

オブジェクト指向プログラムの静的・動的側面を 視覚化するプログラミング教育支援システム

大城 正典[†] 永井 保夫^{††}

[†] 東京情報大学 環境情報学科 ^{††} 東京情報大学 情報システム学科

1 はじめに

プログラミング学習者、特に初心者にとっては、文法に従ったプログラムの静的構造や、プログラム動作時のインスタンスの状態変化の様子、手続きの処理の流れなどを具体的に思い描くことが難しい。しかし、こういった静的・動的側面を具体的にイメージできるようになれば、効率よく理解できるものと思われる。

本稿では、オブジェクト指向プログラムの静的要素の構造・関係や、プログラムの動作する様子を具体的に視覚化して、プログラミング学習者の理解を助けるシステムを提案する。

本システムは、ソースプログラム上で表現されている要素（インスタンス・定数・型定義・制御文など）をグラフィカルに表示した上で、インタプリタ形式でプログラムが実行される様子を具体的に表示する。利用者は表示内容をインタラクティブに操作することができ、学習者の学習と指導者の解説を助けることができるように設計されている。

学習対象となるプログラミング言語としては Java のサブセットを採用し、実装には FLASH を用い、WEB ブラウザ上で実行できるように考慮されている。

2 静的側面の視覚化

まず、ソースプログラム入力欄に入力されたソースプログラムは構文解析される。その結果を基に、静的視覚化欄にクラス定義およびそのメンバであるフィールドおよびメソッド（便宜的にコンストラクタを含む）をグラフィカルに表示する（図 1）。サブクラスを定義した場合は、スーパークラスから継承した部分はグループ化されて視覚化される。

メソッドについては、引数・動作定義も視覚化されるが（図 2）、動作定義は表示領域が狭い場合は省略される（図 1）。

これらの視覚化された要素をクリックすると、ソースプログラムの該当部分がアニメーションをともなっ

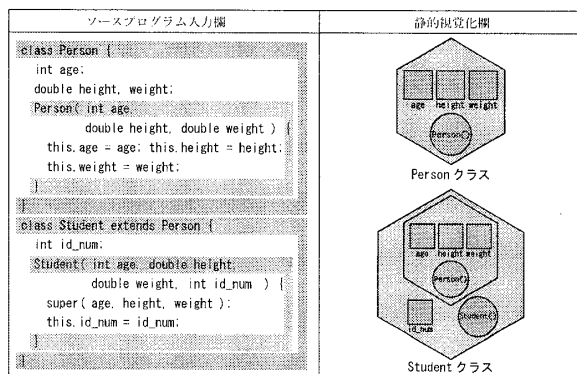


図 1: 静的視覚化

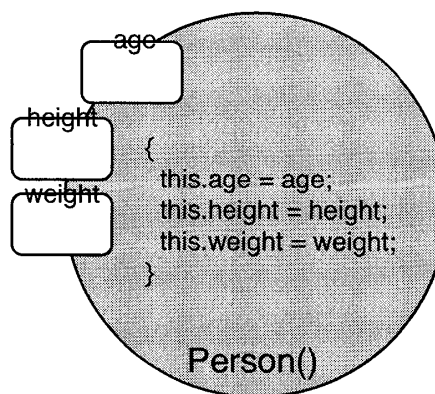


図 2: メソッドの静的視覚化

て強調表示される。また、ソースプログラムが変更されると構文解析がその都度行われ、リアルタイムに視覚化欄に反映される。このように、インタラクティブに操作できるようにしておくことで、学習者の注意力・集中力を維持し、興味を持たせるように考慮されている。本システムの静的視覚化機能は既存のモデリングツールに該当すると言えるが、より学習初級者向けに作られている。

3 動的側面の視覚化

入力されているクラスを選択して main メソッドを実行（ステップ実行も可能）させることができる。実行が行われると、動的視覚化欄に、オブジェクトの生成などがアニメーションをともなってリアルタイムに表示される。図 3 は、Person 型オブジェクトを生成し

Visualization Systems of Static and Dynamic Elements in Object-Oriented Programs for Programming Education

[†] Masanori OHSHIRO (ohshiro@rsch.tuis.ac.jp)

^{††} Yasuo NAGAI (nagai@rsch.tuis.ac.jp)

Department of Environmental Information, Tokyo University of Information Sciences([†])

Department of Information Systems, Tokyo University of Information Sciences(^{††})

ている行を実行した場合である。

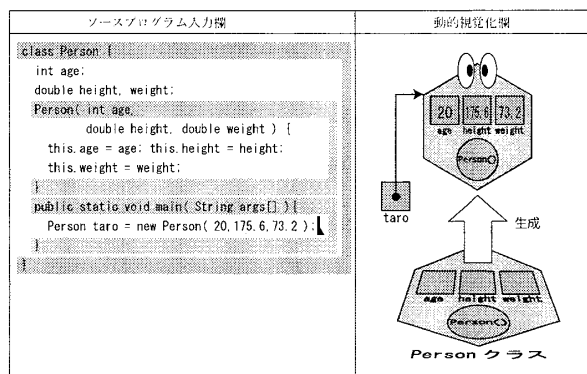


図 3: 動的視覚化

メソッド (コンストラクタを含む) の呼び出しでは、呼び出したメソッドに移動してアニメーションによる動作表示を継続することができる。たとえば、図 3 におけるオブジェクトの生成課程では、図 4 のようなコンストラクタ内の初期化過程が表示される。この例は、コンストラクタによってフィールド age が初期化される段階を表している。

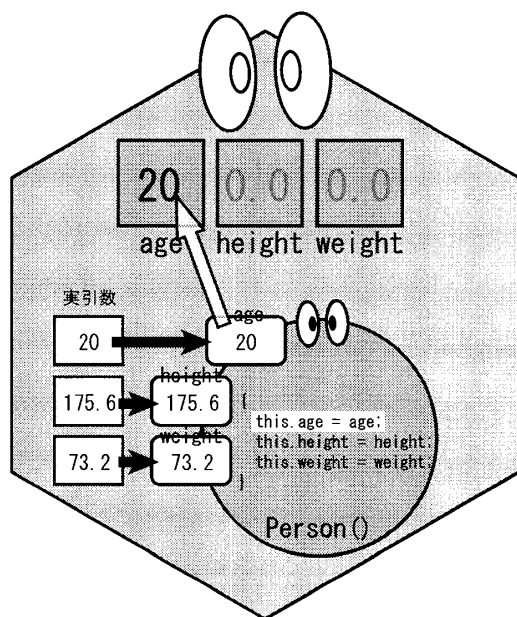


図 4: メソッドの動作表示

4 コメントの追加機能

本システムは、特定の構文要素や実行アニメーションの中に、あらかじめコメントを設定することが可能である。これにより、教育者は学習者に理解して欲しいポイントを強調して解説することができる。たとえば、図 5 は、コンストラクタの動作に関するコ

メントが表示された例である。このコメントのように閲覧者に確認を求めるコメントが表示された場合は実行はそこで一時停止し、閲覧者が“OK”ボタンを押すことで実行が次に進む。

また、コメント内の文法要素を表す語をクリックすると、入力欄内のソースコードと図の該当部分がハイライトする。例えば図 5 では、“コンストラクタ”という語をクリックするとソースコードのコンストラクタ定義部分と図中のコンストラクタを表す円形のキャラクター全体がハイライトする。これによって、指導者にとってはその時点で説明している対象を学習者にしっかりと伝えやすい。学習者も自分で対象を確認できるので、指導者が解説している対象を確認しやすい。

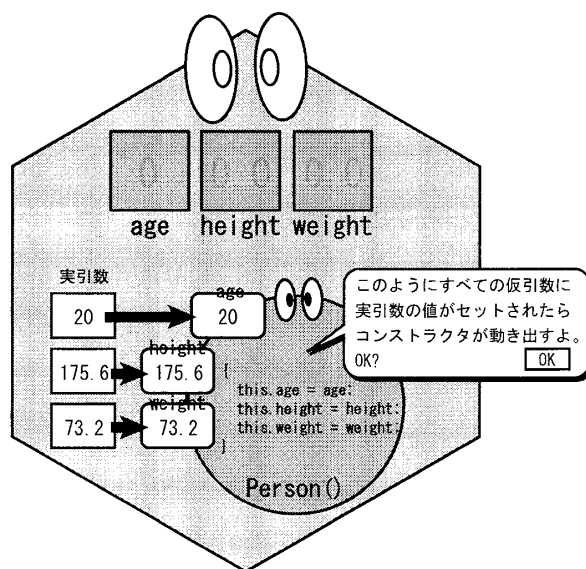


図 5: コメント機能の例

5 おわりに

本システムを用いることで、初級者を中心とした学習者にプログラムの構造を視覚的に理解させたり、プログラム動作時に存在するインスタンスやその状態変化および、アルゴリズムの動作の様子を具体的に把握させることが容易になると思われる。また、教育者にとっては図を中心とした学習用教材の作製コストの大幅な軽減が期待できる。

今後は、実際の授業において試用・評価を行い、単体の学習ツールとして改善していきたい。また、FLASH で実装されている点を活かし、HTTP サーバと連携させることで e-learning システムとして構築し、継続的な反復演習なども実行可能なように発展させていく予定である。