

# 色と形に基づく文字選択課題における空間的注意効果<sup>1)</sup>

宮谷 真人

(1996年9月9日受理)

Visuo - spatial orienting and selective attention to color and shape

Makoto Miyatani

This experiment investigated the effects of attentional shift by central spatial cueing on the target identification process. The target was defined by a combination of color and shape of an alphabet. Reaction times (RTs) and event - related potentials (ERPs) to stimuli that were preceded by a valid or by an invalid positional cue were recorded. RTs to the target were shorter in valid trial than in invalid trial. In contrast, negative responses to irrelevant color stimuli were faster in invalid trial than in valid trial. Attentional shift did not affect the occipital P1 and N1 components of ERPs. However, midline and contralateral ERPs in valid trial were more negative than those in invalid trial in the latency range of 210 - 260 ms, irrespective of type of stimulus. These results suggest that the activated processes in the transient attentional shift are different from those in the sustained attention situation. Furthermore, the facilitation of the perceptual processing of validly cued stimuli does not necessarily result in the advantage of performance.

**Key words:** visual orienting, spatial attention, selection by color and shape, event - related potentials (ERPs)

われわれは、眼球運動とは独立に、視野内のさまざまな場所に注意を向けることができる。注意が向けられた場所に出現する刺激は、注意の範囲外に出現する刺激よりも、速くかつ正確に検出される (Bashinski & Bacharach, 1980; Downing, 1988; Hawkins, Hillyard, Luck, Mouloua, Downing, & Woodward, 1990; Jonides, 1981; Müller & Findlay, 1987; Müller & Rabbitt, 1989; Posner, Nissen, & Ogden, 1978; Posner, Snyder, & Davidson, 1980; Remington & Pierce, 1984)。これを空間的注意効果と呼ぶ。空間的注意効果の生じるメカニズムとして、入力情報の知覚的処理そのものの促進(感覚ゲート sensory gating 説, Posner, 1980) と、知覚的処理が終了した後の反応選択過程への影響 (Sperling, 1984) が考えられている。

事象関連電位 (event - related potentials, ERP) を用いた研究で、注意を向けた場所の刺激に対して後頭部から記録される P 1 や N 1 成分の振幅は、注意を

向けない場所の刺激に対するものに比べて増大することが報告されている (Eason, 1981; Harter, Aine, & Schroeder, 1982; Hillyard & Mangun, 1987; Hillyard & Münte, 1984; Mangun & Hillyard, 1988; Neville & Lawson, 1987; Rugg, Milner, Lines, & Phalp, 1987)。この振幅の増大は非常に短潜時(80-110ms)で始まり、外因性 P 1, N 1 成分と開始潜時や頭皮上分布の点で同じである (Hillyard & Mangun, 1987; Mangun & Hillyard, 1988)。これらの ERP 研究の結果は、行動測定で得られる空間的注意効果の少なくとも一部が、知覚的な情報の流れを調整する感覚ゲートメカニズムによって生じることを示唆している (Mangun & Hillyard, 1990)。

ところが、行動測定を用いた空間的注意研究と ERP を用いた多くの研究では、注意を操作する手続きに違いがある。行動測定による研究では、中心手がかり(矢印など)や周辺手がかり(輝度の変化など)によって、





Table 1  
Mean Reaction Time (RT) and Error Percent

(a) Target Color: Red

	Attended				Unattended			
	Target		Nontarget		Target		Nontarget	
	Valid	Invalid	Valid	Invalid	Valid	Invalid	Valid	Invalid
RT in ms (SD)	361.6 (46.6)	393.0 (51.0)	371.3 (46.3)	392.3 (54.3)	387.0 (46.9)	368.5 (49.4)	380.0 (51.2)	377.9 (46.4)
Error Percent (SD)	5.3 (4.6)	8.5 (7.5)	4.0 (2.2)	3.1 (3.2)	8.2 (9.2)	6.9 (4.3)	3.5 (4.9)	3.9 (3.5)

(b) Target Color: Green

	Attended				Unattended			
	Target		Nontarget		Target		Nontarget	
	Valid	Invalid	Valid	Invalid	Valid	Invalid	Valid	Invalid
RT in ms (SD)	337.5 (38.8)	346.9 (39.4)	333.5 (39.1)	341.7 (45.1)	353.0 (44.5)	341.2 (40.6)	344.3 (42.5)	332.8 (36.2)
Error Percent (SD)	1.6 (1.5)	1.1 (1.4)	0.6 (0.5)	1.4 (2.0)	1.9 (2.5)	1.5 (1.4)	1.1 (1.4)	0.4 (0.4)

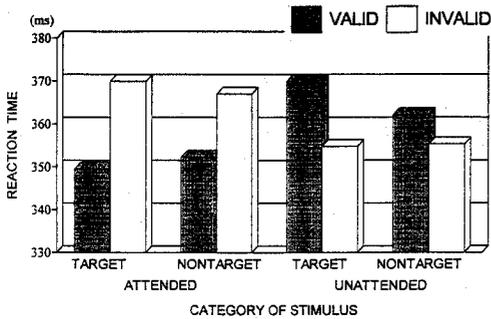


Figure 1 Validity Effects in Reaction Time

の反応時間は valid 条件に比べて短かった。全体的には、valid 条件の反応時間が invalid 条件に比べて短かった。

標的色が緑の場合には、刺激の種類×注意条件の単純交互作用 ( $F_{(3,66)}=5.44, p < .01$ ) のみが有意であった。標的色が赤の場合と同様、注意条件の効果の方向が刺激の種類によって異なっていた (標的色標的文字条件:  $F_{(1,88)}=3.70, n.s.$ , 標的色非標的条件:  $F_{(1,88)}=2.89, n.s.$ , 非標的色標的文字条件:  $F_{(1,88)}=5.99, p < .05$ , 非標的色非標的条件:  $F_{(1,88)}=5.66, p < .05$ )。

誤答率 誤答率の開平変換値について、反応時間と同様の分散分析を行った。その結果、標的色の主効果 ( $F_{(1,11)}=43.24, p < .001$ )、刺激の種類的主効果 ( $F_{(1,11)}=8.39, p < .001$ )、標的色×刺激の種類×注意条件の交互作用 ( $F_{(3,33)}=3.18, \epsilon = 0.816, p < .05$ ) が有意であった。標的色が赤の場合、緑の場合よりも誤答率が高かった。Bonferroni の方法による多重比較の結果、刺激色が標的色であるかどうかに関わらず、

標的文字に対する誤答率が、非標的文字に対するよりも高いことがわかった。

交互作用について分析したところ、上述した刺激の種類の単純・単純主効果は、標的色が赤である場合 (valid 条件:  $F_{(3,132)}=3.73, p < .05$ , invalid 条件:  $F_{(3,132)}=8.30, p < .001$ ) にのみ有意であった。また、注意条件の単純・単純主効果は、標的色が赤の場合の標的色標的文字刺激においてのみ有意であり ( $F_{(1,88)}=4.48, p < .05$ )、valid 条件の誤答率は invalid 条件よりも小さかった。

#### Event - Related Potentials (ERP)

反応時間と誤答率において、標的色によって結果に違いがあったが、それは質的な相違ではなく、主として効果の大きさの違いであった。そこで、ERP の分析においては、十分な加算回数を確保するために、注目色に関する条件は区別せず、込みにして分析した。

手がかり刺激に対する ERP 手がかり刺激に対する ERP では、テスト刺激呈示前500ms付近から Cz 優勢に CNV が出現していた。50msごとの区間平均振幅について、区間別、部位別に注意条件×刺激の種類×手がかり刺激の向きの分散分析を行った結果、これらの要因の系統的、持続的な影響は見られなかった。

テスト刺激に対する ERP テスト刺激に対する ERP を、刺激の種類別に Figure 2 に示した。図の左上が標的色標的文字、右上が標的色非標的文字、左下が非標的色標的文字、右下が非標的色非標的文字に対する波形である。それぞれ、valid 条件 (太線) で得られた波形と invalid 条件 (細線) で得られた波形を重ね書きし

である。重ね書きした2つの波形を比較すると、後頭部および側頭後部のP1, N1成分については、注意条件によるはっきりとした振幅差は見出せない。それに対して、midline および刺激の対側部位から記録されたERPでは、潜時約200msあたりから約100msの間、valid波形がinvalid波形に比べてnegativeになっており、この傾向は刺激の種類に関わらず認められる。

これらの視察は、統計的分析によっても確かめられた。P1潜時帯の平均振幅について注意条件×刺激の種類分散分析を行った結果、後頭部および側頭後部の刺激と同側部位で注意条件の主効果が有意(Tipsi:  $F_{(1,11)}=5.46, p<.05$ , Oipsi:  $F_{(1,11)}=5.82, p<.05$ )であり、valid波形がinvalid波形に比べてpositiveであったが、その他の部位では、有意な主効果、交互作用はなかった。

N1潜時帯のERPについて同様の分析を行った結果、Fz ( $F_{(3,33)}=6.27, \epsilon=0.780, p<.01$ )とCz ( $F_{(3,33)}=3.75, \epsilon=0.750, p<.05$ )で刺激の種類的主効果が有意であり、平均振幅は、標的色標的文字、非標的色標的文字、標的色非標的文字、非標的色非標的文字の条件順にpositiveであった。注意条件の主効果はPz ( $F_{(1,11)}=4.73, p=.05$ )とOipsi ( $F_{(1,11)}=5.82, p=.05$ )でほぼ有意であり、valid波形がinvalid波形に比べてnegativeであった。

N2潜時帯では、後頭よりの同側部位(Tipsi, Oipsi)を除く部位で注意条件の主効果が有意であり(Fz:  $F_{(1,11)}=14.55, p<.01$ , Cz:  $F_{(1,11)}=19.93, p<.01$ , Pz:

$F_{(1,11)}=10.92, p<.01$ , Ccont:  $F_{(1,11)}=23.98, p<.01$ , Cipsi:  $F_{(1,11)}=16.74, p<.01$ , Tcont:  $F_{(1,11)}=11.43, p<.01$ , Ocont:  $F_{(1,11)}=32.21, p<.01$ ), valid条件のERPがinvalid条件のERPよりもnegativeであった。Fzでは、さらに刺激の種類の主効果も有意( $F_{(3,33)}=4.48, \epsilon=0.615, p<.05$ )であり、標的色標的文字刺激に対するERPが、他の刺激に対するものよりもpositiveであった。Figure 3に、Fzで記録されたERPの210-260ms区間の平均電位を条件別に示した。

## 考 察

本実験の第1の目的は、標的が色と形という2つの属性の組み合わせで定義される弁別反応課題を行う際に、テスト刺激直前の中央手がかり刺激によって生じる注意の定位が、テスト刺激に対するERPのP1およびN1成分に及ぼす影響を調べることであった。

持続的注意事態で典型的に報告される、刺激と反対側の後頭部・側頭後部におけるP1およびN1振幅の増大は、本実験では見られなかった。本実験では刺激と逆側で注意効果が得られたが、Figure 2の波形を見ると、その条件差は振幅の差というよりも各成分の潜時の相違であるように見える。個人別に波形を見ると、特に刺激と逆側部位の波形では、P1やN1成分を同定するのが困難な場合が多く、潜時の相違を統計的に確認することはできなかった。しかし、いずれにせよ、本実験においては持続的注意事態と同じP1, N1効果

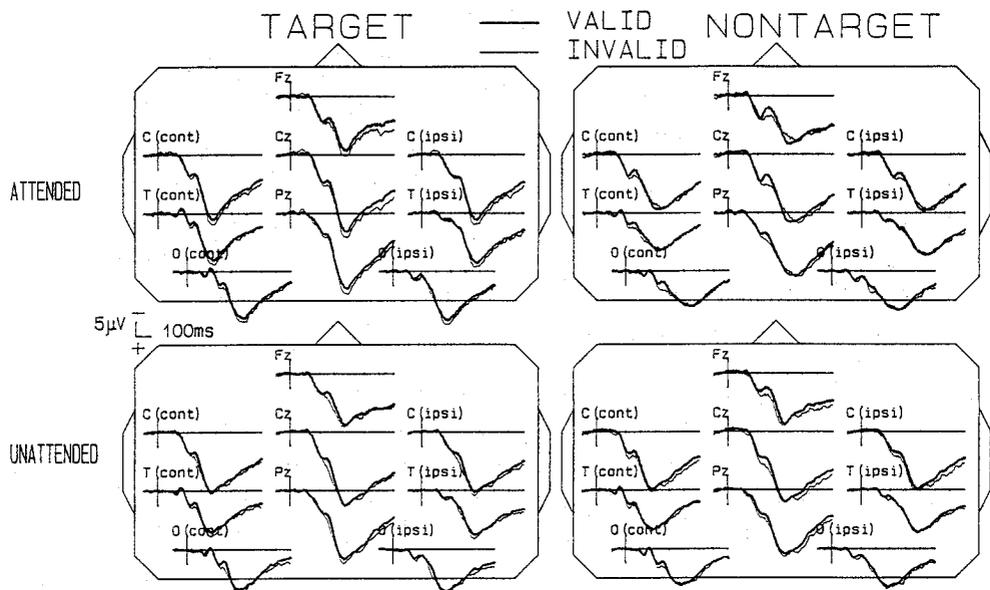
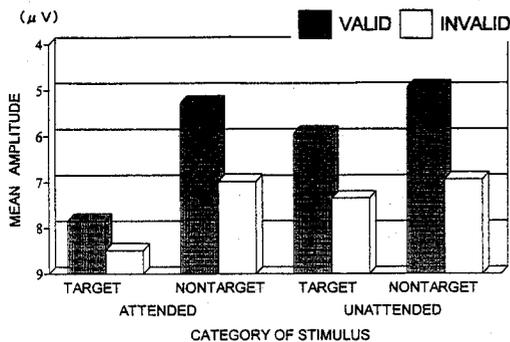


Figure 2 Effect of Cue Validity on Event-Related Potentials for Different Category of Stimulus



**Figure 3 Validity Effects in Event-Related Potentials at Fz (Mean Amplitude between 210 - 260 ms after test stimulus)**

は得られなかったと結論するのが妥当であろう。

本実験と同じ trial-by-trial 事態における注意効果を検討した研究間でも結果が一致していない。Eimer (1994b) は、invalid 刺激に対して反応を求める場合と求めない場合を比較し、後者では P1, N1 効果が出現するのに対し、前者ではそれが認められないことを示した。両条件には、注意の disengaging, move, engage というプロセス (Posner, Inhoff, Friedrich, & Cohen, 1987) が必要かどうかの相違があり、これが P1, N1 効果に影響することは十分に考えられる。

一方、invalid 刺激に対する反応を求めた課題を用いて、P1, N1 の振幅増大を報告した研究もある。例えば、Mangun and Hillyard (1991) は単純反応課題や線分の長さ弁別課題で P1, N1 振幅に validity 効果を見出している。反応時間の長さ (Mangun & Hillyard では単純反応時間が 230-254ms, 本実験では 333-393ms) から考えて、本実験の課題の方が困難であったと言える。したがって、これらの結果の不一致は、“課題の難易度” (Eimer, 1993) といった曖昧な概念では説明できない。空間的注意効果に関するこれらの結果を全体的に説明できる具体的なメカニズムが考えられなければならない。また、反応時間ではほぼ同程度 (約 20ms) の validity 効果が得られる場合でも、ERP 上の注意効果の出現の仕方が異なることから、見かけ上は同じ現象が、異なるメカニズムによって支えられている可能性も考慮する必要がある。

本実験の第 2 の目的は、P1 と N1 以外に、空間的注意のメカニズムを反映する成分の有無を確認することであった。本実験では Tpsi と Opsi を除いた部位で、210-260ms 区間の valid 条件 ERP が、invalid 条件に比べて陰性方向にシフトしていた。これは、Eimer (1994a, 1996) の Nd2 に相当すると考えられる。

本実験では、Nd2 の注意効果と行動測定における注意効果が一致しなかった。前者が刺激の種類に関わらず一貫していたのに対し、後者は刺激の種類によって効果の方向が異なっていた。すなわち、テスト刺激が標的色と同じ場合には、それが標的であるかないかに関わらず、valid 条件における反応時間が invalid 条件よりも短かった。ところが、テスト刺激の色が標的色と異なる場合には、それとは逆に、valid 条件における反応時間が invalid 条件よりも長かった。これは、従来報告されていた validity 効果とは全く逆の、いわば逆 validity 効果である。Nd2 潜時帯の ERP の陰性方向へのシフトが、刺激に対する処理の促進、あるいは何らかの付加的処理を反映すると考えると、この逆 validity 効果は、空間的注意による処理の促進が、必ずしも反応の促進に結びつかない場合もあることを示している。

逆 validity 効果が生じた原因は、以下のように推測できる。色の処理過程と形 (文字) の処理過程は独立に機能し、前者は後者よりも早く終了する。Invalid 条件では valid 条件に比べて形に関する情報が曖昧か、あるいは到達する速度が遅い。テスト刺激が非標的色の場合には、色について判断するだけで “No” 判断が可能であるので、色の処理が終了した時点ですべての処理が打ち切れ、反応が行われる。ところが、valid 条件では形による判断するのに十分な形情報が早く供給されるため、色に基く判断が終わるより前に形による弁別過程が始まる。いったんこの過程が生じると、それを途中で打ち切るのにある程度時間がかかり、その時間分だけ反応時間が延長する。このような想定は、本実験で使用した刺激では、形の弁別に比べて色の弁別が容易であったことが前提である。したがって、このような説明が妥当であるかどうかを検討するためには、本実験よりも色の弁別を困難にした条件、あるいは形の弁別を簡単にした条件で、validity 効果の現れ方を調べる必要がある。

今までに報告された ERP 上の空間的注意効果のうち、本実験で確認できなかったものが 2 つある。まず、Eimer (1994a, 1996) は、invalid 条件に比べて valid 条件では、midline 特に Pz から記録された ERP が刺激後 150ms 前後に陰性方向にシフトする (Nd1) ことを報告したが、本実験ではそれをはっきりとは確認できなかった。たしかに、Pz 波形の 150-180ms 区間の平均振幅はそのような傾向を示し、統計的にも有意に近い結果が得られたが、例えば Eimer (1996) では  $2\mu\text{V}$  前後の条件差が得られているのに対し、本実験で得られた振幅差は Figure 2 では視認できないほど小さい。Eimer (1996) によれば、この成分は valid 条件と neutral 条件の間ではなく、neutral 条件と invalid 条件の間に

違いがあり, invalid 条件における処理コストを反映していると考えられる。本実験でこの成分を確認することができなかった原因が, 本実験における validity 効果が invalid 条件における処理コストよりも valid 条件における処理の促進に基くものであるからなのか, あるいはその他に原因があるのかについては, 本実験では neutral 条件を設定していないこともあり, 判断できない。

第2に, Yamaguchi, Tsuchiya, and Kobayashi (1994) は, 中央手がかりに対する ERP を分析し, 手がかり刺激呈示後240msあたりから, 手がかりが示す向きとは反対側の頭頂部や側頭後部で記録された ERP が陰性方向に移行することを報告した。しかし本実験では, 手がかり刺激に対する ERP には, 系統的, 持続的な条件差は見出せなかった。Yamaguchi et al. (1994) では単純反応課題, 本実験では弁別反応課題と, 用いた課題に違いはあるが, 単純反応に比べてより多くの注意の集中が必要であると考えられる弁別反応課題で, 注意に関する条件差が出現しなくなるということは考えにくい。手がかり呈示後の注意の移動が ERP 上にどのように反映されるのかは, それを報告した研究の数も少なく, 未解決の問題である。

## 引用文献

- Bashinski, H., & Bacharach, V. R. 1980 Enhancement of perceptual sensitivity as the result of selectivity attending to spatial locations. *Perception & Psychophysics*, **25**, 241 - 248.
- Downing, C. J. 1988 Expectancy and visual - spatial attention: Effects on perceptual quality. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, **14**, 188 - 202.
- Eason, R. G. 1981 Visual evoked potential correlates of early neural filtering during selective attention. *Bulletin of the Psychonomic Society*, **18**, 203 - 206.
- Eimer, M. 1993 Spatial cueing, sensory gating and selective response preparation: An ERP study on visuo - spatial orienting. *Electroencephalography and Clinical Neurophysiology*, **88**, 408 - 420.
- Eimer, M. 1994a An ERP study on visual - spatial priming with peripheral onsets. *Psychophysiology*, **31**, 154 - 163.
- Eimer, M. 1994b "Sensory gating" as a mechanism for visual - spatial orienting: Electrophysiological evidence from trial - by - trial cueing experiments. *Perception & Psychophysics*, **55**, 667 - 675.
- Eimer, M. 1996 ERP modulations indicate the selective processing of visual stimuli as a result of transient and sustained spatial attention. *Psychophysiology*, **33**, 13 - 21.
- Harter, M. R., Aine, C., & Schroeder, C. 1982 Hemispheric differences in the neural processing of stimulus location and type: Effects of selective attention on visual evoked potentials. *Neuropsychologia*, **20**, 421 - 438.
- Hawkins, H. L., Hillyard, S. A., Luck, S. J., Mouloua, M., Downing, C. J., & Woodward, D. P. 1990 Visual attention modulates signal detectability. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, **16**, 802 - 811.
- Hillyard, S. A., & Mangun, G. R. 1987 Sensory gating as a physiological mechanism for visual selective attention. In R. Johnson, Jr., R. Parasuraman, & J. W. Rohrbaugh (Eds.), *Current trends in event - related potential research*. New York: Elsevier, pp. 61 - 67.
- Hillyard, S. A., & Münte, T. F. 1984 Selective attention to color and location: An analysis with event - related brain potentials, *Perception & Psychophysics*, **36**, 185 - 198.
- Jonides, J. 1981 Voluntary versus automatic control over the mind's eye's movement. In J. B. Long & A. D. Baddeley (Eds.), *Attention and performance Vol. 9*. Hillsdale, NJ: Erlbaum, pp. 187 - 203.
- Mangun, G. R., Hansen, J. C., & Hillyard, S. A. 1987 The spatial orienting of attention: Sensory facilitation or response bias? In R. Johnson, Jr., J. W. Rohrbaugh, & R. Parasuraman (Eds.), *Current trends in event - related potential research*. New York: Elsevier, pp. 118 - 124.
- Mangun, G. R., & Hillyard, S. A. 1988 Spatial gradients of visual attention: Behavioral and electrophysiological evidence. *Electroencephalography and Clinical Neurophysiology*, **70**, 417 - 428.
- Mangun, G. R., & Hillyard, S. A. 1990 Electrophysiological studies of visual selective attention in humans. In A. Scheibel & A. Wechsler (Eds.), *The neurobiological foundation of higher cognitive function*. New York: Guilford, pp. 271 - 294.

- Mangun, G. R., & Hillyard, S. A. 1991 Modulations of sensory - evoked brain potentials indicate changes in perceptual processing during visual - spatial priming. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, **17**, 1057 - 1074.
- Müller, H. J., & Findlay, J. M. 1987 Sensitivity and criterion effects in the spatial cueing of visual attention. *Perception & Psychophysics*, **42**, 383 - 399.
- Müller, H. J., & Rabbitt, P. M. A. 1989 Reflexive and voluntary orienting of visual attention: Time course of activation and resistance to interruption. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, **15**, 315 - 330.
- Neville, H. J., & Lawson, D. 1987 Attention to central and peripheral visual space in a movement detection task: An event - related potential and behavioral study. I. Normal hearing adults. *Brain Research*, **405**, 253 - 267.
- Posner, M. I. 1980 Orienting of attention. *Quarterly Journal of Experimental Psychology*, **32**, 3 - 25.
- Posner, M. I., Inhoff, A. W., Friedrich, F. J., & Cohen, A. 1987 Isolating attentional systems: A cognitive - anatomical analysis. *Psychobiology*, **15**, 107 - 121.
- Posner, M. I., Nissen, M. J., & Ogden, W. C. 1978 Attended and unattended processing modes: The role of set for spatial location. In H. L. Pick & E. J. Saltzman (Eds.), *Modes of perceiving and processing information*. Hillsdale, NJ: Erlbaum, pp. 137 - 157.
- Posner, M. I., Snyder, C. R. R., & Davidson, B. J. 1980 Attention and the detection of signals. *Journal of Experimental Psychology: General*, **109**, 160 - 174.
- Remington, R., & Pierce, L. 1984 Moving attention: Evidence for time - invariant shifts of visual selective attention. *Perception & Psychophysics*, **35**, 393 - 399.
- Rugg, M. D., Milner, A. D., Lines, C. R., & Phalp, R. 1987 Modulation of visual event - related potentials by spatial and non - spatial visual selective attention. *Neuropsychologia*, **25**, 85 - 96.
- Sperling, G. 1984 A unified theory of attention and signal detection. In R. Parasuraman, & D. R. Davies (Eds.), *Varieties of attention*. Orlando, FL: Academic Press, pp.103 - 181.
- Yamaguchi, S., Tsuchiya, H., & Kobayashi, S. 1994 Electroencephalographic activity associated with shifts of visuospatial attention. *Brain*, **117**, 553 - 562.

注1) 本研究は、新谷香・徳田真理子(平成7年教育学部心理学科卒業)との共同研究の一部である。