

**科学研究費助成事業 研究成果報告書**

平成 28 年 6 月 15 日現在

機関番号：12102

研究種目：基盤研究(A) (一般)

研究期間：2011～2014

課題番号：23240093

研究課題名(和文)子どもの運動成就特性に基づくコンピュータ適応型運動学習の解明

研究課題名(英文)Development of computerized adaptive motor learning based on motor performance characteristics in children

研究代表者

西嶋 尚彦(NISHIJIMA, Takahiko)

筑波大学・体育系・教授

研究者番号：50202239

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 32,100,000円

研究成果の概要(和文)：【目的】子どもの運動技能の向上のためコンピュータ適応型運動学習のアルゴリズムを構築するために4課題を分析した。運動項目の運動局面に従う機能的動作と達成評価基準、機能的動作に対応した運動項目の困難度と精度、運動項目間の階層的因果関係、分解画像と動画表示によるコンピュータ適応型運動学習アルゴリズムの構成。

【成果】子どものコンピュータ適応型運動学習のための、学習カード型の達成度評価基準と、運動学習のためのコンピュータソフトウェアを構築した。構成された学習ノート型達成度評価基準は、器械運動(マット、跳び箱、てつぼう)、水泳、サッカー、バレーボール、ボール投げ、柔道であった。

研究成果の概要(英文)：Purpose: Computerized adaptive motor learning (CAML) is effective to improve motor skill for children. The CAML is adapted into individual motor skill levels. Constructing the CAML algorithm, the four research objectives were investigated: the functional movements and criterion-referenced measurements for PE in elementary school, item difficulty and reliability of exercise items of PE, hierarchical causal relationships among the exercise items, construction of the CAML algorithm using by database technology for movies and those segmented picture frames of the motor tasks.

Findings: The study notes with criterion-referenced evaluation for the motor learning in PE, and computer software of motor learning by analyzing item characteristics. The study notes were Gymnastics, Swimming, Soccer, Volleyball, Ball throwing, and Judo. These ICT related PE tools were sure to be effective and be contributed to the motor learning.

研究分野：体育測定評価学

キーワード：運動能力 学習ノート ICT教育 適応型テスト コンピュータテスト 子ども 項目反応理論

## 1. 研究開始当初の背景

### (1) ニーズ

ICTを活用した運動学習を実現する

子どもの運動技能の向上のためには、個人の能力水準に適合した「コンピュータ適応型運動学習」が効果的である。体育の授業で、課題運動を成就するごとに運動技能水準を達成度評価し、分解画像や動画のデジタル教材として課題運動が逐次的にモニタに表示される。ICTを活用した体育やスポーツ教育における動作やボールゲームでの戦術的な動きの学習のために必要な技術である。

体育の新しい達成度評価を実現する

学習指導要領では新しい達成度評価を実現するためには、学習における指導と評価の一体化、自己学習力(自己評価力)の向上、見える化による外部の人々への説明責任を果たすこと、の条件を満足するために学習ノート(学習カード、チェックリスト)を活用することを推奨している。体育での学習指導の評価の改善では、運動やスポーツを学習するための課題運動が運動局面に従う分解画像イラストで明示された「学習ノート型の達成度評価基準」が必要である。

### (2) 解決すべき課題

体育で学習する運動やスポーツの動きを学習するアルゴリズムを構成するためには、データの統計解析から、達成基準となる運動項目の困難度などの尺度特性、運動項目間の階層的關係、運動項目ごとの運動局面に従う動作を構成し、さらに、イラスト画像で表示する調査票構成技術から、学習ノート紙面上と、動画と画像のデータベース技術とプログラミング技術から、コンピュータモニタ上で、視覚化することが必要である。

### (3) 実行可能性(解決策)

専門家の知識を抽出する

定性的分析を適用することで、体育やスポーツの専門家が視認している知識を集約的に抽出し、水準の課題運動ごとに達成目標となる基準運動項目を構成し、基準運動項目ごとに運動局面に従う動作を構成することが可能である。

運動を可視化する

基準運動項目は、連続する動作をイラスト化することで、分解写真化して可視化することが可能である。

達成度評価のテスト理論を適用する

体育の授業や運動部活動でのスポーツ活動で、子ども達が基準運動を達成したパターンデータを測定し、達成度評価のテスト理論である項目反応理論分析を適用することで、運動項目の特性と達成度評価基準を構成することが可能である。

潜在する階層性をマイニングする

個人の運動技能水準に適合した課題運動を逐次的に学習する適応型アルゴリズムを構成するためには、データマイニング手法である決定木分析を適用して、運動項目間の階層關係(階層的因果構造)を探索的に明らかにすることが可能である。

運動学習のツール

課題運動の適応型学習のツールは、質問紙形式の学習ノート型達成度評価票を構成することと、カメラ付きのタブレット型PC(iPadなど)に搭載する運動学習ソフトウェアを構成することで、実現可能である。

## 2. 研究の目的

コンピュータ適応型運動学習のアルゴリズムを構築するために必要な以下のような4つの研究課題を分析することを目的とした。

- (1) 小学校体育6領域の教材運動項目の運動局面を構成する機能的動作と達成度評価基準
- (2) 機能的動作に対応した下位教材運動項目の困難度と精度
- (3) 下位運動項目間の階層的因果關係
- (4) 分解画像と動画表示によるコンピュータ適応型運動学習アルゴリズムの構成

## 3. 研究の方法

### (1) 対象者

体育の単元における課題運動ごとに、小学1年生から6年生までの男女計1,800人前後、中学1年生から3年生の男女計1,800人前後であった。

### (2) 対象領域と課題運動の項目構成

小学校低中学年

器械器具を使う運動遊び系は4種目27項目、走運動と跳躍運動の運動系は4種目29項目、水遊び系は3種目21項目、ゲーム系は、ボール投げ3種目21項目、程度で構成した。

小学校中高学年の領域

体力づくり運動系の運動項目は4種目27項目、器械運動系はマット17種目99項目、鉄棒15種目84項目、とび箱7種目49項目、水泳系はクロールと平泳ぎで9種目59項目、ボール運動系はボール投げ運動、サッカーの技術と戦術で62項目、程度で構成した。

中学校の領域

器械運動系はマット17種目99項目、鉄棒15種目84項目、とび箱7種目49項目、水泳系はクロール、平泳ぎ、背泳、バタフライで16種目98項目、ボール運動系はサッカーの技術と戦術で62項目、バレーボールの技術で5種目34項目、武道系は柔道10種目40項目、程度で構成した。

### (3)手順

#### 運動項目と達成評価基準の構成

スポーツ・体育の専門家5名を対象とするデルファイ法と特性要因分析法を適用して、体育6領域の教材運動項目の機能的動作と達成評価基準を構成した。

#### 下位運動項目の構成

教材運動項目の運動局面ごとの機能的動作に準拠して下位教材運動項目を構成した。

#### 適応型テストのための項目特性の分析

項目反応理論(Item Response Theory: IRT)の数理モデルを適用して、学習ノート型調査票の運動学習から得られた運動成就パターンデータから運動項目特性を分析した。体育の課題運動項目における適応型運動学習アルゴリズムを仮定して、項目特性を分析した。項目困難度から、達成度評価基準を構成した。

#### 達成度評価のための項目間階層性の分析

データマイニング手法である決定木分析を適用して、運動技能得点と実技成績に対する下位運動項目間に潜在する階層的因果関係を分析した。決定木分析には、CARTアルゴリズムによる分類二進木分析と回帰二進木分析を用いた。運動項目間の階層性には基本的運動項目から専門的運動項目へと連続するシンプレックス構造を仮定した。

#### 運動学習のためのソフトウェアの構築

動画分解画像データベースによる適応型運動学習アルゴリズムを仮定し、iPad(タブレット型PC)に実装し、各単元で実践を試みた。学習ノート型運動学習に対する実行可能性を検討した。ソフトウェアは「画像表示装置、商像表示方法及びプログラム」として、特許願と特許申請を提出した。

## 4. 研究成果

子どもの運動成就特性を測定し、コンピュータ適応型運動学習のための運動項目特性を分析し、学習ノート型の達成度評価票と、運動学習のためのコンピュータソフトウェアを構築した。これらの運動学習技術は、ICTを活用した体育やスポーツ学習に大きな貢献をすることが予想される。

### (1)学習ノート型達成度評価票の構成

小学校の体育用では、器械運動(マット、跳び箱、てつぼう)、水あそびと水泳、サッカー(技術と戦術)、ボール投げであった。

中学校の保健体育用では、柔道、水泳、サッカー(技術と戦術)、バレーボール(技術)であった。

運動項目は、運動局面に分解された画像イラストで構成され、動作のポイントが記述さ

れた。

体育評価での運動技能評価として、運動項目ごとに、達成度評価得点が得られた。

### (2)運動学習アルゴリズムのための項目特性

#### 適応型テストのための項目特性

項目反応理論(IRT)分析を適用して、すべての運動(単元)について、運動項目ごとの一次元性と適合性、運動項目ごとの特性曲線(ICC)、運動項目ごとの特性値と能力推定値の不変性、運動項目ごとの情報量(IIF)、領域全項目のテスト特性曲線(TCC)、領域全項目のテスト情報量(TIF)、領域全項目の精度と信頼性、領域全項目の併存妥当性が明らかとなった。

#### 達成度評価のための運動項目間の階層性

CART(classification And Regression Tree)アルゴリズムによる分類二進木分析と回帰二進木分析を適用して、運動項目間に潜在するシンプレックス構造を確認した。運動項目間にみられるシンプレックス構造は、基本的な運動項目から専門的運動項目へと連なる階層的因果構造であった。この結果は、運動を学習する順序を示している。

### (3)運動学習のためのコンピュータソフトウェアの構築

運動学習アルゴリズムに適合した過程を構成した。運動を分解する。手本との相違を発見する。改善点を理解する。これらのプロセスを基本的で単純な運動項目からはじめて、専門的で複雑な運動項目へと学習が進行していく。

ICTを活用した体育やスポーツ学習のために、カメラ付きタブレット型PCで使用する。運動をカメラで撮影する。動画を分割する。運動局面に従って分割された画像を選択し、分解画像を作成する。手本と比較する。運動の改善点を発見する。

## 5. 主な発表論文等

[雑誌論文](計4件)

小林優希, 安藤梢, 増地克之, 西嶋尚彦: 中学校保健体育の柔道における技能の目標に準拠した評価のための学習ノートの構成, 身体運動文化研究(査読有)21:37-46, 2016. (<http://shintai.resocial.jp/>)

小林優希, 安藤梢, 西嶋尚彦: 項目反応理論を用いた柔道の後ろ受け身動作技能の目標に準拠した評価基準, 身体運動文化研究(査読有)20:11-24, 2015. <http://ci.nii.ac.jp/naid/40020482450>

西嶋尚彦, 子どもの体力・運動能力の向上を支える生活習慣. 栄養教諭(査読無)27号:14-19, 2012.

([https://www.nichibun-g.co.jp/column/education/eiyou\\_index/](https://www.nichibun-g.co.jp/column/education/eiyou_index/))

徐広孝, 西嶋尚彦, 子どものニューメディア使用と健康生活. 子どもと発育発達(査読無) 9 (4): 234-239, 2012.

(<http://www.kyorin-shoin.co.jp/MagDetail.aspx?PID=50360&LINK=magazine.aspx?PID=Z3>)

〔学会発表〕(計1件)

小林優希, 安藤梢, 増地克之, 西嶋尚彦: 中学校保健体育における柔道技能の評価のための学習ノートの構成. 身体運動文化学会創立20周年記念国際大会, 神戸学院大学(兵庫県神戸市), 2015.7.5.

〔産業財産権〕

出願状況(計1件)

名称: 画像表示装置、商像表示方法及びプログラム

発明者: 西嶋尚彦, 神池智生, 仁衡琢磨

権利者: 西嶋尚彦

種類: 特許

番号: 特願 2014- 160658 号

出願年月日: 平成 26 年 8 月 6 日

国内外の別: 国内

〔その他〕

ホームページ等

(1)運動学習のコンピュータソフトウェアの問合せ先

<https://www.penguins.co.jp/minja/>

「見ん者(iPad, Windows)」,

6. 研究組織

(1)研究代表者

西嶋 尚彦(NISHIJIMA, Takahiko)

筑波大学・体育系・教授

研究者番号: 50202239

(2)研究分担者

中野 貴博(NAKANO, Takahiro)

名古屋学院大学・スポーツ健康科学部・准教授

研究者番号: 50422209

鈴木 宏哉(SUZUKI, Koya)

順天堂大学・スポーツ健康科学部・准教授

研究者番号: 60412376

(4)研究協力者

徐 広孝(JO, Hirotaka)

小林 優希(KOBAYASHI, Yuki)

安藤 梢(ANDO, Kozue)

熊谷 紗希(KUMAGAI, Saki)

猶本 光(NAOMOTO, Hikaru)

筏井 りさ(IKADAI, Risa)

井上 真理子(INOUE, Mariko)

山田 大輔(YAMADA, Daisuke)

見汐 翔太(MISHIO, Shota)

横尾 智治(YOKOO, Tomoharu)

大澤 啓亮(OHSAWA, Keisuke)

松岡 弘樹(MATSUOKA, Hiroki)