

漢字表象が空間的注意に及ぼす影響

梅林 薫

家政学部生活科学科生活科学専攻

(2012年9月20日受稿)

Effect of Kanji Representation on Spatial Attention

UMEBAYASHI Kaoru

Department of Home and Life Sciences, Major in Home and Life Sciences

Gifu Women's University, 80, Taromaru, Gifu City 〒501-2592

(Received September 20, 2012)

1. 問題と目的

ヒトの環境認知は視覚に大きく依存し、その情報処理には常に注意が介在している。こうした視覚的注意、特に空間的注意研究はPosner (1980) による先行手がかり法の考案によって目覚ましい発展を遂げた。彼のパラダイムは、手がかり刺激に続いて、凝視点の左右に呈示される光点（標的刺激）の検出時間を測定するという非常にシンプルなものである。実験は手がかりによって操作され、手がかりが標的の空間的位置を示している有効条件、手がかりが標的の空間的位置を示していない無効条件、手がかりが呈示されない、もしくは手がかりの機能をもたない中立条件が設定される。すると、有効条件の反応時間は中立条件よりも速くなり、無効条件は中立条件よりも遅くなる。そして、その“利得”あるいは“損失”を注意効果とみなす（損失利得法）。こうした注意効果の説明として、有効条件では手がかりによって標的が呈示される空間へと注意のスポットライトが予め移動するために光点の検出が速くなる一方、無効条件では標的呈示とは反対側に注意のス

ポットライトが移動するために反応が遅くなると考えられている。

さらに先行手がかり法は、手がかりの呈示方法によって二つに大別される。一つが周辺手がかり、もう一つが中心手がかりである。周辺手がかりは、手がかりが標的と一致した位置（あるいは標的付近）に呈示される。これに対して、中心手がかりは、例えば矢印のような空間的な位置を示す刺激が視野の中心に呈示される。周辺手がかりと中心手がかりにおける注意の特性として、周辺手がかりは受動的、外発的に注意が捕捉されるのに対し、中心手がかりは能動的、内発的に注意が向けられる。こうした質的な違いを示す一つの根拠は注意効果が生じるまでの時間にある。通常、周辺手がかりはSOA (stimulus onset asynchrony) 50 msから手がかりによる促進効果（注意の捕捉）が認められ、SOA200 msよりも長くなると抑制効果（復帰抑制）が認められる (e.g., Egeth & Yantis, 1997; Posner & Cohen, 1984)。他方、中心手がかりに関しては、促進的な注意効果が生じるまでにはSOA 300 msを要する (Cheal & Lyon, 1991; Müller & Rabbitt, 1989)。こうした質的な違いは事象

関連脳電位 (event related brain potential, 以下ERP) を用いた研究でも検討されており、周辺手がかりと中心手がかりに反応するERP成分やその時間帯が異なることが確認されている。周辺手がかりはN1という比較的初期の外因性ERP成分から、中心手がかりは刺激後200 ms以降の内因性ERP成分から注意効果が認められる (レビューとして、河西・熊田, 2003)。

近年、中心手がかりであっても視線や矢印といった刺激は自動的に注意を捕捉することが明らかになってきた。Driver, Davis, Ricciardelli, Kidd, Maxwell, & Baron-Cohen (1999) は凝視点に引き続き、左右いずれかの視線方向を示した顔刺激を呈示し、SOA100 ms, 300 ms, 700 msの各条件で左右いずれかの視野に呈示される標的文字がTかLかを弁別させた。視線方向と標的文字の位置が50%の確率で一致している場合でも、SOA300 ms以降で視線方向に呈示される文字弁別の反応時間が短縮した(実験2)。さらに、視線方向に20%、逆方向に80%の確率で標的文字が呈示される場合でも、SOA300 ms条件で同様の短縮が認められ、SOA700 ms条件では、その効果が逆転した(実験3)。こうした結果は、たとえ手がかり刺激が有効でなくても自動的に視線方向へと注意が誘導されたものと言える。Hommel, Pratt, Colzato, & Godijn (2001) は空間位置を示す中心手がかりとして、上下左右の矢印または“上”, “下”, “左”, “右”(それぞれドイツ語で“OBEN”, “UNTEN”, “LINKS”, “RECHTS”)の単語を使用した。実験参加者には、手がかりに続いて上下左右の4箇所呈示されるアルファベットにXがあったら反応することを求めた。こうした手がかりとその後の標的は等確率で呈示されるにもかかわらず、矢印、単語のいずれにおいても空間位置を示す方向と標

的Xの位置が一致している場合に反応時間が短縮した(実験1)。こうした結果は、矢印や単語が自動的に注意を誘導することを示唆した。

他方、数字と空間的な内的表象の関連はメンタルナンバーライン (mental number line) 及びSNARC効果 (spatial numerical association of response codes) として報告されている。メンタルナンバーラインとは数字の大きさによって内的表象が異なるもので、小さな数字(1や2)は左空間に、大きな数字(8や9)は右空間に表象されている (Moyer & Landauer, 1967; Restle, 1970)。したがって、数字の標的に対する反応時間は、数字が小さい数値を示す時には左手が右手よりも速く、大きい数値を示す場合は右手が左手よりも速くなる (SNARC効果, Dehaene, Bossini, & Giraux, 1993)。すなわち、数字は空間的注意を自動的に誘導し、それが運動反応に影響を及ぼすことを意味する。こうした知見に基づき、数字を中心手がかりとした実験では、小さな数字が呈示される条件では左視野(左手反応)呈示の標的に対する反応時間が、大きな数字が呈示される条件では右視野(右手反応)呈示の標的に対する反応時間がそれぞれ対側視野呈示に比べて速くなった (Fischer, Castel, Dodd, & Pratt, 2003)。

こうしたFischer et al. (2003)の報告は、矢印や上下左右といった直接的に空間位置を示すものでなくても、経験や学習によって作られた内的表象によって自動的な注意効果が生じることを示唆する。このことから、数字に限らず、内的表象が十分に形成されている刺激であるなら、同様の注意効果が認められると考えられる。したがって、Hommel et al. (2001)が行った上下左右という空間位置を直接的に意味する漢字でなくても、例えば“天”や“地”が上下のイメージをもつように、

その漢字のもつ空間的な表象が注意効果を生み出すと予測できる。

そこで本研究は、漢字の内的表象が空間的注意を自動的に誘導する可能性を探ることにした。上と下の空間表象をもつ漢字を中心手がかりとして用い、上下視野への自動的な注意効果を検討する。もしそうした中心手がかりが自動的に注意を誘導するのであれば、それぞれの表象と一致する位置に呈示される標的に対する反応が速くなると予測される。また手がかりと標的間のSOAを150 msと300 msで設定した。Hommel et al. (2001) はSOA500 msで行っているが、自動的注意が生じるのであれば、それよりも短いSOAでも注意効果が生じるであろう。ERP研究からは通常約250 msまでに語彙処理（文字表象が語彙システムにアクセスされる）がなされることが明らかになっている（Holcomb & Grainger, 2006）。また単語の意味処理は約400 msまでになされていることがN400-ERP成分によって示唆されている（Kutus & Hillyard, 1980）。しかし、そうした処理は文脈からの意味的逸脱といった高次の処理であり、本研究で用いる漢字一文字に対する処理はそれよりも早いと考えられる。したがって、注意効果は漢字の意味処理がなされる前（SOA150 ms）にはなく、意味処理後（SOA300 ms）の時間条件で生じると予測できる。

2. 方法

実験参加者 矯正視力を含め視覚機能が健常な女子大学生16名（平均19.5歳、範囲19-21歳）を対象とした。実験に先立ち、実験参加者から実験協力への同意署名を得た。

漢字イメージの調査 中心手がかりとして利用する刺激の選定にあたり、“天”や“地”のような上下の表象をもつ漢字についての予

備調査を6名の女子大学生を対象に行った。その後、45名の女子大学生に対して、漢字のもつイメージの評定として、“空”、“土”のような45個の常用漢字が、“天”または“地”とどの程度連想関係にあると思うかをそれぞれ5段階で評価させた¹。評定値に基づき、上の表象をもつ漢字（upper-direction cue, 以下UC条件）として“天”、“空”、“星”、“月”、“雲”、“晴”、下の表象をもつ漢字（lower-direction cue, 以下LC条件）として“地”、“土”、“道”、“草”、“畑”、“根”、上下いずれの表象ももたない漢字（neutral-direction cue, 以下NC条件）として“本”、“自”、“友”、“香”、“衣”、“学”の18刺激を決定した。“天”と“地”を除く各条件の5刺激に対する平均評定値の範囲は、“天”との連想関係が、UC条件で4.4-4.8、LC条件で1.5-1.9、NC条件で2.0-2.3、地との連想関係が、UC条件で1.8-2.4、LC条件で4.3-4.8、NC条件で2.0-2.4であった。

刺激 前述の漢字刺激18種類を手がかり刺激として用いた。これらの刺激は白色の画面を背景として黒インクの本ゴシック、視角にして約1.7°（縦）×約1.7°（横）で画面中央に呈示した。標的刺激は赤い丸（●）であり、大きさは視角約1.7°（縦）×約1.7°（横）、凝視点から上下垂直方向それぞれに5.1°の位置に呈示した。

手続き 実験は個別に行い、練習試行24試行に引き続き、1ブロック72試行を4ブロック（計288試行）実施した。1試行の手続きをFigure 1に示す。凝視点（“+”）1000 msに続いて手がかりの漢字刺激を100 ms呈示した。再び凝視点をSOA150 msまたは300 msで呈示した後に標的として赤い丸を上下

1 調査対象者も実験参加者となる可能性があったため、“上”や“下”の連想漢字を評定するのではなく、上下と連想関係が強い“天”と“地”との連想関係を評定させた。

視野に反応まで呈示した。実験参加者の反応の後、試行間間隔1000 msで次の試行に移った。手がかり及び標的はそれぞれ等確率でランダムに呈示された。実験参加者の課題は上下位置に呈示される標的に対して、それぞれ割り当てられた左右の第2指で反応することであった。その際、先行する漢字は課題とは無関係であること、標的に対してできるだけ速く正確に反応するよう教示をした。また標的に対応する左右の手はカウンターバランスをとった。刺激はパーソナルコンピュータ(HP社製 dc7900)上のSuperLab Pro ver. 4.0(Cedrus社製)制御により、19インチ液晶ディスプレイに呈示した。反応の記録は、パーソナルコンピュータに接続されたキーボードの“Z”と“/”のキー押しにより、SuperLab Proを使用して採取した。

分析 手がかり(上:UC, 下:LC, 中性:NC)×標的位置(上:upper visual field, 以下UVF, 下:lower visual field, 以下LVF)×SOA(150 ms, 300 ms)の3要因実験参加者内計画で行った。一般的な注意研究において、空間的注意の効果は手がかりと標的の一致性を変数として用い、その差分あるいは中立条件との差分として算出することが多い。しかしながら、本研究で用いる漢字刺激が手がかりとなりうるかは不確定であるため、手がかりと標的を別の変数として設定した。

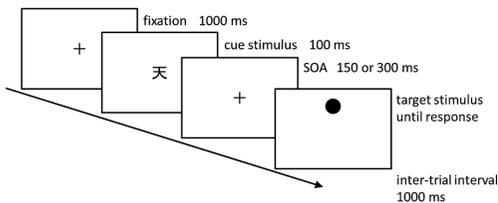


Figure 1. Schematic diagram of stimulus presentation.

3. 結果

各実験参加者について、正答に要した時間と誤答率を条件ごとに算出した。ただし、反応時間が150 ms未満、1000 ms以上の試行については誤答とみなした。実験参加者16名の平均反応時間と標準誤差をFigure 2に示す。手がかり×標的位置×SOAの反復測定分散分析を行った結果、手がかりの主効果が有意傾向($F(1, 15) = 2.79, p < .10, \eta_p^2 = .27$), SOAの主効果が有意となった($F(1, 15) = 66.82, p < .01, \eta_p^2 = .82$)。さらに、手がかり×標的位置の交互作用及び手がかり×標的位置×SOAの交互作用がいずれも有意傾向となった(それぞれ $F(2, 30) = 3.06, p < .10, \eta_p^2 = .17$; $F(2, 30) = 2.76, p < .10, \eta_p^2 = .16$)。二次の交互作用に対する単純主効果検定は、SOA300 msにおける標的のUVF呈示で手がかり効果が認められた($F(2, 120) = 5.77, p < .01$)。TukeyのHSD法による多

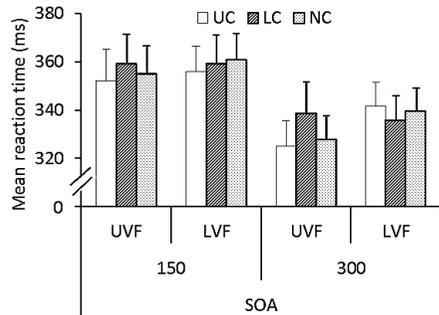


Figure 2. Mean correct reaction times as functions of cue type (UC, upper-direction cue; LC, lower-direction cue; NC, neutral-direction cue), target location (UVF, upper visual field; LVF, lower visual field), and SOA (150 ms; 300 ms). The error bars indicate standard errors of the means.

重比較の結果、手がかりのLC条件はUC条件とNC条件よりも反応時間が延長した（いずれも $p < .01$ ）。また、SOA300 msのUC条件において標的UVF呈示はLVF呈示よりも反応時間が短縮した（ $F(1, 90) = 4.41, p < .05$ ）。誤答率については、すべての条件で5%を下回っており（範囲1.0-2.6%）、反復測定分散分析の結果は、いずれの主効果及び交互作用も認めなかった。

4. 考察

本研究は漢字表象が空間的注意に及ぼす影響を検討した。SOA300 msの実験結果において、UVF呈示の標的に対する反応時間は先行する手がかりによって異なり、UC条件とNC条件よりもLC条件の反応時間が遅延した。すなわち、“地”といった下空間のイメージ表象をもつLC条件の手がかりは、UVF呈示の標的検出に対して抑制効果があることを示唆する。またUC条件における標的に対する効果は、LVF呈示よりもUVF呈示で反応時間が短縮した。この結果も、“天”といった上空間のイメージ表象をもつ刺激が上視野へと注意を誘導したためと推察される。こうしたSOA300 msに限定された効果は、漢字の語彙処理が終わってからの時間帯で注意効果が生じていることを示唆し、漢字の意味処理後、その表象によって空間的注意が移動したと考えられる。以上の結果は、少なくとも標的に先行する漢字の中心手がかりが上下視野への注意効果を生み出したと考えられ、仮説を概ね支持した。

先述したように、現在まで、中心手がかりとして視線（Driver et al., 1999）、矢印、単語（Hommel et al., 2001）などを用いた研究が行われてきた。矢印や方向を示す単語は経験的に学習されたものであり、本研究で用いた漢

字でも同様の注意効果が得られるとの仮説に基づき、実験を行った。その結果、標的位置を示す直接的な刺激でなくとも、注意を誘導する可能性を示した。

視線刺激は社会的な神経認知システム（e.g., Baron-Cohen, 1995）に基づき注意が誘導されると考えられている。さらに視線検出といった生態学的な適応上の必要性から、他の中心手がかりと異なり、復帰抑制が起こらない（Friesen & Kingstone, 1998）、特有の脳領域が活性化する（Kingstone, Tipper, Ristic, & Ngan, 2004）、などの報告が得られている。視線と矢印の注意効果を比較した報告では、視線は受動的に、矢印は能動的に注意が向けられる（Friesen, Ristic, & Kingstone, 2004）。本研究は矢印や単語と同様によく学習された漢字を用いており、そこで生じた注意効果は、視線のように強く注意を誘導するものでなかったと思われる。しかしながら、標的の呈示位置は先行する手がかり条件で等しく、また漢字は課題と無関係であるとの教示の下で注意効果が生じたことは、漢字のもつ表象によってある程度は自動的に注意が移動したことを示唆する。こうした結果は、メンタルナンバーラインに基づく注意効果（Fischer et al., 2003）とも符合する。漢字表象よる注意が受動的か、能動的かの議論は本研究では難しい。今後は手がかりと標的の一致性の確率を変えたり、SOAの条件を増やしたりして注意効果の生じる時間や復帰抑制の有無を検討する必要がある。

本結果は上視野に呈示される標的（UVF条件）に対してのみ、手がかり効果を認めた。また上のイメージ表象をもつ手がかりが与えられた条件（UC）でのみ、上下視野呈示の標的に対する反応時間が異なった。これらの結果は上視野への注意効果が生じやすいことを示した。多くの注意研究では、左右視

野への注意効果を検討することが多く、上下空間の注意効果を検討しているものは少ない。その中で、沖田・諸富・田中・小西 (1990) はチェッカーボード・パタン反転刺激に対する上下視野の空間的注意効果についてERPを用いて検討している。結果は上下視野のいずれも注意効果を認め、その効果は上視野で早かった。内藤・苧坂 (2002) は、上下視野 (上視野6°, 上視野9°, 下視野6°, 下視野9°) に呈示される標的刺激の検出課題において行動指標とERPを測定した。結果は上視野9°で正答率が低下し、標的に対する注意を反映するN2pc-ERP成分の振幅増大を認めなかった。すなわち、こうした結果は上視野における注意の働きが弱いことを示した。彼らの実験では5つの線分が縦に並び、妨害刺激の中から標的線分を検出する課題を用いている。その課題では色属性と線分の傾き属性から標的を判断しなくてはならず、本研究よりも複雑な処理が必要となる。空間的注意の解像度が上視野よりも下視野の方が優れているとの知見も得られており (He, Cavanagh, & Intriligator, 1996, 1997), こうした上下視野間の解像度の違いが本研究と内藤・苧坂 (2002) の異なる注意効果を生み出したのかもしれない。本研究で使用した標的は非常にシンプルであり、また周辺視野に呈示されたため、外発的な注意によって標的が処理された可能性がある。こうした上下空間の注意の非対称性については生態学的要因が関与していると考えられ (苧坂, 1993; Previc, 1990), 標的の属性や刺激呈示方法によって変わるのかもしれない。

本研究は、中心手がかりとして抽象的な漢字を使用し、漢字的内的表象が空間的注意を自動的に誘導する可能性を示した。漢字表象によって生じる注意の空間的、時間的な特性については今後詳細な検討が必要であろう。

5. 引用文献

- 1) Baron-Cohen, S. (1995). The eye direction detector (EDD) and the shared attention mechanism (SAM): Two cases for evolutionary psychology. In C. Moor & P. J. Dunham (Eds.), *Joint attention: its origins and role in development*. Lawrence Erlbaum Associates: Hillsdale, N. J., pp. 41-59.
- 2) Cheal, M., & Lyon, D. R. (1991). Central and peripheral precuing of forced-choice discrimination. *The Quarterly Journal of Experimental Psychology Section A: Human Experimental Psychology*, **43**, 859-880.
- 3) Dehaene, S., Bossini, S., & Giraux, P. (1993). The mental representation of parity and number magnitude. *Journal of Experimental Psychology: General*, **122**, 371-396.
- 4) Driver, J., Davis, G., Ricciardelli, P., Kidd, P., Maxwell, E., & Baron-Cohen, S. (1999). Gaze perception triggers visuospatial orienting. *Visual Cognition*, **6**, 509-540.
- 5) Egeth, H. E., & Yantis, S. (1997). Visual attention: Control, representation, and time course. *Annual Review of Psychology*, **48**, 269-297.
- 6) Fischer, M. H., Castel, A. D., Dodd, M. D., & Pratt, J. (2003). Perceiving numbers causes spatial shifts of attention. *Nature Neuroscience*, **6**, 555-556.
- 7) Friesen, C. K., & Kingstone, A. (1998). The eyes have it!: Reflexive orienting is triggered by nonpredictive gaze. *Psychonomic Bulletin & Review*, **5**, 490-495.
- 8) Friesen, C. K., Ristic, J., & Kingstone, A. (1998). Attentional effects of counterpredictive gaze and arrow cues. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, **30**, 319-329.
- 9) He, S., Cavanagh, P., & Intriligator, J. (1996).

- Attentional resolution and the locus of visual awareness. *Nature*, **383**, 334–337.
- 10) He, S., Cavanagh, P., & Intriligator, J. (1997). Attentional resolution. *Trends in Cognitive Sciences*, **1**, 115–121.
 - 11) Holcomb, P. J., & Grainger, J. (2006). On the time course of visual word recognition: An event-related potential investigation using masked repetition priming. *Journal of Cognitive Neuroscience*, **18**, 1631–1643.
 - 12) Hommel, B., Pratt, J., Colzato, L., & Godijn, R. (2001). Symbolic control of visual attention. *Psychological Science*, **12**, 360–365.
 - 13) 河西哲子・熊田孝恒 (2003). 視覚選択の神経機構—ERPデータを中心に—. *心理学評論*, **46**, 371–390.
 - 14) Kingstone, A., Tipper, C., Ristic, J., & Ngan, E. (2004). The eyes have it!: An fMRI investigation. *Brain and Cognition*, **55**, 269–271.
 - 15) Kutas, M., & Hillyard, S. A. (1980). Reading senseless sentences: Brain potentials reflect semantic incongruity. *Science*, **207**, 203–205.
 - 16) Moyer, R. S., & Landauer, T. K. (1967). Time required for judgment of numerical inequality. *Nature*, **215**, 1519–1520.
 - 17) Müller, H. J., & Rabbitt, P. M. (1989). Spatial cueing and the relation between the accuracy of “where” and “what” decisions in visual search. *The Quarterly Journal of Experimental Psychology Section A: Human Experimental Psychology*, **41**, 747–773.
 - 18) 内藤智之・苧坂直行 (2002). 上下視野間での注意の非対称性—刺激属性に対する注意の効果について—. *生理心理学と精神生*
 - 理学, **20**, 215–224.
 - 19) 沖田庸高・諸富 隆・田中春美・小西賢三 (1990). 上下視野パタン刺激への選択的注意が事象関連電位に及ぼす効果. *生理心理学と精神生理学*, **8**, 81–93.
 - 20) 苧坂直行 (1993). ヒトの上下視野の機能分化と生態学的制約性 三上章充 (編) 視覚の進化と脳 朝倉書店 pp. 168–185.
 - 21) Posner, M. I. (1980). Orienting of attention. *Quarterly Journal of Experimental Psychology*, **32**, 3–25.
 - 22) Posner, M. I., & Cohen, Y. (1984). Component of visual orienting. In H. B. Dumas & D. G. Bouwhuis (Eds.), *Attention and Performance X*. Lawrence Erlbaum Associates: Hillsdale. N. J., pp. 531–556.
 - 23) Previc, F. H. (1990). Functional specialization in the lower and upper visual field in humans: Its ecological origins and neurophysiological implications. *Behavioral Brain Science*, **13**, 519–575.
 - 24) Restle, F. (1970). Speed of adding and comparing numbers. *Journal of Experimental Psychology*, **83**, 274–278.

6. 謝辞

本研究の草案において、岐阜女子大学家政学部生活科学科生活科学専攻の山田夕貴氏より重要なアイデアをいただきました。また、予備実験を実施するにあたり、同所属の井田奈緒美氏、河尻彩夏氏、松下枝理香氏、山田夕貴氏、横山寿々奈氏の協力を得ました。記して深く感謝いたします。