

平成 30 年 6 月 15 日現在

機関番号：82502

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2015～2017

課題番号：15K00955

研究課題名(和文) 実験体感モデル サイエンス・チャート(階層化から描像化への統合)の構築

研究課題名(英文) Construction of the experimental experience model science-chart (integration from hierachization to unified description)

研究代表者

星屋 泰二 (HOSHIYA, Taiji)

国立研究開発法人量子科学技術研究開発機構・関西光科学研究所 管理部・専門業務員(任非)

研究者番号：20446404

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,600,000円

研究成果の概要(和文)：全体像描像のためのサイエンス・チャートモデルを提唱し、文理融合とサイエンスショー効果による探究心の向上を確認した。

(1)社会連携の点から、実験を楽しめるサイエンスショー型教員研修では、理科と研究の接点が指摘された。光、エネルギー分野の階層化構造は、Powers of Tenの概念で把握できる。(2)地域共生の点から、行政・教育機関との連携融合事業では、地域交流と科学フェスティバルの文理融合により、科学技術に対する興味・関心が喚起された。(3)課題設定型派遣講座では、きっかけエピソードとパラダイムシフトからなる科学史的アプローチにより、実験好きから理科嫌いの流れを断ち、理科への親和性が向上した。

研究成果の概要(英文)：The science-chart model was proposed for drawing whole picture. The improvement of an inquiring mind was confirmed by interdisciplinary and science-show effects.

(1)In the science show type teachers training seminar to enjoy experiments, differences between science and research were pointed out from social cooperation activities. The hierarchical structures in light and energy fields can be understood by the concept of Powers of Ten. (2)From the standpoint of regional symbiosis, interest and concern in science and technology were brought about by integration events of the Regional Exchange and Science Festival, in collaborative and integration business with administrative and educational institutions. (3)In the problem setting type dispatch lecture, the recent trend of bad at science from the affinity to science experiments was cut off and achieved the enhancement of the affinity to science, by way of a science-historical approach consisting of a trigger episode and a paradigm shift.

研究分野：科学教育、教育工学、照射損傷、照射工学

キーワード：サイエンス・チャート サイエンスショー パワーズ・オブ・テン きつづ光科学館ふぉとん 教員研修
きっかけエピソード パラダイムシフト 文理融合アプローチ

1. 研究開始当初の背景

(1)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施策の実践が急務となっている。

(2)これには、科学理解増進活動として、サイエンス・パートナーシップ・プロジェクト（SPP）等の関連事業が鋭意進められ、成果は得られているものの、各事業が相補的かつ体系的に進められていないため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が、各方面から指摘されている。

(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」であるにもかかわらず、そのきっかけを次段階に生かすこと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の構築とそれらを分かりやすく描像化することが急務である。

(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し、試行過程を経て、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、国立研究開発法人量子科学技術研究開発機構（以下量研

機構と称する）関西光科学研究所に附設された科学館施設として、量研機構と一体となり展示、実験教室、映像上映を、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、小中学生はもとより高校・大学生、教員、一般人までを対象とする、科学技術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10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と触れあうユニークな事業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』モデルを考案した。これにより460名の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6割に到達する等、顕著な実践効果を得た。

(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、階層化構造を伝えられるか否かという極めて重要な課題が残された。

(10)これらを解決するため、階層化構造を提示するための『パワーズ・オブ・テン; Powers of Ten: POT (10のべき状で増大/減小)』の概念を映像コンテンツや講演に導入する方法（以下POTモデル）を提案し、階層化構造は、容易に認識可能であることが判明した。

(11)一方、これら全体像については、概念化を通して容易に描像化（チャート化）するための階層化と描像化への統合に関する問題が依然として残されたままである。

(12)ここでは、文理融合の手法を活用し、階層化構造に至った『きっかけエピソード』と『パラダイムシフト』について科学的つながりを意識させ、マッピングサイエンス法による描像化（チャート化）を通して全体像把握に繋げる。

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、上記POTモデルを『サイエンス・チャート』として組込んだ『階層化から描像化への統合』モデルをもとに、履修内容の全貌(マップ)についてマルチスケールに階層化されることを実感させながら、全体像を描述することにより、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量研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・チャート」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。

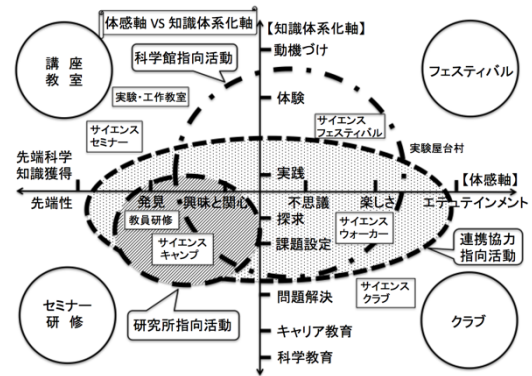
(7)あわせて実験構成要素間の重畳効果および非線型効果について検討するため、個々の要素を多元的に組み込んだプロジェクト(実験フェスティバル等)を実施し、総合的に解析、評価し、専門家と一般人とのコミュニケーション・ギャップを積極的に埋める試みを狙いとする。

(8)これにより科学教育のための方法論の策定と、理科実験を切り口とした重畳・非線型効果が期待できる他、併せて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効果的試みとなり得る。

3. 研究の方法

(1)サイエンス・チャート(階層化から描像化への統合)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(空間軸)と周波数(時間軸)で整理したマップ)、「エネルギー」(温度軸と質量軸で整理したマップ)等について、各テーマを対象とする多元系実

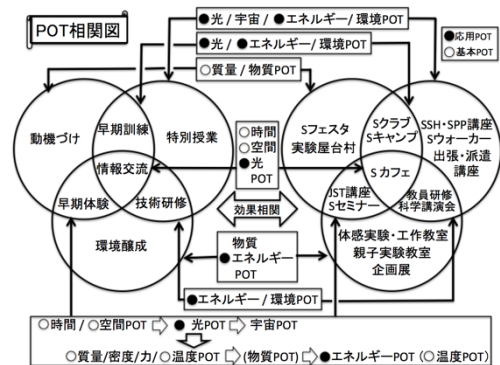
験マップの全貌(階層構造化と描像化)を理解させるための派遣講座型実験工作教室の実践からなる。各理解増進活動は、【先進性⇔エデュテインメント】からなる体感軸(下図の横軸)と【動機づけ⇔科学教育】からなる知識体系化軸(下図の縦軸)で分類され、科学館指向、研究所指向及び連携協力指向活動等が特徴づけられる。



科学技術理解増進活動における
体感軸 - 知識体系化軸の特徴

①階層構造化に関する最適化と俯瞰的視点

Powers of Ten (POT) : (十のべき乗表現 : 極大⇔極小単位【対数】まで)による階層化表現を活用し、MECE法(Mutually Exclusively and Collectively Exhaustive)のもとに重複なく・もれなくカリキュラム内容の階層構造最適化を図り、全体像を俯瞰する。応用POT例として基本POTからなる光POTとエネルギーPOTを抽出する。



単位POTと応用POTからなるPOT関連図

●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・大学生対象とし伝えたいことの伝達を主に、時間(周波数)と空間(波長)の関係から全体像を描出する。

- 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 : 光や星の起源から現在、将来 : 原体験化、不思議探索
- 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、宇宙まで：
特別実験/科学セミナー

●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の概念、熱と質量の相関から、中高生派遣講座に

○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、太陽系：動機づけ、原体験、不思議探索

○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)>

②科学史導入による文理融合アプローチ

(仮説実験講座と科学論争体感実験)

最適化された階層化構造の内容について、仮説実験講座と科学論争体感実験を積極的に導入し、カリキュラム全体の描像化を狙う。体感軸には、『きっかけエピソード』を、知識体系軸には『パラダイムシフト』からなる文理融合(科学史的)アプローチの直接的かつ間接的活用を進める。

③マッピングサイエンス法の試行と全体像の把握

きっかけエピソード及びパラダイムシフトを踏まえた光マップ、エネルギーマップの作成を通して、マッピングサイエンス法の「見える化」により、階層化構造の展開と全体像把握を目指す。

さらに、探索的因子分析及び共分散構造分析を併用したデータ評価から、支配因子を求め、効果測定する。

(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り運営するサイエンス・チャートモデルの構成要素実験として、教員研修、実験教室、派遣講座事業との連携講座等に関して、光やエネルギーに関する理工学マップ作成のための各種理科実験として、科学史上エポックとなった有名な実験を組み込んだ「温故知新」実験を実施した。

(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27年度は、サイエンス・チャートモデルの概念検討を行うとともに、研究機関/科学館/大学/教員(学校)/教育機関が一体となり運営するサイエンス・チャー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28年度は、光科学に関するテーマに絞るとともに、それら構成要素の組み合わせ総合実験を行い、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29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

全体像描像のためのサイエンス・チャー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)社会連携型活動の視点からの教員研修では、サイエンスショー導入効果が大きく、授業への適用や教材開発等、教員自身が工作実験を実体験でき、楽しむことにより、相手に伝えること、実物を魅せること、体験させることの重要性が強調された。研究者自身を示すことで、研究全体を俯瞰できる一方で、理科と研究との接点など、科学者として何を伝えるか等、課題も明らかになった。

宇宙、光科学、エネルギー分野における空間、時間、温度及びエネルギー軸に関わる階層化構造について、パワーズ・オブ・テン(十の冪乗で増大、減少)の概念導入により、全体像の理解に有効であることが判明した。

(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であるサイエンス・フェスティバルでは、児童・一般を対象として、動機づけ・不思議さ・面白さの実体験を通して、科学技術に対する興味・関心の喚起により、地域の共生事業として平成18年度から12年間の継続実施に至った。

また、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、地域交流フェスティバルと科学フェスティバルからなる文理融合型イベントとして、サイエンスショーの導

入効果のもとに、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、先端性を減ずることなく、授業の進捗度との整合を図り、光、化学、生命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、仮説実験講座と科学論争体感実験を実験教室に導入し、体感軸として、「きっかけエピソード」を、知識体系化軸として、「パラダイムシフトからなる文理融合(科学史的)アプローチ」の活用を進めた。興味づけ効果を喚起でき、「実験工作好き」から「理科教科嫌い」に繋がる負の連鎖を断ち、理科教科に対する「親和性」向上に奏功し、課題解決型の活動となり得ることが判明した。

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教員研修の実践的効果評価、
エネルギー環境教育研究、査読有、日本エネルギー環境教育学会、11巻 No. 2、2017、
pp. 39-46
<https://www.jaeed.jp/wpcontent/uploads/Vol11-No2.pdf>

②星屋泰二、橋本雅史、加道雅孝、織茂 聡、
山極 満、野里真澄、広田耕一、
きつづふおとん光科学ライブ
ー光と色に関する効果的演示方法の検討ー、
エネルギー環境教育研究、査読有、日本エネルギー環境教育学会、11巻 No. 2、2017、
pp. 31-38
<https://www.jaeed.jp/wpcontent/uploads/Vol11-No2.pdf>

③国立研究開発法人量子科学技術研究開発機構、
きつづふおとん光科学ライブ ～光や色が見えるわけ、
「青少年のための科学の祭典 2016 全国大会」
実験解説集、査読無、2016年7月30日-31日、公益財団法人 日本科学技術振興財団
2016、p.62
http://www.kagakunosaiten.jp/convention/pdf/2016zenkoku_ippan_houkoku.pdf

[学会発表] (計1件)

①国立研究開発法人量子科学技術研究開発機構、きつづふおとん光科学ライブ ～光や色が

見えるわけ、
「青少年のための科学の祭典 2016 全国大会」、
2016年7月30日-31日、科学技術館(東京 北の丸)(公益財団法人日本科学技術振興財団)
http://www.kagakunosaiten.jp/convention/pdf/2016zenkoku_ippan_houkoku.pdf

[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：
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)
国立研究開発法人量子科学技術研究開発機構・関西光科学研究所 管理部・専門業務員
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)
国立研究開発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

(4)研究協力者

山極 満 (YAMAGIWA, Mitsuru)
橋本 雅史 (HASHIMOTO, Masashi)
辻 徳次郎 (TSUJI, Tokujiro)
船田 智史 (FUNADA, Satoshi)
工藤 博幸 (KUDO, Hiroyuki)