

# ヒトのリーチング動作における到達地点ばらつきの限界

身体運動科学研究領域

5018A024-8 梶 百合子

研究指導教員：彼末 一之 教授

## 【緒言】

ばらつきは運動における不可避的な性質である。そのため、どんなに高度な技術を持っている熟練者であっても避けることはできない。内堀ら（2018）は熟練球技選手のサーブの到達地点のばらつき（%）が2~5%程度に収束することを明らかにした。このことは、特定の位置を狙う照準運動には、共通した性質として少なくとも2%程度の到達地点のばらつきが発生する可能性を示唆している。この仮説を検討するために、本研究は日常で頻繁に活用することから熟練していると考えられるリーチング動作を対象にした。

リーチング動作はサーブと同様に特定の位置を狙って行われる動作である。日常生活は視覚と大きく関連しているため、リーチング動作においても視覚が影響すると考えられる。しかしながら、スポーツ動作の照準運動ではボールリリース後はボールをコントロールすることはできない。また、スポーツなどの速い動作は視覚フィードバック修正を有効活用できない。よって、本研究は視覚フィードバック修正に依存しないリーチング動作のばらつきの限界について検討することを目的に行った。

## 実験 1

### 【方法】

被験者は右利き健常成人17名とした。リーチング動作は身体正面水平面に設置したターゲット間（ターゲット左・右・奥・手前）の指先の素早い移動とした。課題1は左右ターゲット間（40cm）のリーチング動作とし、課題2は奥手前ターゲット間（30cm）のリーチング動作とした。各試行35回ずつ実施し、すべて閉眼で行った。

リーチング到達地点のばらつきは（cm）は、30回分の到達地点の標準偏差として算出し、それを課題の運動距離で正規化したばらつき（%）とした。得られたばらつきは内堀ら（2018）の研究で測定されたサーブ動作のばらつきである2%と比較した。

## 【結果・考察】

すべての試行においてリーチング動作のばらつきは5%程度であり、より複雑で高度なサーブ動作のばらつきの2%よりも有意に大きいという結果になった（ $P < 0.05$ ）（図1）。本研究では熟練動作としてリーチング動作を対象としたが、日常生活動作は基本的に開眼状態で行われる。開眼状態でのリーチング動作のばらつきを調べるために、試技の開始時に開眼状態でスタート位置に指をセットした際のばらつきを算出した（図1）。その結果、すべての試行においてばらつきは1%以下であり、このことは開眼している場合は極めて小さいばらつきでリーチングすることができることを示唆している。つまり、開眼状態のリーチング動作は視覚フィードバック修正を有効活用した動作として熟練していたと考えられる。本実験の閉眼でのリーチング動作は馴染みのない新規課題であり、今回測定されたばらつきは完全に熟練した状態の結果ではない可能性が高い。そのため、リーチング動作が熟練した状態を想定できるような追加実験を行い、その結果からリーチング動作のばらつきの限界について検討した。

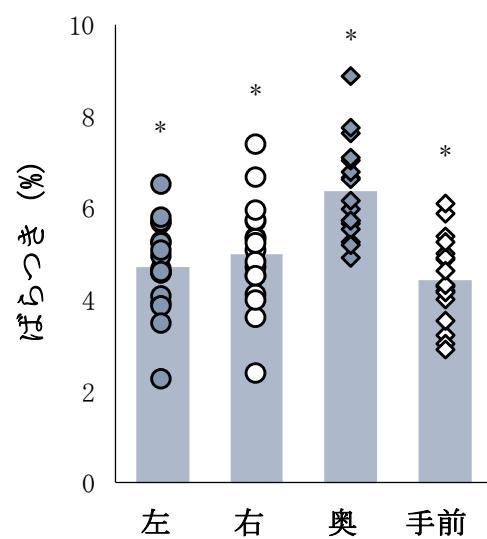


図1. 試行別の到達地点のばらつき

## 実験 2

### 【方法】

被験者は上肢に運動器疾患のない右利き健常成人 16 名とした。実験は PRE、介入、POST の流れで 2 日間に渡り、左から右へのリーチング動作を実施した。1 日目は PRE と介入を行い、2 日目は介入を行ってから POST を行った。PRE と POST は実験 1 と同様に 35 回の繰り返しをすべて閉眼で行った。介入は 1 ブロック 30 回とし、1 日 5 ブロック（150 回）、合計 10 ブロック（300 回）を実施する練習とした。介入では被験者に 2 回に 1 回の頻度でリーチング動作後に開眼してもらい、到達地点のフィードバックを与えた。

### 【結果・考察】

練習によってばらつきは低下する傾向であった（図 2）。練習による学習効果は学習のべき乗則として知られている（Newell & Rosenbloom, 1981）。

$$\ln y = \ln A + B \ln x$$

今回の実験結果を学習のべき乗則に当てはめて考えるために、練習を  $x$  回実施した際のばらつき (%)  $y$  から最小二乗法によりパラメータ  $A$  と  $B$  を決定した。また、学習は練習の初期には急速に進むが、次第にその効果は低下していくため、PRE でのばらつきが内堀ら（2018）の研究で測定されたサーブのばらつき（2~5%）の範囲内だった被験者 8 名を上達者として、再度パラメータを算出した。練習を 30 万回行った際の全被験者分と上達者 8 名分のばらつきの予測を図 3 に示した。また、実験 2 と同じ要領で 1 日 180 回の練習を毎日 1 時間行った場合の経年におけるばらつきの変化の予測を図 4 に示した。

シミュレーションの結果、上達者であっても 30 万回程度の練習により数年ではばらつきは 2%程度まで改善することが期待される。しかしながら、1%台におけるばらつきの改善は非常に困難であるということがわかる（図 3、図 4）。これは予測であるため、実際のパフォーマンスの変化と必ずしも詳細が一致するとは限らないが、内堀ら（2018）によって測定された熟練したサーブ動作のばらつきは 2%以上であり、内堀らの実験結果と今回の実験に

よるシミュレーションによる予測を踏まえると、ばらつきを 1%以下にすることは困難であると考えられる。

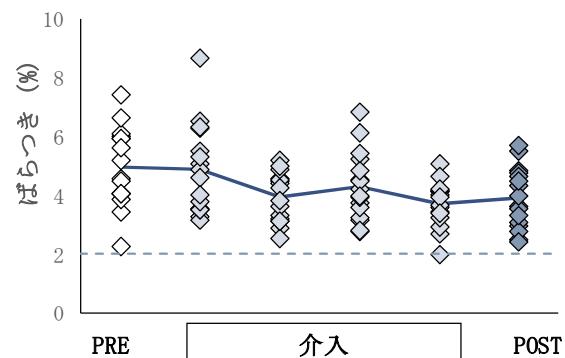


図 2. PRE から POST にかけたばらつきの変化

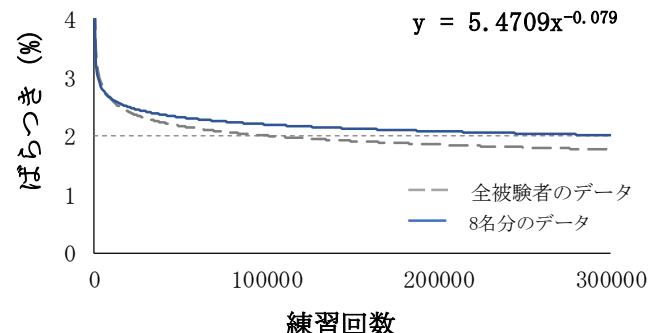


図 3. リーチング動作の練習回数とばらつきの変化の予測

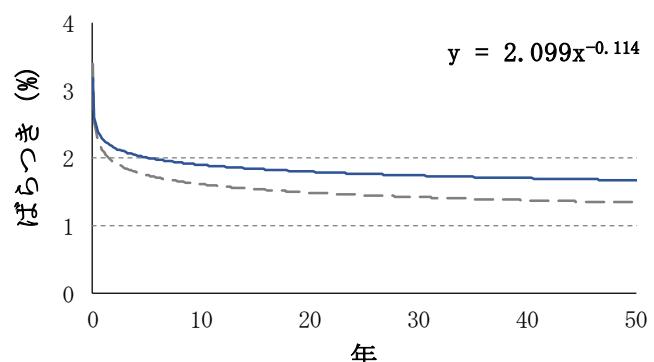


図 4. リーチング動作の練習期間（年）とばらつきの変化の予測

### 【結論】

視覚フィードバック修正に依存しないリーチング動作において、2%以上の到達地点のばらつきは不可避であり、トレーニングを行ってもそのばらつきを 1%以下に低下させることは困難である可能性が示唆された。