

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報(A)

(11) 特許出願公開番号

特開2013-185856  
(P2013-185856A)

(43) 公開日 平成25年9月19日(2013.9.19)

(51) Int.Cl.	F I	テーマコード (参考)
GO1S 5/30 (2006.01)	GO1S 5/30	5J083
GO1S 15/10 (2006.01)	GO1S 15/10	
GO1S 7/526 (2006.01)	GO1S 7/526 L	
GO1P 5/00 (2006.01)	GO1P 5/00 C	

審査請求 未請求 請求項の数 5 O L (全 10 頁)

(21) 出願番号 特願2012-49081 (P2012-49081)  
(22) 出願日 平成24年3月6日(2012.3.6)

特許法第30条第1項適用申請有り

(出願人による申告)平成23年度、農林水産省、小型ロボットによる畦畔除草等自動化技術の開発委託事業、産業技術力強化第19条の適用を受ける特許出願

(71) 出願人 504132272  
国立大学法人京都大学  
京都府京都市左京区吉田本町36番地1  
(71) 出願人 595078091  
株式会社システムワット  
兵庫県神戸市北区桂木2丁目7番地の5  
(74) 代理人 100082832  
弁理士 森本 邦章  
(72) 発明者 近藤 直  
京都市京都市左京区北白川追分町  
国立大学法人京都大学大学院農学研究科内

最終頁に続く

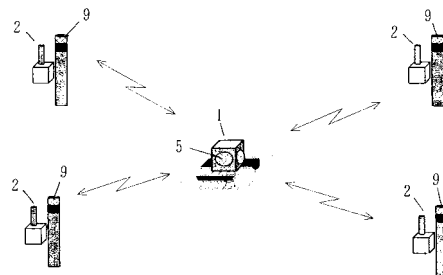
(54) 【発明の名称】 ドップラー効果を利用した位置測定方法および風速測定方法

(57) 【要約】 (修正有)

【課題】風による音速変化の補償を行い測定精度の高い位置測定方法を提供する。

【解決手段】ドップラー効果を利用した風速の測定結果に基づき音速変化の補償を行う位置測定方法であって、被位置測定体1から所定の周波数の音波を送信して位置測定体2に受信させて、その受信時刻と送信時刻から上記音波の伝搬時間を算出するとともに、ドップラー効果に基づく風による音速変化の補償を行って位置測定体2からの被位置測定体1の距離を算出して位置測定する。

【選択図】図1



**【特許請求の範囲】****【請求項 1】**

ドップラー効果を利用した風速の測定結果に基づき音速変化の補償を行う位置測定方法であって、被位置測定体から所定の周波数の音波を送信して位置測定体に受信させ、その受信時刻と送信時刻から上記音波の伝搬時間を算出するとともに、ドップラー効果に基づく風による音速変化の補償を行って位置測定体からの被位置測定体の距離を算出して位置測定することを特徴とするドップラー効果を利用した位置測定方法。

**【請求項 2】**

移動する被位置測定体から位置測定用の音波と風速補償用の一定の周波数の音波を交互にスピーカから送信し、位置測定体のマイクで受信して被位置測定体の距離を逐次算出して位置測定する請求項 1 に記載のドップラー効果を利用した位置測定方法。

10

**【請求項 3】**

被位置測定体から送信される位置測定用の音波がスペクトル拡散音の M 系列符号の音波であって、当該音波を受信した位置測定体が行う距離算出方法が当該音波の M 系列符号について相関処理を行って同期処理するものである請求項 1 または 2 に記載のドップラー効果を利用した位置測定方法。

**【請求項 4】**

位置測定体を 1 個以上とし、移動する被位置測定体との距離を数十 m 以上離れた状態となる位置に設置した請求項 1 ないし 3 のいずれかに記載のドップラー効果を利用した位置測定方法。

20

**【請求項 5】**

被位置測定体を含む音波送信体から所定の周波数の音波を送信して位置測定体を含む音波受信体に受信させ、その音波を周波数解析してそのスペクトル成分の帯域幅より音波送信体から音波受信体間の風速を測定することを特徴とするドップラー効果を利用した風速測定方法。

**【発明の詳細な説明】****【技術分野】****【0001】**

本発明は、測定分野における、特に精度よく位置測定できるドップラー効果を利用した位置測定方法および風速測定方法に関するものである。

30

**【背景技術】****【0002】**

近年、日本の農業において、農業従事者の減少や高齢化に伴い、農業生産、管理作業等の省力化や低コスト化がますます重要な課題となっている。その中で自動化が進んでいない作業の中で、畦畔での除草作業が挙げられる。特に、中山間地の棚田や段畑においては、刈払い機など人力に依存しているのが現状で、この重労働かつ危険な除草作業を自動で行うために小型除草ロボットの開発が進められている。

**【0003】**

ロボットが自動で草刈作業をするときに、経路生成や位置検出には GPS を用いることが考えられる。しかし、精度の高い GPS は、高価であり、また中山間地域では必ずしも必要な数の GPS 衛星を補足できないこともあり、低価格の実用機を目指すのは困難である。

40

**【0004】**

また、屋外等で音波を利用して位置測定する場合、風の吹く環境下では風による音速の変化に伴う測定精度の低下があり、精度よく位置測定できないものであった。

**【0005】**

特許調査の結果、特表 2005 - 516190 号公報のように、各デバイス間で音波を相互に送受信することで、風速の影響を相殺することが提案されている。また、ドップラー効果を利用することにより風速を測定することが知られている。

**【先行技術文献】**

50

## 【特許文献】

【0006】

【特許文献1】特表2005-516190号公報

## 【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0007】

しかし、前者では、各デバイス間で音波を相互に送受信させているため、デバイスや処理が複雑となり、コストが増大する。また、後者のドップラー効果により風速を測定する方法では、スピーカとマイクを固定して設置したもので、スピーカとマイクを固定する必要があり、移動する物体の位置測定システムに応用することが難しい。

10

【0008】

そのため、屋外等の風の吹く環境下でも、風による音速の変化に伴う測定精度を低下することなく、移動する物体の位置等を精度よく測定することが課題であった。

【課題を解決するための手段】

【0009】

本発明は、上記のような点に鑑みたもので、上記の課題を解決するために、ドップラー効果を利用した風速の測定結果に基づき音速変化の補償を行う位置測定方法であって、被位置測定体から所定の周波数の音波を送信して位置測定体に受信させ、その受信時刻と送信時刻から上記音波の伝搬時間を算出するとともに、ドップラー効果に基づく風による音速変化の補償を行って位置測定体からの被位置測定体の距離を算出して位置測定すること

20

【0010】

また、移動する被位置測定体から位置測定用の音波と風速補償用の一定の周波数の音波を交互にスピーカから送信し、位置測定体のマイクで受信して被位置測定体の距離を逐次算出して位置測定するドップラー効果を利用した位置測定方法を提供するにある。

【0011】

さらに、被位置測定体から送信される位置測定用の音波がスペクトル拡散音のM系列符号の音波であって、当該音波を受信した位置測定体が行う距離算出方法が当該音波のM系列符号について相関処理を行って同期処理するものであるドップラー効果を利用した位置測定方法を提供するにある。

30

【0012】

さらにまた、位置測定体を1個以上とし、移動する被位置測定体との距離を数十m以上離れた状態となる位置に設置したドップラー効果を利用した位置測定方法を提供するにある。

【0013】

さらにまた、被位置測定体を含む音波送信体から所定の周波数の音波を送信して位置測定体を含む音波受信体に受信させ、その音波を周波数解析してそのスペクトル成分の帯域幅より音波送信体から音波受信体間の風速を測定することを特徴とするドップラー効果を利用した風速測定方法を提供するにある。

【発明の効果】

40

【0014】

本発明のドップラー効果を利用した位置測定方法は、特許請求の範囲の請求項1のように、ドップラー効果を利用した風速の測定結果に基づき音速変化の補償を行う位置測定方法であって、被位置測定体から所定の周波数の音波を送信して位置測定体に受信させ、その受信時刻と送信時刻から上記音波の伝搬時間を算出するとともに、ドップラー効果に基づく風による音速変化の補償を行って位置測定体からの被位置測定体の距離を算出して位置測定することによって、装置を複雑にすることなく、被位置測定体の位置を測定することができるものであり、ドップラー効果に基づく風による音速変化の補償を行って、屋外等の風の吹く環境下でも、風による音速の変化に伴う測定精度を低下することなく、被位置測定体の位置を精度よく測定することができる。

50

## 【0015】

また、請求項2のように、移動する被位置測定体から位置測定用の音波と風速補償用の一定の周波数の音波を交互にスピーカから送信し、位置測定体のマイクで受信して被位置測定体の距離を逐次算出して位置測定することによって、装置を簡単化できて、上記したようにドップラー効果に基づく風による音速変化の補償を行って、屋外等の風の吹く環境下でも、風による音速の変化に伴う測定精度を低下することなく、移動する被位置測定体の位置を精度よく測定することができる。

## 【0016】

さらに、請求項3のように、被位置測定体から送信される位置測定用の音波がスペクトル拡散音のM系列符号の音波であって、当該音波を受信した位置測定体が行う距離算出方法が当該音波のM系列符号について相関処理を行って同期処理することによって、スペクトル拡散音のM系列符号の優れた自己相関特性と雑音耐性を利用して、屋外等の風の吹く環境の雑音下でも、高精度に上記のように位置測定できるとともに、無線ネットワークなので位置測定体の追加や除去が容易で、かつその配置も自由に行なえて位置測定することができる。

10

## 【0017】

さらにまた、請求項4のように、位置測定体を1個以上とし、移動する被位置測定体との距離を数十m以上離れた状態となる位置に設置したことによって、測定距離が数十m以上の測定であっても、位置測定体からの算出距離で移動する被位置測定体を位置測定することができるとともに、数cm位の誤差で位置測定することができる。

20

## 【0018】

さらにまた、請求項5のように、被位置測定体を含む音波送信体から所定の周波数の音波を送信して位置測定体を含む音波受信体に受信させ、その音波を周波数解析してそのスペクトル成分の帯域幅より音波送信体から音波受信体間の風速を測定することによって、ドップラー効果を利用して音波送信体から音波受信体間の風速を測定することができる。

## 【図面の簡単な説明】

## 【0019】

【図1】本発明の位置測定システムの概要説明図、

【図2】同上の距離算出の概要説明図、

【図3】同上のドップラー効果の風力による音速変化の原理説明図、

【図4】同上の風速の違いによる周波数特性説明図(a)、(b)、(c)、

【図5】同上の風による音速変化の周波数特性説明図、

【図6】同上の周波数とパワースペクトルの関係図、

【図7】同上の屋内における風速とパワースペクトルの関係図、

【図8】同上の屋外における風速とパワースペクトルの関係図、

【図9】同上の風速とパワースペクトルの関係図、

【図10】同上の風速とパワースペクトルの関係図、

【図11】参考用の風による音速変化の実験結果図。

## 【発明を実施するための形態】

## 【0020】

本発明の位置測定方法は、ドップラー効果を利用した風速の測定結果に基づき音速変化の補償を行う位置測定方法であって、被位置測定体から所定の周波数の音波を送信して位置測定体に受信させ、その受信時刻と送信時刻から上記音波の伝搬時間を算出するとともに、ドップラー効果に基づく風による音速変化の補償を行って位置測定体からの被位置測定体の距離を算出して位置測定することを特徴としている。

40

## 【0021】

ドップラー効果を利用した位置測定方法は、図1のように移動する被位置測定体1のまわりに1個以上(図上4個)の位置測定体2を所定の距離を隔てて配設し、位置測定体2から被位置測定体1の距離を逐次測定して被位置測定体1の位置を測定するようにしている。

50

## 【 0 0 2 2 】

図 2 のように上記移動する被位置測定体 1 には、装着したプロセッサ 3 によって位置測定用のスペクトル拡散音を含む音波と風速補償用の一定の周波数の音波を交互に作成し、D / A 変換してオーディオアンプ 4 により増幅し、スピーカ 5 から位置測定体 2 側へ送信される。また、この送信するタイミングで、プロセッサ 3 より同期信号を無線デバイス 6 へ出力して位置測定体 2 側へ送信して通知するようにしている。

## 【 0 0 2 3 】

そして、位置測定体 2 では、図 2 のように装着した無線デバイス 7 で上記同期信号を受信して検出した後、プロセッサ 8 に同期信号を出力し、同期信号を検出した後、上記マイク 9 から出力される音波信号を A / D 変換する。そして、バッファに音波データが溜まった時点で相関処理して相関ピーク検出等の所要の処理を行い、スペクトル拡散音等の音波によってスピーカ 5 マイク 9 間の距離を上記プロセッサ 8 で算出し、その結果を無線デバイス 7 を介して被位置測定体 1 に送信して通知するようにして、その距離情報を基に音速にその伝播時間を乗算して被位置測定体 1 の位置を測定するようにしている。

## 【 0 0 2 4 】

1 次元では 1 個の位置測定体 2 で位置測定でき、2 次元では 2 個の位置測定体 2 でも位置測定できるが、その際 2 つの円の交点の 1 の位置を選択して位置測定できる。図 1 のように 3 個以上では、これらの円の交点ないし重なり合う近傍点として位置測定される。

## 【 0 0 2 5 】

音波は、障害物があっても回り込みやすく、かつ測定手段が安価である利点がある。スペクトル拡散音は雑音耐性を有して精度よく位置測定できるものであり、その音源として M 系列符号を音波として用いることで、M 系列符号の優れた自己相関特性と雑音耐性を有していることから測定精度および雑音耐性を向上できる。また、位置測定器 2 側で相関処理および距離計算を行うことで、相関処理等の演算コストを分散でき、被位置測定体 1 の負荷が減り、全体のプロセッサを安価に構築できる。さらに、上記のように被位置測定体 1 と位置測定体 2 とを無線デバイス 6、7 を用いて同期制御処理するので、高精度に位置測定ができる。

## 【 0 0 2 6 】

しかし、屋外等の風の影響があるところでは、上記のように音波による位置測定をすると測定に誤差が生じる。その主な誤差要因は、風によって音速が変化して測定精度が低下することにある。そのため、風による音速変化の補償を行って補正する必要がある。

## 【 0 0 2 7 】

風が吹く環境下では、音波による距離  $D$  ( m ) は、スピーカ 5 からマイク 9 までの音の伝搬時間  $T$  ( s )、音速  $V_s$  ( m / s )、温度  $t$  ( )、風速  $V_w$  ( m / s ) とすると、次式で求められる。

$$D = V_s \times T$$

$$V_s = 331.5 + 0.61 \times t + V_w$$

ここに、風速  $V_w$  はスピーカ 5 からマイク 9 に吹く追風のときはプラス、逆風のときはマイナスになる。

## 【 0 0 2 8 】

上式より距離  $D$  の精度向上には、風速  $V_w$  と温度も正確に測定する必要があり、風速と温度の影響を含んだ音速  $V_s$  ( m / s ) に修正できて、音波の風速変化による補償が可能となる。

## 【 0 0 2 9 】

本発明では、ドップラー効果を利用した風速による音速変化の補償するもので、図 3 はその原理を示すものである。図 3 のようにマイク 9 とスピーカ 5 を配置し、スピーカ 5 から周波数  $f$  の音波を放射する。このとき、音速  $c$  は速度  $V$  で移動する微粒子に散乱反射し、次式のようにドップラー現象によりマイク 9 の受信する周波数  $f'$  は、次のように求められる。ここに、 $f'$  は、微粒子に衝突したときの音の周波数である。

10

20

30

40

50

$$f' = \frac{(c - V \cos \theta_1)}{c} f \quad f'' = \frac{c}{(c - V \cos \theta_2)} f'$$

$$f'' = \frac{(c - V \cos \theta_1)}{(c - V \cos \theta_2)} f$$

## 【0030】

上記の式から、周波数  $f$ 、 $f'$ 、 $c$ 、 $\theta_1$ 、 $\theta_2$  が既知もしくは測定可能であれば、風速  $V$  を求めることができる。しかし、位置測定する場合、スピーカ5またはマイク9の位置は定まらず、よって  $\theta_1$ 、 $\theta_2$  も一定値にならない。そこで、一定周波数の音を出力したとき、マイク9は、 $0^\circ < \theta_1 < 90^\circ$ 、 $0^\circ < \theta_2 < 90^\circ$  の範囲内でドップラー効果が起きた音を受信していると考え、風速により周波数がどのように変化するか、上式に代入して計算した。たとえば、ロボットに設置したスピーカ5からの音を利用して距離を計測するとすれば、 $0^\circ < \theta_1 < 90^\circ$ 、 $0^\circ < \theta_2 < 90^\circ$  の範囲内でドップラー効果が起きた音をマイク9で拾っていると考えられる。ここで、音速  $c = 340 \text{ m/s}$ 、送信音波の周波数  $f = 2.4 \text{ kHz}$  とした。

## 【0031】

その結果は、図4(a)、(b)、(c)であり、各グラフはx軸が  $\theta_1$ 、y軸が  $\theta_2$ 、z軸が受信周波数を表している。図5は、風速とそのときの受信周波数の最大値と最小値を表したものである。図4、図5のように風速が強くなると、計測周波数の幅が広がっている。

## 【0032】

このような結果、たとえば図5の関係から、風速  $V_w$  は、次式のように求めることができる。

$$V_w = \frac{1}{70} f_{\max} - 342.8 \quad V_w = -\frac{1}{70} f_{\min} + 342.8$$

$f_{\max}$ 、 $f_{\min}$  は、受信音波信号をフーリエ変換ときのパワースペクトルがある一定値以上の最大周波数と最小周波数の値である。

## 【0033】

しかし、 $\theta_1$ 、 $\theta_2$  の全ての範囲を同音圧レベルで受信できないため、一意に最大周波数と最小周波数を定めることが困難となる。そこで、受信音波信号をフーリエ変換等の周波数解析し、中心周波数  $f_c$  のパワースペクトル  $F_c$  を基準とした差分値が最大となる周波数  $f_m$  のパワースペクトル  $F_m$  を求め、その差分値を特徴量  $df$  として用いて、風速  $V_w$  を次式のように算出した。

$$df = \frac{F_m - F_c}{f_m - f_c} \quad V_w = \frac{df - 1.69}{-0.173}$$

## 【0034】

したがって、本発明は、ドップラー効果を利用して風速測定することができ、上記のような被位置測定体のスピーカ等を含む音波送信体から所定の周波数の音波を送信して位置測定体のマイク等を含む音波受信体に受信させ、その音波を周波数解析してそのスペクトル成分の帯域幅より音波送信体から音波受信体間の広範囲の平均的な風速を測定することができる。スピーカ等の音波送信体とマイク等の音波受信体の安価な装置で上記したように風速測定することが可能で、別途デバイスを付加することなく、プロセッサで受信した音波を周波数解析して風速を知ることができ、安価な風速測定システムを構築することができる。

## 【0035】

そしてまた、上記したようにして位置計測用の音波の出力の直後に風速測定用の音波を出力することで、位置計測用の音波が受けたほぼ同じ風の影響を測定することができ、位置計測用の音波の出力と風速測定用の音波を交互に出力することで、移動する被位置測定体1の位置を逐次測定していくことができる。なお、温度計を設けて音速を補償することもできる。

## 【実施例】

## 【0036】

このようなことからドップラー効果を確認するために、実験を行った。図6に示しているようにスピーカ5とマイク9を1mの距離に設置し、扇風機を用いて、4.46m/s、2.99m/s、2.23m/sの風をスピーカ5側からマイク9方向に向かって発生させた。スピーカ5からは、周波数24kHzの音波を送信し、マイク9で受信した音波を周波数解析した。図6に受信した周波数成分を示す。図6より、原理通り風速が大きくなる程、受信音波の周波数幅が増大している。よって、ドップラー効果を利用して、周波数帯域幅から風速を上記した算出式から風速Vwを決定することができる。表1は、このようにして算出した風速Vwと既製品の風速計を用いて計測した風速を比較して示したもので、本発明のドップラー効果を利用して風速測定することが十分可能であることが実証できた。

10

## 【0037】

表1 ドップラー効果を利用した風速測定と既製品の風速計による風速結果表

## 【表1】

20

実風速(既製品の風速計) [m/s]	推定風速(本手法) [m/s]
4.46	4.71
2.99	2.92
2.23	2.07

## 【0038】

また、スペクトル拡散音と周波数を24kHzに固定した一定周波数の音を交互にスピーカ5から放射し、屋内と屋外とで実験した。その結果、屋内における風速を変えたそれぞれのパターンのマイク9が受信した音の周波数とそのパワースペクトルの関係は、それぞれ図7、図8のものであった。これにより、風速は強くなるほど周波数の幅が広がっていることが分かる。図9は、ピークとなる24kHzからのパワースペクトルの差分が一番大きくなる点に注目した結果を示すもので、風速と差分の間に相関が見られる。

30

## 【0039】

図10は、屋外実験における結果を示す。風向は、マイク9からスピーカ5に向かって吹いていた。上記のように屋内において相関関係が見られ、屋外でも風速と差分の間に相関関係が見られる。屋外では、風速計を同期のためにスピーカとマイクの上に置いて計測したため、実際の風速とずれが生じていたことが考えられるが、風速による音速変化が生じることが分かり、その補償を行うことは有効であると判断できる。

40

## 【0040】

なお、参考用に、暗騒音40dB(F)、出力音圧レベル80dB(F)、測定距離0.5、5、10、20、40、50mとして実験を行った。パソコンによりスペクトル拡散音のM系列符号の音波、周波数24kHzの音波、同期信号を作成し、メディアプロセッサにより出力した。図1、図2で説明したように、スペクトル拡散音は、移動する被位置測定体1のオーディオアンプを通してスピーカにより出力される。同期信号は、無線デバイスに入力され、位置測定体2側へ送信して通知する。

## 【0041】

位置測定体2では、無線デバイスで上記同期信号を受信して検出した後、プロセッサに

50

同期信号を出力し、同期信号を認識するとマイク 9 から出力される音波信号を A / D 変換する。そして、録音バッファに音波データが溜まると相関処理し、スピーカ 5 マイク 9 間の距離を算出し、その結果を無線デバイスを介して被位置測定体 1 のパソコンに送信して表示する。距離取得間隔は 3 5 0 m s である。

【 0 0 4 2 】

その結果を図 1 1 に示す。 は実測測定誤差、 は風速のデータを用いて補償したときの測定誤差である。 は 2 0 m 以降の誤差は線形に悪くなる。これは、2 0 ~ 5 0 m の間で風が 0 . 3 m / s 程度マイクからスピーカ方向に吹いていたためである。この風速を音速に足し合せて再計算した結果は のプロットである。風の影響を考慮すれば、5 0 m 以内でも誤差 2 0 m m 以内であり、風による音速変化の補償によって、かなりの精度で位置測定することが可能である。

10

【 0 0 4 3 】

このことは、上記したドップラー効果を利用した風速の測定結果に基づき音速変化の補償を行う位置測定方法に適用できるものであり、特に被位置測定体から送信される位置測定用の音波がスペクトル拡散音の M 系列符号の音波であって、当該音波を受信した位置測定体が行う距離算出方法が当該音波の M 系列符号について相関処理を行って同期処理することによって、スペクトル拡散音として M 系列符号を介して優れた自己相関特性と雑音耐性を利用して高精度に位置測定できるものである。

【 0 0 4 4 】

そして、上記のように無線ネットワークの構築によって、位置測定体の追加や除去が容易で、かつその配置も自由に行なうことができ、さらに障害物にも位置測定体を所定位置に適宜数設置して対処することができる。

20

【 0 0 4 5 】

なお、上記したように位置測定体は 1 次元では 1 個の位置測定体でよく、2 次元では 2 個の位置測定体でも測定可能である。また、異なる M 系列符号の音波を利用することによって、同時に 2 以上の移動する被位置測定体の位置測定を行うことができる。そして、上記のようにして被位置測定体を数十 m 以上離れて移動しても、数 c m 位の誤差で精度よく位置測定することができる。

【 産業上の利用可能性 】

【 0 0 4 6 】

本発明は、精度よく位置測定や風速測定できて、農業分野での畦畔や中山間地の棚田や段畑でのロボット等による除草処理、ドーム、工場や屋外での物流、搬送の自走台車走行や清掃ロボット、空港等での自走台車配送や清掃ロボット、除草ロボット、その他の航法システム、屋内、屋外での風循環のモニタリング、気象データ観測、道路通行風速情報システムなどに広く利用することができる。

30

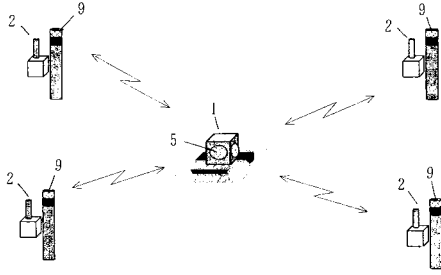
【 符号の説明 】

【 0 0 4 7 】

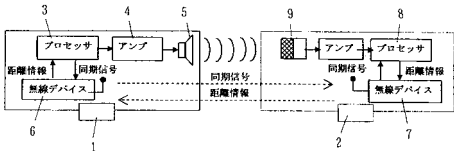
1 ... 被位置測定体	2 ... 位置測定体	3 ... プロセッサ	5 ... スピーカ
6 , 7 ... 無線デバイス	8 ... プロセッサ	9 ... マイク	



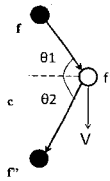
【 図 1 】



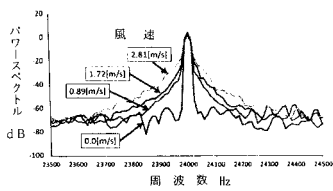
【 図 2 】



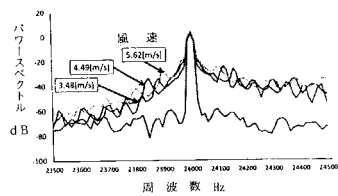
【 図 3 】



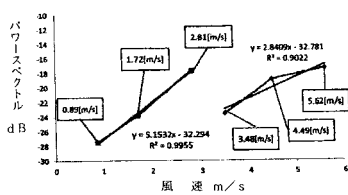
【 図 7 】



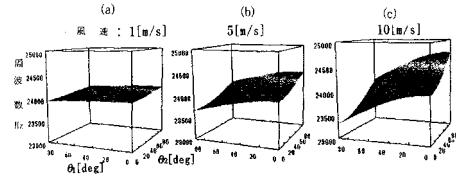
【 図 8 】



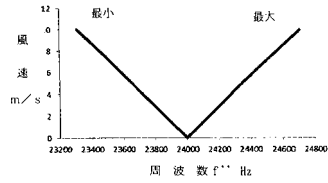
【 図 9 】



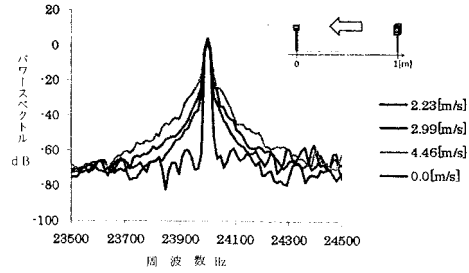
【 図 4 】



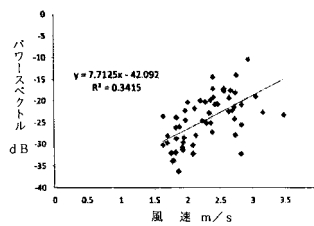
【 図 5 】



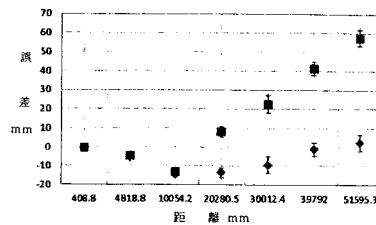
【 図 6 】



【 図 10 】



【 図 11 】



## フロントページの続き

- (72)発明者 椎木 友朗  
京都府京都市左京区北白川追分町  
研究科内 国立大学法人京都大学大学院農学
- (72)発明者 山本 一哉  
京都府京都市左京区北白川追分町  
研究科内 国立大学法人京都大学大学院農学
- (72)発明者 田村 壽規  
京都府京都市左京区北白川追分町  
研究科内 国立大学法人京都大学大学院農学
- (72)発明者 スラメット ウィドド  
京都府京都市左京区北白川追分町  
研究科内 国立大学法人京都大学大学院農学
- (72)発明者 小川 雄一  
京都府京都市左京区北白川追分町  
研究科内 国立大学法人京都大学大学院農学
- (72)発明者 菊池 日出男  
兵庫県神戸市中央区磯辺通4丁目1番38号  
ムワット内 タツミ三宮ビル 株式会社システ
- (72)発明者 柳田 径吾  
兵庫県神戸市中央区磯辺通4丁目1番38号  
ムワット内 タツミ三宮ビル 株式会社システ

Fターム(参考) 5J083 AA04 AC08 AD02 AE08 AF01 BA08 BE10 CA02 DA01