

投動作の主観的および客観的出力調整の対応

—利き手投げと非利き手投げに注目して—

岩 木 恵 里 (愛知教育大学 保健体育講座 大学院)

合 屋 十四秋 (愛知教育大学 保健体育講座)

I. 緒 言

我々ヒトは、字を書く時、箸を使う時などの日常生活で利き手を多く利用する。そして、多くのヒトの利き手は、「右手利き」の場合が多く、紀元前3000年から1950年までの約5000年間に創られた芸術作品から推定された右手利きの割合は90%を越えており(前原, 1989), 国や文化を越えて一貫してヒトは右手利きであり, 左手利きは10%程度である。

また, スポーツの場面に見られるように, 砲丸投げ, やり投げのような投擲種目, および野球, バasketボール, ハンドボール等の球技種目のような上肢の運動においても, 利き手を多く利用している。

しかし, 日常生活での事故や, 各種のスポーツによって起こる障害や外傷などにより, 利き手を使うことができない場合がしばしば生じる。その場合には, 日常の動作や各種の運動を非利き手で行うことが多くなっていく。また, バasketボールや, ハンドボールなどは, 利き手の利用はもちろんのこと, 非利き手の利用も多々ある。目まぐるしくかわる状況の中で, 利き手と非利き手を使い分け, 利き手と同じようなパフォーマンスを, 非利き手でも生み出すことが可能になれば, 競技力も向上するであろう。

今泉ら(1997)は, 成人女子にソフトボールの利き手と非利き手投げをさせ, オーバースローによる投動作パターンと投距離に対する利き手投げと非利き手投げの差や, 非利き手投げによる投のトレーニング効果を見たところ, 非利き手投げによる投距離や投動作パターンが, 投のトレーニングによって利き手投げのそれらに接近しうる可能

性があると述べており, 非利き手のパフォーマンスが利き手のそれに近づくことは, トレーニングによって可能なのである。

さて, 利き手を多く利用している理由の一つとして, 利き手が「器用」であるという一般的な信念がある。木下(2000)は, 心理学的立場から, 女子大学生98人に鏡映描写課題を, 利き手, 非利き手で行わせ, 課題遂行時間とエラー数を出した結果, 日常的な知覚-運動協応が利用できない場面では利き手であっても, すぐれた動作遂行ができないことがあると述べている。

では, 非利き手はどのくらい器用で, 正確なのであろうか?

そこで本研究では, 利き手, 非利き手の器用さ, 正確さを運動学的にとらえ定量化するために, 意識的な「出力の調整」という点に注目した。

「出力調整」に関して, 大築(1989)は, 目的に合わせ身体諸機能を調節する随意的能力であるスキルを, 「出力の正確さ, 出力のすばやさ, 出力の持続性, 状況把握能力」の4要素に大別している。さらに, 運動制御の出力面に関する能力は「正確さ」であり, そこには, 「体肢のポジショニング能力, タイミング能力, 出力のリプロダクション能力, 出力のグレーディング能力」が含まれるとしている。これらの中で, 目的にあわせ発揮する力を調節する能力をグレーディング能力としており, 出力のコントロールには重要な役割を果たすものであると報告している。

このグレーディング能力, すなわち出力調整に関して, 伊藤ら(1997)は, 利き手の投動作におけるグレーディング能力に関する研究を行っており, 利き手投げは目的にあわせて力を発揮することができるが, 強度が低くなるにつれて, その強

度よりも過大に評価してしまう傾向があると報告している。

そこで本研究では、投動作において、主観的な感覚による身体の出力量調整が、客観的に計測されるパフォーマンスに対してどの程度正確になされるのか、また、投動作における出力調整の際に影響があるといわれる前方への上体傾斜角度（伊藤ら、1997）という観点から、利き手と非利き手との出力調整の仕方の差を明確にし、非利き手における意識とパフォーマンスを関係づけることを目的とした。

II. 研究方法

1. 被験者

被験者は、運動部に所属する右手利き男子大学生10名（年齢 19.7 ± 1.0 years, 身長 175.4 ± 8.7 cm, 体重 69.9 ± 11.7 kg）であった。

2. 実験試技

被験者は、スタートラインに足をそろえた姿勢から、後ろ脚（スローイングを行う腕と同じ側にある脚）を一步引き、その時の前脚（スローイングを行う腕と逆にある脚）を、スタートラインの位置に固定（ただし、後ろ脚の踏み出しは無制限）した状態で、ハンドボール投げを行った。

試技は、主観的強度100%、80%、60%、40%、20%の5段階をランダムな順序（100%→60%→20%→80%→40%）で行った。5段階を1setとし、利き手（右手）投げ、非利き手（左手）投げの場合において、各2set行った。この際、投距離やそのほかのデータについてのフィードバック情報は与えず、各自の感覚のみを頼りに段階付けを行うように指示した。

3. 測定項目及び測定方法

(1) 投距離

投距離は、スタートラインからボールの落下点までの距離を実測した。また、相対値として客観的強度を求めた。

(2) 投動作

投動作は、19m側方よりNAC社製HSV-400で撮影（200f.p.s）し、その映像から以下の項目を算出

した。また、相対値として客観的強度を求めた。

〈算出項目〉

- ①投距離
- ②リリース直後のボール速度
- ③リリース時の前方への上体傾斜角度

III. 結果

1. 主観的強度と投距離の対応関係

図1-1に、利き手と非利き手投げにおける、主観的強度と客観的強度の対応関係を示した。利き手投げ、非利き手投げのどちらの場合においても、主観的強度と客観的強度の間に有意な（ $p < 0.01$ ）直線回帰が認められた。

実際に発揮されたパフォーマンスである客観的強度が、その際に意識した主観的強度の値を表した理論直線から、主観的強度が小さくなるにつれて、より上方にシフトする傾向が見られた。利き手投げ、非利き手投げの条件間においても、有意な（ $p < 0.01$ ）相関関係が認められた。

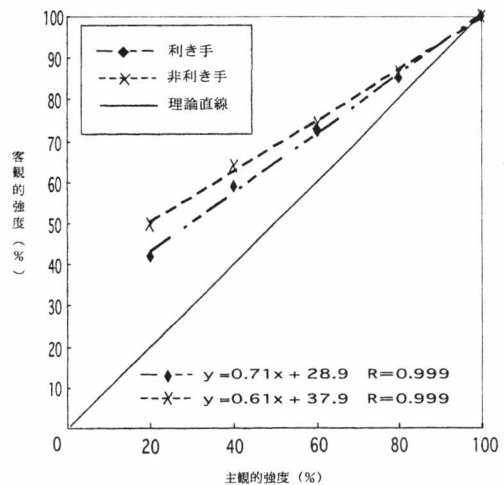


図1-1 主観的強度と客観的強度との対応関係～投距離～

図1-2は、利き手と非利き手投げにおける、主観的強度の変動係数を示している。変動係数は、標準偏差を平均値で除した値であり、いわゆる「ばらつき」を表す指標である。主観的強度が高くなるにつれて、変動係数の値は小さく、主観的強度が低くなるにつれて、投距離のばらつきが大きくなる傾向が見られた。

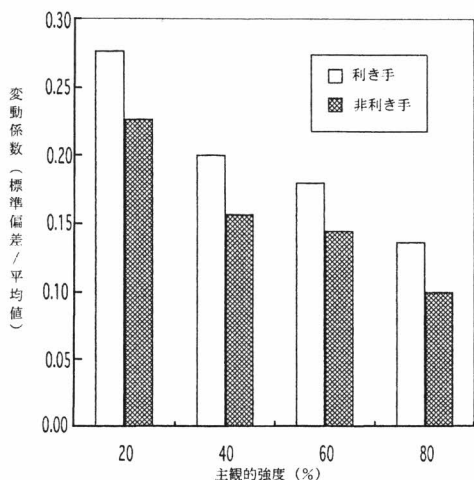


図1-2 主観的強度における変動係数 ～投距離～

2. 主観的強度とボール速度の対応関係

図2-1に、利き手と非利き手投げにおける、主観的強度と客観的強度の対応関係を示した。利き手投げ、非利き手投げのどちらの場合においても、主観的強度と客観的強度の間に有意な ($p < 0.01$) 直線回帰が認められた。

実際に発揮されたパフォーマンスである客観的強度が、その際に意識した主観的強度の値を表した理論直線から、主観的強度が小さくなるにつれて、より上方にシフトする傾向が見られた。利き手投げ、非利き手投げの条件間においても、有意な ($p < 0.01$) 相関関係が認められた。

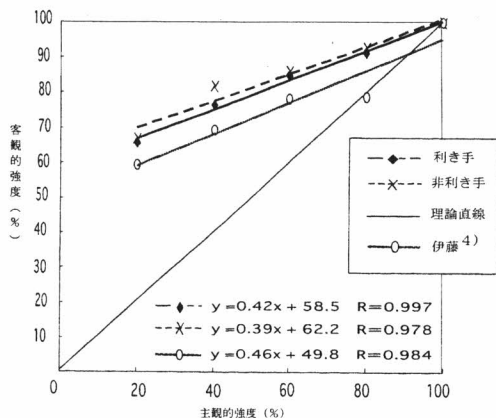


図2-1 主観的強度と客観的強度との対応関係 ～ボール速度～

図2-2は、利き手と非利き手投げにおける、主観的強度の変動係数を示している。利き手投げにおいて、主観的強度が高くなるにつれて、変動係

数の値が小さくなることから、主観的強度が低くなるにつれて、投距離のばらつきが大きくなる傾向が見られた。しかし、非利き手投げにおいては、利き手投げのような傾向を示さず、どの主観的強度においてもばらつきが大きく不安定である。特に、主観的強度が60%以上においては、利き手と非利き手投げの値が40%以下と全く逆であった。

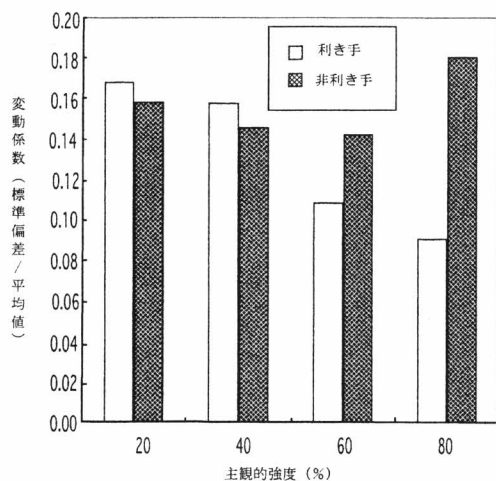


図2-2 主観的強度における変動係数 ～ボール速度～

3. ボール速度と上体傾斜角度の対応関係

図3に、利き手と非利き手投げにおける、ボール速度と上体傾斜角度の対応関係を示した。ボール速度と上体傾斜角度との間に有意な相関関係が、利き手投げ ($p < 0.05$)、非利き手投げ ($p < 0.01$) どちらの場合においても認められた。

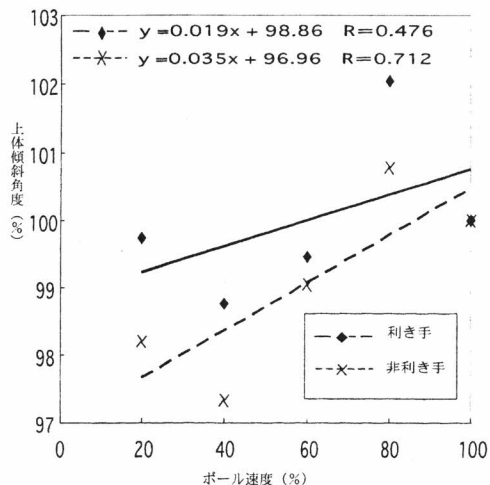


図3 ボール速度と上体傾斜角度の関係

IV. 考 察

1. 主観的強度と投距離の対応関係

利き手投げ, 非利き手投げのどちらの場合においても, 主観的強度と客観的強度の間に有意な ($p < 0.01$) 直線回帰が認められた (図1-1)。このことは, ヒトが意識によって, パフォーマンスを一定の間隔に調節可能であることを示した結果である。これらは, 村木 (1996) の跳動作, 大築ら (1979) の跳動作の報告における「出力を数段階に分けて発揮できる」ことと同様の結果であった。また, 利き手投げ, 非利き手投げの条件間においても, 有意な ($p < 0.01$) 相関関係が認められたことから, 日常の動作で主に使われる利き手と, 動作が未熟な非利き手, どちらの手を使って投げた場合でも, 投距離としての出力調整の仕方は同じであった。

しかし, 実際に発揮されたパフォーマンスである客観的強度が, その際に意識した主観的強度の値を上回る傾向が利き手投げ, 非利き手投げのどちらの場合にも共通して見られたことから, 主観的強度が低くなるにつれ, 過大評価してしまう傾向があり, その度合いは, 非利き手投げ, 利き手投げの順で大きかった。反対に, 主観的強度が高くなるにつれて, 実際に発揮された客観的強度が意識された主観的強度に近い値を示していた。

一般に主観的強度と客観的強度との間には Stevens のベキ法則関係 (大築, 1988) が成り立つといわれている。主観的強度の一定量の変化に対して, 客観的強度の変化量は異なる, つまり, 出力のレベルが大きくなるほど, 主観的強度を同じ割合で増加させても (意識する出力を一定に増加させても), それに対する客観的強度の増加量は小さくなるという傾向がある。また, 主観的強度が高くなるにつれて変動係数の値が小さくなる (図1-2) ことから, 主観的強度が高くなるにつれて, 動作のばらつきが少なく, 再現性が高いということが考えられる。

以上のことより, 利き手投げ, 非利き手投げどちらの場合においても, 投距離として出力を段階づけることは可能であるが, 20%, 40%などの低い強度や, 特に非利き手投げが, 主観的強度と

客観的強度が一致しにくいのは, ふだんの生活で発揮される機会が少ないために, 意識と実際のパフォーマンスにずれが生じているためであると考えられる。

2. 主観的強度とボール速度の対応関係

主観的強度と投距離の対応関係と同様の結果が得られたこと (図2-1) から, ボール速度としての出力調整においても, ヒトは意識によってパフォーマンスを一定の間隔に調節可能であることを示している。また, 利き手投げ, 非利き手投げの条件間においても, 有意な ($p < 0.01$) 相関関係が認められたことから, 利き手投げと, 非利き手投げ, どちらの手を使って投げた場合でも, ボール速度としての出力調整の仕方は同じであった。

また, 過大評価という点においても, 主観的強度と投距離の対応関係の場合と同様の結果が得られ, 利き手投げ, 非利き手投げのどちらの場合においても, 主観的強度が低くなるにつれ, 過大評価してしまう傾向があり, Stevens のベキ法則関係 (大築, 1988) が成り立っていると考えられる。

また, 利き手投げにおいては, 主観的強度が高くなるにつれて変動係数の値が小さくなることから, 主観的強度が高くなるにつれて, 動作のばらつきが少なく, 再現性が高いということが考えられる。しかし, 非利き手投げにおいては, 利き手投げのような傾向を示さず, 特に主観的強度80%の変動係数値が他の強度よりも高い値が示したことから, 非利き手投げは, ばらつきが大きくどの出力においても, 投動作様式が洗練化されていない未熟なパターンであることが伺える (図2-2)。

以上のことより, 利き手投げ, 非利き手投げどちらの場合においても, ボール速度として出力を段階づけることは可能であるが, 20%, 40%等のような低い強度や, 特に非利き手投げが, 主観的強度と客観的強度が一致しにくいのは, 投動作の習熟レベルの低さ, すなわち, 学習が洗練されていないことを示している。従って, トレーニングによって, 非利き手投げも, 利き手投げのように「変わる」ことが可能であることも示唆している。

3. 上体傾斜角度

(1) 投動作の出力調整に影響する要因

伊藤ら(1997)は、投動作の出力調整を行う際、何によって調整しているかを知るために、投動作を行う上で直接、目的とする投動作に関係する部分の動きとして、「前方への上体傾斜角度」、「腕のスウィング速度」、「テイクバック時のボール後方変位」を取り上げ、それら3点とボール速度との関係を明らかにしている。そのうち、「前方への上体傾斜角度」と「腕スウィング速度」がボール速度と有意な相関関係があり、ハンドボールの速度発揮には体幹の動きが重要であるという星川(1982)の報告とあわせ、投動作の出力調整は、前方への上体傾斜角度から示唆される重心の移動量の増減によりなされ、その結果として上肢全体の速度が加減され、パフォーマンスを変化させたと考えられると報告している。

そこで本研究では、その「上体傾斜角度」に着目し、ボール速度との対応性を見た。

(2) ボール速度と上体傾斜角度の対応関係

本研究においても、伊藤ら(1997)の報告と同様に、ボール速度と上体傾斜角度との間に有意な相関関係が、利き手投げ ($p<0.05$)、非利き手投げ ($p<0.01$) どちらの場合においても認められた(図3)。

投動作は、下肢、体幹のエネルギーを上肢からボールへと伝達する動作である。さらに、投動作の末端部位の速度増大の要因の一つとして、上肢のムチ動作が重要であるとされる。しかし、星川(1982)によれば、握れないボールではムチ動作が見られないと述べている。また、堀田ら(1986)は、硬式野球ボール、ハンドボール、バスケットボールを使用した硬式野球選手の投動作の比較において、ハンドボール及びバスケットボールではムチ動作が見られず、上肢を棒状に使用して投げるため、体幹の動きがボールの速度発揮には重要であると報告している。

本研究での投動作の場合、ハンドボールを使用し、構えの姿勢は前脚(スローイングを行う腕と逆側にある足)を踏み出した位置に固定するよう指示した(ただし、後ろ脚の踏みだしは無制限)

ため、体幹の速度発揮、すなわちボール速度を発揮するためには上体を前方に倒し込まなければならない。

このことは、前方への上体傾斜角度が、前方への運動エネルギーを生むための重心の移動量を示唆するという、伊藤ら(1997)の報告と一致した。従って、利き手投げ、非利き手投げの双方ともに、上体をボールの投げる方向へ傾ける動作の獲得ができるか否かによって、ボールの速度が増大することがわかる。

4. 利き手投げと非利き手投げの出力調整の質の違い

非利き手投げにおいて、投距離としての出力調整では、主観的強度が高くなるにつれて再現性が高くなるが、ボール速度としての出力調整では、どの強度においても動作にばらつきがあった。投動作を分析するにあたって考えなければならないことのひとつとして、「腰の捻り」があるが、本研究において、このことは考慮に入っていない。

従って、利き手投げは非利き手投げに比べ、洗練された動作をしているため、腰の捻りも充分であり、その結果、上体が傾斜されボールに速度が生まれ、安定した動きが作られたと考えられる。しかし、非利き手投げにおいては、「ボールを投げる」という一連の動作やムチ動作が未熟なため、結果として、腰の捻りが不十分であり、安定した動きを生み出すことができず、ボール速度の出力調整にばらつきが出てしまったのではないかと考えられる。

今後の課題として、投動作における一連の流れを考慮に入れた上で、投動作の出力調整と腰の捻りの関連について、研究を進めていくべきであると考えられる。

IV. まとめ

本研究では、投動作において、主観的な感覚による身体出力調整が、客観的に計測されるパフォーマンスに対してどの程度正確になされるのか、また、前方への上体傾斜角度の影響という観点から、利き手と非利き手との出力調整の仕方の差を明確にし、非利き手における意識とパフォーマンス

マンスを関係づけることを目的とした。その結果、以下のようであった。

- 1) 利き手投げ, 非利き手投げどちらの場合においても, 投距離・ボール速度としての両出力調整に大きな差はなく, 客観的強度が意識した主観的強度の値を上回る傾向があり, その度合いは, 非利き手投げ, 利き手投げの順で大きかった。
- 2) 主観的強度が高くなるにつれて, 変動係数の値が小さくなり, 動作のばらつきが小さくなった。主観的な強度20%, 40%のような低い強度や, 非利き手投げは特に, 意識と実際のパフォーマンスにずれが大きい。
- 3) 利き手投げ, 非利き手投げどちらの場合においても, ボール速度と上体傾斜角度に有意な相関関係が認められたことから, 利き手投げ, 非利き手投げに関わらず, 投動作での出力調整を行う際には, 上体を前方へ押し込み, 重心を前方へ移動することで, 上肢の速度を増減させていることが示唆された。

引用・参考文献

- 堀田朋基・鶴賢行・河野信弘・北村潔和 (1986) 硬式野球ボール, ハンドボール及びバスケットボール投げにおける動作の特徴. 第8回日本バイオメカニクス学会大会論集:118-122.
- 星川保 (1982) 大きさと重さの異なるボールの投げ. J.J.Sports.Sci.1:104-109.
- 今泉和彦・立屋敷かをる・滝澤裕治・村上晴久・直原幹 (1997) 利き手投げと非利き手投げにおける投動作パターンおよび投距離の比較とその解析. 体力科学46:161-178.
- 伊藤浩志・村木征人 (1997) 走・跳・投動作のグレーディング能力に関する研究. スポーツ方法学研究10:17-24.
- 木下昌也 (2000) 利き手は器用か. 志学館大学文学部紀要22(1): 141-148.
- 前原勝矢 (1989) 右利き・左利きの科学. 講談社.
- 村木征人・稲岡純史 (1996) 跳躍運動における主観的強度(努力度合)と客観的出力との対応関係. スポーツ方法学研究9:73-79.
- 大築立志・定本朋子 (1979) 前方跳躍および上方跳躍における運動制御. 「身体運動の科学Ⅲ—運動の制御—」日本バイオメカニクス学会編:191-204.
- 大築立志 (1988) 「たくみ」の科学. 朝倉書店.
- 大築立志 (1989) 力のグレーディング. J.J.Sports.Sci.8(10):663-667.