

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24年5月18日現在

機関番号：13101

研究種目：基盤研究（C）

研究期間：2009～2011

課題番号：21500513

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マップの開発

研究課題名（英文） Development of real time optical context map for the blind

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

研究成果の概要（和文）：

視覚障がい者用屋内測位方法を検討し、可視光通信と高速魚眼カメラを用いる方式を開発した。実験装置は、照明器具としての蛍光灯もしくは LED と携帯型光受信器から構成される。照明器具からは別途追加した制御装置より固有の識別信号が送信されるため、実時間測位による環境光マップを作成することができる。最終的なカメラと FPGA を搭載した試作機での実験に於いて、天井画像取り込みと 1KHz までの信号受信が可能であることを確認した。

研究成果の概要（英文）：

This study proposes a method for detecting the position of blind person indoors using visible light communication and a high-speed camera equipped w/ a fish-eye lens. An experimental apparatus consisting of fluorescent or LED (Light Emitting Diode) lights and a handheld optical sensor. The light can transmit a unique positional signal (Signature) using an additional controller for real time positioning for an optical context map. In the experiment using a prototype circuit board with camera and FPGA (Field Programmable Gate Array), we confirmed that maximum signature decoding rate was 1 kHz.

交付決定額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
2009年度	2,000,000	600,000	2,600,000
2010年度	700,000	210,000	910,000
2011年度	800,000	240,000	1,040,000
年度			
年度			
総計	3,500,000	1,050,000	4,550,000

研究分野：総合領域

科研費の分科・細目：人間医工学，リハビリテーション科学・福祉工学

キーワード：生活支援技術

1. 研究開始当初の背景

情報通信媒体として、可視光、特に蛍光灯を通信に利用する方式は、1983年にキヤノン株式会社より出願されているが、実用的にはノイズ、光のちらつき、およびコストの点から実現には至っていない。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、これも受信方式等実用的な問題を解決できないまま現在にいたっている。

上述の国内外研究動向を踏まえ、申請者は2003年より蛍光灯通信におけるノイズとちらつき防止に関する研究を進め、それらを解決した基本装置を発表した。さらに、これらをより発展させる目的で、視覚障害者用屋内位置案内の諸問題に関する解決方法を提案してきた。

一方、平成17年6月30日には関西空港2階出発ロビーにおいて空港初の可視光通信実証実験を行った(協力：パナソニック電工㈱)。この目的は、福祉機器を基点とする製品開発であり、単に障がい者に特化した福祉機能を実現するだけではなく、民生品として成立する信頼性、精度、商品価値を持つことが不可欠と考えるからである。そのため、基本となる通信機能を含みさらに一般製品モデルとしての性能評価のために公共機関における評価実験を行なった。

得られた実績は以下の通りである。

1)装置機能：蛍光灯からの情報伝達における外光の影響を除去しつつ必要なデータを送信する手段を確立した。

2)連続運転における蛍光灯の動作安定性を8時間ずつ2日間に渡り確認した。(施設使用上

の時間制限のため)

システム上の知見：当日参加した視覚障がい者との情報交換により有効性を確認した。

2. 研究の目的

申請者が従来進めている視覚障がい者のためのGPS音声案内及び可視光通信による屋内測位方式に対し、新たに開発する周囲環境光センサ測位を組み合わせる。次に、環境光にも対応した携帯型案内システムを開発し視覚障がい者に対する高精度歩行情報案内を実時間で実現する。本システムの開発により、屋内外歩行時における方位、現在地案内ならびにナビゲーション精度をサブメータ単位まで格段に向上させることが出来る。

具体的な研究期間と達成目標は、1)専用受光システムによる計測、2)可視光位置測位の理論解析、3)障がい者支援施設との協調である。また、回路方式の検討ならびに開発する環境光認知マップ用計測装置の調整および動作実験を行ない、適宜学会発表を通じて公表する。

3. 研究の方法

まず環境光計測ハードウェア作成と受光波形の理論解析に焦点を絞り研究を行う。具体的には、従来開発した蛍光灯通信システムを基に、視覚障がい者が地下街を歩行もしくは建物内外を移動する場合を想定した環境光計測システムを開発する。基本構成としては、可視光受光器に太陽光や照明光を弁別するフィルタを取り付けその輝度振幅と受光角を利用することにより、従来の可視光通信受信方式であるFM復号と組み合わせたFM-AM復調を行なう。

1)環境光計測ハードウェア開発：光受信アダプタのデジタル化：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。ここで、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復号回路を作成する。特に、従来の研究結果から、受光特性の把握のためには最初に高速アナログフィルタで受光波形を解析し、その後、移動や輝度変化に対応するためのパラメータを求めてからデジタルフィルタを設計する方式が効率的であることを確認している。

2) 受光波形の理論解析：今回初めて計測される高精度環境光の結果を利用して、屋内外環境光マップを実現する上で問題となる自己位置特定のための受光波形に対する理論解析を行う。ここでは、使用する2種類の蛍光灯（直管ならびにダウンライト）の形状と測定センサのモデル化を実現し、次に、実験との比較、受光回路の改良を進める。実際には、学内に設けた22台の情報通信型蛍光灯点灯設備をランドマークとして利用し、環境光との情報補間動作を確認する。

3) 障害者支援施設との協調：特に、この研究では視覚障がい者とのコミュニケーションが大切であるため、週1回土曜日に定期的に行われている地元のNPO法人「障がい者自立支援センターオアシス」の協力を得て、屋内外における対象環境光のリスト作成、音声案内のノウハウなどを積極的に音声案内に応用する方法を検討する。

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、各年度の具体的成果を中心に全体を総括する。

平成21年度の成果としては、1) 環境光計

測ハードウェア開発：デジタル信号処理によるFM-AM復号回路を作成した。具体的には、AD変換器を有するFPGA回路を用意し、受光波形の実時間デジタル処理を可能とした。

2) 受光波形の理論解析：高精度環境光の結果を利用して、屋内外環境光マップを実現する上で問題となる自己位置特定のための受光波形に対する理論解析と資料収集を行った。ここでは環境画像計測に魚眼レンズを使用し、可視光通信により得られる位置情報と連動した自己位置特定の新たな方法を考案した。3) 障がい者支援施設との協調：前述の地元NPO法人「障がい者自立支援センターオアシス」の協力を得て、屋内における対象環境光のリストを作成した。また、曲がり角付近における歩行速度と音声案内のタイミングなどを、可視光通信環境下における案内実験により積極的に収集した。その結果、測位時間と音声案内提供の時間的なタイミングの重要性、あるいは重複障がい者（視覚障がいと四肢麻痺）に対するセンサ装着方法および併用する加速度センサのパターン変化など歩行支援に対して有用なデータを得ることができた。

平成22年度は、環境光計測システムの評価・改良ならびに解析方式の改良を行った。特に可視光受信器の動作確認と可視光照明環境における問題点を検討し、実際に学内のテストベッドに於いて太陽光と可視光通信の受光特性を定量的に調査した。また、既に開発済みの魚眼レンズを用いた環境光測定システムにより、屋内照明器具の位置関係から現在位置を推定するための計測実験を行った。更に、別途、照明器具の位置から方位を実時間で推定する方法についても検討した。次に、照明光と現在位置を関連づけるマップの作成を行った。ここでは、ガイドロボットの制御方式について検討し、小型のレゴ

ロボットを用いた照明光のみを利用した2点間の移動誘導実験を行った。以上の結果を、平成22年度電子情報通信学会全国大会ならびに屋内測位とナビゲーション国際会議IPIN2010にて発表した。特に、当該国際会議では、会場での実演を行うために照明器具4灯を含むすべての実験装置を日本からチューリッヒ工科大学に持ち込み、その動作を学会参加者に紹介した。位置把握の実験にはレゴロボットを使用した。従来のライントレースではなく照明器具のみで4か所の移動を繰り返して実演することができ、この様子は同学会のホームページでも紹介された。

平成23年度は、これまでの研究を総括し、さらに新たな魚眼レンズによる高精度測位方式の基本動作を確認した。平成21年度から現在までの研究は、特に可視光通信を利用した屋内測位精度の向上が特徴的である。すなわち、全体の開発状況を3段階に分類し、Step1:独自に開発した9chフォトセンサと慣性航法センサを組み合わせた屋内測位、Step2:フォトセンサと高精細魚眼カメラによる照明器具配置を利用した自己位置の特定、Step3:超高速CMOSイメージセンサ(2kfps)を魚眼カメラに組み込んだ新しい可視光センサによる屋内測位、である。それぞれの研究成果は、平成23年度電子情報通信学会総合大会で発表した。さらに開発段階からの可視光計測に関する知見を生かし、段階的に改良を加え単一の魚眼カメラ型可視光受信器により環境光計測システムの評価・改良ならびに解析方式を検討した。また超高速イメージセンサを用いたことにより単一の可視光受信器のみで天井の照明器具画像の抽出と個々の照明器具から送信される位置情報の復号が同時に可能となった。これらの実験は、実際に新潟大学内に設置した可視光通信テストベッドに於いて蛍光灯及びLED照明

を用いて実施した。

以上、3年の研究期間内に環境光認知マップ作成を目的として、センサ開発、動作確認、ならびに実証実験を行った。その結果、最終的に高速魚眼カメラを用いることにより周囲環境光の実時間受信が可能となった。さらに、期間内にGPSを補強する準天頂衛星「みちびき」が打ち上げられたため、その信号も含めた屋外音声案内実験も実施した。今後は、開発した可視光受信器をより小型化し、衛星測位も含めて屋内外を移動する際の音声歩行案内装置に応用予定である。

5. 主な発表論文等

[学会発表] (計 9 件)

- ①中澤陽平、渋谷祐太、小林 真、若月大輔、牧野秀夫、高速度魚眼カメラによる可視光通信用受光器、2012年 電子情報通信学会総合大会、2012/3/20-23、岡山大学
- ②渋谷祐太、中澤陽平、西森健太郎、小林 真、若月大輔、牧野秀夫、可視光通信と照明器具画像を用いた屋内位置推定方式、2012年電子情報通信学会総合大会、2012/3/20-23、岡山大学
- ③金田敬幸、西片宏一、小山拓己、牧野秀夫、可視光通信を用いた移動体の屋内方位補正方式、2012年 電子情報通信学会総合大会、2012/3/20-23、岡山大学
- ④小山拓己、西片宏一、金田敬幸、西森健太郎、牧野秀夫、屋内外歩行者ナビゲーション用方位検出に関する基礎研究、2012年電子情報通信学会総合大会、2012/3/20-23、岡山大学
- ⑤牧野秀夫、可視光通信と準天頂衛星による屋内外音声案内、GPS/GNSS シンポジウム2011 テキスト、pp. 229-236、2011/10/26-28、(招待講演)
- ⑥H. Nishikata, H. Makino, K. Nishimori, T. Kaneda, X. Liu, M. Kobayashi, D. Wakatsuki : Basic Research of Indoor Positioning Method Using Visible Light Communication and Dead Reckoning, 2011 International Conference on Indoor Positioning and Indoor Navigation, USB,

Poster No. 47, Vila Flor Cultural
Centre(2011, 9, 22)

⑦中澤陽平, 牧野秀夫, 水口雄介, 西森健太郎, 小林真, 若月大輔: 高速イメージセンサと魚眼カメラを用いた可視光受信器, 2011 年総合大会, CD-ROM, B-20-10, 東京都市大学, (2011. 3. 14-17)

⑧水口雄介, 牧野秀夫, 西森健太郎, 小林真, 若月大輔: 可視光通信と高精細魚眼カメラを用いた屋内位置測定装置, 2011 年総合大会, CD-ROM, B-20-9, 東京都市大学, (2011. 3. 14-17)

⑨水口雄介, 牧野秀夫, 西森健太郎, 若月大輔: 可視光通信と高精細魚眼カメラを用いた屋内位置推定方式, 2010 年総合大会, CD-ROM, B-20-4, 東北大学, (2010. 3. 16-19)

[その他]

<http://www.gis.ie.niigata-u.ac.jp>

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

(2) 研究分担者

なし