

「コンピュータサイエンスフィールドガイド」 CS アンプラグドを活用した情報科学学習サイト

兼宗 進^{1,a)} 高原 恭祐^{1,b)} 島袋 舞子^{1,c)} 中野 由章^{2,d)}

概要: コンピュータサイエンスフィールドガイドはニュージーランドのカンタベリー大学で開発されている高校生向けのコンピュータ科学学習サイトである。2014年5月末現在ではアルゴリズムや人工知能などの15個のトピックが公開されており、それぞれの解説ページには説明文のほかに、コンピューターサイエンスアンプラグドを利用した学習や、動画や対話的な学習教材が埋め込まれている。我々は原作者の協力を得て日本語版のサイトの作成を進めている。本稿ではその内容を報告する。

キーワード: コンピュータサイエンスフィールドガイド, CS アンプラグド, 情報科学教育

Computer Science Field Guide

KANEMUNE SUSUMU^{1,a)} TAKAHARA KYOUSUKE^{1,b)} SHIMABUKU MAIKO^{1,c)} NAKANO YOSHIAKI^{2,d)}

Abstract:

The "Computer Science Field Guide" is an online education site for teaching CS for high school students in New Zealand. It has 15 topics including algorithms and artificial intelligence. Each topic is constructed by texts, movies, interactive contents and links. The "CS Unplugged" is fully used in each topic. We translated its texts and interactive contents on the Japanese site. In this article, we will report Computer Science Field Guide and its Japanese site.

Keywords: Computer Science Field Guide, Computer Science Unplugged, Computer Science Education

1. はじめに

情報技術が身近に使われるようになり、各国の情報教育の中で情報科学に関する教育が行われるようになっていく。ニュージーランドでは教育カリキュラムの改訂が行われ、高等学校の各学年においても情報科学を含む情報教育が行われている。

しかし、情報科学の内容をすべての高校生に理解させることは容易ではなく、わかりやすく教えるための教材が求められている。そこで、小学生から情報科学の基礎を体験できる「コンピューターサイエンスアンプラグド」(以下、CS アンプラグド) [1][2][3]の作者である Tim Bell 博士は、コンピュータサイエンスフィールドガイド(以下、CS フィールドガイド) [4]を2013年から公開し、高校の授業での活用が進められている [5]。

CS フィールドガイドでは、2014年5月末現在ではアルゴリズムや人工知能などの15個のトピックが公開されており、それぞれの解説ページには説明文のほかに、コンピューターサイエンスアンプラグドを利用した学習や、動画や対話的な学習教材が埋め込まれている。

我々は原作者の協力を得て日本語版のサイトの作成を進めている。本稿ではその内容を紹介し、日本の高等学校で

¹ 大阪電気通信大学
Osaka Electro-Communication University, Shijonawate, Osaka 575-0063, Japan

² 神戸市立科学技術高等学校
Kobe Municipal High School of Science and Technology, Kobe, Hyogo, 651-0072, Japan

a) kanemune@acm.org

b) ht12a049@oecu.jp

c) shimabuku.m@gmail.com

d) info@nakano.ac

の情報教育との対応についても考察する。

2. ニュージーランドの情報教育

CS フィールドガイドはニュージーランドにおける高校の授業をサポートするために開発されたことから、この節ではニュージーランドの secondary school（日本における大学前の中学校と高等学校に相当）での情報教育 (Computing / Digital Technologies) を紹介する。

ニュージーランドでは、指導要領に相当する標準 (Standard) と達成度に関する基準 (Qualification Authority) が定められている。国定の教科書が存在しないことから、実施する内容は達成基準を満たす範囲学校による自由度が許されており、CS フィールドガイドは情報教育の中の情報科学分野の内容をサポートするために作られている。表 1 に、ニュージーランドの secondary school における Computing / Digital Technologies のカリキュラム標準を示す。

3. CS アンプラグド

CS アンプラグドは予備知識を持たない小学生からの児童生徒に情報科学の本質を体験的に学習させることのできる教育手法である。CS フィールドガイドでは高校生に情報科学の基礎をわかりやすく伝えるために、CS アンプラグドを活用している。そこで本節では CS アンプラグドの概要を説明する。

CS アンプラグドは現在も拡張されているが、基本的には 12 個の章から構成されている。表 2 に章構成を示す。

表 2 CS アンプラグドの章構成

章	内容	対象年齢
1	2 進数	7 歳以上
2	画像表現	7 歳以上
3	テキスト圧縮	9 歳以上
4	エラー検出とエラー訂正	9 歳以上
5	情報理論	9 歳以上
6	探索アルゴリズム	9 歳以上
7	整列アルゴリズム	8 歳以上
8	並べ替えネットワーク	8 歳以上
9	最小全域木	9 歳以上
10	ネットワーク	9 歳以上
11	有限状態オートマトン	9 歳以上
12	プログラミング言語	7 歳以上

個々の内容は高等学校から大学の専門課程で扱われる内容だが、説明と教材を工夫することによって、小学生にも理解できるように構成されていることが特徴である。ここでは特徴的な章の内容をいくつか紹介する。

第 1 章では、2 進数を扱っている。最初にカードで 2 進数を理解し、続いて文字をコード化してモデムのように音の高低で伝達するゲームを行う。最後にコンピュータのメ

モリや CD-ROM で情報を記憶する仕組みを解説している。

第 2 章では、画像のビット表現を扱っている。最初にマトリクスに描かれた図形を白と黒の並びの数で符号化する。続いて自分の絵を符号化し、同級生が元の絵に戻すゲームを行う。最後にコンピュータや FAX での画像の符号化や圧縮の効果を解説している。

第 3 章では、テキスト圧縮を扱っている。最初に、テキスト中に出現する文字列の重複を、すでに出現している箇所を示すことにより圧縮する方法を学ぶ。最後にコンピュータのデータや通信で、テキストや画像が圧縮されて扱われていることを解説している。

第 4 章では、誤り検出を扱っている。最初にパリティを使い、縦横に並べた白黒のカードのどれが反転したかを当てるゲームを行う。続いて書籍の ISBN を計算し、最後にコンピュータや音楽 CD における誤り検出と誤り訂正の重要性を解説している。

4. CS フィールドガイド

4.1 CS フィールドガイドの概要

CS フィールドガイドはニュージーランドの高校の授業で利用するために作られた、コンピュータ科学を学習するためのサイトである。図 1 に CS フィールドガイドのトップページを、表 3 に章構成を示す。

内容は 15 章からなり、現在も作成作業が継続的に行われている。内容はアルゴリズムやユーザーインターフェースなど幅広いが、CS アンプラグドでも重視されている各種の符号化は詳しく扱われている。理論的な抽象度の高いオートマトンを含む形式言語や、計算量を扱う「複雑度と計算可能性」が高校生向けの教材として扱われていることも特徴である。

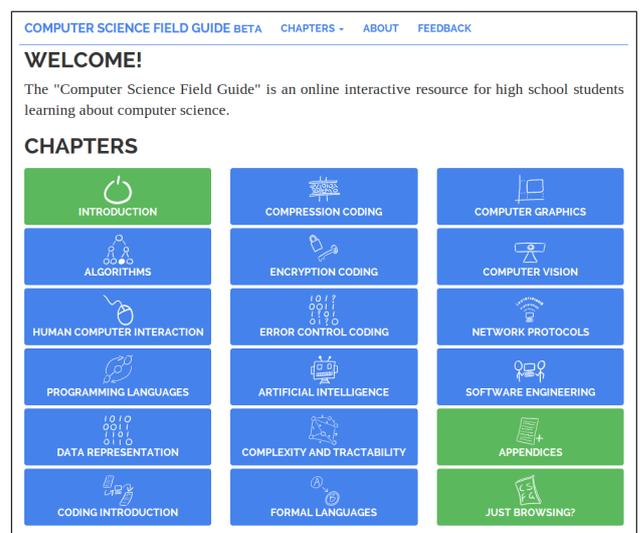


図 1 英語版サイトのトップページ

高度な内容を高校生にわかりやすく伝えるために、本文では説明文に加えて、動画や対話的なオンラインコンテンツ

表1 ニュージーランドにおける高校のカリキュラム標準 (Computing / Digital Technologies)

(Level 1)	
91070	Demonstrate understanding of basic concepts of information management
91071	Implement basic procedures to produce a specified digital information outcome
91072	Demonstrate understanding of basic concepts of digital media
91073	Implement basic procedures to produce a specified digital media outcome
91074	Demonstrate understanding of basic concepts from computer science
91075	Construct a plan for a basic computer program for a specified task
91076	Construct a basic computer program for a specified task
91077	Demonstrate understanding of basic concepts used in the design and construction of electronic environments
91078	Implement basic interfacing procedures in a specified electronic environment
91079	Implement basic techniques in constructing a specified electronic and embedded system
91080	Demonstrate understanding of the common components of basic digital infrastructures
91081	Implement basic procedures for servicing a personal computer system
(Level 2)	
91367	Demonstrate understanding of advanced concepts relating to managing shared information within information systems
91368	Implement advanced procedures to produce a specified digital information outcome with dynamically linked data
91369	Demonstrate understanding of advanced concepts of digital media
91370	Implement advanced procedures to produce a specified digital media outcome
91371	Demonstrate understanding of advanced concepts from computer science
91372	Construct a plan for an advanced computer program for a specified task
91373	Construct an advanced computer program for a specified task
91374	Demonstrate understanding of advanced concepts used in the construction of electronic environments
91375	Implement advanced interfacing procedures in a specified electronic environment
91376	Implement advanced techniques in constructing a specified advanced electronic and embedded system
91377	Demonstrate understanding of local area network technologies
91378	Implement procedures for administering a local area network
(Level 3)	
91632	Demonstrate understanding of complex concepts of information systems in an organisation
91633	Implement complex procedures to develop a relational database embedded in a specified digital outcome
91634	Demonstrate understanding of complex concepts of digital media
91635	Implement complex procedures to produce a specified digital media outcome
91636	Demonstrate understanding of areas of computer science
91637	Develop a complex computer program for a specified task
91638	Demonstrate understanding of complex concepts used in the design and construction of electronic environments
91639	Implement complex interfacing procedures in a specified electronic environment
91640	Implement complex techniques in constructing a specified complex electronic and embedded system
91641	Demonstrate understanding of wide area network technologies
91642	Implement procedures for administering a wide area network

ツが効果的に使われている。

図2にアルゴリズムの章の画面を示す。この章ではアルゴリズムの例として、最初に「図書館で3人の学生がそれぞれ違う方法で目的の本を探す」情報探索の動画があり、ランダムサーチや逐次探索と比較して、二分探索のような簡単なアルゴリズムを使うだけでも高速に検索を行えることを理解できるようになっている。

続いて画面内で4種類のソートの速度を比較できるオンラインコンテンツがあり、クリックして実行することで同じ数のデータを並び替える場合でも、アルゴリズムによって速度が違うことを体験できるようになっている。

各章の内容は次のようになっている。

1章の導入 (Introduction) では、情報科学を学ぶ意義を

説明した後、生徒が興味を持てる題材として2種類の電卓を示し、ユーザーインターフェースの違いと重要性を体験できるようにしている。

2章のアルゴリズム (Algorithms) では、上述の図書館の動画とオンラインコンテンツを使い、選択とソーティングを題材に効率の違いを説明している。

3章のユーザーインターフェース (Human Computer Interaction) では、質問に次々と回答していくときに訪ね方を突然変えられたときの反応や、適切な反応速度でないときのストレスなどを、対話的なオンラインコンテンツを使うことで体験できるようにしている。

4章のプログラミング言語 (Programming languages) では、Pythonのサンプルを使い簡単なプログラムを説明し

表 3 英語版サイトの章構成

章 タイトル	内容
1 Introduction	導入
2 Algorithms	アルゴリズム
3 Human Computer Interaction	ユーザーインターフェース
4 Programming languages	プログラミング言語
5 Data representation	データ表現
6 Coding Introduction	符号化入門
7 Compression coding	圧縮符号化
8 Encryption coding	暗号符号化
9 Error control coding	誤り制御符号化
10 Artificial Intelligence	人工知能
11 Complexity and tractability	複雑度と計算可能性
12 Formal languages	形式言語
13 Computer graphics	コンピュータグラフィックス
14 Computer vision	コンピュータビジョン
15 Network communication protocols	ネットワーク通信プロトコル
16 Software engineering	ソフトウェア工学
17 Appendices	付録

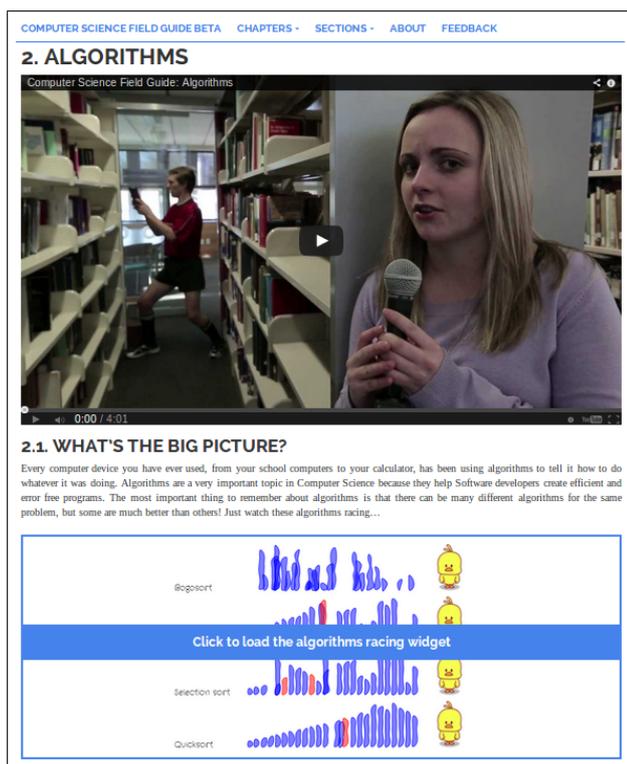


図 2 英語版サイトの画面例

た後、機械語の例として MIPS のアセンブラを紹介し、他の言語として Scratch、Java、JavaScript、C、MATLAB、LABVIEW などの特徴的な言語を紹介している。

5章のデータ表現 (Data representation) では、点字の一覧から、ドットの配置でアルファベットを表現できることを示した後、コンピュータの文字コードもビットの並びで表現されていることを示し、2進数、画像の色が RGB で

構成されていることを説明している。

6章の符号化入門 (Coding Introduction) は、続く章の導入として、符号化の意味を説明している。

7章の圧縮符号化 (Compression coding) では、CS アンプラグドの画像表現の動画でランレングス圧縮を紹介した後、JPEG の画像圧縮、LZ 法によるテキスト圧縮を紹介している。

8章の暗号符号化 (Encryption coding) では、オンラインコンテンツで換字式暗号の符号化と復号を体験した後、公開鍵暗号を説明している。

9章の誤り制御符号化 (Error control coding) では、CS アンプラグドの動画でパリティビットを紹介した後、オンラインコンテンツで ISBN のチェックディジットを体験的に学習できるようにしている。

10章の人工知能 (Artificial Intelligence) では、人間らしくチャットで会話をする Eliza のオンラインコンテンツを使い、相手が人間かどうかを判別するチューリングテストを紹介し、機械と知能の関係を説明している。

11章の複雑度と計算可能性 (Complexity and tractability) では、階乗などの時間がかかる計算をオンラインコンテンツで見せることで、計算量の概念を説明している。

12章の形式言語 (Formal languages) では、プログラミングでの文法エラーを見せることで、人工的な言語と日常の自然言語の違いを説明した後、数十万語の辞書の内容を正規表現で検索するオンラインコンテンツや、各種の有限状態オートマトンの状態を遷移しながら確認できるオンラインコンテンツによって形式言語の概念をわかりやすく説明している。

13章のコンピュータグラフィックス (Computer graphics) では、3次元の画像を画面の空間上で対話的に回転できるオンラインコンテンツや、画像を変換する行列計算を紹介することで、3D のコンピュータグラフィックスを説明している。

14章のコンピュータビジョン (Computer vision) では、撮影した画像の認識を、ノイズの除去や輪郭抽出の例を示しながら、顔認識の応用例までを含めて説明している。

15章のネットワーク通信プロトコル (Network communication protocols) は作成途中である。

16章のソフトウェア工学 (Software engineering) では、「ハードウェア/OS/ソフトウェア/ユーザー」という階層構造を説明した後、ソフトウェア開発プロセスやその中で行われるソフトウェアテストの重要性、PDCA サイクルなどを説明している。

17章の付録 (Appendices) では、用語集や協力メンバー、教材のインストール方法、今後の計画などが紹介されている。

4.2 対話的なオンラインコンテンツ

オンラインコンテンツはHTML5とJavaScriptで作成されており、カンタベリー大学内のプログラミングが得意な学生が担当している。図3に、ソーティングのアルゴリズム学習で使うための、仮想的な天びん教材の例を示す。この教材では、地面に置いてある箱をマウスで天びんの皿に乗せ、2個ずつの重さを計ることで、データの大小比較を行う学習を行うことができる。

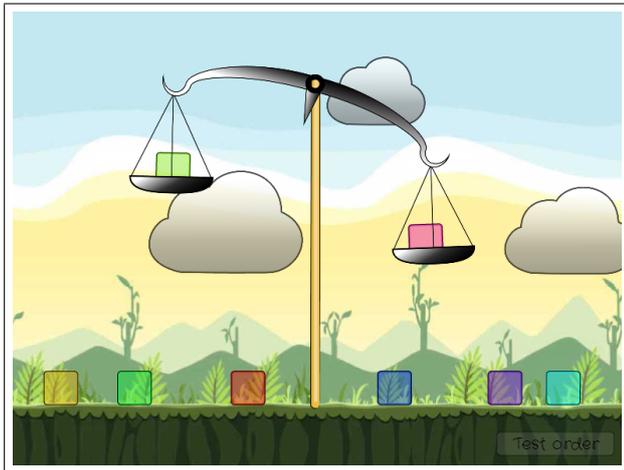


図3 英語版サイトのオンラインコンテンツ例

は、国内の大学教員を中心に高校教員と連携して行っている。図5に日本語版の画面例を示す。



図5 日本語版サイトの画面例

4.3 関連サイトへのリンク

より深く学んでみたい学習者には、Further Readingとして参考文献や関連サイトへのリンクが紹介されている。図4に関連情報へのリンク画面を示す。

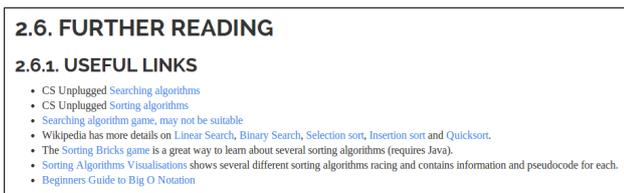


図4 関連サイトへのリンク例

オンラインコンテンツの日本語化は著者のひとりが卒業研究の一環として作業を行っている。図6と図7に日本語化した画面例を示す。

4.4 構築方法

英語版のサイトはGoogleDrive上で作成したマークアップ記述を、Python言語のドキュメント生成などで利用されているSphinx[8]を用いてHTMLに変換する形で公開されている。サーバーはRed Hat Linuxを使用している。

5. 日本語版サイトの構築

我々は作者の協力を得て、日本語版のサイト[7]の構築を進めている。基本的には英語版の内容を翻訳するが、ニュージーランドと日本の情報教育カリキュラムの違いがある部分については補足などを行う予定である。本文の翻訳作業

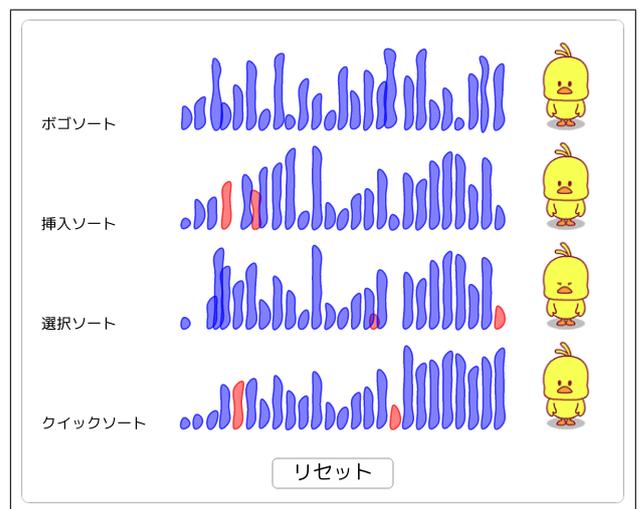


図6 翻訳したコンテンツ画面例 (ソーティング)

日本語版のサイトは複数のボランティアメンバーが共同して作業することを考慮して、QHM[9]というWikiを利用して構築した。サーバーのOSはFreeBSD9.1である。

本文の文章は、英語版の画面をWebブラウザ上で貼り付ける形で移行し、QHMの編集画面で英文を見ながら翻

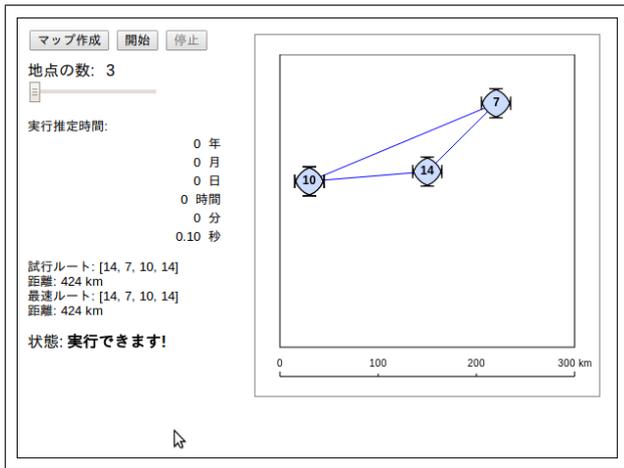


図 7 翻訳したコンテンツ画面例 (複雑度)

訳作業を行った。文章中の Web サイトへのリンクは QHM の書式でマークアップを作成した。対話的なオンラインコンテンツについては、英語版サイトの特定のディレクトリ以下を wget で再帰的に取得し、本文からリンクした。動画とオンラインコンテンツの埋め込みには、QHM の「#html」を用いて Wiki のマークアップ記述の中に HTML と JavaScript を埋め込む形で対応した。図 8 に日本語サイトでのマークアップ記述例を示す。

```
*2. アルゴリズム (Algorithm)
#html{{
<iframe width="560" height="315"
src="//www.youtube.com/embed/FOwCCvHEfYO"
frameborder="0" allowfullscreen></iframe>
}}

** 2.1. 概要
```

図 8 日本語版サイトのマークアップ例

6. 今後の作業について

本稿では CS フィールドガイドの紹介と、日本語サイトの現状を報告した。今後の作業としては、本文と埋め込まれたオンラインコンテンツをすべて翻訳する必要がある。この作業は 2014 年 8 月までに行うことを予定している。

CS フィールドガイドはニュージーランドの高校の授業用に設計されているが、日本の高校や高校以外の授業での利用も十分に可能と考えられる [10][11][12][13]。そこで、今後は高校共通教科「情報」の指導要領との対応 [14][15] や、CS アンブラグドと組み合わせた授業案 [16][17][18] を用意したいと考えている。関連サイトへのリンクについても、日本語の解説サイトへのリンクを充実させることは有用である。この内容については「情報科学を楽しく学ぼう」[19] というサイトで公開していく予定である。

また、CS フィールドガイド自体が構築途上であることから、日本からも積極的に内容やオンラインコンテンツについてのフィードバックを行っていきたい。特に不足しているオンラインコンテンツについては、独自のソフトウェア開発 [20] を行いたいと考えている。

謝辞 本研究は、科学研究費補助金（基盤研究（C）25350214）の補助を受けています。

参考文献

- [1] Tim Bell, Ian H. Witten, Mike Fellows: Computer Science Unplugged - An enrichment and extension programme for primary-aged children(2005).
- [2] 兼宗進監訳: コンピュータを使わない情報教育アンブラグド コンピュータサイエンス, イーテキスト研究所 (2007).
- [3] 西田知博, 井戸坂幸男, 兼宗進, 久野靖. コンピュータサイエンスアンブラグドの分析と CS アンブラグドデザインパターンの提案. 情報処理学会, 情報教育シンポジウム (SSS2008), (2008).
- [4] Computer Science Field Guide.
<http://www.cosc.canterbury.ac.nz/csfieldguide/>
- [5] Tim Bell, Peter Andrae, Lynn Lambert. Computer Science in New Zealand high schools. ACE'10, VOL.103, pp.15-22 (2010).
- [6] New Zealand Qualification Authority
<http://www.nzqa.govt.nz/qualifications-standards/qualifications/ncea/subjects/computing-digital-technologies/levels/>
- [7] コンピュータサイエンスフィールドガイド.
<http://klab.eplang.jp/csfg/>
- [8] Sphinx - Python Documentation Generator.
<http://sphinx-doc.org/>
- [9] Quick Homepage Maker.
<http://www.open-qhm.net/>
- [10] 荒木恵, 松澤芳昭, 杉浦学, 大岩元. プログラミング教育への導入のための情報システム概念に基づくアンブラグドワークショップ. 情報処理学会, 情報教育シンポジウム (SSS2008), (2008).
- [11] 嘉田勝. 情報科学の本質的理解を促す教育手法としてのコンピュータサイエンスアンブラグド. 情報処理学会研究報告. コンピュータと教育研究会報告 2010-CE-105 (2010).
- [12] 鶴田直之, 吉村賢治, 橋本浩二, 高橋伸弥, 廣嶋道子. 深さ優先探索とスタックの利用を学習する CS アンブラグド教材の試作. 情報処理学会研究報告. コンピュータと教育研究会報告 2012-CE-117 (2012).
- [13] 和田勉, コンピュータサイエンスアンブラグドと板書講義を併用した大学でのアルゴリズムの授業—その後の改良と学生からの評価. 情報処理学会研究報告. コンピュータと教育研究会報告 2013-CE-121 (2013).
- [14] 兼宗進, 佐藤義弘. 情報科教育法での CS アンブラグドの利用. 情報処理学会研究報告. コンピュータと教育研究会報告 2010-CE-103(24), 1-3(2010).
- [15] 井戸坂幸男, 久野靖, 兼宗進. コンピュータサイエンスアンブラグドに基づく授業方法改善の試みとその実践. 日本産業技術教育学会誌, Vol.53, No.2, pp.115-123(2011).
- [16] 保福やよい, 井戸坂幸男, 兼宗進, 久野靖. 高校情報 B における CS アンブラグドの活用. 情報処理学会, 情報教育シンポジウム (SSS2008), (2008).
- [17] 野部緑. CS アンブラグドを目指した公開鍵暗号の授業. 情報処理学会, 情報教育シンポジウム (SSS2010), (2010).
- [18] 間辺広樹, 兼宗進, 並木美太郎. アンブラグドを活用した公開鍵暗号学習プログラムの情報科教育への適用. 情報処

理学会, 情報教育シンポジウム (SSS2010), (2010).

- [19] 情報科学を楽しく学ぼう. <http://klab.eplang.jp/>
- [20] 間辺広樹, 兼宗進, 並木美太郎. CS アンプラグドのアルゴリズム学習法に用いたデジタル教材の効果. 情報処理学会研究報告. コンピュータと教育研究会報告 2012-CE-113 (2012).