HOKKAIDO UNIVERSITY

Title	視知覚と視覚誘発電位（II）：視覚情報の時間的統合
Author(s)	諸冨, 隆
Citation	北海道大學教育學部紀要, 67, 195-217
Issue Date	1995-03
Doc URL	https://hdl.handle.net/2115/29472
Type	departmental bulletin paper
File Information	67_P195-217.pdf

Hokkaido University Collection of Scholarly and Academic Papers : HUSCAP

視知覚と視覚誘発電位（II）：視覚情報の時間的統合

諸冨　隆

Visual Perception and Visual Evoked Potentials II: Temporal Integration of Visual Information

Takashi MOROTOMI

本論文は，北島先生の要請に応えて狩野陽教授退官記念論文集に掲載した論文「視知覚と視覚誘発電位（I）(1992)」の継続である．前論文においては，明るさの知覚，パターン知覚，奥行き知覚等，主に視知覚における基礎的過程と視覚誘発電位との間の関係を追求した研究の概観を行った．本論文と次論文において，視知覚の時空間情報の統合の問題を取り扱った視覚誘発電位研究について概観する．具体的には，視知覚における時間的統合と妨害（視覚マスキング）を対象とした視覚誘発電位研究，および，視覚情報の空間的変位の時間的統合としての運動の知覚と視覚誘発電位との間の関係を追究した研究についてである．

本論文と次論文の目次は，以下の通りである．

6章　視覚情報の時間的統合と視覚誘発電位（本論文）
1節　パターン刺激の継時提示に対する視覚誘発電位
2節　形態の時間的統合と視覚誘発電位
7章　視覚マスキングと視覚誘発電位
1節　閃光（フラッシュ）によるマスキングと視覚誘発電位
2節　メタコントラストと視覚誘発電位
3節　パターンによるマスキングと視覚誘発電位
4節　Jerk effect と視覚誘発電位
8章　運動の知覚と視覚誘発電位
1節　実際運動と視覚誘発電位
2節　仮現運動と視覚誘発電位
3節　パターン反転（置換）と視覚誘発電位

6章　視覚情報の時間的統合と視覚誘発電位

エネルギーの等しい2つの視覚刺激が適切な時間間隔で継時的に提示されると，それらの視覚刺激は統合されて1つの見えが生じる．この視覚的統合（visual integration）は，一般的に言えば，視覚系における時間的分解能の限界と相関している．視覚系における時間的分解能についての研究は，主にフリッカー光の明暗や色相の交替頻度を変数として，ちらつきの臨界融合頻度[critical fusion(flicker) frequency, CFF]や色相が融合し混色が生じる臨界色融合頻度（critical color fusion frequency, CCFF）を種々の刺激条件（フリッカー光の輝度，大きさ，波長，空間周波数，網膜の照射部位等）において測定することによって行われてきた．このフリッカー光と視覚誘発電位との間の関係については，前論文の定常視覚誘発電位の章で一部概観したので，本章では述べない．また，Bloch の法則に基づく視覚持続刺激の時間的加重(temporal summation)

も視覚的統合と強い関係を持つが，明るさやコントラストの時間的加重と視覚誘発電位との間の関係については，前論文の第3章および第4章で取り上げたので，フリッカー光の場合と同様に本章では触れないことにする．本章では，視覚的統合の中でもパターンの時間的統合と視覚誘発電位との間の関係を追求した研究の概観を行うことにする．

パターンの時間的統合についての視覚誘発電位による研究の第1は，短い時間間隔で継時的に提示されるパターン刺激に対するパターン出現視覚誘発電位のC1・C2成分の時間的分解能について追求した研究である（Musselwhite & Jeffreys, 1983；諸冨, 1983；Morotomi, 1983）．第2は，視覚刺激の物理的持続時間を越えて視覚刺激消失後も見えが一定程度持続する現象である視覚的持続［visual persistence, Coltheart（1980）による visible persistence］を形態の時間的統合の基礎過程として捉え，形態の時間的統合時間と視覚誘発電位との関係を追求した研究である（諸冨・菅原・狩野・北島・古塚・室橋, 1978[a,b], 1979）．以下，これらの実験的研究について詳しく見ていくことにしよう．

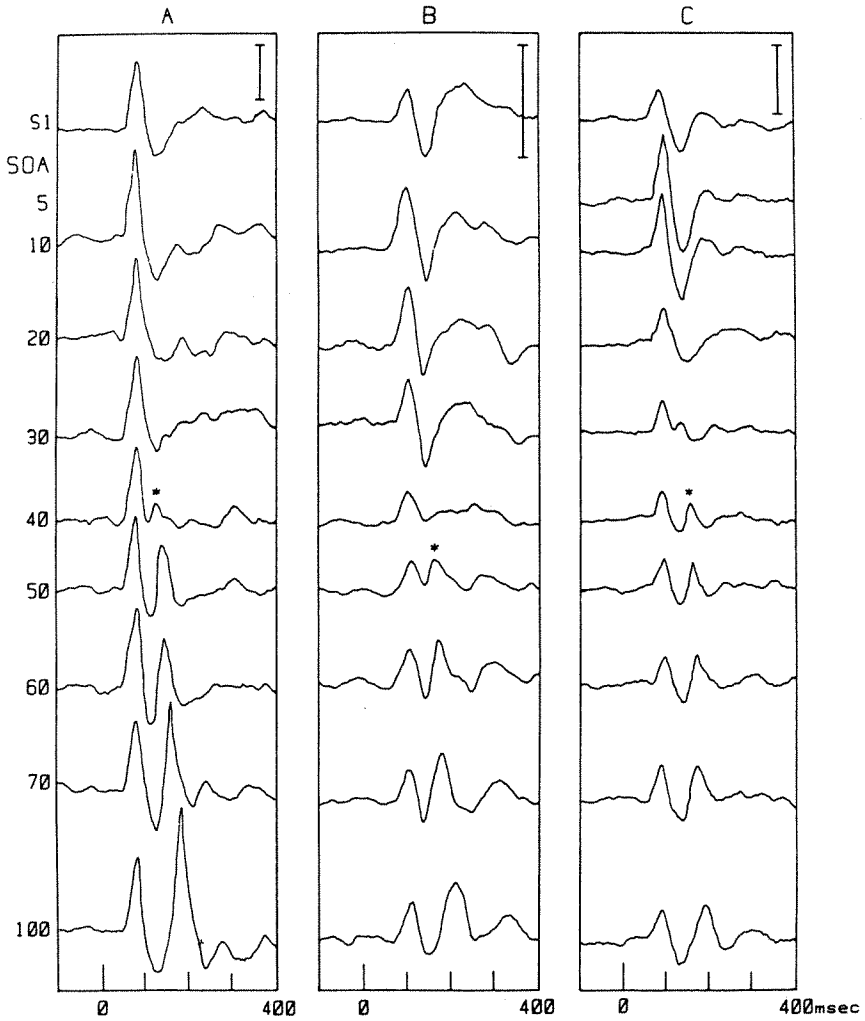
1節　パターン刺激の継時提示に対する視覚誘発電位

人の視覚系における時間的統合と分解の特性に関する研究は，網膜の限定された領域に短い時間間隔で継時的に提示されるフラッシュ光やパターン光に対する見えの主観的報告（増分閾の精神物理学的測定等）に基づいている（Ikeda, 1965；Rashbass, 1970；Boynton, 1972；Roufs, 1973；Watson & Nachmias, 1977）．諸冨（1983）と Morotomi（1983）および Musselwhite & Jeffreys (1983) は，主観的報告に代わって視覚系における時間的統合と分解の過程の分析に初めて視覚誘発電位を導入し，精神物理学的事実を視覚誘発電位レベルにおいて実証するとともに，精神物理学的研究において問題を残していたパターンの時間的統合と分解が視覚系のどの段階で生じるかについての推論を進めている．

Musselwhite & Jeffreys (1983) は，継時的に提示されるドットパターン（視角度が16'のドットが規則的に配列さているパターン）のコントラスト極性が陽性と陰性［背景光に対してドットパターンが明るい場合が陽性（+ve），暗い場合が陰性（−ve)］の組合わせを4対（+ve/+ve, −ve/−ve, +ve/−ve, −ve/+ve）作り，それらの対刺激を左右どちらかの半側視野に5あるいは10 msec から 100 msec の刺激提示間間隔（stimulus onset asynchrony, SOA）で提示し，SOAに伴って推移するパターン出現視覚誘発電位のC1成分の振舞からパターンの時間的統合と分解の過程を分析している．

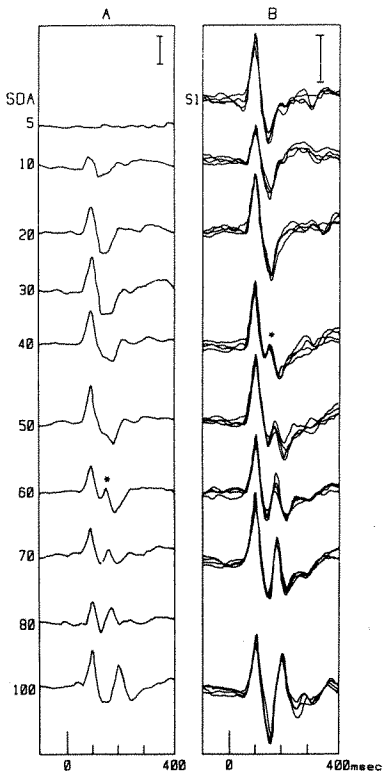
Musselwhite & Jeffreys (1983) がC1成分を分析指標として採用した理由の第1は，C1成分の発生源がその頭皮上分布から有線皮質（striate cortex, 17野）にあることが推測される（Jeffreys & Axford, 1972；Jeffreys, 1977）からであり，第2は，C1成分の場合，前論文で詳しく述べたように，適切な刺激提示位置と電極位置および導出法の選択によって，ほとんど単峰に近い形で導出することが可能であり（Jeffreys, 1980），パターン刺激の継時提示によって生起する視覚誘発電位波形間の重畳から生じる問題を最小にすることができるからである．

彼らが見出した結果の第1は，SOA値が40-50 msec で2つのドットパターンに対応するC1成分が明瞭に分離して出現するということである（図−6.1）．このSOA値は，2度提示のドットパターンが単独提示のドットパターンとして知覚されるSOAの臨界値と対応する．第2は，SOA値が10 msec 以下で提示される2つのドットパターンに対して単峰として出現するC1成分の振幅（peak amplitude）は，2つのドットパターンの持続時間が短く高輝度でコントラスト極性



図－6.1　＋ve/＋ve に対する視覚誘発電位．(A)パターンの持続時間，T：10 msec．輝度，L：500 cd/m², (B) T：10 msec, L：2.5 cd/m², (C) T：2.5 msec, L：500 cd/m². 星印は，S 2 へのC 1 成分の出現を示す．Cal：10 μV．上方への振れが陽性．被験者：MJM．(Musselwhite & Jeffreys, 1983)

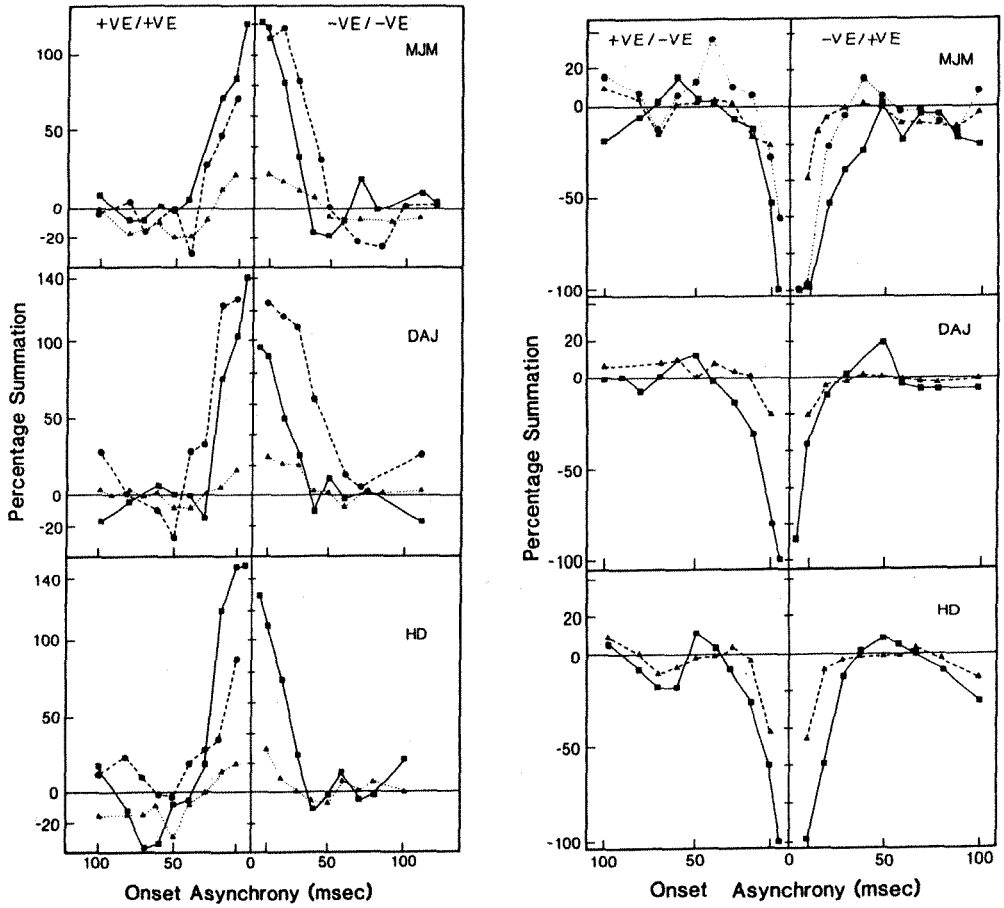
が同じ（＋ve/＋ve, －ve/－ve）場合，単独で提示される第1刺激のドットパターン（以下，S 1）によって誘導されるC 1 振幅の2倍以上の大きさであり，コントラスト極性が反対（＋ve/－ve, －ve/＋ve）の場合には，C 1 成分がほとんど生じないか，S 1 によって生起するC 1 振幅の半分以下である（図－6.1，図－6.2，図－6.3）．第3は，SOA 値が 20-30 msec においても，2つのドットパターンに対応するC 1 成分の分離は不分明で，C 1 成分は単峰として出現するが，その振幅は，S 1 単独提示のC 1 振幅への回復傾向を示す（図－6.1，図－6.2，図－6.3）．第4は，2つのドットパターンのコントラスト極性が反対の場合の方が，同じ場合に比較して，第2刺激のドッ



図－6.2 ＋ve/－veに対する視覚誘発電位.
(A)パターンの持続時間，T：2.5 msec. (B) T：10 msec. 両者の輝度(L)は，136 cd/m².
Cal：10 μV. 上方への振れが陽性. 被験者：HD. SOAが10 msec以下では，視覚誘発電位は全く出現しないか，単独提示の視覚誘発電位の半分以下である。(B)は4回分の視覚誘発電位の重ね書き. 視覚誘発電位波形が4回ともよく一致している.
(Musselwhite & Jeffreys, 1983)

トパターン（以下，S2）に対応するC1成分の出現は抑制され，SOA値は10-30 msec増大する（図－6.4）．第5は，従来の精神物理学的研究において継時的に提示される刺激のコントラスト極性が同じ場合に見出されるSOA値が40-70 msecで生じる加重の抑制(Ikeda, 1965)は，C1成分上においては出現しない（図－6.3）．

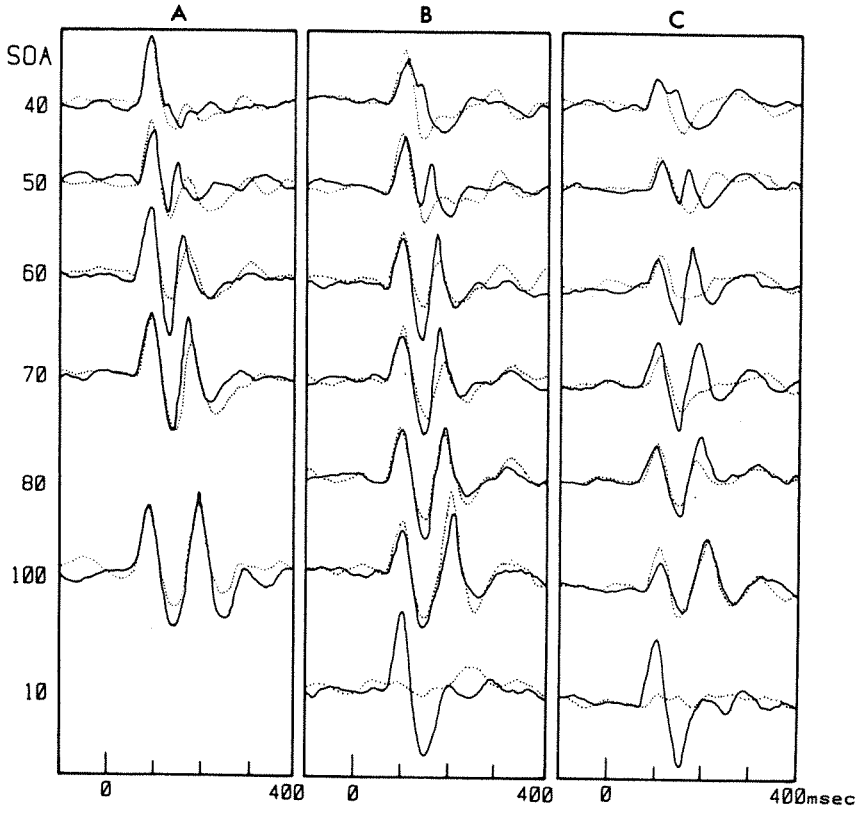
上述の諸結果に見られるSOAに伴うC1成分の単峰から双峰へ推移する時間的経過は，精神物理学的研究によって明らかにされた継時的に提示される2つのパルス光や格子縞パターンの位相間で生じる時間的加重の時間的経過とよく対応する（Ikeda, 1965；Kietzman & Sutton, 1968；Rashbass, 1970；Roufs, 1973；Watoson & Nachmias, 1977）．Musselwhite & Jeffreys (1983) が見出した事実の中で興味あることは，SOA値が10 msec以下で単峰として出現するC1振幅の著しい増強（＋ve/＋ve, －ve/－ve）と減衰（＋ve/－ve, －ve/＋ve），および30-40 msec以下で生じる部分的増強（＋ve/＋ve, －ve/－ve）と減衰（＋ve/－ve, －ve/＋ve）という事実である．これは，C1成分の発生源として推測されている有線皮質（17野）内の時間的相互作用の結果として説明することはできない．何故なら，論文に掲載されている波形を見る限り，コントラスト極性が陽性であれ陰性であれ，C1振幅の極性・頂潜時・振幅に変化はなく，有線皮質内の時間的相互作用によるC1振幅の増強の可能性はあるにしても，減衰の生じる可能性は全くないからである．上述の事実をもたらした原因が有線皮質に入力する以前の段階に存在するとするMusselwhite & Jeffreys (1983) の推論は妥当のように思われる．Ikeda (1965) は，陽性パルス光と陰性パルス光の組合わせによる対刺激によって，SOA値が20 msec以下で2つのパルス光は完全な加重を示し，30-40 msecでは部分的な加重が生じ，2つのパルス光のコントラスト極性が同じ場合は，SOA値が40-70 msecで加重の抑制が生じることを明瞭なデータで明らかにし，時間的加重の発生源が皮質段階ではなく末梢段階にあることを仮説している．SOAが40 msec以下で継時的に入力するドットパターンへのC1振幅の変化は，このIkeda (1965) の仮説に有利な証



図－6.3　左図はコントラスト極性が同じ刺激対（+ve/+ve, −ve/−ve）におけるS1へのC1振幅のSOAに伴う変化．右図はコントラスト極性が反対の刺激対（+ve/−ve, −ve/+ve）におけるS1へのC1振幅のSOAに伴う変化．両図ともS1単独提示の振幅を基準とし，S1とS2を継時的に対提示した場合のS1へのC1振幅のSOAに伴うパーセント変化をプロットしたものである．SOAが10 msec以下では，C1振幅の完全な統合を示し，SOAが30－40 msecでは部分的統合を示す．
左図の▲印は，T：10 msec，L：500 cd/m²，■印は，T：10 msec，L：2.5 cd/m²，●印は，T：2.5 msec，L：500 cd/m²である．
右図の▲印は，T：10 msec，■印は，T：2.5 msec，●印は，T：3 msecである．
(Musselwhite & Jeffreys, 1983)

拠を提供しているように思われる（図－6.3）．しかし，Ikeda（1965）が観察した40-70 msecで現れる加重の抑制はC1成分上では生じない（図－6.3）．Musselwhite & Jeffreys（1983）も指摘しているように，SOAが40 msec以前と以降ではパターンの時間的統合のあり方が異なっており，前者は有線皮質より以前の視覚経路にその発生源があり，後者は有線皮質より以降にその発生源がある可能性が高い．

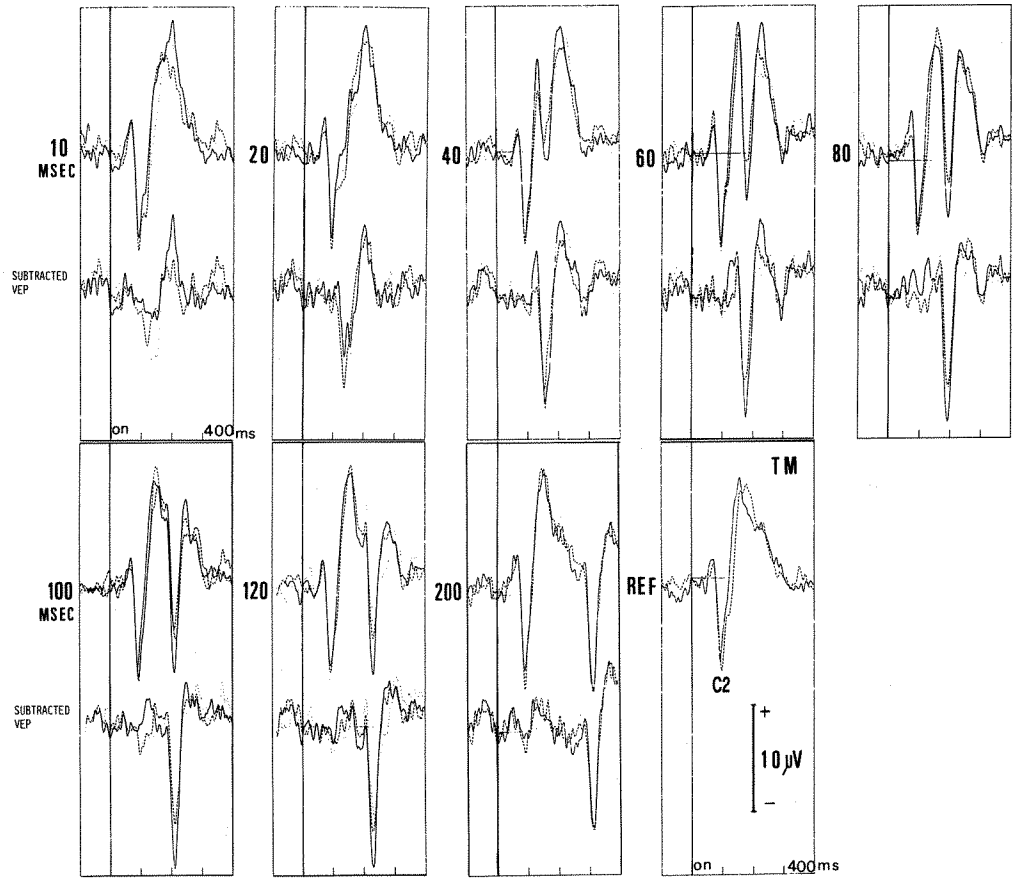
上述したようにMusselwhite & Jeffreys（1983）がC1成分を指標に視覚系におけるパターンの時間的統合と分解の過程の分析を進めたのに対して，諸冨（1983）とMorotomi（1983）は，



**図－6.4 ＋ve/＋ve（実線）および＋ve/－ve（点線）に対する視覚誘発電位．(A)パターンの持続時間，T：10 msec．(B) T：5 msec，(C) T：3 msec．(A)，(B)，(C)ともに輝度(L)は，136 cd/m².
Cal：10 μV．上方への振れが陽性．被験者：MJM．コントラスト極性が反対（＋ve/－ve）の場合，同じ（＋ve/＋ve）場合に比較してS2へのC1成分の出現が20-30 msec遅れる．(Musselwhite & Jeffreys, 1983)**

Musselwhite & Jeffreys（1983）の研究に先んじて，パターン刺激の継時的提示に伴うパターン出現視覚誘発電位のC2成分（Jeffreys，1977，1989；諸冨，1988，1992）の時間的相互作用について実験的研究を行っている．

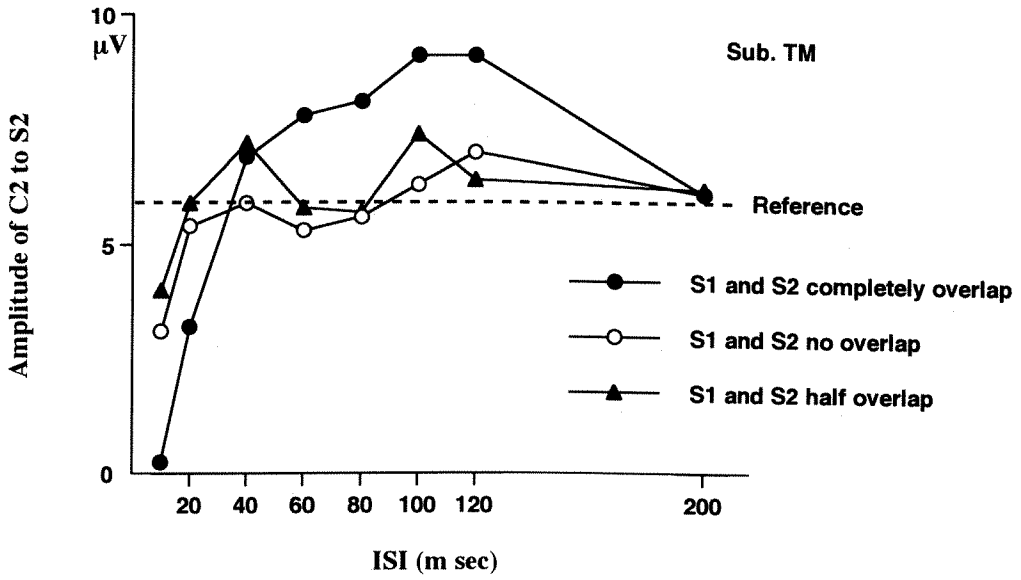
彼は，継時的に提示されるコントラスト極性が等しい2つの矩形列パターンが完全に重なる場合（条件1），半分が重なる場合（条件2），隣接するが全く重ならない場合（条件3）の3条件を設け，これら3条件下での刺激間間隔（interstimulus interval, ISI）の増大に伴うC2成分の振舞について分析している．矩形列パターンは下半側視野に提示し，ISIは10-200 msecで，矩形列パターンの持続時間は20 msecである．矩形列パターンを下半側視野に提示する理由は，前論文で詳しく述べたように網膜－皮質部位対応（retino-topic organization）に従ってC2成分を特異的に導出するためである．また，C2成分を対象にしたのは，C2成分が視覚誘発電位の諸波形の中で最もコントラストや輪郭に感受性が高く，パターン関連電位の中心的な成分であることと，その発生源が視覚前皮質（prestriate cortex，18・19野）にあることを殆どの研究者が認めてい



図－6.5　継時的に提示されるコントラスト極性が等しい2つの矩形列パターン（S1とS2）に対する視覚誘発電位．実線は，継時的に提示される2つの矩形列パターン（S1とS2）が完全に重なる場合（条件1），点線は，半分が重なった場合（条件2），破線は，隣接するが全く重ならない場合（条件3）の視覚誘発電位．上段の視覚誘発電位は，各ISIに対するS1とS2への視覚誘発電位．下段の視覚誘発電位は，S1とS2への視覚誘発電位からS1の視覚誘発電位を引き算した視覚誘発電位(SUBTRACTED VEP)．REFは，S1とS2単独提示の視覚誘発電位．上方への振れが陽性．矩形列パターンは下半側視野に提示．矩形列パターンの持続時間は20 msec，輝度は200 cd/m². 詳細は本文．（諸冨，1983；Morotomi, 1983）

ることである（諸冨，1992）．

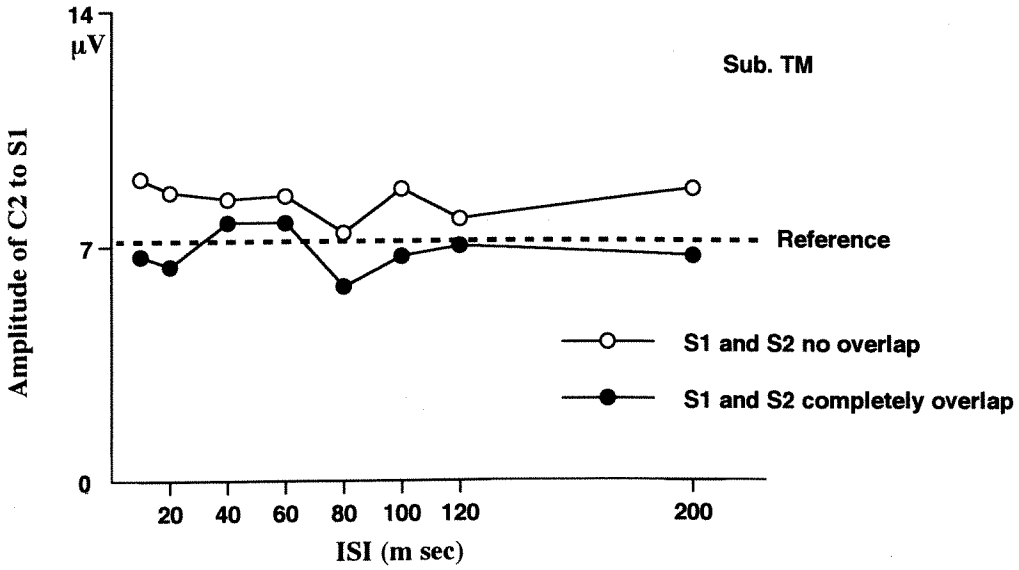
彼の見出した事実は，以下の通りである．第1は，2つの矩形列パターンに対応するC2成分が明瞭に分離して出現するのは，ISIが40 msecにおいてである(図－6.5)．第2は，条件1において，第2刺激の矩形列パターン（以下，S2）によって生起するC2成分の振幅（peak amplitude）は，ISIが10-20 msecの場合，S2の単独提示に対するC2振幅より際立って小さいが，ISIが40-120 msecにおいてこの関係は逆転し，S2に対するC2振幅はS2単独提示のC2振幅より著しく大きくなる(図－6.5，図－6.6)．第3は，条件2と条件3におけるS2に対するC2振幅は，ISIが10 msecの場合，S2単独提示のC2振幅より明らかに小さいが，ISIが20 msec以降においては，S2単独提示の振幅との間に差異は認められない（図－6.5，図－6.6)．第4は，ISIが



図－6.6 3条件におけるS2へのC2振幅のISIに伴うの変化．●印はS1とS2が完全に重なる場合（条件1），○印は重ならない場合（条件3），▲印は半分重なる場合（条件2）のS2へのC2振幅のISIに伴う変化である．Referenceは，S2単独提示のC2振幅を示す．条件1において，S2へのC2振幅は，ISIが10-20 msec場合，S2単独提示のC2振幅より際立って小さいが，ISIが40－120 msecにおいてこの関係は逆転し，S2に対するC2振幅は，S2単独提示のC2振幅より著しく大きくなる．詳細は本文．（諸冨，1983；Morotomi，1983）

10-20 msecにおいては，条件1におけるC2振幅は他の条件におけるC2振幅に比較して有意に小さい．しかし，60-120 msecのISIにおいて，この関係は逆転し，条件1におけるC2振幅の著しい増強が生じる（図－6.5，図－6.6）．第5は，2つの矩形列パターンが完全に重なる条件における第1刺激の矩形列パターン（以下，S1）へのC2成分は，隣接しているが全く重ならない条件に比較して，全ISI値において抑制して出現する（図－6.5，図－6.7）．

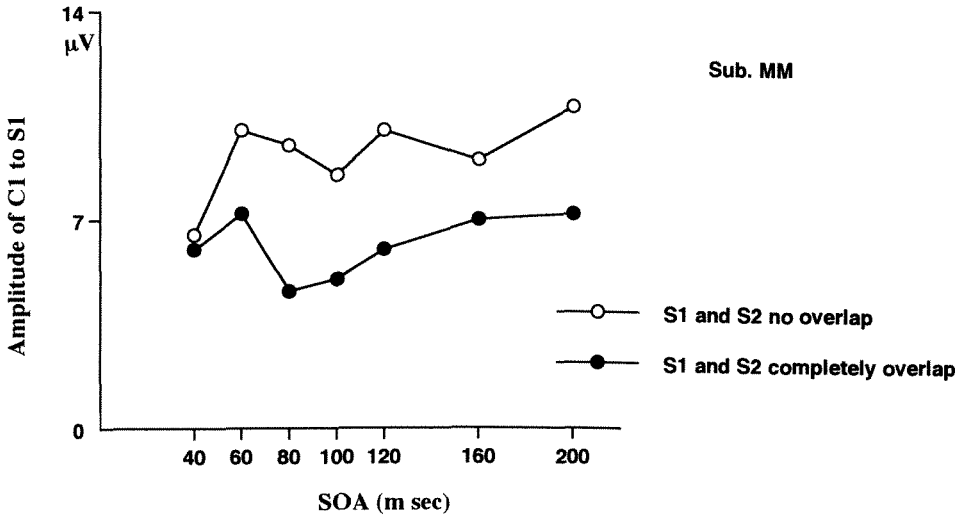
C2成分のISIに伴う振舞の全体的特徴はC1成分のそれと一致する．しかし，2つの矩形列パターンに対応するC2成分が明瞭に分離するのは，3条件ともISIが40 msec（SOAで60 msec）であり，Musselwhite & Jeffreys（1983）がC1成分において見出したSOA値より20-30 msec大きい．この増大をもたらした要因として先ず考えられることは，刺激条件の相違である．Musselwhite & Jeffreys（1983）が用いた刺激の輝度は，2.5，136，500 cd/m²の3種で，諸冨（1983）とMorotomi（1983）が200 cd/m²である．両者ともコントラストが50%以上の高コントラスト刺激を用いている．両者の用いたパターン刺激は同一多要素図形刺激で，視角度は9°，パターンの要素図形であるドットおよび矩形の視角度は，それぞれ16′と21′である．このようにコントラスト極性が同じ場合には両者の刺激条件にほとんど差はなく，刺激条件の相違がSOA値増大の要因であるとは考えにくい．C1成分に比較してC2成分の場合にSOA値の増大をもたらした要因は，C2成分の時間的分解能の特性にあることが考えられる．すなわち，C2成分の発生源はC1成分より上位の皮質中枢［視覚前皮質（prestriate cortex，18•19野）］にあり，網膜からの投射依存性の活動の弱化を反映して，C2成分は時間的により高い統合的特性を示すと推論するので



図－6.7　条件1と条件3におけるS1へのC2振幅のISIに伴う変化．●印はS1とS2が完全に重なる場合（条件1）におけるS1へのC2振幅，○印はS1とS2が重ならない場合（条件3）におけるS1へのC2振幅．条件1におけるS1へのC1振幅は，条件3におけるそれに比較して，全ISIにおいて小さい．詳細は本文．（諸冨，1983；Morotomi，1983）

ある．このことを確実に実証するには，刺激条件としてコントラスト極性が同じ条件だけではなく異なる条件も導入し，上あるいは下半側視野提示条件に上あるいは下四分視野提示条件（電極部位の選択によってC1とC2の両成分を同時に孤立的に誘導することが可能である）を付加した同一の被験者による組織的実験が必要であろう．

上述の実験によって初めて見出された興味ある事実は，S1とS2が完全に重なる条件において，ISIが10-20 msecでS2へのC2振幅の一過性の強い減衰が生じた後に，60-120 msecのISIでS2へのC2振幅の著しい増強が生じるということである（図－6.5，図－6.6）．短いISIにおいてC2成分に見られた後続する刺激に対する振幅の一過性の強い減衰という現象は，C1成分においても同様の時間的経過で現れる．この一過性のC2振幅の減衰は，S1によって視覚皮質に生じた興奮による抑制効果(inhibitory effect)として説明が可能であろう．また，ISIが20 msec以降に見られるS2に対するC2振幅のS2単独提示のC2振幅への回復傾向も，基本的には，この抑制効果の解除過程として捉えることができるように思われる．視覚，聴覚，体性感覚の各誘発電位の回復過程［recovery process(cycle)］に関するデータもこれを示唆している（Allison, 1962；Schwartz & Shagass, 1964；Spehlman, 1965；Davis, Mast, Yoshie, & Zerlin, 1966；Kitajima, Morotomi, & Kanoh, 1975；Kitajima, 1978）．しかし，ISIが60-120 msecで生じるS2に対するC2振幅の顕著な増強現象は，興奮の抑制効果の解除過程としてのみ解釈することはできない．何故なら，上述したように，C2振幅の増強はS1とS2が完全に重なる条件においてのみ生じ，重ならない条件においては生じないからである．Morotomi & Kitajima (1975)とKitajima, Morotomi, & Kanoh (1975)は，条件光消失後同じ網膜部位に与えられる検査光に対する視覚誘発電位の振幅とISI（条件光消失－検査光提示間間隔）との間に逆U字型の関数関



図－6.8 S1とS2が完全に重なる場合におけるS1へのC1振幅とS1とS2が隣接するが重ならない場合のS1へのC1振幅のSOAに伴う変化．S1とS2が完全に重なる場合のS1とS2はドットで構成された3つのアルファベットのE．S1とS2が隣接するが重ならない場合，S1はドットで構成された3つのアルファベットのEで，S2はドットで構成された3つのアルファベットのHである．●印は，S1とS2が完全に重なる場合のS1へのC1振幅のISIに伴う変化，○印は，S1とS2が隣接するが重ならない場合のS1へのC1振幅のISIに伴う変化．C2の場合と同様にS1とS2が完全に重なる場合，隣接するが重ならない場合と比較して，S1へのC1振幅は明らかに小さい．（諸冨，1980，未発表）

係が成立することから，刺激消失後，視覚系には刺激提示に伴う反応から生じる抑制効果と刺激消失に係わる反応から生じる促通効果（facilitatory effect）の拮抗する2つの過程が生じるのではないかという仮説を提出している．諸冨（1983）とMorotomi（1983）は，S2へのC2振幅の際立った増強現象はS1の処理によって視覚中枢に一過性に生じた促通効果による，と考えている．この促通効果はS2の見えを促進し，S1とS2の知覚的弁別を高めることが推測される．実際にS1とS2の主観的な見えの分離はISIが60 msecから生じ，この推測を支持している．

上述の事実の中でもう1つの重要な発見は，2つの矩形列パターンが完全に重なる条件におけるS1へのC2振幅が，隣接しているが全く重ならない条件に比較して，全ISI値において小さいということである（図－6.7）．この傾向は，C1成分においても同様に見いだされる．諸冨（1980，未発表）は，S1としてドットで構成されたアルファベット文字のEが3個配列された刺激を，S2としてS1と完全に重なる場合はS1と同じアルファベット文字のEが3個配列された刺激を，隣接するが重ならない場合はアルファベット文字のHが3個配列された刺激を用いて，SOAに伴うS1へのC1成分の振舞を分析している．S1とS2のアルファベット文字Eが完全に重なる場合，S1へのC1振幅は，重ならない場合の約3/5である（図－6.8）．これらの事実は，S1とS2の持続時間と強さが等しい条件においても，2つのパターンが完全に重なる場合，S2からS1へ遡行的な抑制がかかる可能性を示唆しているように思われる．さらに，2つの矩形列パターンが隣接しているが全く重ならない場合，ISIが60-100 msecでS1の見えは完全に消失し，S2の見えのみが成立する．アルファベット文字を配列した刺激の場合も，先行するアルファベット文字列

は，完全にあるいは部分的に消失する．Alpern や Werner 型の刺激図形だけでなく矩形列やアルファベット文字列のような多要素図形においてもメタコントラスト（metacontrast）は生じる．知覚心理学的に興味あることは，S1が完全に知覚し得ない状態においてもS1によって誘発されるC1およびC2成分の振幅・頂潜時に何の影響も生じないことである(図－6.5, 図－6.7, 図－6.8)．同様の事実を，Jeffreys & Musselwhite（1986）も，C1・C2成分の振舞において見出している．これらの事実はメタコントラストがC1・C2成分に反映する皮質中枢レベルの活動によって生起するのではなく，それより上位の皮質中枢に起因する現象であることを示唆している．メタコントラストと視覚誘発電位との関係については次論文で詳述する．

Musselwhite & Jeffreys（1983）および諸冨（1983）と Morotomi（1983）の研究は，人の視覚系におけるパターンの時間的統合と分解の特性に関する精神物理学的事実を視覚誘発電位レベルにおいて実証し，パターンの時間的統合と分解の生じる視覚系における段階の問題をも含めて精神物理学的説明の不十分さを補完するだけでなく，視覚誘発電位による分析が人の視覚系における時間的統合と分解の特性について新たな発見をもたらすことを明らかにした．彼らの研究は人の視覚系における時間的統合と分解の過程の解明に視覚誘発電位を指標として導入することの有利さを明瞭に示したと思われる．さらに，ISI（あるいは，SOA）に伴う視覚誘発電位の振幅の振舞と行動的測度との高い一致は，行動的測度を採用することの困難さの故に，ほとんど研究がなされていない乳幼児の視覚系における時間的分解能の発達や知的遅滞・自閉症等の認知面で障害を持つ子どもたちの時間的分解能の分析に大きな威力を発揮し得る可能性を示唆している．

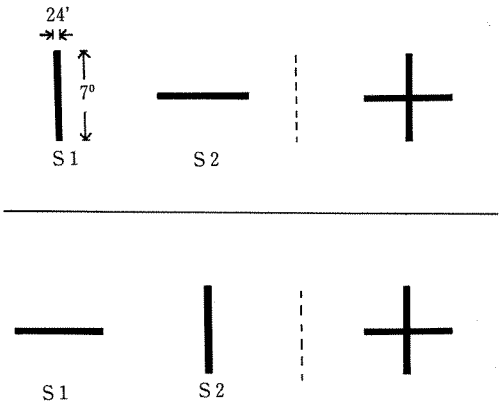
2節　形態の時間的統合と視覚誘発電位

形態（form）を構成する要素刺激が100 msec前後の短い時間間隔で継時的に提示されると一つのまとまった形態が知覚される．この形態の時間的統合については，現在では古典となった Sperling（1960）の巧みな実験によって確認された視覚情報処理過程における視覚情報保存（visual information storage, VIS），Neisser（1967）によるアイコン型記憶（iconic memory），の一つの属性としての視覚的持続（visual persistence）の測定と係わって多くの精神物理学的研究が展開されてきた．

Coltheart（1980）は，視覚的持続を neural persistence（神経的持続），visible persistence（可視的持続），informational persistence（情報的持続）の三つに分類し，刺激消失後持続する時間が可視的持続と情報的持続との間で大きく異なるのみでなく，可視的持続と情報的持続との間には基本的な特性の相違があることを明らかにしている．すなわち，可視的持続においては，刺激の持続時間が長くなれば長くなるほど，刺激消失後の可視的持続は短くなり［但し，刺激の持続時間が130-200 msecで，可視的持続はゼロあるいは一定になる（Haber & Standing, 1970；Efron, 1970, 1973)］，刺激の強さが増大すればそれだけ可視的持続は短くなるのに対して，情報的持続は，刺激の強さにほとんど関係がなく，刺激の持続時間が長くなるほど増大する傾向がある．可視的持続が刺激の強さと刺激の持続時間に逆比例するということは，可視的持続が残像（after image）とは異なることを示している．Coltheart（1980）の分類に基づけば，形態の時間的統合は可視的持続との関係が深く，Sperling(1960, 1967)が見出した利用可能文字数に関する部分報告の全体報告に対する優位性に基づく視覚的記憶の持続（informational persistence）とは区別される．

可視的持続は，継時的に入力する形態刺激の時間的統合を可能にし，サッケード抑制(saccade

suppression) 等によって離散化された視覚情報の連続性を保証するなど，視覚世界の安定と理解にとって重要な役割を担っていることが推論される (Di Lollo & Wilson, 1978；Coltheart, 1980, 1983；Boynton, 1983；Bridgeman & Mayer, 1983；Di Lollo, 1983；Jonides, 1983；Julesz, 1983；Hauske, Wolf, & Deubel, 1983；Wasserman, 1983)．それ故，形態の時間的統合に関して，多くの研究者がその基底に可視的持続を想定し，精神物理学的研究を積み重ねてきた (Fraisse, 1966；Eriksen & Collins, 1967；Pollack, 1973；Hogben & Di Lollo, 1974；Cohene, 1975；Di Lollo, 1980；Di Lollo & Wilson, 1978；Ikeda & Uchikawa, 1978；Kikuchi, Oyama, & Ichihara, 1983；諸冨, 1977)．しかし，形態の時間的統合のメカニズムの解明にとって有効な知見を提供するであろう形態の時間的統合と視覚誘発電位の振舞との間の関係を追求した研究は，現在までのところ諸冨・菅原・狩野・北島・古塚・室橋 (1978[a,b], 1979) の報告にとどまる．

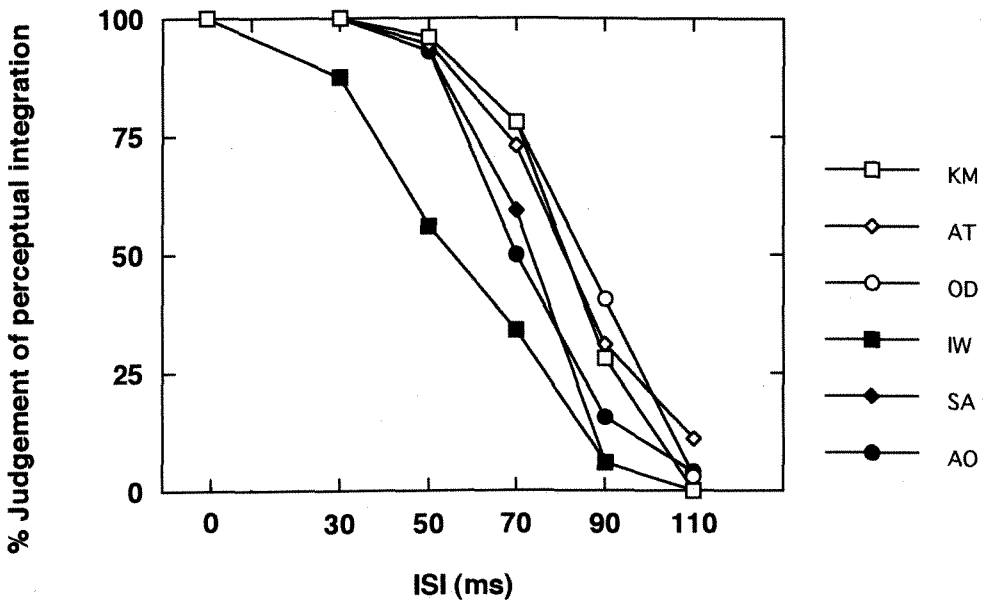


図－6.9 形態の時間的統合実験に使用された形態刺激．S1 と S2 の持続時間は 30 msec で，輝度は 0.06 mL である。S1 と S2 が重なると十字形を構成する。(諸冨ら，1978[a]，1979)

諸冨ら (1978[a,b], 1979) は形態の時間的統合と視覚誘発電位との間の関係について3つの実験的検討を行っている．第1は，形態の時間的統合・分離に関する精神物理学的測定結果と視覚誘発電位との間の関係，特に，形態の統合と分離が50%の確率で生じるISI(以下，形態統合臨界時間) における視覚誘発電位の振舞についてである．第2は，形態統合臨界時間が提示される形態の複雑さによって変動し，形態統合臨界時間と形態の複雑さとの間にU字型の関数関係があることを諸冨 (1977) は見出しているが，このU字型の関数関係が視覚誘発電位の振舞においても成立するかどうかについての検討である．第3は，第1の実験において見出されたISIと視覚誘発電位の振幅との間に成立するU字型の関数関係を規定している要因としてISIの増大に伴う注意の移動を仮定し，その検証を試みたものである．ここでは，第1と第3の実験に焦点を絞り，概観を行うことにする．因みに，諸冨ら (1978[b]) は，第2実験において，形態統合臨界時間と形態の複雑さとの間に見出されるU字型の関数関係が視覚誘発電位の振舞においても成立することを明らかにしている．

第1実験において諸冨ら (1978[a]) は，先行形態刺激 (S1) として縦棒 (あるいは横棒) を，後続形態刺激 (S2) として横棒 (あるいは縦棒) を提示し，それらが時間的に統合されると十字形が知覚される刺激提示条件 (図－6.9) を用いて，形態の時間的統合・分離についての精神物理学的測定と後頭部から導出される視覚誘発電位の計測を行っている．ISIは0-110 msecで，形態刺激の持続時間は30 msecである．刺激の輝度は，1次残像の出現を抑えるために0.06 mLの低輝度に設定されている．

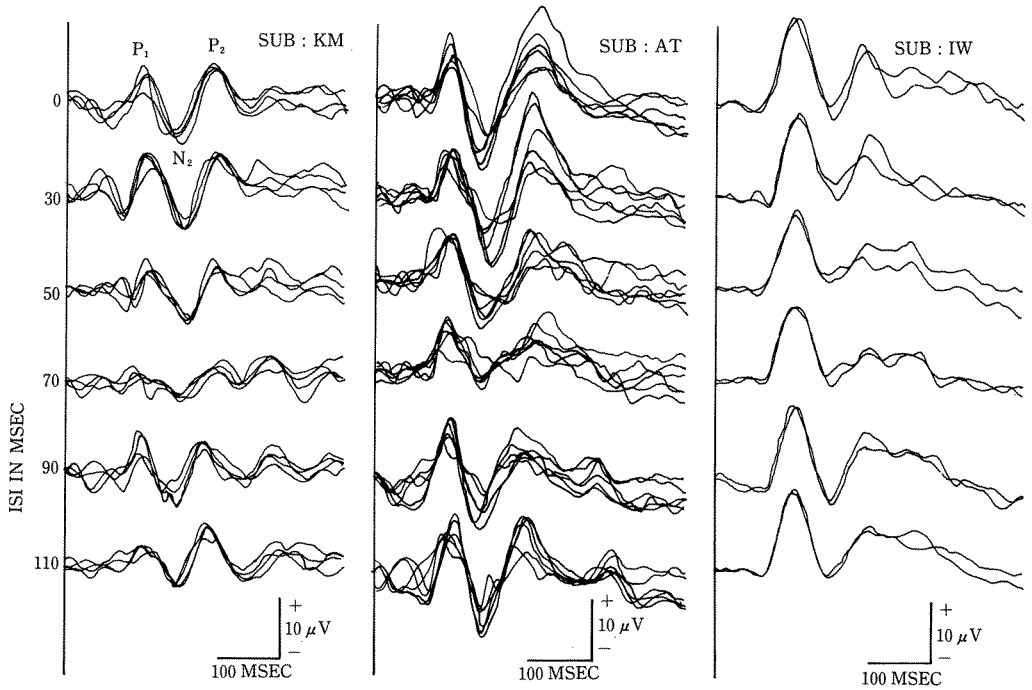
諸冨ら (1978[a]) が見出した主要な結果は，以下の通りである．第1は，S1とS2が統合されて十字形と知覚される比率は，ISIの関数として逆S字状に減衰し，十字形と知覚される確率が50%で生じる形態統合臨界時間は6人の平均で約75 msecである (図－6.10)．同様の結果を，諸冨



図－6.10　6人の被験者における先行刺激（S1）と後続刺激（S2）が統合されて十字形に知覚される比率．S1・S2の持続時間は30 msecで，輝度は0.06 mLである．十字形に知覚される比率は，刺激間間隔(ISI)の関数として逆S字状に減衰し，十字形と知覚される確率が50%で生じるISI（形態統合臨界時間）は6人の平均で約75 msecである．（諸冨ら，1978[a]）

(1977) はS1の複雑さを変数とする精神物理学的測定において見出している．第2は，被験者全員に，ISIと視覚誘発電位の振幅（P1-N2，N2-P2）との間にU字型の関数関係が成立し，ISIが70 msec（6人の平均）で，視覚誘発電位の振幅（P1-N2，N2-P2）は最小になる（図－6.11，図－6.12）．この振幅が最小になるISIは形態統合臨界時間に一致する．

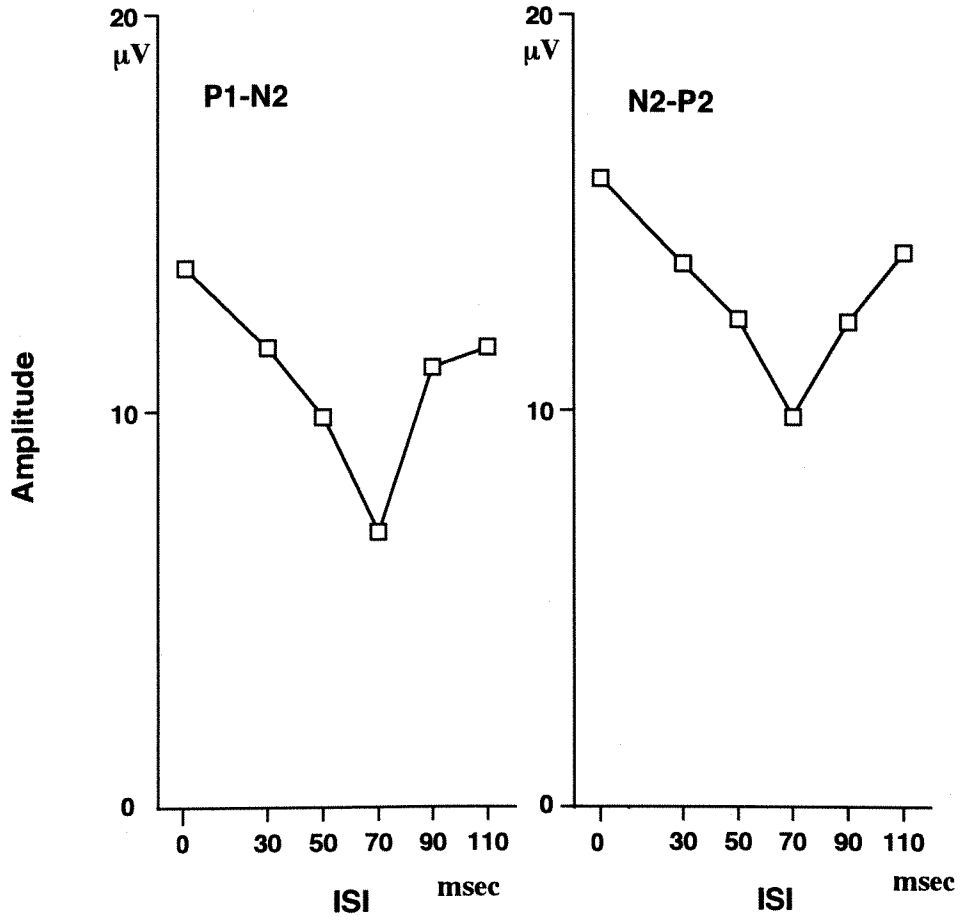
この実験において諸冨ら（1978[a]）が見出した75 msecという形態統合臨界時間（SOAにして105 msec）は，形態の時間的統合に関する他の研究者の精神物理学的測定結果とよく一致する．Eriksen & Collins (1967) は，2つのランダムドットパターンが重なった場合CVC(子音－母音－子音)の3文字のアルファベットの無意味綴りが現れるという巧みな刺激提示条件において，3文字の無意味綴りが50%の確率で知覚される時間（知覚統合時間）はISIで100 msec（SOAで106 msec）であることを明らかにしている．Fraisse（1966）は，単語あるいは多角形（ドットで構成した6角形等）の構成要素をS1・S2として継時的に提示し，単語あるいは多角形に知覚される閾値（S1開始からS2終了までの時間）を測定し，両刺激の持続時間が15 msecの場合90 msec前後（SOAで75 msec）であることを見出している．Kikuchi, Oyama, & Ichihara（1983）も，Eriksen & Collins（1967）と同様のパラダイムを用いて，継時的に提示されるドットパターン（ドットパターンの持続時間は5 msec）が同時に見えるか（同時性），先行ドットパターンが後続するドットパターンに付加して見えるか(統合性)，全く分離して見えるかの判断を被験者に求めて形の時間的統合時間を測定し，全く同時に見える時間は，SOAで63 msecであり，先行ドットパターンが後続するドットパターンに付加して見える時間（時間的統合の時間範囲）は，SOAで100 msec前後であることを報告している．Hogben & Di Lollo（1974）は，5×5のマトリック



図−6.11 各ISIにおける3人の被験者の視覚誘発電位．被験者MTは2回の実験の重ね書き，ATは3回の実験の視覚誘発電位の重ね書きである．両者とも実験間でISIに伴う視覚誘発電位の振舞は全く一致している．ISIが70 msecで視覚誘発電位の振幅（P_1-N_2，N_2-P_2）は著しく減衰する。S1・S2の持続時間は30 msec，輝度は0.06 mL．上向きの振れが陽性．（諸冨ら，1978[a]）

スに24個のドットを1個ずつランダムな位置に継時的に短時間提示し，提示されなかった1個のドットの位置を報告するという洗練された実験において，被験者がドットの提示されない位置を間違いなく知覚し，誤りなく報告するには，24個のドットが120-140 msec以内で提示される必要があることを見出している．形態の知覚的統合時間に関する諸結果は，ISIよりSOAに換算した場合に一致が高い．このことは，Efron (1973) やDi Lollo (1980) が主張するように刺激消失後に可視的持続が始まるのではなく，刺激提示と共に始まることを示しているのかもしれない．

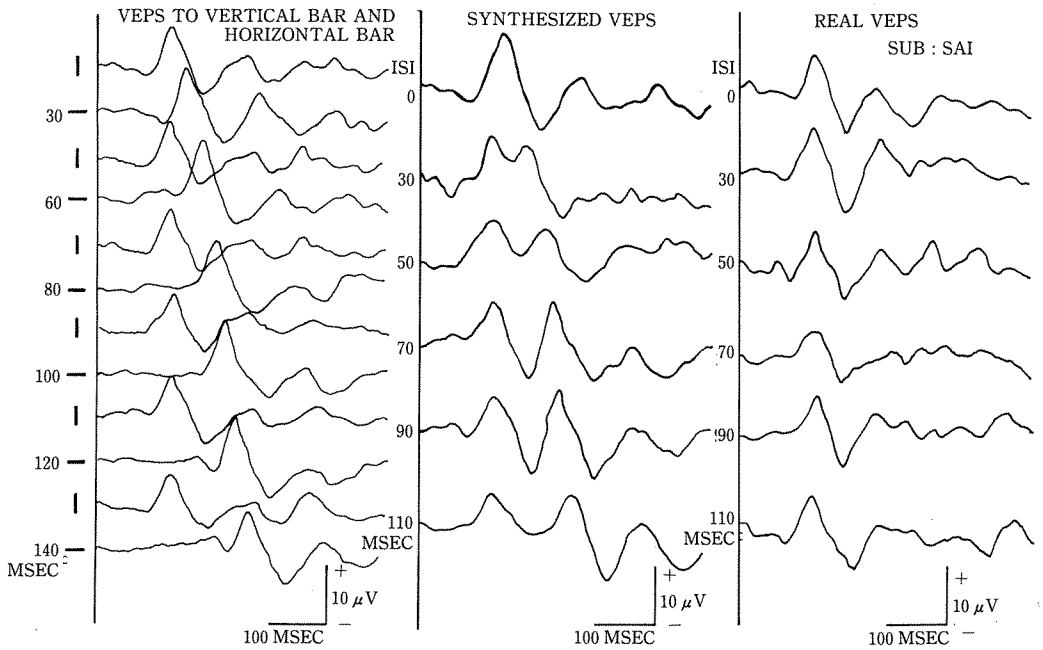
さらに形態統合臨界時間は，形態の時間的統合を用いない方法で測定した可視的持続時間の多くの結果とよく整合する．Efron (1970) は，輝度が3.4 fLで視角度が1°40′の赤色円光を検査刺激として中心窩に提示し，検査刺激の立ち上がりと立ち下がりにクリック音を同期させるという方法によって可視的持続を測定し，刺激の持続時間と可視的持続時間の和が130 msecであることを明らかにしている．さらに，Efron & Lee (1971) は，一定の速度で回転する円盤状の一本の線を，ストロボの時間周波数をいろいろ変えて照射し，同時に見える線の本数から可視的持続時間を求め，140 msec前後の値を見出している．Briggs & Kinsbourne (1972) は，3×3のマトリックスの文字か，黒い四角を検査刺激として用い，その立ち上がりと立ち下がりに対して反応時間を求め，その間の差から可視的持続時間を測定し，文字の場合は100 msec，四角の場合は80 msecという値を得ている．形態統合臨界時間と形態の時間的統合以外の測定方法による可視的持続時間との間に整合性が高いことは，形態の時間的統合の基底に可視的持続が存在し，一定の



図－6.12　ISIに伴う視覚誘発電位の振幅（P1-N2，N2-P2）の推移．振幅は6人の被験者の平均である．ISIと視覚誘発電位の振幅（P1-N2，N2-P2）との間にU字型の関数関係が成立し，振幅が最小になるISIは形態統合臨界時間に一致する．（諸冨ら，1978[a]）

時間内に入力した視覚刺激を一つにまとめる心理学的時間［psychological moment（Stroud, 1956）］や中枢の間欠性［central intermittency（Harter，1967）］等の何らかの体内時計を形態の時間的統合の基底に想定する必要のないことを示唆している．

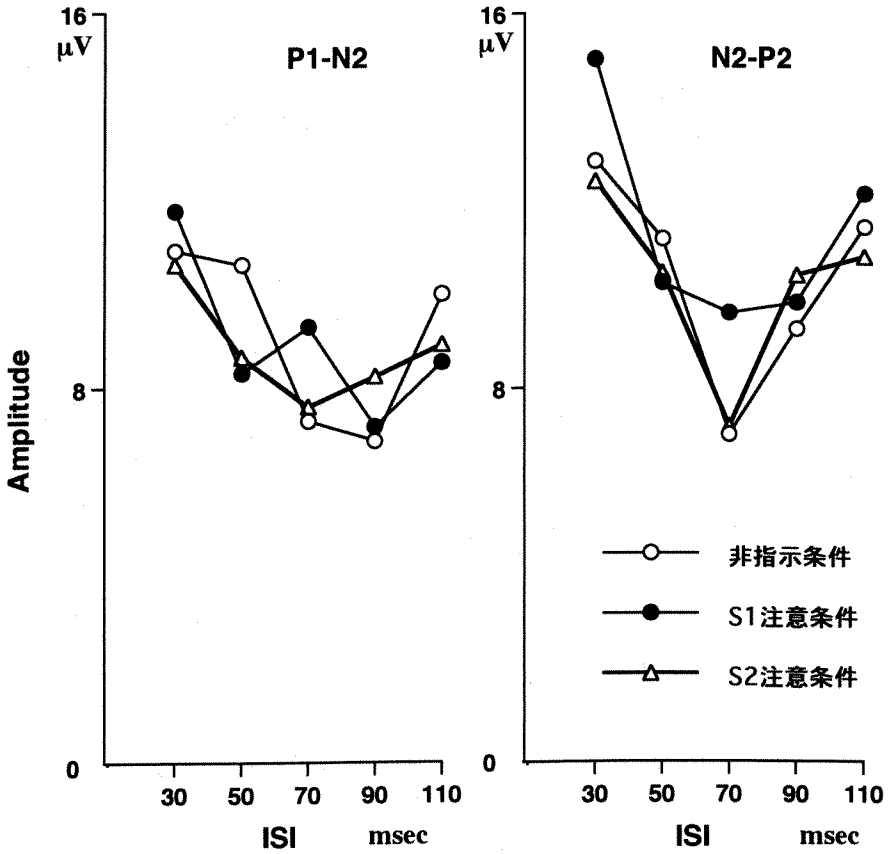
第1実験の結果で最も興味あることは，視覚誘発電位の振幅の最小となるISIが形態統合臨界時間と完全に一致し，ISIと視覚誘発電位の振幅との間にU字型の関数関係が成立することである（図－6.11，図－6.12）．このISIと視覚誘発電位の振幅との間にU字型の関数関係を成立させている要因として最初に検討しておかなければならないことは，S1およびS2によって生じた視覚誘発電位の時間的重畳（時間的相互干渉）である．これを検討するために，諸冨ら（1978[a]）は，S1･S2の単独提示に対する視覚誘発電位を各ISI毎にコンピュータによって合成した視覚誘発電位（synthesized visual evoked potentials）と実際の計測による視覚誘発電位（real visual evoked potentials）との間の比較を行っている（図－6.13）．各ISIにおける合成した視覚誘発電位と実際の視覚誘発電位との間には，形態（morphology）・頂潜時・振幅ともに整合性は低く，



図－6.13 合成した視覚誘発電位（synthesized visual evoked potentials）と実際の視覚誘発電位（real visual evoked potentials）の各ISIにおける比較．左列が縦棒と横棒の視覚誘発電位である．横棒はISI分だけずらして書いてある．中列が縦棒と横棒の視覚誘発電位をISI分だけずらしてコンピュータで合成した視覚誘発電位である(SYNTHESIZED VEPS)．右列が実際のISIに伴う視覚誘発電位である(REAL VEPS)．被験者はSAI．上方への振れが陽性．詳細は本文．（諸冨ら，1978[a]）

実際の計測において成立するISIと視覚誘発電位の振幅との間のU字型の関数関係も合成した視覚誘発電位には見られない．実際の視覚誘発電位の形態の特徴は，合成した視覚誘発電位波形に見られる個々の刺激に対応する視覚誘発電位波形の単純な加算としてではなく，一つのまとまりをもった視覚誘発電位として出現することである（図－6.13）．諸冨ら（1978[a]）が合成した視覚誘発電位は，当時，諸冨らの所有していたコンピュータの限界からISI分だけ時間をずらして単純に加算したもので，S1の処理に伴うS2への抑制の要因を加味していない．しかし，S2の抑制の解除は指数関数的であり，抑制の要因を加えて計算したとしても上述の合成した視覚誘発電位の形態やISIに伴う振舞の基本的特徴を変えるものではない．U字型の関数関係を成立させている要因が視覚誘発電位波形間の時間的相互干渉ではないとすれば，その要因は何か．

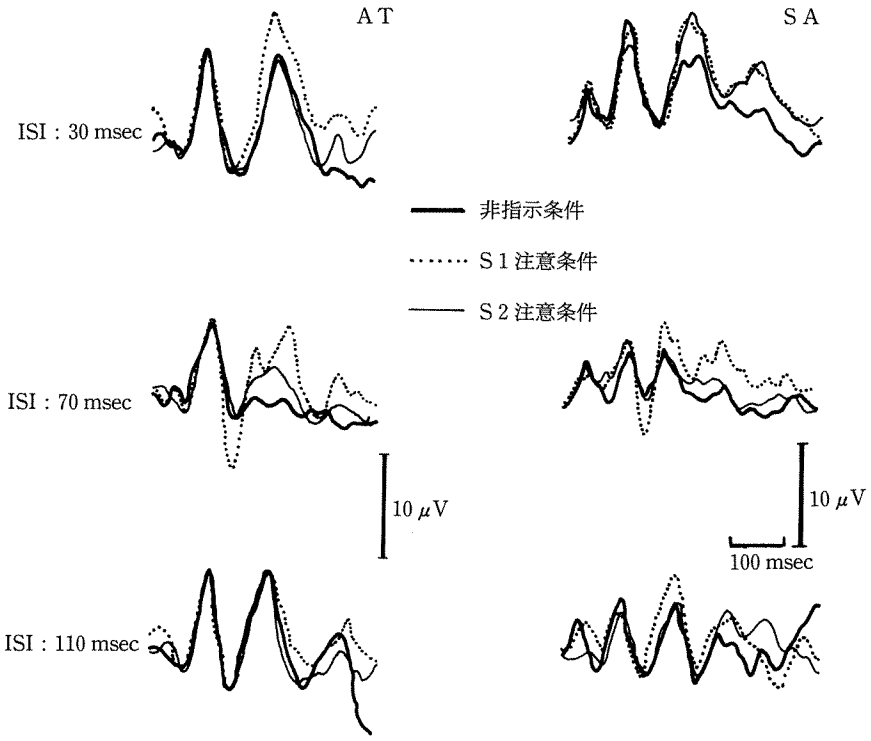
諸冨ら（1979）は，視覚誘発電位の振幅の減衰と形態の統合・分離の印象による判断の困難さの程度との間に明確な対応があることに着目し，U字型の関数関係を成立させている要因として，ISIの増大に伴う形態の時間的統合の弱化に対応するS1からS2への注意の移動を仮説している．すなわち，諸冨ら(1979)は，注意の移動に伴うS1とS2への注意の配分の平均化が，S1・S2両刺激への視覚活動を減弱させ，それが視覚誘発電位の振幅の全体的な減衰をもたらすと推論するのである．さらに，ISIが形態統合臨界時間を越え，形態の時間的分離が明瞭になった場合，S1への注意は回復し，視覚誘発電位の振幅はS1単独提示レベルの振幅へと復帰する．しかし，



図－6.14　S1注意条件・S2注意条件・非指示条件における視覚誘発電位の振幅（P1-N2，N2-P2）のISIに伴う推移．振幅は5人の被験者の平均．●印はS1注意条件，▲印はS2注意条件，○印は非指示条件である．
S2注意条件・非指示条件においてISIに伴う視覚誘発電位の振舞に整合性が高く，視覚誘発電位の振幅とISIとの間にU字型の関数関係が成立する．S1注意条件において，視覚誘発電位の振幅の最小となるISIにおいて視覚誘発電位の振幅の増強が生じる．特に，N2-P2振幅にその傾向が著しい．（諸冨ら，1979を一部修正）

S1の処理に伴うS2への抑制効果は一定時間（数100 msec）持続し，その間S2に対する視覚誘発電位は減衰して出現する．諸冨ら（1979）は，この推論を実証するために第3の実験を行っている．

第3実験において，諸冨ら（1979）は，S1あるいはS2への注意を高めるために，S1あるいはS2が提示されたら即座にボタンを押すという課題を被験者に課し，この条件においてISIに伴う視覚誘発電位を計測し，統制条件との比較において注意のS1・S2への視覚誘発電位に及ぼす影響を分析している．統制条件は第1実験と同じ条件で，S1あるいはS2へのボタン押しを指示せず，S2消失後，十字形に見える・見えないを知らせるためのボタン押しを被験者に行わせ，この条件においてISIに伴う視覚誘発電位を計測している．以下，S1に対するボタン押しを課せられた場合をS1注意条件，S2に対する場合をS2注意条件，S1あるいはS2へのボタン押しを

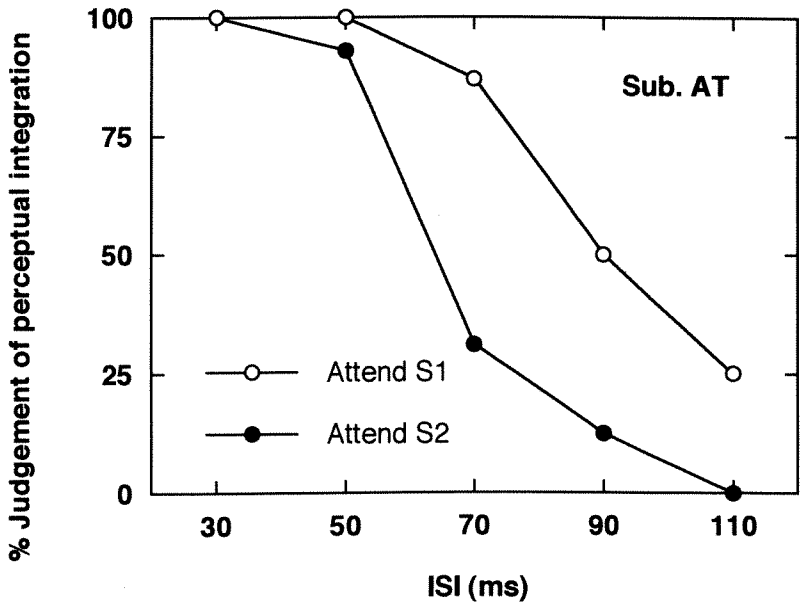


図－6.15 ISIが30・70・110 msecにおけるSI注意条件・S2注意条件・非指示条件の視覚誘発電位の重ね書き．S1・S2の持続時間は30 msec，輝度は0.06 mL．S2注意条件・非指示条件における視覚誘発電位の類似性が高く，ISIが70 msecの時，S1注意条件において明瞭に視覚誘発電位の振幅の増大が生じる．上方への振れが陽性．（諸冨ら，1979）

要求しない場合を非指示条件とする．ISIは30-110 msec，輝度は0.06 mLである．

諸冨ら（1979）が見出した主要な結果は，以下の通りである．第1は，ISIが70 msecでのS1注意条件における視覚誘発電位の振幅が，S2注意条件および非指示条件におけるそれに比較して明らかに大きい（図－6.14，図－6.15）．特にN2-P2振幅において著しい．第2は，ISIに伴う視覚誘発電位の振幅の推移はS2注意条件と非指示条件において類似性が高く，両者ともU字型の関数関係を示す（図－6.14）．視覚誘発電位の形態の整合性も，S2注意条件と非指示条件との間で高い（図－6.15）．第3は，S1注意条件におけるISIと視覚誘発電位の振幅との間の関数関係は，第1の事実を反映してW型あるいは不完全なU字型へと変化する（図－6.14）．

上述の結果で重要なことは，S2への注意を高めた場合に，明瞭なU字型関数を示し，S1への注意は，特に最小の振幅値を生じるISIにおける視覚誘発電位の振幅を増大させ，U字型の関数関係を不明瞭にし，知覚的にはS2のS1への一過的同化となって現れ，形態の時間的統合を強める（図－6.16）ことである．これらは，U字型の関数関係の成立に注意の移動が関与しているとする，諸冨ら（1979）の推論に有利な事実を提供していると思われる．しかし，本実験条件における注意は，刺激によって生起するボトムアップ的な受動的注意ではなく，あらかじめ注意の方向が言語的指示によってトップダウン的に決められている能動的注意（構え）である．彦坂（1994）は



図－6.16　S1注意条件（Attend S1）とS2注意条件（Attend S2）においてS1とS2が統合されて十字形に知覚される比率．被験者AT. S1とS2の持続時間は30 msecで，輝度は0.06 mLである．十字形に知覚される比率は，S2注意条件に比較してS1注意条件において明らかに増大する．（諸冨ら，1979）

受動的注意と能動的注意が共通の脳内機構に支配されていることを指摘しているが，非指示条件において注意の移動が起こるということを確実に実証するには，言語的指示によるのではなく注意の方向が刺激の提示によって必然的に決定される新たな実験が求められるであろう．

ところで，ISIと視覚誘発電位の振幅との間にU字型の関数関係が成立する他の知覚現象にメタコントラストがある．前節で多少触れたように，パターン視覚誘発電位の早い成分であるC1・C2にはメタコントラストの影響は現れない(Morotomi, 1983；Jeffreys & Musselwhite, 1986)．しかし，200-300 msecの陽性あるいは陰性の後期成分に検査刺激の主観的な明るさ（subjective brightness）の減少や形の部分的・全体的消失の影響が現れ，それらの成分の振幅や面積の減少が生じる（Vaughan & Silverstein, 1968；Andreassi, De simone, & Mellers, 1975；Bridgeman, 1988*)．Bridgeman（1975）は，ネコを被験体にしてメタコントラストと視索（optic tract）・外側膝状体（lateral geniculate body）・有線皮質（striate cortex）レベルにおける神経活動との間の関係を追究している．視索と外側膝状体の神経活動，および有線皮質細胞の早期の神経活動（刺激後60 msecに発射のピークがある）には，メタコントラストの影響は生じないが，視覚誘発電位レベルで起こるISIと振幅との間に成立するU字型の関数関係が有線皮質細胞の後期の神経活動（刺激後200 msecに発射のピークがある）において生じる（SOAが60 msecで発射頻度は最低になる）ことを見出している．Bridgeman（1988）は，刺激後60 msecに発射のピークを持つ皮質細胞の活動は視覚誘発電位の初期成分（C1，C2，N1，P1）と，200 msecに発射のピークを持つ皮質細胞の活動は視覚誘発電位の後期成分（N2，P2）と対応すると考えている．形態の時間的統合とメタコントラストは，その知覚的現象において確かに異なっている．しかし，上

述したように視覚誘発電位の初期および後期成分の振舞は，その時間関係をも含めて，形態の時間的統合とメタコントラストに共通している．従来メタコントラストの説明は，視覚系に何らかの神経的抑制機構を想定することによって行われてきた(Bridgeman, 1971；Weisstein, Ozog, & Szoc, 1975；Breitmeiyer & Ganz, 1976；Breitmeiyer, 1984)．視覚誘発電位と行動的測度による諸結果は，注意概念を媒介として形態の時間的統合とメタコントラスト（時空間的関係の類似性を考慮すれば仮現運動も含まれるかもしれない）に共通する機構を構築することの可能性を示唆しているように思われる．その検証は，メタコントラスト事態においてターゲットへの注意を高めた場合に，ターゲットの見えが回復するかどうかによって行われるであろう．

さて，Ikeda & Uchikawa (1978) と池田 (1988) は，形態の時間的統合に関して視覚イメージの形成との関係で極めて興味ある事実を報告している．Ikeda & Uchikawa (1978) は，マンガ様の絵画を5×5あるいは10×10に分割し，分割した画面を継時的に提示し，それがどのような場面の絵であるかどうかの判断を求めている．1分割画面の提示時間は200 msecで数分割場面が重なって提示される．Ikeda & Uchikawa (1978) は，分割画面全体の入力時間が500 msecを越えると視覚的イメージを形成することが困難となり，絵の認識が不可能となる（平均知覚統合時間）こと，さらに入力時間が数秒になり，一つのパターンとして全く認識できない場合にあっても，部分部分の位置を指先や筆を通して再現する（運動イメージ）と，一瞬にして視覚イメージが形成され，そのパターンが何であるかが分かるということを見出している．この現象は潜在記憶と顕在記憶との関係で捉え直すことが可能であり，視覚記憶研究の新しい方向を示すものと思われる．諸冨は現在この現象に着目し，事象関連電位を指標に視覚的な潜在記憶の顕在化するあり方を追究している．

＊ Bridgeman (1988) は，Jeffreys & Musselwhite (1986) の論文中掲載されている視覚誘発電位を対象に，潜時が200 msec付近に現れる波形の振幅を測定し，Jeffreys & Musselwhite (1986)の視覚誘発電位においてもメタコントラストに対応するU字型の関数関係があることを明らかにしている．そして，その波形の発生源はC1と同様に有線皮質にあると推論している．

Reference

Allison, T. (1962). Recovery functions of somatosensory evoked responses in man. *Electroencephalography & Clinical Neurophysiology*, 14, 331-343.

Andreassi, J.L., De Simone, J.J., & Mellers, B.W. (1975). Amplitude changes in the visual evoked potential with backward masking. *Electroencephalography & Clinical Neurophysiology,* 41, 387-398.

Boynton, R.M. (1972). Discrimination of homogeneous double pulses of light. In *Handbook of Sensory Physiology* (Eds. Jameson, D., & Hurvich, L.M.) Vol.V/4, 202-232. Springer-Verlag, Berlin.

Boynton, R.M. (1983). On "raw perception" of "the stimulus itself". *The Behavioral & Brain Sciences*, 6, 15p.

Breitmeyer, B.G. (1984). Visual masking: an integrative approach. Oxford University press.

Breitmeyer, B.G., & Ganz, L. (1976). Implication of sustained and transient channels for theories of visual pattern masking, saccadic suppression, and information processing. *Psychological*

Review, 83, 1-36.

Bridgeman, B. (1971). Metacontrast and lateral inhibition. *Psychological Review*. 78, 528-539.

Bridgeman, B. (1975). Correlates of metacontrast in single cells of the cat visual system. *Vision Research*, 15, 91-99.

Bridgeman, B. (1988). Visual evoked potentials: Concomitants of metacontrast in late components. *Perception & Psychophysics*, 43, 401-403.

Bridgeman, B., & Mayer, M. (1983). Iconic storage and saccadic eye movements. *The Behavioral & Brain Sciences*, 6, 16-17.

Briggs, G.G., & Kinsbourne, M. (1972). Visual persistence as measured by reaction time. *Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 24, 318-325.

Cohene, L.S. (1975). Iconic memory of dot patterns: Preliminary report. *Perceptual and Motor skills*, 41, 167-170.

Coltheart, M. (1980). Iconic memory and visible persistence. *Perception & Psychophysics*, 27, 183-228.

Coltheart. M. (1983). Ecological necessity of iconic memory. *The Behavioral & Brain Sciences*, 6, 17-18.

Davis H., Mast, T., Yoshie, N., & Zerlin, S. (1966). The slow response of the human cortex to auditory stimuli: Recovery process. *Electroencephalography & Clinical Neurophysiology*, 21, 105-113.

Di Lollo, V. (1980). Temporal integration in visual memory. *Journal of Experimental Psychology*, 109, 75-97.

Di Lollo, V. (1983). Icons no, Iconic memory yes. *The Behavioral & Brain Sciences*, 6, 19-20.

Di Lollo, V., & Wilson, A.E. (1978). Iconic persistence and perceptual moment as determinants of temporal integration in vision. *Vision Research*, 18, 1607-1610.

Efron, R. (1970). Effect of stimulus duration on perceptual onset and offset latencies. *Perception & Psychophysics*, 8, 231-234.

Efron, R. (1973). An invariant characteristic of perceptual systems in the time domain. In Kronblum, S.(Ed) *Attention and Performance*. Ⅳ. New York: Academic Press.

Efron, R., & Lee, D.N. (1971). The visual persistence of a moving storoboscopically illuminated object. *American Journal of Psychology*, 84, 365-375.

Eriksen, C.W., & Collins, J.F. (1967). Some temporal characteristics of visual pattern perception. *Journal of Experimental Psychology*, 74, 476-484.

Fraisse, P. (1966). Visual perceptive simultaneity and masking of letters succesively presented. *Perception & Psychophysics*, 1, 285-287.

Haber, R.N., & Standing L. (1970). Direct estimates of the apparent duration of a flash. *Canadian Journal of Psychology*, 24, 216-229.

Harter, M.R. (1967). Excitability cycles and cortical scanning: A review of two hypotheses of central intermittency in perception. *Psychological Bulletin*, 68, 47-58.

Hauske, G., Wolf, W., & Deubel, H. (1983). The dependence of perception on persisting images and "icons". *The Behavioral & Brain Sciences*, 6, 21-22.

彦坂興秀（1994）．注意の神経機構．認知科学9：注意と意識，3章，岩波書店．

Hogben, J.H., & Di Lollo, V. (1974). Perceptual integration and perceptual segregation of brief visual stimuli. *Vision Research*, 14, 1059-1069.

Ikeda, M. (1965). Temporal summation of positive and negative flashes in the visual system. *Journal of the Optical Society of America*, 55, 1527-1534.

Ikeda, M., & Uchikawa, K. (1978). Integration time for visual pattern perception and a comparison with the tactile mode. *Vision Research*. 18, 1565-1571.

池田光男（1988）．眼はなにを見ているか—視覚系の情報処理．平凡社．

Jeffreys, D.A., & Axford, J.D. (1972). Source locations of pattern specific components of human visual evoked potentials. I. Components of striate cortex origin. *Experimental Brain Research*, 16, 1-21.

Jeffreys, D.A. (1977). The physiological significance of pattern visual evoked potentials. In: Desmedt, J.E.(Ed.): *Visual Evoked Potentials in Man:New Developments*. Oxford University Press, 134-167.

Jeffreys, D.A. (1980). The nature of pattern VEPs. In: Barber, C.(Ed.): *Evoked Potentials*, MIT Press, 149-157.

Jeffreys, D.A., & Musselwhite, M.J. (1986). A visual evoked potential study of metacontrast masking. *Vision Research*, 26, 631-642.

Jeffreys, D.A. (1989). Evoked potential studies of contour processing in human visual cortex. In Kulikowski, J.J., Dickinson, C.M., & Murray, I.J. (Eds), *Seeing Contour and Colour*. London: Pergamon Press. 529-545.

Jonides, J. (1983). Reports of the icon's impending demise are premature. *The Behavioral & Brain Sciences*, 6, 24-25.

Julesz, B. (1983). Textons, rapid focal attention shifts, and iconic memory. *The Behavioral & Brain Sciences*, 6, 25-27.

Kietzman, M.L., & Sutton, S. (1968). The interpretation of two-pulse measures of temporal resolution in vision. *Vision Research*, 8, 287-302.

Kikuchi, T., Oyama, T., & Ichihara, S. (1983). Temporal integration and visual masking of dot patterns sucessively presented. *Japanese Psychological Research*, 25, 147-155.

Kitajima, S., Morotomi, T., & Kanoh, M. (1975). Enhancement of averaged evoked responses to brief flashes after offset of preexposed light stimulation: A critical moment. *Vision Research*, 15, 1213-1216.

Kitajima, S (1978). The cumulative inhibitory effect of repetitively flashed stimuli on the recovery process of the human visual evoked potential to a test stimulus. *Electroencephalography & Clinical Neurophysiology*, 44, 364-372.

Morotomi, T., & Kitajima, S. (1975). Enhancement of evoked responses to brief flashes and its correlation with off responses to pre-exposed light stimulation. *Vision Research*, 15, 267-272.

諸冨 隆（1977）．テレビ視聴過程の心理・生理学的分析：知覚統合時間に関する実験的研究．昭和51年度放送文化基金研究助成報告書「児童のテレビ視聴態度に関する総合的研究」，3-12．

諸冨　隆・菅原正和・狩野　陽・北島象司・古塚　孝・室橋春光（1978[a]）．認知に対応する誘発電位の後期成分II．知覚融合と分離(A)　日本心理学会第42回大会発表論文集，72-73.

諸冨　隆・菅原正和・狩野　陽・北島象司・古塚　孝・室橋春光（1978[b]）．認知に対応する誘発電位の後期成分III．知覚融合と分離(B)　日本心理学会第42回大会発表論文集，74-75.

諸冨　隆・菅原正和・狩野　陽・北島象司・古塚　孝・室橋春光（1979）．認知に対応する誘発電位の後期成分（その2）II．知覚融合と分離(A)　日本心理学会第43回大会発表論文集，53 p.

諸冨　隆（1983）．視覚誘発電位の回復過程にあらわれる一過的増強現象．脳波と筋電図，11,23-24.

Morotomi, T. (1983). Enhancement of visual evoked potentials occurred in the recovery process. *Electroencephalography & Clinical Neurophysiology*, 56. 59p.

諸冨　隆（1988）．輪郭の知覚と視覚誘発電位．臨床脳波，30,487-495.

諸冨　隆（1992）．視知覚と視覚誘発電位（I）．北海道大学教育学部紀要，57，29-116.

Musselwhite, M.J. & Jeffreys, D.A. (1983). Visual evoked potentials to double-pulse pattern presentation. *Vision Research*, 23, 135-143.

Neisser, U. (1967). Cognitive psychology. Appleton-Century-Crofts, New York.

Pollack, I. (1973). Interaction effects in successive visual displays: An extension of the Eriksen-Collins paradigm. *Perception & Psychophysics*, 1973, 13, 367-373.

Rashbass, C. (1970). The visibility of transient changes of luminance. *Journal of Physiology*, 210, 165-186.

Roufs, J.A.J. (1973). Dynamic properties of vision-III. twin flashes, single flashes and flickerfusion. *Vision Research*, 13, 309-323.

Schwartz, M., & Shagass, C. (1964). Recovery function of human somatosensory and visual evoked potentials. *Annals of New York Academy of Science*, 112, 510-525.

Spehlmann, R. (1965). The averaged electrical responses to diffuse and to pattern light in the human. *Electroencephalography & Clinical Neurophysiology*, 19, 560-569.

Sperling, G. (1960). The information available in brief visual presentation. *Psychological Monograph*, 74, Whole No.498. 1-29.

Sperling, G. (1967). Succesive approximations to a model for short term memory, *Acta Psychologia*, 27, 285-292.

Stroud, J.M. (1956). The fine structure of psychological time. In: *Information theory in psychology* (Ed. H. Quastler), 174-207. Free Press, Glencoe,II (from *Visual Masking: An Integrative Approach.* by B, G. Breitmeyer)

Vaughan, H.G. Jr & Silverstein, L (1968). Metacontrast and evoked potentials: a reappraisal. *Science*, 160, 207-208.

Wasserman, G.S. (1983). Quantal basis of iconic dispersion. *The Behavioral & Brain Sciences*, 6, 40-42.

Watson, A.B. & Nachmias, J. (1977). Pattern of temporal interactions in the detection of gratings. *Vision Research*, 17, 893-902.

Weisstein, N., Ozog, G., & Szoc, R. (1975): A comparison and elaboration of two models of metacontrast. *Psychological Review*, 82, 325-343.