

**科学研究費助成事業 研究成果報告書**

平成 27 年 6 月 11 日現在

機関番号：13101

研究種目：基盤研究(C)

研究期間：2012～2014

課題番号：24500732

研究課題名(和文)長距離ランニング中の動作変容にかかわるモデルの検討

研究課題名(英文)Examination of running skill adaptation model during long distance running.

## 研究代表者

山崎 健 (YAMAZAKI, Ken)

新潟大学・人文社会・教育科学系・教授

研究者番号：50092739

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 1,500,000円

研究成果の概要(和文)：長距離ランニングレース中にランニングスキルは変容する。通常これは、疲労の進行によるものと考えられているが、他方、これはエネルギー供給系の減少に対応したランニングスキルの適応制御と考えることもできる。本研究では、実際のレース中のランニング動作の変容に関わる山崎のマトリクスモデルと、適応制御に関わる「3×3システム(3つのエネルギー供給系と3種類の筋線維)」の検証を行った。この仮説を検証するため、動作の変容について分析し、よくトレーニングされたランナーは、レースの進捗に対応して動作の適応制御を行っていることが示唆された。

研究成果の概要(英文)：During long distance race running skill changes in progress. Generally this phenomena was concerned with fatigue progress. But in the other perspective this would be a kind of regulation by changing running skill according to reduce of energy supply system. In this study I try to examine my hypothesis of the "3 by 3 system(three muscle fiber types by three energy supply types)", which plays its part in transforming the appropriate motor skills in response to the reduction of the energy supply system. To consider this hypothesis, I analyze the transformation of running skills during an actual long-distance race. Well trained runners altered their running skills as a result of the adaptation of the human movement system in progress.

研究分野：運動生理学

キーワード：適応制御 エネルギー供給系 ランニングスキル ダイナミック・ステレオタイプ 3 by 3 システム

## 1. 研究開始当初の背景

長距離ランニング中のエネルギー供給系は継時的に減少し、それに応じてストライドやピッチが変動してランニングスキルが変容することが知られている。

1991年東京世界選手権での男子10000m決勝について、松尾ら(1994)は、1・2位のタヌイとチェリモについて、疾走速度は前半の6.0~6.3m/sから後半5.7~6.0m/sへ低下し、タヌイのピッチはほぼ3.3step/sで一定で、ストライドは1.90mから1.77mへ減少し、チェリモはスピード低下にともないピッチが3.3step/sから3.1step/s、ストライドが1.91mから1.82mへと減少した。女子10000m優勝のマッコルガンは、ほぼ5.1m/s~5.5m/sのオープンペースで走り、ピッチはほぼ3.0step/sで、曲走路ではストライドが1.78m、直走路では1.75mであり走り方を変えていることを報告している。マラソン競技について、有吉(1994)は、男子で優勝した谷口浩美選手のピッチやストライドの変動幅が他の選手に比べて比較的大きいこと、4位のフルク選手はピッチが190(歩/分)で極めて安定しており、ストライドでスピードの変化に対応しており相関係数も0.919と極めて高いこと。また、女子3位入賞の山下佐知子選手は、40Km以降ストライドを明らかに短縮させピッチを上昇させてスピード低下を防いでいたことを指摘した。

## 2. 研究の目的

山崎は、このような疾走動作の変容は、単なる疲労の進行だけではなくエネルギー供給系の減少に適應してランニングスキルを変容させ、その時点その時点での最も効率的なランニングスピードを維持しようとする一種の「適應制御」ではないかと考え、この長距離ランニング中のランニングスキルの変容について検討を行ってきた(2011、2013、2014)。

## 3. 研究の方法

本研究では、実際の長距離レース中のランニング動作の変容について、この仮説を検討するとともに、エネルギー供給系とスキル系の連関モデルについて、旧東欧圏の運動習熟の概念のひとつである「ダイナミック・ステレオタイプ」と「コーディネーション」についての再検討を目指すものである。

## 4. 研究成果

### (1)スプリントランニング研究の到達点

1991年陸上競技世界選手権の短距離走に

関するバイオメカニクスの分析は、1980年代後半から指摘されていた「日本のスプリント概念」に大きなインパクトを与えた。

特にカール・ルイスとリロイ・バレルを中心とした動作解析では、日本選手と比較して膝関節や足関節の使い方に大きな違いがあることが指摘された。伊藤(2005)は、キック時の膝関節と足関節の動きについて、世界の一流選手は最高疾走速度と最大伸展速度に負の相関(関節を伸ばさないほうが速い)がみられること、速度を決定する股関節伸展速度には違いがないこと、から従来日本で理解され指導されてきた内容が異なっていたことを指摘した。そして、未来のキック動作として「離地時に膝関節をさらに屈曲する」可能性を示唆した(図1)。

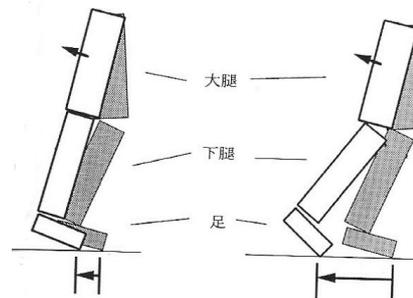


図1 膝関節伸展と股関節伸展との関連

左：膝関節の屈曲-伸展動作が股関節全体の動きを相殺し、股関節伸展速度が脚全体の後方スイング速度に効率的に伝達されない

(伊藤ら、1994年)

小林(2001)は、膝をやや屈曲して接地するルイス型の「膝屈曲着地型」に対して、1999年に9秒79の世界新記録を出したモリス・グリーン選手が、着地時のブレーキを少なくした「膝伸展着地型」を行っていることを指摘し、100m日本記録(10秒00)保持者の伊東浩司選手も同様の走法に改善し成功したことを指摘した。

また、小林は、中長距離走であっても、短距離走と同様のスプリント・トレーニングマシンを利用することでパフォーマンスが劇的に改善されることを指摘し、自然にスピードの出る走フォームを無理なく持続することによって、短距離走以上に大きな成果が出る可能性を指摘する。

両足義足で「ブレードランナー」と呼ばれるオスカー・ピストリウス選手の疾走動作について、健常者では直線疾走時の床反力の利用効率が60%であるのに比べピストリウス選手は実に90%に達していることが推定されている(NHK・進化する義足、2008年放映)。このことは、計らずも足関節や膝関節を使用しないことが運動効率に貢献(スタートダッシュやコーナーリングでは当然不利

となる)することを意味している。これは小学生のスプリント・ドリルの効果を検討した山崎と石山の研究でも同様であった。

膝関節や足関節をある程度固定して走る疾走動作は、短距離疾走でも長距離走でも同様に重要なランニングスキルであり「バネ係数の変容」と表現されている。短距離走のバネ係数は疾走速度が非常に高いことから長距離走に比較して「硬いバネ」といわれ、パウエル選手やボルト選手の大腿の腱は非常に硬いことが知られている(NHK・ミラクルボディ、2008、2012 放映)。

故に、短距離疾走(スタートダッシュ以降の等速～減速区間)では、接地の瞬間には関節をある程度固定したブレーキの少ない接地動作で、最適ストライドでハイピッチを維持することが原則となる。これは長距離走であっても同様のことと考えられ、山崎は、10000m レース後半に疾走速度と膝関節伸展速度に短距離疾走と同様の「負相関」がみられる例を報告した。

## (2)パフォーマンスを決めるもの

かつて猪飼(1973)は、 $P=C \times E(M)$ との回帰式を示し、パフォーマンス(P)が、サイバネティクス(C)の制御系と総体としての化学的エネルギー系(E)及び意欲(M)によって決定される概念を提示した。

山崎は、この概念について、 $P=s_1 \times r_1+s_2 \times r_2+s_3 \times r_3+\dots+s_N \times r_N$ という重回帰式を示し、ハイパワー系(ATP-PCr系)やミドルパワー系(解糖系)、ローパワー系(有酸素系)などから構成されるエネルギー供給系(r)が、それぞれに応じたスキル(s)と密接に関連してパフォーマンスを決定するモデルを提示した。しかし、この3つのエネルギー供給系は運動の継続的实施によって個別に変動(減少)することから、全く同一の運動スキルに依存しては、最適なパフォーマンス発揮は実現できない。

このことから、山崎は、旧東欧圏のスポーツ科学の概念である「ダイナミック・ステレオタイプ：力動的常同性」について、条件変動に応じて無意識的に動作系を選択して適切に対応する運動習熟のモデルを示した(1986)。その後、伊藤(1992)の「動作の熟練は、制御対象の動特性Gに対し小脳が1/Gの逆動特性補正(学習)を行うことによって実現される」との理論から図2のように修正した(2004)。

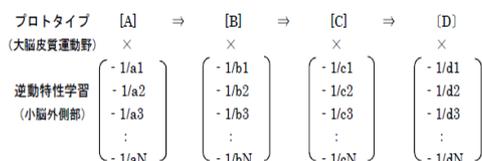


図2 ダイナミック・ステレオタイプのマトリクスモデル(2004)

## (3)エネルギー供給系と「乳酸シャトル」そして筋の3×3システム

これに対して、動作の継続実施を支えるエネルギー供給系は、関与する筋線維活動(上位中枢からの動作を実現する筋収縮の指令を受ける)を支え、運動強度や継続時間、テンポ等を変動させ運動の継続的实施を可能とする。

山崎(1993)は、ランニングスキル改善に関わり、速筋系線維がエネルギー供給系だけではなく動作改善にも重要な役割を果たすことを指摘した。

山崎(2014)はまた、定本ら(1987)の筋線維組成と基質や代謝のデータから、筋が「エネルギーをつくり出すシステム」と「動きをつくり出すシステム」とから構成される「3×3システム」のモデルを示した(図3)。これは、八田(2009)の「乳酸シャトル」の概念とも関連するものである。

しかし、この概念は単一の筋(例えば肘関節を屈曲する上腕二頭筋)における「3×3システム」の9個のマトリクスを、運動の進捗にあわせて「重み付け」を変えながら対応している可能性を示しているのであって、総体的な概念ではない。例えば単純な関節の屈曲伸展であっても2種類の「3×3システム」が協応するモデルとなることを示唆する。当然、拮抗(伸展)筋である上腕三頭筋にも「3×3システム」は存在し、更に上腕の運動に参加する多くの筋群も「3×3システム」で重層的に参画する。それは、大きさ(貢献度)を変えながらマルチレイア的に重なり、上肢の運動に関与するイメージとなる。

|                 |          | 動きをつくり出すシステム |           |           |
|-----------------|----------|--------------|-----------|-----------|
|                 |          | Type I       | Type II a | Type II b |
| エネルギーをつくり出すシステム | ATP-PCr系 | ○            | ◎         | ◎         |
|                 | 解糖系      | △            | ◎         | ●         |
|                 | 有酸素系     | ◎            | ○         | △         |

定本ら(1987年)の図を山崎が改変

図3 3×3システムのシェーマ(2012年)

山崎(2011)は、この速筋系線維と遅筋系線維の動作時の役割について、いずれの筋線維も「同一筋」を構成し、解剖学的な起始と停止は同じであることから、速筋系線維(タイプb)は主要な張力発揮とともに「スキルを構成する運動方向」を決定し、遅筋系線維(タイプa)は「補完的張力」を発揮するとともに豊富なミトコンドリアの働きにより乳酸をエネルギーに変換するシステムとして協働している(速筋系線維タイプaは両者?)のではないかと仮説を示した。

森谷(2001)は、自転車ペダリング運動時のデータから、最大酸素摂取量の70%の同一の運動でも、ペダルの回転数を1分80回に

すると最大筋力の 11%出力ですむのに対し、1 分 40 回では 17%に達し、回転数の多い方が相対的に動員される筋群が交代できる可能性があることを指摘する。このことは、1 分 80 回転のペダリングはトルクが小さいため発揮張力のやや低い筋線維群も動員されるのに対し、40 回転では特定の速筋線維群に限定されるため、いわば「登り坂でのギアチェンジ」に類似した戦略が必要になることを意味しているのではないか。

#### (4) パフォーマンスのマトリクスモデル

このように、動作の習熟とエネルギー供給系との関係は、きわめて複雑であることから、山崎 (2011) は、1986 年に示したスキル系とエネルギー系の重回帰式モデル ( $P=S1 \times PCr + S2 \times Gly + S3 \times Mtc + b$ ) についての新たなマトリクスモデルを示した (図 4)。

$$Y = \begin{bmatrix} PCr0 \\ PCr1 \\ PCr2 \\ \vdots \\ PCrN \end{bmatrix} \begin{bmatrix} Gly0 \\ Gly1 \\ Gly2 \\ \vdots \\ GlyN \end{bmatrix} \begin{bmatrix} Mtc0 \\ Mtc1 \\ Mtc2 \\ \vdots \\ MtcN \end{bmatrix} \begin{bmatrix} Sm \alpha \\ Sm \beta \\ Sm \gamma \\ \vdots \\ Sm \omega \end{bmatrix}$$

図 4 エネルギー系とスキル系のマトリクスモデル (山崎: 2011 を改変)

第 1 項マトリクス内の [PCr] は ATP-PCr 系の、[Gly] は解糖系の、[Mtc] は有酸素系のある時点での供給レベル (1 ~ N) を示し、第 2 項はエネルギー供給系の総体レベルに対応したダイナミック・ステレオタイプ内の適切な「スキルモード」を示す。

長距離レース後半では、ATP-PCr 系や解糖系の供給レベルが低下 (PCr2 や Gly3 のレベルへ) する。これに対して、有酸素系 (Mtc) はあまり変動しないが、総体としてのエネルギー供給系の様相 (モード) は異なってくる。このモデルは、エネルギー供給系のモード変容に対応し、スキルを「キック力を軽減したハイピッチランニング」等に切り替え (Sm から Sm へ: ピッチやストライド、関節バネ係数などのその時点その時点での最適値への切り替え) ペースを維持して後半も適切に対応する可能性を示している。

では、実際のレース中にはどのような変容がみられるのであろうか。

#### (5) 実際の 10000m レース中の疾走動作変容

10000m のレースでは、終盤まではトップグループを形成してほぼ同一速度で疾走し、9000m 以降にラストスパートが行われて順位が決定される展開が多い。

長距離レース後半では、ATP-PCr 系や解糖系の供給レベルが低下 (PCr2 や Gly3 のレベルへ) する。これに対して、有酸素系 (Mtc) はあまり変動しないが、総体としてのエネルギー供給系の様相 (モード) は異なってくる。このモデルは、エネルギー供給系のモード変

容に対応し、スキルを「キック力を軽減したハイピッチランニング」等に切り替え (Sm から Sm へ: ピッチやストライド、関節バネ係数などのその時点その時点での最適値への切り替え) ペースを維持して後半も適切に対応する可能性を示している。

山崎 (2015) は、これらの仮説に関連して、実際の 10000m レース中の前半 (2000m)、中半 (4800m)、後半 (8800m) の疾走速度とストライド、疾走速度とピッチ、疾走速度と膝関節伸展速度の相関分析を行い、ほぼ同一速度であっても中半からスピードとピッチの相関が高くなり、後半には短距離疾走と同様の疾走速度と膝関節伸展速度に負相関 (伊藤: 2005) の例がみられたことを報告した (2013、2014、2015)。

本研究では、2000m 地点では、ほぼ秒速 5.6 ~ 5.8m で推移し、疾走速度との相関分析では一定の傾向は得られていない。4800m 地点では、ほぼ全員に疾走速度とピッチ (step/min) に高い相関がみられた。8800m 地点でもピッチとの相関が高いが、興味深いことに 4800m 地点では見られなかった疾走速度と膝関節伸展速度との負相関が 4 名に見られた (表 1)。4 名中 2 名は 2000m 地点でも負相関がみられ、他の 1 名は 2000m 地点での負相関が 8800m 地点では正相関になっていた。また、8800m 地点で正相関の見られた 2 名は、速度とストライドの相関が高く、このことは膝関節の伸展によりストライドを伸ばしてスピードを維持していることが推察される。

10000m レース中の各変数の推移

|       | 2000m       |              |             | 4800m       |              |             | 8800m       |              |             |
|-------|-------------|--------------|-------------|-------------|--------------|-------------|-------------|--------------|-------------|
|       | Strd& Speed | Pitch& Speed | KnEx& Speed | Strd& Speed | Pitch& Speed | KnEx& Speed | Strd& Speed | Pitch& Speed | KnEx& Speed |
| Sub.A | ○*          | ⊙            | ○           | ○*          | ⊙            | ×           | ×           | ⊙            | ×           |
| Sub.B | ⊙           | ×            | ×           | △           | ⊙            | ⊙           | ⊙           | ⊙            | ⊙*          |
| Sub.C | ×           | ○            | ×           | ×           | ○            | ×           | ×           | ⊙            | ○*          |
| Sub.D | ○*          | ○            | ○*          | ×           | ⊙            | ×           | ×           | ⊙            | ⊙*          |
| Sub.E | ⊙           | △            | ⊙*          | △           | ⊙            | △           | ⊙           | ×            | ○           |
| Sub.F | △           | ⊙            | ×           | ○           | ⊙            | ×           | ○           | ⊙            | ○           |
| Sub.G | ⊙*          | ⊙            | ○*          | ×           | ⊙            | ⊙           | ×           | ⊙            | ⊙*          |
| Sub.H | ○*          | ×            | ×           | ×           | △            | △           | ○           | ⊙            | ×           |

決定係数 (R<sup>2</sup>) の範囲 (\*は負相関)  
0.64 ~ (⊙), 0.25 ~ 0.63 (○), 0.16 ~ 0.24 (△), 0.15 以下 (×)

表 1 10000m レース中の疾走速度と各因子との決定係数の変容 (2014 年)

#### (6) コーディネーションとの関連

エネルギー供給系とスキル系をつなぐものが「コーディネーション」であるとの可能性も浮上する。ライプチヒ学派のハルトマン (2009 年) は、「定位能力」「反応能力」「連結能力」「分化能力」「リズム化能力」「バランス能力」「変換能力」といったカテゴリーとの関連を指摘している。しかし、このシステムは、「動作の発現と制御」に関わるもので「エネルギー供給系」は入っていない (スキル系の変容モデル)。

このエネルギー系の変容にあわせてスキ

ル系を変容させるメカニズムが本来の「コーディネーション」ではないのか、「変えなければ破たんする」という強制力があってはじめてコーディネーションが必要とされる(「構造」ではなく「生起の問題)。「状況に応じて柔軟に対応できる」ことをコーディネーションと規定するならば、状況の変化とはエネルギー供給系の変容に対するスキル系の適応ということになり、適切に対応した時にエネルギー供給系とスキル系の運動効率が一定の関係に入り込み「最適値制御(その時点での適当な運動遂行)」が実現するとの可能性は否定できない。

#### (7)おわりに

エネルギー供給系の減少に対応してパフォーマンスを破綻させないためにスキル系を変容させることを可能にしている「センサー」は一体何なのであろうか。少なくとも、エネルギー供給系では解糖系のレベル変動に関わる「血中乳酸濃度の知覚」が、スキル系では筋や腱などの固有受容器等の情報により構成される「運動効率の知覚」も関わってくるものと思われる。まさに「意図」と「身体」は「情報」を介して双方向性の一体である。合目的に運動を遂行する身体システムの複雑さは、課題遂行のための単一システムではなく複数のシステムに重みづけを変えながら破たんをきたさないように適切に対応しているように思われ、「知覚し変容し行動する身体」を実現している。

長距離ランニングは、一見単純そうには見えるものの、実際には極めて複雑なメカニズムを内蔵させて遂行されているものと思われる。今後、この複雑さの解明のためには、動作解析だけではなく、様々な運動生理学的指標や生理心理学的指標を含めた総括的、俯瞰的な検討が求められてゆくのではないだろうか。

改めて、TurveyとKugler(1984)が示した象徴的な図について、もしもこの課題が複数回反復され総体的な結果が求められるとしたら「その時点その時点でどれを選択するのが妥当であるのか？」を考えてゆく必要があるものと思われる。

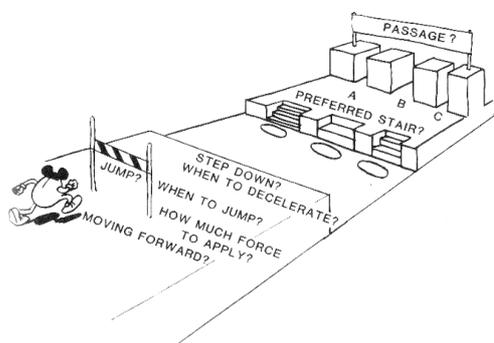


図5 A small sample of the meaningful problems that the surrounding layout poses for a locomoting animal. (Turvey & Kugler: 1984)

#### <引用文献>

1. M.T.Turvey,P.N.Kugler,AN ECOLOGICAL APPROACH TO PERCEPTION AND ACTION,(In H.T.A.Whiting Ed. "Human Motor ActionBernstein Reassessed" ),NORTH-HOLLAND,1984,p p.375
2. 有吉正博、マラソンにおけるスピード、ピッチおよびストライドについて(In 佐々木・小林・阿江編「世界一流陸上競技者の技術」)、ベースボール・マガジン社、1994年、pp.112-120
3. 猪飼道夫、身体運動の生理学、杏林書院、1975年、pp.375
4. 伊藤章・齋藤昌久・佐川和則・加藤謙一・森田正利・小木曾和幸、世界一流スプリンターの技術分析(In 日本陸連強化本部バイオメカニクス研究班、世界一流陸上競技者の技術)、ベースボール・マガジン社、1994年、pp.31-49
5. 伊藤章、陸上競技・短距離、体育の科学 第55巻第12号、杏林書院、2005年、pp.947-952
6. 伊藤正男、熟練の脳内メカニズム、体力科学、Vol.41(1)、1992年、pp.1-7
7. N.G.オゾーリン、A.O.ロマノフ：岡本正巳訳、スポーツマン教科書、ベースボール・マガジン社、1966年、pp.119-120
8. 川人光男、運動軌道の形成(In 伊藤・佐伯編「認識し行動する脳」)、東京大学出版会、1988年、pp.150-181
9. 小林寛道、ランニングパフォーマンスを高めるスポーツ動作の創造、杏林書院、2001年、pp.16-32
10. 定本朋子・宮下充正、骨格筋線維にみられる運動の効果、臨床成人病 17巻5号、1987年、pp.811-817
11. 多賀巖太郎、脳と身体の動的デザイン～運動・知覚の非線形力学と発達～、金子書房、2002年、pp.1-37
12. C.ハルトマン：ライブチヒスポーツ科学交流協会訳、コーディネーション理論、コーチングクリニック 23巻4号、2009年、pp.48-52
13. 八田秀雄、乳酸と運動生理・生化学、市村出版、2009年、pp.60-77
14. N.A.ベルンシュタイン：工藤俊和訳、ディクステイリティ～巧みさの発達～、金子書房、2003年、pp.3-23
15. 松尾彰文・杉田正明・阿江通良・小林寛道・岡田英孝、中長距離決勝におけるスピード、ピッチおよびストライドについて(In 佐々木・小林・阿江編「世界一流陸上競技者の技術」)、ベースボール・マガジン社、1994年、pp.92-111
16. 森谷敏夫、筋線維の動員特性と動作のテンポ、体育の科学 第45巻1号、1995年、pp.18-24
17. 山崎 健、スポーツの認識と習熟(In 伊藤・出原・上野編「スポーツの自由と現代」)、青木書店、1986年、pp.299-311
18. 山崎 健、ランニングスキル改善と歩数計測

の意義、ランニング学研究 第 4 巻 1 号、1993 年、pp.14-19

19. 山崎 健、スポーツ技術の研究は何に貢献するのか (In 中村敏雄編「スポーツのルール・技術・記録」) 創文企画、1993 年、pp.165-190
20. 山崎 健・石山和人、トレーニングによる小学生の疾走動作の変容、日本陸上競技連盟・陸上競技紀要 第 11 巻、1998 年、pp.44-51
21. 山崎 健・斎藤麻里子、一過性のドリルによるスプリントパフォーマンスの変容、日本陸上競技連盟・陸上競技紀要 第 15 巻、2002 年、pp.21-29
22. 山崎 健、エネルギー供給系と運動習熟の連関、現代スポーツ研究 第 12 号、2011 年、pp.54-60
23. 山崎 健、ランニングパフォーマンスを決定するマトリクスモデルの検討、ランニング学研究 第 23 巻 1 号、2011 年、pp.55-56
24. 山崎 健、筋肉はどうやって動くの、スポーツのひろば No.451、2011 年、pp.10-15
25. 山崎 健、運動処方とトレーニング (In 山地・大築・田中編「スポーツ・運動生理学概説」) 明和出版、2011 年、pp.180-181
26. 山崎 健、人間の可能性～パラリンピックとスポーツ科学、たのしい体育・スポーツ 第 270 号、2013 年、pp.26-29
27. 山崎 健、時よとまれ君は美しい、たのしい体育・スポーツ 第 276 号、2013 年、pp.12-15
28. 山崎 健、陸上競技の記録は何によって決まってきたのか、たのしい体育・スポーツ 第 283 号、2014 年、pp.24-29
29. 山崎 健、10000m レース中のランニング動作変容に関するモデルの検討、ランニング学研究 第 26 巻 1 号、2015 年、pp.78-79
30. 山崎 健、運動生理学の研究から見えてくる身体運動システムの複雑さ、スポーツ社会学研究 第 23 巻 1 号、2015 年、pp.35-46

## 5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕(計 4 件)

山崎 健、運動生理学の研究から見えてくる身体運動システムの複雑さ、スポーツ社会学研究 第 23 巻 1 号、査読有、2015 年、pp.35-46

山崎 健、10000m レース中のランニング動作変容に関するモデルの検討、ランニング学研究 第 26 巻 1 号、査読無、2015 年、pp.78-79

山崎 健、陸上競技の記録は何によって決まってきたのか、たのしい体育・スポーツ 第 283 号、査読無、2014 年、pp.24-29

山崎 健、人間の可能性～パラリンピックとスポーツ科学、たのしい体育・スポーツ 第 270 号、査読無、2013 年、pp.26-29

〔学会発表〕(計 3 件)

山崎 健、10000m レース後半に見られた疾走動作の変容、ランニング学会第 27 回大会、2015 年 2 月 28 日 (日本女子体育大学)

山崎 健、10000m レース中のランニング動作変容に関するモデルの検討、ランニング学会第 26 回大会、2014 年 3 月 22 日 (大阪体育大学)

山崎 健、長距離ランニング中のエネルギー供給系とスキル系の連関モデルの検討、第 21 回運動生理学会大会、2013 年 7 月 28 日 (東京国際大学)

〔その他〕

ホームページ:

<http://aka.gmob.jp/yamakensensei/>

## 6. 研究組織

(1) 研究代表者

山崎 健 (YAMAZAKI, Ken)

新潟大学・人文社会教育科学系・教授

研究者番号: 50092739