

# 集団的ランニングにおける能力開発を支援するウェアネス

## Supporting Awareness for the Community of Joggers

後藤田 中\*<sup>1</sup>   平野 卓次\*<sup>1</sup>   松浦 健二\*<sup>2</sup>   鍋島 豊晶\*<sup>1</sup>   金西 計英\*<sup>2</sup>   矢野 米雄\*<sup>3</sup>  
Naka Gotoda   Takuji Hirano   Kenji Matsuura   Toyoaki Nabeshima   Kazuhide Kanenishi   Yoneo Yano

\*<sup>1</sup>徳島大学大学院 先端技術科学教育部   \*<sup>2</sup>徳島大学 高度情報化基盤センター  
Graduate School of Advanced Technology and Science   Center for Advanced Information Technology

\*<sup>3</sup>徳島大学大学院 ソシオテクノサイエンス研究部  
Institute of Technology and Science, Tokushima University

Jogging is recognized as a popular sports category under the background of heightened health concerns. An opportunity of group training among joggers is increasing around their daily training field. In the past some of existing researches about skill science treat individuals and ideal space for reasons involving some technical constraint. However there is now an increasing possibility that resolve those kinds of constraint through the use of modern sensor devices embedded ad-hoc wireless communication. This paper describes a training-support environment for joggers with mobile sensor network. The system provides awareness information and feedback to joggers using kinetic feature and ambient change from sensors in real time. To investigate characteristic wave form generated by repeats of arm swing during jogging, we conduct some trial use with prototype system, as preliminary step for the group training.

### 1. はじめに

人の体を動かす活動を対象としたスキルサイエンスに注目が集まっている [植野 09]。これには、脳神経系や筋骨格系を含めた身体性情報処理の解明が進んできた研究分野や、ICT を活用した情報処理研究が実世界指向の計測・解析に広がってきている背景がある。一方、現代の社会的背景には健康指向があり、健康増進に関しては法制度を整備するなど、国策としても重点的な領域となっている。また、こうした世情もあって、ランニングを含むジョギングは手軽に始められる運動として、その人口も増加の一途を辿り、いわゆるブームとなっている。例えば、著者らの住む四国では、2008 年度以降、倍増に近い 4 つのフルマラソン大会が創設される等、人気を博している。また、近年の市民マラソンでは、グループとしての参加が目立ち、グループでの参加賞やリレー部門が設定され、これまで個人参加型の運動であったのが、集団のパフォーマンスを競う新たな側面も注目され始めている。

本研究では、このような背景の下、ジョギングを対象とした支援を行う。著者らは既に、ランニング初学者を対象として SNS を活用した新しいランニング支援の枠組みを提案している [後藤田 08a]。初学者は、こうした環境の下で、仲間と相互情報交換しながら楽しんで走るファンランナーとして、一定の継続的活動の展開が期待できる。

これまで、ランニングのような身体活動を伴い、特に移動距離の大きな運動を対象としたリアルタイムな支援を検討する際には、技術的な困難さがあった。例えば、芸術や移動を伴わない運動については、スキルサイエンス分野や HCI 分野等において幾つか研究事例が報告されている [曽我 08][Matsuura 08]。また、小型化されたセンサ [多田 08] や映像解析技術 [後藤田 08b] を用いて、支援や分析が行われるものも見られる。しかし、ランニングのようにながりの距離移動を伴う際には、その電波強

度や通信上の困難さに起因して、著者らが調べている限り、リアルタイムな支援は行われていない。例えば、文献 [野間 01] はリアルタイム性を目指しているが、試作上は一時記録解に留まり、リアルタイムなフィードバックまでは実現されていない。著者らによる先行研究 [後藤田 08a] も、リアルタイム性は主張されない。

しかし、実際のランニングにおいては、環境的要因や運動中の身体変化をリアルタイムに捉え、それらに応じた即時フィードバックが要求される。走っている最中には、外的あるいは内的な変化に気付く難いためである。文献 [後藤田 08a] において、ランニングにも知識習得と実践の両面が必要である事を支援の前提としていたが、これらを実際に走っている最中にリンクさせて体感しながらの訓練を重視する。これにはマルチセンシングが必要であるが、例えば Kern ら [Kern 03] のようなセンサ切替方式では実現できないため、実現には集約された装置が必要である。

本研究では、センサ等を通じて得られるモニタリング情報を基に、ランニングに対して即時的支援を行う環境を提案する。ここで、支援には採用したセンサデバイス SunSPOT\*<sup>1</sup> の外部インタフェースを用いたウェアネス支援機能を開発している。また、既に実現している先行システムでは、個人の能力を集団の中で助長する枠組みの提案であるが、この枠組みを集団としての能力向上に拡張する形で、ランニング集団を支援する方法論を展開する。

### 2. 機能設計

#### 2.1 ランニングにおける対象スキルの検討

ランニングには、ランニング知識として専門家の経験的なノウハウ、あるいは運動生理学からの高度な知見を有するのが望ましいが、専門的な見地のみならず共有化される「コツ」もある。これには一般的な身体スキルと同様に、インストラクタとの相性の問題といった形式化されない側面や、試行錯誤の過

連絡先: 後藤田 中, 徳島大学大学院先端技術科学教育部,  
〒770-8506 徳島県徳島市南常三島町 2-1, Tel. (088)-  
656-9804, gotoda@is.tokushima-u.ac.jp

\*1 <http://jp.sun.com/products/software/sunspot/>

程で得られた個体の適正といった側面の影響もある。

スキルの研究としては、こうしたスキル開発の複雑モデルに対して幾つか知見も示されている。例えば、スキル習得時のスランプの問題 [鈴木 08] や、技能習熟のべき則 [小野 90]、コンベックス型習熟 [吉長 01] などが既に報告されている。しかし、ランニングに関してはこれらの知見がそのまま適応できない。何故なら、ランニングにおいては、訓練の継続性に依存して、その時々で体現できるかどうかが決まされたり、ランニングの環境要因に依存する部分が他のスキルと比較して大きかったりする為である。

ここで、先に述べた運動生理学等による専門的知識を有した高度な実践者もあり、一般にこのような実践者の走行を「スキル・ランニング」と呼ぶ [山際 02]。スキル・ランニングの実践には、知識とその知識に合致した練習が必要とされる。本研究における後述のランニング安定化は、このような知識のうちのフォーム改善 [山地 93] にも貢献する。

また、他者との関係が習熟への訓練時に与えるリアルタイムな影響について、従来の研究において言及されているものは見られない。これは、センサおよびウェアネス支援機能を単一デバイスで実現し難い点や、通信環境の問題に起因していた。本研究では、ランニングを一種のスキルとして捉え、その習熟過程における訓練の方法として集団訓練を取り入れ、その支援システムを設計、提案する。

## 2.2 支援目的とその仕様定義

先に述べたように、集団としてのパフォーマンス向上を目的とする際には、ランナー個々が集団を意識する必要があり、プロセスとして下記のように概ね整理できる。

- (1) 集団の目標設定
- (2) 集団の訓練
- (3) 集団の目標達成評価

本研究で開発するシステムは、このうち (2) を支援するものであり、他のプロセスはその前提や運用条件である。ただし、目標入力と、訓練時のデータ蓄積はそれぞれ支援システムの系に含まれるアクティビティである。集団訓練の前提となる (1) 目標設定においては、時間 (速度) の目標や、走行距離を延ばす目標など、ランニングの支援目的に応じた学習目標の設定が必要である。ここでは、「一定の走行距離を一定時間内に走れるようになること」とする。これは前提として、本研究の支援対象である中級者が、特定の市民マラソン大会等にグループで出場するといった場面において、明示的に意識する具体目標を導く。この目標においては、当該目標を容易に達成できる熟達者ではなく、目標達成が初期には困難なランナーが主な対象となり、スキル・ランニングの実践を目指して、そのボトムアップを図る集団訓練を提案する。

この過程で、ランナーが獲得すべき知識や、意識すべき「コツ」といったものがある。本研究では、先行研究で採り入れた運動強度の安定化を集団訓練に適用する拡張を試みる。運動強度の安定化には、ペースがその要因として非常に密接しており [橋本 95]、心拍など様々な変化として現れる [山崎 06]。すなわち、遅延しがちなランナーに対しては、(機能的) イーブン型の運動を保てるように支援を行う。本研究では、(機能的) イーブン型を判断するために、運動状態のモニタリングを行う。これは、いわば教育におけるミニマムエッセシャルズに相当する。そこで、こうした支援目的と前提を鑑みて、支援要件を整理すると、「集団性」、「移動通信性」、「リアルタイム性」および

「フィードバック性」が必要である。また、支援要件を鑑みたシステムの機能要件としては、下記に整理される。

- (A) マルチセンシング
- (B) ワイヤレス通信
- (C) スキル開発内部モデル
- (D) 視聴覚への働きかけ

まず、(A) マルチセンシングとは、温度・照度といった環境情報や、身体活動の変化といった運動情報の複数同時取得を実現する。また、集団での訓練を前提とした場合には、(B) ランナー同士のワイヤレス移動通信環境が必要であり、特に規則性のないノード配置となるランニングにおいては、アドホック通信によるメッシュネットワークが適する。このような環境の下で、環境情報・運動情報の取得および蓄積を行い、モニタリングする。モニタリングにおいては、(C) 過去の蓄積データや経時変化の特徴抽出により、支援の指針と支援方法を同時に決定する。そのために内部モデルを持ち、モデルと観測データとの間で比較や分析評価を即時に行う。(D) 走行中のリアルタイムな支援を行うためには、ワイヤレスネットワークを活用して、(C) からの出力を無線デバイスに渡す。無線デバイス側では、そこに接続された外部出力装置を経由して、ランナーに伝達する。伝達された結果の反応を継続取得し、上記サイクルを繰り返すことで、ランニング終了までの間、支援を継続する。

## 3. システム開発

### 3.1 ハードウェア設計

前節の議無線センサとして、Sun マイクロシステムズ社製の SunSPOT を用いる。これは、温度・照度による環境情報の取得と、ランナーの加速度を同時に取得するモニタリング装置として利用する。本デバイスは、IEEE802.15.4 のワイヤレスメッシュ通信規格で動作する。このため、データを蓄積するホストを有するランナーまで、経路さえあれば、いかなる経路を経ても接続できる。また、本デバイスは、外部接続用の I/O コネクタがあるため、自由に後述のウェアネス支援機能を開発できる。

なお、集団の中に一人、ペースメーカー的なランナーを作る。本ランナーは、無線のペースステーションを接続した小型 PC (UMPC) を装着する。本 UMPC には、データを蓄積するデータベースとそのフロントアプリケーションを開発し、搭載している。現在、この環境で実装しているが、今後は、携帯キャリア網を通じた遠隔操作や、インターネット接続にも応用する予定である。

### 3.2 モニタリング情報とプランニング

スキル開発の内部モデルを検討する際に、モニタリングして得られる情報と、支援プランニングの指針が必要である。本研究では、支援目的達成の指標として、運動強度の安定化に繋がるモニタリングを行う。具体的には、腕の振り方の変化である。加えて、集団での訓練のメリットには動機付けといった内的側面以外に、ペースメーカーのメリットもある。このため、他者との相対的な関係についても気づくような支援を行う事とする。

支援目的を実装するためには、内部でモニタリング情報を診断する必要がある。そこで、診断時の比較データや参考データを構築しておき、システム側でそれを保持する。具体的には、例えば「腕の振り」に関して特にビギナーは、前後運動から走

行中の疲労等により、左右方向へと傾向する事が知られている [山際 02]。初期においても完全に前後になっている振り方は不自然とされる [山地 93] が、ピギナーは左右方向の振りが大きくなる。これを計測し、変化量が一定値を超えた場合には、腕の運動変化を知らせる

また「接続性」に関しては、IEEE802.15.4 規格の通信は比較的近距离用ではあるが、10~100m 程度をカバーするよう設計されている。勿論実際には、環境条件に依存して、数十 m 程度となる場合が多いが、丁度その程度の距離が集団走行状態を確保するには限界とも言える。そこで、接続性を一定時間測定しながら、一定の連続時間接続性が保てない場合には、先頭ランナーや最後尾のランナーにデバイス自身でウェアネス支援機能を動作させる。この時、2.2 節記載の具体的目標に応じた診断を行う。

### 3.3 視聴覚を通じたウェアネス支援

前節の指針に従い、実際に走行中のランナーに対する実装について述べる。開発しているウェアネス支援機能として、モニタリング情報の分析に基づき、フィードバックを行う際の初期伝達目的 (変化に気付かせるのみであったり、プリセットされた簡易な情報伝達である) と、内容伝達目的 (詳細内容) に応じた実装がある。これらは、その伝達内容の性質によって使い分けを行う。図 1 と図 2 に、開発している事例を示す (図はブレッドボードを用いた接続例であり、実際の走行時の配線や装着とは若干異なる)。以下に実装例について述べる。



図 1: イヤホンジャックの接続例

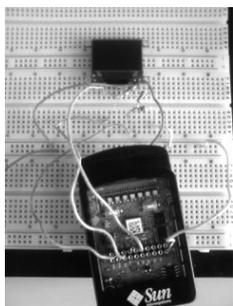


図 2: 超小型有機 EL ディスプレイの接続例

#### (1) イヤホンを通じた音声

現代のランニングにおいては、走行時にイヤホンを装着して走る事も多くなった。これは携帯電話会社各社が、音楽再生機能付き携帯電話をランニングにおいて利用する製品を投入している事やスポーツメーカーと携帯音楽デバイスのプロジェ

クトなどで普及してきた。製品が在庫切れになるほど販売数も多く、したがって現代のイヤホン装着での走行に対する障壁は低くなっている。本研究でも、モノラルイヤホンの装着を可能とした。SunSPOT は Java 言語によるプログラマブルなデバイスであるため、音声出力には Java のオーディオ API を利用する。

#### (2) 8 セグメント 3 色 LED

用いるデバイスには、標準で直列配置された 8 セグメント 3 色 LED が装備されている。そこで、これを用いた視覚的なウェアネス情報を表現する。点滅や色に応じた意味を予めランナーに伝えておく事で、視覚的な簡易情報伝達が可能となる。なお、本 LED については、自身の LED を視認する目的よりも、他者の情報を視認する目的で実装する。

#### (3) 超小型ディスプレイによる映像

先に述べた聴覚・視覚によるウェアネス情報は、表現できる情報の種類が少ない。例えば、音声に関してはプリセットされた音リソースを数種類予め用意できたり、LED についても表現パターンは数種類用意できる程度である。これは出力側の制約もあるが、情報に対して知覚を通じて得る人間側にとっても、複雑すぎる表現パターンには対応できないという理由もある。したがって、より詳細な情報が必要な場合には、有機 EL ディスプレイを利用する。これは予め用意したテンプレートにパラメータを埋め込んで文字表示したり、フルカラーのビット列をデバイス側のアプリケーションから送信するなど、様々な詳細情報を表現できる。

## 4. 予備調査

本研究を進める上で、同様の先行研究が存在しないため、何度か試行錯誤しながら、適正実装を調整した。実測する前のノウハウとして、本稿ではこの試行錯誤の一部について述べる。

### 4.1 加速度センサのデータ取得

同一ランナーの同一試走において、右腕上腕の時系列に即した計測経過を抜粋したものである。計測は、1 秒毎のデータをベースステーション経由で、UMPC の MySQL に直接書き込む方式で測定した。図 3 は、走り始めからの 60 分間程度のデータから、腕振り毎の最大加速度の推移を示したものである。

SunSPOT は、体の外側面に装着しており、X 方向とは SunSPOT の左右方向、Y 方向が同上下方向、Z 方向が同鉛直方向を示す。

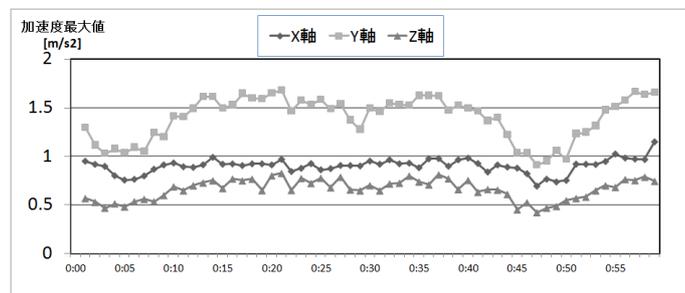


図 3: 腕振り加速度の変化

### 4.2 データからみるウェアネスのタイミングの検討

腕振り時の加速度が与える影響を図 4 に示す。一般的に、全体の加速度が大きくなるほど、手の位置が高くなり、上腕 (肘)

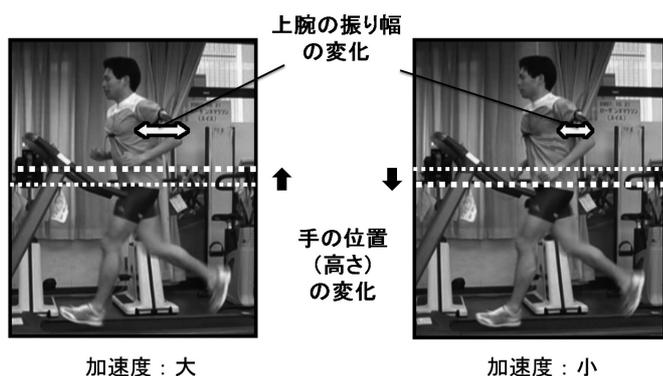


図 4: 腕振り加速度が与える影響

の振り幅が大きくなることが観測された。ただし、アンケートや実際に撮影した映像を確認した結果、運動時間が長くなるほど、このような傾向が見られるが、フォームの安定性やペースそのものには、一概に因果関係は見いだせなかった。図 3 における中盤の Y 軸成分の加速度の落ち込みは、その一例である。ここで、他の成分変化として、X 軸や Z 軸に注目した場合、アンケートや映像における姿勢の崩れと同じ傾向がみられた。腕振りの角度にも注目してみると、前後の動きから左右方向の動きに変化していた。

またアンケートから、被験者は脚について意識はするものの、腕については、ほとんど意識されていない。また、脚の変化の意識は、運動強度が強いほど、意識しづらく、運動時間が長くなるほど、姿勢に変化が生じた場合でも認識できない例が多々見られた。

今後、さらに多くの被験者での検証を行った上で、腕の前後方向から左右方向への振りの変化を利用した効果的なアウェアネスについて検討したい。

## 5. おわりに

ランニングに関するトレーニング方法自体は、様々な文献で既に公開されている。しかし、トレーニング中に、ランナー自身が得られるフィードバックは知覚に基づく感性や認知的側面のみで主観的であった。客観的に得られたデータに基づいて、リアルタイムにフィードバックが与えられる環境はこれまで見られず、本研究を開始する動機となった。本稿では、ある目標を持ったランニング集団を対象としたリアルタイムな情報取得と分析、およびそれに応じたランナー個々へのフィードバックの方法を提案した。移動を伴う運動動作へのこうした支援は新しいヒューマンインタフェースの提案であり、特に集団を意識したスキル開発支援は、本研究分野にとっても過去に見られない。今後は、試走による評価を行うと同時に、実際の大会等での成果も計測したい。

## 参考文献

[植野 09] 植野 研, 仰木 裕嗣, 尾崎 知伸, 加藤 貴昭, 小林 郁夫, 諏訪 正樹, 西山 武繁, 藤波 努, 森田 想平: スキルサ

イエンス入門 - 身体知の解明へのアプローチ (知の科学), 古川 康一 (編), オーム出版局 (2009)

[後藤田 08a] 後藤田 中, 松浦 健二, 金西 計英, 矢野 米雄: 運動ログを用いたジョギングコミュニティ組織化支援, ヒューマンインタフェース学会論文誌, Vol. 10, No.2 pp.149-159 (2008)

[曾我 08] 曾我 真人, 松田 憲幸, 瀧 寛和: デッサン描画中に描画領域に依存したアドバイスを提示するデッサン学習支援環境, 人工知能学会論文誌, Vol.23, No.3, pp.996-1004 (2008)

[Matsuura 08] Matsuura, K., Kanenishi, K., Miyoshi, Y., Sagayama, K. and Yano, Y. : Promoting Physical Skill Development in a Video-Based WEBlog Community Environment, Proceedings of ED-MEDIA2008, pp.1089-1096, Wien, June (2008)

[多田 08] 多田 昌裕, 納谷 太, 岡田 昌也, 野間 春生, 鳥山 朋二, 小暮 潔: 無線加速度センサを用いた模範運動動作からの逸脱検出, 人工知能学会論文誌, Vol.23, No.3, pp.105-116, (2008)

[野間 01] 野間 春生, 宮里 努: 体感型スポーツ中継システムにおける疲労の感覚伝達のための運動負荷制御, 日本パーソナルリハビリ学会論文誌, Vol. 6, No. 4, pp.249-256 (2001)

[後藤田 08b] 後藤田 中, 鍋島 豊晶, 松浦 健二, 金西 計英, 矢野 米雄: 映像日記を用いた身体知の獲得及び継承支援システム, 日本教育工学会第 24 回全国大会講演論文集, pp.423-424 (2008)

[Kern 03] Kern, N., Schiele, B., and Schmidt, A. : Multi-Sensor Activity Context Detection for Wearable Computing, in Ambient Intelligence, LNCS, Vol.2875/2003, pp.220-232, Springer (2003)

[鈴木 08] 鈴木 宏昭, 大西 仁, 竹葉 千恵: スキル学習におけるスランプ発生に対する事例分析的アプローチ, 人工知能学会論文誌, Vol.23, No.3, pp.86-95 (2008)

[小野 90] 小野 芳彦: 練習テキストから上達が計算できる日本文タイプ作業の認知的習得モデル, 情報処理学会論文誌, Vol.31, No.9, pp.1321-1333 (1990)

[吉長 01] 吉長 裕司, 川畑 洋昭: 情報教育におけるキーボードリテラシーの一考察, 情報処理学会論文誌, Vol.42, No.9, pp.2359-2367 (2001)

[山際 02] 山際 哲夫: マラソン・ジョギング Q&A, ミネルヴァ書房 (2002)

[山地 93] 山地 啓司: マラソンの科学, 大修館書店 (1993)

[橋本 95] 橋本 公雄, 齊藤 篤司, 徳永 幹雄, 高柳 茂美, 磯貝 浩久: 快適自己ペース走時の運動強度を規定する生理心理学的要因, 健康科学, Vol. 17, pp.141-150 (1995)

[山崎 06] 山崎 健, 馬場 裕子, ソリタラト, 岡本 芳三: 長距離ランニング中のペース変化に先行する瞬時心拍変動, 新潟大学教育人間科学部紀要. 自然科学編, Vol. 8, No. 2, pp.109-123 (2006)