

スマートデバイスを活用したランニングの接地動作検出を目指す測定システム構築に関する研究

代表研究者 田村 孝洋 中村学園大学 教育学部 助教
共同研究者 松田 亮 広島経済大学 経済学部 助教
共同研究者 出納 正樹 株式会社はなと屋 代表取締役

緒言

ランニングにおいて、タイムはランナーのパフォーマンスを評価するための最も身近で手軽に測定できる指標である。それは性別や、子どもから大人に至るまでの年齢、趣味のアマチュアからプロのトップアスリートに至るまでの競技力に関わらず、さらには国という枠をも超えて共通する唯一の絶対的指標であるからだとと言える。そして、多くのランナーは自らのタイムについて可能な限りの良い変化を期待し、それぞれの目標タイムに到達することを一つの大きなテーマとしている。

そもそもランナーが他者とのパフォーマンスの比較や評価の手段としてタイムを認識できるようになるにはタイムを正確に測定する必要がある、1896年第1回アテネオリンピックにおいてストップウォッチによるタイム測定が初めて導入された。1912年第5回ストックホルムオリンピックではアメリカのドナルド・リップニコットが100m走において10.6sを記録し、国際陸上競技連盟によって公認された最初の世界記録となった。これ以後、タイムはランニングにおける最も重要なパフォーマンスの評価基準であり、同時にパフォーマンス向上を実現するための重要な分析対象になったと言える。ランニングの中でも、特に陸上競技のスプリント種目では、このタイムを基準としてスピード、ピッチ、ストライドが疾走動作の詳細なパフォーマンスの指標として分析されている。

連盟(2011)による100m走における科学的分析の結果を参考に作成したものであり、1991年カール・ルイスが樹立した当時の世界記録9.86sと、2008年ウサイン・ボルトが樹立した現在の世界記録9.58sの比較である。このような科学的分析はビデオカメラを用いた映像分析によるものが主であるが、【撮影→映像分析】の過程において多大な時間が必要となるためランニング直後には分析データを得ることはできず即時フィードバックが困難である。また、一部の限られたアスリートのみが分析対象者となりやすく、分析データの利用が一般ランナーにまで普及しにくいことが課題であると指摘できる。

表1 100m走のパフォーマンス分析比較

世界陸上競技選手権 選手名		東京大会		ベルリン大会	
		カール・ルイス		ウサイン・ボルト	
タイム	[s]	9.86	<	9.58	
総ステップ	[steps]	43	<	40.92	
ピッチ	[step/s]	4.35	>	4.27	
ストライド	[m/step]	2.33	<	2.44	
スピード	[m/s]	10.14	<	10.44	

表1は日本陸上競技連盟(1994)と国際陸上競技

こうした課題に対して、近年ではコンピューター・ネットワークなどの発達によってビッグデータやIoTを活用する第4次産業革命とも言われる社会の情報化が急速に進展する中でスポーツにおけるICT[情報通信技術]の積極的な導入が求められており、ランニングにおいても疾走動作を簡便且つ正確に分析する測定システムの開発の必要性があると考えられる。そこで、本研究では携帯型多機能端末であるスマートデバイスの機能を活用した新たなランニング測定システムの構築を試みることにした。スポーツにおけるICT活用は、従来の運動スキル獲得の過程が運動者や指導者の漠然とした運動感覚[主観]に委ねられて重視されるという課題に対して、運動結果を客観的な数値に表すことによって科学的分析が可能となり運動パフォーマンス向上に役立つことが期待できる。ICTを用いない指導場面では運動感覚をオノマトペ[擬態語]を用いて伝えることが多く、プロ野球読売巨人軍の長嶋茂雄終身名誉監督のバッティング指導は、『球がこうスッと来るだろ。そこをグウーッと構えて腰をガッとする』『シャーツときてググッとになったらシュッと振ってバーンだ』と、まさにオノマトペを凝縮した主観的なものであったようだ。オノマトペを用いた指導効果について、藤野ら(2005)は、言葉では言い表せない複雑な動作内容や微妙なニュアンスを表現できる長所がある一方で、動作内容の表現が曖昧で解りにくい短所があることを指摘している。本研究ではスポーツ場面での曖昧さや主観的になりやすいといった課題解決を図るために、運動の基本であるランニングについて3軸加速度センサや無線通信機能を用いたICTによる測定システムの構築を目指し、ランニング動作の即時データ化や客観的評価の可能性について検証することを目的とした。

方法

2-1 対象者

対象者は大学陸上競技部に所属する大学生 8 名 [内訳:男子 6 名 女子 2 名]とし、身体的特徴については表 2 に示した。対象者には本実験の主旨と内容、また、その危険性について十分な説明をした上で実験参加の同意を得た。尚、これらは中村学園大学の倫理審査委員会の承認のもと実施した。

表 2 対象者の身体的特徴

		対象者[n=8]
年齢	[years]	20.38±0.92
身長	[cm]	171.71±6.44
体重	[kg]	63.15±9.66

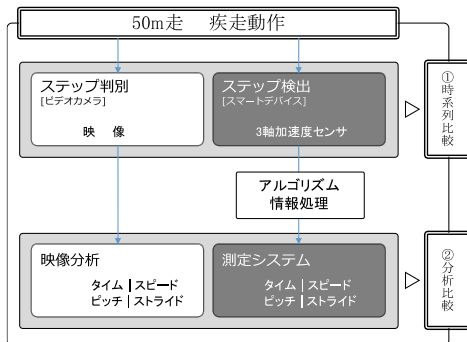


図 1 実験プロトコル

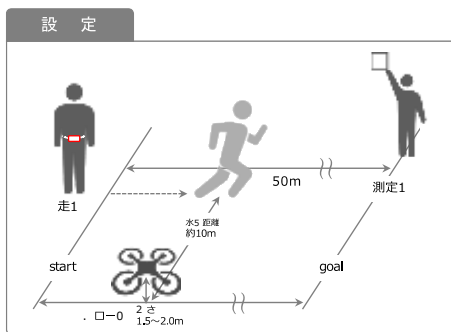


図 2 実験設定



図 3 実験用機器

2-2 実験方法

対象者は大学グラウンドの全天候型直走路を利用してスタンディングスタートからの 50m 走を実施した。実験プロトコルと実験設定は図 1、図 2 の通りであり、スタートピストルの閃光から走者のトルソーがゴールラインを越えるまでの疾走動作をドローン 1 機に搭載されたデジタルカメラ [120fps、1280×720p、シャッタースピード最大 1/8000s、DJI 社製 Mavic Pro、図 3] を用いて空撮した。走者からドローンまでの水平距離は約 10m、飛行高度は 1.5～2.0m を維持して走者の全身の疾走動作が映像に映るように疾走速度に合わせ、疾走方向に対して右側方から並行移動となるよう機体操作を行った。撮影映像はドローン本体内の microSD に MOV 形式にて保存し PC による映像分析に利用した。

また、走者の身体前腰部にはウエストバッグに入れたスマートデバイス 1 台 [SOMC 社製, Xperia Z5 Compact, OS: Android 6.0.1, 127mm×65mm×8.9mm, 138g, 図 3] を身体に密着するようベルトにて装着し、搭載された 3 軸加速度センサを利用して疾走中における身体重心位置の 3 軸加速度データを測定した。この際、身体の動作面を示す水平面、矢状面、前頭面と 3 軸加速度センサの x、y、z 軸のベクトルは必ずしも一致しなくて良いとした。

実験条件として対象者の疾走速度は走者の主観的努力度に基づいて中強度 [70-80%] でコントロールするよう指示した。

2-3 ランニング測定システムの概要

疾走中のステップを検出する測定システムは、スマートデバイスに搭載されている3軸加速度センサ[x、y、z軸]と無線通信機能を活用した。図4は測定システムの概要であり、測定には走者用1台、測定者用1台の合計2台のスマートデバイスを無線通信機能で接続して同期させ[1]、測定者用スマートデバイスからの手動操作により測定開始と終了のリモートコントロールを可能とした[2]。疾走中における身体重心位置の3軸加速度データは、走者の腰部前方に固定したスマートデバイスの3軸加速度センサにて測定し、サンプリング周波数は125Hzとした[3]。

この際に取得するx、y、z軸の生データは、ハイパスフィルターによって前後・左右・上下方向と身体の向きとのずれを補正する必要がないように重力加速度の影響の排除し、ローパスフィルターによって疾走動作以外の不要な微細振動を平滑化・ノイズ除去した上で3軸加速度の分解成分から合成ベクトルの絶対値[以下:3軸合成値]を算出し、スマートデバイス内のメモリにCSV形式の時系列データとして保存した。

疾走中のステップ検出は、この3軸合成値の時系列データをもとに周波数5.0Hz以下をカウント可能範囲とし、5.1Hz以上を除外するよう閾値条件を設定して実行させた後(図5)、アルゴリズムの情報処理[4]によって疾走動作に関わるタイム、スピード、ピッチ、ストライドを算出した[5]。

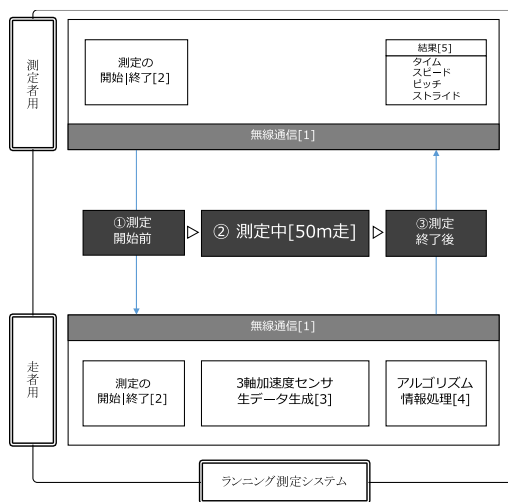


図4 ランニング測定システムの概要

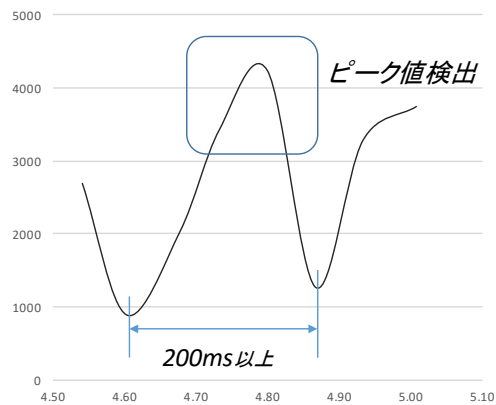


図5 測定システムのステップ検出の概要

2-4 分析方法及びデータ処理

疾走時における分析区間はスタートピストルの閃光から走者がゴールするまでの50mとし、空撮した疾走動作の映像にランニングタイマーを合成して1/100秒単位でタイムを測定した後、測定システム[スマートデバイス]の3軸加速度センサから取得した3軸合成値の時系列データと同期した。そして、映像分析よりステップ毎に接地動作のタイミングを特定し、3軸合成値の波形変化によるステップカウントと比較することで測定システムのステップ検出機能についての整合性を検証した。また、疾走時のタイム、スピード、ピッチ、ストライドといったランニングデータについて、映像分析では50m区間内で足が接地した回数をステップとしてカウントし、タイムと距離の関係より算出した。この映像分析による数値と測定システムから算出した数値を対応のあるt検定を用いて有意差検定を行った。いずれも有意性の判断水準は5%未満とし、統計処理ソフトにはSPSS 22.0を用いた。

結果

3-1 ステップ判別とステップ検出の時系列比較

50m 走の映像と測定システムの時系列データのうち、対象者 A について 1 本分を抽出してふたつのデータを比較した。なお、比較に際して映像分析による対象者 A のタイムは 7.70s、測定システムでのタイムは 7.15s であったため、測定システムの測定開始時刻よりも早いドローンの撮影開始時刻を測定システムのスタート時刻と同期[同調]するように 1 ステップ目の接地を基準に調整した[以下のタイムは測定システムの数値]。

対象者 A の映像をもとにステップ判別を行なった結果、右足接地が奇数ステップとなり総ステップは 25steps であった。図 6 は測定システムの 3 軸合成ベクトルの絶対値:パワー検出に関する時系列データと映像のスタート[0 ステップ]、1 ステップ目[0.28s]、5 ステップ目[1.43s]、9 ステップ目[2.58s]、13 ステップ目[3.69s]、17 ステップ目[4.80s]、21 ステップ目[5.93s]の静止画キャプチャを重ねたものである。測定システムの時系列データについてステップ検出を示す波形のピーク出現は 25 箇所であった。この内、スタート直後 0.13s で現れたパワー検出について、映像との重ね合わせによりスタート姿勢から地面を押したことによるステップを伴わない最初の重心移動を捉えたものであることを確認でき、測定システムの構成においてもステップとして検出しない仕様になっていることからステップ検出のピーク出現は合計 24 箇所であった。したがって、映像のステップ判別 25steps と測定システムのステップ検出 24steps には 1 ステップの測定誤差が存在した。これに関して疾走動作の映像を 1 ステップ毎に確認して 3 軸合成値との整合性を比較した結果、15 ステップ目[4.24s]に該当する 4.0~4.4s 間において 3 軸合成値が他部位のピーク値よりも明らかに低く、前後の波形数値と比較して $3000(m/s^2)^2$ 程度の差があったことからステップとしてカウントされていない可能性が非常に高いことが判明した。

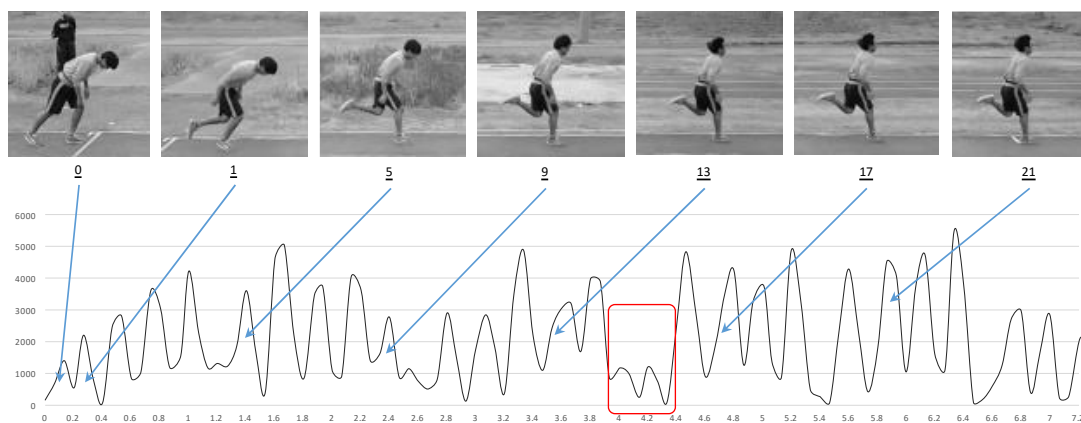


図 6 対象者 A 50m 走の静止画キャプチャと時系列データ

表 3 は図 6 の映像分析と測定システムの時系列データより算出した対象者 A のランニングデータに関する結果一覧である。映像分析は測定後にパソコン等を用いた正確な分析が可能であったことに対して、測定システムは測定の開始と終了が手動のリモートコントロールのため操作が不安定であったことから、項目の算出基準となるタイムが 0.55s 異なった。また、総ステップは映像分析の 25steps に対して測定システムでは 24steps であり、測定誤差が 1 ステップ分確認できた。これらタイムと総ステップはピッチ、ストライド、スピードといった他のランニングデータを算出する上で基準となる数値であり、いずれの項目も測定結果の一致はなかった。

表 3 対象者 A ランニングデータ比較

		映像分析	測定システム
		対象者 A	
タイム	[s]	7.70	7.15
ピッチ	[step/s]	3.25	3.43
ストライド	[m/step]	2.00	2.04
スピード	[m/s]	6.49	6.99
総ステップ	[steps]	25.0	24.0

3-2 タイム、ピッチ、ストライド、スピード、総ステップの分析比較

表 4 は、50m 走について映像と測定システムを用いた際のそれぞれのランニングデータに関する実験結果である。なお、50m 走は 1 名の測定に不備があり分析対象者は 7 名とした。

映像分析では、タイム 8.32±0.86s、ピッチ 3.24±0.19steps/s、ストライド 1.87±0.14m/step、スピード 6.06±0.56m/s、総ステップ 26.9±2.1steps であった。測定システムでは、タイム 7.79±0.89s、ピッチ 3.30±0.16steps/s、ストライド 1.97±0.23m/step、スピード 6.48±0.66m/s、総ステップ 25.4±2.7steps であった。

ランニングデータの要となるタイムの差は映像分析による正確なタイム測定と手動操作による測定システムのリモートコントロールでのタイム測定には差があり、最小値 0.38s、最大値 0.86s、平均値 0.53±0.16s であった。総ステップの差について最小値 0steps、最大値 3steps、平均値 1.1±1.1step であった。図 7 は総ステップと 50m 走タイムの分布を示したものであり、映像分析と測定システムの総ステップが一致した対象者は 2 名であり他 5 名には差が生じていた。内訳は 0step 差が 2 名、1step 差が 3 名、2step 差と 3step 差がそれぞれ 1 名であった。これらの映像と測定システムから得たランニングデータの比較について、タイム、スピード、総ステップには有意差があり [p<0.05]、ピッチ、ストライドに有意差はなかった。

表 4 対象者のランニングデータ比較

		映像分析 n=7	測定システム n=7	有意差
タイム	[s]	8.32±0.86	7.79±0.89	**
ピッチ	[step/s]	3.21±0.19	3.30±0.16	
ストライド	[m/step]	1.89±0.14	1.97±0.23	
スピード	[m/s]	6.06±0.56	6.48±0.66	**
総ステップ	[steps]	26.6±2.1	25.4±2.7	*

** p<0.01, * p<0.05

50m走タイムと総ステップ差

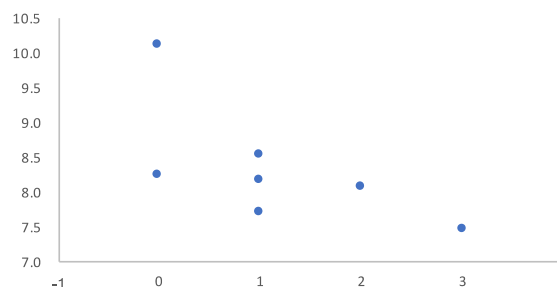


図 7 50m 走タイムと総ステップの散布図

考察

4-1 スマートデバイスに搭載された 3 軸加速度センサの測定精度

本研究の一つ目の目的は、スマートデバイスの 3 軸加速度センサがランニングの接地動作を正しく検知するか否かについて検証することであった。そこで、対象者 A の 50m 走の映像分析と測定システムの結果を抽出して比較したところ、映像分析 25steps に対して測定システム 24steps と 1step 分の測定誤差が判明した。この要因としてタイムを基準に静止画キャプチャと時系列データを重ねたところスタートから約 4.0s 後の 15 ステップ目付近で一定のリズムが途切れている箇所が確認できたことから [図 6]、何らかの不具合が生じていたことが推察できた。図 8 はこのステップの不検出が発生したと考えられる 15 ステップ目と正常に検出されていた 17 ステップ目に相当する部分について静止画キャプチャと時系列データを重ねて拡大したものである。映像では 15 ステップ目に相当する動作は 4.23s に接地して 4.36s に離地し、17 ステップ目に相当する動作は 4.80s に接地して 4.93s に離地していた。それぞれの接地時間は 0.13s で同一であったが正常な 17 ステップ目の測定の場合、接地時のパワーのピーク値は 4000 (m/s²)² を超えていた。さらに、接地から身体重心へ衝撃を受けることによって急激にパワーが増加し離地直前ではパワーが減少していることが読み取れ、このようなパワー増減の繰り返し変化が正常測定時のピーク出現 [波形] だと考えられた。しかし、15 ステップ目に関しては、接地動作、離地動作に連動してパワー増減があるものの 17 ステップ目とは明らかに異なる反応であり波形の示したパワーのピーク値は 1000 (m/s²)² 程度と低値であった。

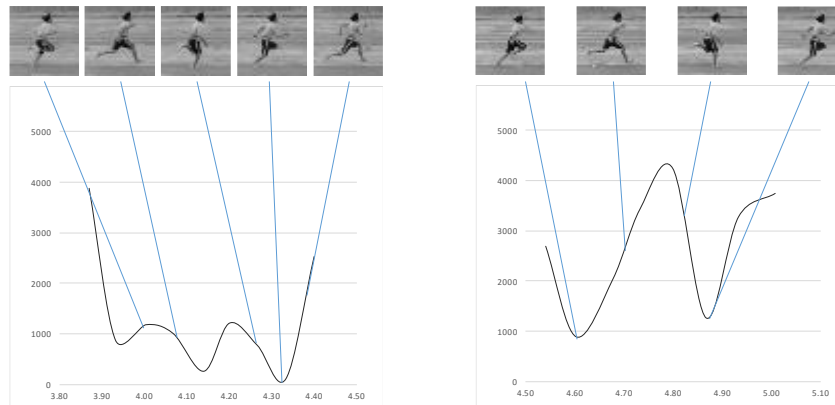


図8 対象者Aの50m走 15ステップ&17ステップの時系列データ比較

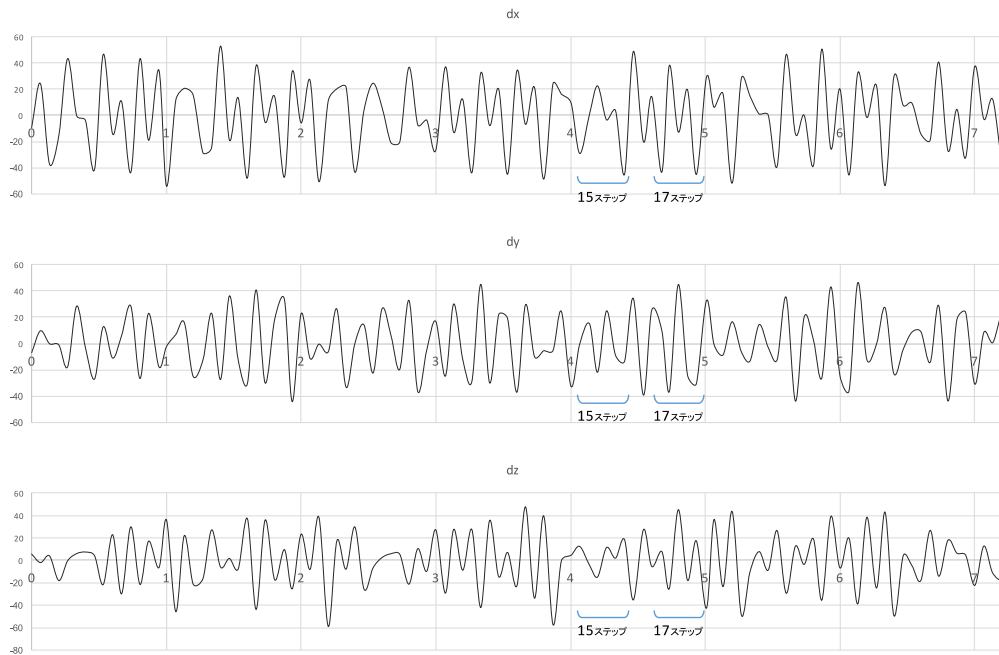


図9 対象者A 50m走のx、y、z軸加速度の時系列データ比較[15ステップ&17ステップ]

そこで、15ステップ目付近でどのような加速度が発生したのか動作変位を分析するためx、y、z軸で測定された加速度の時系列データに着目した[図9]。本研究では測定での使用勝手に配慮し、スマートデバイスの装着方向を考慮しなくて良いよう合成ベクトルを接地動作検出に用いるアルゴリズムを開発した。そのため、対象者Aのスマートデバイスの装着方向について測定後のx、y、z軸の加速度データから推察する必要があり、その上で疾走動作やスマートデバイスの動きについて考察することとした。x軸、y軸の波形には1秒間に3~4Hz程度を刻む特徴が読み取れ、これは対象者Aのピッチ3.43Hzとほぼ一致する数値であることから接地のタイミングと合致する方位[変位]であると考えられた。また、x軸の波形は二峰性の正の加速度を示す特徴があり、福田ら(2004)の地面反力を参考にすると接地時の地面からの突き上げと、離地時特徴から垂直方向[鉛直成分]であると考えられた[正が上方向、負が下方向]。一方、y軸は3~4Hz程度の一定間隔で波形を刻みながら正と負の加速度が現れていることから接地に関わる身体重心の減速と加速であると推

察でき、前後の水平成分の検出であると窺える。特に x 軸の加速度が減速した瞬間の y 軸は一旦負の加速度から正の加速度を示していることから、マイナスが後方、プラスが前方であることがわかる。z 軸は一定の動きが見られず特徴を捉えることができなかったが x 軸、y 軸がそれぞれ鉛直成分と前後の水平成分であることから左右の水平成分であると推察され、疾走動作においては腰の回転動作を反映していると考えられた。そこで、z 軸の時系列データにおいてリズムが乱れている 15 ステップ目に相当する 4.0s 前後の映像のスロー再生やコマ送りを繰り返し腰の回転動作を中心に疾走動作の確認を行ったが急にリズムが変わったような特別な動作変位は見られなかった。そのため、疾走動作以外の他要因に起因している可能性が考えられた。身体に密着するよう装着したウエストバッグの固定が不十分で想定以上に接地の衝撃や身体動作によって不規則に動いたことによる加速度が鉛直成分や前後の水平成分との共振による干渉を発生させ偶発的に合成ベクトル値を低値にしたことが予測できた。対象者 A の加速度を参考にすると左右の水平方向である z 軸の加速度データが不規則であることを除き、前後の水平方向、上下の鉛直方向に対しては正確な加速度データが獲得できていると考えられる。そこで、今後のステップ検出の精度を高めていく改善策をひとつ挙げるならば、3 軸の中から左右の水平成分に対する加速度データを排除した上でステップ検出を行うようなアルゴリズムを用いた方が結果として正確かつ単純にステップを見極めることが可能になるかもしれないと考えられる。

4-2 ランニング測定システムとしての活用

本研究の二つ目の目的は、ランニング時のパフォーマンスを高めるための有効なフィードバックの手段としてスマートデバイスを用いた新たな方法を試すことにある。これに関して一般的なスマートデバイスを活用する利点は、現在ランニングの研究機器として用いられている数十万円から数百万円もする高価なものと比較して数万円で購入できるため、これらより安価で手に入れることができることにある。また、こうしたスマートデバイスの普及率について総務省が発表した情報通信白書（2016）によると 70%を超えており、すでに多くの人々が保有しているものを利用できるという点がある。さらに、150g 前後の軽量かつコンパクトでありながら加速度センサやジャイロセンサ、無線通信機能や画面表示機能を有するなどその汎用性が高いことから今後のアイデアの追加によって改良できる余地が残されており測定機器としての可能性を期待できるためである。

本研究においてスマートデバイスの測定システムによる即時フィードバックの可能性について追求した背景には、従来の映像分析では【撮影→映像分析】の過程において多大な時間が必要で即時フィードバックが困難であるという課題に対して、スマートデバイスの 3 軸加速度センサと無線通信機能を活用した測定システムの開発はランニング結果を即時に数値化し、パフォーマンスの指標として見える化を図ることであった。そこで、スマートデバイスに搭載された 3 軸加速度センサによってランニング時の接地衝撃による身体重心の加速度変化をランニングの接地動作として検出することを試みた。

大学の陸上競技部に所属する男女 8 名を対象者とし、50m 走を実施してその疾走動作をドローンにて空撮し映像分析を行った。この映像分析には時間を要するという課題がある一方でランニングデータの正確性が高いという特徴がある。この正確性を測定システムで即時的に実現できるかどうか、その精度や正確性を映像分析結果と比較して実際の活用に可能かどうかの検証を行った。その結果、映像分析より算出した対象者のタイムは 7.70s から 10.11s までの範囲であり、これに対して測定システムでのタイムは 7.15s から 9.59s までの範囲であったことから映像分析よりもやや良い数値を示した。この要因は機械的検知による計測と人がスタート/ストップを操作する手動計測の違いであり、手動による反応速度の遅れや無反応などがあることは開発当初から予想していた課題でもあった。実際に本研究では 1 名の対象者の測定に関してスマートデバイスの画面上にあるスタートボタンをタッチしたが測定開始がうまくできていなかったという失敗があり 1 名の分析を断念した経緯もある。また、電気計測と手動計測とタイム差について、日本陸上競技連盟（1995）が出版した七十年史によると凡そ+0.20~0.24s が手動計時と電気計時の差であるとして手動計時の方が速いというのが陸上競技のタイムにおける常識にもなっている。さらに講談社/陸上競技社が毎月発行している月刊陸上競技の記録年鑑（2005）を参考にしても手動計時の標準的な換算方法として「200m 以下=+0.24s」で電気計時と対比することが明記してあり、手動計時に+0.20~0.24s プラスしたタイムを電気計時タイムの目安として扱っていることが窺える。しかし、本研究にて測定したタイム差の平均値は $0.53 \pm 0.16s$ であり、測定システムでの誤差は一般的に周知されている数値の約 2 倍を示して予想以上に高値であった。この測定に関して測定者の操作ミスの可能性について、これまでもストップウォッチを使用してランニング時のタ

イムを計測してきた経験は数多く、また、約 0.5s というタイム差を距離に換算した場合に本実験では約 3m となるため目測を誤る距離としては長すぎると言え全ての測定においてミスを生じたとは考えにくい。したがって、0.5s のタイム差のうち 0.2s は必然的に起こる誤差だと想定しても残り 0.3s は手動操作によるスタート/ストップの反応以外に原因があり、それは測定システム上に課題があると考えられた。測定システムは無線通信接続によって 2 台のスマートデバイスを繋げて同期を図っており、このデバイス間の通信で生じたタイムラグが通常の手動操作以上のタイム誤差を生んだ可能性もある。特に誤差を生じやすいのはスタート/ストップの 2 回の通信にあることは容易に予測でき、今回の測定精度を下げる要因がソフトウェアではなくハードウェアにあることも考えられた。

測定精度について、映像分析によるランニングデータは $8.32 \pm 0.86\text{s}$ 、 $3.21 \pm 0.19\text{step/s}$ 、 $1.89 \pm 0.14\text{steps}$ 、 $6.06 \pm 0.56\text{m/s}$ であり、測定システムでは $7.79 \pm 0.89\text{s}$ 、 $3.30 \pm 0.16\text{step/s}$ 、 $1.97 \pm 0.23\text{m/step}$ 、 $6.48 \pm 0.66\text{m/s}$ 、 $25.4 \pm 2.7\text{steps}$ であった。本システムのランニングデータを算出するための要はタイムとステップ検出を正確に測定することが大前提であり、特に 50m 走のような短時間運動でのタイム誤差は大きな影響を及ぼすことは容易に想像がつく。したがって、ランニングデータを表すタイムについて映像分析と測定システムの数値に有意差があったことは今後の大きな課題である。また、総ステップについても有意差があったが、その差の最大値は 3.0steps、平均値は $1.1 \pm 1.1\text{steps}$ 、検出率 $95.6 \pm 4.2\%$ と正確性は決して低くはなく、ピッチ、ストライドに換算した場合の有意差はなかったことから、これまで困難であったランニング動作の即時数値化を可能にした測定精度であり指標として参考にして良い水準にもあることが言えた。しかし、50m 走のようなスプリントを測定する場合、マラソン等の長距離走における測定と比較して 1 ステップあたりの数値の差が大きな測定誤差として現れてしまう可能性があり重要度が高いと言えることから、検出の精度を向上させ正確性をさらに追求していくことがパフォーマンス指標として利用する上で必要であると考えられた。

表 5 タイム差を 0.2s まで改善できた場合のランニングデータ比較

		映像分析 n=7	測定システム n=7
タイム	[s]	8.32 ± 0.86	8.12 ± 0.86
ピッチ	[step/s]	3.24 ± 0.19	3.30 ± 0.16
ストライド	[m/step]	1.87 ± 0.14	1.89 ± 0.21
スピード	[m/s]	6.06 ± 0.56	6.21 ± 0.56
総ステップ	[steps]	26.9 ± 2.1	25.4 ± 2.7

本研究を遂行するにあたって当初の計画ではランニングデータの正確な測定が可能となることを前提にそれらのビッグデータ化を図り、多くのランナーにとってランニングのフィードバックやパフォーマンス向上に役立つ仕組みの構築を目指していた。しかし、ビッグデータ化を進める以前に今回の実験において測定精度に関する 2 つの課題が明らかとなった。特にタイムについて、本研究の映像分析と測定システムにおいて確認したタイム差を一般的な 0.20s まで改善することができた場合を想定するとランニングデータは表 5 のような平均値を示すこととなり、映像分析の正確な数値に近付き実用性が一層高まることが期待できる。

そのためには、現在の手動操作に依存しているスタート・ストップの自動化の仕組みを構築するか、もしくはスマートデバイス 2 台の無線通信機能による同期化で発生しているタイムラグについてさらに詳細な分析を進めて改善を目指していくことを今後の課題とする。

まとめと今後の課題

5-1 スマートデバイスに搭載された 3 軸加速度センサの精度

スマートデバイスの 3 軸加速度センサを利用して 50m 走の時系列データを収集した。映像分析によって対象者 A のステップ判別は 25steps であることが判明したが、測定システムでのステップ検出では 24steps であった。1 ステップ分の測定誤差は 15 ステップ目で発生していた。x、y、z 軸のそれぞれの加速度を分析した結果、身体動作ではない接地の衝撃による共振がパワー減少の原因として考えられた。

5-2 ランニング測定システムの精度

対象者7名のランニングデータであるタイム、ピッチ、ストライド、スピード、総ステップを測定し、映像分析で得た正確な数値と比較した。その結果、タイム、スピード、総ステップには有意差があったが、ピッチ、ストライドには有意差はなかった。有意差が発生した主な要因は手動操作もしくはハードウェアによるタイムの測定誤差に起因するものと考えられ今後の研究課題とする。

【参考文献】

- (1) 阿江通良 藤井範久. スポーツバイオメカニクス 20 講. 朝倉書店. 2002
- (2) 藤野良孝 井上康生 吉川政夫 仁科エミ 山田恒夫. 運動学習のためのスポーツオノマトペデータベース. 日本教育工学会論文誌 29 (Suppl.), 5-8. 2005
- (3) 福田厚治 伊藤章. 最高疾走速度と接地期の身体重心の水平速度の減速・加速. 体育学研究 49 p29-39, 2004
- (4) 月刊陸上競技記録年鑑 ランキング&リザルト. 講談社/陸上競技社, 2005
- (5) 日本陸上競技連盟強化本部バイオメカニクス研究班編. 世界一流陸上競技者の技術. 第3回世界陸上競技選手権大会バイオメカニクス研究班報告書. ベースボール・マガジン社, 1994
- (6) 日本陸上競技連盟七十年史編集委員会/編. 日本陸上競技連盟七十年史. p556-557, 1995
- (7) Rolf Graubner, Eberhard Nixdorf (2011) Biomechanical Analysis of the Sprint and Hurdles Events at the 2009 IAAF World Championships in Athletics. IAAF New Studies in Athletics no26(1/2):19-53.
- (8) 総務省. 平成 28 年度版 情報通信白書
<http://www.soumu.go.jp/johotsusintokei/whitepaper/ja/h28/pdf/n3200000.pdf> (参照:2017/5/11)