

## M-BIT (超小型心電・加速度・皮膚温度測定装置) のある講義風景

白水重憲

**要旨** 講義の際に、学生たちに M-BIT (超小型心電・加速度・皮膚温度測定装置) を装着させ、運動時の挙動や、通常の講義時の自律神経活動を評価する試みを始めた。講義時と試験時の自律神経活動や安静時心拍数と運動時心拍数の測定結果を紹介する。

**キーワード**: 心電, 加速度, 自律神経活動, 歩行, 走行

### 1. はじめに

某大学体育学部の運動動作学の講義で、歩行挙動の評価を加速度センサーで行った先行研究のデモンストレーションに、M-BIT を使用して、学生達の興味を引くように解析方法を検討しているうちに、時々刻々の速度、移動距離と消費エネルギーを求め、歩行と走行とを区別して集計できる歩行評価プログラムに辿りついたということは、一年前に本誌で紹介した<sup>1)</sup>。

この方法は、一般の人間の日々のトレーニング管理や意欲の維持には重宝なものであり、自分自身でも活用している。しかしながら、“このような測定が、専門的なスポーツ競技者、或いは、その卵である学生達にどの程度役に立つだろうか” という疑問が常に胸の中に残っていた。或いは、より本質的に、“実際の競技者の役に立つような運動動作学的な研究がありえるだろうか?” という疑問である。

### 2. 順天堂大学のサッカーに関する研究

この疑問の解を探して、広く内外のスポーツ競技に科学的計測を応用しようとした研究を探索し、面白いものを講義で紹介するという事を続けてきた。その中で、関連分野の論文誌である『理学療法科学』に、順天堂大学サッカー部の学生達を対象とした実用につな

がる様な研究を見つけた<sup>2)</sup>。

サッカーの試合がある時に、サッカー場の両端に望遠カメラを一つずつ置いて、二人の熟練した操作者が試合中一人の選手を追い続けるのである。2点からこの選手を追いかけているカメラの角度の情報と2つのカメラの位置から、この選手の時々刻々の位置の変化を求める事ができる。この位置の情報から、この選手の時々刻々の速度と走行距離が求まる訳である。一試合で一人の選手の情報が得られる<sup>2)</sup>。

この研究ではポジションの異なる選手の挙動を比較する為に5試合の測定を行っている。

- 1) ポジションによって試合中の総走行距離には結構差があるが、一番大きい攻撃的ミッドフィルダーは13 km 程度走る事。
- 2) 選手達は通常は3 m/秒程度の速度で走っているが、ここぞという瞬間には7 m/秒以上の速度で走る事が報告されていた<sup>2)</sup>。そして、先行研究を含めた考察の中で、1部リーグレベルの大学生の場合はダッシュ時の速度が7 m/秒以上であるが、Jリーグの選手の場合は8 m/秒程度になる事<sup>3)</sup>、これだけの速度差があればボールの支配力が大きく異なる事を述べていた<sup>2)</sup>。つまり、この研究の要旨は、サッカー選手の試合中の時々刻々の速度と移動距離を測定することに大きな意義があるという事である。

一方、この方法の弱点として、1試合で一人の測定しかできない事、装置はともかく測定用の訓練された操作員が2名必要となる事が議論されていた<sup>2)</sup>。更に、彼らは触れていなかったが、操作員の技量によってはデータの品質が低下する事も挙げられる。

さて、時々刻々の速度と移動距離ならば、我々のMBITで求める事ができる可能性がある。そして、一試合で全プレー選手のデータを測定する事ができる。また、実戦に即した練習がどの程度、体力的に実戦を再現しているか、或いは、個々の選手の能力評価やトレーニングの度合いの確認にも使用する事ができる。

このようにして、研究を競技成績に結びつける為の道が見えてきた。勿論、現状の最大速度時速 15 km (4.3 m/秒) の2倍強の速度まで測定するには、M-BITのハードウェアや解析方法の更なる改良が必要かも知れない。また、M-BITで測定できる自律神経活動の挙動は、選手としてのメンタル面の問題を探るツールになるかも知れない等、他の展開につながるかも知れない。これらの解決を目指して、本年度からは、学生たちの協力の下、私の講義中にはM-BITを装着させ、“測定体験+そのデータを使用しての背景知識や周辺領域の説明”を基軸に講義を組み立てる事にした。

### 3. ウォーキング、ジョギング、ランニング、ダッシュ

今年度、初回の講義の時間は体育館でウォーキング、ジョギング、ランニング、ダッシュを行った。ウォーキングからランニングまでは皆で一緒に行い、それから数名ずつ体育館の端から端までのダッシュを数本行った。歩行解析プログラムによるランニング終了までの移動距離は皆ほぼ等しく、この速度までは学生達にも我々の測定<sup>1)</sup>が適用可能である事が再確認できた。

ダッシュ時の最高速度を図1に示す。縦軸は速度、横軸はピッチ。ピッチとは1秒間に何歩進むかを表す。図1中、ピッチ4.2の所に縦に(つまり速度の違い)4つのデータが並んでいるが、これは一歩あたりの進む距離の差を示す。走るという事は前方へのジャンプの繰り返しであるから、脚長の差、脚の開き角度の差の他に、ジャンプ力の差もこの一歩あたりの進む距離の相違の要因として考える必要がある。ピッチ4.2の一番下のデータは私のデータである。ピッチが私より小さなデータは、力を抜いて走った可能性も考える必要がある。

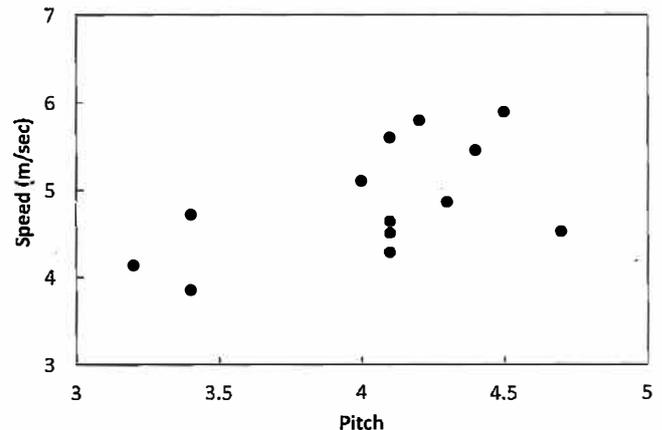


図1 全力ダッシュをさせた際の最高速度とピッチの関係

図1では、全てのデータが速度7 m/秒以下になっているが、この値が正しいか否かに関しては、測定装置の検出限界、加速度データの波形及び速度の算出方法等全ての観点から吟味している最中である。これらの確認後、まず、試合形式の練習等に使用してみたいと考えている。

### 4. ライバルとなる可能性がある機器

我々のシステム以外に、時々刻々の速度と移動距離を測定できる機器として現在存在するのは、ランニング愛好者の為に開発された「F-RUN」(F-RUN社、<http://www.f-run.com/>)と心肺トレーニングの為の機器であるアディダス社の「マイコーチ」の2つである。我々も、この2つの機器を購入して比較検討して来た。

「F-RUN」はGPSを使用して時々刻々の速度、移動距離、高度変化を測定できる腕時計型の距離計である。測定値はディスプレイに表示されるし、後からデータをパソコンに転送してグラフとして表示できる。更に、その際にGoogle Earthを使用して、航空写真上に走行経路を描画して、写真データを得ることもできる。旅行記等の記録を作成したり、印象的なプレゼンテーション資料を作成するには非常に効果的な装置である。

しかしながら、以下の様な弱点もある。

- 1) 速度変化をシャープに追跡できない。
- 2) GPSとの通信確立に結構手間がかかり、時々、切断されて測定データがとんだりする。
- 3) 誤データの場合がある。

速度が激しく変化する場合や確実に正しいデータを測定する必要がある場合には、不向きの様である。

「マイコーチ」は、靴のレースの部分にシューセンサーを、腹部にベルト型の心電センサーを装着し、さらに胸元に本体を装着する。シューセンサーが加速度を使用して速度と移動距離を求めますが、その詳細は判らない。現在の目的に限っていえば、装着すべきものが多い、そして比較測定の結果、速度と移動距離の精度が悪い、という弱点を持っている。特にサッカーの場合、靴のレースにシューセンサーを装着するのは、問題かと思う。

5. 講義の時の学生たちの自律神経活動

2年生と3年生という2つのグループを対象に、同じ内容を違う条件下で講義してみた。内容は、これまで述べてきた内容である。参考文献2)と1)の内容を紹介し、前節で述べたライバルたちとの比較議論をし、その後、彼ら自身の測定結果を説明した。

2年生にとって、私は全く新しい、しかも海外調査から帰ったばかりの先生である。講義の内容も、彼らには全く新しい関心のある内容であった。プロジェクターを使用せずに、明るい部屋で、皆を前に集めて、私のパソコンのディスプレイを見せながら、話をした。彼らは熱心に聞いてくれた。

3年生にとって、私は良く知った先生である。話す内容の半分くらいは既知の事であった。いつもの部屋を暗くして、プロジェクターを使って話をした。彼らはいつもの席に座っていた。私がみているので、勿論眠りはしないが、眠そうな態度で聞いていた。

講義後に回収した M-BIT のデータから求めた副交

感神経活動の指標の平均値 (PSNS Act., 横軸) と交感神経活動の指標の平均値 (SNS Act., 縦軸) を図2に示す<sup>4)</sup>。PSNS Act. はリラクスの度合いを示す。値が大きいほどリラクスの度合いが大きい訳であるが、大きすぎると眠気を催している可能性もある。一方、SNS Act. は緊張の度合いや集中の度合いを示す。

図2のデータの分布挙動を見ると、PSNS Act. が大きく SNS Act. が小さい右下の領域と、PSNS Act. が小さく SNS Act. 大きい左上の領域に別れる。右下の領域に分布するデータは主に3年生のものであり、左上の領域には2年生のものが多い。

2年生の多くは熱心に、3年生の半分近くはかなりリラックスして (或いは眠たげに) 聞いていた事は間違いない。リラックスなのか眠いのかを判定する為には、被験者達の睡眠時のデータを測定する必要がある。

6. 試験の際の自律神経活動

次の週には、数学と力学の初歩に関する試験を行った。彼らが真面目にこのテストに取り組めば、彼らにメンタルストレスを加えた事になる。

試験時の PSNS Act. と SNS Act. の分布を図2に加えたものを図3に示す。講義中のものに比較して分布が小さくなり、PSNS Act. が小さく、SNS Act. は大き目の領域にデータが集中している。学生達皆が、ある程度緊張していた事を意味する。彼らは真面目にテストに取り組んでいた訳である。

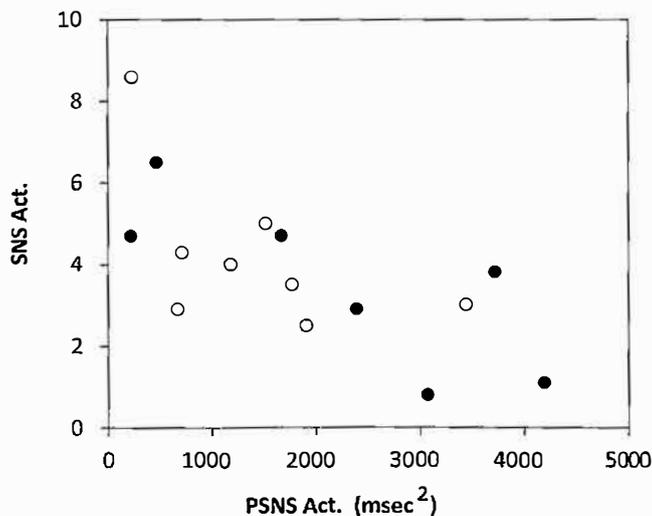


図2 講義を受けている学生達の自律神経活動  
○: 2年生, ●: 3年生

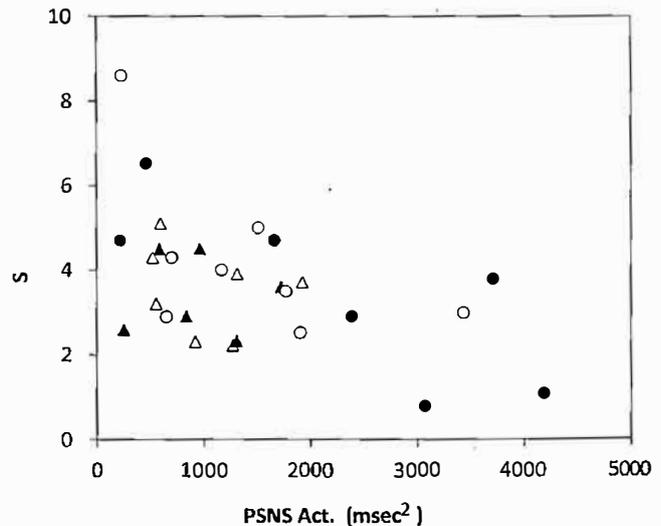


図3 講義中と試験中の学生達の自律神経活動  
○: 2年生講義中, ●: 3年生講義中, △: 2年生試験中, ▲: 3年生試験中

表1 安静時心拍数と全力ダッシュをした際の心拍数変化

被験者番号	年齢(歳)	最高心拍数	安静時心拍数	運動時心拍数	%HRMax	運動後安静時心拍数	前後の安静時心拍数差
3_1	20	200	45	130	54.8	49	4
3_2	20	200	51	120	46.3	49	-2
3_3	20	200	46	120	48.1	47	1
3_6	20	200	62	150	63.8	68	6
3_7	20	200	50	140	60.0	60	10
3_8	20	200	50	117	44.7	48	-2
3_9	20	200	60	150	64.3	85	25
2_2	19	201	48	120	47.1	56	8
2_3	19	201	62	120	41.7	61	-1
2_4	19	201	51	135	56.0	56	5
S	54	166	76	138	68.9	94	18

### 7. 安静時と運動時の心拍数及び運動終了後のリカバリー挙動

安静時と運動時及び運動終了後の心拍数の測定を行った。

まず、学生たちを10数分間横になった姿勢で安静にさせ、その後、ウォーキングとジョギングでウォームアップさせた後、全力ダッシュを各自3本行った。その後は、また10数分間横たわり、安静にさせた。M-BITのデータの解析結果より、運動前の安静時の平均的心拍数を「安静時心拍数」、運動時のピーク心拍数を「運動時心拍数」、運動後の安静時心拍数、最高心拍数=220-年齢として計算した%HRMax及び前後安静時心拍数差を表1にまとめている。

一般に鍛錬されたスポーツマンの安静時平均心拍数は50、非トレーニング者は75とされている。また、スポーツマンの場合、同じ運動強度でも%HRMaxは小さく、また運動終了後は速やかに元の安静時心拍数に戻るとされている。最後の被験者Sは私である。この観点で表1の結果を眺めると、さすがに鍛えているなと思う学生も多いが、安静時心拍数はともかく、その他のものでは私に近い数値のものもいるのは問題である。怪我等によりトレーニングをしない時期が続くと、持久力が低下するのであろう。この面からも、怪我をしない為の体の構造の知識、力学の知識、および十分なストレッチングに関する知識と実践が必要かと思う。

### 8. 今後の予定

今後はM-BITによる測定のみでなく、他の装置の組み合わせ等も考えたいと思う。

現在実施中或いは予定している調査研究の主なものは以下の通り。

- 1) メタバインによる安静時と運動時の呼吸量、呼吸回数、呼気中の酸素濃度、消費エネルギーの測定及び歩行速度との関係把握。
- 2) 歩行時・ランニング時のフォームを相互にビデオで撮影し、フォームと加速度波形の関係を議論する。
- 3) 音楽や声援がメンタルなパワーを引き出し、競技成績等物理的な結果にも影響を及ぼす事は多々知られているが、我々が好む音楽と学生達が好む音楽には開きがある。我々が好む音楽は彼らにどういう影響を与えるか、また彼らが好む音楽は我々にどう影響を与えるか、いろいろと確認してみたいと思う。
- 4) ラジオ体操やWiiによる運動ゲーム等の運動効果の評価。

### 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) 宮城 修, 山下則之, 大橋二郎: Jリーグ選手の体力と試合中の動きについて. バイオメカニクス研究3: 125-131, 1999.
- 4) 白水重憲, 片山宗哲, 白水陽久: 自律神経活動の1週間の測定テスト. 全面発達の展開1: 197-202, 2011.