

# 少年野球肘の予防・治療のための 投球フォームチェックシステムの開発

大阪産業大学 大槻伸吾  
(共同研究者) 同 本田雄一郎  
同 田邊智  
ダイナミックスポーツ  
医科学研究所 柳田育久

## Development of Throwing Form Check System for Prevention and Treatment of Little League Elbow

by

Shingo Otsuki,  
Yuichiro Honda, Satoru Tanabe  
*Osaka Sangyo University*  
Ikuhisa Yanagida  
*Dynamic Sports Medicine Institute*

### ABSTRACT

This paper proposed a new measurement system in order to evaluate the angle of the elbow and the shoulder in three dimension while throwing a baseball.

The sensor-boards of the system are composed of a three dimensional accelerometer, a transmitter, a microcomputer and a Lithium-Ion battery. The sensor-boards were stuck by tape in parts of the body and transmit information about acceleration of the body motion. The transmitted accelerate signal are calculated in the PC with the originally developed software.

This system was compared with the commercial three dimensional motion analysis system "Vicon" using high-speed cameras, and with the conventional form check method, which had been done clinically.

In the comparison of shoulder joint angle with “Vicon” and the developed system, the correlation coefficient was 0.8. The inclination of the regression line was 0.48.

In order to evaluate the throwing form with the conventional form check method accurately, it is required in experienced skill for the investigator.

Therefore, it is preferable to apply the system with quantity evaluation in the field of sports.

Using the new measurement system, it was able to check the throwing form for the little league elbow in the limited range.

It will be necessary to improve the accuracy of the system and expand the range of the measurement to the lower half of the body, in the future. Then there is a possibility that the kinematic pattern of the whole body can be observed.

## 要 旨

加速度計と発信器を収めたセンサー基盤を身体各部に装着し、そこから発信される信号の受信データを独自に作成したソフトウェアを用いて計算することで、投球中の肘・肩関節の角度を算出するシステムを作成した。

開発した本システムと3次元動作解析装置および従前から臨床で行われているフォームチェック方法との比較を行った。

本システムと高速カメラを用いたViconとの比較では、両者の相関係数は0.8であった。回帰直線の傾きは0.48であった。

従前からの投球フォームチェック法を正確に行うには検者の熟練を要するので、本システムのような定量評価ができる手法をスポーツ現場や日常診療に適用することが望ましい。今回は限定された範囲であるが野球肘に関わる一定のフォームチェック機能を果たすことができた。

今後システムの精度を上げる必要があるとともに、測定範囲を下半身にも拡大することで、全身の運動パターンを観察できる可能性がある。

## 緒 言

我が国で行われている様々なスポーツ競技種目のなかで、野球人口は非常に多く、野球は国内で最も親しまれているスポーツのなかの一つである。それゆえに、成長期における少年野球ではスポーツ障害の発生数も多い。

そのなかで、少年野球肘（以下野球肘）は投球により発生し、内側型、外側型、伸展型の順に発生頻度が多く、各型における発症後の治療方針は確立しつつある。

しかしながら、選手に対して長期の投球中止や選手のポジション変更あるいは競技種目変更などの軽視できない野球活動制限を要するケースが多い。野球肘検診に関しては、徳島大学の取り組みが先進的であり、ここでは超音波診断装置を用いた野球肘の早期発見に取り組んでいる。こうした野球肘早期発見のための検診といった取り組みで、野球肘により野球活動に支障をきたす選手を減少させようという努力がなされているが、野球肘の発生を予防することへの取り組みも重要である。

野球肘の発生予防に対しては、投球数の制限<sup>1)</sup>と投球フォームの改善が重要であると考えられ

ている。日本臨床スポーツ医学会の青少年の野球障害に対する提言<sup>2)</sup>などによると、投球数では、50～70球/日を上限とする意見が主流である。投球フォームに関しての報告<sup>3,4)</sup>では、両肩の位置に対して肘の高さが同じレベルにあるフォームや下半身と上半身の運動連鎖がスムーズなフォームなどが望ましいと指摘されている<sup>5,6)</sup>。

こうしたフォームチェックの方法は、熟練者の目視による判断、家庭用VTR撮影による判断<sup>5)</sup>、高速VTRカメラによる2次元あるいは3次元の画像分析<sup>7,8)</sup>などであるが、いずれも高度な設備や技術が要求される。これまでわれわれは野球肘の予防や治療に、柳田らが使用している家庭用VTR撮影によるフォームチェックを行ってきたが、経験が必要なフォーム分析をスポーツ現場に持ち込んで比較的簡便かつ定量的に行えるようにする目的で投球フォームの解析システム(Motion Ace)の開発を試みた。

本研究は、1) フォーム解析の装置の開発、2) 開発した装置の検定、3) 開発した装置によるフォームチェックと従来法によるフォームチェックとの比較からなる。

## 1. 研究方法

### 1.1 投球フォーム解析システム(以下 Motion Ace)の製作

Motion Aceはセンサー基盤、加速度データ受信機、計測用コンピュータから構成されており(図1)、身体各部に装着したセンサー基盤に組み込まれた3軸加速度センサーにより、肩関節角度および肘関節角度をセンサーより測定することを目的として開発された。

Motion Aceのセンサー基盤の内部には、3軸加速度センサー(M3AXIS-ADXL335, マルツ電波)、マイコン(Arduino Fio, Sparkfun Electronics)、無線送信モジュール(XB24-ACI-001,

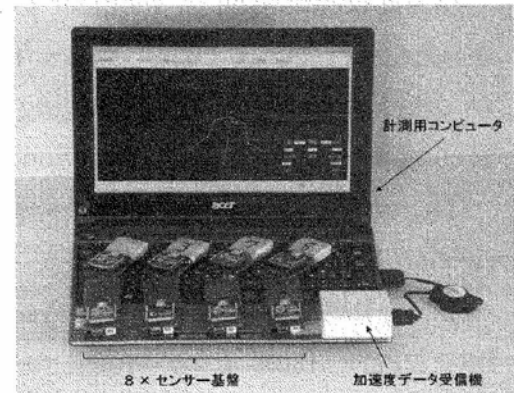


図1 Motion Aceの装置構成

両肩、両上腕、両前腕、胸部、腹部に装着する8台のセンサー基盤、センサー基盤より送信される加速度データを受信するための加速度データ受信機、受信した加速度データの信号処理や保存を行う計測用コンピュータを示している。

MaxStream) およびリチウムイオン・バッテリー(350mAh/3.7V, EDAN Electronic)が組み込まれている(図2)。3軸加速度センサーでは、X, Y, Z軸の加速度がアナログ電圧信号に変換され出力される。これらの加速度信号はマイコンに伝達され、そこで10ビット(1024段階)・100Hzのアナログデジタル変換回路にてデジタル化される。デジタル化された加速度データは、マイコンにより制御されている無線モジュールに伝送され、加速度データ受信機に向けて無線送信される(図1)。

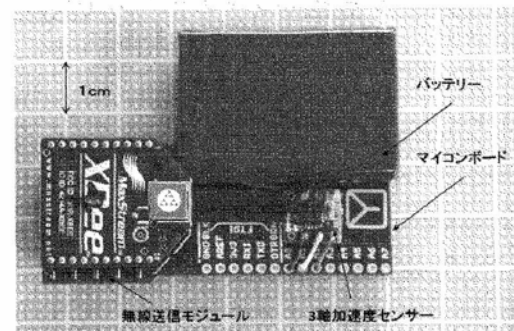


図2 センサー基盤の構成と信号の流れ

3軸加速度センサー、マイコン、無線送信モジュール、バッテリーでセンサー基盤が構成される。バッテリーは通常マイコンボード上に重なった状態で固定されているが、写真撮影のために上部へずらしている。

加速度データ受信機は、無線モジュール(XB24-ACI-001, MaxStream)と信号変換器(XBee Exploror USB, Sparkfun Electronics)から構成さ

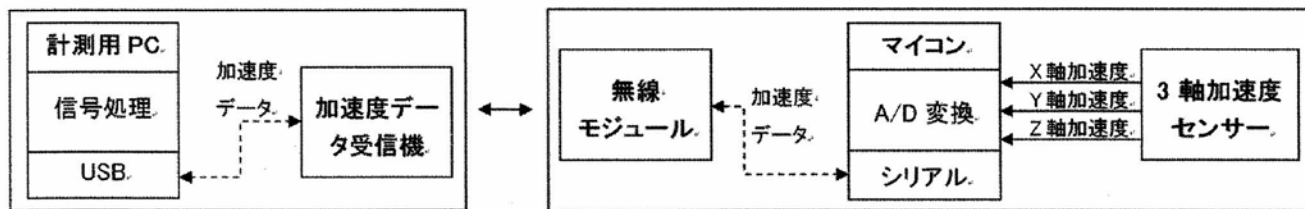


図3 Motion Aceの信号の流れ

図中の実線矢印はアナログ信号、点線矢印はデジタル信号を示している。3軸加速度センサーにより測定された加速度が無線モジュールを経由して、受信機へ送信される。センサー基盤は身体に装着され、各装着部で測定された3軸加速度データがアナログ信号として出力される。それらのアナログ信号はマイコンでデジタル信号に変換され、無線モジュールを経由して加速度データ受信機へ送信される。受信機では受信したデータを計測用コンピュータへ伝達し、そこでデータの信号処理や保存が行われる。

れており、その役割は無線送信モジュールから送信された加速度データを受信し、計測用コンピュータへ伝達することである。また、この受信機は計測用コンピュータからの命令で、センサー基盤への制御信号、例えば測定開始信号の送信も行う。計測用コンピュータはネットブックPCと本研究で開発しているソフトウェアからなっており、受信機から送られてきた加速度データの信号処理、表示および保存を行う。

計測用コンピュータに実装したソフトウェアは、センサーからの出力信号を加速度に変換し、算出された加速度より重力に対する傾き角度を算出する。各センサーの出力にはばらつきがあるが、加速度情報の校正のために、あらかじめそれぞれのセンサーの3軸測定方向に対して、静止状態での最大値、最小値を計測し、それらをもとにセンサーの出力値を補正することで加速度を算出している(図3)。

### 1.1.1 加速度データから関節角度への変換原理

3軸加速度センサーからの出力信号には、センサーのX, Y, Z軸方向の測定軸における測定値が含まれているので、それらをまとめてベクトル  $m$  で表す。また、センサー基盤を静止状態で固定して測定した結果を  $s$  とすると、 $s$  の大きさは重力加速度 ( $9.8\text{m/s}^2$ ) の大きさと等しくなる。ここで、センサー基盤上の加速度センサーの測定軸の向きを重力方向と平行にして、その測定軸

方向に対してだけ重力が働くような傾きにセンサーを固定して測定すると、ひとつの測定軸方向にだけかかる重力加速度を計測できる。測定データから加速度を算出する手段は、加速度センサーのどの3軸も同様に処理することができるので、ここでは加速度センサーのZ軸方向の出力を例に加速度の算出方法を示す。センサーのZ軸方向を重力方向に対して平行に向けて測定を行った場合、測定値の最大値および最小値はそれぞれ加速度に換算すると、 $+9.8\text{m/s}^2$  および  $-9.8\text{m/s}^2$  となる。また、センサーのZ軸方向が重力方向に対して垂直となるようにセンサー基盤を固定した場合には、センサーのZ軸方向には重力加速度はなく、出力は  $0\text{m/s}^2$  となる。すなわち、静止時に測定したセンサーの最大、最小出力の差分から求められたセンサーの感度に対して、水平方向からの測定軸のずれを計算することでセンサーのZ軸方向の加速度を算出することができる(式(1))。

$$A_z = \frac{9.8 \times 2}{s_{z,max} - s_{z,min}} \times \left( m_z - \frac{s_{z,max} + s_{z,min}}{2} \right) \quad (1)$$

次に、関節角度の計算について、センサー基盤上の加速度センサーのZ軸方向の測定軸が重力に逆らう方向となるように身体に貼付した場合を例に説明する。加速度センサーのX, Y, Z方向の測定軸が互いに90度ずつ向きを異にしているため、Z軸は加速度センサーの測定軸により定まるX-Y平面の法線の向きと等しくなる。よっ

て、X-Y平面の傾きを計算することで、Z軸の傾きがわかる。X-Y平面のX軸およびY軸周りの回転角度 ( $\theta_x, \theta_y$ ) は、式(1)から同様に算出されるX軸およびY軸方向の加速度を用いて、式(2)で表される。回転方向は、軸の正の値例から原点を見る位置に立った場合に、反時計回りである。

$$\theta_x = \tan^{-1} \left( \frac{A_y}{A_z} \right), \quad \theta_y = \tan^{-1} \left( \frac{A_x}{A_z} \right) \quad (2)$$

### 1.1.2 センサー基盤の身体への装着方法

センサー基盤の身体への装着は、左右の肩甲骨上部、上腕には肘関節後方上部内側、前腕には肘関節下方尺骨側、胴体には胸部と腹部に貼り付けることにより行われた。センサー基盤のZ軸方向の測定軸の向きを図4に示した。無線通信の電波強度の損失が起これにくいように、センサー基盤上の無線送信モジュールのアンテナ部が体表から離れた位置にくるようセンサー基盤を貼り付けている。

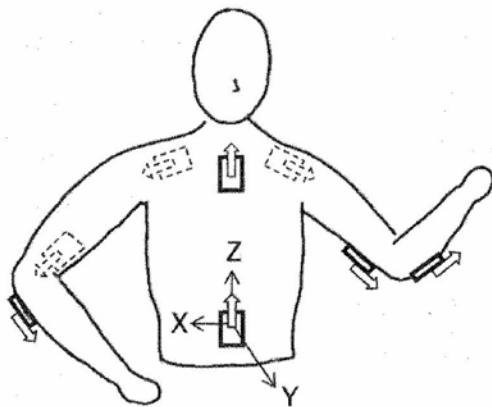


図4 センサー基盤の装着位置と方向

センサー基盤は、腹部、上腕骨・尺骨・胸骨の長軸上および肩外転90度でセンサー基盤が水平になるように肩甲骨上部に貼付した。センサー基盤のZ方向の測定軸を矢印で示した。肩部のセンサー基盤のZ方向の測定軸は左右とも外側に向けている。

こうして作成したMotion Aceの2台のセンサー基盤を関節角度計に固定し、両者の間の角度を静的な条件で90～180度まで10度ごとにそれぞれ300回測定して角度計の角度と比較し、精

度の検定を行った。

### 1.2 開発したシステムの検定

本研究では、光学式動作解析装置 (Vicon) で測定した座標データから関節角度を算出し、Motion Aceで求めた関節角度と比較することでシステムの検定を行った。

被験者は大学硬式野球部に所属している右投げの男子投手1名であった。被験者には、Motion Aceのセンサー基盤と共に、反射マーカを左右の肩関節の前後、右肘関節の内外側、右手関節の内外側、胸骨上縁と第3胸椎、そして左右肋骨下端にそれぞれ貼り付けた (図5)。

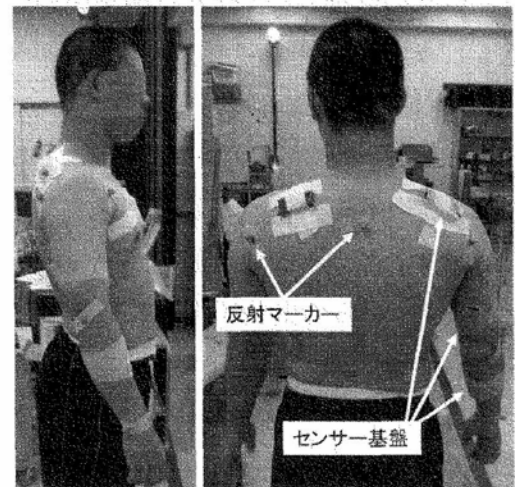


図5 反射マーカの貼付位置

反射マーカを左右の肩関節の前後、右肘関節の内外側、右手関節の内外側、胸骨上縁と第3胸椎、そして左右肋骨下端にそれぞれ貼り付けた。

Motion Aceのセンサー基盤は、1.1で述べたように貼付した。

測定は実験室内で実施し、被験者には投球位置から3m先に設置した防球ネットに向かって、約5割程度の力で投球するよう指示した。その時の動作を光学式カメラ (ViconT160, Vicon Motion Systemes社製) 10台を用いて撮影し (200Hz)、各反射マーカの座標を読み取った。なお、実験試技の開始前に3次元座標を算出するためのキャリブレーションを行い、3次元座標値算出に

における実測値と推定値との平均誤差はいずれの軸においても 0.5 mm以下であった。

本研究では、それぞれの関節まわりに貼付した反射マーカーの中心点を計算で求め、それを関節中心点と定義した。本研究で求めた関節角度は肘関節角度と肩関節角度であった。肘関節角度は、右肘から右肩へ向かうベクトルと右肘から右手首へ向かうベクトルとのなす角度と定義し、2つのベクトルが平行になった時（肘関節伸展0度）の角度を180度とした。また、肩関節角度については、両肩を結んだベクトルと胸と肋骨下端を結んだベクトルとで運動座標系を設定した。そして体幹を前から見て、両肩を結んだベクトルと右肩から右肘へ向かうベクトルとのなす角度と定義し、2つのベクトルが平行になった時の角度を0度とした。すなわち、いわゆる肩関節外転90度を0度とみなし、90度を超える外転を正の方向とした。なお、両システムは Motion Ace の同期モジュールを用いて同期した。

こうして測定した動的な条件での両者の肘及び肩関節角度を比較検討した。動的評価は、左足ステップが接地するのが0.5秒前からボールリリースの0.2秒後までの区間で行った。この区間に以下に述べるフォームチェック項目が含まれる。

### 1.3 これまでのフォームチェックとの比較

前述の方法<sup>2)</sup>に準じて Motion Ace のセンサー基盤を身体各部に貼付してフォーム解析を行う方法（A法）と柳田らの家庭用VTRで撮影した動画を目視して行うフォームチェック方法<sup>5)</sup>（B法）を用いて5名の男性スポーツ愛好家（平均年齢20歳）を被験者として投球フォームチェックを行い、チェック項目の結果を比較した。

フォームチェックの項目は、ステップ時に投球側の肩関節が90度外転されているか（C3項目）、ボールリリース時に両肩を結んだライン（肩-

肩ライン）と投球側の上腕骨軸が一致し、肩関節が90度外転されているか（A4項目）である。

A法では前述の方法<sup>2)</sup>と同様に各センサーを被験者の身体に貼付し、投球動作を行わせC3項目での肩関節角度とA4項目での肩関節角度を計測した。その際に、投球動作を正面及び側面から家庭用VTRを用いて撮影し、B法でのフォームチェックに用いた。B法の投球フォームチェックに熟練している検者2名とB法によるフォームチェックが初めてのトレーナー5名（初検者）がフォームチェックを行った。

ここで、撮影したVTRをB法によるフォームチェック経験が豊富な医師がコマごとに検討してC3およびA4項目についてチェックした結果を正解とし、正解に対するA法B法それぞれの正答率を算出した。A法では肩関節角度が±10度以内は肩-肩ラインに一致していると判定した。B法でのチェックは1週間の間隔を空けて同一検者が同一VTRをみてフォームをチェックし検者の回答再現率を算出した。

## 2. 研究結果

1) 作成した Motion Ace のセンサー基盤を静的な条件で検定すると、関節角度計と Motion Ace が示す角度の相関係数は $R=0.994$ であり、回帰直線は $y=1.01x - 4.03$ であった（図6-1）。

2) Vicon と Motion Ace で求めた肩関節角度の相関係数は $R = 0.8$ 、肘関節角度（図6-2, 6-3）の相関係数は $R = 0.82$ であった。また、それぞれの回帰直線は $y=0.48x - 9.7$ および

表1 A法（Motion Ace）による肩関節角度とB法での正解

測定方法	A法での肩関節角度		A法での判定 (正解)			
	C3	A4	C3	A4	C3	A4
被験者 A	24.77	-20.62	×	×	○	×
B	-6.65	-9.1	○	○	○	×
C	-23.76	-18.51	×	×	○	×
D	-8.56	-31.99	○	×	○	×
E	4.44	-8.71	○	○	○	○

肩関節外転90度を0度とし外転方向を+、内転方向を-で表記している。

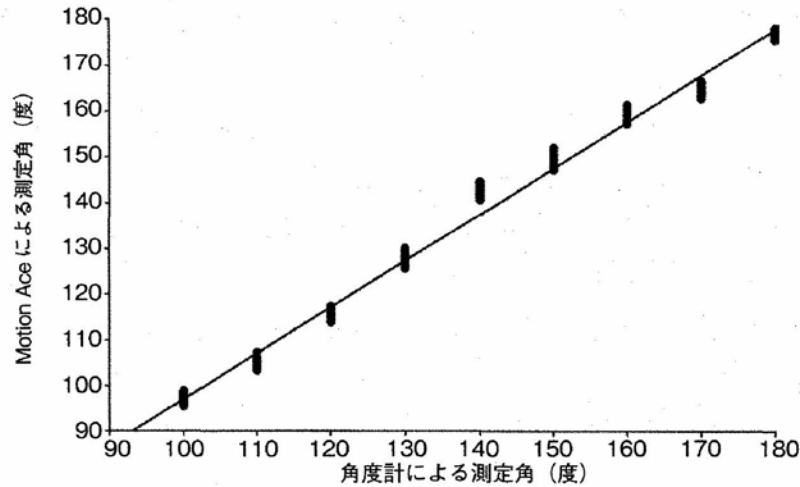


図6-1 Motion Aceと角度計との静的計測結果の相関図

Motion Aceと角度計で測定した角度における相関係数Rは、0.994であった。回帰直線は $y=1.01x - 4.03$ であった。

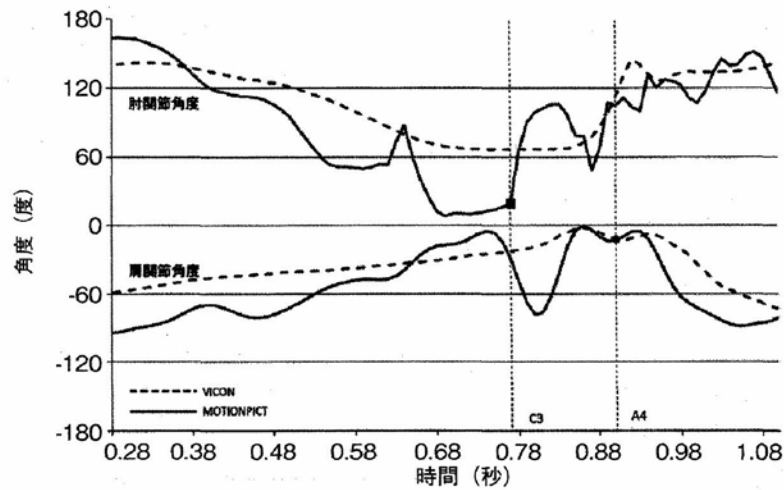


図6-2 投球動作のフォームチェックに用いるMotion AceとViconとの計測結果の比較

Motion AceとViconで測定した肘関節角度および肩関節角度における相関係数Rは、0.82および0.80であった。グラフでは肘関節伸展0度を180度、肩関節外転90度を0度と表記している。

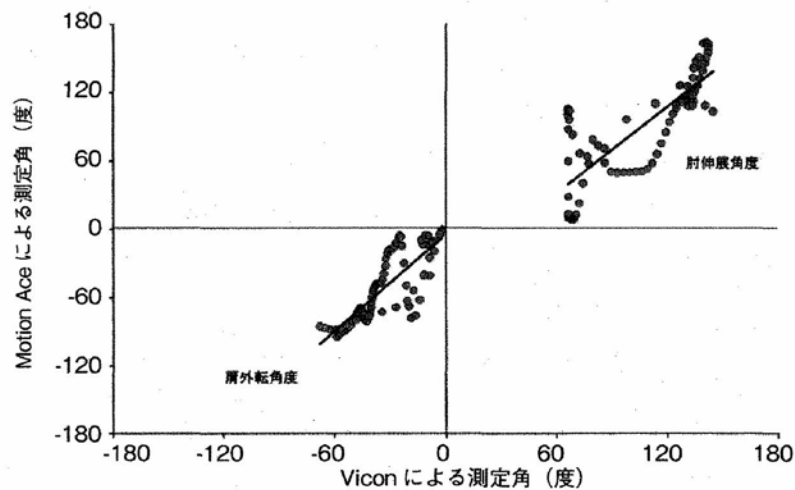


図6-3 投球動作のフォームチェックに用いるMotion AceとViconとの動的計測結果の相関図

評価区間は左足接地 (C3) の0.5秒前からボールリリース (A4) 0.2秒後までとした。Motion AceとViconで測定した肘関節角度および肩関節角度における相関係数Rは、0.82および0.80であった。回帰直線は肘関節では $y = 0.553x + 59.3$ であり、肩関節では $y = 0.48x - 9.7$ であった。

表2 B法における正解率と回答再現率

項目 検者	C3とA4			検者全員	C3のみ			A4のみ		
	検者全員	熟練検者	初検者		熟練検者	初検者	検者全員	熟練検者	初検者	
正解率	22.9	40	16	48.6	70	40	60	50	64	
再現率	51.4	80	40	65.7	90	48	82.9	90	80	

$y=0.53x+59.3$  であった。

3) A法での肩関節測定結果を表1に示す。A法の正解率はC3項目で60%、A4項目で80%、C3とA4共に正解である率は40%であった。

B法での肩関節測定結果を表2に示す。B法での正解率は熟練検者ではC3項目で70%、A4項目で60%、C3とA4共に正解である率は40%であった。初検者ではC3項目で40%、A4項目で64%、C3とA4共に正解である率は16%であった。

検者の回答再現率は、熟練検者ではC3、A4項目とも90%、C3とA4共に再現できる率は80%であった。初検者ではC3項目で48%、A4項目で80%、C3とA4共に再現できる率は40%であった。

### 3. 考察

これまでのフォーム解析方法では、いずれも高額な設備や熟練した技術が要求される。今回、開発したフォーム解析装置は加速度計と発信器を組み合わせて加速度情報をPCに送信することで、センサーの位置情報をオリジナルソフトで分析している。作製に要する経費は非常に安価であり、各センサー同士の角度関係の判定が定量的に行えるというメリットがあり、静的な測定では信頼がおける。

3次元動作解析の分野では優位機種であるViconとの比較においても、肘および肩関節の動作分析結果の相関係数がいずれも0.8以上であったことは一定の精度を示すものである。

スポーツ現場での投球フォーム解析において、今回開発したA法とこれまで実際にスポー

ツ現場で用いられているB法との比較では、B法における正解率とA法の正解率は同等であった。また、B法における回答再現率で熟練検者と初回検者に差があることは、正確な測定に熟練を要することを示唆している。

身体にセンサーを取り付けて動作解析を行う手法は、佐川らの報告がある<sup>9,10)</sup>。佐川らは、加速度計とジャイロセンサーを測定システムに組み込んでいる。ジャイロは衝撃によるノイズ発生が少ないので角度情報をより正確に測定できる。一方ジャイロはそのもの自体のサイズが大きくなることと消費電力が大きくなるため大きなバッテリーが必要になることにより、基盤の重量とサイズが増すのでセンサーを装着して運動する場合に運動の妨げになる等の好ましくない影響が出る可能性がある。

われわれの基盤は現状でもジャイロ搭載の物よりサイズが小さいが、今後バッテリーのサイズ改良等によりさらに小型化することができる。しかし、現在は加速度センサーがひとつであるために、動作による加速度と重力による加速度を明確に識別できない。今後は複数の加速度センサーを一つの基盤に組み込むことで重力による加速度を識別する改良が必要であろう。

また、現在のソフトウェアでは、基盤の振動も認識するのでそれが誤差の原因になっている可能性がある。従って、ソフトウェアの加速度情報の信号処理を実際の動作パターンに合わせて洗練させる必要がある。

今回は、基盤を直接皮膚に貼付したが、スポーツ現場では衣服を装着して動作を行うので基盤を身体に装着する手法にも今後改良が必要であ



る。

近年ではフォームチェックにモーションキャプチャシステムを用いて投球動作解析を行っている報告がなされている<sup>7,8)</sup>。この方法では、肉眼的には捉える事が困難であるフォームの詳細を定量化して計測することができるが、装置が高額であることや高速カメラの撮影時のマーカの貼付または動作のデジタイズに時間を要するためにスポーツ現場へ持ち込むことや日常の臨床でのフォームチェックには応用することが容易ではない。

今回開発したシステムでは、センサーをテーピングテープで貼付することで肩関節と上腕、前腕に取り付けたセンサーの角度を測定できるためモーションキャプチャシステムにくらべると測定に要する時間は短縮され、一定の精度を保って動作が定量化されるために、スポーツ現場や日常診療に応用する時のハードルは低くなる。本システムと Vicon を用いて投球動作を元に行った動的検証では、相関係数が 0.8 以上を示したものの、両者が示す関節角度に差が生じた。この差の原因は、加速度を算出するための基準となる補正データが静的な条件で測定したものであったことが考えられる。基盤に組み込むセンサーを増やすだけでなくさらなるデータの蓄積も必要である。

スポーツ現場やスポーツ医学の臨床では、野球肘の発生メカニズムは、投球の加速期における肘関節に加わるストレスが原因であるとされている。すなわち内側では、内側側副靭帯が上腕内側上顆の骨を牽引し剥離骨片を形成すると考えられていて、外側では、橈骨骨頭が上腕骨小頭に圧迫剪断力を加えるため上腕骨小頭に離断性骨軟骨炎を生じさせると考えられている<sup>11)</sup>。

そのため野球肘の予防という観点では、投球数の制限により骨軟骨へのストレスを軽減することが重視されている。ストレス軽減のもうひ

とつのポイントは、関節に不適切なトルクがかからないように投球フォームのチェックが重要であると考えられている。

そうした投球フォームは、一連の投球動作を通じて両方の肩関節を結んだ線（肩-肩ライン）上に上腕骨軸が一致するフォーム、いわゆる、肩-肩ライン上に上腕骨軸が一致しているフォームであると考えられている<sup>3,4,12)</sup>。

柳田らは肘に不安を抱える野球選手に、B法に示した家庭用 VTR でフォームチェックと選手への指導を行って、これまでにフォーム改善効果をあげている<sup>5)</sup>。

この方法では、今回の非熟練者が判定した結果は検者間の判定結果のばらつきが大きかったことから熟練した検者がチェックすることが必要であると言える。一方で Motion Ace を用いたフォームチェックでは、肩と肘関節および上腕骨軸の角度が定量表示されるため、結果は一定であり検者間あるいは検者内のばらつきを防ぐことができる。

今回は上半身だけの計測であったので、今後は取り付け位置や取り付け方法に検討を加え、全身の協調運動の評価なども測定できれば詳細なアドバイスをを行うことができる可能性がある。

今後の課題や展望として、身体に装着するセンサーの小型軽量化、ソフトウェアの最適化等もさることながら、実際のスポーツ現場に本システムが受け入れられるには技術的課題の克服だけでなく、そのデザインもコンパクトかつスマートである必要があるため、今後の課題と捉え改善する計画である。

#### 4. まとめ

作製にかかる経費が安価であること、正確性に限られた範囲ではあるが一定の信頼がおけること、現場での臨床応用にも耐える可能性があることを総合すると、今回開発した投球フォー

ム解析装置を用いた野球肘予防システム (Motion Ace) はスポーツ現場でも活用できる可能性がある。

## 謝 辞

本研究は、財団法人石本記念デサントスポーツ科学振興財団の研究助成を得て行われました。心から深謝申し上げます。また本研究を遂行するにあたり、ダイナミックスポーツ医学研究所、大阪体育大学、大阪産業大学のスタッフ並びに学生諸氏に多大な協力をいただきました。厚く御礼申し上げます。

## 文 献

- 1) 岩瀬毅信. 上腕骨小頭骨軟骨障害 .整形外科 MOOK No54肘関節の外傷と疾患(柏木大治編), 金原出版, 東京, 26-44(1988)
- 2) 日本臨床スポーツ医学会: 青少年の野球障害に対する提言, 日本臨床スポーツ医学会誌, 13, Suppl.(2005)
- 3) 三原研一. バイオメカニクスと投球フォーム .関節外科, 27(8), 32-42,(2008)
- 4) 前田 健. ピッチングのメカニズム, ベースボールマガジン社(2010)
- 5) 柳田育久, 大久保衛, 小松猛, 中村信之, 田中一成, 辻信宏, 大槻伸吾. 内側型野球肘障害患者に対する投球動作指導の試み. 日整スポーツ会誌, 29(4), 235,(2009)
- 6) 内藤耕三. 高速動作における多関節運動のコーディネーション体育の科学. 60(3), 157-163, (2010)
- 7) 中村達明, 大久保衛, 土井龍雄, 徳山満, 大槻伸吾. 投球障害の発生要因に対する動作解析的研究の試み. 関西臨床スポーツ医・科学研究会誌, 9, 31-32(1999)
- 8) 山本智章, 西野勝敏, 田中正栄, 古賀良生, 飯田晋ら. 3次元動作解析システムを用いた少年野球選手の投球フォーム解析の試み. 新潟整形外科研究会誌, 21, 9-12(2005)
- 9) 佐川貢一, 小田英晴, 塚本利昭, 瓜田一貴, 石橋恭之. 慣性センサによる投球時上半身の 3次元動作計測, 日本機械学会情報知能精密機器部門講演会講演論文集(2010)
- 10) Koda,H., Sagawa,K., Kuroshima,K., Tsukamoto,T., Urata,K. and Ishibashi,Y.: 3D Measurement of Forearm and Upper Arm during Throwing Motion using Body Mounted Sensor, J.Advanced Mechanical Design, Systems, and Manufacturing., 4, 167-178(2010)
- 11) 馬見塚尚孝, 福林徹. 中学生の野球肘の実態ならびに治療について. Monthly book Orthopaedics. 10(8) (1997)
- 12) 武藤芳照, 柏口新二, 内尾祐司. 学校における運動器検診ハンドブック. 南江堂(2007)