

令和 6 年 6 月 10 日現在

機関番号：32706

研究種目：挑戦的研究（萌芽）

研究期間：2021～2023

課題番号：21K18535

研究課題名（和文）ビジュアル型言語とテキスト型言語の学習状況の分析によるシームレスな移行の実現

研究課題名（英文）Realizing Seamless Transition from Visual- to Text-based Language by Analyzing Learning Processes

研究代表者

梅澤 克之（Umezawa, Katsuyuki）

湘南工科大学・情報学部・教授

研究者番号：20780282

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 4,900,000円

研究成果の概要（和文）：本研究の目的は、ビジュアル型言語とテキスト型言語の学習の利点を有し、両者の差異を埋める教育コンテンツを検討・試作し、実証実験を通して、学習結果だけでなく学習中の学習状態を評価することである。まず、ビジュアル型言語とテキスト型言語の学習の利点・特徴を有する教育コンテンツを検討・試作し、実証実験を通してアンケート評価、理解度評価等を行った。また生体情報の計測・評価も行った。さらに提案手法を用いて高校生への実授業を行い、1年後に大学生になった際のテキスト型言語の理解度が高くなることを明らかにした。これらに関して、国内学会発表7件、国際学会発表8件（内1件は2024年度に実施予定）を実施した。

研究成果の学術的意義や社会的意義

ビジュアル型言語とテキスト型言語の間に存在するかもしれない学習過程の差異を明らかにして、この問題を改善する研究はいまだかつて行われておらず、その効果の評価もなされていなかった。両言語の学習過程での生体情報を明確に計測しようという研究もなされていなかった。ビジュアル型言語を習得した学生が、スムーズにテキスト型言語を習得できる状態になっているかを分析する研究もなされていなかった。我々は、ビジュアル型言語の特徴を持つ教育コンテンツを開発し、実験及び実授業に適用し、その効果を検証した。これらの研究により、テキスト型言語の学習での理解の深化や学習の効率化などを達成できたと考える。

研究成果の概要（英文）：The purpose of this study is to develop and examine educational content that leverages the advantages of learning both visual and text-based languages, bridging the gap between the two, and evaluating not only the learning outcomes but also the learning processes during the study. Initially, we developed and examined educational content that embodies the advantages and characteristics of both visual and text-based languages. Through empirical experiments, we conducted evaluations using questionnaires, comprehension assessments, and measurements of biological data. Furthermore, we conducted actual lessons for high school students using the proposed method, and it was revealed that these students demonstrated a higher level of understanding of text-based languages one year later when they became university students. Regarding these findings, we have presented at nine domestic conferences and ten international conferences (one of which is scheduled to take place in 2024).

研究分野：教育工学

キーワード：ビジュアル型言語 テキスト型言語 学習分析 生体情報

1. 研究開始当初の背景

ビジュアル型言語は、テキストを用いないので文法エラーが起こらないために初学者向けといわれている。しかし、実際の教育現場において、ビジュアル型言語ではうまくプログラムを作成できるがテキスト型言語に移行したとたんうまくコードが書けないという生徒や学生が一定数いることが把握されている。我々は、学習時の脳波を計測する既存研究において、ビジュアル型言語(Scratch)の学習における脳波測定およびテキスト型言語(C言語)の学習における脳波測定を行った。この実験の結果、ビジュアル型とテキスト型の言語の学習時には使っている脳が異なるのではないかと疑問が湧いた。また、プログラミング習得のためには成功体験が重要といわれているが、プログラミング学習に関する既存研究では、つまり箇所分析や対策はなされているが学習意欲の高まりを対象とした研究はない。さらに我々は、プログラミング過程の編集履歴可視化システムの研究も行ってきたが、ビジュアル型言語とテキスト型言語の学習過程を比較した分析はまだ行われていない。このように我々は、ビジュアル型言語とテキスト型言語の学習過程の間に大きな差異が存在するのではないかと考えた。そして、両言語の学習時の脳波を計測しつつ、編集履歴を分析することによって両言語の学習過程の決定的な違いを明確にするとともに、両言語学習の差異を埋める新たな学習コンテンツ(中間型言語)を作成したいというのが本研究構想に至った経緯である。

2. 研究の目的

近年、プログラミングの入門としてビジュアル型のプログラミング言語(以降、ビジュアル型言語と呼ぶ)が使われるようになってきている。その後はC言語やJava言語などのテキスト型プログラミング言語(以降、テキスト型言語と呼ぶ)に移行していくことになる。しかしシームレスな移行方法は確立されていない。本研究では、ビジュアル型言語からテキスト型言語への移行の方法論を確立することを目的とする。本研究が確立されると、プログラミング言語の初学者がビジュアル型言語による学習から始めて、その後、シームレスかつ自発的にテキスト型言語の学習に遷移できるようになる。プログラミング教育関係者が今後かならず直面する課題を先回りして解決する大変重要な研究であると考えられる。

3. 研究の方法

ビジュアル型言語とテキスト型言語の学習の利点を有し、両者の差異を埋める教育コンテンツ(中間型言語とよぶ)を検討・試作し、実証実験を通して、学習結果だけでなく学習中の学習状態を評価する。これにより、その中間型言語の有効性を評価し、今後の初等・中等プログラミング教育に役立つ教育コンテンツ(中間型言語)を完成させる。まず、ビジュアル型言語とテキスト型言語の溝を埋める想定の中間型言語の検討・施策し、それを用いて実証実験を行う。評価に関しては、今までは、学習後のアンケートや成績など、学習効果の結果のみに着目しており、理解できるようになったか否かを評価するのみであった。これらの評価方法では、今回提案する中間型言語の効果を正確に測ることが出来ない。本研究では、学習後の従来の評価方法に加えて、学習中の脳波や視線、表情などの生体情報および学習中の学習履歴を用いて学習状態を計測し、中間型言語がビジュアル型言語とテキスト型言語の中間的な役割を果たし、スムーズな移行に貢献しているかを分析・評価する。

4. 研究成果

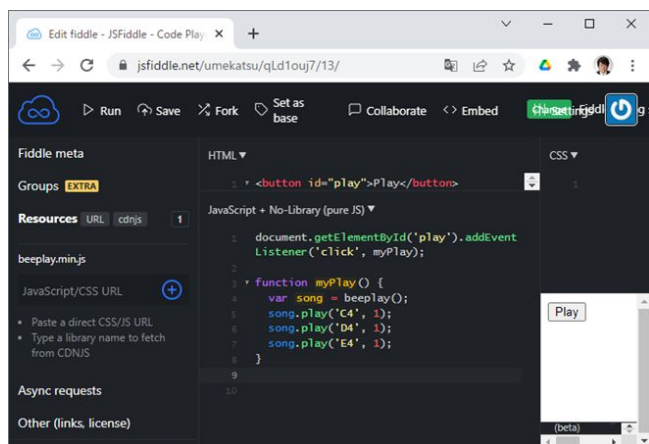
(1)中間コンテンツとは

現状のビジュアル型言語は見た目が楽しい、すぐ実行して動作する、文法エラーが存在しないなどの特徴がある。これに対してテキスト型言語は、文字ばかりであり、1文字でも間違えれば動作せず、グラフィカルなことをやろうとするととても手間がかかる、というような特徴がある。提案する中間コンテンツは、シンプル(テキスト型言語特有の追加知識不要)、素早いフィードバック(実行結果がすぐわかる)、文法エラーが起こりにくく、論理エラーの箇所がわかり易い、というような特徴を持つ必要があると考えた。

このような特徴を持ったコンテンツとして、JSFiddleを活用してJavaScriptで音楽を作るという学習コンテンツを作成した。図1に示すように、JSFiddleはWebブラウザのみを用いてJavaScriptのコーディングから実行結果の表示までを1つの画面で行えるWeb版の統合環境である。このJSFiddleに音を出すためのライブラリ(Beeply)を追加することで簡単に音楽を作れる。例えば“ドレミ”と音を出すには図2のようにコーディングすれば良い。

上記、音を鳴らすプログラムは、playというメソッドのみで実現できるため、多くの単語(予約語)や文法を覚える必要がなく、実行したらすぐ音が鳴り、結果が素早く確認できる。さらに、期待した音と違う音になってしまうような論理エラー(プログラムは間違えていないのでコンパイラはエラーを出力しない)の場所の音を聞いて容易に判断できる。また、音楽は繰り返し構造があり、また、2回目の繰り返しの時には異なる音を鳴らす、というようなこともある。これらは繰り返し(for文)や条件分岐(if文)としてプログラムで表せる。さらに小節毎に繰り返し

すような構造もあり、小節を関数 (function) として定義することもできる。このように音楽とプログラミングはとても相性が良いと思われる。また、なんといっても自分の好きな音楽が徐々に出来上がっていくのはとても楽しい。



```
function myPlay() {
  var song1 = beeplay();
  song1.play('C4', 1);
  song1.play('D4', 1);
  song1.play('E4', 1);
}
```

図1 JSFiddleの画面(左)とドレミの音を出すプログラム(右)

(2) 中間コンテンツのアンケート評価

我々は、2021 年前学期に高校生向けに音楽を作成するという課題を扱うプログラミング授業を行った。本研究では、我々が行った高校生向けのプログラミング授業が、ビジュアル型言語とテキスト型言語の中間に位置づけられる特徴を有するということをアンケートにより示した。

(3) 中間コンテンツがテキスト型言語の理解度向上に寄与するか否かの評価

本研究では、ビジュアル型言語の学習とテキスト型言語の学習の間に、我々が提案する中間コンテンツを用いた学習を挟む方がその後のテキスト型言語の理解度が高まるということを実証実験を通して示した。

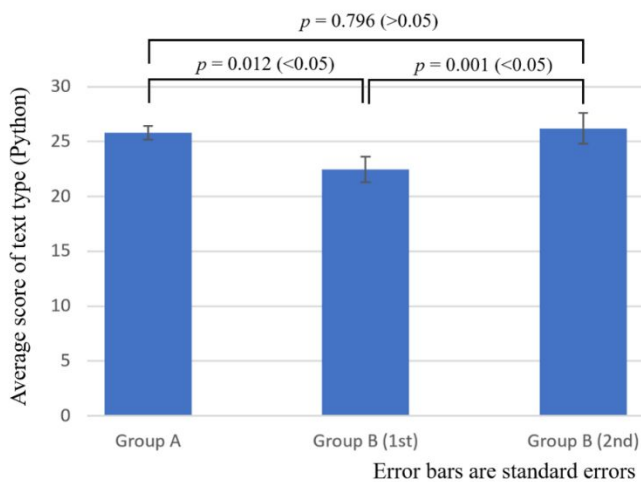


図2 テキスト型言語の平均スコア (Group B が中間コンテンツ未経験者)

(4) ビジュアル型言語とテキスト型言語の学習時の生体情報の比較

本研究では、ビジュアル型言語とテキスト型言語の学習の際に、学習者の生体情報 (脳波、心拍、表情) を計測し、両言語の学習の際の生体情報に何らかの差異があるか否かの分析を行った。具体的には、脳波を目的変数、心拍と10種類の表情を説明変数として、重回帰分析を行った。その結果、一部の説明変数の係数の正負が、ビジュアル型言語とテキスト型言語で反転した。つまり、ビジュアル言語とテキスト言語の学習時の生体情報の違いを観察することができたと言える。

ビジュアル型の全説明変数を用いた重回帰式

$$y_1 = -0.008x_1 - 0.729x_2 - 1.171x_3 - 0.000x_4 + 37.027x_5 - 0.192x_6 - 0.076x_7 - 1.636x_8 - 0.171x_9 - 0.078x_{10} + 0.106x_{11} + 0.180 \quad (1)$$

$$y_2 = -0.033x_1 - 1.389x_2 - 2.087x_3 - 0.611x_4 + 48.561x_5 - 0.659x_6 - 1.627x_7 + 10.971x_8 - 0.703x_9 - 0.136x_{10} + 0.074x_{11} + 0.527 \quad (2)$$

$$y_3 = +0.002x_1 - 0.472x_2 - 0.807x_3 - 0.616x_4 + 21.685x_5 - 0.098x_6 - 0.389x_7 - 0.584x_8 - 0.129x_9 - 0.030x_{10} + 0.039x_{11} + 0.287 \quad (3)$$

$$y_4 = -0.007x_1 - 1.170x_2 - 1.301x_3 - 0.737x_4 + 32.062x_5 - 0.571x_6 - 1.343x_7 + 5.860x_8 - 0.634x_9 - 0.086x_{10} + 0.015x_{11} + 0.372 \quad (4)$$

$$y_5 = -0.000x_1 - 0.414x_2 - 0.560x_3 - 0.272x_4 + 14.017x_5 - 0.234x_6 - 0.516x_7 + 2.380x_8 - 0.239x_9 - 0.035x_{10} + 0.017x_{11} + 0.144 \quad (5)$$

テキスト型の全説明変数を用いた重回帰式

$$y_1 = +0.015x_1 - 2.427x_2 + 0.170x_3 + 2.624x_4 + 2.271x_5 + 0.348x_6 + 1.181x_7 - 1.685x_8 + 0.436x_9 - 0.005x_{10} + 0.186x_{11} + 0.209 \quad (6)$$

$$y_2 = +0.033x_1 - 2.375x_2 + 0.345x_3 + 2.990x_4 + 4.833x_5 + 0.350x_6 + 0.741x_7 - 1.542x_8 + 0.282x_9 - 0.068x_{10} + 0.171x_{11} + 0.400 \quad (7)$$

$$y_3 = +0.014x_1 - 0.463x_2 + 0.433x_3 + 0.764x_4 - 1.768x_5 + 0.231x_6 + 0.755x_7 + 0.239x_8 + 0.299x_9 + 0.010x_{10} + 0.064x_{11} + 0.251 \quad (8)$$

$$y_4 = +0.038x_1 - 0.723x_2 + 0.801x_3 + 2.879x_4 + 1.928x_5 + 0.245x_6 + 0.825x_7 + 0.030x_8 + 0.230x_9 - 0.071x_{10} + 0.141x_{11} + 0.414 \quad (9)$$

$$y_5 = +0.018x_1 - 0.498x_2 + 0.386x_3 + 1.112x_4 - 0.835x_5 + 0.046x_6 + 0.444x_7 + 0.365x_8 + 0.094x_9 - 0.020x_{10} + 0.075x_{11} + 0.194 \quad (10)$$

図3 重回帰式

(5)心拍変動によるビジュアル型言語とテキスト型言語の学習時の精神的ストレス分析

本研究では、ビジュアル型言語とテキスト型言語の学習の際に、両言語の学習の際の精神的ストレスに何らかの差異があるか否かを確認するために、学習者の心拍変動を計測した。ビジュアル型言語の学習時に心拍変動値が低くなる、つまりストレスレベルが高くなることを確認した。また、キーボード入力のログを取得することにより、キーボード入力に慣れている被験者とそうでない被験者を別々に分析することによって、キーボード入力に慣れている被験者はビジュアル型言語の学習時によりストレスを感じていることを確認した。

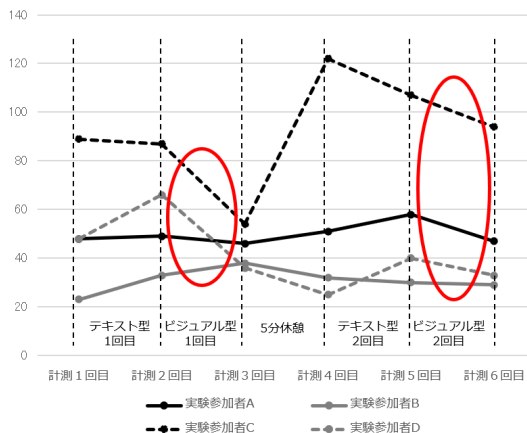


図4 ビジュアル型言語学習の前後の心拍変動

(6)ビジュアル型言語とテキスト型言語の学習時の心拍数、表情、脳波の差異分析

本研究では、ビジュアル型言語とテキスト型言語を使用して課題を遂行する際に、両言語の学習の際の生体情報に差異があるか否かを確認するために、学習者の心拍数、12種類の表情、5種類の脳波 (β/α) を計測した。「悲しみ」と「困難さを表す脳波 (β_h/α_1)」に関して、テキスト型言語よりビジュアル型言語を使用する方が値が高くなるということがわかった。また、その差はキーボード入力が苦手なグループの方が大きくなるということがわかった。さらに苦手なグループは、軽蔑しながら、悲しみながら、否定的感情を伴いながら、困難さを感じながら課題を遂行していることがわかった。

(7) ビジュアル型言語からテキスト型言語への移行のための中間コンテンツの効果の検証

今までの研究で、我々は、ビジュアル型言語の学習とテキスト型言語の学習の間に、我々が提案する音楽に関する中間コンテンツを用いた学習を挟む方がその後のテキスト型言語の理解度が高まるということを実験を通して示した。本研究ではビジュアル型言語からテキスト型言語への移行期(高校生の時)に中間コンテンツを用いて学習を行った学生が、大学1年生になりプログラミングの授業の成績が未経験者よりも高くなったことを報告した。これにより我々が提案する中間コンテンツが後のテキスト型言語の理解度を向上させるということを実証した。

表1 検定結果

	未経験者	経験者
人数	265	32
平均値	87.868	90.156
p 値	0.00585** (<0.01)	

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計1件（うち査読付論文 1件 / うち国際共著 0件 / うちオープンアクセス 0件）

1. 著者名 Katsuyuki Umezawa, Takumi Koshikawa, Makoto Nakazawa, and Shigeichi Hirasawa	4. 巻 988
2. 論文標題 Mental Stress Analysis During Visual- And Text-Based Language Learning by Measuring Heart Rate Variability	5. 発行年 2024年
3. 雑誌名 Good Practices and New Perspectives in Information Systems and Technologies. WorldCIST 2024. Lecture Notes in Networks and Systems. Springer, Cham.	6. 最初と最後の頁 13-22
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1007/978-3-031-60224-5_2	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

〔学会発表〕 計15件（うち招待講演 0件 / うち国際学会 8件）

1. 発表者名 Katsuyuki Umezawa, Kouta Ishida, Makoto Nakazawa, and Shigeichi Hirasawa
2. 発表標題 Proposal and Evaluation of Intermediate Content for the Transition from Visual to Text-based Programming Languages
3. 学会等名 The 56th Hawaii International Conference on System Sciences (HICSS 2023) (国際学会)
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 Katsuyuki Umezawa, Makoto Nakazawa, Michiko Nakano, and Shigeichi Hirasawa
2. 発表標題 About the Analysis of Biometric Information during Learning of Visual- and Text-based Programming Language
3. 学会等名 The 21st Annual Hawaii International Conference on Education (HICEducation 2023) (国際学会)
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 Katsuyuki Umezawa, Makoto Nakazawa, and Shigeichi Hirasawa
2. 発表標題 A Proposal for Intermediate Content: Transition from Visual to Text-Based Languages
3. 学会等名 The World Conference on Computers in Education (WCCE2022) (国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 梅澤克之, 中澤真, 平澤茂一
2. 発表標題 ビジュアル型言語とテキスト型言語の学習時の生体情報の比較について
3. 学会等名 電子情報通信学会 教育工学研究会 (ET)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 梅澤 克之, 石田 昂大, 中澤 真, 平澤 茂一
2. 発表標題 ビジュアル型言語からテキスト型言語への移行のための中間コンテンツの提案と評価
3. 学会等名 電子情報通信学会 教育工学研究会 (ET)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 梅澤克之, 中澤真, 平澤茂一
2. 発表標題 ビジュアル型言語からテキスト型言語へのシームレスな移行について
3. 学会等名 情報処理学会 第84回全国大会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 梅澤克之, 越川拓海, 中澤真, 平澤茂一
2. 発表標題 心拍変動の計測によるビジュアル型言語とテキスト型言語の学習時の精神的ストレス分析について
3. 学会等名 教育システム情報学会 (JSiSE)
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 梅澤克之, 越川拓海, 中澤真, 平澤茂一
2. 発表標題 ビジュアル型言語とテキスト型言語の学習時の心拍数, 表情, 脳波の差異分析
3. 学会等名 電子情報通信学会 教育工学研究会 (ET)
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 梅澤克之, 越川拓海, 中澤真, 平澤茂一
2. 発表標題 ビジュアル型言語とテキスト型言語の学習中の心拍数・心拍変動・感情・脳波の差異分析
3. 学会等名 日本教育工学会(JSET) 2023年秋季全国大会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 Katsuyuki Umezawa, Makoto Nakazawa, and Shigeichi Hirasawa
2. 発表標題 Comparison of Biometric Information during Learning of Visual- and Text-based Programming Languages
3. 学会等名 Proceedings of the 8th International STEM Education Conference (iSTEM-Ed 2023) (国際学会)
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 Katsuyuki Umezawa, Takumi Koshikawa, Makoto Nakazawa, and Shigeichi Hirasawa
2. 発表標題 Mental Stress Analysis during Visual- and Text-based Language Learning by Measuring Heart Rate Variability
3. 学会等名 The 12th World Conference on Information Systems and Technologies (WorldCIST 2024) (国際学会)
4. 発表年 2024年

1. 発表者名 Katsuyuki Umezawa, Takumi Koshikawa, Makoto Nakazawa, and Shigeichi Hirasawa
2. 発表標題 Differential analysis of heart rate, facial expressions and brain wave during learning of visual- and text-based languages
3. 学会等名 The VIII IEEE World Engineering Education Conference (EDUNINE2024) (国際学会)
4. 発表年 2024年

1. 発表者名 Katsuyuki Umezawa, Takumi Koshikawa, Makoto Nakazawa, and Shigeichi Hirasawa
2. 発表標題 Analysis of differences in heart rate, heart rate variability, emotion, and brain waves during learning visual- and text-based languages
3. 学会等名 The 12th International Conference on Information and Education Technology (ICIET) (国際学会)
4. 発表年 2024年

1. 発表者名 梅澤克之, 中澤真, 平澤茂一
2. 発表標題 ビジュアル型言語からテキスト型言語への移行のための 中間コンテンツの効果の検証
3. 学会等名 日本教育工学会 (JSET) 2024年春季全国大会
4. 発表年 2024年

1. 発表者名 Katsuyuki Umezawa, Makoto Nakazawa, and Shigeichi Hirasawa
2. 発表標題 Verifucation of the effectiveness of classes using intermediate content for transitioning from a visual- to a text-based programming language
3. 学会等名 The 24th IEEE International Conference on Advanced Learning Technologies (IEEE ICALT 2024) (国際学会)
4. 発表年 2024年

〔図書〕 計0件

〔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
研究 分担 者	中澤 真 (Nakazawa Makoto) (40288014)	会津大学短期大学部・産業情報学科・教授 (41601)	

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
---------	---------