

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 27 年 6 月 24 日現在

機関番号：13101

研究種目：基盤研究(B)

研究期間：2012～2014

課題番号：24300199

研究課題名(和文) 視覚障がい者のための実時間環境光認知スコープの開発

研究課題名(英文) Real-time visible light communications-based positioning for the visually-challenged

研究代表者

牧野 秀夫 (Makino, Hideo)

新潟大学・自然科学系・教授

研究者番号：80115071

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 14,500,000円

研究成果の概要(和文)：視覚障がい者に対し、失われた光の情報を最先端光学情報技術(可視光通信技術)により提供する新しい環境認知装置について研究した。これらの技術はロボット制御にも応用可能であり、一般のLED照明環境を照明としての働きと同時に位置情報を送信する目的にも使用し1秒間隔でデータを得ることができる。具体的には、照明輝度レベル変化を利用した情報送信に対し、魚眼レンズを用いることにより計測範囲を拡大し測位精度を向上させた。照明器具の位置としてその重心に対応した座標(固有ID)を高速イメージセンサで取得する方式を採用し、最終的に受信機の座標を算出した。その結果、歩行者の実時間位置提示と小型ロボット制御を実現した。

研究成果の概要(英文)：Visible Light Communications-based (VLC) systems for indoor positioning via high-speed fish-eye lens-equipped cameras have been found to be ideally-suited to audio-based navigation systems for the visually-impaired, as well as control systems for mobile robots. Its LED lights are dual-purpose in nature, serving as an economical means of illumination and data-transmission, with users receiving digitized location information that is updated at 1-second intervals. Since the lights operate at pre-determined illumination levels, the system requires no additional space, or power. And, because the fish-eye lens-equipped camera commands a 180-degree view of the ceiling, the number of detectable LEDs increases, improving overall positioning accuracy. The receiver detects the LEDs from the ceiling image. Then, variations in intensity at the center of each LED are stored as light signals using the high-speed image sensor.

研究分野：情報機器工学

キーワード：可視光通信 LED 魚眼カメラ イメージセンサ 音声案内 視覚障害者

1. 研究開始当初の背景

可視光通信を用いた位置情報取得の背景について述べる。まず、位置情報を提供する通信媒体として、可視光、特に蛍光灯を通信に利用する方式は、1983年にキャノン株式会社より出願されているが、現実的なノイズ、光のちらつき、およびコストの点から実現されなかった。これとは別に申請者は1995年より発光ダイオードによる音声案内を基本に位置案内の研究を進めていた。(牧野他、1998年赤外線学会誌8巻第1号)。またアメリカでは1998年に視覚障害者利用を含む蛍光灯通信が提案されているが、これも実用的な問題を解決できないため全く実現されていない。

次に、最近注目されている位置情報サービス(LBS: Location Based Services)に関する背景を述べる。携帯電話の普及により特に屋内における位置情報の重要性が増加したことから、2010年より初の屋内測位とナビゲーション国際会議(IPIN2010)がスイスチューリッヒで開催されている。申請者は、この会議の立ち上げ時より日本側委員2名の内の1名として参加し、2011年のポルトガル開催のIPIN2011も含めプログラム委員を担当した。この会議では約160の屋内測位に関する演題が寄せられた。この中でも可視光通信は申請者のグループが独自性を有しており、実際にすべての実演装置を大学院生2名とともに日本から持ち込んでデモンストレーションを実施した。

2. 研究の目的

視覚障がい者に対し、失われた光の情報を最先端光学情報技術により提供する新しい環境認知装置について研究する。具体的には、視覚障がい者周囲の太陽を含む照明環境を測位衛星の一種と仮定し、歩行時の測位精度を格段に向上させる実時間環境光認知装置(オプティカルコンテキストスコープ)の実用化研究を目的とする。本装置実現のためには、

可視光通信LED 照明環境、携帯型受光装置、音声案内支援サーバが必要となる。このうちと はすでに実用可能なレベルで実現し、また案内環境に不可欠な無線通信等の研究も並行して進めてきた。また、最も困難な の受光部については平成23年度までの科学研究費により基本動作を確認してきた。ここで核となるのは研究協力企業のブレインピ

ジョン社製超高速CMOS イメージセンサ技術であり、可視光情報の復号と天井照明器具画像取り込みを同一のイメージセンサで実現でき眼鏡型測位装置(特許取得済)へと発展可能な点が特徴である。

3. 研究の方法

研究方法は、以下の3 テーマに分類される。1)魚眼超高速可視光受信器開発、2)実用型可視光位置測位の実現、3)障がい者支援施設との協調。具体的には、まず1)の可視光受信器開発を重点的に進め、専用イメージセンサの開発とその動作確認を行う。ここでは、基本構成として、魚眼レンズ付き超高速イメージセンサに太陽光や照明光を弁別するデジタルフィルタを組み合わせその輝度振幅と受光角を利用することにより、単一のイメージセンサを利用しつつ天井を含む広域の画像取得とピンポイントの可視光情報の復号を行う。平行して、開発する受光器を用いた位置測位アルゴリズムの検討と実際に装置を利用する立場の視覚障がい者より意見聴取を行う。これは限られた開発資金と時間を必要な機能実現に集中するためである。特に超高速イメージセンサの開発と福祉目的の優先提供は協力企業より確約されており、研究期間内に 200kHz 読み出しによる複合機能実現を目指す。また、前述の通り、屋内通信に必要な MIMO 技術等の開発については別途参考文献に示すこととする。

4. 研究成果

前述の研究方法に従い装置開発を行った。ここで、開発の中間段階はそれぞれ学会発表を行っているため、以下、開発の具体的成果を中心に全体を総括する。また、今年度中に公表する成果は順次ホームページにて公開する。

1) 魚眼超高速可視光受信器作成：従来、太陽光下を移動する場合、可視光通信用蛍光灯との併用受信を行うため受光特性の変化から読み取りエラーが発生することを確認している。そのため輝度振幅計測を含めたアナログ系PLL回路ではこれらの時間的ならびに輝度的な変化に追従することができないためデジタル信号処理によるFM-AM復号回路を作成し利用してきた。今回は、イメージセ

ンサのフレームレートが2kHzまで高速化できるため、いわばオートアイリスの機能で輝度に対するダイナミックレンジを広げることができる。こうした機能を従来型の機械式絞り装置で実現することも可能であるが、将来的に眼鏡に組込むことを前提としているため、極力ソフトウェアによる実現を目指した。実際の実験では、まず昼間の屋内での計測を実施し受光結果を把握する。またその結果により正確な分離特性が得られない場合の対策としては、さらに暗室において外光を遮断した上での測定実験を行った。次に昼夜を通しての一般建物内での実測を行なった。

2) 受光アルゴリズムの開発：今回初めて計測される超高速環境光画像の結果を利用し、屋内外環境光測位を実現する上で問題となる自己位置特定のための復号処理アルゴリズムを開発した。実証実験では、学内に設けた22台の情報通信型蛍光灯点灯設備とLED照明設備をランドマークとして利用し、実際の環境光との情報補間動作を確認した。

図1に基礎となる高速低解像度イメージセンサ(サンプリング周波数2kHz, 192×42画素)出力を示す。ここでは、魚眼レンズにより右側に窓、左側に5灯の蛍光灯が捉えられており、それぞれ画像処理により中心点が求められている。また、このイメージセンサでは、実験的にLEDより送信された50Hz及び250Hzの矩形波に対する復号が可能である。

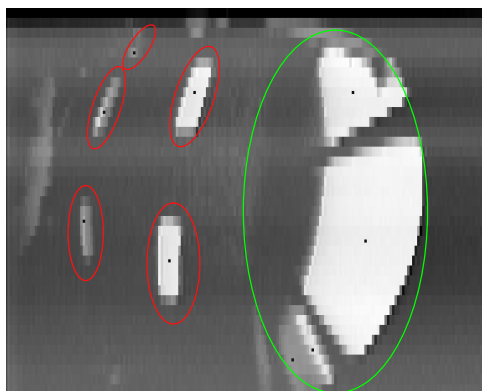


図1 低解像度イメージセンサ出力画像

次に、図2に今回考案した魚眼レンズを用いた測位方法を示し、図3に新たに開発した小型可視光受信機(5cm角)を示す。

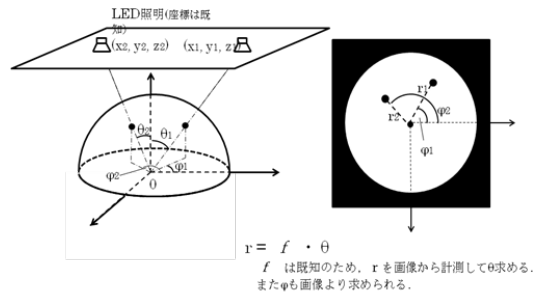


図2 魚眼レンズを用いた測位方法 (等距離射影画像を利用する)



図3 試作した可視光受信機

ここまでで得られた成果を基に、実時間環境光受信器の評価・改良ならびに測位アルゴリズムの改良を行った。特に動作確認と動作環境における問題点を検討し、基本設計へフィードバックする作業を実施した。

次に、これらの成果を屋内測位とナビゲーション国際会議(IPINの2012から2014)において各年度に英語で発表した。さらに、国内に於いては、2013年国土地理院主催Geoアクティビティフェスタ(科学未来館)でデモンストレーションを行い、最優秀賞を獲得した。

図4は実演装置全景と申請者を含む発表者である。ここでは、4灯の可視光通信対応型LEDダウンライトを科学未来館会場に持込み、それぞれから出される信号を基に、小型ロボットがライトレースなしで地下街地図上を往復する様子を実演した。図4(a)は展示風景であり、図4(b)右は学生教育を兼ねた説明会場風景である。



(a)



(b)

図4 国土地理院Geoアクティビティフェスタ
におけるデモンストレーション
(2013年最優秀賞受賞：日本科学未来館)

こうした、科学研究費による研究成果をデモンストレーションの形で公開することは学生にとっても非常に教育効果が高いと考える。

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 9 件)

Y. Nakazawa, H. Makino, K. Nishimori, D. Wakatsuki, H. Komagata : LED-Tracking and ID-Estimation for Indoor Positioning Using Visible Light Communication, 2014 International Conference on Indoor Positioning and Indoor Navigation, USB, BEXCO Busan, Korea (In press), October 27-30, 査読有

R. Kataoka, K. Nishimori, T. Hiraguri, N. Honma, K. Hiraga, T. Seki, and H. Makino, "Analog decoding method for simplified short-range MIMO

transmission", IEICE Trans. Commun., Vol.E97-B, pp.620-630, 2014. 査読有

Y. Nakazawa, H. Makino, K. Nishimori, D. Wakatsuki, H. Komagata : Indoor Positioning Using a High-Speed, Fish-Eye Lens-Equipped Camera in Visible Light Communication, 2013 International Conference on Indoor Positioning and Indoor Navigation, USB, Universite de Technologie de Belfort-Montbéliard (2013, 10) 査読有

R. Kataoka, K. Nishimori, M. Kawahara, T. Hiraguri and H. Makino, "Interference detection method using wireless LAN based MIMO transmission ", IEICE Communications Express, Vol2., No. 7 pp. 307-312, June 2013. 査読有

S. Satoshi, K. Nishimori, R. Kataoka and H. Makino: Antenna arrangements realizing a unitary matrix for 4x4 LOS-MIMO system, IEICE Communications Express, Vol2., No.6, pp280-286, 2013, 6. 査読有

K. Ushiki, K. Nishimori, N. Honma and H. Makino: Intruder Detection

Performance of SIMO and MIMO

Sensors with Same Number of Channel Responses, IEICE Tr Vol.E96-B

NO10ans. 査読有

Commun. pp2499-2505, 2013.1, 査読有
穴戸 洸太, 西森健太郎, 本間尚樹, 八巻直也, 牧野秀夫: 基地局間減結合と素子間減結合回路を併用した基地局アンテナ間減結合法, 電子情報通信学会論文誌, Vol.J96-B, No.9, pp926-935, 2012.9 査読有

Fumiaki Nagase, Takefumi Hiraguri,

Kentaro Nishimori, Hideo Makino:

Web Acceleration by Prefetching in

Extremely Large Latency Network,

American Journal of Operations

Research, Vol.2, No3, pp339-347,

2012.9 査読有

Fumiaki Nagase, Takefumi Hiraguri,

Akira Kishida, Kentaro Nishimori,

Hideo Makino : A new long-distance

communication retransmission control

scheme. IEICE Communications

Express. Vol1NO3 pp113-118, 2012.8

査読有

〔学会発表〕(計 12 件)

牧野秀夫, 中澤陽平, 佐々木 和志, 西森 健太郎, 若月大輔, 小林 真, 小出 富夫, “可視光通信と照度センサを用いた屋内音声案内装置”, 電子情報通信学会 HCG シンポジウム論文集, pp.1-4, (CD-ROM) 2014 年 12 月 17 日, 下関, 査読無

吉井孝侑, 西森健太郎, 牧野秀夫: 視覚障害者位置案内を目的とした GNSS 測位に関する一検討, 電子情報通信学会 2014 年甲信越支部大会, CD-ROM, 9B-3, 信州大学(2014.10.4) 査読無

椎名俊憲, 中澤陽平, 牧野秀夫, 西森健太郎, 若月大輔, 駒形英樹: 魚眼カメラ型可視光受信機を用いた屋内測位に関する基礎研究, 電子情報通信学会 2014 年信越支部大会, CD-ROM, 1C-4, 信州大学(2014.10.4) 査読無

中村浩之, 中澤陽平, 牧野秀夫, 西森健太郎: 可視光通信を用いた移動体位置補正に関する基礎研究, 電子情報通信学会 2014 年甲信越支部大会, CD-ROM, 1C-5, 信州大学(2014.10.4) 査読無

牧野秀夫 “可視光通信を用いた屋内測位方式と活用方法”, LED Next Stage2014, 2014 年 3 月 4 日~7 日東京ビックサイト,

主催: 特定非営利活動法人 LED 照明推進協議会, 日本経済新聞社

牧野秀夫, 篠原詠士郎, 野田祥平, 若月大輔, 小林 真, 西森健太郎: ETC 型受信機と可視光通信を用いた移動体追跡方式, 信学技報, IEICE Technical Report, WIT2013-86 筑波技術大学(2014-03-20) 査読無

若槻裕太, 吉井孝侑, 若月大輔, 小林真, 西森健太郎, 牧野秀夫: 視覚障害者用歩行支援システムにおける GNSS 受信機の動作結果, 第 39 回感覚代行シンポジウム, 講演論文集, pp.27-30, 独立行政法人産業技術総合研究所 (2013.12.9) 査読無

小山拓巳, 牧野秀夫, 若月大輔, 小林真, 西森健太郎: 可視光通信と 3 軸方位センサを用いた屋内案内のための測位精度検証, 第 39 回感覚代行シンポジウム, 講演論文集, pp.31-34, 独立行政法人産業技術総合研究所 (2013.12.9)

*発表者の小山拓巳(修士 2 年)が, 「感覚代行研究奨励賞」を受賞, 査読無

牧野秀夫 “LED 照明の位置情報を利用した安心・安全”, LED 照明シンポジウム 2013, 品川区立総合区民会館, 2013 年 9 月 10 日, 主催: 特定非営利活動法人 LED 照明推進協議会

吉井孝侑, 若槻裕太, 西森健太郎, 牧野秀夫: 準天頂衛星を利用した視覚障害者用案内装置のための測位精度検証実験, 平成 25 年度 測位航法学会 全国大会, 東京海洋大学 品川キャンパス (2013.4.19) 査読無

中澤陽平, 渋谷祐太, 小林真, 若月大輔, 西森健太郎, 牧野秀夫: 高速魚眼カメラによる可視光信号復号方法, 2013 年総合大会, DVD-ROM, B-19-58, 岐阜大学 (2013.3.22)

H. Makino, Y. Nakazawa, Y. Mizuguchi, K. Nisimori, H. Komagata, D. Wakatsuki: Indoor Positioning using visible light communication and a high-speed camera equipped with fish-eye lens. 2012 International Conference on Indoor Positioning and Indoor Navigation, 13-15th November, 2012. Sydney, Australia

〔その他〕
ホームページ等

6. 研究組織

(1) 研究代表者

牧野 秀夫 (MAKINO HIDEO)
新潟大学・自然科学系・教授
研究者番号: 80115071