

(19)日本国特許庁(JP)

(12)特許公報(B2)

(11)特許番号
特許第7143780号
(P7143780)

(45)発行日 令和4年9月29日(2022.9.29)

(24)登録日 令和4年9月20日(2022.9.20)

(51)国際特許分類	F I
G 0 1 S 17/32 (2020.01)	G 0 1 S 17/32
G 0 1 S 7/481(2006.01)	G 0 1 S 7/481 A
G 0 1 S 7/497(2006.01)	G 0 1 S 7/497
G 0 1 C 3/06 (2006.01)	G 0 1 C 3/06 1 2 0 Q

請求項の数 10 (全17頁)

(21)出願番号	特願2019-27168(P2019-27168)	(73)特許権者	000004226 日本電信電話株式会社 東京都千代田区大手町一丁目5番1号
(22)出願日	平成31年2月19日(2019.2.19)	(74)代理人	100098394 弁理士 山川 茂樹
(65)公開番号	特開2020-134285(P2020-134285 A)	(74)代理人	100153006 弁理士 小池 勇三
(43)公開日	令和2年8月31日(2020.8.31)	(74)代理人	100064621 弁理士 山川 政樹
審査請求日	令和3年5月31日(2021.5.31)	(72)発明者	上野 雅浩 東京都千代田区大手町一丁目5番1号 日本電信電話株式会社内
		(72)発明者	赤毛 勇一 東京都千代田区大手町一丁目5番1号 日本電信電話株式会社内

最終頁に続く

(54)【発明の名称】 測距装置および測距方法

(57)【特許請求の範囲】

【請求項1】

周期的に強度変調された光を出力する光源と、
前記光源の光を2つに分岐する光スプリッタと、前記光スプリッタの一方から出力された前記光を偏向して測定対象の物体に向けて出射する光偏向器と、
前記光偏向器からみて前記物体側に配置されたミラーと、
前記光偏向器から出射された出射光が前記物体および前記ミラーでそれぞれ反射した第1反射光および第2反射光を検出するフォトディテクタと
を有する光学系と、
前記第1反射光および前記第2反射光を検出するフォトディテクタからのアナログ信号と、前記光偏向器の偏向角度を示すアナログ信号とをデジタル信号に変換するアナログ-デジタル変換器と、
前記光スプリッタから前記光が出力されてから前記第1反射光が前記フォトディテクタで検出されるまでの時間に基づいて、前記物体までの距離を示す第1距離信号を出力する第1測距部と、
前記光スプリッタから前記光が出力されてから前記第2反射光が前記フォトディテクタで検出されるまでの時間に基づいて、前記ミラーまでの距離を示す第2距離信号を出力する第2測距部と、
前記第1距離信号を前記第2距離信号に基づいて、前記アナログ-デジタル変換器のチャンネル間のタイミング差の時間変動に起因する誤差に関して補正して、前記物体までの

10

20

距離を示す第 3 距離信号を出力する距離補正部と
を有する信号処理装置と
を備える測距装置。

【請求項 2】

請求項 1 に記載の測距装置において、

前記ミラーからの反射光が受光される時間範囲が、前記光源の変調の周期より長いこと
を特徴とする測距装置。

【請求項 3】

請求項 1 または請求項 2 に記載の測距装置において、

前記ミラーは、前記光偏向器と前記物体とを結んだ線上とは異なる位置に配置されること
を特徴とする測距装置。 10

【請求項 4】

請求項 1 から請求項 3 のいずれか 1 項に記載の測距装置において、

前記距離補正部は、前記第 1 距離信号から前記第 2 距離信号を引いた値を含む情報を、
前記物体までの距離を示す前記第 3 距離信号として出力することを特徴とする測距装置。

【請求項 5】

請求項 1 から請求項 4 のいずれか 1 項に記載の測距装置において、

前記第 1 測距部は、求めた前記第 1 距離信号の各々に対応する時刻情報を取得し、
前記信号処理装置は、
前記第 1 測距部によって取得された前記時刻情報を前記光偏向器による偏向角度の情報
に変換し、偏向角度と距離とが対応付けられた角度 - 距離信号を出力する時間 - 角度変換
部を備える
ことを特徴とする測距装置。 20

【請求項 6】

請求項 1 から請求項 5 のいずれか 1 項に記載の測距装置において、

前記第 1 測距部は、前記光源の光強度のピーク時刻で、前記物体までの距離を示す前記
第 1 距離信号を離散的に取得することを特徴とする測距装置。

【請求項 7】

請求項 6 に記載の測距装置において、

前記信号処理装置は、
前記第 1 測距部が取得した、離散的な前記物体までの距離を示す前記第 1 距離信号に基
づいて、前記第 3 距離信号の補間を行う補間部を備えることを特徴とする測距装置。 30

【請求項 8】

請求項 1 から請求項 7 のいずれか 1 項に記載の測距装置において、

前記光源は、波長が時間と共に変化する波長掃引光源であり、

前記光偏向器は、回折格子またはプリズムを含む

ことを特徴とする測距装置。

【請求項 9】

周期的に強度変調された光を光源から出力する第 1 ステップと、

前記光源の光を光スプリッタによって 2 つに分岐する第 2 ステップと、 40

前記第 2 ステップで前記光スプリッタの一方から出力された前記光を光偏向器によって
偏向して測定対象の物体に向けて出射する第 3 ステップと、

前記第 3 ステップで前記光偏向器から出射された出射光が前記物体および前記光偏向器
からみて前記物体側に配置されたミラーでそれぞれ反射した第 1 反射光および第 2 反射光
をフォトディテクタで検出する第 4 ステップと、

前記第 1 反射光および前記第 2 反射光を検出するフォトディテクタからのアナログ信号
と前記光偏向器の偏向角度を示すアナログ信号とをアナログ - デジタル変換器でディジ
タル信号に変換する第 5 ステップと、

前記第 2 ステップで前記光スプリッタから前記光が出力されてから前記第 1 反射光が前
記フォトディテクタで検出されるまでの時間に基づいて、前記物体までの距離を示す第 1 50

距離信号を出力する第6ステップと、

前記第2ステップで前記光スプリッタから前記光が出力されてから前記第2反射光が前記フォトディテクタで検出されるまでの時間に基づいて、前記ミラーまでの距離を示す第2距離信号を出力する第7ステップと、

前記第1距離信号を前記第2距離信号に基づいて、前記アナログ-デジタル変換器のチャンネル間のタイミング差の時間変動に起因する誤差に関して補正して、前記物体までの距離を示す第3距離信号を出力する第8ステップと

を備える測距方法。

【請求項10】

請求項9に記載の測距方法において、

前記ミラーからの反射光が受光される時間範囲が、前記光源の変調の周期より長いことを特徴とする測距方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、測距装置および測距方法に関し、特に、飛行時間方式の測距技術に関する。

【背景技術】

【0002】

従来から、物体との距離を測定する技術としてTOF (Time of Flight : 飛行時間) 方式が知られている。TOF方式の測距処理では、レーザを発光させて、そのレーザ光が物体に反射して戻るまでの飛行時間を測定し、光速を乗じることで物体との距離を導出する(非特許文献1参照)。

【0003】

TOF方式の測距技術の具体例として、非特許文献2は、地表を掘削することなく下水道管などの管路を構築する工事に用いる地下の掘削機の位置を、TOF方式で計測する測距装置を開示している。

【0004】

また、非特許文献1および2に記載された技術では、時間を測定する基準となる参照信号と、測距対象の物体の表面を反射して戻ってきた光を光電変換した検出信号との2つの信号の時間差を測定する必要がある。例えば、2チャンネルを持つアナログ-デジタル変換器(ADC)を用いてこれら2つの信号が取り込まれる。このとき、2つの信号の時間差が t だとすると、物体までの距離の測定値 L は、 $c \cdot t / 2$ と表される。ここで、 c は光速である。

【0005】

このような従来の測距装置では、ADCのチャンネル間のタイミング差 (*skew*) が時間変動する場合に、正確な測距ができなくなるという問題があった。つまり、ADCのチャンネル間の信号取得時間にずれ (*skew*) がある場合は、距離の測定値 L はそれに応じて変動する。例えば、参照信号に対して検出信号がADCのチャンネル間スキューによって t だけ遅れた場合、物体までの距離の測定値 L' は $c \cdot (t + t) / 2$ となり、 $c \cdot t / 2$ だけ異なる。

【0006】

この場合は、スキュー t が固定値であれば、予めスキュー t を測定しておき、距離の測定時に、参照信号と検出信号との時間差から、予め測定されたスキュー t を引けば、正しい距離が得られる。しかし、スキュー t が、信号の取得ごとに異なる場合は、信号の取得ごとに距離の測定値が異なることとなり、得られた距離の精度が悪くなるという問題がある。

【先行技術文献】

【非特許文献】

【0007】

【文献】大石航志、太田充彦、松原弘幸、「レーザレーダにおけるFPGAを用いた複数

10

20

30

40

50

反射光に対する飛行時間測定」、電子情報通信学会、2018年 電子情報通信学会総合大会 エレクトロニクス講演論文集2、p. 38、C-12-3、2018年03月6日発行

小平徹、八木生剛、藤浦和夫、森治郎、渡邊武士、「波長掃引技術を応用した光掃引方式位置計測システム」、光技術コンタクト、55巻、8号、pp. 18-27、2017年08月20日発行

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0008】

本発明は、上述した課題を解決するためになされたものであり、ADCのチャンネル間のタイミング差 (skew) が信号の取得ごとに変動する場合であっても、物体までの距離を高精度に測定することができる測距装置および測距方法を提供することを目的とする。

10

【課題を解決するための手段】

【0009】

上述した課題を解決するために、本発明に係る測距装置は、周期的に強度変調された光を出力する光源と、前記光源の光を2つに分岐する光スプリッタと、前記光スプリッタの一方から出力された前記光を偏向して測定対象の物体に向けて出射する光偏向器と、前記光偏向器からみて前記物体側に配置されたミラーと、前記光偏向器から出射された出射光が前記物体および前記ミラーでそれぞれ反射した第1反射光および第2反射光を検出するフォトディテクタとを有する光学系と、前記第1反射光および前記第2反射光を検出するフォトディテクタからのアナログ信号と、前記光偏向器の偏向角度を示すアナログ信号とをデジタル信号に変換するアナログ-デジタル変換器と、前記光スプリッタから前記光が出力されてから前記第1反射光が前記フォトディテクタで検出されるまでの時間に基づいて、前記物体までの距離を示す第1距離信号を出力する第1測距部と、前記光スプリッタから前記光が出力されてから前記第2反射光が前記フォトディテクタで検出されるまでの時間に基づいて、前記ミラーまでの距離を示す第2距離信号を出力する第2測距部と、前記第1距離信号を前記第2距離信号に基づいて、前記アナログ-デジタル変換器のチャンネル間のタイミング差の時間変動に起因する誤差に関して補正して、前記物体までの距離を示す第3距離信号を出力する距離補正部とを有する信号処理装置とを備える。また、前記ミラーからの反射光が受光される時間範囲が、前記光源の変調の周期より長くてもよい。

20

30

【0010】

また、本発明に係る測距装置において、前記ミラーは、前記光偏向器と前記物体とを結んだ線上とは異なる位置に配置されていてもよい。

【0011】

また、本発明に係る測距装置において、前記距離補正部は、前記第1距離信号から前記第2距離信号を引いた値を含む情報を、前記物体までの距離を示す前記第3距離信号として出力してもよい。

【0012】

また、本発明に係る測距装置において、前記第1測距部は、求めた前記第1距離信号の各々に対応する時刻情報を取得し、前記信号処理装置は、前記第1測距部によって取得された前記時刻情報を前記光偏向器による偏向角度の情報に変換し、偏向角度と距離とが対応付けられた角度-距離信号を出力する時間-角度変換部を備えていてもよい。

40

【0013】

また、本発明に係る測距装置において、前記第1測距部は、前記光源の光強度のピーク時刻で、前記物体までの距離を示す前記第1距離信号を離散的に取得してもよい。

【0014】

また、本発明に係る測距装置において、前記第1測距部が取得した、離散的な前記物体までの距離を示す前記第1距離信号に基づいて、前記第3距離信号の補間を行う補間部を備えていてもよい。

50

【 0 0 1 5 】

また、本発明に係る測距装置において、前記光源は、波長が時間と共に変化する波長掃引光源であり、前記光偏向器は、回折格子またはプリズムを含んでいてもよい。

【 0 0 1 6 】

上述した課題を解決するために、本発明に係る測距方法は、周期的に強度変調された光を光源から出力する第1ステップと、前記光源の光を光スプリッタによって2つに分岐する第2ステップと、前記第2ステップで前記光スプリッタの一方から出力された前記光を光偏向器によって偏向して測定対象の物体に向けて出射する第3ステップと、

前記第3ステップで前記光偏向器から出射された出射光が前記物体および前記光偏向器からみて前記物体側に配置されたミラーでそれぞれ反射した第1反射光および第2反射光をフォトディテクタで検出する第4ステップと、前記第1反射光および前記第2反射光を検出するフォトディテクタからのアナログ信号と前記光偏向器の偏向角度を示すアナログ信号とをアナログ-デジタル変換器でデジタル信号に変換する第5ステップと、前記第2ステップで前記光スプリッタから前記光が出力されてから前記第1反射光が前記フォトディテクタで検出されるまでの時間に基づいて、前記物体までの距離を示す第1距離信号を出力する第6ステップと、前記第2ステップで前記光スプリッタから前記光が出力されてから前記第2反射光が前記フォトディテクタで検出されるまでの時間に基づいて、前記ミラーまでの距離を示す第2距離信号を出力する第7ステップと、前記第1距離信号を前記第2距離信号に基づいて、前記アナログ-デジタル変換器のチャンネル間のタイミング差の時間変動に起因する誤差に関して補正して、前記物体までの距離を示す第3距離信号を出力する第8ステップとを備える。また、前記ミラーからの反射光が受光される時間範囲が、前記光源の変調の周期より長くてもよい。

【 発明の効果 】

【 0 0 1 7 】

本発明によれば、光源からみて物体側に配置されたミラーまでの距離を示す第2距離信号を用いて物体までの距離を示す第1距離信号を補正するので、ADCのチャンネル間の時間差 (s k e w) が信号の取得ごとに変動する場合であっても、物体までの距離を高精度に測定することができる。

【 図面の簡単な説明 】

【 0 0 1 8 】

- 【 図 1 】 図 1 は、本発明の実施の形態に係る測距装置の構成を示すブロック図である。
- 【 図 2 】 図 2 は、本実施の形態に係る測距装置の動作を説明するための図である。
- 【 図 3 】 図 3 は、本実施の形態に係る信号処理装置を実現するコンピュータ構成の一例を示すブロック図である。
- 【 図 4 】 図 4 は、本実施の形態に係る測距方法を説明するフローチャートである。
- 【 図 5 】 図 5 は、本実施の形態に係る補正前の距離信号を説明する図である。
- 【 図 6 】 図 6 は、本実施の形態に係る補正前の距離信号を説明する図である。
- 【 図 7 】 図 7 は、本実施の形態に係る補正後の距離信号を説明する図である。
- 【 図 8 】 図 8 は、本実施の形態に係る補正後の距離信号を説明する図である。
- 【 図 9 A 】 図 9 A は、本実施の形態に係る測距装置の効果の説明するための図である。
- 【 図 9 B 】 図 9 B は、本実施の形態に係る測距装置の効果の説明するための図である。

【 発明を実施するための形態 】

【 0 0 1 9 】

以下、本発明の好適な実施の形態について、図 1 から図 9 B を参照して詳細に説明する。

【 0 0 2 0 】

図 1 は、本発明の実施の形態に係る測距装置 1 の構成を示すブロック図である。本実施の形態に係る測距装置 1 は、図 1 に示すように、TOF方式により、測距装置 1 から物体 104 までの距離を測定する。より詳細には、測距装置 1 は、光源 100 から光が出射されてから、測距対象の物体 104 の表面を反射した反射光が受光されるまでの飛行時間を測定し、測距装置 1 から物体 104 までの距離を求める。

【 0 0 2 1 】

図 1 に示すように、測距装置 1 は、光源 1 0 0、カプラ 1 0 1、サーキュレータ 1 0 2、光偏向器 1 0 3、補正用ミラー（ミラー） 1 0 5、フォトディテクタ（以下、「P D r」という。） 1 0 6、フォトディテクタ（以下、「P D s」という。） 1 0 7、アナログ - デジタル変換器（A D C） 1 0 8、および信号処理装置 1 0 9 を備える。カプラ 1 0 1 は光を分岐（スプリット）する光分岐器（スプリッタ）として使用するものである。

【 0 0 2 2 】

光源 1 0 0、カプラ 1 0 1、サーキュレータ 1 0 2、光偏向器 1 0 3、補正用ミラー 1 0 5、P D r 1 0 6、および P D s 1 0 7 は、測距装置 1 が備える光学系を構成する。

【 0 0 2 3 】

光源 1 0 0 は、周期的に強度変調された光を物体 1 0 4 に向けて出射する。具体的には、光源 1 0 0 は、正弦波やパルス信号などの周期的に強度変調された光を発生させる。光源 1 0 0 から出射される光は後述の光偏向器 1 0 3 に入射される。

【 0 0 2 4 】

カプラ 1 0 1 は、光源 1 0 0 から出射された光を参照光路と物体光路とに分ける。カプラ 1 0 1 によって分けられた光の一方は、参照光路上の P D r 1 0 6 に入力され、他方の光は物体光路上のサーキュレータ 1 0 2 および光偏向器 1 0 3 を介して物体 1 0 4 および補正用ミラー 1 0 5 に照射される。

【 0 0 2 5 】

P D r 1 0 6 は、光源 1 0 0 から出力された光を検出し、アナログ信号である第 1 参照信号 r 1 に変換する。得られた第 1 参照信号 r 1 は、A D C 1 0 8 のチャンネル 1（C H 1）に入力される。

【 0 0 2 6 】

サーキュレータ 1 0 2 は、光路上で互いに反対方向に進む光を分離する。より詳細には、サーキュレータ 1 0 2 は、カプラ 1 0 1 から出射され物体 1 0 4 および補正用ミラー 1 0 5 に照射される光と、物体 1 0 4 および補正用ミラー 1 0 5 を反射して戻ってきた光とを分離する。

【 0 0 2 7 】

光偏向器 1 0 3 は、光源 1 0 0 から入射される光の光軸を偏向して出射する。より詳細には、光偏向器 1 0 3 は、光源 1 0 0 から出射され、カプラ 1 0 1 およびサーキュレータ 1 0 2 を介して入射される光を偏向して出射する。以下、光偏向器 1 0 3 が入射される光の光軸を変化させて出射することを「光を偏向する」ということとする。

【 0 0 2 8 】

光偏向器 1 0 3 は、予め設定された偏向角度の範囲で光源 1 0 0 からの光を偏向する。光偏向器 1 0 3 としては、例えば、ガルバノミラー、ポリゴンミラー、K T N（タンタル酸二オブ酸カリウム）結晶を用いた偏向器を用いることができる。光偏向器 1 0 3 による偏向角度は、ミラーの設計や光偏向器 1 0 3 が備える図示されない駆動装置による制御により所望の偏向角度の範囲となるように設定することができる。

【 0 0 2 9 】

光偏向器 1 0 3 は、光源 1 0 0 からの光を偏向して出射することによって、物体 1 0 4 および補正用ミラー 1 0 5 ならびのその周辺の空間をスキャン（空間的に掃引、つまり、偏向）して、測距対象の物体 1 0 4 の表面および補正用ミラー 1 0 5 で反射させる。光偏向器 1 0 3 が、光源 1 0 0 からの光を設定された偏向角度の範囲内で出射した光でスキャンする毎に、物体 1 0 4 からの反射光（第 1 反射光）および補正用ミラー 1 0 5 からの反射光（第 2 反射光）のそれぞれが後述の P D s 1 0 7 で検出される。

【 0 0 3 0 】

補正用ミラー 1 0 5 は、図 1 に示すように、光偏向器 1 0 3 からみて物体 1 0 4 側に配置される。具体的には、補正用ミラー 1 0 5 は、物体 1 0 4 と光偏向器 1 0 3 とを結ぶ線上とは異なる位置に配置される。例えば、補正用ミラー 1 0 5 は、光偏向器 1 0 3 の偏向する範囲の端付近に設置することができる。より好適には、補正用ミラー 1 0 5 を、光偏

10

20

30

40

50

向器 103 の偏向する範囲の端の位置に配置することで、偏向する範囲の大部分を物体 104 の測定用に利用することができる。

【0031】

PDs 107 は、物体 104 や補正用ミラー 105 からの反射光をサーキュレータ 102 を介して検出し、アナログ信号の第 1 検出信号 s_1 に変換する。得られた第 1 検出信号 s_1 は、ADC 108 のチャンネル 2 (CH2) に入力される。

【0032】

ADC 108 は、3 つのチャンネルを備え、アナログの入力信号をデジタル信号に変換して出力する。ADC 108 がチャンネルごとに変換して出力するデジタル信号は、信号処理装置 109 に入力される。チャンネル CH1 に入力されたアナログの第 1 参照信号 r_1 は、デジタルの第 2 参照信号 r_2 に変換され、後述の測距部 110 に入力される。チャンネル CH2 に入力された第 1 検出信号 s_1 についても、デジタルの第 2 検出信号 s_2 に変換され、測距部 110 に入力される。また、チャンネル CH3 には、光偏向器 103 の偏向角度を示すアナログ信号である第 1 角度信号 θ_1 が入力され、デジタルの第 2 角度信号 θ_2 に変換されて、後述の時間 - 角度変換部 113 に入力される。

【0033】

図 2 の (a)、(b)、および (c) は、ADC 108 の各チャンネルから出力されるデジタル信号の波形の一例を示している。なお、図 2 では、光源 100 から出力される光は、正弦波で強度変調されている場合を示している。図 2 の (a) は、ADC 108 でデジタル化した第 2 検出信号 s_2 (CH2) の強度と時間との関係を示している。図 2 の (b) は、ADC 108 でデジタル化した第 2 参照信号 r_2 (CH1) の強度と時間との関係を示している。光偏向器 103 が出射光を偏向してスキャンする周期は、図 2 に示すように、 T_{sw} と表している。

【0034】

図 2 の (c) は、ADC 108 でデジタル化した第 2 角度信号 θ_2 (CH3) の強度と時間との関係を示している。第 2 角度信号 θ_2 は偏向角に対応している。光偏向器 103 によるスキャンの周期 (時刻 0 から T_{sw}) に応じて、偏向角の角度が変化している。

【0035】

図 2 の (c) では、説明の簡単のため、時刻 T_{sw} 後に即座に時刻 0 の偏向角に戻ることを想定したものとなっている。しかし、現実にそのような偏向を行うことは難しいことが多いため、時刻 T_{sw} 後は時刻 0 ~ T_{sw} の偏向角の推移を逆に辿るように偏向角を変化させ、時刻 $2T_{sw}$ に偏向角が時刻 0 と同じとなるような偏向角の推移とすることが考えられる。この場合の周期は $2T_{sw}$ となる。また、このような場合、図 2 の (c) は、時刻 T_{sw} を中心とした対称形となる。あるいは、即座ではなく、ある一定の時間 T_B で偏向角を図 2 の (c) に示される時刻 0 の角度まで戻す機構とする場合もある。この場合は、周期は $T_{sw} + T_B$ となる。

【0036】

図 1 に示すように、信号処理装置 109 は、ADC 108 からのデジタル信号を入力信号として、偏向角ごとの測距装置 1 から物体 104 までの距離を算出する。具体的には、カプラ 101 を起点とした物体 104 までの距離や、光偏向器 103 から物体 104 までの距離 (より正確には、光路長) を求めることができる。

【0037】

信号処理装置 109 は、測距部 (第 1 測距部) 110、補正用ミラー測距部 (第 2 測距部) 111、距離補正部 112、時間 - 角度変換部 113、および補間部 114 を備える。

【0038】

測距部 110 は、ADC 108 から出力される第 2 参照信号 r_2 および第 2 検出信号 s_2 に基づいて、第 2 参照信号 r_2 のピークの時刻を取得すると共に、その時刻における測距装置 1 から物体 104 までの距離を測距する。光偏向器 103 によって、1 次元的に光が偏向する角度の範囲で測距する場合には、より細かい角度ごとに測距することが考えられる。本実施の形態では、第 2 参照信号 r_2 のピークごとに測距を行うこととし、ピーク

10

20

30

40

50

間の距離が必要な場合には、後述の補間部 114 にて、ピーク位置の距離を使って補間して測距装置 1 から物体 104 までのより詳細な距離を求める。

【0039】

第 2 参照信号 r_2 のピーク数については、光源 100 の光変調の周期を T_m とし、光偏向器 103 のスキャンの周期を前述したように T_{sw} とすると、ピーク数は約 $N_p = T_{sw} / T_m$ と表される。光偏向器 103 の偏向し始めの時刻を 0 とし、時刻 0 の方から数えて n 個目のピークの時刻を t_n とする。図 2 の波形に共通に示す破線に対応する位置が、第 2 参照信号 r_2 の n 個目のピークの時刻 t_n である。この時刻 t_n から $\pm T_m / 2$ の範囲にある第 2 検出信号 s_2 のピーク時刻との差が t_n であったとき (図 2 の (a))、測距部 110 は、時刻 t_n で測定されるカプラ 101 から物体 104 までの距離 L_n を $c \cdot t_n / 2$ と計算する。ただし、 c は光速である。

10

【0040】

以下、時刻 t_n に対応する距離のデータを、特に、補正前の距離信号 (第 1 距離信号) L_n と呼ぶ。このように、測距部 110 は、光偏向器 103 が光をスキャンする周期ごとに、物体 104 からの反射光および補正用ミラー 105 からの反射光両方に基づいて測距を行う。図 2 の (d) は、測距部 110 によって求められた補正前の距離信号 L_n を示している。

【0041】

ここで、図 2 において、一点鎖線で示した横軸の範囲は、補正用ミラー 105 の反射光が PDS 107 で検出される時間範囲を示している。なお、補正用ミラー 105 の反射光が、光偏向器 103 が光をスキャンする周期中 (時刻 0 ~ T_{sw}) のどこに存在するかについては、事前に求めておく。本実施の形態では、図 2 に示すように、補正用ミラー 105 からの反射光の第 2 検出信号 s_2 が、時刻 $T_{ms} \sim T_{me}$ の間にあることが事前にわかっている。特に、図 2 では、時刻 T_{me} がスキャン周期の時刻 T_{sw} と一致する場合について示している。このような構成を採用することで、本来測距したい時間の範囲が時刻 0 ~ T_{ms} の連続領域となる利点がある。

20

【0042】

なお、本実施の形態では $T_{me} - T_{ms} > T_m$ であることが少なくとも必要である。これは、時刻 $T_{ms} \sim T_{me}$ の間に第 2 検出信号 s_2 のピークと、第 2 参照信号 r_2 のピークがそれぞれ 1 つ以上無ければ、補正用ミラー 105 までの距離を測距できないからである。図 3 の (c) では $T_{me} - T_{ms} = T_m$ の場合が示されている。さらに $T_{me} - T_{ms} = 3 T_m$ であると、補正用ミラー 105 の位置が正確に測定できるので、より望ましい。

30

【0043】

$T_{me} - T_{ms} = 3 T_m$ の場合、補正用ミラー 105 からの反射光から得られる第 2 検出信号 s_2 のピークは 3 個となるが、3 個の内の端に位置するピークは、ビームの一部が補正用ミラー 105 から返ってこない (ビームの一部が補正用ミラー 105 から外れる) 影響を受けて強度が減少する。それに対して、3 個のうちの真ん中のピークは、ビームの一部が補正用ミラー 105 から外れる影響を受けにくく、周期 T_m でピークがある信号にあたかも単峰性の窓関数をかけた信号形状となる。このような場合、窓関数のピーク付近などの傾きが 0 に近い部分のピークの位置は、窓関数をかける前のピーク位置とほぼ変わらないが、窓関数の傾きが大きな所にあるピーク程、ピーク位置が元の位置から変化する。

40

【0044】

したがって、ピークが 3 個ある場合は、ピーク位置ずれの影響の少ない真ん中のピークを使用することによって、補正用ミラー 105 の位置を、 $T_{me} - T_{ms} < 3 T_m$ の場合よりも正確に測定できる。 T_m に対して $T_{me} - T_{ms}$ が大きいほど、ピークの位置ずれの影響は少なくなるので、補正用ミラー 105 の位置はより正確性を増す。

【0045】

補正用ミラー測距部 111 は、カプラ 101 から光が出射されてから、補正用ミラー 105 を反射した反射光が PDS 107 で受光されるまでの時間に基づいて求められる補正用ミラー 105 までの距離を示す距離信号 (第 2 距離信号) を補正值として出力する。よ

50

り詳細には、補正用ミラー測距部 1 1 1 は、測距部 1 1 0 で求められた補正前の距離信号 L_n のうち、図 2 の (a) において補正用ミラー 1 0 5 から反射される時間帯 $T_{ms} \sim T_{me}$ で測定された第 2 検出信号 s_2 に基づいて、距離補正部 1 1 2 が使用する補正值 L_{cor} を求める。

【 0 0 4 6 】

補正用ミラー測距部 1 1 1 は、例えば、時間帯 $T_{ms} \sim T_{me}$ での補正前の距離信号 L_n の平均値を補正值 L_{cor} としてもよい。あるいは、補正用ミラー測距部 1 1 1 は、時間帯 $T_{ms} \sim T_{me}$ の中心時刻 $(T_{ms} \sim T_{me}) / 2$ での補正前の距離信号 L_n の値を補正值 L_{cor} として用いてもよい。

【 0 0 4 7 】

あるいは、補正用ミラー測距部 1 1 1 は、補正前の距離信号 L_n について強度減少が生じていない時間帯において取得し、その時間帯での補正前の距離信号 L_n の平均値を補正值 L_{cor} としてもよい。強度変動を生じていない時間帯を取得する方法としては、予め時間帯を選んでおいても良いし、時間帯 $T_{ms} \sim T_{me}$ 内のピーク値を得てから、そのピーク値の一定割合 (たとえば 90% 等) 以上の範囲のピークが存在する時間帯としてもよい。

【 0 0 4 8 】

距離補正部 1 1 2 は、測距部 1 1 0 が求めた補正前の距離信号 L_n を、補正值 L_{cor} に基づいて補正し、補正後の距離信号 (第 3 距離信号) $L_{n,cor}$ を出力する。具体的には、距離補正部 1 1 2 は、補正前の距離信号 L_n から補正值 L_{cor} を引き算した結果を補正後の距離信号 $L_{n,cor}$ として出力する。例えば、時刻 t_n での補正後の距離信号 $L_{n,cor}$ は、 $L_n - L_{cor}$ によって算出される。このような計算によって得られる距離は、補正用ミラー 1 0 5 を距離の基準 (0 m) とした距離となる。

【 0 0 4 9 】

別の例を挙げると、距離補正部 1 1 2 は、補正後の距離信号 $L_{n,cor}$ を $L_n - L_{cor} + L_{mirror}$ としてもよい。 L_{mirror} は、補正用ミラー 1 0 5 の距離として事前に精密に求めてある距離である。補正用ミラー 1 0 5 の距離 L_{mirror} については、例えば、予め多くの補正值 L_{cor} を求めておき、その平均値を補正用ミラー 1 0 5 の距離 L_{mirror} として用いてもよい。

【 0 0 5 0 】

このような計算による物体 1 0 4 までの距離は、図 1 に示すように、カブラ 1 0 1 を起点として、カブラ 1 0 1 - P D r 1 0 6 と、カブラ 1 0 1 - P D s 1 0 7 との光路長差に対する距離となる。補正用ミラー 1 0 5 の距離 L_{mirror} が 0 m となる位置に補正用ミラー 1 0 5 を配置すれば、補正值 L_{cor} は 0 m を中心とした分布を持つので、 $L_n - L_{cor}$ を計算することで、 $L_n - L_{cor} + L_{mirror}$ と同じ値が得られる。

【 0 0 5 1 】

また、光偏向器 1 0 3 と補正用ミラー 1 0 5 間の距離 $L_{deflector,mirror}$ を予め測定しておくなどして事前にわかっているならば、光偏向器 1 0 3 から物体 1 0 4 までの距離は、 $L_n - L_{cor} + L_{deflector,mirror}$ によって求めることができる。

【 0 0 5 2 】

時間 - 角度変換部 1 1 3 は、測距部 1 1 0 にて取得した第 2 参照信号 r_2 のピークが出現する時刻、つまり、補正後の距離信号 $L_{n,cor}$ に対応する時刻を偏向角に置き換える。例えば、時刻 t_n での第 2 角度信号 θ_2 の強度が I_n であるとする。時間 - 角度変換部 1 1 3 は、第 2 角度信号 θ_2 の強度 I_n を、予め求められている、図 2 の (e) に示す変換曲線 () に代入することにより、強度 I_n に対応する偏向角 $\theta_n = (\theta_n)$ を得る。そして、時間 - 角度変換部 1 1 3 は、偏向角 θ_n と補正後の距離信号 $L_{n,cor}$ との対応付けを行った偏向角 - 距離データ (角度 - 距離信号) a を出力する。図 2 の (e) に示す変換曲線は、第 2 角度信号 θ_2 の強度と偏向角の角度との関係を示している。

【 0 0 5 3 】

時間 - 角度変換部 1 1 3 は、第 2 参照信号 r_2 に含まれる全てのピークの時刻における偏向角を求めて、各偏向角に対応する補正後の距離のデータを出力する。

10

20

30

40

50

【 0 0 5 4 】

補間部 1 1 4 は、第 2 参照信号 r_2 のピーク間に含まれる偏向角度（時刻）における偏向角と補正後の距離信号 $L_{n,cor}$ とが対応付けられた偏向角 - 距離データを補間により求める。補間部 1 1 4 は、第 2 参照信号 r_2 のピークとピークとの間に含まれる、より詳細な偏向角（時刻）に対する距離のデータを補間後の偏向角 - 距離データ b として出力する。このように、補間部 1 1 4 を設けることにより、時間的（角度的）により密な距離を示すデータを求めることができる。

【 0 0 5 5 】

[信号処理装置のハードウェア構成]

次に、上述した機能を有する信号処理装置 1 0 9 のハードウェア構成の一例について図 3 を参照して説明する。

10

【 0 0 5 6 】

図 3 に示すように、信号処理装置 1 0 9 は、例えば、バス 1 9 1 を介して接続されるプロセッサ 1 9 2、主記憶装置 1 9 3、通信インターフェース 1 9 4、補助記憶装置 1 9 5、入出力装置 1 9 6 を備えるコンピュータと、これらのハードウェア資源を制御するプログラムによって実現することができる。信号処理装置 1 0 9 は、例えば、表示装置 1 9 7 がバス 1 9 1 を介して接続され、表示画面に補間後の偏向角 - 距離データなどを表示してもよい。また、ADC 1 0 8 や測距装置 1 の光学系が、バス 1 9 1 や入出力装置 1 9 6 を介して接続されている。

【 0 0 5 7 】

主記憶装置 1 9 3 は、例えば、SRAM、DRAM、および ROM などの半導体メモリによって実現される。主記憶装置 1 9 3 には、プロセッサ 1 9 2 が各種制御や演算を行うためのプログラムが予め格納されている。プロセッサ 1 9 2 と主記憶装置 1 9 3 とによって、図 1 に示した測距部 1 1 0、補正用ミラー測距部 1 1 1、距離補正部 1 1 2、時間 - 角度変換部 1 1 3、および補間部 1 1 4 を含む信号処理装置 1 0 9 の各機能が実現される。また、プロセッサ 1 9 2 と主記憶装置 1 9 3 とによって、光学系や ADC 1 0 8 の設定や制御を行うことができる。

20

【 0 0 5 8 】

通信インターフェース 1 9 4 は、通信ネットワーク NW を介して各種外部電子機器との通信を行うためのインターフェース回路である。信号処理装置 1 0 9 は、通信インターフェース 1 9 4 を介して、例えば外部に補間後の偏向角 - 距離データなどを送出してもよい。

30

【 0 0 5 9 】

通信インターフェース 1 9 4 としては、例えば、LTE、3G、無線 LAN、Bluetooth（登録商標）などの無線データ通信規格に対応したインターフェースおよびアンテナが用いられる。通信ネットワーク NW は、例えば、WAN (Wide Area Network) や LAN (Local Area Network)、インターネット、専用回線、無線基地局、プロバイダなどを含む。

【 0 0 6 0 】

補助記憶装置 1 9 5 は、読み書き可能な記憶媒体と、その記憶媒体に対してプログラムやデータなどの各種情報を読み書きするための駆動装置とで構成されている。補助記憶装置 1 9 5 には、記憶媒体としてハードディスクやフラッシュメモリなどの半導体メモリを使用することができる。

40

【 0 0 6 1 】

補助記憶装置 1 9 5 は、信号処理装置 1 0 9 が測距処理、補正処理、変換処理、および補間処理を行うためのプログラムを格納するプログラム格納領域を有する。さらには、補助記憶装置 1 9 5 は、例えば、上述したデータやプログラムやなどをバックアップするためのバックアップ領域などを有していてもよい。

【 0 0 6 2 】

補助記憶装置 1 9 5 は、補正用ミラー測距部 1 1 1 が用いる補正用ミラー 1 0 5 からの反射光を PD s 1 0 7 が受光する時間範囲 $T_{ms} \sim T_{me}$ に関する情報を記憶している。また

50

、補助記憶装置 195 は、時間 - 角度変換部 113 が変換処理に用いる変換曲線を記憶している。

【0063】

入出力装置 196 は、表示装置 197 など外部機器からの信号を入力したり、外部機器へ信号を出力したりする I/O 端子により構成される。

【0064】

なお、信号処理装置 109 は、1つのコンピュータによって実現される場合だけでなく、互いに通信ネットワーク NW で接続された複数のコンピュータによって分散されていてもよい。また、プロセッサ 192 は、FPGA (Field-Programmable Gate Array)、LSI (Large Scale Integration)、ASIC (Application Specific Integrated Circuit) 等のハードウェアによって実現されていてもよい。

10

【0065】

[測距装置の動作]

次に、本実施の形態に係る測距装置 1 の動作について、図 4 のフローチャートを参照して説明する。

【0066】

まず、光源 100 から、周期的な強度変調された光、例えば、正弦波で強度変調された光を出力する (ステップ S1)。光源 100 から出射された光は、カプラ 101 によって参照光路側と物体光路側とに分けられる。参照光路側の光は、PDR 106 で受光され、光電変換されて第 1 参照信号 r_1 が出力される。一方、物体光路側の光は、サーキュレータ 102 を介して、光偏向器 103 によって偏向され、物体 104 の周辺の空間がスキャン周期を T_{sw} として、光でスキャンされる (ステップ S2)。

20

【0067】

次に、光偏向器 103 によって偏向された光が空間内を 1 回スキャンすると、物体 104 および補正用ミラー 105 のそれぞれに光が照射され、反射光が光偏向器 103 およびサーキュレータ 102 を介して、PDS 107 で検出される (ステップ S3)。なお、補正用ミラー 105 は、例えば、最大偏向角の位置に設置することができる。また、光偏向器 103 が光を偏向する偏向角度を示す第 1 角度信号 θ_1 は、ADC 108 のチャンネル CH3 に入力される。

30

【0068】

その後、ADC 108 は、チャンネル CH1、CH2、および CH3 に入力されるアナログ信号をデジタル信号に変換する (ステップ S4)。より詳細には、ADC 108 のチャンネル CH1 には、アナログの第 1 参照信号 r_1 が入力され、デジタルの第 2 参照信号 r_2 に変換される。ADC 108 のチャンネル CH2 には、物体 104 および補正用ミラー 105 からの反射光に基づくアナログの第 1 検出信号 s_1 が入力され、デジタルの第 2 検出信号 s_2 に変換される。また、ADC 108 のチャンネル CH3 には第 1 角度信号 θ_1 が入力され、デジタルの第 2 角度信号 θ_2 に変換される。

【0069】

次に、信号処理装置 109 において、測距部 110 は、第 2 参照信号 r_2 および第 2 検出信号 s_2 に基づいて、補正前の距離信号 L_n と L_n に対応する時刻 t_n を求める (ステップ S5)。より詳細には、測距部 110 は、図 2 の (b) における第 2 参照信号 r_2 の各ピーク時の時刻 t_n での測距装置 1 から物体 104 までの距離を示す、補正前の距離信号 L_n を算出する (図 2 の (d))。

40

【0070】

次に、補正用ミラー測距部 111 は、測距部 110 によって求められた距離信号 L_n を補正するための補正值 L_{cor} を求める (ステップ S6)。具体的には、補正用ミラー測距部 111 は、図 2 の (a) に示すように、補正用ミラー 105 から光が反射される時間帯 $T_m \sim T_{me}$ で測定された第 2 検出信号 s_2 に基づいて、補正值 L_{cor} を算出する。補正用ミラー測距部 111 は、例えば、時間帯 $T_m \sim T_{me}$ での距離 (L_n) の平均値を補正值 L_{cor} と

50

して用いることができる。

【0071】

次に、距離補正部112は、ステップS6で求められた補正值 L_{cor} を用いて、測距部110がステップS5で求めた補正前の距離信号 L_n を補正する(ステップS7)。具体的には、距離補正部112は、 $L_n - L_{cor}$ によって、時刻 t_n での補正後の距離信号 $L_{n,cor}$ を算出する。

【0072】

その後、時間-角度変換部113は、ステップS7で求められた補正後の距離信号 $L_{n,cor}$ を変換し、測距部110で求めた第2参照信号 r_2 のピーク時刻、つまり、補正後の距離信号 $L_{n,cor}$ に対応する時刻 t_n を偏向角 θ_n に置き換えた偏向角-距離データ a を出力する(ステップS8)。より詳細には、時間-角度変換部113は、予め補助記憶装置195などに記憶されている図2の(e)に示す変換曲線()を読み出して、時刻 t_n での第2角度信号 θ_2 の強度 I_n を変換曲線()に代入し時刻 t_n を偏向角 $\theta_n = (\theta_2)$ に変換する。さらに、時間-角度変換部113は、偏向角 θ_n と補正後の距離信号 $L_{n,cor}$ が対応付けられた偏向角-距離データ a を求める。

10

【0073】

次に、補間部114は、ステップS8で求められた偏向角と距離とが対応付けられたデータ a に基づいて、第2参照信号 r_2 のピーク間の値を補間する(ステップS9)。その後、補間部114は、補間した偏向角-距離データ b を出力する(ステップS10)。

【0074】

次に、本実施の形態に係る信号処理装置109によって処理された、ある1点の時刻における補正前および補正後の物体104までの距離を図5から図8に示す。

20

図5および図6は、補正前の物体104までの距離を示しており、図7および図8は、補正後の物体104までの距離を示している。また、図5および図7は、1000回測定を繰り返した場合の各回の物体104までの距離の測定値のプロットである。図6および図8は、距離の測定値をヒストグラムで示している。

【0075】

図5から図8に示す測定例では、ADC108の第1検出信号 s_1 を入力したチャンネルCH2と第1参照信号 r_1 を入力したチャンネルCH1のスキューの時間変動が2極化しており、その差は、約 $0.5 [ns]$ であった。そのため、図5および図6に示すように、補正前と補正後の距離の差は、約 $7.5 [cm]$ ($= 3 \times 10^8 \times 0.5 \times 10^{-9} / 2 [m]$)であった。

30

【0076】

本実施の形態に係る信号処理装置109による補正処理を行うことによって、図7および図8に示すように、距離の値における2極化がなくなる効果が得られた。なお、標準偏差については、補正前では $3.7656 [cm]$ であったものが、補正後は $0.8654 [cm]$ となり、補正前の23%程度まで小さくなった。このように、補正処理を行うことで距離の測定精度を改善することができた。

【0077】

また、図5において補正前の距離が $-0.81 [m] \sim -0.89 [m]$ 付近であるのに対し、補正後の距離が $-0.45 [m]$ 付近にみられるのは、補正用ミラー105の距離 L_{mirror} が $-0.36 [m] \sim -0.44 [m]$ 付近に位置することによる。補正用ミラー105による補正值 L_{cor} の1000個の値の平均値は $0.44749 [m]$ である。

40

【0078】

この平均値を L_{mirror} として、補正後の距離信号を $L_n - L_{cor} + L_{mirror}$ を用いて計算すると、図1で説明したカプラ101を起点としてカプラ101-PDr106と、カプラ101-PDs107との光路長差に対する物体104の距離を計算することができる。

【0079】

図9Aおよび図9Bは、本実施の形態に係る測距装置1によって物体104の位置を起点から $20 [cm] \sim 155 [cm]$ までずらしながら、距離を測定した結果である。物

50

体 104 が設置された位置ごとに 100 回の測定を行い、補正前および補正後の距離の平均値と標準偏差をそれぞれ求めた。

【0080】

図 9 A に示す補正前の標準偏差は、3.8 [cm] 程度であったが、図 9 B に示す補正後の標準偏差は 1 [cm] 程度まで小さくなっている。このことから、本実施の形態に係る信号処理装置 109 による補正処理を行うことによって、距離測定の精度が向上していることがわかる。

【0081】

図 9 A に示す補正前の物体 104 までの距離の平均値と、図 9 B に示す補正後の距離の平均値とは互いに近い値となっている。これは、図 1 で説明したカブラ 101 を起点とした、カブラ 101 - P D r 106 と、カブラ 101 - P D s 107 との光路長差がほぼ等しい、すなわち、ほぼ 0 m となる位置に補正用ミラー 105 が配置されていることに起因する。

【0082】

以上説明したように、本実施の形態に係る測距装置 1 によれば、補正用ミラー 105 からの反射光に基づいて補正值 L_{cor} を求め、測距装置 1 から物体 104 までの距離信号 L_n を補正する。そのため、A D C のチャネル間のタイミング差 (skew) が信号の取得ごとに変動する場合であっても、物体までの距離を高精度に測定することができる。

【0083】

また、本実施の形態に係る測距装置 1 は、参照信号のピーク間の距離データを補間するので、物体までの距離をより高精度に測定することができる。

【0084】

以上、本発明の測距装置および測距方法における実施の形態について説明したが、本発明は説明した実施の形態に限定されるものではなく、請求項に記載した発明の範囲において当業者が想定し得る各種の変形を行うことが可能である。

【0085】

例えば、説明した実施の形態では、信号処理装置 109 において、時間 - 角度変換部 113 が補正後の距離信号 $L_{n,cor}$ を偏向角 - 距離データ a に変換した後に、補間部 114 が補間処理を行う具体例を説明した。しかし、補間処理は時間 - 角度変換部 113 による変換処理の前に実行してもよい。この場合、補間部 114 は、補正後の距離信号 $L_{n,cor}$ に基づいて第 2 参照信号 r 2 のピーク間の補間を行い、その後、時間 - 角度変換部 113 が、時刻を偏向角に変換することになる。

【0086】

補間処理を時間 - 角度変換処理の前に行う場合は、時間 - 角度変換部 113 で必要となる時刻情報は、測距部 110 で取得した第 2 参照信号 r 2 のピーク時刻をそのまま使用できない。なぜなら、測距部 110 で得られた距離の数 (測距部 110 で得られた時刻の数と等しい) は補間部 114 から出力される距離の数と異なるからである。そこで、補間部 114 において、測距部 110 で取得した第 2 参照信号 r 2 のピーク時刻を用いて、補間で得た距離情報に対応する時刻を算出し、その時刻を用いて時間 - 角度変換部 113 にて時刻を角度に変換する。

【0087】

これまで説明した実施の形態では、光源 100 から出力される光は、正弦波など周期的に強度変調された光であり、波長掃引された光ではない場合について説明した。しかし、光源 100 は、周期的な強度変調機能を備えた波長掃引光源であってもよい。この場合、光偏向器 103 には、透過型や反射型の回折格子や屈折率分散の大きい材料からなるプリズムなどの受動光学素子が用いられる。また、光源 100 は、周期的な強度変調機能を備えた波長掃引光源であっても、公知の空間光変調器を光偏向器 103 に用いてもよい。

【0088】

この場合、回折格子の格子定数などは、光源 100 の光の波長や、測定が要求される最大距離、および測距装置 1 の大きさなどに応じて、所望の角度の範囲で偏向するように設

10

20

30

40

50

計することができる。また、プリズムの屈折率やその波長分散についても、同様に所望の角度で偏向するように、屈折率やその波長分散を持つ材料を選ぶことができる。また、光源 100 として周期的な強度変調機能を備えた波長掃引光源を用いる場合、第 1 角度信号 1 は、光源 100 から出力される光の波長に連動する構成となる。

【0089】

光源 100 を周期的な強度変調機能を備えた波長掃引光源として、光偏向器 103 を回折格子やプリズム等の受動光学素子とする利点は、光偏向器 103 に機械動作を必要とする部品が必要なくなることである。このことから、たとえば、測距装置 1 が備える光学系を光偏向器 103 とそれ以外に分離して、偏向器をプローブ、それ以外を本体として、プローブと本体を光ファイバで接続した場合、プローブを小型化できるので、狭い場所等にも設置したり、あるいは、人が簡単にプローブ部を持ち運ぶなどして、測定ができる。また、プローブには機械動作をする部品がないため、プローブの振動に対する耐性が高くなるので、本体とプローブを離して、本体を振動の緩慢な場所に退避することにより、振動の激しい環境においても正確に測定ができる。

【符号の説明】

【0090】

1 ... 測距装置、100 ... 光源、101 ... カプラ、102 ... サーキュレータ、103 ... 光偏向器、104 ... 物体、105 ... 補正用ミラー、106 ... フォトディテクタ PDr、107 ... フォトディテクタ PDS、108 ... ADC、109 ... 信号処理装置、110 ... 測距部、111 ... 補正用ミラー測距部、112 ... 距離補正部、113 ... 時間 - 角度変換部、114 ... 補間部、191 ... バス、192 ... プロセッサ、193 ... 主記憶装置、194 ... 通信インターフェース、195 ... 補助記憶装置、196 ... 入出力装置、197 ... 表示装置。

10

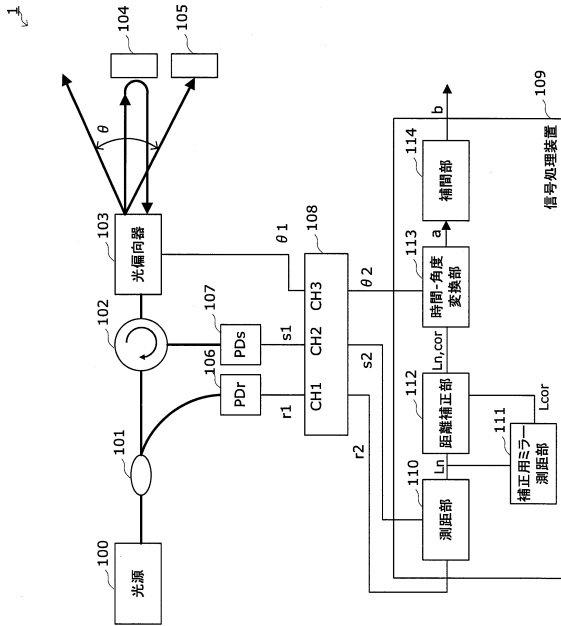
20

30

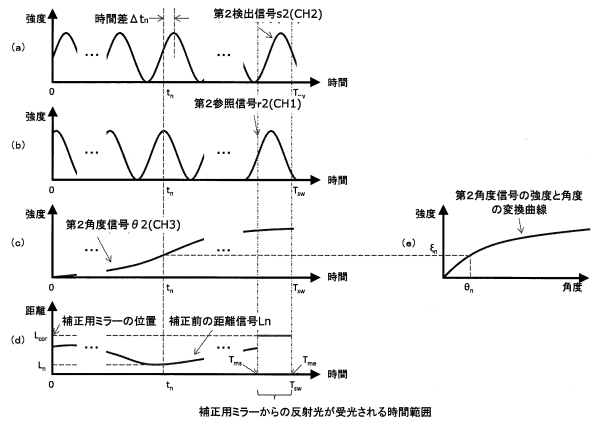
40

50

【図面】
【図 1】



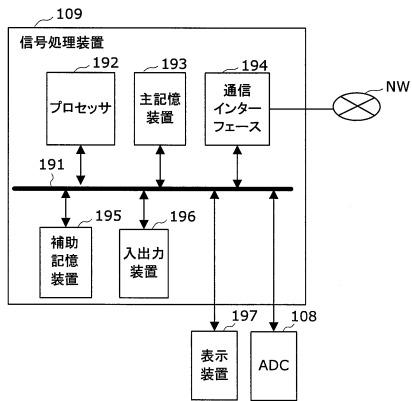
【図 2】



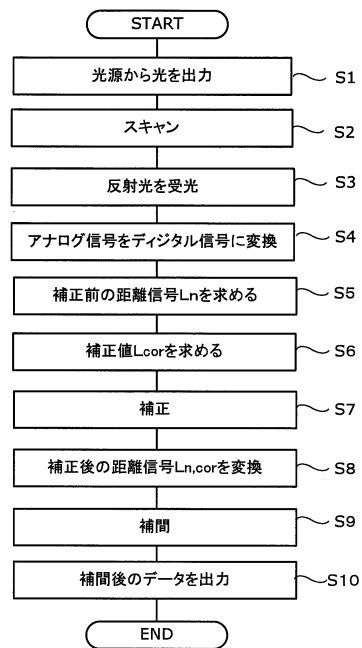
10

20

【図 3】



【図 4】

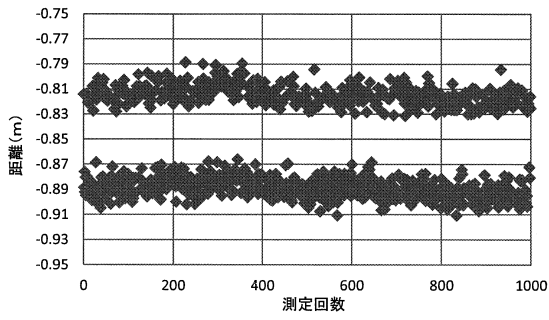


30

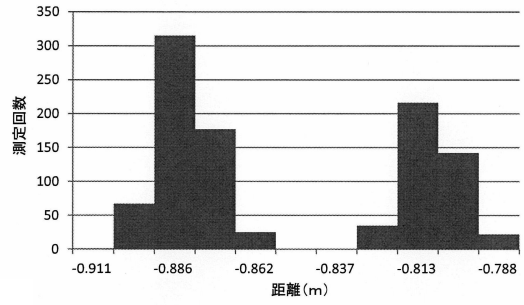
40

50

【図 5】

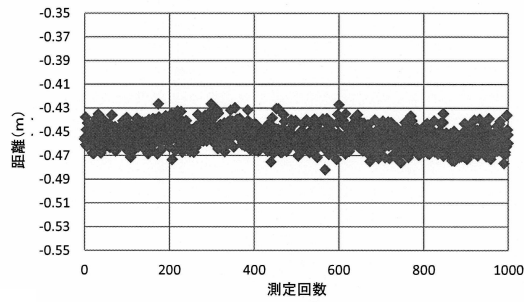


【図 6】

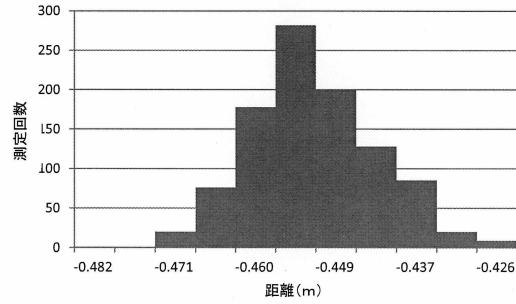


10

【図 7】

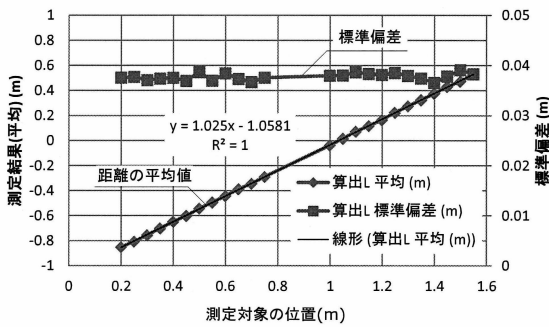


【図 8】

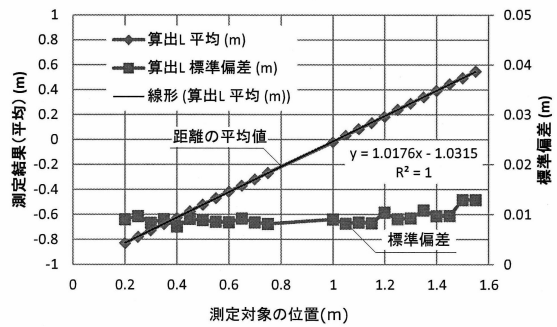


20

【図 9 A】



【図 9 B】



30

40

50

フロントページの続き

(72)発明者 岡 宗一

東京都千代田区大手町一丁目5番1号 日本電信電話株式会社内

審査官 藤田 都志行

(56)参考文献 特開2015-175629(JP,A)

特開2015-152485(JP,A)

特開2016-170053(JP,A)

特開2018-059789(JP,A)

特開平05-297112(JP,A)

米国特許出願公開第2018/0040119(US,A1)

(58)調査した分野 (Int.Cl., DB名)

G01S 7/48 - 7/51

G01S 17/00 - 17/95

G01C 3/06