

フリーソフトを利用した簡易型動作分析システム

——アメリカンフットボールにおける初期動作の検証——

富岡 徹・檜野 均

はじめに

スポーツにおいて、プレーヤーが自分の動作を自覚することは難しい。運動学的には、遂行された動作と得られたパフォーマンスから、次の動作にフィードバックされ技能が上達する。その時、指導者はプレーヤーに対し確にアドバイスし、機能的に動作が遂行されるよう手助けする。しかしながら、たとえコーチがプレーヤーの動作を手や用器具を用いて修正しても、コーチによる指示とプレーヤーがそこから感じとることとが乖離する場合が非常に多く、指導の困難さを生み出している。そこで、ビデオ映像や写真などを提示し、指導者とプレーヤーが同一の視点から修正すべき点を共有し、技能の習熟に役立つ工夫が行われている。

しかしながら、このような画像も膨大な情報量を提供することから、指導者が一番修正すべきと考える点以外のこともプレーヤーに自覚させてしまう場合がある。そこで、人間をロボットのように棒状の物体の集合体と見なし（スティックピクチャー化）、比較的単純な物理学的運動に置き換えて動作を評価することが行われてきた。従来から行われるこの方法も、アナログビデオカメラが主流であった頃には、タイマーを同期させた後、マーカーを手がかりに静止画を取り込む必要があるなどの複雑さから、専門家に委ねることが多く、一般の選手がその恩恵を受けることは皆無に等しかった。現在では、ビデオカメラのデジタル化によって作業が省力化したものの、このような恩恵は高価な機

材を必要とした精度の向上に目が向けられているように思われる。そのため、より専門的な知識のある者によって正確な動作を知ることはできて、日常のスポーツ現場にその技術が活かされることは依然少ないままである。

ところで、現在市販されているデジタルビデオカメラは1/30秒毎に静止画像が記録され、その連続画像によって動画が形成される仕組みとなっている。したがって、静止画のコマ送りが等間隔に行われることから、動作分析のための画像の収集が簡単である。加えて、昨今のコンピュータ技術の発展により、一般の人々にとっても画像処理することが一般的になってきたように思われる。そこで、スポーツにおける動作分析の普及を視野に入れ、簡便な分析システムを構築することを試みることにした。その手始めとして、ビデオ機器の導入が比較的進み、静止状態からの動作が多く含まれるアメリカンフットボールをとりあげることにした。

アメリカンフットボールは、1チーム11人がグラウンド内でプレーする球技スポーツである。同様の競技場サイズで行われるサッカーやラグビーに比べ攻撃と守備がはっきりとしている点が特徴的である。すなわち、試合中のオフプレー時にそれぞれの役割を担う選手が交代し、競技場内でプレーする選手数が11名であれば、そのゲームに何名参加しても良いというルールになっている。したがって、各選手の持つ役割と求められる技能や体力がより専門化されることになる。

特に、ゲーム開始時において、オフェンス側

もディフェンス側も身体接触による攻防をいかに有利に進めるかが勝敗に影響する点が注目される。

これまで、アメリカンフットボールに関する研究⁽¹⁾⁽²⁾⁽³⁾⁽⁴⁾⁽⁵⁾では、作戦が勝敗に大きく関係するという競技特性から、戦術についての検討が広く行われてきた。また、身体接触の多さと競技スピードの速さから、選手個人の体力アップの方法についての検討も行われてきた。しかしながら、試合中の主導権争いに大きく関わるオフラインとディフェンスラインの攻防における動作の分析についての検討は充分に行われているとは言いがたい。

専門的な動作分析には非常に高価な分析装置が必要であるため、一般的に普及して指導に役立てられるような状態には至っていない。そのため、実際の指導現場では、コーチの経験的主観的指示に終始しているのが現状である。指導者によっては、ビデオを撮影しその映像から選手を指導する場面も見られるが、非常に多くの情報のある画像から個別に指示しても、コーチが指摘したいことがしっかりと選手に伝わっているかは定かでない。

そこで本研究では、アメリカンフットボールにおける初期動作を例に、その分析をより安価に確実にできるシステムを構築し、得られた結果が指導上役立つものとなるのか検討することとした。

1. 方法

1-1 対象者

対象は、名城大学アメリカンフットボール部に所属する選手10名であった。被検者は、ゲーム開始期の初期動作を同様の姿勢から行うオフライン選手およびディフェンス選手であり、実験の目的に賛同した者であった。

1-2 撮影

ビデオ撮影は、対象者より10mの位置より三脚で固定したデジタルビデオカメラにより行った(図1)。被検者は3ポイントセットポジション(図2, 註1)からスタートし、2m先のタックルマシンにヘッドオンブロック(額と両手の3点)を行った。被検者には予めビニールテープによりマーカーを付けた。マーカーは、上部より、こめかみ(ヘルメット上のイヤパッド中央部)、両肩の中間部、右肩鎖関節、右肘、右手首、右大転子点、右膝、右踵、右足第5趾付根の9点とした。マーカーは、手首、肘、膝については関節周囲をテープで一周させ、その他の部位については×印をマークした。なお、踵はシューズと背景との境界点を画像より識別した。

1-3 分析

記録した映像(MPEG形式)をPCに転送し、フリーソフト(IrfanView⁽⁶⁾)により1/10秒毎の静止画像(JPEG形式)に変換した。得られた静止画像に対し、フリーソフト(BMP_measure⁽⁷⁾)により逐一マークして座標値を得、フリーソフト(Stick_View⁽⁷⁾)によりスティックピクチャー化した。データは、スティックピクチャーより動作が開始したと思われる画像より一場面前の画像から、被検者がタックルマシンに当たり動作が完了する時点までを利用した。

全被検者に対して、得られたスティックピクチャーから同一の視点からの分析を試みた。すなわち同一の視点とは、体力的要因に影響すると思われる「スタート時の姿勢」、スタート後の動作スピードに影響すると思われる「スタート直後の腕の振り」、技術的要因に影響すると思われる「タックルマシンへの激突直前の動作」、激突時の物理的エネルギーに影響されると思われる「タックルマシンそのものの動き」であっ

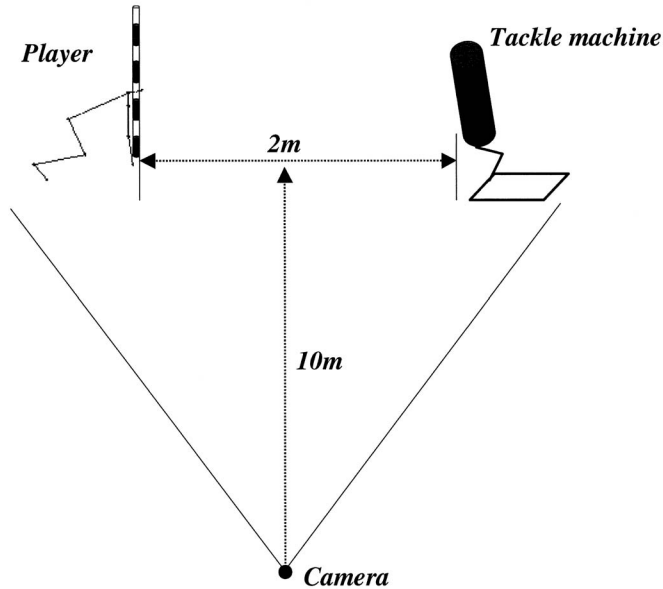


図1 撮影条件

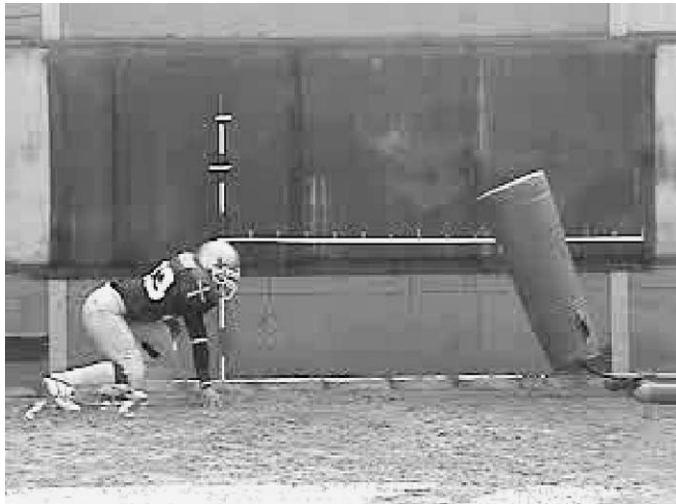


図2 撮影風景

た。また、各被験者の動作の流れを指導者が主観的に分析し検討した。

2. 結果および考察

本研究では、一般的に広く入手可能なビデオカメラとパーソナルコンピュータのハードシステム、インターネット上で公開されているフ

リーソフトを用いて動作分析を試みた。その結果、1/10秒毎の静止画像とスティックピクチャーを得、アメリカンフットボールの初期動作を分析するに値する結果が得られた（図3はそれらをまとめたもの）。この結果は、一般家庭において簡単に入手可能な機材とソフトによって動作分析が可能であることを示すものと

いえる。

各個人毎に得られた結果をもとに、指導者が日頃重要と考える視点を4つに絞り（方法を参照）、同一の視点から各被験者の動作特性を比較した（表1）。

「スタート時の姿勢」は、短距離走においてスタート時の姿勢が重要であると同様に、アメリカンフットボールにおいてもその後の動作に大きく影響する。スタート時の重心が高ければその後の重心は高いまま経過し、相手との衝突時にバランスが悪くなり、倒されやすくなる。そこで、重心が低いまま推移しやすいう、初期姿勢において背部が地面に対し平行に近い線を示していることが望ましい。この線が上方に向いている場合、動作開始後重心は上方に段々上がっていく（上体が立っていく）。このため、この線が地面に対し平行に近いか上方を向いているかを指導者によって評価した。

その結果、4名で背部の線が平行に近かった。このうち3名はダミー衝突時の威力も大きかった。彼らは、日頃の練習状況からみても疾走スピードが高い。しかしながら、被検者Dは、上体は低く望ましい姿勢を示しているがダミーへの衝突力は前方に流れ好ましいものではなかった。その原因について他の要因を追加して検討すると、初期姿勢において他の被験者と比較し膝のなす角度と股関節のなす角度の両方が大きく、足が後方に流れた形になっている（図4）。こうすることによって、望ましいとされる低い姿勢を意識的に維持しているものと思われる。しかしながら、後方から脚を引き出して歩を進めるため、重心を安定させ体重を支えるには、ストライドが延長してしまう。その結果上体はすぐに起き上がり、結果としてダミーへの力の発揮も下方から突き上げる力が減り、前方へダミーが移動したものと思われる。この選手に対しては、足の着く位置の修正と動作上の注意を指示するとともに、足を前方に接地しても背中

が地面に並行に保ち、スタート後もその姿勢が出来る限り長く維持できるように、股関節と足関節の柔軟性の向上が課題となるものと考えられる。

「スタート直後の腕の振り」は、その後の進行方向への移動速度を規定する大きな要因になる。すなわち、後方への素早い腕の振りは上体を前方へ導く力を生み出すと同時に、逆側の腕を前方へ振り出しやすくする。最初の一步における腕の振りが大きいことは疾走スピードを上昇させやすいことから、評価の指標とした。なお、1/10秒間隔の画像では腕振りの最大振幅位置を把握することは不可能であるため、腕の動きと呼応する脚の動きも参考に評価した。

その結果、スタートの初期姿勢が優れた者は全てスタート時の腕の振りが素早く大きい傾向がうかがえた。反対に、この動作が小さい者は全てスタート姿勢も悪く、この4名中3名が表中次の列に示されるダミー衝突前の重心も高くなっていた。この例に入らなかった1名は高等学校時代の専門スポーツが特徴的である。すなわち、被検者Iは「相撲」を専門的に行っていた。相撲は、相手との衝突後のプレイをも視野に入れた「仕切り」が求められるため、初期姿勢も顔をあげ、背中中の線も起こし気味になる（図5）。手の振りが後方に引くことなく身体の前において「さばく」必要性から、動作が習慣化されてしまっていることが考えられる。ダミー自体の押し上げも、取り組み相手の重心を持ち上げる動きが身につけており、優れたものであったことから頷ける。しかしながら、アメリカンフットボールのスタート動作の場合、相撲より強い前方への押し動作が必要であることから、この時点までの動きの修正が必要ではないかと考えられる。

「タックルマシン衝突直前の動作」は、スタートから蓄えてきた進行方向のエネルギーを相手に対しぶつけていく準備動作である。このと

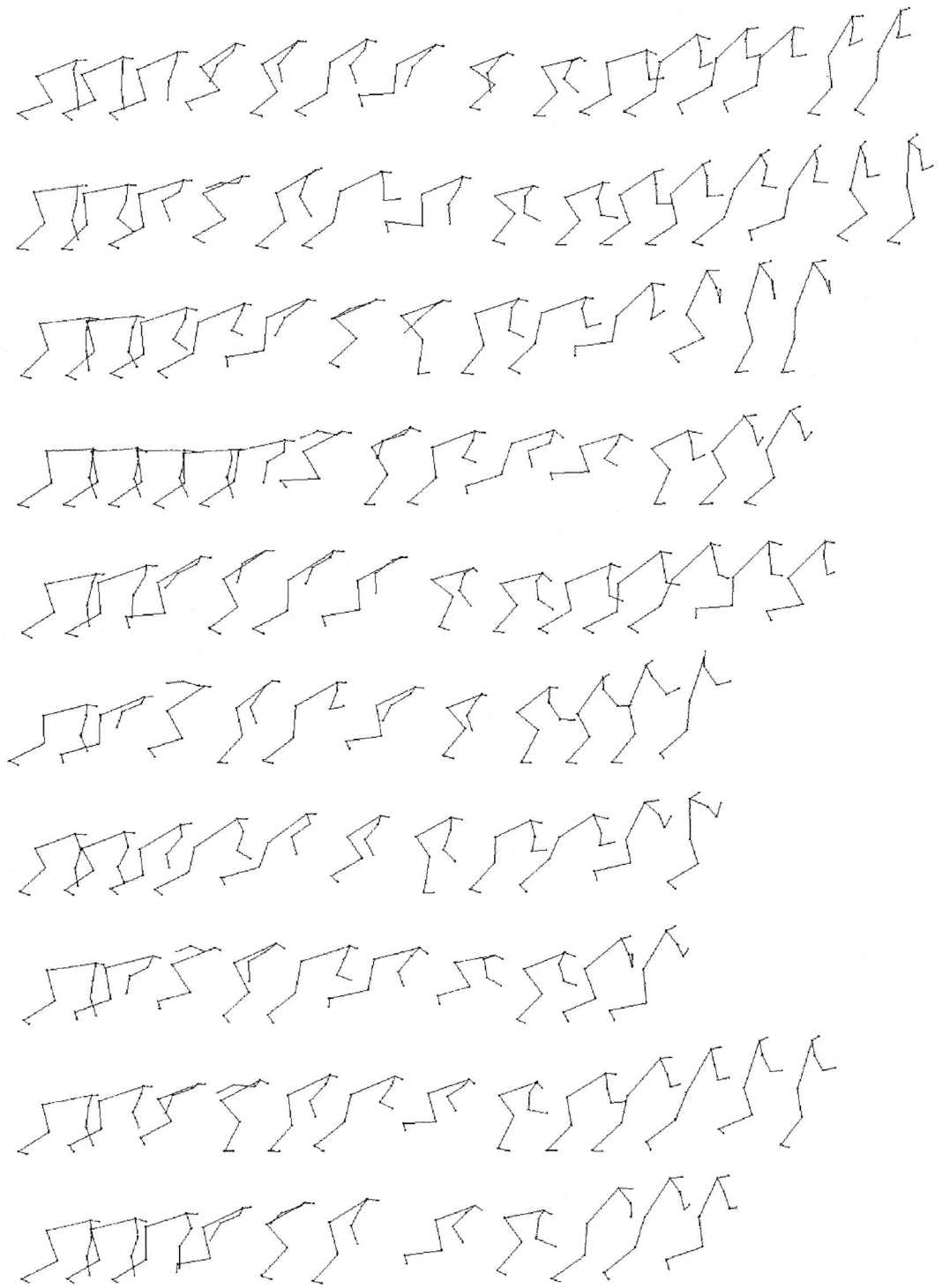


図3 得られた全被検者の動き（上より被検者A～J）

表1 4つの視点から見た被検者の動きの特性

	地面に対する腰と臀部の関係	スタート直後の腕の振り	ダミーへの当たりのときの重心の高さ	ダミー自体の移動
A	×	×	○	○
B	○	○	○	○
C	○	○	×	×
D	○	○	×	×
E	×	×	×	○
F	×	○	×	×
G	×	×	×	○
H	○	○	○	○
I	×	○	×	○
J	×	×	×	○

○	並行	大きい	低い	前方
×	下がっている	小さい	高い	上方 or なし



図4 被検者Dの初期姿勢



図5 被検者Iの初期姿勢

き、相手より低い重心で当たっていけば相手を倒しやすくなる。また、激突時に低い重心から縦軸方向に重心を上げていくと相手の重心が乱れ倒れやすくなる。そこで、選手は両手の振り上げ動作を利用して重心の上昇を行う技術を身に付ける。したがって、この点を評価の指標とした。

同時に、最終局面であるダミーの動きについてもあわせて検討した。選手のスタート動作を評価する際、その動作の成果である発揮エネルギーを測定することが欠かせない。これを短距離走では疾走速度で評価するが、本研究ではタックルマシンの動きを指標にした。本来、

タックルマシンにセンサーを内蔵しその物理的エネルギーを計測することが望ましいが、非常に高額なシステムとなってしまう。そこで、実際指導上利用するタックルマシンそのものの移動の仕方を指標とした。

タックルマシンは選手のダミーである。そこで、そのタックルマシンに上方に移動する（浮き上がる）動きが見受けられたならば、相手選手の重心が浮き上がり倒れやすくなることを示すと考えられる。逆に、ダミーが前方にばかり移動する（あるいはあまり移動しない）のであれば、パフォーマンスが低いものと評価される。

以上の視点から結果を考察すると、次のよう

なことが認められた。すなわち、スタート動作の集大成であるダミーへの衝撃は、10名中7名の選手でダミーの上方への動きが観察された。しかし、衝突直前の動きについて「優れている」と指導者が評価したのは全被検者10名中3名にとどまった。この3名は、ダミー自体の動きも望ましいものであった。

選手は「ダミーの動き」というその後のパフォーマンス（出来栄）を気に掛けるため、「効果的にブロックする」ということより「外的に良いと評価されるようダミーを動かす」ことを目的にすり替えてしまいがちである。そこで、比較的多くの被検者において望ましい動きが観察されたものと考えられる。しかしこれは、成果ばかりを気にした小手先の動きといえるかもしれない。重心が高いまま相手に激突しては、押し合いが長引いたとき倒れやすくなってしまいうので強力なブロックとはいえない。このように実際のブロックは、その直前の動きの良し悪しによって効果が異なるのである。日頃の練習では、比較的時間の長いダミーの動きに気をとられてしまうが、ビデオ映像からの静止画やコマ送り、あるいは本研究で得たスティックピクチャーでは、詳細な検討が可能である。

全体を通して観察すると、指導者が考える優れた選手（レギュラー選手）は、表中○印が付く項目が多い。特に全ての項目において○印が付く被検者Bは2003年度東海学生アメリカンフットボールリーグの最優秀選手賞を獲得した選手であり、被検者Hも測定当時2年生ながらレギュラーを務め、その後3年生ながらチームの副将を務める優れた選手である。このように優れた活躍は優れた動作によるものと言え、動作分析の有用性を示すものであった。

3. まとめ

本研究では、一般市民でも入手可能な物品によって簡単に動作分析ができることが示された。また、得られた結果はスポーツ現場における動作指導上有益な資料となった。今回は、アメリカンフットボールの初期動作を対象としたが、日頃目を奪われがちなダミーの動きではなく、それ以前に経過した動作によって優秀な選手とそうでない選手の区別が可能になった。このようなことは、指導者にとって有益なばかりでなく、実際にプレーする選手においても自己の動作上の問題点を認識する大きな手がかりとなるものと思われる。

本研究のような動作研究は、経営工学的にも広く利用されているものである。例えば、作業効率を向上させるための用器具の開発や労働者の動作分析、作業場での労働者の行動を観察する際などに応用できる。特に、本研究のような新規なシステムを必要としない分析方法は、教育現場において学生が実体験する教材としても有用ではないかと思われる。

註1〔3ポイントセットとは〕

良いブロッキングは、全てスタンスにある。

バランスのとれた足幅をとらなければ、スタートする初期動作がスピードと力のある突進にはならない。

ラインメンはブロックに行く時、バランス良く安定したスタートができる3ポイントスタンスを用いる。このセットからは前方に突進したり、左右にプルアウトしたりする。パスラッシュを制する為に使用する。左右のバランス、スタンスは前後左右に動けるように取り、両足の前後の開きが少ないスタンスを取る。また前方に強く突進する為には両足の前後の開きが大きくなる。両足の前後の開きは個人の体格によっても違うが、右ききの場合は右足を左足の踵より後ろにならない程度に引き、足は肩幅ぐらいに開く。ラインメンのスタンスの取り方（位置）で前方にでるのか左右に出るのか、相手に進む方向やプレーを読まれないようにする事が大切である。右足を左足の真ん中に置く

か、前方の親指の付け根（母指球）に置くか、後方の踵より置くかで調整する事が必要である。

顔は前方に上げて首をすえ、目は前方のフィールドを真っ直ぐ見る。両膝は自分の身体に十分に引き付けて両肩を地面と平行にする。背中は曲げずにバックアーチ（背中を反らす）を作る。もちろん地面に平行でなくてはならない。

体重は手と足に平均的にかかっていることが、理想的である。地面に着いた右腕は右膝と一直線上にあると良い。そして地面にはほぼ垂直でなければならない。左腕は左膝に肘をかける様にして軽く手を握るか左膝に軽く手を置くようにする。

参考文献

- 1) 篠竹幹夫, 「アメリカンフットボールにおける守備 (Defence) の理論と実践について」, 『桜門体育学研究』第8集, 1974.
- 2) 家治川豊, 和久田賢夫, 米田満, 「アメリカン・フットボール試合におけるエネルギー代謝に関する研究」, 『体育学研究』, 第2巻 pp: 46-54, 1961.
- 3) 吉本俊明, 「本学アメリカン・フットボール部員の形態及び機能の変化について——そのトレーニング効果について」, 『桜門体育学研究』, 第13集, 1979.
- 4) 松元剛, 亀山巖, 窪康之, 森田啓, 平田智秋, 木島章文, 白濱伸一, 「アメリカ合衆国における American Football Coaches Association (AFCA) について」, 『トレーニング科学』, 第14巻第1号, 2002.
- 5) 木野田典保, 石井慎一郎, 渡辺要一, 浅沼辰志, 高橋仁, 「アメリカンフットボール選手のポジション別筋力特性——等速性筋出力からの検討——」, 『トレーニング科学』, 第4巻第2号, 1992.
- 6) <http://www.irfanview.com/>
- 7) http://www.suzuka-ct.ac.jp/mech/ai_mech/~shirai/ProductsPage/Freeware/