

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 28 年 5 月 3 日現在

機関番号：34506

研究種目：若手研究(B)

研究期間：2014～2015

課題番号：26820170

研究課題名(和文) 簡便な行動観測で収集したアンビエント情報に基づいた作業支援環境の構築

研究課題名(英文) Task-oriented intelligent environment based on ambient information obtained by simplified measurement systems

研究代表者

梅谷 智弘 (UMETANI, Tomohiro)

甲南大学・知能情報学部・准教授

研究者番号：10397630

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,100,000円

研究成果の概要(和文)：本研究課題では、人やロボットによる簡便な行動観測の結果を利用してアンビエント情報を構造化し、構造化された情報を知的環境の状況に応じて呈示できる作業支援環境の構築する手法の研究開発を行った。研究期間内では、(1)視覚IDタグと画像特徴を用いた環境内の物体の三次元モデルの生成、(2)得られたモデルを利用した再生・呈示、(3)モデルの再生や呈示に必要なアンビエント情報のモデル化、について研究開発を行った。モデリングの結果、および、実験により手法の可能性を検証した。

研究成果の概要(英文)：We have developed methods for construction of task-oriented intelligent environment based on ambient information obtained by the simplified measurement systems. We have developed a method for construction of a feature points-based shape model using visual ID tags, and projection of the object model into the camera view for identification of the object and estimation of its pose. In addition, we have developed methods for the modeling of the ambient information for the intelligent environment. Modeling and experimental results show the feasibility and effectiveness of the developed methods.

研究分野：ロボット工学

キーワード：システム情報処理 空間知能化 モデリング 行動環境認識 作業支援

1. 研究開始当初の背景

近年、ネットワーク分散型センサやアクチュエータを利用して、人やロボットが物体や環境の識別情報に加えてスケジュールや行動方法などの知識を必要な場所や時点で得られる空間を整備する、知的環境の考え方が、ロボットの共通プラットフォームとして認識されている。一方、バーチャルリアリティ分野では、ロボットと組み合わせた施工・維持管理など、シミュレーション結果を実世界に反映させ、計算機上の空間と実世界の状況が一致した作業支援環境を構築する課題がある。さらに、目に見えているものが現実であるという確信を持たせ、時間軸のみを変更し、人工的に生成した異なる環境に没入させる代替現実感 (Substitutional Reality: SR) 技術が研究されている。これらの技術の発展により、シミュレーションによって安全に人や機械の行動計画を立案でき、安心・安全な生活環境、作業環境の実現に役立つことが期待できる。

ここで、計算機シミュレーション結果と実世界の状況が対応した作業支援環境を構築するためには、実空間にある物体の状況を踏まえたモデルの生成や呈示が求められる。一方、実空間にある物体をモデル化する際、背景から物体の領域を切り出す操作を行うが、背景色の指定や、物体間の位置関係の想定など、情報獲得時に前提や制約が多くなるという問題がある。移動ロボットによる物体の詳細なモデル生成や人による操作に着目した家具のモデル化の事例があるが、ロボットの精密な移動量計測や物体の構造という前提条件を利用している。また、得られたモデルの利用も計算量などの点で難しいという問題もある。

2. 研究の目的

本研究では、研究代表者が開発した人やロボットによる簡便な行動観測技術を適用して、実空間の状況を考慮した空間中の物体の三次元モデルの生成、モデルの再生や呈示に必要なアンビエント情報のモデル化、それらの結果を用いた人やロボットの状況に即した情報伝達手法について提案する。ここで「アンビエント」は「空間」を意味するが、アンビエント情報には、位置だけでなく、時間や、空間にいる人やロボットの行動に関する時間・空間的に密な情報も含まれる。

本課題の特色は、少ない事前知識による簡便な行動計測結果に基づいた物体の三次元モデルの構築、構造化された空間情報の生成など、これまで、精密な計測を必要としていたアンビエント情報のモデリングとそのアプリケーションの適用範囲を広げることにある。本研究によるモデル構築、モデルの呈示が実現することで、屋外作業など、これまで、情報獲得が難しかった仮設環境での作業支援が可能となる。また、本研究課題のモデル呈示技術の適用例を示すことで、情報伝達

による作業支援の効率の向上、作業支援空間の適用範囲の拡大が期待できる。

3. 研究の方法

本研究では、人やロボットによる簡便な行動観測の結果を利用してアンビエント情報を構造化し、構造化された情報を知的環境の状況に応じて呈示できる作業支援環境の構築に取り組む。研究期間内では、(1)環境内の物体の三次元モデルの生成、(2)得られたモデルを利用した再生・呈示、(3)モデルの再生や呈示に必要なアンビエント情報のモデル化、について研究開発を行った。

(1) 環境内の物体の三次元モデル生成

環境内の物体の三次元モデルの生成、および、物体モデルの逐次更新手法として、対象物体の認識時に認識対象物体の局所特徴の追加実験を行った。本研究課題では、画像で ID を識別でき、大きさが既知である視覚 ID タグをマーカとして利用し、物体の多面体モデルを構築する。構築したモデルに局所的な画像特徴を割り当て、特徴点からなる形状モデルを生成する。

あわせて、位置姿勢推定を行った結果を利用して、画像特徴を追加する実験を行った。

(2) 得られたモデルを利用した再生・呈示

モデリングした物体モデルを画像から切り出し、認識を行い、対象物体のカメラ視点での認識結果を撮影画像に重畳する実験を行う。次に、推定精度の評価の指針として、生成したモデルの実際の大きさから、アームロボット先のハンドによる把持操作を想定した推定精度として、精度の評価を行う。

(3) アンビエント情報のモデル化

項目 (1) で得られたモデルを適切に呈示するためには、環境側に必要な情報のモデル化が必要となる。そのため、空間センシング手法として、特に、①画像による位置決め用三次元地図生成手法、および、②無線 LAN の信号強度の変化を利用した環境の状態変化検出について研究を行った。また、本手法の応用に用いられる搭乗型インタフェースにおいて、③操作者を含めた移動体の筐体の動特性を簡便なセンシングにより取得する方法を検討した。

移動体の動特性計測においては、小型マイクロコントローラ Arduino と慣性計測装置 (IMU) を用いて計測システムを構築する。原動機付自転車を用いた基礎実験を通して、可能性を検証した。

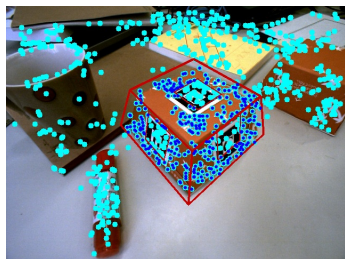
4. 研究成果

(1) 環境内の物体の三次元モデル生成

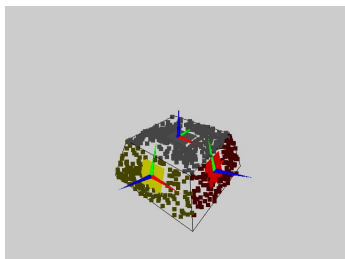
図 1 に、視覚 ID タグと併用した物体の三次元モデル生成実験の様子を示す。研究期間内では特に、姿勢推定の精度向上、安定化、および、複数の環境下での位置推定精度の評



(a) 撮影風景



(b) 特徴点抽出, 視覚 ID タグの抽出結果による物体領域の切り出し結果



(c) 生成された物体モデル

図 1 : 視覚 ID タグを併用した複雑背景下における三次元物体モデルの生成

価を行った。

姿勢推定精度はロボットによるハンドリング作業が可能な精度を実現した。また物体モデルの更新について検討し、実験により可能性を検証した。これらの結果を通して、本手法の可能性、有効性を示した。

物体モデルの位置姿勢推定結果より、提案したモデルは以下の特徴を持つといえる。

- 対象物体の一部が遮蔽された場合でも、物体の姿勢を求めることができるため、複雑な環境下であっても物体の正確な位置姿勢が求まる可能性がある。
- 形状モデルを利用した姿勢推定時にモデルの更新ができるため、多くの環境下で正確に物体の姿勢を求めることが可能となる。

(2) 得られたモデルを利用した再生・呈示

前項の実験で得られた形状モデルを用いて、複雑な背景画像下で、物体の位置姿勢推定実験を行う。本実験では、特徴点の情報のみを用いて対象物体の位置姿勢、領域を抽出できていることを示すために、マーカを取り除いた同じ物体を位置姿勢推定に用いる。比較対象として、マーカを利用した位置姿勢推

定の結果を利用する。実験の結果、ほぼ正しく位置姿勢を推定し、カメラ視点画像に対して重畳表示を行えることを確認した。

次に、推定精度の評価の指針として、生成したモデルの実際の大きさから、アームロボット先のハンドによる把持操作を想定した推定精度として、許容誤差は並進成分では ± 15 [mm]、回転成分では ± 15 [deg]と定めて評価する。図 1 の視点に近い位置姿勢に対して評価を行った結果、並進誤差は 4.6 [mm]、回転誤差は 1.8 [deg]の誤差が見られた。このことから、ロボットによるハンドリング作業が可能な姿勢推定精度が実現できたが、モデルの誤差が大きいため、ハンドリングを行うためにはモデリング精度の向上が必要である。

(3) アンビエント情報のモデル化

① 位置決め用三次元地図生成

空間内にある携帯端末に代表される無線 LAN 端末の位置決めを行うために、画像特徴を利用した三次元地図生成を行った。建物内部の画像特徴を利用して、大域的な位置推定が行えるが、比較的不確かさが大きい無線 LAN の位置推定結果と併用した無線 LAN 端末の精密な位置推定が行えることを確認した。

あわせて、屋外環境にある構造物の点検、情報化を目的とした三次元地図生成手法について基礎実験を行い、手法の可能性を確認した。当初は RGBD センサの移動量を利用した地図生成手法について実験を行い、あわせて三次元レーザレンジファインダを用いた地図生成実験を行い、点検用三次元地図生成の可能性を示した。

② 無線 LAN の信号強度変化を利用した環境の状態変化検出

無線 LAN 信号強度は、空間内での人の動きや物体の配置などによる反射や輻輳の変化による変動が大きい。一方、信号強度は不確かさを含んでおり、雑音が大きい。そのため、信号強度のパターンの変化に着目し、受信信号強度の特異スペクトル変換を用いた環境の状態変化検出手法を開発した。本手法では、無線 LAN 信号強度のみを用いるため、一般の無線 LAN 端末でも変化検出が可能となる。また、パターンの変化のみに着目しているため事前の詳細な計測が不要であり、簡便な計測が実現する。

実験の結果、環境の状態変化に対応した信号強度パターンの変化点検出が確認された。また、計測に用いた無線 LAN 端末の位置関係に起因する変化点検出結果の差から、より詳細な環境の状態変化を検出できる可能性を見出した。

③ 操作者を含めた搭乗型インタフェース筐体の動特性センシング

図 2 に、実験結果の一例として、移動体のエンジン始動時、および、後輪を接地させた

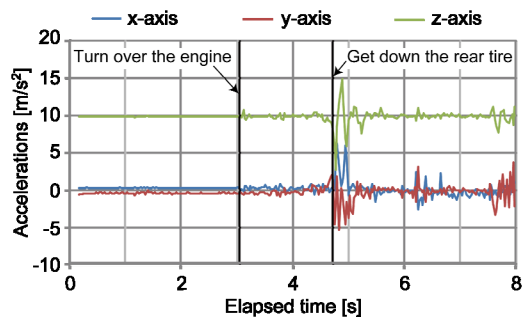


図 2: エンジン始動時における移動体の加速度の変化

ときの加速度の変化を示す。図の横軸は経過時間、縦軸は加速度を示す。x 軸は進行方向、z 軸は鉛直方向の加速度である。図より、それぞれの動作時における動特性の変化として、加速度を評価することでモデル化が行える可能性を示した。あわせて、コーナを曲がる時の筐体を傾ける動作など移動体特有の特性の検出が行えることを確認した。

一方、マイクロコントローラの計測周期の問題から、路面の状況などのセンシングについては移動体と路面との関係を求めることが困難であった。この問題に対しては、計測周期の短縮、マイクロコントローラの高速度化による、より高精度な計測の実現、および、計測結果の詳細な解析による信号源の分離、移動体のモデル化が課題となっている。

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 4 件)

- ① 梅谷智弘, 田村祐一, 無線 LAN 信号強度の特異スペクトル変換を利用した屋内環境の状態変化検出, 計測自動制御学会論文誌, 査読有, vol. 52, no. 3, 2016, pp. 127-133
DOI: 10.9746/sicetr.52.127
- ② T. Umetani and Y. Tamura, Change Detection of State of Indoor Environment based on Singular Spectrum Transformation of Strength of Wireless LAN Signals, Proceedings of the 46th ISCIE International Symposium on Stochastic Systems Theory and Its Applications, 査読有, 2015, pp. 65-69
DOI: 10.5687/sss.2015.65
- ③ 梅谷智弘, 澤田祐志, 田村祐一, 無線 LAN 信号強度を利用した屋内環境における状態変化検出の検討, システム制御情報学会論文誌, 査読有, vol. 28, no. 4, 2015, pp. 140-146
DOI: 10.5687/iscie.28.140
- ④ T. Umetani, S. Yamane and Y. Tamura, Indoor Localization for Augmented Reality Aided Operation and

Maintenance System based on Sensor Data Integration, Plasma and Fusion Research, 査読有, vol. 9, no. 3406054, 2014, pp. 1-4

[学会発表] (計 11 件)

- ① 林大貴, 梅谷智弘, 才脇直樹, 搭乗型インタフェースの挙動生成のための簡便な動特性システムの構築, 第 16 回計測自動制御学会システムインテグレーション部門講演会, 2015 年 12 月 14 日~16 日, 名古屋国際会議場, 名古屋市
- ② T. Umetani, T. Hayashi and N. Saiwaki, Simplified Sensing System for Estimation of Dynamics of Ride-type Interface for Motion Generation, the 6th International Conference on Advanced Mechatronics (ICAM 2015), 2015 年 12 月 6~8 日, 早稲田大学
- ③ 入江真也, 水野智貴, 梅谷智弘, 田村祐一, 構造物の点検・情報化を目的とした画像を用いた三次元地図の生成, 日本機械学会 2015 年度年次大会, 2015 年 9 月 13 日~16 日, 北海道大学
- ④ 水野智貴, 入江真也, 梅谷智弘, 田村祐一, 構造物の点検・情報化を目的とした画像と距離情報を利用した地図生成手法の検討, 第 15 回建設ロボットシンポジウム, 2015 年 9 月 7 日~9 日, 大阪大学
- ⑤ 梅谷智弘, 田村祐一, 無線 LAN 信号強度計測を利用した屋内環境の状態変化検出, 第 59 回システム制御情報学会研究発表集会, 2015 年 5 月 20 日~22 日, 中央電気倶楽部, 大阪市
- ⑥ 梅谷智弘, 田村祐一, 無線 LAN 信号の強度計測を利用した環境の状態変化検出, 第 15 回計測自動制御学会システムインテグレーション部門講演会, 2014 年 12 月 15 日~17 日, 東京ビッグサイト, 東京都
- ⑦ 梅谷智弘, 入江真也, 田村祐一, 画像と距離情報を統合した屋外点検用 3 次元地図生成の検討, 第 57 回自動制御連合講演会, 2014 年 11 月 10 日~12 日, 伊香保, 群馬県
- ⑧ 梅谷智弘, 田村祐一, 特異スペクトル変換を利用した無線 LAN 信号強度による屋内環境の状態変化検出, 第 32 回日本ロボット学会学術講演会, 2014 年 9 月 3 日~5 日, 九州産業大学
- ⑨ 梅谷智弘, 雲丹亀達哉, 田村祐一, 視覚 ID タグと画像特徴を利用した背景画像を問わない三次元物体形状モデルの生成と利用, 第 14 回建設ロボットシンポジウム, 2014 年 8 月 28 日, 中央大学
- ⑩ 雲丹亀達哉, 梅谷智弘, 田村祐一, 視覚 ID タグと画像特徴を利用した複雑背景画像環境下での三次元物体形状モデルの生成と利用, ロボティクス・メカトロ

ニクス講演会 2014, 2014 年 5 月 24 日～
28 日, 富山市総合体育館

- ⑩ 梅谷智弘, 田村祐一, 無線 LAN 信号強度
の変化を利用した屋内環境における状
態変化検出の検討, 第 58 回システム制
御情報学会研究発表講演会, 2014 年 5
月 20 日～22 日, 京都テルサ, 京都市

[その他]

ホームページ等

<http://www.konan-u.ac.jp/hp/umetani/>

6. 研究組織

(1) 研究代表者 梅谷 智弘

(UMETANI, Tomohiro)

甲南大学・知能情報学部・准教授

研究者番号：10397630