

スローインの遠投力向上に関する実験的研究

井上啓大 後閑匠真
群馬県立高崎高等学校

1. 要旨

本実験は、サッカー経験者3名を対象に、通常のスローイン(ST)とロングスロー(LT)の動作と飛距離を比較・分析することを目的として実施された。(この実験では上記のように通常のスローインをSTとロングスローをLTと表すことがあります)各被験者は助走距離や使用ボール、測定環境を統一した上で、それぞれ4回ずつスローインを行い、飛距離を計測した。動作はカメラで撮影し、モーションキャプチャツールを用いて肘や手首、体幹など各部位の動き、部位ごとの速度、角度、奇跡などを解析した。これにより、ロングスローでは体幹の安定性や末端部の高速動作が飛距離向上に重要であることが示された。さらに、Unityによるシミュレーションで関節の回転速度やボールの初速度、空気抵抗などが飛距離に与える影響も検証しようとした。これはシミュレーションに落とし込むところまではできたがそれをもとに比較、考察まで時間の都合上、至らなかった。

This experiment aimed to compare and analyze the motion and throwing distance of a standard throw -in(ST) and a long throw (LT), involving three soccer players. (In this experiment, standard throw-ins are referred to as ST and long throws as LT.) Each participant performed four throws for each type, with consistent approach distances, ball types, and measurement environments, and the throwing distances were recorded. Their movements were filmed with a camera, and a motion capture tool was used to analyze the movement, velocity, angles, and trajectories of various body parts, including the elbows, wrists, and trunk. This analysis revealed that trunk stability and high-speed movement of extremities are crucial for increasing throwing distance in long throws. Furthermore, we attempted to use a Unity simulation to investigate the effects of joint rotation speed, initial ball velocity, and air resistance on throwing distance. While we successfully implemented the simulation, we were unable to conduct a comparison and discussion based on its results due to time constraints.

2.はじめに

2-1.研究の目的

サッカーにおいてスローインは、攻撃の起点やチャンス創出に直結する重要なプレーである。特にロングスローは、ゴール前まで直接ボールを運ぶことができるため、戦術的価値が高い。高校サッカーでは最近よくロングスローが話題となり、各チームロングスローができる選手を欲している。しかし、実際にロングスローを投げることのできる選手は限られており、トレーニングによっていきなり飛距離が伸びることを望むのは厳しいと考える。またJリーグにおいても、ロングスローを使うチームが出てきており、賛否両論されているなど今話題のプレーである。最近話題に上がってきたため、スローインの飛距離を科学的に分析した研究は限られており、遠投力向上のための具体的な動作要因などのデータを用いた解析は十分に明らかにされていない。本研究では、実際に測定する実験と物理エンジンを用いたシミュレーションを通じて、スローインの飛距離向上に寄与する動作要因を明らかにすることを目的とする。

2-2.研究の概要

高崎高校サッカー部のロングスローを投げれる選手と、そうでない選手を対象にSPLYZA Motion(スプライザモーション)を用いて、実験を行いデータを取り、比較考察をした。

またスローインの動作を物理エンジンに落とし込んだ。こちらはまだ実験はできていない。

物理エンジンによるスローインのシミュレーションは参考文献にリンクを記載する。

2-3仮説

助走中のスピードが早ければ早いほど、遠くへ飛ばし、各関節における回転角の大きさに影響を強く受け、また各関節の角速度が大きいほどボールを遠くへ飛ばすだろう。

3.用語の定義

スローイン : サッカーの試合中、タッチラインから両手でボールを頭上から投げ入れるプレー。

ロングスロー : 30m以上の飛距離を持つスローイン。ゴール前への直接投入を目的とする。

ST : 通常のスローイン (Standard Throw)。

LT : ロングスロー (Long Throw)。

SPLYZA MOTION : 動画からAIが動作分析を行うモーションキャプチャツール。

4. 実験1

4-1 目的

物理エンジンを作る際の参考とするために、実際にスローイン時にはどのような動きを体はするのか明確にする。

LTとSTによる体の使い方の違いを明確にし、体の要素によるLTへの影響を考察する。

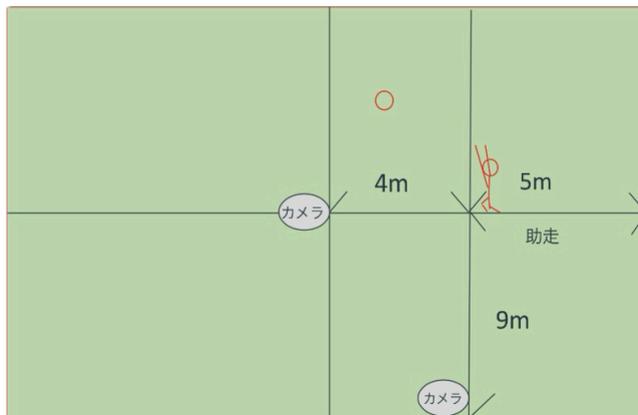
4-2. 被験者

- サッカー経験者3名 (ST担当2名、LT担当1名)

4-3. 実験手順

1. 各被験者が通常スローイン (ST) とロングスロー (LT) をそれぞれ4回ずつ実施。
2. 助走距離、使用ボール、測定場所 (グラウンド) は統一。
3. 投てき距離をメジャーで計測。
4. 動作を高画質カメラで撮影。

図1.実験場



4-5. 動作分析

- 撮影した動画をSPLYZA MOTIONに取り込み、肘、手首、腰、膝、足先などの速度・角度・軌跡を自動解析。
 - 投てき直前・直後・フォロースルーの各局面で比較。
- 今回は各投擲動作で同様のグラフが得られたため一部の掲載とする。

図2.

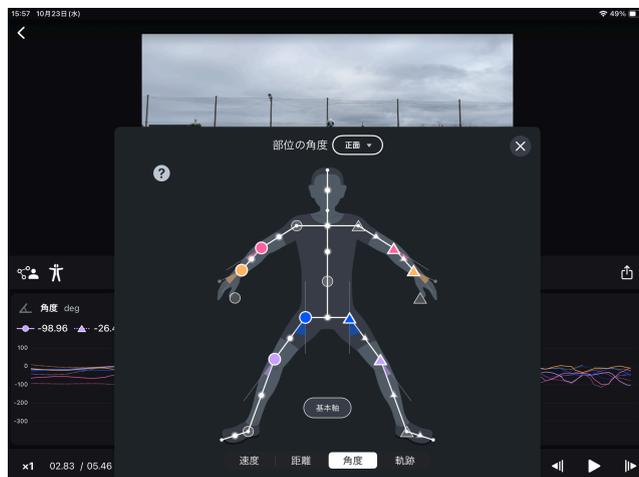


図3.

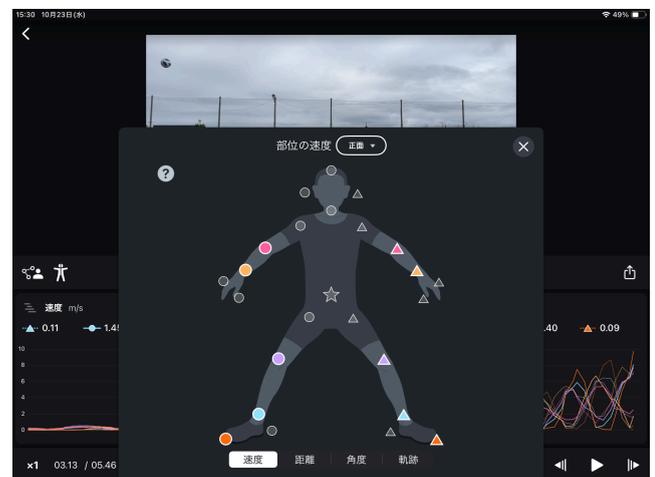


図4. 実験の様子



5. 結果

5- 1. 飛距離の比較

	A (ST)	B (ST)	C (LT)
第一投	17.9	16.9	27.2
第二投	19.9	17.2	26.3
第三投	18.7	17.1	29.4
第四投	16.7	17.3	29.1
AVG	18.3	17.125	28

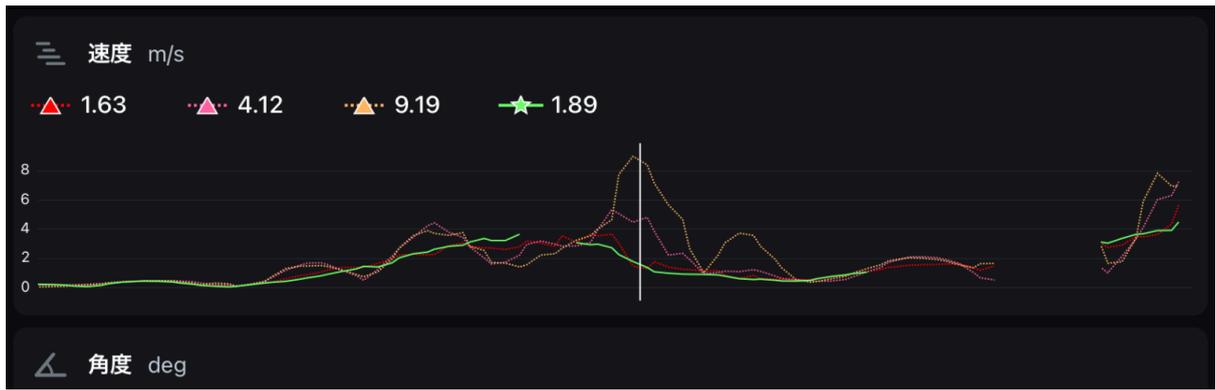
実際のロングスローをする際は助走は制限がないが、今回は条件を合わせるため助走を5mと限定したために、30m届かないものがLTとして扱うことにします。しかしこのLTとSTの動作の差を比べるのには支障がないと判断しました。

5-2.各部分よる角速度変化

(LT)

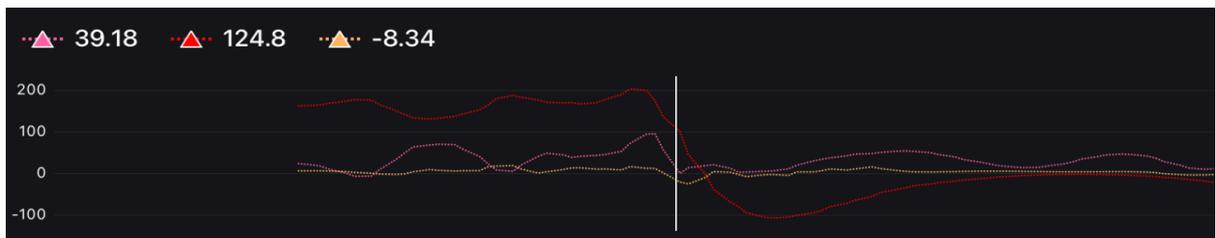


(ST)

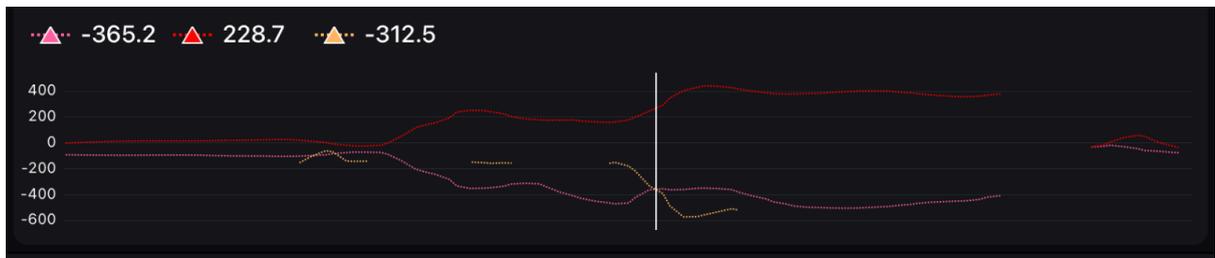


投てき瞬間の各部分の速度が著しく高いことがわかる。特に肘と手首の変化が大きい。

5-3.各部分の角度 (LT)



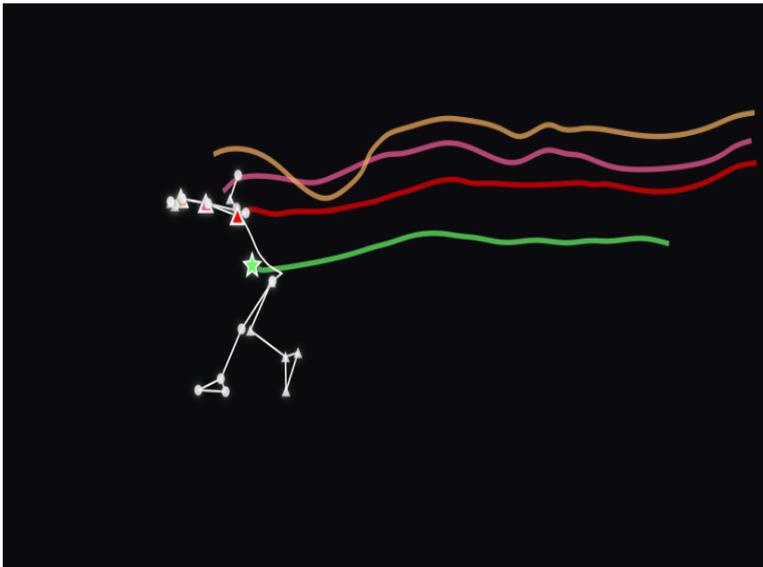
(ST)



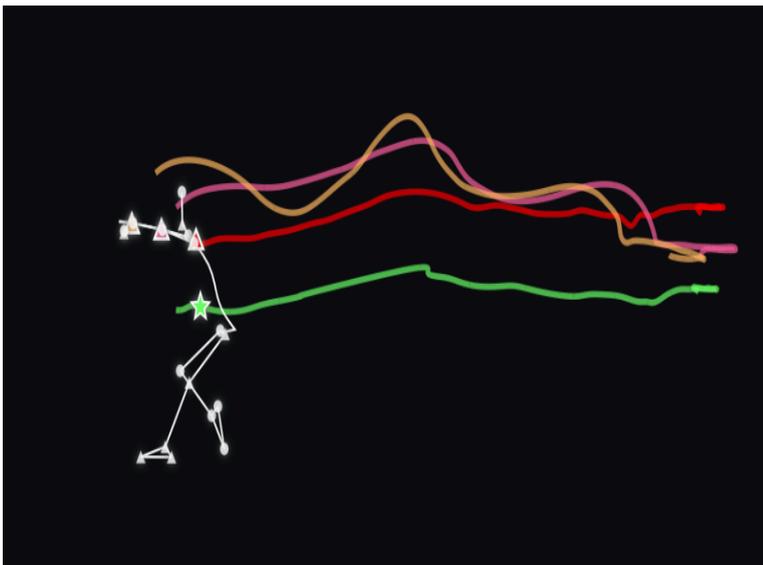
特徴があまり見られなかった

5-4.各部分の軌跡

(LT)



(ST)



LTのほうがSTより、重心のブレが少なく、一定に保たれている。

5-5. 動作特徴の分析 考察

ロングスロー（LT）と通常のスローイン（ST）の動作を詳細に比較・分析することで、飛距離向上に寄与する要因を明らかにした。

LTの動作解析では、投てき瞬間に肘、手首、膝といった体幹以外の部位の速度が著しく高く、その速度変化も急峻であることが観察された。これは、ロングスローにおいて、体幹から伝達されたエネルギーが末端部で爆発的に

解放される運動連鎖が機能していることを示唆している。一方で、LTの投てき時における体幹の重心(y座標)は比較的一定に保たれており、安定性が高いことが確認された。この体幹の安定性は、末端部での高速動作を可能にするための重要な基盤となると考えられる。

8. 物理エンジンによるモデル化・シミュレーション

8-1.目的

Unity Hubを用いたシミュレーションにより、各部分の実験で得られた結果をもとに、LTに影響を及ぼすであろう部分(関節の回転)などを再現し、データを取る。

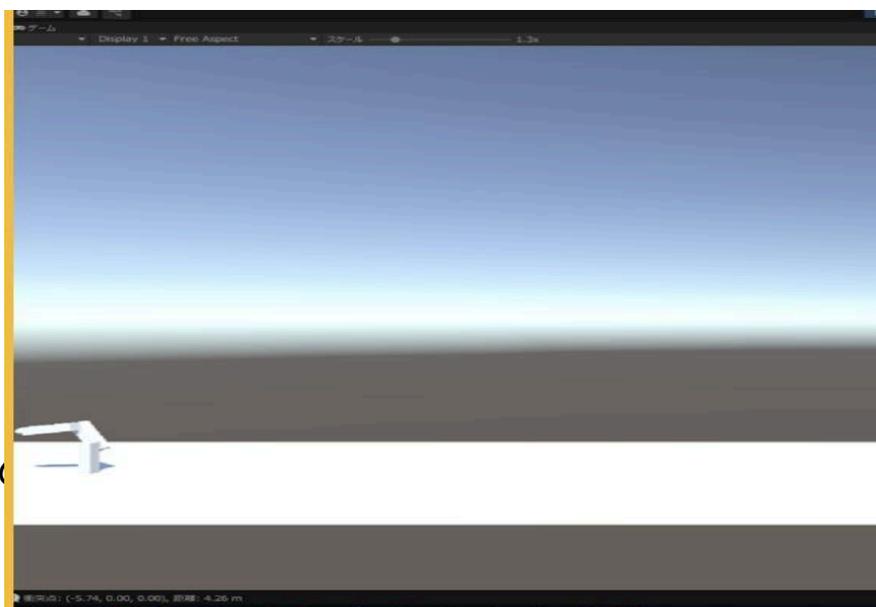
8-2.実装要素

現実のように人間を再現し各部分を詳細に再現する事を目指したが、タスクが多すぎ自分たちの能力では、不可能だった。そこで、実験からのデータをもとに、肩、肘を模した二関節ロボットアームのようなものを人間とみなした。また実際の環境に寄せるために空気抵抗とボールの回転を再現した。記録が取れるように飛距離が何mだったか記録を取れるようにした。(下記にスクリプト掲載)

8-3.現状

物理エンジンをもちいて、再現することはできたが、まだ各部分の変数を変えることを勉強中で、データがとれていない。

図5.物理エンジンの様子



10. 今後

今後の研究では、被験者数を増やし多様なデータを収集することで、ロングスローにおける個人差の要因を詳細に分析します。また、ボールの回転や空気抵抗といった外的要因の解析を深め、シミュレーションモデルをさらに精緻化し、実際に条件を変え、様々なデータを取り、考察していく。

謝辞

指導教員である群馬県立高崎高等学校の岡田直之先生には、実験や論文の書き方など多岐にわたる助言をしていただきました。深く感謝いたします。

参考文献

物理シミュレーションの方法

<https://opac.ll.chiba-u.jp/da/curator/900120383/524326291-6-P185.pdf>

スローインの遠投力

https://idaten.c.u-tokyo.ac.jp/research/taiikugakukiyou/kiyo_vol6_pp33.pdf

スローインの投動作の分析

https://www.jstage.jst.go.jp/article/jcoaching/4/1/4_45/_pdf/-char/ja

スプライザモーション

<https://motion.products.splvza.com/about/>