

# 慣性センサを用いた投球動作の解析

## Analysis of throwing motion using inertial sensor

発表者：鶴見 奈緒人

指導教員：坪井 一洋

### 1 はじめに

スポーツにおいて自らが理想とする動作を身に付けることは重要な要素である。野球の投手であればシャドウピッチングや投げ込み等で投球動作の定着を図る。そのため、技術向上のためには理想の動作を研究する必要がある。

野球の投球に関する研究では、画像処理を用いた手法が行われてきた[1]。昨今ではプロ選手が動作解析によって技術の向上を図る事例も存在する。一方でセンサの小型化、省電力化が進み、センシングによる研究もおこなわれるようになった。動作解析だけでなく飛行中のボールの速度、回転数および回転特性の動的計測などが行われ[2]、商品化されているものもある[3]。

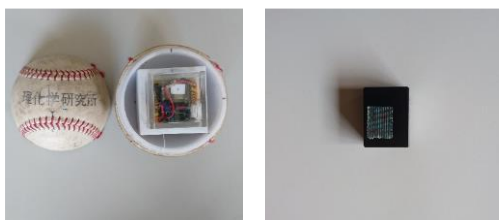
回転数や回転軸は飛行中のボール軌道に大きく影響を与える要素であるが、これらは手関節の運動によって制御されると考えられる[4]。しかし、実際に手首や指先の運動が投球に及ぼす影響についての考察は十分ではない。

本研究では、慣性センサを用いて投球動作中の手首およびボールに生じる加速度を計測する。そして、そのデータを分析することで掌屈によって生じた加速度を求める。

### 2 センサの概要

ボールに生じる加速度を計測する手段として、理化学研究所が開発したボール型センサを使用する[5]。ボール型センサは3軸の加速度センサ4個からなるセンサユニットとそれを格納するボール型ケースで構成され、ケースの表面には図1(a)に示すように野球の硬式球の表皮が貼り付けてある。

また、手首に生じる加速度を計測する手段として、ロジカルプロダクツ社製の小型9軸ワイヤレスモーションセンサ（以下、小型センサ）を使用する（図1(b)）。センサはケースの寸法が28mm×38mm×20mmと小型かつ軽量であるため、運動を阻害せず計測を行うことができる。



(a) 加速度センサ内蔵ボール (b) 小型9軸センサ  
図1. 加速度センサ

### 3 投球実験

#### 3.1 実験概要

投球時の掌屈による加速度および飛行中のボールに生じる角速度の計測を目的として、投球実験を行った。一定の距離で捕球者に向けてボール型センサを投じる。同時に投球腕の手首背側に小型センサを図2に示すように固定する。このときX、Y、Z軸をそれぞれ遠位-近位方向、尺骨-橈骨方向、手背-手掌方向に合わせている。投球時は、小型センサのX、Y、Z軸とボールセンサ内の低加速度センサのX、Y、Z軸の向きを合わせている。

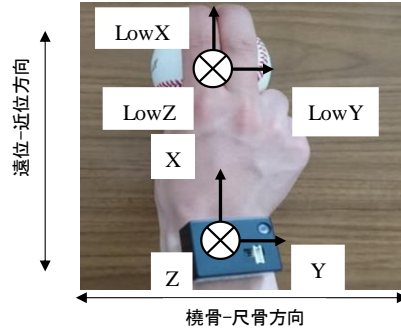


図2. センサ軸方向



図3. 投球動作時の手首の背屈

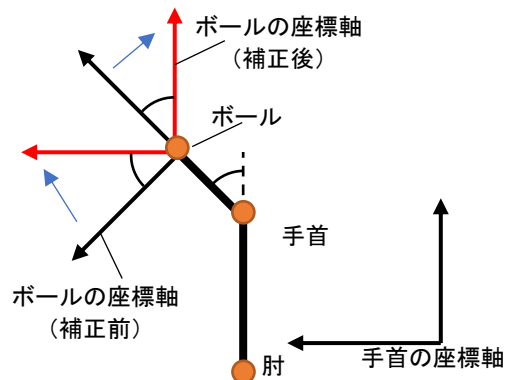


図4. センサ座標系の補正

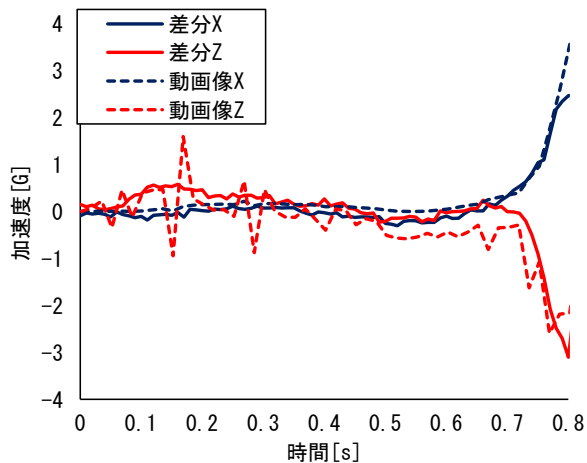
#### 3.2 掌屈による加速度

投球実験によって得られた加速度より、ボール型センサと小型センサ出力との差を取ることで掌屈によって生じた加速度のみを取り出すことを試みる。

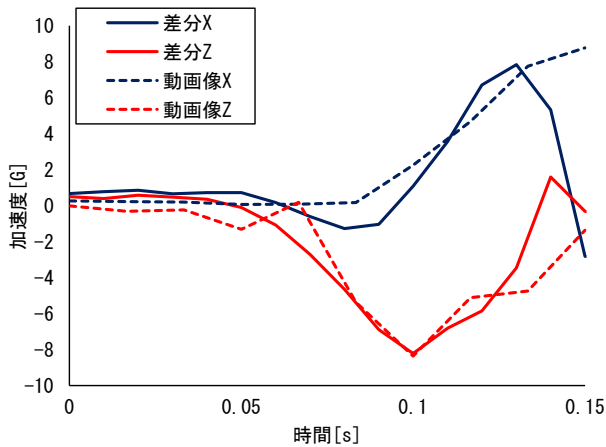
投球動作中は図3に示すように手関節が背屈しており、ボール型センサと小型センサの座標系が一致していない。そこで、撮影した動画画像を用いて肘、手首、ボール中心の3点の座標から手首の屈曲による角度を求め、センサ座標系の補正を行う（図4）。同時に、掌屈を手首中心の円運動と仮定し、手首の角度を用いて掌屈による角速度と角加速度を求める。そして、円運動の式に代入することでセンサ出力の差分と対応する加速度を得る。

### 3.3 実験結果

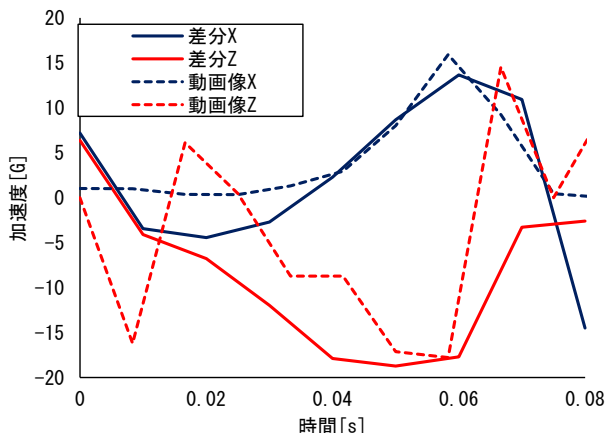
図5にボールリリース地点での補正後のセンサ出力と動画像より求めた掌屈による加速度との比較を示す。投球は同図(a)腕の振り上げのみによる投球, 同図(b)腕の振り下ろしのみによる投球, 同図(c)通常動作による投球の3ケースを計測した。横軸は時間[s], 縦軸は加速度[G]を表し, 実線がセンサ出力の差分を, 破線が動画像から求めた掌屈による加速度を表している。図より(a), (b), (c)すべての投球方法で補正後のセンサ出力差分と動画像より求めた加速度が一致している。このことから, 投球動作における手首の背屈および掌屈は近似的に円運動で表せる。



(a) 腕の振り上げのみによる投球



(b) 腕の振り下ろしのみによる投球



(c) 通常動作による投球

図5. センサ出力差分と掌屈による加速度の比較

### 4 掌屈による加速度と回転速度の関係

通常の投球動作について, 被験者2名のセンサ出力の差分を比較した。結果を図6に示す。被験者AはBと比較してX軸方向とZ軸方向ともに加速度の絶対値が大きく, また加速度の時間間隔も異なり, 2名の結果は一致しない。これより投球時の掌屈動作は個人ごとに異なる。

加えて飛行中のボールに生じた角速度の平均の比較を行った。被験者Aが74 rad/s に対して被験者Bが81 rad/s と, 角速度が大きいのは被験者Bであった。この結果より, 掌屈による加速度とボールに生じる角速度には単純な比例関係はないと推察される。

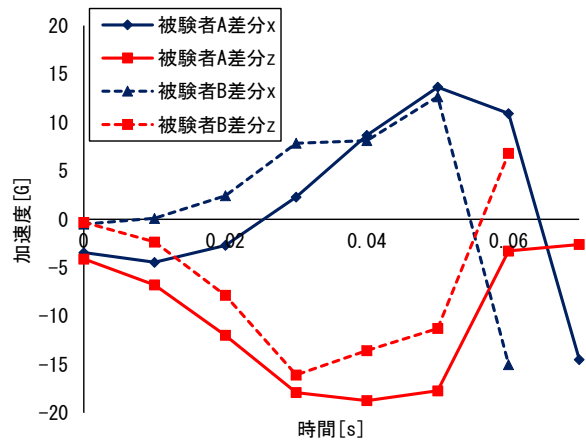


図6. 被験者2名の加速度の比較

### 5 まとめと今後の課題

本研究では, 投球動作において手首および指先がボールに与える影響について解明することを目的とする。そのためにボール型加速度センサと小型の慣性センサを用いて投球動作中のボールおよび手首に生じる加速度を計測した。そして, そのデータを分析することで手首の掌屈によって生じた加速度を求めた。さらに, 飛行中のボールの角速度の比較も行った。

被験者2名の投球データを比較し, 掌屈による加速度は個人で異なることがわかった。特に, 掌屈による加速度と飛行中の角速度に単純な比例関係はないと推察される。

今後はより多くのデータを用いて掌屈による加速度と飛行中のボール角速度との関係を考察する必要がある。

#### 参考文献

- [1]桜井伸二, 池上康夫, 矢部京之介, 岡本敦, 豊島進太郎, “野球の投手の投動作の3次元動作解析”, 体育学研究, Vol. 35, No. 2 (1990)
- [2]長岡大志, 荻野尚哉, 坪井一洋, 野田茂穂, 姫野龍太郎, “加速度センサを用いた飛行中ボールの回転特性計測”, 日本機械学会論文集, Vol. 85, No. 876 (2019)
- [3]柴田翔平, 鳴尾丈司, 加瀬悠人, 山本道治, 森正樹, 浦川一雄, 廣瀬圭, 神事努, “硬式野球ボール型センサを用いた投球解析システムの開発”, 日本機械学会シンポジウム: スポーツ工学・ヒューマンダイナミクス講演論文集, No. 17-43, (2017), B-3
- [4]柴田翔平, 蔭山雅洋, 稲葉優希, 吉岡伸輔, 深代千之, “直球およびカーブ投球時の手指キネティクスによるボールの回転数制御”, 日本機械学会シンポジウム: スポーツ工学・ヒューマンダイナミクス講演論文集, No. 19-306, (2019), B-21
- [5]理化学研究所, “ボール内蔵型回転数回転軸センサ取扱説明書”