

令和 元年 6 月 10 日現在

機関番号：17104

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2016～2018

課題番号：16K01116

研究課題名(和文) 情報科教員のための研修用eラーニングと授業支援教材の開発

研究課題名(英文) Development of teacher training e-learning and learning materials for informatics teachers

研究代表者

西野 和典(NISHINO, Kazunori)

九州工業大学・教養教育院・教授

研究者番号：70330157

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,500,000円

研究成果の概要(和文)：高等学校情報科の教員研修用のeラーニング教材、授業評価システム、および授業支援教材を開発した。教員研修用のeラーニング教材は、授業形式の動画で作成し、動画内検索機能を強化した閲覧システムも併せて開発した。また、授業を評価する方法として、授業進行中に、複数の評価者が互いの評価内容を確認・共有しながら授業を評価することができるシステムを開発した。さらに、プログラミングの学習用教材と学習評価の方法、フローチャートを自動生成するツール等、情報科の新しいカリキュラムに対応した授業支援教材を開発した。

研究成果の学術的意義や社会的意義

2018年に改訂された高等学校学習指導要領の情報科では、すべての高校生が学ぶ共通必修科目として「情報」、さらに高度な学習を行う選択科目として「情報」を設置し、2022年度より学年進行で授業が始まる。これらの科目は、現行の学習をかなり発展させた内容で構成されており、これらの新しい科目を担当するための情報科教員の研修が求められている。本研究で開発した研修用教材や授業支援教材が教員研修で利用されることによって、情報科教員の教育力が向上して質の高い情報科の授業が展開されることが期待できる。

研究成果の概要(英文)：We developed e-learning materials for teacher training, a class evaluation system, and learning materials for the information education in the high school. The e-learning materials for teacher training were produced as a lesson type video, and a browsing system with an enhanced search function in the video was also developed. In addition, as a method to evaluate classes, we developed a system that allows evaluators to evaluate classes while confirming and sharing each other's evaluation contents during class progress. Furthermore, we developed learning materials that correspond to the new curriculum of the subject 'information', such as learning materials for programming and methods for learning evaluation, and tools for automatically generating flowcharts.

研究分野：情報教育

キーワード：情報教育 高等学校情報科 教員研修 研修用教材 授業評価システム 情報科の学習教材 プログラミング教材

様式 C - 19、F - 19 - 1、Z - 19、CK - 19 (共通)

1. 研究開始当初の背景

1999年の高等学校学習指導要領改訂で高校に教科として「情報科」が新設された。2003年度からの授業開始に向けて、数学科、理科、家庭科など他教科の免許を有する高校教員のうち、全国で約1万人が、短期間(15日程度)の講習を受講して情報科の免許を取得した。その後、2018年度までに情報科教員の新規採用が行われてはいるが少数であり、多くの都道府県が10名以下の採用に留まっている。このような状況で、情報科の授業担当教員の多くは、授業実施に不安を抱えており、情報科の教育法や専門的な知識や技術を得るための継続的な研修を望んでいる。

高校の情報科は、2012年度までは「情報A」「情報B」「情報C」の3科目から1科目を選択必修修させてきたが、2013年度からの現教育課程からは、「情報の科学的な理解」を主な目標にする「情報の科学」と、「情報社会に参画する態度」の育成を主な目標にする「社会と情報」の2科目構成になり、情報科としての専門性が高い科目編成に改訂された。さらに、2018年に改訂された新しい高等学校学習指導要領での情報科は、情報と情報技術を問題の発見と解決に活用するための科学的な考え方等を育成する「情報」を共通必修科目とし、さらに発展的内容の選択科目「情報」の2科目構成に改訂された。「情報」は、現行の「情報の科学」をさらに発展させた学習内容に改訂され、ますます情報科教員に対する研修の必要性が増してきている。このようなカリキュラムの変化に伴い、高等学校情報科教員に対する研修用教材や授業用教材を開発・提供し、情報科教員の支援を行うことが望まれる。

2. 研究の目的

高等学校情報科教員の研修を推進するためには、研修施設での対面研修だけでなく、場所や時間の制約を受けずに研修できる環境で、教育内容、授業スキルの向上、授業で使用する良質な教材開発が求められる。

そこで本研究では、情報科教育を推進するため、次の(1)~(3)を開発する。

- (1)情報科教員研修用のeラーニング
- (2)授業改善のための授業評価システム
- (3)情報科の授業支援教材

これらを開発することによって情報科担当教員の総合的な支援環境を実現し、情報教育関連学会や高等学校の情報教育研究会等、情報教育を研究・推進する学協会や団体を通じて、高等学校および情報科の教員養成課程を有する大学に研究成果を提供する。

3. 研究の方法

研究の各目的(1)~(3)に対する研究方法を次に示す。

- (1)情報科教員研修用のeラーニング

九州工業大学では、高等学校の情報科以外の教科の免許状を所有する者が、情報科の免許状を追加取得するための免許法認定公開講座(情報)を毎年開講している。講座では、教科教育法(情報)、プログラミング、データベース、情報ネットワーク、マルチメディア技術など「教科及び教科の指導法に関する科目」を12科目開講している。受講者の多くが高校の現職教員であり、公務で欠席した際の補習や授業の復習用に、授業を録画して学びやすいように編集し、eラーニングができるように公開する。また、授業動画視聴の利便性を高めるため、テキストで動画を検索することが可能な授業動画閲覧システムを開発し、教員の研修を支援する。

作成したe-ラーニング教材は、学習管理システム(Moodleを使用)に組み入れ、同公開講座の受講者をはじめ、高校情報科の授業担当者や大学の情報科の教職課程の学生に公開し、利用できるようにする。このeラーニング教材の作成は、研究分担者で九州工業大学のeラーニング推進スタッフの大西と山口が担当する。

- (2)授業改善のための授業評価システム

既に開発済みの授業中の学習者と教員の行為を分析するカテゴリ分析システムを利用して、情報科のベテラン教員と初心者の授業を精緻化の観点で比較し、授業評価を行うためのカテゴリの分け方や着眼点についての研究を行う。さらに、授業をリアルタイムに相互評価するための支援システムを構築する。その上で、授業後に授業映像を視聴して行う相互評価と、授業中にライブで授業を視聴しながら行う相互評価を比較し、授業の気づきや授業改善の観点から授業評価の効果的な方法について検討する。

この授業支援システムの研究は、研究代表者の西野、および研究分担者の大倉および浅羽が担当する。

- (3)情報科の授業支援教材

高等学校情報科でのプログラミング学習のための教材、およびプログラミング的思考の評価手法を開発する。また、プログラミング学習を支援するツールとして、作成途中のプログラムをフローチャートとして自動的に可視化して提示し、プログラムのバグや構造の把握を支援するシステムを開発する。さらに、「情報の科学的な理解」の主な学習単元を、優れた教材で学習させることができるよう、教材活用の事例をまとめる。いずれも、情報科の次期教育課程での科目「情報」および「情報」の内容を意識して教材を開発する。

この情報科教材の開発は、研究分担者の高橋と尋木、および研究代表者の西野が担当する。

4. 研究成果

(1) 情報科教員研修用の e ラーニング

研修用 e ラーニング教材

高等学校の情報科教員研修用の e ラーニング動画教材は、表 1 に示すような科目を制作し、一部を学習管理システム (Moodle) から視聴可能にした。各科目 (「プログラミング (Scratch)」を除く) は、90 分 × 15 回の授業を収録し、必要に応じて編集したものである。「プログラミング (Scratch)」の動画は、10 分 × 8 回で構成されている (図 1 の動画イメージ参照)。現状では、本学が開講する免許法認定公開講座の受講者のみ視聴可能にしているが、要望があれば高校教員に公開することも一部可能である。プログラミングの研修教材 (内容は Scratch を使ったゲームプログラミング) に関しては、現在、教育委員会で教員への公開について検討中である。

表 1 開発した高等学校の情報科教員研修用の e ラーニング動画教材

Moodle から視聴可
情報社会と教育
情報ネットワーク
コンピュータグラフィックス
公開方法を検討中 (録画収録済)
プログラミング (Scratch)
プログラミング (C)
マルチメディア技術
情報倫理



図 1 プログラミング (Scratch) の教員研修用動画 (一部)

授業動画閲覧システムの試作

研修用の動画コンテンツを視聴する場合を想定して、効率よく動画を検索して目的の授業画面を確認することができるようにする。従来の講義動画の閲覧では、スライド資料の切り替わりと動画を同期しているものが多く、視聴者にとって使いやすい動画視聴インデックスではなかった。また、スライド内のテキスト情報を用いて、検索可能な閲覧環境も提案されているが、板書形式の講義動画では対応することができなかった。そこで、図 2 に示すように、インターネット上の音声認識や画像認識などのサービスを Web API を経由して使用し、講義動画の閲覧システムを試作した。

試作した動画閲覧システムは、板書形式の講義動画にも対応し、講義用スライド等を用いなくても授業動画のインデックスデータを生成できる。また、音声認識や画像認識を外部システムに依存しているため、利用するシステムの認識率が今後向上すれば、閲覧システムとしての性能向上も期待できる。また、Moodle のブロック機能として、動画閲覧ページを構築することで、関連資料を見ながら、講義動画の閲覧・検索が可能となった。

試行として、2 つの講義動画を用いて、板書の静止画像と講師の音声それぞれに出現する単語と、本システムで生成した単語を数え、インデックスデータの生成率を簡易な方法で算出した。その結果、表 2 に示すように、50% 以上の語句をインデックスデータとして生成できた。板書された単語の検索率は低い値ではあるが、従来、検索が難しかった板書形式の講義動画に対応できたと言える。今後は、本閲覧システムの性能を高めつつ、前述したの公開講座の講義動画を視聴する際に受講者に閲覧システムを使用してもらい、評価・改善を行う予定である。なお、この研究は科研費補助金・基盤研究 (C) JP16K01069 と本科研費補助金の共同で行った研究であることを申し添える。

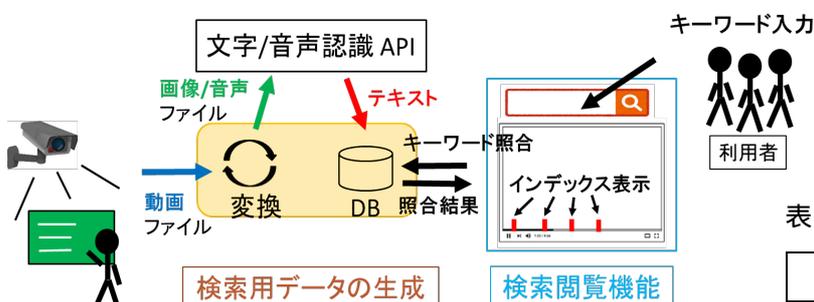


図 2 授業動画閲覧システムの概要

表 2 画像・音声の認識率

	動画 A	動画 B
画像認識	50.0%	82.1%
音声認識	72.3%	85.2%

(2)授業改善のための授業評価システム

精緻化方略の視点から見た授業評価分析

開発済みの授業評価システムを用いて、授業のカテゴリー分析を行う際に設定するカテゴリーの着眼点に関する研究を行った。一般的な授業のカテゴリーは、授業中の説明や生徒への発問など、教員の行動を分析する評価指標を用いている。この研究では、教員の説明手法、特に、ベテランの教員が学習内容を説明する際に用いる精緻化に着目した。精緻化にはいくつかの手法があるが、「換言」「イメージ化」「比較・類推」「要約」「発問」の5つの手法を用いた学習内容の説明（精緻化：T1）と、それ以外の方法での説明（非精緻化：T2）を、図3に示すように、カテゴリー分析を行い、T1 および T2 を授業の進行に沿って、図4に示すように可視化する方法を開発した。

	①	②	③	④	⑤	⑥	⑦	⑧		①換え言	17 値
①	4.3	2.7	1.7	3.7	0.3	4	0.3	0.3		②イメージ化	28 値
②	2.7	0.3	0.3	1.3	0.7	1	0.3	0		③比較・類推	11 値
③	2	0.3	0.7	0.7	0	0.7	0	0		④要約	19 値
④	3.3	0.3	0.7	0.3	1	2.3	0	1		⑤発問	14 値
⑤	1.3	0	0.3	0.3	0.7	1.7	1.3	0		精緻化 (①~⑤) 合計	89 値
⑥	3.3	3	0.7	2.3	2.3	0	2.3	0		全データ数 (①~⑧)	180 値
⑦	0.3	0	0	0	0.3	3.3	0	0			
⑧	0	0	0	0.3	0.7	1.3	0	0			

	①	②	③	④	⑤	⑥	⑦	⑧		①換え言	5.7 値
①	1.9	0.3	0	0.3	0.6	2.6	0	0		②イメージ化	14 値
②	0.1	0	0.2	0.7	0.4	3	0	0.1		③比較・類推	4.2 値
③	0.2	0.1	2	0	0.1	1.2	0.1	0.4		④要約	8.3 値
④	0.2	0.2	0	0.1	0.1	3.7	0	0		⑤発問	7.7 値
⑤	0.1	0.8	0.2	0.1	3.3	1	1.3	0.8		精緻化 (①~⑤) 合計	40 値
⑥	2.6	3.1	1.4	3.1	3.3	0	0.8	2.1		全データ数 (①~⑧)	176 値
⑦	0.6	0.1	0	0	0.4	1.3	0	0.1			
⑧	0	0	0.3	0	0.3	3.3	0.3	0			

図3 現職教員（左表）と教職課程の学生9名（右表）のカテゴリー分析（平均回数）

半自動化でカテゴリー分析を行うことができる授業評価システム（開発済）を用いて、実際に授業映像を見ながら、ベテランの現職教員3人の授業（開始から15分間）と、教職課程の学生9人が行う模擬授業（15分間）を、精緻化に着目して分析を行った。その結果、図3に示すように、現職教員は学生に比べて、多様な精緻化の手法を数多く用いて授業を行っていること、また、図4に示すように、現職教員（赤線）は学生（青線）に比べて、精緻化の手法を多用して学習内容を説明する傾向があることがわかった。

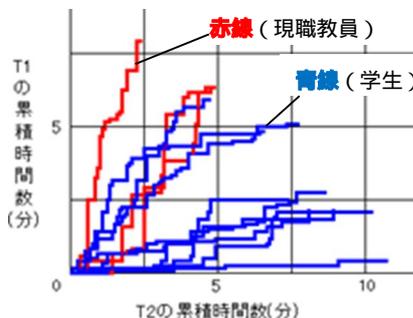


図4 精緻化と非精緻化の推移

評価者の気づきを促進する授業評価システムの開発

授業評価を行う時間的タイミングに焦点を当てた研究には、授業の様子を撮影して授業が終了後に撮影した動画を閲覧しながら行う評価の研究と、授業中や授業の直後に授業を思い出しながら行う評価についての研究がある。この研究では、授業者だけでなく、評価者の授業に関する「気づき」を促進させるため、授業進行中にリアルタイムに授業評価を行い、評価者相互で評価内容を確認・共有することができる授業評価システムを Google スプレッドシートで開発した。図5は、その使用例を示す。

開発したシステムを実際に使用した結果、授業中にリアルタイム評価を見ないグループより、リアルタイム評価を見るグループの学生の方が、授業の改善点と思われる「気づき」を促進できていた。また、実際にリアルタイム評価を行ったグループは、授業中に他者の相互評価を見ることで、「気づき」が促進されていることがわかった。

16:30:24	0:04:14	具体的な例を挙げて説明していた
16:31:04	0:04:54	説明が分かりやすい
16:31:15	0:05:05	ちょっと文字が薄いかな
16:32:33	0:06:23	授業中に生徒への問いかけがあったのが良かった
16:32:39	0:06:29	資料を用意していたのがいい 黒板に張ってほしいのでは？
16:33:02	0:06:52	例はスライドのほうが後ろの席まで見える
16:33:10	0:07:00	スライドの字が小さい
16:33:51	0:07:41	問題のモデルの概念が抽象的な
16:34:01	0:07:51	笑顔があっつい
16:34:12	0:08:02	親しみやすい
16:34:53	0:08:43	具体的な例を挙げて説明していた
16:35:04	0:08:54	例え話を用いて説明していて分かりやすい
16:35:25	0:09:15	利点のところ 文字を一つずつ出せばいちいち指をささなく
16:35:41	0:09:31	声の大きさも適切
16:36:37	0:10:27	確率、エクセルで作ってみては？

図5 リアルタイム評価と授業者による自己評価の支援

(3)情報科の授業支援教材

プログラミングの学習教材および学習評価

プログラミングの基礎を学習し、グループによる作品制作を行うなかで、問題解決のためのプログラミング的思考を育成することを目的としたプログラミングの授業計画と教材を作成した。ビジュアル型プログラミング言語の Scratch を用いてゲームを作成する内容で、12 回（1 回は 50 分）の授業を設計し、プリント教材を作成した。また、プログラミング的思考を 6 つの要素に分け、それぞれ 3 段階にレベル設定したルーブリック評価のための記述確認シートを作成した。この学習教材と記述確認シートは、高等学校情報科の授業で、Scratch ゲームを制作する授業の学習評価として活用した。その結果、制作されたゲームの作品を見て評価するだけでは気付くことが難しい生徒の思考活動の状況を記述確認シートから得ることができるなど、プログラミング的思考の評価手法として、ある程度利用できることがわかった。

フローチャート自動生成ツールの試作

フローチャートは矢印を辿るだけで処理の流れを掴むことができるため、プログラミング初学者にも易しいモデル図である。本研究では、C 言語のフローチャートを初学者に提示することで、自らプログラムの間違いに気付くことができるような支援環境を試作した。フローチャートを理解できる初学者を対象に、プログラムの統合開発環境（IDE）やエディタとは別のプログラムで C 言語のソースコードを監視し、自動でフローチャートを提示する。学習支援環境を開発環境から独立させ、IDE やエディタの種類に依存しない支援を可能とする。また、作成途中のプログラムでもフローチャートを確認できるように、コンパイルエラーとなるプログラムでもフローチャートを生成可能とする。

図 6 のプログラムに本ツールを用いると図 7 のようなフローチャートが生成される。図 6 のように if 文の包含関係を間違えているソースコードでも、フローチャートを確認すると if 文の条件式に依らず実行される printf 関数が存在すると気付くことができる。

```
int a=0;
int b=0;

void main(){
    if (a==0 && b==0)
        printf(" aは0です ");
        printf(" bは0です ");
}
```

図 6 学習者が記述したソースコード

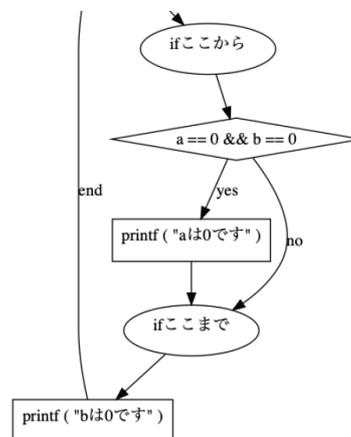


図 7 自動生成されるフローチャート（一部抜粋）

プログラミング学習の教材開発

共通教科情報科の科目「情報の科学」や専門教科情報科の科目「アルゴリズムとプログラム」や「情報と問題解決」の文部科学省検定教科書に掲載されている例題のプログラムを教材用小型コンピュータの「micro:bit」で作成してみた。その結果、教科書の多くの例題プログラムが、「micro:bit」で問題なく実行できた。スイッチや無線のセンサーを利用することにより、生徒が、より一層プログラム作成に関心を持って取り組むことが期待できる。

さらに、「micro:bit」の特徴を生かしたプログラミング教育を実施することによって、情報技術や情報科学の基礎を学ぶことも可能であると考え、表 3 に示すように、高等学校情報科における「情報の科学」の主要な学習単元の教材を開発した。また、これらの教材を活用するための教員研修用テキストも作成し、教員研修を実施している。

なお、研究分担者の高橋教授が中心になって、「micro:bit」で学習するプログラミングの図書を 2019 年度中に出版し、情報科を担当する教員の研修用参考図書として利用できるようにする。

表 3 開発した教材の概要

分野	プログラムの内容
micro:bit の概要	・micro:bit の基本操作 ・センサーの利用
プログラミングの基礎(順次、繰り返し、分岐)	・LED の点灯 ・LED による図形(じゃんけん)の表示
プログラミングの応用(関数、配列)	・LED によるグラフ表示 ・数あてゲーム ・じゃんけんゲーム(論理設計)
情報の基礎	・10 進数・2 進数への変換 ・論理回路と論理演算 ・数値・文字の表現(文字コード) ・図形のデジタル化
アルゴリズム(探索と整列)	・逐次・二分探索(数値、文字列) ・交換法・直接選択法(数値、文字列) ・状態遷移図と自動販売機
ネットワーク、セキュリティ	・通信の基本、エラー検出 ・ネットワーク通信、暗号通信

5 . 主な発表論文等

[学会発表](計8件)

西野 和典、プログラミング的思考を評価するルーブリックの作成とその試用、教育システム情報学会第43回全国大会、2018

高橋 参吉、「micro:bit」プログラミングで学ぶ情報技術の教材開発、教育システム情報学会第43回全国大会、2018

高橋 参吉、「micro:bit」プログラミングで学ぶ情報技術の教材および教員研修、日本情報科教育学会第11回研究会、2018

大西 淑雅、文字認識APIを用いた講義アーカイブ閲覧システムの設計、教育システム情報学会2018年度第3回研究会、2018

西野 和典、次期情報科教育を実施するための環境整備 -教員養成・採用・研修および実施環境の検討-、日本情報科教育学会第10回全国大会、2017

西野 和典、評価者の気づきを促進する模擬授業評価システムの開発、教育システム情報学会2017年度第6回研究会、2017

高橋 参吉、「情報の科学」での「micro:bit」によるプログラミング教育の可能性、日本情報科教育学会第10回研究会、2017

高橋 参吉、プログラミング教育の指導力の向上を目指した教員研修、日本情報科教育学会第7回研究会、2016

6 . 研究組織

(1)研究分担者

研究分担者氏名：高橋 参吉

ローマ字氏名：TAKAHASHI, Sankichi

所属研究機関名：帝塚山学院大学

部局名：人間科学部

職名：特任教授

研究者番号(8桁)：70100766

研究分担者氏名：大倉 孝昭

ローマ字氏名：OHKURA, Takaaki

所属研究機関名：大阪大谷大学

部局名：教育学部

職名：教授

研究者番号(8桁)：50223772

研究分担者氏名：浅羽 修丈

ローマ字氏名：ASABA, Nobutake

所属研究機関名：北九州市立大学

部局名：基盤教育センター

職名：教授

研究者番号(8桁)：50458105

研究分担者氏名：尋木 信一

ローマ字氏名：TAZUNEKI, Shinichi

所属研究機関名：有明工業高等専門学校

部局名：創造工学科

職名：准教授

研究者番号(8桁)：00353342

研究分担者氏名：大西 淑雅

ローマ字氏名：OHNISHI, Yoshimasa

所属研究機関名：九州工業大学

部局名：学習教育センター

職名：准教授

研究者番号(8桁)：50213808

研究分担者氏名：山口 真之介

ローマ字氏名：YAMAGUCHI, Shinnosuke

所属研究機関名：九州工業大学

部局名：学習教育センター

職名：助教

研究者番号(8桁)：00380733