

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 27 年 6 月 12 日現在

機関番号：82110

研究種目：基盤研究(C)

研究期間：2012～2014

課題番号：24501080

研究課題名(和文) 科学技術理解増進モデル サイエンス・ポット(マルチスケール階層化体感広場)の構築

研究課題名(英文) Construction of the model for promoting public understanding of science and technology : Science-POT (multi-scaled hierarchization cenesthesia square)

研究代表者

星屋 泰二 (HOSHIYA, TAIJI)

独立行政法人日本原子力研究開発機構・原子力科学研究部門 関西光科学研究所 管理部・館長

研究者番号：20446404

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 4,100,000円

研究成果の概要(和文)：全体像把握のためのサイエンス・ポットモデルを提唱した。文理融合とサイエンスショー効果により、行動変容に繋がる発見と探究心の向上を確認した。(1)社会連携型活動である教員研修では、宇宙、環境・エネルギー分野における温度 エネルギー軸の階層化構造に十のべき乗の概念を導入し、全体像の理解は大きく進んだ。(2)不思議さの実体験を目指す地域共生型活動のサイエンスフェスティバルでは、行動変容に繋がる発見や原体験効果が得られた。(3)課題設定型活動の派遣講座では、授業の進捗度対応、学年別カリキュラム導入により、生命、光、化学分野で、探究心向上と持続的活動を通して理科教科への親和性が大きく向上した。

研究成果の概要(英文)：The science-pot model was proposed for grasping whole picture in subjects. The discovery for behavior modification and improvement of an inquiring mind were confirmed by interdisciplinary and science-show effects. (1)In social cooperation activities, Powers of Ten concept was introduced into hierarchical structures consisting of temperature versus energy axes, in universe, environment and energy fields, and the understanding of whole picture in subjects was promoted by teachers training seminar. (2)In regional symbiosis activities, in which formation of mystery was brought about characteristic of real experience, discovery and prototypical experience effect to lead to behavior modification were obtained in science festival. (3)In problem setting activities, dispatch lecture with sustainable activities lead to a high affinity to subjects and fostering inquiring mind in life, light, power and chemistry, by curriculums including a progress degree of class and school year in life.

研究分野：科学教育・教育工学

キーワード：自然科学教育 社会連携型 地域共生型 課題設定型 全体像把握 文理融合 パワーズ・オブ・テン

1. 研究開始当初の背景

(1) 文部科学省を中心に、小中高校生に関する科学教育に関する学力低下の問題が解決すべき重要な課題とされており、その主たる要因である理科離れ現象に対する効果的対策の実施が急務となっている。

(2) これには、科学技術理解増進活動として、スーパー・サイエンス・ハイスクール (SSH) やサイエンス・パートナーシップ・プロジェクト (SPP) 講座型学習活動等の関連事業が鋭意進められ、個々の成果は得られているものの、各事業が科学技術理解増進活動のなかで相補的かつ体系的に進められていないことから、科学技術理解増進に関する促進効果の持続性に欠如していることは、各方面から指摘されているところである。

(3) この理科離れの本質は、理科「嫌い」にあるのではなく、低学年期には、理科「実験好き」であるにもにかかわらず、そのきっかけを次の段階に生かす事ができないことから、結果的に理科「教科嫌い」に陥っていることが問題視されている。

(4) 科学技術リテラシー推進のために、理科離れ現象を効果的に抑制しうるモデルは、これまで提唱されていない。これには、
①ものに触れることの実体験 (楽しさ) と達成感 (充実感) の獲得を図ることにより、
②教える側と教えられる側との垣根、教師側からのアプローチの制約等を超えて、参加者が無意識のうちに科学好き・実験好きになるシステムを構築するとともに、
③履修内容の増大化により、個々の学習項目間の「つながり」が希薄となり、知識の離散化により、全体像を捉え難くなった学習カリキュラムの全容を正確かつ有効に伝えるのかという問題がある。

(5) このためには、全体像を容易に把握できるよう、学習内容の階層化された構造に着目し、映像や情報通信技術 (Information & Communication Technology:ICT) を駆使して、理解しやすい形に置換え、マルチスケールで区分・提示された教育プログラム開発が急務である。

(6) そこで、科学技術リテラシー推進を目指す理解増進モデル開発の一環として、理科「実験好き」現象に着目し、低学年期に原体験化・定着化させ、無理なく「理科好き」から「科学好き」に繋げるための効果的実験モデルを提案するとともに、その試行を通して基礎データを取得し、モデル妥当性の検証とシステム構築に反映させる。

(7) きつづ光科学館ふおとんでは、独立行政法人日本原子力研究開発機構 (以下原子力機構と称する) の関西光科学研究所に付設された科学館施設として原子力機構と一体となり、展示、実験教室、映像上映等を、一方、関西光科学研究所では、サイエンスセミナー、サイエンスキャンプ、科学講演会を随時開催し、児童から小中学生はもとより高校・大学生、教員、一般人までの各世代を対象とする、系統的な科学理解増進活動を進めている。また、地域の教育委員会や行政機関と連携して、実験教室を基盤とする教員研修やサイエンス・フェスティバルについて9年間にわたり継続的に実践した結果、地域の科学館及び研究機関が直接住民や学校と触れあうユニークな催しとして定着している。

(8) 日常の不思議を科学で理解するために、生活の一部に科学を位置づけたいわば、科学実験に関する『屋台村』的運営の概念を従来の『派遣講座』と融合させ、科学教育に導入した『サイエンス・ウォーカー』モデルを考案し、検証実験を試行した結果、400名を超える中学生が宇宙、光、エネルギー、環境のテーマに取組み、各テーマと講師を自由に選択でき、

①バリアフリー(開放的)であり、
②受講ストレスの効果的軽減の他に、
③各講座間のシナジー(重畳)効果が高まること等、さらには、中学生受講者について、科学技術への関心に対する増加割合が約60%に到達する等、顕著な学習効果が得られることが判明した他、大きな相乗・連携効果が生じることが予想された。

(9) しかしながら、学習内容については、

①理科を伝えるべきか、
②動機づけや不思議体験だけに終始すべきか、
③専門性をどの程度犠牲にして内容を伝えるか等、【理科を教えるのか?】、【科学への導入か?】という、科学技術リテラシーの本質的課題が抽出され、膨大化・離散化された履修カリキュラムの全貌について、如何にして、簡単かつ分かりやすく、階層化構造を伝えるのか?という大きな課題が残った。

(10) これらを解決するための実験手段として、階層化構造を簡単に提示できる方法論を探索した。その結果、種々の実験教室の実施結果から「パワーズ・オブ・テン; Powers of Ten: POT (10の冪状で増大/減小)」の概念をカリキュラムとして映像コンテンツや講演内容に導入することにより、全体像を把握させるための階層化構造について、容易に認識可能であることが推測された。

2. 研究の目的

(1) 理科「実験好き」現象に着目して、低学年期のうちにこれを原体験化・定着化させ、無理なく（無意識のうちに）「理科好き」から「科学好き」に繋げるための効果的実験モデルを提案するとともに、その試行実験を通して基礎データを取得することにより、モデル妥当性の検証とシステム構築に反映させる。

(2) 「理科」と「科学」を嵌合させ、「**パワーズ・オブ・テン（十の冪乗）**」の概念について『サイエンス・ウォーカー（**将来型派遣講座**）』方式に組込んだ実験モデル（**階層化体感広場**）を試行し、履修内容の全体像（マップ）についてマルチスケールに階層化されることを体感させながら、全体像を提示することにより、内容の認識を効果的に可能とする科学教育のための方法論を策定する。

(3) これには、きつづ光科学館ふおとん及び日本原子力研究開発機構関西光科学研究所をモデル実験の場を選定し、光科学、エネルギー及び環境を切り口とした科学技術理解増進活動を展開する。

(4) 既存の学習指導要領の内容に捉われることなく新たな試みとして、科学技術理解増進活動と嵌合させ、科学館／研究機関／大学／教員（学校）／教育機関が五位一体となった実験教育モデルの試行実験を行う。

(5) **階層化体感実験**を骨子とする「**サイエンス・ポット(POT)**」モデルの概念を構築する。

(6) モデルを構成する構成要素実験（理科学的要因、科学的要因等）を個々に実施し、抽出整理した基本パラメータに関する基礎データを取得する。

(7) あわせて、実験構成要素間の重畳効果および非線型効果について検討するため、個々の要素を多元的に組み込んだプロジェクト（実験フェスティバル等）を実施し、総合的に解析、評価し、専門家と一般人とのコミュニケーション・ギャップを積極的に埋める試みを狙いとする。

3. 研究の方法

(1) 「サイエンス・ポット (POT) : マルチスケール階層化体感広場」モデルの全体像は、個々の構成要素として、実験・工作の「**光**」（波長と周波数で整理したマップ）、「**宇宙**」（空間軸と時間軸で整理したマップ）「**エネルギー**」（温度軸や質量軸で整理したマップ）、

「**物質**」（質量軸と空間軸で整理したマップ）、「**環境**」の各テーマを対象とする多元系実験マップの全貌（階層化構造）を理解させるための派遣講座型実験工作教室の実践からなる。それらの内容を以下に示す。

基本 POT（基本単位となる Powers of Ten）の特徴（極大⇔極小単位【対数】までを階層化表現）

(a) **時間POT**（科学講演会・科学セミナー型）
 <情報交流（科学講演会）型>

時間と空間：宇宙の起源から現在、将来：原体験化、不思議探索、一般／不特定多数を対象

(b) **空間POT**（特別実験・科学セミナー・科学講演会型）<早期教育（科学セミナー）型>

ナノスケールから地球、太陽系、宇宙：特別実験と科学セミナーの組合せに

(c) **質量POT**（フェスティバル・科学講演会型）
 <早期熟考訓練型>

クォークから陽子・中性子、原子、地球：動機づけ、原体験化、不思議探索中心に

(d) **温度POT**（実験屋台村・フェスティバル型）
 <動機づけ、早期体験（屋台村／セミナー）型>

温度とエネルギー：実験屋台村と科学セミナー、フェスティバルとの組合せに

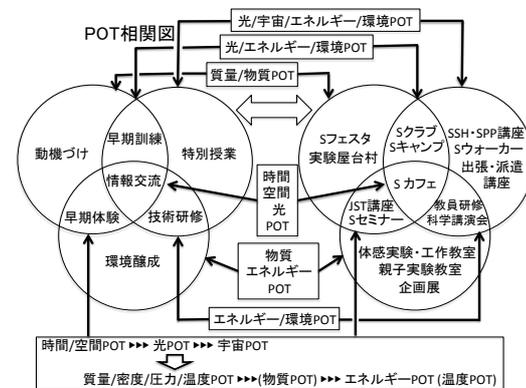


図1 POT関連図

複合POT(応用/複合単位となる Powers of Ten)との相関

(e) **光POT**（特別実験/出前授業型）<早期教育/環境醸成型>

光と電磁波：中高・大学生対象、伝えたいことの伝達を中心に、時間／空間、全体像の描出を

(f) **宇宙POT**（特別授業・派遣講座型）<早期訓練／早期体験／セミナー型>

時間／空間軸：宇宙描像に

(g) **エネルギーPOT**（学校教育補完・出前授業型）<特別授業／技術研修（教員研修）型>

エネルギーの質と量：熱／質量、派遣講座に

(h)物質POT(サイエンスクラブ・キャンプ型)
 <特別授業(学校教育補完・特別実験)型>
 物質科学:サイエンスクラブ(小中生)、
 質量/温度/空間、サイエンスキャンプ(高校生)
 錬成力育成に

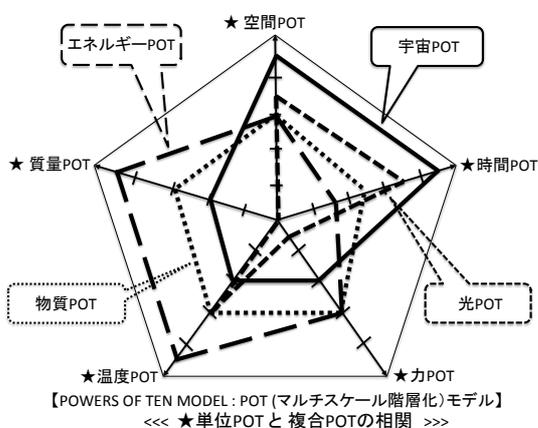


図2 単位 POT と複合 POT の相関

(2) 研究機関/科学館/大学/教員(学校)/
 教育・行政機関が五味一体となって運営する
 サイエンス・ポットモデルの構成要素実験
 として、教員研修、光ゼミナール実験教室、
 派遣講座事業との連携講座等に関して、理工
 学マップ作成のための各種理科実験を組み
 込んだ「実験市場」を実施した。

(3) これらのうち、教員研修、派遣講座、サ
 イエンスフェスティバルを主要な対象とし
 て抽出し、特徴、効果、方法論、実験技術の
 視点から整理した。それらをもとに重畳効果
 や連携効果に関する基礎データを取得した。

(4) 平成24年度は、サイエンス・ポット(POT)
 モデルの概念検討を行うとともに、研究機関/
 科学館/大学/教(学校)/教育機関が五位一体と
 なって運営するサイエンス・ポットモデルの
 構成要素実験を行い、各構成要素の特徴、効
 果、方法論、実験技術からみたプログラム内
 容に関する基礎データを取得した。

平成25年度は、光科学に関するエネルギー
 及び環境のテーマに絞るとともに、それら構
 成要素の組合せ総合実験を行い、その相乗効
 果について整理した。相補性を目指した連携
 の強化と重畳(シナジー)効果、非線型効果
 の増大を目指した実験フェスティバルを開催
 し、モデルの検討、効果の評価解析を通して、
 モデル構築を進めた。

平成26年度は、これまでの結果を総括し、
 最適モデル提言に向けた総合的実証確認を実
 施した。

4. 研究成果

サイエンス・ポット(マルチスケール階層
 化体感広場)モデルについて、各科学技術理

解増進活動事業に適用検討した。

(1) 社会連携型活動を中心とした教員研修で
 は、学校現場における教材開発の立場を踏襲
 し、内容の理解度は、大きく高まった。宇宙
 分野のみならず、地学、環境・エネルギー分
 野における温度軸とエネルギー軸に関わる
 階層化構造に、パワーズ・オブ・テン(POT)
 (十の冪状で増大、減少)の概念導入により、
 全体像の理解が促進した。また、身近な材料
 を用いた教材開発の考え方や発想を通して、
 何をどのように伝えるべきか?という本来
 の目的を再認識できた。

(2) 地域共生型活動の視点から、行政・教育
 機関との連携企画として実施したサイエン
 スフェスティバルでは、児童・一般を対象と
 した、動機づけ・不思議さ・面白さの実体験
 を通して、新たな発見や科学技術に対する興
 味・関心の喚起に奏功した。さらに、連携・
 融合企画である、やましろのタカラ フェス
 ティバルでは、文化フェスティバルや地域交
 流フェスティバルを科学フェスティバルに
 組み合わせた文理融合型イベントとして試
 行した。サイエンスショーの導入効果により、
 行動変容に繋がる新たな発見や、科学技術に
 対する興味・関心の増大等、有用な動機づ
 け・原体験効果が得られた。

(3) 課題設定型活動において全体像の把握を
 主眼とした派遣講座では、授業の進捗度と新
 学習指導要領との整合を図り、課題の理解度
 に応じて、学年毎に異なるカリキュラムを導
 入した。その結果、生命、光、力、化学の分
 野において探究心の向上に繋がる成果が得
 られた。さらに、学年毎に課題学習の進捗度
 との連続性を保持すべく、持続的活動を進め
 たことから、興味づけ効果を喚起でき、理科
 教科嫌いを低減させるための、理科教科への
 「親和性」を高めることに役立った。これに
 より、持続的活動として継続することにより、
 課題解決型の活動となりうることを示した。

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3件)

- ① 星屋 泰二、船田 智史、
 関西光科学研究所及びきつづ光科学館ふ
 おとんにおける地域連携型教員研修の効
 果評価、
 日本教育工学会研究報告集 JSET 14-5、
 査読無、日本教育工学会、2014、
 pp. 23 - 30、
[http://www.jset.gr.jp/study-group/
 2014.html](http://www.jset.gr.jp/study-group/2014.html)

- ② 星屋 泰二、萩原 吾郎、
 関西光科学研究所及びきつづ光科学館ふ
 おとんにおける教員研修の実践、
 日本教育工学会研究報告集 JSET 13-2、
 査読無、日本教育工学会、2013、
 pp. 63 - 70、
[http://www.jset.gr.jp/study-group/
 2013.html](http://www.jset.gr.jp/study-group/2013.html)
- ③ Taiji Hoshiya, Akihiko Nishimura and
 Masahiro Nisikawa,
 Science Communication Activities Based
 on the Energy and Environmental
 Education in the Kansai Photon Science
 Institute and the Kids' Science Museum
 of Photons、
 Literacy Information and Computer
 Education Journal (LICEJ)、査読有、
 Vol. 3, Issue 2, 2012, pp. 599 - 611、
[http://www.infonomics-society.org/
 LICEJ/](http://www.infonomics-society.org/LICEJ/)

[学会発表] (計2件)

- ① 星屋 泰二、船田 智史、
 関西光科学研究所及びきつづ光科学館ふ
 おとんにおける地域連携型教員研修の効
 果評価、
 日本教育工学会研究会 口頭発表、
 地域連携と教育実践／一般、
 2014年12月13日、「椙山女学園大学（愛
 知県・名古屋市）」、
[http://www.jset.gr.jp/study-group/files/
 20141213.html](http://www.jset.gr.jp/study-group/files/20141213.html)
- ② 星屋 泰二、萩原 吾郎、
 関西光科学研究所及びきつづ光科学館ふ
 おとんにおける教員研修の実践、
 日本教育工学会研究会 口頭発表、
 教員研修の設計と評価／一般、
 2013年 5月18日、「長崎大学（長崎県・
 長崎市）」、
[http://www.jset.gr.jp/study-group/files/
 20130518.html](http://www.jset.gr.jp/study-group/files/20130518.html)

[図書] (計0件)

[産業財産権]

○出願状況 (計0件)

名称：
 発明者：
 権利者：
 種類：
 番号：
 出願年月日：
 国内外の別：

○取得状況 (計0件)

名称：

発明者：
 権利者：
 種類：
 番号：
 出願年月日：
 取得年月日：
 国内外の別：

[その他]

ホームページ等 (計0件)

6. 研究組織

(1)研究代表者

星屋 泰二 (HOSHIYA, Taiji)
 独立行政法人日本原子力研究開発機構・原
 子力科学研究部門関西光科学研究所管理
 部・館長
 研究者番号：20446404

(2)研究分担者

()

研究者番号：

(3)連携研究者

西村 昭彦 (NISHIMURA, Akihiko)
 独立行政法人日本原子力研究開発機構・
 原子力科学研究部門 量子ビーム応用研究
 センター・研究主幹
 研究者番号：90370452

西川 雅弘 (NISIKAWA, Masahiro)
 大阪大学・名誉教授
 研究者番号：50029287

(4)研究協力者

萩原 吾郎 (HAGIHARA, Goro)
 船田 智史 (FUNADA, Satoshi)