

ターゲットの呈示視野と利き手の違いが連続的なポインティング課題における運動パフォーマンスに及ぼす影響

視覚運動協応のトレーニング装置を用いた検討

石田 光男*¹⁾

本研究はターゲットの呈示視野の違いが視覚運動協応に及ぼす影響を検討した。大学の運動部に所属する34名を実験参加者とし、右利き者 (n = 21) または左利き者 (n = 13) に分類した。実験課題は楕円型パネル (高さ898 mm × 幅1206 mm) 上のボタンを連続 (0.7秒間隔) して押すポインティング課題を設定した。測定は39試行を1ブロックとし、合計12ブロックを実施した。そして各ブロックにおける視野毎 (左視野 vs. 右視野) の正答率を算出した。その結果、右利き者の左視野の正答率は右視野よりも高く、左右の違いは後半のブロックにおいても維持されていた。一方、左利き者では視野による正答率の違いはなく、また全体の正答率は右利き者より有意に低かった。これらの結果は、視覚-運動処理における大脳半球の非対称性は、右利き者において明確に認められるが、左利き者ではそのような非対称性は生じないことを示唆している。

キーワード: visuomotor coordination; hemispheric asymmetry; spatial attention; handedness

1. はじめに

球技や格技などの対戦型の競技において、対処すべきターゲットの探索¹⁾や身体的アプローチの精確さは、よい運動パフォーマンスを引き出すために重要な役割を果たしている。例えば競技場面では、競技者は飛球の移動速度や方向、対戦相手との距離判断において敏速な空間認知や運動出力を要求される。時々刻々と変化する状況に対応するためには、複雑な認知処理を必要とするが、このような技能向上を目的としてしばしば協応動作トレーニングが導入されている。この協応動作トレーニングは視覚-運動の協応性を高めることに寄与すると考えられている。

上述の協応動作には視対象へ手を伸ばすといった到達運動が含まれる。この到達運動は視対象の存在する位置によって精度が異なり、左右の視野との間に非対称性が生じると報告されてきた²⁾。多くの先行研究は、左視野にあるターゲットに対する左手の反応は、右視野にある右手の反応より早く反応できることを報

告しており、空間認知における左視野 (右半球) の優位性を支持している^{3) 4)}。

また空間認知の非対称性は空間的注意から論じられており、大脳半球機能差に起因していることが指摘されている。例えば半側空間的無視のような症例は、視覚的注意は右半球による制御が優位である証拠を提示している^{5) 6)}。また事象関連電位により評価した研究では、複雑なパターン認識、持続的注意、視覚的な単純反応課題において右半球の電位活動が増大することを報告している⁷⁾。このような非対称性は注意機能における右半球の優位性と関連づけられてきた。

しかしながらこのような右半球の優位性は、左利き者では異なることが報告されている^{8) 9)}。左右の非対称性に着目した研究では主に右利き者を対象とした知見^{3) 4)}であり、大脳半球機能の非対称性は利き手によって異なることも指摘されてきた^{10) 11)}。またテニスのトッププレーヤーを対象に実施された調査では、一般的な水準よりも左利きの比率 (約20%) が高いことが報告されている¹²⁾。さらに、視覚刺激に対して運動反応を求める課題では左利き者は右利き

* 1) 愛知学院大学心身科学部心理学科

(連絡先) 石田光男 〒470-0195 愛知県日進市岩崎町阿良池12 E-mail: mitsu-da@dpc.agu.ac.jp

者よりも素早く反応できることも報告されている¹³⁾。このような事実は、左利き者は視覚-運動処理系において右利き者とは異なる処理様式を有し、その違いが質の高いパフォーマンスの発揮に貢献する可能性を示唆している。しかし現在のところ、左利き者の視覚-運動処理系の特性については十分な知見が蓄積されているとはいえない。

そこで本研究は、連続的に視覚-運動の協応動作を要求されるポインティング課題を用いて、右利き者の視覚-運動協応反応の非対称性、およびトレーニングの繰り返しが左右の非対称性に及ぼす影響を検討する。さらに利き手を分類し、左利き者の視覚-運動処理系の特徴について議論する。本研究では、協応動作トレーニング機器を用いて各視野（左視野、右視野）におけるターゲットへの正答率を分析し、上述の課題について検討する。

II. 方法

1. 実験参加者

視覚機能に異常のない健常な大学生34名（平均年齢21.5歳±0.7, 男:女=20:14）を対象とした。また全ての参加者は大学で運動部に所属し、球技（e.g.

野球、サッカー、テニス）、格技（e.g. レスリング、フェンシング）、陸上、水泳など3年以上の運動経験を有していた。実験参加者に本研究の趣旨を説明し、得られた個人情報は個人が特定されることなく、本研究以外に一切使用しないことを伝えた。そして同意が得られた参加者のみ測定を実施した。

実験参加者の利き手を判断するため、FLANDERS利き手テスト^{14) 15)} およびEdinburgh利き手テスト¹⁶⁾より抜粋し、「文字を書くときのペンを持つ手」、「食事のとき箸またはスプーンを持つ手」、「ボール投げる手」を口頭にて確認した。2項目以上、「左」と回答した参加者を左利き者に分類し、それ以外を右利き者とした。その結果、右利き者21名（男:女=13:8）と左利き者13名（男:女=7:6）に分類された。

2. 実験装置と課題

測定装置として、視覚-運動の協応動作トレーニング機器（サニカ製、スープリュームビジョンL SV300-02）を用いた。本装置は898(H)×1206(W)mmの楕円型のパネル上に、39箇所のLEDライト付きのボタンが配置されており、一定の時間間隔にていずれか一つのボタンをランダムな順序で点灯させることのできる機器であった（図1）。

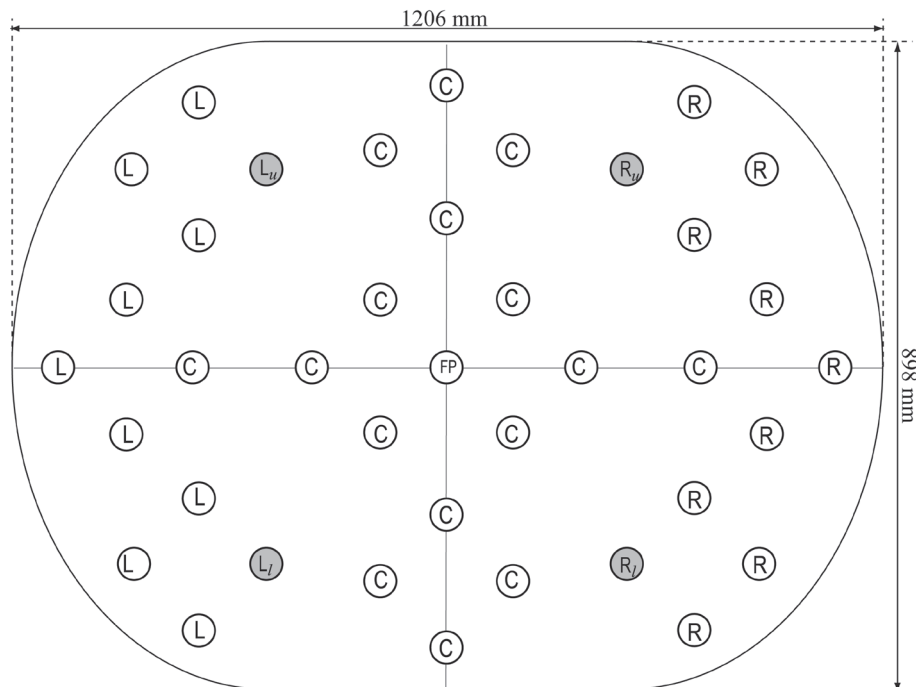


図1 39箇所のLEDボタンが配置された課題用パネル（サニカ製、スープリュームビジョンL, SV300-02）を示す。Lは左視野領域、Cは中心領域、Rは右視野領域として分類した。なお中心点（FP）から左右領域の最短となるボタン（Lu, Li, Ru, Ri）の中心までの距離は375 mmとなっている。

課題は連続して39回点灯するボタンを手指でタッチするポインティング課題とした。ボタンの点灯間隔は0.7sとし、1ブロックにつき全てのボタンが1回ずつ連続で点灯した。実験参加者はボタンが点灯したら出来るだけ早く、ボタンにタッチをするよう指示された。この時の基準値(0.7s)以内にボタンを押した試技を正答反応、それより遅延した試技を誤反応とした。課題遂行中は基準値より遅延して押された場合にブザー音をフィードバックした。

3. 手続き

測定は温度(24°C)、照度(600 lx)、騒音レベル(45dB以下)が一定に維持された室内にて実施された。はじめに研究概要について説明を行い、練習セッションに移行した。練習セッションでは3~4ブロックを実施した。この時パネル上の全てのボタンに触れられる位置を確認し、実験参加者によって観察距離(330~560 mm)を調整した。このように四肢の長さなどによって観察距離を調整したため、中心からの両端への最大視角(平均 $51.2 \pm 5.4^\circ$)は実験参加者ごとに異なっていた。測定中はパネル面に正対姿勢をできるだけ維持し、両脚の足底を床面から離さないこと、それ以外の部位は動かしても良いことを実験参加者に教示した。なお反応する左右の手指は制限しなかった。そして十分に慣れさせた後に12ブロックの本セッションを実施した。本セッションではブロック間に30秒間程度の休憩時間を設けた。但し必要に応じて十分な休憩時間を確保した。

4. 分析

課題用パネル(図1)上にある39個のボタンを左視野領域、中心領域(中心視野および近傍の周辺視野を含む)、右視野領域の3つの視野に分割した。そして各領域の正答反応数をブロックごとに記録し正答率を算出した。統計的分析を行うため、これらの正答率データは逆正弦変換を行ったうえ、条件間の比較として比の差の分散分析を施した。このとき統計的有意水準を5%未満とした。

III. 結果

1. 視野および観察距離による影響

はじめに12ブロックの総平均正答率と標準偏差を求め、視野ごとの成績を比較した。左視野(0.75 ± 0.11)や右視野(0.71 ± 0.13)と比べ中心領域の正答

率(0.89 ± 0.05)が著しく高かった。視野(左視野、中心領域、右視野)の要因についての分散分析を実施した結果、有意な主効果が認められた($\chi^2=520.8$, $df=2$, $p < .001$)。この中心領域の高い正答率は、周辺視野領域のターゲットに比べ検出しやすいことに加え、いずれの手指によっても接触し易いことが影響していると考えられる。

観察距離の影響を確認するため、視野ごとの正答率と観察距離とのピアソンの相関係数を求めた。その結果、左視野($r=0.255$)、中心領域($r=0.107$)、右視野($r=0.293$)のいずれ領域において有意な相関は認められなかった。これらの結果は、参加者の観察距離は個人間で異なっていたが、四肢の長さなどの違いによる影響は小さいことを支持している。

2. 右利き者における左右の非対称性とトレーニング効果

右利き者における呈示視野およびトレーニングの反復の影響を比較するため、前半の4ブロック(1~4回目)を前期、後半の4ブロック(9~12回目)を後期とし、それぞれの平均正答率および標準誤差を求めた(図2)。左視野の正答率は右視野に比べ前期と後期ともに高いことが分かる。また両視野ともに前期から後期にかけて正答率の上昇が認められるが、後半は左右差が前期に比べやや縮小しているようである。期間(前期、後期)×視野(左視野、右視野)の分散

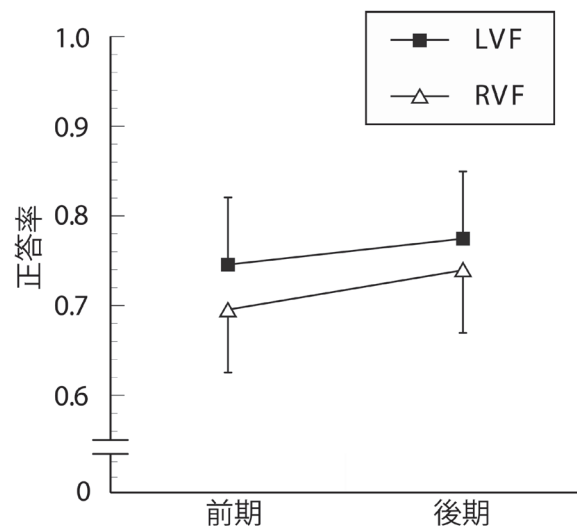


図2 右利き者における期間および視野毎の平均正答率と標準誤差。前半の4ブロック(1~4回目)を前期、後半の4ブロック(9~12回目)を後期とした。またRVFは右視野、LVFは左視野を示す。

分析を施したところ、期間 ($\chi^2=18.15, df=1, p < .001$) および視野 ($\chi^2=22.34, df=1, p < .001$) の主効果が有意であった。しかし有意な交互作用は見られなかった。

3. 利き手の比較

利き手の違いを比較するため、利き手および視野ごとの全ブロックの総平均と標準誤差を求め図3に示した。右利き者は右視野と比較して左視野の正答率が高いことがわかる。一方、左利き者の正答率は左右の違いは小さいことがわかる。利き手(右利き者, 左利き者) × 視野(左視野, 右視野)の分散分析を施した結果、利き手の主効果 ($\chi^2=15.12, df=1, p < .001$)、視野の主効果 ($\chi^2=15.12, df=1, p < .001$)、利き手 × 視野の交互作用 ($\chi^2=4.98, df=1, p < .05$) が有意であったことが確認された。

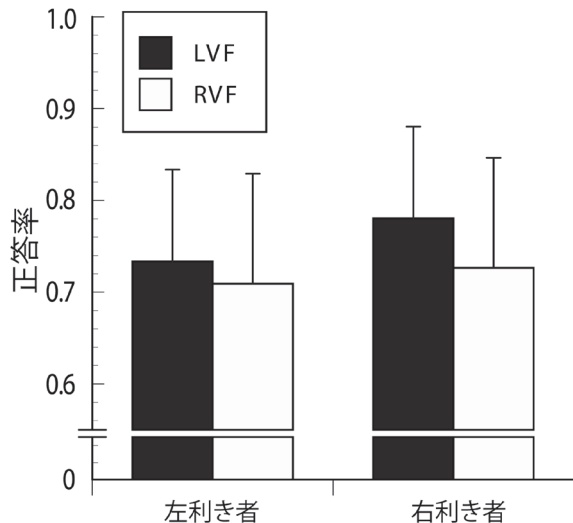


図3 視野毎の平均正答率と標準誤差。右利き者は21名、左利き者は13名であった。

IV. 考察

本研究は協応動作を必要とするポインティング課題により、協応動作における左右の非対称性について検討した。さらに利き手を分類し、左利き者の視覚-運動処理系の特徴を議論することを目的としていた。その結果、右利き者では左視野領域への正答率が高く、トレーニングの繰り返し後においてもその左右の非対称性(左視野>右視野)は維持されていた。一方、左

利き者では、左右の視野の違いによる正答率の差は観察されなかった。

本研究結果は、到達運動の精度において左右の非対称性が生じることを支持していた。これまで反応時間を用いた研究では、左視野に対する左手の反応において、右視野の右手の反応よりも短縮することが報告されている^{2) 3) 4)}。強制ではないが本研究においてもターゲット出現と同側の手指にて反応していたことが確認されている(左視野-左手, 右視野-右手)。このような反応様式を踏まえると、先行研究と同様に左視野に呈示されたターゲットに対し、右半球の視覚野と運動野がターゲットの検出と左手の到達運動にそれぞれ関与したと考えられる。また空間的注意の機能においても左視野へ注意が捕捉されやすく右半球の優位性が関係することも^{5) 6) 7)}、左視野の高い正答率に反映された。

そしてトレーニングの繰り返しによる学習効果は、左右の非対称性には殆ど影響しないといえる。課題の経過に伴い正答率の上昇をもたらしたものの、後期においても右視野に比べ左視野へのターゲットの正答率が高かった。このことはトレーニングにより空間認知や協応動作の精度が高まるものの、左視野への偏りは慣れやトレーニングによって消失することなく頑健に維持されることを示唆している。このような左右の偏りは短期的に消失させることが困難であるかもしれない。

一方、左利き者では、視野に対する正答率の分布に左右差は確認できなかった。これは右利き者で観察されるような左右の非対称性は左利き者では消失するという報告と一致していた⁹⁾。先行研究では、左利き者では特有の空間認知機能が存在する可能性を示唆している^{8) 9)}。このように何故利き手によって視野-運動処理系の振る舞いに違いが生じるのか、現在のところ十分な知見が得られていない。今後はこれらの違いが生得的に存在するものなのか、あるいは生活環境などによって獲得されたものなのかも含め、視覚-運動処理系と利き手の関係について議論する必要がある。

右利き者に比べ左利きの出現頻度は低いことから、競技場面において左利きの競技者の方が有利であると一般的に言われることもある¹¹⁾。しかし本研究では右利き者の方が全体的に高いパフォーマンスを示しており、左利き者の運動技能が優れているという知見¹³⁾と一致しない。例えば、優れたテニスプレーヤーに限った場合、左利きの比率が高くなることが報告されている¹²⁾。本研究結果はこのような知見を支持す

るものではなかった。競技場面上における左利き者の優位性については、競技特性や競技レベルと相互作用する可能性がある。

本研究は、協応動作のトレーニング機器による簡便な方法によって測定したが、そのためにいくつかの問題点が残されている。まず実験参加者の身体的特徴によってパネルとの距離や視角が一定ではなかった点である。そのため網膜上におけるターゲットの位置と運動の精度との関係が不明確である。また基準値に対する正答/誤答の判定を行ったため、エラー反応（フォールス・アラーム、ミス）や反応時間からの分析が困難であった。さらに自己報告による利き手の分類にも問題があり¹⁷⁾、その判定方法にも再考の余地がある。従って本研究において、視覚-運動処理系の非対称性が、空間的注意あるいは運動制御プロセスによる影響なのかを十分に議論できていない。今後はこれらの問題点を改善し、より精度の高い測定による議論が必要となるであろう。

V. 謝辞

本研究は至学館大学健康スポーツ科学科における平成27年度卒業研究の一環として収集したデータを再分析したものである。測定実施等にご協力いただきました岡田悟氏、橋本有矢氏、長谷川泰世氏に厚く御礼申し上げます。

引用文献

- 1) Williams, A.M., & Elliott, D. (1999) Anxiety, expertise, and visual search strategy in karate. *Journal of Sport and Exercise Psychology*, 21, 362-375.
- 2) Barthélemy, S., & Boulinguez, P. (2002) Orienting visuospatial attention generates manual reaction time asymmetries in target detection and pointing. *Behavioural Brain Research*, 3, 109-116.
- 3) Barthelemy, S., & Boulinguez, P. (2001) Manual reaction time asymmetries in human subjects: The role of movement planning and attention. *Neuroscience Letters*, 315, 41-44.
- 4) Ishihara, M., & Imanaka, K. (2007) Motor preparation of manual aiming at a visual target manipulated in size, luminance contrast, and location. *Perception*, 36, 1375-1390.
- 5) Mesulam, M.M. (1981) A cortical network for directed attention and unilateral neglect. *Annals of Neurology*, 10, 309-325.
- 6) 石合純夫 (2016) 言語と空間性注意の神経心理学 脳神経外科ジャーナル 25 427-434
- 7) Omoto, S., Kuroiwa, Y., Li, M., & Kamitani, T. (2000) The hemispherical laterality of the visual evoked potentials during simple dot stimulus in normal human subjects. *Neuroscience Letters*, 294 (2) , 89-92.
- 8) Velay, J-L., & Benoit-Dubrocard S, (1999) Hemispheric asymmetry and interhemispheric transfer in reaching programming. *Neuropsychologia*, 37, 895-903.
- 9) Velay, J-L., Daffaure, V., Raphael, N., & Benoit-Dubrocard, S. (2001) Hemispheric asymmetry and interhemispheric transfer in pointing depend on the spatial components of the movement. *Cortex*, 37 75-90.
- 10) Boulinguez, P., Ferrous, M., & Graumer, G. (2003) Hemispheric asymmetry for trajectory perception. *Cognitive Brain Research*, 16, 219-225.
- 11) 八田武志 (2008) 左対右 きき手大研究 化学同人
- 12) Holtzen, D.W. (2000) Handedness and professional tennis. *International Journal of Neuroscience*, 105, 101-119.
- 13) Grouios, G., Tsorbatzoudis, H., Alexandris, K., & Barkoukis, V. (2000) Do left-handed competitors have an innate superiority in sports? *Perceptual and Motor Skills*, 90, 1273-1282.
- 14) Foundas, A. L., Eure, K. F., Luevano, L. F., & Weinberger, D. R. (1998) MRI asymmetries of Broca's area: The pars triangularis and pars opercularis. *Brain and Language*, 64, 282-296.
- 15) 大久保街亜・鈴木玄 (2014) 日本語版 FLANDERS 利き手テスト 1 - 信頼性と妥当性の検討 - 心理学研究, 85, 474-481.
- 16) Oldfield, R. C. (1971) . The assessment of handedness: The Edinburgh Inventory. *Neuropsychologia*, 9, 97-133.
- 17) Henkel, V., Mergl, R., Juckel, G., Rujescu, D., Mavrogiorgou, P., Giegling, I., Möller, H.-J., & Hegerl, U. (2001) Assessment of handedness using a digitizing tablet: A new method. *Neuropsychologia*, 39, 1158-1166.

(平成29年12月26日受理)

Influence of differences in visual fields of target presentation and handedness on motor performance in the consecutive pointing task: Using training equipment for visuomotor coordination.

Mitsuo ISHIDA¹⁾

- 1) Department of Psychology, Faculty of Psychological and Physical Science, Aichi Gakuin University
12 Araiike Iwasaki-cho, Nisshin, Aichi, 470-0195

Abstract

The present study examines the influence of differences in visual fields of target presentation (left vs. right) on visuomotor coordination. Twenty-one right-handers and thirteen left-handers who were enrolled in the sports club in a university were asked to perform a pointing task, which involved consecutively touching buttons on an ellipsoidal panel (898 mm high × 1206 mm wide) at intervals of 700 msec. The experiment consisted of twelve blocks of 39 trials each, and the hit rates of all visual fields were analyzed in each block. The results showed that the hit rates of right-handers on left visual fields were higher than those on right visual fields and that the differences in visual fields have been maintained even in the latter blocks. On the contrary, the left-handers did not show differences in hit rates between visual fields, and their performance was significantly weaker than the right-handers. These results suggest that the hemispheric asymmetry in spatial attention or visuomotor processing could be clearly observed among the right-handers, but it did not occur among the left-handers.

Key words: visuomotor coordination; hemispheric asymmetry; spatial attention; handedness