

令和 2 年 6 月 24 日現在

機関番号：34406

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2017～2019

課題番号：17K01160

研究課題名(和文) スマートホンを用いたモバイル仮想職業訓練システムの構築

研究課題名(英文) A Study of Virtual Job-training System using Smartphone

研究代表者

宮脇 健三郎 (MIYAWAKI, Kenzaburo)

大阪工業大学・情報科学部・准教授

研究者番号：30585005

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 2,200,000円

研究成果の概要(和文)：スマートホン等の携帯端末を使ったヘッドマウントディスプレイで仮想現実を手軽に実現できるようになってきている。本研究ではこれらを利用し、自宅等で実行可能なモバイル職業訓練システムと仮想現実環境に適した教育用コンテンツ生成手法、および訓練における行動評価方式を確立した。これまで、訓練施設以外ではマニュアル類を読むことで職業知識を得るしかなかったが、本研究ではユーザが様々な場所で仮想現実環境を構築し、現実に応じた訓練を受けることを可能とした。

研究成果の学術的意義や社会的意義

本研究の成果は、多様な職業における新人の教育・研修コストを低減させる。仮想現実環境を職業訓練用途に用いる研究は多数存在するが、大規模な装置を必要とするなど手軽に導入可能とは言い難い。本研究ではスマートホンと安価なヘッドマウントディスプレイのみを利用し、PCを用意する必要もなく、ケーブル類の制約がないためユーザが自由に仮想空間内を移動することができる。このような環境を用いることで、自宅等で自由に実行可能なモバイル職業訓練システムを構築できる。

研究成果の概要(英文)：Virtual reality can be easily realized with head-mounted displays using smart phones. This research established a mobile job-training system that can be executed at home, job-training contents generation method suitable for virtual reality environment, and a behavior evaluation method in job-training.

The only way to obtain job-knowledge was to read manuals outside of training facilities. In contrast, this research realized virtual environments that enable realistic job-training in anywhere.

研究分野：センサ情報処理

キーワード：ディープラーニング 職業訓練 教材情報システム

1. 研究開始当初の背景

本研究は、頭部装着型のディスプレイ(以降、ヘッドマウントディスプレイと呼ぶ)を利用した仮想の職業訓練システムを実現するものである。近年、日本経済は回復してきているものの、少子高齢化に伴い人口は減少傾向である。このような現状においては、国民一人ひとりの生産性が重要と考えられるが、企業や個人が職業訓練にかかる費用・時間、および企業を通じて職業訓練を受けた労働者の割合は減少・横ばいの傾向にあると報告されている。企業にとっては依然として、職業訓練にコストをかけるほどの余裕がないと考えられるが、改善しつつある経済状況を持続させるためにも、職業訓練を通じた人材育成は重要な課題である。

一方、情報技術の分野ではヘッドマウントディスプレイによる仮想現実の技術が飛躍的に進歩してきており、それらを職業訓練に応用する研究も存在するが、訓練中やその評価時において熟練者の存在が必要となるものが多い。行動に対する指示や評価を逐一熟練者が行うのであれば、そのためのコストが増大する。また、PCと接続するタイプのヘッドマウントディスプレイを用いているため、装置が大掛かりになり、ユーザが手軽にシステムを導入して職業訓練を行うことが難しく、普及させるのは簡単ではない。

2. 研究の目的

仮想現実のシステムを実行する方法として、スマートホンを利用する安価なヘッドマウントディスプレイを用いた手軽な手法が普及してきている。本研究ではこれを利用し、自宅等で実行可能なモバイル仮想職業訓練システムを実現する。これにより、ユーザは様々な場所で仮想的な職業訓練環境を構築し、熟練の指導者がいなくとも現実のような訓練を受けることが可能となる。

具体的な研究目的は次の3つである。

- (1) 仮想職業訓練環境におけるユーザの行動認識方式を確立する。
- (2) ユーザの行動に対するリアルタイムな評価方式を確立する。
- (3) モバイル仮想職業訓練システムの有効性を評価する。

3. 研究の方法

本研究で実現する職業訓練システムは多様な職業訓練に適用可能であるが、今回は調理をテーマにした仮想訓練環境を構築した。具体的には、調理機器の操作や、食材の取り扱い、料理手順の学習等を想定し、各研究目的に対し以下のようなアプローチをとった。

- (1) 仮想職業訓練環境におけるユーザの行動認識方式の確立

本研究で想定する仮想の職業訓練環境の構築には画像処理に基づくマーカ型 AR (Augmented Reality: 拡張現実) を用いる。

大きさが既知の AR 用マーカを印刷したシートを机等に設置し、ヘッドマウントディスプレイに挿入したスマートホンに搭載されたカメラで机を撮影する。そうすると、カメラから見た AR 用マーカの位置や姿勢が計算できるので、ユーザの視点から見て違和感の無い仮想的な職業訓練環境を容易に構築できる。

このような環境下において、職業訓練の課題でユーザがどの手順における行動を実施しているのかを、仮想物体や手の位置、仮想的な機器の操作履歴等に基づき認識する。全ての処理は基本的にはスマートホン搭載のセンサで行う。

- (2) ユーザの行動に対するリアルタイムな評価方式の確立

調理の熟練者がいくつかの業務を実行し、その様子を観察してデータ収集する。そしてその手順を模範行動のモデルとして利用し、訓練中はユーザの行動と模範行動モデルを比較することでリアルタイムに行動を評価する。

- (3) モバイル仮想職業訓練システムの評価

実際にシステムを利用して調理業務の訓練をしてもらい、訓練中の行動の認識精度等について評価を行う。

4. 研究成果

- (1) システムの概要

図 1 に実装した仮想職業訓練システムのイメージを示す。

本研究では高性能なデスクトップ PC とヘッドマウントディスプレイを用いる敷居の高い仮想現実のシステムではなく、パート・アルバイト従業員が自宅等で手軽に職業訓練できる低コストのシステムを目指した。

ユーザはスマートホンを安価なヘッドマウントディスプレイにセットして、訓練時はそれを装着する。そして、訓練現場には AR マーカを貼り付けたシートや職場で実際に用いる設備を模した箱等を設置する。これらをヘッドマウントディスプレイに内蔵されたスマートホンのカメラを通して見ることで、ユーザの目前に CG による職場環境や機材を表示することができる。ま

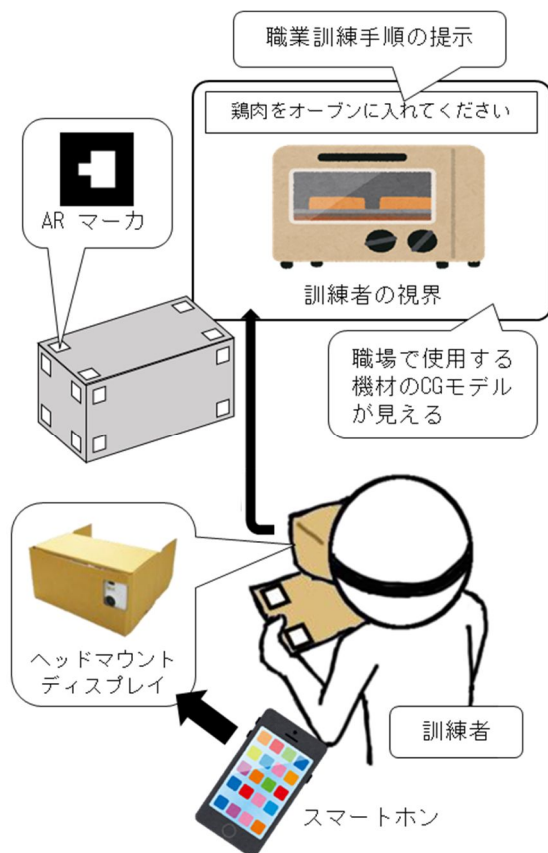


図 1 仮想職業訓練システムの概要

た、ユーザと CG 物体とのインタラクションに基づき、現在作業がどの手順まで進行しているかをシステムが認識することで、スマートホンの画面上に次に行うべき作業の手順等を表示する。これにより、研修の指導員等がいなくとも独力での技能習得を支援する。

なお、マーカを貼付したシート類とヘッドマウントディスプレイは、従業員の採用決定時に企業から配布することを想定している。スマートホンは従業員が所有するものを利用する。パート・アルバイト従業員は本システムを自分のスマートホンにインストールすれば、すぐに職業訓練を行い、技能習得した上で実際の現場で仕事を始めることができる。

今回はスーパーの惣菜コーナーにおける焼鳥の調理工程を想定したシステムを開発した。スーパーでの焼鳥の調理にはオープンを用いるが、一般家庭のオープンとは異なる。スーパー等では設備投資の関係から旧式の機材を使っていることも多く、新規のパート・アルバイトが操作方法を修得するのに手間がかかる可能性が高い。本システムを使うことで機材の操作に慣れた上で仕事ができる。さらには、急に配置換えになったとしても、投影する CG モデルを少し変更するだけで新しい職場の研修も可能である。

(2) システムの構成

開発にはゲームエンジンの Unity¹および、拡張現実感用のライブラリである ARToolKit[1]を

用いた。

焼鳥の製造現場で用いられる機器・食材は、オープン、食材を乗せるための鉄板、焼鳥である。以上の機材を再現するために AR マーカを貼付した立体を作成する必要がある。これらは適度な強度があればどんな素材でも問題はないため、極めて安価に作成できる。今回は段ボールを使った。

図 2,3 に AR マーカを貼付した箱等の立体とそれに重畳表示された CG のオープンや焼鳥を示す。AR マーカは 4x4cm の正方形の物を複数使い、マルチマーカによる認識を利用している。これにより一部のマーカが画面外に出ても CG モデルの表示を問題なく行うことができる。オープンにはスイッチの類がついているので、ユーザが仮想的なオープンに設置されているスイッチ類を操作できるようにする必要がある。これについてはマーカの消失を検出することで実装する。図 4 はスイッチを含むオープンの一部であり、仮想的なスイッチの押下を試した画像である。

図 5 に焼鳥の調理工程を記述した状態遷移モデルを示す。この工程のうち、ユーザが現在どの手順を実施しているかをシステムが認識し、それに基づいて次に何を実行するべきかをユーザに伝える。手順の認識は、ユーザと機材のインタラクションや、機材同士の接触・位置関係に



図 2 マルチマーカを使ったオープン

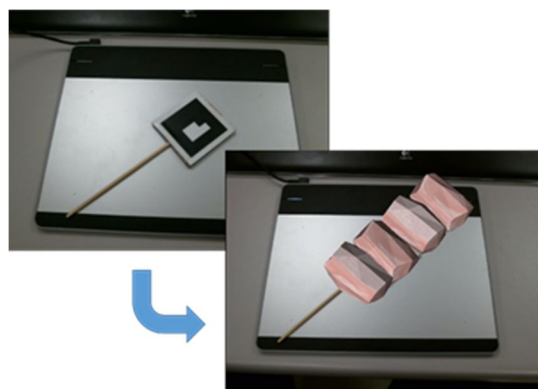


図 3 マーカを使った焼鳥

¹ <https://unity3d.com/jp/>

よって行う 機材同士の接触はUnityの機能の一つであるColliderによって容易に実現できる．本研究では鉄板をオープンに入れたときや鉄板に焼鳥を並べるときにこれを利用している．位置関係はオープン扉の開閉状態を判別するのに用いている．

(3) システムの評価

以上の方法により実装したシステムを用いて実際に焼き鳥の調理に関する職業訓練を行ったところ、各調理行程はほぼ確実に認識され、訓練者は次に何をすべきかを理解し、問題無く仮想環境での業務訓練を行えることが確認できた．

今後はスマートホン内蔵のカメラによってユーザの手形状を認識し、より複雑なインタラクションも認識できるようにするなどにより現実感のある職業訓練が安価に実施できると考えている．

(4) 物体の素材認識による仮想職業訓練環境の改善

先述した職業訓練システムではAR マーカーを利用して仮想環境を構築したが、マーカー無しで環境構築ができればさらに利便性が向上すると考え、深層学習による物体認識を利用し、仮想環境を構築する手法について検討した．ここで、物体の素材も併せて認識することで、仮想物体と現実物体のインタラクションのリアリティを向上させることに注力した．

これは、職業訓練の段階が進み、実際の機器を部分的に使った実習などを支援するシステムの構築等を想定している．例えば、機械の製造工程などで、ベースとなる部品は実物を用い、そこに挿入するネジ等は仮想物体を用意して、ネジのはめ込み工程を訓練する．はめ込みが完了すると、仮想物体のネジを消去して何度でも迅速に訓練が行える．このような環境を想定すると、現実物体の材質をシステムが認識し、その物理的な属性（摩擦・反発係数等）を把握できれば、仮想物体が現実物体に接触した際により現実に即した表現が可能となる．また、貴重な機材は仮想

物体で用意し、現実空間でその機材を扱うような訓練を想定すると、硬い地面に落とせば機材は壊れ、やわらかいクッションの上なら問題はないというように現実の物体の材質に応じた変化を表現することで、実際には実現し難い状況を簡単に体験できる．

一般的には以上のように現実物体と仮想物体のインタラクションを含むシステムは複合現実（Mixed Reality：以降MR）と呼ばれるが、これまでは現実物体の素材までを考慮したMRは十分に研究されてはいなかった．

図6は本研究で構築した物体の素材認識を含む仮想環境構築システム全体の流れである．システムは大まかに物体認識、素材認識、認識した物体に対応したメッシュ（3次元形状情報）の生成、生成されたメッシュに対する素材情報の付与、の4つから成る．

メッシュは物体までの距離情報が得られる深度センサの情報に基づき生成する．

画像内に存在する物体の認識には、深層学習を用いた．本研究では実用的な学習済みモデルとニューラルネットワークのアルゴリズムを有するYOLO（You only look once）[2]を利用した．カラー画像からの物体検出結果に基づき、物体に対応する3次元メッシュの抽出を行う一方でカラー画像の物体領域に対する素材認識を行い、最後にメッシュに対して物体の素材に基づく摩擦や反発などの物理属性を付与する．今回は布、金属、プラスチック、木材の4種類の素材認識を行った．

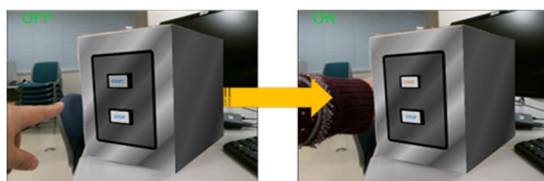


図4 スイッチのインタラクション例

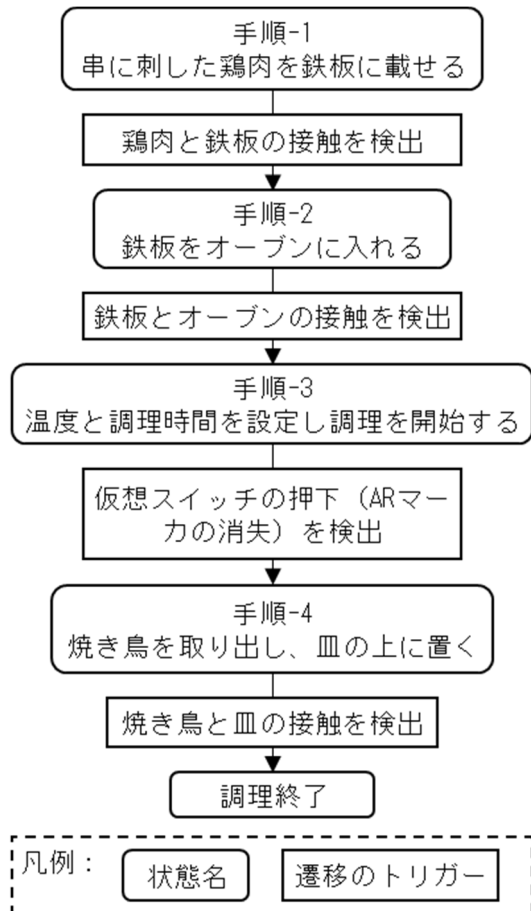


図5 焼き鳥の調理の状態遷移モデル

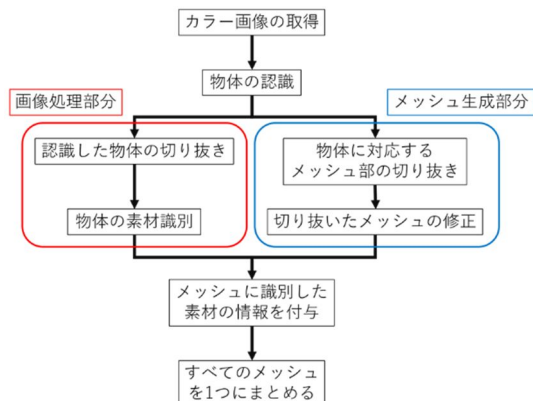


図 6 素材認識を含む仮想環境構築のフロー

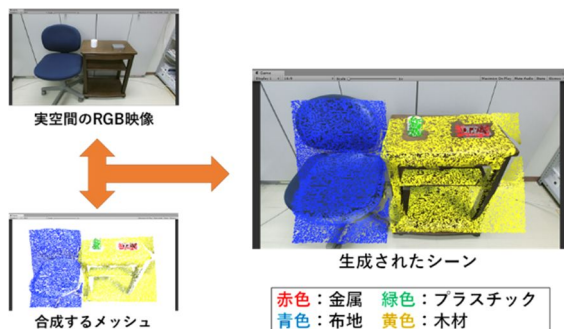


図 7 生成されたシーン

以上に基づき生成された物理属性を持つ仮想環境を図 7 に、その環境上に仮想的なボールを落とした様子を図 8 に示す。固い木として認識された机の上に仮想の CG のボールを落とすと高く跳ねるが、やわらかいクッションとして認識された椅子の上に CG のボールを落としてもあまり跳ね上がらない。

実装した一連のシステムにおいて、検出された物体領域における素材認識の成功率は 89% と良好な結果を得ることができた。今回は素材認識を PC 上で行ったが、今後はスマートホン等でも実行可能なように検討したい。

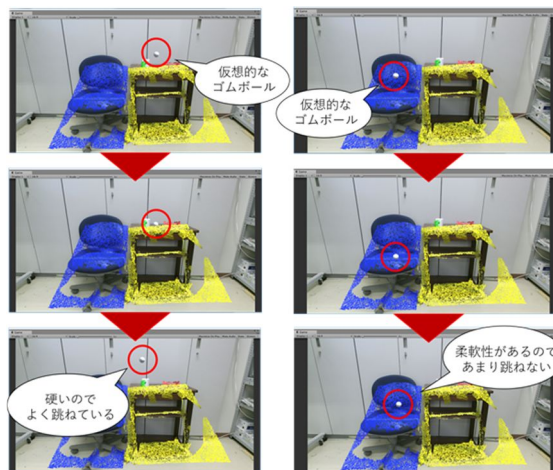


図 8 現実物体と仮想物体のインタラクション例

5. 主な発表論文等

- 岡部聡一, 宮脇健三郎, “Mixed Reality における現実物体の物理属性を考慮した シーン生成”, 情報処理学会インタラクション 2018 予稿集, pp.249 ~ 252
- 紫村勇綺, 宮脇健三郎, “音楽表現を拡張するジェスチャ操作楽器の開発”, 情報処理学会インタラクション 2018 予稿集, pp.411 ~ 414
- 紫村勇綺, 宮脇健三郎, “ジェスチャ認識による演奏者と観客のインタラクションに基づくライブの一体感演出システム”, 情報処理学会インタラクション 2019 予稿集, 1B-14, pp.233 ~ 235
- Kenzaburo Miyawakia, Soichi Okabea, “Job-training Support System using Smartphone Virtual Reality,” The 6th IIAE International Conference on Intelligent Systems and Image Processing, pp.321-324
- Kenzaburo Miyawaki, Soichi Okabe, “Material Recognition for Mixed Reality Scene including Objects’ Physical Characteristics,” The 11th International Joint Conference on Knowledge Discovery, Knowledge Engineering and Knowledge Management (IC3K 2019), 3: KMIS, pp.219-224

6. 参考文献

- [1] Hirokazu Kato, Mark Billinghurst, ; Marker Tracking and HMD Calibration for a Video-based Augmented Reality Conferencing System October 1992
- [2] Joseph Redmon, Santosh Divvala, Ross Girshick, and Ali Farhadi . You Only Look Once: Unified, Real-Time Object Detection. CVPR 2016, 9 May 2016.

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計3件（うち査読付論文 0件 / うち国際共著 0件 / うちオープンアクセス 0件）

1. 著者名 紫村勇綺, 宮脇健三郎	4. 巻 1B-14
2. 論文標題 ジェスチャ認識による演奏者と観客のインタラクションに基づくライブの一体感演出システム	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 情報処理学会インタラクション2019予稿集	6. 最初と最後の頁 233-235
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 岡部聡一, 宮脇健三郎	4. 巻 -
2. 論文標題 Mixed Realityにおける現実物体の物理属性を考慮した シーン生成	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 情報処理学会インタラクション2018予稿集	6. 最初と最後の頁 249-252
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 紫村勇綺, 宮脇健三郎	4. 巻 -
2. 論文標題 音楽表現を拡張するジェスチャ操作楽器の開発	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 情報処理学会インタラクション2018予稿集	6. 最初と最後の頁 411-414
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

〔学会発表〕 計2件（うち招待講演 0件 / うち国際学会 2件）

1. 発表者名 Kenzaburo Miyawakia, Soichi Okabea
2. 発表標題 Job-training Support System using Smartphone Virtual Reality
3. 学会等名 The 6th IIAE International Conference on Intelligent Systems and Image Processing (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Kenzaburo Miyawaki, Soichi Okabe
2. 発表標題 Material Recognition for Mixed Reality Scene including Objects' Physical Characteristics
3. 学会等名 The 11th International Joint Conference on Knowledge Discovery, Knowledge Engineering and Knowledge Management (国際学会)
4. 発表年 2019年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

-

6. 研究組織

	氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
--	---------------------------	-----------------------	----