

平成 30 年 6 月 6 日現在

機関番号：12501

研究種目：挑戦的萌芽研究

研究期間：2015～2017

課題番号：15K12164

研究課題名(和文)3次元実体化および味覚化を利用したプログラミング学習環境の開発と評価

研究課題名(英文)A Programming Environment utilizing Embodiment with Three-dimensional Entity and Taste

研究代表者

大澤 範高(Osawa, Noritaka)

千葉大学・大学院工学研究院・教授

研究者番号：30251721

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 2,700,000円

研究成果の概要(和文)：プログラミング学習に対する興味を喚起すると共に、プログラミング学習において重要な抽象化の概念の学習と利用を促進することを目的に、3次元プリンタによるプログラムの3次元実体化の方法を研究した。また、複合現実感技術を用いて、実体化された部品と仮想部品を統合して利用できるプログラミング環境を研究した。さらに、学習者の行動の分析に必要となる、屋内における位置推定技術として従来とは異なる方法での位置指紋法と自律航法を統合した方法を開発すると共に両手の動きによる行動判別技術の研究を進めた。

研究成果の概要(英文)：This research investigated embodiment methods of programs with three dimensional entity using a 3D printer in order to enhance learners' interests in programming and promote learners' understanding of abstraction which is important in programming. We also studied programming environments where both materialized program components and virtual program components can be used by utilizing mixed reality technologies. Moreover, we developed a behavior classification method and indoor positioning methods which are needed to analyze actions of programming learners in virtual and mixed reality environments indoors. The behavior classification method is based on movements of both hands. The developed indoor positioning method integrates radio fingerprinting and dead reckoning differently from conventional ones.

研究分野：ユーザインタフェース

キーワード：プログラミング環境 可視化 複合現実感 3次元プリンタ 学習支援 屋内位置推定 行動分析

1. 研究開始当初の背景

研究代表者は、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」を研究開発していた。「おうぎ」はプログラムの3次元可視化や手による直接操作による編集・実行制御を可能にしたシステムである。

仮想世界では自由に操作や表現を定義できるが、一方で現実世界の知識や経験を十分に活かすことができず、初学者が操作の習熟に時間のかかる場合がある。そこで、仮想世界だけではなく、プログラム(部品)を3次元プリンタによって3次元実体化し、さらに、それらの3次元物体への操作を適切に認識し、現実世界上に情報の重畳提示を行う複合現実感技術によって、現実世界と仮想世界を統合し、操作への習熟の必要性を減じ、本質的な学習への集中を支援することの可能性を探る必要があると考えた。

また、複数のフレーバーを混在させた砂糖菓子を作成できる3次元フードプリンタの発売が予定されたことから、製品が入手できるようになった際には、3次元構造をもった味をプログラムの実体化に応用可能と考えられた。

2. 研究の目的

プログラミング学習に対する興味を喚起すると共に、プログラミング学習において重要な抽象化の概念の学習と利用を促進するように、3次元プリンタによるプログラムの3次元実体化の方法を研究することを目的とした。また、複合現実感技術を用いて、実体化された部品と仮想部品を統合して利用できるプログラミング環境の研究を行うことも目的である。

さらに、システム評価においては学習者の行動を分析する必要があり、その分析のための室内における位置推定および動作判別などの要素技術の開発を進めることも目指した。

3. 研究の方法

プログラミング学習における抽象化について特に着目し、制御の抽象化、手続きの抽象化、データの抽象化、デザインパターンの理解を支援する複合現実感を利用した3次元実体化プログラミング環境を研究開発し、評価した。具体的には以下の項目に分けて研究した。

(1)プログラムの3次元実体化システム

プログラムの要素の3次元形状はこれまでに研究してきたジグソーパズル表現を基礎にして進めた。ジグソーパズル表現は3次元形状によって型の制約を表現するが、複合現実感技術を応用したプログラミングシステムにおいてプログラム部品のマーカーなし認識にも役立つ特徴をもった形状を可能と

する。

様々な引数をとる手続きやプログラミング上の定石と言えるデザインパターンやイデオムなどの柔軟性が必要な要素については、伸縮が可能なスライド構造を採用し、含まれる要素の大きさの変化に対応できるようにし、物理実体化の制約の下でも有効に働く新たな表現とする。それらを基に3次元実体生成システムを開発する。

(2) 複合現実感プログラミング環境

3次元実体を把持する際の指によるオクルージョンにも頑健な、マーカーを必要としない認識結果と位置に基づき、手続き名や変数名をはじめとする付加情報を重畳して提示できる方法を検討した。まず、固定したカメラ式モーションセンサの情報を基にデスクトップに設置したディスプレイに提示する機能によって実現を図る。その後、ヘッドマウントディスプレイを導入し、位置・姿勢情報から自由な視点で3次元実体化されたプログラムを見て、操作できるビデオシースルー方式複合現実感プログラミング環境を構築する。

(3) 学習者の行動分析

システムの有効性を評価するためには、学習者の行動についても詳細な分析を行う必要がある。研究対象のシステムでは身体全体の動作と共に手による操作の認識が重要である。そこで、屋内において位置を推定する方法や両手の動きによる動作判別法などの要素技術の開発を行った。

4. 研究成果

プログラムの3次元実体化システムにおけるプログラムの要素の3次元形状はこれまでに研究したジグソーパズル表現を基に検討を進めた。2次元のジグソーパズル表現を基に、3次元形状生成のための押し出しや結合、交差、切り取り操作の組み合わせによって3次元形状を生成するように設計を行った。また、設計に基づいて3次元プリンタによってプログラムの実体化を行った。

複合現実感技術を利用した3次元実体化プログラミング環境については、付加情報を3次元実体化されたパーツ上に重畳して提示するシステムを検討した。また、ヘッドマウントディスプレイを装着し、身体動作を自由にした場合の転倒防止などの安全性確保のために視覚刺激がある場合の身体動揺のモデル化とその検証実験も進めた。

屋内物理環境における位置測位については、複数の時点における電波位置指紋と短時間デッドレコニングによるそれらの時点間の移動変位から合成位置指紋を構成する方法を提案・評価した。学習にランダムフォレストを利用して非線形回帰モデルを構築することによって、11 x 5 mの研究室において位置推定の平均平方二乗誤差を0.8mに

でき、従来の1地点の位置指紋のみを用いる方法と比べて高い精度が得られることを示した。また、屋内のスイッチング電源等から発生している環境超音波のスペクトルグラムと深層学習を利用する方法を提案し、大学内の10部屋を対象とした実験において評価したところ屋内領域判別が97%の精度であった。また、回帰モデルの利用によって室内の位置推定への拡張の可能性があることを実験的に示した。これらの研究成果は国内学会および国際会議において発表した。

さらに、システム利用者の行動を分析するために両手の動作の情報から行動を分類方法について研究を行い、国内の学会において発表した。また、研究をさらに進めて得られた成果を国際会議において発表する予定である。

プログラムの味覚化に利用することを予定していた3次元フードプリンタが当初の発売予定から3年以上経過しても販売されなかったためにその点については研究を進めることができなかった。今後、機材が入手できるようになった際には当初予定していた味覚化の研究を進めたい。

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)

[学会発表](計17件)

Junyan Li, Takeshi Umezawa, Noritaka Osawa, Daily activity recognition based on acceleration of both wrists, HCI International 2018 (to appear), 2018年7月20日.

Tomofumi Takayama, Takeshi Umezawa, Nobuyoshi Komuro, and Noritaka Osawa, An Indoor Positioning Method Based on Regression Models with Compound Location Fingerprints, International Conference and Exhibition on Ubiquitous Positioning, Indoor Navigation and Location-Based Services, 2018年3月23日.

Tatsuro Tsuchiya, Takeshi Umezawa, and Noritaka Osawa, An Indoor Area Estimation Method Analyzing Spectrograms of Environmental Ultrasounds by Convolutional Neural Network, International Conference and Exhibition on Ubiquitous Positioning, Indoor Navigation and Location-Based Services, 2018年3月22日.

後藤洋二郎, 梅澤 猛, 大澤 範高, ソースコード読解支援のためのファイルと関連要素の縮小表示を用いるナビゲーション機能, 情報処理学会 第79回全国大会 2J-01, 2018年03月13日.

李 俊燕, 梅澤 猛, 大澤 範高, 両腕に装着した加速度センサに基づく日常動作の識別に適した機械学習手法の検討, 第16回情報科学技術フォーラム (FIT 2017) M-004, 2017年09月12日.

Hongyu Wang, Takeshi Umezawa, Noritaka Osawa, Three-finger-tap Methods for Navigation in 3D Scenes on Tablet, HCI International 2017, HCI (2), pp.276-287, 2017年07月14日.

渡部 裕貴, 梅澤 猛, 大澤 範高, 没入型仮想現実感システムにおける映像刺激による転倒防止のための身体動揺の予測, 情報処理学会 第79回全国大会, 2017年03月17日.

高山 智史, 梅澤 猛, 大澤 範高, 屋内における移動前後の位置指紋と相対位置に基づいて構成された非線形回帰モデル, 第81回モバイルコンピューティングとパーベイシブシステム研究会 2016-MBL-81(21), 2016年12月09日.

味岡 孝昇, 梅澤 猛, 大澤 範高, 暗証番号入力時の腕の加速度を用いた携帯端末向け個人認証, 第81回モバイルコンピューティングとパーベイシブシステム研究会 2016-MBL-81(22), 2016年12月09日.

梅澤 猛, 大澤 範高, 位置推定システムにおけるデータ提供ユーザへのインセンティブに関する一考察, 第15回情報科学技術フォーラム (FIT 2016) M-025, 2016年09月08日.

王 宏宇, 梅澤 猛, 大澤 範高, 3点タッチを利用した3次元仮想空間内視点移動手法の検討, 第15回情報科学技術フォーラム (FIT 2016) J-023, 2016年09月07日.

山本 矩嗣, 梅澤 猛, 大澤 範高, 畳み込みニューラルネットを用いた画像認識における対象物体の情報欠損による認識への影響の調査, 第19回画像の認識・理解シンポジウム (MIRU 2016) PS1-68, 2016年08月02日.

山内 翔平, 梅澤 猛, 大澤 範高, 背表紙画像を用いた書籍の位置特定のための特徴点マッチングにおける特徴量の比較評価, 情報処理学会 第78回全国大会 6N-01, 2016年03月12日.

松井 勇樹, 梅澤 猛, 大澤 範高, 仮想物体の位置と方向を手指の動作によって定める操作の検討, 情報処理学会 第78回全国大会 1Y-07, 2016年03月10日.

吾妻 悠太, 梅澤 猛, 大澤 範高, 複数地点で観測した電波強度による位置指紋の相対位置を利用した屋内位置推定, 知的環境とセンサネットワーク研究会 (ASN) MoNA2015-37 pp.1-6, 2016年01月28日.

梅澤 猛, 大澤 範高, 携帯端末による環境センシングによる自己位置推定手法の

検討, 第 14 回 情報科学技術フォーラム
2015 (FIT2015) M-012, 2015 年 09 月 16
日.

小澤 宗馬, 梅澤 猛, 大澤 範高, 空中
におけるつまむ動作を用いた効率的な文
字入力 of 検討, 第 14 回 情報科学技術フ
ォーラム 2015 (FIT2015) J-036, 2015 年
09 月 15 日.

6. 研究組織

(1) 研究代表者

大澤 範高 (OSAWA, Noritaka)
千葉大学・工学研究院・教授
研究者番号: 30251721

(2) 研究分担者

梅澤 猛 (UMEZAWA, Takeshi)
千葉大学・工学研究院・助教
研究者番号: 50450698