

追視運動が無意図的同期に及ぼす影響¹

高瀬 弘樹 中村 友香 今井 章 (信州大学)

Effects of visual tracking on unintentional coordination

Hiroki TAKASE, Yuka NAKAMURA and Akira IMAI (Shinshu University)

要 約

本研究では、視覚的な同期現象に対する眼球運動（視線運動）の影響について検討した。実験では、参加者が周期運動する視覚刺激が提示された状態で周期的な手首の運動を行う課題において、「視覚刺激の動きを目で追う追跡条件」と「目で追わず視線を固定した固視条件」の「視覚刺激—手首運動」間の同期度について比較した。また、その際に、課題遂行中の参加者の眼球運動を測定し、視覚追跡が無意図的同期に及ぼす影響について定量的に評価・検証することも目的とした。実験の結果、追視条件では手首運動の周波数が刺激のテンポにより影響を受けることが示された。また、「刺激—手首運動」間のコヒーレンス（同期度）が、非追視および統制条件よりも追視条件で有意に大きかったことから、視覚刺激の追視が「刺激—手首運動」間の同期を強めることが確認された。追視条件では他の2条件より「刺激—視線運動」および「視線—手首運動」間の同期度も高かったことから、刺激の運動を追視しながら手首運動を遂行していると、刺激の運動に伴って参加者の視線が動き、視線の動きと手首運動が同期することで、結果として「刺激—手首運動」間の同期が強くなると考えられた。

キーワード：無意図的同期，眼球運動，ダイナミカル・システム・アプローチ

問 題

他者の運動を見ていると、その運動にいつの間にか自分の運動が同期してしまうことがある。この無意図的同期現象は、会話場面における話し手と聞き手の身振り手振りの同期 (Condon & Ogston, 1966) など、日常生活の至る所で見ることができ、多くの観察研究が行われてきた (e.g., Bernieri, Reznick, & Rosenthal, 1988; Condon & Sander, 1974; Kendon, 1970)。近年、この無意図的同期現象について、ダイナミカル・システム・アプローチ (Kelso,

¹ 本研究は、第2著者が2012年1月に信州大学人文学部に提出した卒業論文を改訂したものである。また、本研究の一部は、日本心理学会第76回大会において発表された。

1995; Kugler & Turvey, 1987; Thelen & Smith, 1994; Turvey, 1990) の観点から, その同期の法則性, 数理モデルを構築する実証研究が行われている (e.g., Richardson, Marsh, Isenhower, Goodman, & Schmidt, 2007; Richardson, Marsh, & Schmidt, 2005; Schmidt & O'Brien, 1997; Schmidt, Richardson, Arsenuault, & Galantucci, 2007)。これらの研究では, 2者が互いの運動を見ることによって同期現象が生じること, また2者の運動の相対位相 (位相のずれ) が 0° 周辺 (同位相モード) と 180° 周辺 (逆位相モード) で安定した同期が築かれること等が明らかにされている。

Schmidt et al. (2007) は観察者の視覚追跡に伴う眼球運動の影響を実験により検証した。実験では, 参加者に心地良いと感じるテンポ (快適テンポ) で振り子を周期的に振らせながら, 周期運動する視覚刺激を追視する (視線を周期的に移動させる) 課題と, ある一点を注視する (視線を移動させない) 課題を行わせた。両課題における「視覚刺激 - 振り子運動」間のコヒーレンス値 (同期の程度を示す指標, $0 \leq \text{コヒーレンス} \leq +1$) を比較したところ, 視線を移動させた課題の方がコヒーレンス値は高く, 視覚追跡による眼球運動が「視覚刺激 - 振り子運動」の無意図的同期を強めることが示唆された。

Schmidt et al. (2007) の研究では, 眼球運動の測定は行われておらず, 眼球運動について定量的に分析, 検証がなされていない。本研究では, Schmidt et al. (2007) と同様の課題を行なっているときの参加者の眼球運動 (視線運動) を測定し, 視覚追跡が無意図的同期に及ぼす影響について定量的に評価・検証することを目的とする。

方 法

実験参加者 大学生18名 (男性9名と女性9名, 平均19.8歳) であった。自己報告から, 参加者は全て裸眼もしくは矯正して正常な視力を有していた。

装置と材料 視覚刺激の提示には視覚刺激作成支援ソフト Experiment Builder, 眼球運動の測定は急速眼球運動解析装置 EyeLink II (ともにSR Research社製) を用いた。手首の内転-外転運動はゴニオメータ (Biometrics社) により測定された。眼球運動と手首運動のアナログデータは, サンプリングレート500 HzでA/D変換 (cDAQ-9172, NI 9215, National

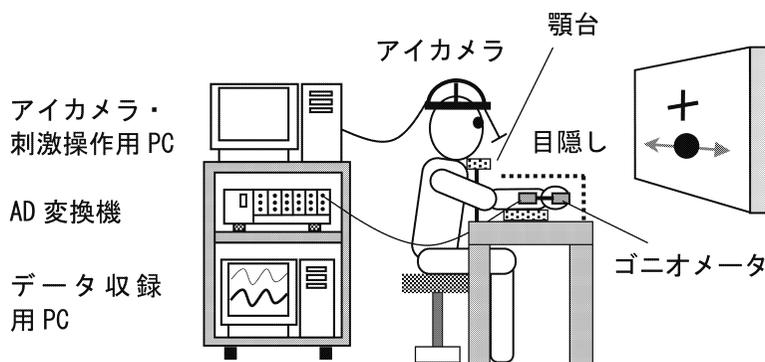


図1 実験場面図

Instruments 社) され, PC に取り込まれた。実験場面を図 1 に示す。

課題 課題は PC モニタ上に提示される視覚刺激 (円 [視角 0.7°]) を目で追う (追視する), または注視点 (十字 [視角 0.7°]) を見ながら, 利き手の手首を水平方向に屈曲—伸展運動させるという内容であり, 追視条件 (注視点の視角 0.7° 下を左右に視角 12° の振幅で正弦波振動する円 [●] を目で追跡する), 非追視条件 (画面に円と十字の両方が提示されたが左右に単振動する円は無視し, 十字 [十] を注視する), 統制条件 (十字のみを提示し, 十字 [十] を注視する) の 3 条件があった。視覚刺激のテンポは, 参加者が「最も心地良いと感じるテンポ」(快適テンポ), 快適テンポ ± 1 SD (Hz) の 3 つを用いた。

手続き まず各参加者の快適テンポを測定した。「心地良い」と感じるテンポで手首運動を 30 秒間 6 試行を行いその平均値を快適テンポとした。次に, 視覚追跡(3) \times 刺激テンポ(3)の 9 条件を 2 セット, 計 18 試行の本試行を行った。1 試行は 35 秒間とし, 試行中は快適テンポを維持して手首運動を行うように教示した。さらに, 追視条件では左右に動く円を目で追うように, 非追視条件では左右に動く円は目で追わずに静止している十字を注視するように, 統制条件では十字を注視するように, とそれぞれ教示を行った。

データ解析 「刺激—視線」, 「刺激—手首」, 「視線—手首」運動間の同期の程度の指標として, 各運動間のコヒーレンス ($0 \leq \text{コヒーレンス} \leq +1$) を算出した。コヒーレンスの計算には, システム開発ソフトウェア LabVIEW 2011 (National Instruments 社) 内のクロススペクトル法によりコヒーレンスを計算するプログラムを用いた。また, 「刺激—視線」, 「刺激—手首」, 「視線—手首」運動間の相対位相を調べるため, $0 \sim 180^\circ$ の相対位相を 9 つの領域 ($0^\circ \sim 20^\circ, 21^\circ \sim 40^\circ, 41^\circ \sim 60^\circ, 61^\circ \sim 80^\circ, 81^\circ \sim 100^\circ, 101^\circ \sim 120^\circ, 121^\circ \sim 140^\circ, 141^\circ \sim 160^\circ, 161^\circ \sim 180^\circ$) に分割し, 相対位相の各領域における生起率を算出した。

結果

手首運動の周波数

手首運動のテンポについて視覚追跡 \times 刺激テンポの 2 要因分散分析を行った結果, 交互作用が有意傾向であり ($F(2,26)=3.24, p<.10$), 追視条件において $+1$ SD 条件が -1 SD 条件よりも速い傾向にあることが示唆された (図 2)。

コヒーレンス

刺激—手首 「刺激—手首」運動間のコヒーレンスについて, 視覚追跡 \times 刺激テンポの 2 要因分散分析を行った結果, 視覚追跡の主効果が認められ ($F(2,26)=9.98, p<.01$), コヒーレンスは追視条件の方が非追視・統制条件よ

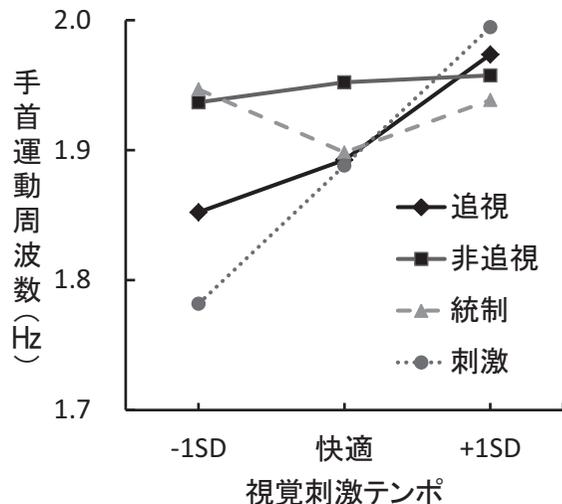


図 2 異なる刺激テンポの追視, 非追視, 統制条件における手首運動周波数, および視覚刺激運動の周波数 (Hz)

りも大きいことが示された (図 3 a)。

刺激一視線 「刺激一視線」運動間のコヒーレンスについて、視覚追跡×刺激テンポの2要因分散分析を行った結果、視覚追跡の主効果が認められ ($F(2,26)=87.02, p<.01$)、コヒーレンスは追視条件の方が非追視・統制条件よりも大きいことが示された (図 3 b)。

視線一手首 「視線一手首」運動間のコヒーレンスについて、視覚追跡×刺激テンポの2要因分散分析を行った結果、視覚追跡の主効果が認められ ($F(2,26)=15.63, p<.01$)、コヒーレンスは追視条件の方が非追視・統制条件よりも大きいことが示された (図 3 c)。

相対位相の生起率

刺激一手首 「刺激一手首」運動間の相対位相の生起率について、視覚追跡×刺激テンポ×相対位相領域の3要因分散分析を行った。ここで、統制条件の相対位相の算出については、刺激テンポの条件ごと (-1SD, 快適, +1SD) の刺激データをランダムに入れ、偶然に起こる可能性 (チャンスレベル) のある同期の指標とした。分散分析の結果、相対位相領域の主効果が認められ ($F(8,104)=137.23, p<.01$)、下位検定を行ったところ、相対位相の生起率は「 $0^{\circ}\text{--}20^{\circ}>21^{\circ}\text{--}180^{\circ}$ 」, 「 $41^{\circ}\text{--}140^{\circ}<141^{\circ}\text{--}160^{\circ}<161^{\circ}\text{--}180^{\circ}$ 」であった。また、視覚追跡と相対位相領域要因の交互作用がみられ ($F(16,208)=5.64, p<.01$)、生起率は $0^{\circ}\text{--}20^{\circ}$ で「追視 > 非追視, 統制」, $141^{\circ}\text{--}160^{\circ}$ で「追視 < 非追視, 統制」であった (図 4 a)。

刺激一視線 追視条件における「刺激一視線」運動間の相対位相の生起率について、刺激テンポ×相対位相領域の2要因分散分析を行った結果、相対位相領域の主効果 ($F(8,104)=112.8, p<.01$)、刺激テンポと相対位相領域要因の交互作用が認められた ($F(16,208)=5.78, p<.01$)。下位検定の結果、 $0^{\circ}\text{--}20^{\circ}$ の生起率は

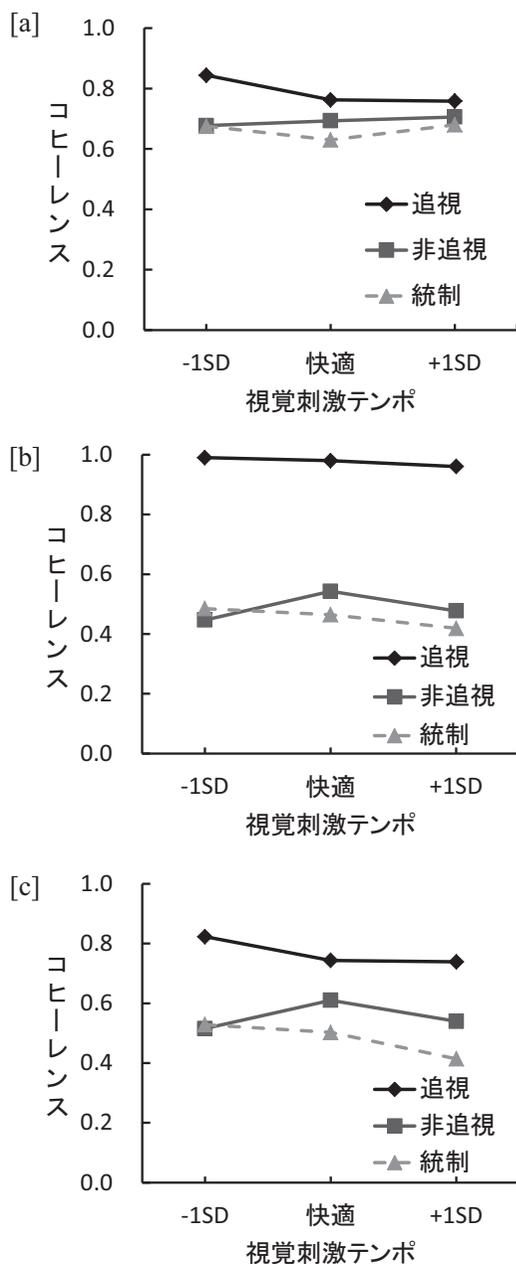


図 3 異なる刺激テンポの追視, 非追視, 統制条件における [a] 「刺激一手首運動」, [b] 「刺激一視線運動」, [c] 「視線一手首運動」間のコヒーレンス

「-1 SD, 快適 > +1 SD」, 101°-120° と 141°-160° の生起率は「-1 SD, 快適 < +1 SD」, 81°-100° と 121°-140° の生起率は「-1 SD < +1 SD」, 81°-100° については「-1 SD < 快適」であった。また, 刺激テンポ要因の3条件(-1 SD, 快適, +1 SD)すべてにおいて生起率は「0°-20° > 21°-40° > 61°-180°」, 「61°-160° < 161°-180°」であった(図4 b)。

視線—手首 追視条件における「視線—手首」運動間の相対位相の生起率について, 刺激テンポ×相対位相領域の2要因分散分析を行った結果, 相対位相領域の主効果が認められた($F(8,104)=28.14$, $p<.01$)。下位検定の結果, 生起率は「0°-20° > 21°-180°」, 「41°-120° < 141°-160° < 161°-180°」であった(図4 c)。

考 察

本研究では, 視覚的な同期現象に対する眼球運動(視線運動)の影響について検討するため, 参加者が周期運動する視覚刺激が提示された状態で周期的な手首の運動を行う課題において, 「視覚刺激の動きを目で追う追跡条件」と「目で追わず視線を固定した固視条件」の「視覚刺激—手首運動」間の同期度について比較した。

視覚刺激のテンポと手首運動の周波数の関連について, 追視条件における手首運動の周波数は視覚刺激が+1 SD条件のときに-1 SD条件のときよりも速くなる傾向がみられたことから(図2), 手首運動の周波数は刺激のテンポに影響されたといえる。また, 「刺激—手首

運動」間のコヒーレンスについては, 追視条件が非追視条件と統制条件の2条件よりも値が大きくほぼ1に近い値を示したことから(図3 a), 追視条件では刺激の運動を目で追うことにより視覚刺激と手首運動の同期度が高まったといえる。一方, 非追視条件の「刺激—手

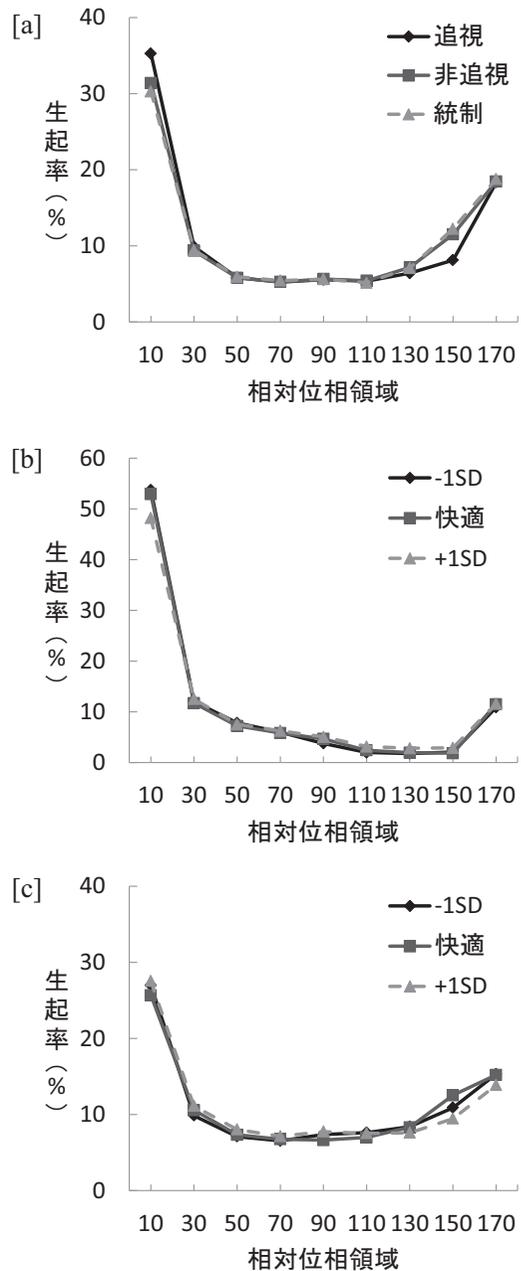


図4 各条件における [a]「刺激—手首運動」, [b]「刺激—視線運動」, [c]「視線—手首運動」間の相対位相の分布

首運動」間のコヒーレンスは、偶然に起こる可能性のある同期の指標として算出した統制条件のコヒーレンスと有意な差が認められなかったことから、偶然のレベルの同期関係が生じたにすぎないものと考えられる。さらに、「刺激—手首運動」間の相対位相については、 0° – 20° の生起率は追視条件が他の2条件よりも高かった(図4 a)。安定的な同期状態は、相対位相が 0° または 180° に集中することから(e.g., Schmidt & O'Brien, 1997), 手首運動は追視条件において非追視条件および統制条件よりも強く刺激の運動に引き込まれ、 0° 付近で刺激と手首運動が同期したと考えられる。

視覚刺激と視線運動の関係について、「刺激—視線運動」間のコヒーレンスは追視条件が他の非追視条件および統制条件の2条件よりも有意に大きく(図3 b), また、追視条件における「刺激—視線運動」間の相対位相については、 0° – 20° が他の相対位相領域よりも有意に生起率が高かったことから、視線は視覚刺激と共に運動し同期していたといえる。視線運動と手首運動の関連については、「視線—手首運動」間のコヒーレンスは追視条件が非追視条件および統制条件の2条件よりも有意に大きく(図3 c), また、追跡条件における「視線—手首運動」間の相対位相については、 0° – 20° および 160° – 180° が他の相対位相領域よりも有意に生起率が高かったことから、追視条件では手首運動と視線運動が同期し、同位相または逆位相モードの同期が生じたと考えられる。

このように「刺激—視線運動」および「視線—手首運動」間の同期度は追視条件が他の2条件よりも有意に高かったことから、追視条件で「刺激—手首運動」間の同期度が高まった現象に関する説明として、刺激の運動を追視しながら手首運動を遂行していると、刺激の運動に伴って観察者の視線が動き、視線の動きと手首運動が同期することで、結果として「刺激—手首運動」間の同期が強くなるというメカニズムが、手首運動および眼球運動のデータ分析から示唆された。

引用文献

- Bernieri, F., Reznick, J. S., & Rosenthal, R. (1988). Synchrony, pseudosynchrony, and dissynchrony: Measuring the entrainments process in mother-infant interactions. *Journal of Personality and Social Psychology*, **54**, 243-253.
- Condon, W. S., & Ogston, M. B. (1966). Sound film analysis of normal and pathological behavior patterns. *Journal of Nervous and Mental Disease*, **143**, 338-347.
- Condon, W. S., & Sander, L. W. (1974). Neonate movement is synchronized with adult speech: Integrated participation and language acquisition. *Science*, **183**, 99-101.
- Kelso, J. A. S. (1995). *Dynamic patterns: The self-organization of brain and behavior*. Cambridge, MA: MIT press.
- Kendon, A. (1970). Movement coordination in social interaction: Some examples described. *Acta Psychologica*, **32**, 100-125.
- Kugler, P. N., & Turvey, M. T. (1987). *Information, natural law and the self-assembly of rhythmic movement*. Hillsdale, NJ: Erlbaum.
- Richardson, M. J., Marsh, K. L., Isenhower, R., Goodman, J., & Schmidt, R. C. (2007). Rocking together: Dynamics of intentional and unintentional interpersonal coordination. *Human Movement Science*, **26**,

867-891.

- Richardson, M. J., Marsh, K. L., & Schmidt, R. C. (2005). Effects of visual and verbal interaction on unintentional interpersonal coordination. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception & Performance*, **31**, 62-79.
- Schmidt, R. C., & O'Brien, B. (1997). Evaluating the dynamics of unintended interpersonal coordination. *Ecological Psychology*, **9**, 189-206.
- Schmidt, R. C., Richardson, M. J., Arsenault, C. A., & Galantucci, B. (2007). Visual tracking and entrainment to an environmental rhythm. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, **33**, 860-870.
- Thelen, E., & Smith, L.B. (1994). *A dynamic systems approach to the development of cognition and action*. Massachusetts: MIT Press.
- Turvey, M.T. (1990). Coordination. *American Psychologist*, **45**, 938-953.

(2012年12月31日受理, 12月4日承認)

