

# 言語化された身体技能の伝達に関する研究：投球動作スキル伝達 による球速変化の解析

## Transfer of Verbalized Physical Skill: Analysis of Ball Speed Change by Acquisition of Pitching Movement Skill

大武美保子<sup>1\*†</sup> 荻原陽介<sup>2</sup> 豊田涼<sup>2</sup> 阿部健祐<sup>3</sup> 太田順<sup>1</sup>  
Mihoko Otake<sup>2</sup> Yosuke Ogihara<sup>2</sup> Ryo Toyoda<sup>2</sup> Kensuke Abe<sup>3</sup> Jun Ota<sup>1</sup>

<sup>1</sup> 東京大学人工物工学研究センター

<sup>1</sup> Research into Artifacts, Center for Engineering, the University of Tokyo

<sup>2</sup> 東京大学大学院工学系研究科

<sup>2</sup> Graduate School of Engineering, the University of Tokyo

<sup>3</sup> 東京大学文学部

<sup>3</sup> Faculty of Letters, the University of Tokyo

**Abstract:** Purpose of this study is to examine how the generated movement may change by transferring verbal physical skill to the trainee experimentally, and discuss the conditions of change. We transferred typical pitching movement skill, trajectory of the center of gravity to the trainee. The trainee practiced the skill for about 10 minutes. We have conducted controlled trial in order to study intervention effect to the ball speed of both groups. Ball speed improved for both groups: average ball speed of control group increased for 3.3 km/h while that of intervention group increased for 4.4 km/h. However, there were no significant difference between both groups. Then, we investigated the result of each trainee respectively, and found that number of trainee whose ball speed increased was larger for intervention group compared to control group. In control group, number of trainee whose ball speed increased was 7 among 18. In intervention group, that whose speed ball speed increased was 11 among 18. Experimental result suggests that transfer of verbal physical skill may change the generated movement of trainee towards the targeted movement in a short period of time.

## 1 はじめに

動作スキルを身につける上で、いわゆるコツと呼ばれる言語化されたスキルを理解し、理解に基づいて動作生成することが重要であることが知られている [古川 09]。バイオメカニクスやスポーツ科学の分野で、多くの言語化されたスキルが発見されている。学習者はこれらのスキルを学び、意識しながら動作生成をすることで、上達を図る。動作生成の際、意識の持ち方が変わることによって、結果としての動作が変化する [諏訪 09]。短時間では、筋骨格系や神経系が急速に変化することは考えにくいので、意識の変化により、生成される運動指令が変化するためと考えられる。諏訪らの研究にお

いては、自分の意識の持ち方を自ら言語化するメタ認知を行う。この他、指導者に指摘されて学習者が意識を変えることによって、動作がその場で変化することはよく観察されることである。スポーツ科学の研究では、指導を行った結果を数ヶ月間に渡って追うことが多い。たとえば、大学野球投手におけるピッチング動作の改善事例に関する研究では、投手の動作の変化を2年近く調査している [宮西 07]。なぜならば、短期的な動作の変化は長期的に定着せず、元に戻ってしまう場合が多いため、筋骨格系や神経系が変化することにより、新たに獲得した動作を身体に定着させるところまで練習して、初めて熟達と考えられるからである。しかし、長期的に目標に近づく上で、まず、短期的に目標へ近づく変化を引き起こすことは重要であることは間違いがない。そこで本研究では、言語化されたスキルを学習者に伝達し、どのように考えて動作を生成するか

\*連絡先：東京大学人工物工学研究センター  
〒160-0011 千葉県柏市柏の葉 5-1-5  
E-mail: otake[at]race.u-tokyo.ac.jp(\*at' is @)

†人工知能学会第10回身体知研究会予稿集 SKL-10-02

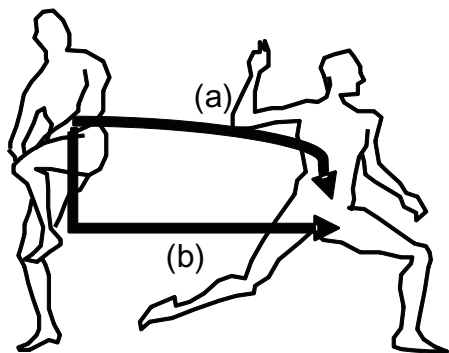


図 1: 投球動作における重心移動 (論文 [中村 02] 図 1 を元に描く)

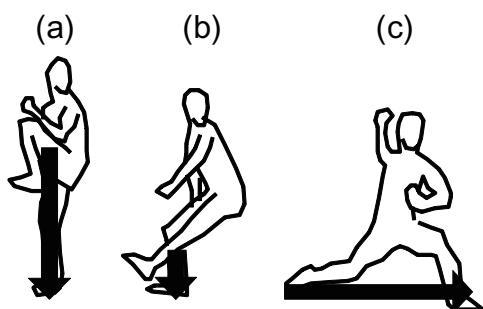


図 2: 投球動作における重心移動のための練習

という意識を変えるだけで、結果として生成される運動がどこまで変わるかを実験的に確かめ、変化が引き起こされる条件について考察する。具体的には、球速を向上することを目標として、球速向上に効果があるとされる言語化されたスキルを一つだけ学習者に伝達し、10分程度の練習を行い、練習前後の投球動作において、球速の変化が見られるか、比較対照実験を行う。

## 2 投球動作スキル

本研究において、言語化されたスキルの伝達を評価する対象として投球動作を選んだ理由は三点ある。第一に、チームスポーツではなく、ひとりで動きが完結していること。第二に、相手の動きに合わせる必要のない、自己開始型の運動であること。第三に、球速という定量的で明確な評価基準で、変化を記述できることからである。投球動作における言語化されたスキルは複数ある。この中で、本研究では、比較的全身の動きに関わり、大きな変化を期待できる、重心の移動のさせ方に関するコツを伝達することとした。重心の移動のさせ方に関するコツは以下の通りである。本来は、数ヶ月間教室に通い、10km/h以上速度が向上することを目指す際に教わるコツの一つである [手塚 11]。

一般に野球初心者の投球時の重心の移動は、踏み出



図 3: 投球速度の計測

す足を巻き上げてから踏み出す際に [Jobe 96, 中村 02], 図 1(a) のように、最後に重心が落ちる、上から振りかぶるような山なりの軌道を描くことが多い。しかしプロの投手などの投球を観察すると、まず軸足に体重を寄せまっすぐ下に重心を下げ、下げきったところから一気に前に持っていくという図 1(b) のような L 字の軌道を描いている。

重心移動がプロの投手のような軌道を描くことを目標として、次のような練習をする。まず図 2(a) の状態で軸足のかかと側に重心を乗せてケンケンをする (トントン)。そしてその重心位置のまま、図 2(b) のように重心を真下に落として沈み込む。そのまま右足に重みを残しつつ (キュー), 図 2(c) の状態まで一気に前にステップして投げる (ズバツ)。

## 3 投球動作スキルの伝達および球速計測による評価方法

### 3.1 投球動作スキルの伝達

説明の仕方をそろえるため、2. で述べたコツを図 1 と図 2 を用いてまとめた説明用紙を A4 版 1 枚で作成した。図 2 は実際には、現役の野球投手のピッチングフォームの写真を用いた。約 10 分間、被験者が説明用紙を読み、その場で練習した。

### 3.2 比較対象実験手順

介入実験では、繰り返しにより上達する効果が見られることから、介入群と統制群に分けて実施した。具体的には、最初に全員に、何も伝えずに 5 球投げてもらい、介入群と統制群の平均球速が同程度になるよう振り分けた。統制群には、コツを伝達せず、もう一度 5 球投げてもらった。この間、介入群には、投球動作スキルを伝達し、統制群が投げ終わった後、介入群が 5 球投げた。ここまでの結果で、統制群と介入群の比較を行う。この後、追加実験として、介入群が投げている間、統制群に投球動作スキルを伝達し、介入群が投げ終わった後、統制群が 5 球投げた。介入群については、介入前、介入後で 5 球ずつ合計 10 球、統制群について

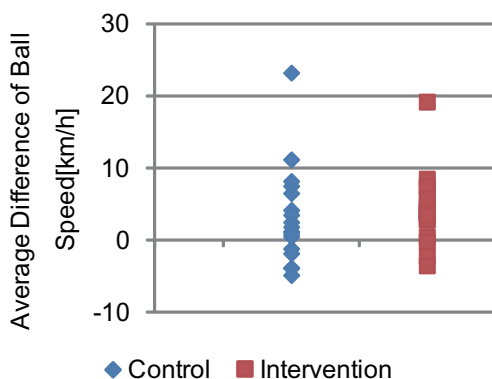


図 4: 介入群と統制群の球速変化

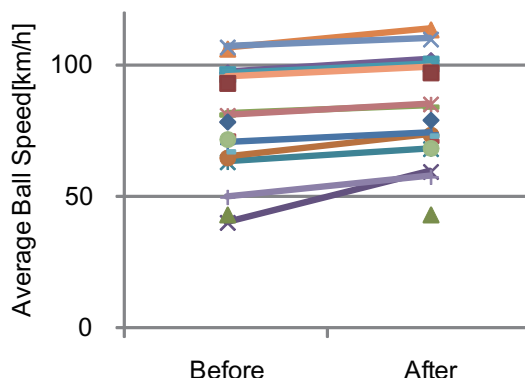


図 5: 介入群の個人毎の球速変化

は、介入なし 1 回目、介入なし 2 回目、介入後で 5 球ずつ合計 15 球投げた。実験前には、参加同意書とアンケートへの記入と準備体操を行った。被験者は、介入群、統制群共に 18 名ずつ、男性 33 名、女性 3 名、合計 36 名で、平均年齢 22.7 歳である。

### 3.3 球速計測による評価

球速計測には、米国スポーツレーダー社製 TRACER SPORTS RADAR スピードガン SRA3000 を用い、ボールを投げ込むネット裏から「手動計測モード」で測定した。ボールには、軟式野球ボール A 号球を使用した。球速計測の様子を図 3 に示す。写真左から右に向かって被験者がボールを投げ、写真右にあるネットの後ろで計測者がスピードガンを構えている。

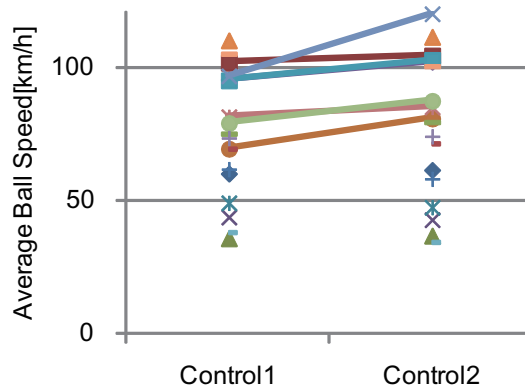


図 6: 統制群の個人毎の球速変化

## 4 投球動作スキル伝達による球速変化

### 4.1 はずれ値の検定

投球が非常に安定していて 5 球の球速にほとんど差のない人もいれば、不安定で遅い球や速い球が混ざっている人もいる。スミルノフ・グラブス検定を用いて有意水準 5% ではずれ値を検定した。各段階の 5 球を球速順に並び替え、はずれ値の検定を行ったところ、一番速い球と一番遅い球の速度がはずれ値とされた被験者が 36 名中 8 名いた。はずれ値と判別されないまでも、一番速い球と遅い球は、まぐれであったり、暴投である球が含まれることから、5 球中、2 番目から 4 番目の球速を評価に用いることとした。

### 4.2 介入群と統制群の球速変化の比較

介入群の平均球速は、介入前は 76.8km/h、介入後は 81.2km/h である。有意水準 5% で、対応つき t 検定を行ったところ、介入前後の球速変化は 4.4km/h で有意差があった。統制群の平均球速は、介入なし 1 回目は 74.7km/h、介入なし 2 回目は 78.0km/h である。有意水準 5% で、対応つき t 検定を行ったところ、1 回目と 2 回目の球速変化は 3.3km/h で有意差があった。介入群と統制群の球速変化をプロットしたものを図 4 に示す。有意水準 5% で、対応なし t 検定を行ったところ、両群に有意差はなかった。

### 4.3 介入群と統制群に含まれる個人毎の球速変化

介入群の各被験者において、介入前と介入後の 3 球ずつを比べたときに有意な上達が見られるか、有意水準 5% で t 検定を行った。18 人中 11 人に球速の有意な向上が見られた。一方、統制群の各被験者において、介

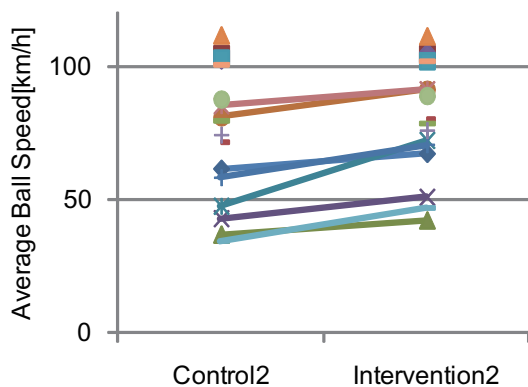


図 7: 統制群の追加実験後の個人毎の球速変化

入なし 1 回目と介入なし 2 回目の 3 球ずつを比べたところ、18 人中 7 人に球速の向上が見られた。このことから介入群の方が統制群に比べ球速が向上した人が多かったことが分かった。

介入群、統制群について、どの被験者が有意に球速が向上したのかを示したグラフが、それぞれ図 5 と図 6 である。前後の一人ずつの平均球速をプロットし、有意に球速が向上したデータには線を結んでいる。介入群では被験者のレベルに関係なくさまざまなレベルの人がインストラクションによって有意に球速が向上しているのに対し、統制群で有意に球速が向上しているのはもともと速い球を投げられる野球上級者に集中していることが分かる。

統制群に対し、追加実験としてコツを伝達する介入を行った。そこで、統制群の介入なし 2 回目と、介入後の 3 球ずつを比べたところ、18 人中 8 人に球速の有意な向上が見られた。統制群の介入なし 2 回目と、介入後について、どの被験者が有意に球速が向上したのかを示したグラフが、それぞれ図 7 である。前後の一人ずつの平均球速をプロットし、有意に球速が向上したデータには線を結んでいる。もともと球速の速い野球上級者は、介入前後でほとんど球速が変化していないのに対し、介入なし 1 回目と 2 回目の間で変化が見られなかったもともと球速の遅い野球初心者を中心に、介入前後で球速が向上した。

## 5 言語化されたスキルの伝達に関する考察

言語化されたスキルの伝達に関して、統制群における追加実験を加えると、36 人中 19 人について、有意に球速が向上した。このうち 5 名は球速が 10km 以上向上した。以上から、言語化されたスキルを意識して

練習することで、10 分間というきわめて短期間の練習の前後でも、球速が有意に向上する人が複数存在することが明らかになった。

言語化されたスキルの伝達の有無に対して、介入群と統制群の間に、群としては有意差が出なかった。これは、有意差はないものの、介入群の中にも個人としては球速が低下した被験者が含まれること、統制群の中にも球速が向上した被験者が多数含まれることに起因する。

介入の後、個人として球速が低下したのは、意識をしたら崩れてしまい、短期的には新しいコツに慣れないためにかえってうまく投げられなくなったことが考えられる。また、コツは万人に合うとは限らず、その人には合わなかった可能性もある。フォースタンス理論 [廣戸 07] に基づいて、野球の打球動作の効果的なコツが体格によって異なるように [廣戸 06]、一つずつのコツには向き不向きがある。このため、体格や動作上の課題などを考慮し、コツが効くと考えられる群、あるいは、効かないと考えられる群に整理して、コツの伝達の効果を確認する必要がある。

統制群において、個人として球速が向上した人が多いのは、周囲の様子を見て徐々に本気を出すようになった、慣れてきて次第に球速が出るようになった、といった要因が考えられる。本実験において、周囲の様子を見た影響は、介入群と統制群の両方に及んでいるので、介入群において球速が向上したのは、介入による効果だけではないと考えられることが、統制群の結果との比較から言える。一人ずつ個別に行うことでこの効果は取り除けると考えられる。また、投げる回数をあらかじめ教えずに、毎回全力で投げよう指示することで、徐々に本気を出す効果も取り除けると考えられる。

一方、統制群において介入なしに一回目から二回目にかけて球速が向上したのは、もともと経験があったと考えられる球速が速い人であった。介入なし二回目の後、介入により球速が向上したのは、もともと経験が少なかったと考えられる球速が遅い人であった。このため、統制群に対する追加実験における介入の効果は、もともとコツを知らなかったと考えられる経験が少ない人が、新たにコツを知って、球速が向上したことに対応していると考えられる。

また、今回の結果は、介入前の投球動作を 10 回程度にすることで、もともと経験がある球速の速い人の球速が飽和し、介入による効果のみを取り出せる可能性があることを示唆している。慣れることと疲れることはトレードオフの関係にあり、個人差があることから、介入前は速度変化が飽和に達するまでの回数を、あらかじめ一人ずつ調べることが有効と考えられる。

## 6 おわりに

本研究では、言語化された身体技能を学習者に伝達し、どのように考えて動作を生成するかという意識を変えるだけで、結果として生成される運動がどこまで変わるかを実験的に確かめ、変化が引き起こされる条件について考察した。具体的には、球速向上に効果があるとされる言語化されたスキルとして、重心の移動のさせ方を学習者に伝達し、10分程度の練習を行い、練習前後の投球動作において、球速の変化が見られるか、比較対照実験を行った。介入群、統制群共に、練習前後に球速が向上し、介入群の方が球速変化の平均値が大きかったが、二群間の有意差はなかった。ただし、個人で見ると、球速が有意に向上したのは、介入群が11名、統制群が7名と、介入群の方が多かった。以上から、言語化された身体技能の伝達が、身体運動の大きな変化、特に、目的とする変化を短時間で引き起こす場合があることを確かめた。

今後は、統制群においても球速が向上する要因を取り除いた上で、球速という最終的な出力だけでなく、運動計測装置により評価できる全身運動や重心の軌跡の変化が見られるかどうかを確かめる計画である。この際、運動の変化をもたらした要因を確かめるため、伝達前に何を知っていたのか、伝達後何を知ったのか、体を動かすことを通じ、伝達されたスキル以外に自ら何を発見したのかを、詳細に確かめる必要がある。また、伝達方法についても検討する必要がある。すなわち、言語化されたスキルの与え方を、意識の持ち方と体の動かし方のみとする、結果として引き起こされる運動特徴量と組み合わせる、あるいは、結果として引き起こされる運動特徴量のみを伝えるなど、入力と出力とその組み合わせの三通りで比較することが考えられる。提示方法も、言葉、イラスト、静止画、動画、これらの組み合わせなどがありうる。個人差に着目し、どの言語化された身体技能をどのように教示することが、どのような人に効果的であるかを明らかにしていきたい。

## 謝辞

本実験への実験参加者、御討論頂いた身体知研究会メンバーに感謝の意を表す。

## 参考文献

- [Jobe 96] Jobe, F. W.: *Operative techniques in upper extremity sports injuries*, Mosby, St. Louis (1996)
- [宮西 07] 宮西 智久, 森本 吉謙: 大学野球投手におけるピッチング動作の改善事例: 投球技術指導前後の

トレーニング効果, 体育学研究, Vol. 52, No. 3-4-5-6, pp. 361-381 (2007)

- [古川 09] 古川 康一 (編著): スキルサイエンス入門 身体知の解明へのアプローチ, オーム社 (2009)
- [手塚 11] 手塚 一志: 三振をとる!! 球速アップ・メソッド, 高橋書店 (2011)
- [諏訪 09] 諏訪 正樹: 身体性としてのシンボル創発, 計測と制御, Vol. 48, No. 1, pp. 76-82 (2009)
- [中村 02] 中村 真里, 中村 康雄, 林 豊彦, 福田 登, 駒井 正彦, 橋本 淳, 信原 Edmund Y. Chao: 投球動作解析システムによる TOP ポジションの運動学的解析 (1部 生体計測), バイオメカニズム, Vol. 16, pp. 13-25 (2002)
- [廣戸 06] 廣戸 聡一: キミは松井か、イチローか。 野球革命 4 スタンス理論, 池田書店 (2006)
- [廣戸 07] 廣戸 聡一: 4 スタンス理論 チェック法 DVD 付き 正しい身体の動かし方は4つある。 , 池田書店 (2007)