

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[†]

河本 満^{*,**}・池田 剛^{*,**}
幸島 明男^{*,**}・車谷 浩一^{*,**}

A Localization System Using Pyroelectric Infrared Sensor Arrays

Mitsuru KAWAMOTO^{*,**}, Tsuyoshi IKEDA^{*,**},
Akio SASHIMA^{*,**} and Koichi KURUMATANI^{*,**}

This report proposes a method of estimating the positions of heat sources, using pyroelectric infrared sensor arrays. The pyroelectric infrared sensor is ordinarily used as On/Off switches. This simple way of using the pyroelectric infrared sensor is extended such that a little bit complicated function, that is, a localization can be implemented using the pyroelectric infrared sensor. Therefore, using the proposed pyroelectric infrared sensor array, the 2D position of the heat source can be estimated. Experimental results will be presented for showing the validity of the proposed method.

Key Words: Pyroelectric infrared sensors, Pyroelectric infrared sensor arrays, Positioning systems, Localization methods, Heat sources

1. はじめに

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として、カーナビや携帯電話による測位サービスなどがすで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。前者では、RFID を使った測位などが挙げられる。人

流計測などに使用されている応用例があるが、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。後者では、カメラや音を利用した測位などが挙げられる。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、カメラのその弱点は補えるが、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。

本研究では、熱源をもった生体、たとえば、人間や動物などに対する環境側測位を取り扱う。環境側に設置するセンサとして、赤外線センサの 1 つである焦電型赤外線センサを用いる。焦電型赤外線センサは、熱源である人体や動物から放出される赤外線を感知する機能を持ち、熱源の温度変化で動作するセンサとして知られている。その特徴としては、1) 暗闇の中でも利用可能、2) 音の発生に関係なく利用可能、3) プライバシー侵害には無関係、4) 環境側測位システムとして利用可能、5) 安価などが挙げられる。したがって、本研究の目的の 1 つは、焦電型赤外線センサの特徴を活かした新たな測位センサの作製である。さらに、作製した測位センサを用いた測位手法の提案を行う。そして、提案する測位手法の有効性を測位実験により示す。

2. 焦電型赤外線センサの従来の利用法

従来、焦電型赤外線センサの用途は、人体検知、火災検出、照明制御などによる省エネスイッチ、侵入者検出によるセキュ

[†] 第 26 回ユビキタスコンピューティング研究発表会で発表済み (2010・5)

* 産業技術総合研究所
〒 135-0064 東京都江東区青海 2-3-26

** (独) 科学技術振興機構 CREST

* Advanced Industrial Science and Technology, 2-3-26
Aomi, Koto, Tokyo

** CREST, JST

(Received April 30, 2010)

リティシステムなどに用いられている⁵⁾。また、介護用具の代替品として、患者のベッドからの転倒・転落防止を行うための検知センサや患者の離室を防ぐための感知センサなどに利用されている⁴⁾。したがって、従来の焦電型赤外線センサは、「On/Off」制御を用いて何かを検出するセンサとしての利用法がほとんどである。

一方、生体の位置推定や追跡などに焦電型赤外線センサを用いている従来例はほとんどないが、たとえば、奥田他¹⁾、加納他²⁾、Q.Hao³⁾などによって提案されている。これらの従来法は、焦電型赤外線センサの設置場所に対する検出範囲が既知であるとし、その検出範囲を測位対象者が通過すると、センサの前を通過したこと、その通過したセンサ設置場所からその通過位置の情報のみが得られる。しかしながら、センサの前を通過した情報から熱源の位置がわかるということだけでは、焦電型赤外線センサを用いた測位システムの実用範囲は限られたものになることは必至である。

また、関連特許に関しては、移動パターン認識装置を提案した特開 H9-33215 があるが、あらかじめ熱源の移動パターンのデータを収集しておき、認識時には、集めた移動パターンとのマッチングを行うことによって、どの方向に移動したかわかる方法を提案している。しかしながら、この方法だと、あらかじめ収集した移動パターン以外の移動が発生した場合には、移動方向が把握できない場合がある。

3. 焦電型赤外線センサアレイ

そこで、本研究では、焦電型赤外線センサを1つ使用するのでは、従来のスイッチ On/Off 制御しかできないので、焦電型赤外線センサを複数使い、焦電型赤外線センサアレイを作製し、そのアレイを利用することにより、位置や移動方向を推定することを考える。

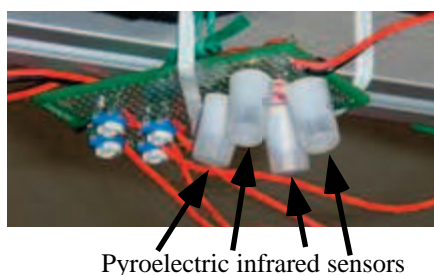


Fig. 1 A pyroelectric infrared sensor array

Fig.1 に焦電型赤外線センサを4個使って試作した焦電型赤外線センサアレイを示す。ここで、4個の焦電型赤外線センサで構成される焦電型赤外線センサアレイ (Fig.1) は一例であり、焦電型赤外線センサの個数を4個に限定する必要はなく、複数の焦電型赤外線センサを使った焦電型赤外線センサアレイの利用も想定できる。

Fig.1 に示す焦電型赤外線センサアレイにおいて、それを

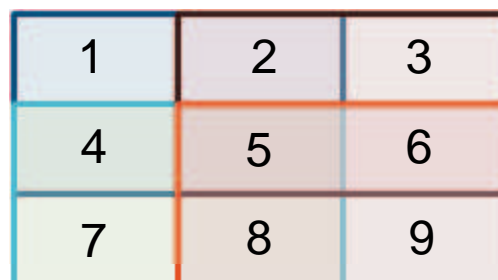


Fig. 2 A division example of the detection area for the pyroelectric infrared sensor array

構成する各焦電型赤外線センサの検出範囲は重複するようになっていく。Fig.1 に示す焦電型赤外線センサアレイの検出領域を Fig.2 に示す。Fig.2 に示すように互いに重複させると、アレイの検出範囲はセンサごとに重複部分と非重複部分に分けて9分割される。Fig.2 では2, 4, 5, 6, 8の番号が付された領域が重複検出範囲である。したがって、重複がなければ、4つの検出範囲に対する位置推定のみ可能であるが、Fig.2 のように重複があれば、9つの検出領域に対する位置推定が可能となり、位置推定精度の向上が望める。ここで、焦電型赤外線センサの数を増やし、検出範囲の重複部分を増やせば、検出範囲が広がり、かつ、位置推定精度のさらなる向上が期待できる。分割においては、できるだけ多くの重複ができるように分割することが望ましい。分割数が多ければ、それだけ位置推定における分解能が上がり、位置推定精度の向上にもつながる。また、焦電型赤外線センサアレイ自体の数を増やす、つまり、数メートル間隔にアレイを設置することによっても、検出範囲を広げることが可能になる。この場合、アレイ内の各センサの検出範囲を重複するだけでなく、アレイ間で検出範囲を重複して配置することも考えられる。一方、アレイ間で検出範囲が重複しておらず、アレイからの出力情報が欠落することがある場合は、確率統計的手法などを用いて、その欠落を補完することによって、熱源を広範囲に検出することも可能である。しかしながら、アレイ自体の数を増やすことや焦電型赤外線センサの数を増やすなどの課題は、本報告の目的外なので、次回の報告で詳しく述べることにする。

4. 提案位置推定法

本研究では、アナログ型の焦電型赤外線センサを用いる。このとき、焦電型赤外線センサの出力信号は Fig.3 のようになる。

この応答信号は、Fig.4 に示すように、室内において高さ約2.4m程度の場所に焦電型赤外線センサを設置し、そのセンサの検出範囲を熱源が通過したときの応答である。Fig.3 に示すように周期性信号となる。ただし、縦軸は、出力信号の振幅 (単位は V) で、横軸は、データ数を表わしている。また、Fig.3 の出力信号は、焦電型赤外線センサの検出範囲を、

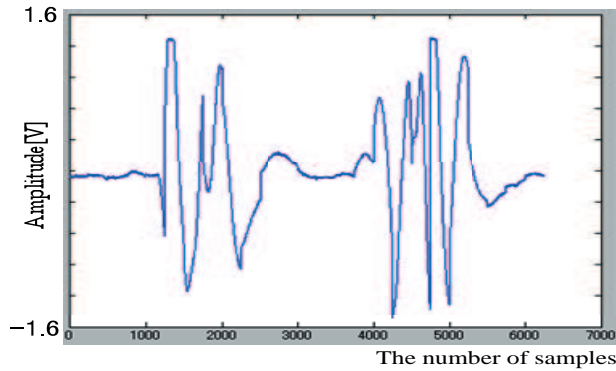


Fig. 3 An output signal of the pyroelectric infrared sensor

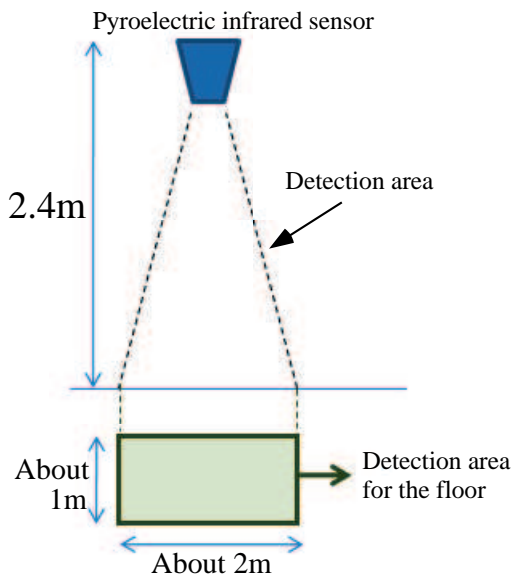


Fig. 4 A detection area for the pyroelectric infrared sensor array

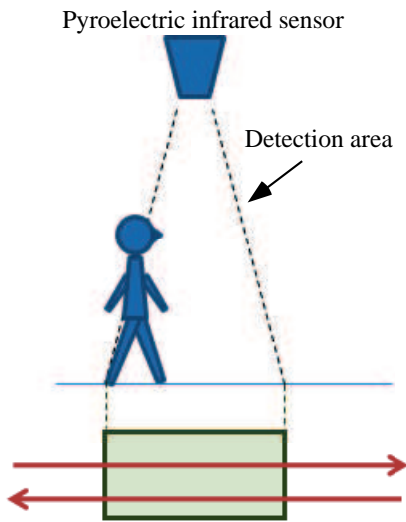


Fig. 5 An example that a heat source moves through the detection area

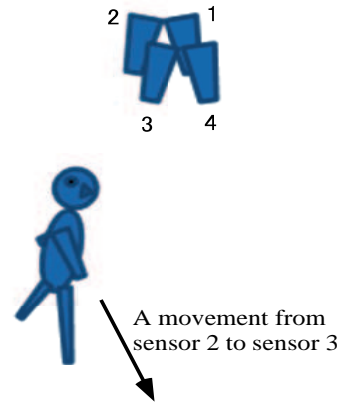


Fig. 6 An example that a heat source moves under the pyroelectric infrared sensor array

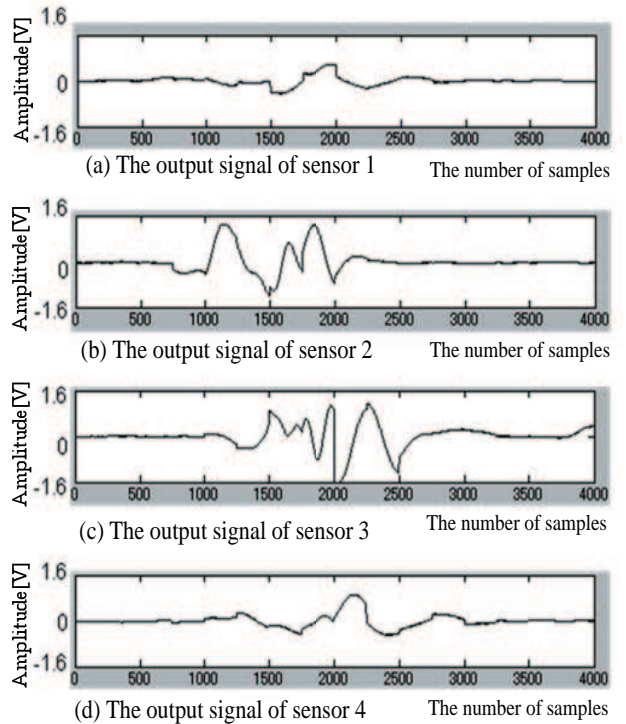


Fig. 7 The output signals of the pyroelectric infrared sensor array in the case of Fig. 6

熱源が Fig.5 に示した矢印のように2回横切ったときに計測された信号である。

本研究では、焦電型赤外線センサの出力信号に周期性があるので、出力信号は周波数領域で取り扱う。ここで、Fig.6 に示したように焦電型赤外線センサアレイの下を人間が歩いた場合、出力信号は Fig.7 のようになる。このとき、焦電型赤外線センサアレイの出力信号に短時間高速フーリエ変換 (Short Time Fast Fourier Transform : STFFT) を適用し、得られた出力信号を以下のように記述する。

$$y(\omega, t) = [y_1(\omega, t), y_2(\omega, t), y_3(\omega, t), y_4(\omega, t)]^T, \quad (1)$$

ここで、 $y_i(\omega, t)$ ($i = 1, 2, 3, 4$) は、ある時刻 t における周波

数 ω に対する各センサ番号 (Fig.6 参照のこと) に対応する周波数領域での信号を表わしている。

4.1 位置推定法

上述した焦電型赤外線センサアレイの出力信号を用いて、熱源の位置を推定する方法を以下に述べる。まず、(1) 式に示した $y_i(\omega, t)$ から得られる周波数帯毎のパワースペクトル、つまり、

$$C_{y_{ii}}(\omega, k) = \frac{1}{N} \sum_{t=k}^{k+N-1} E[|y_i(\omega, t)|^2], \quad (2)$$

を計算する。ここで、 k は、STFFT を計算するときを利用するデータのブロック数、 $E[x]$ は、 x の期待値を表わしている。 N は、期待値を求めるためのサンプル数を表わしている。

このとき、考慮しているある周波数における Fig.7 に示す出力信号のパワースペクトルは Fig.8 のようになる。Fig.8 から、焦電型赤外線センサアレイの出力信号にある程度の周波数をもった周期的な反応がある場合は、パワースペクトルの振幅も大きくなっていることがわかる。

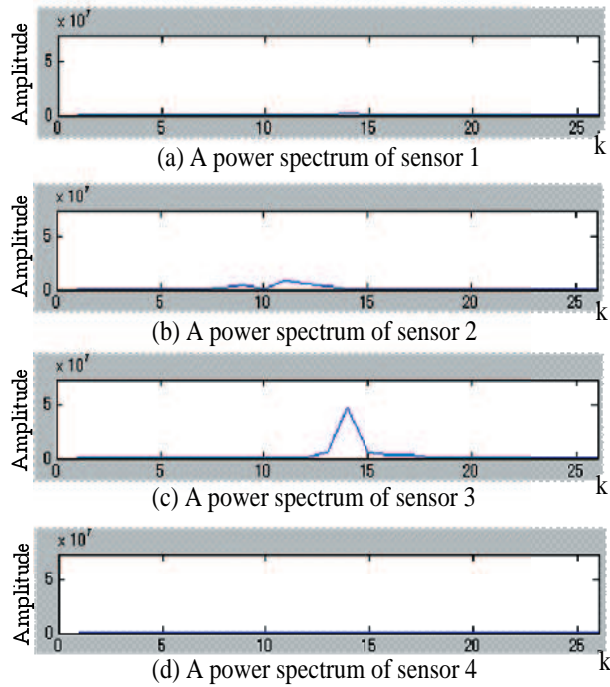


Fig. 8 The power spectra of the output signals in 7 at a frequency

つぎに、位置検出のために考慮する周波数ごとに加算した (ここでは、パワーと呼ぶ)、すなわち、

$$C_{y_{ii}}(k) = \frac{1}{\omega_h - \omega_l + 1} \sum_{\omega=\omega_l}^{\omega_h} C_{y_{ii}}(\omega, k), \quad (3)$$

を計算する。この値を位置推定に用いる。ここで、 ω_l 、 ω_h は、考慮する周波数の下限と上限を表わしている。

ここで、Fig.7 に示した出力信号を使って計算されたパワー

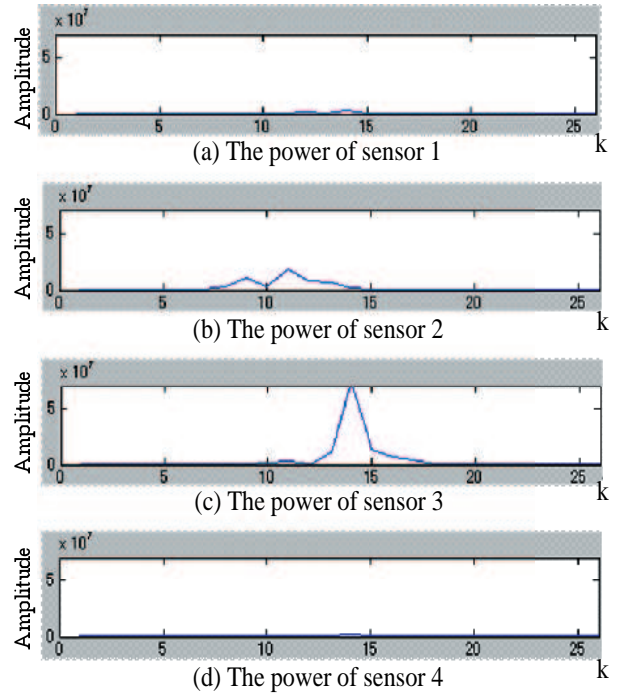


Fig. 9 The powers of the output signals in Fig.7

を Fig.9 に示す。Fig.9 から、ある程度の周波数をもった出力信号で反応を示した部分においては、パワーが大きくなっていることがわかる。つまり、各焦電型赤外線センサの検出領域に熱源が入るとパワーの大きさに変動があるので、パワーの大きさの大小関係によって、検出領域に対する熱源の出入に関する状況が把握できる。したがって、パワーの値の変化と検出領域の位置の関係がわかるものを熱源位置推定の評価関数として用いればよいことがわかる。

そこで、まず、Fig.10 に示す 9 分割の各領域に対応する行列を以下のように定義する。このとき、分割数に関しては、9 分割は一例であり、焦電型赤外線センサの個数や考慮したい検出精度により変動するので、その分割数により、以下に示す $\mathbf{K}_{s_{1,j}}$ の個数や次元数も異なってくることに注意すべきである。

$$\mathbf{K}_{s_{1,1}} := \begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix}, \quad \mathbf{K}_{s_{1,2}} := \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix},$$

$$\mathbf{K}_{s_{1,3}} := \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix}, \quad \mathbf{K}_{s_{2,1}} := \begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix},$$

$$\mathbf{K}_{s_{2,2}} := \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}, \quad \mathbf{K}_{s_{2,3}} := \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix},$$

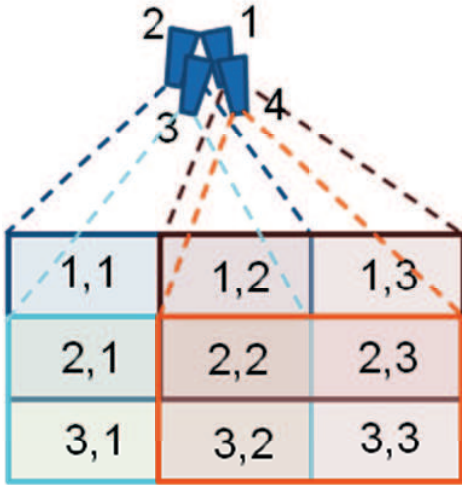


Fig. 10 9 divided detection area of the pyroelectric infrared sensor array

$$\mathbf{K}_{s_{3,1}} := \begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix}, \mathbf{K}_{s_{3,2}} := \begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix},$$

$$\mathbf{K}_{s_{3,3}} := \begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix},$$

(4)

ここで、 $\mathbf{K}_{s_{i,j}}$ は、焦電型赤外線センサアレイのセンサ番号が Fig.10 のような場合に、それぞれの検出範囲が順に右上4領域、左上4領域、左下4領域、右下4領域としたときに、それぞれのセンサのパワーの反応パターンがわかるように対角要素を定義している。また、 $\mathbf{K}_{s_{i,j}}$ の下付けの番号 i, j は、Fig.10 に示す領域番号 (1,1) から (3,3) に対応している。したがって、たとえば、 $\mathbf{K}_{s_{1,1}}$ は、センサ番号2が単独で反応したときを識別したい行列になっているので、対角要素の2番目の値が1で、その他は0と定義している。 $\mathbf{K}_{s_{1,2}}$ は、センサ番号1と2が同時に反応したときを識別したい行列となっているので、対角要素の1と2番目の値が1で、その他は0と定義している。その他の $\mathbf{K}_{s_{i,j}}$ も同様の定義で値を決めている。ただし、 $\mathbf{K}_{s_{i,j}}$ は、考慮しているすべての周波数で同じ値をとるものとする。これは、 $\mathbf{K}_{s_{i,j}}$ を使うことによって、それぞれの焦電型赤外線センサのパワーの大小関係が計算できればよいと考えており、周波数ごとに違う値を設定してもあまり意味をなさないので、ここでは、すべての周波数で同じ値としている。

したがって、これらの行列 $\mathbf{K}_{s_{i,j}}$ を用いて、熱源の位置を推定するために、以下の対数尤度関数を利用する。

$$L_y(\mathbf{y}|\mathbf{K}_{s_{i,j}}, \mathbf{K}_n) = -N \log |\det(\mathbf{K}_{y_{i,j}})|$$

$$-\frac{N}{2} \text{tr}[\mathbf{C}_y \mathbf{K}_{y_{i,j}}^{-1}], \quad (5)$$

ここで、 $\det(\mathbf{X})$ は、行列 \mathbf{X} の行列式、 $\text{tr}[\mathbf{X}]$ は、行列 \mathbf{X} のトレース、 \mathbf{X}^{-1} は、行列 \mathbf{X} の逆行列、 $|\mathbf{X}|$ は \mathbf{X} の絶対値を表わしている。 \mathbf{C}_y は、 $\mathbf{y}(\omega, t)$ の共分散行列を表わしており、以下の式で求めることができる。

$$\mathbf{C}_y(\omega, k) = \frac{1}{N} \sum_{t=k}^{k+N-1} \mathbf{y}(\omega, t) \mathbf{y}^H(\omega, t), \quad (6)$$

ただし、(5) 式では、 \mathbf{C}_y の ω と k は、記述の簡単化のため、省略している。上付きの H は、共役転置を表わす記号である。 $\mathbf{K}_{y_{i,j}}$ は、以下の式からなる行列とする。

$$\mathbf{K}_{y_{i,j}} = \mathbf{K}_{s_{i,j}} + \mathbf{K}_n \quad (7)$$

\mathbf{K}_n は、焦電型赤外線センサアレイに加わるノイズの共分散行列を表わしている。ここでは、ノイズは、ガウス分布に従う白色雑音であると定義するので、すべての周波数で同じ値をとるものとする。したがって、すべての周波数で \mathbf{K}_n は、

$$\mathbf{K}_n := \begin{bmatrix} 0.1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0.1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0.1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0.1 \end{bmatrix} \quad (8)$$

とする。ここでは、 $\mathbf{K}_{s_{i,j}}$ に比べて、約30%程度のノイズが加わっていることを想定している。ただし、この値は一例である。

\mathbf{C}_y の対角要素は、(3) 式の $C_{y_{ii}}(\omega, k)$ ($i = 1, 2, 3, 4$) であり、 $\mathbf{K}_{y_{i,j}}$ は対角行列であることから、(5) 式の L_y は、各焦電型赤外線センサのパワースペクトルの反応パターンによって、値が変化する関数となっている。評価する値はパワーなので、 L_y を使って次式の値を求め、各焦電型赤外線センサのパワーが評価できるようにする。

$$\hat{L}_y(\mathbf{y}|\mathbf{K}_{y_{i,j}}) = \frac{1}{\omega_h - \omega_l + 1} \sum_{\omega=\omega_l}^{\omega_h} L_y(\mathbf{y}(\omega)|\mathbf{K}_{s_{i,j}}, \mathbf{K}_n), \quad (9)$$

したがって、 \mathbf{C}_y の対角要素となる $C_{y_{ii}}(\omega, k)$ のパワーの反応パターンに近い $\mathbf{K}_{s_{i,j}}$ が選択されたとき、 \hat{L}_y は大きな値を示し、そうでない $\mathbf{K}_{s_{i,j}}$ の場合は、 \hat{L}_y は小さな値を示すようになる。よって、9分割した位置 (i, j) に対して、どこに熱源が存在するかが推定可能となる。このとき、Fig.9 に示すパワーに対しては、 $k=7$ くらいから、センサ2に反応が表われ、他はあまり反応していないので、Fig.10 における (1,1) に対応する $\mathbf{K}_{s_{i,j}}$ の \hat{L}_y が他の値よりも一番大きな値を示し、(1,1) の領域に熱源が存在していることがわかる。

つぎに、 k の値が大きくなるに従って、センサ3にも反応が表われてくるので、 $k = 13$ あたりでは、Fig.10 の (2,1) に対応する $\mathbf{K}_{s_{i,j}}$ の \hat{L}_y が他の値よりも一番大きな値を示すことになり、(2,1) の領域に熱源が存在することがわかる。最後に、 $k = 15$ あたりになると、センサ3のみが反応しているの

Fig.10 の (3,1) に対する $K_{s_i,j}$ の \hat{L}_y が他の値よりも一番大きな値を示すことになり, (3,1) に熱源が存在していると推定できる.

最後に, 提案する熱源位置推定のアルゴリズムをまとめると以下ようになる.

1. 焦電型赤外線センサアレイを使って, 熱源の動きを観測する.
2. 焦電型赤外線センサアレイの出力信号に STFFT を適用する.
3. (9) 式を検出領域ごとに計算する.
4. 計算された検出領域ごとの (9) 式の値から熱源の位置を推定する.

5. 実験結果

Fig.1 に示す焦電型赤外線アレイを用いて, 熱源の位置推定実験を行なった. その一例をここでは示す.

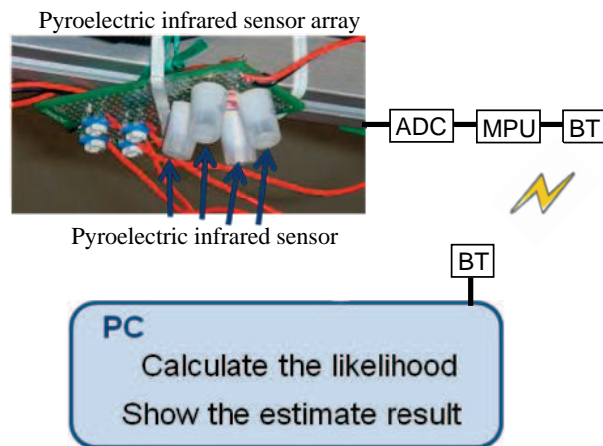


Fig. 11 The experimental equipment

Fig.11 に本実験で使用した装置の概略図を示す. Fig.11 の実験装置において, 環境側に設置したデバイスは, 4 個の焦電型赤外線センサからなるセンサアレイと, A/D(Analog to Digital) 変換機 ADC と, Micro Processing Unit MPU (マイクロコントローラ) と, BT(Bluetooth) から構成されており, 焦電型赤外線センサアレイから得られる出力信号は, ADC を通して, MPU に入力され, 入力されたデータは, Bluetooth を使用し, 計算機 PC に送信され, PC 上で, 周波数解析, (9) 式の計算, 計算結果の表示を行なうものとする. ここで, データを送信する BT の部分は, Wi-Fi, 有線 LAN, UART(RS-232C, 有線使用) など, データ送信が可能なものならば, BT に限定されない. また, 周波数解析等の各種データ処理, データ演算を行なう手段についても限定されるものではなく, たとえば, マイクロコントローラで波数解析を行ない, 評価関数を計算することも可能であり, 推定結果のみを PC 上に出力するというだけでもできる. これらのことは, 今後の課題として取り扱うことにする.

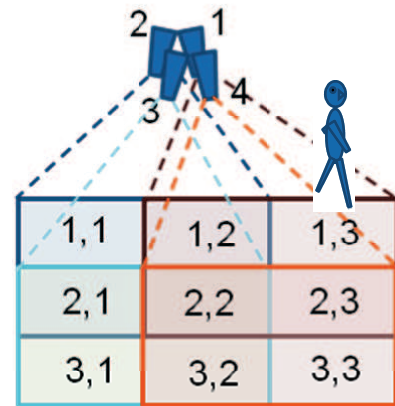


Fig. 12 The position of a heat source

Fig.12 に示すように, 熱源は焦電型赤外線センサアレイの検出範囲の (1,3) の場所に存在した場合の推定結果を示す. まず, 熱源が検出範囲に入っていない場合の推定結果表示の例を Fig.13(a) に示す. Fig.13(a) では, 図の白丸の部分に焦電型赤外線センサアレイがあると仮定し, \hat{L}_y の値をある値間隔で色分けした色で表示している. 濃紺色に近いときは, 検出範囲に熱源がないことを表わし, 赤褐色に近くなるに従って, 熱源の存在確率が高くなることを表わすことができるようになってきている. つぎに, Fig.12 のように焦電型赤外線センサアレイの検出範囲に熱源が入った場合の推定結果は Fig.13(b) のようになる. Fig.13(b) では, 白線の四角の部分, つまり赤褐色の部分に熱源が存在する可能性が高いことを表わしており, 正確に熱源の位置が推定できていることがわかる.

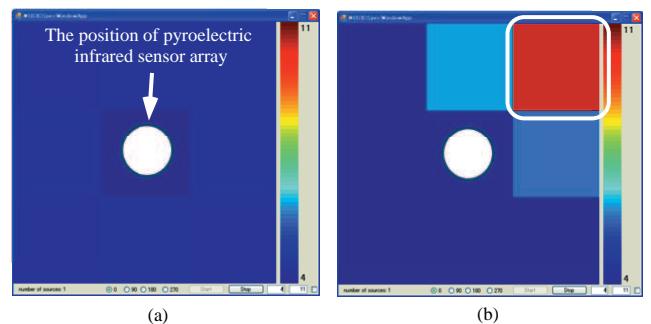


Fig. 13 The estimate results in the cases that there is not/is the heat source in the detection area

6. 議論および結論

本研究では, 従来の焦電型赤外線センサの利用法とは異なった新たな利用法, つまり, 複数の焦電型赤外線センサで構成された焦電型赤外線センサアレイを使って, 熱源の位置や熱源の移動方向を検知できるセンサを提案し, その有効性を示した.

今後の課題としては, 焦電型赤外線センサアレイを構成している焦電型赤外線センサの数の検討, アレイ自体の数を増

やした場合の複数アレイの構成やその場合の測位方法の検討、提案測位システムにおける処理手法の検討などが挙げられる。また、焦電型赤外線センサアレイの拡張法について以下のようなものが考えられる。

1. 焦電型赤外線センサアレイにマイクロフォンを付ける。マイクロフォンを付けることにより、環境音も計測できるようになる。したがって、計測した音の識別などを行なうことにより、日頃発生しないような音、つまり、非日常音などの検出が可能となり、セキュリティーに関してより頑健なセンサとなり得る。 2. カメラに焦電型赤外線センサアレイを装着する。カメラに赤外線センサを付けることは、熱源を感知した後カメラの映像取得を開始する機能があり、カメラの節電や収録効率化が図れ、効果的であることは知られているが、赤外線センサ付カメラは、熱源の方向にカメラを向けるということができないので、カメラが反応しても、測定対象物の映像をカメラで捉えることができない場合がある。焦電型赤外線センサアレイ付カメラでは、そのような欠点を解消することができる。つまり、焦電型赤外線センサアレイが熱源の位置を検出できるので、その方向にカメラを向けることができるようになり、熱源（測位対象物）の映像を確実に収録することが可能となる。

3. センサネットで繋ぐ。たとえば、ZigBee ノードなどで焦電型赤外線センサアレイで計測した位置情報をネットワーク上に流せるようにすれば、大規模な場所、たとえば、ビル全体の熱源の位置情報の管理が可能となる。

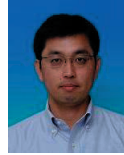
謝辞 本研究の一部は、科研費（課題番号：22500079）の支援も受けた。

参 考 文 献

- 1) 奥田晋也, 金田重郎, 芳賀博英: アナログ型焦電センサによる人間の室内位置・身長判別法の提案, UBI06, 1/8 (2004)
- 2) 加納梢, 中嶋信生, 大野宏, 石田勉: 焦電センサによる人の移動経路検出システムの検討, IEICE 東京支部学生会研究発表会予稿集, p. 50 (2008)
- 3) Hao, Q.: Multiple Human Tracking and Identification with Wireless Distributed Pyroelectric Sensors, Doctoral thesis, Duke University (2006)
- 4) 澁谷ほか: 焦電型赤外線離床センサの試作・運用の検討, 日本農村医学会雑誌, 57, 4号, 650/655 (2008)
- 5) 焦電型赤外線センサの応用例, <http://www.tomen-ele.co.jp/ten/ten131/Cypress.pdf>

[著 者 紹 介]

河本満 (正会員)



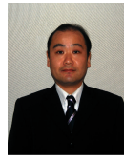
1997年九州工業大学大学院工学研究科博士後期課程修了。博士(工学)。同年理化学研究所バイオ・ミメティックコントロール研究センターフロンティア研究員。2000年島根大学総合理工学部講師, 2002年同大学助教授, 2004年英国リバプール大学訪問研究員。2005年より産業技術総合研究所研究員となり、現在に至る。センサネットワーク、センサアレイ信号処理、ブラインド信号処理などの研究に従事。IEEE, 電子情報通信学会, 音響学会各会員

池田剛



2000年3月, 東京農工大学大学院工学研究科電子情報工学専攻博士前期課程修了。2006年3月同大学博士後期課程満期退学。2006年より産業技術総合研究所情報技術研究部門所属(第2号契約職員)。現在, センサネットワークシステムに関する研究開発に従事。

幸島明男



1992年, 東京農工大学大学院工学研究科電子情報工学専攻博士前期課程修了。同年通商産業省工業技術院電子技術総合研究所(現・独立行政法人産業技術総合研究所)入所。2007年, 東京農工大学大学院工学府電子情報工学専攻博士後期課程終了。博士(工学)。センサネットワーク, マルチエージェントシステム, 空間認知等の研究に興味を持つ。情報処理学会, 人工知能学会, 認知科学会, Cognitive Science Society 各会員

車谷浩一



1989年3月東京大学大学院工学系研究科修了。工学博士。1989年より電子技術総合研究所所属。1996~1997年EPFL 客員研究員。2001年より産業技術総合研究所所属。現在, マルチエージェント, 確率推論, ユビキタスコンピューティング, 人流・環境センシング, 群ユーザ支援の研究に従事