

**科学研究費助成事業 研究成果報告書**

平成 27 年 5 月 25 日現在

機関番号：12501

研究種目：挑戦的萌芽研究

研究期間：2013～2014

課題番号：25560102

研究課題名(和文)身体ジェスチャとマルチタッチを活用する3次元プログラミングシステム

研究課題名(英文)A three-dimensional programming system utilizing body gestures and multi-touch interfaces

研究代表者

大澤 範高(Osawa, Noritaka)

千葉大学・融合科学研究科(研究院)・教授

研究者番号：30251721

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 1,700,000円

研究成果の概要(和文)：情報教育のプログラミング学習のために、3次元仮想空間を活用するオブジェクト指向3次元プログラミング開発環境を設計することを目標に研究を進めた。この目標を達成するために、ユーザインタフェースに着目し、身体ジェスチャとタブレット型コンピュータ上での複数の指によるタッチを活用する新しいユーザインタフェースを検討・開発・評価した。3次元プログラミング環境の実現のために重要な身体ジェスチャ、タッチインタフェース、協調プログラミングについての課題に取り組み、新しい知見を得ると共に今後取り組むべき課題を明らかにした。

研究成果の概要(英文)：A goal of this study is to design an object-oriented three-dimensional programming environment that utilizes three-dimensional space for programming learning in computer education. To accomplish this, the study focuses on user interfaces of a three-dimensional programming environment. New interfaces are designed, developed and evaluated which utilize hand/finger gestures and multi-touch operations on a tablet computer held by one hand. This study investigates body gestures, touch interfaces, and collaborative programming. Evaluation results show new findings and clarifies future work.

研究分野：ヒューマンコンピュータインタラクション

キーワード：3次元プログラミング言語 身体性 ユーザインタフェース ジェスチャ タッチパネル

## 1. 研究開始当初の背景

2次元仮想平面を利用した可視化プログラミング言語としてはタイルプログラミング言語としてScratchなどがあり、教育に利用されている。タイルによってプログラミング言語における文や式を表し、それを組み合わせることによってプログラムを作成することが可能である。しかし、3次元仮想空間の活用は考えられておらず、オブジェクト指向言語におけるクラスの継承関係などを3次元形状等で表現することも考えられていない。また、マウスとキーボードによる操作が基本となっている。

研究代表者はこれまでクラスなどの階層的制約関係のジグソーパズル状可視化の研究を行ってきた。また、没入型仮想現実感プログラミングシステム「おうぎ」を研究開発した。「おうぎ」ではプログラム要素の3次元可視化や手による直接操作を可能にした。これらの研究から3次元空間を活用できる環境を設計し、それをを用いて効率的にプログラミングができるように身体ジェスチャと手に持ったタブレット型コンピュータ上の複数の指のタッチを統合して活用するユーザインタフェースをもった3次元プログラミングシステムの研究を行った。

## 2. 研究の目的

情報教育におけるプログラミング学習のために、3次元仮想空間を活用したオブジェクト指向プログラミング開発環境を設計することを目標とする。3次元プログラミング環境実現のために身体ジェスチャとタブレット型PC上での複数の指によるタッチとを活用した新しいユーザインタフェースを考案・開発することを目的とする。

## 3. 研究の方法

これまでに行ってきた3次元可視化、没入型プログラミングシステム、身体性を活用したインタラクション技法の研究の成果および経験を活かしつつ、研究開発を進めた。研究項目は大きく、身体ジェスチャ、タッチインタフェース、協調プログラミングに分類できる。

### (1)身体ジェスチャ

システムにコマンドを伝えるために利用できる身体ジェスチャに関しては、手の動きをジェスチャとして高精度で認識する手法と手の指の姿勢を推定する方法について研究を行った。カメラベース機器を基に認識・推定を行うことを前提とした。手のジェスチャも指の姿勢の推定も自分の身体の一部が他の身体の部位を隠すというセルフオクル

ージョンの問題があり、その解決を図る。

### 深度センサーを利用した手のジェスチャ認識

まず、プログラム要素検索・提示・選択やコマンド入力に必要となるジェスチャ認識に関して、高精度での認識を行う方法について1台の深度センサーを用いた動的時間伸縮法を用いた方法を評価する。次に、身体の向きに依存せず、手のジェスチャ認識の精度を向上させるためにはセルフオクルージョンの発生を減らす必要があるため、深度センサーを複数台配置し、いずれかのカメラはセルフオクルージョンの影響を受けにくくする手法を検討する。複数の深度センサーからの情報を適切に統合する方法を確立することを目指す。

### 手の指の姿勢推定

カメラによって手の映像を取得し、その情報から、セルフオクルージョンによって直接観測できない指の姿勢を他の指や手の状態から推定する有効な手法を研究する。先行研究では行われていない、手の甲側の情報のみに基づいた指の姿勢推定を検討する。手の筋骨格モデルを利用することによって観測できない手指の状態推定の精度を評価する。

### (2)タッチインタフェース

タッチインタフェースに関しては、タッチパネルを利用したプログラミングに要する時間およびエラー率を推定するためのモデル構築、プログラミングの際に変数名やクラス名等のテキストを効率的に入力できる手法、腕に取り付けられるような小さなタッチパネルデバイスによる効率的な入力手法を検討する。

### タッチパネルを利用した効率的なプログラミング環境のモデル化

パーツを組み合わせてプログラミングを行うタイルプログラミング環境を対象として、タッチパネルを利用したインタフェースにおけるプログラム作成時間、エラー率の関係のモデル化を試み、それを評価する。

### タッチパネルを利用した効率的なテキスト入力手法

タブレットにおいて、かな漢字変換入力をする際に必要となる多数の候補からの選択を高速化する方式を提案・検討し、評価する。

### 超小型マルチタッチデバイスを利用した効率的な入力手法

超小型マルチタッチデバイスとして腕時計型デバイスを用い、その効率的な入力のために仮想的なボタンの位置や大きさが入力効率に与える影響を調査する。

### (3) 協調プログラミング

3次元プログラミングシステムにおいてもプログラミングを複数人によって協調的にできることが求められる。そこで、協調プログラミング手法の一つであるペアプログラミングに着目し、同地点および遠隔地点で効果的なペアプログラミングを行うために必要な条件を実験、観察を通して調査・分析する。特にどのような支援機能・インタフェースが必要であるかに重点を置いて分析を行う。

## 4. 研究成果

2年間の研究によって以下の研究成果を得た。

### (1) 身体ジェスチャ

深度センサーを利用した手のジェスチャ認識

1台の深度センサーを利用した時間伸縮法を評価し、その方法の限界を明らかにした。次に、複数台の深度センサーを利用し、それらの情報を統合することによって身体の向きに頑健なジェスチャ認識を行う方法を被験者実験によって評価した。複数台の深度センサーからの情報の統合方法として信頼度とk近傍法に基づく方法を評価し、新たな知見を得た。

### 手の指の姿勢推定

オクルージョンによって検出できない身体の部位の推定を行うために、手指の筋骨格モデルを用いた姿勢推定手法についての検討を行い、課題を明らかにした。モデルベースの推定方法に加えてアピランスペースの推定方法を利用した場合の検討が必要であることがわかった。

### (2) タッチインタフェース

タッチパネルを利用した効率的なプログラミング環境のモデル化

タッチパネルインタフェースに関しては、パーツ(タイル)を組み合わせてプログラミングを行うタイルプログラミング環境を対象に効率的なプログラミングのために操作モデルの検討を行った。画面サイズに制限のある場合に、その上に表示されるパーツの大きさとプログラム作成にかかる操作時間、エラー率の関係をモデル化した。モデルの有効性を実験的に評価し、課題を明らかにした。

タッチパネルを利用した効率的なテキスト入力手法

タブレットにおいて多数の候補からの選択を高速化するために、多段予測と候補の決定経路の指定による一括選択方式を提案し、プロトタイプシステムを作成し、基礎的な評価を行った。

超小型マルチタッチデバイスを利用した効率的な入力手法

ディスプレイ上の仮想的なボタンのサイズと位置がポインティングにどのような影響を与えるかを被験者実験によって評価した。ボタンの大きさと位置は誤入力率に大きく影響し、誤入力率はボタンが大きく、位置が画面中央に近くなるほど低くなることを明らかにした。この研究成果は、国際会議で発表予定である。また、実験結果から、ユーザのポインティング操作に存在する偏りを利用した効率化の検討が今後必要であることを明らかにした。

### (3) 協調プログラミング

同地点および遠隔地点におけるペアプログラミング実験を実施し、学生の行動、会話、アンケート結果を収集した。収集したデータを被験者の行動に着目して分析し、コミュニケーションを簡単に行うためのツールおよび、ペア/役割の交代を適切に提案する機能によって遠隔ペアプログラミングを効果的に支援できることを明らかにした。研究成果を国際会議で発表予定である。

## 5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

〔雑誌論文〕(計 1 件)

Noritaka Osawa, Kikuo Asai, "An Evaluation on Two-handed and One-handed Control Methods for Positioning Object in Immersive Virtual Environments," IEICE Transactions on Information and Systems (2015-07) (To be published), 査読有。

〔学会発表〕(計 9 件)

Kiyotaka Hara, Takeshi Umezawa, Noritaka Osawa, "Effect of Button Size and Location when Pointing with Index Finger on Smartwatch," HCI International 2015, (2015-08) (to appear), Los Angeles, CA, USA, 発表確定。

Tomoyuki Urai, Takeshi Umezawa, Noritaka Osawa, "Enhancements to Support Functions of Distributed Pair Programming Based on Action Analysis," Innovation and Technology in Computer Science Education Conference 2015, (2015-07) (to appear), Vilnius, Lithuania, 発表確定。

磯脇 直人, 梅澤 猛, 大澤 範高, "小型タッチスクリーン上の効率的なタイルプログラミング環境の設計", 第13回情報科学技術フォーラム, J-009, (2014-09-03).

笠松 英, 梅澤 猛, 大澤 範高, "筋骨格モデルを用いた手の姿勢推定手法の検

討”, 第 13 回情報科学技術フォーラム, J-005, (2014-09-03).

原 清貴, 梅澤 猛, 大澤 範高, “超小型マルチタッチ表示装置におけるズーム・スクロールを用いたタッチ入力の評価”, 情報処理学会 第 76 回全国大会, 6Z-3, (2014-03-14).

北川 智大, 梅澤 猛, 大澤 範高, “タブレット端末における日本語入力高速化のための予測変換提示法”, 情報処理学会第 76 回全国大会, 6Z-7, (2014-03-13).

浦井 智之, 梅澤 猛, 大澤 範高, “遠隔ペアプログラミングにおける作業効率低下要因の検証”, 情報処理学会第 76 回全国大会, 3ZB-7, (2014-03-12).

都竹 尚紀, 梅澤 猛, 大澤 範高, “深度センサを用いたユーザの向きの変化に頑健なジェスチャ認識”, インタラクシオン 2014, A3-2, (2014-02-27).

原 清貴, 梅澤 猛, 大澤 範高, “腕時計型端末におけるズーム・スクロールを用いたタッチ入力”, インタラクシオン 2014, A6-1, (2014-02-27).

## 6. 研究組織

### (1) 研究代表者

大澤 範高 (Noritaka Osawa)  
千葉大学・大学院融合科学研究科・教授  
研究者番号: 30251721

### (2) 研究分担者

梅澤 猛 (Takeshi Umezawa)  
千葉大学・大学院融合科学研究科・助教  
研究者番号: 50450698