

**科学研究費助成事業 研究成果報告書**

平成 29 年 6 月 17 日現在

機関番号：32692

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2014～2016

課題番号：26350246

研究課題名(和文) 経験価値の見える化を用いた共創的ものづくり教育プラットフォームの開発と検証

研究課題名(英文) A study on Visualization of Co-Creation and Experience using an Educational Platform in Higher Manufacturing Education

研究代表者

大山 恭弘(OHYAMA, Yasuhiro)

東京工科大学・工学部・教授

研究者番号：00233289

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,700,000円

研究成果の概要(和文)：本研究の目的は、ものづくり教育の質の向上を図るために共創が生じるメカニズムを見出し、共創を導くプラットフォームを開発することである。PBL実験科目を対象とし、経験価値を相互交換する共創項目として、会話共有、実験作業、単独作業に見える化したところ、会話共有と実験作業項目とのバランスが良いチームの制作物の完成度が高いこと、会話共有の多いチームの心理的満足度が高いことが分かった。この結果より、離れた場所で作業を行っているチームが相互に描画データを交換し会話を促すシステムをプラットフォームとして構築するとともに、会話共有と実験作業を促進するような新しいものづくりテーマについて試作・検討を行った。

研究成果の概要(英文)：This research aims to find out a mechanism for learners' getting the ability of manufacture marketable production and to develop a new educational platform for PBL in higher manufacture education. At first, we visualize the co-creation and experience value from robot manufacturing experiments, and introduce the relativity of the both values by multiple regression analysis. The result shows that the team which has good balance of communication and manufacturing activity made a good quality robot and that members of the team which has many conversation exchanges were psychologically satisfied. According to the result, a platform to exchange communication by hand drawings for separated learners is developed and tested at the class. Finally, a prototype modular robot made by 3D printer for the PBL is proposed.

研究分野：制御工学

キーワード：価値の見える化 ものづくり教育 eラーニング

## 1. 研究開始当初の背景

(1) 製造業において、動作を伴うものづくり技能を現代若者に伝授する教育の在り方の大きな問題として、これまでのものづくり教育の現場では、専門的自立性を求めるあまりに、他者と関わることよりも一人で自立的に装置や器具を扱い、観察・考察する能力の養成に重点を置いてきたため、他者の刺激を受けることがないこと、器具を扱う身体動作スキルが低い学生は一般に学習継続性が低い傾向があること、言語コミュニケーションが低い学生ほど客観的な製品の使い勝手評価ができないこと、の3つが挙げられる。ものづくり教育で修得すべき最重要項目は、市場に受け入れられる製品を産みだせることにある。このためには、デザイン、装置操作性、実装性、ユーザ評価の見直し作業を繰り返すことが重要である。これができるようにするには、ものづくり技能者素養(継続的学習意欲の維持、他者とのコミュニケーション円滑化、発想力向上、操作技能熟達など)の養成が必要であるが、現代の若者にはこれが適しなくなりつつある。

(2) 研究代表者は、ものづくり教育のeラーニングシステムの開発と検証研究[1][2]を通して、経験価値(製作・使用の経験を通じて得られる感動や満足感の心理的価値)を学習者と話し合うことで、意欲向上、高い継続性、他者との共感と違いを認識でき、また発想力が高められる事実を指摘した。これは、ものを作るという特徴があるためである。また、言語コミュニケーション能力の比較的低い学生でも、ネットワーク上の非言語表現を駆使し、長時間、非言語コミュニケーションを続けられることに気付いた。そこで、ものづくり教育の特徴的なデザインや装置操作性に適する経験価値を明確にし、これらの情報の見える化を図ってグループ学習全員に提示することで、各学習者が感動や満足感を感じ継続的学習意欲を維持できると同時に、他人の感動や満足感を知ることで、議論が活発化して共創(他者と連携してよりよいモノを作り出そうとする試み)を導けるものと考えた。これにより、上記の3つの問題解決の糸口を与え、かつ、ものづくり技能者素養の養成が、現代の若者に適する形で行え、さらに、言語表現の補完として非言語表現を活用することで、感動、満足感を直感的に表現しやすくなり、言語コミュニケーション能力が比較的低い学生にも、このような教育法が有効であると考えた。

[1]大山恭弘、他、中堅技術者のための制御技術教育，電気学会産業応用部門大会，2-S1-3，2010

[2]大山恭弘、他、遠隔センシング実習システムの構築，計測自動制御学会，SI部門大会 pp.645 - 646，2008

## 2. 研究の目的

(1) 本研究は、ものづくり教育授業を受ける

学生を対象とし、経験価値の見える化(データ化と提示化)を図ることで、次の二つの主題を検証する。

・各学習者がどれだけ感動や満足感を感じ、その上で、継続的学習意欲をどれだけ維持できるのかを検証する。

・他人の感動や満足感をどれだけ共有でき、そのことが、共創(他者と連携してよりよいモノを作り出そうとする行為)にどれだけ結びつくのかを検証する。

この上で、共創が生じるメカニズムを探り、ものづくり技能者素養(継続的学習意欲の維持、他者とのコミュニケーション円滑化、発想力向上、操作技能熟達など)の向上にどれだけ寄与できるかを考察することを目的とする。

(2) 本研究では、前提条件として、長期(半期の授業を想定)に渡るPBL型実習授業を対象とする(短期実習では本研究内容を検証できないため)。また、事前に必要な知識(理工学知識、道具の使い方)は講義で与えておくものとする。これらの前提条件のもとで、本研究では次の～を明らかにする。

共創の項目検証とメカニズム分析

ものづくり教育に相応しいと考える共創の項目を検討し、上記のデータから相応しい共創項目を見出す。相応しい項目を見出した後に、各共創と教育環境、教育内容、グループと教員との相性などとの関連や、それらの変化のプロセスを観察することで、各共創項目のメカニズムを明らかにする。

経験価値の項目の見える化の検討

経験価値である感動・満足感の心理的価値の項目を、心理測定やビデオ分析による集中度、継続時間計測などを行い、継続的学習意欲の維持に関連する項目を見出し、その有効な見える化(データ化)の方法を明らかにする。

共創的ものづくり教育プラットフォーム運用法

共創の生じるメカニズムから実際の教育に適するような経験価値の見える化プラットフォームの設計と運用法を検討する。特に遠隔地のグループ間でも共創の発生を支援できるような工夫を施し、開発したプラットフォームを適用するときの条件(授業に支障のない運用法)、および適する心理分析法、提示法などを実証実験により見出す。

技能者素養の向上要因

上記の結果より、共創の生じやすいPBL型実習テーマ・題材を試作し、技能者素養を向上させる要因を、経験価値および共創の各項目と関連させて検討する。

## 3. 研究の方法

(1) 共創の項目検証とメカニズム分析

競技性のあるPBL型実習実験を題材に、ビデオカメラで複数のグループの作業状況を観察し、観察データから、上記で設定した共創項目の抽出を行う。長時間にわたる実験の

ため、原則として実験時間帯の共通の一定時間を観察し、各項目が観察された時間を点数化するものとする。これらのデータと最終競技の勝率との相関関係などを導き、共創項目との因果関係を分析し、各共創におけるメカニズムを明らかにする。また、実験終了後の感動・満足感をデータ化し、共創項目との関連を明らかにする。

#### (2) 経験価値の項目と見える化の検討

経験価値の項目と、感動・満足感の項目の抽出とそれらのデータの見える化の検討を行なう。これには、学習者に対する心理測定（アンケート/インタビュー調査）と生体測定（両面から実施する。心理測定では、実験データ記録や確認のチェック項目を多く用意し、このチェックが正しく行われているかで集中度を測ったり、実験終了後の意欲に関するアンケートとインタビューによる心理分析を用いて、感動・満足感をドキュメントや図、映像などで見える化を図るなどの工夫を施す。心理測定だけでは、学習者本人の気付かない心理の変化や感動の発現を測定しきれないため、学習者の生体情報（3次元姿勢、顔の表情、視線推定など）の分析を行い、感動や満足感の推定を行う。

#### (3) 共創的ものづくり教育プラットフォーム運用法

共創の生じるメカニズムの知見に基づいて、実際の教育に適するような経験価値の見える化プラットフォームの設計と運用法を検討する。特に遠隔地のグループ間でも共創の発生を導くような工夫を考え、隔絶された部屋で実施しているグループ間での情報提示のシステムを構築して、実証実験を行う。

#### (4) 技能者素養の向上要因

共創の生じやすいPBL型実習テーマ・題材として、3Dプリンタを用いたモジュール型ロボットを前提に、PBL型実習での利用可能な形状、内容を検討し、試作する。

### 4. 研究成果

#### (1) 共創項目と見える化の検討

##### 観察対象実験

本研究では、観察するものづくり教育として、5~6人チーム(班)でロボットを開発し、勝敗を競うロボットコンテスト型の競技を実施する実習授業を対象にした。この授業の学習の到達目標はマイクロコントローラのプログラム開発技術の習得、LEGO MINDSTORMS NXTを用いたロボット制御技術の習得、これらを組み合わせた移動型ロボットをチームで試作できること、実験報告書の作成とチームの成果を発表する能力を身につけることの4つである。チームごとにロボットを1機試作し、競技大会に参加する形式である。複数人で構想や作戦などの意見を出し合い、ロボット機構を組み立て、プログラムを組み込み、手動、自動の組み合わせた動作を行うロボットを製作し、対戦型で成果を競うものである。15週(半期間)で完結する授業であるので、

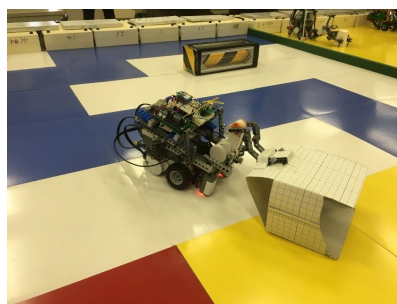


図1 チームで制作する競技ロボット例



図2 チーム作業例とビデオ観察



図3 共創のないグループ例



図4 共創のあるグループ例

2年間で4セット分を観察し、データ収集方法・分析方法を検討しながら年度の異なる2セット分をデータとして抽出した。なお、各セットでは15チームほどあるので、無作為に5チームを観察対象とした。

##### 共創項目の抽出

この実験において、学習者に対する心理を測定し、映像による行動を分析する。図2に実習授業の観察の様子の一部を示す。図3は6人組の班でPC作業をしている学習者が5人、機構試作をしている学習者が1人いるが、班員全員が個人単位で作業をしている様子である。図4は図3と異なる6人班であるが、共同で回路構築をしている学習者、共同での機構試作をしている学習者、試作物はないがPCの画面を参照しながら会話共有をしてい

る学習者、各2名で3つの共創が生じている様子である。図2のように、学習者の変化する行動を観察して学習者が得た成果や技術との相関関係を分析した。

経験価値を数値化するために、学習者の行動観察から共創項目を抽出し、経験価値との結びつきを調査した。学習者には大きく分類して3種類の行動があることがわかった。表1の『会話共有』は班員同士でのコミュニケーション有無とその人数である。『実験作業』は班員の作業内容である。一方、『共創なし』は会話の共有や実験作業の共有がなかったときである。約5時間×15回の実習時間の前半の10回をビデオデータに記録し、その中から60分間の作業を5分毎に観察し、表1にしたがって点数化した。

#### 経験価値の抽出

学習者の心理測定をするため、実験最終回に表2のようなアンケートを実施し、学習者が共創を実感した有無(具合)、実験中に生じた課題解決の有無、実験中の学習を通じた技能の熟達具合を調査することにした。質問内容について、点数を対応させ集計を行う。あてはまる(5点)・ややあてはまる(4点)・どちらともいえない(3点)・ややあてはまらない(2点)・あてはまらない(1点)の5段階の解答とした。

#### (2) 共創的価値の評価について

2年間にわたるデータの分析結果をグラフ化して比較したのが図5、図6である。結論を簡潔にまとめると

- ・会話共有と実験作業項目とのバランスが良いチームの制作物の完成度が高いこと
- ・会話共有の多いチームの心理的満足度が高いこと

#### (3) 共創的ものづくり教育プラットフォーム運用法

共創において会話共有が重要なファクターであることは分かった。離れた環境でのPBL授業に対して、グループ間での情報共有を行う仕組みを検討した。本研究では、まず機体の設計時や製作時の情報を、会話という特定の時間に拘束しない方法として、図や文字を直接書き込むことができ、かつ操作が容易であるペンタブレットを遠隔間コミュニケーションツールとして使用する図7のようなプラットフォームを試作し、グループ間の交換情報について分析した。初期の授業では、図や文字によるコミュニケーションが頻繁に行われたが、タブレットによる情報交換の方法を試す内容もあったが、機体構想案の図による表現や、文字による状況報告も見られた。次の授業では、しだいに文字による状況報告が頻繁に行われ、図が少なくなり、しだいに競技会に向けて、時間などの連絡事項が増えた。この結果、まだ、試作段階ではあるが、タブレット情報など時間を拘束しないで互いが自由に書き込めるツールも共創を促進する一つであると考えられる。

表1 共創項目の分類

分類	共創項目	パラメタ	加点数
会話共有	2人のみ	A1	3
	3~5人	A2	2
	班の全員	A3	1
実験作業	PC作業	B1	該当人数
	製作作業	B2	
共創なし	会話共有なし	N1	
	作業していない	N2	
	何もしていない	N3	

表2 達成感・満足感の調査

	質問内容
共創感	班員と協力して製作できたか
達成感	課題を達成することができたか
技能熟達感	電子回路作成技術が身についたか
	組み込みシステム開発技術が身についたか
	ネット機構の試作技術が身についたか

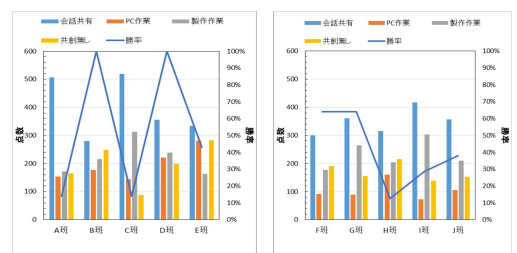


図5 行動分析結果(各共創項目と勝率)  
(左2015年度:右2016年度)

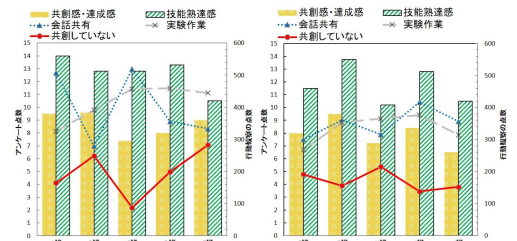


図6 心理分析結果  
(左2015年度:右2016年度)

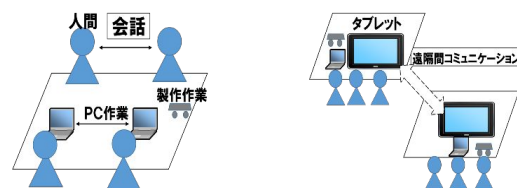


図7 遠隔教育プラットフォーム概念図

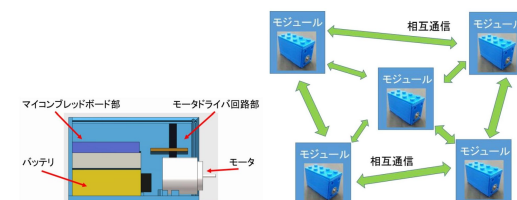


図8 試作ものづくりモジュール

#### (4) 技能者素養の向上要因

会話共有と実験作業項目とのバランスが良いチームの制作物の完成度が高いという結果と会話共有の時間が多いチームの満足

度が高いというデータがあるものの、このような PBL 型の授業として、1 つのロボットを複数人で試作するため、設計担当・プログラミング担当等、担当箇所が分割されてしまう傾向や、共創がうまく生み出されないため、担当箇所が振り分けられず、作業に参加できない学習者が出てしまう等の問題があった。そこで、各自が同一機能のモジュールを少なくとも一つ製作し、かつ複数のモジュールを組み合わせて一つのロボットにする形のロボットとして、図 8 のようなモジュールを考案し、試作した。本研究で試作したのは、一案であり、有効性については今後実際の授業等に導入して評価する必要がある。

本研究では、PBL 型の実習授業を観察することにより、グループ内で互いの経験価値を共有し、共創により一つのを完成する過程から共創項目と完成度の関係を見える化し、関係性を見出した。PBL 型の実習授業においては、会話共有を促進し、しかも個人のタスクをうまく配分できる時に、共創が良い結果を導くと考えられる。ただし、このような関係性については、授業規模、グループ人数、製作テーマに依存することも考えられるので、今後、同様な実習のケーススタディが必要と考えられる。

#### < 引用文献 >

BENGU G., SWART William. A computer-aided, total quality approach to manufacturing education in engineering. IEEE Transactions on Education, Vol.39, No.3, pp.415-422, 1996

#### 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 1 件)

三橋郁, 大山恭弘, “東京工科大学のロボットコンテスト型学生実験における PBL 教育と共創価値の構築” 日本設計工学会, 査読無, Vol.51, No.9, pp.612-619 (2016 年)

##### [学会発表](計 7 件)

柳優太, 三橋郁, 大山恭弘, “教育現場におけるモジュラーロボット試作体験の提案” 第 17 回 計測自動制御学会 システムインテグレーション部門講演会 SI2016, 札幌コンベンションセンター, 北海道札幌市 (2016 年 12 月 15 日)  
Kaoru Mitsuhashi, Yasuhiro Ohyama and Hiroshi Hashimoto, “Visualization of Co-Creation and Experience in Higher Manufacturing Education”, The 4th international conference on Serviceology (ICServ2016), September 6-8, Shibaura Institute of Technology,

Koto-ku, Tokyo, Japan, 2016

三橋郁, 大山恭弘, 橋本洋志, “工学実験教育での共創と経験的価値の見える化” サービス学会第 4 回国内大会, pp.379-383, 神戸大学, 兵庫県神戸市 (2016 年 3 月 29 日)

小田尚宣, 岡田浩信, 三橋郁, 橋本洋志, 大山恭弘, “ものづくり教育における共創的価値と経験的価値の見える化 学生実験共同作業の調査と分析” 第 15 回計測自動制御学会システムインテグレーション部門講演会 SI2015, 名古屋国際会議場, 愛知県名古屋市 (2015 年 12 月 16 日)

Kaoru MITSUHASHI, Yasuhiro OHYAMA, Hiroshi HASHIMOTO, “Miniaturization and Drive evaluation of Modular Robot by 3D Printer”, 41st Annual Conference of the IEEE Industrial Electronics Society (IECON2015), November9-12, Yokohama, Kanagawa, Japan, 2015

Kaoru MITSUHASHI, Yasuhiro OHYAMA, Hiroshi HASHIMOTO, Shintaro ISHIJIMA, “Production and Education of the Modular Robot made by 3D Printer”, The 10th ASIAN CONTROL CONFERENCE (ASCC2015), pp.1-5, June1-3, Kota Kinabalu, Malaysia, 2015

三橋郁, 大山恭弘, “3D プリンターによるモジュラーロボットの試作と教育”, 日本設計工学会 2015 年度春季研究発表講演会, 日本大学理工学部, 千葉県船橋市, (2015 年 5 月 30 日)

#### 6. 研究組織

##### (1) 研究代表者

大山 恭弘 (OHYAMA, Yasuhiro)

東京工科大学・工学部・教授

研究者番号: 00233289

##### (3) 連携研究者

三橋 郁 (MITSUHASHI, Kaoru)

東京工科大学・工学部・助教

研究者番号: 60553211