

## Using image analysis and excel to create tool for sports analysis PART2

スコット アトム

Atom Scott

### Abstract

Earlier this year, I did research on creating a tool a tool to analyze and give information to help improve various body movements in sport using excel and image analysis<sup>1</sup>. However, this tool was dependent on Visual physics<sup>2</sup>, software which was created as an e-learning tool for physics but not optimal for sports analysis. Therefore I decided to create new software called BWFC (Bubble Wire Frame Charter) to make the analysis process more convenient, accessible and practical. As a result, the system was able to improve the whole analysis.

Keywords: Image analysis, excel, football kick, System development, C#

## I 序論

### I.1 目的

サッカーキックにおける体の動かし方を画像測定と表計算を用いて解析し、よりよいキックができるように科学的な手法を抛り所にした、実用的なトレーニングメソッドを作成できるようにするため、専門的な知識がない人でも、スポーツの種類にかかわらず、ある動作における体の動かし方を確認できるツールを開発する。

### I.2 動機

スポーツ科学において、まだ解明されていない事柄が多数ある。また、そのことが一つの理由として高校生以下のレベルのスポーツでは形式化した練習メニューをもとにした練習メニューをこなしているチームが多い。そこで、スポーツにおける科学とプレー技術の発展に貢献するために仕組み

が理解されていないスポーツの動作を解析し、科学的な根拠をもとにした練習を作成しようとした。しかし、キックの解析に使用するソフトは値段が高いか、研究目的には不適切なものしかなく、研究に用いることができるものを見つけることができなかった。そこで、Visual Physics を用いて簡単な運動解析ツールを作成した。だが、Visual Physics はあくまでも高校物理の教育用に作られたソフトであり、運動解析には適切ではない。そのため、解析において使い勝手がよくない部分があり、この状態では実用的ではなかった。この欠点をこくすべき、本研究ではこの使い勝手の悪さを改善するため、新しいシステムの開発とその開発のアセスメントをする必要があった。

## II 背景

### II.1 Visual Physics

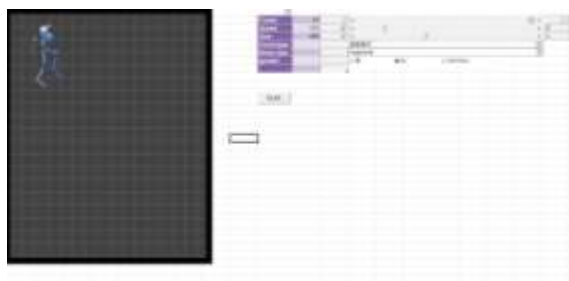
Visual Physics は 2009 年に後藤貴裕氏に作られた高校物理の教育用のソフトウェアである。物理的な計算機能として、連続的に運動する 2 つの物体の時刻ごとの位置を測定する測定モードと平面上（二次元）や直線上（一次元）を運動する 2 つの小物体の衝突（分裂・結合）前後の位置を測定して、衝突（分裂・結合）前後の運動量の変化を測定する衝突モードが備わっている<sup>3</sup>。測定データは.csv ファイルとして出力される。

## II.2 エクセルのチャート

前回の研究の成果として、バブルワイヤーフレームチャートの作成があげられる。これはエクセルのマクロや関数を駆使して作成した。

Visual Physics から出力されるデータは一つのシートにまとまっているので、それを用いて次のシートを作成した。

1. MotionChart — チャートを表示し、再生する。再生するときに、3つの情報のうちから一つ選んでバブルで表すことでデータを可視化した。ブルチャートで表示されるデータは「角速度表示」、「角速度×質量表示」である。ここにおける質量は Plagenhoef<sup>4</sup>と De Leva<sup>5</sup>の研究によって計測された人間のセグメント質量を用いた。



2. Vlookup — Vlookup 関数で作成したグラフ。左上のフレーム番号に応じた関節の座標が表示されるので、フレーム番号を変えればグラフも

自動的に変わる。



3. Database — 一つ一つのデータがデータベースのように表示

## III 一回目のアセスメント

Visual Physics とエクセルファイルを用いた運動解析ツールを作成したところで、研究者が研究に用いるソフトと比較し、どれぐらい違いがあるのかを比較することにした。このようなアセスメントをするために、学芸大学の新海宏成先生に協力を依頼した。新海先生いわく、研究者の多くが使う同回析ソフトは FrameDias<sup>6</sup>と呼ばれるものである。このアセスメントでは、FrameDias と開発したツールを比較する。

- DLT 法  
実座標への変換をより高い精度で行うために動画のひずみを補正する。2次元<sup>6</sup>でも、3次元<sup>7</sup>でも行える。
- 位置予測  
取った座標や動画のコントラストの変化か

ら、次にとる座標を予測する機能。

- **実座標変換**  
ピクセル単位の座標からメートル単位に変換。メートルのような単位に変換することで、研究結果を実世界に対応させることができる。

- **分析機能**  
座標データからさまざまな分析をするためのツールがある。

- **使い勝手がいい**  
プロットをスムーズに行うための配慮でされている。位置予測機能もその一つであった。

また、アセスメントに加えて新海先生に座標のプロットに関するアドバイスをもらうことができた。FRAMEDIASにも欠点があるそうで、それを克服する新海先生は他二つのソフトキーボードによるカーソル操作を可能にする Kpointer<sup>8</sup> とデスクトップ拡大鏡の MeGaZoom<sup>9</sup> を別にダウンロードしてプロットを行っていた。

データに処理に関しては、セグメント質量として使っていたデータは欧米人の計測結果をまとめたものだったので、それを日本人の年齢<sup>10</sup> やアスリート経験<sup>11</sup> に基づいたデータに変えることでより正確な結果がでると助言して下さった。

さらに、低コストのプロットソフトウェアの必要性については、FrameDias といったライセンス式のソフトは限られた台数のコンピューターでしか使用できないため、生徒が卒論を書く時期になると、ソフトの

取り合いになり、結果的に使えない人も出てくる可能性があるという欠点もあった。そのため、安価で使い勝手のよいプロットツールは十分に必要であるとおっしゃっていた。

## IV システム作成

### IV.1 エクセルファイルの改善

- **棒グラフの表示**

分析方法を増やすため、バブルチャートだけではなく、フレーム毎の角速度、水平方向の変位など様々なグラフが見れるようにした。これを実現するために、新たなシートを複数追加する必要があった。まず、Vlookup チャートを用いてもとめた角速度、角加速を一つのシートにまとめる必要があった。このとき、BWFC からデータを直接入力することを想定していたので入力データから自動的グラフを作れるようにしなければならなかった。そのため、まとめたデータの関節座標はすべて入力されたデータに直接リンクしている形になっている。他のシートでは、まとめられた角速度データなりを用いて作成したグラフを表示している。

### IV.2 プログラム作成について

Visual Physics を改造する形で、C#を用いて BWFC のプログラミングを行った。そのとき、次の 5 つの点を主に改善・追加した。

- **運動解析に特化**

Visual Physics はもともと物理の教育用のソフトであり、点を複数取る運動解析には

不向きだった。もともと同時に2つの点しか取れないところを一度に点を多く取れるよう改造した。また、運動解析に必要ないと判断した衝突モードはBWFCから省き、運動解析専用のシステムに仕上げた。

- **出力ファイルの変更**

座標を取ったら、それを新しいcsv.ファイルに保存することになっていたが、保存先を分析用のテンプレートのx1sm.ファイルに変更した。こうすることで、新しいエクセルファイルにまた1から分析の計算を書き込む手間が省ける。

- **実座標の計算**

身長と基準位を設定することで、とった座標を画面上のピクセルから実用的なメートル単位に変換できるようにした。

- **キーボードによるマウス操作**

マウスを使ってプロットしているとき、クリックしたときにマウスがずれることが多くある。マウスを動かすボタンを作りそれにホットキーを設定することで、キーボードでマウスを動かせるようにした。こうすれば、クリック時にマウスがずれることがなくなる。

- **拡大機能を追加**

マウスの場所を拡大し、見やすくできるきのうを追加。座標を取るときに見づらくても、拡大してみることで判別しやすくなる。

## V 2回目のアセスメント

本システムのアセスメントを行うため、新しく開発したシステムを用いた運動解析を

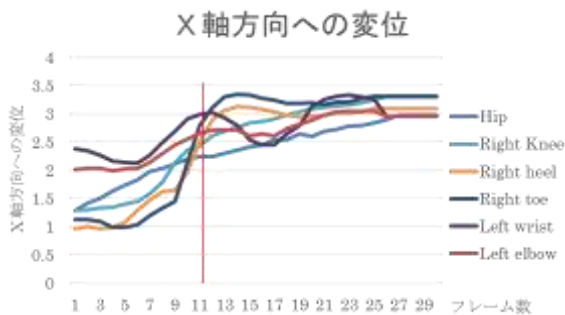
行った。スポーツにおいて、ボールに加えた力から逆算して理想のキックフォームを求めるのは難しい。そのため、上級者を理想のキックフォームとにおいてそのキックフォームを分析し、いいキックの仕組みを分析しようとする研究が多い<sup>1,2</sup>。このアセスメントにおいては、上級者として、東京選抜レベルの高校生に協力よろしく願いした。

### V.1 Y軸方向の変位



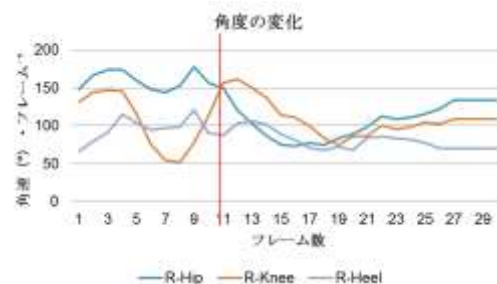
キック時の股・ひざ・足首のスイング速度時の変化は最初に腰関節側のピーク、次に股関節速度のピーク、そして最後に足首の関節速度がピークとなってインパクトしているのが知られている<sup>1,3</sup>。図をみると、線の傾きは速度を表していることから、股関節、膝関節、足首の速度が順にピークを迎えているので、本システムでこの事実を再確認することができた。また、図から右膝の速度が最大するとき、左ひじ、左手首の速度が最大になっていることから手足の連動がみられる。

### V.2 X軸方向の変位



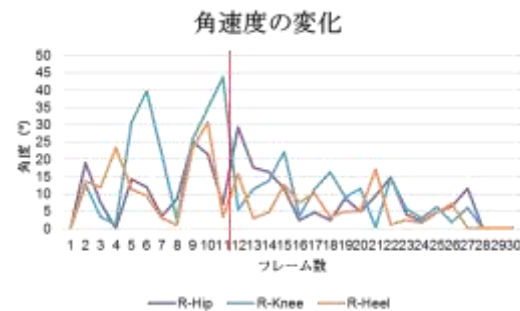
サッカーのキック前後には体は図のようにキック前にテンションアークをつくり、キック後にはショーテンアークをつくる<sup>13</sup>。また、上達者はキック前後におけるアークの違いがより目立つ。表からは手は脚と反対の方向に速度が大きくなっている。このことからキックの映像の観察からではなく、データから統計的にショーテンアークを確認することができたといえる。また、右つま先と右かかとの速度が2回（キック前後）大きくなっている。これは、キック前の足の振り上げとインパクト時まで足をフ振り下ろしているところだ。キック後のほうが速度が大きい時間が長い。さらに、インパクト直前に股関節、膝関節、足首関節が鉛直方向の速度をもっている。膝関節、足首関節において鉛直方向の速度をもっていることは足のスイングから説明がつくが、股関節はそのスイングしている脚の支点となっている。股関節における鉛直方向の速度は、左脚を使って地面を押し出すことでしか発生しない。これらの事実（手足の連動性、左脚の動き）から上級者のキックでは、右脚、左脚、手と体の大きなパーツを巧みに操ってキックをしている。よくコーチが言葉にする「体全体を使ったキック<sup>14、15、16、17</sup>」を科学的な根拠でバックアップすることができる。

### V.3 関節角度の変化



足首の関節の角度がほかの関節と比べて一定なのでキックの基本であると言われている、足首を固定することが重要だと分かる。

### V.4 角速度の変化



膝関節の角速度がかなり大きく、大腿四頭筋の筋収縮速度を超えている可能性がある。新海先生いわくサッカーのキックはあまり大腿四頭筋を使わず、振り下ろしている膝を固定した時に起きる反作用で足首がボールに向かう速度が生まれる可能性がある。ただし、この作用についての研究はまだされていない。

筋収縮速度は直線的でないということ、筋収縮の最大速度はどの筋繊維の長さにおいても一定であること、筋肉にかかっている負荷が小さいほど収縮速度が速いということが知られている<sup>18</sup>。このように筋収縮速度は負荷と近世の長さ依存しているため、ケースバイケースで計算する必要があるが、最大速度のみをもとめるならば一般的に考

えることができる。速度を計算するにあたっては筋収縮が進行するメカニズムとして提唱されているフィラメント滑走説<sup>19</sup>を考慮する必要がある。筋肉の細胞には、アクチンでできた細いフィラメントとミオシンでできた太いフィラメントが並行に並んでいて、二つのフィラメントが重なり合った部分で、フィラメント間の滑り運動が起こることにより収縮すると考えられている<sup>20</sup>。単体のフィラメントは~11nmの変位をもち、すべり運動が起こる回数はATP濃度と温度に関係する<sup>21</sup>。大腿四頭筋の筋収縮速度を求め、キック時の膝関節に角速度と比較するのであれば、さらに膝のモーメントを計算するために大腿四頭筋の腱の位置、筋収縮がつくる直線的な速度を角速度に変換しなければならない。しかし本研究はあくまでも、システムのアセスメントを行うまでとしているので、大腿四頭筋の筋収縮までには踏み込むことはしない。ただし、キックの仕組みを明らかにする上で重要な内容なのでぜひ、これからの研究課題としておきたい。

## VI 結論

2度のアセスメントを要して、BWFCを開発することに成功した。一回目のアセスメントでは、研究者が現場で用いるようなソフトと本システムを比較することで、本システムに足りない部分を確認し、その部分を改善することができた。二回目アセスメントではサッカーキックに関する先行研究とこの研究の分析結果を重ね合わせることで本システムが実用的で有効であることが分かった。

また、研究からサッカーにおいて手足の運動の重要性、体全体でY軸方向の速度を作っているということ、上級者はキック時足首を固定することが分かった。初心者はキックの練習をするとき脚のふり方に集中を向けるので、こういった手や体の動かし方を意識させれば、キックの上達が見込めるさらに、「体全体でのキック」といった、もともと科学的な根拠がなかったキックフォームを本システムを用いてその信憑性バックアップすることができた。このように、「体全体でのキック」が科学的に裏付けるとそのキックフォームを目的とした練習は科学的な手法を拠り所にしたトレーニングとなる。

バブルチャート、グラフを用いてデータを可視化したことによって、専門的な知識がない人でも、スポーツの種類にかかわらず、ある動作における体の動かし方を確認できることを可能にした。

## VII 謝辞

新海宏成先生（東京学芸大学）および浅井武先生（筑波大学）には、運動解析の研究手法に関するご指導をいただき、多くの研究論文などの紹介をいただきました。本校教諭（生物）齋藤淳一先生には、身体運動の機能に関する研究のアドバイスをいただきました。また、本校教諭（物理）後藤貴裕先生には、システム開発に関する指導および研究に関するアドバイスをいただきました。その他、キックフォームのサンプル収集に協力してくれた本校サッカー部みなさんおよび本校SSHの先生方の協力があって、このプロジェクトを進めることができ

ました。感謝申し上げます。

## VIII 参考文献

- [1] Atom Scott, (2015) 「Using image analysis and excel to create tool for sports analysis」『研究報告書』(Tokyo Gakugei University International Secondary school) Vol.1, 64~71
- [2] Takahiro Gotoh , (2009) 「Let's capture the collision phenomenon quantitatively 」 『 Practicable Ideacollection 』 (Japan Association for Promotion of Education Technology ) Vol.13, 76-77
- [3] Takahiro Gotoh, (2008) 「Visual Physics 利用の手引 Ver.1.0」
- [4] Plagenhoef, S., Evans, F.G. and Abdelnour, T. (1983) 「Anatomical data for analyzing human motion」『Research Quarterly for Exercise and Sport』 54, 169-178
- [5] Paolo de Leva (1996) 「Adjustments to Zatsiorsky-Seluyanov's Segment Inertia Parameters 」 『 Journal of Biomechanics 』 29 (9), pp. 1223-1230.
- [6] Tang H, Toyoshima S (1997) 「The Application of direct linear transformation for two-dimensional cinematography」『Jpn J Biomech Sports Excerc』 1(1) 24-29
- [7] Ikegami Y (1983)「写真撮影による運動の3次元的解析法」『J.J Sports Sci』 2-3 163-170
- [8] Takekura T, *KPointer*, System I.F.C. <<http://hp.vector.co.jp/authors/VA017534/product/keypointer/>>
- [9] Baruths, *Megazoom*. Japan: N.p., <<http://www.geocities.jp/baruth0/software.html>>
- [10] Yokoi T, Kanji S (1986) 「Body segment parameters of Japanese Children」『Jap. J. Phys. Educ.』 31-1, 53-66
- [11] Ae M, Tang H (1992) 「ESTIMATION OF INERTIA PROPERTIES OF THE BODY SEGMENTS IN JAPANESE ATHLETES 」 『Society of Biomechanisms Japan』(11), 23-33
- [12] A.R. Ismail, M.F.M. Ali, B.M. Deros and M.S.N.M Johar (2010), 「Biomechanics analysis and optimization of instep kicking: A case study to Malaysian footballer」, 『National Conference in Mechanical Engineering Research and Postgraduate Students』 535-542
- [13] Lees A, Asai T (2010) 「The biomechanics of kicking in soccer: A review」 『Journal of Sports Sciences』 (A.Lees,2010)
- [14] "全身を使ったキック." サッカー初心者が「元サッカー部」に勝つ非常識な練習法. ライブドア, n.d. Web. 24 Aug. 2015. <<http://3a2fblog.livedoor.jp/2fleptyru07/2farchives/2f50735922.html>>.
- [15] "体全体をフルに使ったキックフォームの秘密." 楽天ブログ. 楽天, n.d. Web. 24 Aug. 2015. <<http://3a2fplaza.rakuten.co.jp/2fsoccerpkp/2fdiary/2f200909030000/2f>>.
- [16] "サッカー 強いインサイドキックのコツを掴む練習." サッカー上達クラブ. N.p., n.d. Web. 24 Aug. 2015. <<http://3a2fsoccer-kozou.com/2f3fp%3D503>>.

[17] "阿部敏之のピンポイントキックプログラムの内容." 阿部敏之のサッカーピンポイントプログラム. 株式会社 Risefield, n.d. Web. 24 Aug. 2015.

<<http://www.littlesoccer.net/contents/naiyou.html>>

[18] Walter B, Emile B (2003) 「Medical Physiology : a cellular and molecular approach」 2<sup>nd</sup> ed. P.248

[19] Silverthorn, Dee Unglaub (2016). 「Muscles」. 『 Human Physiology: An Integrated Approach』 (7th ed.) pp. 377–416.

[20] Onishi, H., M. F. Morales. (2007) 「A Closer Look at Energy Transduction in Muscle.」 『Proceedings of the National Academy of Sciences』 104.31: 12714-2719.

[21] Jeffrey F, Amit M (1995) 「Characterization of Single Actin-Myosin Interactions」 『Biophysical Journal』