

令和 4 年 5 月 27 日現在

機関番号：17101

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2018～2021

課題番号：18K02674

研究課題名(和文) 双方向コンテンツのプログラミング教材開発と生体情報モニタによる評価方法の検討

研究課題名(英文) Development of programming teaching materials for interactive content and investigation of evaluation methods using biometric information monitors.

研究代表者

白石 正人 (Shiraishi, Masato)

福岡教育大学・教育学部・教授

研究者番号：70216183

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,300,000円

研究成果の概要(和文)：中学校技術・家庭科技術分野におけるネットワークを利用した双方向コンテンツのプログラミング教育向けのタブレットでの利用を想定した学習環境や教材を開発した。まず、アクティビティ図を用いた簡易型のプログラミング学習環境をWebアプリで試作した。また、中学生が課題解決を想起しやすい小学生向けの学習教材をプログラミング題材として設定したWebアプリを開発した。作文支援システム、100マス計算ドリル、さらに音声合成音声認識機能付きの英会話学習支援Webアプリ、簡易作図用Webアプリ等である。これらは単独でも十分学習教材として利用可能であり、プログラミング題材としてモジュール化も想定して設計された。

研究成果の学術的意義や社会的意義

中学校技術・家庭科技術分野における「ネットワークを利用した双方向コンテンツ」のプログラミング教育の学習内容については、ネットワークを利用することや双方向コンテンツを対象にしたプログラミングという難しい制約とともに中学生が自ら課題を設定するプログラミングにおいて、解決可能なプログラミング課題を設定しなければならない。本研究では、アクティビティ図を用いたプログラミング学習環境をタブレットで利用可能なWebアプリとして開発し、多くの小学生向けの学習教材を課題として設定することで中学生が課題解決の容易なプログラミング題材にするとともに、その解決策(プログラム)も示した。

研究成果の概要(英文)：We have developed a learning environment and teaching materials for use on tablets for programming education of interactive content using networks in the fields of junior high school on technology field of the technology and home economics. First, we prototyped a simple programming education environment using activity diagrams using a Web application. In addition, we have developed a Web application that sets learning materials for elementary school students as programming subjects so that junior high school students could easily recall problem solving. A writing support system, a 100-mass calculation drill, an English conversation learning support Web application with a voice synthesis and voice recognition function, a Web application for simple drawing, etc. These can be sufficiently used as learning materials by themselves, and were designed assuming modularization as programming subjects.

研究分野：情報教育

キーワード：双方向コンテンツ プログラミング教育 タブレット 教材 アクティビティ図 プログラミング題材

科研費による研究は、研究者の自覚と責任において実施するものです。そのため、研究の実施や研究成果の公表等については、国の要請等に基づくものではなく、その研究成果に関する見解や責任は、研究者個人に帰属します。

1. 研究開始当初の背景

平成 29 年に改訂された新学習指導要領では、AI(Artificial Intelligence)やビッグデータの活用といった情報技術の発展に伴い小学校における普通教育としての「プログラミング的思考能力」、および中学校での「ネットワークを利用した双方向性のあるコンテンツ」（以下、双方向コンテンツと略す）のプログラミングが導入された。これまで初等・中等教育段階におけるプログラミング教育は、シーモア・パパートが開発した「LOGO 言語」によるグラフィック描画や MIT メディアラボが開発した「Scratch 言語」は、ブロック状の命令を並べることで図式的にプログラムすることが可能なビジュアルプログラミングが可能である。これらのプログラミングツールを用いた小学校におけるプログラミング教育は、これまでいくつか実践され一定の成果を挙げている。また、国内では LOGO 言語のタートルグラフィックをオブジェクト指向の日本語命令で実現した兼宗らの学習用オブジェクト指向言語「ドリトル」が開発され、学校教育で実践されている。しかしながら、これらの学習用プログラミング言語は、いずれもグラフィックや制御教材を対象としておりネットワークを利用した双方向コンテンツのプログラミングの学習環境としては適さない。また、Giga スクール構想で導入された Chromebook や iPad 等のタブレットでは、Windows OS ベースの学習用プログラミング環境が動作しない。

双方向コンテンツのプログラミングの導入を想定した場合、計測・制御のプログラミングで実践されたビジュアルプログラミングではないことや、ドリトル言語とは異なり英語による命令体系であり、プログラミングを行う前提条件としてオブジェクトやメソッドといった基礎的な概念の習得が避けられないなど、中学生が短時間で学ぶ内容としてはかなりハードルが高い。したがって、それを学習用プログラミング言語として双方向コンテンツを題材とした「プログラミング教育」には、これまで開発されたプログラミング言語とは異なる中学生向けの学習環境やプログラミング教材の開発が必要である。

2. 研究の目的

本研究は、双方向コンテンツのプログラミング教育を対象とし、アクティビティ図を用いた簡易型のプログラミング教育環境を Web アプリで試作するとともに、中学生が課題解決を想起しやすい小学生向けの学習教材をプログラミング題材として設定した Web アプリを開発する。想定したプログラミング題材としては、国語科向けの作文支援システム、算数科向けの 100 マス計算ドリル、さらに外国語科向けの音声合成および音声認識機能付きの英会話学習支援教材、図画工作科向けの簡易作図用 Web アプリ等である。これらは単独でも十分学習教材として利用可能であり、プログラミング題材としてモジュール化も想定して設計あるいは学習教材を開発する。もちろん、Giga スクール構想で導入された Chromebook や iPad 等のタブレットでの利用を想定して Web アプリとして題材を設定する。また、評価に際しては、携帯型脳活動計測装置等を用いた被験者の生体情報を計測して、学習効果の検討を行う。特に、プログラミングの課題は、中学生にとって難易度が高いことが予測されることと、その学習教材の評価や授業評価に生体的数値を導入することは、他の授業評価の客観的な指標となりえる可能性がある。新学習指導要領は、直ちに実施されるため、新たな学習内容については、教材および指導法も含めて、早急な対応が望まれる。

3. 研究の方法

本研究は、当初、平成 30 年度～令和 2 年度の 3 ヶ年で実施する予定であったが新型コロナウイルス感染症対策のため、令和 3 年度まで延長し 4 ヶ年で実施した。なお、完成した Web アプリの携帯型脳活動計測装置等を用いた被験者の生体情報による学習効果の検証については、新型コロナウイルス感染症のため、実施するには至らなかった。

研究方法については、各種タブレットでも利用可能な Web アプリとして開発を進め、特に JavaScript の軽量ライブラリである jQuery 言語を活用し、一部 PHP 言語等のサーバサイドスクリプト言語を用いて開発した。開発した Web アプリについては、主に学部学生を対象とした試行受業により、その動作や使い勝手等について評価した。

（一年次：平成 30 年度）

Web アプリとして、アクティビティ図の描画から JavaScript プログラムを生成するプログラミング支援環境の開発とプログラミング課題について検討

（二年次以降：平成 31 年度～令和 3 年度）

プログラミング課題の Web アプリとしての試作と評価

4. 研究成果

(1) アクティビティ図からプログラムを自動生成する Web アプリについて

Web アプリ開発にあたり、求められる条件を整理し、その条件を基に設計した。まず、前述のように統一モデリング言語（UML）の一種であるアクティビティ図を用いて作図し、JavaScript のプログラムに自動変換する機能を基礎とする。

開発した Web アプリのブラウザでの実行画面を図 1 に示す。Web アプリは大別すると 2 か所の

領域から構成されており、アクティビティ図作成の際は図 1 中の①に示す領域から処理要素のブロックを②の領域へ移動させ、矢印で結線する。各処理要素はクリックすることで選択状態（図 1 の③に示す状態）となり、ドラッグで移動することができる。また、選択状態になると処理要素の 4 辺に黒い丸ハンドルが現れ、ドラッグすることで他の処理要素と矢印で結線することができる。ドラッグ中は動的に矢印が描画され、対象とする処理要素までドラッグされると終端の矢印の位置が対象とする処理要素のハンドル位置に自動的に補正される。アクティビティ図完成後、図 1 の④に示す実行ボタンを押すと、作図したアクティビティ図に対応したプログラム（図 2）が表示される。

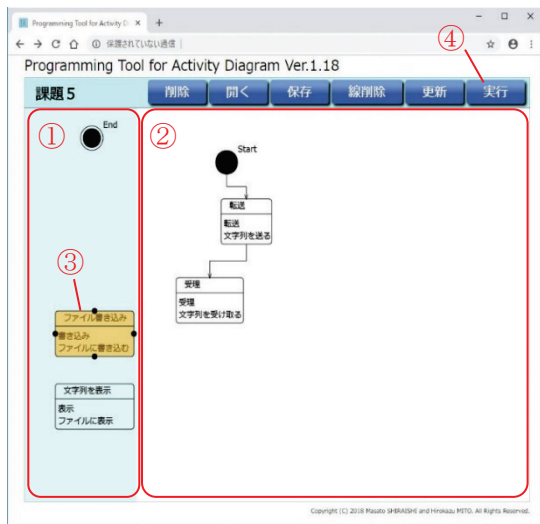


図 1 開発した Web アプリの実行画面

```
<!DOCTYPE html>
<html lang="ja">
  <head>
    <meta charset="utf-8" />
    <title>課題 1</title>
    <script src="jquery-3.2.1.min.js"></script>
  </head>
  <body>
    <script>
      $(function(){
        window.alert('ダイアログボックス 3');
        window.alert('ダイアログボックス 2');
      });
    </script>
  </body>
</html>
```

図 2 自動生成されたプログラム例

(2) 双方向性のあるコンテンツのプログラミングに対応した題材について

新指導要領解説に示されている内容より、プログラミング題材に求められる条件を抽出した(図 3 参照)。

以上の条件をすべて取り入れた題材の設定ができれば、双方向コンテンツのプログラミングに関する内容をカバーできる。これらに加え、中学校技術・家庭技術分野の学習内容は履修学年が定められていないことに鑑み、生徒の既習事項に配慮した条件として、「どの学年でも扱えるもの」を追加した。特に、プログラミングには英語が多用されるため、英語に不慣れな中学生への配慮が必要であると考えた。この条件を満たすプログラミング題材として新指導要領解説に例示されている「Q&A クイズのプログラミング」と「チャットのプログラミング」の 2 種類のプログラミング題材を設定し、それらを解決するプログラムを開発した。表 1 に、その Q&A クイズのバリエーションを例示する。

- ・ネットワーク（インターネットや校内 LAN 等）を用いること。
- ・双方向性（入力に応じて出力が変化する機能）を有すること。
- ・コンテンツ（デジタル化された文字や音声、静止画等）を用いること。
- ・順次、分岐、反復の各命令を有すること。
- ・プログラムの編集・保存、動作の確認、デバッグ等ができること。

図 3 プログラミング題材の必要条件

表 1 Q&A クイズのバリエーション

プログラム例	ファイル名
・写真入りの学校の基本 Web ページ	basic_web.html
・写真や文字の大きさを変更した Web ページ	change_size.html
・Q&A 方式クイズの基本プログラム	basic_quiz.html
・背景に色を設定したプログラム	back_color.html
・クイズの問題数を増やしたプログラム	add_ques.html
・正解、不正解の文字色変更プログラム	colored_ans.html
・問題をランダムに表示するプログラム	random.html
・背景に画像を追加し、半透明にしたプログラム	back_trans.html
・花丸のイメージ画像を読み込み、問題に正解した際に花丸を表示するプログラム	hanamaru.html
・不正解の際にヒントを表示するプログラム	hint.html
・花丸とヒント表示のプログラム	hint_hanamaru.html

(3) 作文支援用 Web アプリケーションソフトウェア「作文君」の開発と授業実践

「作文君」は、作文の構想段階を支援するために、KJ法の付箋を画面上に作成し、色分け、配置、横罫線により、二次元表現であるボトムアップに加えて

木構造表現の機能を統合している。図4に作文君の編集画面を示す。また、付箋を「作文スペース」にドラッグアンドドロップすることで付箋内のキーワードや短文を作文スペースにコピーし、作文スペースで編集することが可能であるなどの優れた特徴を有する。さらに、タブレットでの利用を想定し、様々なOSに対応すべくWebブラウザ上で動作するWebアプリの形式で実現している(図4参照)。

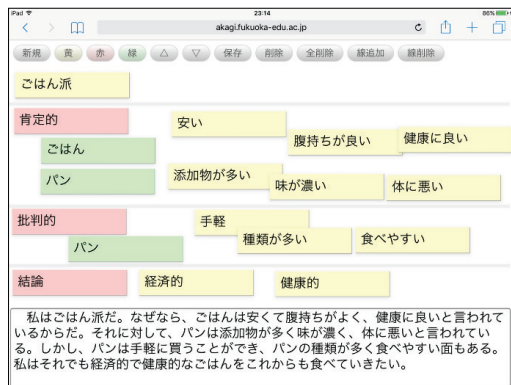


図4 作文君の編集画面の例



図5 授業実践の様子

小学生(第6学年)を対象に授業を試行し、作文の書き始めやすさについて、原稿用紙に鉛筆を用いて書く従来の手書きの作文(以下、従来作文と略す)と作文君を用いた場合(以下、アプリ作文と略す)の比較を行い、作文の構想段階の支援ツールとしての機能性の検証を行った。調査日は、平成29年11月27、28、30日のそれぞれ授業1時間分、調査対象はM市立K小学校第6学年1組児童37名である(図5参照)。

この授業実践から従来型の原稿用紙と鉛筆を用いた手法に比較して作文君を用いた方が、書き始めを容易にするという調査結果が得られた。

(4) 100マス計算用Webアプリ

プログラミング題材としてこの100マス計算を行うWebアプリをタブレットでの利用を想定して開発し、この100マス計算に対応した課題とプログラム例(正解)については、まず、Webアプリとしての基本機能を実現するプログラムを生徒に提示し、それに必要な機能を生徒自身に構想させる。この構想段階において、サブルーチンとしてモジュール化したブロックによるアクティビティ図で仮想的にプログラミングする。開発した完成形の100マス計算用Webアプリ(図6参照)の特徴や改善点を列挙する。

- ① 一括採点・即時採点機能
- ② 誤答の頻度を次の問題生成へ反映される機能
- ③ オリジナルテンキーおよびその自動移動と手動移動機能の実装
- ④ 100マス検定による成績評価
- ⑤ 10インチのタブレットを想定した画面構成

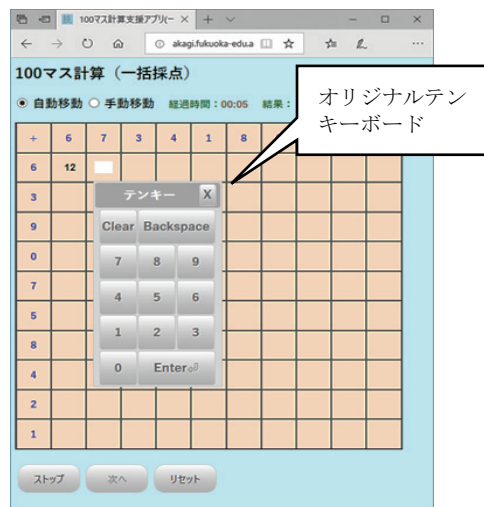


図6 100マス計算Webアプリの画面

(5) 音声認識合成機能を用いた英会話教材用Webアプリ

開発したWebアプリは、Webサーバからネットワークを介してクライアント側に転送され、そこで実行されるWebアプリ(図7参照)である。音声認識および音声合成機能については、W3Cによって策定されたWeb Speech APIを利用している。これは、Webブラウザに実装された音声認識および音声合成機能を用いるもので、ネットワークを介してクラウド上のソフトウェアを利用するものではない。ただし、対応しているWebブラウザは、現在Google Chromeのみである。規格化されているので、



図7 開発したWebアプリの表示画面

今後他の Web ブラウザも対応する予定である。なお、サーバから本 Web Speech API を利用する場合には、サーバのサイト認証が必要である。すなわち https でのアクセスしか利用できないことに注意する。ローカルに保存したプログラムを実行する場合には問題なく利用可能である。

本 Web アプリは、主に JavaScript 言語の軽量ライブラリである jQuery 言語を用いて開発している。その他、ランキング情報をサーバ上に登録するために一部 PHP 言語を利用している。全体の処理概要を図 8 に示す。

本 Web アプリの特徴としては、日本語文章やイラストを表示し、それに対応する英文を発話することで、音声認識し、正誤判定を行う。入力方法はテキスト入力と音声入力の 2 通りある。英語の発音やアクセントをより意識した音声認識機能を実装し、正しくない発音や誤った英文は不正解として判定される。また、正しい発音例として音声合成機能を用いた発話も実現している。以下に、本 Web アプリの特徴を列挙する。

- ① 音声認識による音声入力機能と音声合成による発音教示機能
- ② ノーマルモードとエンドレスモードの実装
- ③ 小学校教科書に沿った課題の設定
- ④ 課題完了までの解答時間計測機能
- ⑤ 誤答に対する正解を表示し読み上げる機能
- ⑥ 音声付き問題一覧の実装
- ⑦ ニックネーム付きランキング機能
- ⑧ 辞書ページにジャンプする機能

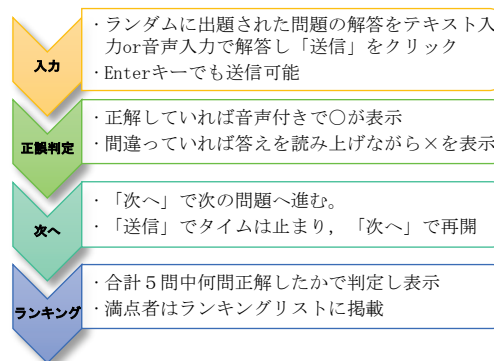


図 8 全体の処理概要

開発した Web アプリを用いた試行調査を実施した。PC と Andorid タブレット(ASUS 社製 ZenPad 3S 10Z500M)を用意し、教室内に無線 LAN 環境を設定し、Google Chrome で本 Web アプリにアクセスする方法で、2019 年 11 月に F 教育大学中等教育教員養成課程英語専攻学部 4 年生(以下、中英と略す) 5 名とそれ以外(主に技術専攻学部生、以下、非中英と略す) 9 名を対象に実施した。

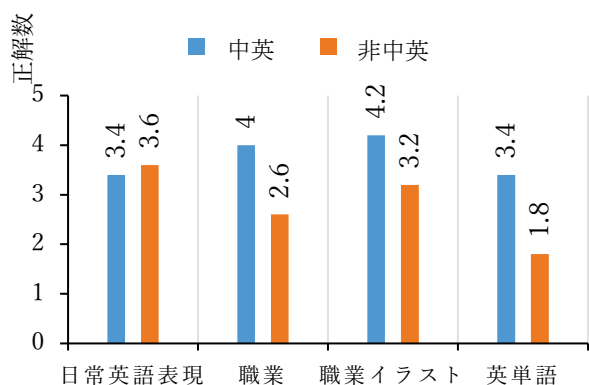


図 9 中英と非中英の正解数の比較

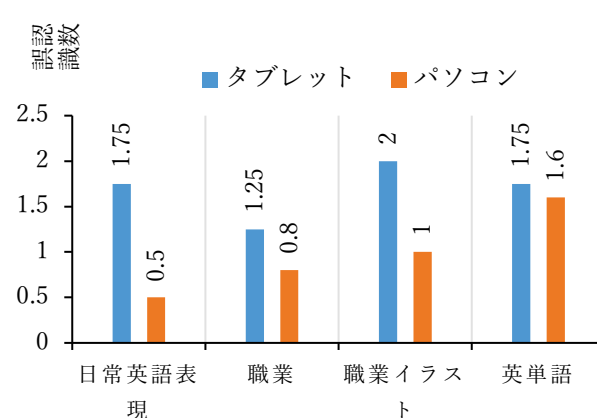


図 10 中英における誤認識数の平均

中英と非中英の正解数の比較を図 9、非中英のタブレットとパソコンと誤認識の比較を図 10 に示す。両者の「英単語」での正解数の有意差を調査した。有意差を調査するため、IBM SPSS Statistics(T 検定)を用いて、両者の「英単語」の正解数の有意差を調査した結果、5%水準で有意差があることが認められた。この結果から、中英の方が比較的正しい発音で解答できているため、正解数が多く、本 Web アプリの音声認識は正しい発音を学ぶのに有効な教材であると考察した。中学校の課題解決に向けたプログラミング学習の教材開発に関しては、簡易型プログラムを作らせることにより、そこから課題を発見させ、課題解決に向けてプログラムを追加させることを意図している。その際、なるべく難しくならないように、組み合わせ簡易型プログラムを利用したり、教員が適度なヒントを与えたりすることが大切である。現在、この教材化について検討を進めているところであり、jQuery 独特の記述方法に慣れていなくても、関数を呼び出すだけで簡単にプログラムを書くことができるよう独立した関数毎に分離してブロック化できるよう改良する予定である。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計7件（うち査読付論文 7件/うち国際共著 0件/うちオープンアクセス 7件）

1. 著者名 白石 正人, 村尾 一樹	4. 巻 28
2. 論文標題 音声認識と合成機能を用いた英会話教材用 Web アプリの開発と評価	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 日本産業技術教育学会九州支部論文集	6. 最初と最後の頁 17-23
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -
1. 著者名 白石 正人, 神野 正宗, 田平 龍雅, 藤金 敏希	4. 巻 27
2. 論文標題 プログラミング題材を想定した100マス計算用Webアプリの開発	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 日本産業技術教育学会九州支部論文集	6. 最初と最後の頁 11-18
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -
1. 著者名 水門 博一, 石橋 直, 白石 正人	4. 巻 26
2. 論文標題 アクティビティ図からプログラムを自動生成する Webアプリケーションソフトウェアの開発	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 日本産業技術教育学会九州支部論文集	6. 最初と最後の頁 38-43
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -
1. 著者名 白石 正人, 水門 博一, 石橋 直	4. 巻 26
2. 論文標題 小学生用作文支援Webアプリケーションソフトウェア「作文君」のための管理システムの開発	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 日本産業技術教育学会九州支部論文集	6. 最初と最後の頁 1-6
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 白石 正人、井本 慎太郎、水門 博一、石橋 直	4. 巻 26
2. 論文標題 手書き入力を想定した文章入力練習用Webアプリケーションソフトウェア	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 日本産業技術教育学会九州支部論文集	6. 最初と最後の頁 7-13
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 水門 博一、石橋 直、白石 正人	4. 巻 26
2. 論文標題 ネットワークを利用した双方向性のあるコンテンツのプログラミングに 対応したプログラミング題材の研究	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 日本産業技術教育学会九州支部論文集	6. 最初と最後の頁 21-27
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 白石 正人、瀬尾 佳良、水門 博一、石橋 直	4. 巻 26
2. 論文標題 小学生の作文支援用Webアプリケーションソフトウェア 「作文君」を用いた授業実践	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 日本産業技術教育学会九州支部論文集	6. 最初と最後の頁 67-73
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

〔学会発表〕 計10件 (うち招待講演 0件 / うち国際学会 0件)

1. 発表者名 白石 正人、村尾 一樹
2. 発表標題 小学生向け英会話 Web アプリ教材の試行調査について
3. 学会等名 日本産業技術教育学会 第33回九州支部大会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 白石 正人, 田平 龍雅
2. 発表標題 プログラミング題材としての100マス計算用Webアプリの検討
3. 学会等名 一般社団法人日本産業技術教育学会第62回全国大会(静岡)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 村尾 一樹, 白石 正人
2. 発表標題 プログラミング題材としての音声認識機能を備えた英会話教材用Webアプリの検討
3. 学会等名 一般社団法人日本産業技術教育学会第62回全国大会(静岡)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 神野 政宗, 田平 龍雅, 白石 正人
2. 発表標題 プログラミング題材としての Web アプリの教材化に関する研究
3. 学会等名 日本産業技術教育学会第32回九州支部大会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 水門博一、田平竜雅、白石正人
2. 発表標題 双方向コンテンツのプログラミングを支援する Web アプリについて
3. 学会等名 日本産業技術教育学会第61回全国大会(信州)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 田平竜雅、藤金敏希、水門博一、白石正人
2. 発表標題 タブレットとWebページを併用したドリル学習教材
3. 学会等名 日本産業技術教育学会第61回全国大会（信州）
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 白石正人、瀬尾佳良、水門博一、田平竜雅
2. 発表標題 小学校の作文支援を想定した管理システムの開発
3. 学会等名 日本産業技術教育学会第61回全国大会（信州）
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 水門博一、白石正人
2. 発表標題 アクティビティ図からJavaScriptプログラムを生成するWebアプリケーション
3. 学会等名 日本産業技術教育学会第30回九州支部大会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 白石正人、水門博一、井本慎太郎
2. 発表標題 手書き入力を想定した文章入力練習用Webアプリケーションソフトウェアの試作
3. 学会等名 日本産業技術教育学会第30回九州支部大会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 白石正人、水門博一、瀬尾佳良
2. 発表標題 タブレット用Webアプリケーションソフトウェア「作文君」を用いた小学校での授業実践
3. 学会等名 日本産業技術教育学会第30回九州支部大会
4. 発表年 2018年

〔図書〕 計1件

1. 著者名 一般社団法人日本産業技術教育学会（編集）	4. 発行年 2019年
2. 出版社 九州大学出版会	5. 総ページ数 304
3. 書名 小・中・高等学校でのプログラミング教育実践 問題解決を目的とした論理的思考力の育成	

〔産業財産権〕

〔その他〕

-

6. 研究組織

氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
---------------------------	-----------------------	----

7. 科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計0件

8. 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

共同研究相手国	相手方研究機関
---------	---------