

科学研究費助成事業 研究成果報告書

令和 6 年 6 月 16 日現在

機関番号：82727

研究種目：基盤研究(B)（一般）

研究期間：2019～2023

課題番号：19H01744

研究課題名（和文）ものづくりアスリート育成のための持続可能な科学的トレーニング法の開発と実証研究

研究課題名（英文）Development and Empirical Research of Sustainable Scientific Training Method for Monodukuri Athletes

研究代表者

菊池 拓男（Takuo, Kikuchi）

独立行政法人高齢・障害・求職者雇用支援機構職業能力開発総合大学校（能力開発院、基盤整備センター）・能力開発院・教授

研究者番号：20744775

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 6,600,000円

研究成果の概要（和文）：本研究の目的は、国際大会に出場するものづくりアスリートの訓練過程を調査し、得られる膨大な技能訓練と国際大会成績のデータを技能五輪国際大会の強化職種の訓練に適用し、科学的トレーニング法：Skill-tech（スキルテック）として定義しまとめた。本研究のモデル職種の代表強化選手の訓練時のデータ（日、週、月単位）を収集し技能訓練指標について考察した。また、第46回技能五輪国際大会特別版の3職種の代表エキスパート及び選手に対して強化訓練におけるデータの活用状況等について調査し分析するとともに、技能五輪国際大会の日本代表チームの全46職種の訓練計画を評価し、訓練計画策定のための要件を定義した。

研究成果の学術的意義や社会的意義

研究の意義は、ものづくりアスリートの技能訓練の現場を舞台に、長期にわたり熟練技能の習得期間を観察し、客観的かつ主観的な技能訓練データを収集・解析したことで、新たなアプローチとなり得る科学的トレーニング法の開発を実証的に初めて行った点にある。これにより、熟練技能訓練において経験やノウハウに依存しない持続可能なトレーニング法が確立できる可能性が生まれた。これは、創造的であり、新たな領域として学術的波及効果が期待できる。また、この研究は熟練技能の継承問題や労働力不足の解消にも貢献することが期待される。

研究成果の概要（英文）：This study was to develop a scientific training method by applying the data obtained from a long-term, in-depth study of the training process of "monozukuri athletes" competing in worldskills competitions to training for the strengthened competitors of the competition. Data (daily, weekly, and monthly) on the training of the representative competitors in the "information network construction," which is the model for this study, were collected and the skill training indices were discussed. In addition, we surveyed and analyzed the use of data in the training of experts and competitors representing the 46th WorldSkills Competition, and evaluated the training plans for all 46 skills of the Japanese national team for the WorldSkills Competition, and defined requirements for the development of training plans.

研究分野：技能科学

キーワード：職業訓練 技能五輪 技能科学 認知科学 技能訓練 スキルテック 科学的指導法

科研費による研究は、研究者の自覚と責任において実施するものです。そのため、研究の実施や研究成果の公表等については、国の要請等に基づくものではなく、その研究成果に関する見解や責任は、研究者個人に帰属します。

1. 研究開始当初の背景

我が国のものづくり産業の原点とも言える熟練技能を如何に効果的に継承するか、は多くの産業界に共通した喫緊の課題であり、多くの研究者が取り組んでいる学術的テーマである。このとき、ものづくり熟練技能者の一例となっているのが国際大会代表選手である。同大会は、青年熟練技能者を対象に隔年で72の国と地域が参加し開催される唯一の世界レベルの技能競技大会（第44回大会は52職種）で、各国の職業訓練の成果の見本市とも言える（菊池拓男 2016）。国際大会の結果は、若年者の熟練技能に対する意識付けになり長期的にもものづくり産業を支える人材育成に寄与することから、厚生労働省は技能五輪選手らを「ものづくりアスリート」と呼称したり、2023年に開催される第47回国際大会を我が国に招致したりするなどして、技能尊重気運の醸成を図っている（厚生労働省 2018）。しかし、金メダル獲得数上位常連国であった我が国は、第44回国際大会（2017年開催）においては史上最低の成績（金メダル3個）であった。他方、ここ数年の間に国際大会に参加し始めた中国など新興国の伸びは驚異的で、中国の金獲得数は世界一で15個であった。これまで強みとしてきたものづくり職種を含め、「我が国はメダル獲得数を伸ばすことが困難な状況」（技能五輪国際大会に出場する選手の競技力強化に関する指針、厚生労働省、2018）である。厚生労働省は、選手強化部会を設置し重点強化職種（以下、強化職種。第44回大会においては16職種。）を指定するなど、代表選手の強化策を検討・実施しているが、特に明らかにすべき点とされているのは、なぜ中国は短期間に熟練技能者を育成できているのか、である（選手強化部会資料 厚生労働省 2018）。この点は、2014年に湯川恵子が「これまで長期間の教育訓練が必要であった高度熟練技能の継承を短・中期で行う道筋を探っていくことが喫緊の課題」と述べていることから我が国の熟練技能継承策共通の問題であることが分かる。熟練技能継承に関する先行研究は、中村肇（2014）のように熟練継承策の課題や取り組みについて論じた研究、古川康一（2011）スキルサイエンスに代表される暗黙知の技能を形式知化し伝承をしようとする2つのアプローチが多い。しかしながら、熟練技能の効率的習得には、指導者の指導スキルが重要（菊池拓男 2015）であり、「いつ、どのように、どのくらい」指導すれば「どれくらい習得できる」のか、という課題は残されたままである。また、スポーツ科学の研究者である小田伸午（2012）が「科学者が明らかにする客観的動作と、動作する当事者が感じている主観的動作にはズレがあり、それを考慮することが重要である」としているように、熟練技能熟達の過程においては「こういう感じ」というコツ・カンの主観的知見も重要である点が見逃されている。それは、熟練技能の熟達過程の長期調査研究が必要で訓練効果測定も難しいことから、これまで学術的に解明されてこなかったからである。

この課題に関して、湯川恵子ら（2014）が、「マシニングセンタの加工作業をどのようなタイミングでどのような方法で教育するのか」という点について論じている。研究代表者は、国際大会金メダリストの技能を形式知化し（菊池拓男 2011）、マニュアル化することで効率的に技能伝承できる実証研究（菊池拓男 2014）などを行ってきた。また、科研費 JP16K01054 「国際的評価基準に適合した熟練技能継承のための職業能力開発プログラムの実証的研究」において、技能五輪選手の訓練過程に密着して熟練技能の熟達過程を認知科学の面から解析し、「技能者の熟達度の向上にはコンダクト・スキル（自分を理解し、動作を自己制御するための心理的技能）が大きく影響しており、熟練技能指導には被訓練者の技能習得レベルと相まった段階的負荷開放指導法が効果的であることを示した。また、科研費 JP18K02974 「熟練技能継承のための教育訓練数学的モデル構築とその実証的研究」により、様々な訓練条件を生産関数の変数とした最適化問題として捉え訓練モデルを構築する研究を行っている。そして、中国の国際大会の強さの秘密を探る（菊池拓男ら 2018）なかで、「技能訓練に科学的トレーニングを取り入れることが熟練技能を短期に継承させることに有効である。」ことを明らかにしている。

2. 研究の目的

本研究では、ものづくりアスリートの技能訓練の現場における様々なデータと国際大会の詳細な技能評価分析データをマイニングして「技能訓練指標（Skill Training Metrics: STM）」を定義する。これにより、被訓練者の客観的スキルレベルと相まって認知科学的スキルレベルを考慮した科学的トレーニングを可能とすることが本研究の目的である。

3. 研究の方法

本研究の国際大会モデル職種を、日本選手が国際大会7連覇という他に類をみない好成績を残している「情報ネットワーク施工職種」（以下、モデル職種）とする。

方法-1:熟練技能トレーニングの国際比較とノウハウの形式知化

(A)日中の国際比較：モデル職種は、中国選手が急速に力をつけ前回大会で同率一位となるなど日中のレベルが拮抗しているため、日中比較には最適である。日本側は第45回国際大会の代表選手 所属訓練施設、中国側は中国技能大会強化訓練基地（代表選手候補を集中的に訓練する各職種唯一の施設：以下、訓練基地、とする。天津にある）の訓練におけるデータの利活用状況と指導のノウハウや経験に関する暗黙知を指導員からヒアリングし、SCAT 法等により言

語化する。(国際大会の約1年前に行われる技能五輪全国大会で決定する。)

(B)職種間比較:本研究は特定の技能を対象にしたものではないため,モデル職種以外の職種の指導者(強化職種の5つの内,指導者自身が金メダリスト等であり熟練技能に対する知見を有する者)から(A)と同様にヒアリング調査等を行う。

方法-2 技能訓練データ収集とモデル開発

(A)モデル職種技能訓練データ継続収集:申請段階で既に開始しているモデル職種技能訓練データの収集を続ける。

(B)データマイニングによるSTMの選定:収集データを国際大会の成績及び評価基準をデータマイニングしSTMを選定する。技能訓練データの収集方法及びデータ形式等を標準化する。

(C)長期技能訓練データ収集:モデル職種24名の選手の訓練データを4年6か月にわたり収集するとともに,データマイニングを行う。長期間継続的に訓練観察することは本研究における重要ポイントである。同時に,中国代表選手候補5人のデータ収集を行う。

(D)トレーニングモデルの開発:技能訓練データと収集期間内に行われる大会における各選手の成績及び評価基準データよりSTMをマイニングする。これを段階的負荷開放指導法等に適用(図2)し,国際大会代表選手訓練において実証的にトレーニングモデルを開発する。トレーニングモデルは,各データの収集法,STMの算出・活用法,コーチング法が含まれる。

方法-3:トレーニングモデルの実証

開発標準トレーニングモデルを6つの強化職種の代表選手訓練で妥当性検証とフィードバックを行う。

方法-4:持続可能な科学的トレーニング法の提案と公開

実証結果をまとめ,持続可能な科学的トレーニング法を提案,公開する。

研究を進めるにあたり,技能訓練データの収集が上手いできない場合や定義した指標では不十分である場合も想定される。その際は,国際大会関係者や専門家の助言を得て解決を図る体制としている。本研究の成果は,科学技術教育関連の国内外の学会での報告,学会誌への投稿を行う。また,国際大会選手強化の場で実証する本研究の成果は,大会成績と共にメディアを通じて一般に広くアピールする。

4. 研究成果

本研究の対象モデル職種は,情報ネットワーク施工職種(研究終了年である2023年時点で国際大会9連覇中)とした。この職種に対して,「3. 研究の方法」により研究を進め以下の成果を得た。

熟練技能トレーニングの国際比較とノウハウの形式知化を行った。

研究発表「菊池拓男,羽田野健,半田純子,山下龍生:技能五輪国際大会メダル獲得国の訓練計画策定状況の分析,日本教育工学会研究会,2023」他)

技能訓練データ収集とモデル開発を行った。第46回技能五輪国際大会の訓練計画を横断的に調査し,短期間に職業技能の熟達化を促進する訓練設計法の要件を整理した。代表選手の強化訓練において,スキル分析を客観的かつ相対的に行ったうえでタクティクスに基づき,科学的データ等を活用しながら進捗をモニタリングし,指導法の最適化を図ることが必要であること,指導者のスキル分析と評価も重要な視点であることを示した。

論文「KIKUCHI Takuo, HADANO Takeshi: Proposal of a skill training method for UTP problem suppression based on analysis of ecological cognitive load and multiple-dimensional conducting skills, Journal of JSEE, 2020」

研究発表「菊池拓男:短期間に技能熟達を促進する訓練設計法の実践的探究,日本教育工学会全国大会,2024」

トレーニングモデルの実証:第46回技能五輪国際大会特別版の「情報ネットワーク施工」,「光電子技術」及び「再生可能エネルギー」職種の代表エキスパート及び選手に対して強化訓練におけるデータの活用状況等について調査し分析した。

論文「KIKUCHI Takuo, SOENO Atsuya, YAMASHITA Ryusei: Study of skill data analysis and training method of highly skilled installer in information network cabling, Journal of JSEE, 2020」

招待講演「菊池拓男:技能の高度化・伝承に向けたSASの機能と効果,日本塑性加工学会プロセス可視化・知能化分科会,2023」

研究発表「羽田野健,菊池拓男:技能訓練の学習サイクルにおけるテクノロジーベースド・フィードバックモデルの提案 スキルテックを活用した訓練効率化の試み,PTUフォーラム2021講演会,2021」

研究発表「菊池拓男:スキルテックを活用した熟練技能者の育成 光ファイバスピード競技を例に,PTUフォーラム2021講演会,2021」

研究発表「菊池拓男:スキルテックと熟練技能者の育成,PTUフォーラム2021講演会,2021」

研究発表「菊池拓男:スキルテックによる新たな技能訓練システム構築に関する取り組み 技能五輪を事例として-,教育システム情報学会第45回全国大会講演集,2020」

研究発表「菊池拓男：オンライン方式による遠隔競技会の実施とその考察，日本工学教育協会第 68 回講演会，2020」

研究発表「熟練技能者の統計的分析と動作密度マップによる科学的トレーニング法への展開 光融着接続作業を事例として - ，電子情報通信学会技術研究報告書 光ファイバ応用技術研究会，2020」

持続可能な科学的トレーニング法の提案と公開：収集したデータより，技能訓練指標について分析し，熟練技能の科学的トレーニング法を開発した．また，技能五輪国際大会の日本代表チームの全 46 職種の訓練計画を評価し，訓練計画策定のための要件を定義した．論文「KIKUCHI Takuo, HANDANO Takeshi, XUEHAI Peng, LIN Zhao, YANFEG Wang: Development of skill evaluation system using mixed reality and measuring the effect of evaluation quality, Journal of JSEE, 2020」

論文「YAMASHITA Ryusei, KIKUCHI Takuo: Select a training plan to succession on highly-skills using portfolio optimization, Journal of JSEE, 2020」

論文「KINOSHITA Yasuhiro, KIKUCHI Takuo: Approach to education training of new employees at Kinden Co.,Ltd and skills comeptitons,2020」

論文「SATO Takashi, KIKUCHI Takuo, TAKAHASHI Koji:Proposal and trial of vocational training for industrial robot technician compatible with the smart factory,2020」

論文「羽田野健，菊池拓男：アンダーパフォーマンス問題の解明に向けた仮説生成の試み 技能五輪国際大会の出場選手を対象として - ，技能科学研究，2020」

研究発表「菊池拓男：ものづくりアスリートのためのスキルテックを活用した訓練法の動向調査，日本教育工学会 2023 年春季全国大会，2023」

研究発表「Shigeyoshi Ohno, Takuma Toyoshima, Masaki Endou, Takuo kikuchi: To detect a deflation representing an event convergence in stream data, Proc. International workshop on informatics, 2019」

本研究成果は，次のメディアで以下のように掲載された（引用）。

日本経済新聞電子版，2023 年 8 月 8 日

日経ヴェリタス，2024 年 8 月

「技能分析」による指導は，様々な技能レベルの人の動作データを蓄積し，模範となる人の動作を分解して特色をつかむことで，一人ひとりの技能水準に合った内容にすることができる．その人がいま習得すべき技能に絞った指導が可能になる．「これまでの熟練技能の形式知化を超える効果を生みだせる」

技能データにもとづく新指導法は，技能五輪対策だけでなく，一般の人の職業能力の向上に広く役立てることができるのが特徴だ．『見よう見まね』と比べ，技能を習得する期間を短縮できる．自分の技能がどれだけ高まったかもデータで実感できるので，やりがいも増す．菊池氏は技能（スキル）と最新のテクノロジーの融合という意味で，「スキルテック」という概念を提唱している．

10 年，20 年頑張って一人前，という仕事がモノづくりの分野などでは少なくない．しかし，「そうした職業にいまの若い人たちは入ってこない」（菊池氏）．そこで出番になるのが，データにもとづき効率的な技能習得を促す新たな指導法だ．従来より短期間で技能レベルを上げられるようになることで，収入も増やしやすくなり，就業希望者の裾野を広げられる可能性がある．

日刊工業新聞，2024 年 7 月 31 日

今後は SAS を活用し，取得データによる短期間・効果的な選手育成を図るための指導法の開発や，各選手の技能レベルに合った効果的な指導・育成に役立てる．技能伝承など熟練技能者に関する課題解決への貢献も視野に入れる．

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計7件（うち査読付論文 7件/うち国際共著 1件/うちオープンアクセス 1件）

1. 著者名 羽田野健, 菊池拓男	4. 巻 38
2. 論文標題 アンダーパフォーマンス問題の解明に向けた仮説生成の試み - 技能五輪国際大会の出場選手を対象として -	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 技能科学研究	6. 最初と最後の頁 7-14
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -
1. 著者名 KIKUCHI Takuo, HADANO Takeshi	4. 巻 68
2. 論文標題 Proposal of a Skill Training Method for UP Problem Suppression Based on Analysis of Ecological Cognitive Load and Multiple-dimensional Conducting Skills	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Journal of JSEE	6. 最初と最後の頁 1_33 ~ 1_41
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.4307/jsee.68.1_33	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -
1. 著者名 KIKUCHI Takuo, SOENO Atsuya, YAMASHITA Ryusei	4. 巻 68
2. 論文標題 Study on Skill Data Analysis and Training Method of Highly Skilled Installer in Information Network Cabling	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Journal of JSEE	6. 最初と最後の頁 1_42 ~ 1_48
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.4307/jsee.68.1_42	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -
1. 著者名 KIKUCHI Takuo, HADANO Takeshi, XUEHAI Peng, LIN Zhao, YANFEG Wang	4. 巻 68
2. 論文標題 Development of Skill Evaluation System Using Mixed Reality and Measuring the Effect of Evaluation Quality	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Journal of JSEE	6. 最初と最後の頁 1_49 ~ 1_57
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.4307/jsee.68.1_49	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 該当する

1. 著者名 YAMASHITA Ryusei、KIKUCHI Takuo	4. 巻 68
2. 論文標題 Select a Training Plan to Succession on Highly-skills Using Portfolio Optimization	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Journal of JSEE	6. 最初と最後の頁 1_58 ~ 1_62
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.4307/jsee.68.1_58	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 KINOSHITA Yasuhiro、KIKUCHI Takuo	4. 巻 68
2. 論文標題 Approach to Education Training of New Employees at Kinden Co., Ltd. and Skills Competitions	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Journal of JSEE	6. 最初と最後の頁 1_116 ~ 1_118
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.4307/jsee.68.1_116	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 SATO Takashi、KIKUCHI Takuo、TAKAHASHI Koji	4. 巻 68
2. 論文標題 Proposal and Trial of Vocational Training for Industrial Robot Technician Compatible with the Smart Factory	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Journal of JSEE	6. 最初と最後の頁 1_75 ~ 1_80
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.4307/jsee.68.1_75	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

〔学会発表〕 計11件 (うち招待講演 1件 / うち国際学会 1件)

1. 発表者名 菊池拓男, 羽田野健, 半田純子, 山下龍生
2. 発表標題 技能五輪国際大会メダル獲得国の訓練計画策定状況の分析
3. 学会等名 日本教育工学会研究会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 菊池拓男
2. 発表標題 短期間に技能熟達を促進する訓練設計法の実践的探究
3. 学会等名 日本教育工学会全国大会
4. 発表年 2024年

1. 発表者名 菊池拓男
2. 発表標題 技能の高度化・伝承に向けたSASの機能と効果
3. 学会等名 日本塑性加工学会 プロセス可視化・知能化分科会 第9回セミナー（招待講演）
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 菊池拓男
2. 発表標題 ものづくりアスリートのためのスキルテックを活用した訓練法の動向調査
3. 学会等名 日本教育工学会 2023年春季全国大会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 羽田野健 菊池拓男
2. 発表標題 技能訓練の学習サイクルにおけるテクノロジーベースド・フィードバックモデルの提案-スキルテックを活用した訓練効率化の試み
3. 学会等名 PTUフォーラム2021講演会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 菊池拓男
2. 発表標題 スキルテックを活用した熟練技能者の育成-光ファイバースピード競技を例に
3. 学会等名 PTUフォーラム2021講演会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 菊池拓男
2. 発表標題 スキルテックと熟練技能者の育成
3. 学会等名 PTUフォーラム2021講演会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 菊池拓男
2. 発表標題 スキルテックによる新たな技能訓練システム構築に関する取り組み - 技能五輪を事例として
3. 学会等名 教育システム情報学会 第45回全国大会講演集
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 菊池拓男
2. 発表標題 オンライン方式による遠隔競技会の実施とその考察
3. 学会等名 日本工学教育協会第68回講演会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 菊池拓男
2. 発表標題 熟練技能の統計的分析と動作密度マップによる科学的トレーニング法への展開 - 光融着接続作業を事例として -
3. 学会等名 電子情報通信学会技術研究報告 光ファイバ応用技術研究会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Shigeyoshi Ohno, Takuma Toyoshima, Masaki Endou, Takuo Kikuchi
2. 発表標題 To Detect a Deflation Representing an Event Convergence in Stream Data
3. 学会等名 Proc. International Workshop on Informatics (IWIN'19), pp.141-146 (国際学会)
4. 発表年 2019年

〔図書〕 計1件

1. 著者名 和田 雅宏、PTU技能科学研究会	4. 発行年 2020年
2. 出版社 日科技連出版社	5. 総ページ数 160
3. 書名 インダストリアルエンジニアリングの最前線	

〔産業財産権〕

〔その他〕

-

6. 研究組織

	氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
研究 分担者	山下 龍生 (Ymashita Ryusei) (20750772)	独立行政法人高齢・障害・求職者雇用支援機構職業能力開発 総合大学校(能力開発院、基盤整備センター)・能力開発 院・助教 (82727)	

6. 研究組織（つづき）

	氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
研究分担者	大野 成義 (Ohno Shigeyoshi) (60648905)	独立行政法人高齢・障害・求職者雇用支援機構職業能力開発総合大学校（能力開発院、基盤整備センター）・能力開発院・教授 (82727)	
研究分担者	遠藤 雅樹 (Endou Masaki) (00648967)	独立行政法人高齢・障害・求職者雇用支援機構職業能力開発総合大学校（能力開発院、基盤整備センター）・能力開発院・准教授 (82727)	

7. 科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計0件

8. 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

共同研究相手国	相手方研究機関