

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 27 年 6 月 20 日現在

機関番号：13801

研究種目：基盤研究(C)

研究期間：2012～2014

課題番号：24501095

研究課題名(和文) 子ども自らが科学を追及するものづくり教材の開発と地域連携子ども育成システムの構築

研究課題名(英文) The development of the manufacturing teaching materials that child oneself investigates science and the construction of the regional alliances system of children's ability development

研究代表者

松永 泰弘 (MATSUNAGA, YASUHIRO)

静岡大学・教育学部・教授

研究者番号：80181741

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 4,000,000円

研究成果の概要(和文)：本研究において開発された教材は、不思議や驚きをともなう独創的な科学技術ものづくり教材であり、産業界の技術革新の一端に触れ、技術者と同じような創意工夫・試行錯誤をともなう経験が可能である。授業外で科学技術ものづくり体験が可能な場を、産学官が協力のもとに確立させ、ものづくり教室の評価システムを、行動主義的アプローチ、認知主義的アプローチ、社会構成主義的アプローチを用いて提示した。また、意識変化分析法・行動分析法を用いて子どもたちの変容を明らかにした。さらに、家庭での対話の中から知識の社会化について明らかにした。

研究成果の概要(英文)：The teaching materials developed in this study are the original materials with a wonder and a surprise, and experience of the inventive idea, the trial and error similar to an engineer. The opportunities of the children's manufacturing were established as an extracurricular activity by the industrial-academic-government cooperation. We suggested the evaluation system of the manufacturing classes using the behaviorism approach, the cognitivism approach, and the social constructivism approach. In addition, we analyzed the transformation of children using the consciousness change analysis and the behavior analysis. Furthermore, we analyzed the socialization of the knowledge from children's conversations with their family.

研究分野：技術教育・機械工学

キーワード：ものづくり教材開発 科学技術 授業実践 授業評価

1. 研究開始当初の背景

科学技術基本計画では、ものづくりを担う人材を養成・確保するため、幼い頃からものづくりの面白さに馴染み、創造的な教育を行い、子ども自らが知的好奇心や探求心を持って、観察、実験、体験学習を行うことにより、ものづくりの能力、科学的に調べる能力、科学的なものの見方や考え方、科学技術の基本原則を体得できるようにすることが強調されている。また、第3期科学技術基本計画では次代の科学技術を担う人材の裾野の拡大が挙げられている。そして、それに引き続く科学技術・学術審議会基本計画特別委員会「我が国の中長期を展望した科学技術の総合戦略に向けて—ポスト第3期科学技術基本計画における重要政策—²⁾」においては、「児童生徒の才能を見出し伸ばす取組の推進」として、「我が国では観察・実験等を重視した理科の授業を受けていると認識している生徒の割合が低く、また、科学への興味関心や科学の楽しさを感じている生徒の割合が低いと指摘されており、才能を持つ子どもを育む基盤として、科学技術への興味関心を高め、理科や数学が好きな子どもの裾野を広げていく取組を進めていくことが必要である。」と指摘している。

平成24年度から完全実施の新学習指導要領(中学校技術)では、ものづくりなどの実践的・体験的な学習活動を通して、基礎的・基本的な知識及び技術の習得のみならず、工夫・創造する能力と実践的な態度を育てることが大きな柱となり、ものづくり教育充実の観点から、エネルギー変換に関する学習が充実されている。また、小学校理科では、てこや振り子の運動にかかわる条件に目を向けながら調べ、見いだした問題を計画的に追究し、物の変化の規則性についての見方や考え方を養い、ものづくりを必ず取り入れなければならない内容になっている。

このような背景の下、H21-23年度科学研究費補助金により、「小中学校におけるものづくり大好き子どもたちを育む創意工夫教材の発展と実践展開」が研究され、機能性材料(形状記憶合金)を用いたエンジンカー教材、ものづくりとコンピュータ制御を学習する2足歩行ロボット教材、位置エネルギー利用の受動歩行模型教材の開発、機械式振り子時計が進められた。開発した教材を用いた実践では、教材の不思議・驚きが子どもたちの興味関心を引き起こし、創意工夫できる内容で学びへの熱中を誘い、基礎的・基本的な知識と技能の定着につながった。

2. 研究の目的

本研究で取り扱う開発教材は、不思議や驚きをともなう独創的な科学技術ものづくり教材であり、産業界の技術革新の一端に触れ、技術者と同じような創意工夫・試行錯誤をともなう経験が可能である。本研究では、これまでの数多くの実践を発展させ、新学習指導要領、科

学技術基本計画の実施を促進するための研究を行う。学校現場では、実験から得られる科学的データを設計に生かす追求・探求を行い、試行錯誤によるものづくりを経験する。関心意欲の原動力は、教材の持つ不思議さや驚きであり、熱中する子どもたちの姿が出現する。さらに、地域でのものづくり教室の定期開催が可能となる産官学が連携した子ども育成システムの構築を行う。

3. 研究の方法

形状記憶合金エンジンのトルク発生原理解明や受動歩行模型の土踏まず形成発見など優れた研究成果の実績を生かし、科学を追及する科学技術ものづくり教材として発展的改良を行う。教材の発展的改良は、大学教員の指導の下、大学院生を含め20名の学生が開発チームを編成し、開発に取り組む。研究協力者として企業技術者・地場産業の参加により、産業界の技術革新を取り入れた教材を目指す。静岡県下の教員が集まる研究会で実演し、マニュアルを配布し、意見を聞きながら、より豊かな教材に近づける。

過去10年間、年間20~30回の豊富な実践経験から結びついた産官学連携の力を活用し、地域連携子ども育成システムの構築とものづくり教室評価を行う。ものづくりサポーターの支援を受けながら、世代間交流による地域連携ものづくりを強固なものにする。

本研究では、独自に開発してきた子どもたちが創意工夫し、学びに熱中する教材として、以下の5本柱で開発を行い、幼稚園・小中学校のものづくりにおける創意工夫教材、ロボット教材、科学を追及する科学技術ものづくり教材として発展的改良を行う。

- ① 機能性材料を用いた形状記憶合金エンジンカー教材
- ② 位置エネルギーを利用する受動歩行教材
- ③ サーボモータを用いた2足歩行ロボット教材
- ④ 時を刻むからくりを含んだ機械式振り子時計
- ⑤ 慣性の法則などを学ぶ小学生用ものづくり教材

授業外で科学技術ものづくり体験ができる場を、産官学が協力して支えていく地域連携子ども育成システムを構築する。ものづくり教室運営に関わるものづくりサポーターの支援を受けながら、ものづくり教室に対する学習指導要領に沿った評価システムを作成する。曖昧になりがちなものづくり教室に対して、その効果を明確化し評価することで、目的を明らかにする。

4. 研究成果

本研究で取り扱った開発教材(図1-3)は、不思議や驚きをともなう独創的な科学技術ものづくり教材であり、産業界の技術革新の一端に触れ、技術者と同じような創意工夫・試行錯誤をともなう経験が可能である。本研

究では、海外も含め数多くの実践(図4-7)を行い、新学習指導要領、科学技術基本計画の実施を促進するための研究を行った。学校現場では、実験から得られる科学的データを設計に生かす追究・探究を行い、試行錯誤によるものづくりを経験する。関心意欲の原動力は、教材の持つ不思議さや驚きであり、熱中する。さらに、地域でのものづくり教室の定期開催が可能となる産学官が連携した子ども育成システムの構築を行った。

本研究で新たに開発した教材には、小学生対象のものづくり教材として、慣性の法則を追究する紐を移動する模型教材、摩擦・モーメントを追究する2本のひもを登る模型教材、重心を追究する3次元平衡模型教材、一足跳び振子模型教材、回転模型教材、1本のひもを屈伸で登る模型教材、中学生対象のものづくり教材として、材料の変形を追究する曲げ木教材、機構を追究するオートマタ教材、オルゴールのゼンマイで動く金属製機械式振子時計教材、最先端の2足歩行ロボットにつながる足裏平面木製2足・4足受動歩行模型教材などがあげられる(図1-3)。

授業外で科学技術ものづくり体験が可能な場を、静岡市子どもクリエイティブタウン「まある」における産学官が協力して支えていく地域連携子ども育成体制の中に確立させた。ものづくり教室における学習指導要領に沿った評価システムとして、行動主義的アプローチ、認知主義的アプローチ、社会構成主義的アプローチを用いて明らかにした。また、意識変化分析法・行動分析法を用いて子どもたちの変容を明らかにした。さらに、家庭での対話の中から知識の社会化について明らかにした(表1,2)。



図1 紙製4足受動歩行模型

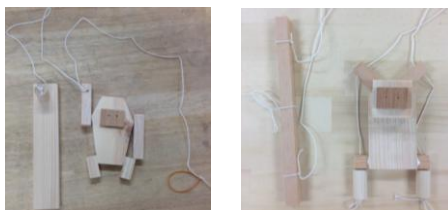


図2 ひもを移動・登る模型教材



図3 オートマタ教材



図4 モンゴルでのものづくり授業実践

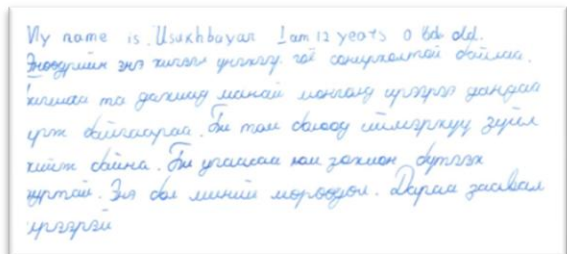


図5 モンゴルの子どもの感想

Төслийн ажил

Төслийн өмнө зорилго, үр дүнгийг тодорхойлох → Судалгаа хийх → Үзүүлэлт, төслийн үр дүнгийг тайлбарлах

Төслийн өмнө зорилго, үр дүнгийг тодорхойлох
 Мэргэжлийн хөгжлийн төлөвлөгөөний дагуу төслийн зорилго, үр дүнгийг тодорхойлох.

Судалгаа хийх
 Төслийн зорилго, үр дүнгийг тодорхойлох үндэс болж төслийн зорилго, үр дүнгийг тодорхойлох.

Үзүүлэлт, төслийн үр дүнгийг тайлбарлах
 Төслийн үр дүнгийг тайлбарлах үндэс болж төслийн үр дүнгийг тайлбарлах.

Төслийн өмнө зорилго, үр дүнгийг тодорхойлох

Зорилго: Энэ үеийг бүтээх үр дүнгийг тодорхойлох үндэс болж төслийн зорилго, үр дүнгийг тодорхойлох.

Хэрэглэх материал:

Цах	1. 2. 3. 4. 5. 6. 7. 8. 9. 10. 11. 12. 13. 14. 15. 16. 17. 18. 19. 20.
Төслийн өмнө зорилго, үр дүнгийг тодорхойлох	1. 2. 3. 4. 5. 6. 7. 8. 9. 10. 11. 12. 13. 14. 15. 16. 17. 18. 19. 20.
Судалгаа хийх	1. 2. 3. 4. 5. 6. 7. 8. 9. 10. 11. 12. 13. 14. 15. 16. 17. 18. 19. 20.
Үзүүлэлт, төслийн үр дүнгийг тайлбарлах	1. 2. 3. 4. 5. 6. 7. 8. 9. 10. 11. 12. 13. 14. 15. 16. 17. 18. 19. 20.

図6 モンゴルのオートマタ教材



図7 ブラジル人学校での授業実践

表1 子どもの変容と評価

	1st time ひもを移動する模型(木)	2nd time ひもを登る模型(木)	3rd time 飯道具を動かす模型(木)
各回の感想	まさつのは意味がわからなかつたけど、まさつのは意味がわかりました。	最初はボールだつたけど今は木で作り直した方が一番楽しかった。	最初ワタワタして、今は今日作ったコトコトです。とっても楽しかったです。
Student A			
全体の感想	一回目のひもを登る模型を作った時もボール・ストロー・ひもがあったので作ってみたい。うまく作れなかつたので、今日はひもを登る模型を作った。コトコトも作ることができた。今日はとても楽しかったです。でも、もう学生さんたちと国語をやるのが一番でいいです。また家でものづくりを大切に物を作りたいです。		
guardian	楽しそうに話をしてくれて、家でも話のやつを作りました。		
teacher	【普段の様子】 普段は日本語、特に社会について話し合いが多い。授業での発表や友達との積極的な関わりが見られる。ものづくり授業の様子を友達にアドバイスしたり、わからないことや困ったことを積極的に教師に聞いていた。家庭に帰ってからのほめる声も多かった。		

表2 保護者から見た子どもの評価

TEXT CODE	Sample	No
楽しそう 嬉しそう おもしろそう 喜んで	① 製作物を見せたり、授業の話をしてたりしている様子 自分で何かを作った披露している姿は、毎回とても嬉しそうでした。 ② の工具を使用したことを話している様子 はじめてののこぎりに少し苦戦したみたいだけど、楽しそうに話していたのでよかったです。 ③ 動作原理の説明をしている様子 学校から帰ってきてすぐに、おもちゃをどりだし私にやらせてくれました。「なんで上にかかるか知っている？ 摩擦だよ」と教えてくれました。とても嬉しそうでした。 ④ 遊んでいる様子 年中の弟がいるので説明してあげたりしていました。2人でとても楽しそうに動かしていました。	30 人
動作原理	作品を見せて「なぜ、こうなると思う？」と質問を出してきました。「摩擦の力！」「坂道のエネルギーだよ！」と目をまんまるくして説明してくれました。	11 人
工具、道具の 使用	家庭でのこぎり・小刀など使用した事がなかったので難しかったと話していました。でも、のこぎりで切る作業は楽しかったようでした。	11 人
達成感	工具を使うのは大変そうだったけど、できあがった時の達成感があったようです。	6 人
保護者以外の 他者への 関わり	年中の弟がいるので説明してあげたりしていました。2人でとても楽しそうに動かしていました。	5 人
授業後の製作物に 対する様子	とても楽しそうに、家で遊んでいた。学校で作った物を、さらに家で改良し、使い易い見た目もきれいにして完成させた。	5 人

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12件)

- ① 松永泰弘・石上雄規：中学校技術科における21世紀型スキル育成—形状記憶合金エンジンカー教材製作—, 静岡大学教育学部附属教育実践総合センター紀要, No. 23, pp. 159-168 (2015-3) (査読有)
- ② 松永泰弘・河村翔太：Showers-of-Emotion Theoryに基づくものづくり教材を用いた小学生工作教室, 静岡大学教育学部研究報告, 教科教育学篇, 第46号, pp. 119-132 (2015-3) (査読有)
- ③ 松永泰弘・前田耕典：みらい創造科教材としての紙製4足受動歩行模型の開発, 静岡大学教育学部研究報告, 人文・社会・自然科学篇, 第65号, pp. 165-179 (2015-3) (査読有)
- ④ 松永泰弘：科学技術ものづくり教材の開発と授業実践, 静岡大学生涯学習研究, 第17号, pp. 60-66 (2015-3) (査読有)
- ⑤ 山田哲也・松永泰弘：紙製模型を用いた小学校設計学習に関する研究, 教科開発学論集, 第3号, pp. 131-137 (2015-3) (査読有)
- ⑥ Tetsuya YAMADA, Kousuke MAEDA, Yasuhiro MATSUNAGA, Development of Design Education Method Using Passive Walking Paper Robots in Elementary School, International Journal of Innovations in Engineering and Technology, Special Issue-JTL-AEME, pp. 72-75 (2014-6) (査読有)
- ⑦ 松永泰弘・佐津川華子：中学校技術・家庭科における段返り人形教材の開発, 静岡大学教育学部研究報告, 教科教育学篇, 第45号, pp. 141-152 (2014-3) (査読有)
- ⑧ 竹下温子・宗信徳宗・松永泰弘：産学連携によるお茶の残渣を用いた塗料の開発および製品機能の向上をめざして, 静岡大学教育学部研究報告, 人文・社会・自然科学篇, 第64号, pp. 131-142 (2014-3) (査読有)
- ⑨ Yasuhiro MATSUNAGA, Arika DOHI, Lucia

Emiko YAMAMOTO : Manufacturing Class to Promote Cross-Cultural Understanding and its Possibility, International Conference on Teacher Education “Professional Education for Teachers in Asia-Pacific Region”, pp. 93-95 (2013-12) (査読有)

- ⑩ Yasuhiro MATSUNAGA : Development of Teaching Materials for Future Creation Classes in Combined Elementary and Junior High School, Innovative Technologies in Science and Education-III, pp. 3-6 (2013-7) (査読有)
- ⑪ Yasuhiro MATSUNAGA : Development and Practical Evaluation of Teaching Materials for Living Environment Study Classes in Elementary School, Current Issues on Fine Arts-Technology-Design Training and Some Ways of Their Solution, pp. 7-13 (2013-4) (査読有)
- ⑫ 松永泰弘・中田康太郎：中学校技術・家庭科におけるオートマタ教材の開発, 静岡大学教育学部研究報告, 教科教育学篇, 第44号, pp. 111-118 (2013-3) (査読有)

[学会発表] (計25件)

- ① 松永泰弘・増田和輝・中山カズト：幼児対象の段差による車輪付き回転模型教材の開発, 第32回日本産業技術教育学会東海支部大会講演論文集, pp. 11-14 (2014-12)
- ② 松永泰弘・木戸太紀：設計教材としての木製2足受動歩行模型の開発, 第32回日本産業技術教育学会東海支部大会講演論文集, pp. 31-34 (2014-12)
- ③ 松永泰弘・浜辺萌香・原田和明：設計学習のためのオートマタ教材の開発とオートマタ作品コンテストの展望, 第32回日本産業技術教育学会東海支部大会講演論文集, pp. 35-38 (2014-12)
- ④ 松永泰弘・池本沙紀・松永倫：腕を有する平面足裏二足受動歩行模型の開発, 第32回日本産業技術教育学会東海支部大会講演論文集, pp. 85-88 (2014-12)
- ⑤ 松永泰弘・松永倫：厚紙レーザー加工を用いた組立式2足受動歩行模型の開発, 第32回日本産業技術教育学会東海支部大会講演論文集, pp. 89-92 (2014-12)
- ⑥ 松永泰弘・松永倫：動く模型を用いた小学校図工におけるものづくり授業実践, 日本産業技術教育学会第57回全国大会(熊本)講演要旨集, p. 17 (2014-8)
- ⑦ 松永泰弘・池本沙紀・松永倫：平面足裏に脚部丸棒を貫通させた二足受動歩行模型の開発と運動解析, 日本産業技術教育学会第57回全国大会(熊本)講演要旨集, p. 61 (2014-8)
- ⑧ 山田哲也・岳野公人・松永泰弘：歩行模型を利用した小学校設計学習の教育方法, 日本産業技術教育学会第57回全国大会

- (熊本) 講演要旨集, p. 102 (2014-8)
- ⑨ 松永泰弘・浜辺萌香・原田和明: 科学・技術・芸術を融合した設計教材としてのオートマタの開発とオートマタ作品コンテストの展望, 日本産業技術教育学会第57回全国大会(熊本)機械分科会講演要旨集, p. 2 (2014-8)
- ⑩ 松永泰弘・木戸太紀: 科学・技術・芸術を融合した受動歩行模型教材の開発, 日本産業技術教育学会第57回全国大会(熊本)機械分科会講演要旨集, p. 3 (2014-8)
- ⑪ 松永泰弘: Showers-of-Emotion Theoryに基づく動くおもちゃものづくり授業ー授業と家庭の連携による内発的動機づけの深化ー, 日本産業技術教育学会第57回全国大会(熊本)機械分科会講演要旨集, p. 4 (2014-8)
- ⑫ 松永泰弘・松永倫: 小学校図工におけるものづくり授業の実践と定性的評価, 第31回日本産業技術教育学会東海支部大会講演論文集, pp. 15-18 (2013-12)
- ⑬ 松永泰弘・阿利佳・ヤマモト・ルシア・エミコ: 在日ブラジル人学校におけるものづくり授業支援とその評価, 第31回日本産業技術教育学会東海支部大会講演論文集, pp. 19-22 (2013-12)
- ⑭ 松永泰弘・河津友子: 一足跳び振子模型教材の開発, 第31回日本産業技術教育学会東海支部大会講演論文集, pp. 89-92 (2013-12)
- ⑮ 松永泰弘・植平大暉: 形状記憶合金エンジンを用いたオートマタの製作, 第31回日本産業技術教育学会東海支部大会講演論文集, pp. 93-94 (2013-12)
- ⑯ 松永泰弘・森島里菜: 回転模型教材の開発に関する研究, 第31回日本産業技術教育学会東海支部大会講演論文集, pp. 95-98 (2013-12)
- ⑰ 松永泰弘・西村一朗: 4足受動歩行模型における上肢下肢の運動に関する研究, 第31回日本産業技術教育学会東海支部大会講演論文集, pp. 99-102 (2013-12)
- ⑱ 松永泰弘・池本沙紀: 平面足裏に脚部丸棒を貫通させた二足受動歩行模型の開発, 第31回日本産業技術教育学会東海支部大会講演論文集, pp. 121-124 (2013-12)
- ⑲ 山田哲也・前田耕典・松永泰弘: 紙製教材を利用した小学校設計学習に関する研究, 日本産業技術教育学会近畿支部第30回研究発表会講演論文集, pp. 57-58 (2013)
- ⑳ 松永泰弘・土肥阿利佳・ヤマモト・ルシア・エミコ: 在日ブラジル人学校におけるものづくり授業支援, 日本産業技術教育学会第56回全国大会講演要旨集, p. 84 (2013-8)
- 21 松永泰弘・河村翔太: 作業断切率をもちいたものづくり教室の実践評価, 日本産業技術教育学会第56回全国大会講演要旨集, p. 85 (2013-8)
- 22 松永泰弘: 重心・振子・一足跳び倒立振

- 子によるものづくり2足歩行教材プログラムの開発, 日本産業技術教育学会第56回全国大会講演要旨集, p. 124 (2013-8)
- 23 山田哲也・前田耕典・松永泰弘: 紙製教材を利用した設計学習に関する研究, 日本産業技術教育学会第56回全国大会講演要旨集, p. 130 (2013-8)
- 24 松永泰弘・松永倫・池本沙紀: 木製2足受動歩行模型教材の足裏の平面化, 日本産業技術教育学会第56回全国大会講演要旨集, p. 131 (2013-8)
- 25 松永泰弘・西村一朗・渡邊凌: 上肢下肢をもつ4足受動歩行模型の開発, 日本産業技術教育学会第56回全国大会(山口)講演要旨集, p. 132 (2013-8)

〔図書〕(計 0件)

〔産業財産権〕

○出願状況(計 0件)

○取得状況(計 0件)

〔その他〕

なし

6. 研究組織

(1) 研究代表者

松永 泰弘 (MATSUNAGA, Yasuhiro)

静岡大学・教育学部・教授

研究者番号: 80181741

(2) 研究分担者

なし

(3) 連携研究者

なし