

(12) 特許協力条約に基づいて公開された国際出願

(19) 世界知的所有権機関
国際事務局

(43) 国際公開日
2015年5月21日(21.05.2015)



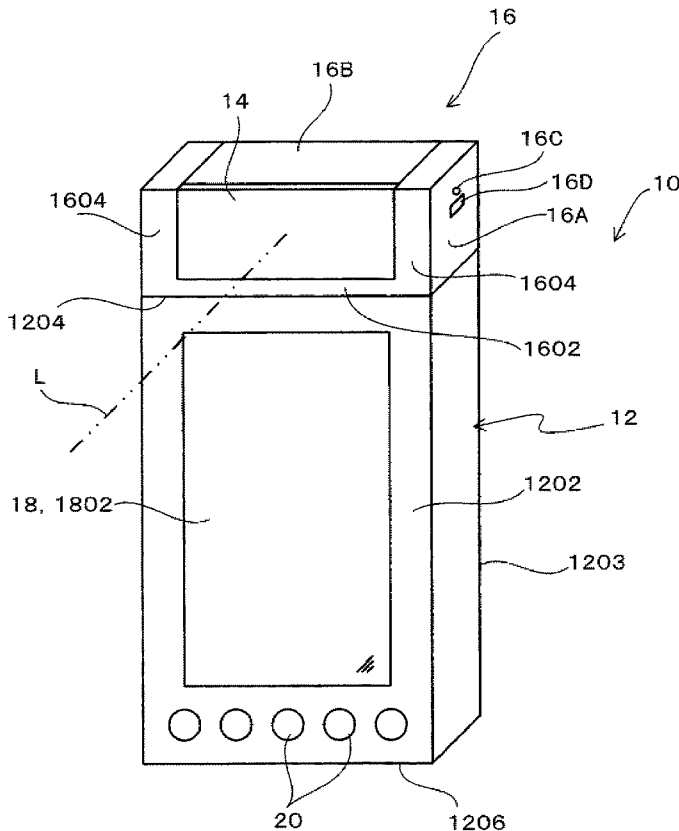
(10) 国際公開番号
WO 2015/071928 A1

- (51) 国際特許分類:
G01S 13/58 (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2013/006674
- (22) 国際出願日: 2013年11月13日(13.11.2013)
- (25) 国際出願の言語: 日本語
- (26) 国際公開の言語: 日本語
- (71) 出願人: 横浜ゴム株式会社 (THE YOKOHAMA RUBBER CO., LTD.) [JP/JP]; 〒1058685 東京都港区新橋5丁目3番1号 Tokyo (JP).
- (72) 発明者: 三枝 宏 (SAEGUSA, Hiroshi); 〒2548601 神奈川県平塚市追分2番1号 横浜ゴム株式会社 平塚製造所内 Kanagawa (JP). 北崎 剛史 (KITAZAKI, Tsuyoshi); 〒2548601 神奈川県平塚市追分2番1号 横浜ゴム株式会社 平塚製造所内 Kanagawa (JP).
- (74) 代理人: 野田 茂 (NODA, Shigeru); 〒1620825 東京都新宿区神楽坂4丁目2番地 山本ビル4階 Tokyo (JP).
- (81) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の国内保護が可能): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JP, KE, KG, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.
- (84) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の広域保護が可能): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), ヨーロッパ (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

[続葉有]

(54) Title: MOVING BODY ROTATION SPEED MEASUREMENT DEVICE

(54) 発明の名称: 移動体の回転数計測装置



(57) Abstract: Provided is a moving body rotation measurement device that makes it possible for a user, or the like, to easily measure the rotation speed of a spherical moving body. An input unit (20) receives diameter information about a spherical moving body. A measurement processing unit (24) calculates the movement speed and rotation speed of the moving body on the basis of a Doppler signal and the diameter information. The measurement processing unit (24) calculates the movement speed using the maximum peak value of a Doppler signal obtained continuously over a prescribed measurement time and calculates the rotation speed using the maximum frequency width value of the Doppler signal. A display unit (18) shows display content that includes the calculated movement speed and rotation speed.

(57) 要約: 使用者等が容易に球体である移動体の回転数を計測することができる移動体の回転計測装置を提供する。入力部20には、移動体である球体の径情報が入力される。計測処理部24はドップラー信号および径情報に基づいて、前記移動体の移動速度および回転数を算出する。計測処理部24は、所定の計測時間中に継続して得られるドップラー信号のうち、ピーク値の最大値を用いて移動速度を算出するとともに、周波数幅の最大値を用いて回転数を算出する。表示部18は、算出された移動速度および回転数を含む表示内容を表示する。

WO 2015/071928 A1

添付公開書類:

— 国際調査報告 (条約第 21 条(3))

明 細 書

発明の名称：移動体の回転数計測装置

技術分野

[0001] 本発明は、球体の移動体の回転数を計測する回転数計測装置に関する。

背景技術

[0002] 野球の投球など、球体である移動体の回転数を測定する方法としては、主に以下の3つの方法が知られている。(1) 移動する球体の画像を撮影し、画像解析技術を用いて回転数を算出する方法(たとえば、下記特許文献1参照)、(2) 球体内に加速度センサを取り付け、得られた加速度データの周期性から回転速度を計測する方法(たとえば、下記特許文献2参照)、(3) アンテナから電波を送信波として発信し、送信波と、移動体からの反射波との周波数変化から移動体の移動速度を算出するドップラー法(たとえば、下記特許文献3～5参照)。

先行技術文献

特許文献

[0003] 特許文献1：特開2006-234485号公報
特許文献2：特開2010-256068号公報
特許文献3：特開2003-294777号公報
特許文献4：特開2003-043141号公報
特許文献5：US6244971公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0004] しかしながら、上述した従来技術のうち、(1)の画像解析技術を用いる方法では、画像撮影のためのカメラ等を用いるため、大掛かりなシステムが必要となり、導入には多大なコストがかかるという問題点がある。また、(1)の方法では、自動で回転数を計測することが困難であり、たとえば使用者が自身の投球の回転数を計測することが困難であるという問題点がある。

[0005] また、(2)の球体内に加速度センサを取り付ける方法では、球体の性質や性能を通常の球体と同様にすることが困難となり、適用分野が限られてしまうという問題点がある。また、(3)のドップラー法では、一般に電波の送信系の機器と受信系の機器とが分かれており、安定した計測をおこなうのが困難であるという問題点がある。また、(3)の方法では、計測装置の小型化を図ることが困難であるという問題点がある。

[0006] 本発明は、このような事情に鑑みてなされたものであり、その目的は、使用者等が容易に球体である移動体の回転数を計測することができる移動体の回転数計測装置を提供することにある。

課題を解決するための手段

[0007] 上記目的を達成するために、本発明の移動体の回転数計測装置は、指向性を有し、供給される送信信号に基づいて球体の移動体に向けて送信波を送信するとともに、前記移動体で反射された反射波を受信して受信信号を生成するアンテナと、前記アンテナに前記送信信号を供給するとともに、前記受信信号に基づいてドップラー周波数を有するドップラー信号を生成するドップラーセンサと、前記球体の径情報が入力される入力部と、前記ドップラー信号および前記径情報に基づいて、前記移動体の移動速度および回転数を算出する計測処理部と、前記算出された移動速度および回転数を含む表示内容を表示する表示部と、少なくとも前記表示部を保持する筐体とを備える、ことを特徴とする。

発明の効果

[0008] 本発明によれば、ドップラー信号を用いることにより、比較的低い周波数領域で移動体の回転数および移動速度を計測することができるので、簡易な構成で移動体の回転数および移動速度を計測することができる。

図面の簡単な説明

[0009] [図1]実施の形態にかかる回転数計測装置10の外観を示す斜視図である。

[図2]回転数計測装置10の正面図である。

[図3]図2のA矢視図である。

[図4]図2のB矢視図である。

[図5]図4においてアンテナを90度回転させた状態を示す図である。

[図6]計測モードの選択画面の一例を示す説明図である。

[図7]回転数計測装置10の構成を示すブロック図である。

[図8]移動体(野球ボール6)の回転数を検出する原理の説明図である。

[図9]ドップラー信号Sdをウェーブレット解析した結果を示す図である。

[図10]アンテナ14から送信される送信波の波面と移動体の移動方向との位置関係を示す説明図である。

[図11]回転数計測装置10の機能ブロック図である。

[図12]野球ボール6を投球した際のドップラー信号Sdの一例を示す線図である。

[図13]信号強度分布データPの一例を示す線図である。

[図14]時刻t1～t4における移動体の位置を模式的に示す説明図である。

[図15]野球ボール6を移動体として計測する場合の回転数計測装置10の設置状態を説明する平面図である。

[図16]回転数計測装置10の動作を示すフローチャートである。

発明を実施するための形態

[0010] (実施の形態)

以下、本発明の実施の形態について図面を参照して説明する。

図1は、実施の形態にかかる回転数計測装置10の外観を示す斜視図であり、図2は、回転数計測装置10の正面図である。

図1に示すように、移動体の回転数計測装置10(以下単に回転数計測装置10という)は、筐体12と、アンテナ14と、アンテナ支持部16と、表示部18と、入力部20とを含んで構成されている。

筐体12は、上下方向の厚さと、厚さよりも大きな寸法の左右方向の幅と、幅よりも大きな寸法の前後方向の長さを有し、矩形板状を呈している。

筐体12の上面1202は、長手方向を筐体12の前後方向に平行させたほぼ長方形を呈している。

上面 1202 の前後はそれぞれ筐体 12 の前面 1204 と後面 1206 とに接続されている。

また、上面 1202 に対向する下面 1203 には回転数計測装置 10 を三脚などの固定具に取り付けるための不図示の雌ねじ（カメラネジ）が設けられている。

[0011] アンテナ 14 は、アンテナ支持部 16 を介して筐体 12 の上面 1202 に連結されている。

アンテナ 14 は、指向性を有し、後述するドップラーセンサ 22（図 6 参照）から供給される送信信号に基づいて移動体に向けて送信波を送信するとともに、移動体で反射された反射波を受信して受信信号を生成しドップラーセンサ 22 に供給するものである。

本明細書においては、アンテナ 14 の利得が最大となる方向に沿って延在する仮想線をアンテナの指向方向を示す仮想軸 L とする。

本実施の形態では、アンテナ 14 は、矩形板状のパッチアンテナで構成され、厚さ方向の一方の面が送信波を送信しかつ反射波を受信する表面であり、表面の反対側が裏面となっている。

また、アンテナ 14 としてパッチアンテナを用いたので、回転数計測装置 10 の小型化を図る上で有利となる。しかしながら、アンテナ 14 としてホーンアンテナなど従来公知の様々なアンテナが使用可能である。

なお、アンテナ 14 の指向角が狭すぎると、移動体の測定範囲が限定される不利があり、アンテナ 14 の指向角が広すぎると、測定対象となる移動体以外の物体からの不要な反射波を受信することになり測定精度を確保する上で不利となる。

そのため、アンテナ 14 の指向角は、5 度～90 度とすることが移動体の測定範囲を確保しつつ測定対象外の物体からの不要な反射波の受信を抑制する上で有利である。

[0012] アンテナ支持部 16 は、筐体 12 に設けられ仮想軸 L の傾きが変化可能となるようにアンテナ 14 を支持するものである。

本実施の形態では、アンテナ支持部 16 は、フレーム 16 A と、ケース 16 B とを備えている。

フレーム 16 A は、筐体 12 の前面 1204 に設けられ筐体 12 の幅方向に延在する基部 1602 と、基部 1602 の両端から前方に起立する 2 つの柱部 1604 とで構成されている。

ケース 16 B は、アンテナ 14 を平面視したときの輪郭よりも一回り小さい矩形板状を呈し、ケース 16 B の 4 辺をアンテナ 14 の 4 辺に平行させた状態でアンテナ 14 の背面に取着されている。

より詳細には、ケース 16 B は、アンテナ 14 に対向する矩形板状の底壁と、該底壁から起立する 4 つの側壁とを有し、これら 4 つの側壁の上部がアンテナ 14 の背面に接続されている。また、これら底壁と 4 つの側壁とアンテナ 14 とで囲まれた収容空間には、後述するドップラーセンサ 22 が収容されている。

また、アンテナ 14 とドップラーセンサ 22 とが一体的に設けられた一体型モジュールを用いてもよい。この場合、ドップラーセンサ 22 はアンテナ 14 の背面に一体的に設けられている。

このような一体型モジュールを用いた場合は、アンテナ 14 とドップラーセンサ 22 との間での信号経路の距離を短縮することで信号に加わるノイズを低減する上で有利となり、また、回転数計測装置 10 の小型化を図る上で有利となる。

なお、ドップラーセンサ 22 は、筐体 12 に収容されていてもよい。

ケース 16 B は、4 つの側壁のうち対向する 2 つの側壁が 2 つの柱部 1604 の間に配置され、筐体 12 の左右方向に軸心に向けた支軸 16 C を介して 2 つの柱部 1604 に回転可能に支持されている。

したがって、アンテナ支持部 16 は、仮想軸 L の傾きが変化可能となるようにアンテナ 14 を支持している。

本明細書においては、図 4 に示すように、仮想軸 L が後述する表示部 18 の表示面 1802 と平行する仮想平面 P となす角度をアンテナ角 θ とする。

本実施の形態では、アンテナ支持部16は、アンテナ角 θ が ± 90 度の範囲で変化するようにアンテナ14を支持している。言い換えると、アンテナ角 θ は 180 度の範囲で変化する。なお、アンテナ角 θ の調整範囲は 180 度に限定されるものではなく、調整範囲をどのように設定するかは任意である。

ここで、図4に示すように仮想軸Lが筐体12の上方を向いた状態でアンテナ角 $\theta = +90$ 度であり、図5に示すように仮想軸Lが筐体12の前方を向いた状態でアンテナ角 $\theta = 0$ 度であり、図3に示すように仮想軸Lが筐体12の後方を向いた状態でアンテナ角 $\theta = -90$ 度であり、したがって、アンテナ角 θ の調整範囲は ± 90 度となる。

なお、本実施の形態では、アンテナ支持部16がアンテナ14を単一の支軸16C回りに回転可能に支持する場合について説明したが、アンテナ支持部16は仮想軸Lの傾きが変化可能となるようにアンテナ14を支持できればよく、アンテナ支持部16として従来公知の様々な機構が使用可能である。

たとえば、支軸16Cと直交する平面上を延在する別の支軸をさらに設けることにより、アンテナ支持部16がアンテナ14を2つの支軸回りに回転可能に支持する構成としてもよい。この場合は、アンテナ14の仮想軸Lの傾きの調整の自由度を確保する上でより有利となる。

[0013] また、本実施の形態では、アンテナ支持部16は、予め定められた複数のアンテナ角 θ 、たとえば、 $+90$ 度、 0 度、 -90 度の3つの角度でアンテナ14を保持するクリック機構を備えている。これにより、予め定められた複数のアンテナ角 θ への設定操作の容易化が図られている。

さらに、本実施の形態では、図4、図5に示すように、アンテナ支持部16に、アンテナが予め定められた複数のアンテナ角 θ のいずれに位置しているかを示す角度表示部16Dが設けられている。これにより、アンテナ角 θ の確認の容易化が図られている。

角度表示部16Dは、一方の柱部1604に設けられた窓部と、ケース1

6 Bの箇所に設けられた指標とで構成されている。

指標は、アンテナ角 θ の+90度、0度、-90度に対応したケース16 Bの箇所にA、B、Cといった記号あるいは数字あるいは目盛線などで形成されている。

アンテナ14のアンテナ角 θ が+90度、0度、-90度のそれぞれに切り換えられると、ケース16 Bの箇所に形成されたA、B、Cの指標が前記の窓部を介して選択的に露出されることでアンテナ14が複数のアンテナ角 θ のいずれに位置しているかが示されることになる。

なお、このような角度表示部16 Dとして従来公知の様々な表示機構が使用可能である。

[0014] 表示部18は、矩形状の平坦な表示面1802を上方に向けて筐体12の上面1202に設けられ、上面1202の大半は表示面1802で占有されている。

本実施の形態では、表示面1802は筐体12の前後方向に沿った長さが筐体12の左右方向に沿った幅よりも短い長方形を呈している。

表示部18は、計測結果である移動体の移動速度および回転数を含む様々な表示内容を数字、記号、アイコンなどの形態で表示面1802に表示させる。

このような表示部18として液晶パネルなどのフラットパネルディスプレイを用いることができる。

[0015] 入力部20は、上面1202の後面1206寄りの箇所に設けられている。

本実施の形態では、入力部20は、モード選択ボタン、電源ボタンを含む複数の操作ボタンを含んで構成されている。なお、上述した表示部18をタッチパネル式ディスプレイにして、入力部20を表示部18で兼ねるようにしてもよい。

電源ボタンは、電源のオン、オフをおこなうためのものである。

[0016] モード選択ボタンは、回転数計測装置10の計測モードを選択するための

ボタンである。本実施の形態では、回転数計測装置 10 の計測モードとして、ゴルフモード、バットモード、ボールモードのいずれかを選択可能とする。ゴルフモードは、ゴルフクラブによるゴルフボールの打球速度を計測するモードである。バットモードは、野球バットによる野球ボール 6 の打球速度を計測するモードである。ボールモードは、投手による野球ボール 6 の投球速度を計測するモードである。

[0017] 図 6 は、計測モードの選択画面の一例を示す説明図である。図 6 には、回転数計測装置 10 の表示面 1802 上に、計測モードとして、ゴルフモード選択部 1810、バットモード選択部 1812、ボールモード選択部 1814 が表示されている。図 6 では、ボールモード選択部 1814 が選択されており、他の選択部とは異なる色で表示される。ユーザは、いずれかの選択部を選択して決定操作をおこなうことによって、計測モードを設定することができる。

なお、このような計測モード選択画面として従来公知の様々な表示形態が使用可能である。また、計測モードの選択にあたっては、必ずしも表示を伴わなくてもよく、従来公知の様々な選択形態が使用可能である。

[0018] このようなモード選択をおこなうことによって、後述する球体の回転数を算出する際に必要となる球体の径情報が入力される。すなわち、移動体である球体は球技用ボールであり、入力部 20 には、球技用ボールの種類が入力される。後述する演算部 30 では球技用ボールの種類別の径（直径または半径）を記録したデータベースを備えているため、球技用ボールの種類が特定されれば、球体の径を特定することができる。

また、このようにモード選択をおこなうのではなく、入力部 20 に対して、移動体である球体の径の値を直接入力するようにしてもよい。

以下の説明では、計測モードをボールモードに選択し、移動体として使用者が投げた野球ボール 6 の移動速度および回転数を計測する場合について説明する。

[0019] なお、回転数計測装置 10 を使用する際の筐体 12 の姿勢は特に限定され

るものではないが、通常は、(1) 筐体 12 の上面 1202 (表示面 1802) を上方に向けた姿勢、(2) 筐体 12 の前面 1204 を上方に向け上面 1202 (表示面 1802) を側方に向けた姿勢のいずれかとし、アンテナ 14 の仮想軸 L が移動体の移動方向に合致するようにアンテナ角 θ を調整する。

[0020] また、回転数計測装置 10 は、図示しない電力蓄電用のバッテリーを備え、バッテリーに蓄電された電力を用いて駆動するようにしてもよい。これにより、回転数計測装置 10 を使用者の近傍に設置可能となり、かつ投球等の邪魔になりにくくすることができる。

[0021] つぎに図 7 を参照して回転数計測装置 10 の制御系の構成について説明する。図 7 は、回転数計測装置 10 の構成を示すブロック図である。

なお、図 7 において符号 6 は球体の移動体としての野球ボールを示し、符号 M は野球ボール 6 を投球する使用者を示す。

回転数計測装置 10 は、前記のアンテナ 14、表示部 18、入力部 20 に加えて、ドップラーセンサ 22、計測処理部 24 などを含んで構成されている。

[0022] ドップラーセンサ 22 は、アンテナ 14 と不図示のケーブルによって接続され、該ケーブルを介してアンテナ 14 に送信信号を供給するとともに、アンテナ 14 から供給される受信信号を受け付けてドップラー信号 S_d を検出するものである。

ドップラー信号とは、送信信号の周波数 F_1 と受信信号の周波数 F_2 との差分の周波数 $F_1 - F_2$ で定義されるドップラー周波数 F_d を有する信号である。

ドップラーセンサ 22 は、市販されている種々のものが使用可能である。

なお、前記の送信信号としては、たとえば、24 GHz あるいは 10 GHz のマイクロ波が使用可能であり、ドップラー信号 S_d を得られるものであれば送信信号の周波数は限定されない。これにより、回転数計測装置 10 の汎用性を高めることができる。

また、送信波の出力はたとえば10mW以下とする。これは、回転数計測装置10をバッテリー駆動とした場合、使用可能時間を長くするため、消費電力はなるべく低く抑えることが望ましいためである。回転数計測装置10において、アンテナ14からの送信波の送信に消費される電力は極めて大きい。このように、送信波の出力をたとえば10mW以下とすることによって、消費電力を低減し、バッテリーで駆動する回転数計測装置10の使用可能時間を長くすることができる。

[0023] ここで、ドップラーセンサ22を用いた移動体の移動速度検出の原理について説明する。

従来から知られているように、ドップラー周波数 F_d は式(1)で表される。

$$F_d = F_1 - F_2 = 2 \cdot V \cdot F_1 / c \quad (1)$$

ただし、 V ：移動体の移動速度、 c ：光速 ($3 \cdot 10^8 \text{ m/s}$)

したがって、(1)式を V について解くと、(2)式となる。

$$V = c \cdot F_d / (2 \cdot F_1) \quad (2)$$

すなわち、移動体の移動速度 V は、ドップラー周波数 F_d に比例することになる。

したがって、ドップラー信号 S_d からドップラー周波数 F_d を検出し該ドップラー周波数 F_d から移動速度 V を求めることができる。

[0024] つぎに、移動体の回転数の計測について具体的に説明する。

図8は、移動体(野球ボール6)の回転数を検出する原理の説明図である。

移動体の表面のうち、送信波 W_1 の送信方向となす角度が90度に近い(略90°)表面の部分である第1部分Aでは送信波 W_1 が効率よく反射され、したがって、第1部分Aでは反射波 W_2 の強度が高い。

一方、移動体の表面のうち、送信波 W_1 の送信方向となす角度が0度(略0°)に近い表面の部分である第2部分B、第3部分Cでは送信波 W_1 が効率よく反射されず、したがって、第2、第3部分B、Cでは反射波 W_2 の強

度が低い。

第2部分Bは、移動体の回転によって移動する方向と移動体の移動方向とが反対向きとなる部分である。

第3部分Cは、移動体の回転によって移動する方向と移動体の移動方向とが同じ向きとなる部分である。

[0025] 第1部分Aで反射される反射波W2に基づいて検出される速度を第1速度V_A、第2部分Bで反射される反射波W2に基づいて検出される速度を第2速度V_B、第3部分Cで反射される反射波W2に基づいて検出される速度を第3速度V_Cとする。

すると、以下の式が成立する。

$$V_A = V \quad (4)$$

$$V_B = V_A - \omega r \quad (5)$$

$$V_C = V_A + \omega r \quad (6)$$

(ただし、Vは移動体の移動速度、 ω は角速度 (rad/s)、rは移動体の半径)

したがって、第1、第2、第3速度V₁、V₂、V₃を計測できれば、式(4)に基づいて第1速度V_Aから移動体の移動速度Vが求められることができる。また、(5)式または(6)式に基づいて、第2、第3速度V₂、V₃から角速度 ω が求められるので、角速度 ω から回転数を算出することができる。なお、上記式(5)、(6)に示すように、回転数の算出には移動体の半径の値を用いるため、入力部20から、球体の径情報を入力する。

すなわち、後述する速度・回転数算出部30Bは、移動体である球体の表面のうち、送信波W1の送信方向となす角度が略90°である第1部分Aと、送信波W1の送信方向となす角度が略0°かつ球体の回転方向が球体の移動方向と反対向きとなる第2部分Bと、送信波W1の送信方向となす角度が略0°かつ球体の回転方向が球体の移動方向と同じ向きとなる第3部分Cと、からの反射波を用いてそれぞれ速度を算出し、第1部分Aからの反射波W2を用いて算出した第1の速度V_Aは球体の移動速度Vを示し、第2部分B

からの反射波 W_2 を用いて算出した第2の速度 V_B は第1の移動速度 V_A から球体の角速度 ω と球体の半径 r との積を差し引いた値を示し、第3部分Cからの反射波 W_2 を用いて算出した第3の速度 V_C は第1の移動速度 V_A に球体の角速度 ω と球体の半径 r との積を加えた値を示すものとし、第1の速度 V_A 、第2の速度 V_B および第3の速度 V_C から球体の角速度 ω を算出することによって球体の回転数を算出する。

[0026] つぎに、第1、第2、第3速度 V_1 、 V_2 、 V_3 の計測について説明する。

図9は、専用の装置によって打ち出された移動体を回転数計測装置10で計測した場合におけるドップラー信号 S_d をウェーブレット解析した結果を示す図である。

横軸は時間 t (ms)、縦軸はドップラー周波数 F_d (kHz) および移動体の移動速度 V (m/s) を示す。また、横軸における時刻 t_0 は、移動体が打ち出された時刻を示す。

このような線図は、たとえば、ドップラー信号 S_d をサンプリングしてデジタルオシロスコープに取り込んでデジタルデータに変換し、該デジタルデータをパーソナルコンピュータなどを用いてウェーブレット解析、あるいは、FFT解析することで得られる。

[0027] 図9に示す周波数分布において、ハッチングで示した部分はドップラー信号 S_d の強度が大きく、実線で示した部分はドップラー信号 S_d の強度がハッチングで示した部分よりも小さいことを示している。

したがって、符号DAで示す周波数分布は、信号強度が強く、第1速度 V_A に対応する部分である。

符号DBで示す周波数分布は、周波数分布DAよりも信号強度が低く、第2速度 V_B に対応する部分である。

符号DCで示す周波数分布は、周波数分布DAよりも信号強度が低く、第3速度 V_C に対応する部分である。

したがって、ドップラー信号 S_d の強度を周波数について解析することに

より、周波数分布 D_A 、 D_B 、 D_C を特定し、それぞれの周波数分布 D_A 、 D_B 、 D_C から前記の式 (4)、(5)、(6) の原理を用いることによって、第1、第2、第3速度 V_A 、 V_B 、 V_C を時系列データとして得ることができるのである。

すなわち、後述する速度・回転数算出部 30B は、ドップラー信号 S_d の信号強度分布データのうち、信号強度が相対的に高い成分を第1部分Aからの反射波成分、信号強度が相対的に低い成分のうち第1部分Aからの反射波成分よりも周波数が低い成分を第2部分Bからの反射波成分、信号強度が相対的に低い成分のうち第1部分Aからの反射波成分よりも周波数が高い成分を第3部分Cからの反射波成分として球体の回転数を算出する。

このような処理は、従来公知の様々な信号処理回路を用いることによって、あるいは、信号処理プログラムに基づいて動作するマイクロプロセッサを用いることによって実現可能である。

[0028] ここで、図9における移動体の移動速度変化（打ち出し直後における速度の立ち上がり）について説明する。図9において、移動体の打ち出し直後（時刻 t_0 近傍）では、移動体の移動速度が時刻とともに増加し、最終的に一定の移動速度になっている。これは、アンテナ14から送信される送信波と移動体の位置との間の角度に起因する誤差によるものである。

より詳細には、上記式 (2) によって算出される移動体の移動速度は、アンテナ14の指向性を示す仮想軸 L と一致する方向の移動速度成分である。したがって、移動体の移動軌跡がアンテナ14の指向性を示す仮想軸 L に対して外れるほど式 (2) によって得られる移動体の移動速度の誤差が増大する傾向となる。

[0029] 図10は、アンテナ14から送信される送信波の波面と移動体の移動方向との位置関係を示す説明図である。

図10(a)に示すように、アンテナ14の指向性を示す仮想軸 L に対して角度 θ をもって移動する移動体の移動速度は、実際の移動速度よりも $\cos \theta$ 遅く計測される。

ここで、図10(a)に示すように、移動体がアンテナ14から十分遠方に位置する場合には、送信波は一般的には平面波（より詳細には、仮想軸Lに対して垂直な波面Wを有する平面波）となる。すなわち、アンテナ14から送信された送信波の波面Wの法線方向は、仮想軸Lと常時一致する。このため、一定方向に移動する移動体の移動方向と波面Wの法線方向との角度 θ は常時一定である（図10(a)においては、 $\theta_1 = \theta_2$ となる）。これにより、移動体の移動速度の誤差（遅れ）は、常時一定である。

[0030] 一方、図10(b)に示すように、移動体がアンテナ14の近傍に位置する場合には、送信波は球面波（より詳細には、アンテナ14の位置を中心とする球面波）となる。すなわち、アンテナ14から送信された送信波の波面Wの法線方向は、位置によって変化する。このため、一定方向に移動する移動体の移動方向と波面Wの法線方向との角度 θ は位置によって異なる（図10(b)においては、 $\theta_3 \neq \theta_4$ となる）これにより、移動体の移動速度は、移動体の位置によって異なる誤差（遅れ）を持って計測される。

[0031] 図10(a)のように、移動体とアンテナ14とが十分遠方にあり、角度誤差が十分に無視できる場合や、移動体とアンテナ14と位置関係が固定している場合には、計測時間内の移動速度の平均値をとることなどで容易に計測することが可能である。一方、図10(a)のように、移動体がアンテナ14の近傍を通過するような構成の場合、角度誤差による周波数の時間変化が無視できない。

[0032] このような角度誤差に基づく速度の計測誤差を回避するためには、たとえば移動体の移動開始時刻（図9における t_0 ）から十分な時間が経過してから（図10(b)のような位置関係になってから）計測をおこなう方法がある。しかし、一方で、図9に示すように、第2速度VBに対応する周波数分布DBおよび第3速度VCに対応する周波数分布DCは、時間の経過、すなわち、移動体とアンテナ14との距離が離れるとともに減少してしまうため、回転数の計測をおこなうことができないという問題がある。

また、使用者が自らの投球の速度および回転数を計測する場合などは、使

用者自身が回転数計測装置 10 の操作をおこなう必要があり、移動体の移動開始地点（使用者の位置）とアンテナ 14 の設置位置（回転数計測装置 10 の設置位置）とを大きくすることができない。

[0033] このような問題を解決する手段として、回転数計測装置 10 では、移動体が移動を開始してから所定時間継続してドップラー信号の計測をおこなう。すなわち、アンテナ 14 は、所定の計測時間中継続して送信波の送信および反射波の受信をおこない、ドップラーセンサ 22 は、所定の計測時間中継続して送信信号の供給およびドップラー信号の生成をおこなう。

そして、得られた所定時間分のドップラー信号のうち、周波数のピーク値を用いて移動体の移動速度を、振幅の最大値を用いて移動体の回転数を算出する。すなわち、後述する演算部 30（図 7 参照）は、所定の計測時間中に継続して得られるドップラー信号のうち、ピーク値の最大値を用いて移動速度を算出するとともに、幅の最大値を用いて前記回転数を算出する。

これにより、移動体がアンテナ 14 の近傍を通過し、通常の計測方法では角度誤差が生じる可能性があるような場合でも、移動体の移動速度および回転数を安定して計測することができる。

[0034] 図 7 に戻って説明を続ける。

計測処理部 24 は、ドップラーセンサ 22 から供給されるドップラー信号 S_d を入力して演算処理をおこなうことにより、移動体（本実施の形態では野球ボール 6）の移動速度および回転数を算出するものである。

本実施の形態では、計測処理部 24 は、マイクロコンピュータ 26 によって構成されている。

マイクロコンピュータ 26 は、CPU 26A と、不図示のインターフェース回路およびバスラインを介して接続された ROM 26B、RAM 26C、インターフェース 26D、表示用ドライバ 26E などを含んで構成されている。

ROM 26B は CPU 26A が実行する移動体の移動速度および回転数を算出するための制御プログラムなどを格納し、RAM 26C はワーキングエ

リアを提供するものである。

インターフェース26Dは、ドップラー信号S_dを入力してCPU26Aに供給し、また、入力部20からの操作信号を受け付けてCPU26Aに供給するものである。

表示用ドライバ26EはCPU26Aの制御に基づいて表示部18を駆動するものである。

[0035] 図11は、マイクロコンピュータ26の構成を機能ブロックで示した回転数計測装置10のブロック図である。

マイクロコンピュータ26は、機能的には、蓄積部28と、演算部30と、制御部32とを含んで構成されている。

また、蓄積部28と、演算部30と、制御部32とは、CPU26Aが前記制御プログラムを実行することで実現されるものであるが、これらの部分は、回路等のハードウェアで構成されたものであってもよい。

[0036] 蓄積部28は、ドップラー信号S_dを予め定められたサンプリング周期で時間経過に従って順番に蓄積するものである。

蓄積部28は、ドップラー信号S_dを予め定められたサンプリング周期で時間経過に従って順番に蓄積するものである。本実施の形態では、CPU21Aがドップラー信号S_dを前記サンプリング周期でサンプリングしてRAM21Cにドップラー信号S_dのサンプリングデータとして格納する。

蓄積部28は、たとえば、回転数計測装置10の電源が投入されると同時にサンプリング動作を開始する。

図12は、野球ボール6を投球した際のドップラー信号S_dの一例を示す線図であり、横軸に時間t (sec)、縦軸に振幅(任意単位)をとっている。

図12において、初めの大きな振幅を呈する波形部分が使用者の動きによって生じるドップラー信号の部分を示し、その後続く波形部分が投球された野球ボール6によって生じるドップラー信号の部分を示している。

[0037] 図11の説明に戻り、演算部30は、ドップラー信号および移動体の径情

報に基づいて、移動体の移動速度および回転数を算出する。演算部30は、信号強度分布データ生成部30A、速度・回転数算出部30Bによって構成される。

[0038] 信号強度分布データ生成部30Aは、蓄積部28に蓄積されたドップラー信号 S_d のサンプリングデータを周波数解析（連続FFT解析、あるいは、ウェーブレット解析）することによって信号強度分布データを生成するものである。

言い換えると、信号強度分布データ生成部30Aは、ドップラーセンサ22から得られたドップラー信号 S_d を周波数解析することにより周波数ごとの信号強度の分布を示す信号強度分布データを生成する。

本実施の形態では、信号強度分布データ生成部30Aは、蓄積部28に蓄積された時系列データであるドップラー信号 S_d のサンプリングデータを予め定められた区間に特定して信号強度分布データの生成を実施する。すなわち、信号強度分布データ生成部30Aは、所定の計測時間中の各時刻（サンプリング間隔周期）におけるドップラー信号を信号強度分布データに変換する。ドップラー信号 S_d のサンプリングデータの区間は予め定められた計測時間に基づいて特定される。

言い換えると、信号強度分布データ生成部30Aは、垂れ流し方式で蓄積されているドップラー信号 S_d のサンプリングデータのうち、野球ボール2が投球された後の一定の区間におけるサンプリングデータを特定して信号強度分布データの生成を実施する。

[0039] 図13は、信号強度分布データ生成部30Aによって生成された信号強度分布データPの一例を示す線図であり、(a)は時刻 t_1 、(b)は時刻 t_2 、(c)は時刻 t_3 、(d)は時刻 t_4 ($t_1 < t_2 < t_3 < t_4$)における信号強度分布データである。図13では、横軸に周波数 f (Hz)、縦軸に信号強度（任意単位）をとっている。

[0040] また、図14は、時刻 $t_1 \sim t_4$ における移動体の位置を模式的に示す説明図である。図14において、地点S0は移動体の移動開始点であり、波面

Wは回転数計測装置10のアンテナ14から送信される送信波の波面を示している。移動開始点Sから移動を開始した移動体(野球ボール6)は、時刻 t_1 に回転数計測装置10の近傍の地点S1を、時刻 t_2 に地点S2を、時刻 t_3 に地点S3をそれぞれ通過し、時刻 t_4 には波面Wがほぼ平面波となる地点S4まで移動している。

[0041] 図13(a)は、図14に示すように、回転数計測装置10の近傍を通過している時刻 t_1 における信号強度分布データPである。このため、図13に示す4つのグラフのうち、信号強度STの値が最も大きく、信号強度分布の幅SWも最も広がっている。

また、図13(b)~(d)に示すように、時刻の経過(すなわち、移動体と回転数計測装置10との距離の増加)に伴って、信号強度STの値は小さく、信号強度分布の幅SWも狭くなっている。

[0042] 一方で、信号強度分布のピーク値に対応する周波数(ピーク周波数)PKは、時刻の経過(すなわち、移動体と回転数計測装置10との距離の増加)に伴って大きくなっている。

これは、図10に示したように、移動体が回転数計測装置10の近傍にあるとき(たとえば時刻 t_1 、図14(a))は、角度誤差に基づく速度の計測誤差が生じて移動速度が実際に遅く計測されているからである。一方で、移動体の位置が角度誤差を無視できるほど遠方まで達した時刻(たとえば時刻 t_4 、図14(d))では、移動体と回転数計測装置10との距離が増加したため、信号強度は低くなったものの、角度誤差が解消されたため、周波数の値は真の移動速度を示す値に近づいている。

[0043] 図11の説明に戻り、速度・回転数算出部30Bは、信号強度分布データPに基づいて、移動体の移動速度および回転数を算出する。より詳細には、速度・回転数算出部30Bは、ドップラー周波数のピーク値PKを用いて移動速度を算出するとともに、ピーク値を中心とした所定の周波数帯の幅SWを用いて(より詳細には、幅SWが最大値を取る時刻におけるドップラー信号Sdの信号強度分布データを用いて)移動体の回転数を算出する。ピーク

値を中心とした所定の周波数帯とは、ドップラー周波数の高周波側および低周波側において、ピーク値から所定レベル低い信号強度をとる点間の幅、すなわち、ドップラー信号の高周波側において信号強度がピーク値から所定レベル低い値となる点と、ドップラー信号の低周波側において信号強度がピーク値から所定レベル低い値となる点と、の間の幅を指す。

また、速度・回転数算出部30Bは、ドップラー周波数のピーク値を用いて移動速度を算出するとともに、ドップラー信号の高周波側において信号強度がピーク値から所定レベル低い値となる点と、ピーク値を取る点と、の間の幅を用いて回転数を算出するようにしてもよい。これは、低周波側では高周波側と比較して、移動体以外の障害物（たとえば、野球ボール6の投球をおこなう投手の身体など）に起因するノイズ成分が含まれている可能性が高いためである。

[0044] 本実施の形態では、速度・回転数算出部30Bは、所定の計測時間中に継続して得られるドップラー信号のうち（たとえば、図13（a）～（d））、ピーク値PKの最大値を用いて移動速度を算出するとともに、周波数帯の幅SWの最大値を用いて回転数を算出する。図13を例とすれば、図13（d）におけるピーク値（ピーク周波数）PKを用いて移動速度を、図13（a）における周波数幅SWを用いて回転数を、それぞれ算出する。具体的な算出式は、上記式（1）～（6）の通りである。

[0045] なお、速度・回転数算出部30Bにおいて、予め球体の径情報ごと（たとえば球技用ボールの種類ごと）にキャリブレーションをおこない、ピーク周波数PKと移動速度に関する相関式および周波数幅SWと回転数に関する相関式を生成しておき、入力部20に入力された径情報に基づいて相関式を選択して移動速度および回転数を算出するようにしてもよい。これは、実際の計測時には計測誤差の原因となる各種のノイズが生じるためであり、相関式を用いることによって、計測データから真の値により近い移動速度および回転数を算出することができる。

[0046] 制御部32は、入力部20の操作を受け付けて、ゴルフモード、バットモ

ード、ボールモードのいずれかの計測モードを設定するものである。

また、制御部32は、算出された移動体の移動速度および回転数を表示部18に表示させる。

[0047] つぎに、回転数計測装置10の動作について説明する。以下では、移動体が野球ボール6であり、回転数計測装置10によって使用者Mの手Hで投球された野球ボール6の移動速度および回転数を計測する場合について説明する。

図15は、野球ボール6を移動体として計測する場合の回転数計測装置10の設置状態を説明する平面図である。また、図16、は野球ボール6を移動体として計測する場合の回転数計測装置10の動作を示すフローチャートである。

[0048] 図16に示すように、まず、回転数計測装置10は、表示面1802にモード選択画面を表示し（ステップS10）、計測モードが選択されるまで待機する（ステップS12：Nのループ）。使用者Mは、モード選択ボタンを操作して、回転数計測装置10の計測モードを選択する。本実施の形態では、使用者Mは、ゴルフモード、バットモード、ボールモードのうち、ボールモードを選択する。なお、モード選択画面に代えて、移動体である球体の径（直径や半径など）を入力させる画面を表示してもよい。

計測モードが選択されると（ステップS12：Yes）、回転数計測装置10は、選択されたモードで移動体となる球技用ボールの径情報を特定する（ステップS14）。

[0049] つぎに、使用者Mは、図17に示すように、野球ボール6の投球方向（ホームベースとピッチャーとを結ぶ直線に沿った方向）において、使用者Mの立ち位置からたとえば1.5m～2.0m程度前方の箇所に回転数計測装置10を設置する。

すなわち、回転数計測装置10の上面1202（表示面1802）を投球方向と反対方向に向けるとともに、前面1204を上方に向け、後面1206を地面に向ける。そして、アンテナ14のアンテナ角 θ を調整し仮想軸L

を投球方向と合致させる。

この場合、アンテナ角 θ はたとえば -90 度となる。

回転数計測装置10は、地面の上に載置してもよいし、あるいは、三脚などの固定具を介して設置してもよい。

これにより、アンテナ14から送出された送信波W1が野球ボール6に当たり、反射波W2がアンテナ14に受信可能な状態となる。

また、使用者Mが表示面1802を容易に視認できる状態となる。

なお、移動体としてゴルフボールなど他の球技用ボールの移動速度および回転数を計測する場合にも、移動体の移動開始位置からたとえば1.5m~2.0m程度前方の箇所に回転数計測装置10を設置する。

[0050] つぎに、使用者Mが手Hによって野球ボール6を投球すると、回転数計測装置10による計測動作が実行される。

具体的には、送信波W1が野球ボール6に反射され、反射波W2がドップラーセンサ22で受信され、ドップラーセンサ22でドップラー信号Sdが生成される(ステップS16)。

ドップラー信号Sdは、蓄積部28によりサンプリング周期でサンプリングされて時系列データとして蓄積部28に蓄積される(ステップS18)。

[0051] 所定の計測時間が経過するまでは(ステップS20:Noのループ)、ステップS16に戻り、ドップラー信号Sdの生成および蓄積が継続される。所定の計測時間が経過すると(ステップS20:Yes)、信号強度分布データ生成部30Aは、計測時間内の各サンプリング時刻における信号強度分布データPを生成する(ステップS22)。

[0052] つぎに、速度・回転数算出部30Bは、ステップS22で生成された信号強度分布データPのうち、ピーク周波数PKの値が最大の時刻を特定する(ステップS24)。そして、速度・回転数算出部30Bは、特定した時刻におけるピーク周波数PKを用いて野球ボール6の移動速度を算出する(ステップS26)。

[0053] また、速度・回転数算出部30Bは、ステップS18で生成された信号強

度分布データPのうち、周波数帯の幅SWが最大の時刻を特定する（ステップS28）。そして、速度・回転数算出部30Bは、特定した時刻における周波数帯の幅SWを用いて野球ボール6の回転数を算出する（ステップS30）。このとき、回転数の算出には、ステップS14で特定された径情報が用いられる。

[0054] そして、制御部32は、ステップS26で算出された移動速度およびステップS30で算出された回転数を含む情報を計測データとして表示面1802に表示させて（ステップS32）、計測動作を終了する。

なお、計測データどのような表示形態で表示させるかは任意である。具体的には、たとえば表示形態を選択する表示モードを設定するための操作を入力部20に対しておこなうことで、制御部32がその操作を受け付け、移動速度および回転数の双方あるいは一方を表示させるようにすれば良い。

[0055] 以上説明したように、本実施の形態の回転数計測装置10によれば、ドップラー信号Sdを用いることにより、比較的低い周波数領域で移動体の回転数および移動速度を計測することができるので、簡易な構成で移動体の回転数および移動速度を計測することができる。

また、回転数計測装置10は、所定の計測時間中に継続して得られるドップラー信号Sdのうち、ピーク周波数の最大値を用いて移動速度を算出するとともに、周波数幅SWの最大値を用いて回転数を算出する。これにより、回転数計測装置10の近傍を移動体が移動する場合であっても、角度誤差の影響を受けづらくして、測定精度を向上させることができる。

また、回転数計測装置10は、入力部20を介して移動体である球体の径情報を入力させるので、移動体の回転数の算出に不可欠な径情報を容易に取得することができる。たとえば入力部20から球技用ボールの種類を入力するようにすれば、使用者が球体の径情報を直接知らなくても回転数の計測をおこなうことができる。また、たとえば入力部20から球体の径の値を入力するようにすれば、計測に特殊なサイズの球体を用いるような場合にも対応することができる。

また、回転数計測装置 10 において、予め球体の径情報ごとに相関式を生成しておき、直径情報に基づいて相関式を選択して移動速度および回転数を算出するようにすれば、計測時に生じる各種のノイズの影響を低減することができ、移動速度および回転数の算出精度を向上させることができる。

また、回転数計測装置 10 において、記送信波の周波数帯域を 24 GHz あるいは 10 GHz とすれば、回転数計測装置 10 の汎用性を高めることができる。

また、回転数計測装置 10 において、送信波の出力を 10 mW 以下とすれば、回転数計測装置 10 における消費電力を低減させることができ、回転数計測装置 10 がバッテリーで駆動される場合にも実用性を向上させることができる。

また、回転数計測装置 10 において、アンテナ 14 と前記ドップラーセンサ 22 とが一体的に設けられた一体型モジュールを構成するようにすれば、回転数計測装置 10 をさらに小型化することができ、可搬性を向上させることができる。また、回転数計測装置 10 の設置面積が減少させることができるため、使用者等の近くに設置しても邪魔になりにくくすることができる。

また、回転数計測装置 10 において、バッテリーに蓄電された電力を用いて駆動するようにすれば、計測場所を選ばずに計測をおこなうことができ、回転数計測装置 10 の利便性を向上させることができる。

[0056] また、本実施の形態では、アンテナ支持部 16 によるアンテナ 14 の支持が、仮想軸 L が表示部 18 の平坦な表示面 1802 と平行する仮想平面 P となすアンテナ角 θ が ± 90 度の範囲で変化するようになされる。

したがって、表示面 1802 の向きとアンテナ 14 の仮想軸 L の向きを同一の向きから反対の向きの間まで調整することができるため、表示部 18 の視認性および移動体の移動速度の測定精度の双方を確保する上でより有利となる。

[0057] また、本実施の形態では、ボールモードの場合に、野球用のボールを例にとって説明したが、計測の対象となる移動体は、ゴルフボールやサッカーボール

ール、バレーボール、テニスボール、ハンドボール、あるいは、投てき競技における砲丸など任意である。

符号の説明

[0058] 6……野球ボール、10……回転数計測装置、12……筐体、14……アンテナ、16……アンテナ支持部、18……表示部、20……入力部、22……ドップラーセンサ、24……計測処理部、26……マイクロコンピュータ、28……蓄積部、30……演算部、30A……信号強度分布データ生成部、30B……速度・回転数算出部、32……制御部、Fd……ドップラー周波数、L……仮想軸、M……使用者、PK……ピーク周波数（ピーク値）、SW……周波数幅、Sd……ドップラー信号、V……移動速度、W1……送信波、W2……反射波。

請求の範囲

- [請求項1] 指向性を有し、供給される送信信号に基づいて球体の移動体に向けて送信波を送信するとともに、前記移動体で反射された反射波を受信して受信信号を生成するアンテナと、
- 前記アンテナに前記送信信号を供給するとともに、前記受信信号に基づいてドップラー周波数を有するドップラー信号を生成するドップラーセンサと、
- 前記球体の径情報が入力される入力部と、
- 前記ドップラー信号および前記径情報に基づいて、前記移動体の移動速度および回転数を算出する計測処理部と、
- 前記算出された移動速度および回転数を含む表示内容を表示する表示部と、
- 少なくとも前記表示部を保持する筐体と、
- を備えることを特徴とする移動体の速度計測装置。
- [請求項2] 前記アンテナは、所定の計測時間中継続して前記送信波の送信および前記反射波の受信をおこない、
- 前記ドップラーセンサは、前記所定の計測時間中継続して前記送信信号の供給および前記ドップラー信号の生成をおこない、
- 前記計測処理部は、所定の計測時間中の各時刻における前記ドップラー信号を信号強度分布データに変換し、前記所定の計測時間中の前記信号強度分布データのうち、前記ドップラー周波数のピーク値の最大値を用いて前記移動速度を算出するとともに、前記信号強度分布データの分布幅が最大値を取る時刻における前記ドップラー信号の信号強度分布データを用いて前記回転数を算出する、
- ことを特徴とする請求項1に記載の移動体の回転数計測装置。
- [請求項3] 前記計測処理部は、前記ドップラー信号の高周波側において前記信号強度が前記ピーク値から所定レベル低い値となる点と、前記ドップラー信号の低周波側において前記信号強度が前記ピーク値から所定レ

ベル低い値となる点と、の間の幅を用いて前記回転数を算出する、
ことを特徴とする請求項 1 に記載の移動体の回転数計測装置。

[請求項4] 前記計測処理部は、前記ドップラー信号の高周波側において前記信号強度が前記ピーク値から所定のレベル低い値となる点と、前記ピーク値を取る点と、の間の幅を用いて前記回転数を算出する、
ことを特徴とする請求項 1 に記載の移動体の回転数計測装置。

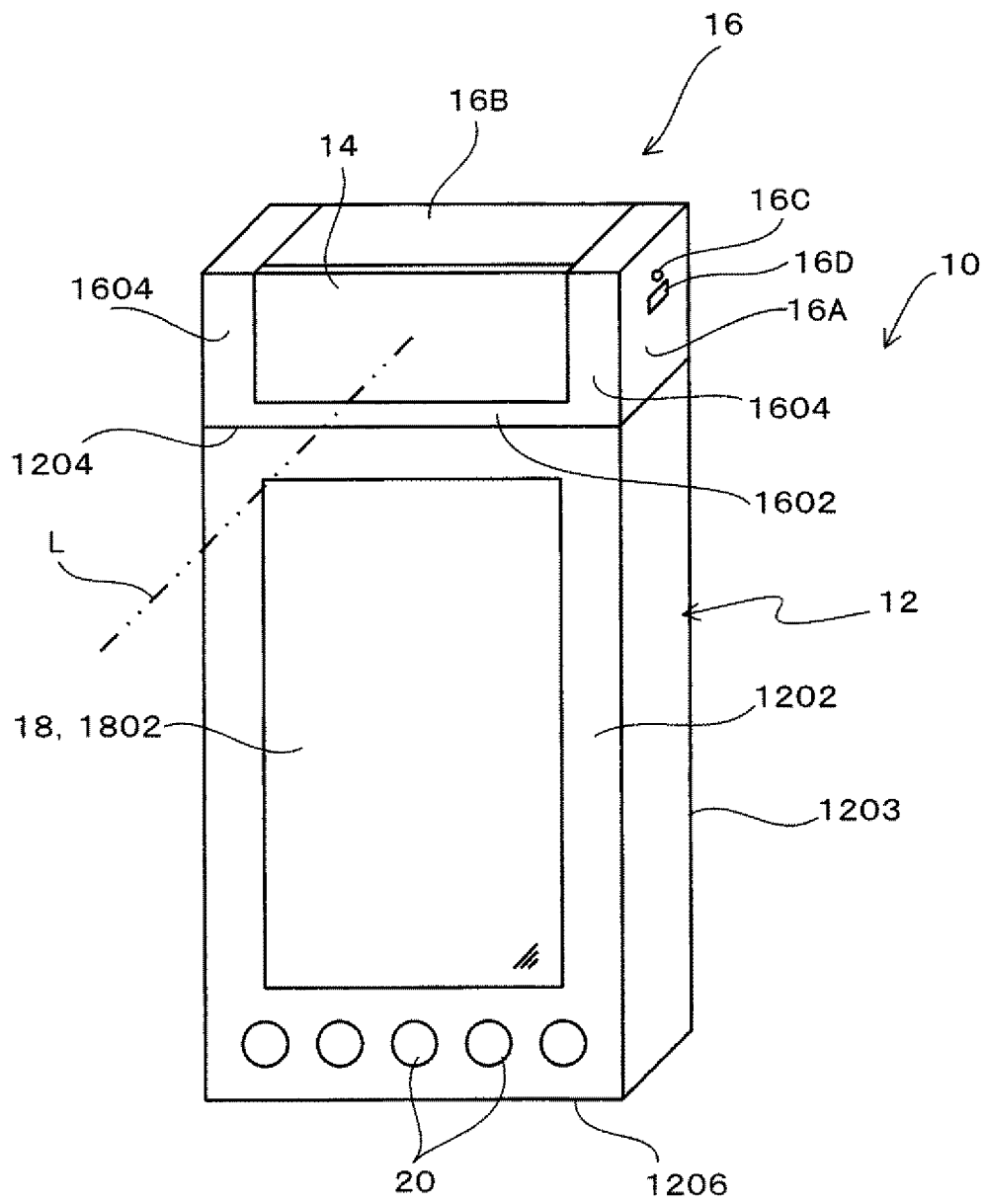
[請求項5] 前記計測処理部は、前記球体表面のうち、前記送信波の送信方向となす角度が略 90° である第 1 部分と、前記送信波の送信方向となす角度が略 0° かつ前記球体の回転方向が前記球体の移動方向と反対向きとなる第 2 部分と、前記送信波の送信方向となす角度が略 0° かつ前記球体の回転方向が前記球体の移動方向と同じ向きとなる第 3 部分と、からの反射波を用いてそれぞれ速度を算出し、前記第 1 部分からの反射波を用いて算出した第 1 の速度は前記球体の移動速度を示し、前記第 2 部分からの反射波を用いて算出した第 2 の速度は前記第 1 の移動速度から前記球体の角速度と前記球体の半径との積を差し引いた値を示し、前記第 3 部分からの反射波を用いて算出した第 3 の速度は前記第 1 の移動速度に前記球体の角速度と前記球体の半径との積を加えた値を示すものとし、前記第 1 の速度、前記第 2 の速度および前記第 3 の速度から前記球体の角速度を算出することによって前記球体の回転数を算出することを特徴とする請求項 1 ~ 4 のいずれか一つに記載の移動体の回転数計測装置。

[請求項6] 前記計測処理部は、前記ドップラー信号の前記周波数分布データのうち、信号強度が相対的に高い成分を前記第 1 部分からの反射波成分、信号強度が相対的に低い成分のうち前記第 1 部分からの反射波成分よりも周波数が低い成分を前記第 2 部分からの反射波成分、信号強度が相対的に低い成分のうち前記第 1 部分からの反射波成分よりも周波数が高い成分を前記第 3 部分からの反射波成分として前記球体の回転数を算出することを特徴とする請求項 5 に記載の移動体の回転数計測

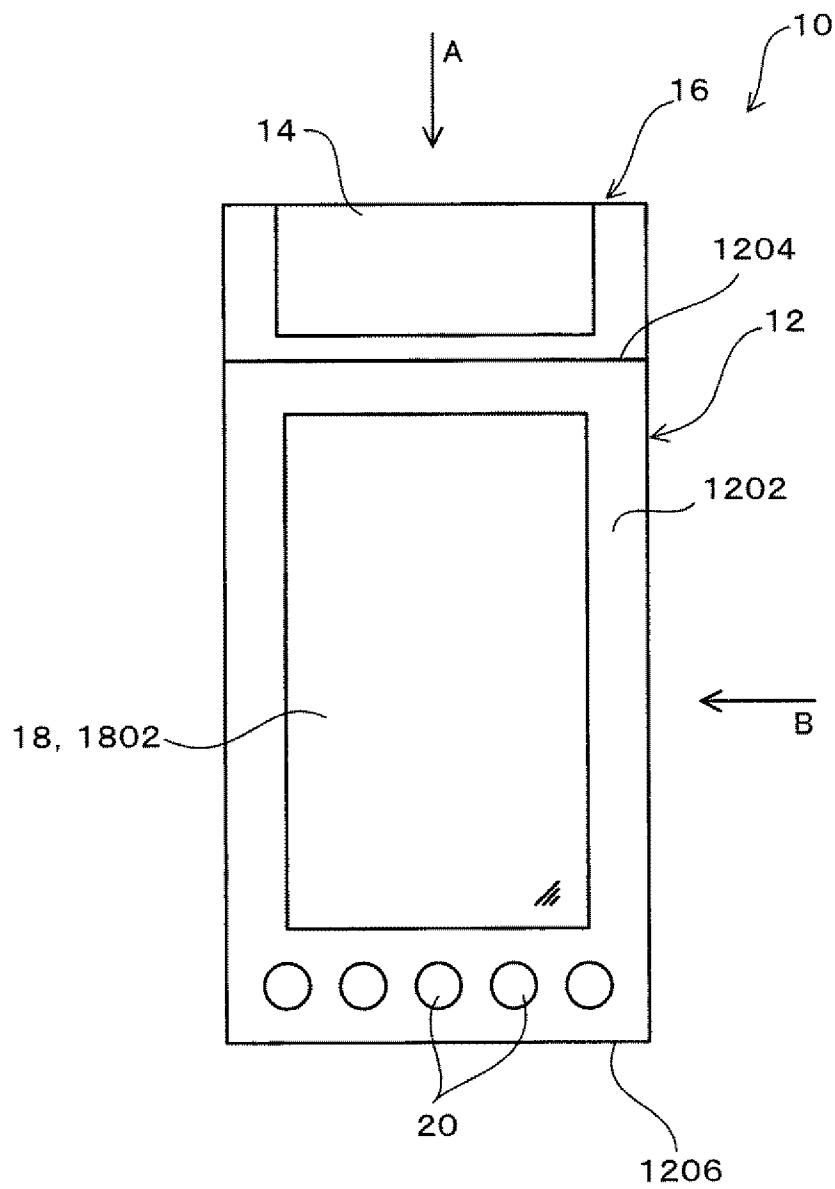
装置。

- [請求項7] 前記球体は球技用ボールであり、
前記入力部には、前記球技用ボールの種類が入力され、
前記計測処理部には、前記入力部に入力される種類の前記球技用ボールの径が記録されている、
ことを特徴とする請求項1～6のいずれか一つに記載の移動体の回転数計測装置。
- [請求項8] 前記入力部には、前記球体の径の値が入力される、
ことを特徴とする請求項1～6のいずれか一つに記載の移動体の回転数計測装置。
- [請求項9] 前記計測処理部は、あらかじめ前記球体の前記径情報ごとに前記ドップラー周波数から前記移動速度および前記回転数を算出する相関式を有し、前記入力部に入力された前記径情報に基づいて前記相関式を選択して前記移動速度および前記回転数を算出する、
ことを特徴とする請求項1～8のいずれか一つに記載の移動体の回転数計測装置。
- [請求項10] 前記送信波の周波数帯域が24GHzあるいは10GHzであり、
前記送信波の出力が10mW以下である、
ことを特徴とする請求項1～9のいずれか一つに記載の移動体の回転数計測装置。
- [請求項11] 前記アンテナと前記ドップラーセンサとが一体的に設けられた一体型モジュールを構成している、
ことを特徴とする請求項1～10のいずれか一つに記載の移動体の回転数計測装置。
- [請求項12] 電力を蓄電するバッテリーを備え、
前記バッテリーに蓄電された前記電力を用いて駆動する、
ことを特徴とする請求項1～11のいずれか一つに記載の移動体の回転数計測装置。

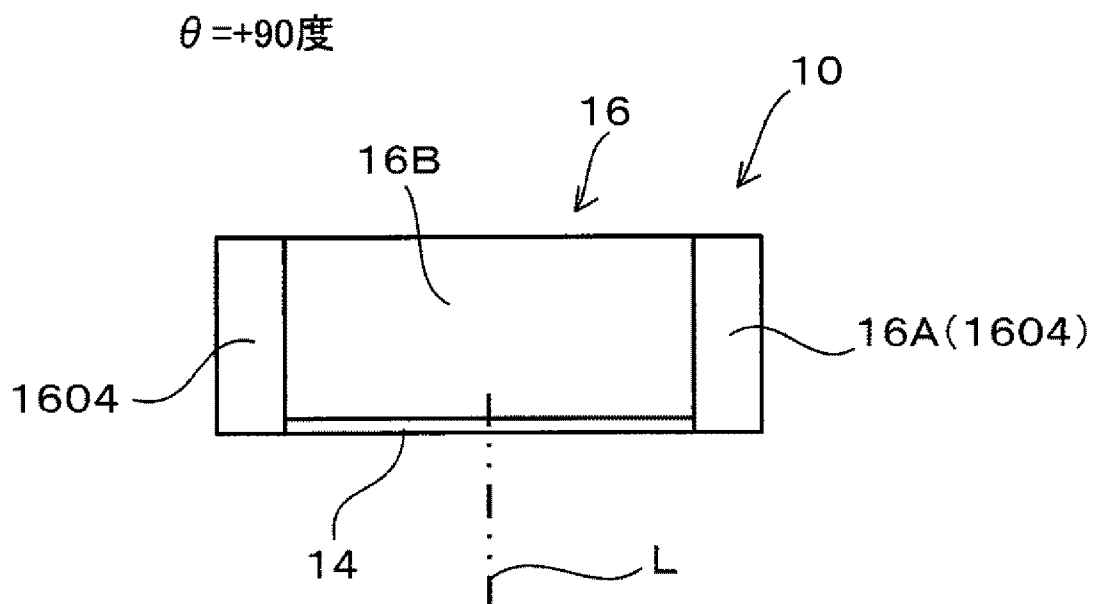
[図1]



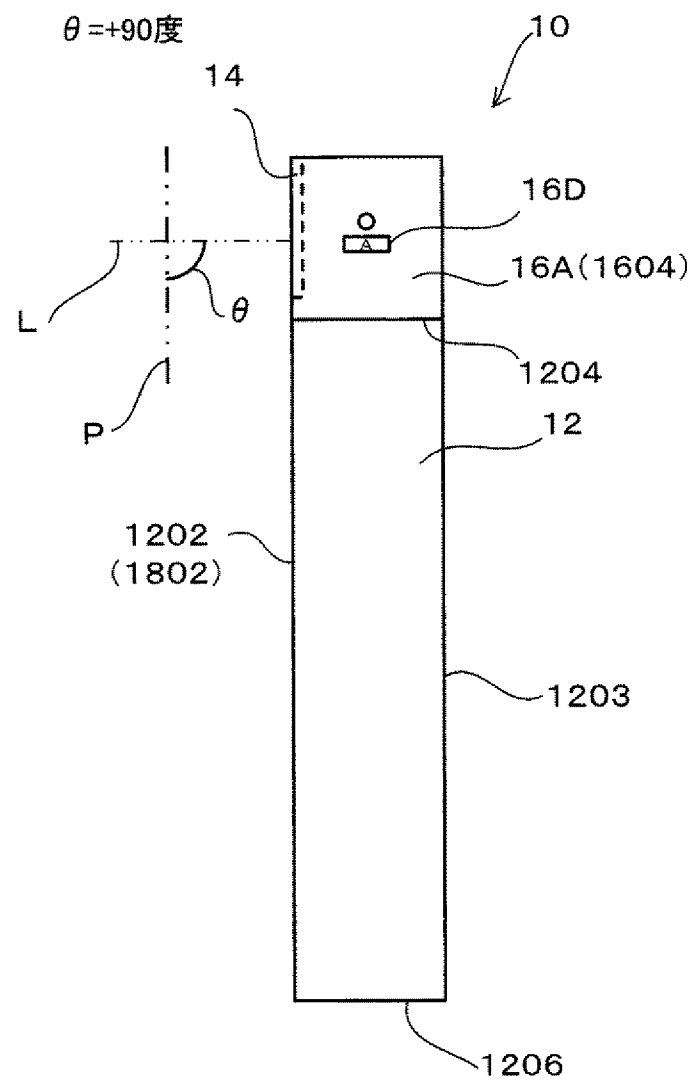
[図2]



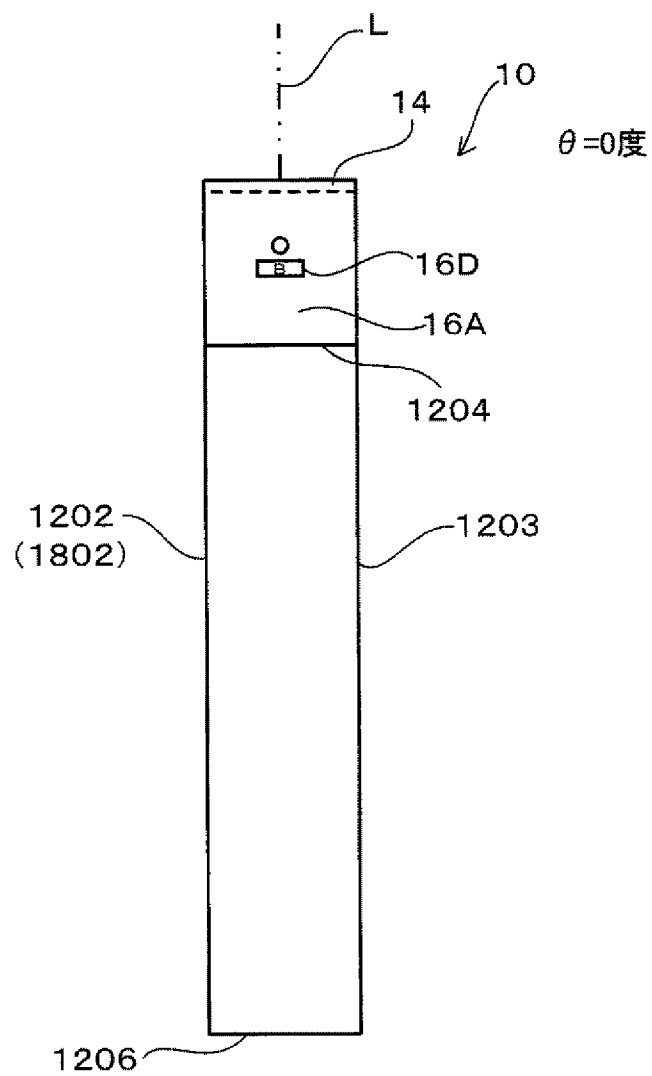
[図3]



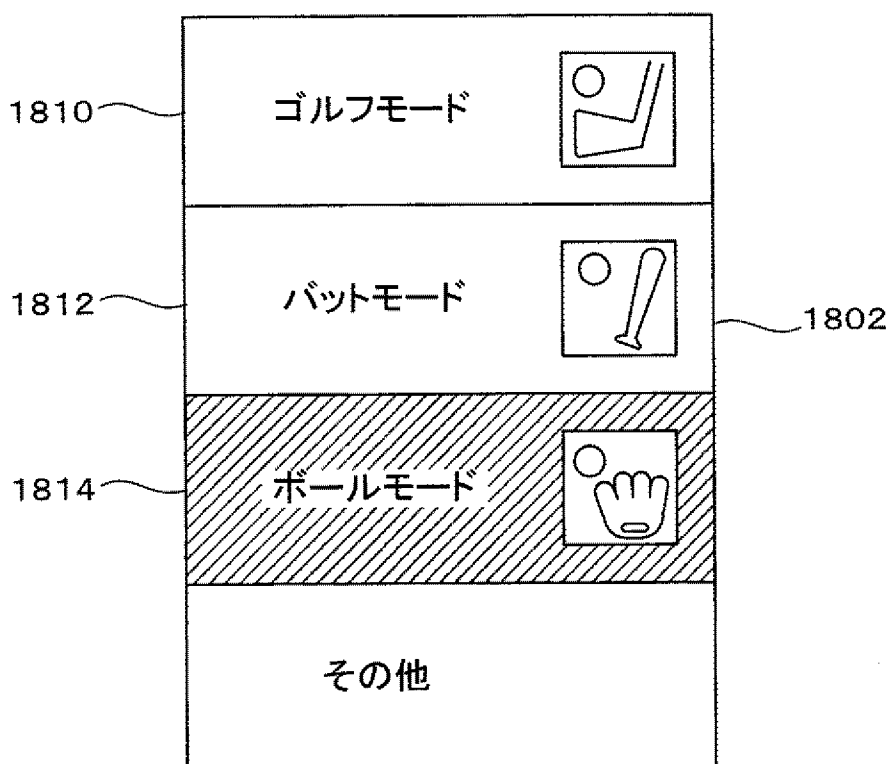
[図4]



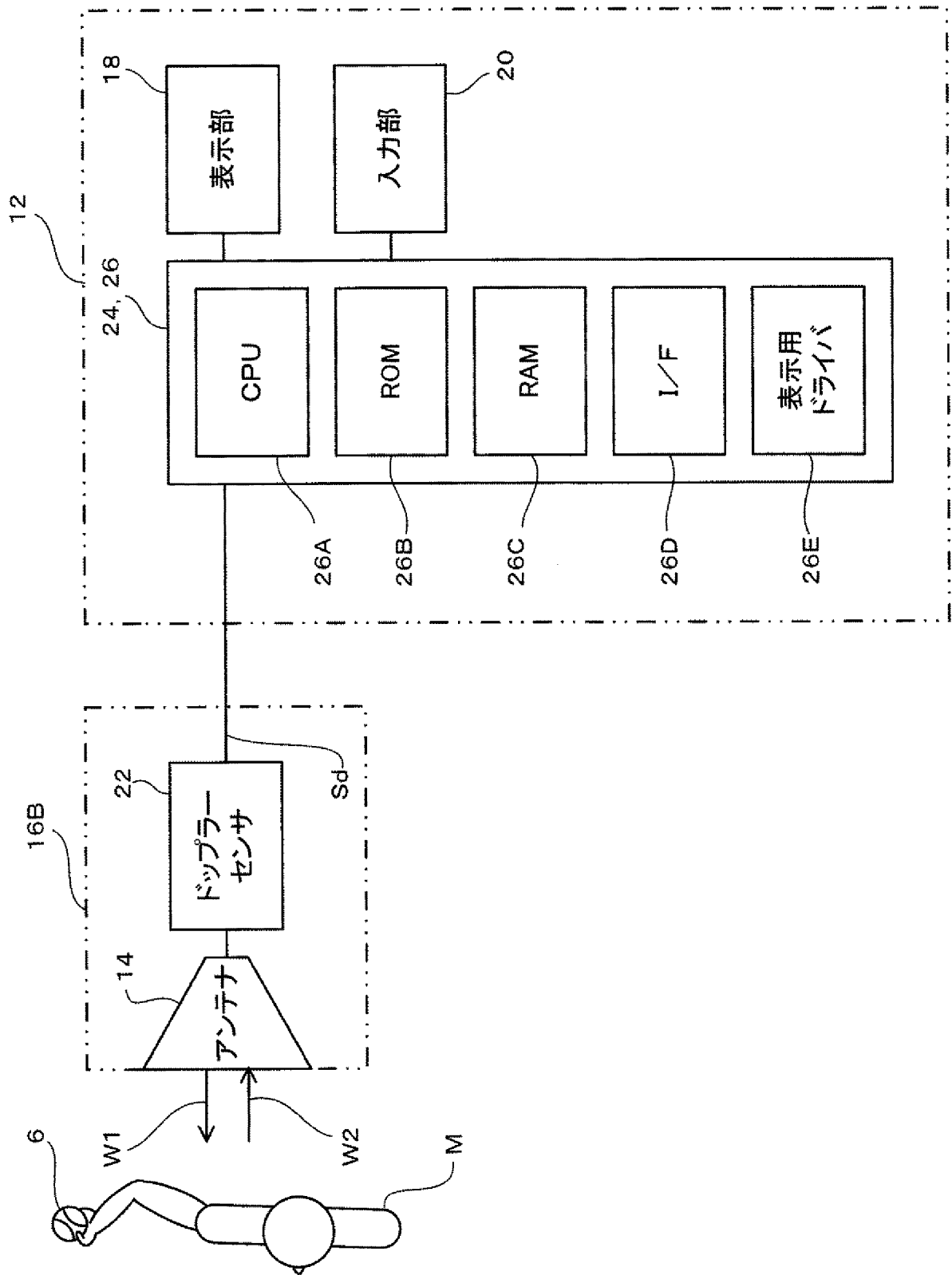
[図5]



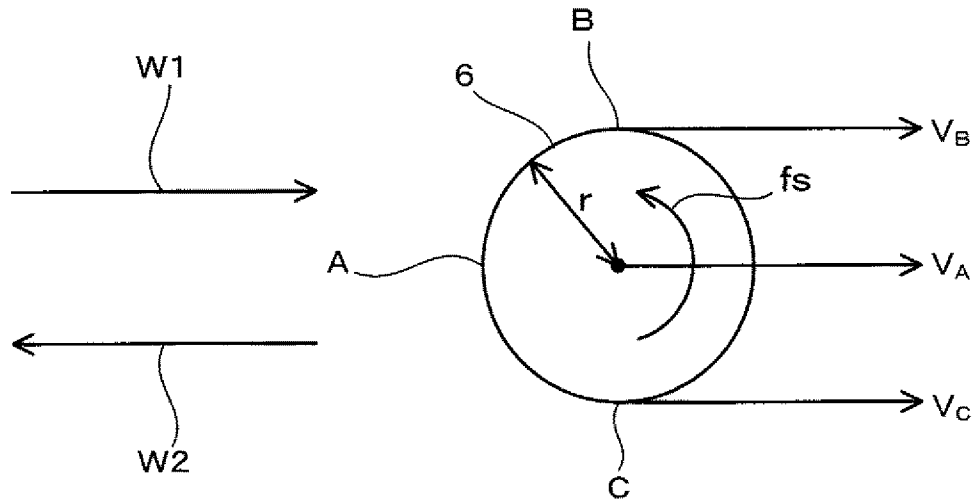
[図6]



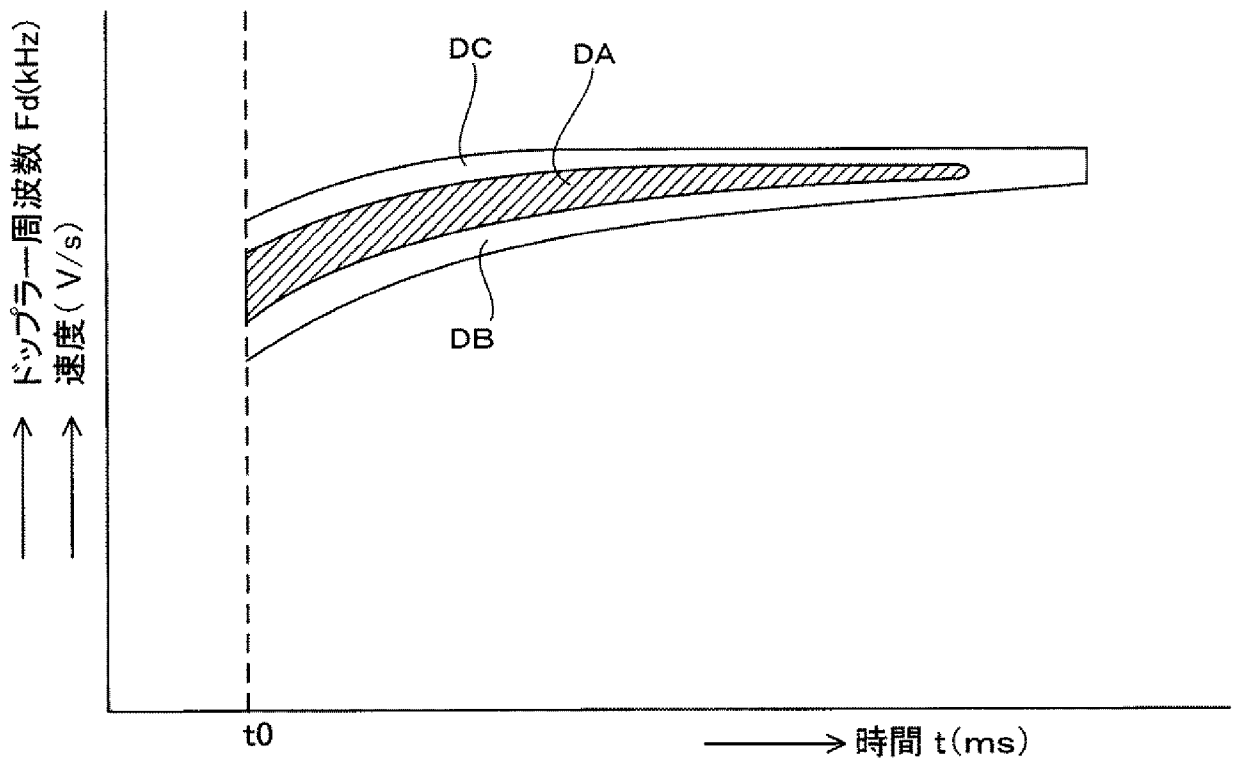
[図7]



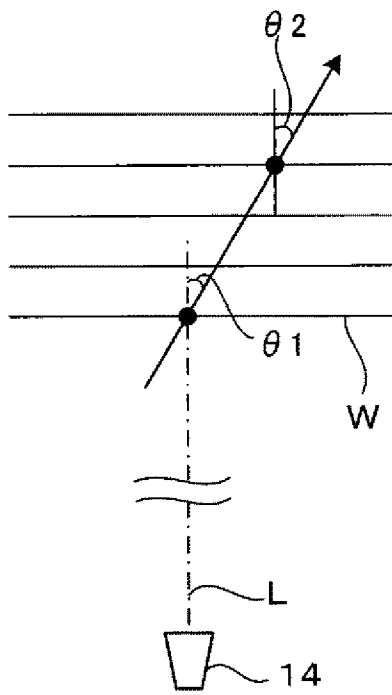
[図8]



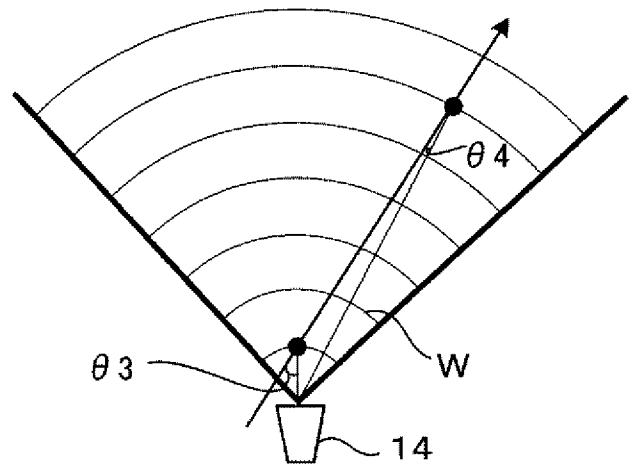
[図9]



[図10]

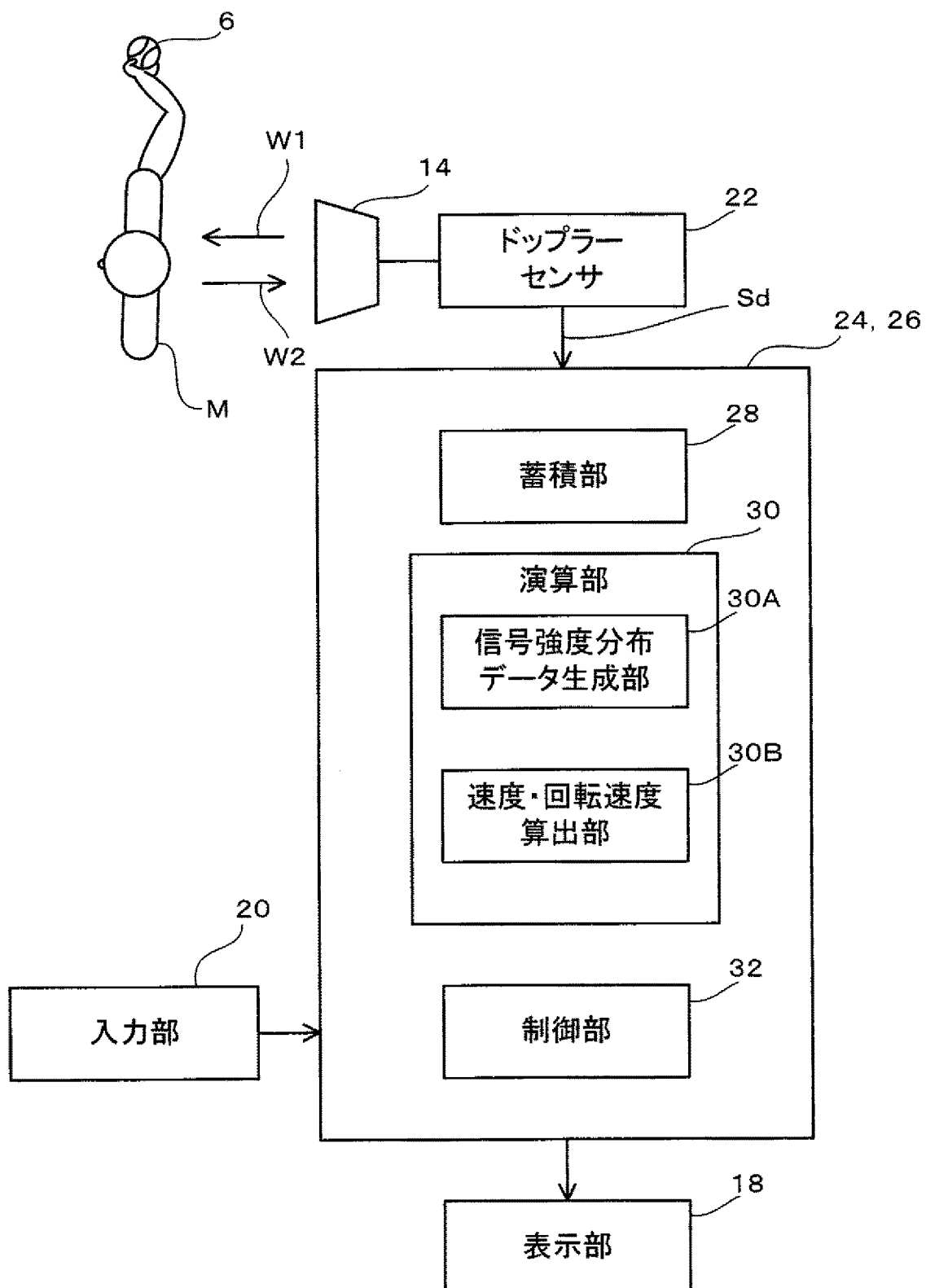


(a) 遠方

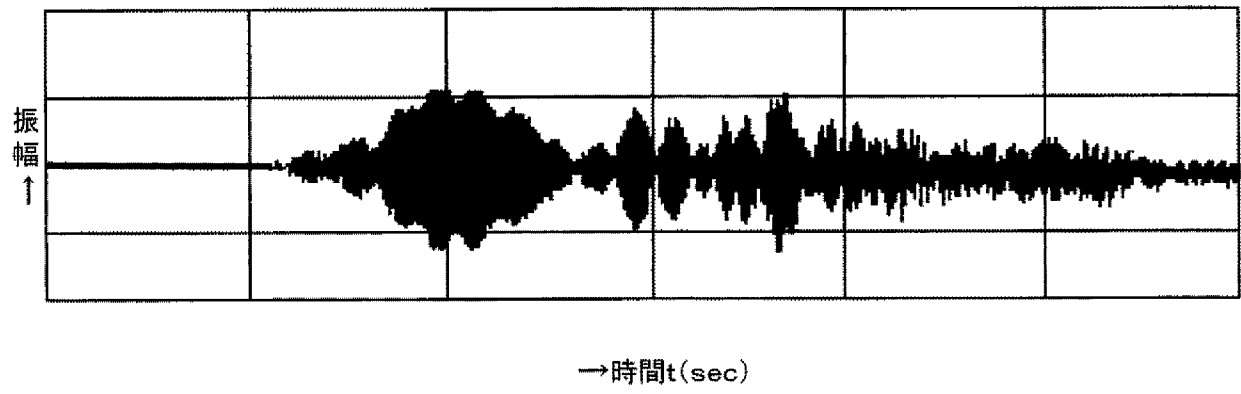


(b) 近傍

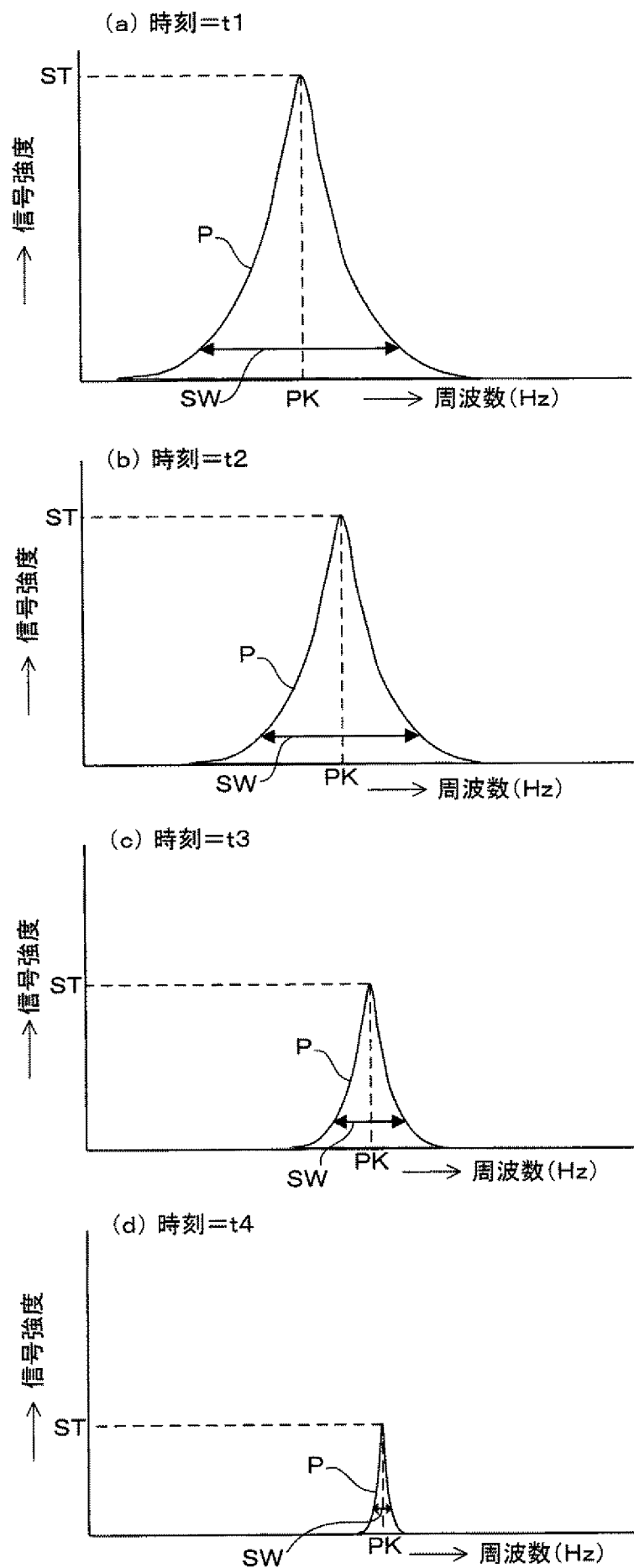
[図11]



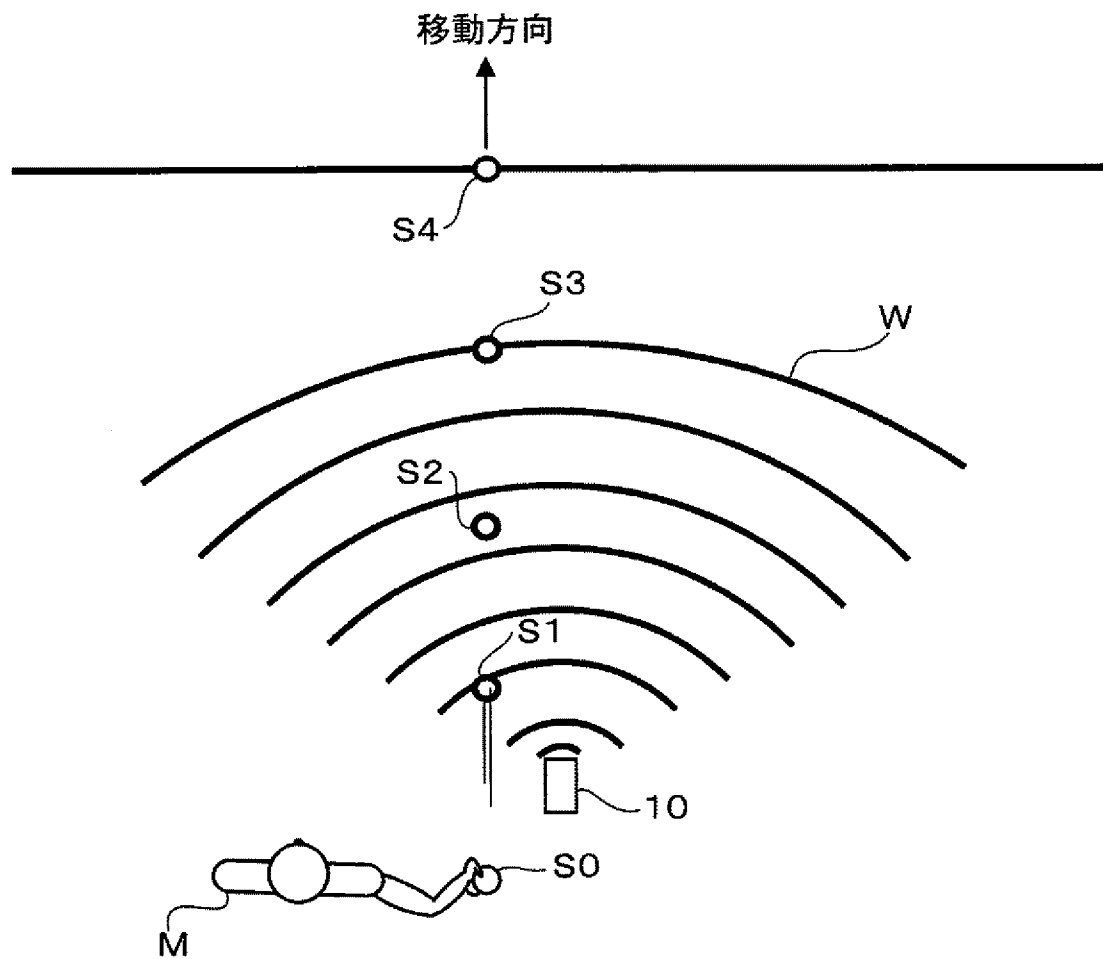
[図12]



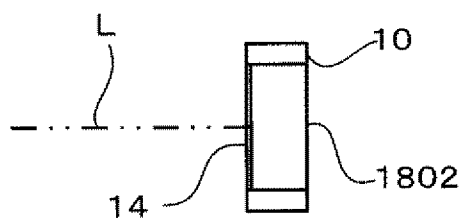
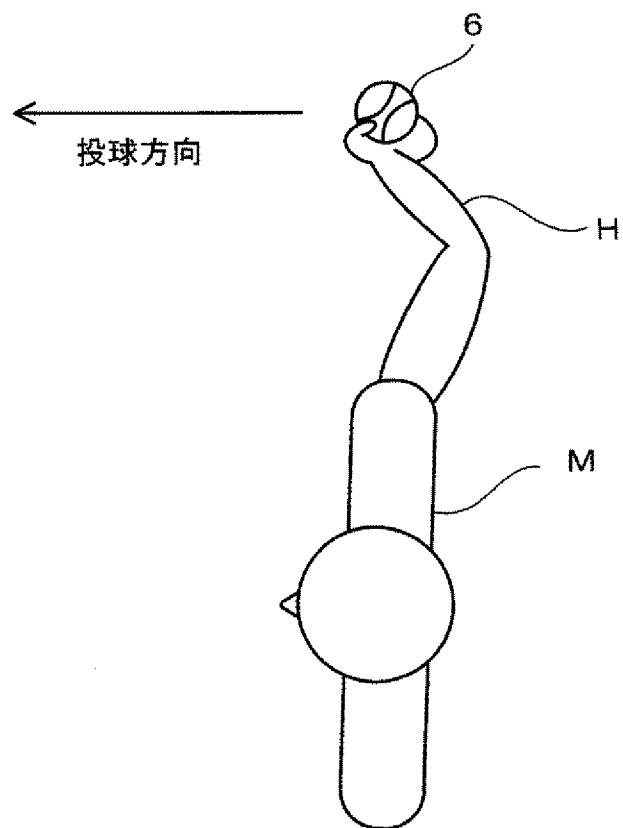
[圖13]



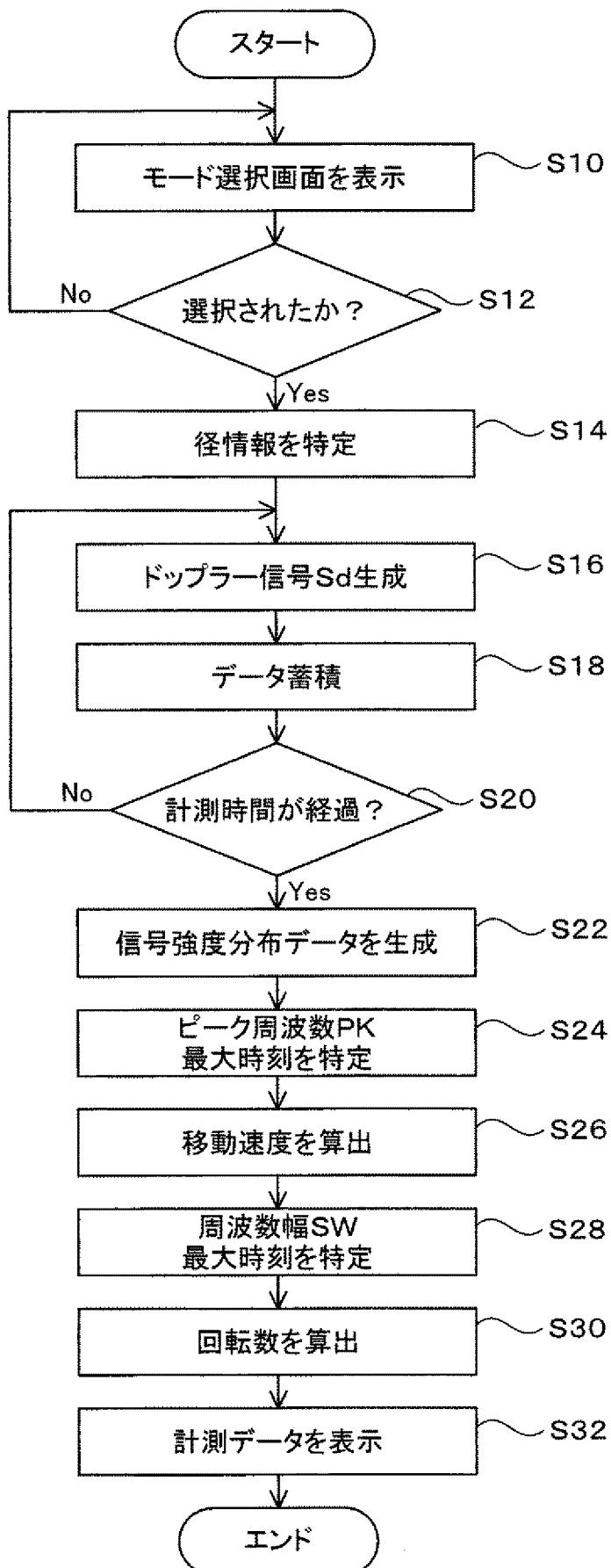
[図14]



[図15]

 $\theta = -90^\circ$ 

[図16]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/JP2013/006674

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
G01S13/58(2006.01) i

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)
G01S13/58

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Jitsuyo Shinan Koho	1922-1996	Jitsuyo Shinan Toroku Koho	1996-2014
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2014	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2014

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X A	JP 2012-68139 A (The Yokohama Rubber Co., Ltd.), 05 April 2012 (05.04.2012), mode for carrying out the invention; paragraphs [0036] to [0039], [0049] to [0054]; fig. 4, 6 to 9, 15 to 17 (Family: none)	1, 3-12 2
A	JP 2012-68163 A (The Yokohama Rubber Co., Ltd.), 05 April 2012 (05.04.2012), mode for carrying out the invention; fig. 4 to 6, 25, 26 (Family: none)	1-12

Further documents are listed in the continuation of Box C. See patent family annex.

* Special categories of cited documents:	"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance	"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date	"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art
"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)	"&" document member of the same patent family
"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means	
"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed	

Date of the actual completion of the international search 16 January, 2014 (16.01.14)	Date of mailing of the international search report 28 January, 2014 (28.01.14)
--	---

Name and mailing address of the ISA/ Japanese Patent Office	Authorized officer
Facsimile No.	Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2013/006674

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	JP 2013-130569 A (The Yokohama Rubber Co., Ltd.), 04 July 2013 (04.07.2013), mode for carrying out the invention; all drawings & WO 2013/076979 A1	1-12
A	WO 2011/074247 A1 (The Yokohama Rubber Co., Ltd.), 23 June 2012 (23.06.2012), entire text; all drawings & US 2011/0275462 A1 & KR 10-2012-0079145 A	1-12
A	WO 2012/169179 A1 (The Yokohama Rubber Co., Ltd.), 13 December 2012 (13.12.2012), entire text; all drawings (Family: none)	1-12
A	JP 2003-294777 A (Techno Network Shikoku Co., Ltd.), 15 October 2003 (15.10.2003), entire text; all drawings (Family: none)	1-12
A	JP 2003-43141 A (Toto Ltd.), 13 February 2003 (13.02.2003), entire text; all drawings (Family: none)	1-12
A	US 6244971 B1 (The DistanceCaddy Company, LLC), 12 June 2001 (12.06.2001), entire text; all drawings (Family: none)	1-12
A	WO 2013/076980 A1 (The Yokohama Rubber Co., Ltd.), 30 May 2013 (30.05.2013), entire text; all drawings & JP 2013-128764 A	1-12
A	JP 2008-538085 A (Interactive Sports Games A/S), 09 October 2008 (09.10.2008), entire text; all drawings & US 2009/0075744 A1 & EP 1698380 A2 & EP 1853362 A & EP 2218483 A2 & WO 2006/092141 A2 & DE 602006009719 D & DE 602006015036 D & DE 202006021074 U & KR 10-2007-0110117 A & CN 101384308 A & AT 445443 T & AT 471746 T & KR 10-0947898 B1	1-12

A. 発明の属する分野の分類 (国際特許分類 (IPC)) Int.Cl. G01S13/58(2006.01)i		
B. 調査を行った分野 調査を行った最小限資料 (国際特許分類 (IPC)) Int.Cl. G01S13/58		
最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの 日本国実用新案公報 1922-1996年 日本国公開実用新案公報 1971-2014年 日本国実用新案登録公報 1996-2014年 日本国登録実用新案公報 1994-2014年		
国際調査で使用した電子データベース (データベースの名称、調査に使用した用語)		
C. 関連すると認められる文献		
引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求項の番号
X A	JP 2012-68139 A (横浜ゴム株式会社) 2012.04.05, 【発明の実施の形態】、【0036】 - 【0039】、【0049】 - 【0054】、図4、6-9、15-17 (ファミリーなし)	1, 3-12 2
A	JP 2012-68163 A (横浜ゴム株式会社) 2012.04.05, 【発明の実施の形態】、図4-6、25、26 (ファミリーなし)	1-12
A	JP 2013-130569 A (横浜ゴム株式会社) 2013.07.04, 【発明の実施の形態】、全図 & WO 2013/076979 A1	1-12
<input checked="" type="checkbox"/> C欄の続きにも文献が列挙されている。 <input type="checkbox"/> パテントファミリーに関する別紙を参照。		
* 引用文献のカテゴリー 「A」 特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの 「E」 国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの 「L」 優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献 (理由を付す) 「O」 口頭による開示、使用、展示等に言及する文献 「P」 国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願日の後に公表された文献 「T」 国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの 「X」 特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの 「Y」 特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの 「&」 同一パテントファミリー文献		
国際調査を完了した日 16.01.2014	国際調査報告の発送日 28.01.2014	
国際調査機関の名称及びあて先 日本国特許庁 (ISA/J P) 郵便番号100-8915 東京都千代田区霞が関三丁目4番3号	特許庁審査官 (権限のある職員) 小川 亮 電話番号 03-3581-1101 内線 3258	2S 3006

C (続き) . 関連すると認められる文献		
引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求項の番号
A	WO 2011/074247 A1 (横浜ゴム株式会社) 2012. 06. 23, 全文, 全図 & US 2011/0275462 A1 & KR 10-2012-0079145 A	1 - 1 2
A	WO 2012/169179 A1 (横浜ゴム株式会社) 2012. 12. 13, 全文, 全図 (ファミリーなし)	1 - 1 2
A	JP 2003-294777 A (株式会社テクノネットワーク四国) 2003. 10. 15, 全文, 全図 (ファミリーなし)	1 - 1 2
A	JP 2003-43141 A (東陶機器株式会社) 2003. 02. 13, 全文, 全図 (ファミリーなし)	1 - 1 2
A	US 6244971 B1 (The DistanceCaddy Company, LLC,) 2001. 06. 12, 全文, 全図 (ファミリーなし)	1 - 1 2
A	WO 2013/076980 A1 (横浜ゴム株式会社) 2013. 05. 30, 全文, 全図 & JP 2013-128764 A	1 - 1 2
A	JP 2008-538085 A (インタラクティブ スポーツ・ゲームズ・アク ティビティーズ) 2008. 10. 09, 全文, 全図 & US 2009/0075744 A1 & EP 1698380 A2 & EP 1853362 A & EP 2218483 A2 & WO 2006/092141 A2 & DE 602006009719 D & DE 602006015036 D & DE 202006021074 U & KR 10-2007-0110117 A & CN 101384308 A & AT 445443 T & AT 471746 T & KR 10-0947898 B1	1 - 1 2