

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 29 年 6 月 19 日現在

機関番号：12102

研究種目：挑戦的萌芽研究

研究期間：2015～2016

課題番号：15K12629

研究課題名(和文) ICT活用のための子どもの運動習熟特性の発見的解明

研究課題名(英文) Developmental resolution on motor improvement characteristics of children for utilization of ICT

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) 2,800,000円

研究成果の概要(和文)：項目反応理論分析を適用して、体育で習熟する運動機能の項目特性、テスト特性、達成度評価基準得点を分析した。項目特性値と運動習熟規則から、動画項目を伴うコンピュータ適応型評価アルゴリズムを構築し、タブレット型PC上のアプリを試作した。運動と動作の機能を視認している専門家による定性的分析から、体育で学習する運動習熟課題の評価基準と運動機能を構成した。新体力テスト8項目を測定し、体力テスト合計点とともに併存妥当性基準とした。運動局面の分解画像質問による学習ノート型の運動習熟調査票を用いて測定した。項目反応理論(IRT)の数理モデルを適用して、運動習熟パターンデータから項目特性を分析した。

研究成果の概要(英文)：The item and test characteristics, criterion-referenced evaluation score of motor skills improving in PE program were analyzed statistically using item response theory (IRT). Computerized adaptive evaluation algorithm with video questions was constructed using the item characteristic coefficients and rules on motor improvement. The application software working on tablet type PC was developed. The criterion motor functions of the tasks for motor improvement learning in PE were analyzed using the qualitative analysis with several experts who recognize the motor movements and functions. The criterion of concurrent validity of motor skill score measured from computerized adaptive test was Japan Physical Fitness Test score. The motor skill was measured using study-notebook typed questionnaire with video questions. The item characteristics were analyzed from pattern data on motor performance using mathematical model of IRT.

研究分野：スポーツ統計学

キーワード：運動習熟 運動学習 達成度評価 適応型テスト コンピュータテスト 子供 運動能力 体育評価基準

1. 研究開始当初の背景

(1) 学術的背景

研究代表者は、科研費基盤 A(H23-H26)「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」では、体育の授業で使用する学習ノート型の達成度評価基準とコンピュータアルゴリズム(特願中)を構築した。続いて、科研費挑戦的萌芽(H20-H21, H22-H23, H24-H25)では、コンピュータ適応型テスト技術を達成度評価のテスト理論に適用し、体育授業での運動と動作の学習過程における運動能力の達成度評価を構築した。次段階では、この最先端の適応型テスト理論とコンピュータテスト技術に、最新のデータマイニング技術を組み込み、体育授業で ICT を活用し、子供の主体的な「課題の発見+取組+評価+解決」行動を促進するために、運動習熟過程に潜在する動作間の因果関係や規則を発見的に解明することが必要不可欠であった。

国内外の研究動向をみると、最新のビッグデータに活用するデータマイニング手法を適用して、子供の運動習熟(できる/できない)過程に潜在する因果関係や規則を探索する試みは、現在のところ報告されていない。

ICT を活用した教育および、ICT を活用した体育を推進するための運動習熟要因の発見的解明に関する研究報告は、散見されない。

(2) 挑戦的背景

体育における運動習熟過程での多数の動作の達成に関与する規則と順序特性を発見することであった。

運動の習熟過程で、個人が成就した多数の動作の達成パターンデータから、動作間に潜在する因果関係と順序を抽出し、運動成就に関与する少数の主要動作間の規則を発見的に解明することであった。

そのために、決定木分析などの最新のデータマイニング手法を適用した。また、達成度評価のテスト理論である項目反応理論(IRT)分析を適用して、すべての動作の項目特性値(困難度)と動作技能得点(能力推定値)を分析することであった。

個人が習熟した様々な項目困難度の動作の達成には規則が潜在し、多数の動作項目で測定すると、「できる/できない」の成就パターンが抽出できる。このデータに達成度評価のテスト理論である項目反応理論(IRT)の数理モデルを適用し、全ての動作の項目特性値(困難度)と動作技能得点(能力推定値)を推定すること、また、動作技能得点を従属変数とする決定木分析を適用し、運動習熟に大きく関与する主要動作と主要動作間の規則を発見することが、斬新なアイデアであった。

体育で学習する運動を機能的な動作に分解し、達成度評価基準を構成することであった。

そのための尺度構成の手続きとして、定性

的分析法を適用して、専門家が視認している運動を構成する機能的な動作と、動作の達成基準(できる/できないの定性的な基準)を抽出することに挑戦することであった。体育で学習する運動の運動局面に従う機能的な動作と、すべての動作の達成度評価基準を抽出し、設問に運動の分解画像イラストを用いた学習ノート型の調査票を構成することであった。

運動習熟に関与する規則から、ICT を活用した体育の達成度評価のためのコンピュータ適応型アルゴリズムを構成することであった。

そのために、複数の技術を結合した。決定木分析による運動習熟における動作間の規則を発見する技術、達成度評価のテスト理論である項目反応理論(IRT)分析による達成度評価技術、個人の能力水準に適合した質問を選択していく適応型テスト技術、第3世代のコンピュータテスト技術、動画データベース技術、などを適用して、運動と動作の習熟のためのコンピュータ適応型アルゴリズムを構築することであった。

このような発見の手続きは、従来の統計分析の枠組みを大きく超えており、運動習熟の要因分析法における学術的な技術革新であった。ICT を活用した体育での運動習熟過程で、「発見的、思考的」な学習過程が展開可能となることが目標であった。

(3) 新規萌芽的背景

まったく新しい ICT 教育(体育)推進のための運動習熟アルゴリズムの発見的解明の試みであった。

実技テストでは測定が不可能である運動習熟に潜在する動作の習熟度を測定し、運動が「できるようになる」過程での機能的動作を達成度評価する技術を提案することであった。

尺度構成のための新しい測定技術を提案することであった。専門家が視認している機能的な動作の構成と、動作の達成基準を抽出し、分解画像イラストを作成し、学習ノート型の調査票を構築することであった。専門家が視認している動作機能とその達成基準を検出し、客観化することで、定性的に認識されていた機能的動作の定量技術を明示することであった。

達成度評価のための新しいテスト理論である項目反応理論(IRT)分析の適用により、すべての機能的動作の特性として、動作項目特性値(困難度)と動作技能得点(能力推定値)を推定することであった。

データマイニング分析から、機能的動作間に潜在する階層的因果関係を抽出することであった。決定木分析の適用により、多く機能的動作間に潜在する階層的因果関係(順序性)と規則を抽出することであった。

適応型アルゴリズムと動画データベースを結合することで、運動習熟のためのコンピ

ユーザ適応型アルゴリズムを構成することであった。このアルゴリズムを用いた ICT を活用した学習方法は、個人の運動能力水準に適合した新しい運動学習方法となる。体育の ICT 教育ツールとして活用可能なアプリ開発が可能となる。

2. 研究の目的

体育やスポーツ活動で ICT を活用する際に必要となる運動習熟過程に潜在する動作間の因果関係と、動作習熟課題を解決するために辿る学習コースに潜在する規則の発見的解明に挑戦することが、研究目的であった。

ICT を活用した体育やスポーツでの運動学習において、子供が主体的に運動習熟課題を解決する過程で発見した複数の運動や動作の間に潜在する因果関係や相関ルールを探索し、運動習熟に潜在する規則を発見することを目的とした。そのために、最新のデータマイニング手法を適用した。

得られた子供の運動習熟の規則を適用して、個人の年齢、体格、体力、運動能力の水準などに適合した運動課題に対して、主体的に動作間の因果関係を発見し、逐次的に課題を解決していく「思考能力育成型」の運動習熟アルゴリズムを構築し、タブレット型 PC に搭載するアプリケーションソフトウェア（アプリ）を試作することを目標とした。

3. 研究の方法

(1)H27 年度の研究

【目的】運動習熟課題の達成度評価基準を構成し、因果関係や規則の運動習熟特性を分析することであった。

【対象】小学中高学年（3 年生から 6 年生）児童、中学生、男女計 900 人程度であった。

【手順】運動と動作の機能を視認している専門家による定性的分析から、体育で学習する運動習熟課題の評価基準（定性的な評価基準内容）と運動機能項目を構成した。

新体力テスト 8 項目を測定し、体力テスト合計点とともに併存妥当性基準とした。

運動局面の分解画像イラスト質問による学習ノート型の運動習熟調査票を構成して、測定した。

項目反応理論 (IRT) の数理モデルを適用して、運動習熟パターンデータから項目特性値を分析し、体育で習熟する運動機能の達成度評価基準値を構成した。

新体力テストの体力合計点を基準として、併存妥当性を分析した。

決定木分析を適用して、運動機能間の階層的因果関係（単純 複雑への連鎖関係）を分析した。

運動習熟規則から、コンピュータ適応型アルゴリズムを構築し、タブレット型 PC 上で試行した。

【調査期間】調査時期は対象校と相談の上、年間単元計画を考慮して決定した。

【調査項目】各運動のテスト項目は「できる

／できない」の可否判定尺度を用いて構成した。初年度のため、2 学期以降に実施される領域を中心とした。器械運動系はマット 17 種目 99 項目、鉄棒 15 種目 84 項目、跳箱 7 種目 49 項目、武道系の柔道は 11 技 95 項目、程度で構成された。

【データ分析】決定木分析には、基本的に CART アルゴリズムによる分類二進木分析を用いた。運動習熟データには、基本 2 値モデルの項目反応理論 (IRT) 分析を適用して、テスト項目の一次元性と適合性、テスト項目特性曲線 (ICC)、テスト項目特性値と能力推定値の不変性、テスト項目情報量 (IIF)、テスト特性曲線 (TCC)、テスト情報量 (TIF)、テストの精度と信頼性、テストの併存妥当性を分析した。テスト項目特性値の推定には、ベイズ推定法を用いた。テスト項目の一次元性分析には、一因子分析とスクリーンプロットを用いた。

(2)H28 年度の研究

【目的】引き続きデータを追加し、運動習熟課題の達成度評価基準、因果関係、規則を分析し、運動習熟のコンピュータ適応型アルゴリズムを構成し、タブレット型 PC に搭載するアプリケーションソフトウェア（アプリ）を試作することであった。

【対象】小学中高学年（3 年生から 6 年生）児童、中学生、男女計 600 人程度であった。

【手順】新体力テスト 8 項目を追加測定し、体力テスト合計点とともに併存妥当性基準とした。

運動動作の分解画像イラスト質問による学習ノート型の運動習熟調査票を用いて、追加測定した。

項目反応理論 (IRT) の数理モデルを適用して、運動機能成就パターンデータから項目特性値と能力推定値を分析し、体育で習熟する運動機能の達成度評価基準値を構成した。

新体力テストの体力合計点を基準として、併存妥当性を分析した。

決定木分析を適用して、運動機能間の階層的因果関係（単純 複雑への連鎖関係）を分析した。

運動習熟規則から、コンピュータ適応型アルゴリズムを構築した。

タブレット型 PC 上で、コンピュータ適応型アルゴリズムを試行した。

【調査期間】調査時期は対象校と相談の上、年間単元計画を考慮して決定した。

【調査項目】各運動のテスト項目は「できる／できない」の可否判定尺度を用いて構成した。2 年度目のため、1 学期に実施される領域を中心とした。水泳系はクロールと平泳ぎで 9 種目 59 項目、器械運動系はマット 17 種目 99 項目、程度で構成された。

【データ分析】決定木分析には、基本的に CART アルゴリズムによる分類二進木分析を用いた。

運動習熟データに、基本 2 値モデルの項目

反応理論(IRT)分析を適用して、テスト項目の一次元性と適合性、テスト項目特性曲線(ICC)、テスト項目特性値と能力推定値の不変性、テスト項目情報量(IIF)、テスト特性曲線(TCC)、テスト情報量(TIF)、テストの精度と信頼性、テストの併存妥当性を分析した。テスト項目特性値の推定には、ベイズ推定法を用いた。テスト項目の一次元性分析には、一因子分析とスクリープロットを用いた。適応型アルゴリズムを構成した。

4. 研究成果

(1)H27年度では、運動の構造と動作の機能を視認している専門家による定性的分析から、体育で学習する運動習熟課題の評価基準(定性的な評価基準内容)を構成した。

定性的分析には、複数の専門家から意見を集約する方法であるデルファイ法を適用した。ここで、尺度構成のための抽出対象である運動の構造と動作の機能は、小学校と中学校の保健体育の教員と大学のスポーツ指導を専門とする教員に潜在していることが明らかとなった。そこで、QCの7つ道具の定性的分析方法である特性要因分析を併用して、言語による動作表記に加えて、運動局面における運動の構造と動作の機能を定性的な因果構造として、特性要因図に表記した。これにより、複数の専門家による意見集約が大きく推進した。今後の尺度構成の分析技術として、大きな成果となった。

運動局面の分解画像イラスト質問による学習ノート型の運動習熟調査票(学習ノート)を構成した。先行研究では、分解画像イラストを設問に用いた調査票は、見あたらない。質問紙調査票であるものの、設問で運動の構造と動作の機能(役割)を伝えて、「できる/できない」の成就を回答するためには、分解画像イラスト表記が必要不可欠であった。測定された2値データの相関構造から分析された一因子構造から判断して、分解画像イラストの貢献性が高いことが推察された。

項目反応理論(IRT)を適用して、運動習熟パターンデータからの項目特性値を分析し、体育で習熟する運動技能の達成度評価基準値を構成した。小学校と中学校の体育の単元を構成する逐次的な運動教材の達成パターンデータに達成度評価のテスト理論である項目反応理論分析(IRT)を適用することで、逐次的な運動教材項目の特性値と能力推定値を分析した。これらを用いて、運動教材項目の達成度評価基準値を構成することができた。これにより、運動分解画像イラストを用いた学習ノート(型調査票)に達成度評価基準値を付け加え、動分解画像イラストを用いた達成度評価型の学習ノートを構成することが可能となった。現行の学習指導要領が推奨する学習指導の評価方法として提示することが可能である。

新体力テストの体力合計点は、学習ノート型調査票から測定される運動技能得点に対

する併存妥当性基準として用いることができる。児童生徒の体力・運動能力の発達は、新体力テストを用いた体力・運動能力調査および新体力テストを用いた全国体力・運動能力、運動習慣等調査(全国体力調査)で、統計的に把握されている。学習指導要領に準拠して構成される体育の単元での運動技能の発達は、新体力テストを妥当基準とすることで、運動技能の達成度評価の妥当性を確認することができる。

階層的に構成されている体育の運動課題の達成パターンデータにデータマイニング分析を適用することで、運動習熟過程が統計的に分析できることを確認した。単元における運動教材は、基礎から発展へ、単純から複雑へ、という階層的順序性にしたがって構成され、実行され、達成度から運動技能が評価されている。統計分析とデータマイニング分析を適用することにより、単元における運動教材の内容的な定性的因果構造と順序構造を計量的な構造として確認することができた。

(2)H28年度では、体育で習熟する運動技能の達成度評価基準値を構成した。達成度評価のテスト理論である項目反応理論(IRT)の数理モデルを適用して、運動分解画像イラストを用いた達成度評価型の学習ノートから測定された運動技能成就パターンデータから項目特性値と能力推定値を分析し、体育で習熟する運動技能の達成度評価基準値を構成した。

つまり、単元の運動技能の達成度評価基準値付きの運動分解画像イラストを用いた達成度評価型の学習ノートが構成された。この成果は、現行の学習指導要領が推奨する学習指導の達成度評価方法として、提示することが可能である。

タブレット型PC上で作動するコンピュータ適応型評価アルゴリズムを構成した。体育での運動習熟過程における規則を適用して、個人の年齢、体格、体力などに適合した運動課題に対して、主体的に動作間の因果関係を発見し、逐次的に課題を解決していく「思考能力育成型」の運動習熟アルゴリズムを構築した。

項目特性値と運動習熟規則から、動画あるいは分解画像イラストを用いた質問によるコンピュータ適応型評価アルゴリズムを構築し、タブレット型PCに搭載するアプリケーションソフトウェア(アプリ)を試作した。小学校中高学年(3年生から6年生)、および中学生を対象とする体育、保健体育の複数の単元に対応するユーザーインターフェイスが開発された。

このアプリは、タブレット型PCが1人1人体制になったときのICTを活用した体育だけではなく、運動部活動、ならびに他の教科のICTを活用した教育のために、大きく貢献すると予想される。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕(計 2 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.

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.

〔学会発表〕(計 2 件)

横尾智治, 徐広孝, 合田浩二, 加藤勇之助,
西嶋尚彦: 高等学校体育における主体的問題
解決能力育成プロセスの検討. 日本体育学会
第 67 回大会, 大阪体育大学(大阪府泉南郡
熊取町), 2016.8.26.

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.

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) 研究協力者

増地 克之 (MASUCHI, Katsuyuki)
小林 優希 (KOBAYASHI, Yuki)
安藤 梢 (ANDO, Kozue)
熊谷 紗希 (KUMAGAI, Saki)
猶本 光 (NAOMOTO, Hikaru)
山守 杏奈 (YAMAMORI, Anna)
横尾 智治 (YOKOO, Tomoharu)
徐 広孝 (JO, Hirotaka)
松岡 弘樹 (MATSUOKA, Hiroki)
澤村 信哉 (SAWAMURA, Shin-ya)
田原 康寛 (TAHARA, Yasuhiro)
山田 稔 (YAMADA, Minoru)