

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 30 日現在

機関番号：82626

研究種目：基盤研究（C）

研究期間：2010～2012

課題番号：22500079

研究課題名（和文）確率統計的手法による焦電センサ出力の周波数特徴量を利用した測位システムの研究開発

研究課題名（英文）A measurement system using frequency information of output signals obtained by using pyroelectric infrared sensor arrays

研究代表者

河本 満 (KAWAMOTO MITSURU)

独立行政法人産業技術総合研究所・サービス工学研究センター・主任研究員

研究者番号：10300865

研究成果の概要（和文）：熱源を持った生体、例えば、人間や動物などに対する移動追跡を取り上げる。その課題に対して、赤外線センサの1つである焦電センサを複数用いた焦電センサアレイを利用する熱源追跡方法を提案した。焦電センサアレイの計測範囲内で熱源がどのように移動したかが Web で閲覧できるようにし、追跡可能になる実験結果を示すことができた。

研究成果の概要（英文）：This paper deals with the tracking problem of heat sources. To this end, we developed a Pyroelectric Infrared (PIR) sensor array and proposed a tracking algorithm using the PIR sensor array. We have confirmed that the proposed tracking algorithm can track the heat source and then the tracking results can be shown with a web page.

交付決定額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
2010年度	1600000	480000	2080000
2011年度	800000	240000	1040000
2012年度	900000	270000	1170000
年度			
年度			
総計	3300000	990000	4290000

研究分野：総合領域

科研費の分科・細目：情報学・計算機システム・ネットワーク

キーワード：ユビキタスコンピューティング、計測システム、焦電センサアレイ

1. 研究開始当初の背景

近年、携帯電話でGPSを利用した測位サービスが利用できるようになり、また、身近にある無線LANの電波強度を利用して行う測位方法やIMESを利用した屋内測位法なども開発され、測位サービスは、いつでも、どこでも、だれでも手軽に利用できるユビキタスな情報サービスの基盤として広く普及しつつある。測位システムは大きく2つの方法に分類できる。1つは、ユーザが所有する端末で環境からの情報を受信するタイプ(ユーザ側

測位)と、もう1つは、環境側に設置したセンサ等でユーザからの情報を受信するタイプ(環境側測位)である。ユーザ側測位システムの例としては、カーナビや携帯電話による測位サービスなどが既に実用化されているが、このタイプの最大の欠点は、測位デバイスがユーザに常時付随していることが挙げられる。一方、環境側測位システムは、さらに2つのタイプに分かれ、ユーザが発信機を利用するタイプと利用しないタイプがある。前者の例は、RFIDを使った測位が挙げられる。

人流計測などに使用されている例があるが、このタイプもユーザに発信機が常時付随するという欠点がある。後者の例は、カメラや音を利用した測位が挙げられる。環境側にカメラやマイクを設置することで、測位対象の位置推定や追跡が可能になるが、カメラには暗闇の中での測位に弱点があり、音を利用するシステムは、カメラのその弱点を補うことができるが、音が発生しなければ、そもそも測位対象の位置推定や追跡は不可能である。また、カメラや音を使うシステムには、システム利用に際して解決しなければならないプライバシー侵害という深刻な問題がある。

2. 研究の目的

本研究では、熱源をもった生体、例えば、人間や動物などに対する環境側測位を取り扱い、環境側に設置するセンサとして、赤外線センサの1つである焦電センサを想定し、焦電センサの出力を利用した a) 発信機を付随しない、b) 暗闇の中でも、c) 音の発生、非発生に関係なく、d) プライバシー侵害の問題を全く考慮しない測位方法を提案する。さらに、その提案手法を基に新しい測位システムの構築を実現する。

3. 研究の方法

(1) 計測環境の整備

焦電センサからの出力をPCで解析できるようにするための計測システムを構築する。また、計測センサに関して、焦電センサを1つだけ使用するのではなく、焦電センサを複数使用した焦電センサアレイの構築も行い、熱源の追跡が可能になるようにハード面も工夫する。

(2) 熱源追跡アルゴリズム

焦電センサアレイからの出力を利用して、熱源を追跡できるようになるアルゴリズムを構築する。また、複数の焦電センサアレイからの情報も利用することによって、1つの焦電センサアレイの検出範囲内だけの熱源の追跡ではなく、より広範に熱源が追跡できるようにするアルゴリズムも提案する。

(3) 結果の見える化

提案する追跡法に関して、検出範囲内での熱源の動きがWebで確認できるシステムを構築する。

4. 研究成果

(1) 構築した計測環境の概略図を図1に示す。焦電センサからの出力を dsPIC により動作する A/D 変換によって PC に取り込むことが可能な計測システムを構築した。A/D 変換機は dsPIC に内蔵されている物を使用したため、安価な計測システムを実現することができた。

計測センサに関しては、焦電センサを4つ使用した焦電センサアレイを作製した(図2

参照のこと)。

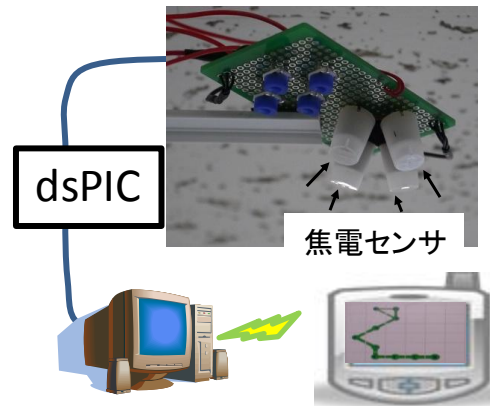
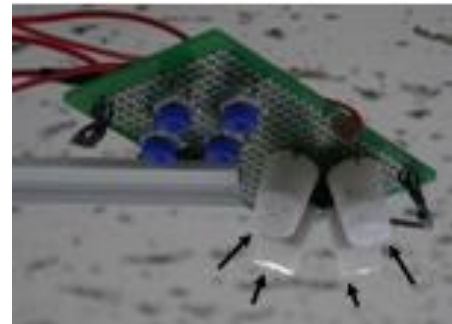


図1 焦電センサ計測システム

作製した焦電センサアレイからの出力も同様にして dsPIC に内蔵されている A/D 変換器を利用して PC にデータを取り込むことが可能になっている。



焦電センサ

図2 焦電センサアレイ

(2) 作製した焦電センサアレイを利用した熱源追跡アルゴリズムを提案した。

作製した焦電センサアレイの特徴は、それぞれの焦電センサの検出範囲が重なっており、9つの領域の反応パターンが検出可能になっているところである。

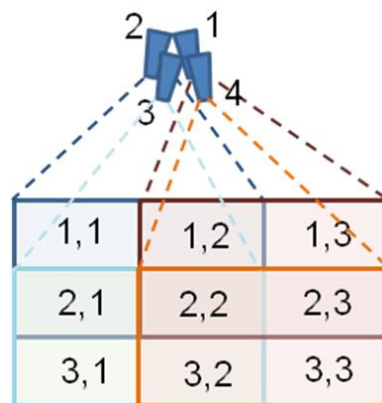


図3 焦電センサアレイの検出範囲

上図(図3)に示すように、検出領域(1,1)は単独で焦電センサ2が反応したときの領域となり、検出領域(1,2)は焦電センサ1と2が同時に反応したときの領域となる。このようにそれぞれの焦電センサの反応パターンを調べることで、熱源が9つの領域のどの領域に存在するのかが検出できる仕組みとなっている。

さらに、本研究では、これらの反応パターンから検出範囲内で熱源の移動が追跡できるようにするために、さらに細かく6×6の検出領域に分割し、36領域のどの位置に熱源が存在するのかが検出できるアルゴリズムを提案した。

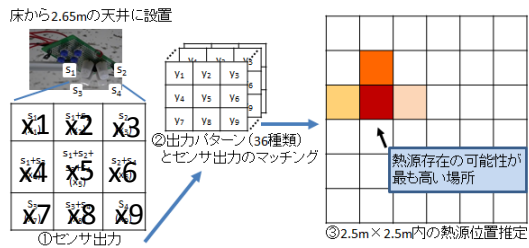


図4 熱源位置推定の処理の流れ

提案したアルゴリズムにおいては、図4の③に示すような36の領域に対する焦電センサアレイの反応パターンを予め計測し、この計測した反応パターンと実際の焦電センサアレイからの反応パターンを照合することにより、36領域のどの位置に熱源が存在するのかが推定するアルゴリズムとなっている。位置推定に関するアルゴリズムの処理の流れは以下になっている。

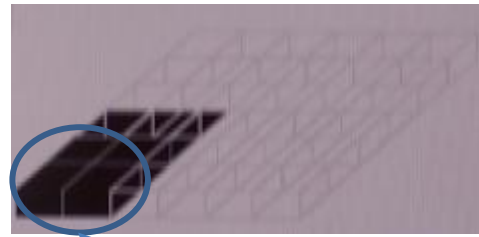
①4つのセンサの出力を上図(図4の①)のように9つの領域での反応に変換する。つまり、それぞれの焦電センサの出力が s_1, s_2, s_3, s_4 であれば、9つの領域(1,1)から(3,3)(図3参照)の領域の出力は、

- 領域(1,1)の出力 $x_1 = s_2$ 、
 - 領域(1,2)の出力 $x_2 = s_1 + s_2$ 、
 - 領域(1,3)の出力 $x_3 = s_1$ 、
 - 領域(2,1)の出力 $x_4 = s_2 + s_3$ 、
 - 領域(2,2)の出力 $x_5 = s_1 + s_2 + s_3 + s_4$ 、
 - 領域(2,3)の出力 $x_6 = s_1 + s_4$ 、
 - 領域(3,1)の出力 $x_7 = s_3$ 、
 - 領域(3,2)の出力 $x_8 = s_3 + s_4$ 、
 - 領域(3,3)の出力 $x_9 = s_4$ 、
- となる。

②これらの反応パターン $x_i (i=1, \dots, 9)$ と予め計測しておいた $y_{ij} (i=1, \dots, 9; j=1, \dots, 36)$ とを以下の式(1)を用いることにより照合する。

$$P_i = (1/\sqrt{2\pi\sigma^2}) \exp(-|x_i - y_{ij}|/2\sigma^2) \quad (1)$$

③式(1)によって得られた $P_i (i=1, \dots, 36)$ の値を使うことによって、熱源が36領域のどの位置にいるのかが推定する。下図は36領域に対して、熱源が左下に存在することを推定した結果となる



熱源位置推定結果

図5 熱源位置推定結果の例

本熱源位置推定法を熱源の追跡が可能となる方法を提案した。提案方法の考え方は、検出範囲内のトポロジーは積極的に活用するというものである。つまり、下図6のような場所が焦電センサアレイの検出範囲である場合、熱源の動きが矢印(白線)に示す動きのみに限定されることが予想できる。ここでは、このような場所を焦電センサアレイの設置位置とする。このとき、提案手法は焦電セ

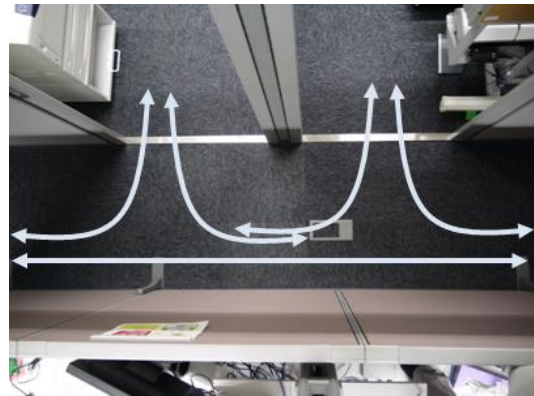


図6 焦電センサアレイの検出範囲の例

ンサアレイの検出範囲において、決められた出入り口から熱源の追跡を開始する。

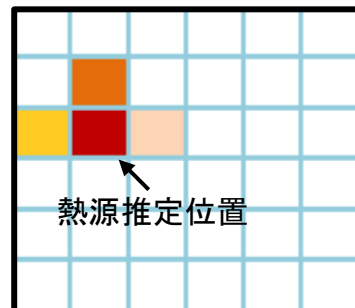


図7 (a)時刻 t での熱源の推定位置例

そして、熱源の移動追跡手法は、現時点 t で
の熱源の位置が図 7 (a)であり、次の時刻 $t+1$
では、下図 7 (b)の位置が推定結果であった

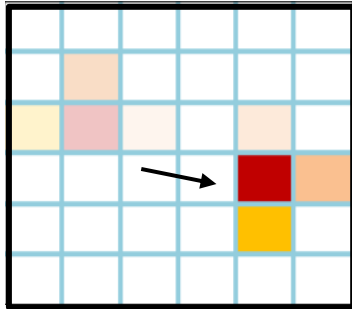


図 7 (b)時刻 $t+1$ での熱源の推定位置例

場合、結果として右斜め下の方向に移動した
ことが分かるので、時刻 $t+1$ での移動結果は、
下図 7 (c)のように隣接したマスにずらし、
隣接したマスずつ移動していく様子を熱源
の追跡結果として出力するアルゴリズムを
提案した。

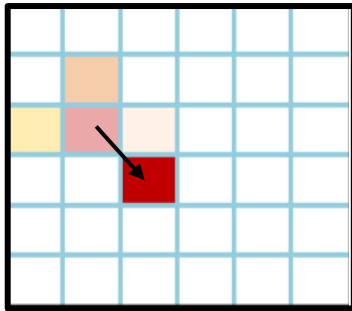


図 7 (c)熱源追跡例

さらに、複数の焦電センサアレイを利用する
ことを想定し、検出範囲の出入り口の関係を
利用することにより、複数の検出範囲を移動
する熱源を追跡することを可能にした。すな
わち、下図 7 (d)のように2つの検出領域に
対してそれぞれの出入り口がA, B, C, Dのよ
うに決まっていたとする。このとき、A から追
跡が開始され、Bの出口まで熱源が来た場合、

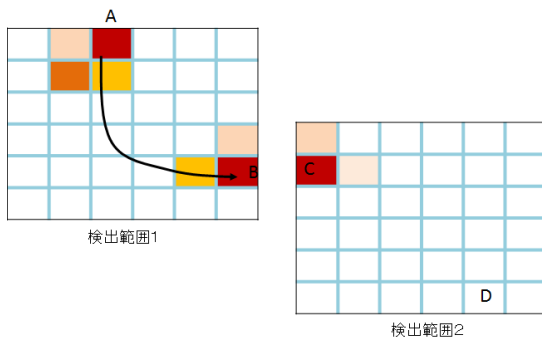


図 7 (d)複数の検出範囲における
熱源の移動追跡法

検出範囲 2 においては、熱源の入り口をCに
設定し、追跡を開始することにし、熱源の動
きに関するトポロジーを利用して、複数の検
出範囲に跨って移動する熱源の追跡を実現
した。

(3) 結果の見える化

Web で追跡結果を確認できるプログラムを
作成した。

最後に本提案アルゴリズムを用いた実験
結果を示す。本実験では、熱源が下図のよ
うに2つ検出領域を3パターン移動する場
合を取り扱った。ここで、焦電センサアレイ
は天井に設置し(図 8 (a)の白線の円)、それ
ぞれの検出範囲の概略は図 8 (b), (c)に示す
とおりである。それぞれの検出範囲の出入り
口は、図中AからFで表記している。また、3
つの移動パターンは、パターン1(実線)、パ
ターン2(破線)、パターン3(一点鎖線)であ
る。結果は[その他]のURLを参照のこと。

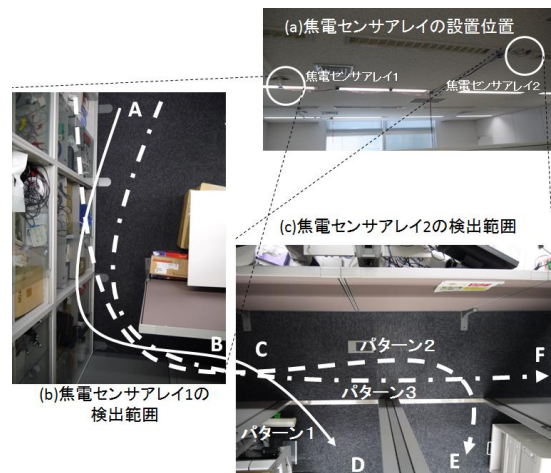


図 8 熱源追跡実験図

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 Takeshi Ikeda, Mitsuru Kawamoto, Akio Sashima, Koichi Kurumatani, An Indoor Autonomous Positioning System including Emergency Signal Distribution Functions, Proc. Of the 2011 International Conference on Indoor Positioning and Indoor Navigation, 査読有、2011、CD-ROM
- ② Akio Sashima, Takeshi Ikeda, Akira Yamamoto, Mitsuru Kawamoto, Takafumi Kuga, Koichi Kurumatani, Developing Mobile Physiological Sensor that Works with Indoor Positioning System, Proc. Of the 2011 International Conference

on Indoor Positioning and Indoor Navigation, 査読有、2011、CD-ROM

- ③ 川口貴之、河本満、移動千尋、松田元男、車谷浩一、住宅周辺における非日常音検知技術の適用と評価、第10回情報科学技術フォーラム講演論文集、査読有、2011
- ④ 河本満、池田剛、幸島明男、車谷浩一、焦電型赤外線センサアレイを用いた測位システム及び測位方法、計測自動制御学会産業論文集、査読有、9巻、2011、156-162

〔学会発表〕(計3件)

- ① 河本満、焦電型赤外線センサアレイを用いた熱源移動追跡方法、電子情報通信学会2013年総合大会、2013年3月19日～2013年3月22日、岐阜大学(岐阜県)
- ② 川口貴之(鹿島建設)、住宅周辺における非日常音検知技術の適用と評価、第10回情報科学技術フォーラム(FIT2011)、2011年9月7日、函館大学・函館短期大学(北海道)
- ③ 河本満、焦電型赤外線センサアレイを用いた一測位方法、ユビキタスコンピューティングシステム研究会、2010年5月28日、公立ほこだて未来大学(北海道)

〔その他〕

ホームページ等

<http://staff.aist.go.jp/m.kawamoto/Demo/ExpResultThreePatterns.wmv>

6. 研究組織

(1) 研究代表者

河本満 (KAWAMOTO MITSURU)

独立行政法人産業技術総合研究所・サービス工学研究センター・主任研究員

研究者番号：10300865

(2) 研究分担者

車谷浩一 (KURUMATANI KOICHI)

独立行政法人産業技術総合研究所・サービス工学研究センター・チーム長

研究者番号：50356945

幸島明男 (ASHIMA AKIO)

独立行政法人産業技術総合研究所・サービス工学研究センター・主任研究員

研究者番号：20357130