

科学研究費助成事業（科学研究費補助金）研究成果報告書

平成25年 5月 24日現在

機関番号：17102

研究種目：基盤研究（B）

研究期間：2010～2012

課題番号：22300069

研究課題名（和文）人間・ロボット共生環境における日用小物品の情報構造化

研究課題名（英文）Informationally structuring objects in an everyday environment for robotic assistance of human life

研究代表者

長谷川 勉（HASEGAWA TSUTOMU）

九州大学・システム情報科学研究所・教授

研究者番号：00243890

研究成果の概要（和文）：

ロボットによる日常生活用品の取り寄せや片付け作業を実現するためには、居住環境に散在する多様な日用小物品の情報構造化が不可欠である。家具や生活用品のある日常生活環境に、生活者のプライバシーを侵すことのない最小限のセンサを配置し、生活行動モデルに基づいた居住者生活行動推定手法と家具配置計測法を開発した。フロアセンサ、センサつき収納庫および、視覚つき移動ロボットによる日用品の追跡・認識手法を明らかにした。

研究成果の概要（英文）：

An approach to tracking objects in an everyday environment has been proposed. Minimal sensors are installed in the environment in order not to invade privacy of a resident. Human behavior is estimated based on the minimal sensor information and the human behavior model. Information obtained from a floor sensor, an intelligent cabinet and a vision sensor installed on a mobile robot is utilized to track objects moved by the resident.

交付決定額

（金額単位：円）

	直接経費	間接経費	合計
2010年度	7,100,000	2,130,000	9,230,000
2011年度	2,700,000	810,000	3,510,000
2012年度	2,900,000	870,000	3,770,000
年度			
年度			
総計	12,700,000	3,810,000	16,510,000

研究分野：総合領域

科研費の分科・細目：情報学、知覚情報処理・知能ロボティクス

キーワード：知能ロボット、環境情報構造化、人間・ロボット共生

1. 研究開始当初の背景

家庭内での日用品の取り寄せや片づけは、高齢者や身体障害者のための基本的な生活支援作業であり、これをロボットが実行できるようになれば社会的経済的効果は極めて大きい。ロボットによる作業の実行には、作業対象となる日常生活小物物品について、それがどのようなものか？ 環境内のどこに

あるのか？ といった情報が必要になる。

日常生活環境はその構造も構成も複雑であるうえ、生活者の種々の活動により時々刻々変化する。このため単体のロボットに搭載しうるセンサや情報処理機構で必要な情報を認識・獲得することは困難である。そこで、最近急速に発展したIT技術を取り込み、ロボットを取り巻く環境側に、センサやIC

タグなどを配置し、ネットワーク接続したうえで、プログラムや操作情報などを含め必要な環境情報を供給することにより、ロボットが行動し易い環境にかえようという環境情報構造化の試みが活発化している。これまでの国内外での研究開発により、

- (1) 日常生活環境での人間やロボットの動きの追跡や認識
 - (2) 建物の構造など日常生活空間の三次元地図の構築
- については基本的な技術の蓄積がすすんできている。

しかし人間やロボットが操作し運搬する日常生活用品は、数が多く、多種多様であるうえ、環境固定型のビジョンで追跡管理するには小さすぎるし、RFID タグを貼付してもその可読範囲と位置検出分解能が相反するために環境固定型タグリーダでは十分な精度で追跡管理できていなかった。そのうえ、人間の生活活動により、それらの使用・消費・移動・放置が頻繁に行われる。このため日常生活用品の情報構造化は容易でなく、ほとんど研究されていなかった。

2. 研究の目的

家庭や高齢者施設などの居室において、ロボットによる日用生活用品の取り寄せや片付け作業を実現するため、居住環境に散在する日用小物品の情報構造化手法を確立する。居住者のプライバシーの確保とロボットによる生活支援作業の実現を両立するため、低分解能で大域的な物体検出が可能な環境固定型センサと、高分解能で狭視野の物体認識が可能な移動ロボット搭載型センサを補完的に用いて、日常生活小物品を計測・追跡する手法を開発する。固定型センサはほぼ環境全域をカバーし物体の移動を常時検出するが、生活者の識別や振る舞いの直接検出はしない。一方、ロボット搭載センサは視野範囲が狭く、その存在や注視域内に入ったかどうかを居住者が検知できるので、必要ならば忌避できる。これによりプライバシーの確保はできる。

3. 研究の方法

居住用個室に限定しても、日用小物のすべての配置情報を直接計測できるようにセンサを配置することは、現実的には難しい。死角領域をなくそうとするとセンサの数が膨大になってしまう。そこで、本研究ではハードウェアによる直接的な日用品センシング機能として

- (1) 環境固定センサによる日用小物品の低分解能検出・位置計測機能

- (2) 物品の出納を検知するセンシング収納庫
- (3) 狭視野高分解能ビジョンと物体操作マニピュレータを搭載した移動ロボットを開発するとともに、居住者の生活行動の長期観測と日用品の異動分析を行い、センサ情報を統合したうえで
- (4) 居住者行動モデルとセンシング履歴とに基づく日用品位置推論追跡システムを開発する。これにより観測情報の欠落を補完する手法を確立し、ロボットがいつでもアクセスできる日常環境の実時間情報世界像の構築を図る。

まず、日常生活用品の所在に関し、異なる精度や分解能を有するセンシング機能を、生活環境中の個々の空間領域毎にその空間属性に応じて賦与する手法を開発する。また、生活支援作業を行うロボットに狭視野高分解能高精度センサを搭載し、これを移動型日用品センサとして用いて環境側のセンシング機能の不備を補完する。さらに、日用品を使用し移動するのは生活者であるので、環境固定センサによって生活者の概略の所在場所を追跡する手法を実装し、すべてのセンサ情報を統合することにより、環境内の日常生活用品の追跡と、情報構造化を達成する手法を開発する。

環境固定センサによる日用小物品の検出および位置計測機能を以下のように実現する。

① センシングフロア：

居住者が使用し転がり落ちた小物、放置された小物を検知し、その位置を計測できるフロア（床面）センサを開発する。床面と平行で床上1cm程度の高さに掃引面を配置したレーザレンジファインダを用いる。壁面にミラーを設置することにより、複数のレーザレンジファインダを用いたのと同じ効果を得る。レーザレンジファインダ掃引面を床面直近に設置するため、家具などに短く細い脚を付けて底面を床面から浮かせることにより、それが部屋の中央部に置かれた場合でも、死角領域をほぼゼロにすることができるよう、床面に存在する小さな日用品も検知できる。

- ② 物品の出納を検知するセンシング収納庫
RFID タグリーダアンテナと重量センサ付き天板とを組み合わせた棚板で構成された収納庫を開発する。物品に RFID タグを貼付することに資し、収納庫への出納とその位置を計測する。

③狭視野高分解能視覚を搭載した移動作業

ロボットの開発
テーブル上やフロア上に置かれた日用品の形状情報を獲得する3次元視覚機能を開発し、移動ロボットに実装搭載する。

上記のセンサを居住空間に配置したとしても、テーブル、ベッド、椅子の上など、センシング機能のない領域が残る。生活環境中のセンシング機能のない領域に対して、ロボットが接近し日用品センシングを行うことになるが、あてもなく探し回るのは効率が悪い。人間の生活を妨げることなく、効率よくセンシングする手法が必要である。

そもそも日用品の配置が変化するのは、人が使用するからである。人がいつ、どのように移動したかがわかれば、日用品追跡の有力な手がかりになる。

日常生活用品は、居住者が手にとって使用し始めた時点でそれ以降の追跡はできなくなり、使用后、環境内のセンシング機能のない領域に放置された場合には、システムは対象を見失うことになる。居住者の使用によるこの時間的空間的データ欠落を解決するため、その行動から日用品の存在場所を推定し、ロボットのセンシング機能で発見確認を試み、その効果と限界を明らかにする。そのため以下の諸手法を開発する。

- (1) 居住者行動モデルの構成手法
- (2) 居住者行動センシングと履歴記述手法
- (3) 日用品位置の推論

生活環境中のセンシング機能のない領域に対して、ロボットが接近し日用品センシングを行う手法を開発する。すなわち、日用品の存在推定にもとづいて、テーブルその他の家具上面を視覚探索し、日用品の有無を検出し、その日用品を認識する手法を開発する。

以上の手法について、模擬環境で実証実験を行う。

実証実験：開発したセンシングシステムに加え、ベッド、知的冷蔵庫、ソファ、椅子、テレビなどで構成された居室を、ロボットタウンプラットフォーム実験住宅に実装し、長期にわたる実証実験を行い、日用品追跡精度の検証と、対象日用品の数と種類の拡大をはかる。実験を円滑に実施するため、(1)外部からの日用品の持ち込み作業と初期情報構造化の技法、(2)ロボットによる分類格納と情報構造化技法を実装する。

4. 研究成果

家庭や高齢者施設などの居室において、

ロボットによる日常生活用品の取り寄せや片付け作業を実現するため、居住環境に散在する日用小物品の情報構造化手法の研究を行った。開発したセンシングフロアとセンシング収納庫に加え、椅子、ベッド、テーブルなどを配置した模擬環境を構築した。これは、居住者のプライバシーの確保の観点から、生活空間全域を常時計測するようなビジョンセンサは導入することなく、ロボットによる生活支援作業の実現を目指すものである。この模擬環境を用いて、以下のようなセンシング機能を実現した。

(1) 生活行動モデルの構築とこれに基づく居住者の生活行動推定：

センシングフロアで得られる人の足、家具、および日用小物からの輪郭情報について、それらを分離・解釈するため、人の生活行動モデルを構築した。さらにこのモデルに基づいて、椅子やベッドなどの家具配置と、椅子への着座やベッドでの横臥あるいは立位停止などの行動推定とを同時に実現する手法をあきらかにした。

(2) 視覚つき移動ロボットによる日用品配置変化の検出と変化物品の認識：

居住者の活動により、時間の経過に伴って、室内の日用小物の配置が変化する。カラー情報と奥行き情報を獲得できる KINECT センサを搭載した移動ロボットを用い、フロアセンサでは検出できないテーブル、机などの家具上の小物品の配置変化を検出する手法および変化した物品の認識手法を明らかにした。

(3) 環境内に分散したセンサによる情報構造化の全機能を統合するシステムアーキテクチャを考案した

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 Oscar Martinez Mozos, Hitoshi Mizutani, Ryo Kurazume, Tsutomu Hasegawa, Categorization of Indoor Places Using the Kinect Sensor, *Sensors*, Vol. 12, No. 5, pp. 6695-6711, (2012. 6)
- ② Yukihiro Tobata, Ryo Kurazume, Yusuke Noda, Kai Lingemann, Yumilwashita, Tsutomu Hasegawa, Laser-based geometrical modeling of large-scale architectural structures using co-operative multiple robots, *Autonomous Robot*, Vol. 32, No.1, pp. 49-62, (2012. 1)
- ③ 長谷川 勉, 人とロボットの共存する環境－実現への課題－, 計測と制御, Vol. 59, No. 6, pp. 337-340, 2010

- ④ 長谷川勉, 人間共生広域環境の情報構造化, 計測と制御, Vol. 59, No. 6, pp. 361-366, 2010

[学会発表] (計 13 件)

- ① 蔡現旭, 桑畑舜也, Oscar Martinez Mozos, 長谷川勉, 辻徳生, 諸岡健一, 倉爪亮, 情報構造化環境における日用品の追跡 - 3次元ポイントクラウドを用いた変化箇所検出と物体識別 -, 第18回ロボティクスシンポジウム講演予稿集, 1C1, pp. 69-75, (2013. 3)
- ② 長谷川勉, 田中真英, 表允哲, 辻徳生, 諸岡健一, 倉爪亮, 床上センシングシステムと室内生活行動モデルにもとづく居住者の行動推定, 第18回ロボティクスシンポジウム講演予稿集, 3D2, pp. 330-336, (2013. 3)
- ③ 表允哲, 田中真英, 長谷川勉, 辻徳生, 諸岡健一, 倉爪亮, レーザレンジファインダの反射強度を利用した物体及びロボットの位置計測, 第13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論文集, 1H3-1, pp. 587-591, (2012. 12)
- ④ 辻徳生, 表允哲, 曾昀, 永田晃洋, 長谷川勉, 倉爪亮, 諸岡健一, 村上剛司, クラウド TMS: ロボットタウンマネジメントのためのスケーラブルな分散処理システム, 第13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論文集, 1H4-7, pp. 633-636, (2012. 12)
- ⑤ 桑畑舜也, 長谷川勉, 蔡現旭, 諸岡健一, 倉爪亮, 情報構造化環境における日用品の追跡 - 移動ロボットによる低レベル視覚記憶の照合と変化検出 -, 日本ロボット学会第30回記念学術講演会 2012, 2J2-7, (2012. 9)
- ⑥ 水谷仁, Martinez Mozos Oscar, 倉爪亮, 岩下友美, 長谷川勉, レーザ距離画像と反射率画像を用いた屋内環境のカテゴリ識別, 日本ロボット学会第30回記念学術講演会 2012, 3M1-4, (2012. 9)
- ⑦ 水谷仁, マルティネスモズス オスカル, 倉爪亮, 岩下友美, 長谷川勉, RGB-D カメラを用いた屋内環境のカテゴリ識別, 画像の認識理解シンポジウム (MIRU2012), IS2-56, (2012. 8)
- ⑧ Kouji Murakami, Kazuya Matsuo, Tsutomu Hasegawa, Ryo Kurazume, Position Tracking and Recognition of Everyday Objects by using Sensors Embedded in an Environment and Mounted on Mobile Robots, Proc. IEEE International Conference on Robotics and Automation, pp. 2210-2216, Saint Paul, May 14-18,

2012

- ⑨ Kouji Murakami, Tsutomu Hasegawa, Yasunobu Nohara, Byong Won Ahn, and Ryo Kurazume, Position Tracking System for Commodities in an Indoor Environment Proc. of IEEE Int. Conf. on Sensors, pp. 1879-1882, Hawaii, USA, Nov. 1-4, 2010
- ⑩ 村上剛司, 松尾一矢, 関屋翔, 長谷川勉, 倉爪亮, 環境固定センサと移動ロボット搭載センサを用いた物品追跡, ロボティクス・メカトロニクス講演会'11 講演論文集, 2P1-J07, 2011年5月
- ⑪ 長谷川勉, 村上剛司, 田中真英, 倉爪亮, レーザレンジファインダと鏡を用いた床上センサによる人の歩行追跡と物体検出, ロボティクス・メカトロニクス講演会'11 講演論文集, 2P1-Q07, 2011年5月
- ⑫ Kouji Murakami, Tsutomu Hasegawa, Yasunobu Nohara, Byong Won Ahn, and Ryo Kurazume, Position Tracking System for Commodities in a Daily Life Environment, Proc. IEEE/RSJ Int. Conf. on Intelligent Robots and Systems (IROS), pp. 3712-3718, Taipei, Taiwan, Oct. 18-22, 2010
- ⑬ Yasunobu Nohara, Tsutomu Hasegawa, and Kouji Murakami, Floor Sensing System Using Laser Range Finder and Mirror for Localizing Daily Life Commodities, Proc. IEEE/RSJ Int. Conf. on Intelligent Robots and Systems (IROS), pp. 1030-1035, Taipei, Taiwan, Oct. 18-22, 2010

[図書] (計 件)

[産業財産権]

○出願状況 (計 件)

名称:
発明者:
権利者:
種類:
番号:
出願年月日:
国内外の別:

○取得状況 (計 件)

名称:
発明者:
権利者:
種類:
番号:
取得年月日:

国内外の別：

〔その他〕

ホームページ等

<http://fortune.ait.kyushu-u.ac.jp/>

6. 研究組織

(1) 研究代表者

長谷川 勉 (HASEGAWA TSUTOMU)

九州大学・大学院システム情報科学研究
院・教授

研究者番号：00243890

(2) 研究分担者

倉爪 亮 (KURAZUME RYO)

九州大学・大学院システム情報科学研究
院・教授

研究者番号：70272672

村上 剛司 (MURAKAMI KOUJI)

九州大学・大学院システム情報科学研究
院・助教

研究者番号：80380682

岩下 友美 (IWASHITA YUMI)

九州大学・大学院システム情報科学研究
院・助教

研究者番号：70467877