

科学研究費助成事業（科学研究費補助金）研究成果報告書

平成 25 年 5 月 9 日現在

機関番号：32612

研究種目：基盤研究（B）

研究期間：2010～2012

課題番号：22300220

研究課題名（和文）ウェアラブルセンサを用いたサイバネティック・トレーニングシステムの開発

研究課題名（英文）Cybernetic training with wearable motion sensors

研究代表者

太田 憲（OHTA KEN）

慶應義塾大学・政策・メディア研究科・特任准教授

研究者番号：10281635

研究成果の概要（和文）：スキルに関係する物理情報を運動中に感覚情報としてバイオフィードバックするトレーニングシステムを開発し，感覚的・潜在的な学習を可能とするシステム構築した．そのため，超小型センサなどの計測制御機器を用いたウェアラブルで実用的なデバイスを開発し，それらのデバイスを用いた新しいトレーニング方法を開発した．

研究成果の概要（英文）：Explicit instruction by verbal communication does not guarantee that the learner can physically execute the skill. To overcome this problem, we proposed an idea of Cybernetic Training. In this paradigm, we put the scientific instruction behind mathematical mode or controller based on dynamical model using biofeedback technique.

交付決定額

（金額単位：円）

	直接経費	間接経費	合計
2010年度	7,000,000	2,100,000	9,100,000
2011年度	4,600,000	1,380,000	5,980,000
2012年度	1,200,000	360,000	1,560,000
総計	12,800,000	3,840,000	16,640,000

研究分野：総合領域

科研費の分科・細目：健康・スポーツ科学，スポーツ科学

キーワード：スポーツバイオメカニクス

1. 研究開始当初の背景

これまでのスポーツ科学では，実験や競技会等の実際のパフォーマンスを解析することによって運動の仕組みを解明し，競技力向上に寄与しようとしてきた．しかし運動スキルの数理を詳細に解明できたとしても，また選手がそれを理解できたとしても，選手やコーチへの言語を介したスキル伝達は容易ではない．また，選手とコーチ間であっても，言語によって新しい技術を伝達することが困難な場合がある．それは数理的な表現のままでは実際に身体で学習して獲得することは困難だからである．

2. 研究の目的

一般に，スポーツのスキルは非常にダイナミックであるが故，身体や道具のダイナミクスが顕在化し，そのダイナミクスを無視した制御は困難とも言える．したがって，もし運動を数理的に解析しダイナミクスを考慮したモデル化が可能なら，制御モデルによって様々な計測制御システムや最新のデバイスをオンラインで結びつけた新しいトレーニング方法を開発できる．それまでスポーツに聴覚フィードバックを用いた研究例などは散見されるものの，詳細な数理モデルによってこれらのモデル・計測系・出力系をオンラインで統合した研究例はなかった．

3. 研究の方法

一般に多くのスポーツは高速な運動を伴い動的であるため、その運動のスキルは身体や用具のダイナミクスに強く拘束され、そのスキルを数理的に記述できることが多い。その代表的なものとして、ムチ運動や運動連鎖などと呼ばれる運動パターンがある。この運動パターンは内力を用いてエネルギーの伝達によって生じている。そこで、そのエネルギー伝達の機序を身体ダイナミクスから数理的に明らかにした。具体的にハンマー投などのスイング動作の加速メカニズムは、関節に作用するカベクトルと速度ベクトルとの内積によるエネルギー変化率によって記述できることから、内力を用いたエネルギーの伝達メカニズムを考察した。この加速原理はゴルフスイングやサッカーのキック動作、野球の投球動作やランニングなどのムチ運動の基本メカニズムとして用いられており、この運動のメカニズムを考察するために、マルチボディ・パワー解析という分析方法を開発した。

4. 研究成果

運動スキルを数理的に記述し、言語などによる顕在的な形式で伝達するのではなく、潜在的・感覚的に伝達する方法、及び学習を促進する方法の開発を行った。この目標を達成するための手段として、まず運動スキルの数理メカニズムを明らかにし、さらにその知見を反映させたスキル獲得の学習支援ツールの開発を行った。このようなフレームワークをサイバネティック・トレーニングと呼び、ゴルフやハンマー投のスキル獲得支援システムなどを開発した。

具体的には慣性センサと呼ばれる加速度センサとジャイロセンサを組み込み、無線を介した計測制御が可能なモーションセンサを利用し、スキル向上にとって意味のある情報を抽出し、それを音として出力して運動しながら自身のスキルをモニタリングするスキルトレーニングのためのシステムを開発した。これを利用することによって、例えば練習中に、「かなりの努力感で運動しているがエネルギーが効率よく伝達されていない」、「リラックスして運動したほうが、エネルギーがよく伝達されている」などのようなことが実際に確認でき、学習を強化する効果が期待できる。実際にハンマー投の練習でこのシステムを用いて性能を検証した。

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文](計7件)

(1)Y. Kobayashi, K. Narazaki, R. Akagi, K.

Nakagaki, N. Kawamori, K. Ohta, Calculation of Force and Power during Bench Throws Using a Smith Machine: The Importance of Considering the Effect of Counterweights, International Journal of Sports Medicine, 査読有, (印刷中)

(2)R. Koyanagi, K. Seo, K. Ohta, Y. Ohgi, A computer simulation of the flying disc based on the wind tunnel test data, Procedia Engineering, 査読有, Vol.34, 2012, pp. 80-85, 10.1016/j.proeng.2012.04.015

(3)K. Seo, K. Shimoyama, K. Ohta, Y. Ohgi and Y. Kimura, Aerodynamic behavior of a discus, Procedia Engineering, 査読有, Vol.34, 2012, pp.92-97, 10.1016/j.proeng.2012.04.017

(4)K. Seo, K. Shimoyama, K. Ohta, Y. Ohgi and Y. Kimura, Optimization of the moment of inertia and the release conditions of a discus, Procedia Engineering, 査読有, Vol.34, 2012, pp.170-175, 10.1016/j.proeng.2012.04.030

(5)H. Ozaki, K. Ohta, T. Jinji, Multi-body power analysis of kicking motion based on a double pendulum, Procedia Engineering, 査読有, Vol.34, 2012, pp. 218-223, 10.1016/j.proeng.2012.04.038

(6)N. Yamazaki, K. Ohta, Y. Ohgi, Mechanical energy transfer by internal force during the swing phase of running, Procedia Engineering, 査読有, Vol.34, 2012, pp. 772-777, 10.1016/j.proeng.2012.04.132

(7)T. Jinji, K. Ohta, H. Ozaki, Multi-body power analysis of the baseball pitching based on a double pendulum, Procedia Engineering 2012, 査読有, Vol.34, pp. 784-789,

[学会発表](計15件)

(1) 太田 憲, ゴルフスイングにおける内力を利用したエネルギー伝達, 日本機械学会スポーツアンドヒューマンダイナミクス 2012, 2012.11.15-17, 豊橋

(2) 梅垣浩二, ハンマー投における身体重心ハンマー間の相対運動, 日本機械学会スポーツアンドヒューマンダイナミクス 2012, 2012.11.15-17, 豊橋

(3) K. Ohta, Energy transfer through the

internal force in the golf swing.
The World Scientific Congress of Golf,
March 12-16, 2012, Phoenix, USA

(4) 小林雄志, スミスマシンを用いたベンチスローにおける力・パワー計測 カウンターウエイトの影響を考慮した導出法, 第24回日本トレーニング科学会, 2011.11.6, 東京

(5) 太田 憲, 二重振子モデルによるゴルフスイングの数理解析, 日本機械学会スポーツアンドヒューマンダイナミクス 2011, 2011.10.31-11.2, 京都

(6) 高木斗希夫, 慣性センサを用いたゴルフスイング時のクラブ速度・姿勢のフィードバックシステムの開発, 日本機械学会スポーツアンドヒューマンダイナミクス 2011, 2011.10.31-11.2, 京都

(7) 尾崎宏樹, 二重振子モデルに基づいたキック動作の数理解析, 日本機械学会スポーツアンドヒューマンダイナミクス 2011, p.453-458, 2011.10.31-11.2, 京都

(8) 神事 努, 二重振子モデルに基づいたピッチングにおけるスナップ動作の数理解析, 日本機械学会スポーツアンドヒューマンダイナミクス 2011, 2011.10.31-11.2, 京都

(9) 梅垣浩二, ハンドル部のパラメータ励振に基づくハンマー頭部の加速, 日本機械学会スポーツアンドヒューマンダイナミクス 2011, 2011.10.31-11.2, 京都

(10) 瀬尾和哉, 円盤投げ用円盤の空力特性と最適投げ出し条件, 日本機械学会スポーツアンドヒューマンダイナミクス 2011, 2011.10.31-11.2, 京都

(11) 小林雄志, ベンチプレスおよびベンチスローによる上肢発揮パワー計測, 日本トレーニング科学会第23回大会, 2010.12, 福岡

(12) 檜崎兼司, Linear Position Transducerを用いた筋パワー計測の妥当性, 第23回日本トレーニング科学会, 2010.12, 福岡

(13) 市川 浩, 体幹部加速度・角速度から観察されるモーグルターン技術の相違, 第23回日本トレーニング科学会, 2010.12, 福岡

(14) 太田 憲, 二重振子のパラメータ励振原理によるハンマー投運動の数理解析, 日本機械学会スポーツアンドヒューマンダイナミクス 2010, 2010.11.3-6, 東京

(15) K. Ohta, Analysis of hammer movement based on a parametrically excited pendulum model. The 8th Conference Of the International Sport Engineering Association (ISEA2010), July 12-16, 2010, Vienna, Austria

〔産業財産権〕
出願状況(計5件)

(1) 名称: ゴルフスイング解析装置、ゴルフスイング解析システム、ゴルフスイング解析プログラム、記録媒体及びゴルフスイング解析方法

発明者: 太田 憲, 澁谷和宏

権利者: 同上

種類: 特許

番号: 2012-249224

出願年月日: 2012.11.13

国内外の別: 国内

(2) 名称: ゴルフスイング解析装置およびゴルフスイング解析方法

発明者: 太田 憲, 澁谷和宏

権利者: 同上

種類: 特許

番号: 2012-241509

出願年月日: 2012.11.1

国内外の別: 国内

(3) 名称: ゴルフスイング解析装置およびゴルフスイング解析方法

発明者: 太田 憲, 澁谷和宏

権利者: 同上

種類: 特許

番号: 2011-235747

出願年月日: 2011.10.27

国内外の別: 国内

(4) 名称: ゴルフスイング解析装置およびゴルフスイング解析方法

発明者: 太田 憲, 澁谷和宏

権利者: 同上

種類: 特許

番号: 2012-223326

出願年月日: 2012.10.5

国内外の別: 国内

(5) 名称: ゴルフスイング解析装置およびゴルフスイング解析方法

発明者: 太田 憲, 澁谷和宏

権利者: 同上

種類: 特許

番号: 2012-223327

出願年月日: 2012.10.5

国内外の別: 国内

6 . 研究組織

(1)研究代表者

太田 憲 (OHTA KEN)

慶應義塾大学・政策・メディア研究科・特
任准教授

研究者番号：10281635

(2)研究分担者

羅 志偉 (LUO ZHIWEI)

神戸大学・システム情報学研究科・教授

研究者番号：70242914