

VR ソフトウェア可視化システムにおける 複雑構造探索に効果的なインタラクション手法

青木 達志†

辻 愛里††

藤波 香織††

† 東京農工大学 大学院 生物システム応用科学府 生物機能システム科学専攻

†† 東京農工大学 大学院 工学研究院 先端情報科学部門

1 はじめに

近年、社会全体でデジタル化が進んでおり、ソフトウェアの需要が増加している。しかし、開発者にとって大量のコードにおける複雑な構造及び依存関係を理解することは非常に困難である。この問題を解決する方法としてソフトウェアの構造を視覚的に表現するという方法がある。例として、統一モデリング言語 (UML) ではグラフィカル表記を使用してソフトウェアを視覚的に記述することができる。しかし、この表記では 2D で構造が表されているため、表現できる情報が制限される。3D でソフトウェアの構造を可視化するという方法では 2D と比較してより多くの情報を提供することが可能となる。そのためソフトウェア構造を 3D の都市型メタファを用いて表す研究がある [1]。さらに人間の自然な動きを利用した操作を可能にするため、仮想現実 (Virtual Reality : VR) や複合現実 (Mixed Reality : MR) を利用して 3D ソフトウェア構造を可視化し、操作をする研究が行われている [2][3]。しかし、VR における構造探索に適したインタラクション手法について提案し、探索効率における有効性を調査した研究は存在しない。

そこで本研究では、VR を用いたソフトウェア可視化システムにおける探索効率の高いインタラクション (操作、フィードバック) の提案を行い、その有効性を明らかにすることを目的とする。

2 提案システムの概要と実装

2.1 システム概要

本研究ではソフトウェア構造を VR 空間上で表示可能なシステムを提案する。提案システム上でソフトウェア構造を探索する場合、ソースコードの依存関係を 3D で表示し、ジェスチャーによって構造を探索する。さらに特定の操作を行うことによりクラスの関係、特定のメソッドを含むクラスを強調表示するなどの、ソフトウェアの詳細情報を提示することが可能である。ユーザはソースコードの修正中、コードに含まれる属性や参照関係などを知りたい場合に、HMD を装着してシステムを使用し、ジェスチャーによる操作で構造探索を行い、クラスの構成要素や参照関係について調査する。調査完了後、ユーザは HMD を外してコードの修正を再開する。VR 上で構造を表示させることにより、構造以外の情報を遮断し集中することができるためユーザが構造探索に没入することが可能となる。

本システムは図 1 に示すように、構造分析部、3D 構造作成部、操作認識部といった主要機能で構成される。

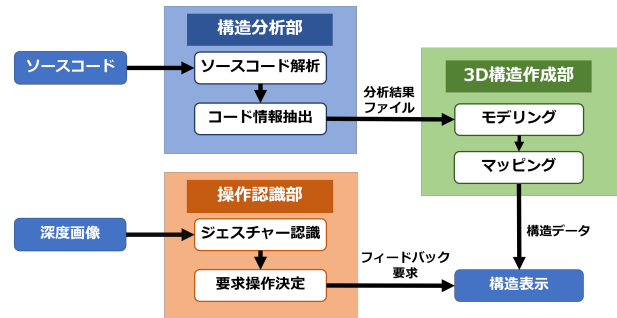


図 1: システム概要図

2.2 構造分析部

構造分析部では、ソースコード構造の分析を行う。構造の分析はソースコードを分析し、分析した情報を抽出することで可能になる。本研究では、コード分析を行う方法として J クラスレポート [4] のようなソースコード解析ツールを利用する。このツールは入力としてソースコードファイル (Java のみ) を渡すことで、コードを分析し、2 種類の Microsoft Excel ファイル (*.xlsx ファイル) 作成する。一方はクラス毎のメソッド、属性数などの情報を含んでおり、もう一方はクラスごとの属性やメソッドなどの定義情報や参照関係の情報で構成されている。出力ファイルにはソースコード内での宣言や定義されたメソッドの名称や型を含む。出力ファイルを 3D 構造作成部で分析しやすくするために、編集し、利用する。

2.3 3D 構造作成部

3D 構造作成部ではソースコードの構造を表現した 3D 構造を作成し、VR で表示させるまでの処理を行う。これらの操作を行うために本研究では Unity3D [5] を利用する。Unity3D とは、複数のプラットフォームに対応するゲームエンジンである。このゲームエンジンでは様々な 3D オブジェクトが利用でき、オブジェクトの形やサイズなどを編集可能である。また Unity3D ではプロジェクトに VR デバイスを追加することで 3D シーンを VR 空間で閲覧することが可能であり、VR 上でソースコード構造を表示し、探索することが可能になる。構造作成部では、構造分析部で生成されたファイルからソースコード情報を取得し、3D 構造を作成することで VR 上で構造を表示する。

ソフトウェア構造は Balzer ら [6] らの研究で用いられた表示方法を参考に作成した。図 2:a で確認できる半透明の半球は、ソフトウェアのパッケージを表している。パッケージの内部には複数の青色の円が配置されている。図 2:b にパッケージ内部を拡大した画像を示す。青い円は、パッケージ内に存在するクラスを表現している。円上に配置されている緑色のオブジェクトは属性、赤色のオブジェクトはメソッド、水色のオブジェクトはコンストラクタを表している。

Effective Interaction Techniques for Complex Structures Exploration in Software Visualization Systems with VR

† Tatsushi AOKI †† Airi TSUJI †† Kaori FUJINAMI

†, †† Department of Bio-Functions and Systems Science, Department of Computer and Information Sciences, Tokyo University of Agriculture and Technology

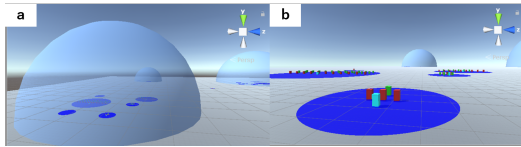


図 2: プログラム構造 (a:パッケージを表現した半球, b:クラスと構成要素を表すオブジェクト)

2.4 ジェスチャー認識部

ユーザのジェスチャーを認識するために本研究では Leap Motion[7] を使用する。Leap Motion は小型の USB 周辺機器で、2 基の赤外線カメラと赤外線照射 LED で構成される。赤外線 LED で手と指を照らし、赤外線カメラで撮影した画像を解析することによって 3D 空間での手と指の位置を割り出す。

3 構造表示手法提案

本研究では、構造探索に効果的な構造表示手法について提案する。本システムで実装するために考案した手法は 1) 参照元の強調表示、2) 参照元の抽出、そして 3) 表示する参照関係の切り替えの 3 種類である。

参照元の強調表示は、構造探索時にメソッドや属性などのオブジェクトを選択した場合、そのオブジェクトを参照しているクラスを強調表示する機能である。強調表示の様子を図 3:a に示す。図 3:a の中央にある黄色いボックスオブジェクトは、ユーザによって選択されたオブジェクトである。その奥にある黄色い 2 つの円オブジェクトは選択対象と参照関係にあるクラスを表している。

参照元の抽出とは、参照元を強調表示した後に参照元以外のオブジェクトを取り除く機能である。複雑な構造で強調表示する場合、参照元が遠方に配置されていると参照元の発見が困難になると考えられる。そのため、抽出機能を実装することで参照元の発見が容易になると考えられる。図 3:a の状態から実際に抽出操作を行うと黄色く表示されたオブジェクト以外は全て透明化される。

参照関係の切り替えは、参照関係を表した図 3:b のような棒オブジェクトの種類を変更する機能である。本システムではクラス同士の参照関係を表示する構造を作成する。しかし、その関係は参照の使用箇所によって分類できる。参照関係の種類としてインスタンス生成、メソッド引数、メソッド戻り値、属性、スーパークラスがあり、5 色で表示される。これらの関係において、あるクラス同士が複数の関係を有する場合、関係を表すオブジェクトが重なり、関係性の確認が困難になると考えられる。そのため、切り替え機能を実装することで各関係を確認可能となる。

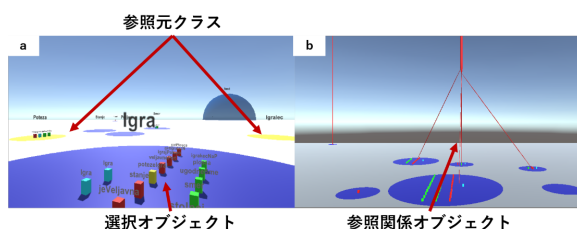


図 3: a:参照元の強調表示, b:参照関係の表示

4 操作に対するジェスチャー方法調査実験

4.1 調査内容

3 章で提案した機能では、強調表示はオブジェクトを選択することで実行する。選択操作はタップジェスチャーによって行う。タップジェスチャーは、スマートフォンや ATM など、多くの人が日常的に使用する操作であるため直感的と考えられる。抽出と参照関係の切り替えについても、探索に適した操作にするために、直感的なジェスチャーを導入する必要がある。そこで 20 代の 12 名 (男性 6 人, 女性 6 人) を対象として、3 章で述べた抽出機能と切り替え機能の操作方法を決定するための調査を行った。3 つの機能はコントローラで操作できるよう設定済みのため、回答者は HMD を装着し、コントローラを用いてフィードバック機能を確認する。その後聞き取り調査を実施し、機能に適したジェスチャーを回答者に実演してもらった。

4.2 調査結果

調査の結果、参照元の抽出操作では 12 人中 10 人が手で払いのける動作を行った。その動作を選択した理由として、HMD で確認した機能には画面の切り替え、蹴散らす、払うなどのイメージがあるという意見が得られた。関係の切り替え操作では、参照元の抽出と比較してばらつきのある結果になった。その中で 4 人の回答者が腕や指で円運動が含まれるジェスチャーを実演した。理由として回す操作にギアを切り替えるようなイメージがあるといった意見が得られた。

これらの結果より、手を払いのける操作には画面を変更するイメージがあると考えられる。したがって、参照元の抽出に使用するジェスチャーは、手を開いた状態でのスワイプに決定する。また、腕や指を回す操作は切り替えのイメージがあると考えられるため、参照関係の切り替え操作に使用するジェスチャーは、腕を回す操作に決定する。

5 おわりに

本稿では、VR ソフトウェア可視化システムにおける構造探索に効果的なインタラクション手法の調査を目的とし、提案した構造表示手法、ジェスチャー操作を用いて可視化システムを作成した。今後は作成したシステムを用いて、ユーザ評価実験を行い、構造表示手法や操作方法が探索に与える影響について分析する。

参考文献

- [1] R. Wetzel and et al. Visualizing software systems as cities. In Proc. VISSOFT '07, pp. 92–99, 2007.
- [2] F. Fittkau and et al. Exploring software cities in virtual reality. In Proc. VISSOFT '15, pp. 130–134, 2015.
- [3] R. Simone and et al. The city metaphor in software visualization: feelings, emotions, and thinking. *Multimedia Tools and Applications*, Vol. 78, No. 23, pp. 33113–33149, 2019.
- [4] Java ソースからメトリクス抽出・ドキュメント生成 — j クラスレポート — 無償ツール. URL: <http://www.nextdesign.co.jp/uml_java_tools/jclassreport.html> 最終アクセス 2021/1/5.
- [5] Unity. URL: <<https://unity.com/ja>> 最終アクセス 2021/1/5.
- [6] M. Balzer and et al. Hierarchy based 3d visualization of large software structures. In Proc. IEEE Visualization '04., pp. 598–4.
- [7] Leap motion. URL: <<https://www.leapmotion.com/ja/>> 最終アクセス 2021/1/5.