

目標検出課題における能動的注意の効果

立教大学文学研究科 村越 琢磨 立教大学 長田佳久

The effect of active attention on the target detection task

Takuma MURAKOSHI and Yoshihisa OSADA (Rikkyo University)

Murakoshi and Osada (2000) suggested that active attention has effects on passive attentional processing. This study investigated how active attention affects passive attention. A dual task was used which requires subjects to pay attention to a fixation point. During a trial the subject was required to do shadowing numbers randomly presented at this fixation point to control active attention to shadowing. If active attention does not have any effect on passive attentional processing, subject's performance in the detection of a spot would not change even under this dual task condition. But the results showed a difference in performance between the dual task and the non-dual task condition. It suggests that active attention weakens the engaging and disengaging process of passive attention.

Key words: attention, active attention, passive attention, dual task

我々の視覚系は網膜に投影された情報をすべて等しく処理しているわけではない。網膜に投影される膨大な視覚情報の中のある部分に選択的に注意して、その選択に応じた処理をしている。近年、「注意」に関する心理物理学的、神経生理学的実験が多くなされ、注意とその諸側面に関する証拠が発見されている。一般に、視覚的注意は外因性成分と内因性成分に分けられていて(熊田, 1991)、異なるタイムコースを持つと考えられている。

外因性成分は一過性の比較的短いタイムコースを持つとされ、内因性成分は継続的な比較的長いタイムコースを持つとされている。Posner(1995)はその二つの成分をautomaticとcontrolledと呼んでいる。

特定の情報にのみ選択的に注意する場合、観察者が随意的に特定の情報に注意する「能動的注意」と観察者の意図とは無関係に不随的に特定の情報に注意が引きつけられる「受動的注意」が考えられる。能動的注意は効果の立ち上がりが比較的遅く、またその効果は継続的であるとされる。他

方、受動的注意は効果の立ち上がりが比較的速く、その効果は一過的であるとされている。能動的注意と受動的注意はその推測される脳内情報の流れをさしてトップダウン、ボトムアップとも呼ばれる。しかし、従来の多くの注意研究ではその両者は必ずしも明確に区別されておらず、能動的注意と受動的注意の役割とそれらの相互作用は明らかになっていない。

これまで注意の下位区分に関する多くの生理学的研究がなされてきた。例えば、健常者や脳損傷患者に対してイメージング技術を用いた神経生理学的実験から注意の集中過程や解放過程といった注意の下位区分機能には脳のある特定部分がそれぞれ関与していることが明らかになっている(Posner, 1995)。しかしながら、それらを考慮した心理物理学的測定はなされてきておらず、注意の下位区分がどのような機能特性を持っているかは明らかになっていない。

Murakoshi and Osada(2000)は能動的注意に負荷をかけた条件と能動的注意に負荷をかけない

条件での線運動錯視を検討した。その結果、手がかり刺激の提示時間が短い場合には負荷条件で線運動錯視がより生じ易いことが示され、能動的注意が受動的注意過程に影響を与えることが示唆された。

本研究では外因性成分を持つ不随意的な注意を「受動的注意」、内因性成分を持つ随意的な注意を「能動的注意」と定義し、能動的注意と受動的注意の相互作用を二重課題パラダイムを用いて検討した。

Braun(1998)は注意の分割の心理物理学的実験に関して二重課題実験パラダイムと手がかり実験パラダイムを用いた過去20年の主要な研究をレビューした。彼らによると二重課題実験パラダイムや手がかり実験パラダイムは視覚的注意を研究する上でよく使われる手法であり、その代表的な研究として二重課題実験ではSperling & Melchner (1978) や Duncan (1984), 手がかり実験では Nakayama & Mickelen (1989) を挙げている。二重課題実験は2つの課題に被験者の注意を同時に向けさせ、その2つの課題の成績によって注意の干渉や相互作用を検討するという目的で使用されてきた実験パラダイムである。また、手がかりが提示された位置での刺激検出感受性の変化を検討する実験は、手がかりの効果を調べる目的で用いられてきた。

本研究では1次課題として数字の読み上げをさせ、被験者の能動的注意を操作し、2次課題において手がかりの効果を調べた。能動的注意の負荷条件が、手がかりの提示によって引き起こされる受動的注意の移動、集中、解放、抑制過程において機能的差異に与える効果を明らかにすることが本研究の目的であった。

方 法

被験者 裸眼または矯正視力が正常な男子大学院生2名を被験者とした。

装置 パーソナルコンピュータ(Gateway, GP 6-400)に実験者用17インチモニター(Gateway, EV700)と被験者用21インチモニター(Sony,

GDM-500)を接続した。実験プログラムはC言語で作成し、グラフィックボード(Cambridge Research Systems, Visual Stimulus Generator 2/3™)を用いて刺激の生成および提示を行った。被験者の反応検出にはパーソナルコンピュータのキーボードを使用した。

刺激 注視数字、刺激が現れる位置を表すボックス刺激、目標刺激は黒い背景上に提示した。注視数字は視角 $1^{\circ} \times 1^{\circ}$ の0から9までの算用数字であった。ボックス刺激は $1^{\circ} \times 1^{\circ}$ の正方形、目標刺激は $0.16^{\circ} \times 0.16^{\circ}$ の円であった。マスク刺激は $1^{\circ} \times 1^{\circ}$ のチェッカーボードパターンの正方形を使用した。全ての刺激は白色で輝度は 52 cd/m^2 で一定であった。背景輝度は 0.2 cd/m^2 であった。

手続き はじめに、ディスプレイの中心にReady?の文字列を提示した。被験者がキーを押すとディスプレイの中心にランダムな提示時間(500, 800, 1000 msec)、ランダムな順序で注視数字を次々に提示した。被験者はこの注視数字を常に見ているように教示された。注視数字の提示と同時に注視数字から左右に 3° または $6^{\circ}, 9^{\circ}, 12^{\circ}$ 離れた位置2ヶ所にボックスを提示した。ランダムな試行間隔(ITI; 2000, 2500, 3000 msec)の後、手がかりとしてどちらかのボックスが短い間消失する(50 msec)。その後ランダムな(10, 30, 50, 100, 150, 200, 400, 800, 1600, 3200 msec)手がかり提示時間(cue lead time;以後CLT)が経過すると、手がかりを提示した位置(正当手がかり条件)または手がかりを提示した位置とは反対の位置(不当手がかり条件)に目標刺激を提示した。目標刺激を提示後50 msec経過するとマスク刺激を提示した。被験者の課題は、目標刺激が左右のボックスの中のどちらに現れたかをできる限り迅速にキーを押して報告することであった。以上の手続きで被験者は2つの条件で刺激検出を行った。すなわち、能動的注意の負荷をかけた条件では注視数字を読み上げさせ、能動的注意の非負荷条件では注視数字を見るだけであった。数字の読み上げという負荷条件では注視数字へのより多くの能動的な注意を被験者に課した。つまり、数字を読み上げることで

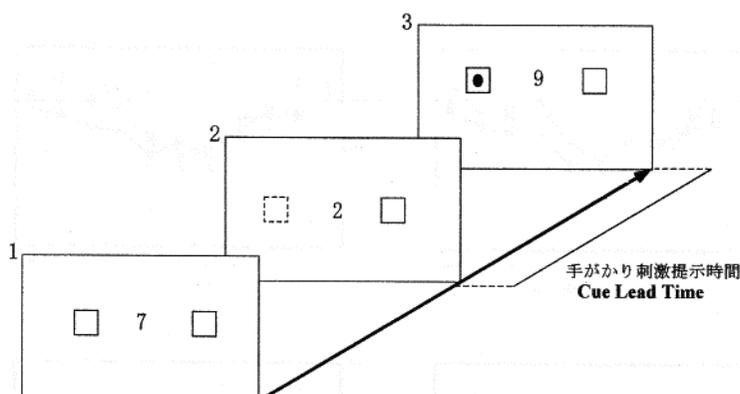


図1 最初、注視数字とボックス刺激が提示される(1)。その後、一方のボックスが50 m sec 消失(2)した後に目標刺激がどちらかのボックス刺激の中央に提示される(3)。

被験者に能動的注意の負荷をかけた。

(CLT 10 条件) × (手がかり刺激の提示される位置 2 条件 + 手がかりなし条件) × (目標刺激の提示される位置 2 条件 + 目標刺激なし条件) = 90 試行を 1 セッションとし、5 セッション計 450 試行を各視角度数条件 (3°, 6°, 9°, 12°) について能動的注意の負荷条件 (能動条件) と非負荷条件 (非能動条件) で行った。各被験者は本実験の前にあらかじめ 1 セッションの練習試行を行った。

結 果

図 2 a, b, c, d に手がかり提示時間に対する被験者全員の平均反応時間を距離条件ごとに示した。縦軸は平均反応時間、横軸は手がかり提示時間である。図 2 a は非能動条件の正当手がかり条件、図 2 b は能動条件における正当手がかり条件、図 2 c は非能動条件の不当手がかり条件、図 2 d は能動条件の不当手がかり条件である。

手がかり提示時間について各条件ごとに 1 要因分散分析を行った結果を表 1 にまとめた。

1 条件を除けば、全ての条件で手がかり提示時間の主効果が有意であった。手がかり提示時間の主効果について Fisher の PLSD 法による多重比較を行ない、正当手がかり条件における手がかりなし条件 (CLT 0 msec) とその他の手がかり提示時間との比較を表 2 にまとめた。

非能動正当手がかり条件 (図 2 a) では CLT が 150 msec 以下の場合には CLT の増加に伴い反応時間は短くなったが、CLT が 150 msec 以上になると CLT の増加に伴い反応時間は長くなった。手がかりなし条件と比べると手がかりが提示された条件で反応時間が短くなる傾向にあり、その効果はおおよそ CLT 50 msec から現れ、CLT 200 msec あたりまで持続した。

能動正当手がかり条件でも CLT が 150 msec 以下の場合には CLT の増加に伴い反応時間は短くなったが、CLT が 150 msec 以上になると CLT の増加に伴い反応時間は長くなった。また、手がかりなし条件と比べると手がかりが提示された条件で反応時間が短くなり、その効果はおおよそ CLT 50 msec から現れ、CLT 200 msec まで持続した。この傾向は非能動条件で見られた結果とほぼ同様であった。非能動条件では反応時間の変化の幅は約 360 msec から 440 msec であるのに対し、能動条件では約 380 msec から 460 msec であった。

距離条件ごとにみると、全ての距離条件で CLT が長くなるにつれて反応時間が短くなったが、CLT が 150 msec より長くなると CLT の増加に伴い反応時間は長くなった。また、距離が大きいほど反応時間は長くなり、CLT に伴う反応時間の変化の幅は小さくなった。

手がかり提示位置とは反対の位置に目標が提示

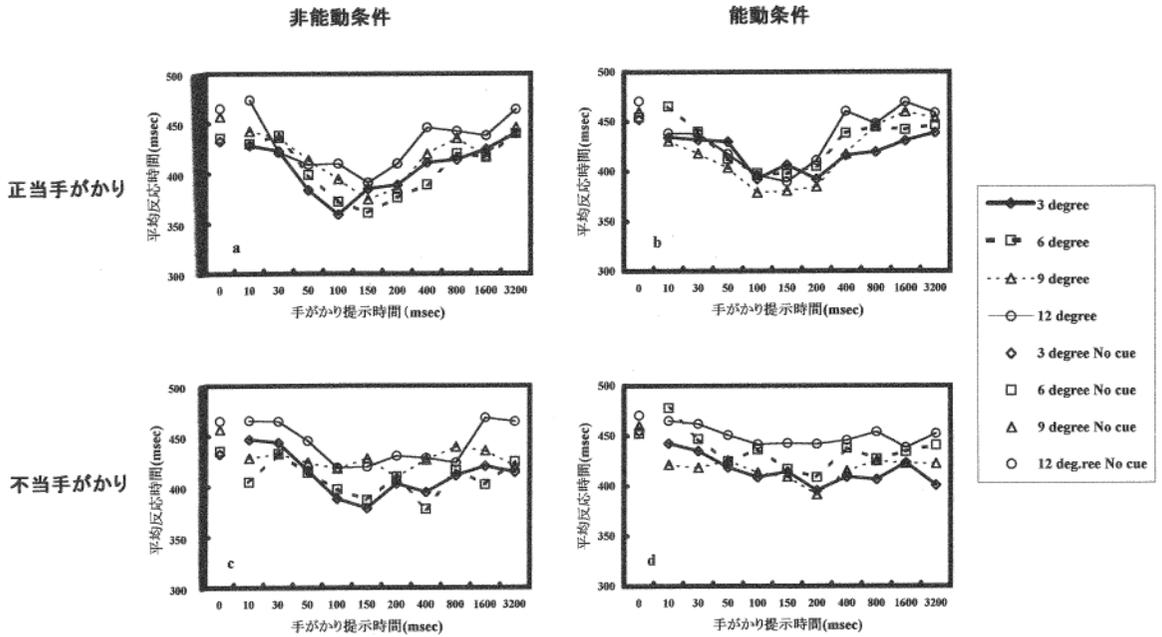


図2 手がかり提示時間に対する平均反応時間を示したものの。

(a) 非能動条件における正当手がかりに対する平均反応時間, (b) 能動条件における正当手がかりに対する平均反応時間, (c) 非能動条件における不当手がかりに対する平均反応時間, (d) 能動条件における不当手がかりに対する反応時間。

表1 手がかり提示時間についての1要因分散分析の結果

	距離条件	非能動条件	能動条件
正当手がかり	3度	F (10,386) = 3.079 p < .01	F (10,368) = 3.366 p < .01
	6度	F (10,382) = 3.949 p < .01	F (10,364) = 4.199 p < .01
	9度	F (10,369) = 6.258 p < .01	F (10,357) = 7.185 p < .01
	12度	F (10,352) = 5.325 p < .01	F (10,335) = 7.568 p < .01
不当手がかり	3度	F (10,384) = 2.042 p < .05	F (10,366) = 3.912 p < .01
	6度	F (10,383) = 2.221 p < .05	F (10,369) = 2.745 p < .01
	9度	F (10,362) = 2.492 p < .01	F (10,351) = 4.579 p < .01
	12度	F (10,352) = 2.608 p < .01	F (10,337) = 1.675 p = .0851

表2 手がかりなし条件 (CLT 0 msec) とその他の手がかり提示時間との多重比較の結果

	距離条件	手がかり提示時間 (msec)									
		10	30	50	100	150	200	400	800	1600	3200
非能動条件	3度			***	***	**	**				
	6度			**	***	***	***	**			
	9度			***	***	***	***	**		**	
	12度		***	***	***	***	***				
能動条件	3度				***	***	***	**	**		
	6度			***	***	***	***				
	9度	*	***	***	***	***	***	**			
	12度	**	**	***	***	***	***				

1%有意 ***, 5%有意 **, 有意傾向 *, 有意差なし 無印

された場合（不当手がかり）には手がかり提示位置と目標が同じ位置に提示された場合（正当手がかり）に比べ反応時間が長く、またCLTに伴う反応時間の変化の幅は小さかった。

考 察

手がかりの提示により平均反応時間が異なったことは、手がかり刺激の提示により手がかり刺激が提示された位置での刺激検出が促進されていたと考えられる。そして、この手がかりの提示による刺激検出の促進効果は本実験における「受動的注意」の促進効果とみなすことができる。そして、ここで見られた促進効果は先行研究の結果において見られた促進効果とほぼ一致する(Nakayama & Mackeben, 1989 参照)。非能動条件に比べ能動条件において反応時間が長かったことから、能動条件においては受動的注意の促進効果が非能動条件に比べ少なかったと考えられる。このことは能動的注意に負荷をかけると受動的注意の促進効果が減少し、CLTに伴う反応時間の変化の幅が小さくなったことを示唆する。

以上から、能動的注意の負荷が受動的注意の促進効果を弱めたと考えられる。では、能動的注意は受動的注意のどの側面に影響を与えたのだろうか。一般に注意の下位区分として集中、解放、移動、抑制が仮定されている(Posner et al. 1987)。注意の集中とはある位置や対象に注意を向けさせておくことであり、解放はその注意をある特定の位置や対象から解き放つ機能とされる。つまり、注意がある位置や対象に集中されている間はその位置や対象において処理が促進され、逆に注意がその位置や対象から解放されればその促進効果は消失する。移動は注意をある位置や対象から他の位置や対象へと動かすことであり、抑制は促進されるべき位置や対象以外の処理を抑制する機能と考えられている。また、ここで言う抑制とは促進効果の消失というよりはむしろ処理の遅延やより浅い処理を意味していると言えよう。

もし、能動的注意の負荷が受動的注意の移動過程に影響を及ぼすならば、注意が目標刺激に移動

するまでにより長い時間がかかり、その促進効果の開始も遅くなることが予想される。その結果、能動条件では注意の促進効果の曲線はCLTの長いほうへシフトすると予測される。しかしながら、本研究の結果はそのような予測を支持しなかった。さらに、注意の抑制過程が影響を受けるならば、手がかり刺激が提示されていない側での抑制効果は弱まり、不当手がかり条件における反応時間の変化の幅は非能動条件に比べ、能動条件の方でより大きくなると考えられるが、本研究の結果からそのような違いは示されなかった。また、能動的注意の負荷が受動的注意の集中、解放過程に影響を与えるならば、受動的注意による刺激検出の促進効果は弱められると予想できる。その結果、注意の促進効果の曲線はより変化の幅が小さい曲線となるはずである。本研究の結果では、非能動条件に比べ能動条件の曲線はより変化の幅が小さい曲線となった。従って、本研究の結果から能動的注意は受動的注意の移動、抑制過程には影響を及ぼさないが、集中、解放の強さを弱めると示唆される。

最後に、本研究における問題点として以下のことを指摘しなければならない。1つはセッションの経過に伴い手がかりの機能が変化するのではないかという問題である。知覚実験において試行を繰り返し行っていると被験者の反応率が上昇したり、反応時間が減少したりすることが知られており、そのことは知覚学習(perceptual learning)と呼ばれている(Ball & Sekuler, 1987; Steinman 1987; Sagi & Tanne 1994)。しかしながら、村越・長田(2000 b)は反応時間をセッションごとに比較した結果、受動的注意の促進効果の傾向が変化しないことを報告している。さらに本実験では非能動条件と能動条件を1セッション毎に行っているため、両条件間での反応時間の違いが知覚学習により生じた可能性は排除されるだろう。またもう1つの問題として、網膜の異なる位置では刺激検出の感度が異なり、距離条件間の比較の妥当性に問題があるということが挙げられる。この問題を解決するには、すべての条件で目標刺激の検出を

同じ網膜位置で行い、手がかりが提示される位置だけを変更することが必要となる。そうすることで、注意の移動距離だけが異なる条件間の比較ができるようになり、注意の下位区分に対する能動的注意の負荷の影響がより厳密に測定できるだろう。

注意の集中、解放、移動には頭頂葉、上丘それに中脳が関係していることが脳の特定部位に損傷を持つ患者を用いた神経生理学的な研究から明らかにされており(Posner, 1995; Rafal & Robertson, 1995), 本研究の課題をfMRIなどのイメージング技術を用いて神経生理学的に測定し、頭頂葉、上丘、中脳の活動を調べることによって、注意機構の詳細をより明確にできることになろう。

引用文献

- Ball, K., & Sekuler, R. 1987 Direction-specific improvement in motion discrimination. *Vision Research*, **27**, 953-965.
- Braun, J. 1998 Divided attention: Narrowing the gap between brain and behavior. In Parasuraman, R. (Ed). *Attentive brain*, MA: MIT press. Pp. 327-351.
- Downing, P. E., & Treisman, A. 1995 The shooting line illusion: Attention or apparent motion? *Investigative Ophthalmology and Visual Science*, **36**, S856.
- Downing, P. E., & Treisman, A. 1997 The line-motion illusion: Attention or impletion? *Journal of Experimental Psychology: Human perception and performance*, **23**, 768-779.
- Duncan, J. 1984 Selective attention and organization of visual information. *Journal of Experimental Psychology: General*, **113**, 501-517.
- 熊田孝恒 1991 視覚的注意に関する最近の研究動向 日本認知科学会「パターン認識と知覚モデル (P&P)」研究分科会発表資料No. 13-1.
- Murakoshi, T. & Osada, Y. 2000 The effect of voluntary attention on the illusory line motion. *Investigative Ophthalmology and Visual Science, Suppl.*, **41**, S721.
- 村越琢磨・長田佳久 2000 a 線運動錯視における能動的注意の効果 *Vision*, **12** (1), 51.
- 村越琢磨・長田佳久 2000 b 線運動錯視における注意の効果 立教大学心理学研究, **42**, 123-127.
- Nakayama, K. & Joseph, J. S. 1998 Attention, pattern recognition, and pop-out in visual search. In Parasuraman, R. (Ed), *Attentive brain*, MA: MIT press. Pp. 327-351.
- Nakayama, K. & Mackeben, M. 1989 Sustained and transient components of focal visual attention. *Vision Research*, **29**, 1631-1647.
- Nothdurft, H. C. 1999 Rapid communication: Focal attention in visual search. *Vision Research*, **39**, 2305-2310.
- Posner, M. I. 1995 Attention in cognitive neuroscience: An overview. In Gazzaniga, M. S. (Ed), *The cognitive neuroscience*, MA: MIT press. Pp. 615-624.
- Posner, M. I., Inhoff, A. W., Friedrich, F. J., & Cohen, A. 1987 Isolating attentional systems: A cognitive-anatomical analysis. *Psychobiology*, **15**, 107-121.
- Rafal, R., & Robertson, L. 1995 The neurology of visual attention. In Gazzaniga, M. S. (Ed), *The cognitive neuroscience*, MA: MIT press. Pp. 625-648.
- Sagi, D., & Tanne, D. 1994 Perceptual learning: learning to see. *Current opinion in neurobiology*, **4**, 195-199.
- Shimojo, S., & Miyauchi, S. 1997 Visual motion sensation yielded by non-visually driven attention. *Vision Research*, **37**, 1575-1580.
- Sperling, G., & Melchner, M. J. 1978 The attention operating characteristic: Some examples from visual search. *Science*, **202**, 315-318.
- Steinman, B. A., Steinman, S. B., & Lehmkuhle,

- S. 1997 Research note: Transient visual attention is dominated by the magnocellular stream. *Vision Research*, **37**, 17-23.
- Steinman, S. B., 1987 Serial and parallel search in pattern vision? *Perception*, **16**, 389-398.
- Tse, P., Cavanagh, P., & Nakayama, K., 1998 The role of parsing in high-level motion processing. In Watanabe, T. (Ed), *High-Level Motion Processing*, MA: MIT Press. Pp.249-266.
- Watanabe, K., & Shimojo, S. 1998 Attentional modulation in perception of visual motion events. *Perception*, **27**, 1041-1054.