

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 27 年 6 月 25 日現在

機関番号：13601

研究種目：基盤研究(B) (一般)

研究期間：2010～2014

課題番号：22300286

研究課題名(和文) 学習持続性を意識した情報の科学的な理解のコアコンピタンス向け学習プログラムの開発

研究課題名(英文) Development of the learning program for core competence of computational/informatics scientific understanding based on the concept of sustainable learning

研究代表者

香山 瑞恵 (KAYAMA, Mizue)

信州大学・学術研究院工学系・教授

研究者番号：70233989

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 14,000,000円

研究成果の概要(和文)：本研究の目的は、情報の科学的な理解促進のための学習プログラムの開発にある。情報の科学に関するコアコンピタンスを整理し、情報産業を担う人材の早期育成も視野に入れた学習プログラムの具体化と運用を図った。ここでは、情報の科学のコアコンピタンスを「情報の表現」ととらえ、そのミニマムエッセンシャルズを次の3項目とした。1) 情報的見方・考え方の根本を成す「対象の抽象化」、2) システム設計・運用分野で基礎としての「情報システム」、3) コンテンツ設計・開発分野の基礎としての「情報デザイン」。研究推進に際しては、中学、高校、大学、大学院、若手技術者育成といった学習の持続性を強く意識した。

研究成果の概要(英文)：The purpose of this study is to develop learning programs to promote interest and attention for the computational/informatics scientific understanding, like as Information Study at high-school level, Technology Study at junior high school level and Information Education for all educational level. In this research, we have defined the core competencies of computational/informatics scientific understanding. They are 1) abstraction and algorithmic thinking, 2) coding and system and 3) information design. For these three topics, we have developed some learning program with web-based learning tools and palm-top learning devices.

研究分野：教育工学

 キーワード：情報の科学 アルゴリズム的思考 情報デザイン 情報システム 中高大連携 情報の科学的な理解
 情報の表現

1. 研究開始当初の背景

初等教育段階から展開される情報教育では、情報活用の実践力の育成が意識され、さらに近年の社会動向を反映した情報社会に参画する態度の学習も取り入れられる。一方、高等学校情報科の展開においては、初等教育の延長としての学習内容のみならず、情報科学・工学に関連する情報の科学的な理解を深化させる学習が盛り込まれる。学習内容の豊富さや初等教育段階との差異から推し測るに、情報の科学に関する学習は、高等学校情報科の大きな核として捉えられる。

本研究では、情報の科学の中で「情報の表現」をコアコンピタンスと考え、その原理を理解するための学習プログラムを開発する。

原理解のための学習では、学習者自らが参加する実習や問題解決を踏まえた体験による学習の重要性も指摘できる。ここでは、プログラミング、情報システム、ネットワークの知識を伴わずに学べる教育プログラムが求められる。しかし、そのためには工夫された指導プランと教具・教材の整備が不可欠である。現在、このような学習プログラムは、国内外において存在しない。

情報の科学を理解させる教具・教材は、これまでも数多く提案されている。その多くが情報科学に関する概念やコンピュータやネットワークなどの情報機器内部の動作を可視化した内容であり、学習者がコンピュータ上で内容を視聴したり、対話型ドリルに解答したりするものである。これらは、座学での学習に近く、体験的かつ直感的に学習する内容ではない。また、近年、コンピュータやネットワークを用いずに情報処理の仕組みや動作原理を理解させる教材として unplugged や NPR(Non Programming Resources)が提案されている。ここでは学習者自身にコンピュータの振舞を模擬的に演じさせ、体験的かつ直感的にその仕組みがわかるような工夫されている。これらの教材は情報科学に関する抽象概念の理解には効果的であるといわれる。しかし、その学んだ知識を活かす場としての学習環境の工夫は教師に委ねられる。

2. 研究の目的

本研究の目的は、情報の科学的な理解促進のための学習プログラムの開発にある。情報の科学に関するコアコンピタンスを整理し、情報産業を担う人材の早期育成も視野に入れた学習プログラムの具体化と運用を図る。情報の科学のコアコンピタンスを「情報の表現」ととらえ、そのミニマムエッセンシャルズを以下の3項目とする。ここでは中学、高校(普通科・専門科)、大学(一般教育・専門教育)、大学院(専門教育)、若手技術者育成といった学習の持続性が強く意識される。

- ・情報的見方・考え方の根本を成す「対象の抽象化」(手続きとモデル化):AL
- ・システム設計・運用分野で基礎としての「情報システム」(符号化と通信):IS

- ・コンテンツ設計・開発分野の基礎としての「情報デザイン」:ID

3. 研究の方法

平成 22~26 年度までの 5 か年をそれぞれ以下のように位置付け、教材開発と実践支援とを行う。

- 22 年度:<調査・教材テストベットの開発・テスト授業展開>期
- 23 年度:<最終開発・テスト授業展開>期
- 24 年度:<授業者主体の授業展開・開発成果啓蒙>期
- 25 年度:<教材・学習プログラムによる教育実践の展開・開発成果啓蒙>期
- 26 年度:<フォローアップ>期

AL では、手続きによる抽象化(AL 手続き)とモデル化による抽象化(AL モデル)とに対して、中高大での教育実践の展開と支援ツールの新規開発を、IS では中学校での展開と通信に関する新規教材開発を、ID では課題事例集教材・指導手引書の編纂とそれらに基づく実践支援を試みる。

4. 研究成果

AL 手続きでは、アルゴリズム的思考法のための教育支援ツール AT を開発した。この成果は、4 大学 1 高専での教育実践に適用している。さらに、AT を利用した小中高校生



図1 ATを利用した親子プログラミング教室の様子

向けのサイエンス・イベント用プログラムを開発し、地域向けイベントに適用した(図1参照)。この研究成果は、国内外の学会より以下に示す表彰を受けた。

- 日本情報科教育学会 第3回全国大会 優秀研究賞(2010.6.27).
- 日本情報科教育学会 第6回全国大会 優秀研究賞(2013.6.30).
- 日本情報科教育学会 第7回全国大会 優秀研究賞(2014.7.19)
- The 22nd International Conference on Computers in Education, Best Technical Design Paper Award(2014.12.4).

ALモデルでは、モデル駆動開発方法論に基づくモデリング学習ツール S-Cloocaを開発した。開発対象は4種のロボット(LEGO NXT, Artec, i-Create, i-Create2)である。さらに、S-Cloocaを利用した小中高校生向けのサイエンス・イベント用プログラムを開発し、地域向けイベントに適用した(図2参照)。この研究成果は、国際学会より以下に示す表彰を受けた。

- 2015 IEEE Global Engineering Education Conference (EDUCON), Best Paper Award(2015.3.20).

ISでは2種の教材を取り上げた。まず、デ



図2 S-Cloocaを利用した親子モデリング教室の様子

ータリンク層および物理層のプロトコルを対象に通信の基礎概念を学習するためのハンズオン教材を開発し、大学1年生および高校生を対象とした評価実験により、その教育効果を確認した。次に、符号化を学習する教材 Let's Go! Go! Magical Spoons については、小中学生向けサイエンス・イベント用プログラムを開発し、地域向けのイベントに適用した。これらの研究成果は、国際学会より以下に示す表彰を受けた。

- 教育システム情報学会 論文賞(2011.9.1).
- 教育システム情報学会 第36回全国大会 優秀賞(2011.9.2).
- 日本情報科教育学会 第4回全国大会 優秀研究賞(2011.10.16).

IDでは、課題事例集教材・指導手引書の編纂し、その成果を情報専門学科を有する高校や総合高校に送付し、授業実践支援を試みた。

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 26件)

- ① Kayama Mizue, Ogata Shinpei, Nagai Takashi, Yokota Hiroaki, Masumoto Kento, Hashimoto Masami : Effectiveness of Model-Driven Development Method in Conceptual Modeling Education for University Freshmen, The 6th IEEE Global Engineering Education Conference (EDUCON2015), pp.281-289 (2015). [査読有]
- ② 布施泉・岡部成玄: 双方向遠隔授業における学習支援機能の検討: 一般情報教育科目での実践を通して, 高等教育ジャーナル, 高等教育と生涯学習(22), pp.83-90(2015). [査読有]
- ③ 布施泉・岡部成玄: 双方向遠隔授業の教育学習環境, 高等教育ジャーナル, 高等教育と生涯学習(22), pp.75-81(2015). [査読有]
- ④ 永田奈央美: SNSを活用したものづくり支援に関する研究, 静岡産業大学情報学部研究紀要(17), pp.79-86(2015). [査読無]
- ⑤ Mizue Kayama, Makoto Satoh, Kei Kobayashi, Hisayoshi Kunimune, Masami Hashimoto and Makoto Otani : Algorithmic Thinking Learning Support System Based on Student-Problem Score Table Analysis. , International Journal of Computer and Communication Engineering, 3(2), pp.134-140(2014). [査読有]
- ⑥ 國宗永佳・香山瑞恵・新村正明: 「情報の科学」におけるアルゴリズム・プログラミング教育を支援するビジュアルプロ

- グラミングシステムの提案, 日本情報科教育学会論文誌, 7(1), pp.37-46 (2014). [査読有]
- ⑦ 香山瑞恵・國宗永佳・橋本昌巳・大谷真 : SP 表分析に基づく「アルゴリズム」単元の学習に適した課題形式の整理, 日本情報科教育学会論文誌, 7(1), pp.97-98 (2014). [査読無, 全国大会優秀論文賞]
- ⑧ 香山瑞恵 : 小型飛行船を使った初等中等教育向け情報教育 : 情報の符号化を体験的に学習する教材 : Let's Go Go! Magical Spoons, 情報処理, 56(01), pp.77-79, (2014). [査読無]
- ⑨ 久住憲嗣 : ロボットチャレンジを用いた分野・地域を超えた Project-Based Learning, 情報処理, 56(01), pp. 58-61, (2014). [査読無]
- ⑩ 久住憲嗣・渡辺晴美 : 組込みシステムのためのモデル駆動開発技術・共通問題から新しい技術へのチャレンジ-, 情報処理, 56(01), pp. 62-64, (2014). [査読無]
- ⑪ Mizue Kayama, Makoto Satoh, Kei Kobayashi, Hisayoshi Kunimune, Masaaki Niimura, Masami Hashimoto, Makoto Otani : eAssessment Functions in the Algorithmic Thinking Learning Environment, The 14th IEEE International Conference on Advanced Learning Technologies, pp.315-317 (2014). [査読有]
- ⑫ Mizue Kayama, Shinpei Ogata, Kento Masumoto, Masami Hashimoto Makoto Otani : A Practical Conceptual Modeling Teaching Method based on Quantitative Error Analyses for Novices Learning to Create Error-free Simple Class Diagrams, 12th International Conference on Software Engineering Research, Management and Applications (ACIS SERA 2014), pp.616-622 (2014). [査読有]
- ⑬ Mizue Kayama, Hisayoshi Kunimune, Masaaki Niimura, Masami Hashimoto and Makoto Otani : Algorithmic Thinking Learning Support System in Block Programming Paradigm, Proc. of The 22nd International Conference on Computers in Education, pp.276-284 (2014). [査読有]
- ⑭ Kayama, M., Masumoto, K., Ogata, S., Asano, D., Hashimoto, M., Otani, M. : Quantitative Analysis based Criteria for Evaluating Simple Class Diagrams made by Novices for Conceptual Modeling, Proc. of 2014 IEEE International Conference on Teaching, Assessment and Learning for Engineering, pp.1-6, (2014). [査読有]
- ⑮ 永田奈央美・大石義 : e-learning の実験的運用とその効果 : WebClass と Moodle の比較分析を通して, 静岡産業大学情報学部研究紀要 15, pp.83-93 (2013). [査読無]
- ⑯ Kayama Mizue, Nagai Takashi, Kunimune Hisayoshi, Niimura Masaaki, Kayatsu Rika and Fuwa Yasushi : Algorithm Element Controllable Tool for Algorithmic Thinking Learning- Suitable Algorithm Elements Defined by Teacher -, 2013 IEEE International Conference on Teaching, Assessment and Learning for Engineering, pp.273-276 (2013). [査読有]
- ⑰ Makoto Satoh, Ryo Muramatsu, Mizue Kayama, Kazunori Itoh, Masami Hashimoto, Makoto Otani, Michio Shimizu, and Masahiko Sugimoto : Preliminary Design of a Network Protocol Learning Tool Based on the Comprehension of High School Students: Design by an Empirical Study Using a Simple Mind Map, HCII 2013, pp.89-93 (2013). [査読有]
- ⑱ Hisayoshi Kunimune, Tatsuki Yamamoto, Kei Kobayashi, Mizue Kayama and Niimura Masaaki : Preliminary Visual Programming Education System. Proc. of 2013 AACE World Conference on E-Learning, ID-40611 (2013). [査読有]
- ⑲ 永田奈央美・渡邊志・大石義 : 自主的発言を促進するための情報リテラシ授業の展開, 静岡産業大学情報学部研究紀要 14, pp.127-137 (2012). [査読無]
- ⑳ 香山瑞恵・村松竜・伊東一典・橋本昌巳・大谷真 : 情報通信ネットワークに対する高校生の認識実態 - 簡易マインドマップに基づく分析より -, 日本情報科教育学会論文誌, 5(1), pp.19-28 (2012). [査読有]
- 21 永田奈央美・大石義 : 情報リテラシ授業における教材内容分析とその効果, 静岡産業大学情報学部研究紀要 13, 119-130 (2011). [査読無]
- 22 萱津理佳・香山瑞恵・國宗永佳・不破泰 : プログラミング教育におけるアルゴリズム的思考のための教育支援ツール利用の実践と評価, 長野県短期大学紀要, 66, pp.97-103 (2011).[査読無]
- 23 村松竜・香山瑞恵・伊東一典・橋本昌巳・大谷真 : 簡易マインドマップによる情報通信ネットワークに関する認識実態 - 大学1年生を対象とした調査より -, 情報科教育学会論文誌, 4(1), pp.25-26 (2011). [査読無, 全国大会優秀論文賞]
- 24 M.Kayama, T. Futagami, A. Konno, T. Tasaki, C. Starrett : Let's go! magical spoons: a high school learning program for information coding

- fundamentals, Proc. of the 2010 ACM conference on Information technology education, pp.95-104 (2010). [査読有]
- 25 香山瑞恵・永井孝・國宗永佳・不破泰・萱津理佳・山本樹：アルゴリズム的思考法のための教育支援ツールの開発，日本情報科教育学会論文誌，3(1)，pp.23-24 (2010). [査読無，全国大会優秀論文賞]
- 26 布施泉・孫亜男・岡部成玄：情報倫理教材の多言語化，教育システム情報学会研究報告 25(2)，pp.16-19 (2010). [査読有]
- [学会発表] (計 24 件)
- ① 香山瑞恵・小形真平・永井孝・横田寛明・増元健人・橋本昌巳・大谷真：初学者向けの振舞に関する概念モデリング教育へのモデル駆動開発方法論に基づく学習環境導入の効果，組込みシステムシンポジウム 2014，pp.108-113 (2014.10.15, 東京都渋谷区).
- ② 箕浦航・香山瑞恵・不破泰・橋本昌巳・大谷真：ネットワークプロトコルの基本原理に関する学習教材の設計と開発，日本情報科教育学会第7回全国大会講演論文集，pp.59-60 (2014.7.20, 北海道千歳市).
- ③ 不破みのり・香山瑞恵・橋本昌巳・大谷真：アルゴリズム学習における適応的課題作成のためのアルゴリズム難易度評価基準に関する基礎的検討，日本情報科教育学会第7回全国大会講演論文集，pp.41-42 (2014.7.19, 北海道千歳市).
- ④ 香山瑞恵・國宗永佳・橋本昌巳・大谷真：SP表分析に基づく「アルゴリズム」単元の学習に適した課題形式の整理，日本情報科教育学会第7回全国大会講演論文集，pp.45-46 (2014.7.19, 北海道千歳市).
- ⑤ 國宗永佳・山本樹・新村正明・香山瑞恵：初級プログラミング学習におけるプログラム作成過程と支援方法の検討，第38回情報システム教育学会全国大会講演論文集，pp.379-380 (2013.9.4, 石川県金沢市).
- ⑥ 萱津理佳・香山瑞恵・永井孝・國宗永佳・不破泰・宮崎敬：アルゴリズム的思考法のための教育支援ツール利用の試みー高専での3年間の試行に関する考察ー，第38回情報システム教育学会全国大会講演論文集，pp.281-282 (2013.9.3, 石川県金沢市).
- ⑦ 増元健人・香山瑞恵・小形真平・伊東一典・橋本昌巳・大谷真：動的モデルとしての振舞いモデリングに際する初学者の誤り分析ープログラミング未習群と既習群とによる比較ー，情報処理学会情報教育シンポジウム Summer Symposium in Shizukuishi 2013, 2013(2)，pp.11-18 (2013.8.11, 岩手県雫石郡).
- ⑧ 香山瑞恵・小林慶・國宗永佳・新村正明：コンピュータによる処理手順の自動実行の理解を支援する Web 教材:AT, 第6回日本情報科教育学会全国大会講演論文集，pp.103-104 (2013.6.30, 東京都港区).
- ⑨ 増元健人・香山瑞恵・小形真平・伊東一典・橋本昌巳・大谷真：モデルベース設計における初学者の誤り分析とそれに基づく教育方法の検討ークラス図の記述・読解を対象として，情報処理学会組込みシステムシンポジウム 2012 論文集，pp.101-109 (2012.10.10, 東京都渋谷区).
- ⑩ 香山瑞恵・部谷修平・永井孝・久住憲嗣：ロボットでの動作シミュレーションが可能なシステムモデリング用 Web 教材，第5回日本情報科教育学会全国大会講演論文集，p.54 (2012.6.17, 長野県長野市).
- ⑪ 萱津理佳・香山瑞恵・國宗永佳・不破泰・宮崎敬：アルゴリズム的思考法のための教育支援ツール利用の試みー高専での2年間の試行に関する考察ー，第5回日本情報科教育学会全国大会講演論文集，pp.83-84 (2012.6.17, 長野県長野市).
- ⑫ 永田奈央美・香山瑞恵：情報の符号化のための教材「マジカル・スプーン」のシミュレーション機能の拡張ーGoogleEarth との連携によるフライト・シミュレーションー，第5回日本情報科教育学会全国大会講演論文集，p.56 (2012.6.17, 長野県長野市).
- ⑬ 上平崇仁・香山瑞恵：IA Basic Learning Kit: Web 制作における情報設計に着目したワークショップキットの試作，第5回日本情報科教育学会全国大会講演論文集，p.47 (2012.6.16, 長野県長野市).
- ⑭ 永井孝・香山瑞恵：ビジュアル・ブロック・プログラミング可能なアルゴリズム学習向け WEB ツール: AlgoTool, 第5回日本情報科教育学会全国大会講演論文集，p.49 (2012.6.16, 長野県長野市).
- ⑮ 香山瑞恵・佐藤亮・伊東一典・橋本昌巳・大谷真：初学者のアルゴリズム的思考における変数利用に関する一考察，第4回日本情報科教育学会全国大会講演論文集，pp.46-47 (2011.10.16, 奈良県北葛城郡).
- ⑯ 村松竜・香山瑞恵・伊東一典・橋本昌巳・大谷真：簡易マインドマップによる情報通信ネットワークに関する認識実態ー大学1年生を対象とした調査よりー，第4回日本情報科教育学会全国大会講演論文集，pp.84-85 (2011.10.16, 奈良県北葛城郡).
- ⑰ 原行人・西尾圭太・増田壮志・香山瑞恵・久住憲嗣・伊東一典・橋本昌巳・大谷真：MDDのための基礎教育環境の構築，組込みシステムシンポジウム 2011 論文集，pp.16-1-16-5 (2011.10.12, 東京都渋谷区).

- ⑱ 國宗永佳・山本樹・香山瑞恵・新村正明・不破泰:情報工学科学生に対するアルゴリズム的思考法教育の実践, 第36回教育システム情報学会全国大会講演論文集, pp.H5-1-1・H5-1-2 (2011.9.2, 広島県広島市).
- ⑲ 村松竜・香山瑞恵・伊東一典・橋本昌己・大谷真:情報通信ネットワークに関する高校生の認識実態, 第36回教育システム情報学会全国大会講演論文集, pp.B3-4-1・B3-4-2 (2011.9.1, 広島県広島市).
- ⑳ 香山瑞恵・永井孝・山本樹・國宗永佳・不破泰・萱津理佳:グラフィカルなインタフェースによるアルゴリズム的思考法教育支援の試み, 第35回教育システム情報学会全国大会講演論文集, 26D1-4 (2010.8.26, 北海道札幌市).
- 21 香山瑞恵・村松竜・二上貴夫・伊東一典・橋本昌己・大谷真:通信の原理理解のための教材:タンジブル・ネットワークの構想, 第35回教育システム情報学会全国大会, 26H2-4, (2010.8.26, 北海道札幌市).
- 22 香山瑞恵・二上貴夫, Cortland Starrett, 今野篤志: Model Driven Development に基づく抽象化概念教育の教育, 日本情報科教育学会第3回全国大会講演論文集, 98-99 (2010.6.27, 東京都世田谷区).
- 23 香山瑞恵・永井孝・國宗永佳・不破泰・萱津理佳・山本樹:アルゴリズム的思考法のための教育支援ツールの開発, 日本情報科教育学会第3回全国大会講演論文集, pp.112-113 (2010.6.27, 東京都世田谷区).
- 24 上平崇仁・香山瑞恵:情報デザインに関する課題事例集の整備とその教育展開に関する考察, 日本情報科教育学会第3回全国大会講演論文集, 27C2-4, pp.144-145 (2010.6.27, 東京都世田谷区).

6. 研究組織

(1) 研究代表者

香山 瑞恵 (KAYAMA, Mizue)
信州大学・学術研究院工学系・教授
研究者番号: 70233989

(2) 研究分担者

不破 泰 (FUWA, Yasushi)
信州大学・学術研究院工学系・教授
研究者番号: 00165507

久住 憲嗣 (HISAZUMI, Kenji)
九州大学・システム情報科学研究院・准教授
研究者番号: 10380685

布施 泉 (FUSE, Izumi)

北海道大学・情報基盤センター・教授
研究者番号: 70271806

永田 奈央美 (NAGATA, Naomi)
静岡産業大学・情報学部・講師
研究者番号: 50582293

萱津 理佳 (KAYATSU, Rika)
長野県短期大学・多文化コミュニケーション学科・准教授
研究者番号: 70242667

國宗 永佳 (KUNIMUNE, Yoshihisa)
信州大学・学術研究院工学系・助教
研究者番号: 90377648

飯田 周作 (IIDA, Shuusaku)
専修大学・ネットワーク情報学部・教授
研究者番号: 80338590

山本 樹 (YAMAMOTO, Tatsuki)
尚美学園大学・芸術情報学部・講師
研究者番号: 30535266

小形 真平 (OGATA, Shinpei)
信州大学・学術研究院工学系・助教
研究者番号: 10589279

(3) 連携研究者

上平崇仁 (KAMIHIRA, Takahito)
専修大学・ネットワーク情報学部・教授
研究者番号: 20339807

(4) 研究協力者

二上 貴夫 (FUTAGAMI, Takao)
東陽テクニカ株式会社・部長
研究者番号: なし

部谷 修平 (HIYA, Shuhei)
株式会社 Technical RockStars・代表
研究者番号: なし

田崎 丈晴 (TASAKI, Takeharu)
千代田区立九段中等教育学校・教諭
研究者番号: なし

今野 篤志 (KONNO, Atsushi)
北海道札幌新川高校・教諭
研究者番号: なし

Cortland, Starrett
Faith Christian School (US)・非常勤講師
研究者番号: なし

Stephen J., Mellor
University of Essex・Professor
研究者番号: なし