OUKA
The University of Osaka
Institutional Knowledge Archive

Title	陰性緩電位(CNV,準備電位)に対する注意散逸(Distraction)の効果
Author(s)	投石, 保広
Citation	大阪大学人間科学部紀要. 1990, 16, p. 133-153
Version Type	VoR
URL	https://doi.org/10.18910/9088
rights	
Note	

The University of Osaka Institutional Knowledge Archive : OUKA

https://ir.library.osaka-u.ac.jp/

The University of Osaka

陰性緩電位（ＣＮＶ，準備電位）に対する注意散逸（Distraction）の効果

投　石　保　広

陰性緩電位（CNV，準備電位）に対する注意散逸（Distraction）の効果

人間の情報処理過程の解明に向かって，多くの知見を見出し，優れた理論と仮説を認知心理学が提出している。その研究と並行して，同じ目標をもつ生理学的研究が，“認知生理心理学：congnitive psychophysiology”という名称のもとに行われている。その研究のほとんどでは，脳の事象関連電位（ERP: event-related brain potentials）を研究対象としておりERPの各成分を脳内で行われている種々の情報処理の過程に対応して出現したものと想定している。しかし，具体的にどのERP成分がどの処理過程に対応しているのかは未だそれほど明らかではない。

CNV（随伴陰性変動）についても同様なことがいえる。CNVを発見したWalterらは，それが予期的反応時間（警告刺激〔S_1〕－命令刺激〔S_2〕－キィ押し反応）課題中の警告刺激と命令刺激の間に出現することから，“期待：expectancy”に関連するERPであると記載した（期待説，Walter, Cooper, Adridge, McCallum and Winter, 1964）。ついで，Teccheも心理学的な立場から，その陰性電位は“予期的な注意”に関連していると主張した（注意説，Tecce, 1972）。CNVが発見された当初は，それが予期的でしかも認知的な心理過程に対応するERP成分であると考えられたのである。しかし，その後このような認知仮説に対して異議が唱えられるようになり，どのような心理過程がCNVを出現させているのかについて現在も論争が続いている（McCallum, 1979; Papakostopolous, 1988; Ritter, Kelso, Kutas, and Shiffrin, 1984）。

その理由は，CNV研究に用いる実験パラダイムに於いて，初期研究で用いられたような短いS_1-S_2間隔（1～1.5sec）に代って，比較的長いS_1-S_2間隔（3～6 sec）を用いた実験がなされるようになって，次の点が明かとなったからである。すなわち，CNVはそれまで考えられていたような単一の成分ではなく，S_1呈示後約400msecから，1000msecないし1500msecまで続く，頭皮上の前－中心部で優勢な**初期CNV**（early CNVあるいは，O wave）と，S_2前約1500msecから出現する，中心－頭頂部で優勢な**後期CNV**（late CNV, E waveあるいは，terminal CNV）の少なくとも2種の下位成分から構成されていることと，その中の初期CNVはS_1によって引き出されたERPであり，予期的な心理過程とは関連しないものであることが明かとなったのである（McCallum, 1979; 投石，志村，下河内，1984）。その結果，S_1-S_2間隔が短いと初期CNVと後期CNVとが分離できないために，記録されたCNVに後期CNVのみならず初期CNVも含んでいると考えられる初期研究の結果に対して疑問が向けられるようになった。一方，後期CNVはS_2に向って出現してくるの

で，予期的な心理過程に対応づけることが可能な成分ではあったが，それは予期とか注意といった認知的な心理過程に関連するものではないと考えられるようになった。すなわち，Rohrbaugh and Gaillard（1983）は，後期CNVは，（自発的な運動が始まる約1秒位前から立上がってくる）準備電位（Kornhuber and Deecke, 1965）と同種のERPであって（Rohrbaughら，1976, 1980を参照），単なる運動準備の過程に関連する電位である（運動準備説）と主張している（投石ら，1984を参照）。

しかし，彼らの考察が正しいとしても，CNVに対して認められる注意散逸効果【S_1－S_2－ボタン押しの課題に加えて，他の刺激あるいは課題を負荷した（注意散逸操作）場合に，CNVの振幅が減少する現象（Tecce, 1972; Tecce and Scheff, 1969)】は，運動準備説では説明がつかず，注意説を支持する実験事実であるといえる（McCallum, 1979)。すなわち，注意説に従うと，負荷された他の刺激や課題に対しても注意を向ける必要がある時には，S_2に対する注意が奪われるので，その分CNVの振幅が減少したとして，この現象を適切に解釈することができる。しかし，他の刺激や課題を負荷したとしても，それらは運動の準備には影響しないと考えられるので，運動準備説によってこの現象を説明することはできない。

このようにCNVの注意散逸効果は，Tecce and Scheff（1969）（S_1－S_2間隔1.5sec，中心部のみの記録）がアルファベットや数字の記憶課題を負荷した（2重課題）条件で，またMcCallum and Walter（1968）（S_1－S_2間隔1 sec）は音刺激を負荷する方法と，テレビ番組を見せる方法とで確認しているが，先にも述べたように，それらの実験では使用したS_1－S_2間隔が短いために，観察された振幅減少が後期CNVのものであるのか，初期CNVのものであるのかは明らかではない。従って，その振幅減少が後期CNVのものであることを示さなければ，これらの結果を注意説を支持する証拠とすることはできないと思われる。

〔実験Ⅰ〕

S_1－S_2間隔を2 secとし，CNVを正中線上の3部位から同時に記録し，得られたCNVデータに対して主成分分析（PCA）を適用して（Nageishi and Shimokochi, 1983; Sanquist, Beatty and Lindsley, 1981），初期CNVと後期CNVの両成分を分離して，注意散逸効果を検証した。S_1－S_2期間中に注意散逸のために刺激を呈示する方法では，その刺激によって誘発されるERP成分（N100, P300等）がCNV波形に重畳して，CNV波形が歪められる恐れがあるので，Tecce and Scheffの実験のようにS_1の前に記憶項目を呈示して，被験者にそれをS_1－S_2課題中記憶しておいてもらう方法を，注意散逸操作として採用した。

◦方　法

被験者　20～25歳の健康な大学生，大学院生16人（全員右手利き）を対象とした。

条　件　記憶負荷（MT）条件では，S_1前に記憶項目を呈示して，被験者にそれを憶え

させた（Fig. 1）。統制（NO）条件では，CNVを引き出すためのS₁－S₂－ボタン押し課題だけとした。

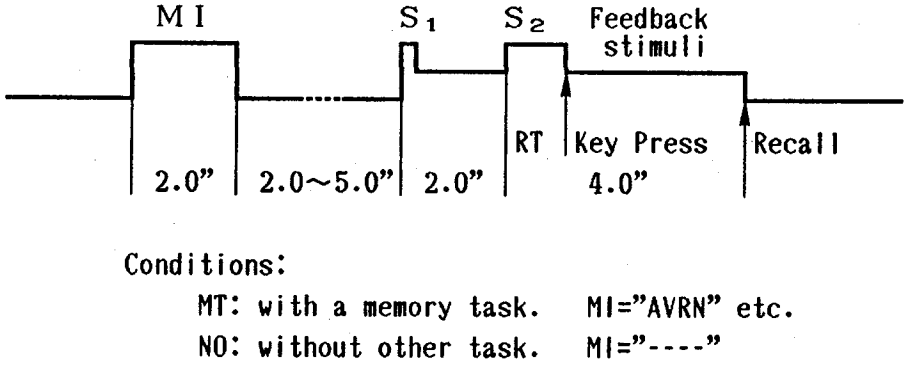

Fig. 1　A schematic representation of the trial and the conditions in Experiment 1.

刺　激　　記憶項目（MI）は4文字のアルファベットとし，その文字の大きさは縦12㎜，横6㎜で，全体の横幅が40㎜（視角6°以内）で，それを2 sec間呈示した。S₁には純音（2000Hz, 75dB SPL, 100msec）を用いた。S₁と同時に3桁の数字“000”を呈示し，その数字が2 sec後に増加し始めることをS₂として用い，その数字は10msec毎に1ずつの割合で連続的に増加させた。被験者には数字の増加の開始に対してできるだけ速く正確にボタンを押すことを求めた。さらに，反応時間を被験者にフィードバックするために，反応時点で数字の増加を終了させて，S₂開始から4 secになるまでそのままで残し，その後消滅させた。MT条件では，その消滅を合図にして記憶項目を口頭で報告させた。

手続き　　被験者をシールド室内に座らせ，眼前約70㎝に刺激（記憶項目とS₂）呈示用のビデオモニタを設置し，ボタンを取付けた箱を右手の位置に配した。なお，記憶項目の呈示終了後からS₁呈示までの時間は2.0sec～5.0secの範囲で，試行毎に変化させた。各条件で2ブロック（1ブロック20試行）を実施した。

記　録　　国際式10／20法に基づき，EEGをFz，Cz，Pzから，左眼の上縁に置いた電極からのEOGと同時に，両耳朶連結を基準にして，Beckman社製の銀－塩化銀電極を用いて（電極間抵抗5KΩ以下）増幅記録した（時定数4.5sec，高域遮断周波数30Hz）。

処　理　　それぞれの被験者について，EOGの電位が±100μVを越えた試行，および尚早反応と反応時間が600msec以上となった試行，MT条件の場合の記憶課題を誤った試行を除いて，脳波を条件と記録電極別に加算平均した。その際，S₁前400msec間の平均電位を基準とした。得られた160本のERP波形のデータ（2条件×3部位×16被験者）の，S₁の開始からS₂後400msecまでの期間（40msec毎の60ポイント）に対して，分散共分散行列に

よる主成分分析（PCA）を施した（Donchin and Heffley, 1978; 投石ら, 1984）。さらに，引き出された主成分を直交回転（Varimax Rotation）して，成分負荷量を求め，標準化した成分得点（MEAN＝0，SD＝±1.0）を算出した。各主成分のERP成分としての同定には，その主成分の成分負荷量がそのERP成分の出現潜時帯に時間的に対応した推移を示すこと，および，その成分得点がそのERP成分の頭皮上電位分布に一致した変化を示すことを根拠とした。

各主成分の成分得点の値に対して繰り返し測度の2元配置分散分析を施した。繰り返し測

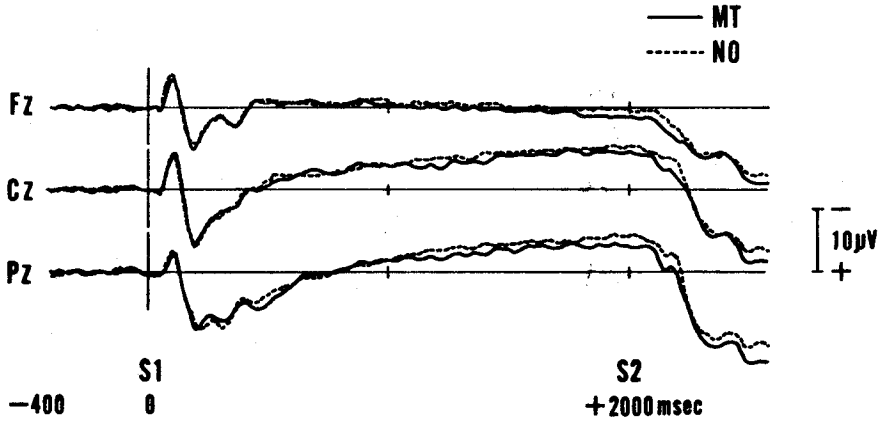

Fig. 2 Grand mean CNV waveforms (n=16) with memory preload task (MT) and without other task (NO), in Experiment 1.

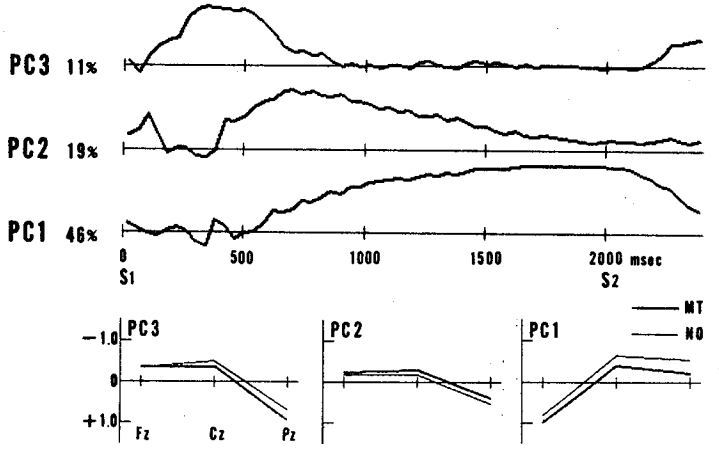

Fig. 3 Results of PCA performed on the CNV data in Experiment 1. Top: Component loadings of first three principal components (PCs). Bottom: Mean component scores of the PCs.

度の分散分析では母集団の分散および共分散の同質性を仮定しているために，もしもこの仮定が侵されるとType 1 エラーを生じるので，Jennings and Wood（1976）の注意に従って自由度を1／(N－1）に減じて，そのF値を評定した。

◦結　果

MT条件とNO条件には，反応時間（MT条件で240msec，NO条件で241msec）にも，得られた波形（Fig. 2）にもほとんど差が認められなかった。この波形データに対するPCAの結果，P300（PC 3），初期CNV（PC 2），後期CNV（PC 1）と同定される3主成分を認めることができた（Fig. 3）。それらの成分得点のいずれにおいても，記録部位の主効果は有意であった（それぞれ，$F_{1,10}=43.40$，$p<0.001$; $F_{1,10}=13.73$，$p<0.005$; $F_{1,10}=66.27$，$p<0.001$）が，条件の主効果は有意ではなかった（それぞれ，$F<1.0$; $F<1.0$; $F_{1,10}=1.71$，$p<0.2$）。

◦考　察

以上のように，実験Ⅰでは，Tecce and Scheff（1969）の結果に反して，反応時間にも，CNVの両成分にも注意散逸の効果を認めることができなかった。それについては，以下の点が原因と考えれる。MT条件では記憶項目の呈示時間が比較的長かったので，被験者はその記憶項目の情報をリハーサルによって長期記憶に転送することができたと思われる。もし，長期記憶で記憶項目を保持していたとすれば，（長期記憶での記憶には注意を必要としないので）注意散逸の効果がみられなかった結果は当然のことといえる。この解釈が正しいとすれば，記憶項目の呈示時間とそれからS_1呈示までの間隔を短くすると，注意散逸の効果が得られると予測される。すなわち，そのようにすると，リハーサルを行なう時間がなくなるので，被験者は，その記憶項目を作業記憶（短期記憶）によって保持しなければならなくなるであろう。作業記憶内での記憶保持の場合には注意資源が必要となるので（Baddeley and Hitch, 1974），このようにすると注意散逸の効果が得られるであろう。

〔実験Ⅱ〕

◦方　法

被験者　　実験Ⅰとは別の大学生（全員右手利き）11人を対象とした。

手続き　　実験Ⅰに比較して，記憶項目の呈示時間を0.8secにし，その直後に記号4個（例えば，「＄％＃＊」）をランダムに並べたマスキング（MASK）刺激を0.2sec間呈示し，S_1呈示までの間隔を0.6～2.6secとするように変更した（Fig. 4）。また，S_1は純音だけとし，S_2の開始時に“000”の数字を呈示した。各条件で2ブロックずつ行った。

◦結　果

まず，反応時間については，NO条件（248msec）よりもMT条件（278msec）の方が長く

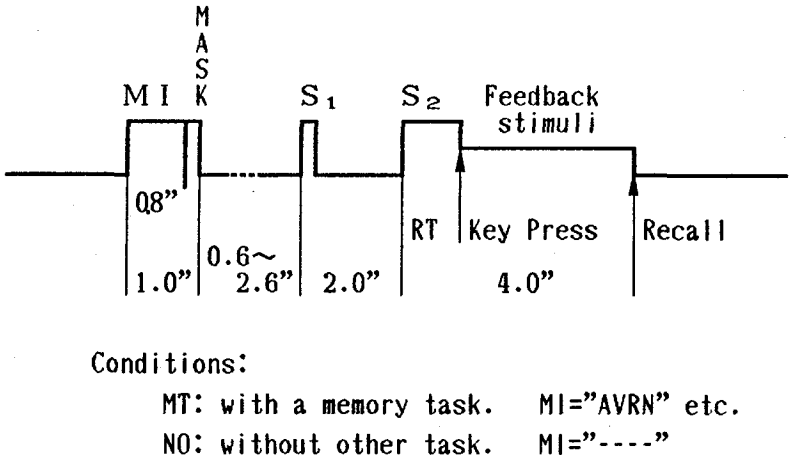

Fig. 4 A schematic representation of the trial and the conditions in Experiment 2.

なっており，注意散逸の効果が得られた（符号検定 $P=0.006$）。ERP 波形（Fig. 5）では，N100, P200の振幅には条件差はまったくみられないが，それ以後の部分には条件差が認められる。つまり，F_z, C_z記録ではS_1後約300msec から，P_zでは約1000msec から，MT 条件の方が NO 条件よりも持続的に CNV の振幅が大きい。

この波形データの PCA の結果にも実験 I 同様に，P300（PC 3），初期 CNV（PC 2），後期 CNV（PC 1）と同定される 3 主成分が認められた（Fig. 6）。それらの主成分の成分得点のいずれにも記録部位の主効果が得られた（それぞれ，$F_{1,10}=25.09$, $P<0.001$; $F_{1,10}=15.63$, $P<0.005$; $F_{1,10}=24.96$, $P<0.001$）。条件間の差に関しては，PC 1 には有意差が得られた（$F_{1,10}=7.46$, $P<0.05$）が，PC 3 と PC 2 には認められなかった（$F=1.34$ と $F<1.0$）。

実験 I と II で得られた後期 CNV の大きさ（S_2前400msec 間のC_z記録の平均電位）を比較してみると，実験 I の NO 条件で $-6.3\,\mu V$, MI 条件で $-5.7\,\mu V$, 実験 II の NO 条件で $-7.1\,\mu V$となり，以上の 3 条件でその大きさはほぼ等しく，実験 II の MI 条件（$-11.3\,\mu V$）だけが高振幅であった。

◦考　察

実験 I と実験 II の反応時間の結果を合せてみると，記憶項目の長期記憶での保持が可能であると推測された場合には条件差がなく，作業記憶での保持が必要であると推測された場合には注意散逸の効果が認められたといえる。この結果は，作業記憶仮説（Baddeley and Hitch, 1974 ; 小谷津, 1982），すなわち，短期的な記憶のために用いられる作業記憶が単に記憶という能力だけでなく種々の目的に使用することのできる一般的な能力であり，問題解

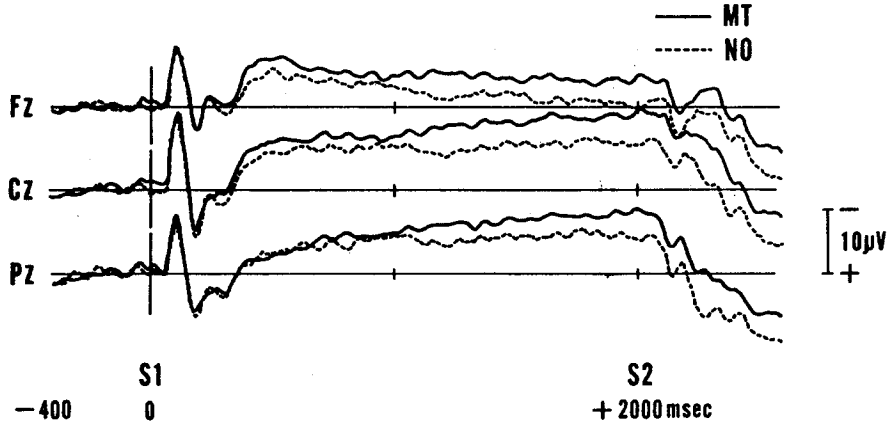

Fig. 5　Grand mean CNV waveforms (n=11) with memory preload task (MT) and without other task (NO), in Experiment 2.

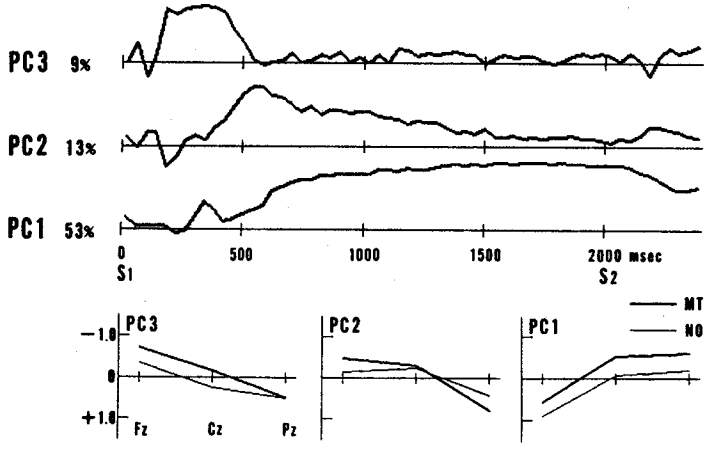

Fig. 6　Results of PCA performed on the CNV data in Experiment 2. Top: Component loadings of first three principal components (PCs). Bottom: Mean component scores of the PCs.

決や文章理解といった色々の心理的作業にも分配して使用されるという仮説とよく一致しているといえる。

実験ⅡのCNVの結果は，注意散逸の操作が後期CNVの振幅に影響を及ぼしたという意味で，運動準備説とは相容れないものとなった。しかし，注意説とも一致しないものであり，記憶負荷を与えた場合（MT条件）にその振幅が増大するという，注意説に基づく予測とまっ

たく逆の結果であった。しかし，最近Rockstrohらも，長いS_1-S_2間隔（6 sec）を用いてCNVに対する注意散逸の効果を検証し，本実験同様，後期CNVの振幅増大を報告している（Rockstroh, Elbert, Lutzenberger and Birbaumer, 1986）。

これ以上の考察は総合論議に譲り，実験Ⅲで，運動準備説のもう一つの側面である後期CNVと準備電位との同一性という面について検討する。準備電位に対する注意散逸操作に関する報告はまだないが，もしも準備電位が後期CNVと同じERP成分であるとすれば，その操作によって実験Ⅱ同様の振幅の増大が観察されると予測される。しかし，そうなった場合には，準備電位は単なる運動準備の過程を反映するERPであるという運動準備説の前提となった準備電位自身に関する解釈（Rohrbaugh and Gaillard, 1983）を修正する必要が生じるであろう。

〔実験Ⅲ〕

（運動反復のペースが被験者に任されている）準備電位の通常の測定方法（Kornhuber and Deecke, 1965）では，記憶課題を付加することができないので，本実験では，試行の開始の合図を与えて，その後で運動の開始を被験者に自由に決定させる自己開始法（self initiation; Libet, Wright and Gleason, 1982, 1983）によって，準備電位を測定した。また，このように運動の開始時間が被験者によって決定されるので，記憶課題の困難度を高めるために実験Ⅱで採用した方法（記憶項目の呈示時間等の短縮）を用いることができない。従って，今回は，記憶課題を負荷する試行と，負荷しない統制条件の試行とを同一ブロック内に配置して，その記憶課題が少しでも難しいものとなるようにした。

◦方　法

被験者　　14人の大学生（全員右手利き）を対象とした。

条　件　　記憶課題を負荷しない（NO）条件と，それを付加した2種類の記憶負荷条件（無関連課題〔UT〕条件と関連課題〔RT〕条件）とを設定した（Fig. 7）。RT条件では，記憶項目として身体部位の名称を憶えさせた。また，UT条件では野菜や果物の名称を憶えさせた。NO条件では，記憶項目のかわりに横棒を呈示した。なお，身体部位および野菜あるいは果物の名称を45個ずつ選定し，別の修飾語（身体部位の場合には，「右の」あるいは「左の」，野菜あるいは果物の場合には「小さい」，「赤い」等）を付けてそれらを2回ずつ使用した。そうすることで，すべての試行で異なる記憶項目を用いることができた。

手続き　　準備電位を惹起させるために，利き手（右手）の第1指を除いた4本の指を素早く屈曲させる運動を集中して行なうように，被験者に要求した。上記の記憶項目あるいは記号（Fig. 7のNO）を呈示し，その終了を合図にして，その後で被験者に自分の意志でその運動を行なわせた。その運動を筋電図（EMG）記録で確認し，その約3 sec後に記憶項目

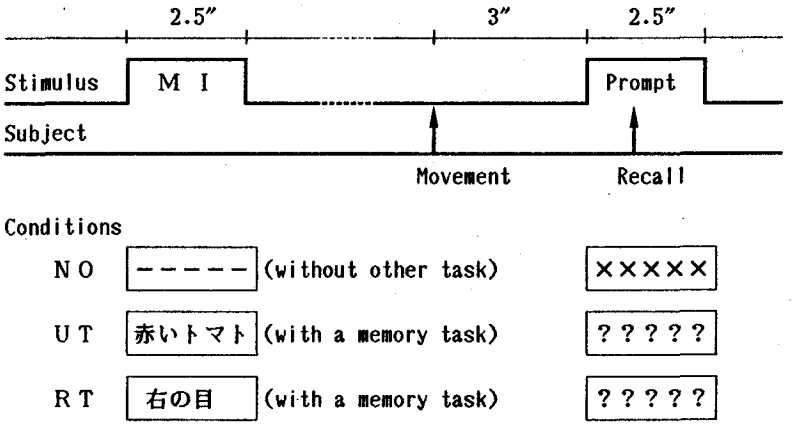

Fig. 7　A schematic representation of the trial and the conditions in Experiment 3. The memory items in UT condition were fruit or vegetable names, e. g., "red tomato", and those in RT condition were body parts, e. g., "right eye".

の再生を求める合図（Prompt）を呈示し，UTとRT条件の場合には記憶項目を口頭で報告させた。3種類の条件（各90試行）をランダム順に並べた27試行を1ブロックとして，1人の被験者に対して，計10ブロック行った。

記憶項目呈示終了後から約2secから約5secまでの間にその運動を開始するように，実験開始前に被験者に練習させた。そして，1sec以内あるいは6sec以上の運動が，1ブロック内に3回以上みられた時には，ブロック間の休憩中にもう少し早めに，あるいはもう少し遅く運動するよう被験者に指示した。

記　録　　F_z, C_z, P_zに加えて，左右の前中心部（C_3あるいはC_4の前方2cmの所のC_3'とC_4'）の5部位からEEGを記録した。また，浅指屈筋の直上の表皮に約3cmの間隔で置いた2個の電極からEMGを双極導出（時定数0.03sec，高域遮断周波数1KHz）した。

処　理　　EMGの立上がり時点で揃えて，EEGを加算平均したが，記憶項目の呈示の終了後1secから6sec以内の範囲にEMGの立上がりのある試行だけを分析の対象とした。その時点の決定方法は柴崎，Barrettと音成（1986）の方法に準拠した。導出したEMGを2msec毎にA／D変換して，コンピュータ（日本電気三栄7T17）に取り込み，その値を絶対値化して，5ポイント（10msec）毎に平均した後，その波形をコンピュータのディスプレイ上に表示して，実験者が判断してEMGの立上がり時点を決定した。

◦結　果

実験当初には予測しなかったことではあるが，（記憶項目の呈示終了後からEMGの立上がり時点までの）運動潜時に条件差が認められた。すなわち，NO条件（3332msec）よりも，

UT条件（3451msec）とRT条件（3479msec）で長く，その差は約100msec強と僅かなものであったが，統計的に有意であった（$F_{1,13}=4.75$，$P<0.05$）。この結果は，記憶負荷が自発的な運動の開始にも干渉を及ぼすことを示している。

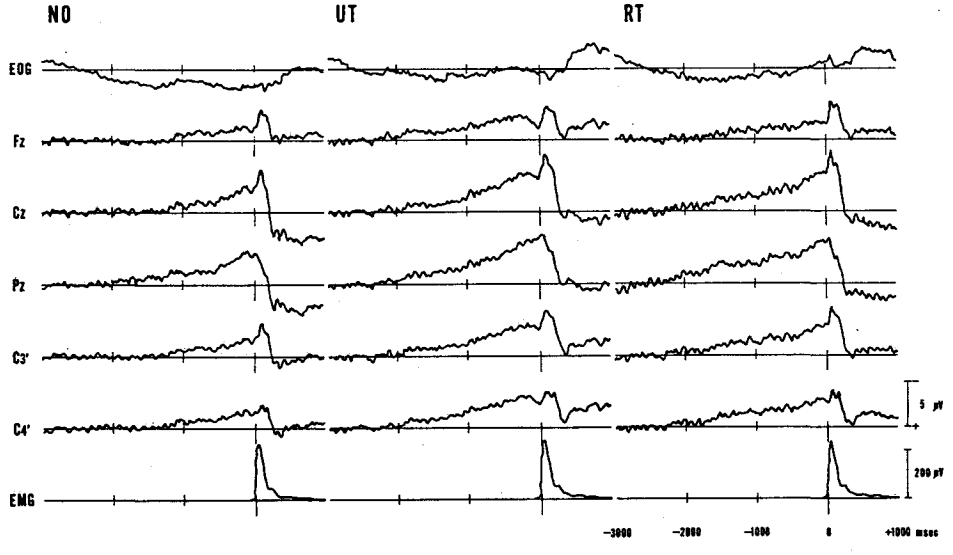

Fig. 8 Grand mean readiness potential waveforms (n=14) and EMG waveforms in the conditions without other task (NO) and with memory preload tasks (UT and RT), in Experiment 3.

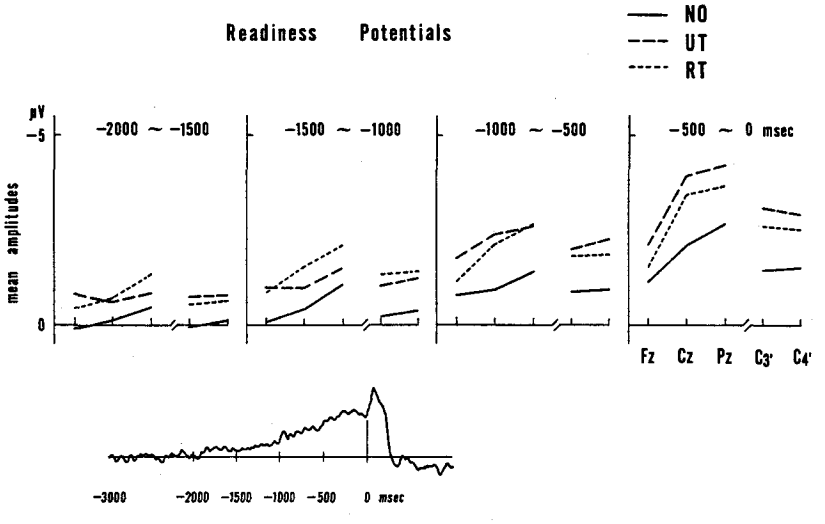

Fig. 9 Mean amplitudes of readiness potentials during four successive periods, which were related to the baseline from 3000 to 2000 msec before EMG onsets, in Experiment 3.

総加算平均波形（Fig. 8）をみると，運動前約2 sec前から運動開始時点に向って準備電位が立上がっているが，NO条件に比較して，UTおよびRT条件で振幅が大きく，立ち上がりの潜時が早かった。この準備電位の差を統計的に検討するために，運動前3000msecから2000msecの平均電位を基準にして，運動時点までの500msec毎の平均電位（Fig. 9）を求めた。その結果，条件による主効果が，運動前2000～1500msec（$F_{1,13}=3.68$，$P<0.2$）と1500～1000msec（$F_{1,13}=4.41$，$P<0.1$）の期間では僅かなところで有意には至らなかったが，運動前1000～500msec（$F_{1,13}=6.64$，$P<0.025$）と，500～0 msec（$F_{1,13}=5.48$，$P<0.05$）の両期間では有意となった。

上記で基準とした平均電位には，その加算区間からして一部に記憶項目呈示終了直後の電位が含まれている。それ故，上述の条件間の振幅差が，基準とした電位の相違によるものである可能性が指摘される。具体的に述べると，NO条件の記号の場合には大きなERP成分は生じないが，UTやRT条件の言語刺激の場合には高振幅で持続時間の長い後期陽性複合波が生じると予想され，そのために，基準とした電位がNO条件に比較して，UTやRT条件でより陽性となったので，UT，RTの両条件の準備電位が見掛け上大きく観察されたとの疑いが生じる。そこで，基準とした運動前3000msecから2000msecの平均電位を，記憶項目の呈示前500msecの平均電位を基準として比較したが，3条件間で差はなかった（C_z記録で，NO条件＋0.3 μV，UT条件＋0.9 μV，RT条件＋0.3 μV）。

準備電位以外の運動関連電位（Kornhuber and Deecke, 1965; Shibasaki, Barrett, Halliday and Halliday, 1980）について簡単に触れておくと，Fig. 8にみられるように，（波形の傾斜が運動開始の500msec位からC_zとP_z記録でやや急峻となっている部分である）NS′や，（運動直後のF_zとC_zおよび，C_3'とC_4'の差として認められる）MP（運動電位）は，すべての条件に出現しており，それらには明確な条件差は認められなかった。また，EMG（Fig. 8の最下段）はその開始時点で鋭く立上がっており，その振幅，立ち上がりのスピード，持続時間等に条件差はみられない。

◦考　察

準備電位に関しても，記憶負荷を付加した場合（UTとRT条件）に，その振幅が増大するという後期CNVと同様の結果が得られた。この結果は，後期CNVと準備電位との類似性を示唆するものではあるが，注意散逸の操作がその振幅に影響を及ぼしたという意味で，準備電位は単なる運動準備の過程に対応するERPであるという運動準備説の前提と矛盾するものであった。

〔総合論議〕

以上の結果をまとめてみると，行動的測度（反応時間あるいは自発運動の潜時）に注意散

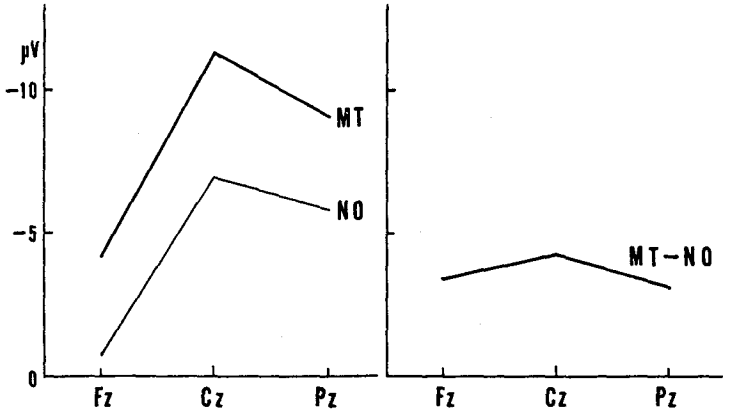

Fig.10 Mean amplitudes of the period from 400msec to 0msec before S2 in Experiment 2. Right: Without-other-task condition (NO) and with-memory-preload-task condition (MT). Left: Mean amplitudes of the differences between these two conditions.

逸の効果がみられた場合には，S_2前あるいは運動前の陰性緩電位の振幅にも変化が観察された。しかし，その変化は，注意説による予測に反して，CNV 課題単独あるいは自発運動課題単独の条件よりも記憶負荷を付加した条件で高振幅となるというものであった。

まず，陰性電位のこの条件差に関して，それが単独課題時に出現していた後期 CNV あるいは準備電位の振幅が増大したことによるものであるのか，別の陰性電位が新たに出現したことによるものであるのかについて検討してみたい。実験Ⅱの総加算平均波形（Fig. 5）をみると，NO 条件から MT 条件への陰性電位の増加は，NO 条件で後期 CNV のほとんど出現していないF_z記録においても他の記録とほとんど同程度みられる。つまり，S_2前の平均電位（Fig. 10 の左）は，両条件共に明確にC_z優位である（記録部位の主効果，$F_{1,10}=17.48$, $p<0.005$）のに対して，NO，MT 両条件の差（Fig. 10 の右）は全部位でほぼ同じ大きさである（$F<1.0$）。双極子－容積導体モデルに従うと，（ひとつの発生源で生じた）ある脳電位の強度が増加した場合には，頭皮上記録では増加前の振幅に比例して増加する。すなわち，元の振幅が大きかった部位ほど大きな増加を示すと予想される（McCarthy and Woods, 1984）。上述の条件間の差は，この予想に反するものである。それ故，この条件差は MT 条件において後期 CNV とは別の陰性電位が生起したことによるものであると解釈される。また，このように統計的に確認することはできなかったが，実験Ⅲの場合にも同様の傾向が認められた（実験ⅢのFig. 8 とFig. 9）。すなわち，（NS′等の準備電位以外の運動関連電位が重畳している）運動前500～0 msec の区間を除いたそれより前の 3 区間では，どの条件においてもその区間平均電位に部位差がみられるが，統制（NO）条件と記憶負荷条件（UT と

RT条件）との条件差は，記録部位によらずほぼ同じ大きさである。以上のことから，記憶負荷条件に観察された陰性電位の増大は，元の後期CNVや準備電位が増大したのではなく，前頭部から頭頂部に広く分布する新たな陰性電位の出現による可能性が高いといえる。

Tecce and Scheff（1969）やMcCallum and Walter（1968）の注意散逸の考え方は，日常経験に基づいた素朴なものであったが，本論文では人間の情報処理のシステムについての代表的な心理学モデルである処理資源（注意）の配分仮説（allocation of processing resource）（Baddeley and Hitch, 1974; Kahneman, 1973; Navon and Gopher, 1979）に従って考察を進めてみたい。その仮説では，情報処理作業の内の（よく習熟されて自動的に行なえる作業－例えば，自分の名前の聞きとり－でない）未習熟のあるいは困難な作業の遂行には，意識的な制御が必要であり処理資源の使用が不可欠であると仮定している。さらに，その処理資源にはある一定の容量限界（limited capacity）が存在する，つまり有限なものであると仮定している。それ故，複数の課題を並行して遂行しなければならない場合には，その処理資源は両課題に配分して使用されると考えられている。例えば，この仮説を支持するものとして，Baddeley and Hitch（1974）は，言語的推理，言語理解，系列位置学習等の成績が記憶課題を付加することによって低下する事実を報告している。その内の言語的推理の実験について簡単に述べると（S_1－S_2－ボタン押し課題のかわりに，言語的推理の課題が挿入されたものであり，本質的には本実験と同じ方法である），0個，1個，2個，または6個の数字ないし文字を被験者に記銘させた後で，“A is not preceded by B.”のようなAとBの順序を示す文を与えて，A・Bどちらが先行しているのかを被験者に推理させた。その結果，6個の項目を憶えさせた条件でのみ正答率が低下し，反応時間が延長した。この事実を上記の処理資源説に当てはめると，記憶負荷の大きな条件では，記憶項目の保持のために多くの処理資源が消費されるので，言語的推理課題の遂行に必要な処理資源が確保できなくなり，そのためにその成績が低下したと解釈できる。

実験にもどって考えてみると，（実験Ⅱの予期的注意という課題と，実験Ⅲの自発運動を開始するという課題に対して，記憶負荷が妨害効果を及ぼすことを示した）本結果は，それらの課題と言語記憶課題との間に共通する作業要素（上述のBaddeley and Hitchの例では文字(数字)の記憶・認識という共通の要素が存在している）がないので，処理資源配分モデルの中の処理資源は種々の異なった作業に使用可能であるという仮定の正しさを証明するものといえる。また，この結果から，予期的注意という課題も，自発運動の開始という課題も注意資源の配分が必要な作業であるということができる。

しかしながら，本実験のERPの結果は上の結論と矛盾するものであった。すなわち，後期CNV／準備電位が注意処理資源の使用を反映するものであるならば，行動的測度からいっ

て資源の配分が減少したと推測できる記憶負荷条件の場合には，その振幅の減少がみられるはずである。しかし，実際にはその場合に頭皮上広範に分布する新たな陰性電位の重畳が観察された。この電位については，今のところ，以下のような解釈がもっとも妥当であると考えられる。上述の心理学的仮説では，別の課題が付加されて注意処理資源の配分が必要になった場合には，それは静的に分割配分されると仮説している。しかしながら，(陰性電位が，使用されている注意処理資源の量を反映するものであるとの仮定がなお許されるとすれば)，脳のシステムとしては，別の課題が付加された場合には，むしろ今まで使われていなかった(あるいは通常の場合には使わないような)処理資源をも動員して，単独課題時以上の処理資源を投入して，その課題を遂行すると考えざるを得ないと思われる。そして，この仮定は，静的な配分を仮定した従来の処理資源配分モデルよりも，動的な相互作用を仮定している点で，脳を相互作用に基づく並列情報処理システムとして捉える脳モデル（甘利，1982; Bindra, 1976）により合致しているように思われる。しかしながら，この仮説は，処理資源配分モデルの基本的部分を否定するものとなるので，今後このような事態での ERP についての知見を蓄積し，さらに検討していくことが望まれる。ここでは，そのような働きをもつシステムが脳内に存在する可能性があるのかどうかについて，以下で予備的な考察をするに止める。

Desmedt, Debecker and Robertson（1979, pp74-76）は，次のような神経生理学的な知見に基づいて，CNV および緩電位変動の基盤となっている神経メカニズムに関する仮説を提唱している。先ず一般に，S_1-S_2期間中に脳深部の電位を記録すると，視床や中脳でも直流電位が記録できることから（McCallum, Papakostopolous, Gombi, Winter, Cooper and Griffith, 1973; Rebert, 1977），CNV および緩電位変動の基盤となる神経メカニズムに大脳深部の構造が関与していると推定される。そして，中脳網様体（MRF）の電気刺激によって大脳皮質に陰性変動を生じる（Moruzzi, 1972; Skinner and Yingling, 1977）ことから，MRF が大脳皮質の興奮性を制御していると考えられている。さらに，前頭前顆粒細胞皮質(prefrontal granular cortex）が MRF に対して遠心性の結合をもっていることから，MRF の大脳皮質に対するこの影響の水準は，前頭前顆粒細胞皮質から MRF への抑制的入力によってフィードバック的に調整されていると考えられる。すなわち，頭皮上で記録される緩電位変動および CNV 自身は大脳皮質で発生する電位であるとしても，それは MRF によって制御され，さらにその MRF の活動は前頭前皮質によって抑制的に制御されていると考えることができる。そして，Desmedt らは以上の知見に，前頭前皮質についての神経心理学的な知見【前頭葉の損傷が覚醒水準の制御と，無関連刺激への定位反応の抑制とを障害すること(Luria and Homskaya, 1970)。前頭葉損傷患者が断片的認識をして，それに基づく反射的行動を起こし，全体像の正確な判断ができないこと（Luria, 1973)。前頭葉の損傷によって，

知的能力はあまりおかされないが，自発性，目的に向って努力すること，集中力および批判力が強く傷害されることが臨床所見として一般に知られていること】を併せて，前頭前皮質は，ビジランスと一般的な注意水準の維持や，時間軸上における注意資源の配分を最適に調整するために，MRF の制御を通して，大脳皮質の緩電位変動と CNV を制御していると仮定している。

以上の Desmedt らの仮定を基盤にして，本実験で得られた電位変化について考察すると以下のように考えることができる。すなわち，付加課題が加えられた場合には，前頭前皮質が，単独課題時に比較して（あるいは通常の範囲を越えて）MRF への抑制入力を弱めて，MRF から大脳皮質全体へ及ぼされる興奮性を高めることによって，脳内で同時並行的に行なわれている（作業記憶内での情報の保持という）作業に抗して行なわれる，その時点で特に優先される作業（時間的予期や自発運動の開始）の遂行を支援するように働いており，その高められた興奮性を反映するものとして頭皮上広範に分布する陰性電位が記録されたと解釈できる。

最後に，Tecce and Scheff（1969）や McCallum and Walter（1968）の実験結果との不一致については，S_1-S_2間隔と，付加課題を与えた時期の差が潜在的な要因として考えられる。S_1-S_2間隔に関しては，本実験では CNV を下位成分に分離するために 2 sec の間隔を用いたが，彼らの実験のように 1 sec とした場合に注意散逸の効果がどうなるのかを調べてみる必要があろう。もしも，そうすることでその CNV 振幅に彼らと同じ効果が得られるとすれば，S_1-S_2間隔によって，初期 CNV と後期 CNV の重畳の具合が異なるというだけでなく，CNV のもつ意味自体が変化することを考えなければならないであろう。後者に関していうと，本実験の場合には，S_1-S_2－ボタン押しの課題とは時間的に完全に分離して，付加課題の記憶項目を呈示しその再生を求めた。一方，Tecce and Scheffの実験ではボタン押しの比較的直後に記憶項目の再生を求めていたと推測される。この差が問題であるのかもしれない。すなわち，本実験の結果は，S_1-S_2中に記憶項目を保持しておく必要はあったが，その間にはそれを操作（記銘および検出，再生）する必要がなかったことによるものであるのかもしれない。つまり，作業記憶に貯蔵してある記憶情報を CNV 課題と並行して検索しなければならない場合に，CNV 振幅に対して Tecce and Scheff のような注意散逸効果が得られるのかもしれない。

引 用 文 献

甘利俊一 1982 神経回路網の数理モデル 岩波講座 情報科学 24巻 pp. 43-103.

Baddeley, A. D. and Hitch, G. 1974 Working memory. In G. H. Bower (Ed). *The Psychology of Learning and Motivation,* Vol. 8, Academic Press, pp. 47-90.

Bindra, D. 1976 A theory of intelligent behavior. John Wiley and Sons, New York. 富田達彦訳 知的行動の脳モデル 誠心書房 1980, pp. 24-55.

Desmedt, J. E., Debecker, J. and Robertson, D. 1979 Serial perceptual processing and neural basis of changes in event-related potentials components and slow potential shifts. In J. E. Desmedt (Ed.), Cognitive components in cerebral event-related potentials and selective attention. *Progress in Clinical Neurophysiology,* Vol. 6, Karger, Basel, pp. 53-79.

Donchin, E. and Heffley, E. F. 1978 Multivariate analysis of ERP data: a tutorial review. In D. A. Otto (Ed.), Multidisciplinary perspectives in event-related brain potential research. U. S. Goverment Printing Office, Washington D. C., U. S. A., pp. 555-572.

Jennings, J. R. and Wood, C. C. 1976 The ε-adjustment procedure for repeated-measures analyses of variance. *Psychophysiology,* 13, 277-278.

Kahneman, D. 1973 Attention and effort. Prentice-Hall, Englewood Cliffs, N. J.

Kornhuber, H. H. and Deecke, L. 1965 Hirnpotential anderungen bei Willkurbewegungen und passiven Bewegungen des Menschen. Bereitschaftpotential und reafferente Potentiale. *Pflugers Archiv fur die Gesamte Physiologe,* 284, 1-17.

小谷津孝明 1982 作業記憶 小谷津孝明編 現代基礎心理学第4巻 東大出版会, 89-106.

Libet, B., Wright, E. W., Jr. and Gleason, C. A. 1982 Readiness-potentials preceding unrestricted 'spontaneous' vs. pre-planned voluntary acts. *Electroencephalography and Clinical Neurophysiology,* 54, 322-335.

Libet, B., Wright, E. W., Jr. and Gleason, C. A. 1983 Preparation-or intention-to-act, in relation to pre-event potentials recorded at the vertex. *Electroencephalography and Clinical Neurophysiology,* 56, 367-372.

Luria, A. R. 1973 The working brain: An introduction to neuropsychology. Penguin Books, New York.

Luria, A. R. and Homskaya, E.D. 1970 Frontal lobes and the reguration of arousal processes. In D. I. Mostofsky (Ed.), Attention: Contemporary theory and analysis. Appleton Century Crofts, New York, pp. 303-330.

McCallum, W. C. 1979 Cognitive aspects of slow potential changes. In J. E. Desmedt (Ed.) Cognitive components in cereberal eventrelaed potentials and selective attention. *Progress in Clinical Neurophysiology.* Vol. 6. Karger, Basel, pp. 151-171.

McCallum, W. C. and Walter, W. G. 1968 The effect of attention and distraction on the contingent negative variation in normal and neurotic subjects. *Electroencephalography and Clinical Neurophysiology,* 25, 319-329.

McCarthy, G. and Donchin, E. 1978 Brain potentials associated with structural and functional visual matching. *Neuropsychologia*, 16, 571-585.

McCallum, W. C., Papakostopolous, D., Gombi, R., Winter, A. L., Cooper, R. and Griffith, H.B. 1973 Event-related slow potential changes in human brain stem. *Nature*, 242, 466-467.

McCarthy, G. and 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.

Moruzzi, G. 1972 The sleep waking cycle. *Ergebn. Physiology*, 84, 1-165.

投石保広，志村剛，下河内稔　1984　CNV（随伴陰性変動）の成分同定　大阪大学人間科学部紀要，第10巻　226-243.

Nageishi, Y. and Shimokochi, M. 1983 Contingent negative variation related to attention given an informative stimulus and to the preparation for a motor-response. *Japanese Journal of Physiological Psychology and Psychophysiology*, 1, 1-10.

Navon, D. and Gopher, D. 1979 On the economy of the human processing system. *Psychological Review*, 86, 214-255.

Papakostopolous, A. C. 1988 The CNV potentials and adaptive preparatory behaviour. In I. E. Basar (Ed.), Springer series in brain dynamics, Springer-Verlag, Berlin Heidelberg. pp. 287-295.

Rebert, C. S. 1977 Intracerebral slow potentials changes in monkeys during the foreperiod of reaction time. In J. E. Desmedt (Ed.), Attention, voluntary contraction and event-related cerebral potentials. *Progress in Clinical Neurophysiology*, Vol. 1. Karger, Basel, pp. 242-253.

Ritter, W., Kelso, S., Kutas, M. and Shiffrin, R. 1984 Report panel III: Preparatory processes. In S. Kornblum and J. Requin (Eds.), Preparation states snd processes. Erlbaum Press, Englewood Cliffs, NJ, pp. 179-219.

Rockstroh, E., Elbert, T., Lutzenberger, W. and Birbaumer, N. 1986 The CNV distraction effect in long anticipation intervals. In W. C. McCallum, R. Zappoli and F. Denoth (Eds.) Cerebral psychophysiology: Studies in event-related potentials (EEG Suppl. 38). Elsevier Science Publishers B.V., Amsterdam, The Netherlands, pp. 265-266.

Rohrbaugh, J. W. and Gaillard, A. W. K. 1983 Sensory and motor aspects of the contingent negative variation. In A. W. K. Gaillard and W. Ritter (Eds.) Tutorials in event related potential research: Endogenous components. Amsterdam, North-Holland, pp. 269-310.

Rohrbaugh, J. W., Syndulko, K. and Lindsley, D. B. 1976 Brain wave components of the contingent negative variation in humans. *Science*, 191, 1055-1057.

Rohrbaugh, J. W., Syndulko, K., Sanquist, T. F. and Lindsley, D. B. 1980 Synthesis of the contingent negative variation brain potential from noncontingent stimulus and motor elements. *Science*, 208, 1165-1168.

Sanquist, T. F., Beatty, J. T. and Lindsley, D. B. 1981 Slow potential shifts of human brain during forewarned reaction. *Electroencephalography and Clinical Neurophysiology*, 51, 639-649.

Shibasaki, H. Barrett, G. Halliday, E. and Halliday, A. M. 1980 Components of the movement-related cortical potential and their scalp topography. *Electroencephalography and Clinical Neuro physiology*, 49, 213-226.

柴崎浩, Barrett, Geoff, 音成龍司 1986 運動前陰性電位の構成成分と発生源脳波と筋電図, 14, 47.

Skinner, J. E. and Yingling, C. D. 1977 Central gating mechanisms that regulate event-related potentials and behavior. A neural model of attention. In J. E. Desmedt (Ed.), Attention, voluntary contraction and event-related cerebral potentials. *Progress in Clinical Neurophysiology*, Vol. 1. Karger, Basel, pp. 28-68.

Tecce, J. J. 1972 Contingent negative variation (CNV) and psychological processes in man. *Psychological Bulletin*, 77, 73-108.

Tecce J. J. and Scheff N. M. 1969 Attention reduction and suppressed direct-current potentials in the human brain. *Science*, 164, 331-333.

Walter, W. G., Cooper, R., Aldridge, V. J., McCallum, W. C. and Winter, A. L. 1964 Contingent negative variaion: An electric sign of sensori-motor association and expectancy in the human brain. *Nature*, 203, 380-384.

Distraction Effect on Negative Slow Potentials (Late CNV and Readiness Potential) in a Dual-task Situation.

Yasuhiro Nageishi

Distraction treatment has been reported to increase reaction times (RTs) and suppress CNV (contingent negative variation) amplitudes. These results are considered support for the attention hypothesis which assumes that CNV reflects the attentional process to the S2. We examined the distraction effect on a late CNV component and readiness potential using a version of the memory preload technique in which subjects were given four alphabetical characters to remember.

In experiment 1, the subjects were required to perform a 2-sec S1-S2 key-press task. In the memory preload condition, memory items were presented for a period of 2 sec and from 2 to 5 sec before the S1 onsets. Neither an increase of RTs nor decreases of late CNV amplitudes were found. The absence of the distraction effects was attributable to long duration of memory item presentations because long presentations allowed the subjects to store the items in their long-term memories. Consequently, we conducted an experiment with a short period of memory item presentation. In experiment 2, the items were presented for a period of 0.8 sec, and the interval between their offsets and the S1 onsets made short (0.6-2.6 sec). This distraction treatment affected the late-CNV amplitudes and RTs. The RTs in the memory preload condition were longer than those in the no-preload condition. The late CNV amplitudes, however, were larger in the preload condition, which was opposite to the prediction from the attention hypothesis. In experiment 3, the readiness potential was examined in order to check this result. Like the late CNV amplitudes, the readiness potential amplitudes were enhanced by distraction treatment.

We suggest that these increased negativities indicate over-activation of the cortical system controlled by the prefrontal cortex-mesencephalic reticular formation system (Desmedt et al. 1979), when coping with the concurrent cerebral activity for storing memory items.