

目が泳ぐってどういうこと？空間的記憶保持時の眼球運動

浅野 倫子
横澤 一彦

東京大学大学院人文社会系研究科
東京大学大学院人文社会系研究科

We often experience eye movements even when no visual stimulus is provided. In this study, we investigated a function of eye movements that is directly irrelevant to visual information processing -- the use of eye movement as a form of rehearsal mechanism for visuo-spatial memory. Participants memorized seven words on a display including their spatial locations, and after a memory retention period of 2 s, they recognized a word that had been presented at a cued location. Results showed that good performers of the word memory task made more eye movements during memory retention period when they could make free eye movements during the retention period (i.e., a blank screen was presented), compared to when a fixation point was presented and their eye movements were inhibited. No effect of fixation point was found for poor performers. There was also a tendency in good performers that word memory performance was degraded when eye movements were inhibited during retention period. These results suggest that eye movement can serve as a rehearsal mechanism for visuo-spatial memory.

Keywords: eye movements, rehearsal mechanism, visuo-spatial memory

問題・目的

眼球運動は通常、外界の視覚情報を入手するために行われる。しかし視覚情報の取得を目的としない眼球運動の存在も指摘されている。Tremblay, Aubin, & Jalbert (2006) は、短期記憶の保持過程に眼球運動が寄与することを報告している。彼らは7つのドットを二次元的に系列提示し、10秒の保持期間の後にその系列順を答えさせる課題を用いた。保持期間中にすべてのドットを同時提示したところ、その際に実験参加者がドットを提示された系列順に見るような眼球運動をした場合は課題の正答率が上昇した。この結果から、眼球運動が空間的な情報と結びついた系列記憶のリハーサルメカニズムとして機能していることが示唆された。これは興味深い知見であるが、眼球運動の機能の、視覚情報の取得とリハーサルメカニズムとしての側面をさらに切り分けて検討するためには、保持期間中に視覚情報入力が無くても眼球運動が生じるかを調べる必要がある。そこで本研究では、空間的な短期記憶の保持期間中に何も刺激が提示されず、視覚情報入力がない場合でも眼球運動が生じ、リハーサルメカニズムとして機能するかどうかを検討した。具体的には空間的短期記憶の保持期間中に、ブランク画面を提示して自由に眼球運動を行わせた場合に比べ、注視点提示により眼球運動を阻害した場合に記憶成績の低下が見られるかを調べた。

方法

実験参加者 20～26歳（平均22歳）の日本語母語者32名。

課題 各試行ではまず7つの刺激単語（漢字二字熟語）が3000ms間提示され、実験参加者は各単語とその空間的位置を記憶するよう教示された。2000msの保持期間ののちに、7つの刺激単語のうちの1つが存在した位置に*が提示され、続いてその位置の単語についての再認課題が行われた。再認課題はその単語が何

であったかを4肢強制選択で問うものであった。保持期間中の眼球運動を測定した。全132試行であった。

記憶保持中のどの期間の眼球運動が記憶保持成績に影響するかを検討するため、保持期間1000msずつ前後半に分け、それぞれブランクまたは注視点を提示した。すなわち、保持期間の提示内容には前後半ブランク、前後半注視点、前半ブランク-後半注視点、その逆の計4条件が設定された（ブロック間要因）。実験参加者は注視点が提示された場合は注視するよう求められた。記憶保持の難易度を操作するため、刺激単語の単語親密度（なじみの度合い）を高親密度、中親密度、低親密度の3条件とした。親密度が低いほど記憶保持が困難になり、リハーサルメカニズムの必要性が高まると予測される。

結果

単語再認正答率

単語再認課題の正答率について、単語親密度と保持期間前半の提示内容、保持期間後半の提示内容を要因とした三要因分散分析を行った結果、単語親密度の効果のみが有意であり ($F(2,62) = 5.53, p < .01$)、TukeyのHSD法による下位検定の結果、高親密度条件では他2条件よりも再認成績が高いことが示された（いずれも $p < .05$ ）。しかし参加者間での成績のばらつきが大きいため、さらに全参加者を高成績群と低成績群に二分して分析を行った。両群（各16名）の単語再認正答率の平均はそれぞれ70.6%、47.9%であった。

高成績群の単語再認正答率を調べたところ、記憶保持の難易度の高い低・中親密度条件では、保持期間中に注視点が提示されず一切眼球運動が阻害されなかった場合（前後半ブランク条件）に比べ、前後半のいずれかまたは両方で注視点が提示された場合は正答率が低下する傾向が見られた（ただし統計的有意差なし）。低成績群ではそのような傾向はみられなかった。

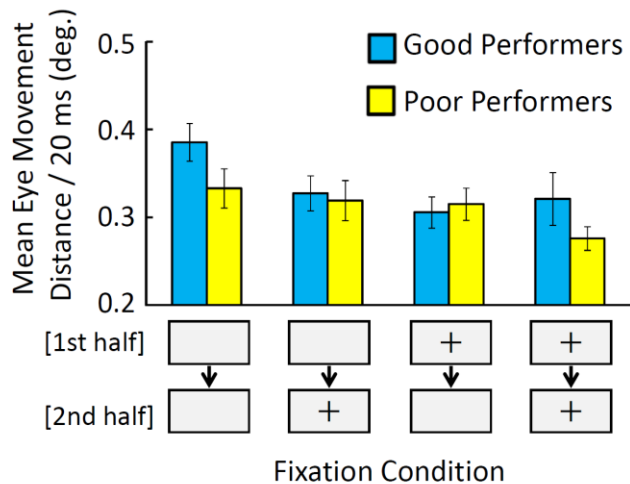


Figure 1. Mean eye movement distances during memory retention period as a function of fixation conditions. Error bars represent standard errors.

記憶保持期間中の眼球運動距離

保持期間中に眼球運動が行われたかを調べるため、保持期間中の注視点の20 msごとの移動距離の平均（ほぼ平均サッケード距離に相当）を求め、平均運動距離として分析した（Figure 1）。その結果、保持期間前半の提示内容と保持期間後半の提示内容のそれぞれの主効果が有意であり（ $F(1,30) = 15.29, p < .01$; $F(1,30) = 6.32, p < .05$ ）、保持期間の前半、後半のいずれにおいても、注視点が提示されたときに比べて、ブランク画面が提示されたときのほうが有意に眼球運動距離が長かったことが示された。また、成績群と保持期間前半、保持期間後半の提示内容の3要因の交互作用が有意であった（ $F(1,30) = 7.33, p < .05$ ）。下位検定の結果、高成績群では、眼球運動が一切阻害されない前後半ブランク条件のほうが、前半に注視点提示された2条件よりも平均運動距離が有意に長く（ $p < .05$ ）、また、前後半ブランク条件と前半ブランク-後半注視点条件間にも有意傾向が見られた（ $p < .10$ ）。低成績群ではそのような結果は得られなかった。以上の結果は、眼球運動が一切阻害されないとき、高成績群は眼球運動を行うことで記憶を保持していた可能性を示唆する。

記憶保持期間中の眼球運動の空間的範囲

保持期間中の眼球運動距離の分析から、眼球運動が一切阻害されない前後半ブランク条件では、高成績群は眼球運動を特に多く行っていたことが示唆された。それではその眼球運動は、刺激画面において単語が提示されていた位置を見るようなものであったのだろうか。この点について検討するため、前後半ブランク条件における保持期間中の眼球運動の空間的範囲を調べた。前後半ブランク条件の各試行の、保持期間中の20 msごとの注視点位置の幾何学的重心と、各注視点位置と

の平均距離を算出したところ、高成績群では視角 2.77° 、低成績群では 2.38° であった。これらは全刺激単語の提示位置重心から各単語までの平均距離である 6.14° の半分以下であり、保持期間中に、刺激画面において単語が提示されていた位置を見るような眼球運動を行っていたとは考え難い。すなわち、保持期間中に生じた眼球運動は、少なくとも記憶対象の物理的に正確な空間位置のリハーサルではないと考えられる。

考察

実験結果より、高成績群は、眼球運動が一切阻害されない条件では、記憶保持期間中に広範にわたる眼球運動を行うことで記憶を保持していたと推測される。高成績群でも、注視点提示により保持期間中の自由な眼球運動が阻害されると、記憶保持難易度の高い条件で単語再認成績が低下する傾向も示された。これらの結果は視覚情報の入力が無くても眼球運動が生じる、すなわち「目が泳ぐ」ことが空間情報と結びついた記憶の保持のためのリハーサルメカニズムとして機能している可能性を示すものである。

ただし、眼球運動が具体的にどのような処理を反映するののかについては今後の検討が必要である。本研究の結果より、記憶保持期間中の眼球運動は、記憶対象の物理的に正確な空間位置のリハーサルであるとは考えにくい。また、先行研究より、認知的課題遂行時に、中枢神経系の強い活動が眼球運動の制御に乱れを生じさせることが知られていることから（竹田, 1993）、本研究で観察された注視点提示による記憶保持成績の低下は、記憶を保持しながら眼球運動の乱れを制御するという二重課題の困難さによってもたらされた可能性も考えられる。しかしこの解釈では、眼球運動を制御する必要が無い条件において、高成績群のみ平均眼球運動距離が増大することの説明がつかない。したがって、眼球運動が記憶のリハーサルメカニズムなど、視覚情報の取得を目的としない機能も担っている（または視覚情報の取得以外の処理も反映している）可能性が検討されるべきであろう。

附記

本研究の一部は、著者らの指導のもとに行われた、今村泰昭さん（2009年東京大学文学部卒業）の卒業研究に基づく。

引用文献

- 竹田真理子 (1993). 問題解決と眼球運動 荻阪良二・中溝幸夫・古賀一男(編) 眼球運動の実験心理学 名古屋大学出版会 pp.219-237.
- Tremblay, S., Saint-Aubin, J., & Jalbert, A. (2006). Rehearsal in serial memory for visual-spatial information: evidence from eye movements. *Psychonomic Bulletin & Review*, 13, 452-457.