

## 高齢者サッカーにおける競技中の 移動速度・移動距離及び心拍数評価

白水 重憲, 片山 宗哲, 正木 健雄

**要旨** 本研究では、往年の名選手が集まる高齢者サッカーリーグで全国制覇を狙う東京都の江東区内のある60歳以上を対象としたチームが、多くの参加希望者を集めて、レギュラー選抜を行う為の練習試合での測定を行い、試合中の各選手の歩行時と走行時の時間と移動距離及び走行時の速度分布を測定した。また、測定結果と同クラブ指導者の選抜考課との関係を考察した。更に、試合中の心拍数を測定し、試合中の心拍数が160程度であり、試合中と平常時の心拍数差は60程度である事が判った。

**キーワード**：サッカー、加速度測定、移動距離、速度分布、心拍数、高齢者

### 1. はじめに

アーチェリー、重量挙げ、アームレスリングのような特殊な動きの無いスポーツ競技及び水中で行う水泳を除き、スポーツ競技には走行や歩行が関与する。競技中にどれだけ走行や歩行を行ったか、或いは、どの程度の速度を何秒間維持できたかは、その競技者の競技能力全ての目安には勿論ならないが、その重要な一部を示す貴重な情報になり得るものと考えられる。

また、ダイエットの為に運動する肥満した一般成人から、専門競技者まで、走行・歩行運動を行うものは、自分がどの程度の距離を、どれだけの速さで走ったかの情報は、トレーニング管理のみではなく、達成感の観点からも重要である。特に、肥満成人のようにスポーツを苦手とするものが運動を維持するモチベーションとしては有効なものになるであろう<sup>1)</sup>。

近年では、優秀な活動量計が多く市販され、走行と歩行を識別して消費エネルギーを算出するものが多い。しかし、運動を行っていた区間に特化した情報は得られないし、また、90分間一生懸命走ったり歩い

たりして“900 kcal 消費しました”という情報を得ても、ともすれば、“やっとなカツ丼一杯分か”という感想になってしまう。同じ運動の結果でも、「6 km 走り、4 km 歩きました。走った距離は6 km、最高速度は15 km/時、走行時の平均速度は10 km/時です。」という情報が得られれば、“もう1 km 長く走れるように、また平均速度が12 km/時になるように頑張ろう”と明日への意欲につながるものと思われる<sup>2)</sup>。

競技中の移動距離が大きく、ボールに“絡んだ”際に出せる最高速度がボールを支配する為に重要であり、また、ポジション毎の移動距離に大きな相違があるとされているサッカーにおいては、競技中の一人の選手をコート両端に設置した2つの望遠カメラで捕らえ続ける事で、2つのカメラの角度情報からその選手の移動距離とその速度を求める事が行われている<sup>3)</sup>。現在、関東大学リーグ1位である順天堂大学サッカー部を対象として、1部リーグでの5試合の結果から求めたポジションの異なる5人の選手の結果が報告されている<sup>2)</sup>。しかしながら、この方法は、1) 測定が大掛かりであり、熟練した複数のスタッフが必要である、2) チーム全員の結果を同時に測定するのは難しい、3) 限定されたコートのなかだけでなく、大きな距離

を移動する際には使えない、という欠点を有する。

一方、我々が報告した超小型心電・加速度・皮膚温度データロガーである M-BIT を使用し<sup>3)</sup>、その加速度 128 Hz サンプルングモードで測定を行い、更に我々が報告している歩行走行運動の解析方法を使用すれば、サッカーの試合中の全選手の移動距離及び速度を測定できるのみでなく、彼らの試合時或いは試合間の休憩時の心拍数をモニターし、試合中の突然死を防ぐ事も可能と思われる<sup>1)</sup>。

本研究では、往年の名選手が集まる高齢者サッカーリーグで全国制覇を狙う東京都内の江東区内の 60 歳以上を対象としたあるチームが、多くの参加希望者を集めて、レギュラー選抜を行う為の練習試合での測定を行い、試合中の各選手の歩行時と走行時の時間と移動距離及び走行時の速度分布を測定した。更に、測定結果と選抜考課との関係を考察した。

## 2. 測定

### 2-1 サッカーの試合

試合は平成 24 年 (2012 年) 12 月 16 日に、東京都江東区の有明サッカー場で行われた。高齢者のサッカーの試合は 15 分ハーフで、また、前半と後半の試合の間に他のチーム間の試合を入れて、十分に休息が取れるような形で行われる。当日は、対象としたチームは参加人数が多い為 2 つのチームに分割され (チーム B1, B2)、その他に 2 つのチームが参加し (チーム A, C)、表 1 のような時間配分、組み合わせで試合が行われた。

### 2-2 測定

測定には、M-BIT を 15 個使用した。B1, B2 チーム全員を前に、測定の趣旨と得られる結果及び予想される不利益を説明し、その後、測定参加希望者には、それぞれ自分が装着する M-BIT を選び、その表面に自分の名前と年齢を記入して頂いた。その後、一人ひとりに装着し、測定を開始した。

試合中にスタプレイヤーが心停止を起こした事が

表 1 試合進行表

試合開始予定時刻	対戦チーム	実際の試合時刻
10:40 ~	B1 × B2	10:44 ~ 10:58
11:00 ~	A × B1	11:03 ~ 11:18
11:20 ~	C × B2	11:21 ~ 11:38
12:00 ~	A × B1	12:00 ~ 12:16
12:20 ~	C × B2	12:20 ~ 12:35

ある英国プレミアリーグのボルトンワンダラーズでは試合中の選手の健康状態のモニターに強い意欲を持っており、我々のところへ共同研究のオファーが来ている。M-BIT は通常胸部の心臓の位置に装着するが、「サッカーのプレイ中は胸でボールをトラップする為に胸部には装着できないので、背中に装着できないか」という問い合わせが、このボルトンワンダラーズから来た。これに応える為の検討を行い、背中にも心臓の近くで腕の動きの影響が少ない下の方に装着すると、良好な測定結果が得られる事を発見した<sup>5)</sup>。これ以来、サッカー試合の測定では、背中はこの位置に装着しており、本調査でもこの位置に装着した。なお、大学生の試合の場合には、M-BIT を電極で背中に装着するのみでなく、サージカルテープで補強するが<sup>5)</sup>、本調査では、高齢者では動きが小さいであろうと予想して、テープでの補強をしなかった。

個人個人に装着した M-BIT は、全選手が参加する 10:40 からの試合の 10 分前に測定を開始し、B1, B2 チームが関与した最後の試合が終了した 12:40 の 10 分後に測定を終了したが、解析には、10:40 から 12:40 の 2 時間の間のデータを切り出し、この研究に供した。

## 3. 解析

### 3-1 心電図

本調査の様に、激しい体の動きを伴うスポーツを実施している最中であり、かつ、胸部ではなく背中と、装着部位が最適位置と異なる場合は、

- 1) QRS ピークが小さくなる
- 2) ベースラインの動揺が大きい
- 3) 筋肉の動きによる筋電図が混入する

等で心電図データ内のアーチファクトが増加し、QRS ピークの検出が難しい。我々は、ロバストさでは世界的に定評のあるアルゴリズムをベースに、これまでの経験に基づく様々な改良を施した QRS ピーク検出アルゴリズムを使用して、QRS ピークの時間位置を求め、RR 間隔データを抽出して、瞬時心拍数や RR 間隔を求め、RR 間隔の周波数揺らぎを解析し、自律神経活動の尺度や呼吸の周波数を求めている<sup>3)</sup>。

### 3-2 加速度波形の解析

歩行時の加速度波形の測定と解析に関する研究は、高齢者の転倒防止、転倒のリスクファクターの観点からの研究が多い。高齢者の転倒の 70% は移動中 (歩行中) に起こるとされており、転倒により介護が必要

になったり、寝たきりになる例は多い。従って、転倒予防の為に、人間が歩行中にどのように安定性を維持するかを把握し、個々の高齢者の簡易なリスクファクター評価法を開発する事が必要であった訳である<sup>4)</sup>。

垂直方向の加速度の波形が一番明確に情報を含んでおり、主にこれが検討されてきた。この波形の解析は、1ストライド（連続する左右のステップ、2歩分）、つまり左足踵接地点から次の左足踵接地点までの波形を切り出し、これと同じ周期を持つ正弦波（1次のハーモニクス）、周期 1/2 の正弦波（2 次のハーモニクス）、・・・と周期 1/n のまでの正弦波（n 次のハーモニクス）にフーリエ解析により分解し、各ハーモニクスの振幅で歩行波形を特徴付ける事が行われてきた。

- 1) 20 次までのハーモニクスの和で歩行波形は良く再現できる事、
- 2) 2歩が基本単位なので、歩行が正常であれば、偶数次のハーモニクスの振幅が大きく、奇数次のハーモニクスの振幅は小さい事、従って、ハーモニック比として 20 次までのハーモニクスの振幅のうち偶数のものの総和を奇数のものの総和で割ったものを定義して比べてみれば、正常な歩行ではハーモニック比が大きい。
- 3) 対称性や滑らかさが低下した歩行、アンバランスな歩行では、ハーモニック比が小さい。

という事がこれまで知られており、様々な被験者の様々な条件下での歩行の安定性や滑らかさが議論されている。また顕には表現されていないが、基本的な波形は 2 次のハーモニクスであり、より高次のハーモニクスは立ち上がりの鋭さや、重峰性の有無や、各ピークの大きさ等、修飾的な意義が大きい事が明白であった。ここに、2 次のハーモニクスの周期はステップ時間（1 歩当たりの時間）、周期の逆数である周波数はピッチ（1 秒間の歩数）である。

我々は、まず、多数のデータを自動解析する為に、踵接地点を判別して波形を切り出す必要のない、つまり一定したデータの長さで解析を行う FFT 法で同様の事ができる事を確認した後、データ長が 2 秒分 256 点と短い場合でも十分に精度の高いピーク周波数が求められるように、予想される周波数範囲が限定される事を利用して、一定のデータ長に対してフーリエ解析を行うソフトウェアを作成した。

次に、我々は、歩行の範疇を超え、走行時の波形の検討を行った。この検討で、

- 1) ハーモニクスに関する挙動は、歩行と大差ないレベルの走行から全力疾走まで、歩行と同様である。
- 2) 速度の小さな歩行、速度の大きな歩行、速度の小さな走行、速度の大きな走行の順に 2 次のハーモニクスの振幅は大きくなる。

ということが判った。この結果より、2 次のハーモニクスの周波数と振幅とから、速度を推定できる可能性があると考えた。この為には歩幅の情報を得て、何等かの形で歩幅の推定ができる事が必要である。

実際的な速度の小さな及び大きな歩行、速度の小さな及び大きな走行での歩幅を求める為に、400 m のトラック（神奈川県川崎市中原区、多摩川ガス灯橋付近の川原）を利用した。各種の走行・歩行モードでこのトラックを 1 周した時の加速度波形を解析し、1 周に要した歩数を求め、各 1 周では歩行・走行は安定していたものとして、その条件で 1 周した時の歩幅を求めた。歩幅と各歩行・走行毎に求めたパラメータとの関係を図示してみると、図 1 に示すように、2 次のハーモニクスの振幅と歩幅の間に一番明瞭な直線性があった。

従って、歩行・走行時に測定した加速度データより、2 秒分のデータ毎に 2 次のハーモニクスの周波数 (Hz) と振幅 (g) を求め、振幅より、

$$\text{式) 歩数(cm)} = 47.143 \times \text{振幅(g)} + 49.613$$

を用いて歩幅 (cm) の推定値を求めれば、その 2 秒の速度と移動距離を求める事ができる。更に、歩行は位置のエネルギーと運動エネルギーの間のエネルギー保存則をも利用した静的な移動であるのに対し、走行は

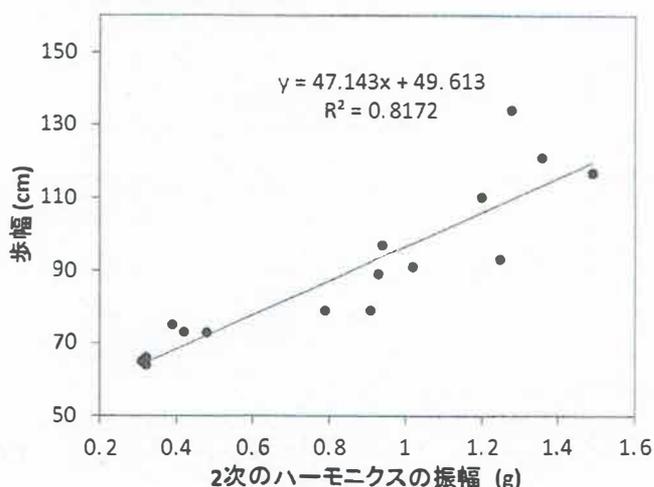


図1 歩行・走行時の 2 次のハーモニクスの振幅と歩幅の関係

小さなジャンプの集まりである為、振幅の大きさが大きく異なる。従って、振幅の大きさの閾値を設定する事で、歩行と走行を区別することができる。

#### 4. 結果と考察

10:40から12:40までの範囲のデータの解析結果の例を図2に示す。この被験者(64歳)の場合は、15分強の試合時間(ロスタイム含め)と他のチームが試合をしている間の休憩時間が交互に配置されている。試合時間は全体で45分強となり、走行・歩行挙動に関しては、大学生チームの場合のハーフタイムと比較できるものと思われる。

図は、水平方向に分割された7つの区画に分割されている。

最上段は、心電図(黒色)及び3軸方向の加速度(垂直方向:赤, 前後方向:緑, 左右方向:青)の生波形である。ここに表示しているのは45秒程度のスナップショットである。左端をスタートとして、最初の赤の垂直線が10秒, 次の赤の垂直線が20秒, 青の線が30秒, 最後の赤の線が40秒を示す。

最上段の黒色の波形のピークの位置が心臓が収縮するポイント(Rピーク)であり、この位置に重ねて描かれている緑の垂直線は、Rピークの位置が正確に検出されている事を示している。次段はこのRピークの間隔であるRR間隔である。上の波形と左端のスタートの時刻は同じであり、赤と青の垂直線の意味も同じである。60秒の青い垂直線間まで描かれている。解析する際は、これらの図の間にあるスクロールバーを動かす事で、全範囲のデータを確認し、Rピークが正しく検出されている事を確認し、おかしな領域は除去する事ができる(但し、本研究では、この機能は使用していない)。こちらの表示範囲は、240秒弱である。

図2に示されている範囲は試合中であり、上段の図のRピークの位置を示す縦の緑の線の間隔は小さく、それにあわせて2段目のRR間隔の値も小さい。尚、ここに示したデータの被験者は、動きが大きく、チームにも貢献した人物であり、選抜で選ばれた人物である。

波形のスナップショットを見るためのこれら上側2

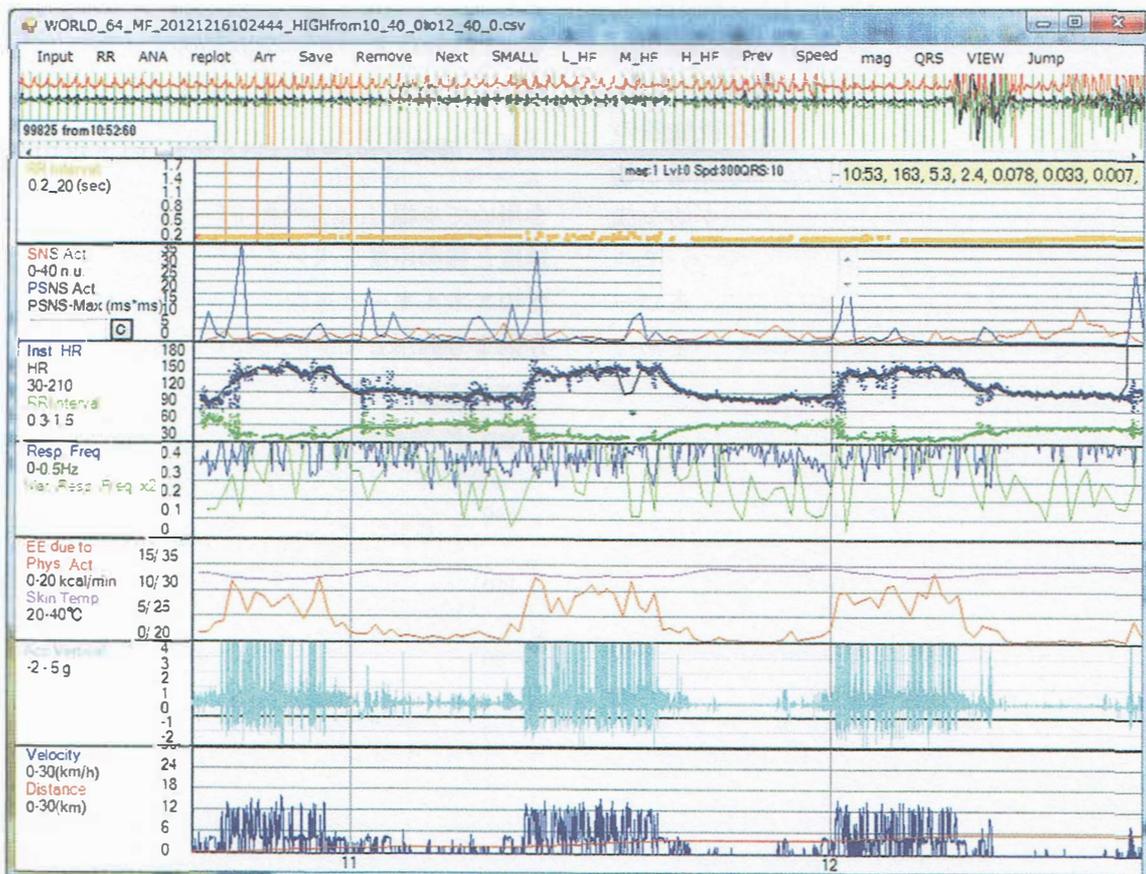


図2 サッカー試合中の全般的な解析結果の例(被験者12番, MF, 64歳)

段の図とは異なり、3番目以降の図は測定した全範囲の解析結果を示している。

3番目のグラフは、交感神経活動（赤）と副交感神経活動（青）の指標の1分間ごとの値である。

4番目のグラフは、2番目のグラフと同じRR間隔（緑）を全体に亘り示したものと、(60/RR間隔)として求められる瞬時心拍数（青）である。

5番目のグラフは、呼吸の周波数（青）とその1分間当たりの変動幅（緑）である。

4番目のグラフに見られるように、試合中の心拍数は、試合間のものに比して大きく、その差は60近い。その大きな心拍数が試合の間中続いている。サッカー選手が試合時の心臓への負荷は大きく、試合中の心臓トラブルの発生も理解できる。試合後の十分な休息、特に良質な睡眠をとる事が重要である。練習や練習試合の際にM-BITを装着して心拍数の挙動をモニターしておけば、心臓のトラブルを初期の軽いうちに発見し、処置を講ずる事ができる。

一方このグラフを良く見れば、RR間隔（緑）或いは瞬時心拍数（青）の正しいデータは密集しており、試合中と休憩中の相違や時間依存性を明確に把握できるが、それ以外の大きな分布が頻繁に存在する事が判る。これは運動している事等による心電図へのアーチファクトの影響である。激しい運動時のデータで無い場合は、このようなアーチファクトは少なく、そのようなものを含む1分間は全て取り除いて、正しいRR間隔のみが存在する1分間のみの集まりとし、その周波数変動より求められる呼吸周波数とその変動幅及び自律神経活動の尺度を議論することになっている（3番目と5番目のグラフ）。しかし、今回のデータの場合は、正しいRR間隔のみが存在する1分間は非常に少なくなる為に、これらRR間隔変動由来の量の議論は断念した。

6番目のグラフは、皮膚温度（ピンク）と、加速度の変動として求めた活動量（赤）である。活動量は1分間当たりの値を消費エネルギーに換算して表示している。試合中は薄いユニフォームのみになる為に、皮膚温度が低下し、活動量は大きくなる。

7番目のグラフは、垂直方向の加速度である。この加速度波形を解析し、歩行と走行の識別、移動速度、消費エネルギー等を求める。

8番目のグラフは、7番目の加速度波形を解析して求められた時々刻々の移動速度（青）と総移動距離

（赤）である。このグラフでは、速度はkm/h、距離はkmで表示している。

本研究では図2に示された解析結果のうち、4番目のグラフに示されている心拍数と、8番目のグラフに示された移動速度と移動距離に着目する。図3には、図2に示された結果の移動距離と移動速度、及び走行速度ごとのまとめを示す。この走行速度とその速度で走行した全時間を表2に、また移動距離ならびに試合中と試合間の心拍数レベル、最低心拍数を表4にまとめ、比較の為に、前報で報告した大学1年生チームの試合の前半ハーフ（2700秒）の走行速度分布の例を表3に、さらに大学1年生チームの移動距離を表5に示す<sup>5)</sup>。

順天堂大学サッカー部を対象とした宮森等の方法では、一試合に1人の選手の測定しかできないので、5試合を費やしてFW、OMF、DMF、SB、CBの選手一人ずつの測定を行っている。従って、彼らのポジション毎の相違に関する議論には、同じポジションの選手でのばらつきの比較例が無いので、あまり意味が無い。また、我々の大学生の試合や練習試合での測定の経験では、“測定を意識して普段より頑張って走った”とか、“頑張って普段より果敢に突っ込んだ”とかいう声が選手より聴かれた。真のデータは、選手たちにとって、測定が普段の事になって初めて得られるのかも知れない。我々は、宮森等の報告した平均レベルと我々の値とを比較する事にする。

宮森等の報告する速度分布では、速度10 m/secまで分布が広がっているのに対し、我々の測定結果では、ほぼ5.6 m/secまでの範囲（表3）にとどまっている。また、前半戦の移動距離は、4906.3~6876.4 m（宮森等）に対して、4270.7~5479.6 m（我々の大学生チーム、GKを除く）と短めの領域（表5）にシフトしている。これらの相違の原因としては、我々の研究で加速度波形の2次のハーモニクス振幅から歩幅を推定する為に使用した回帰式（図1）が、運動選手でない被験者のみで測定したデータによる為サッカー選手に対しては、実際より小さめの歩幅を与えてしまうものと思われる。今後、この回帰式を補正する必要がある。

一方、分布の多い移動速度は2~3 m/sec（宮森等）、2.5~3.3 m/sec（我々の大学生チーム）と良く一致する。これは補正式の要改良箇所が歩幅が大きい（速度が大きい）領域に局在している事を示す。つまり、

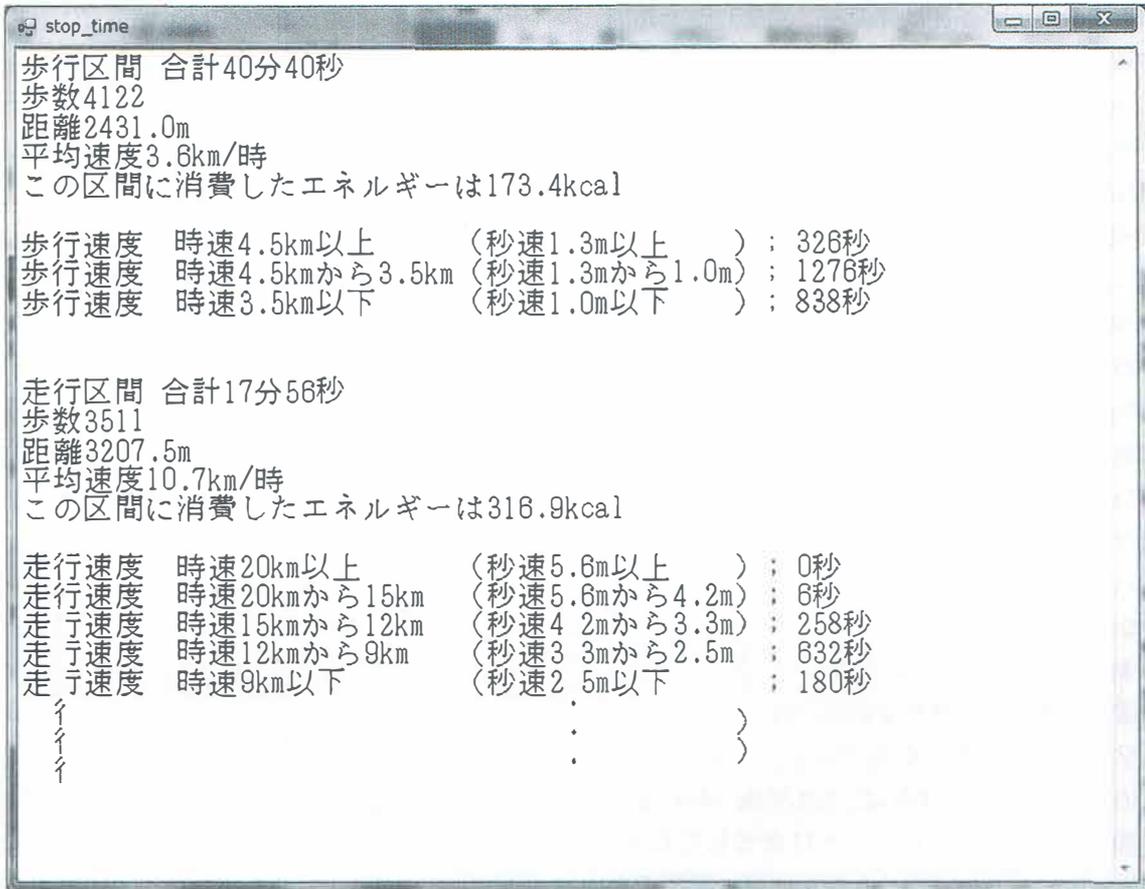


図3 解析結果のまとめ

表2 各被験者の走行速度とその速度で走行した全時間

被験者	年齢	ポジション	各速度で走行した全時間 (秒)					合計 (秒)	全試合出場
			秒速 5.6 m/s 以上	秒速 4.2 m/s ~ 5.6 m/s	秒速 3.3 m/s ~ 4.2 m/s	秒速 2.5 m/s ~ 3.3 m/s	秒速 2.5 m/s 以下		
1	60	DF	0	8	248	594	178	1028	○
2	60	DF	0	34	474	370	92	970	○
3	61	DF	0	32	206	362	88	688	○
4	66	DF	0	4	26	88	98	216	
5	66	DF	0	12	160	508	152	832	○
6	66	DF	0	0	18	342	236	596	
7	61	FW	0	46	214	614	158	1032	○
8	67	FW	0	4	58	256	100	418	○
9	59	MF	0	10	82	470	204	766	○
10	59	MF	0	12	194	808	218	1232	○
11	59	MF	0	20	266	928	212	1426	○
12	64	MF	0	6	258	632	180	1076	○
13	67	MF	0	0	82	384	164	630	○
14	69	MF	0	0	126	442	142	710	○

10:40 から 12:40 の時間範囲  
 年齢が高くなるほど、走る時間及び、早い速度で走る時間は短くなる。  
 年齢依存性を考慮すると、MF は FW, DF より走る時間が長い傾向にある。

サッカー選手の試合中の巡航速度とされるこの 2.5~3.3 m/sec の速度域で走っているか、試合展開に応じて、それよりも速い速度で走っているかの区別はでき

る訳である。我々の方法では、ボール支配に絡むときの速度は 4.2~5.6 m/sec であり、一試合に数度見られるか否かのレベルでのファインプレイの際の速度には

表3 各被験者の走行速度とその速度で走った全時間（大学1年生チーム）

被験者	ポジション	各速度で走行した秒数					合計
		秒速 5.6 m/s	秒速 4.2 m/s ～ 5.6 m/s	秒速 3.3 m/s ～ 4.2 m/s	秒速 2.5 m/s ～ 3.3 m/s	秒速 2.5 m/s 以下	
1	GK	0	4	52	194	76	326
2	DF	0	22	242	712	228	1204
3	DF	0	6	36	816	186	1044
4	DF	0	6	62	782	166	1016
5	DF	0	30	252	880	180	1342
6	MF	0	10	122	1098	142	1372
7	MF	0	28	226	790	166	1210
8	FW	0	22	164	820	166	1172
9	FW	2	14	206	1010	146	1378

(前半2700秒プレイしたもののみ)

表4 各被験者の移動距離（測定全時間範囲）、試合中と試合間および最低（測定全時間範囲）心拍数

被験者	年齢	ポジション	移動距離 (m)			心拍数レベル			全試合出場
			歩行	走行	合計	試合中	試合間	最低	
1	60	DF	2532	3092	5624	150	90	90	○
2	60	DF	3237	3164	6401		105	100	○
3	61	DF	2896	2158	5054	160	120	110	○
4	66	DF	1176	581	1757		115	90	
5	66	DF	3300	2465	5765		105	100	○
6	66	DF	2298	1549	3848				
7	61	FW	2837	3132	5968		105	105	○
8	67	FW	2821	1186	4007	150	95		○
9	59	MF	2437	2143	4580	160	130	100	○
10	59	MF	2590	3632	6222	135	75	70	○
11	59	MF	2413	4295	6708		85	80	○
12	64	MF	2431	3208	5639	165	120	110	○
13	67	MF	2880	1783	4663	150	105	90	○
14	69	MF	3195	2072	5267	150	120	95	○

\*最低（測定全範囲での）心拍数を平常の心拍数の代替として利用

表5 各被験者の移動距離（大学1年生チーム）

被験者	ポジション	前半2700秒移動距離 (m)		
		歩行	走行	合計
1	GK	1495	940	2434
2	DF	1259	3557	4816
3	DF	1381	2890	4271
4	DF	1582	2854	4436
5	DF	1389	3988	5377
6	MF	1259	4078	5337
7	MF	1416	3664	5079
8	FW	1185	3456	4641
9	FW	1327	4152	5480

5.6 m/sec 超となる。

このように、走行速度の絶対値の値そのものは改良する必要があるが、我々の方法は交代選手も含めた全選手の移動距離、移動速度分布が一度に評価できる為に、十分に実用的な応用が可能である。更に、我々の方法では、遅い速度で移動している場合は、走行なの

か歩行なのかの識別も可能である。従って、ある試合でのチーム全員の動きの挙動や疲労によるその変化を把握する事もできるし、継続測定する事で、各選手のその試合での“頑張り”の度合いを評価したり、身体的・精神的成長の度合いを把握する事も可能である。更に、試合する双方のチームのデータを測定する事も可能であり、選手の動きと試合展開を結びつけた議論をする事も可能である。更に、本研究で行った様に、代表チーム等に選抜する際の参考データにもなり得る。

さて、大学生チームの速度分布（表3）と移動距離（表5）の測定結果と先行研究の関係が明確化できたので、本研究の主題である表2（速度分布）と表4（移動距離）に示された高齢者サッカーチームの測定結果を議論する。これらの表には、各被験者のポジション以外に年齢も記している。

高齢者といっても往年の名選手でいろいろなサッカーチームのコーチや監督を務めた経験もある人々

が、全国制覇を狙って集まった選考会である。表2に示すように、早い速度で走った時間の長さは、大学生チームに負けていなかった。また、走っていた時間も大学生並みの被験者が結構多かった。勿論、大学生は45分間連続で走り、高齢者の場合は連続するのは15分である。しかしながら、19歳と60歳という年齢差を考えると、さすがといっても良いだろう。

更に、全般的に、走っていた時間の中で、速度の大きな時間の割合が多かった。走るときは速く走り、そうでないときは、体力を温存していたものと思われる。年齢が高くなるほど、走る時間及び速い速度で走る時間が短くなる傾向にあったが、中には64歳なのに1076秒間走った人もいた。また、年齢依存性を考慮すると、MFはFW、DFより走る時間が長い傾向にあった。

表4には移動距離及び試合中と試合間の心拍数レベルを示す。移動距離の合計も大半の被験者が大学生に匹敵する長さに達している。GKを除く大学生の場合、4270.7~5479.6mの移動距離の中で、歩行していたのは1185.2~1551.5m、走行していたのは2854.0から4152.2mであったが、フルに試合に出場した高齢者の場合、4006.6~6707.5mの移動距離の中で、歩行していたのは2436.6~3300.3m、走行していたのは1185.8~4294.5mであった。一番走行距離が短かったのは67歳の被験者8番であり、走行距離1185.8m、移動距離4006.6mと両方とも最短であった。走行距離が長かったのは59歳の被験者11番であり、走行距離4294.5m、移動距離6707.5mと両方とも最長であった。最高齢の69歳の被験者14番は、走行距離2072.2m、移動距離5266.7mであり、速度と違い、走行・移動距離には精神力も反映される事が示された。

測定範囲の中の最低レベルの心拍数を、平常の心拍数の代替とする。この最低レベルの心拍数は59歳の被験者2人の70(被験者10番)と80(被験者11番)を除いて、90から110の範囲に位置し、特に年齢依存性は無い。

試合間、つまり休憩中の心拍数は75(59歳被験者10番)から120(61歳被験者3番、64歳被験者12番、67歳被験者14番)まで幅広く分布するが、年齢とともに増加する傾向がある。

試合中の心拍数は59歳被験者10番の135(最低レベルとの差は65)を除き、150~160であり、最低レベル心拍数との差は55~60である。

高齢者サッカーの場合でも、試合中は平常時よりも60程度高い心拍数が続く。十分な疲労回復、体のコンディショニングを行わないと、心臓トラブル発生のおそれもある。できれば、毎試合時及び練習時に心拍数をモニターして、心臓トラブル発生を防止するのに役立てて欲しい。

さて、選考考課であるが、走った時間が長いのは、被験者1, 2, 7, 10, 11, 12、速く走った時間が長いのは、被験者2, 3, 7, 11であった。選考の候補になったのは、これらのいずれかの基準をパスした被験者であったが、たとえ2つの基準の両方をパスしていても残されなかったものもいた。それは、数試合プレーを観察していた指導者の

- 1) 後2歩ゴールに近づき、確実なシュートがうてるチャンスがあるにもかかわらず、遠くからシュートをうち、チャンスを無駄にする癖が抜けない。
- 2) 敵を背にして後ろ向きのパスを出す癖がある。
- 3) 一生懸命走ってボールに絡むのは良いが、味方に不親切なパスを出す癖がある。

等の判断によるものである。勿論、学生チームの日ごろの練習や練習試合においては、これらの観察結果は重要な指導のポイントである。

従って、M-BITによるシステムを日常的に使用して試合中・練習中の動きの評価を行う事により、移動距離や移動速度の分布、その持続性といった客観的に判断できる事の評価はこのシステムに任せ、指導者はさらに高次の試合展開やサッカーに対する姿勢そのものの評価に専念する事ができると思われる。M-BITは、学生チーム等の指導・育成の強力な支援ツールになるのではなかろうかと考える。

#### 謝辞

測定のご許可を頂いたクラブ代表内田義男様、及び同クラブに橋渡しを頂き、測定結果と選考考課に関しての議論をして頂いた元日本体育大学サッカー部員で元日本体育大学サッカー部コーチの佐川義旺様に心よりの感謝を申し上げます。

#### 参考文献

- 1) 白水重憲, 白水陽久:ウォーキングとジョギングのお供に。全面発達の展開 1: 117-124, 2011.
- 2) 宮森隆之, 吉村雅文, 綾部誠也, 宮原祐徹, 青葉幸洋, 鈴木茂雄: 大学サッカー選手のポジション別体力特性に関する

る研究 — 試合中の移動距離・移動スピードからみた生理学的特徴との関連性について —. 理学療法科学 23: 189-195, 2008.

- 3) 白水重憲, 成澤 元, 片山宗哲, 他: 国際基準に基づいた睡眠ポリグラフ判定と超小型生体センサー (M-BIT) の測定データに基づく睡眠解析結果のケース比較. 全面発達の展開 2: 8-18, 2012.
- 4) Menz HB, Lord SB and Fitzpatrick RC: Acceleration patterns of the head and pelvis when walking on level and irregular surfaces. *Gait & Posture* 18: 35-46, 2003.
- 5) 加速度波形から歩行・走行速度及び距離を求める研究は, 白水が都内某大学体育学部で講義を続ける中で, 学生たちの

協力のお陰で進化してきた. 更に, 今年度, 講義中に参考文献 1 を紹介し, サッカーへの応用の可能性を話したところ, 同大学サッカー部員でもある 2012 年度 3 年生の一人 K 君が是非ゼミの研究として自分たちの試合で測定したいと申し出てくれた. 爾来, 同学部 2 年生, 3 年生の協力を得て準備を整え, 更に, サッカー部の協力を得て関東大学リーグ II 部レベルのチームの試合での測定を実施した. 本来, この内容を K 君とその仲間との連名で論文にするべきであると考えているが, 諸般の事情から公表は許されるにしても時間がかかる. 研究進捗の都合上, 本来 2 報目である本論文を先に公開するが, 現在執筆中の K 君の論文をここに引用し, 優先権の存在を銘記する.