

## 個別指導時に教員から与えられる動きある図式の再生

Playback of Active Diagrams in Individual Guidance from Instructors

森 昭憲<sup>†</sup> 石原 俊<sup>‡</sup> 田口 浩<sup>‡</sup> 原田 史子<sup>†</sup> 島川 博光<sup>†</sup>  
 Akinori Mori Shun Ishihara Hiroshi Taguchi Fumiko Harada Hiromitsu Shimakawa

## 1. はじめに

プログラミング教育では、教員と学習者の意思疎通が重用であると言われている [1]。特にプログラミング演習科目では、講義形式をeラーニングのように自動化すべきではなく、教員と学習者との対話を必要とする。なぜならば、アルゴリズムの説明やプログラムが動かない原因の説明などでは、教員が学習者に面と向かって指導することで学習者の理解が深まるからである。このような指導のさいに、教員は動きを伴う図式を用いて指導する。現状では、主に紙とペンを用いて図式に文字や矢印を書き込みながら指導を行う。しかし、そのような指導においては説明の過程が記録されない。そのため、学習者は指導を受けた時点では理解できたつもりでも、後で復習しようとするとうわからなくなってしまう。

本論文では、このような問題を解決するために、教員の描く指導内容を順番に記録し、描かれた内容とその描画過程を保存するための手法を提案する。本手法では、指導内容を記録するために、透明なシート状のGUIを持つソフトウェアである指導シートを用いる。学習者は本手法によって記録された図式を電子データとして持ち帰ることができる。これにより、学習者は保存された指導内容を再生しながら効果的な復習を行うことができる。

## 2. プログラミング演習における個別指導

多くの大学がプログラミング演習科目を設けている。演習科目では一般的に、1人につき1台の計算機が与えられ、個別に演習を行うため、学習者は教員に質問することが多い。質問を受けた教員は、学習者に対して個別指導を行う。教員は、学習者に具体的なイメージを持たせるため、主に紙とペンを使って図式を描きながら指導する。例として、リスト構造のノードのつながりかえについて指導する場合を考える。教員はまず、1枚の紙に断片的なコードと、コードに対応したリスト構造の図を描く。そして、コードと図との関連を示すため、それらに文字や矢印などを書き加えながらコードで実現される処理の説明を行う。

このような指導では、学習者が後で指導された内容を復習しようとしても、すべて説明し終えた後の1つの図としてしか残っておらず、その内容を明確に想起することができない。そのため、学習者は指導内容を自分の知識にできないという問題が発生する。

## 3. 個別指導内容を明確に想起させる指導環境

## 3.1 指導環境の実現

学習者が個別指導の内容を十分に理解し、自分の知識として吸収するためには、その内容を記録しておき、後

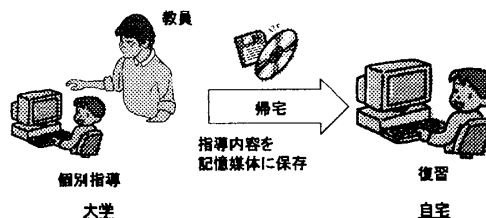


図1: 個別指導の流れ

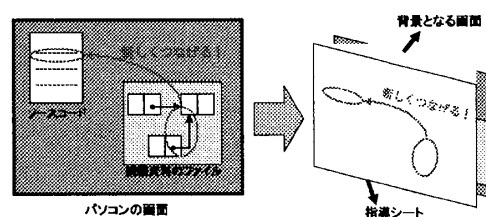


図2: 指導シートのイメージ

で再現できるようにする必要がある。そこで教員の描く指導内容を順番に記録し、動きある図式として保存するための手法を提案する。動きある図式とは、図式を構成する個々の要素が動くことによって、解法を表現する仕組みである。本手法によって保存された動きある図式を再生することで、学習者は効果的な復習ができる。

本手法を用いた個別指導の流れを図1に示す。学習者から質問を受けると、教員は学習者の計算機の画面に指導シートを立ち上げる。指導シートとは、図2に示すような、透明なシート状のGUIを持つソフトウェアである。ユーザはその上にマウスなどのポインティング・デバイスを用いて図式を描くことができ、指導シートはその描画過程を記録する機能を持っている。指導シートを用いることにより、教員はデスクトップ画面上に直接図式を描きこみながら学習者を指導できる。また、その指導内容は動きある図式として記録される。

演習後、学習者は記録された動きある図式を電子データとして持ち帰り、指導内容を再生しながら効果的な復習を行うことが可能となる。

## 3.2 動きある図式の取得方法

指導シートが起動されたとき、その時点でのデスクトップの画像は静止画として扱われ、図式を書き込むことができる背景画面となる。まず、指導シートは背景となる画面をスクリーンショットとして記録する。次に指導シートは、図3に示すように、指導内容を時系列データとして記録し始める。本手法では、動きある図式を描画された時刻順に並べられた点の集合と見なす。指導シ-

<sup>†</sup>立命館大学情報理工学部

<sup>‡</sup>立命館大学大学院理工学研究科

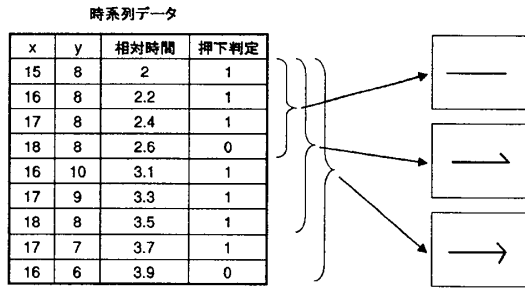


図 3: 時系列データを基にした図式の再生

トは1つ1つの点の座標と描画時刻、そしてボタンが押下されているかどうかという押下判定の3つのデータを時系列に記録する。

教員が指導シートを起動すると、指導シートは時刻0よりデータの記録を開始する。マウスのボタンの状態が解放から押下へと変化したとき、指導シートは座標と描画時刻を記録し、もう一度解放の状態になるまで一定時間ごとに記録し続ける。そのさい、押下判定はボタンの状態が押下である間は1として記録される。ボタンが解放された時点で押下判定が0として記録され、記録は中断される。描画時刻は指導シート起動時からの相対時間で示す。座標の記録は、指導シートを終了することで完了となる。指導シートは、完了までに描かれた指導内容を1つの指導と見なす。最後に、1つの指導で記録された点の時系列と、そのときの背景画面を合わせて1組のファイルとして保存する。ファイル名には指導開始時の実時刻が付けられる。

### 3.3 動きある図式の再生

1組のファイルとして保存された動きある図式は、指導後に学習者が任意で再生することができる。複数のファイルがある場合、学習者は指導開始時の実時刻を基にファイルを選択して再生する。再生時にはまず、背景となる画面が表示される。次に、時系列データ内の点の座標に基づいて、個別指導時に描かれた図式が画面上に再現される。

点の時系列に基づいて図式が再生される様子を図3に示す。時系列から記録開始時のx座標およびy座標が読み込まれ、最初の点の位置が背景となる画面上に点として表示される。その後、時系列データ内の次のデータが読み込まれ、画面上に点が表示される。ここで得られた2つの点を直線で結ぶことで、教員の実際に描画した図式が近似的に再現される。押下判定が0であるデータが現れば、そこで描画は途切れたことになる。よって次に記録されたデータの時刻になるまで描画は中断される。再生ツールは、時系列データに含まれるすべての点を表示することで、指導内容を指導時のペースで再現する。これにより、学習者は指導内容を動きある図式として再生して見る事ができる。

## 4. 既存研究との比較

既存研究として、ANIMAL[2]や手書きダイレクト[3]が提案されている。本手法とこれらの手法との比較結果

表 1: 既存研究との比較

	本手法	ANIMAL	手書きダイレクト
描画の自由度	○	×	◎
図式の動き	○	◎	×
使用者の負荷	○	×	○

を表1に示す。

教員はANIMALを用い、動きある図式の視覚的な編集をすることができる。ANIMALによって作成された動きある図式を用いることで、学習者は現在学んでいる内容の流れをつかみやすく、より簡単に理解することが可能となる。しかしANIMALは、単一のアプリケーションの内部においてのみしか動きある図式を生成できない。これに対して本手法では、指導シートの起動のみで、ユーザは画面上の任意の場所に図式を描画することができる。また、ANIMALでは動きある図式の生成にプログラミングを必要とするため、教員の負荷は高い。本手法では直感的な操作で動きある図式を生成できるので、教員の負荷は少ない。

ゼブラ社製の手書きダイレクトでは、赤外線センサ付の透明なシートを実際に画面に装着することにより、ユーザは図式を画面に直接描くことができる。手書きダイレクトでは、本手法と同様に、アプリケーションの起動のみで、画面上の任意の場所に図式を描画できる。さらに、描画中の画面操作が可能であるため、教員は本手法より自由な描画ができる。しかし、学習者は描画された図式を動きある図式として再生できない。これに対して、本手法は図式を時系列データとして記録するので、図式の動きを再現することができる。それゆえ、学習者は指導内容を効果的に復習することが可能である。

## 5. おわりに

本論文では、教員の描く指導内容を動きある図式として保存するための手法を提案した。本手法によって保存された動きある図式を再生することで、学習者は効果的な復習をすることができる。

今後は、提案した手法に基づく指導シートを実装し、本手法の有用性を検証する予定である。

## 参考文献

- [1] K. Gravin-Doxas, and L.J. Barker, "Communication in computer science classrooms: Understanding defensive climates as a means of creating supportive behaviors," ACM J. Educational Resources in Computing, vol.4, no.1, Mar. 2004.
- [2] G. Röβling, M. Schüler, and B. Freisleben, "The ANIMAL algorithm animation tool," Proc. 5th Annual Conference on Innovation and Technology in Computer Science Education, pp.37-40, July 2000.
- [3] ゼブラ株式会社, "手書きダイレクト," <http://www.zebrawriting.jp/tegakidirect/index.html>.