

原著論文

パッティングにおける視野制限の影響

Influence of visual field restriction on putting

内藤 潔¹⁾・加藤 貴昭²⁾・福田 忠彦²⁾Kiyoshi NAITO¹⁾, Takaaki KATO²⁾ and Tadahiko FUKUDA²⁾

Abstract

This study enabled the visual field restriction during actual golf putting by creating a mask to restrict the visual field. Also, we clarified the application state of the peripheral vision function by measuring the performance of the golfer at this time. pro golfers and golfers with a Japan Golf Association (JGA) handicap of and golfers with a JGA handicap of participated in the skilled group and general graduate school students participated for the beginner group. The experiment took place on an artificial turf mat with a scoring grid, and we measured performance with a restriction imposed on the field of vision. The result indicated that a restricted vision field did not show an effect for the beginner group, but that in the skilled group only performance lowered with a viewing angle of degrees. Also, regarding the visual feedback as well, it was clear that a notable decrease in accuracy occurred for a viewing angle of degrees. These results indicated that in to achieve the high level of performance of a skilled golfer, a peripheral vision function beyond a viewing angle of degrees is necessary, and body control is also related as well.

Key words : golf, eye movement, effective field of vision, peripheral vision, visual feedback

[Received February 26, 2007 ; Accepted October 3, 2007]

1. はじめに

人間の視覚システムは大脳視覚関連領域における機能特性から、物体の形態認識に係わる領域と、運動や空間的な位置に係わる領域が存在するとの視覚システム仮説が提唱されている。Trevarthen (1968) は解剖学的観点から、物体に対する視覚であり詳細な運動の指針となる中心視 (Focal Vision) システムと、空間に対する視覚であり姿勢などの全身運動の指針となる周辺視 (Ambient Vision) システム統に分けられることを提唱した。また、Schneider (1969) は、物体の位置を把握するためのメカニズムと物体そのものを認識するためのメカニズムに区別しを「What vs. Where」という特徴で対比した。一方で、Goodale と Milner (Goodale et al., 1991; Goodale & Milner, 1992; Goodale, 1993; Milner & Goodale, 1993, 1995; Goodale & Servos, 1996) はの視覚システムに対し、腹側経路が視覚において重要な役割をなしており、perceptual representation (知覚表象) を目的としているとし、背側経路は空間的な情報を取り入れるのみでなく、行為を視覚的にガイドする

visuomotor control (視覚運動制御) の目的があるとした。それにより、前述したように「What vs. Where」という特徴で対比されている視覚システムは「What vs. How」という特徴で対比されるべきであるとした。このような視覚システムの機能特性は、スポーツの分野においても重要な知見となっている (Trachtman & Klula, 1993)。

スポーツにおける近年の研究 (Kato & Fukuda, 2002; Nagano et. al., 2004) では、熟練者が独特のストラテジーを有し、その結果として周辺視機能を活用し、より広範囲からの情報受容や、効率的な身体運動の制御を達成していることが示唆されている。Naito et. al. (2004) によるゴルフパッティング時の眼球運動測定実験においても、熟練者はパッティングストローク中にボールに視線を配置させることなく、ボールの右 3 cm およびボールの左 3 cm に視線を配置させていることから、中心視機能だけではなく周辺視機能も活用していることが推測されている。しかし、これまでのスポーツ研究においては、熟練者の周辺視機能の活用に関して視線移動パターンからの推測がなされているに過ぎないのが現状である。視野

1) 慶應義塾大学 政策・メディア研究科 Graduate School of Media and Governance, Keio University

2) 慶應義塾大学 環境情報学部 Faculty of Environmental Information, Keio University

制限を実際に行い、周辺視機能の活用状況を調査した研究は、文字や図形の判別 (Saida & Ikeda, 1979; Ikeda et al., 1979) や、歩行 (吉岡, 一色 & 岡崎, 2003a; 2003b; Itoh et al., 2001), 姿勢制御 (Berencsi et al., 2005) に関して行われている。一方で、スポーツに関する研究は、Coello, Delay, Nougier & Orliaguet (2000) がパッティングの実験を行っているに過ぎない。ただしこの研究は、左目は視野制限をせずにフリーでの状態でパッティングを行い、主に距離感についてのみを考察している。パッティングスキルの一部のみを対象としており、パッティングストローク時を通じた視覚情報処理については言及していない。このようにスポーツにおいて視野制限を取り扱った研究が少ない理由として推測される点は、多くのスポーツでは視野を制限することにより著しくパフォーマンスが低下してしまうため、実験が成立しないためだと考えられる。

本研究で取り扱うゴルフのパッティングは視覚を完全に遮蔽した実験 (Bower, 1968; Cockerill, 1980; Aksamit & Husak, 1983; Wannebo & Reeve, 1984; Meacci & Pastore, 1995) が数多く行われている事でもわかるようにパフォーマンスの低下は少ない。それゆえ視野を制限してもパフォーマンスの本質は変化することなく、周辺視による視覚情報のみを制限することが可能であり、視野制限実験の意義は高い。

よって本研究では、Naito et al. (2004) によって示唆されたゴルファーの周辺視野の活用状況を検証するため、視野を制限してパッティング実験を行った。さらに、通常の視野制限タスクに並行して、本人による結果の予測も加味することにより、これまでは推定でしかなかった周辺視野の範囲を定量化し、熟練ゴルファーがパフォーマンスを維持できる有効視野を定義することを試みた。

2. 方法

2.1. 被験者

本実験は、熟練者と初心者の2グループを設定した。熟練者は日本プロゴルフ協会により認定されたプロフェッショナルゴルファー3名と日本ゴルフ協会ハンディキャップ0のもの4名、ハンディキャップ1のもの3名の10名 (平均年齢 41.8 ± 13.1)。初心者は日常的にゴルフを行っていない一般大学生、大学院生10名 (平均年齢 21.9 ± 1.8) を設定した。そのうち3名がゴルフをプレーしたことが数回あり、他のものはまったくの未

経験だった。被験者は全員男性で、視覚機能の異常は見られなかった。

2.2. 視野制限マスク

ゴルファーの視野を制限するための視野制限マスクは、溶接用マスクを改造し作成した (図1)。視野制限マスクには、ゴーグルを使う方法や軽量の防塵マスクを使用する方法があるが、これらの方法は眼球表面からスリットまでの距離が十分に取れないためスリットの直径が小さくなる。これにより、視角の調整が困難になるとともに被験者による視角の誤差が大きくなる。そこで、本実験では溶接用マスクを採用し、さらに筒状のアタッチメントをつけることで眼球表面からスリットまでの距離を十分にとり、視角の誤差を少なくした。視野制限マスクは先端部のアタッチメントを交換することにより視角 25° から 3° まで制限することが可能である。



図1. 視野制限マスク

2.3. 視角

被験者は、パッティングストローク中に利き眼のみを開眼させ、非利き眼は閉眼してパッティングを行った。よって、本実験における視角の定義は利き眼で見える範囲の角度とした。視角は眼球表面からマスク先端のスリットまでの距離とスリットの直径から算出した。よって視角 10° という表記では、片目で見る事が可能な直径 10° 円の範囲を示す。視覚は両眼でなく利き眼によってコントロールされ (Lakatos, 1968), 利き眼が他の眼の注視の方向、時間を導く (Sage, 1984) という先行研究や、エイミングタスクにおいて利き眼を使うことは正確性を増加させることが明らかになっている (Fox, 1957; Christina et al., 1981) ことから利き目のみでも有効な分析が可能となる。

本実験では被験者の負担も考慮にいれ、制限される視

角は3°, 5°, 10°の3種類とし、さらに視野制限を行わない状況においても計測を行った。

また、視角が一定の場合でも、視対象までの距離により実際に見える範囲は変化するが、本実験における被験者は身長に大きなばらつきがなく(173.2 cm ± 3.8)、さらに、ゴルフにおいては背の高いプレーヤーは深く前傾姿勢をとり、背の低いプレーヤーは浅い前傾姿勢をとることから、地表面とセットアップ後の眼球表面までの距離は全被験者で安定していた(平均距離 126.8 cm ± 0.4)。よって、被験者による実際に見える範囲の差は影響がないと考えられる。

2.4. パッティング装置

パッティング課題に関する装置は、5m × 91 cmの人工芝シートに基準点(初期ボール位置)を設置し、その地点から1m, 2m, 3mの位置に仮想のカップを設定した。仮想カップは人工芝シート上に直径 10.8 cmの黒色の円を描いた。被験者は仮想のカップ上にボールを停止させることを目的としてパッティング課題を行う。被験者は通常使用するボールおよびクラブを使用した。また、ボールおよびクラブを所有しない被験者は、実験者の用意したボールおよびクラブを使用した。

2.5. 手続き

本実験のタスクはゴルフのパッティング本来の目的であるカップインを狙うものでなく、仮想のカップ位置にボールを留める事を目的としている。そのため、熟練者グループには通常のプレーのようにやや強めにカップを狙うのではなく、仮想のカップ位置にボールを止めるように教示を徹底した。一方、初心者グループには仮想のカップ位置上にボールを停止させるように教示を与えた。また全被験者に対して、利き目のみを開眼させ、非利き目は閉目してパッティングを行うように教示を与えた。

各被験者は、実験に先立って、1m, 2m, 3mの各パット距離に関して20回以上の練習ストロークを行った。これにより実験中に距離感が上達することを排除した。その後、同じ距離が連続しないように定められた順番にしたがって、1mを5回、2mを5回、3mを5回、計15回を1セットとしパッティングを行った。3種類の視角および視野制限無しでの4セット計60回の試行を行った。実験では、視角を徐々に広げていく手順と視角を徐々に狭めていく手順を被験者ごとにカウンターバランスさせた。また、セット間では各自の判断により自由に

休憩を取ることが許された。マスクによる視野制限はストローク中のみ実施された。ストローク以前のスタンスをとる行為や目標を確認する行為は、視野制限マスクをかぶっていた場合でもマスクをあげることにより視野が制限されることがなかった。また、パフォーマンスの結果は被験者に報告しなかった。

熟練者グループについては、通常のパッティング行為のほかに、インパクト直後にそのパッティングの予想される結果を後述する得点分類法に従って報告させた。この報告は、可能な限り迅速に行うよう教示を与えた。初心者グループは予想を行うことが困難であったため、結果予想の調査は実施しなかった。

2.6. 分析方法

仮想のカップ位置を中心として5 cm刻みで直径 90 cmのスコアリンググリッドを作成し、内側から1~7点までの7段階に得点を配分した。仮想のカップ上で止まった試行は0点とし、スコアリンググリッドに入らなかった試行は8点とした。また、スコアリンググリッドを基準点から見て奥と手前に2分し、ボールが仮想のカップ中心部よりも奥に止まった(打たれた距離が長い)試行をプラスとし、仮想のカップ中心部に届かず手前に止まった(打たれた距離が短い)試行をマイナスとした。

分析に当たっては absolute error 及び constant error を使用した。absolute error は、目標とその試行の得点との絶対誤差 ($\sum |\chi_i - T| / n$) を示し、constant error は恒常誤差 ($\sum (\chi_i - T) / n$) を示す (χ_i は試行におけるスコア, T は目標, n は試行数を示す) (Schmidt, & Lee, 1999)。

結果の分析に当たっては、ゴルフ経験(熟練者グループ、初心者グループ)、視角(3, 5, 10°, 制限なし)、パット距離(1, 2, 3m)からなる2 × 4 × 3の3要因分散分析を行った。予想に係わる結果に関しては、熟練者グループのみ分析を行ったため、視角(3, 5, 10°, 制限なし)、パット距離(1, 2, 3m)からなる4 × 3の2要因分散分析を行った。有意水準は5%とした。

3. 結果

3.1. 視野制限の影響

熟練者グループと初心者グループの各パット距離における視野制限による absolute error 平均値を図2に示す。ゴルフ経験(2) × 視角(4) × パット距離(3)の3要

因分散分析の結果, ゴルフ経験 ($F(1,98) = 141.31, p < .001$), 視角 ($F(3,294) = 50.11, p < .001$), パット距離 ($F(2,196) = 169.65, p < .001$) の主効果が有意であった。また, パット距離 \times ゴルフ経験 ($F(2,196) = 13.22, p < .001$), 視角 \times ゴルフ経験 ($F(3,294) = 6.60, p < .001$), パット距離 \times 視角 ($F(6,588) = 4.55, p < .001$) の交互作用は有意であったが, パット距離 \times 視角 \times ゴルフ経験 ($F(6,588) = 0.58, n.s.$) の交互作用は有意ではなかった。交互作用が有意であったパット距離 \times ゴルフ経験, 視角 \times ゴルフ経験, パット距離 \times 視角に関して単純主効果検定を行った結果, 熟練者における距離の単純主効果 ($F(2,196) = 46.21, p < .001$), 初心者における距離の単純主効果 ($F(2,196) = 136.66, p < .001$), 熟練者における視角の単純主効果 ($F(3,294) = 45.25, p < .001$), 初心者における視角の単純主効果 ($F(3,294) = 11.47, p < .001$), 距離 1m における視角の単純主効果 ($F(3,297) = 7.27, p < .001$), 距離 2m における視角の単純主効果 ($F(3,297) = 9.27, p < .001$), 距離 3m における視角の単純主効果 ($F(3,297) = 35.83, p < .001$), 視角 3° における距離の単純主効果 ($F(2,198) = 81.74, p < .001$), 視角 5° における距離の単純主効果 ($F(2,198) = 40.52, p < .001$), 視角 10° における距離の単純主効果 ($F(2,198) = 40.82, p < .001$), 視角制限なしにお

ける距離の単純主効果 ($F(2,198) = 28.34, p < .001$) が有意であった。多重比較の結果, 熟練者の視角 3° - 5° 間 ($p < .001$), 熟練者のパット距離 1m-2m 間, 2m-3m 間 ($p < .001$), 初心者におけるパット距離 1m-2m 間, 2m-3m 間 ($p < .001$), 距離 3m における視角 3° - 5° 間 ($p < .05$), 視角 3° におけるパット距離 1m-2m 間, 2m-3m 間 ($p < .001$), 視角 5° におけるパット距離 1m-2m 間, 2m-3m 間 ($p < .001$), 視角 10° におけるパット距離 1m-2m 間 ($p < .001$), 2m-3m 間 ($p < .01$), 視角制限なしにおけるパット距離 1m-2m 間 ($p < .001$), 2m-3m 間 ($p < .01$) において有意差が見られた。

さらに, 視野制限の影響を検討するために, 各パット距離における視野制限なしのスコアを基準として, 視角における absolute error 平均値の増加割合を算出した (図 3)。分析に当たり, ゴルフ経験 (2) \times 視角 (4) \times パット距離 (3) の 3 要因分散分析を行った。その結果, ゴルフ経験 ($F(1,98) = 54.78, p < .001$), 視角 ($F(3,294) = 53.28, p < .001$) の主効果が有意であったものの, パット距離 ($F(2,196) = 1.21, n.s.$) の主効果は有意でなかった。また, 視角 \times ゴルフ経験 ($F(3,294) = 20.29, p < .001$), パット距離 \times ゴルフ経験 ($F(2,96) = 5.71, p < .01$) の交互作用は有意であったが, パット距離 \times 視角 ($F(6,588) = 0.88, n.s.$) の交互作用は有意でなかつ

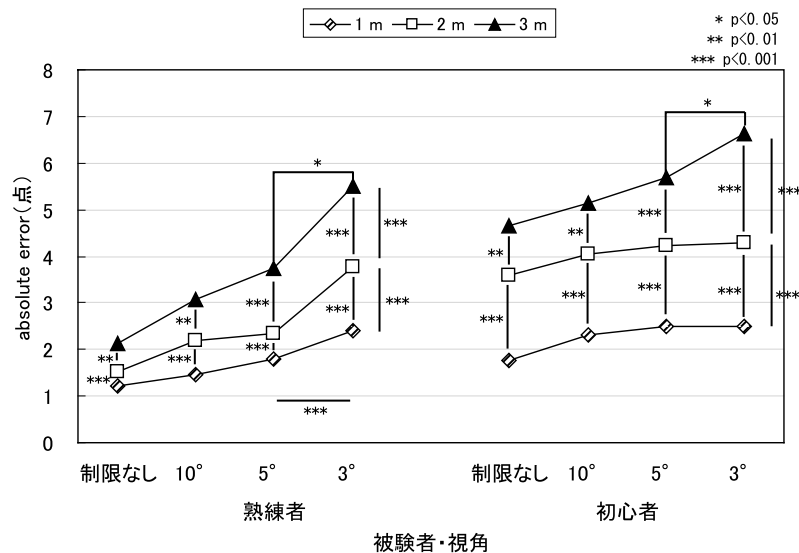


図 2. 各視角における absolute error 平均値

両グループの各視角における absolute error 平均値を示す。左から視野制限なし, 視角 10°, 5°, 3° における値を示す。図中の***は多重比較の結果, 熟練者の視角 3°-5° 間, 熟練者のパット距離 1m-2m 間, 2m-3m 間, 初心者におけるパット距離 1m-2m 間, 2m-3m 間, 視角 3° におけるパット距離 1m-2m 間, 2m-3m 間, 視角 5° におけるパット距離 1m-2m 間, 2m-3m 間, 視角 10° におけるパット距離 1m-2m 間, 視角制限なしにおけるパット距離 1m-2m 間において有意水準 0.1% で有意差があったことを示す。図中の**は多重比較の結果, 視角 10° におけるパット距離 2m-3m 間, 視角制限なしにおけるパット距離 2m-3m 間において有意水準 1% で有意差があったことを示し, *は多重比較の結果, 距離 3m における視角 3°-5° 間において有意水準 5% で有意差があったことを示す。

た。パット距離 × 視角 × ゴルフ経験の交互作用は有意でなかった ($F(6,588) = 1.01, n.s.$)。交互作用が有意であった視角 × ゴルフ経験, パット距離 × ゴルフ経験に関して単純主効果検定を行った結果, 熟練者における視角の単純主効果 ($F(3,144) = 37.97, p < .001$), 熟練者における距離の単純主効果 ($F(2,196) = 5.35, p < .01$) が有意であった。その一方で, 初心者における視角の単純主効果 ($F(3,144) = 2.32, n.s.$), 初心者における距離の単純主効果 ($F(2,196) = 1.57, n.s.$) は有意でなかった。

多重比較の結果, 熟練者のパット距離 1m-2m 間, 熟練者の視角 3°-5° 間において有意差が見られた ($p < .001$)。

3.2 予想と結果の差

熟練者グループにおいては, 周辺視野における視覚情報がパフォーマンスの予想にどのような影響があるか検討するため, ボールをヒットした直後に予想したスコア

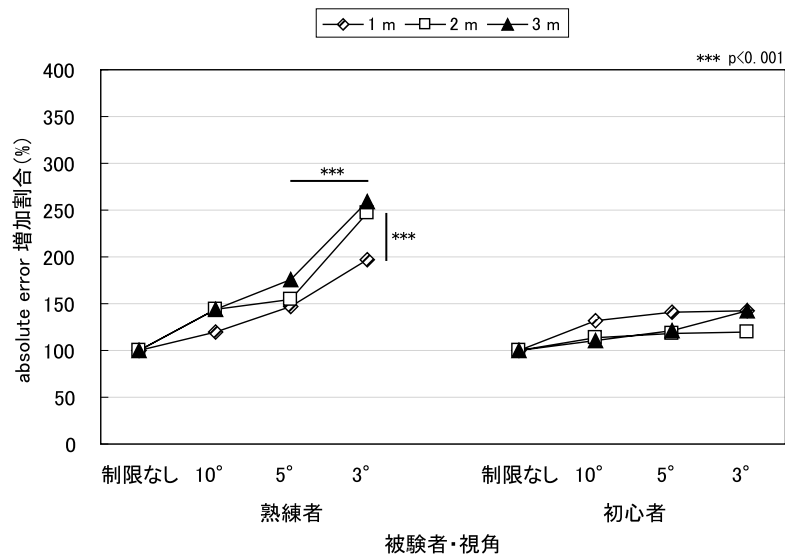


図3. 各視角における absolute error 平均値の増加割合

両グループの各距離における視野制限なしの absolute error 平均値を基準 (100) とした際の, 視角における absolute error 平均値の増加割合を示す. 左から視野制限なし, 視角 10°, 5°, 3° における値を示す. 図中の***は多重比較の結果, 熟練者のパット距離 1m-2m 間, 視角 3°-5° 間において有意水準 0.1% で有意差があったことを示す。

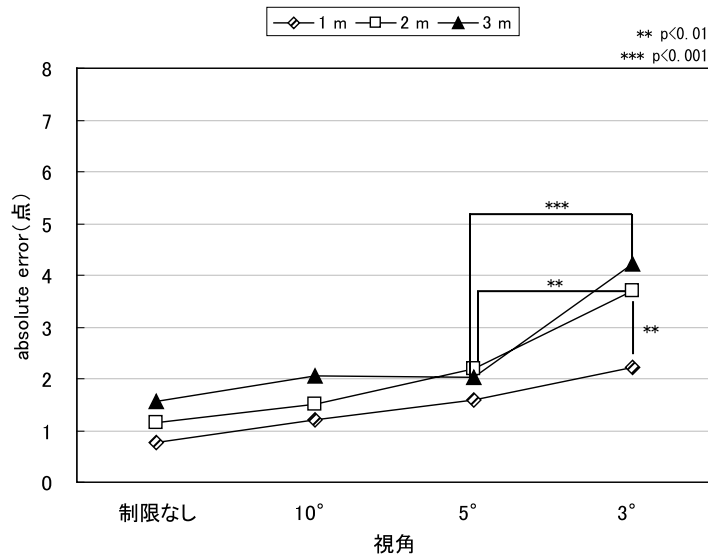


図4. 予想と実際の結果との absolute error 平均値の差

左から視野制限なし, 視角 10°, 5°, 3° における値を示す. 図中の***は多重比較の結果, 距離 3m における視角 3°-5° 間において有意水準 0.1% で有意差があったことを示し, **は多重比較の結果, 距離 2m における視角 3°-5° 間, 視角 3° におけるパット距離 1m-2m 間において有意水準 1% で有意差があったことを示す。

(予想) と実際のパフォーマンスによって得られたスコア (実際の結果) との比較を行った。予想と実際の結果との absolute error 平均値との差を図 4 に示す。分析にあたっては視角 (4) ×パット距離 (3) の 2 要因分散分析を行った。その結果、パット距離 ($F(2,98) = 22.02, p < .001$)、視角 ($F(3,147) = 75.25, p < .001$) の主効果が有意であった。また、パット距離 × 視角 ($F(6,294) = 3.11, p < .01$) の交互作用が有意であった。交互作用が有意であったパット距離 × 視角に関して単純主効果検

定を行った結果、距離 1m における視角の単純主効果 ($F(3,147) = 16.63, p < .001$)、距離 2m における視角の単純主効果 ($F(3,147) = 27.91, p < .001$)、距離 3m における視角の単純主効果 ($F(3,147) = 23.01, p < .001$)、視角 3° における距離の単純主効果 ($F(2,98) = 9.83, p < .001$)、視角 10° における距離の単純主効果 ($F(2,98) = 7.59, p < .001$)、視角制限なしにおける距離の単純主効果 ($F(2,98) = 8.72, p < .001$) が有意であった。その一方で、視角 5° における距離の単純主効果 ($F(2,98)$

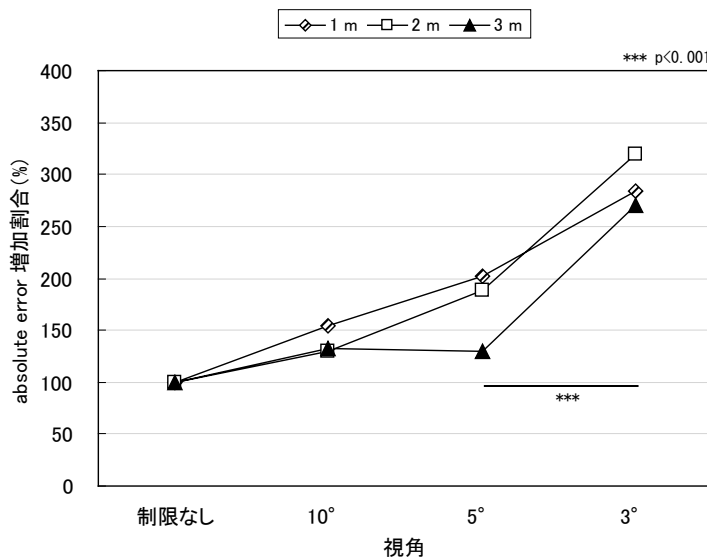


図 5. 予想と実際の結果との absolute error 平均値の差における増加割合

各距離の視野制限なしにおける予想と結果における absolute error 平均値の差を基準 (100) とし、各視角における予想と結果における absolute error 平均値の差の増加割合を示す。左から視野制限なし、視角 10°、5°、3° における値を示す。図中の***は多重比較の結果、視角 3° - 5° 間において有意水準 0.1% で有意差があったことを示す。

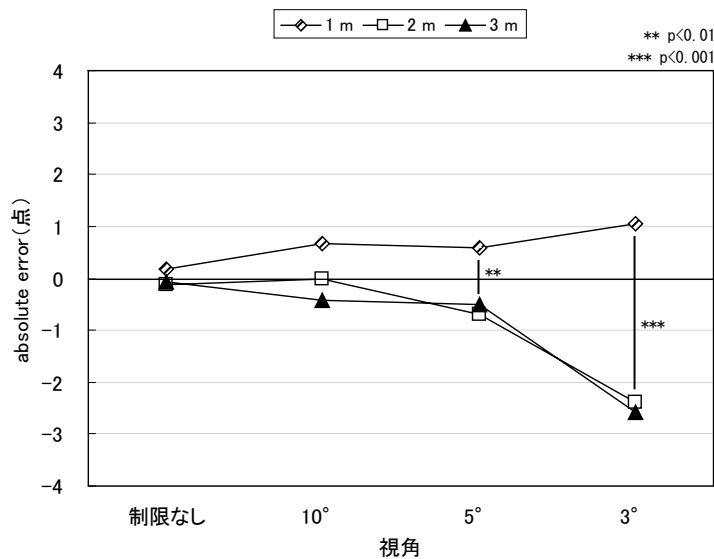


図 6. インパクト直後の予想と実際の結果との constant error 平均値の差

左から視野制限なし、視角 10°、5°、3° における値を示す。図中の***は多重比較の結果、視角 3° におけるパット距離 1m-2m 間において有意水準 0.1% で有意差があったことを示す、**は多重比較の結果、視角 5° におけるパット距離 1m-2m 間において有意水準 1% で有意差があったことを示す。

=2.66, n.s.) は有意でなかった。多重比較の結果、距離 2m における視角 3° - 5° 間 ($p < .01$)、距離 3m における視角 3° - 5° 間 ($p < .001$)、視角 3° におけるパット距離 1m - 2m 間 ($p < .01$) において有意差が見られた。

予想と結果の差に関する absolute error の増加パターンが、前節で示した目標に対する absolute error の増加パターンと類似していることから、本節でも視野制限なしを基準として absolute error 平均値の増加割合を分析した(図 5)。分析にあたっては視角(4) × パット距離(3) の 2 要因分散分析を行った。その結果、視角 ($F(3,147) = 78.25, p < .001$) の主効果が有意であったが、パット距離 ($F(2,98) = 2.69, n.s.$) の主効果は有意でなかった。また、パット距離 × 視角 ($F(6,294) = 1.29, n.s.$) の交互作用は有意でなかった。多重比較の結果、視角 3° - 5° 間 ($p < .001$) において有意差が見られた。

さらに、予想と結果の誤差における距離の前後成分を抽出するため、constant error を算出した。その結果を図 6 に示す。分析にあたっては視角(4) × パット距離(3) の 2 要因分散分析を行った。その結果、パット距離 ($F(2,96) = 26.74, p < .001$)、視角 ($F(3,144) = 8.22, p < .001$) の主効果が有意であった。また、パット距離 × 視角 ($F(6,288) = 5.55, p < .01$) の交互作用が有意であった。単純主効果検定を行った結果、パット距離 2m における視角の単純主効果 ($F(3,147) = 9.58, p < .001$)、パット距離 3m における視角の単純主効果 ($F(3,144) = 6.26, p < .001$)、視角 3° におけるパット距離の単純主効果 ($F(2,98) = 17.01, p < .001$)、視角 5° におけるパット距離の単純主効果 ($F(2,96) = 5.22, p < .01$)、視角 10° におけるパット距離の単純主効果 ($F(2,98) = 3.94, p < .05$) が有意であった。一方で、パット距離 1m における視角の単純主効果 ($F(3,147) = 2.35, n.s.$)、視角制限なしにおけるパット距離の単純主効果 ($F(2,98) = 0.55, n.s.$) は有意でなかった。多重比較の結果、視角 3° におけるパット距離 1m - 2m 間 ($p < .001$)、視角 5° におけるパット距離 1m - 2m 間 ($p < .01$) において有意差が見られた。

4. 考察

視野制限下のパッティングパフォーマンスの結果から、パット距離が長くなるにつれパフォーマンスが悪化する点や、視角が狭くなることでパフォーマンスが悪化することが示された。特に視角に関しては、視角が 3° に制限されると大幅にパフォーマンスが下がることが明らかとなった。これらは熟練者、初心者に共通の傾向として示されたが、熟練者により顕著な傾向として見られ

た。また、視野制限がない場合におけるパフォーマンスを基準とし、視野制限の影響のみを取り扱った際には、熟練者が視角 3° に制限されたときのみ有意な差が見られた。このことから、視野制限の影響という観点では熟練者のほうがパフォーマンスの悪化が大きいことが明らかとなった。よって熟練者は、中心視野からの視覚情報のみではなく、制限された視野領域における視覚情報を利用していることが示唆された。また、熟練者のパフォーマンスが視角 3° で著しく低下することから、ゴルフのパッティングにおいてパフォーマンスを維持できる最小有効視野は視角 5° であることが推測された。

パッティングに関して視覚情報とパフォーマンスの関係に着目した過去の研究では、ストローク中にターゲットを見る場合とボールを見る場合で差が見られない (Bower, 1968; Cockerill, 1980) とした報告や視覚情報を遮蔽することでパッティングスキルが上達する (Aksamit & Husak, 1983) と結論付けた報告が見られ、パッティングにおいて視覚情報がそれほど重要でないことが示唆されている。一方で Wannebo & Reeve (1984) は、パッティングの際の感覚情報の役割を評価し、ボールからの視覚情報は正確性において重要な感覚情報になるとし、Aksamit & Husak の結果は「ゴルフをまったくしたことがない」被験者がもたらしたものと考え、すでに視覚情報を得てパッティングを行ったことがあるプレーヤーは、視覚情報の欠如による悪影響のほうが大きいと推測した。このように、パッティングにおいて視覚情報の重要性は研究者により見解が異なっていることが現状である。Ripoll (1991) は視覚機能を意味 (semantic) と感覚運動 (sensorimotor) に分類しており、スポーツ状況においては、優れたパフォーマンスを発揮するために、これら視覚機能の 2 つの側面が協調して機能する必要があるとした。しかし、これまでの研究の多くは、情報の受容という「意味」としての視覚機能のみの問題を扱っているが多く、スポーツにおける視覚情報処理に関して明確に説明するためには、タスクにおける視覚機能の両者の特徴を加味する必要があることが示唆されている (Williams et al., 1999)。パッティングに関する先行研究においても、視覚情報に関して「意味」としての視覚機能による考察が行われており、ボールの位置が変動せず身体動作も少ないパッティングにおいては、視覚情報の必要性を明確に説明できなかったと考えられる。周辺視機能の主たる特徴は、無意識的であり、さらには時間的な変化や運動する物体の検出能力に優れる (Fukuda, 1987) ことがあげられる。また、周辺視による注意を切り換えは、眼球運動よりも高速である

(Nougier et al., 1991; Posner & Raichle, 1994) ことや、周辺視は中心視よりも動きに関する情報を素早く処理している (Milner & Goodale, 1995) ことも指摘されている。以上の知見から、パッティングにおいても、周辺視機能の特徴をふまえて議論を行う必要があると考えられる。

視角 5° に制限された場合においてゴルファーがアドレスを取った際に見えるグリーン面の範囲は 12 cm であるが、この範囲は Naito et. al. (2004) による熟練者の視支点 (仮想の注視点であり、その注視点そのものには意味がない。) の移動範囲とほぼ等しい。熟練者におけるパフォーマンスの低下は、視野範囲が狭まることにより視支点の移動をスムーズに行えなくなったことが一因と考えられる。視支点の移動は、「ゴルファーは自覚していないものの、クラブのストロークと同期して正確に行われている (Naito et. al., 2004)」ことが示されており、熟練ゴルファーは時間的な変化や運動する物体の検出能力に優れるといった周辺視機能を活用させ、視支点の移動を効率的に行っていることが示唆される。

また、熟練者における予想と実際の結果の差から、熟練者の予想はパット距離 2m, 3m の場合で大きくずれ、実際の結果と同様に視角 3° で予想が大幅に悪化することが明らかとなった。また、予想のずれに関して、前後方向のずれを示す constant error の結果から、パット距離 2m, 3m の場合において視角が 3° に制限されると実際にパットされた距離が予想よりも短くなることが明らかとなっている。

前述したように、背側経路は空間的な情報を取り入れるのみでなく、行為を視覚的にガイドする visuomotor control (視覚運動制御) の目的がある (Milner & Goodale, 1995)。さらに、大脳の視角関連領域における周辺視野からの情報は頭頂皮質に向かう背側経路に投射される (Ungerleider & Desimone, 1986) ことから、周辺視野における視覚情報は視覚運動制御に影響があると考えられる。これは、周辺視野からの視覚情報の有無が姿勢制御に影響を与えている (Berencsi et. al., 2005) ことから示される。また、Gauthier, Nommay & Vercher (1990) の研究では、「手と目の正確な調整を要求されるターゲッティングスキルは、目標位置に関する参照の内部構造と同様に、軌道 (あるいは視覚の自己受容性感覚) の目の位置からの自己受容の信号を組込んでいる」と推測され、運動制御において視覚フィードバックが重要な位置を占める (Proteau, 1992) とされている。以上の知見をふまえると、熟練者における予想のずれは、周辺視野からのクラブヘッドなどの視覚情報が視覚フィードバックに影響を与えていることを示し、運

動制御にも影響を与え、距離のずれとしてパフォーマンスに現れていることが考えられる。

本研究はフィールド上で行われる実験であり、周辺視野のみを制限しているため中心視の利用状況に関しては実証することは出来ない。また、2つの視覚システムは相互作用の関係がある (Goodale & Humphrey, 1998) ことが指摘されている。よって、本研究で発生した熟練者におけるパフォーマンスの影響は、そのまま周辺視機能のみによるものであるとは断言できない。しかしながら、周辺視野における視覚情報の欠如がパフォーマンスに影響を与えており、本研究によりこれまで推測の域を脱していなかったスポーツにおける周辺視野領域の視覚情報の利用が確認されたと考えられる。これにより、多くのスポーツにおける周辺視機能に係わる視覚情報処理研究に貢献することが期待される。またそのためには、スポーツの現場においてリアルタイムで中心視、周辺視を制限するシステムの構築が今後の課題となる。

文献

- Aksamit, G., & Husak, W. (1983) Feedback influences on the skill of putting. *Perceptual and Motor Skills*, 56: 19-22.
- Berencsi, A., Ishihara, M., & Imanaka, K. (2005) The functional role of central and peripheral vision in the control of posture. *Human Movement Science*, 24: 689-709.
- Bower, R.T. (1968) Putting errors of beginning golfers using different points of aim. *Research Quarterly for Exercise and Sport*, 39: 31-35.
- Christina, R.W., Feltz, D.L., Hatfield, B.D., & Daniels, F.S. (1981) Demographic and physical characteristics of shooter. In G. Roberts, & D. Landers (ed.), *Psychology of motor behavior and sport* (p.89). Champaign: Human Kinetics.
- Cockerill, I.M. (1980) Visual control in golf putting. In C.H. Nadeau, W.R. Halliwell, K.M. Newell, & G.C. Roberts (Eds.), *psychology of motor behavior and sport-1979* (pp. 377-384). Chicago IL: Human Kinetics.
- Coello, Y., Delay, D., Nougier, V., & Orliaguet, J.P. (2000) Temporal control of impact movement. The time from departure control hypothesis in golf putting. *International Journal of Sport Psychology*, 31: 24-46.

- Fox, M.G. (1957) lateral dominance in the teaching of bowling. *Research Quarterly*, 28: 327-331.
- Fukuda, T. (1987) Some characteristics of peripheral vision. *NHK Technical Monograph*, 36: 1-38.
- Gauthier, G.M., Nommay, D., Vercher, J.L. (1990) Ocular muscle proprioception and visual localization of targets in man. *Brain*, 113: 1857-1871.
- Goodale, M.A. (1993) Visual pathways supporting perception and action in the primate cerebral cortex. *Current Opinion in Neurobiology*, 3: 578-585.
- Goodale, M.A., & Humphrey, G.K. (1998) The Objects of Action and Perception. *Cognition*, 67: 179-205.
- Goodale, M.A., & Milner, A.D. (1992) Separate visual pathways for perception and action. *Trends in Neuroscience*, 15: 20-25.
- Goodale, M.A., & Servos, P. (1996) Visual control of prehension. In H.N. Zelaznik (Eds.), *Advances in Motor Learning* (pp. 87-121). Champaign: Human Kinetics.
- Goodale, M.A., Milner, A.D., Jakobsen, L.S., & Carey, D.P. (1991) A neurological dissociation between perceiving objects and grasping them. *Nature*, 349: 154-156.
- Ikeda, M., Uchikawa, K., & Saida, S. (1979) Static and dynamic functional visual fields. *Optica Acta*, 26: 1103-1113.
- Itoh, N., Kato, T., & Fukuda, T. (2001) An experimental consideration of fixation properties. *Perceptual and Motor Skills*, 93: 777-784.
- Kato, T., & Fukuda, T. (2002) Visual search strategies of baseball batters: eye movements during the preparatory phase of batting. *Perceptual and Motor Skills*, 94: 380-386.
- Lakatos, J.S. (1968) Eye dominance in batting performance. *Athletic Journal*, 49, 76.
- Meacci, W.G., & Pastore, D.L. (1995) Effects of occluded vision and imagery on putting golf balls. *Perceptual Motor Skills*, 80(1): 179-86.
- Milner, A.D., & Goodale, M.A. (1993) Visual pathways to perception and action. In T.P.Hicks, S. Molotchnikoff & T. Ono (Eds.), *Progress in Brain Research* (Vol. 95, pp. 317-337). Amsterdam: Elsevier.
- Milner, A.D., & Goodale, M.A. (1995) *The Visual Brain in Action*, Oxford: Oxford University Press.
- Nagano, T., Kato, T., & Fukuda, T. (2004) Visual search strategies of soccer players in one-on-one defensive situations on the field. *Perceptual and Motor Skills*, 99: 968-974.
- Naito, K., Kato, T., & Fukuda, T. (2004) Expertise and position of line of sight in golf putting. *Perceptual and Motor Skills*, 99: 163-170
- Nougier, V., Stein, J.F., & Bonnel, A.M. (1991) Information processing in sport and orienting of attention. *International Journal of Sport Psychology*, 22: 307-327.
- Posner, M.I., & Raichle, M.E. (1994) *Images of Mind*, New York: Scientific American Library.
- Proteau, L. (1992) On the specificity of learning and the role of visual information for movement control. In L. Proteau & D. Elliot (Eds.), *Vision and motor control*, Amsterdam. The Netherlands: North Holland Elsevier science Publ.
- Ripoll, H. (1991) The understanding-acting process in sport: the relationship between the semantic and the sensorimotor visual function. *International Journal of Sport Psychology*, 22: 221-243.
- Sage, G.H. (1984) *Motor learning and control: a neuropsychological approach*. Dubuque Brown.
- Saida, S. & Ikeda, M. (1979) Useful visual field size for pattern perception. *Perception and psychophysics*, 25: 119-125.
- Schmidt, R.A., & Lee, T.D. (1999) *Motor Control and Learning: A Behavioral Emphasis*, 3rd ed'. Champaign: Human Kinetics.
- Schneider, G.E. (1969) Two visual systems: brain mechanisms for localization and discrimination are associated by tectal and cortical lesions. *Science*, 163: 895-902.
- Trachtman, J.N., & Kluka, D.A. (1993) Future trends in vision as they relate to peak performance in sport. *International Journal of Sports Vision*, 1: 1-7.
- Trevarthen, C.B. (1968) Two mechanisms of vision in primates. *Psychologische Forschung*, 31: 299-337.
- Ungerleider, L.G., & Desimone, R. (1986) Cortical connections of visual area MT in the macaque. *The Journal of Comparative Neurology*, 248(2): 190-222.
- Wannebo, M., & Reeve, T.G. (1984) Effects of skill level and sensory information on golf putting. *perceptual*

and Motor Skills, 58: 611-613.

Yoshioka, Y., Isshiki, T., & Okazaki, S. (2003) The role of peripheral visual field while walking through a maze with way-finding. *The Japanese Journal of Ergonomics*, 39(1): 1-8 (in Japanese).

Yoshioka, Y., Isshiki, T., & Okazaki, S. (2003) The relationships between the characteristic behaviors in walking through a maze with way-finding and the two visual field, central and peripheral. *The Japanese Journal of Ergonomics*, 39(1): 9-15 (in Japanese).

Williams, A.M., Davids, K., & Williams, J.G. (1999) *Visual Perception and Action in Sport*, London: E & FN Spon.