

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 26 年 6 月 26 日現在

機関番号：13102

研究種目：挑戦的萌芽研究

研究期間：2012～2013

課題番号：24650523

研究課題名(和文)コンクール方式を生かした技学と科学の共進化的アルゴリズムの構築

研究課題名(英文)Construction of a co-evolutionary algorithm GIGAKU and science utilizing the contest system

研究代表者

新原 皓一(Niihara, Koichi)

長岡技術科学大学・学内共同利用施設等・教授

研究者番号：40005939

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,000,000円、(間接経費) 900,000円

研究成果の概要(和文)：近年の急速な技術革新において、技術の問題はより複雑になり、ブラックボックス化が進んでいる。この背景の下、本学では、技術科学、すなわち技学を標榜した人材育成を行っている。本研究は、高専から技術科学大学大学院の12年一貫教育の利点を生かし、高専生がなじみの深いコンクール形式によって、技学と科学を共に研鑽させるための新しい教育システムを構築することに取り組んだ。題材として三次元プリンタを取り上げ、異なる学科、学年、背景を有する学生のチームを形成し、こ学生が自発的に自己研鑽出来るスキームを構築した。この活動を通じて技学と科学の双方の知見を有する指導的人材の育成手法の開発とその実践を行った。

研究成果の概要(英文)：In rapid innovation in recent years, the problem of technology has become more complex. Black box is in progress. In our university, science technology, that is, made education GIGAKU. The GIGAKU, "re-captured from the aspect of science a variety of technical objects of reality, thereby science of technology to develop further the technology system" is. In this study, we take advantage of consistent education graduate from technical college, technical college students to educate the contest format familiar. It's working to build a new education system. I have studied the three-dimensional printer as a subject matter. I formed a team of students with different departments, different grades, different backgrounds. I constructed a scheme that can spontaneously self-study students. Through this activity, a managerial sophistication students also equips. I went to the practice and development of training techniques of leading human resources.

研究分野：科学教育

科研費の分科・細目：科学教育・教育工学

キーワード：科学教育 教育工学 技学教育

1. 研究開始当初の背景

産業構造が複雑になる社会において、暗黙知と呼ばれるような非常に複雑な技術の組み合わせによる形式知になりにくい技術が多く開発されている。このような実際の技術を科学の目によって解明し、さらにこれに基づき画期的な解決方法を提案することが求められている。本学においては、技術科学大学の名の通り、「技学」を標榜した実践的な教育手法を新たに開発し、それを実践してきた。ここに、「技学」とは、「現実の多様な技術対象を科学の局面からとらえ直し、それによって、技術体系をいっそう発展させる技術に関する科学」です。理学・工学はもとより経営・安全・情報・生命についての幅広い理解を踏まえ、未来のイノベーションを志向する実践的技術を創造するものである。

研究者の所属する長岡技術科学大学は、工学系の国立大学法人であり、また、入学生の約 80% が高等専門学校から入学することから、全国の高等専門学校との教育連携に力を入れてきた。更に、創立以来、30 年以上に渡って実務訓練と称するインターンシップを正課に取り入れ、4 ヶ月～6 ヶ月に渡る長期インターンシップを行ってきた経緯がある。また、海外大学とのツイニングプログラムを開始し、留学生の受入や、現地での教育を行ってきた。従って、必然的に高専-本学-大学院の一貫教育を志向している。また、連携している高専においては、非常に著名になったロボコンの他にもプログラムコンテストなど様々なコンクール形式による教育効果を狙ったイベントが開催されている。

また、工学系大学であることから、様々な ICT 技術などを利用した新規な教育手法の開発にも積極的に取り組んでいる。

2. 研究の目的

本提案では、高専と技科大における 12 年間一貫の長期教育プログラムを策定し、本事業でこれを強力に推進することで、人間力とものづくり力の DNA を有する人材を育成するための教育方法を実証することを目的とする。具体的には、1. 12 年間を通した基礎からの幅広い分野の科学教育と技学教育、2. ロボコンにより培われたコンクール形式による自主性を最大限に発揮させる相互研鑽教育、および、これからの技術者に必要不可欠な経営学をはじめとした社会科学教育を互いに融合した先導的技術者育成に資するアルゴリズムを提示する。特に、理論的な科学の思考力と実用的な技学の想像力を相互により込み共進化させることによって、訴求力のある先導的技術者を養成するために最適な教育手法を開発する。

3. 研究の方法

本研究ではトータルで 12 年間にわたる教

育システムの構築を目指すものである。通常このような長期的な教育システムの構築は本研究のような 2 年間で検証を行うことが出来ない。しかし、本研究においては本学が特徴的に有している高専 本学 大学院の絆を生かし、異なる学年の学生を一同に介したチームを形成させ、学生同士が相互に教え合うという自己研鑽を積極的に推進し、それぞれの学年の学生に教育効果を同時に確認することで、長期的な教育効果の検証を行う。

また、題材として、遠距離の学生が混在してもチームが形成できるように、近年急速に進化が進み、各高専においても導入が進んでいる三次元プリンタを手法として採用した。三次元プリンタはすでに本学においても 10 台以上が導入されており、各高専にも同様の装置が設置されている。また、設計図面の CAD データなどはいつでもインターネットやタブレット、あるいはスマートフォンでやりとりが出来る。また、設計などのディスカッションにおいては、本学が全国のすべての高専と専用回線で結ばれている GI ネットを活用することによって、極めて鮮明な HD 画質でのディスカッションを行った。

また、学生のチームは異なる学年、異なる学科の学生からなる研究チームを選定し、これらのチーム間が切磋琢磨するようにした。指導教員も同様に異なる世代、異なる職位、異なる学科の教員がメンターとして加入した。また、年に数回程度、実際に起業した経験を持つ企業経営者にも当該取り組みを指導して戴く機会を設け、より実践的な教育になるように心がけた。特に、岸岡駿一郎(シカゴ日本商工会議所副会頭)には、三次元プリンタを持ちいたビジネスモデルの問題点などについて極めて鋭く、幅広い指摘を戴き、学生が起業する意欲を強めることが出来た。

更に、経営的な素養を与えるために、三次元プリンタをどのようにビジネスモデルに結びつけていくかという観点を加えた。すなわち、学生自身がベンチャー企業の社長となったことを想定し、三次元プリンタを用いてどのようなビジネスを行うのか? その事業計画を立てさせると共に競合他社に対する技術の優位性などについても考えさせることを含めてコンクールとした。

更に、当初計画には含まれていなかったことであるが、当該取り組みを知った企業研究者が、是非長岡市の市民講座でその成果を発表してほしいという依頼を戴いたことから、まちなかキャンパス長岡において、市民対象の三次元プリンタ講座を企画運営し、市民に広くその知見を教唆することも出来た。このような取り組みを通じ、異なる世代、異なる専門、異なる文化を有する学生が自主的かつ相互研鑽的に教育を行う新しいコンクール形式の教育手法の開発とその実践を行った。

4. 研究成果

まず、異なる高専、大学、異なる学年、異

なる学科からなるチームを形成させ、それらに自らが社長になったとして、三次元プリンタを用いたビジネスを行うとしたらどういうビジネスを行うかという課題を与えて取り組ませた。

当該教育手法は正規カリキュラムには含まれないために、学生の負担を軽減するためにいくつかのルールを策定した。そのルールは下記の通りである。

課題設定

- (ア) 技学の理念の下、社会に貢献できる技術に関わる内容であること
- (イ) 特定の学術分野にとどまらない複眼的・学際的内容とすること
- (ウ) 単なる作業やデータ処理でないこと
- (エ) 課題遂行には1年以上の時間が必要とされること

活動時間

- (ア) 学業や研究活動の妨げにならないように夕方や休日を基本とすること
- (イ) 活動を行い、その記録を活動日誌に残させること

活動場所

- (ア) 活動場所の確保は担当教員が責任を持って行うこと

活動支援

- (ア) 教員は学生のラボ活動が滞らないように積極的に支援すること
- (イ) 教員はセカンドラボの活動より学生の学業や研究活動、健康に支障を来さないように配慮すること
- (ウ) 機械加工や実験といった作業を伴う場合、安全面に十分な配慮をすること

評価

- (ア) 担当教員は参加状況や活動内容から各学生の評価を行うものとする

このようなルールの下で、異なる職位、学科、年齢からなる教員をメンターとして配置した。例えば、電子系准教授、機械系准教授、電気系助教の3名が一つのチームを指導するなどである。このことにより、異分野の教員からのアドバイスを受けることが出来る。また、四国、関東、北信越など異なる地域の出身学生が融合することでそれぞれの地域が有する特色を加味した形でのアイデアが出されるように工夫を行った。

三次元プリンタは、キーエンス社のアジリスタを用いた。コンクールの最初はCADソフト(Solid Works)の使い方講習会から始まり、アジリスタ(三次元プリンタ)の講習会、更に、現在の三次元プリンタの状況とビジネスモデル構築、また、アイデアをまとめるためのロジカルシンキングや、チーム内での

意見統一を図るためのファシリテーションなどの授業をチーム毎の座学により行い、基礎的な知識の教唆を行った。



図1、座学による三次元プリンタの特性に関する講義の様子(異なる教員がそれぞれの得意分野を講義している)

具体的な三次元プリンタの特性などについては、学生自身に実験させることで自ら学ばせるとともに、随時メンター教員から学術的な裏付けを指導し、単にコンクール形式で学生が自主的に行う活動で終わらせず、学術的な知識やその運用手法を教唆した。

まず、三次元プリンタの特性を知るために、三角形、四角形などの簡単な形状を作らせ、それらの縦横が図面と比べてどの程度正確に出来ているかを測定させた。また、三次元プリンタのプリンタヘッドの操作方向と形成された材料の表面精度の相関などについても実際の材料において観察させ、操作方法のみならず、三次元プリンタで合成される材料の特性を体たたくまでさせる事を行った。



図2、三次元プリンタで最初に合成させた単純構造体

これらの基礎的な知見を踏まえて、実際に学生たちにビジネスモデル、三次元プリンタの技術開発などを自主的に行わせた。まずは事業を一回回す経験をさせるために半年程度の短期間で事業の概要と製品例を提示させた。



図3、一回目の事業として学生が提案したそれぞれのオリジナルな名刺ケース、釣りの道具、バイク用の特殊な工具の三次元造形例

3つのチームはそれぞれ、名刺ケース、釣りの道具、バイク用の工具を提案した。名刺

ケースは一般的な名刺入れが名刺を取り出しにくいこと、また、比較的名刺ケースのデザインは個性が無いことなどに注目していた。非常に巧妙なギミックにより、一枚ずつ取り出せる仕組みを作っていた。釣りの道具は魚の種類、場所などによって非常に多様に变化させることが必要で、一品モノであることが多く、自作している人も多いということに着目していた。また、バイク用の工具も同様に自ら部品をカスタマイズして取り付けるヘビーユーザーが多く、そのような人には工具も自作していることが多いとのことで、実際に需要があることを強調していた。一回目のビジネスモデルとしてはそれぞれ非常に良いアイデアであると考えたが、それぞれに問題点があったため、教員陣が指摘を行い、ビジネスモデルの改良を指示した。

例えば、バイク用工具につかうとしては、三次元プリンタで用いているポリ乳酸系のポリマーでは構造が弱いこと、また、名刺入れは比較的大きく重たいために実用状問題があること、釣りの道具はそれぞれのアイデアをどのようにCADに落とし込むか？などの面において問題があると指摘を受けた。これらの指摘を踏まえて再度半年程度の期間で新たなビジネスモデルの提案を行わせた。

学生たちは非常に熱心にとりくみ、放課後や昼休みにおいてもチーム毎にディスカッションを行った。



図4、自主的に打ち合わせする学生の風景



図5、メンター教員(左)を含めたディスカッション風景



図6、アイデアを具現化するための学生の思考過程(ロジカルシンキングの手法を用いたメモ)

また、このような取り組みを市民に広げて

ほしいという希望から、2013年11月に長岡市の施設であるまちなかキャンパス長岡内において三次元プリンタを市民に紹介するイベントに当該学生らが協力を行った。



図7、まちなかキャンパス長岡での市民講座のパンフレット



図8、まちなかキャンパス長岡での市民講座における3次元プリンタ紹介用ポスター



図9、まちなかキャンパス長岡での市民講座における説明風景

また、三次元プリンタのメーカーが主に海外の2社に限られていることを問題視した学生たちが、国産の三次元プリンタの現状解析と問題点分析を行うなど、多種多様な取り組みが自主的に行われた。

学生たちは様々な改善活動を行い、最終的にコンピュータ用のカスタマイズ用のプラスチック部品、バイクのカスタマイズ用のプラスチック部品および、ユニークな中空構造を有する印鑑などのビジネスモデルを提案し、実際にその製品を紹介した。

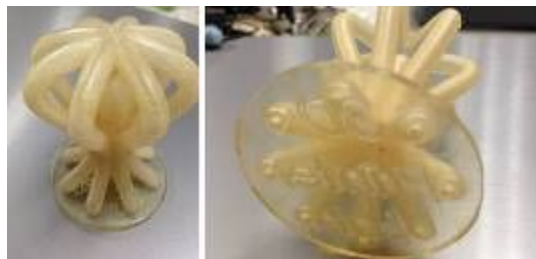


図10、学生が作製した中空構造を有するオリジナル印鑑の開発例

また、前述のとおり、岸岡駿一郎(シカゴ日本商工会議所副会頭)様をはじめとした実際の企業経営者の方からの直接的な指導(座

談会形式による)も行い、実際のビジネスと技術開発の双方を学ぶ機会を数多く与えた。

岸岡様からは、米国のベンチャーと日本のベンチャーの差異について非常に実践的な話を戴いた。一例としては、日本のベンチャーは失敗確率の高い形を取りやすく、明確な目標が無いままとにかくやってみようという方式で有り、始めてから何をやるかを決め、試行錯誤のプロセスで改善を重ねるという方式である。更に、責任者を曖昧にする文化が有り、このために始める障壁は低い、止めにくいという問題がある。また、起業のゴールが事業の存続になってしまっている。という特徴があると指摘した。これに対して、米国の起業は、成功確率の高い形をとりやすく、何が目標なのか、何が起業の時点で極めて明確になっており、何をやらないかも明確に決めてから起業する。完全にやり、何をやるかを明確に決めてからスタートする。また、責任者が全権を持つことから、スタート前に準備期間を十分に取ることがほとんどである。目標は3年以内に採算分岐点に到達させることなど明確であり、ゴールは利益を出すことにある。すなわち、事業が存続することを目標とせず、利益を出すことを目標とする点で大きく日本の起業と異なっていると指摘が有り、このような指摘に対しては学生が極めてカルチャーショックを受けたようであった。

このような活動を通じ、様々な学年、学科、出身背景を有する学生が一同に介し、相互に切磋琢磨し合うという新しい教育手法が開発された。また相乗効果として、教員も異なる年齢、学科の者が意見を出し合う機会を設けることが出来たため、真の異分野融合研究を進めるための一助となった。また、ビジネスの面から研究をとらえ直すきっかけともなり、より実践的な社会の役に立つ研究に対してのヒントをおおく得ることが出来た。

このことから、単純な教育手法の開発だけでなく、人的ネットワークの構築、新規研究活動の活性化、学内人的リソースの掘り起こしと相互連携研究の活性化など多様な効果を得ることが出来た。

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 5件)

L. F. He, J. Shirahata, H. Suematsu, T. Nakayama, T. Suzuki, W. Jiang and K. Niihara, Synthesis of BN Nanosheet/nanotube-Fe Nanocomposites by Pulsed Wire Discharge and High-temperature Annealing, Mater. Lett., 査読有, 117 (2014) 120-123.

Hong-Baek Cho, Masaya Mitsunashi, Tadachika Nakayama, Satoshi Tanaka, Tsuneo Suzuki, Hisayuki Suematsu,

Weihua Jiang, Yoshinori Tokoi, Soo Wahn Lee, Yeung-Ho Park, Koichi Niihara, "Thermal anisotropy of epoxy resin-based nano-hybrid films containing BN nanosheets under a rotating superconducting magnetic field", Materials Chemistry and Physics, 査読有, 139(2-3), 355-359 (2013).

Hong-Baek Cho, Son Thanh Nguyen, Tadachika Nakayama, Minh Triet Tan Huynh, Hisayuki Suematsu, Tsuneo Suzuki, Weihua Jiang, Satoshi Tanaka, Yoshinori Tokoi, Koichi Niihara, "Oxidation of nanodiamonds and modulation of their assembly in polymer-based nanohybrids by field-inducement", Journal of Materials Science, 査読有, 48, 4151-4162 (2013).

Hong-Baek Cho, Shota Yanahara, Tadachika Nakayama, Hisayuki Suematsu, Tsuneo Suzuki, Weihua Jiang, Satoshi Tanaka, Yoshinori Tokoi, Yeung-Ho Park, Bum Sung Kim, Soo Wahn Lee, Koichi Niihara, "Controlled Linear Assemblies of Graphite Flakes Anchoring Polysiloxane-Based Nanocomposite Films and Enhancement of Thermal Properties", Japanese Journal of Applied Physics, 査読有, 52, 028005/1-028005/3 (2013).

Yoshinori Tokoi, Hong-Baek Cho, Tsuneo Suzuki, Tadachika Nakayama, Hisayuki Suematsu, Koichi Niihara, "Particle Size Determining Equation in Metallic Nanopowder Preparation by Pulsed Wire Discharge", Japanese Journal of Applied Physics, 査読有, 52, 055001/1-055001/8 (2013).

〔学会発表〕(計 2件)

秋山裕幸、中山忠親、高橋勉、山田昇、吉武由美子、末松久幸、鈴木常生、新原皓一：第5回U3-マテリアルデザインフォーラム、“2光子励起光造形法を3次元セラミックス複雑構造体の作製”(下呂中央公民館、平成26年3月27日-28日)
吉田一博、中山忠親、末松久幸、鈴木常生、新原皓一：日本セラミックス協会2014年年会、“カーボンナノチューブ転写型PVDF焦電形検出器の試作と特性評価システムの構築”(慶應義塾大学日吉キャンパス、2014年3月17日~19日)

〔図書〕(計 1件)

新原皓一他、朝倉書店、粉体工学ハンドブック、2014、145

〔産業財産権〕

出願状況（計 3件）

名称：熱電変換材料および熱電変換素子
発明者：金 允護、山中 暁、金 周永、田中 裕久、中山 忠親、武田 雅敏、山田 昇、新原 皓

権利者：同上

種類：特許

番号：特開2014-29950

出願年月日：平成26年2月13日

国内外の別： 国内

名称：発電システム

発明者：金 允護、山中 暁、金 周永、田中 裕久、中山 忠親、武田 雅敏、山田 昇、新原 皓

権利者：同上

種類：特許

番号：特開2014-11898

出願年月日：平成26年1月20日

国内外の別： 国内

名称：発電システム

発明者：金 允護、山中 暁、金 周永、田中 裕久、中山 忠親、武田 雅敏、山田 昇、新原 皓

権利者：同上

種類：特許

番号：特願2013-176221

出願年月日：平成25年8月28日

国内外の別： 国内

取得状況（計 0件）

名称：

発明者：

権利者：

種類：

番号：

取得年月日：

国内外の別：

〔その他〕

特になし

6. 研究組織

(1)研究代表者

新原皓一 (NIIHARA, Koichi)

長岡技術科学大学・学長

研究者番号：40005939

(2)研究分担者

中山忠親 (NAKAYAMA, Tadachika)

長岡技術科学大学・工学部・准教授

研究者番号：10324849

(3)連携研究者

なし