

## 科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 26 年 6 月 3 日現在

機関番号：14603

研究種目：挑戦的萌芽研究

研究期間：2012～2013

課題番号：24650029

研究課題名(和文) 明るさ制御に基づく低コスト高精度屋内位置推定システム

研究課題名(英文) Accurate and Low-Cost Indoor Localization System through Active Lighting Control

研究代表者

安本 慶一 (Yasumoto, Keiichi)

奈良先端科学技術大学院大学・情報科学研究科・教授

研究者番号：40273396

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 2,900,000円、(間接経費) 870,000円

研究成果の概要(和文)：本研究では、屋内空間における明るさの違いに着目した屋内位置推定手法に関する研究開発を行った。対象空間において類似の照度を持つエリアが離れた場所に複数存在する問題に対し、照明点灯パターンを切り替え各地点の照度を強制的に変化させる方法を考案した。また、各照明点灯パターンに対する任意の地点の照度を機械的に算出するモデルを構築し、モデルから対象エリアの明るさの分布を求め、取得した照度を照合し、照明点灯パターンを切替えながらエリアを絞り込むアルゴリズムを考案・実装した。4つのライトを用いた実験により、照明点灯パターンを平均約2回切り替えるだけで、平均約0.4mの誤差で位置推定できることを確認した。

研究成果の概要(英文)：In this study, we developed an indoor localization method based on the difference of light intensity in indoor space. To tackle the challenge that indoor space has multiple separate areas with similar light intensity, the proposed method enforces change of light intensity over the target space by switching lighting pattern. Then to reduce the labor for measuring the intensity over the target indoor space, we build a model for calculating the light intensity at each point for each lighting pattern. We devise an algorithm which estimates an area including a value obtained by the light intensity sensor in the light intensity map calculated by the model. By switching lighting patterns one by one, the area is narrowed and the user's position is estimated within a small error. We applied the proposed method to a testbed with four illumination devices, and confirmed that our method estimates the user's position within about 0.4m error by about twice lighting pattern switchings.

研究分野：総合領域

科研費の分科・細目：計算機システム・ネットワーク

キーワード：屋内位置推定 照明点灯パターン変更 照度センサ フィンガープリンティング

### 1. 研究開始当初の背景

情報通信技術を用いたユーザ行動支援サービスが多数提案、実装されている。中でも、人や物の位置情報の取得と利用を前提とする、屋内ナビゲーションや AR を用いた行動支援などの位置依存サービスが注目を集めている。また、見守りサービス等への応用のため家庭内での行動認識技術が注目されている。しかし、行動認識精度の向上には屋内での人の位置をある程度正確に把握できる必要があることが報告されている。近年、屋内で位置情報を取得する方式が多数提案されている。代表的な屋内位置推定方式である、複数の Wi-Fi 基地局からの電波強度をもとに位置推定を行う方式は、追加のセンサやデバイスが必要ないという点で低コストであるが、位置推定精度は 5-6m 程度にとどまる。一方、超音波センサを多数設置する方式は、位置推定精度が数 cm 程度と高いものの、導入コストが高い。そのため、上記で述べたサービスに必要なと考えられる比較的高精度な屋内位置推定を低コストに実現する方法が求められている。

### 2. 研究の目的

1m 以内程度の比較的高精度な位置情報を利用する屋内向けサービスの実現を目指し、対象屋内空間の各地点の明るさの分布に着目した、高精度な屋内位置推定手法に関する研究開発を行う。提案手法は、安価な照度センサと予め対象空間に設置されている照明装置を利用するため、低コストで実現できるというメリットがある。また、最近、照度センサを搭載したメガネの開発が行われており、これらのウェアラブルデバイスを用いることで人による装着の負担が少ない位置推定を実現できる。

### 3. 研究の方法

提案手法では、対象空間には複数の照明装置があり、点灯状況(照明点灯パターンと呼ぶ)の取得および各照明装置の ON・OFF がネットワークを介して行えるものとする(最近では、ECHONET Lite 対応の照明装置が販売されており、この仮定は現実的である)。各照明点灯パターンに対し、対象空間の各地点の照度を記録したものを照度フィンガープリントとして作成する。位置推定を行う際、ユーザの照度センサが計測した照度を現在の照明点灯パターンにおける照度フィンガープリントと照合し、最も照度が近い地点を推定位置として出力する。しかし、照明装置の設置位置の規則性により部屋の中で類似の照度を持つエリアが大きいまたは複数の同照度エリアが離れて存在する場合がある。そこで、照明点灯パターンを変化させることで、照度の変化を能動的に生成し、変化後の照度から位置を絞り込めるようにする。その際、ユーザに不快感を与えず短い時間で位置推定が完了するように、位置推定に必要な照

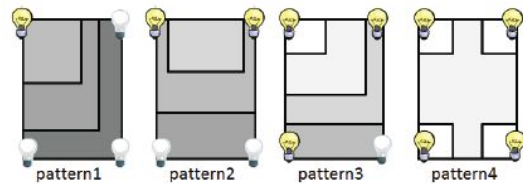


図 1: 照明点灯パターンごとに算出した照度フィンガープリントの例

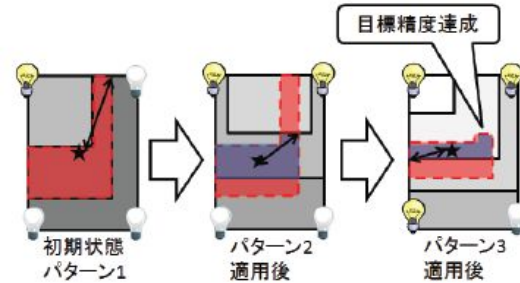


図 2: 照明点灯パターンの選択例



図 3: 開発した照度センサ

明点灯パターン変更回数ができるだけ少なくなるようなアルゴリズムを考案する。

また、各照明点灯パターンに対する照度フィンガープリントを作成する手間を軽減するため、照明装置の位置、種類、照度から、各照明点灯パターンに対する各地点の照度を算出するモデル(照度モデルと呼ぶ)を実測値に基づき構築する。このモデルに照明点灯パターンと各地点を入力することで、その地点の照度を予測し、オンデマンドで照度フィンガープリントを作成する(図 1)。提案アルゴリズムでは、センサにより取得した照度を照度フィンガープリントと比較し、エリアを絞り込む。その際、最も小さなエリアに絞り込める照明点灯パターンを選択し切り替える。これを指定した精度が得られるまで繰り返すことで、少ない照明点灯パターンの切替回数で、位置を推定する(図 2)。

照度センサとして、Arduino に照度センサを取り付け、指向性を緩和するためのカバーをとりつけたデバイスを作製した(図 3)。また、照明点灯パターンを自動で切換えられるようにするため、図 4 に示すシステムを実装した。本システムは、赤外線によるスイッチのオン・オフが可能な装置を取り付けた複数の照明装置と、PC から制御可能な赤外線リモコンから構成される。

### 4. 研究成果

3.0m × 4.4m × 2.8m (横幅 × 奥行き × 高さ)

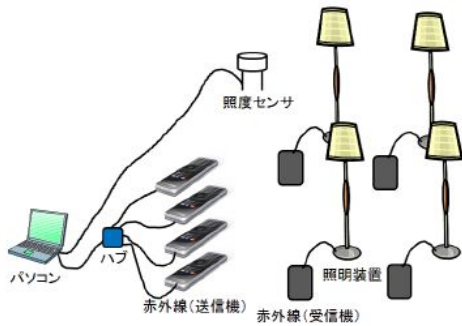


図 4：実装したシステム

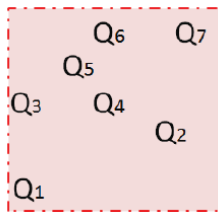


図 5：対象エリアと位置推定地点

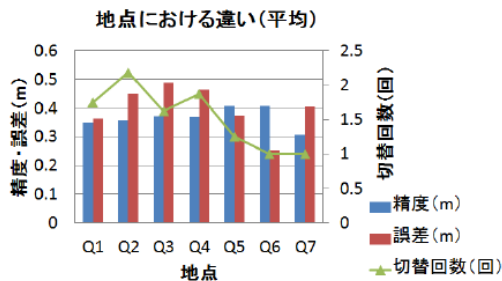


図 6：位置推定精度とパターン切替回数

の部屋の 4 角に、照明装置として、Panasonic 製のシリカ電球 (60 形 100 ボルト) を取り付けた同一タイプのフロアライトをそれぞれ設置し実験を行った。なお、外部光の影響を受けないよう、窓を黒い厚紙で覆い、照明を点灯しない時の部屋の明るさが 0 [lux] となるよう環境を設定した。

図 5 に示す、対象領域内 (4 つのフロアライトに囲まれた約 2m x 2m の領域) の異なる 7 地点 Q1-Q7 に照度センサを置き、提案手法を用いて位置推定を行ったところ、図 6 に示す位置推定精度・誤差・切替回数が得られた。ここで、精度は、最終的に絞り込まれたエリアの半径、誤差は実際の地点との距離、切替回数は、精度 50cm 以内が達成されるまで照明点灯パターンを切替えた回数である。この結果は、同じ地点に対し、4 回ずつ本手法を適用した際の平均である。

結果として、当初の目的であった 1m 以内の誤差での屋内位置推定が達成可能なこと

を確認した。これまでは、障害物の無い比較的小さな空間での実験に留まっており、今後、様々な環境において、提案手法が有効に機能するかを検証して行く予定である。

#### 5. 主な発表論文等 〔雑誌論文〕(計 0 件)

〔学会発表〕(計 10 件)

[1] 上田健揮, 玉井森彦, 安本慶一: スマートホームにおける複数のセンシングデータに基づいた生活行動データ抽出システムの提案, DICOM2014 シンポジウム, 2014 年 7 月 11 日, 新潟県新発田市 (発表予定)。

[2] 津田麻衣, 玉井森彦, 安本慶一: 居室内のセンシングによる独居高齢者の見守り支援システムとその評価, 情報処理学会研究報告, Vol. 2014-DPS-158, No. 43, pp. 1-7, 2014 年 3 月 7 日, 東京都中野区。

[3] 安本慶一: 人間行動の理解に向けたセンシングおよび分析技術の紹介, 電子情報通信学会情報ネットワーク研究会, 2014 年 1 月 23 日, 名古屋市。

[4] Teruhiro Mizumoto, Khaled El-Fakih, Keiichi Yasumoto: PathSim: A Tool for Finding Minimal Energy Device Operation Sequence for Reaching a Target Context in Smart-Home, Proc. of the 10th IEEE Int'l. Conf. on Ubiquitous Intelligence and Computing (UIC-2013), pp.64-71, 2013 年 12 月 18 日, Vietri sul Mare, Italy。

[5] 柏本幸俊, 安本慶一: YAMATO: ウェアラブル屋内フロアマップ生成システム, 第 21 回マルチメディア通信と分散処理ワークショップ (DPSWS2013) 論文集, pp. 20-26, 2013 年 12 月 4 日, 群馬県草津町。

[6] 上田健揮, 大木浩武, 水本旭洋, 玉井森彦, 安本慶一: 複数のセンシングデータの可視化および関連付けによる生活行動の理解支援システム, 第 21 回マルチメディア通信と分散処理ワークショップ (DPSWS2013) 論文集, pp. 116-118, 2013 年 12 月 4 日, 群馬県草津町。

[7] Yukitoshi Kashimoto, Keiichi Yasumoto: YAMATO: A Wearable Floor Map Generation System, Proc. of ACM SenSys 2013 (poster), 2013 年 11 月 11 日, Rome, Italy。

[8] 大野淳司, 玉井森彦, 安本慶一: SNS を介した情報家電・センサへの遠隔アクセスミドルウェア, 電子情報通信学会第 9 回ヒューマンプロブ研究会, pp. 1-8, 2013 年 6 月 17 日, 富山県射水市。

[9] Nakamura, Y., Yamamoto, S., Tamai, M., Yasumoto, K.: Supporting Daily Living Activities using Behavior Logs and Augmented Reality, 5th Int'l. Workshop on Smart Environments and Ambient Intelligence 2013 (SENAmI 2013), Workshop Proc. of PerCom2013, pp. 658-663, 2013 年

3月22日, San Diego, USA.

[10] 中村勇貴, 山本眞也, 玉井森彦, 安本慶一: ユーザの行動履歴に基づく AR 効果を用いた日常生活支援手法, DICOM02012 シンポジウム論文集, pp. 459-467, 2012年7月4日, 石川県加賀市.

〔図書〕(計 0件)

〔産業財産権〕

出願状況(計 0件)

取得状況(計 0件)

〔その他〕

ホームページ等

## 6. 研究組織

### (1) 研究代表者

安本 慶一 (YASUMOTO, Keiichi)

奈良先端科学技術大学院大学・情報科学研究科・教授

研究者番号: 40273396

### (2) 研究分担者

玉井 森彦 (TAMAI, Morihiko)

奈良先端科学技術大学院大学・情報科学研究科・助教

研究者番号: 90523077

### (3) 連携研究者

柴田 直樹 (SHIBATA, Naoki)

奈良先端科学技術大学院大学・情報科学研究科・准教授

研究者番号: 40335477

孫 為華 (SUN, Weihua)

大阪大学大学院・情報科学研究科・助教

研究者番号: 40517520