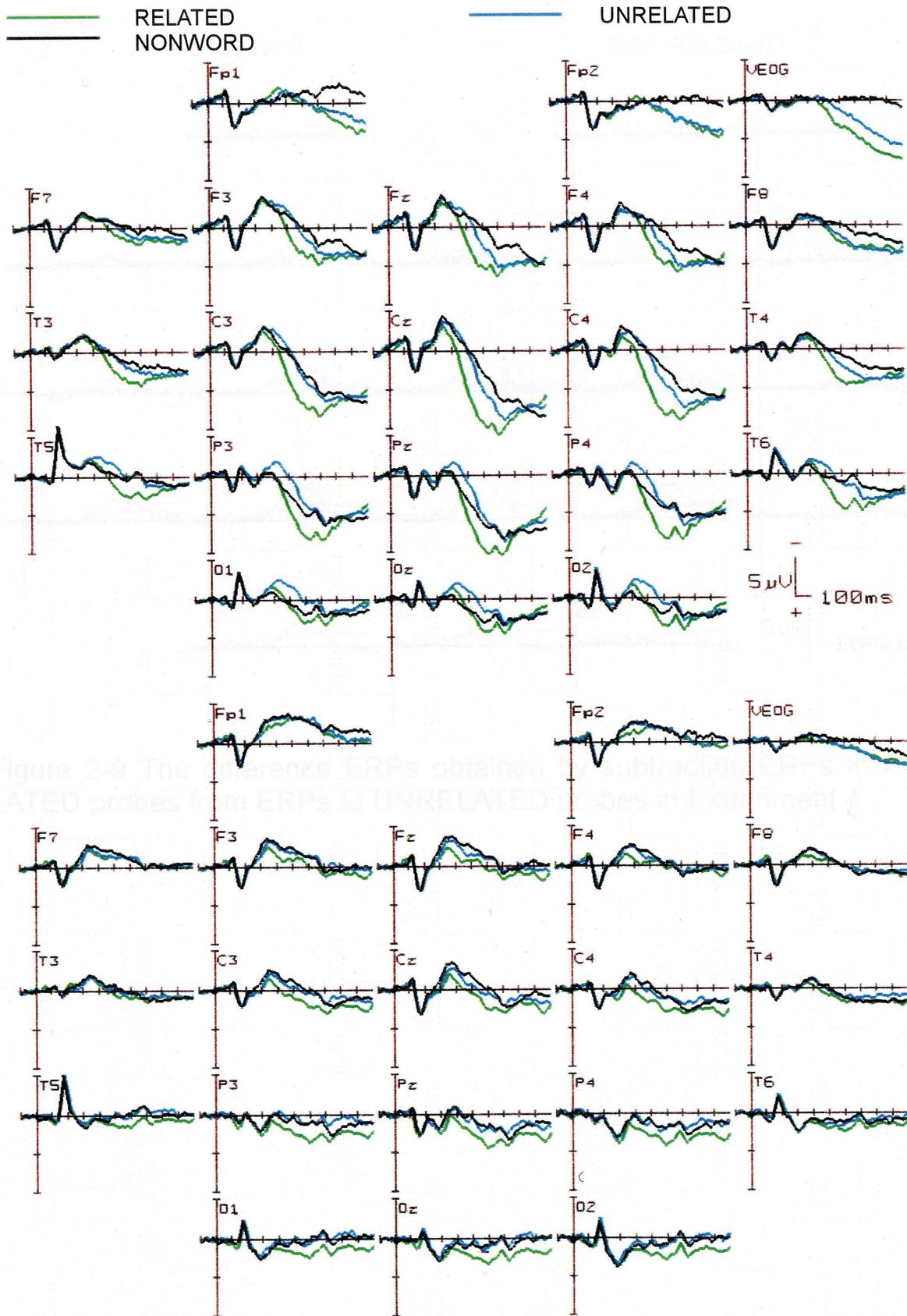


Figure 2-9 The grand average ERPs obtained for the TASK RELEVANT condition. The ERPs for the TASK IRELEVANT condition are shown in Figure 2-8. The ERPs for the TASK RELEVANT condition are shown in Figure 2-9. The ERPs for the TASK IRELEVANT condition are shown in Figure 2-8.

Figure 2-8 Grand average ERPs to each probe in Experiment 4. Upper panel shows ERPs for the TASK RELEVANT condition and lower panel for the TASK IRELEVANT condition.

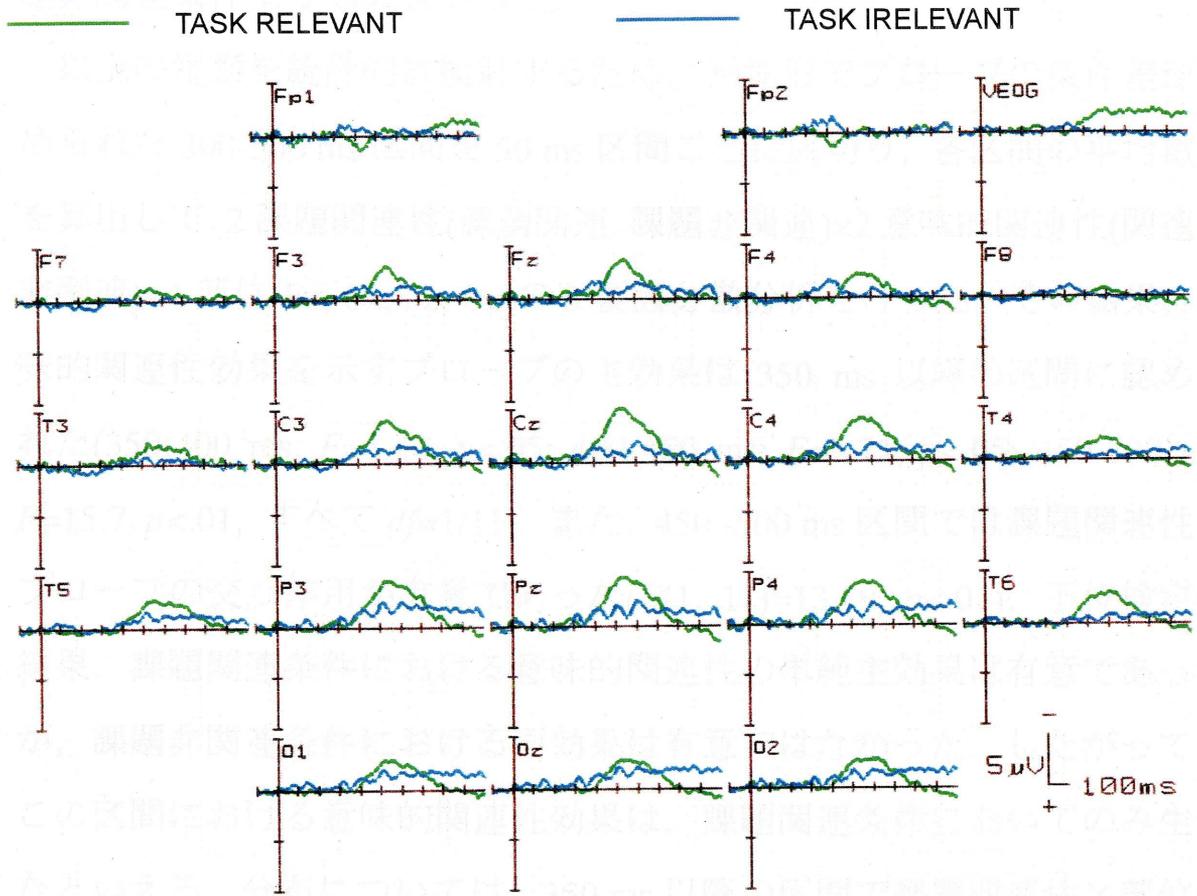


Figure 2-9 The difference ERPs obtained by subtracting ERPs to RELATED probes from ERPs to UNRELATED probes in Experiment 4.

$p < .001$; 450-500 ms: $F=13.50$, $p < .001$, すべて $(f=3/33)$ 。課題関連条件と課題非関連条件では頭皮上異なる分布を持つ電位が出現している可能性が示された。

次に差波形について、2課題関連性×4部位の2要因分散分析を行った。その結果、450-500 ms 区間で課題関連性×主効果が有意であり $(F(1, 11)=13.19$, $p < .01)$ 、原波形で認められた意味的関連性効果は、課題非関連条件よりも課題関連条件において有意に大きいことが示された。

なお、課題関連条件の波形には LPC が発達しているため、同条件の N400 潜時帯に認められた条件差は LPC の変動によるものである可能性がある。そこで、LPC 頂点のある 600-800 ms 区間について 50 ms ごとの平均電位を算出し、N400 潜時帯と同様の分散分析を行った。その結果、

題非関連条件よりも大きかった。

以上の視察を統計的に検討するため、原波形でプローブの条件差が認められた 300-500 ms 区間を 50 ms 区間ごとに区切り、各区間の平均電位を算出して、2 課題関連性(課題関連, 課題非関連)×2 意味的関連性(関連, 非関連)×4 部位(Fz, Cz, Pz, Oz)の 3 要因分散分析を行った。その結果、意味的関連性効果を示すプローブの主効果は 350 ms 以降の区間に認められた(350-400 ms: $F=5.40$, $p<.05$; 400-450 ms: $F=8.21$, $p<.05$; 450-500 ms: $F=15.7$, $p<.01$, すべて $df=1/11$)。また、450-500 ms 区間では課題関連性×プローブの交互作用が有意であった($F(1, 11)=13.19$, $p<.01$)。下位検定の結果、課題関連条件における意味的関連性の単純主効果は有意であったが、課題非関連条件における同効果は有意ではなかった。したがって、この区間における意味的関連性効果は、課題関連条件においてのみ生じたといえる。分布については、350 ms 以降の区間で課題関連性×部位の交互作用が得られ(350-400 ms: $F=5.86$, $p<.05$; 400-450 ms: $F=10.85$, $p<.001$; 450-500 ms: $F=13.50$, $p<.001$, すべて $df=3/33$)、課題関連条件と課題非関連条件では頭皮上異なる分布を持つ電位が出現している可能性が示された。

次に差波形について、2 課題関連性×4 部位の 2 要因分散分析を行った。その結果、450-500 ms 区間で課題関連性の主効果が有意であり($F(1, 11)=13.19$, $p<.01$)、原波形で認められた意味的関連性効果が、課題非関連条件よりも課題関連条件において有意に大きいことが示された。

なお、課題関連条件の波形には LPC が発達していたため、同条件の N400 潜時帯に認められた条件差は LPC の変動によるものである可能性がある。そこで、LPC 頂点のある 600-800 ms 区間について 50 ms ごとの平均電位を算出し、N400 潜時帯と同様の分散分析を行った。その結果、

原波形の N400 潜時帯で認められた課題関連性×意味的関連性の交互作用や、差波形の N400 潜時帯で得られた課題関連性の主効果は、どの区間でも有意ではなかった($p > .05$)。このように、原波形と差波形のどちらにおいても、N400 潜時帯と LPC 潜時帯とでは異なる統計的結果が得られたことから、N400 潜時帯の条件差を LPC の変動で説明することは困難である。

考察

本研究では、N400 と統合過程の関係を明らかにするために、N400 における意味的関連性効果に及ぼす課題関連性の影響を検討した。その結果、課題関連性がある条件とない条件のどちらにも、有意な意味的関連性効果が得られた。ただし、その効果の大きさは課題関連条件の方が有意に大きかった。さらに視察によると、課題非関連条件における意味的関連性効果は非常に小さく、統計的検定の結果からも、区間によっては有意ではなかった。このことから、N400 が課題関連性によって影響を受ける成分であることは明らかであり、N400 と統合過程との間には関係があると考えて良いように思われる。

語彙アクセス過程からの説明 本実験の結果は、語彙アクセス過程の観点から解釈することは困難である。まず、自動的語彙アクセス過程の観点からは、課題関連性の有無にかかわらず、意味的関連性による N400 減衰を説明することはできない。なぜならば、本実験の SOA は 2400 ms と極めて長いため、少なくとも 700 ms 以内には減衰する自動的活性化拡散(Neely, 1977)によって、意味的関連性効果が生じたとは思えないからで

ある。

次に、制御的語彙アクセス過程の観点から、本実験の結果の説明を試みる。予測される結果としては、課題関連条件では、プローブ呈示時には非単語の出現を期待しているため、心内辞書のどの領域にも注意資源は配分されていない。したがって、どのようなプローブに対してもアクセスの促進や抑制は起こらず、N400 に意味的関連性効果は生じないと考えられる。一方、課題非関連条件では、プローブ呈示時には、課題関連条件の特定のプライムが呈示されるのを待っている状態にあるため、心内辞書内における特定のプライムの表象に注意資源が配分されると思われる。この特定のプライムは、関連プローブとも非関連プローブとも意味的関連性がないため、どちらのプローブに対しても N400 減衰は生じない。すなわち、課題関連性にかかわらず、N400 上に意味的関連性効果は生じないという予測になる。しかし、本実験ではこの予測に反して、課題関連性にかかわらず N400 における意味的関連性効果が生じた。

以上をまとめると、N400 が語彙アクセス過程を反映していることを支持する結果は、本実験では得られなかった。

統合過程からの説明 本実験の結果を統合過程の観点から説明すると、以下のようなになる。まず、プローブに対する課題遂行が必要である課題関連条件では、ワーキングメモリにプライム表象が保持されている。よって、プライムと意味的関連性のあるプローブは統合され、意味的関連性のないプローブは統合されないため、結果として N400 に意味的関連性効果が生じる。一方、プローブに対する課題遂行の必要がない課題非関連条件では、プライムは課題非関連な情報であるため、ワーキングメモリから失われる。したがって、どちらのプローブに対しても統合その

ものが行われず、結果として意味的関連性効果が生じない。

しかしながら、実際には、課題非関連条件において、区間によっては小さいながらも有意な意味的関連性効果が認められた。そこで各個人のERPを観察したところ、意味的関連性によるN400減衰と思われる変動が認められた被験者は半数であった。この個人差のために、被験者間で加算平均した波形では、小さいながらも有意な意味的関連性効果が生じたと考えられる。

このような個人差は、被験者のワーキングメモリ容量の違いや、方略の違いなどによって、プライムがワーキングメモリから消去された被験者と消去されずに残った被験者が存在していたために生じたと思われる。例えば、ワーキングメモリ容量の多い被験者は、課題遂行と同時に、課題関連性のない単語間の意味的関連性まで処理していたため、N400に意味的関連性効果が生じたのかもしれない。あるいは逆に、ワーキングメモリ容量の多い被験者は、課題遂行に必要な情報以外の情報をワーキングメモリから積極的に消去していたために、N400に意味的関連性効果が生じなかった可能性もある。このような推察は、ワーキングメモリ容量の大きい被験者群と小さい被験者群に分けて、N400における課題関連性効果を比較することによって確かめることができるであろう。

第3章 総合考察

第1節 N400 に反映される単語認知過程

本研究の目的は、人の言語処理に関わる ERP である N400 が、単語認知過程の自動的語彙アクセス過程、制御的語彙アクセス過程、語彙アクセス後の統合過程のうち、どの過程を反映する成分であるのかを明らかにすることであった。

実験 1, 2 では、語彙アクセス過程における自動的過程と制御的過程の存在を反応時間によって実証した Neely(1977)の実験に基づき、N400 における期待効果と意味的関連性効果を異なる SOA 条件下で比較した。その結果、SOA の長短に関わらず両方の効果が認められた。この結果は、自動的語彙アクセス過程と制御的語彙アクセス過程のどちらによっても十分に説明することができないが、統合過程との関係を仮定することで、すべての N400 の変動をうまく説明できた。

実験 1, 2 の結果から言えることは、N400 が意図的期待に敏感な成分であるということである。その根拠として、N400 に期待効果が生じたことと、この期待効果が短 SOA 条件よりも、意図的期待の寄与が大きい長 SOA 条件において大きくなったことの二つが挙げられる。意図的期待は、自動的語彙アクセス過程では働かないが、制御的語彙アクセス過程と統合過程には影響する要因である。したがって、実験 3, 4 では、意図的期待がある場合(実験 3)とない場合(実験 4)において、N400 の変動を観察し、この成分が制御的語彙アクセス過程と統合過程のどちらを反映した成分か明らかにすることを試みた。

まず、実験 3 では、特定の単語の出現を意図的に期待している事態において、意図的に期待と一致しない様々なプローブに対する N400 変動

を観察した。その結果、意図的に期待した単語と意味的に関連するプローブや、プライムと意味的に関連したプローブに対して、N400 が減衰した。これらの減衰は、統合過程において、ワーキングメモリ内に保持された期待表象もしくはプライム表象との意味的な統合が生じたためと考えられる。そして、意図的期待との意味的関連性による N400 減衰の方が、プライムとの意味的関連性による N400 減衰よりも大きかったことから、N400 減衰の大きさがワーキングメモリ内で保持されている表象の相対的な活性度に敏感であることが示唆された。

ただ、実験 3 では意図的期待と課題関連性の要因が交絡していたため、実験 4 において、意図的期待が働いていない事態で、N400 に及ぼす課題関連性効果の影響を検討した。その結果、N400 における意味的関連性効果は課題関連性によって影響された。ワーキングメモリは課題に関連する情報を保持し、課題非関連な情報を消去する機能を持つと考えられており、このようなワーキングメモリの性質に対応した変動が N400 に生じたことから、N400 と統合過程との関係が支持された。

以上の考察をまとめると、N400 は自動的語彙アクセス過程や制御的語彙アクセス過程ではなく、統合過程を反映しているという結論になる。

統合過程を反映する N400

第 1 章で述べたとおり、統合過程は語彙レベルでの表象を統合し、より高次の文脈表象を形成する段階である(de Groot, 1984; Seidenberg, Waters, Sanders, & Langer, 1984)。したがって、統合過程は文レベルの処理に仮定された概念であり、本研究のようにプライミング・パラダイムで得られた N400 の変動を説明する概念としてはふさわしくないのではない

かという疑問がわく。

この疑問に対する一つの答えとして、Neely(1991)の提唱する三過程説を挙げることができる。彼は、行動指標における意味的プライミング効果の研究をレビューし、意味的プライミング効果の生じる処理過程として、Posner & Snyder(1975)の主張する自動的語彙アクセス過程と制御的語彙アクセス過程に加え、語彙アクセス後の意味照合過程 (semantic-matching process)を導入した。意味照合過程は、語彙アクセス過程と語彙判断過程の間に介在し、プローブの語彙アクセスが終了した後で、さかのぼってプライムとの意味的関連性をチェックする再帰的 (retrospective)な過程である。この過程においてプライムとプローブの意味的関連性が見いだされると、語彙判断の際に「単語である」と判断するようにバイアスがかかり、反応が促進される。一方、意味的関連性がない場合には「単語ではない」という判断にバイアスがかかり、それを抑制して「単語である」という判断をする必要があるため、反応が遅延する。その結果、意味的プライミング効果が生じる。したがって、反応の促進と抑制は、制御的語彙アクセス過程だけではなく、語彙アクセス後の過程にも帰すことができるのである。

この過程の存在を支持する根拠として、第1に、関連比率効果が挙げられる。関連比率が高いほど意味的プライミング効果が大きくなるのは、上記のバイアスがより強くなるためであると考えられる(Neely, Keefe, & Ross, 1989)。第2に、バックワード・プライミング効果が挙げられる。この効果は、例えば「けむり-たばこ」のように、プライムからプローブへの連想価よりも、プローブからプライムへの連想価の方が高い単語対において認められる反応の促進効果のことである(Seidenberg, Waters, Sanders, & Langer, 1984)。この効果は、プライムからの自動的活性化拡散

や意図的期待によっては説明できないが、意味照合過程において、プライムとプローブの意味的関連性が検出されたために反応の促進が起こったと考えればうまく説明できる。これらの意味照合過程の存在を支持する現象に対応して、N400における関連比率効果(藤本・宮谷・岡・桐木, 2000; Holcomb, 1988; Koyama, Nageishi, & Shimokochi, 1992)やバックワード・プライミング効果(Chwilla, Hagoort, & Brown, 1998)も確認されている。

このように、プライムとプローブの意味的関連性をチェックする意味照合過程は、文の処理において後続の単語を先行文脈と意味的に比較し統合するという統合過程と機能的に類似している。したがって統合過程においても、文脈と後続単語との意味的関連性がチェックされている可能性がある。N400が統合過程を反映しているのであれば、その振幅にはこのような意味的関連性のチェックが反映され、意味的関連性がある場合に減衰し、ない場合に増大することが考えられる。

統合過程におけるワーキングメモリの役割

統合過程では、先行文脈と後続単語、あるいはプライムとプローブという、時間的に前後する情報の意味的な比較・統合が行われる。このような処理を実現するためには、先行情報を一時的に保持しておく必要があるが、その保持機構としてはワーキングメモリが考えられる(苧阪満里子, 2000)。すなわち統合過程は、ワーキングメモリ内に保持されている表象と、語彙アクセスによって同定された後続表象との意味的関連性を比較する過程と言い換えることができる。

ただし、ワーキングメモリには先行情報だけが保持されているわけではない。目標志向的な課題や作業の遂行に関わるアクティブな記憶とし

でのワーキングメモリ(苧阪直行, 2000)では, 本研究のように特定のカテゴリーや単語に対する意図的期待が働いている場合, 期待表象も形成されていると考えられる. しかも, その活性度は, 課題遂行にとって重要な期待表象の方が, プライム表象よりも高いと推測される. この推測に一致して, SOA が長く意図的期待の寄与が大きい時には, 意図的期待と一致あるいは意味的に関連するプローブに対する N400 減衰量は, プライムと意味的関連性のあるプローブに対する N400 減衰量よりも大きかった(実験 1, 2, 3). このことから, N400 減衰量は, 統合の対象となる表象のワーキングメモリ内での相対的な活性度によって規定されているように思われる.

いくつかのワーキングメモリ・モデルでは, 情報の保持機能を長期記憶の一時的な活性化として捉えている(Anderson, 1983; Cowan, 1999; Engle, 1996, Just & Carpenter, 1992). 例えば Just & Carpenter(1992)は, 文理解過程を, 処理した内容を一時的に活性化状態のまま保持しつつ次の情報を処理する連続的な過程と捉えているが, この情報の保持と処理が長期記憶の一時的活性化によって実現されていると考えている. このモデルにおいては, ワーキングメモリは容量に限界のある処理資源の貯蔵庫(pool)であり, 容量限界とは長期記憶を一度に活性化できる量の限界のことである. 保持と処理はどちらも処理資源を消費するため, 保持に負荷がかかると処理に使用する資源が減少し, 処理に負荷がかかると保持に必要な資源が不足するというトレードオフが生じる.

このようにワーキングメモリを長期記憶の活性化と捉えるモデルに従うと, 統合過程は, 心内辞書で一時的に活性化している文脈表象と, 心内辞書へのアクセスによって活性化した後続の単語表象とを意味的に比較し, 新たな文脈表象を心内辞書内に形成する過程であると考えられる.

すなわち、語彙アクセス過程と統合過程はどちらも心内辞書という共通の構造に基づき、どちらもその活性化を利用しているといえるのである。したがって、二つの過程は必ずしも独立の過程ではなく、共通の神経ネットワークに基づいて相互作用する過程であると考えることができる。例えば、語彙アクセス過程において、自動的活性化拡散や処理資源配分によって活性度が高められた単語表象は、統合過程において、後続単語との統合処理が促進されるのかもしれない。本研究において、N400の変動の一部を自動的あるいは制御的語彙アクセス過程に基づいて解釈できたこと(実験 1, 2)は、N400 に反映される統合過程が語彙アクセス過程と共通した神経機構に依存していることを示唆している。

現在、このワーキングメモリと長期記憶との関係については、盛んに再認識、再検討されているところである(三宅, 2000)。例えば、ワーキングメモリを長期記憶の一時的活性化と捉える考え方は、Ericsson & Kintsch(1995)によってさらに深く掘り下げられている。彼は、長期記憶の中には、活性化された状態で保持されている情報とかわりないほどすぐアクセスできるように、体系立った形で保持されている情報があると主張し、これを「長期ワーキングメモリ」と名付けている。言語理解などの複雑な認知活動においては、この長期ワーキングメモリが、ワーキングメモリの厳しい容量制限を緩和する役割を果たすというわけである。N400 減衰量とワーキングメモリによって保持された表象の活性度との関係を追求することによって、このような長期記憶とワーキングメモリとの関係に迫る可能性もでてくるであろう。

統合過程で行われていること

それでは、このような統合処理は、心内辞書において具体的にどのように行われているのであろうか。阿部(1995)によると、最近の統語解析モデルや文理解モデルの多くは、文が命題として表象されていると考えている。命題(proposition)とは、1個の述語(predicate)と複数の項(argument)によって単語と単語の関係を記述したものであり、この単語間の関係を主題関係(thematic relation)あるいは格関係(case relations)と呼ぶ。述語は、行為や状態や状態変化を描写する動詞や形容詞のことであり、項はその行為や状態や状態変化に関与する人や動植物やものごとなどを描写する名詞(句)や節のことである。これらの述語と項との主題関係には、動作主(agent), 経験者(experiencer), 道具(instrument), 対象(object), 場所(location), 時間(time), 源泉(source), 目標(goal)などの役割がある。例えば,

(1)花子はりんごを食べた

という文の命題は、Figure 3-1のような構造で表現することができる。

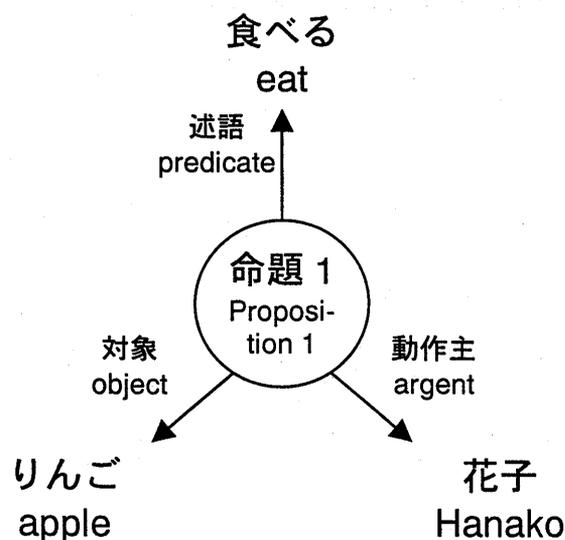


Figure 3-0 A model of the semantic representation for Proposition 1.

また,

(2)かわいい花子がりんごを食べるのを私は見た
という文の場合は, 以下の複数の命題を含む.

(a)花子はかわいい

(b)(a の)花子がりんごを食べた

(c)私は b を見た

これらの複数の命題は, Figure 3-2 のようにネットワーク構造でモデル化
できる.

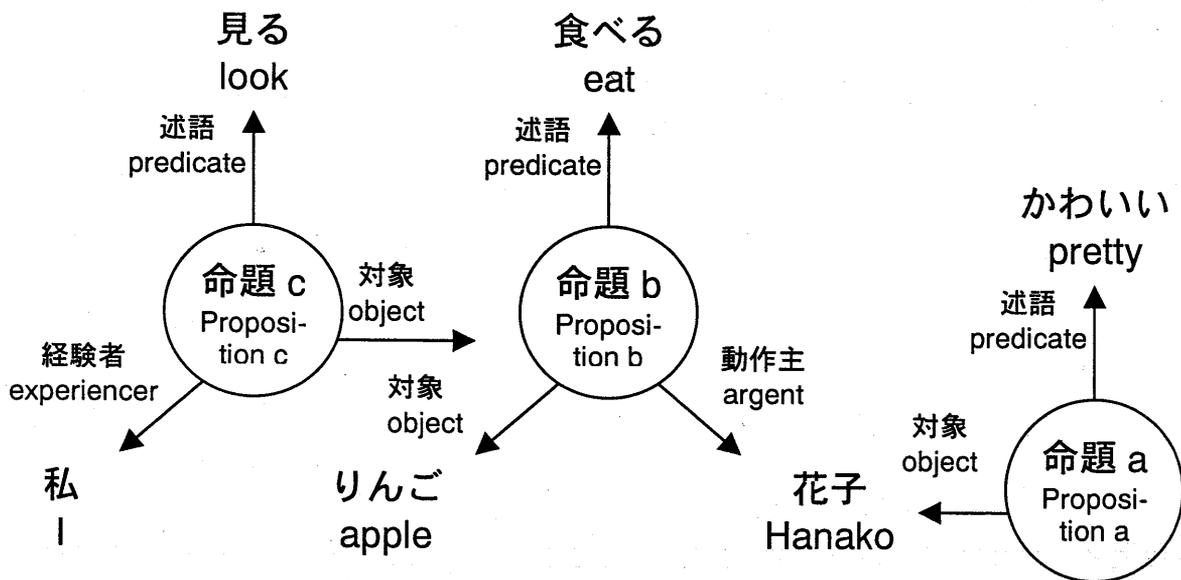


Figure 3-2 A model of the semantic representation for Proposition 2.

このような考え方に基づくと, 統合処理とは, 統語的構造に基づいて,
単語に主題役割を付与して命題を抽出する過程と見なすことができる.

そして, 抽出された命題は, 心内辞書の語彙表象を利用して, ネットワ
ークの形で表象されている可能性が考えられる.

Just & Carpenter(1992)のワーキングメモリ・モデルを踏襲した
Gibson(1998)は, 主題役割の付与とワーキングメモリとの関係を次のよ

うに説明している。各単語は、主題役割が付与されるまで、ワーキングメモリにおいて保持される。特に、統語的に複雑な文や、統語的構造が曖昧な文では、主題役割が付与されない単語表象をワーキングメモリで保持したまま、文を読み進めていくことになる。そのため、後続単語の処理に必要な処理資源が減少し、内容理解が困難になる。King & Kutas(1995)は、このような統語的複雑性とワーキングメモリの関係を明らかにするために、ワーキングメモリの高い群と低い群に、統語的複雑性の高い文と低い文を呈示し、ERPを測定した。その結果、容量の低い群では、統語的複雑性の高い文に対してN400が増大した。このことは、統語的複雑性の高い文ではワーキングメモリの資源をより多く必要とするため、容量の低い被験者では統合処理が困難になったことを示唆している。なお、このようなN400の変動が統語解析の困難さあるいは失敗を反映している可能性は、被験者が統語的逸脱の存在に気づく動詞や機能語の部分に対してN400が出現しなかったことから否定された。さらに、統語的に逸脱した動詞に対しては左前頭部陰性電位(left anterior negativity, LAN)、機能語に対してはN400-700と呼ばれる、N400とは異なる陰性電位の出現が認められている。

これらの知見を総合すると、統合過程では、ワーキングメモリによる各単語表象の保持と、それらに対する役割付与という処理による命題の抽出が行われていると考えられる。この保持と処理は処理資源を共有しているため、保持に負荷がかかると、役割付与に必要な資源が減少し、命題抽出が困難になる。このような命題抽出の困難さがN400に反映されていると仮定すれば、文脈から意味的に逸脱した単語に対してN400が出現するのは、意味的逸脱単語に対する役割付与が困難になり、意味のある命題を抽出することができなくなったからであると説明できる。

また、プライミング・パラダイムにおいて、例えば「医者－看護婦」のように、プライムとプローブの間に意味的関連性があると N400 減衰が生じるのは、「医者と看護婦には意味的関連性がある」といった潜在的な命題の抽出が行われていることを示唆している。

N400 の分布

先行研究によると、N400 は頭皮上中心部・頭頂部優勢に分布することが報告されている。しかし左右差についてははっきりせず、一貫したデータは得られていない(小山・柿木, 1997)。明瞭な左右差が認められない理由としては、N400 が特定の皮質のみに由来する単一の電位ではなく、脳の深部を含む複数の発生源を持つ電位であることが挙げられる。

まず、空間分解能の高い脳磁場計測(magnetoencephalography, MEG)を用いた研究では、N400 に類似した変動をする潜時約 400 ms の磁場活動が認められ、その発生源が左シルビウス裂近傍であると推定された(Sekiguchi, Koyama, & Kakigi, 2000, 2001)。また、てんかん患者の頭蓋内に設置した電極から、文を読んでいる時の ERP を測定した McCarthy, Nobre, Bentin, & Spencer(1995)によると、両側の側頭葉前内側部(the anterior medial temporal lobe, AMTL)において、文脈に逸脱した文末単語に対する潜時 400 ms の陰性電位を記録した。さらに、左シルビウス裂近傍の島付近に設置した電極からも、同潜時帯に出現する陽性電位が記録された。側頭葉前内側部の電気活動については、Nobre, Allison, & McCarthy(1994)も、単語の意味的関連性に敏感な潜時 400 ms の陽性電位を確認している。N400 は、これらの複数の発生源を持つ複合電位であると考えられている(小山・柿木, 1997)。そして、左右差に一貫した傾向

が認められないのは、用いる刺激や課題によって各発生源が異なる寄与をするためであると思われる。

このことから、N400 に反映される言語処理は、脳のある特定の領域で行われているのではなく、複数の神経ネットワークが共同して働くことによって達成されるような処理であると考えられる。本研究において、N400 上に生じた期待効果と意味的関連性効果の頭皮上分布が異なっていた(実験 1, 2, 3)ことは、このような考え方と一致し、期待表象や先行表象の保持あるいは統合には、脳の異なるネットワークが関与していることを示唆している。

中でも、前頭部で記録した N400 には、期待効果は生じたが意味的関連性効果はほとんど認められなかった。このことに関して、脳の前頭連合野は、ワーキングメモリの特に中央実行系と深い関わりを持つことが、動物の脳破壊実験、脳損傷患者の事例研究、ニューロイメージング研究など、数多くの研究において指摘されている(例えば船橋, 2000)。ワーキングメモリのモデルとして最も広く受け入れられている Baddeley(1992)のモデル(Figure 3-3)によると、中央実行系(central executive)は、言語的な情報を扱う音韻ループ(phonological loop)と、視覚イメージとして情報を扱う視空間スケッチパッド(visuo-spatial sketchpad)を統括する制御システムである。中央実行系の機能についてはまだ不明な点も多いが、重要な働きの一つに、二つの下位コンポーネントに対する処理資源配分がある。このような制御機能に前頭連合野が関わっているのだとすると、頭皮上前頭部で意図的期待による N400 減衰が見られたことは、期待表象の保持や統合に中央実行系が関与していることを示唆している。

先に考察したように、ワーキングメモリにおける保持機能が、処理資源の配分による心内辞書の一時的活性化によって実現されているのだと

すれば、その処理資源配分を司る機能こそが、単語認知あるいは文理解における中央実行系の働きであるといえる。すなわち、特定の単語を意図的に期待している事態では、中央実行系が心内辞書の特定の単語表象に資源を供給し続けている状態であると考えられる。さらに、この知見を文理解に当てはめると、先行文脈から後続の内容を予測しながら読むという作業は、中央実行系から心内辞書の特定の単語表象(群)に処理資源を配分することによって、その表象の活性度を変化させ、後続の単語との意味的な統合(すなわち命題の抽出)を促進することであると思われる。

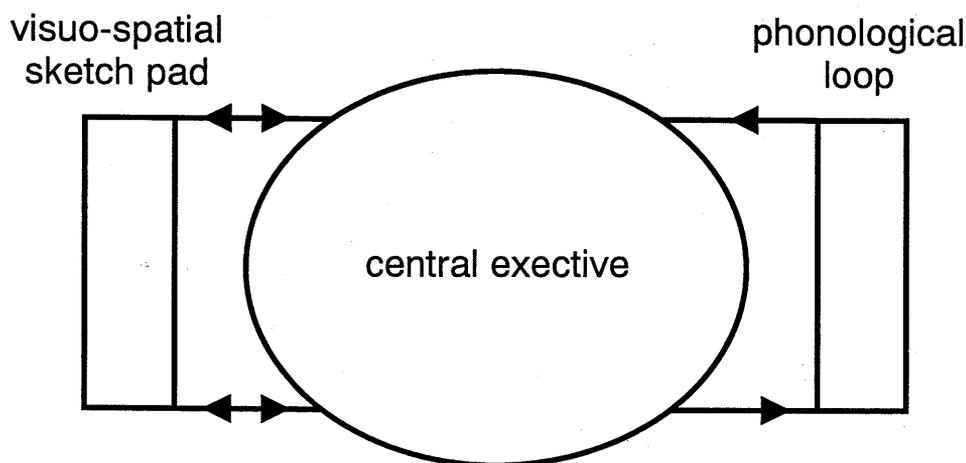


Figure 3-3 The schematic model of the working memory proposed by Baddeley(1992)

第2節 今後の課題

N400 とワーキングメモリの関係

本研究では、N400 と統合過程との関係が示唆された。しかし、前節で述べたように、統合過程は、本来、文理解のモデルにおいて想定された

概念である。プライミング・パラダイムを用いた研究手法によって、統合過程の性質を単純化して捉えることはできるが、膨大な量の単語情報を統合して、意味のある文脈を形成する統合のメカニズムを解明するには、文や発話の理解など、日常場面に即した実験事態で N400 を観察する必要がある。

また、本研究では、それぞれの実験において、統合過程に直接影響を与える要因を操作したわけではない。したがって、両者の関係をさらに深く検討するために、今後は統合過程に直接影響を与えると思われる要因を取り上げ、様々な刺激や課題事態において N400 の変動を調べていくことが課題となる。そのような要因の一つに、ワーキングメモリへの負荷が挙げられる。Just & Carpenter(1992)のモデルに従えば、統合過程において、統合されるべき表象の保持と統合処理は処理資源を共有している。したがって、例えば Sternberg(1966)の記憶探索パラダイムによって保持すべき単語の数を増やし、この保持機能への負荷が N400 に影響を与えれば、それは統合処理に使用できる処理資源が減少し、統合が困難になったためであると結論づけることができよう。

また、本研究では、N400 における期待効果と意味的関連性効果の頭皮上分布が異なり、期待表象もしくは先行表象の保持や統合に異なる神経ネットワークが使用されている可能性が示された。特に、期待効果が頭皮上前頭部にも認められたことは、期待表象の保持や統合に中央実行系が関わっていることを示唆している。この N400 に反映される統合過程と中央実行系との関係は、例えば、先に挙げた記憶探索パラダイムにおいて、記憶負荷が N400 上の意味的関連性効果の分布を変化させるかどうかを確認することで明らかになるとと思われる。通常、中心部優勢に出現する N400 上の意味的関連性効果が、前頭部よりの分布に変化すれば、

N400 と中央実行系との関係をより強く支持することができる。

この推測は、視覚探索を支えるワーキングメモリについて、探索陰性電位における視覚負荷効果と記憶負荷効果の頭皮上分布が異なることから、課題要求によって異なる下位システムが関与する可能性を示した宮谷(2000a, 2000b)の成果から発想したものである。

このように、N400 とワーキングメモリとの関係を探っていくことは、言語活動という人の高次認知機能を支えるワーキングメモリの脳内メカニズムにアプローチすることにもつながる。特に N400 における期待効果と意味的関連性効果の分布の違いは、ワーキングメモリやその下位システムの機能が特定の脳領域によって支えられているのか、それとも、ワーキングメモリの機能を実現する上で重要な、広範囲におよぶ神経ネットワークが存在するのかという問題(三宅, 2000)とも絡んでくる。前者の立場に立ったモデルとしては、Baddeley(2000)が、中央実行系を前頭連合野、音韻ループをブロードマンの 40 野と 44 野、視空間スケッチパッドを右半球の 6 野、19 野、40 野、47 野と対応づけている。一方、後者の立場に立つモデルとしては、Keller, Carpenter, & Just(2001)が、文理解を支えるワーキングメモリには複数の脳領域が関わっていることを示している。この問題を明らかにするための一つの研究方略として、空間分解能に優れた脳機能イメージング技術を、本研究と同様の課題事態に適用することが有効であると考えられる。

以上のように、本研究で得られた知見に基づいて、N400 とワーキングメモリとの理論的な関連づけを行い、反応時間や脳機能イメージングの結果と比較することによって、単語認知や文理解を支えるワーキングメモリのモデルを構築、修正していくことが、今後の重要な課題の一つである。

言語研究の指標としての N400

実験 1, 2 では, ERP に加えて反応時間も測定した. 反応時間と N400 の結果を比較すると, その変動パターンは必ずしも同じではなく, 特に実験 2 では, 反応時間には認められない意味的関連性効果が N400 上に現れた. このことは, 反応時間に反映されない側面を, N400 によって捉えることができる可能性を示している.

二つの指標を比較すると, 反応時間は刺激入力から反応出力に至るまでにかかる時間であり, その間に介在するすべての処理過程の結果である. そして, 反応時間における意味的関連性効果は, Neely(1991)の三過程説によると, 自動的語彙アクセス過程における自動的活性化拡散, 制御的語彙アクセス過程における意図的期待によるアクセスの促進と抑制, 意味照合過程における語彙判断の促進と抑制という 3 つのメカニズムの加算的効果である. 一方, N400 は, 少なくとも単語の知覚的分析や, 反応出力の過程は反映していない(Holcomb, 1993). そして, 本研究で示唆されたように, N400 は自動的語彙アクセス過程や制御的語彙アクセス過程ではなく, 語彙アクセス後の統合過程を反映している可能性がある. この仮説が正しければ, 言語研究において反応時間と ERP を併用すれば, ある要因が統合過程とそれ以外の過程に及ぼす影響を独立に評価できると思われる.

このように, N400 と統合過程との関係について検討を重ねることによって, これまでどちらかという文字や単語の処理に研究が集中しがちであった言語研究において, より複雑な文や談話なども研究対象として扱われるようになるであろう. また, N400 に反映される処理過程をより

詳細に特定し、指標としての精度を高めることによって、臨床場面での使用にも耐える、優れた指標になりうる。例えば、分裂病やアルコール依存症などの精神疾患に見られる言語障害や、難読症などの発達的言語障害、脳損傷による失語症や失読症などの後天的な言語障害など、様々な言語障害の様相を浮き彫りにすることができる可能性がある。このような言語研究において、行動指標や脳機能イメージングも併用しながらERPを測定することで、人の複雑な高次機能の一つである言語活動を支える脳内メカニズムに迫ることができるであろう。ERPが言語研究に果たす役割は、今後ますます重要になると期待される。

引用文献

- 阿部純一 1995 文の理解 大津由紀夫 (編) 認知心理学 3
言語 東京大学出版会 Pp. 159-171.
- 阿部純一・桃内佳雄・金子康朗・李 光五 1994 人間の言語
情報処理 言語理解の認知科学 サイエンス社
- Anderson, J. R. 1983 *The architecture of cognition*. Cambridge,
MA: Harvard University Press.
- Anderson, J. E., & Holcomb, P. J. 1995 Auditory and visual
semantic priming using different stimulus onset asynchronies: An
event-related brain potential study. *Psychophysiology*, **32**,
177-190.
- Baddeley, A. 1992 Working memory. *Science*, **255**, 556-559.
- Baddeley, A. 2000 The episodic buffer: a new component of
working memory? *Trends in Cognitive Sciences*, **4**, 417-423.
- Becker, C. A. 1976 Allocation of attention during visual word
recognition. *Journal of Experimental Psychology: Human
Perception and Performance*, **2**, 556-566.
- Bentin, S. 1987 Event-related potentials, semantic processes, and
expectancy factors in word recognition. *Brain and Language*, **31**,
308-327.
- Bentin, S., McCarthy, G., & Wood, C. C. 1985 Event-related
potentials, lexical decision, and semantic priming.
Electroencephalography and Clinical Neurophysiology, **60**,
343-355.
- Boddy, J. 1986 Event-related potentials in chronometric analysis of
primed word recognition with different stimulus onset asynchro-
nies. *Psychophysiology*, **23**, 232-245.
- Brown, C., & Hagoort, P. 1993 The processing nature of the N400:
Evidence from masked priming. *Journal of Cognitive Neurosci-
ence*, **5**, 34-44.

- Chwilla, D. J., Hagoort, P., & Brown, C. M. 1998 The mechanism underlying backward priming in a lexical decision task: Spreading activation versus semantic matching. *Quarterly Journal of Experimental Psychology A: Human Experimental Psychology*, **51**, 531-560.
- Collins, A. M., & Loftus, E. F. 1975 A spreading activation theory of semantic processing. *Psychological Review*, **82**, 407-428.
- Cowan, N. 1999 An embedded-processes model of working memory. In A. Miyake & P. Shah (Eds.), *Models of working memory: Mechanisms of active maintenance and executive control*. New York: Cambridge University Press. Pp. 62-101.
- Deacon, D., Hewitt, S., Yang, C., & Nagata, M. 2000 Event-related potential indices of semantic priming using masked and unmasked words: Evidence that the N400 does not reflect a post-lexical process. *Cognitive Brain Research*, **9**, 137-46.
- de Groot, A. M. B. 1984 Primed lexical decision: Combined effects of the proportion of related prime-target pairs and the stimulus-onset asynchrony. *The Quarterly Journal of Experimental Psychology*, **36A**, 253-280.
- Engle, R. W. 1996 Working memory and retrieval: An inhibition-resource approach. In J. T. E. Richardson, R. W. Engle, L. Hasher, R. H. Logie, E. R. Stoltzfus, & R. T. Zacks (Ed.), *Working memory and human cognition*. New York: Oxford University Press. Pp. 89-119.
- Ford, J. M., Woodward, S. H., Sullivan, E. V., Isaacks, B. G., Tinklenberg, J. R., Yesavage, J. A., & Roth, W. T. 1996 N400 evidence of abnormal responses to speech in Alzheimer's disease. *Electroencephalography and Clinical Neurophysiology*, **99**, 235-246.
- Forster, K. I. 1981 Priming and the effects of sentence and lexical contexts on naming time: Evidence for autonomous lexical processing. *The Quarterly Journal of Experimental Psychology*, **33A**, 465-495.
- Ericsson, K. A., & Kintsch, W. 1995 Long-term working memory. *Psychological Review*, **102**, 211-245.

Fujihara, N., Nageishi, Y., Koyama, S., & Nakajima, Y. 1998 Electrophysiological evidence for the typicality effect of human cognitive categorization. *International Journal of Psychophysiology*, **29**, 65-75.

藤本里奈・宮谷真人・岡直木・桐木建始 2000 意味的プライミング効果に及ぼす関連比率の効果：事象関連電位による検討 基礎心理学研究, **18**, 139-148.

船橋新太郎 2000 ワーキングメモリの神経機構と前頭連合野の役割 荳阪直行 (編著) 脳とワーキングメモリ 京都大学学術出版会 Pp. 21-49.

Gibson, E. 1998 Linguistic complexity: Locality of syntactic dependencies. *Cognition*, **68**, 1-76.

御領 謙 1987 読むということ 東京大学出版会

Greenhouse, S. W., & Geisser, S. 1959 On the methods in the analysis of profile data. *Psychometrika*, **24**, 95-112.

Gunter, T. C., Nackson, J. L., & Mulder, G. 1995 Language, memory, and aging: An electrophysiological exploration of the N400 during reading of memory-demanding sentences. *Psychophysiology*, **32**, 215-229.

Hillyard, S. A., & Kutas, M. 1983 Electrophysiology of cognitive processes. *Annual Review of Psychology*, **34**, 33-61.

Hillyard, S. A., & Picton, T. W. 1987 Electrophysiology of cognition. In F. Plum (Ed.), *Handbook of physiology: Sec. 1. The nervous system: Vol. 5. Higher functions of the brain*. Bethesda, MD: American Physiological Society. Pp. 519-584.

Holcomb, P. J. 1988 Automatic and attentional processing: An event related brain potential analysis of semantic priming. *Brain and Language*, **35**, 66-85.

Holcomb, P. J. 1993 Semantic priming and stimulus degradation: Implications for the role of the N400 in language processing. *Psychophysiology*, **30**, 47-61.

伊藤順子・小山幸子・投石保広・木村 淳 1995 脳血管障害

- 患者の N400 臨床脳波, 37, 283-286.
- Just, M. A., & Carpenter, P. A. 1992 A capacity theory of comprehension: Individual differences in working memory. *Psychological Review*, 99, 122-149.
- 片山順一 1995 意味的な期待の心理生理学 多賀出版
- Kellenbach, M. L., & Michie, P. T. 1996 Modulation of event-related potentials by semantic priming: Effects of color-cued selective attention. *Journal of Cognitive Neuroscience*, 8, 155-173.
- Keller, T. A., Carpenter, P. A., & Just, M. A. 2001 The neural bases of sentence comprehension: A fMRI examination of syntactic and lexical processing. *Cerebral Cortex*, 11, 223-237.
- King, J. W., & Kutas, M. 1995 Who did what and when? Using word- and clause- level ERPs to monitor working memory usage in reading. *Journal of Cognitive Neuroscience*, 7, 376-395.
- Kintsch 1988 The role of knowledge in discourse comprehension: A construction-integration model. *Psychological Review*, 95, 163-182.
- Koyama, S., Hokama, H., Miyatani, M., Ogura, C., Nageishi, Y., & Shimokochi, M. 1992 ERPs in schizophrenic patients during word recognition task and reaction times. *Electroencephalography and Clinical Neurophysiology*, 92, 546-554.
- 小山紗智子・柿木隆介 1997 単語認知と事象関連電位 丹羽真一・鶴紀子(編著) 事象関連電位 事象関連電位と神経情報科学の発展 新興医学出版社 Pp. 82-95.
- Koyama, S., Nageishi, Y., & Shimokochi, M. 1992 Effects of semantic context and event-related potentials: N400 correlates with inhibition effect. *Brain and Language*, 43, 668-681.
- Kutas, M., & Hillyard, S. A. 1980 Reading senseless sentences: Brain potentials reflect semantic incongruity. *Science*, 207, 203-205.
- Kutas, M., & Hillyard, S. A. 1984 Brain potentials during reading

- reflect word expectancy and semantic association *Nature*, **307**, 161-163.
- Kutas, M., & Hillyard, S. A. 1989 An electrophysiological probe of incidental semantic association. *Journal of Cognitive Neuroscience*, **1**, 38-49.
- Kutas, M., & Van Petten, C. 1988 Event-related brain potential studies of language. In P. K. Ackless, J. R. Jennings, & M. G. H. Coles (Eds.), *Advances in psychophysiology* (Vol. 3). Greenwich, CT: JAI Press. Pp. 139-187.
- Luck, S. J., Vogel, E. K., & Shapiro, K. L. 1995 Word meanings can be accessed but not reported during the attentional blink. *Nature*, **383**, 616-618.
- McCarthy, G., & Nobre, A. C. 1993 Modulation of semantic processing by spatial selective attention. *Electroencephalography and clinical Neurophysiology*, **88**, 210-219
- McCarthy, G., Nobre, A. C., Bentin, S., & Spencer, D. D. J. 1995 Language-related field potentials in the anterior-medial temporal lobe: I. Intracranial distribution and neural generators. *Journal of Neuroscience*, **15**, 1080-1089.
- McCarthy, G., & Wood, C. C. 1985 Scalp distributions of event-related potentials: An ambiguity associated with analysis of variance models. *Electroencephalography and Clinical Neurophysiology*, **62**, 203-208.
- Meyer, D. E., & Schvaneveldt, R. W. 1971 Facilitation in recognizing pairs of words: Evidence of a dependence between retrieval operations. *Journal of Experimental Psychology*, **90**, 227-234.
- 三宅 晶 2000 ワーキングメモリ：過去，現在，未来 苧阪直行（編著） 脳とワーキングメモリ 京都大学学術出版会 Pp. 311-329.
- 宮谷真人 2000a 視覚探索時の事象関連電位とワーキングメモリ 苧阪直行（編著） 脳とワーキングメモリ 京都大学学術出版会 Pp. 139-154.

宮谷真人 2000b 視覚探索を支える脳内過程に関する研究 北大路書房

Morton, J. 1969 Interaction of information in word recognition. *Psychological Review*, **76**, 165-178.

Neely, J. H. 1977 Semantic priming and retrieval from lexical memory: Roles of inhibitionless spreading activation and limited-capacity attention. *Journal of Experimental Psychology: General*, **106**, 226-254.

Neely, J. H. 1991 Semantic priming effects in visual word recognition: A selective review of current findings and theories. In D. Besner & G. Humphreys (Eds.), *Basic processes in reading: Visual word recognition*. Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum. Pp. 264-336.

Neely, J. H., Keefe, D. E., & Ross, K. L. 1989 Semantic priming in the lexical decision task: Roles of prospective prime-generated expectancies and retrospective semantic matching. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, **15**, 1003-1019.

Nobre, A. C., Allison, T., & McCarthy, G. 1994 Word recognition in the human inferior temporal lobe. *NATURE*, **372**, 260-263.

小川嗣夫 1972 52 カテゴリに属する語の出現頻度表 人文論究(関西学院大学文学部紀要), **22**, 1-68.

沖田庸嵩 1989 事象関連電位と認知情報処理－選択的注意を中心として－ 心理学研究, **60**, 320-335.

沖田庸嵩 1997 選択的注意と事象関連電位 苧阪直行 脳と意識 朝倉書店 Pp. 165-187.

Okita, T. & Jibu, T. 1998 Selective Attention and N400 attenuation with spoken word repetition. *Psychophysiology*, **35**, 260-271.

苧阪直行 2000 ワーキングメモリと意識 苧阪直行 (編著) 脳とワーキングメモリ 京都大学学術出版会 Pp.1-18.

苧阪満里子 2000 ワーキングメモリと言語理解の脳内機構

苧阪直行（編著） 脳とワーキングメモリ 京都大学学術出版会 Pp.157-180.

- Otten, L. J., Rugg, M. D., & Doyle, M. C. 1993 Modulation of event-related potentials by word repetition: The role of visual selective attention. *Psychophysiology*, **30**, 559-571.
- Posner, M. I., & Snyder, C. R. R. 1975 Facilitation and inhibition in the processing of signals. In P. M. A. Rabbitt, & S. Dornic(Eds.), *Attention and performance. Vol.V*. New York: Academic Press. Pp. 669-682.
- Revonsuo, A., Portin, R., Juottonen, K., & Rinne, J. O. 1998 Semantic processing of spoken words in Alzheimer's disease: An electrophysiological study. *Journal of Cognitive Neuroscience*, **10**, 408-420.
- Seidenberg, M. S., Waters, G. S., Sanders, M., & Langer, P. L. 1984 Pre- and post-lexical loci of contextual effects on word recognition. *Memory and Cognition*, **12**, 315-328.
- Sekiguchi, T., Koyama, S., & Kakigi, R. 2000 The effect of word repetition on evoked magnetic responses in the human brain. *Japanese Psychological Research*, **42**, 3-14.
- Sekiguchi, T., Koyama, S., & Kakigi, R. 2001 The effect of stimulus repetition on cortical magnetic responses evoked by words and nonwords. *Neuroimage*, **14**, 118-128.
- Sternberg, S. 1966 High-speed scanning in human memory. *Science*, **153**, 652-654.

付録

Appendix A 実験 1 の刺激リスト

	PRIME	PROBE				
		EXPECTED		RELATED	UNRELATED	NONWORD
ミカン	インドネシア	ノルウェイ	インド	バナナ	オペラ	ケヒ
	アメリカ	チュウゴク	イタリア	リンゴ	カイゾク	リレリ
	オランダ	エチオピア	イラン	ブドウ	ギカイ	トゾペ
	デンマーク	台湾	フィリピン	モモ	グウスウ	クスザヤ
	ポルトガル	ベトナム	ブラジル	メロン	ケイビイン	ツイクタ
	ベルギー	カンボジア	スペイン	パイナップル	コウサテン	クラタゴ
	スウェーデン	オーストリア	ドイツ	スイカ	サーカス	ウヤジテ
	アルゼンチン	カナダ	チョウセン	イチゴ	スケジュール	トポーキハ
	スイス	イギリス	チリ	レモン	ダイク	ツントスホ
	ニッポン	パキスタン	フランス	サクランボ	ツウシン	イーウイベハ
エンピツ	サメ	サンマ	トビウオ	ボールペン	カチク	ミゴ
	アジ	タイ	ニシン	ケシゴム	シャッター	クザコ
	ウナギ	サバ	カレイ	シタジキ	ワイロ	ケヤサ
	アユ	ハマチ	ドジョウ	マンネンシツ	エドジダイ	ツスラマ
	メバル	ナマズ	サケ	フデバコ	ルール	ロンクキ
	ブリ	ヒラメ	マグロ	ジョウギ	テンジョウ	ダンルア
	アナゴ	カツオ	イワシ	ペン	エンカイ	ユミルシ
	タラ	メザシ	フナ	コンパス	ニホンカイ	ルクカンア
	コイ	メダカ	フグ	ノリ	ネオンサイン	クガンクピ
	キングョ	エイ	サワラ	ハサミ	パーティー	ウルテキイホ
ジシン	ライオン	ネズミ	ウシ	タイフウ	ザブトン	ユツ
	タヌキ	ネコ	ヤギ	カミナリ	オノ	トクポ
	サイ	ヒツジ	オオカミ	ツナミ	エッセイ	ジレセ
	カモシカ	ラクダ	ウマ	カジ	エイゴ	キゼクツ
	サル	カバ	キリン	コウズイ	サベツ	ウフパビ
	ウサギ	イノシシ	リス	スイガイ	サイノウ	クイウバ
	ハイエナ	ロバ	イタチ	ナダレ	トシ	ミトスマ
	キツネ	トラ	ゾウ	タツマキ	ギロン	トヨセイピ
	クマ	イヌ	チーター	ジスベリ	マツリ	グガテイハ
	ブタ	シマウマ	シカ	ドシャクズレ	コッカ	トキラツヨキ
ジテンシャ	ツツジ	ワスレナグサ	ツバキ	バス	インディアン	タサ
	タンポポ	アヤメ	スイトピー	ヒコウキ	サイコロ	スタ
	キク	スイセン	バラ	デンシャ	エメラルド	バモム
	ヒマワリ	シクラメン	ヒヤシンス	ジドウシャ	オオミソカ	クシンム
	アサガオ	サザンカ	カトレア	タクシー	キムチ	イニカテ
	ボタン	チューリップ	スズラン	トラック	ケッコ	レウノタ
	ヒナギク	ユリ	カスミソウ	モノレール	コビット	クキガテ
	ウメ	スイレン	レンゲ	バイク	サンバ	インダクジ
	サクラ	アジサイ	パンジー	ヘリコプター	ストロー	スカキパク
	コスモス	マーガレット	スマレ	ダンブカー	センザイ	ウツアリヤタ

	PRIME		PROBE			
		EXPECTED	RELATED	UNRELATED	NONWORD	
マツ	タイソウ	サッカー	アイキドウ	スギ	ケーブル	ヅハ
	ケンドウ	リクジョウ	ラグビー	ヒノキ	カイモノ	クオシ
	フットボール	テニス	ゴルフ	イチョウ	ホームステイ	プタパ
	ホッケー	ジュウドウ	バスケット	モミノキ	エプロン	リヌネリ
	ボクシング	タッキュウ	スキー	カシノキ	トカイ	チツウト
	ハンドボール	バトミントン	ヤキュウ	カエデ	シアワセ	ザブキギ
	アーチェリー	カラテ	スケート	モミジ	センデン	イーテセ
	マラソン	スモウ	ハウガンナゲ	ブナ	ダイドコロ	トキブケパ
	レスリング	ハバトビ	ソフトボール	タケ	ノウリョク	ウノンカケ
	スイエイ	バレーボール	ボウタカトビ	クスノキ	パスポート	ムウリイマカ
チョウ	トランペット	ドラム	ハーブ	トンボ	カセット	モニ
	シャクハチ	シンバル	エレクトーン	カブトムシ	カギ	トヨポ
	カスタネット	ピアノ	サクソ	セミ	センソウ	メトマ
	オルガン	マンドリン	モッキン	バッタ	ブロック	ウビナセ
	タイコ	コントラバス	チェロ	カマキリ	プラモデル	クントマ
	ビオラ	ウクレレ	ホルン	コオロギ	シャッキン	ツンキザ
	トロンボーン	クラリネット	オーボエ	スズムシ	ホシ	クウソタ
	ギター	コト	フルート	キリギリス	ラウンジ	トンイウコ
	シャミセン	バイオリン	ハーモニカ	アリ	ヤオヤ	ドウツカピ
	タンバリン	コダイコ	フエ	クワガタムシ	カケジク	ソウギユイカ
ケーキ	コウノトリ	カラス	ワシ	チョコレート	ウインク	ラハ
	アヒル	クジャク	ジュウシマツ	ガム	シンキロウ	ズフチ
	ヒバリ	ダチョウ	ツル	マンジュウ	シンゾウ	ズカジ
	カナリヤ	ウグイス	ツバメ	センベイ	ミイラ	リンケハ
	カモメ	ホトトギス	ブンチョウ	キャラメル	ウキワ	ミンブコ
	タカ	コンドル	ツグミ	クッキー	ノコギリ	ツンシネ
	キジ	ハト	キツツキ	ビスケット	パズル	トヤリブ
	オウム	フクロウ	ニワトリ	キャンディ	ヒロバ	トコザヨタ
	ハクチョウ	トンビ	インコ	カリントウ	ヘイタイ	ツビトルシ
	ライチョウ	カルガモ	スズメ	マシュマロ	レンガ	ウーコンキツ
セーター	ハクサイ	キャベツ	タマネギ	スカート	ガス	マワ
	ダイコン	ニンジン	ナス	ズボン	ケムリ	ガヨエ
	カボチャ	シュンギク	カリフラワー	コート	コンピュータ	ファト
	カブ	サトイモ	モヤシ	シャツ	サイレン	クルノシ
	ゴボウ	ヤマイモ	コマツナ	カーデガン	シャモジ	ケーワデ
	ネギ	サツマイモ	レンコン	ワンピース	ズツウ	イタモユ
	タケノコ	トマト	キュウリ	ブラウス	センキョ	ルヤミハ
	ジャガイモ	アスパラガス	ホウレンソウ	スーツ	ダム	トロリナア
	エンドウマメ	セロリ	レタス	ワイシャツ	テツボウ	プーロサケ
	ソラマメ	シイタケ	ピーマン	ジーンズ	トランプ	ウンクダユケ

PRIME	PROBE					
	EXPECTED	RELATED	UNRELATED	NONWORD		
アカ	ツマサキ	ムネ	ユビ	アオ	ドブ	ツセ
	ツメ	アシノウラ	アゴ	キイロ	エキ	クグカ
	マツゲ	ミミ	アタマ	ミドリ	ジョウハツ	ワアソ
	カタ	ハラ	ウナジ	シロ	トショカン	テイバマ
	マユゲ	ツムジ	カカト	クロ	ネンブツ	クイビド
	カミノケ	クビ	ウデ	ムラサキ	ハカセ	ゴソダク
	ヒザ	ヒジ	コシ	チャイロ	ミルク	ウカパウ
	ワキバラ	フトモモ	カオ	ハイイロ	メジャー	ドヤジウブ
	ヘソ	セナカ	アシ	ピンク	ラップ	ツツユネシ
	ミゾオチ	テノヒラ	クチ	キミドリ	ロビー	ヨウツシラキ

FILLER WORD

PRIME	PROBE	PRIME	PROBE
ハル	ピンセット	ルビー	ヤカン
ユウカイ	ロンブン	ショウユ	コウコウ
ブラインド	サイダー	ホケンシツ	タイマツ
タイリク	キンコ	ケイレン	ヤキニク
ヒョウザン	ピエロ	フルサト	ステッキ
サーチライト	ステーキ	シケン	コクジン
コック	クラクション	ヒルネ	タマイレ
ヒラガナ	ドレッシング	ナフダ	アミ
チコク	フクロ	トカゲ	ショウトツ
キタ	ハコ	ユシュツ	ランチ
ポット	オマジナイ	コンパ	マキ
ケイサン	タキ	レシート	チヘイセン
ヒーロー	タイオンケイ	アクシデント	ニワトリ
ソラ	マジメ	コゼニイレ	ハツデン
ゲンシ	ウエイトレス	タカラクジ	テヌグイ
カクリツ	ツノ	オウセツマ	スポンジ
カワラ	トウロン	タワシ	ワルツ
ローン	ハレ	ジョッキ	ゲタバコ
シュウシヨク	リンパセン	カガミ	チツソ
ヤクソク	コンニャク	キンカ	レイボウ
コゼニ	テスト	マーケット	シーソー
カツオブシ	ジケン	アルカリ	マフラー
スナ	スイトウ	キセル	ファックス
セトナイカイ	ムシヨク	ラッシュ	バスルーム
シャチョウ	コタエ	ネット	テツ
ツナヒキ	アミド	クリスマス	リンリ
カワセ	タイヤ	チャワン	ミズタマリ
レコード	カイボウ	アミモノ	カルタ
サトウ	ユゲ	スカーフ	シャメン
スギ	ソース	キソ	ピクニック
アルミホイル	テツガク	シズク	コッセツ
アクセサリー	ヒノキ	チョウチン	モリ
コウキアツ	カリキュラム	ゲカ	ハツモウデ
スダレ	コゲ	インカン	オノ
ブランコ	フクツウ	スモッグ	パンプス
ハンマー	チュウネン	ディナー	ワープロ
アツサ	ショウガツ	チラシ	タンボ
ダンス	カンキセン	ギンコウ	バクチク
タバコ	キョウカシヨ	サイコロ	チクワ
ケンチク	エアメール	コズカイ	ザイモク
キョウシ	キナコ	モメン	ユートピア
コーラ	セイザ	タナバタ	アキ
ソウジ	ケイサンキ	オコノミヤキ	シソン
タンズ	タイセイヨウ	テングク	コロツケ
キッチン	ツキ	スイソウ	バッテリー

FILLER NONWORD

PRIME	PROBE	PRIME	PROBE
ショサイ	ラカ	ピラミッド	コシドパ
アーケード	キゼテ	タキギ	クヨボロ
ブチョウ	コラキ	ゴム	ルンレウカ
サラダ	ユンソノ	タイヨウ	クウレザヤ
マゴ	ロツシワ	タイリョク	リイークトシ
トモダチ	イユイマ	プレゼント	ツフ
セツメイ	ワジヒシ	プール	ワユヘ
メイブツ	ウイワイジ	タカラ	ゾカセ
ケンカ	グンドンハ	トウケイ	ツンチソ
テチョウ	ユンインカウ	ソショウ	キマスマ
ツリザオ	テソ	カビ	トツーレ
ボウネンカイ	リソブ	ベット	イヨソホ
ジュギョウ	キョケ	テガミ	ピタイコニ
アンケート	ミヨスキ	ショック	スーリウキ
チュウシャ	ツコバユ	ワイパー	ガンジブカベ
ビール	クイイタ	ジョウホウ	ヘフ
ブンカサイ	ズンエシ	コルク	ロズカ
チイキ	ムベスキバ	ツクエ	ラゼコ
タニ	クウセミタ	ファイル	プライジ
マヒ	ルユズウヨア	ニンゲン	エンロチ
オモチャ	クハ	ロウソク	クンラテ
アサヒ	オワエ	カワ	コラクホ
ケイザイ	ブイク	テジナ	ツンスヨコ
エキビル	バルヒサ	オフィス	ルクセツエ
シンゴウ	ヤビケハ	タネ	クジウウシホ
ニワ	カークハ	コンクール	イゾ
ジンセイ	イクチコ	ボウエキ	プタポ
ベンキョウ	ウトブンシ	シャカイ	ツラワ
ドロ	スポシゴパ	エントツ	カンシパ
ヒモ	クケクユシシ	ドロボウ	キムウミ
デンセン	イユ	リョウリ	キギセジ
カゾク	ソモチ	ニオイ	ドンカウブ
ベンチ	ザユネ	テラス	イオソハ
ドア	ブンヨユ	サンカク	ウカンレベ
ケンコウ	ツヨギホ	キオク	クスソウウク
ホウソウ	ユムゴジ	サンソ	ツハ
カマド	クントタ	エガオ	ヤンモ
ジカン	シツフスカ	ゴウカク	ギケフ
カキネ	レウチウコ	ジテン	キゼプブ
コンザツ	アトゲイリシ	マヤク	リランニ
キャンパス	レヤト	キョウジュ	クシゼヤ
トイレ	ヨパ	ケンキュウ	ツンソメ
シュウシヨク	ケミハ	ナンキョク	イオツウキ
イタマエ	メンセカ	カミダナ	インネルブ
ウタ	ウイヤド	ナベ	トカカコヤア

Appendix B 実験 2 の刺激リスト

	PRIME	PROBE				
		EXPECTED	RELATED	UNRELATED	NONWORD	
サンマ	エンピツ	コンパス	サインペン	サバ	ソラ	タサ
	ケシゴム	ブンドキ	メモチョウ	マグロ	ハナビ	ズフチ
	ノート	フデ	ホッチキス	ヒラメ	ロビー	クグカ
	シタジキ	ノリ	ガヨウシ	イワシ	ドロボウ	クラタゴ
	マンネンヒツ	ハサミ	セロテープ	ブリ	ニュース	ツコバユ
	フデバコ	カッター	シャープペン	ニシン	ザブトン	トツーレ
	ボールペン	クレヨン	ガビョウ	カツオ	クチベニ	ツンチソ
	ジョウギ	フデペン	ボクジュウ	アジ	クリスマス	ピタイコニ
	ペン	イロエンピツ	クリップ	カレイ	ドライヤー	トキブケパ
	インク	エノグ	マジック	ハマチ	クリーニング	ユンインカウ
バイク	クッキー	カステラ	スコンブ	ジドウシャ	スナ	ヘフ
	ケーキ	ヨウカン	ドラヤキ	デンシャ	タライ	コラキ
	チョコレート	アラレ	ウイロウ	シンカンセン	レンガ	キョケ
	ガム	カリントウ	カシワモチ	ジテンシャ	ニンゲン	イオソハ
	マンジュウ	マシュマロ	シャーベット	ヒコウキ	カーテン	クヨボロ
	オカキ	クレープ	アイス	バス	クズカゴ	ダンルア
	センベイ	パフェ	モナカ	タクシー	エントツ	イヨプロ
	キャラメル	プリン	チーズケーキ	トラック	トショカン	ドンカウブ
	ビスケット	サブレ	ポップコーン	ダンブカー	ツマヨウジ	スーリウキ
	キャンディ	ポッキー	ゼリー	フェリー	インディアン	トキラツヨキ
テニス	バラ	ツバキ	ツツジ	サッカー	ハル	ヨパ
	キク	ヒマワリ	アジサイ	ゴルフ	タバコ	ワユヘ
	サクラ	スイトピー	ヒナギク	フットボール	エイガ	ガヨエ
	チューリップ	ヒヤシンス	シクラメン	ソフトボール	ストロー	ウイヤド
	ユリ	コスモス	アヤメ	ホッケー	レコード	トヤリブ
	スマレ	マーガレット	パンジー	ハンドボール	ロウソク	ユミルシ
	タンポポ	レンゲ	スズラン	ヤキュウ	ワリバシ	ツスラマ
	ボタン	サザンカ	カスミソウ	バレーボール	ピラミッド	ドウツカピ
	ウメ	カトレア	ワスレナグサ	タツキュウ	シンキロウ	インネルブ
	スイセン	アサガオ	スイレン	ラグビー	ガードマン	ソウギユイカ
ナダレ	スズメ	カナリヤ	アヒル	タイフウ	ゴム	イゾ
	カラス	トンビ	コウノトリ	オオアメ	トケイ	オワエ
	ツバメ	ブンチョウ	キジ	オオユキ	ポスト	ケミハ
	ハト	オウム	ホトトギス	ツナミ	サイコロ	ツンキザ
	ワシ	ツル	ダチョウ	タツマキ	インカン	ルヤミハ
	タカ	インコ	コンドル	カミナリ	ミミカキ	ウビナセ
	ジュウシマツ	カルガモ	クジャク	コウズイ	スポンジ	キゼクツ
	ニワトリ	カモメ	フクロウ	ジスベリ	タカラクジ	ウノンカケ
	ハクチョウ	ツグミ	ガチョウ	カンバツ	カレンダー	ツツユネシ
	ウグイス	ヒバリ	キツツキ	ドシャクズレ	キーホルダー	クケクシシ

	PRIME	PROBE				
		EXPECTED	RELATED	UNRELATED	NONWORD	
ルビー	ニンジン	レタス	カブ	ダイヤモンド	コマ	マワ
	ハクサイ	ゴボウ	アスパラガス	サファイア	ウキワ	リレリ
	ダイコン	ナス	カリフラワー	オパール	ペンキ	メトマ
	キャベツ	サツマイモ	シュンギク	エメラルド	ポスター	ドギョレ
	トマト	ピーマン	エンドウマメ	シンジュ	トビバコ	クスザヤ
	キュウリ	カボチャ	シイタケ	スイショウ	カラオケ	ミトスマ
	ハウレンソウ	セロリ	ソラマメ	キン	パチンコ	コラクホ
	ネギ	レンコン	コマツナ	ギン	スベリダイ	トンイウコ
	タマネギ	サトイモ	タケノコ	ブラチナ	パーティー	グガテイハ
	ジャガイモ	モヤシ	ブロッコリー	ヒスイ	ケイコウトウ	ウーコンキツ
ツクエ	アメリカ	カナダ	フィリピン	ダンス	ヘビ	モニ
	ニッポン	オーストリア	ベトナム	イス	サトウ	ギケフ
	イギリス	ブラジル	アルゼンチン	ベッド	コビット	バモム
	フランス	スウェーデン	チョウセン	テーブル	レシート	イクチコ
	チュウゴク	ポルトガル	イラン	ソファ	ツリザオ	ツヨギホ
	イタリア	オランダ	インドネシア	ホンバコ	ラーメン	クントマ
	ドイツ	パキスタン	カンボジア	ゲタバコ	トランプ	メンセカ
	インド	チリ	デンマーク	コタツ	キッサテン	ドヤジウブ
	スペイン	台湾	ベルギー	ショッキダナ	プラモデル	ウイワイジ
	スイス	ノルウェイ	エチオピア	クローゼット	ネンガジョウ	クジウウシホ
ブドウ	ピアノ	ビオラ	モッキン	ミカン	ゴミ	ツセ
	ギター	ドラム	ハーブ	リンゴ	ケムリ	プタパ
	バイオリン	トロンボーン	ホルン	バナナ	トイレ	トヨポ
	トランペット	マンドリン	シンバル	モモ	ブツダン	クイイタ
	フルーツ	カस्ताネット	エレクトーン	メロン	ダイガク	クキガテ
	オルガン	タテブエ	シャミセン	パイナップル	ハチマキ	イーテセ
	チェロ	タンバリン	ウクレレ	カキ	オマモリ	クウソタ
	ハーモニカ	サククス	コダイコ	スイカ	パスポート	トロリナア
	クラリネット	オーボエ	コントラバス	イチゴ	プレゼント	ウトブンシ
	タイコ	シャクハチ	エレキギター	レモン	ネオンサイン	ヨウツシラキ
シャツ	トウキョウ	カゴシマ	トクシマ	ワンピース	シオ	テソ
	キョウト	シズオカ	ワカヤマ	コート	タマゴ	キゼテ
	オオサカ	オカヤマ	チバ	ズボン	シール	ロズカ
	ヒロシマ	オキナワ	コウチ	カーデガン	スプーン	ユムゴジ
	ホッカイドウ	エヒメ	カガワ	ブラウス	スイシャ	リランニ
	フクオカ	グンマ	ナガノ	スーツ	カンバン	イタモユ
	ナガサキ	シマネ	フクイ	ワイシャツ	オモチャ	ロンクキ
	クマモト	トトリ	イワテ	ジーンズ	ブラインド	スボシゴバ
	ニイガタ	ヒョウゴ	カナガワ	セーター	ヘルメット	スカキパク
	アオモリ	アイチ	サガ	スカート	ウンドウカイ	ウンクダユケ

PRIME	PROBE					
	EXPECTED		RELATED	UNRELATED	NONWORD	
エイズ	イヌ	ヒツジ	タヌキ	ガン	ドア	ミゴ
	ネコ	イノシシ	シマウマ	ゼンソク	カガミ	トゾベ
	トラ	ネズミ	ヤギ	アトピー	タワシ	トクボ
	ライオン	ブタ	オオカミ	ケツカク	ハイザラ	ゴソダク
	ウマ	サル	チーター	セキリ	ツケモノ	イニカテ
	ウシ	シカ	ラクダ	コレラ	ベントウ	イヨソホ
	キリン	カバ	ロバ	イカイヨウ	ノコギリ	カンシパ
	ゾウ	サイ	リス	ハイエン	マヨネーズ	トポーキヘ
	ハイエナ	キツネ	カモシカ	マラリア	ウエキバチ	クガンクピ
	クマ	ウサギ	イタチ	リュウマチ	ボウネンカイ	ルユズウヨア

Appendix C 実験 3 の刺激リスト

GENERATING EXPECTANCY

	PRIME	PROBE	
	TARGET	TARGET-RELATED	PRIME-RELATED UNRELATED
ニンジン ヤキュウ	ソフトボール	ハクサイ	メイシ
	アイキドウ	ダイコン	ドウトク
	バスケット	キャベツ	シュウマツ
	スモウ	トマト	シンリガク
	マラソン	キュウリ	クーデター
	フェンシング	ハウレンソウ	ハツモウデ
	アーチェリー	ネギ	モクテキ
	タカトビ	タマネギ	ユウエンチ
	ゴルフ	ジャガイモ	ヨーヨー
	ハンドボール	レタス	リズム
	バトミントン	ゴボウ	レキシ
	ラグビー	ナス	アイシャドウ
	ケンドウ	サツマイモ	イシキ
	スイエイ	ピーマン	ウラナイ
	スズメ アメリカ	ベルギー	カラス
オランダ		ツバメ	バトン
スイス		ハト	ヒマン
スウェーデン		ワシ	フクビキ
アルゼンチン		タカ	ポスター
カンボジア		ジュウシマツ	マボロシ
ドイツ		ニワトリ	ヤキウドン
フランス		ハクチョウ	レポーター
ポルトガル		ウグイス	アセ
インド		カナリヤ	ウソ
ブラジル		トンビ	カイワ
台湾		ブンチョウ	キーホルダー
ニッポン		オウム	ケショウ
カナダ		ツル	コウコク

PRIME	PROBE		
	TARGET	TARGET-RELATED	PRIME-RELATED UNRELATED
ケーキ イヌ	カバ	チョコレート	ウインク
	イノシシ	ガム	シンキロウ
	ネコ	マンジュウ	シンゾウ
	クマ	オカキ	ミイラ
	ゾウ	センベイ	ウキワ
	オオカミ	キャラメル	トウユ
	シカ	クッキー	ナイカク
	サイ	ビスケット	ノコギリ
	ヒツジ	キャンディ	パズル
	ロバ	カステラ	ヒロバ
	ライオン	ヨウカン	ブッキョウ
	ピューマ	アラレ	ヘイタイ
	ウシ	カリントウ	ポウリョク
	ウサギ	マシュマロ	レンガ
	ジシン バラ	タンポポ	タイフウ
キク		カミナリ	ザブトン
シクラメン		ツナミ	オノ
ツツジ		カジ	エッセイ
スイートピー		コウズイ	ジュケン
スズラン		スイガイ	エイゴ
ヒナギク		オオアメ	サベツ
ガーベラ		オオユキ	スモッグ
マーガレット		ナダレ	サイノウ
ナノハナ		タツマキ	センコウ
ラン		フンカ	トシ
カスミソウ		ラクライ	ギロン
アサガオ		ジスベリ	カクメイ
ダリア		カンバツ	コッカ
セーター マグロ		メザシ	スカート
	ブリ	ズボン	ガス
	ハマチ	コート	ギンガ
	フナ	シャツ	ケムリ
	ナマズ	カーデガン	コンピュータ
	サワラ	ワンピース	サイレン
	サンマ	ブラウス	シャモジ
	アナゴ	セビロ	ズツウ
	サバ	ブレザー	センキョ
	サケ	スーツ	ダム
	アジ	スラックス	チュウイ
	メダカ	ジャンパー	テツボウ
	ドジョウ	ワイシャツ	トランプ
	タイ	ジーンズ	モーツァルト

PRIME		PROBE		
	TARGET	TARGET-RELATED	PRIME-RELATED	UNRELATED
		クビ	キイロ	ドブ
		ユビ	アオ	ジョウハツ
		ツムジ	ミドリ	トショカン
		ツメ	シロ	ナミダ
		ヒジ	クロ	ネンブツ
		ヒザ	ムラサキ	ハカセ
アカ	アタマ	マツゲ	チャイロ	ミルク
		コシ	ダイダイイロ	メジャー
		ツマサキ	ハイイロ	ラップ
		ミゾオチ	ピンク	リラックス
		カカト	キミドリ	ロビー
		マユゲ	コンイロ	アナウンサー
		カタ	ミズイロ	イリグチ
		アシ	キンイロ	エキ

GENERATING NO EXPECTANCY

TARGET			
PRIME	PROBE	PRIME	PROBE
ジャンプ		ハンザイ	
セイジ		フウケイ	
チョキン		カンバン	
コヅツミ		ウンドウカイ	
ダイエツト		ニチヨウビ	
クズカゴ		ヤマ	
タイシヨク	ヤキュウ	ネダン	マグロ
アーチ		ハヤシ	
キュウコン		ヨツパライ	
ネンキン		シュジュツ	
ジュウリヨク		コマーシャル	
ヘイワ		タンジョウビ	
コウギ		タンソ	
ソウシキ		パチンコ	
ハマキ		ヘイキン	
ザイサン		マンゲツ	
パン		キギョウ	
モヨウ		ガソリン	
ショウセツ		ゲンキ	
ブンガク		カイシャイン	
クラシック	アメリカ	セカイ	バラ
エイガ		エダ	
バランス		ホケン	
カッテグチ		ネツ	
チンモク		ハンエイ	
ケイコウトウ		シュウカン	
アンゴウ		クチベニ	
ハブニング		クスリ	
ウチュウ		ハネ	
カンゾウ		パラダイス	
ノウソン		ホンバコ	
ガン		カルシウム	
セイカツ		ヘンソウ	
バショ		フロ	
ハンノウ	イヌ	チョウサ	アタマ
ビンボウ		キョジン	
ネンレイ		チャリティー	
スーパー		テンシ	
ユウキ		イセキ	
コンテスト		ジョウキ	
エキタイ		ギカイ	
ジュース		ワイン	

TARGET-RELATED		PRIME-RELATED		UNRELATED	
PRIME	PROBE	PRIME	PROBE	PRIME	PROBE
ソクタツ	ホッケー	ペテン	サギ	コウフン	マキジャク
ワリバシ	レスリング	コウチョウ	キョウトウ	クリスマス	リンリ
ヘビ	ボクシング	ヨウチエン	ホイクエン	アルコール	スベリダイ
スイシャ	ハバトビ	ウス	キネ	カワセ	タイヤ
ヘソクリ	タイソウ	シャベル	スコップ	シュクジツ	サファイア
ホンヤ	タッキュウ	ウイスキー	ブランデー	ケンチク	エアメール
マド	スケート	アパート	マンション	シゴト	マグネシウム
チズ	スキー	ヤクザ	チンピラ	タワシ	ワルツ
ハイウェイ	バレーボール	ソックス	ストッキング	ネット	テツ
エンジン	テニス	カイスウケン	テイキケン	ディナー	ワープロ
サカミチ	フットボール	ブザー	チャイム	ブツリ	カーテン
イノチ	ジュウドウ	ライフル	ケンジュウ	ソラ	マジメ
コウミンカン	サッカー	テンビン	ハカリ	ダイガク	カンランシャ
ハナシ	ハウガンナゲ	フラスコ	ビーカー	ノボリ	タイピスト
ナナメ	チョウセン	ゾウキン	フキン	マヤク	コフン
ネンガジョウ	チュウゴク	イシャ	カンゴフ	オウセツマ	スポンジ
ノレン	イラン	ダンボウ	レイボウ	ジショ	ニク
ワカバ	ベトナム	カバン	バック	ソト	テガラ
ハナビ	オーストリア	バット	グローブ	アキチ	マゴノテ
ビョウイン	パキスタン	シハイ	コウカ	アルミホイール	テツガク
アルカリ	イタリヤ	ハウチョウ	マナイタ	カード	コブラ
ピンセン	ノルウェー	ナイロン	ポリエステル	センブウキ	カレー
キセル	メキシコ	ガクブ	ガツカ	トカゲ	ショウトツ
フライパン	フィリピン	バケツ	オケ	シズク	コッセツ
ラベル	デンマーク	テレビ	ビデオ	ガレージ	ショウワ
ホノオ	インドネシア	カヨウキョク	エンカ	ブラインド	サイダー
ヒッコシ	スペイン	モウフ	タオルケット	タンス	タイセイヨウ
アクマ	イギリス	ツケモノ	タクアン	マンゾク	キャビネット
タイハイヨウ	ネズミ	コンクリート	セメント	モジ	サカズキ
スイソウ	ヒョウ	ビン	カン	ホットドック	アクセル
リュウガク	ウマ	スープ	シチュー	ドライヤー	スポットライト
シツギョウ	ブタ	ペランダ	バルコニー	サークル	ツマヨウジ
キセキ	キリン	スウガク	サンスウ	キッチン	ツキ
サボリ	タヌキ	カビン	イチリンザシ	ソウジ	ケイサンキ
テープ	ヤギ	ヒヤツカテン	デパート	ラッシュ	バスルーム
ニホンシュ	シマウマ	ニホンシ	セカイシ	イド	コクゴ
ミヤゲ	チーター	インカン	スタンプ	ブレーキ	シャンデリア
ニシ	キツネ	ハガキ	キッテ	パソコン	ウオノメ
ワイドショー	リス	オトナ	コドモ	コズカイ	ザイモク
レンシュウ	サル	シキキン	レイキン	ハル	ピンセット
モノガタリ	カモシカ	ヌマ	イケ	タマゴ	ポンプ
イナカ	トラ	キモノ	フリソデ	ナフダ	アミ
マージャン	フリージア	コーヒー	コウチャ	コゼニ	テスト
ムネヤケ	アジサイ	ハニワ	ドグウ	エン	ベニヤイタ
ラーメン	スミレ	ルーペ	ムシメガネ	メイジ	ジャー
ロウニン	スイセン	オジ	オバ	ソロバン	ムギ
アルミニウム	ヒマワリ	クツ	スニーカー	モンブショウ	チーズ
ガードマン	ユリ	フスマ	ショウジ	マバタキ	ショクアタリ

TARGET-RELATED		PRIME-RELATED		UNRELATED	
PRIME	PROBE	PRIME	PROBE	PRIME	PROBE
ギックリゴシ	リンドウ	クイズ	パズル	ランプ	ホウドウ
ケツアツ	コスモス	コタツ	ストーブ	ツナヒキ	アミド
ザッシ	スイレン	テンブラ	フライ	ブランコ	フクツウ
シボウ	ツバキ	イアリング	ピアス	カゼ	タイショウ
スプーン	ヒヤシンス	ビジネスマン	セールスマン	オクジョウ	ソリ
ゼイキン	サクラ	ショウユ	ソース	シュウショク	リンパセン
タタミ	チューリップ	チクワ	カマボコ	トウフ	キョウフ
デンキ	アネモネ	クーラー	エアコン	キリスト	パイプ
テンキン	フグ	イワ	イシ	アンテナ	テロ
コンジョウ	コイ	スイジ	センタク	カイガン	ユカ
ゴウトウ	アユ	ノウギョウ	ギョギョウ	ヒョウザン	ピエロ
カサ	メバル	ピラフ	チャーハン	ケイサン	タキ
ロッカー	イワシ	コンセント	プラグ	ジャズ	キヌ
マット	ウナギ	サンダル	スリッパ	チラシ	タンボ
オマモリ	トビウオ	リサイタル	コンサート	エラー	ジマン
ジサツ	ヒラメ	バッジ	ワッペン	ハンマー	チュウネン
ユキグニ	カレイ	スパゲティ	マカロニ	ツエ	トタン
ベテラン	タラ	オット	ツマ	スダレ	コゲ
セイフ	マス	コショウ	スパイス	サク	ヨル
カセイフ	カツオ	ロープ	ナワ	ネンザ	ブンカ
ニュース	ニシン	イモウト	アネ	タテ	ボール
カケイボ	サメ	ジユク	ヨビコウ	ジョロ	ストレス
キャンプ	ハラ	ギャグ	ジョーク	ペンキ	ハイシャ
コッキョウ	ワキバラ	ケショウスイ	ニューエキ	コウキアツ	カリキュラム
アサ	カミノケ	ハイユウ	ジョユウ	カイロ	シャワー
イエ	ミミ	コウスイ	コロソ	キソ	ピクニック
ウミ	セナカ	オトコ	オンナ	プログラマー	スプレー
カキトメ	クチ	ビジュツカン	ハクブツカン	シゼン	カクテル
キッサテン	ウデ	ガラス	ワレモノ	ポット	オマジナイ
ゴミ	テノヒラ	テラ	ジンジャ	カガミ	チッソ
シャリン	カオ	カンキリ	センヌキ	キョウダイ	チケット
スタジアム	ヘソ	ガクセイ	セイト	コンパ	マキ
センタクキ	フトモモ	ハンカチ	ティッシュ	ムシバ	ヒバナ
ダイヤモンド	アシノウラ	コクバン	チョーク	シンパイ	マンザイ
ドラマ	ムネ	テンノウ	コウゴウ	ポスト	カラオケ
ネットイギョ	ウナジ	カミソリ	ナイフ	イボ	シカク

Appendix D 実験 4 の刺激リスト

TASK RELEVANT

	PRIME	PROBE		
		NONWORD	RELATED	UNRELATED
ピアノ	クルノシ	ギター	コウムイン	
	ツンチソ	バイオリン	ドンブリ	
	ウンクダユケ	トランペット	ハシ	
	ロンクキ	フルート	ウエキバチ	
	ケヒ	オルガン	エイズ	
	ツスラマ	チェロ	イジメ	
	レヤト	ハーモニカ	フットウ	
	ツラワ	クラリネット	キンカ	
	ラハ	タイコ	ボランティア	
	トンイウコ	ビオラ	ハチマキ	
	プーロサケ	ドラム	ルビー	
	クガンクピ	トロンボーン	シール	
	キゼテ	マンドリン	チキュウ	
	カンシパ	カスタネット	ミゾ	
	ミカン	ミヨスキ	リンゴ	オペラ
ツヨギホ		バナナ	カイゾク	
テイバマ		ナシ	ギカイ	
ギケフ		ブドウ	グウスウ	
クウセミタ		モモ	ケイビイン	
ワユヘ		メロン	コウサテン	
プタパ		パイナップル	サーカス	
ユムゴジ		カキ	スケジュール	
コシドパ		スイカ	ダイク	
ドウツカピ		イチゴ	チカ	
トヨセイピ		レモン	ツウシン	
ラカ		イチヂク	ブンツウ	
クジウウシホ		ビワ	セイネン	
ズフチ		サクランボ	デアイ	

PRIME	PROBE		
	NONWORD	RELATED	UNRELATED
チヨウ	スカキパク	トンボ	コウネツヒ
	トコザヨタ	カプトムシ	カセット
	クラタゴ	セミ	カギ
	オワエ	バッタ	センソウ
	チツウト	カマキリ	ブロック
	ドンカウブ	コオロギ	ケイゾク
	クスソウウク	スズムシ	プラモデル
	ヨパ	ハエ	シャツキン
	イヨソホ	キリギリス	ホシ
	バモム	カミキリムシ	ラウンジ
	ブイク	ハチ	ポップス
	ツンシネ	アリ	コウゲキ
	トポーキヘ	テントウムシ	ヤオヤ
	クオシ	クワガタムシ	カケジク
	ミンブコ	ヒコウキ	インディアン
	インネルブ	デンシャ	サイコロ
	ブンラ	バス	ハーモニー
	ルヤミハ	キシャ	エメラルド
ウツアリヤタ	フネ	オオミソカ	
ソモチ	ジドウシャ	ガクブチ	
ツコバユ	サンリンシャ	キムチ	
ヤンモ	タクシー	ケッコン	
ツフ	オートバイ	コビット	
ウイヤド	トラック	サンバ	
ヤビケハ	モノレール	シマ	
クケクユシシ	バイク	ストロー	
トロリナア	ヘリコプター	センザイ	
スポシゴバ	ダンブカー	ソウダン	
ツントスホ	ケシゴム	カチク	
キマスマ	ノート	シャッター	
ザユネ	シタジキ	ワイロ	
ズカジ	マンネンヒツ	エドジダイ	
ルユズウヨア	フデバコ	ルール	
クイビド	ボールペン	テンジョウ	
プイラジ	ジョウギ	エンカイ	
レウノタ	ペン	ニホンカイ	
イウロツス	インク	ネオンサイン	
ツセ	コンパス	パーティー	
ソント	ブンドキ	ブツダン	
イニカテ	フデ	ドウソウカイ	
ウカンレベ	マジック	ボウシ	
ウイワイジ	ノリ	ケイムショ	

PRIME	PROBE		
	NONWORD	RELATED	UNRELATED
マツ	グガテイハ	スギ	ケーブル
	ルンレウカ	ヒノキ	テツヤ
	ツツユネシ	イチヨウ	テンポ
	イタモユ	モミノキ	カイモノ
	ガンジプカベ	カシ	ホームステイ
	リランニ	ポプラ	エプロン
	ツンキザ	カエデ	ミズギ
	ヅハ	モミジ	トカイ
	ウルテキイホ	ブナ	シアワセ
	トゾベ	キリ	スウジ
	ガヨエ	タケ	センデン
	バルヒサ	クスノキ	ダイドコロ
	ツンソメ	シイ	ノウリョク
	リレリ	シラカバ	パスポート

TASK IRELEVANT

RELATED		UNRELATED		NONWORD	
PRIME	PROBE	PRIME	PROBE	PRIME	PROBE
ケツカク	ハイエン	ミミカキ	パイロット	ツリザオ	グンドンハ
シュウギン	サンギン	タバコ	キョウカシヨ	ボウネンカイ	リソブ
ハリ	イト	カクリツ	ツノ	ジュギョウ	レウチウコ
マッチ	ライター	ゲンカン	ハンバーガー	アンケート	ミゴ
ソバ	うどん	ドウ	ハケ	チュウシャ	プタポ
ケツエキ	リンパエキ	ケヌキ	ユウビン	ビール	キゼクツ
クワ	カマ	コーラ	セイザ	ブンカサイ	ロリウ
デンワ	ファックス	ベートーベン	ナベ	チイキ	クシゼヤ
テブクロ	マフラー	ケイレン	ヤキニク	タニ	ユンインカウ
パトカー	シロバイ	シツモン	ホウセキ	マヒ	クキガテ
マクラ	フトン	クウキ	ミノシロキン	ショサイ	ヘフ
シミ	ソバカス	メモ	マト	アーケード	ラゼコ
セキタン	セキユ	タカラクジ	テヌグイ	ブチョウ	クントタ
ヤカン	キュウス	サーチライト	ステーキ	サラダ	コラキ
センロ	フミキリ	スナ	スイトウ	マゴ	トキブケパ
サンドイッチ	トースト	ジョッキ	ゲタバコ	トモダチ	ムウリイマカ
クシャミ	セキ	レコード	カイボウ	セツメイ	トクポ
ホテル	リョカン	カツオブシ	ジケン	メイブツ	キギセジ
オセイボ	オチュウゲン	ナガグツ	コード	ケンカ	ツイクタ
ヒーロー	ヒロイン	コマ	カルテ	テチョウ	ジダボテタ
アルバイト	パート	ベントウ	ミキ	オモチャ	メンセカ
ソーセージ	ハム	トビバコ	ドク	アサヒ	ブンヨユ
ミナト	ハトバ	セイジカ	タイイク	ケイザイ	ユンソノ
ギャング	マフィア	モメン	ユートピア	エキビル	インダクジ
ピッチャー	バッター	ゲンシ	ウエイトレス	シンゴウ	タサ
サトウ	シオ	マスコミ	クラス	ニワ	クグカ
フィルム	ネガ	ドウロ	マキモノ	ジンセイ	クウソタ
クシ	ブラシ	ホケンシツ	タイマツ	ベンキョウ	フヤト
クモリ	ハレ	レシート	チヘイセン	ドロ	クントマ
ビタミン	ミネラル	キョウシ	キナコ	ヒモ	イユイマ
ノイローゼ	ヒステリー	トウゲ	ケチャップ	デンセン	キゼプブ
ソウメン	ヒヤムギ	ギンコウ	バクチク	カゾク	トカカコヤア
トコヤ	サンパツヤ	ホッカイドウ	ギョウザ	ベンチ	ケミハ
テーブル	イス	アツサ	ショウガツ	ドア	ルクカンア
ホウキ	チリトリ	ハタケ	ハードル	ケンコウ	クイウバ
ミステリー	サスペンス	タナバタ	アキ	ホウソウ	スタ
アイドル	タレント	ケシキ	ソファ	カマド	メトマ
カメラ	シャシン	コメ	サムケ	ジカン	マワ
ウワサ	デマ	スカーフ	シャメン	カキネ	ルクセツエ
コンブ	ワカメ	ペット	ロウドウシャ	コンザツ	クンラテ
クギ	トンカチ	ダンス	カンキセン	キャンパス	ピタイコニ
アレルギー	ジンマシン	ハンバーグ	ウンテンシュ	トイレ	クスザヤ
ニキビ	フキデモノ	タイリク	キンコ	シュウシヨク	ウノンカケ
マンガ	アニメ	スス	ジュウタン	イタマエ	ヨウツシラキ
ハイヒール	パンプス	トケイ	ロウゴク	ウタ	リヌネリ
チュウガク	コウコウ	シャチョウ	コタエ	カビ	ジレセ
スリキズ	キリキズ	チャワン	ミズタマリ	ベット	キョケ
バター	マーガリン	フルサト	ステッキ	テガミ	ジンチウツ

RELATED		UNRELATED		NONWORD	
PRIME	PROBE	PRIME	PROBE	PRIME	PROBE
ヒヤヤッコ	ユドウフ	コゼニイレ	ハツデン	ショック	イオツウキ
ハミガキ	ハブラシ	ヒルネ	タマイレ	ワイパー	ゴソダク
ミソシル	スイモノ	ヨフカシ	シコク	ジョウホウ	ツンスヨコ
ゲタ	ゾウリ	マーケツト	シーソー	コルク	トキラツヨキ
タライ	センメンキ	テンゴク	コロッケ	ツクエ	イゾ
ケガ	ビョウキ	ヘイセイ	シンジュ	ファイル	ウブブシタ
コップ	ユノミ	ヒガシ	スイソ	ニンゲン	ウヤジテ
デンチ	バッテリー	タイガク	テンキ	ピラミッド	イオソハ
ウチワ	センス	アクシデント	ニワトリ	タキギ	ケヤサ
インサツ	コピー	チコク	フクロ	ゴム	シツフスカ
チチ	ハハ	カレンダー	クラブ	タイヨウ	ズンエシ
シンチョウ	タイジュウ	キョウジュ	センイ	タイリョク	クウレザヤ
ケイリン	ケイバ	シケン	コクジン	プレゼント	テソ
メガネ	サングラス	コック	クラクシオン	プール	ダンルア
オトウト	アニ	ナゾナゾ	オツカイ	タカラ	ツビトルシ
ナツ	フユ	オトシダマ	サイバン	トウケイ	スーリウキ
キュウリヨウ	ボーナス	アミモノ	カルタ	ソショウ	ムベスキバ
テッポウ	ピストル	ユシュツ	ランチ	ロウソク	ロズカ
レイゾウコ	フリーザー	ハウリツ	チューブ	カワ	トンテ
チェス	ショウギ	ホース	オタマ	テジナ	ユツ
ヘロイン	モルヒネ	ウエ	ツチ	オフィス	ドヤジウブ
トウザイ	ナンボク	ケンキュウ	カミダナ	タネ	トヨボ
カタナ	ケン	イチョウ	カガク	コンクール	ツハ
オープン	トースター	ヘルメット	キョウカイ	ボウエキ	ウーコンキツ
ニューガク	ソツギョウ	ゴザ	ホウタイ	シャカイ	ウフパビ
イヤホン	ヘッドホン	タンゴ	フシギ	エントツ	ミトスマ
ドウブツエン	スイゾクカン	オジイサン	ナンキョク	ドロボウ	ウトブンシ
ヨウカイ	バケモノ	コウエン	ナトリウム	リョウリ	ゾカセ
ゲカ	ナイカ	キタ	ハコ	ニオイ	コラクホ
ファスナー	ジッパー	オモテ	クンレン	テラス	ワアソ
ムラ	マチ	セトナイカイ	ムショク	サンカク	クザコ
シンセキ	イトコ	チョウチン	モリ	キオク	ソウギユイカ
ヒラガナ	カタカナ	マヨネーズ	ツウチヒョウ	サンソ	トヤリブ
ワサビ	カラシ	ユウカイ	ロンブン	エガオ	ケーワデ
ミズ	コオリ	オコノミヤキ	シンソ	ゴウカク	ウビナセ
バクダン	ダイナマイト	ヤクソク	コンニャク	ジテン	ワジヒシ

謝辞

本論文をまとめるにあたり、多くの方々からのご指導とご支援を賜りました。主査をして頂きました利島保教授には、大学運営にかかわるお立場で激務を極めておられる中、時には厳しく、時には暖かく、熱心にご指導頂きました。深く御礼申し上げます。また、副査の松田文子教授、稲水惇教授、森敏昭教授には、ご多忙のところ時間を割いて丁寧に査読して頂き、数々の有益なご示唆を頂きましたことを、心より感謝申し上げます。そして、指導教官の宮谷真人助教授には、不肖の弟子にもかかわらず、長きにわたり、きめ細やかで徹底したご指導を賜りました。また、実験心理学の研究法や、論旨の組み立て方、研究に対する姿勢などもあわせて学ばせて頂きました。ここに厚く御礼申し上げます。

本論文の大半は助手就任中に執筆いたしました。そのため、広島大学の諸先生方には、色々のご迷惑とご心配をお掛けしたことと存じます。深くお詫びするとともに、最後まで暖かく励ましてくださいましたことに、心より感謝いたします。

また、本研究は、認知心理学研究室（旧、実験心理学研究室）の特研で頂いた数々の貴重なご指導・ご示唆に基づいております。当時の助手でいらした吉田弘司先生（現在、比治山大学助教授）には、鋭いご批判と有益なアドバイスを頂きました。また、先輩である赤井俊幸先生（現在、広島国際大学講師）には、ERP研究について、その実際的な面も含め、しっかりと教えて頂きました。他にも、特研のメンバーの皆様には、数々のあり

がたいご意見を賜りました。記して、御礼申し上げます。

最後に、時には被験者として、時には良きアドバイザーとして、研究に参加してくださいました広島大学大学院教育学研究科の皆様、そして、広島大学教育学部心理学教室の学部生の皆様に、心から感謝の意を表します。

2002年1月

中尾美月