

## Research of How to Use of Exercise Activity and Intensity with 1Hz GPS and Heart Rate Memory on Physical Education and Sports for Children

メタデータ	言語: jpn 出版者: 公開日: 2019-05-10 キーワード (Ja): キーワード (En): 作成者: 橋詰, ゆり, 長津, 恒輝, 三林, 良馬, 杉山, 康司 メールアドレス: 所属:
URL	<a href="https://doi.org/10.14945/00026501">https://doi.org/10.14945/00026501</a>

【論文】

## 1 Hz GPS および HR メモリー計を用いた活動量および運動強度からみる 保健体育授業/運動遊びへの効果的活用に関する研究

○橋詰 ゆり<sup>1</sup> 長津 恒輝<sup>2</sup> 三林 良馬<sup>3</sup> 杉山 康司<sup>4</sup>

1. 愛知教育大学大学院・静岡大学大学院教育学研究科共同教科開発学専攻

2. 静岡大学大学院教育学研究科

3. NASYU 株式会社

4. 静岡大学教育学領域

### 要約

本研究は1HzGPSとHRメモリー計を装着してダッシュやストップ、ターンなどの運動を行い、得られた移動距離、移動速度および運動強度から、これらの測定装置について小学生以下の子供を対象とした体育授業/運動遊びにおける活用方法について検討することを目的とした。運動経験のある成人6名を被験者とし、先行研究を参考に、速度や走行方法（ストレート、ジグザグ）を12種類、20分間行った。GPSによる位置情報、HR、ビデオカメラによる行動記録を測定した。実験の結果、1HzGPSは5mの短距離かつ方向転換を伴う運動時において移動速度増加に伴い測定精度の低下がみられた。各運動においてCVは総運動距離が短いほど高く、同じ運動中における速度が速いほど高くなる傾向を示した。また、HR変化と加速度の絶対値を比較したところ、加速度絶対値が上昇するとHR上昇が起り、加速度絶対値の低下に伴いHRも低下する傾向がみられた。これらの結果から、成人より走速度および方向転換スキルの低い児童においては1HzGPSでも、身体活動量および方向転換スキルの習得レベル評価に十分活用可能であると示唆された。

### キーワード

1HzGPS, HRメモリー計, 方向転換スキル評価

### I. 諸言

これまで運動中の走行距離や走行軌跡などの分析は、VTR法 (Catterall et al., 1993, Duthie et al., 2003) や筆記法 (大橋, 2007, 小林ら, 1996, 渡辺ら, 1993), 三角測量法を応用した高速移動解析システムを用いた方法 (大橋, 1992, 久保田ら, 2009) などにより行われてきた。これらの研究方法は多大な時間と労力を必要とするだけでなく、リアルタイムでデータを得ることが不可能であるなどの問題を抱え (山本ら, 2003), 一般的な指導場面での導入は困難と考えられる。

一方、サッカー試合中継などにおいて示される、走行距離や走行速度などのデータは、スタジアム上部に設置された複数のカメラからフィールド上の全ての動きを補足・解析し、リアルタイムで示している。これにより、走行距離や走行速度などから選手の運動量を測定し、疲労度を踏まえた指導や戦術の再構築が可能である。こうしたデータは運動指導において、戦術およびトレーニングを考える上で重要な情報源ではあるが、環境、機器、ソフトにおける経済面を考慮すると、特別な競技レベルにしか用いることができないという課題がある。

そこで、近年注目されているのが Global Positioning System (GPS)である。GPSは、データを即座にフィード

バックでき、比較的短時間、低コストで分析可能である。最近では、屋外スポーツの研究にGPSの使用が試みられており、ラグビーやサッカーのレフェリー、特にフットボールに関する研究が注目を集めている。エリートフットボール選手を対象とした研究 (Wisbey et al., 2009) や、南アフリカのU-19ラグビー選手を対象とした研究 (Venter et al., 2011) など、先行研究の多くは、トップレベルのアスリートが対象とされている。また、近年の先行研究 (Aughey & Cameron 2010, Venter et al., 2011, Daniel J. Cunningham et al., 2016, Gimenez et al., 2017) に使用されているGPSは、感度が5Hz以上あり、分析ソフトや補助装置の併用により測定感度を高めることで、移動速度の速い運動や複雑な動きを捕捉している。これらの機器は研究に非常に有用であるが、前述のビデオカメラ同様、経済面において、一般的な指導場面での導入はまだ困難である。現時点において市場に出回っており、比較的指導者が手に入れやすいGPSといえば、1Hz測定精度である。1HzGPSはウォーキングやサイクリングなど、移動速度が比較的遅いまたは一定であり、複雑な動きの少ない運動に用いられている。そのため、走行距離や走行軌跡などの研究で用いられる機会は少ない。さらに、HRと移動速度を測定した研究 (Barbero et

al., 2008, Catterall et al., 1993) はみられるが, HR 変動と速度変化を関連付けた報告はみあたらない。移動速度が大人より遅い子供において, 1HzGPS をその運動評価へ利用できる可能性は残されている。

特に, 小学生の男児 38.8%, 女児 57.3%が学校体育以外に運動をしていない(静岡県教育委員会, 2016) ため, 子供の体力維持向上を考えるには, 学校体育において活動量を確保するための方策を詳細に検討する必要がある。体育授業において多くの学級では, ボールゲームおよびゴール型ゲームとしてサッカーやバスケットボールに類似した運動を行っている。子供の体力の二極化が課題となっている中で, 特にゲーム領域では求める動きづくりにも差があると考えられる。体育授業におけるゴール型球技中の運動強度に関する研究(森, 2017, 田中ら, 2010) では, 歩数計や HR メモリー計を用いて推定運動量を求めている。この方法は, 授業中の運動量を推定することができるが, 実際の運動量との検討はなされていない。また, ダッシュやストップを繰り返すような運動において, 運動速度と身体負荷の関係を明らかにする必要がある。小学生の走速度や反復横跳びからみる方向転換スキルをふまえると, GPS で補足できると考えられる。しかし, どのレベルの GPS が子供たちの動きづくり指導に有用な装置となるかは検討されていない。個人の活動量や運動強度の測定に, 安価な 1HzGPS が有用であるならば, 学校の体育授業やアマチュアレベルの運動指導において広く活用が期待できる。1HzGPS が子供たちの動きづくり指導に有用な装置となるか検討するには, まず, 動きを正確にコントロールし再現できる成人を対象とした規定コースの実験を通して知見を得ることから始める必要がある。

そこで, 本研究は運動経験のある成人を対象に, 1HzGPS と HR メモリー計を装着し, ダッシュやストップ, ターンなどの動作を含む規定コースでの運動を実施し, 得られた移動距離, 移動速度および HR から 1HzGPS の活用方法について検討することを目的とした。

## II. 方法

### (1) 被験者

被験者はフットワークトレーニングを行う運動部(バスケットボール, サッカー, テニス) 所属経験のある成人 6 名とした(表 1)。被験者の内 2 名がサッカーの熟練者であり, 定期的にトレーニングを行っていた。被験者全員に予め実験の意図および方法を, 口頭および書面で説明し, インフォームドコンセントを得た。

### (2) 実験手順

#### 1) 位置情報感度調査

ポラール G3GPS センサー W.I.N.D(1Hz で速度, 距離, 位置を測定) を用いて測定を行った。180m の実測距離に

表 1. 被験者身体的特徴.

被験者	性別	年齢	身長	体重	BMI
		歳	cm	kg	
a	M	22	178.6	73.3	23.0
b	F	21	160.2	51.4	20.0
c	F	21	171.5	60.0	20.4
d	F	22	168.2	60.9	21.5
e	M	22	178.2	75.6	23.8
f	M	22	183.0	72.2	21.6
平均		22	173.3	65.6	21.7
SD		1	8.3	9.6	1.5

対し, GPS 測定距離は 1 回目 179.5m, 2 回目 179.6m と感度良好な S 大学陸上競技場を測定場所に選定した。

### 2) 実験概要

運動は, 先行研究(Rampinini et al., 2007) を参考に, 速度や走行方法(ストレート, ジグザグ) を 12 種類, 20 分間行った。GPS による位置情報, 心拍数(HR メモリー計: Polar), ビデオカメラによる行動記録を測定した。

### 3) プロトコル

1 周 372m(図 1) の運動を 3 周 1 セットとし, インターバル 5 秒で 2 セット(計 6 周, 20 分間) 行った。実際に行った運動を表 2 に示した。運動は先行研究(Rampinini et al., 2007) を参考に 0-11.7m/分(ストップ:S), 11.7-120.0m/分(ウォーキング:W), 120.0-240.0m/分(ジョギング:J), 240.0-330.0m/分(ランニング:R), >330.0m/分(ダッシュ:D) の 5 種類の速度を含むものとし, 各運動速度の出現率がストップ(S) 4%, ウォーキング(W) 62%, ジョギング(J) 27%, ランニング(R) 5%, ダッシュ(D) 2%となるように設定した。

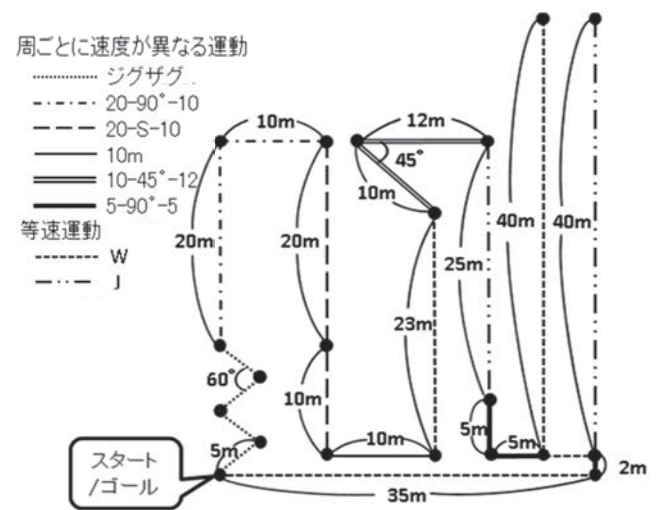


図 1. 実験コース.

### 4) 測定項目

#### ①位置情報

ポラール G3GPS センサー W.I.N.D (POLAR 社製)

を安全ピンで帽子に固定し、各被験者に装着し、運動中の速度および位置情報を測定した。運動後、得られた速度および位置情報をポラール ProTrainer5TM によりパーソナルコンピューターに取り込んだ。その後、xy の平面座標に変換するため、取りこんだ GPX 形式データ (東経, 北緯) を表計算ソフト上で十進法に変換した。さらに、国土地理院のデータ (<http://vldb.gsi.go.jp/sokuchi/surveycalc/>) より、静岡市の位置付近において北緯 1 秒あたり y=30.817m, 東経 1 秒あたり x=25.370m として距離座標を設定し、xy 軸平面における位置情報を換算し、データ保存した。

②VTR 速度

ビデオカメラで撮影した映像をビデオ編集ソフト (Windows ムービーメーカー) に取り込み、映像から各区間の平均速度について分析を行った。コーン間の移動時間を 30 コマ/秒で数え、実測距離とコマ数より VTR による平均速度 (VTR 速度) を分速 (m/分) で求めた。本実験ではカメラ 1 台を使用し、一方向からの映像を用いて VTR 速度を算出したため、カメラに対し水平方向に近い運動 (23W および 25J に加え、20-S-10 より 20mD および 20mR) のみを抜き出し分析した。

③心拍数

被験者は胸部に WearLink+W.I.N.D トランニングスマッター (POLAR 社製) を、左手首にポラール W.I.N.D センサー (RS800CXTM:POLAR 社製) を装着し、運動中の HR (1 秒間隔) および R-R 間隔時間 (サンプリング周波数 1kHz) を測定した。運動後、得られた HR, R-R 間隔時間をパーソナルコンピューターに TXT ファイルとして取り込み、表計算ソフト (エクセル: マイクロソフト社) を用いて分析した。

④安静時心拍数

被験者は起床直後、耳朶に HR 測定器 (CATEYE ハートビートカウンター PL-6000) を装着し、臥位安静心拍数を 3 分間測定し、その平均値を記録した。3 日間の平均

値を安静時心拍数として採用した。

(3) 分析方法

1) 移動距離

得られた位置情報よりピタゴラスの定理を用いて移動距離を算出した。なお、GPS の測定精度を鑑み、24m/分以下の移動距離は 0m とした。実測距離から GPS 測定距離を差し引き、さらに実測距離で割ることで実測距離および GPS 速度の差を相対値で示し、各運動において差の比較を行った。また、GPS 測定距離の変動係数 (CV) を求め、各運動による比較を行った。さらに、先行研究 (Duthie et al., 2003) に従い、算出した移動距離の評価を good (CV<5%), moderate (CV=5%–10%), poor (CV>10%) で行った。

2) GPS 速度, VTR 速度および GPS 加速度

秒速で得られた移動距離を分速に換算して GPS 速度とした。速度測定の正確性を検証するため、映像から算出した VTR 速度を基準とし、GPS 速度との比較を行った。得られた VTR 速度および GPS 速度の散布図を求め、両者の相関係数を求めた。加速度は、スタート地点を 0 とし、得られた移動距離より直前の移動距離を差し引いて算出した。

3) %HR reserve (%HRR) からみた運動強度

Karvonen 法 (Swain et al., 2009) から %HRR を算出し、全体および周の運動強度を求めた。

4) HR と GPS 速度および加速度からみた運動強度

HR メモリー計より得られた HR 変化と GPS 速度変化を比較した。また、加速度については、GPS より得られた加速度の絶対値と HR 変化との比較を行い、両者の相関係数を求めた。さらに、加速度の絶対値を累積し、HR 変化と比較した。なお、各周終了後のインターバル時 (速度 0m/分, 加速度 0m/分となる時間) に累積をリセットした。

(4) 統計処理

被験者における各種パラメータの代表値は、平均値±SD で示した。移動距離の比較には反復測定分散分析を行

表 2. 運動パターン.

パターン	運動内容	総距離	1日目	2日目	3日目
ジグザグ	5m→60度方向変換のジグザグ	20m	DJ	J	W
20-90°-10	20m→90度方向変換→10m	30m	DR-W	R-W	J-W
20-S-10	20m→ストップ→10m	30m	D-W	R-J	D-J
10-45°-12	10m→45度方向変換→12m	22m	J-D	W-R	J-R
5-90°-5	5m→90度方向変換→5m	10m	W-R	J-D	J-R
10m	10mの直線	10m	R	D	R
5W	5mの直線歩行	5m	W	W	W
23W	23mの直線歩行	23m	W	W	W
2-90°-35W	2m→90度方向変換→35mの歩行	37m	W	W	W
40-180°-40W	40m→180度方向変換→40mの歩行	80m	W	W	W
25J	25mの直線ジョギング	25m	J	J	J
40-180°-40J	40m→180度方向変換→40mのジョギング	80m	J	J	J

い、有意差が認められた場合には post-hoc 検定を Fisher の PLSD 法で行った。VTR 速度と GPS 速度および運動強度の比較にはピアソンの相関分析を行った。いずれも有意水準は 5%未満とし、\* : P<0.05, \*\* : P<0.01, \*\*\* : P<0.001 で示した。

III. 結果

(1) 移動距離

全被験者の総移動距離は 2162.4±27.2m (CV=1.3%) であり、実測距離 2232m に対し平均 69.6m の誤差を示した。また、全被験者の 1 周平均は 360.4±4.5m (CV=0.9±0.4%) であった。各周間に有意差は認められなかったが (図 2A), 被験者間において a と f に対し, b, c, d および e に有意に短い距離が認められた (図 2B: P<0.01/P<0.001)。

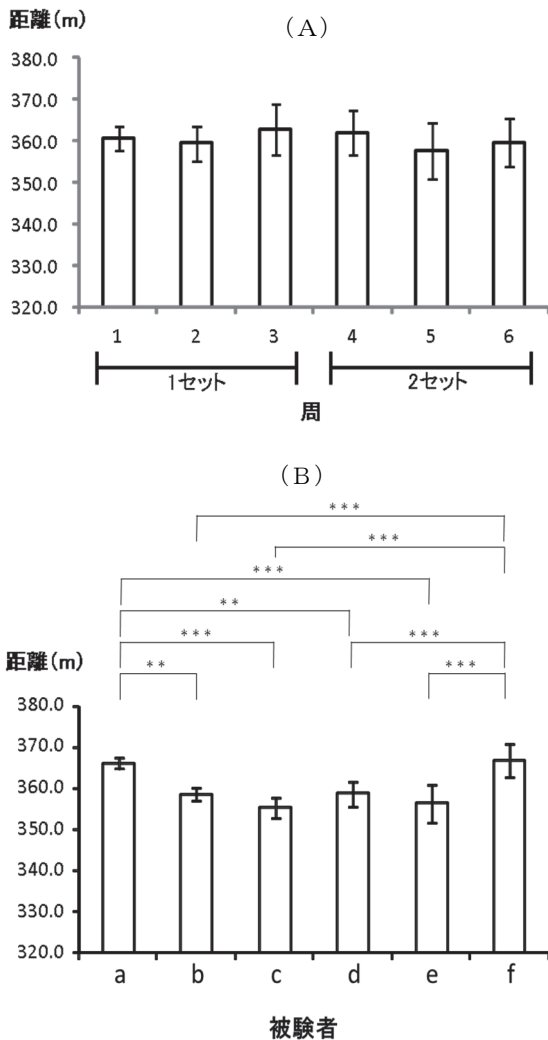


図 2. (A)1 周平均移動距離, (B)被験者ごと平均移動距離. \*\* は P<0.01, \*\*\*は P<0.001 を示す

実測距離と GPS 測定距離との差が最も大きかった運動はジグザグ (-16.9±8.7%), 次いで 10-45° -12 (-15.9±2.3%) であり、最も小さかったのは 2-90° -35W (-0.1±1.3%) であった (図 3)。先行研究 (Duthie et al., 2003) を参考に、算出した移動距離の評価を表 3 に示した。周ごとに速度が異なる運動の実測距離と GPS 測定距離を速度別に比較したところ、速度による有意差は認められなかった。周ごとに速度が異なる運動の CV を速度別に比較したところ、ジグザグの J (10.2±5.9%) と W (2.5±1.8%) および 20-90° -10 の DR-W (4.6±1.7%) と J-W (1.2±1.1%) 間に有意差 (P<0.01) が認められた。

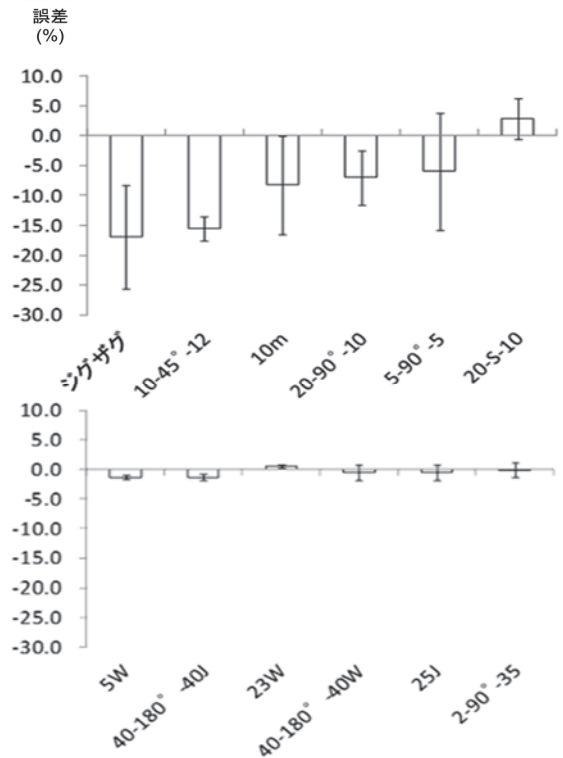


図 3. 各種運動における実測距離と測定距離との誤差%. W: ウォーキング, J: ジョギングを示す.

表 3. 各運動における CV 評価.

評価	パターン	総距離 (m)	CV±SD (%)
good	40-180° -40W	80m	1.4 ± 0.2
	40-180° -40J	80m	1.9 ± 0.5
	2-90° -35W	37m	1.9 ± 0.5
	20-S-10	30m	3.5 ± 1.0
	20-90° -10	30m	4.9 ± 1.0
	23W	23m	4.9 ± 2.2
moderate	25J	25m	4.9 ± 2.4
	10-45° -12	22m	6.4 ± 2.2
poor	5-90° -5	10m	8.2 ± 3.8
	10m	10m	10.8 ± 0.9
	ジグザグ	20m	11.6 ± 2.1
	5W	5m	13.8 ± 3.7

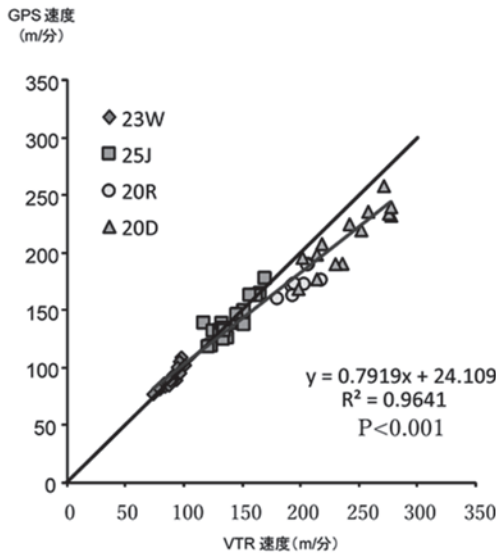


図 4. VTR 速度と GPS 速度との相関。

(2) VTR 速度と GPS 速度比較

VTR 速度と GPS 速度において高い相関 ( $R^2=0.9641$ ,  $P<0.001$ ) を示した (図 4)。また、ウォーキングおよびジョギングは VTR 速度と GPS 速度が一致した場合の直線上にほぼ一致するが、ランニングおよびダッシュは VTR 速度より GPS 速度が遅くなる傾向を示した。この直線回帰と誤差 0 となる基準線 ( $y=x$ ) の交点は 115.8m/分であった。

(3) %HRR

全体の平均運動強度は  $57.0 \pm 11.8\%$  であった。周ごとの平均は、1 周目:  $53.4 \pm 12.2\%$ , 2 周目:  $56.3 \pm 11.1\%$ , 3 周目:  $54.7 \pm 11.5\%$ , 4 周目:  $60.8 \pm 11.6\%$ , 5 周目:  $59.7 \pm 11.6\%$ , 6 周目:  $57.1 \pm 10.8\%$  であり、周間の有意差は認められなかった。

(4) HR 変動と速度および加速度

HR 変動と速度変化から、運動開始から徐々に HR が上昇し、速度変化から遅れて HR の変動が生じている様子が観察された (図 5 (A))。また、HR 変動と加速度の絶対値とを比較したところ、HR の変動に加速度の絶対値変化が近似する可能性がみられた。さらに、HR および加速度の絶対値より、累積加速度上昇に一定のタイムラグを生じながら、同期するように HR が上昇する様子がみられた (図 5 (B))。

IV. 考察

本研究における VTR 速度と GPS 速度は高い相関 ( $R^2=0.9641$ ,  $P<0.001$ ) を示した。特に W において極めて高い測定精度を示し、J では多少ばらつきがあるが、平均的に高い精度を示した。今回抽出したような直線距離での速度測定には高い相関が認められたが、方向転換を伴う運動時には、実際の運動速度よりさらに GPS 速度が遅くなることが確認された。本研究における VTR 速度

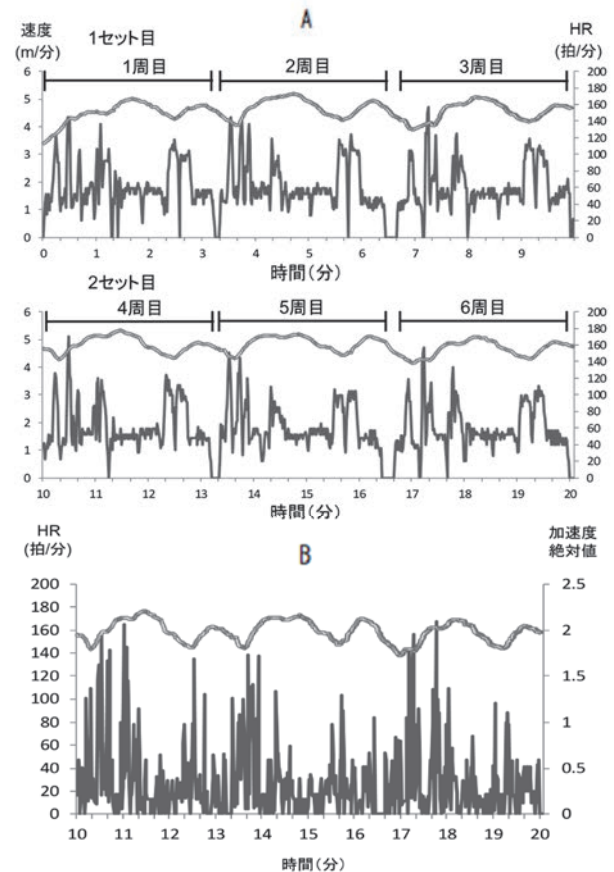


図 5. 被験者 (d) における (A) 各セットの HR 変動および速度変化, (B) HR 変動および加速度の絶対値。 — は加速度, 〓 は HR を示す。

は一方方向からの映像を用いて算出したため、VTR 速度においても、速度が速いほど誤差が生じている可能性もある。したがって、方向転換を伴う複雑な運動や、高速運動時における GPS 速度の評価には注意が必要であるが、直線運動時における W および J 時の速度測定精度は信頼性が高いことが示された。

本研究により GPS から得られた全被験者の総移動距離は、実測距離 2232m に対し  $2162.4 \pm 27.2m$  ( $CV=1.3\%$ ) であり、1 周平均は実測距離 372m に対し  $360.4 \pm 4.5m$  ( $CV=0.9\%$ ) であった。1HzGPS による測定距離は実測距離より約 3%短かった。1Hz 測定精度であるため、1 秒間にどのような方向転換があったとしても、1 秒未満の運動は捉えることができず、1 秒前の地点から直線運動と捉える。したがって、移動が高速になるほど正確な測定は難しいと予想されたが、本研究より、115m/分までは誤差なく動きを判別できることが示された。最も急激な 180 度の方向転換をする場合でも、比較的長い距離で単発的に起こるのであれば実測距離との差は少ないといえる。これらのことから、本研究で行ったジグザグのように短い距離で何度も方向転換を繰り返す運動や  $10-45^\circ -12$  のように鋭角な方向転換を伴う運動距離は 1HzGPS で測定す

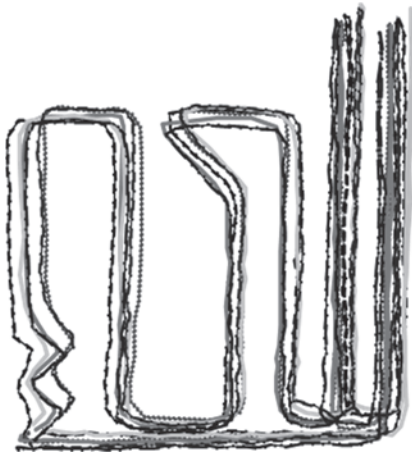


図 6. 被験者 (d) における全走行軌跡. (3 周 2 セット)

る場合に、動き前後のスピードが差を生み出すものと考えられる。実際、走行軌跡をみると (図 6)、被験者の走行方法 (直線、ジグザグ、ターン) を判別することができる。ゲーム形式の運動中に、どのような走行をしたのか、ピッチのどの位置で多くプレーしたのかなどの情報を得るには十分活用可能であり、子供の動きづくり指導/評価に生かせるのではないかと考えられる。

小学生の走速度を調査した研究 (八木ら, 1982) は、小学校低学年男女の 30m 走の平均速度は 1 年生が男子  $5.14 \pm 0.344\text{m/秒}$ 、女子  $4.86 \pm 0.389\text{m/秒}$ 、2 年生が男子  $5.70 \pm 0.423\text{m/秒}$ 、女子  $5.24 \pm 0.353\text{m/秒}$  と報告している。研究当時の被験者は、現在の子供よりも体力水準が高かったことをふまえると、現代の子供たちの速度は同等もしくは遅いため、その多くを網羅できると考えられる。幼児を対象にした研究 (宮崎ら, 2010) の 25m 走タイムから平均速度を算出すると、幼稚園年長 3 月が  $6.63 \pm 0.45$  秒、小学校 1 年 3 月が  $6.07 \pm 0.43$  秒であった。これらの報告から、小学校低学年児童の走速度は、本研究における J および R 速度であり、1HzGPS でも高い測定精度が期待される。

100m 走全国大会出場レベルの小学校 6 年生において、100m 走中の 10m ごと算出した最高速度は男子  $8.59\text{m/秒}$ 、女子  $7.96\text{m/秒}$  (加藤ら, 2002) である。このトップレベル走能力をもつ児童の最高速度は、本研究の D に分類される速度であり、測定精度が低下する可能性もある。トップスピード持続時間の長いリレー運動やサッカーおよびバスケットボールなどのクラブに所属し、高い方向転換スキルをもつ高学年児童の運動においては、1HzGPS では限界があり、より高い測定精度、5Hz 以上の GPS が必要なのかもしれない。しかし、走能力が比較的高い高学年児童においても、本研究の CV および VTR 速度と GPS 速度の結果を考慮して用いることで、1 HzGPS 活用が期待できる。例えば、ゲーム形式での活動量測定や休み時間の運動遊びを対象にする場合、トップ

レベルの児童においても D 速度での移動時間は短いことが予想される。そのため、運動全体の評価や速度別の評価をすることができる。また、決められたコースを一定の速度で走行する持久走において、移動速度と移動距離、心拍応答のデータは、指導/評価に非常に価値がある。小学生の持久走では、しばしばゴール直前にダッシュしたりダッシュとウォーキングを繰り返したりする姿がみられるが、GPS を用いることでこうした速度変化も捉えることができ、HR 変動と併せてみることでより科学的な助言および指導が可能になるに違いない。このように、対象となる運動の速度や動きの特性に留意すれば、高学年の児童に対しても 1HzGPS は活用可能性があると考えられる。先行研究で示されている速度は直走路での最高速度であることや体力トップレベルの児童を対象にする場合であり、一般的な児童の方向転換スキルおよび体力レベルをふまえると、本研究よりも著しく測定精度が低下することは少ないと考えられる。子供の体力向上に向けた方策について検討するうえで特に重要となるのは、低体力の子供たちであり、当然その移動速度はトップレベル児童より遅い。また、方向転換スキルについて子供の体力の現状をみると、反復横跳びの全国平均値は小学校男子 1 年生  $28.13 \pm 5.34$  点、4 年生  $39.66 \pm 7.32$  点、6 年生  $46.70 \pm 6.28$  点である (スポーツ庁, 2017)。反復横跳びは、20 秒間に 100cm を移動し、両端で切り返すため、切り返し回数は、得点の半分と考えることができる。つまり、小学校男子が 20 秒間に切り返し回数は、1 年生 14.07 回、4 年生 19.83 回、6 年生 23.35 回となる。さらに 1 回の切り返し運動にかかる時間を求めると、1 年生は 1.42 秒、4 年生でも 1.01 秒であった。この切り返しにかかる時間は、1HzGPS でも高い精度で捕捉可能な速度といえる。このことから、鬼ごっこなどの運動遊びにみられる不規則な子供の走運動評価には、1HzGPS 活用が可能であると考えられる。低体力児童に着目すると、6 年生における平均の  $-1\text{SD}$  は、4 年生と同等のスコアであり、6 年生低体力児童の切り返し速度は、4 年生平均と同等であると考えられる。本研究で得られた結果や先行研究で示される児童の走速度および反復横跳びの全国平均値から、低体力児童の運動は多くの学年において、1HzGPS で補足できる。今後、低体力児童の研究に GPS を使用していく中で、走速度や方向転換スキルの習熟段階を明らかにし、1HzGPS を活用していきたい。

一方、本研究では、正確な動きを再現できる運動経験豊富な成人を対象としたが、個人差も観察された。1 周平均移動距離の各周間においては有意差が認められず、被験者間に有意差が認められた要因は、被験者の方向転換方法の違いによるものだと考えられる。ビデオ観察を行った結果、 $90^\circ$  方向転換時および  $180^\circ$  方向転換時におけるコーンのまわり方に被験者間で違いがみられた。各

被験者におけるコーンの外側を回った回数は a が 22 回, b が 18 回, c が 3 回, d が 6 回, e が 1 回, f が 16 回であった。加えて, 外側を回った回数の多い b はコーンの極めて近いコース取りで通過していたが a, d および f はコーンから 60 cm 以上離れたコース取りで曲線を描くように移動している様子が観察された。本来, コーンの回り方を統一する必要があったが, 本研究では統一できなかった。したがって, 方向転換方法の違いより, コーンを大きく回った回数の多い被験者 a および f は, 他の被験者よりも有意に移動距離が長い結果になったと考えられる。つまり, 本研究で得られた個人差は, GPS の精度によって生じたというより, 各被験者のコース取りに影響されたと考えの方が妥当ではないだろうか。このことは, 1HzGPS は個人の動きの特徴を捉えることができるほどの精度として活用できることを意味している。この結果は, これまで評価が難しかった「多様な動きをつくる運動 (第 1 学年及び第 2 学年, 第 3 学年及び第 4 学年)」、「体の動きを高める運動 (第 5 学年及び第 6 学年)」(文部科学省, 2008, 2018) に関し, GPS を活用することで, 習得段階評価が可能となり得ることを示している。加えて, ゲーム形式の活動や鬼ごっこ, 休み時間の運動遊びなど, 決められたコースのない状況下においても, 対象の動きの特徴を捉え, 運動量や質を評価することもできるのではないかと期待される。

CV に着目すると, 評価 good が 7 種目, moderate が 2 種目, poor が 3 種目となり, 総距離が長いほど CV が小さい傾向を示した。今回の測定における 10m, 5-90°-5 および 5W という運動は, 距離が短いことに加え, 前述の通りコーンのまわり方の統一がなされていなかったため CV が高くなったと考えられる。また, 各種周ごとに速度が異なる運動における CV より, 方向転換を伴う運動は速度が速い運動ほど CV が高くなる傾向を示した。Jennings et al. (2010) は 1Hz と 5Hz の GPS を用いて, 10m, 20m, 40m の直線運動時の GPS 測定精度の信頼性を検証し, 1Hz, 5Hz とともに最も信頼性が高かったのが 40m のウォーキング時 (誤差  $9.6 \pm 2.0\%$ ,  $9.8 \pm 2.0\%$ ) で, 最も低かったのが 10m のスプリント (誤差  $32.4 \pm 6.9\%$ ,  $30.9 \pm 5.8\%$ ) であると示した。彼らは, GPS 測定精度の信頼性は距離が長くなるほど高まり, 速度が速くなるほど低下すると考え, 1Hz 測定限界を示した。本研究の結果もまた, 傾向は一致していると考えられる。しかし, 彼らより測定精度は高く, 本研究の GPS の信頼性が高いことがうかがわれる。前述した児童の走速度, 体育授業中のダッシュ持続時間および高速運動の出現率から, 児童測定時にはさらに精度が高まると考えられる。

ところで, 本研究の目的は, 1HzGPS および HR メモリー計の保健体育授業/運動遊びへの活用可能性を探ることであった。GPS は, 測定環境によってその精度に差

が生じるため, 事前に感度調査を行い, 測定場所を決定することが必要である。本研究では事前調査で GPS 感度が良好である S 大学陸上競技場を測定場所としたため, 得られた結果は本目的を達成するに十分な結果の収集ができたものと思われる。GPS 使用には, 周囲に衛星からの測位情報の妨げとなる建物などが少ない見通しの良い場所が適している。学校のグラウンドは, この条件を満たしている場所が多く, 本研究と同様に事前調査で測位の感度を確認する手順を踏めば, 小学校でのグラウンドでも精度の高い情報を十分に追えることができると思われる。また, 児童のための研究ではあるが動きを正確にコントロールし再現できる成人をあえて対象とし実験を行った。児童への活用において測定中の誤操作についても今後のために準備が必要であった。そのため, 本研究では GPS を安全ピンで帽子に固定し, 各被験者に装着する方法を用い, 多くの誤操作を防止する方法を試みた。GPS センサーそのものが小型化されている今日では装着方法に工夫を加えることで小柄な児童生徒においても, 十分に測定が可能となる。

一方, 金銭面と時間的負荷については学校体育で活用する上で今後考慮しなければならないところである。静岡県式 35 人学級を採用している県下小学校においても, 学級人数分の GPS を購入するとすると現実的ではない。GPS のデータは, すべて時刻と紐づいているので, いつ, 誰が装着していたかを明らかにしておけば, 45 分の授業の中で, 1 台の GPS で複数児童の測定が可能である。本研究同様, 着脱が容易な方法を工夫することで, 限られた台数でも, 評価対象の運動をする時に, 評価対象児童が GPS を装着する活用ができるであろう。比較的安価な 1HzGPS は測定方法を工夫すれば, 金銭的にも実用可能性が高いと考えられる。

本研究は HR を同時に測定し, 先行研究で行われてきた運動強度とこれらの活動量について検討することも研究の目的である。そこで, GPS センサーによる測定と運動強度との関係を見ると, %HRR から, 本実験の運動強度は  $57.0 \pm 11.8\%$  と, 決して高くはない強度であった。%HRR による運動強度では HR を平均化するため, その運動内容を有酸素運動レベルでしかみることができないのが欠点でもある。また, HR はエネルギーの総量をみる時の重要なパラメータであるが, 様々な速度での運動が複雑に組み合わさった間欠性運動では, 運動中の HR 変動が必ずしもその運動強度を反映しているとは限らない。本研究で, HR 変動と速度変化を同時にみると, 速度変化から遅れて HR の変動が生じている様子が観察され, 1 セット目および 2 セット目の HR 変動, 速度変化とともに同様の変化を示した (図 5 参照)。しかし, やはり HR 変動のみからは減速時に生じるエネルギーを示すことができない。例えば, R 速度から徐々に速度を減速する



場合と R 速度から急激にストップする場合にはエネルギー消費が異なることを考慮しなければならないからである。そこで、HR 変動と同時に加速度の絶対値を比較したところ、加速度絶対値が上昇後、HR 上昇が起こり、加速度絶対値の増加が止まると HR は低下する傾向がみられた。さらに、加速度絶対値を累積し、HR 変動と比較すると、あるタイムラグを示しながら累積加速度の上昇に同期するように HR 上昇がみられた。これらの結果から、運動時エネルギー消費量の測定において、HR と同時に加速度の利用もまた、より詳細なエネルギー供給系寄与率を算出できる知見として考えられる。子供たちの好む運動遊びを考慮すると、持続的運動よりも間欠的運動（おにごっこ、けんけんぱなど）が動きの大半を占める。小学生期には、体力や運動経験の個人差も大きく、フットワーク習熟レベルおよび心肺機能の発達にも大きな差があると考えられ、動きの質の評価と併せて HR 測定を行うことで、運動強度をより詳細に評価することができ、授業改善や子供の体力向上に重要な知見が得られるはずだ。

近年、子供の体力を考える上で休み時間の身体活動が注目されている。佐藤 (2012) は、休み時間における身体活動の測定には、加速度計や直接観察が多く用いられているが、こういった方法では身体活動の実際の内容は評価できないといった欠点を指摘した上で、複数の方法を合わせて身体活動を評価し、その正確性を高めた研究が求められると述べている。このような背景をふまえると、1HzGPS と HR メモリー計の活用は、児童を対象とした休み時間の身体活動推進および体力向上に向け対策を講じる上で有益な情報を得る手段の一つとしても活用可能性があると考えられる。

## V. 結語

本研究では、1HzGPS と HR メモリー計の体育授業/運動遊びへの活用可能性について検討した。1HzGPS は、5m の短距離かつ方向転換を伴う運動において移動速度増加に伴い測定精度低下するが、大人よりも走速度の遅い低学年または低体力児童においては、高い精度で測定が期待される。GPS と HR メモリー計を同時に用いることで、運動の質を細分化し、より詳細なエネルギー供給寄与率を導き出す可能性が示唆された。1HzGPS と HR メモリー計の同時測定は、ゲーム形式の体育授業や休み時間の運動遊びなどの間欠的運動時における個人の活動量および身体負荷測定に活用でき、低学年または低体力児童の運動指導/評価において有用である。

## 参考文献

- ・ Catterall C, T Reilly, G Atkinson, A coldwells (1993): Analysis of the work rates and heart rates of association football referees. *Br J Sp Med*, 27(3):193-196
- ・ Duthie G, D Pyne, S Hooper (2003): The reliability of video based time motion analysis. *J Hum Movement Stud*, 44: 259-272
- ・ 大橋信行(2007):女子ラクロスの基礎的研究—その2 審判員の移動距離について—. *東京経営短期大学紀要*, 15: 33-42
- ・ 小林久幸, 瀬戸進, 宮村茂紀, 村川健一, 小幡真一郎(1996): 女子サッカーにおける2級女子審判の主審及びボールの移動距離と判定に関する研究. *日本体育学会会誌*, 47: 489
- ・ 渡辺貢二, 斉藤照夫, 吉田宏一, 中村光男, 大橋信行, 清田寛, 芦原正紀, 井野場静代(1993): 女子サッカー選手の体格と体力に関する研究. *日本体育学会会誌*, 44(B): 731
- ・ 大橋二郎(1992): サッカープレイヤーのゲーム中における移動スピードのレベルと頻度およびインターバルタイム. *日本体育学会会誌*, 43(B): 733
- ・ 久保田洋一, 青葉幸洋, 吉村雅文, 勝俣康之, 宮森隆行(2009): サッカー選手の試合中の生理学応答について—異なるレベルの試合における総移動距離・移動スピードに着目して—. *順天堂スポーツ健康科学研究*, 14: 225-230
- ・ 山本博男, 近岡守, 黒木宏康, 藪野秀一郎, 石井崇之 (2003): 携帯型 GPS を利用したサッカー及びラグビーのレフェリー移動距離. *金沢大学教育学部紀要 (自然科学編)*, 52: 7-1
- ・ Wisbey B, PG Montgomery, DB Pyne, B Rattray (2009): Quantifying movement demands of AFL football using GPS tracking. *J Sci Med Sport*, 13(5): 531-536
- ・ Venter R. E, E. Opperman, S. Opperman (2011): The use of global positioning system (GPS) tracking devices to assess movement demands and impacts in under-19 rugby union match play. *AJPHRD, Recreation and Dance*, 17(1): 1-8
- ・ Cunningham DJ, Shearer DA, Drawer S, Pollard B, Eager R, Taylor N, Cook CJ, Kilduff LP(2016): Movement demands of elite under-20s and senior international rugby union players. *PLoS One*. 2016; 11(11): e0164990. Published online 2016 Nov 8. doi: 10.1371/journal.pone.0164990
- ・ Gimenez JV, Del-Coso J, Leicht AS, Gomez MA(2017): Comparison of the movement patterns between small- and large-side games training and competition in professional soccer players. *J Sports Med Phys Fitness*. 2017 Jun 8. doi: 10.23736/S0022-

- 4707.17.07343-1. [Epub ahead of print]
- Aughey Robert J, Cameron Falloon (2010): Real-time versus post-game GPS data in team sport. *J Sci Med Sport*, 13: 348-349
  - Barbero-Álvarez José C, Maite Gómez López, Verónica Barbero Álvarez, Juan Granda, Carlo Castagna (2008): Heart rate and activity profile for young female soccer players. *J Hum Sport Exerc*, 3 (2) : 1-11
  - 静岡県教育委員会 (2014) 平成 26 年度本県児童生徒の体格・体力の現状: 78-85
  - 森悟 (2017) :体力向上を目指す保健体育授業についての教育実践研究ーゴール型の球技授業における学習者の活動量評価と活動パターンの関係ー. 東海学園大学教育研究紀要, 2, (1) :35-45
  - 田中譲, 後藤幸弘(2010):課題解決的学習における運動量の確保に関する研究ー高学年児童のサッカーの授業を対象にしてー. 日本教科教育学会誌, 32, (4) :1-10
  - Rampinini E, AJ Coutts, C Castagna, R Sassi, FM Impellizzeri (2007): Variation in top level soccer match performance. *Int J Sports Med*, 28: 1018-1024
  - Swain David P, Brian C Leutholtz (2009): Exercise prescription - A case study approach to the ACSM guidelines - Second edition, 坂本静男監訳: 運動処方 ケーススタディでみる ACSN ガイドライン, 牧田茂訳: 呼吸循環系フィットネスのための運動処方. ナップ, 東京: 40-42
  - 八木規夫, 水谷四郎, 脇田裕久, 長井健二 (1982) :「児童の走能力に関する研究」第 1 報 低学年児童について. 三重大学教育学部研究紀要, 33, 自然科学:133-142
  - 宮崎彰吾, 加藤達郎, 山田洋, 小河原慶太, 植村隆志 (2010) :幼児の走運動におけるピッチと歩幅の変化. バイオメカニズム学会誌, Vol.34, No.4, 312-316
  - 加藤謙一, 佐藤里枝, 内原登志子, 杉田正明, 小林寛道, 岡野進 (2002) :小学生スプリンターにおける短距離走の適正距離の検討. 体育学研究, 47:231-241
  - スポーツ庁 (2017) 体力・運動能力調査/平成 28 年度
  - Jennings D, S Cormack, AJ Coutts, L Boyd, RJ Aughey (2010): The validity and reliability of GPS units for measuring distance in team sport specific running patterns. *Int J Sports Physiol Perform*, 5:328-341
  - 文部科学省 (2008) 小学校学習指導要領解説体育編
  - 文部科学省 (2018) 小学校学習指導要領解説体育編
  - 佐藤舞, 石井香織, 柴田愛, 岡浩一郎 (2012) :学校の休み時間における児童の身体活動推進に関する研究の動向. 体力科学, 61, (2) :157-167
- 【連絡先 橋詰 ゆり  
tanigawa.yuri.18@shizuoka.ac.jp】

## **Research of How to Use of Exercise Activity and Intensity with 1Hz GPS and Heart Rate Memory on Physical Education and Sports for Children.**

Yuri HASHIZUME<sup>1</sup>, Koki NAGATSU<sup>2</sup>,  
Ryoma MITSUBAYASHI<sup>3</sup> and Koji SUGIYAMA<sup>4</sup>

<sup>1</sup> Cooperative Doctoral Course in Subject Development in the Graduate School of Education, Aichi University of Education & Shizuoka University, <sup>2</sup> Graduate School of Education, Shizuoka University,

<sup>3</sup> NASYU Corporation, <sup>4</sup> Academic Institute College of Education, Shizuoka University

### **ABSTRACT**

This study was carried out to describe exercises, such as a sprint, a stop, and a turn while wearing a 1HzGPS and heart rate memory as well as, the resulting movement distance, and from the moving speed and exercise intensity, and subject to the following elementary school students about these measurement device physical education. This study was aimed to examine methods of utilization in lessons and exercise play. Six adults with exercise experience were used as subjects and 12 speeds and running methods (straight, zigzag) were performed for 20 minutes, with reference to previous studies. With position information by GPS, heart rate were measured and action was recorded by the video camera. As a result of the experiment, the 1Hz GPS sensor showed a decrease in measurement accuracy as the movement speed increased at the short distance of 5 m and movement accompanied by direction change. In each exercise, the CV showed a tendency to be higher with shorter total exercise distance and to become higher with higher speed during the same exercise. In addition, when heart rate change and absolute value of acceleration were compared, as the absolute acceleration increased, the heart rate increased, and the heart rate also tended to decrease as the absolute value of the acceleration decreased. Considering the running speed, endurance, and turning skill seen in children's exercise play, 1Hz GPS is considered to be useful for improving lessons and providing guidance concerning physical education and athletic play of children in the lower grades. Furthermore, by measuring the heart rate at the same time as the quality of exercise, it was suggested that the amount of physical activity and the acquisition level could be appropriately evaluated, and the contribution rate of more detailed energy supply system could be calculated for each stage of development.

### **Keywords**

1HzGPS, HR, Turn Skill