

平成 21 年 5 月 15 日現在

研究種目：基盤研究 (C)	
研究期間：2007～2008	
課題番号：19500728	
研究課題名 (和文)	リアルタイム IT 活用を基軸とした科学教育の新展開と理科支援システム構築
研究課題名 (英文)	New Development of IT-based Science Education with Real time Experiments and Innovation of Support System of Those
研究代表者	
小林 昭三 (KOBAYASHI AKIZO)	
新潟大学・人文社会・教育科学系・フェロー	
研究者番号：10018822	

研究成果の概要：

科学概念形成に効果がある最新の IT センサー活用をベースに「active-learning 理科学習モジュール群」を研究開発した。抵抗のない世界を手軽にもたらし数々の巧妙なシステム、超高速動画カメラ・運動分析ソフト活用教材、携帯型 ICT (無線 LAN) 活用教材、抵抗が支配的世界での学習モジュール、等の有用な ICT 活用コンテンツを研究開発した。その効果を事前事後調査等で評価し、その修正・改良で、より効果的な理科支援・学習システムを形成・構築した。

交付額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
2007年度	2,100,000	630,000	2,730,000
2008年度	1,300,000	390,000	1,690,000
年度			
年度			
年度			
総計	3,400,000	1,020,000	4,420,000

研究分野：総合領域

科研費の分科・細目：科学教育・教育工学・科学教育

キーワード：自然科学教育

1. 研究開始当初の背景

大学全入時代 (2007 年) に入り、PISA や TIMSS 等で示された理数力の低下傾向・2 極化傾向のような深刻な現状の打開が期待された。それには、現状における理科教育内容の問題点と課題を整理し、その系統的な改善

に向けた研究開発を進めること、特に、受動的理科学習の傾向を克服・是正できる「Active learning 理科教育授業法」を系統的に研究開発し、そのような効果的な学習法を振興し、広く普及することが有望であると考えた。その際、鍵となる科学実験・自然現

象を予測・分析・検証することによって「効果的に科学概念の形成をできる IT-Based 理科授業法」、即ち「リアルタイム IT 活用理科実験・分析・検証法による Active learning」を研究開発することが重要であった。その成果の蓄積をもとにして、団塊世代の熟練教師集団が大量に定年退職し未経験教員集団に交代する時期に、効果的な「理科支援システムの構築」をすることが可能となった。さらに、立ち遅れが目立つ日本の ICT 活用理科を急進展させて、ICT 活用をベースにした高いレベルの科学教育を本研究により新展開することが期待された。

2. 研究の目的

(1) IT センサーや現象分析ソフト活用で、鍵となる実験・現象に関する予想を明かに検証できる。実験を即座に記録・分析・検証して、学習者に科学概念の効果的な形成をもたらす「リアルタイム ICT 活用によるわかり易く感動的な教育・学習モジュール」を系統的に研究開発する。こうした最先端の ICT 活用法と ICT 活用コンテンツを系統的に創成する。

小・中・高・大学の理科教育・科学教育分野において、鍵実験への予想をリアルタイムで検証・分析して「Active Learning (AL)」することにより、バーチャルに偏重しがちな従来型の IT 活用法を改善して新発展させる。(2)、そうした最先端の ICT 活用による AL 学習法を基軸とした効果的な理科学習システムを系統的に研究開発する。それを、小・中・高・大学の教育現場における教育実践におけるフィードバックをもとに改善・改良を加えて発展させ、広く普及させることを目指す。さらに、授業実践や検証授業等における「事前・事後テストやアンケート調査」等によって、基本的な科学概念を系統的に形成する到達目標がどれだけ達成できたを調査する。そ

うしたフィードバックや調査をもとにして理科支援システムの改善・改良をはかる。

3. 研究の方法

(1) 最新の多様な IT センサーを身近で有用な理科実験教材の活用場面において試用・試作しながら、「対象に問いかけ・わくわく検証する、ICT を有効活用した Active learning 学習法」を研究開発する。試行実験・検証授業等における事前・事後テストやアンケート調査等による評価・検証・フィードバックを実施して、その改善・改良と新発展をはかる。これにより効果的で魅力的な学習モジュールを系統的に研究開発して蓄積する。

(2) 小・中・高・大学の教育現場において「IT 活用を基軸に Active learning 理科学習法」による科学教育の授業実践を積み上げる。

そのフィードバックに基づいて学習モジュールの有効性と実効性を高める。その際、日本における ICT 活用の立ち遅れを克服すべく、実体験や実験・観察による検証が不可欠な理科分野における「リアルタイム ICT メディア活用を急進展・新展開させる」ことを可能にするような、体系だった教育・学習ウェブシステム用コンテンツを研究開発する。

(3) 従来までは「抵抗が無視できる理想的な現象」に力点が置かれたが、「抵抗が支配的な世界（空中や水中での抵抗が大きな物体の落下運動）」でも IT 活用教材モジュールを研究開発した。その AL 教材によれば、アリストテレス的素朴概念である「速度が力に比例」、「動く方向に力が働く」をもたらす現象の実体験を基に深く理解することができる。

(4) 学習者の多様な興味・関心・進度に対応できるように工夫されたリアルタイム IT 活用教材モジュールや、様々な角度からの ICT 教材資源の有効活用法を考察して理科授業案を作成し、それをウェブや DVD 教材として

蓄積・試用・改良しながら、効果的な理科支援・学習システムを形成・構築する。

4. 研究成果

(1)最新の IT センサー・無線 LAN 装置等をリアルタイム活用し、実験・現象を詳細にデジタル表示・分析・解析する、効果的・魅力的な学習モジュール群を多様な分野で豊富に開発した。それをもとに、多様な学習者の興味・関心に対応して、それぞれの学習者の必要性に合致した「Active Learning 理科授業法」の学習プログラムを系統的に開発した。

その成果は ICPE 国際会議の国際誌報告論文集（2008 年度出版）の論文としても掲載された。さらに、この 2 年間における様々な国内の学会や研究会、国際会議などにおいて発表され、国内外における興味・関心を集めて、より広く普及されつつある。さらに、私達の IT-based 授業法は、小学校・中学校・高校・大学教育、教員研修講座や免許状更新講座においても実施・検証されてきている。

(2)力の及ぼし合いを予測・対話して検証する、カプレートセンサー活用による興味深い active-learning 型学習モジュールを研究開発して、その改良と普及をはかった。さらに、ビッグバルーン振り子の衝突現象により「詰めた空気の世界を求めよう」という、質量学習において衝突現象を活用する、Active Learning 学習モジュールの開発を行った。ICT を効果的に活用することで、衝突の科学的な理解を深め、効果的な運動と力の概念形成を促進した。そうしたアクティブなサイエンス活動により、素朴概念を克服して目からうろこが落ちるように新たな科学概念の形成をすることが可能になった。

(3)「力学の歴史的発展で重要かつ典型的な衝突現象」等において、千分の 1 秒の分解能を持つ最新のデジタル動画カメラの活用、千

分の 1 秒の分解能をもった力センサーの活用、等による最先端のアクティブ・ラーニング理科授業モジュールを系統的に開発した。衝突の様子を千分の 1 秒の分解能において視覚化して、AL における「予想を定量的に検証する場面」を感動的に実現できる。そして、「衝突の科学的な理解の促進」と「効果的な運動と力の概念形成」が可能になった。

ミリ秒の分解能を持つセンサーや超高速カメラの活用で「ミリ秒の世界におけるアクティブ・ラーニング理科授業」を世界に先駆けて本格化し、その最新の ICT 活用法を小・中・高の理科教育分野に広げた意義は大きい。

(4)「摩擦抵抗を無視できる世界」についての学習モジュールでは、「超軽量力学台車システム、ホバーサッカー・ホッケイ空中浮揚システム、ガラスビーズ敷き滑走台システム」等の開発・効果的活用・普及を進めた。

(5)「摩擦抵抗が支配的な世界」についての AL 学習モジュールでは、超軽量紙片カップの空中落下実験やプラスチック球カプセルの水中落下実験などを運動分析ソフトや距離センサーで分析検証することで「落下の終端速度」の美しい法則性が学習できる。運動分析ソフトや距離センサーなどによって、空中や水中での「抵抗が支配的な世界」における運動の法則を「実体験しながら学ぶ教材モジュール」を研究開発し充実させた。

例えば、超軽量な紙カップやアルミカップ型容器を何枚も重ねて落下させるという、「空中における超軽量紙カップの落下運動」をベースにした AL モジュールで終端速度の法則性（速さの 2 乗に比例する空気抵抗＝慣性抵抗によって終端速度に素早く移行する）を見事に実体験できる。

プラスチック球カプセルに 1 円や 10 円硬貨を入れて、水中で落下させる「粘性抵抗が支配的な世界（水中における落下運動や減衰

振動運動)」による AL モジュールで、終端速度についての美しい規則性が実体験できる。(6) 近年、これらの取り組みは、国際的注目を集めてきている。例えば「私達の手作りの超軽量力学台車と超軽量携帯扇風機システム」を紹介したい・部品を送って欲しい・それをワークショップで実演したい、などという国際的連絡が目立つ。これにより、摩擦のない世界における様々な鍵となる実験から、速度、加速度、力概念、等を効果的に形成する「アクティブ・ラーニング理科授業モジュール」を効果的に実現できるからである。

そのような AL ワークショップを世界的な AL の提唱者・推進者を招待して共同実施して、その特徴的な成果を学会誌で紹介・普及した。

さらに、身近な玩具「ホバーサッカーやホバーホッケー」の空中浮揚で、摩擦を小さくし、その運動を各種センサー・運動分析ソフトで解析する体系的 IT 活用・教授・学習システムの構築を進めた。ガラスビーズを敷いた滑走台を作成して、同様な摩擦無しの滑走させる新しい滑走システムを開発・試行した。

また、携帯性に富む無線 LAN 接続した IT センサーの活用、GPS システムの教育的活用による教授・学習コンテンツの作成を進めた。(7) この特色ある教材モジュール群を、近年の理科支援 (SCOT) 事業、新潟市 12 年目経験者教員研修事業、免許状更新講習、等で効果的に活用した。その際、「授業の効果を評価する調査分析」を実施し「教授学習システムの改良・改善」を行った。

2008 年 3 月 19 日、20 日には、新潟大学において「理科支援員事業における連携・共同・交流の促進に向けて」というシンポジウム・ワークショップを開催して、それ等の成果を発表し、全国の理科支援の取組の成果を集約して教訓・課題・展望を明らかにした。

さらに、「カリキュラムを考える会の全国

大会 (東京)」、「シンポジウム・ワークショップ・理科好きの子どもを育てる・伸ばすには～家庭・地域・学校間の連携を目指して」(2009 年 3 月、新潟大学に於いて) 等を開催して、これまでの諸成果を発表してきている。(8) 免許状更新講習 e-learning 教材 (力学の考え方教え方)、ものの重さと量概念の考え方・ビッグバルーン衝突現象で空気質量測定、など、初等・中等・高等教育の現場授業実践での評価・検証・フィードバックを行い、効果的で系統的な科学教材モジュール群へと改善・発展させた。

内容的にも力学分野から、熱の分野、波動分野、電磁気分野、原子の世界、等においても自主的学習ができる active-learning IT 活用授業の研究開発・実践を進めた。

(9) 創出した多様な理科教育・学習コンテンツをもとに、リアルタイム IT 活用法をふんだんに盛り込んだ「リメディアル☆フィジックス」DVD を作成した経験を発展させた。DVD 教材・ウェブベース教材を作成して、それを実験・実演と相補的に用いる学習法の開発・普及を進めた。「力学の考え方と教え方というコースウェア」を作成し、金沢大学における「e-ラーニングによる免許状更新講習」において、2008 年度には試行実施した。

2009 年度には「金沢大・東京学芸大・愛知教育大・千歳科学技術大学の 4 大学」における「e-ラーニングによる免許状更新講習」に採用され、高い完成度・実効性を持つ理科教育・学習の支援システムとして機能しつつある。さらに、新潟大学における免許状更新講習においては、実験・実演と相補的に用いた「アクティブ・ラーニング理科授業モジュール」として有効に活用される予定である。こうして、本研究の成果をもとに、初等・中等・高等教育における多様で幅広い理科教育の支援システムとしての役割を強化した。

(10) 2007 年度にはモロッコで実施された ICPE 国際物理教育会議の講演やワークショップで、これらの研究成果を発表し、研究交流や今後の研究方向について検討を行った。

2007 年度に、米国のヴァニア理科機器会社を訪問・国際的な理科教育のネットワーク強化と最新の IT 活用による理科支援システムの構築を目指して相互連携を強めた。さらに、近隣の韓国を訪問して、成果の交流や普及のため日韓合同シンポジウムを企画実施し、小学校・中学校・KERIS などの ICT 活用教育を視察して、理科支援システム構築に関する交流・検討を試みた。

2008 年度には JADE-PacADE-Joint ハワイ国際会議においては、ICT-based アクティブ・ラーニング理科授業モジュールの研究開発成果と、それによる力学概念の効果的形成についての授業実践の成果を発表し、欧米と日本の研究交流を深めた。

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 19 件)

①小林昭三、南部・小林・益川のノーベル賞受賞とその源流、物理教育(物理教育学会)、Vol. 57, No. 1、19-25、(2009)、査読有。

②小林昭三、ノーベル賞と南部・益川・小林への潮流 (I、II)、『理科教室』日本評論社、2009 年 2 月号・3 月号、71-74・70-73、(2009)、査読無。

③ 小林昭三、Modularized Materials to Develop Conceptual Understanding in Physics Education, Proceedings of the ICPE2006(TOKTO) by Journal of the Physics Education Society of Japan Supplement、154-155、(2008)、査読有。

④江尻有郷、並木雅俊、小林昭三、田中芳忠、他 4 名、PRODUCT OF DVD REMEDIAL PHYSICS FOR THE COLLEGE STUDENTS、Proceedings of the ICPE2006(TOKTO) by Journal of the Physics Education Society of Japan Supplement、142-143、(2008)、査読有。

⑤小林昭三、興治文子、森田龍義、五十嵐尤二、理科支援員事業をめぐる現状と将来への展望、新潟大学教育学部研究紀要、Vol. 1, No. 1、51-80、(2008)、査読無。

⑥興治文子、小林昭三、SCOT 事業を中心とした全国の理科教育支援の現状と課題、大学の物理教育(物理学会)、Vol. 14, No. 2、88-91、(2008)、査読有。

⑦小林昭三・興治文子、理科支援はどうあるべきかー現状と課題ー、理科教室(日本評論社)、2008 年 7 月号、35-39、(2008)、査読無。

⑧小林昭三、シリーズ「物理教育は今」:「初等理科の支援と SCOT 事業をめぐる現状と課題」、『日本物理学会誌』日本物理学会発行、Vol. 63 No. 4、300-303、(2008)、査読有。

⑨小林昭三、講義形式のアクティブ・ラーニングであるインタラクティブ講義デモンストラーション”・デビッド・R・ソコロフ (David R. Sokoloff, オレゴン大学, USA) の報告、物理教育(物理教育学会)、55 巻 4 号、248-251、51-54、(2007)、査読有。

⑩小林昭三、物理教育における概念的な理解の改善ーIT を活用したアクティブ・ラーニング・メソッドの促進・プリシラ・W・ローズ (Priscilla W. Laws、ディクソン大学, USA) の報告、物理教育(物理教育学会)、55 巻 3 号、248-251、(2007)、査読有。

[学会発表] (計 11 件)

①小林昭三、興治文子、畠山森魚、ICT-based アクティブ・ラーニングによる科学概念の効果的形成モジュールの開発、2009 年日本物理

学会年会、2009年3月28日、立教大学。

② 小林昭三、興治文子、Promotion of ICT-Based Science Education for Conceptual Understanding in Mechanics. Empowering Collaboration in Developmental Education in Pan-Pacific Basin. 1st. JADE - PacADE International Joint Conference September 19-20、2008年9月19日、Kapi'olani Community College, Honolulu, HI, USA。

③ 小林昭三、小中高 連携から協同への現状と課題・展望（招待講演）、日本物理教育学会（第25回大会）、2008年8月10日、新潟大学工学部。

④ 小林昭三、Development of IT-Based Educational Resources to Overcome Students' Misconceptions in Physics Laws, International Conference on Physics Education 2007- Building Careers with Physic、2007年11月15日、Marrakech（モロッコ）。

⑤ 小林昭三、リアルタイム IT 活用を基軸とした科学教育の新展開と理科支援、日本物理学会（概要集 62 巻 2 号・2 分冊、408 頁）、2007年9月22日、北海道大学。

〔図書〕（計3件）

① 小林昭三、分担執筆・執筆代表左巻健男・執筆者多数、文一総合出版、新しい科学の教科書・現代人のための中学校理科・物理編、（2009）、242（54-76, 142-170）。

② 小林昭三、分担執筆・左巻健男編著・執筆者多数、技術評論社、知っておきたい最新科学の基本用語、（2009）、431（333-412）。

③ 小林昭三、他多数による共著、東京電機大学出版局[CIEC10周年記念出版]（ハンドブック編集委員会）、『コンピュータ利用教育ハンドブック』（8-3 科学教育における ICT 活用）、

（2008）、399（276-279）。

6. 研究組織

(1) 研究代表者

小林 昭三（KOBAYASHI AKIZO）
新潟大学・人文社会・教育科学系・フェロー
研究者番号：10018822

(2) 研究分担者 なし。

(3) 連携研究者 なし。