

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第5702160号
(P5702160)

(45) 発行日 平成27年4月15日(2015.4.15)

(24) 登録日 平成27年2月27日(2015.2.27)

(51) Int. Cl.		F I	
G O 1 S	5/20	(2006.01)	G O 1 S 5/20
G O 1 S	3/808	(2006.01)	G O 1 S 3/808
H O 4 R	3/00	(2006.01)	H O 4 R 3/00 3 2 0
H O 4 R	1/40	(2006.01)	H O 4 R 1/40 3 2 0 A
G I O L	15/28	(2013.01)	G I O L 15/28 4 0 0

請求項の数 4 (全 15 頁)

(21) 出願番号 特願2011-10184 (P2011-10184)
 (22) 出願日 平成23年1月20日(2011.1.20)
 (65) 公開番号 特開2012-150059 (P2012-150059A)
 (43) 公開日 平成24年8月9日(2012.8.9)
 審査請求日 平成26年1月6日(2014.1.6)

(73) 特許権者 000213297
 中部電力株式会社
 愛知県名古屋市東区東新町1番地
 (73) 特許権者 000001317
 株式会社熊谷組
 福井県福井市中央2丁目6番8号
 (74) 代理人 100080296
 弁理士 宮園 純一
 (74) 代理人 100141243
 弁理士 宮園 靖夫
 (72) 発明者 杉本 靖夫
 愛知県名古屋市東区東新町1番地 中部電力株式会社内

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 音源推定方法及び音源推定装置

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

互いに交わる2つの直線上にそれぞれ所定の間隔で配置されて2組のマイクロフォン対を構成する第1～第4のマイクロフォンと前記2組のマイクロフォン対の作る平面上にない第5のマイクロフォンと撮影手段とを備えた音・映像採取ユニットを第1の観測点に設置し、前記第1～第4のマイクロフォンと同じ状態に配置された第6～第9のマイクロフォンを備えた音採取ユニットを前記第1の観測点とは異なる第2の観測点に設置して音の情報である音圧信号と映像の情報である映像信号とを採取するステップ(a)と、前記第1の観測点にて採取した音圧信号と映像信号と前記第2の観測点にて採取した音圧信号とをA/D変換してそれぞれ第1の音圧波形データ、画像データ、及び、第2の音圧波形データとして記憶するステップ(b)と、前記第1及び第2の音圧波形データを用いて、前記第1～第5のマイクロフォンで採取した音圧信号の位相差を算出して前記第1の観測点から見た音源方向の水平角 θ_1 と仰角 ϕ_1 とを推定するとともに、前記第6～第9のマイクロフォンで採取した音圧信号の位相差を算出して前記第2の観測点から見た音源方向の水平角 θ_2 を推定するステップ(c)と、予め入力された前記第1の観測点における第1～第4のマイクロフォンの中心座標と前記第2の観測点における第6～第9のマイクロフォンの中心座標、及び、前記ステップ(c)で推定された水平角 θ_1, θ_2 を用いて、前記第1の観測点と音源との水平距離 L_{xy} を求めるステップ(d)と、前記求められた水平距離 L_{xy} と前記仰角 ϕ_1 とを用いて前記第1の観測点と音源との距離

Lを求めるステップ(e)と、
 前記ステップ(c)で推定された前記第1の観測点から見た音源方向の水平角 θ_1 と仰角 α_1 と前記ステップ(b)で記憶した画像データとを合成し、前記推定された音源方向を示す図形が描画された音源推定用画像を作成するステップ(f)と、
 前記音源推定用画像を表示手段の表示画面に表示して音源を推定するステップ(g)と、
 を有し、

前記ステップ(a)では、前記第6～第9のマイクロフォンを、第1～第4のマイクロフォンと同一平面内で、かつ、前記第1～第4のマイクロフォンが配列される互いに交わる2つの直線方向と前記第6～第9のマイクロフォンが配列される互いに交わる2つの直線方向とが一致するように前記第2の観測点に設置し、

10

前記ステップ(c)では、
 前記音・映像採取ユニットの2組のマイクロフォン対を構成するマイクロフォン間の位相差と、前記第5のマイクロフォンと前記2組のマイクロフォン対を構成する4個のマイクロフォンのそれぞれとで構成される4組のマイクロフォン対を構成するマイクロフォン間の位相差とを用いて前記第1の観測点から見た音源方向の水平角 θ_1 と仰角 α_1 とを推定し、前記音採取ユニットの2組のマイクロフォン対を構成するマイクロフォン間の位相差を用いて前記第2の観測点から見た音源方向の水平角 θ_2 を推定することを特徴とする音源推定方法。

【請求項2】

互いに交わる2つの直線上にそれぞれ所定の間隔で配置されて2組のマイクロフォン対を構成する第1～第4のマイクロフォンと前記2組のマイクロフォン対の作る平面上にない第5のマイクロフォンと撮影手段とを備え、第1の観測点に設置されて、音の情報である音圧信号と映像の情報である映像信号とを採取する音・映像採取ユニットと、

20

前記第1～第4のマイクロフォンと同じ状態に配置された第6～第9のマイクロフォンを備え、前記第1の観測点とは異なる第2の観測点に設置されて音圧信号を採取する音採取ユニットと、

前記第1の観測点にて採取した音圧信号と映像信号と前記第2の観測点にて採取した音圧信号とをA/D変換するA/D変換器と、

前記A/D変換された前記第1の観測点にて採取した音圧信号と、前記第2の観測点にて採取した音圧信号と、前記第1の観測点にて採取した映像信号とを、それぞれ第1の音圧波形データ、第2の音圧波形データ、及び、画像データとして記憶する記憶手段と、

30

前記音・映像採取ユニットの2組のマイクロフォン対を構成するマイクロフォン間の位相差と、前記第5のマイクロフォンと前記第1～第4のマイクロフォンのそれぞれとで構成される4組のマイクロフォン対を構成するマイクロフォン間の位相差とを用いて前記第1の観測点から見た音源方向の水平角 θ_1 と仰角 α_1 とを推定し、前記音採取ユニットの2組のマイクロフォン対を構成するマイクロフォン間の位相差を用いて前記第2の観測点から見た音源方向の水平角 θ_2 を推定する音源方向推定手段と、

前記推定された第1の観測点から見た音源方向の水平角 θ_1 と仰角 α_1 と前記記憶手段に記憶されている画像データとを合成し、前記推定された音源の方向を示す図形が描画された音源推定用画像を作成する音源推定用画像作成手段と、

40

前記音源推定用画像を表示画面に表示する表示手段と、

予め入力された前記第1の観測点における第1～第4のマイクロフォンの中心座標と前記第2の観測点における第6～第9のマイクロフォンの中心座標、及び、前記音源方向推定手段にて推定された水平角 θ_1 、 θ_2 を用いて、前記第1の観測点と前記推定された音源方向にある音源との水平距離 L_{xy} を求める水平距離算出手段と、

前記求められた水平距離 L_{xy} と前記仰角 α_1 とを用いて前記第1の観測点と音源との距離Lを求める距離算出手段と、

を備え、

前記音採取ユニットは、前記第6～第9のマイクロフォンが前記第1～第4のマイクロフォンと同一平面内にあり、かつ、前記第1～第4のマイクロフォンが配列される互いに交

50

わる2つの直線の方向と前記第6～第9のマイクロフォンが配列される互いに交わる2つの直線の方向とが一致するように、前記第2の観測点に設置されていることを特徴とする音源推定装置。

【請求項3】

前記第1の観測点と音源との水平距離 L_{xy} を半径とし、前記水平角 θ_1 を回転角とした音源の水平投影画像を作成する手段を設け、前記表示手段は、前記作成された音源の水平投影画像を前記表示手段に表示することを特徴とする請求項2に記載の音源推定装置。

【請求項4】

前記水平投影画像を予め設定した時間間隔毎に作成して前記表示手段に表示することを特徴とする請求項3に記載の音源推定装置。

10

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、複数のマイクロフォンで採取した音の情報と撮影手段で撮影した映像の情報とを用いて音源を推定する方法とその装置に関するもので、特に推定された音源と観測点との距離を求める方法に関する。

【背景技術】

【0002】

従来、音の到来方向を推定する方法としては、観測点に多数のマイクロフォンを等間隔に配置したマイクロフォンアレーを構築し、基準となるマイクロフォンに対する各マイクロフォンの位相差から音波の到来方向である音源の方向を推定する、いわゆる音響学的手法が考案されている（例えば、非特許文献1参照）。

20

一方、観測点に配置された複数のマイクロフォンの出力信号の位相差からではなく、複数のマイクロフォンから互いに交わる直線状に配置された複数のマイクロフォン対を構成し、対となる2つのマイクロフォン間の位相差に相当する到達時間差と、他の対となる2つのマイクロフォン間の到達時間差との比から音源の方向を推定する方法が提案されている（例えば、特許文献1～3参照）。

【0003】

具体的には、図7に示すように、4個のマイクロフォンM1～M4を、互いに直交する2直線上にそれぞれ所定の間隔で配置された2組のマイクロフォン対（M1，M3）及びマイクロフォン対（M2，M4）を構成するように配置し、前記マイクロフォン対（M1，M3）を構成するマイクロフォンM1，M3に入力する音圧信号の到達時間差 D_{13} と、前記マイクロフォン対（M2，M4）を構成するマイクロフォンM2，M4に入力する音圧信号の到達時間差 D_{24} との比から、観測点と音源の位置との水平角 θ を推定するとともに、第5のマイクロフォンM5を前記マイクロフォンM1～M4の作る平面上にない位置に配置して、更に4組のマイクロフォン対（M5，M1）、（M5，M2）、（M5，M3）、（M5，M4）を構成し、前記各マイクロフォン対を構成するマイクロフォン間の到達時間差 D_{13} 、 D_{24} 及び D_{5j} （ $j = 1 \sim 4$ ）から、観測点と音源の位置との成す仰角 α を推定する。

30

40

観測点から測った音源方向は、前記水平角 θ と前記仰角 α とにより表わせる。

【0004】

これにより、マイクロフォンアレーを用いて音源方向を推定する場合に比較して、少ないマイクロフォン数で音源方向を正確に推定することができる。

また、このとき、CCDカメラ等の映像採取手段を設けて前記推定された音源方向の画像を撮影した後、この画像データと音源方向のデータとを合成して、映像中に前記推定した音源方向と音圧レベルとを図形で表示した音源推定用画像をディスプレイ等の表示画面に表示するようすれば、音源を視覚的に把握することができる。

【先行技術文献】

【特許文献】

50

【 0 0 0 5 】

【特許文献 1】特開 2 0 0 2 - 1 8 1 9 1 3 号公報

【特許文献 2】特開 2 0 0 6 - 3 2 4 8 9 5 号公報

【特許文献 3】特開 2 0 0 8 - 2 2 4 2 5 9 号公報

【非特許文献】

【 0 0 0 6 】

【非特許文献 1】大賀寿郎，山崎芳男，金田豊；音響システムとデジタル処理，コロナ社，1995

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

10

【 0 0 0 7 】

ところで、前記従来の方法では、ディスプレイ等の表示画面に表示された図形からマイクロフォンで採取した音の音源については推定することはできるが、推定された音源と観測点との距離を測定するには、別の観測点にて前記推定された音源の音源方向を推定し、これら 2 つの観測点で推定された音源方向から音源と観測点との距離を算出しなければならなかった。そのため、移動する音源や間欠的に音を発する音源などについては、音源と観測点との距離をリアルタイムで算出することが困難であった。

【 0 0 0 8 】

本発明は、従来の問題点に鑑みてなされたもので、観測点で観測した音の情報である音圧信号と映像の情報である映像信号とから音源を推定するとともに、推定された音源と観測点との距離をリアルタイムで算出する方法とその装置を提供することを目的とする。

20

【課題を解決するための手段】

【 0 0 0 9 】

本願の請求項 1 に記載の発明は、複数のマイクロフォンと撮影手段とを用いて音の情報である音圧信号と映像の情報である映像信号とを採取し、この採取した音圧信号のデータと画像データとを用いて音源を推定する方法であって、互いに交わる 2 つの直線上にそれぞれ所定の間隔で配置されて 2 組のマイクロフォン対を構成する第 1 ~ 第 4 のマイクロフォンと前記 2 組のマイクロフォン対の作る平面上にない第 5 のマイクロフォンと撮影手段とを備えた音・映像採取ユニットを第 1 の観測点に設置し、前記第 1 ~ 第 4 のマイクロフォンと同じ状態に配置された第 6 ~ 第 9 のマイクロフォンを備えた音採取ユニットを前記第 1 の観測点とは異なる第 2 の観測点に設置して音の情報である音圧信号と映像の情報である映像信号とを採取するステップ (a) と、前記第 1 の観測点にて採取した音圧信号と映像信号と前記第 2 の観測点にて採取した音圧信号とを A / D 変換してそれぞれ第 1 の音圧波形データ、画像データ、及び、第 2 の音圧波形データとして記憶するステップ (b) と、前記第 1 及び第 2 の音圧波形データを用いて、前記第 1 ~ 第 5 のマイクロフォンで採取した音圧信号の位相差を算出して前記第 1 の観測点から見た音源方向の水平角 θ_1 と仰角 α_1 とを推定するとともに、前記第 6 ~ 第 9 のマイクロフォンで採取した音圧信号の位相差を算出して前記第 2 の観測点から見た音源方向の水平角 θ_2 を推定するステップ (c) と、予め入力された前記第 1 の観測点における第 1 ~ 第 4 のマイクロフォンの中心座標と前記第 2 の観測点における第 6 ~ 第 9 のマイクロフォンの中心座標、及び、前記ステップ (c) で推定された水平角 θ_1, θ_2 を用いて、前記第 1 の観測点と音源との水平距離 L_{xy} を求めるステップ (d) と、前記求められた水平距離 L_{xy} と前記仰角 α_1 とを用いて前記第 1 の観測点と音源との距離 L を求めるステップ (e) と、前記ステップ (c) で推定された前記第 1 の観測点から見た音源方向の水平角 θ_1 と仰角 α_1 と前記ステップ (b) で記憶した画像データとを合成し、前記推定された音源方向を示す図形が描画された音源推定用画像を作成するステップ (f) と、前記音源推定用画像を表示手段の表示画面に表示して音源を推定するステップ (g) とを有し、前記ステップ (a) では、前記第 6 ~ 第 9 のマイクロフォンを、第 1 ~ 第 4 のマイクロフォンと同一平面内で、かつ、前記第 1 ~ 第 4 のマイクロフォンが配列される互いに交わる 2 つの直線の間隔と前記第 6 ~ 第 9 のマイクロフォンが配列される互いに交わる 2 つの直線の間隔とが一致するように前記第 2 の観

30

40

50

測点に設置し、前記ステップ(c)では、前記音・映像採取ユニットの2組のマイクロフォン対を構成するマイクロフォン間の位相差と、前記第5のマイクロフォンと前記2組のマイクロフォン対を構成する4個のマイクロフォンのそれぞれとで構成される4組のマイクロフォン対を構成するマイクロフォン間の位相差とを用いて前記第1の観測点から見た音源方向の水平角 θ_1 と仰角 α_1 を推定し、前記音採取ユニットの2組のマイクロフォン対を構成するマイクロフォン間の位相差を用いて前記第2の観測点から見た音源方向の水平角 θ_2 を推定することを特徴とする。

このように、第1の観測点にて採取した音圧信号のデータから推定された水平角 θ_1 及び仰角 α_1 と第1の観測点にて採取した映像信号の画像データとを用いて作成した音源推定用画像から音源を推定するとともに、前記水平角 θ_1 及び仰角 α_1 と第2の観測点で推定された水平角 θ_2 とから第1の観測点と音源との距離 L を求めるようにしたので、音源の推定と推定された音源と観測点との距離とをリアルタイムで計測することができる。

【0010】

請求項2に記載の発明は、複数のマイクロフォンと撮影手段とを用いて音の情報である音圧信号と映像の情報である映像信号とを採取し、この採取した音圧信号のデータと画像データとを用いて音源を推定する装置であって、互いに交わる2つの直線上にそれぞれ所定の間隔で配置されて2組のマイクロフォン対を構成する第1～第4のマイクロフォンと前記2組のマイクロフォン対の作る平面上にない第5のマイクロフォンと撮影手段とを備え、第1の観測点に設置されて、音の情報である音圧信号と映像の情報である映像信号とを採取する音・映像採取ユニットと、前記第1～第4のマイクロフォンと同じ状態に配置された第6～第9のマイクロフォンを備え、前記第1の観測点とは異なる第2の観測点に設置されて音圧信号を採取する音採取ユニットと、前記第1の観測点にて採取した音圧信号と映像信号と前記第2の観測点にて採取した音圧信号とをA/D変換するA/D変換器と、前記A/D変換された前記第1の観測点にて採取した音圧信号と、前記第2の観測点にて採取した音圧信号と、前記第1の観測点にて採取した映像信号とを、それぞれ第1の音圧波形データ、第2の音圧波形データ、及び、画像データとして記憶する記憶手段と、前記音・映像採取ユニットの2組のマイクロフォン対を構成するマイクロフォン間の位相差と、前記第5のマイクロフォンと前記第1～第4のマイクロフォンのそれぞれとで構成される4組のマイクロフォン対を構成するマイクロフォン間の位相差とを用いて前記第1の観測点から見た音源方向の水平角 θ_1 と仰角 α_1 とを推定し、前記音採取ユニットの2組のマイクロフォン対を構成するマイクロフォン間の位相差を用いて前記第2の観測点から見た音源方向の水平角 θ_2 を推定する音源方向推定手段と、前記推定された第1の観測点から見た音源方向の水平角 θ_1 と仰角 α_1 と前記記憶手段に記憶されている画像データとを合成し、前記推定された音源の方向を示す図形が描画された音源推定用画像を作成する音源推定用画像作成手段と、前記音源推定用画像を表示画面に表示する表示手段と、予め入力された前記第1の観測点における第1～第4のマイクロフォンの中心座標と前記第2の観測点における第6～第9のマイクロフォンの中心座標、及び、前記音源方向推定手段にて推定された水平角 θ_1 、 θ_2 を用いて、前記第1の観測点と前記推定された音源方向にある音源との水平距離 L_{xy} を求める水平距離算出手段と、前記求められた水平距離 L_{xy} と前記仰角 α_1 とを用いて前記第1の観測点と音源との距離 L を求める距離算出手段とを備え、前記音採取ユニットは、前記第6～第9のマイクロフォンが前記第1～第4のマイクロフォンと同一平面内にあり、かつ、前記第1～第4のマイクロフォンが配列される互いに交わる2つの直線の間隔と前記第6～第9のマイクロフォンが配列される互いに交わる2つの直線の間隔とが一致するように、前記第2の観測点に設置されていることを特徴とする。

このような構成を採ることにより、第1の観測点にて採取した音圧信号のデータから推定された水平角 θ_1 及び仰角 α_1 と第1の観測点にて採取した映像信号の画像データとを用いて作成した音源推定用画像から音源を推定できるとともに、前記水平角 θ_1 及び仰角 α_1 と第2の観測点で推定された水平角 θ_2 とから第1の観測点と音源との距離 L を求めることができるので、音源の推定、及び、音源と観測点との距離をリアルタイムで計測できる

10

20

30

40

50

【0011】

請求項3に記載の発明は、請求項2に記載の音源推定装置において、前記第1の観測点と音源との水平距離 L_{xy} を半径とし、前記水平角 θ_1 を回転角とした音源の水平投影画像を作成する手段を設け、前記表示手段が、前記作成された音源の水平投影画像を前記表示手段に表示することを特徴とする。

このように、第1の観測点と音源との距離 L と水平角 θ_1 とを極座標表示した水平投影画像を表示画面に表示すれば、音源が観測点からどの方向にありかつどれだけ離れているのかを容易に把握することができる。

請求項4に記載の発明は、請求項3に記載の音源推定装置において、前記水平投影画像を予め設定した時間間隔毎に作成して前記表示手段に表示するようにしたので、音源が移動している場合でも、音源が観測点からどの方向にどれだけ移動しているかを容易に把握することができる。

【0012】

なお、前記発明の概要は、本発明の必要な全ての特徴を列挙したものではなく、これらの特徴群のサブコンビネーションもまた、発明となり得る。

【図面の簡単な説明】

【0013】

【図1】本発明の実施の形態に係る音源推定システムの構成を示す図である。

【図2】音・映像採取ユニットと音採取ユニットの配置例を示す図である。

【図3】本発明による音源推定方法を示すフローチャートである。

【図4】第1の観測点と音源との水平距離 L_{xy} を算出する方法を示す図である。

【図5】第1の観測点と音源との距離 L を算出する方法を示す図である。

【図6】表示画面の一例を示す図である。

【図7】従来マイクロフォン対を用いた音源探査方法におけるマイクロフォンの配列を示す図である。

【発明を実施するための形態】

【0014】

以下、実施の形態を通じて本発明を詳説するが、以下の実施の形態は特許請求の範囲に係る発明を限定するものでなく、また、実施の形態の中で説明される特徴の組み合わせの全てが発明の解決手段に必須であるとは限らない。

【0015】

以下、本発明の実施の形態について、図面に基づき説明する。

図1は音源推定システムの構成を示す機能ブロック図である。

本発明の音源推定システムは、音・映像採取ユニット10と音採取ユニット20と演算・表示装置30とを備える。音・映像採取ユニット10は第1の観測点 P_1 に設置され、音採取ユニット20は第1の観測点 P_1 とは異なる第2の観測点 P_2 に設置される。

音・映像採取ユニット10は、図2にも示すように、第1の音採取手段11と、映像採取手段としてのCCDカメラ(以下、カメラという)12と、マイクロフォン支持台13と、カメラ支持部材14と、回転台15と、基台16とを備える。

第1の音採取手段11は複数のマイクロフォン $M_1 \sim M_5$ を備える。

マイクロフォン $M_1 \sim M_5$ は、図示しない音源から伝播される音の音圧信号の大きさである音圧レベルをそれぞれ測定する。

マイクロフォン $M_1 \sim M_5$ の配置は、図7に示したものと同様で、4個のマイクロフォン $M_1 \sim M_4$ を、互いに直交する2直線上にそれぞれ所定の間隔で配置された2組のマイクロフォン対(M_1, M_3)及びマイクロフォン対(M_2, M_4)を構成するように配置するとともに、第5のマイクロフォン M_5 を前記マイクロフォン $M_1 \sim M_4$ の作る平面上にない位置、詳細には、マイクロフォン $M_1 \sim M_4$ の作る正方形を底面とする四角錐の頂点の位置に配置する。これにより、更に4組のマイクロフォン対(M_5, M_1)～(M_5, M_4)が構成される。

10

20

30

40

50

以下、マイクロフォンM1～M4は水平面上に設置されるものとし、音・映像採取ユニット10の向きを図2の矢印Dの方向（マイクロフォンM3からマイクロフォンM1に向かう方向）をx方向、矢印Dに直交する方向をy方向という。

【0016】

マイクロフォン支持台13は、第1～第3の支持板131～133と、連結板134と、脚部135, 136とを備える。

第1の支持板131は、x方向に延長してマイクロフォン対(M1, M3)を搭載する棒状の部材で、マイクロフォンM1, M3は第1の支持板131の両端部にそれぞれ固定される。第2の支持板132は、y方向に延長してマイクロフォン対(M2, M4)を搭載する棒状の部材で、マイクロフォンM2, M4は第2の支持板132の両端部にそれぞれ固定される。連結板134は、第1及び第2の支持板131, 132をその中心にて連結する板状の部材で、第1及び第2の支持板131, 132と連結板134とは、マイクロフォンM1～M4が水平面上に設置されるように一体に構成される。

10

連結板134の中心、すなわち、マイクロフォンM1～M4の中心点の位置が第1の観測点P₁の位置(x₁, y₁, z₁)である(図2(b)参照)。

第3の支持板133は、第2の支持板132上で連結板134の中心から等距離の位置にそれぞれ立設された脚部135, 136上に取付けられた板状の部材で、この板状の部材の中心に第5のマイクロフォンM5が搭載される。

第1の観測点P₁の位置座標をP₁(x₁, y₁, z₁)=(0, 0, 0)とすると、マイクロフォンM1～M5はそれぞれ、M1=(L/2, 0, 0)、M2=(0, L/2, 0)、M3=(-L/2, 0, 0)、M4=(0, -L/2, 0)、M5=(0, 0, L/2)となる。Lはマイクロフォン対(M1, M3)、(M2, M4)のマイクロフォン間隔で、計測する音の最大波長により決定される値で、本例では、周波数帯域が50Hz～500Hzの範囲のいわゆる低周波数帯域の音を含む音源を計測するため、L=300mmとした。

20

【0017】

カメラ支持部材14は、第1の支持板131のマイクロフォンM1が搭載されている端部側で、かつ、マイクロフォンM1が搭載されている側とは反対側の面である裏面側に設けられてカメラ12を支持する。本例では、カメラ12の撮影方向を音・映像採取ユニット10の向きである図2の矢印Dの方向とし、カメラ12により、音・映像採取ユニット10の向きに応じた映像を採取する。

30

回転台15は、図示しないモータを内蔵した固定部151とモータの出力に連結された回転軸152とを備える。回転軸152は連結板134の中心に連結されている。

基台16は3脚から成る支持部材で、この基台16上に回転台15が設置されている。

したがって、回転台15の回転軸152を回転させることにより、音採取手段11とカメラ12とを一体に回転させることができる。

【0018】

音採取ユニット20は、第2の音採取手段21と、マイクロフォン支持台23と、回転台25と、基台26とを備える。

第2の音採取手段21は複数のマイクロフォンM6～M9を備える。

40

マイクロフォンM6～M9は、図示しない音源から伝播される音の音圧信号の大きさである音圧レベルをそれぞれ測定する。

マイクロフォンM6～M9の配置はマイクロフォンM1～M4の配置と同じで、マイクロフォン対(M1, M3)とマイクロフォン対(M6, M8)とが対応し、マイクロフォン対(M2, M4)とマイクロフォン対(M7, M9)とが対応する。

マイクロフォンM6～M9も水平面上に設置される。音採取ユニット20の向きは音・映像採取ユニット10の向きと同じく、図2の矢印Dの方向である。

音採取ユニット20は、第5のマイクロフォンとカメラとを有しないこと以外は音・映像ユニット10と同構成で、マイクロフォン支持台23は、第1及び第2の支持板231, 232と連結板234とを備えている。すなわち、第3の支持板133に相当する部材

50

と脚部 135, 136 に相当する部材とカメラ支持部材 14 に相当する部材はなく、回転台 15 に相当する部材が回転台 25 で、基台 16 に相当する部材が基台 26 である。

音採取ユニット 20 も回転台 25 の回転軸 252 を回転させることにより、マイクロフォン M6 ~ M9 を一体に回転させることができる。

連結板 234 の中心、すなわち、マイクロフォン M5 ~ M9 の中心点の位置が第 2 の観測点 P_2 となる (図 2 (b) 参照)。

本例では、第 2 の観測点 P_2 を、第 1 の観測点 P_1 から測って、マイクロフォン M4 からマイクロフォン M2 に向かう方向 (y 方向) に距離を K だけ離れた箇所に設けている。なお、第 1 の観測点 P_1 と第 2 の観測点 P_2 とは同じ水平面上に設けられる。すなわち、第 1 の観測点 P_1 の位置座標を $P_1(x_1, y_1, z_1)$ とすると、第 2 の観測点 P_2 の位置座標は $P_2(x_2, y_2, z_2) = (x_1, y_1 + K, z_1)$ である。

【0019】

演算・表示装置 30 は、増幅器 31 と、A/D 変換器 32 と、映像入出力手段 33 と、記憶手段 34 と、音源方向推定手段 35 と、音源距離算出手段 36 と、水平投影画像作成手段 37 と、音源推定用画像作成手段 38 と、表示画像作成手段 39 と、表示手段 40 とを備える。音源方向推定手段 35 から表示画像作成手段 39 までの各手段は、例えば、コンピュータのソフトウェアにより構成され、記憶手段 34 はコンピュータのハードディスクなどのメモリーが使用される。なお、A/D 変換器 32 及び映像入出力手段 33 についてもコンピュータに組み込んでよい。

増幅器 31 はローパスフィルタを備え、指令信号が入力されると、マイクロフォン M1 ~ M5 で採取した音の音圧信号とマイクロフォン M6 ~ M9 で採取した音の音圧信号とからそれぞれ高周波ノイズ成分を除去するとともに、前記各音圧信号を増幅して A/D 変換器 32 に出力する。

A/D 変換器 32 は、前記各音圧信号を A/D 変換した音圧波形データを作成し、これを所定時間 T_p (例えば、 $T_p = 1/30$ 秒) 毎に記憶手段 34 に送る。音圧波形データは、第 1 の観測点 P_1 で観測された音の音圧波形データ A1 と第 2 の観測点 P_2 で観測された音の音圧波形データ A2 とが記憶手段 34 の別領域にそれぞれ記憶される。

映像入出力手段 33 は、カメラ 12 で撮影された映像信号を入力して A/D 変換し、この A/D 変換されたデータである画像データ G1 を前記所定時間 T_p 毎に記憶手段 34 に送る。

記憶手段 34 には、音圧波形データ A1, A2 と、画像データ G1 とが前記所定時間 T_p 毎に順次保存される。なお、第 1 の観測点 P_1 の位置座標 $P_1(x_1, y_1, z_1)$ と、第 2 の観測点 P_2 の位置座標 $P_2(x_2, y_2, z_2)$ も記憶手段 34 に保存される。

【0020】

音源方向推定手段 35 は、記憶手段 34 から、前記所定時間 T_p 毎に音源方向の推定演算を行うための音圧波形データ A1 を取出して各マイクロフォン M1 ~ M5 間の位相差を求め、求められた位相差から第 1 の観測点 P_1 からみた音源方向の水平角 θ_1 と仰角 ϕ_1 とを演算するとともに、音圧波形データ A2 を取出して各マイクロフォン M6 ~ M9 間の位相差を求め、求められた位相差から第 2 の観測点 P_2 からみた音源方向の水平角 θ_2 を演算する。

第 1 の観測点 P_1 からみた音源方向の水平角 θ_1 と仰角 ϕ_1 と第 2 の観測点 P_2 からみた音源方向の水平角 θ_2 とが音源距離算出手段 36 に出力され、前記水平角 θ_1 と仰角 ϕ_1 とが音源推定用画像作成手段 38 に出力される。また、前記水平角 θ_1 は水平投影画像作成手段 37 に出力される。

音源距離算出手段 36 は水平距離算出部 36a と音源距離算出部 36b とを備える。

水平距離算出部 36a は、第 1 の観測点 P_1 からみた音源方向の水平角 θ_1 と第 2 の観測点 P_2 からみた音源方向の水平角 θ_2 とから音源の位置座標の水平成分 (x_k, y_k) を求め、求められた水平成分 (x_k, y_k) と第 1 の観測点 P_1 の位置座標の水平成分 (x_1, y_1) とから第 1 の観測点 P_1 と音源との水平距離 L_{xy} を算出する。水平距離 L_{xy} は水平投影画像作成手段 37 に出力される。

10

20

30

40

50

音源距離算出部 36 b は、前記水平距離 L_{xy} と第 1 の観測点 P_1 からみた音源方向の仰角 θ_1 とから第 1 の観測点 P_1 と音源との距離 L を算出する。距離 L は表示画像作成手段 39 に出力される。

【 0021 】

水平投影画像作成手段 37 は、音源方向推定手段 35 で推定された第 1 の観測点 P_1 からみた音源方向の水平角 θ_1 と音源距離算出手段 36 の水平距離算出部 36 a で算出された第 1 の観測点 P_1 と音源との水平距離 L_{xy} とから、水平距離 L_{xy} と水平角 θ_1 とを極座標表示した水平投影画像 R_k を作成して表示画像作成手段 39 に出力する。水平投影画像においては、半径方向の長さが水平距離 L_{xy} で回転角が水平角 θ_1 である。

音源推定用画像作成手段 38 は、記憶手段 34 に記憶された画像データ G_1 と音源方向推定手段 35 で推定された第 1 の観測点 P_1 からみた音源方向の水平角 θ_1 と仰角 θ_1 とから画像中に音源の方向を示す図形が描画された音源推定用画像 G_k を作成して表示画像作成手段 39 に出力する。

表示画像作成手段 39 は、音源距離算出手段 36 で算出された第 1 の観測点 P_1 と音源との距離 L を表示する距離表示画像 L_k を作成するとともに、この距離表示画像 L_k と水平投影画像 R_k と音源推定用画像 G_k とを組み合わせた表示画像 M_k を表示手段 40 に出力する。

表示手段 40 は、ディスプレイなどの表示画面 40 M を備え、表示画像作成手段 39 で作成された表示画像 M_k を表示画面 40 M に表示する。

【 0022 】

次に、本発明による音源推定方法について、図 3 のフローチャートを参照して説明する。

まず、音・映像採取ユニット 10 を第 1 の観測点 P_1 にセットし、音採取ユニット 20 を第 2 の観測点 P_2 にセットするとともに、第 1 の観測点 P_1 の位置座標 $P_1(x_1, y_1, z_1)$ と第 2 の観測点 P_2 の位置座標 $P_2(x_2, y_2, z_2)$ とを演算・表示装置 30 に入力して記憶手段 34 に記憶させる (ステップ S10)。

このとき、音・映像採取ユニット 10 と音採取ユニット 20 とを、所定距離 K だけ離して、同じ水平面上に設置するとともに、音・映像採取ユニット 10 の向きと音採取ユニット 20 との向きを一致させることが肝要である。マイクロフォン M1 ~ M4 の高さや水平度は基台 16 の脚の長さを調整して確保し、マイクロフォン M6 ~ M9 の高さや水平度は基台 26 の脚の長さを調整して確保する。また、音・映像採取ユニット 10 の向きと音採取ユニット 20 の向きとは回転台 15 と回転台 25 とをそれぞれ調整して確保する。マイクロフォン支持台 13 の第 2 の支持板 132 とマイクロフォン支持台 23 の第 2 の支持板 232 とを一直線上にかつ同じ方向に配置するにはレーザー墨出し器を用い、音・映像採取ユニット 10 と音採取ユニット 20 との距離 K を確認するにはレーザー距離計を用いると、音・映像採取ユニット 10 と音採取ユニット 20 とを精度よく配置することができる。なお、カメラ 12 はマイクロフォン支持台 13 の第 1 の支持板 131 に取付けられているので、特に調整の必要はない。

【 0023 】

次に、マイクロフォン M1 ~ M5 にて第 1 の観測点 P_1 に到達した音の音圧信号を採取するとともに、カメラ 12 にて第 1 の観測点 P_1 から測定場所の映像を採取する。このとき、同時に、マイクロフォン M6 ~ M9 にて第 2 の観測点 P_2 に到達した音の音圧信号を採取する (ステップ S11)。

マイクロフォン M1 ~ M5 で採取された音圧信号とマイクロフォン M6 ~ M9 で採取された音圧信号は、増幅器 31 で増幅された後、A/D変換器 32 で A/D変換される。一方、カメラ 12 で採取された映像信号は映像入出力手段 33 で A/D変換される (ステップ S12)。

A/D変換された音圧信号と映像信号とは、それぞれ、記憶手段 34 に、音圧波形データ A1, A2、及び、画像データ G1 として保存される (ステップ S13)。

次に、音源方向推定手段 35 にて音圧波形データ A1 を取出して FFT にて周波数解析

10

20

30

40

50

し、各マイクロフォンM1～M4間の位相差を求め、求められた位相差から第1の観測点P₁からみた音源方向の水平角 θ_1 を演算する(ステップS14)とともに、音圧波形データA2を取出してFFTにて周波数解析し、各マイクロフォンM6～M9間の位相差を求め、求められた位相差から第2の観測点P₂からみた音源方向の水平角 θ_2 を演算する(ステップS15)。ステップS16では、各マイクロフォンM1～M5間の位相差から第1の観測点P₁からみた音源方向の仰角 α_1 を演算する。ステップS14～ステップS16の各処理は並列に行ってもよいし、ステップ順に行ってもよい。なお、本例では、位相差に代えて、位相差に比例する物理量である到達時間差D_{ij}を用いて水平角 θ 及び仰角 α を求めている。

このステップS14～ステップS16における水平角 θ 及び仰角 α の計算方法については後述する。

【0024】

次に、ステップS17で、図4に示すように、第1の観測点P₁からみた音源方向の水平角 θ_1 と第1の観測点P₁の位置座標の水平成分p₁(x₁, y₁)とを用いて、第1の観測点P₁を通り傾きが水平角 θ_1 に等しい直線l₁の式を求め、ステップS18で、第2の観測点P₂からみた音源方向の水平角 θ_2 と第2の観測点P₂の位置座標の水平成分p₂(x₂, y₂)とを用いて、第2の観測点P₂を通り傾きが水平角 θ_2 に等しい直線l₂の式を求める。

ステップS19では、直線l₁と直線l₂との交点p_kの座標を求めて、第1の観測点P₁と音源P_kとの水平距離L_{xy}を算出する。交点p_kの座標p_k(x_k, y_k)が音源P_kの位置座標の水平成分であるので、この音源P_kの位置座標の水平成分p_k(x_k, y_k)と第1の観測点P₁の位置座標の水平成分p₁(x₁, y₁)とから、第1の観測点P₁と音源P_kとの水平距離L_{xy}を算出することができる。

ステップS20では、図5に示すように、第1の観測点P₁と音源P_kとの水平距離L_{xy}とステップS16で推定した第1の観測点P₁からみた音源方向の仰角 α_1 とを用いて、第1の観測点P₁と音源P_kとの距離Lを算出する。なお、同図において、P'_kは音源P_kのマイクロフォンM1～M4の作る平面への正射影である。

【0025】

ステップ21では、図6の右下の円形のグラフに示すような、水平投影画像用の極座標画像を作成し、この極座標画像上に、ステップS19で算出した第1の観測点P₁と音源との水平距離L_{xy}とステップS14で推定された第1の観測点P₁からみた音源方向の水平角 θ_1 とを成分とする点(r, θ) = (L_{xy}, θ_1)を描画した水平投影画像R_kを作成する。

また、ステップ22では、ステップS14, S16で推定した第1の観測点P₁からみた音源方向の水平角 θ_1 と仰角 α_1 、ステップS13で保存した画像データG1とを合成し、図6の中央上側に示すような、合成された画像中に網目模様の丸印などの周波数毎の音源の方向を示す図形Cが描画された音源推定用画像G_kを作成する。この図形Cの様子は周波数を示し大きさは音圧信号の大きさを表すので、大きな図形Cがある領域で、かつ、図形Cの重なり重心位置を算出し、この重心位置を音源P_kの位置とし、音源推定用画像G_k上に描画する。図6の映像は、建設現場に導入されたショベルカーを撮影したもので、ショベルカーのエンジン付近での音が最も大きい。なお、図には示していないが、ショベルカーが移動しているときには、キャタピラ近傍の振動音も観測される。

ステップ21とステップ22の処理が終了すると、ステップS23に進み、表示画面40Mの水平投影画像表示欄40aに水平投影画像R_kを表示し、音源推定用画像表示欄40bに音源推定用画像G_kを表示するとともに、音源データ表示欄40cに音源P_kの位置データである水平角 θ_1 と仰角 α_1 と距離Lとを表示する。

なお、前記処理を保存された音圧波形データA1, A2及び画像データG1について、所定時間T_p毎に行って、水平投影画像R_kと音源推定用画像G_kとを作成して表示するとともに、水平角 θ_1 と仰角 α_1 と距離Lとを表示するようにすれば、音源P_kが移動している場合や音源P_kが間欠的に音を発する音源である場合でも、音源P_kと観測点との距離を

10

20

30

40

50

リアルタイムで把握することができる。

【 0 0 2 6 】

ステップ S 1 4 ~ ステップ S 1 6 における水平角 θ 及び仰角 ϕ の計算方法は以下の通りである。

各マイクロフォン対 (M i , M j) のマイクロフォン M i とマイクロフォン M j との間の到達時間差を D i j とすると、音の入射方向の水平角 θ は以下の式 (1) で表わせるので、マイクロフォン M 1 ~ M 4 の出力信号、及び、マイクロフォン M 6 ~ M 9 の出力信号を F F T を用いて周波数分析し、対象となる周波数 f における各マイクロフォン M i , M j 間の到達時間差 D i j を算出することにより、第 1 の観測点 P 1 からみた音源方向の水平角 θ_1 及び第 2 の観測点 P 2 からみた音源方向の水平角 θ_2 を推定することができる。

10

また、音の入射方向の仰角 ϕ は以下の式 (2) で表わせるので、マイクロフォン M 1 ~ M 5 の出力信号を F F T を用いて周波数分析し、対象となる周波数 f における各マイクロフォン M i , M j 間の到達時間差 D i j を算出することにより、第 1 の観測点 P 1 からみた音源方向の水平角 θ_1 を推定することができる。

【 数 1 】

$$\theta = \tan^{-1} \left(\frac{D_{13}}{D_{24}} \right) \dots (1)$$

$$\phi = \tan^{-1} \left(\frac{D_{51} + D_{52} + D_{53} + D_{54}}{2\sqrt{3} \cdot \sqrt{D_{13}^2 + D_{24}^2}} \right) \dots (2)$$

20

すなわち、互いに直交する 2 直線上にそれぞれ所定の間隔で配置された 2 組のマイクロフォン対 (M 1 , M 3) 及びマイクロフォン対 (M 2 , M 4) を構成するマイクロフォン M 1 , M 3 に入力する音圧信号の到達時間差 D 1 3 と、前記マイクロフォン対 (M 2 , M 4) を構成するマイクロフォン M 2 , M 4 に入力する音圧信号の到達時間差 D 2 4 との比から、第 1 の観測点 P 1 からみた音源方向の水平角 θ_1 を推定することができる。第 2 の観測点 P 2 からみた音源方向の水平角 θ_2 の推定も水平角 θ_1 の推定と同様に行うことができる。

また、マイクロフォン M 1 ~ M 5 間の到達時間差 D i j から第 1 の観測点 P 1 からみた音源方向の仰角 ϕ_1 を推定することができる。

30

なお、前記到達時間差 D i j は、2 つのマイクロフォン対 (M i , M j) に入力される信号のクロススペクトル P i j (f) を求め、更に、対象とする前記周波数 f の位相角情報 (r a d) を用いて、以下の式 (3) を用いて算出される。

【 数 2 】

$$D_{ij} = \frac{1}{2\pi f} \Psi \left[P_{ij}(f) \right] \text{ (sec)} \dots (3)$$

【 0 0 2 7 】

このように、本実施の形態では、複数のマイクロフォン M 1 ~ M 5 とカメラ 1 2 とを備えた音・映像採取ユニット 1 0 を第 1 の観測点 P 1 に配置して音圧信号と映像信号とを採取するとともに、複数のマイクロフォン M 6 ~ M 9 を備えた音採取ユニット 2 0 を第 2 の観測点 P 2 に配置して音圧信号を採取し、これらの音圧信号を A / D 変換した第 1 及び第 2 の観測点 P 1 , P 2 の音圧波形データ A 1 , A 2 を用いて第 1 の観測点 P 1 からみた音源 P k の水平角 θ_1 及び仰角 ϕ_1 と第 2 の観測点 P 2 からみた音源 P k の水平角 θ_2 を求めた後、水平角 θ_1 , θ_2 と第 1 及び第 2 の観測点 P 1 , P 2 の位置座標から音源 P k と第 1 の観測点 P 1 との水平距離 L x y を求め、この水平距離 L x y と水平角 θ_1 とを極座標表示した水平投影画像 R k を作成するとともに、第 1 の観測点 P 1 で採取した映像信号を A / D 変換した画像データ G 1 と水平角 θ_1 及び仰角 ϕ_1 とから、画像中に音源 P k の方向を示す図形が描画された音源推定用画像 G k を作成し、水平投影画像 R k と音源推定用画像 G k と距離 L のデータとを表示手段 4 0 の表示画面 4 0 M に表示するようにしたので、音源 P k を確実に把握

40

50

できるとともに、音源 P_k が移動している場合や音源 P_k が間欠的に音を発する音源である場合でも、音源 P_k 及び音源 P_k と観測点との距離をリアルタイムで把握することができる。

【0028】

なお、前記実施の形態では、低周波数帯域の音源を計測する音源推定システムについて説明したが、これに限るものではなく、注目する音の周波数帯域により、マイクロフォンの間隔を変更することで、任意の周波数帯域の音を含む音源を計測することが可能である。

また、前記例では、音・映像採取ユニット10と音採取ユニット20とを用いたが、2台の音・映像採取ユニット10を用いてもよい。この場合には、装置の備品点数は増えるが、音源 P_k が中央に映っている方の画像データを用いて音源推定用画像 G_k を作成できるという利点がある。また、音源 P_k が移動している場合には、音源推定用画像 G_k を切換えるなどできるので、音源 P_k を確実に把握できる。

10

【0029】

以上、本発明を実施の形態を用いて説明したが、本発明の技術的範囲は前記実施の形態に記載の範囲には限定されない。前記実施の形態に、多様な変更または改良を加えることが可能であることが当業者にも明らかである。そのような変更または改良を加えた形態も本発明の技術的範囲に含まれ得ることが、特許請求の範囲から明らかである。

【産業上の利用可能性】

【0030】

以上説明したように、本発明によれば、観測点で採取した音の音圧信号と映像信号とから音源を推定するとともに、推定された音源と観測点との距離を算出することができるので、音源を確実にかつリアルタイムで把握することができる。

20

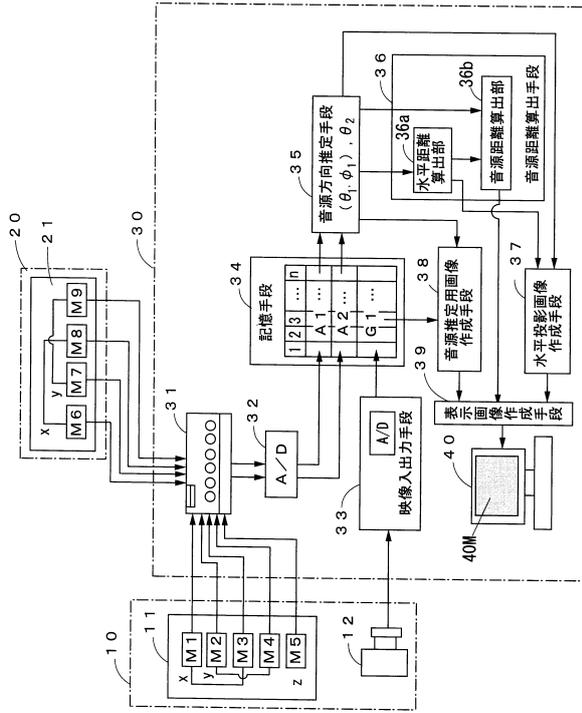
【符号の説明】

【0031】

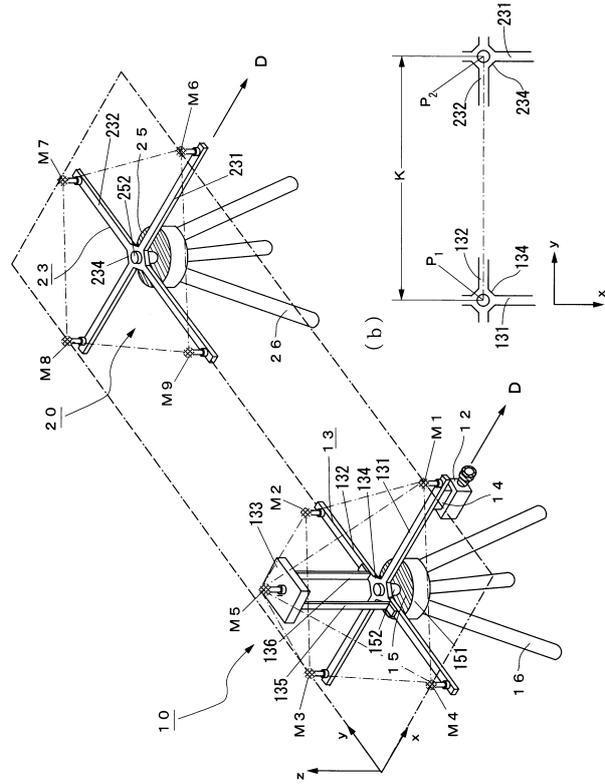
10 音・映像採取ユニット、11 第1の音採取手段、
 12 CCDカメラ(カメラ)、13, 23 マイクロフォン支持台、
 131~133 支持板、134 連結板、
 135, 136 脚部、14 カメラ支持部材、15, 25 回転台、151 固定部、
 152 回転軸、16, 26 基台、
 M1~M5 音・映像採取ユニットのマイクロフォン、
 20 音採取ユニット、21 第2の音採取手段、
 M6~M9 音採取ユニットのマイクロフォン、
 30 演算・表示装置、31 増幅器、32 A/D変換器、33 映像入出力手段、
 34 記憶手段、35 音源方向推定手段、36 音源距離算出手段、
 36a 水平距離算出部、36b 音源距離算出部、37 水平投影画像作成手段、
 38 音源推定用画像作成手段、39 表示画像作成手段、40 表示手段、
 40M 表示画面。

30

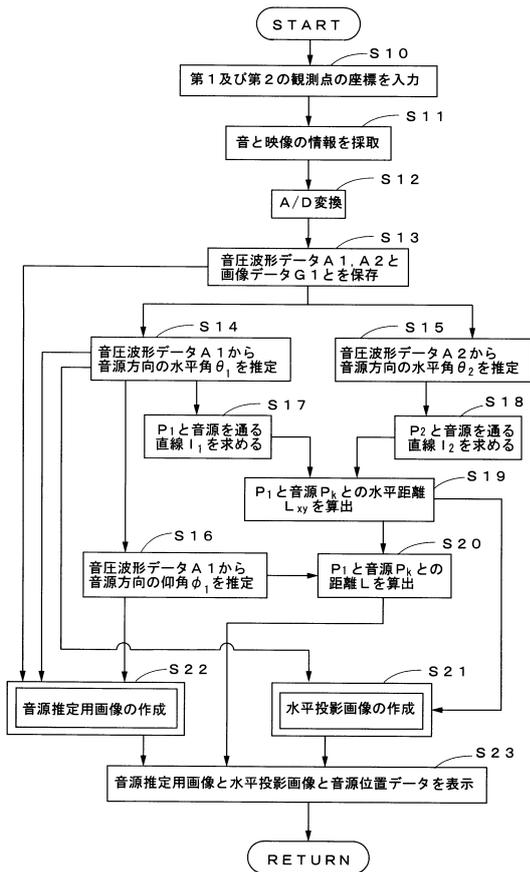
【図1】



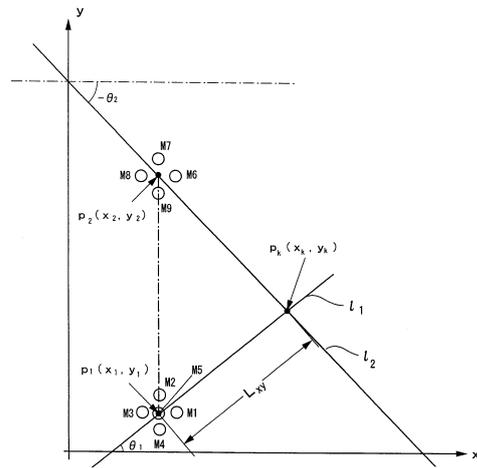
【図2】



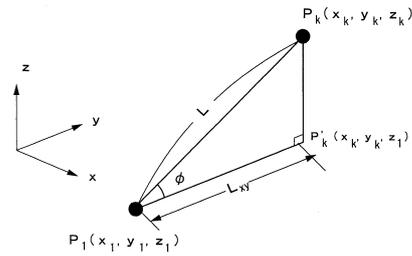
【図3】



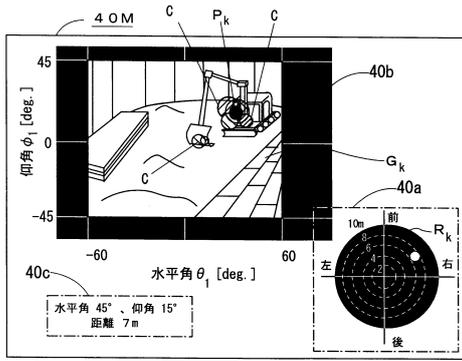
【図4】



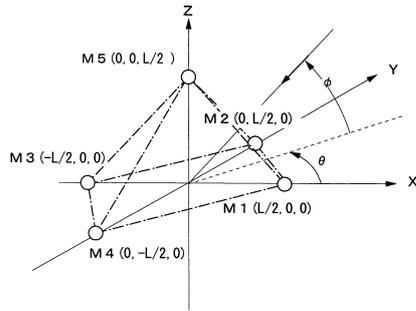
【図5】



【 図 6 】



【 図 7 】



フロントページの続き

- (72)発明者 山田 享
愛知県名古屋市東区東新町1番地 中部電力株式会社内
- (72)発明者 大脇 雅直
東京都新宿区津久戸町2番1号 株式会社熊谷組 東京本社内
- (72)発明者 財満 健史
東京都新宿区津久戸町2番1号 株式会社熊谷組 東京本社内

審査官 三田村 陽平

- (56)参考文献 特開2010-206419(JP,A)
特開2007-214753(JP,A)
特開2003-156552(JP,A)
特開2010-233173(JP,A)
特開2009-199158(JP,A)
特開平11-264873(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

G01S 1/72 - 1/82
G01S 3/80 - 3/86
G01S 5/18 - 5/30
G01S 7/52 - 7/64
G01S 15/00 - 15/96
H04R 1/00 - 1/46
H04R 3/00 - 3/14
G10L 15/28 - 15/34