

(19)日本国特許庁(JP)

(12)特許公報(B2)

(11)特許番号
特許第7050342号
(P7050342)

(45)発行日 令和4年4月8日(2022.4.8)

(24)登録日 令和4年3月31日(2022.3.31)

(51)国際特許分類

F I

G 0 1 B 11/00 (2006.01)

G 0 1 B 11/00

G

G 0 1 B 9/02 (2022.01)

G 0 1 B 9/02

請求項の数 13 (全26頁)

(21)出願番号	特願2020-63235(P2020-63235)	(73)特許権者	503249810
(22)出願日	令和2年3月31日(2020.3.31)		株式会社 X T I A
(65)公開番号	特開2021-162439(P2021-162439 A)	(74)代理人	100067736
(43)公開日	令和3年10月11日(2021.10.11)		弁理士 小池 晃
審査請求日	令和3年1月27日(2021.1.27)	(74)代理人	100192212
			弁理士 河野 貴明
		(74)代理人	100204032
			弁理士 村上 浩之
		(72)発明者	興梠 元伸
			東京都千代田区三崎町3-6-12 K
			D X 神田三崎町ビル3 F 株式会社 X T
			I A 内
		(72)発明者	今井 一宏
			東京都千代田区三崎町3-6-12 K
			最終頁に続く

(54)【発明の名称】 光コム座標測定装置、自動追尾装置及び自動追尾光コム測位装置、並びに光コム座標測定装置の校正方法

(57)【特許請求の範囲】

【請求項1】

入射光を再帰反射する反射体と、光コム干渉計を介して測定光を上記反射体に照射し、上記反射体により測定光が再帰反射されて戻ってくる反射光を上記光コム干渉計を介して検出することにより、上記反射体までの距離を測定する光コム距離計と、上記光コム干渉計を介して出射される測定光の光軸上の1点を回転中心として、上記測定光の出射方向を回転させて上記測定光の仰俯角と方位角を制御する射出角度調整手段と、上記射出角度調整手段により制御された上記測定光の仰俯角と方位角を検出する射出角度検出手段とからなる射出角度調整機構と、上記光コム距離計により上記反射体までの距離を測定するとともに、上記射出角度検出手段により上記測定光の仰俯角と方位角を検出して、上記測定光の上記反射体上の照射位置の測定結果として、上記射出角度調整手段により制御される上記測定光の光軸上の回転中心の位置を座標原点Oとする上記光コム干渉計と上記射出角度調整機構で決まる座標系における座標（距離、仰俯角、方位角）を出力する信号処理装置とを備え、上記信号処理装置は、上記射出角度調整手段により出射方向が制御される測定光の回転中心を固定して、上記測定光の光コム距離計から出射された測定光が該測定光の回転中心で折り返されて上記光コム距離計に戻される第1の状態、上記光コム距離計により測定光を照射し上記回転中心までの距離を求めるとともに上記測定光の仰俯角 θ_0 と方位角 ϕ_0

を上記射出角度検出手段により検出し、上記射出角度調整手段により測定光の出射方向を制御して、入射光を再帰反射する反射体であって校正済みの3次元座標を有する反射体により上記光コム距離計から出射される測定光が照射される第2の状態において、上記光コム距離計により、上記反射体までの距離 d を求めるとともに、上記測定光の仰俯角 θ と方位角 ϕ を上記射出角度検出手段により検出して、上記光コム距離計と射出角度調整機構で決まる座標系における座標（距離，仰俯角，方位角）を $(d - d_0, \theta - \theta_0, \phi - \phi_0)$ とし、相対距離が定まった複数の上記反射体を測定対象空間に配置して、各反射体の座標（距離，仰俯角，方位角）を上記光コム距離計と上記射出角度検出手段により測定し、測定結果から求められる各反射体間の相対距離を真値に一致させる上記射出角度調整機構の校正を行い、測定対象空間に複数の測定区間を分布させる校正処理を行うことを特徴とする光コム座標測定装置。

10

【請求項2】

入射光を再帰反射する n 個（ n は正の整数）の反射体と、光コム光源から出射された測定光が光分配器により n 本に分配されて入射される n 個の光コム干渉計と、

上記 n 個の光コム干渉計を介して上記 n 個の反射体に照射した n 本の測定光が再帰反射されて戻ってくる n 本の反射光を上記 n 個の光コム干渉計を介して検出する n 個の光検出器を備える光コム距離計と、

上記 n 個の光コム干渉計を介して出射される n 本の測定光の光軸上の各1点を回転中心として、上記 n 本の測定光の出射方向を回転させて上記 n 本の測定光の仰俯角と方位角を制御する複数の射出角度調整手段と、上記 n 個の射出角度調整手段により制御された上記 n 本の測定光の仰俯角と方位角を検出する n 個の射出角度検出手段とからなる射出角度調整機構と、

20

上記光コム距離計により上記 n 個の反射体までの距離を測定するとともに、上記 n 個の射出角度検出手段により上記 n 本の測定光の仰俯角と方位角を検出して、上記 n 本の測定光の上記 n 個の反射体上の照射位置の測定結果として、上記 n 個の射出角度調整手段により制御される上記 n 本の測定光の光軸上の各回転中心の位置を座標原点 O_n とする上記光コム干渉計と上記射出角度調整機構で決まる座標系における座標（距離，仰俯角，方位角）を出力する信号処理装置とを備え、

上記信号処理装置は、上記射出角度調整手段により出射方向が制御される測定光の回転中心を固定して、上記測定光の光コム距離計から出射された測定光が該測定光の回転中心で折り返されて上記光コム距離計に戻される第1の状態、上記光コム距離計により測定光を照射し上記回転中心までの距離を求めるとともに上記測定光の仰俯角 θ_0 と方位角 ϕ_0 を上記射出角度検出手段により検出し、上記射出角度調整手段により測定光の出射方向を制御して、入射光を再帰反射する反射体であって校正済みの3次元座標を有する反射体により上記光コム距離計から出射される測定光が照射される第2の状態において、上記光コム距離計により、上記反射体までの距離 d を求めるとともに、上記測定光の仰俯角 θ と方位角 ϕ を上記射出角度検出手段により検出して、上記光コム距離計と射出角度調整機構で決まる座標系における座標（距離，仰俯角，方位角）を $(d - d_0, \theta - \theta_0, \phi - \phi_0)$ とし、相対距離が定まった複数の上記反射体を測定対象空間に配置して、各反射体の座標（距離，仰俯角，方位角）を上記光コム距離計と上記射出角度検出手段により測定し、測定結果から求められる各反射体間の相対距離を真値に一致させる上記射出角度調整機構の校正を行い、測定対象空間に複数の測定区間を分布させる校正処理を行うことを特徴とする光コム座標測定装置。

30

40

【請求項3】

上記射出角度調整手段は、ビーム操作ミラーの回転により測定光の仰俯角，方位角を制御することを特徴とする請求項1又は請求項2に記載の光コム座標測定装置。

【請求項4】

上記射出角度調整手段は、上記光コム干渉計から出射される測定光の光軸上の1点を回転中心として、光コム干渉計全体を回転させる上記射出角度調整手段により、反射体に向かって出射する測定光の出射方向を制御し、上記射出角度検出手段により上記光コム干渉計

50

全体の回転角度を上記測定光の仰俯角，方位角として検出することを特徴とする請求項 1 又は請求項 2 に記載の光コム座標測定装置。

【請求項 5】

入射光を再帰反射する反射体と、

光コム干渉計を介して測定光を上記反射体に照射し、上記反射体により測定光が再帰反射されて戻ってくる反射光を上記光コム干渉計を介して検出することにより、上記反射体までの距離を測定する光コム距離計と、

上記光コム干渉計を介して出射される測定光の光軸上の 1 点を回転中心として、上記測定光の出射方向を回転させて上記測定光の仰俯角と方位角を制御する射出角度調整手段と、上記射出角度調整手段により制御された上記測定光の仰俯角と方位角を検出する射出角度検出手段とからなる射出角度調整機構と、

上記光コム距離計により上記反射体までの距離を測定するとともに、上記射出角度検出手段により上記測定光の仰俯角と方位角を検出して、上記測定光の上記反射体上の照射位置の測定結果として、上記射出角度調整手段により制御される上記測定光の光軸上の回転中心の位置を座標原点 O とする上記光コム干渉計と上記射出角度調整機構で決まる座標系における座標（距離，仰俯角，方位角）を出力する信号処理装置と

を備え、

上記射出角度調整手段は、上記光コム干渉計とビーム操作ミラーが設けられた鏡筒と、上記ビーム操作ミラーの回転中心を一致させ、反射体に向かって出射される測定光の方位角を上記ビーム操作ミラーの回転により制御するとともに、上記測定光の仰俯角を上記鏡筒の回転により制御することを特徴とする光コム座標測定装置。

【請求項 6】

入射光を再帰反射する n 個（ n は正の整数）の反射体と、

光コム光源から出射された測定光が光分配器により n 本に分配されて入射される n 個の光コム干渉計と、

上記 n 個の光コム干渉計を介して上記 n 個の反射体に照射した n 本の測定光が再帰反射されて戻ってくる n 本の反射光を上記 n 個の光コム干渉計を介して検出する n 個の光検出器を備える光コム距離計と、

上記 n 個の光コム干渉計を介して出射される n 本の測定光の光軸上の各 1 点を回転中心として、上記 n 本の測定光の出射方向を回転させて上記 n 本の測定光の仰俯角と方位角を制御する複数の射出角度調整手段と、上記 n 個の射出角度調整手段により制御された上記 n 本の測定光の仰俯角と方位角を検出する n 個の射出角度検出手段とからなる射出角度調整機構と、

上記光コム距離計により上記 n 個の反射体までの距離を測定するとともに、上記 n 個の射出角度検出手段により上記 n 本の測定光の仰俯角と方位角を検出して、上記 n 本の測定光の上記 n 個の反射体上の照射位置の測定結果として、上記 n 個の射出角度調整手段により制御される上記 n 本の測定光の光軸上の各回転中心の位置を座標原点 O_n とする上記光コム干渉計と上記射出角度調整機構で決まる座標系における座標（距離，仰俯角，方位角）を出力する信号処理装置とを備え、

上記射出角度調整手段は、上記光コム干渉計とビーム操作ミラーが設けられた鏡筒と、上記ビーム操作ミラーの回転中心を一致させ、反射体に向かって出射される測定光の方位角を上記ビーム操作ミラーの回転により制御するとともに、上記測定光の仰俯角を上記鏡筒の回転により制御することを特徴とする光コム座標測定装置。

【請求項 7】

請求項 1 乃至請求項 6 の何れか 1 項に記載された光コム座標測定装置を備え、

上記光コム座標測定装置により追尾対象反射体に照射した測定光が該追尾対象反射体により再帰反射されて、上記光コム座標測定装置に戻ってくる反射光の一部を半透鏡を介してビーム位置検出器に入射させ、

上記ビーム位置検出器により上記反射光のビームスポット位置に応じたビーム位置検出信号を得て、ビーム位置検出信号に基づき該ビーム位置検出器により検出される上記反射光

10

20

30

40

50

のビームスポット位置が一定になるように上記光コム座標測定装置に備えられた角度調整機構を制御することにより、上記追尾対象反射体を追尾して上記光コム座標測定装置から出射された測定光を照射することを特徴とする自動追尾装置。

【請求項 8】

請求項 1 乃至請求項 6 の何れか 1 項に記載された光コム座標測定装置を少なくとも 3 個備え、

上記少なくとも 3 個の光コム座標測定装置により反射体の座標測定を行い、得られる少なくとも 3 個の座標測定結果を統合して上記反射体の座標位置を決定することを特定することを特徴とする光コム測位装置。

【請求項 9】

請求項 7 に記載された自動追尾装置を少なくとも 3 個備え、

上記少なくとも 3 個の自動追尾装置により反射体を追尾して、少なくとも 3 個の光コム座標測定装置により上記反射体の座標測定を行い、得られる少なくとも 3 個の座標測定結果を統合して上記反射体の座標位置を決定することを特定することを特徴とする自動追尾光コム測位装置。

【請求項 10】

入射光を再帰反射する反射体と、光コム干渉計を介して測定光を上記反射体に照射し、上記反射体により測定光が再帰反射されて戻ってくる反射光を上記光コム干渉計を介して検出することにより、上記反射体までの距離を測定する光コム距離計と、上記光コム干渉計を介して出射される測定光の光軸上の 1 点を回転中心として、上記測定光の出射方向を回転させて上記測定光の仰俯角と方位角を制御する射出角度調整手段と、上記射出角度調整手段により制御された上記測定光の仰俯角と方位角を検出する射出角度検出手段とからなる射出角度調整機構と、上記光コム距離計により上記反射体までの距離を測定するとともに、上記射出角度検出手段により上記測定光の仰俯角と方位角を検出して、上記測定光の上記反射体上の照射位置の測定結果として、上記射出角度調整手段により制御される上記測定光の光軸上の回転中心の位置を座標原点 O とする上記光コム干渉計と上記射出角度調整機構で決まる座標系における座標（距離，仰俯角，方位角）を出力する信号処理装置の校正方法であって、

上記射出角度調整手段により出射方向が制御される測定光の回転中心を固定して、上記光コム距離計から出射された測定光が該測定光の回転中心で折り返されて上記光コム距離計に戻される第 1 の状態で、上記光コム距離計により測定光を照射し上記回転中心までの距離を求めるとともに、上記測定光の仰俯角 θ_0 と方位角 ϕ_0 を上記射出角度検出手段により検出し、

上記射出角度調整手段により測定光の出射方向を制御して、入射光を再帰反射する反射体であって校正済みの 3 次元座標を有する反射体に上記光コム距離計から出射される測定光が照射される第 2 の状態において、上記光コム距離計により、上記反射体までの距離 d を求めるとともに、上記測定光の仰俯角 θ と方位角 ϕ を上記射出角度検出手段により検出して、上記光コム距離計と射出角度調整機構で決まる座標系における座標（距離，仰俯角，方位角）を $(d - d_0, \theta - \theta_0, \phi - \phi_0)$ とし、

相対距離が定まった複数の上記反射体を測定対象空間に配置して、各反射体の座標（距離，仰俯角，方位角）を上記光コム距離計と上記射出角度検出手段により測定し、測定結果から求められる各反射体間の相対距離を真値に一致させる上記射出角度調整機構の校正を行い、測定対象空間に複数の測定区間を分布させることを特徴とする光コム座標測定装置の校正方法。

【請求項 11】

ビーム操作ミラーの回転により測定光の仰俯角，方位角を制御する上記射出角度調整手段を備える光コム座標測定装置の校正方法であって、

上記測定光の仰俯角，方位角を制御する上記ビーム操作ミラーの回転中心を上記測定光の光軸上の 1 点に固定し、

上記ビーム操作ミラーを上記光コム距離計の光コム干渉計に正対させた第 1 の状態で、上

10

20

30

40

50

記光コム距離計により測定光を照射し上記回転中心までの距離 d_0 を求めるとともに、上記射出角度検出手段により上記ビーム操作ミラーの回転角度を上記測定光の仰俯角 θ_0 と方位角 ϕ_0 として検出し、

上記校正済みの3次元座標を有する反射体に上記光コム距離計から出射される測定光が照射される第2の状態において、上記光コム距離計と上記射出角度検出手段により上記反射体までの距離 d と上記測定光の仰俯角 θ と方位角 ϕ を測定して、上記測定光の光軸上の回転中心の位置を座標原点 O とした上記光コム距離計と射出角度調整機構で決まる座標系における座標（距離，仰俯角，方位角）を $(d - d_0, \theta - \theta_0, \phi - \phi_0)$ とし、相対距離が定まった複数の上記反射体を測定対象空間に配置して、各反射体の座標（距離，仰俯角，方位角）を上記光コム距離計と上記射出角度検出手段により測定し、測定結果から求められる各反射体間の相対距離を真値に一致させるように上記射出角度調整機構の校正を行い、測定対象空間に複数の測定区間を分布させる

ことを特徴とする請求項10に記載の光コム座標測定装置の校正方法。

【請求項12】

上記光コム干渉計とビーム操作ミラーが設けられた鏡筒と、上記ビーム操作ミラーの回転中心を一致させ、反射体に向かって出射される測定光の方位角を上記ビーム操作ミラーの回転により制御するとともに、上記測定光の仰俯角を上記鏡筒の回転により制御する上記射出角度調整手段を備える光コム座標測定装置の校正方法であって、

上記測定光の仰俯角，方位角を制御する上記ビーム操作ミラーの回転中心と上記鏡筒の回転中心を上記測定光の光軸上の1点に固定し、

上記ビーム操作ミラーを上記光コム距離計の光コム干渉計に正対させた第1の状態、上記光コム距離計により測定光を照射し上記回転中心までの距離 d_0 を求めるとともに、上記射出角度検出手段により、上記ビーム操作ミラーの回転角度を上記測定光の方位角 ϕ_0 として検出するとともに、上記鏡筒の回転角度を上記測定光の仰俯角 θ_0 として検出し、上記校正済みの3次元座標を有する反射体に上記光コム距離計から出射される測定光が照射される第2の状態において、上記光コム距離計と上記射出角度検出手段により上記反射体までの距離 d と上記測定光の仰俯角 θ と方位角 ϕ を測定して、上記測定光の光軸上の回転中心の位置を座標原点 O とした上記光コム距離計と射出角度調整機構で決まる座標系における座標（距離，仰俯角，方位角）を $(d - d_0, \theta - \theta_0, \phi - \phi_0)$ とし、

相対距離が定まった複数の上記反射体を測定対象空間に配置して、各反射体の座標（距離，仰俯角，方位角）を上記光コム距離計と上記射出角度検出手段により測定し、測定結果から求められる各反射体間の相対距離を真値に一致させるように上記射出角度調整機構の校正を行い、測定対象空間に複数の測定区間を分布させる

ことを特徴とする請求項10に記載の光コム座標測定装置の校正方法。

【請求項13】

上記光コム干渉計から出射される測定光の光軸上の1点を回転中心として、光コム干渉計全体を回転させる上記射出角度調整手段により、反射体に向かって出射する測定光の出射方向を制御し、上記射出角度検出手段により上記光コム干渉計全体の回転角度を上記測定光の仰俯角，方位角として検出する上記射出角度調整手段を備える光コム座標測定装置の校正方法であって、

上記射出角度調整手段により回転される光コム干渉計の上記回転中心を含む面に上記光コム干渉計に正対させた反射面を固定した第1の状態、上記光コム距離計により上記反射面に測定光を照射して、上記回転中心までの距離 d_0 を求めるとともに、上記射出角度検出手段により、上記光コム干渉計全体の回転角度を上記測定光の仰俯角 θ_0 ，方位角 ϕ_0 として検出し、

上記校正済みの3次元座標を有する反射体に上記光コム距離計から出射される測定光が照射される第2の状態において、上記光コム距離計と上記射出角度検出手段により上記反射体までの距離 d と上記測定光の仰俯角 θ と方位角 ϕ を測定して、上記測定光の光軸上の回転中心の位置を座標原点 O とした上記光コム干渉計の姿勢で決まる座標系における座標（距離，仰俯角，方位角）を $(d - d_0, \theta - \theta_0, \phi - \phi_0)$ とし、

10

20

30

40

50

相対距離が定まった複数の上記反射体を測定対象空間に配置して、各反射体の座標（距離，仰俯角，方位角）を上記光コム距離計と上記射出角度検出手段により測定し、測定結果から求められる各反射体間の相対距離を真値に一致させるように上記射出角度調整機構の校正を行い、測定対象空間に複数の測定区間を分布させる

ことを特徴とする請求項 10 に記載の光コム座標測定装置の校正方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、光コム干渉計を介して測定対象物に照射された測定光の測定対象物上の照射位置を示す空間座標情報を出力する光コム座標測定装置、自動追尾装置及び自動追尾光コム測位装置、並びに光コム座標測定装置の校正方法に関する。

10

【背景技術】

【0002】

従来より、測定対象物の寸法、位置、及び形状などの測定を行う測定機器として、例えば、測定対象物上の各測定点に相対的に接触子（プローブ）を移動させて各測定点の位置（3次元座標）を検出する3次元測定機がよく知られている。

【0003】

また、ガイドとなるレーザー光の方向を、2軸のモータで制御し、移動するターゲットに追従させ、ターゲットの空間座標（3次元位置情報）を得るレーザートラッキング技術が古くから知られている。このレーザートラッキング技術では、それぞれモータに取付けられた2軸のエンコーダを用いて、移動するターゲットの空間的な方向（角度）を知ることができる。ターゲットは、レトロリフレクタあるいは単にリフレクタと呼ばれる、それぞれ直交する3枚の鏡を使用した反射鏡を用いるのが一般的である。このリフレクタは、どのような場合でも、入射した方向に光を返すことができる。レーザー光を照射してターゲットの位置を追尾しながら、距離と角度で表されるターゲットの空間座標を求めるレーザートラッカーが提供されている（例えば、特許文献1、2参照）。

20

【0004】

また、レーザーで距離を測る技術は確立されており、例えばレーザー干渉計では、数メートルの距離を、ナノメートル単位の分解能で測定することができる。

【0005】

30

本件発明者等は、基準面に照射される基準光と測定面に照射される測定光との干渉光を基準光検出器により検出するとともに、上記基準面により反射された基準光と上記測定面により反射された測定光との干渉光を測定光検出器により検出して、上記基準光検出器と測定光検出器により得られる2つ干渉信号の時間差から、上記基準面までの距離と上記測定面までの距離の差を求めることにより、高精度で、しかも短時間に行うことの可能な距離計及び距離測定方法並びに光学的三次元形状測定機を先に提案している（例えば、特許文献3参照）。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0006】

40

【文献】特開2008-128899号公報

特開2013-120115号公報

特許第5231883号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0007】

このような3次元測定機やレーザートラッカーにおいて、測定対象物上における測定光の照射位置座標を高い精度で取得するためには、その座標系を決定する構成要素について高精度に校正する必要があるが、校正処理に手間と時間がかかるという問題があった。

【0008】

50

また、多くの三次元測定の実用においては一般的に、物体全体の測定を行うことができるように、異なる測定位置において複数回、測定装置を再配置する必要がある。これら再配置された測定装置はローカル座標系内で操作され、ローカル座標系の方位及び原点は、それぞれ再配置された測定装置に対するものである。異なる測定位置からの測定値を全て、単一のグローバル座標系に統合し、測定される物体の完全な測定値又はマッピングが得られるように、各測定位置に取得された測定値を変換しなければならない。

【0009】

また、レーザートラッカーにおいて空間座標の測定精度を高めるためには通常、レーザ干渉計のように分解能の高い計測器を使って距離測定の精度を高めることが必要である。レーザ干渉計はレーザの干渉効果を利用することでレーザ波長以下、ナノメートルの分解能を得ることも可能だが、距離測定に利用するためには距離の原点となる位置から位相差の積算が必要である。途中で光線が遮断された場合、反射体を原点に復帰して積算の作業をやり直す必要がある。

【0010】

そこで、本発明の目的は、上述の如き従来の実情に鑑み、光コム干渉計を介して測定対象物に照射された測定光の測定対象物上の照射位置を示す空間座標を高精度に計測して得ることができ、しかも、測定光の光路が一時的に遮断されても回復後ただちに高い正確度で空間座標計測を再開することができる光コム干渉計を介して測定対象物に照射された測定光の測定対象物上の照射位置を示す空間座標情報を出力する光コム座標測定装置、自動追尾装置及び自動追尾光コム測位装置を提供することにある。

【0011】

また、本発明の他の目的は、光コム座標測定装置、自動追尾装置及び自動追尾光コム測位装置を高精度に校正し、測定対象物上における測定光の照射位置座標を高い精度で取得することができるようにすることにある。

【0012】

さらに、本発明の他の目的、本発明によって得られる具体的な利点は、以下に説明される実施の形態の説明から一層明らかになる。

【課題を解決するための手段】

【0013】

本発明では、射出角度調整手段により、光コム干渉計を介して出射される測定光の光軸上の1点を回転中心として、上記測定光の出射方向を回転させて上記測定光の仰俯角と方位角を制御して、入射光を再帰反射する反射体を測定対象物として上記測定光を上記反射体に照射し、上記反射体により再帰反射されて戻ってくる反射光を上記光コム干渉計を介して検出する光コム距離計により上記反射体までの距離を測定するとともに、上記射出角度調整機構の射出角度検出手段により上記測定光の仰俯角と方位角を検出して、上記測定光の上記反射体上の照射位置の測定結果として、上記射出角度調整手段により制御される上記測定光の光軸上の回転中心の位置を座標原点Oとする光コム干渉計ヘッド部で決まる座標系における座標（距離 d ，仰俯角 θ ，方位角 ϕ ）を出力する。

【0014】

すなわち、本発明は、光コム座標測定装置であって、入射光を再帰反射する反射体と、光コム干渉計を介して測定光を上記反射体に照射し、上記反射体により測定光が再帰反射されて戻ってくる反射光を上記光コム干渉計を介して検出することにより、上記反射体までの距離を測定する光コム距離計と、上記光コム干渉計を介して出射される測定光の光軸上の1点を回転中心として、上記測定光の出射方向を回転させて上記測定光の仰俯角と方位角を制御する射出角度調整手段と、上記射出角度調整手段により制御された上記測定光の仰俯角と方位角を検出する射出角度検出手段とからなる射出角度調整機構と、上記光コム距離計により上記反射体までの距離を測定するとともに、上記射出角度検出手段により上記測定光の仰俯角と方位角を検出して、上記測定光の上記反射体上の照射位置の測定結果として、上記射出角度調整手段により制御される上記測定光の光軸上の回転中心の位置を座標原点Oとする上記光コム干渉計と上記射出角度調整機構で決まる座標系における座標

(距離、仰俯角、方位角)を出力する信号処理装置とを備え、上記信号処理装置は、上記射出角度調整手段により出射方向が制御される測定光の回転中心を固定して、上記測定光の光コム距離計から出射された測定光が該測定光の回転中心で折り返されて上記光コム距離計に戻される第1の状態、上記光コム距離計により測定光を照射し上記回転中心までの距離を求めるとともに上記測定光の仰俯角 θ_0 と方位角 ϕ_0 を上記射出角度検出手段により検出し、上記射出角度調整手段により測定光の出射方向を制御して、入射光を再帰反射する反射体であって校正済みの3次元座標を有する反射体に上記光コム距離計から出射される測定光が照射される第2の状態において、上記光コム距離計により、上記反射体までの距離 d を求めるとともに、上記測定光の仰俯角 θ と方位角 ϕ を上記射出角度検出手段により検出して、上記光コム距離計と射出角度調整機構で決まる座標系における座標(距離、仰俯角、方位角)を $(d-d_0, \theta-\theta_0, \phi-\phi_0)$ とし、相対距離が定まった複数の上記反射体を測定対象空間に配置して、各反射体の座標(距離、仰俯角、方位角)を上記光コム距離計と上記射出角度検出手段により測定し、測定結果から求められる各反射体間の相対距離を真値に一致させる上記射出角度調整機構の校正を行い、測定対象空間に複数の測定区間を分布させる校正処理を行うことを特徴とする。

10

【0015】

また、本発明は、光コム座標測定装置であって、入射光を再帰反射する n 個(n は正の整数)の反射体と、光コム光源から出射された測定光が光分配器により n 本に分配されて入射される n 個の光コム干渉計と、上記 n 個の光コム干渉計を介して上記 n 個の反射体に照射した n 本の測定光が再帰反射されて戻ってくる n 本の反射光を上記 n 個の光コム干渉計を介して検出する n 個の光検出器を備える光コム距離計と、上記 n 個の光コム干渉計を介して出射される n 本の測定光の光軸上の各1点を回転中心として、上記 n 本の測定光の出射方向を回転させて上記 n 本の測定光の仰俯角と方位角を制御する複数の射出角度調整手段と、上記 n 個の射出角度調整手段により制御された上記 n 本の測定光の仰俯角と方位角を検出する n 個の射出角度検出手段とからなる射出角度調整機構と、上記光コム距離計により上記 n 個の反射体までの距離を測定するとともに、上記 n 個の射出角度検出手段により上記 n 本の測定光の仰俯角と方位角を検出して、上記 n 本の測定光の上記 n 個の反射体上の照射位置の測定結果として、上記 n 個の射出角度調整手段により制御される上記 n 本の測定光の光軸上の各回転中心の位置を座標原点 O_n とする上記光コム干渉計と上記射出角度調整機構で決まる座標系における座標(距離、仰俯角、方位角)を出力する信号処理装置とを備え、上記信号処理装置は、上記射出角度調整手段により出射方向が制御される測定光の回転中心を固定して、上記測定光の光コム距離計から出射された測定光が該測定光の回転中心で折り返されて上記光コム距離計に戻される第1の状態、上記光コム距離計により測定光を照射し上記回転中心までの距離を求めるとともに上記測定光の仰俯角 θ_0 と方位角 ϕ_0 を上記射出角度検出手段により検出し、上記射出角度調整手段により測定光の出射方向を制御して、入射光を再帰反射する反射体であって校正済みの3次元座標を有する反射体に上記光コム距離計から出射される測定光が照射される第2の状態において、上記光コム距離計により、上記反射体までの距離 d を求めるとともに、上記測定光の仰俯角 θ と方位角 ϕ を上記射出角度検出手段により検出して、上記光コム距離計と射出角度調整機構で決まる座標系における座標(距離、仰俯角、方位角)を $(d-d_0, \theta-\theta_0, \phi-\phi_0)$ とし、相対距離が定まった複数の上記反射体を測定対象空間に配置して、各反射体の座標(距離、仰俯角、方位角)を上記光コム距離計と上記射出角度検出手段により測定し、測定結果から求められる各反射体間の相対距離を真値に一致させる上記射出角度調整機構の校正を行い、測定対象空間に複数の測定区間を分布させる校正処理を行うことを特徴とする。

20

30

40

【0016】

本発明に係る光コム座標測定装置において、上記射出角度調整手段は、ビーム操作ミラーの回転により測定光の仰俯角、方位角を制御するものとして行うことができる。

【0017】

また、本発明に係る光コム座標測定装置において、上記射出角度調整手段は、上記光コム

50

干渉計から出射される測定光の光軸上の1点を回転中心として、光コム干渉計全体を回転させる上記射出角度調整手段により、反射体に向かって出射する測定光の出射方向を制御し、上記射出角度検出手段により上記光コム干渉計全体の回転角度を上記測定光の仰俯角、方位角として検出するものとすることができる。

【0018】

また、本発明は、光コム座標測定装置であって、入射光を再帰反射する反射体と、光コム干渉計を介して測定光を上記反射体に照射し、上記反射体により測定光が再帰反射されて戻ってくる反射光を上記光コム干渉計を介して検出することにより、上記反射体までの距離を測定する光コム距離計と、上記光コム干渉計を介して出射される測定光の光軸上の1点を回転中心として、上記測定光の出射方向を回転させて上記測定光の仰俯角と方位角を制御する射出角度調整手段と、上記射出角度調整手段により制御された上記測定光の仰俯角と方位角を検出する射出角度検出手段とからなる射出角度調整機構と、上記光コム距離計により上記反射体までの距離を測定するとともに、上記射出角度検出手段により上記測定光の仰俯角と方位角を検出して、上記測定光の上記反射体上の照射位置の測定結果として、上記射出角度調整手段により制御される上記測定光の光軸上の回転中心の位置を座標原点Oとする上記光コム干渉計と上記射出角度調整機構で決まる座標系における座標（距離、仰俯角、方位角）を出力する信号処理装置とを備え、

上記射出角度調整手段は、上記光コム干渉計とビーム操作ミラーが設けられた鏡筒と、上記ビーム操作ミラーの回転中心を一致させ、反射体に向かって出射される測定光の方位角を上記ビーム操作ミラーの回転により制御するとともに、上記測定光の仰俯角を上記鏡筒の回転により制御することを特徴とする。

【0019】

また、本発明は、光コム座標測定装置であって、入射光を再帰反射する n 個（ n は正の整数）の反射体と、光コム光源から出射された測定光が光分配器により n 本に分配されて入射される n 個の光コム干渉計と、上記 n 個の光コム干渉計を介して上記 n 個の反射体に照射した n 本の測定光が再帰反射されて戻ってくる n 本の反射光を上記 n 個の光コム干渉計を介して検出する n 個の光検出器を備える光コム距離計と、上記 n 個の光コム干渉計を介して出射される n 本の測定光の光軸上の各1点を回転中心として、上記 n 本の測定光の出射方向を回転させて上記 n 本の測定光の仰俯角と方位角を制御する複数の射出角度調整手段と、上記 n 個の射出角度調整手段により制御された上記 n 本の測定光の仰俯角と方位角を検出する n 個の射出角度検出手段とからなる射出角度調整機構と、上記光コム距離計により上記 n 個の反射体までの距離を測定するとともに、上記 n 個の射出角度検出手段により上記 n 本の測定光の仰俯角と方位角を検出して、上記 n 本の測定光の上記 n 個の反射体上の照射位置の測定結果として、上記 n 個の射出角度調整手段により制御される上記 n 本の測定光の光軸上の各回転中心の位置を座標原点 O_n とする上記光コム干渉計と上記射出角度調整機構で決まる座標系における座標（距離、仰俯角、方位角）を出力する信号処理装置とを備え、上記射出角度調整手段は、上記光コム干渉計とビーム操作ミラーが設けられた鏡筒と、上記ビーム操作ミラーの回転中心を一致させ、反射体に向かって出射される測定光の方位角を上記ビーム操作ミラーの回転により制御するとともに、上記測定光の仰俯角を上記鏡筒の回転により制御することを特徴とする。

【0020】

また、本発明は、自動追尾装置であって、上述の如き本発明に係る光コム座標測定装置を備え、上記光コム座標測定装置により追尾対象反射体に照射した測定光が該追尾対象反射体により再帰反射されて、上記光コム座標測定装置に戻ってくる反射光の一部を半透鏡を介してビーム位置検出器に入射させ、上記ビーム位置検出器により上記反射光のビームスポット位置に応じたビーム位置検出信号を得て、ビーム位置検出信号に基づき該ビーム位置検出器により検出される上記反射光のビームスポット位置が一定になるように上記光コム座標測定装置に備えられた角度調整機構を制御することにより、上記追尾対象反射体を追尾して上記光コム座標測定装置から出射された測定光を照射することを特徴とする。

【0021】

また、本発明は、光コム測位装置であって、上述の如き本発明に係る光コム座標測定装置を少なくとも3個備え、上記少なくとも3個の光コム座標測定装置により反射体の座標測定を行い、得られる少なくとも3個の座標測定結果を統合して上記反射体の座標位置を決定することを特定することを特徴とする。

【0022】

また、本発明は、自動追尾光コム測位装置であって、上述の如き本発明に係る自動追尾装置を少なくとも3個備え、上記少なくとも3個の自動追尾装置により反射体を追尾して、少なくとも3個の光コム座標測定装置により上記反射体の座標測定を行い、得られる少なくとも3個の座標測定結果を統合して上記反射体の座標位置を決定することを特定することを特徴とする。

【0023】

また、本発明は、入射光を再帰反射する反射体と、光コム干渉計を介して測定光を上記反射体に照射し、上記反射体により測定光が再帰反射されて戻ってくる反射光を上記光コム干渉計を介して検出することにより、上記反射体までの距離を測定する光コム距離計と、上記光コム干渉計を介して出射される測定光の光軸上の1点を回転中心として、上記測定光の出射方向を回転させて上記測定光の仰俯角と方位角を制御する射出角度調整手段と、上記射出角度調整手段により制御された上記測定光の仰俯角と方位角を検出する射出角度検出手段とからなる射出角度調整機構と、上記光コム距離計により上記反射体までの距離を測定するとともに、上記射出角度検出手段により上記測定光の仰俯角と方位角を検出して、上記測定光の上記反射体上の照射位置の測定結果として、上記射出角度調整手段により制御される上記測定光の光軸上の回転中心の位置を座標原点Oとする上記光コム干渉計と上記射出角度調整機構で決まる座標系における座標（距離，仰俯角，方位角）を出力する信号処理装置の校正方法であって、上記射出角度調整手段により出射方向が制御される測定光の回転中心を固定して、上記光コム距離計から出射された測定光が該測定光の回転中心で折り返されて上記光コム距離計に戻される第1の状態、上記光コム距離計により測定光を照射し上記回転中心までの距離を求めるとともに、上記測定光の仰俯角 θ_0 と方位角 ϕ_0 を上記射出角度検出手段により検出し、上記射出角度調整手段により測定光の出射方向を制御して、入射光を再帰反射する反射体であって校正済みの3次元座標を有する反射体に上記光コム距離計から出射される測定光が照射される第2の状態において、上記光コム距離計により、上記反射体までの距離 d を求めるとともに、上記測定光の仰俯角 θ と方位角 ϕ を上記射出角度検出手段により検出して、上記光コム距離計と射出角度調整機構で決まる座標系における座標（距離，仰俯角，方位角）を $(d - d_0, \theta - \theta_0, \phi - \phi_0)$ とし、相対距離が定まった複数の上記反射体を測定対象空間に配置して、各反射体の座標（距離，仰俯角，方位角）を上記光コム距離計と上記射出角度検出手段により測定し、測定結果から求められる各反射体間の相対距離を真値に一致させる上記射出角度調整機構の校正を行い、測定対象空間に複数の測定区間を分布させることを特徴とする。

【0024】

また、本発明は、ビーム操作ミラーの回転により測定光の仰俯角，方位角を制御する上記射出角度調整手段を備える光コム座標測定装置の校正方法であって、上記測定光の仰俯角，方位角を制御する上記ビーム操作ミラーの回転中心を上記測定光の光軸上の1点に固定し、上記ビーム操作ミラーを上記光コム距離計の光コム干渉計に正対させた第1の状態、上記光コム距離計により測定光を照射し上記回転中心までの距離 d_0 を求めるとともに、上記射出角度検出手段により上記ビーム操作ミラーの回転角度を上記測定光の仰俯角 θ_0 と方位角 ϕ_0 として検出し、上記校正済みの3次元座標を有する反射体に上記光コム距離計から出射される測定光が照射される第2の状態において、上記光コム距離計と上記射出角度検出手段により上記反射体までの距離 d と上記測定光の仰俯角 θ と方位角 ϕ を測定して、上記測定光の光軸上の回転中心の位置を座標原点Oとした上記光コム距離計と射出角度調整機構で決まる座標系における座標（距離，仰俯角，方位角）を $(d - d_0, \theta - \theta_0, \phi - \phi_0)$ とし、相対距離が定まった複数の上記反射体を測定対象空間に配置して、各反射体の座標（距離，仰俯角，方位角）を上記光コム距離計と上記射出角度検出手段

10

20

30

40

50

により測定し、測定結果から求められる各反射体間の相対距離を真値に一致させるように上記射出角度調整機構の校正を行い、測定対象空間に複数の測定区間を分布させるものとすることができる。

【0025】

また、本発明は、上記光コム干渉計とビーム操作ミラーが設けられた鏡筒と、上記ビーム操作ミラーの回転中心を一致させ、反射体に向かって出射される測定光の方位角を上記ビーム操作ミラーの回転により制御するとともに、上記測定光の仰俯角を上記鏡筒の回転により制御する上記射出角度調整手段を備える光コム座標測定装置の校正方法であって、上記測定光の仰俯角、方位角を制御する上記ビーム操作ミラーの回転中心と上記鏡筒の回転中心を上記測定光の光軸上の1点に固定し、上記ビーム操作ミラーを上記光コム距離計の光コム干渉計に正対させた第1の状態、上記光コム距離計により測定光を照射し上記回転中心までの距離 d_0 を求めるとともに、上記射出角度検出手段により、上記ビーム操作ミラーの回転角度を上記測定光の方位角 ϕ_0 として検出するとともに、上記鏡筒の回転角度を上記測定光の仰俯角 θ_0 として検出し、上記校正済みの3次元座標を有する反射体

10

上記光コム距離計から出射される測定光が照射される第2の状態において、上記光コム距離計と上記射出角度検出手段により上記反射体までの距離 d と上記測定光の仰俯角 θ と方位角 ϕ を測定して、上記測定光の光軸上の回転中心の位置を座標原点 O とした上記光コム距離計と射出角度調整機構で決まる座標系における座標（距離，仰俯角，方位角）を $(d - d_0, \theta - \theta_0, \phi - \phi_0)$ とし、相対距離が定まった複数の上記反射体を測定対象空間に配置して、各反射体の座標（距離，仰俯角，方位角）を上記光コム距離計と上記射出

20

角度検出手段により測定し、測定結果から求められる各反射体間の相対距離を真値に一致させるように上記射出角度調整機構の校正を行い、測定対象空間に複数の測定区間を分布させるものとすることができる。

【0026】

また、本発明は、上記光コム干渉計から出射される測定光の光軸上の1点を回転中心として、光コム干渉計全体を回転させる上記射出角度調整手段により、反射体に向かって出射する測定光の出射方向を制御し、上記射出角度検出手段により上記光コム干渉計全体の回転角度を上記測定光の仰俯角、方位角として検出する上記射出角度調整手段を備える光コム座標測定装置の校正方法であって、上記射出角度調整手段により回転される光コム干渉計の上記回転中心を含む面に上記光コム干渉計に正対させた反射面を固定した第1の状態

30

で、上記光コム距離計により上記反射面に測定光を照射して、上記回転中心までの距離 d_0 を求めるとともに、上記射出角度検出手段により、上記光コム干渉計全体の回転角度を上記測定光の仰俯角 θ_0 、方位角 ϕ_0 として検出し、上記校正済みの3次元座標を有する反射体

40

上記光コム距離計から出射される測定光が照射される第2の状態において、上記光コム距離計と上記射出角度検出手段により上記反射体までの距離 d と上記測定光の仰俯角 θ と方位角 ϕ を測定して、上記測定光の光軸上の回転中心の位置を座標原点 O とした上記光コム干渉計の姿勢で決まる座標系における座標（距離，仰俯角，方位角）を $(d - d_0, \theta - \theta_0, \phi - \phi_0)$ とし、相対距離が定まった複数の上記反射体を測定対象空間に配置して、各反射体の座標（距離，仰俯角，方位角）を上記光コム距離計と上記射出角度検出手段により測定し、測定結果から求められる各反射体間の相対距離を真値に一致させるように上記射出角度調整機構の校正を行い、測定対象空間に複数の測定区間を分布させるものとすることができる。

【発明の効果】

【0027】

本発明によれば、光コム干渉計を介して測定対象物に照射された測定光の測定対象物上の照射位置を示す空間座標を高精度に計測して得ることができ、しかも、測定光の光路が一時的に遮断されても原点復帰処理を必要とすることなく回復後ただちに高い正確度で空間座標計測を再開することができる光コム干渉計を介して再帰反射体に照射された測定光の再帰反射体上の照射位置を示す空間座標情報を出力する光コム座標測定装置、自動追尾装置及び自動追尾光コム測位装置を提供することができる。

10

20

30

40

50

【 0 0 2 8 】

また、本発明では、光コム座標測定装置、自動追尾装置及び自動追尾光コム測位装置を高精度に校正し、再帰反射体上における測定光の照射位置座標を高い精度で取得することができるようにすることができる。

【図面の簡単な説明】

【 0 0 2 9 】

【図 1】本発明を適用した光コム座標測定装置の構成を示すブロック図である。

【図 2】上記光コム座標測定装置を用いた光コム・トラッカの構成を模式的に示す斜視図である。

【図 3】上記光コム・トラッカにおいて測定光が照射される再帰反射体を模式的に示す斜視図である。

【図 4】上記光コム・トラッカの校正処理の説明に供する模式的に示す斜視図である。

【図 5】上記光コム座標測定装置を用いた光コム・トラッカの他の構成例を模式的に示す斜視図である。

【図 6】上記他の構成例の光コム・トラッカの校正処理の説明に供する模式的に示す斜視図である。

【図 7】上記光コム座標測定装置を用いた光コム・トラッカの更に他の構成例を模式的に示す斜視図である。

【図 8】上記更に他の構成例の光コム・トラッカの校正処理の説明に供する模式的に示す斜視図である。

【図 9】上記光コム座標測定装置（光コム・トラッカ）のローカル座標系を測定対象側のグローバル座標系に変換する変換処理の説明に供する模式的に示す斜視図である。

【図 10】本発明を適用した光コム座標測定装置の他の構成例を示すブロック図である。

【図 11】本発明を適用した自動追尾装置の構成例を示すブロック図である。

【図 12】上記自動追尾装置にビーム位置検出器として備えられる 4 分割フォトダイオードの構成を模式的に示す平面図である。

【図 13】本発明を適用した光コム測位装置の構成を示すブロック図である。

【発明を実施するための形態】

【 0 0 3 0 】

以下、本発明の実施の形態について、図面を参照して詳細に説明する。なお、共通の構成要素については、共通の指示符号を図中に付して説明する。また、本発明は以下の例に限定されるものではなく、本発明の要旨を逸脱しない範囲で、任意に変更可能であることは言うまでもない。

【 0 0 3 1 】

本発明は、例えば図 1 に示すような構成の光コム座標測定装置 100 により実施される。

【 0 0 3 2 】

図 1 は、本発明を適用した光コム座標測定装置 100 の構成を示すブロック図である。

【 0 0 3 3 】

この光コム座標測定装置 100 は、入射光を再帰反射する反射体 50 と、光コム干渉計 12 を介して反射体 50 に測定光 S1 を照射して反射体 50 までの距離を測定する光コム距離計 10 と、上記光コム距離計 10 から出射される測定光 S1 の出射方向を調整する射出角度調整機構 20 と、上記光コム距離計 10 の動作と上記射出角度調整機構 20 の動作を制御するとともに、上記光コム距離計 10 による測定結果と上記射出角度調整機構 20 による上記測定光 S1 の出射方向の調整結果を分析して、上記反射体 50 上に照射された測定光 S1 の照射位置座標の測定結果を出力する信号処理装置 30 とを備える。

【 0 0 3 4 】

上記光コム距離計 10 は、光コム光源 11 から出射された測定光 S1 を反射体 50 に光コム干渉計 12 を介して照射して、上記反射体 50 により測定光 S1 が再帰反射されて戻ってくる反射光 S1' を上記光コム干渉計 12 を介して照光との干渉光として検出する光検出器 13 を備え、上記光コム干渉計 12 を介して光検出器 13 により得られる干渉信号に基

10

20

30

40

50

づいて信号処理部 14 により上記反射体 50 までの距離を測定するようになっている。

【0035】

この光コム距離計 10 には、本件発明者等が先に提案している例えば特許文献 3 に記載された距離計が用いられる。

【0036】

上記光コム干渉計 12 を介して光検出器 13 により得られる干渉信号に基づいて信号処理部 14 により上記反射体 50 までの距離を測定する光コム距離計 10 では、測定光の光路が一時的に遮断されても原点復帰処理を必要とすることなく光路が回復後ただちに高い精度で距離を測定することが可能である。

【0037】

上記射出角度調整機構 20 は、上記光コム干渉計 12 を介して出射される測定光 S1 の光軸上の 1 点を回転中心として、上記測定光 S1 の出射方向を回転させることにより、上記測定光 S1 の仰俯角と方位角を制御して、上記測定光を反射体 50 に照射する射出角度調整手段 21 としての機能と、上記測定光 S1 の仰俯角と方位角を検出する射出角度検出手段 22 としての機能を有している。

【0038】

そして、この光コム座標測定装置 100 における信号処理装置 30 は、上記光コム距離計 10 により上記反射体 50 までの距離を測定するとともに、上記射出角度検出手段 22 により上記測定光 S1 の仰俯角と方位角を検出して、上記測定光 S1 の上記反射体 50 上の照射位置の測定結果として、上記射出角度調整手段 21 により制御される上記測定光 S1 の光軸上の回転中心の位置を座標原点 O とする 3 次元座標空間すなわち上記光コム干渉計 12 と上記射出角度調整機構 20 で決まる座標系における座標（距離、仰俯角、方位角）を出力する。

【0039】

すなわち、この光コム座標測定装置 100 は、入射光を再帰反射する反射体 50 と、光コム干渉計 12 を介して上記反射体 50 に測定光 S1 を照射し、上記反射体 50 により測定光 S1 が再帰反射されて戻ってくる反射光 S1' を上記光コム干渉計 12 を介して検出することにより、上記反射体 50 までの距離を測定する光コム距離計 10 と、上記光コム干渉計 12 を介して出射される測定光 S1 の光軸上の 1 点を回転中心として、上記測定光 S1 の出射方向を回転させて上記測定光 S1 の仰俯角と方位角を制御する射出角度調整手段 21 と、上記射出角度調整手段 21 により制御された上記測定光 S1 の仰俯角と方位角を検出する射出角度検出手段 22 とからなる射出角度調整機構 20 と、上記光コム距離計 10 により上記反射体 50 までの距離を測定するとともに、上記射出角度検出手段 22 により上記測定光 S1 の仰俯角と方位角を検出して、上記測定光 S1 の上記反射体 50 上の照射位置の測定結果として、上記射出角度調整手段 21 により制御される上記測定光 S1 の光軸上の回転中心の位置を O とする上記光コム干渉計 12 と上記射出角度調整機構 20 で決まる座標系における座標（距離、仰俯角、方位角）を出力する信号処理装置とを備える。

【0040】

このような構成の光コム座標測定装置 100 では、上記光コム距離計 10 により上記反射体 50 までの距離を高精度に測定するとともに、上記射出角度検出手段 22 により上記測定光 S1 の仰俯角と方位角を検出して、上記測定光 S1 の上記反射体 50 上の照射位置の測定結果として、上記射出角度調整手段 21 により制御される上記測定光 S1 の光軸上の回転中心の位置を座標原点 O とする上記光コム干渉計 12 と上記射出角度調整機構 20 で決まる座標系における座標（距離、仰俯角、方位角）を上記信号処理装置 30 により得ることができ、すなわち、光コム干渉計 12 を介して再帰反射体 50 に照射された測定光 S1 の再帰反射体 50 上の照射位置を示す空間座標情報を得ることができ、しかも、測定光 S1 の光路が一時的に遮断されても原点復帰処理を必要とすることなく回復後ただちに高い正確度で空間座標計測を再開することができる。

【0041】

ここで、上記光コム座標測定装置 100 は、図 2 に示すように、上記射出角度調整機構 2

10

20

30

40

50

0として、例えば回転駆動機構により回転駆動される3軸のジンバル機構により回転自在に支持されたビーム操作ミラー21Aを備え、このビーム操作ミラー21Aの回転により上記光コム距離計10から出射される測定光S1の出射方向を制御するものとすることができる。この射出角度調整機構20は、上記ビーム操作ミラー21Aの回転角度を検出するロータリーエンコーダなどの回転角度検出機構を備えている。

【0042】

この射出角度調整機構20において、上記ビーム操作ミラー21Aは、光コム干渉計12を介して出射される測定光S1の光軸上の1点を回転中心として、上記測定光S1の出射方向を回転させることにより、上記測定光S1の仰俯角と方位角を制御して、上記測定光を反射体50に照射する射出角度調整手段として機能し、上記ビーム操作ミラー21Aの回転角度を検出するロータリーエンコーダなどの回転角度検出機構は、上記測定光S1の仰俯角と方位角を検出する射出角度検出手段22として機能する。

10

【0043】

そして、信号処理装置30は、上記光コム距離計10の動作と上記射出角度調整機構20の動作を制御することにより、上記光コム距離計10から出射された測定光S1を上記射出角度調整機構20のビーム操作ミラー21Aを介して反射体50に照射して、上記反射体50より測定光S1が反射されて戻ってくる反射光S1'を上記光コム距離計10において上記光コム干渉計12を介して光検出器13で検出することにより、反射体50までの距離dを測定するとともに、上記回転角度検出手段22により検出される上記ビーム操作ミラー21Aの回転角度に基づいて、上記反射体50に照射した測定光S1の仰俯角 θ と方位角 ϕ を求め、上記光コム距離計10と射出角度調整機構20からなる光コム干渉計ヘッド部40で決まる上記測定光S1の光軸上の回転中心の位置を座標原点Oとする座標系における座標（距離d，仰俯角 θ ，方位角 ϕ ）を上記測定光S1の上記反射体50上の照射位置の測定結果として出力する。

20

【0044】

この光コム座標測定装置100は、図2に示すように、反射体50として入射光を再帰反射するコーナーキューブ・リフレクタ等の再帰反射体50Aを用いることにより、再帰反射体50Aをプローブとした光コム・トラッカ100Aとして機能し、上記反射体50すなわち再帰反射体50Aの3次元空間における位置を検出することにより、上記光コム距離計10の光コム干渉計12と射出角度調整機構20からなる光コム干渉計ヘッド部40Aで決まる座標系における座標（距離 $d-d_0$ ，仰俯角 $\theta-\theta_0$ ，方位角 $\phi-\phi_0$ ）位置にて示す測定結果を出力することができる。

30

【0045】

ここで、 d_0 ， θ_0 ， ϕ_0 は、上記光コム距離計10の光コム干渉計12と上記射出角度調整機構20からなる光コム干渉計ヘッド部40Aで決まる座標系における座標（距離，仰俯角，方位角）の校正データであり、上記射出角度調整機構20の校正処理を予め実行しておくことにより信号処理装置30に保存されている。

【0046】

上記再帰反射体50Aとしては、例えば図3に示すように、3枚の平面ミラーを互いに垂直をなすように組み合わせてなる再帰反射面50aが設けられ、その頂点を中心点とする半径Rの真球度が極めて高い球体が用いられる。

40

【0047】

そして、この光コム・トラッカ100Aでは、回転駆動機構により回転駆動される3軸のジンバル機構により回転自在に支持されたビーム操作ミラー21Aを射出角度調整手段21として備えるとともに、上記ビーム操作ミラー21Aの回転角度を検出するロータリーエンコーダなどの回転角度検出機構を射出角度調整手段22として備える射出角度調整機構20Aの校正が次のようにして行われる。

【0048】

すなわち、信号処理装置30は、図4に示すように、射出角度調整機構20Aのビーム操作ミラー21Aを光コム距離計10の光コム干渉計12と正対させた第1の状態では該ビー

50

ム操作ミラー 21A の回転中心を固定して、XYZ 空間におけるビーム操作ミラー 21A の回転中心までの距離 d_0 を取得するとともに、上記第 1 の状態すなわちビーム操作ミラー 21A を光コム距離計 10 の光コム干渉計 12 と正対させ、光コム距離計 10 から出射された測定光 S1 が該測定光 S1 の回転中心で折り返されて上記光コム距離計 10 に戻される状態における回転角度検出手段 22 による検出力に基づいて測定光 S1 の仰俯角 θ_0 と方位角 ϕ_0 を得て、上記光コム距離計 10 と射出角度調整機構 20A からなる光コム干渉計ヘッド部 40A で決まる座標系における座標（距離、仰俯角、方位角）の校正データとして保存する。

【0049】

次に、校正済みの 3 次元座標を有する反射体 50A に上記光コム距離計 10 から出射される測定光 S1 が照射される第 2 の状態において、上記光コム距離計 10 と上記射出角度検出手段 22 により上記反射体 50A までの距離 d と上記測定光 S1 の仰俯角 θ と方位角 ϕ を測定して、上記測定光 S1 の光軸上の回転中心の位置を座標原点 O とした上記光コム距離計 10 と射出角度調整機構 20 からなる光コム干渉計ヘッド部 40A で決まる座標系における座標（距離、仰俯角、方位角）を $(d - d_0, \theta - \theta_0, \phi - \phi_0)$ とする。

【0050】

そして、各中心点間の相対距離の定まった複数の再帰反射体 50A₁、50A₂・・・50A_n について各中心点位置の座標を測定し、反射体 50A₁、50A₂・・・50A_n 間の距離を求め、真値が一致するような射出角度調整機構 20 の校正を行い、測定対象空間に複数の測定区間を分布させる。

【0051】

これにより、この光コム・トラッカ 100A では、上記ビーム操作ミラー 21A の回転中心位置を上記光コム距離計 10 と射出角度調整機構 20A からなる光コム干渉計ヘッド部 40A で決まる座標系における原点 O として、座標（距離 $d - d_0$ ，仰俯角 $\theta - \theta_0$ ，方位角 $\phi - \phi_0$ ）位置にて示される反射体 50 の座標測定結果を信号処理装置 30 により出力することができ、しかも、測定光 S1 の光路が一時的に遮断されても原点復帰処理を必要とすることなく回復後ただちに高い正確度で空間座標計測を再開することができる。

【0052】

上述の如き構成の光コム座標測定装置 100（光コム・トラッカ 100A）では、射出角度調整手段 21（ビーム操作ミラー 21A）により、光コム干渉計 12 を介して出射される測定光 S1 の光軸上の 1 点を回転中心として、上記測定光 S1 の出射方向を回転させて上記測定光 S1 の仰俯角と方位角を制御して、上記測定光 S1 を反射体 50 に照射し、上記反射体 50 により測定光 S1 が反射されて戻ってくる反射光 S1' を上記光コム干渉計 12 を介して検出する光コム距離計 10 により上記反射体 50 までの距離を測定するとともに、上記射出角度調整機構 20（20A）の射出角度検出手段 22 により上記測定光 S1 の仰俯角と方位角を検出して、上記測定光 S1 の上記反射体 50 上の照射位置の測定結果として、上記射出角度調整手段 21（ビーム操作ミラー 21A）により制御される上記測定光 S1 の光軸上の回転中心の位置を座標原点 O とする上記光コム干渉計 12 と射出角度調整機構 20 からなる光コム干渉計ヘッド部 40A で決まる座標系における座標（距離 d ，仰俯角 θ ，方位角 ϕ ）を出力することができる。

【0053】

すなわち、この光コム座標測定装置 100（光コム・トラッカ 100A）は、射出角度調整手段 21（ビーム操作ミラー 21A）の回転により測定光 S1 の仰俯角、方位角を制御する上記射出角度調整機構 20（20A）を備える光コム座標測定装置であって、上記測定光 S1 の仰俯角、方位角を制御する上記ビーム操作ミラー 21A の回転中心を上記測定光 S1 の光軸上の 1 点に固定し、上記射出角度調整手段 21（ビーム操作ミラー 21A）を上記光コム距離計 10 の光コム干渉計 12 に正対させた第 1 の状態で、上記光コム距離計 10 により測定光 S1 を照射し上記回転中心までの距離 d_0 を求めるとともに、上記射出角度検出手段 22 により上記射出角度調整手段 21（ビーム操作ミラー 21A）の回転角度を上記測定光 S1 の仰俯角 θ_0 と方位角 ϕ_0 として検出し、上記校正済みの 3 次元座

10

20

30

40

50

標を有する反射体 50A に上記光コム距離計 10 から出射される測定光 S1 が照射される第 2 の状態において、上記光コム距離計 10 と上記射出角度検出手段 22 により上記反射体 50A までの距離 d と上記測定光 S1 の仰俯角 θ と方位角 ϕ を測定して、上記測定光 S1 の光軸上の回転中心の位置を座標原点 O とした上記光コム距離計 10 と射出角度調整機構 20 (20A) からなる光コム干渉計ヘッド部 40 (40A) で決まる座標系における座標 (距離, 仰俯角, 方位角) を $(d - d_0, \theta - \theta_0, \phi - \phi_0)$ とし、相対距離が定まった複数の反射体 50A₁、50A₂・・・50A_n を測定対象空間に配置して、各反射体 50A₁、50A₂・・・50A_n の座標 (距離, 仰俯角, 方位角) を上記光コム距離計 10 と上記射出角度検出手段 22 により測定し、測定結果から求められる各反射体 50A₁、50A₂・・・50A_n 間の相対距離を真値に一致させるように上記射出角度調整機構 20 (20A) の校正を行い、測定対象空間に複数の測定区間を分布させる光コム座標測定装置の校正方法を実行して、上記射出角度調整機構 20 (20A) が校正される。

【0054】

ここで、上記射出角度調整機構 20A では、射出角度調整手段 21 として回転駆動機構により回転駆動される 3 軸のジンバル機構により回転自在に支持されたビーム操作ミラー 21A を備え、ビーム操作ミラー 21A の回転により上記光コム距離計 10 から出射する測定光 S1 の仰俯角 θ と方位角 ϕ を調整するようにしたが、射出角度調整機構 20 はこれに限定されるものでなく、例えば図 5 に示す光コム・トラッカ 100B のように、上記光コム距離計 10 の光コム干渉計 12 と射出角度調整機構 20A のビーム操作ミラー 21B を同一の鏡筒 15 内に設けて、上記光コム距離計 10 から出射する測定光 S1 の方位角 ϕ はビーム操作ミラー 21B の回転により調整し、測定光 S1 の仰俯角 θ は、光コム干渉計 12 と射出角度調整機構 20B が設けられた鏡筒 15 を回転駆動することにより調整するようにしてもよい。

【0055】

このような構成の射出角度調整機構 20B を備える光コム座標測定装置 100 (光コム・トラッカ 100B) では、上記信号処理装置 30 により次のようにして校正処理が行われる。

【0056】

すなわち、上記信号処理装置 30 は、図 6 に示すように、XYZ 空間において、射出角度調整機構 20B のビーム操作ミラー 21B を光コム距離計 10 の光コム干渉計 12 と正対させ該ビーム操作ミラー 21B の回転中心を固定した第 1 の状態で上記光コム距離計 10 により上記ビーム操作ミラー 21B の回転中心までの距離 d_0 を取得するとともに、上記第 1 の状態すなわち上記ビーム操作ミラー 21B を光コム距離計 10 の光コム干渉計 12 と正対させ、光コム距離計 10 から出射された測定光 S1 が該測定光 S1 の回転中心で折り返されて上記光コム距離計 10 に戻される状態における鏡筒 15 の回転角とを検出する回転角度検出機構 22 による検出出力に基づいて測定光 S1 の仰俯角 θ_0 と方位角 ϕ_0 を得て、上記測定光 S1 の光軸上の回転中心の位置を座標原点 O とした上記光コム距離計 10 の光コム干渉計 12 と射出角度調整機構 20B からなる光コム干渉計ヘッド部 40B で決まる座標系における座標 (距離 d_0 , 仰俯角 θ_0 , 方位角 ϕ_0) の校正データとして保存する。

【0057】

次に、校正済みの 3 次元座標を有する反射体 50A に上記光コム距離計 10 から出射される測定光 S1 が照射される第 2 の状態において、上記光コム距離計 10 と上記射出角度検出手段 22 により上記反射体 50A までの距離 d と上記測定光 S1 の仰俯角 θ と方位角 ϕ を測定して、上記測定光 S1 の光軸上の回転中心の位置を座標原点 O とした上記光コム距離計 10 の光コム干渉計 12 と射出角度調整機構 20B からなる光コム干渉計ヘッド部 40B で決まる座標系における座標 (距離, 仰俯角, 方位角) を $(d - d_0, \theta - \theta_0, \phi - \phi_0)$ とする。

【0058】

そして、各中心点間の相対距離の定まった複数の再帰反射体 50A₁、50A₂・・・5

10

20

30

40

50

$0A_n$ について各中心点位置の座標を測定し、反射体 $50A_1$ 、 $50A_2 \cdots 50A_n$ 間の距離を求め、真値が一致するような射出角度調整機構 $20B$ の校正を行い、測定対象空間に複数の測定区間を分布させる。

【0059】

これにより、この光コム座標測定装置 100 （光コム・トラッカ $100B$ ）では、上記ビーム操作ミラー $21B$ の回転中心位置を上記光コム距離計 10 の光コム干渉計 12 と射出角度調整機構 $20B$ からなる光コム干渉計ヘッド部 $40B$ で決まる座標系における原点 O として、座標（距離 $d-d_0$ ，仰俯角 $\theta-\theta_0$ ，方位角 $\phi-\phi_0$ ）位置にて示される反射体 50 の座標測定結果を信号処理装置 30 により出力することができ、しかも、測定光 S_1 の光路が一時的に遮断されても原点復帰処理を必要とすることなく回復後ただちに高い正確度で空間座標計測を再開することができる。

10

【0060】

また、図7に示す光コム・トラッカ $100C$ における射出角度調整機構 $20C$ のように、上記光コム距離計 10 の光コム干渉計 12 を設けた鏡筒 15 を回転させることにより、光コム干渉計 12 全体を回転させて測定光 S_1 の方位角 ϕ と仰俯角 θ を調整するようにしてもよい。測定光 S_1 の方位角 ϕ と仰俯角 θ を調整するための回転中心は一点になるようにする。

【0061】

このような構成の射出角度調整機構 $20C$ を備える光コム座標測定装置 100 （光コム・トラッカ $100C$ ）では、上記信号処理装置 30 により次のようにして校正処理が行われる。

20

【0062】

すなわち、上記信号処理装置 30 は、図8に示すように、 XYZ 空間において、上記光コム干渉計 12 から出射される測定光 S_1 の光軸上の1点を回転中心として、光コム干渉計 12 全体を回転させることにより、校正の基準となる再帰反射体 $50A_1$ に向かって出射する測定光 S_1 の出射方向を制御し、上記回転中心を含む面に反射面 16 を固定して上記光コム距離計 10 の光コム干渉計 12 に反射面 16 を正対させ、光コム距離計 10 から出射された測定光 S_1 が該測定光 S_1 の回転中心で折り返されて上記光コム距離計 10 に戻される第1の状態、上記光コム距離計 10 により上記反射面 16 までの距離 d_0 を求めるとともに、上記鏡筒 15 の回転角を検出する回転角度検出手段 22 による検出力に基づいて測定光 S_1 の仰俯角 θ_0 と方位角 ϕ_0 を得て、上記測定光 S_1 の光軸上の回転中心の位置を座標原点 O とした上記光コム距離計 10 の光コム干渉計 12 と射出角度調整機構 $20C$ からなる光コム干渉計ヘッド部 $40C$ で決まる座標系における座標（距離 d_0 ，仰俯角 θ_0 ，方位角 ϕ_0 ）の校正データとして保存する。そして、上記反射面 16 を取り外した第2の状態、相対距離の定まった複数の再帰反射体 $50A_1$ 、 $50A_2 \cdots 50A_n$ について座標（ d_1-d_0 ， $\theta_1-\theta_0$ ， $\phi_1-\phi_0$ ）、（ d_2-d_0 ， $\theta_2-\theta_0$ ， $\phi_2-\phi_0$ ） $\cdots$ （ d_n-d_0 ， $\theta_n-\theta_0$ ， $\phi_n-\phi_0$ ）を測定し、反射体 $50A_1$ 、 $50A_2 \cdots 50A_n$ 間の距離を求め、真値が一致するような射出角度調整機構 $20C$ の校正を行い、測定対象空間に複数の測定区間を分布させる。

30

【0063】

これにより、この光コム座標測定装置 100 （光コム・トラッカ $100C$ ）では、上記光コム距離計 10 の光コム干渉計 12 と射出角度調整機構 $20C$ からなる光コム干渉計ヘッド部 $40C$ の回転中心位置を上記光コム干渉計ヘッド部 $40C$ で決まる座標系における原点 O として、座標（距離 $d-d_0$ ，仰俯角 $\theta-\theta_0$ ，方位角 $\phi-\phi_0$ ）位置にて示される反射体 50 の座標測定結果を信号処理装置 30 により出力することができ、しかも、測定光 S_1 の光路が一時的に遮断されても原点復帰処理を必要とすることなく回復後ただちに高い正確度で空間座標計測を再開することができる。

40

【0064】

ここで、上記光コム座標測定装置 100 （光コム・トラッカ $100A$ 、 $100B$ 、 $100C$ ）は、光コム距離計 10 の光コム干渉計と射出角度調整機構 20 （ $20A$ 、 $20B$ 、 2

50

0 C) からなる光コム干渉計ヘッド部 40 (10 A、10 B、10 C) で決まる座標系は、測定光 S1 の光軸上の回転中心の位置をローカル座標原点 O_L としたローカル座標系における反射体 50 の座標位置の座標測定結果を得るものであるが、例えば、図 9 に示すように、グローバル座標原点 O_G を与える反射体 50 A₀ と合わせて XY 平面を規定する 2 個の反射体 50 A_X、反射体 50 A_Y を設置して、上記光コム座標測定装置 100 により光コム距離計 10 のローカル座標系における反射体 50 A₀、50 A_X、50 A_Y の座標位置の座標測定結果を得て、ローカル座標系における反射体 50 A₀ の座標位置をグローバル座標原点 O_G とすることにより、反射体 50 A₀ と反射体 50 A_X または反射体 50 A_Y を結ぶ直線を X 軸とすると、XY 平面内で反射体 50 A₀ の座標を通り X 軸に垂直な線が Y 軸となり、反射体 50 A₀ の座標を通り XY 平面に垂直な線が Z 軸となり、光コム距離計 10 のローカル座標系において測定される反射体 50 の座標位置は測定対処側のグローバル座標系に座標位置に変換することができる。

10

【0065】

また、この光コム座標測定装置 100 (光コム・トラッカ 100 A、100 B、100 C) では、1 つの測定光 S1 により反射体 50 の座標測定を行っているが、例えば、図 10 に示す光コム座標測定装置 200 のように、光コム距離計 210 から複数の光コム干渉計 12 A、12 B を介して複数の測定光 S1 A、S1 B を出射し、複数の射出角度調整機構 20 A、20 B により、上記複数の光コム干渉計 12 A、12 B から出射された上記複数の測定光 S1 A、S1 B の出射方向を回転させて上記複数の測定光 S1 A、S1 B の仰俯角と方位角を制御して、上記複数の測定光 S1 A、S1 B を複数の反射体 51、52 に照射し、複数の反射体 51、52 の座標測定を同時に行うようにすることもできる。

20

【0066】

図 10 は、本発明を適用した光コム座標測定装置 200 の構成を示すブロック図である。

【0067】

この光コム座標測定装置 200 は、反射体 51、52 に測定光 S1 A、S1 B を照射して反射体 51、52 までの距離を測定する光コム距離計 210 と、上記光コム距離計 210 から上記光コム距離計 210 から出射される測定光 S1 A、S1 B の出射方向を調整する射出角度調整機構 20 A、20 B と、上記光コム距離計 210 の動作と上記射出角度調整機構 20 A、20 B の動作を制御するとともに、上記光コム距離計 210 による測定結果と上記射出角度調整機構 20 A、20 B による上記測定光 S1 A、S1 B の出射方向の調整結果を分析して、上記反射体 50 上に照射された測定光 S1 A、S1 B の照射位置座標の測定結果を出力する信号処理装置 230 とを備える。

30

【0068】

上記光コム距離計 210 は、光コム光源 11 から測定光を光コム干渉計 12 A、12 B に分配供給する光分配器 211 を備え、光コム干渉計 12 A、12 B を介して測定光 S1 A、S1 B を反射体 51、52 に照射して、上記反射体 51、52 により測定光 S1 A、S1 B が反射されて戻ってくる各反射光 S1 A'、S1 B' を上記光コム干渉計 12 A、12 B を介して光検出器 13 A、13 B により検出し、上記光コム干渉計 12 A、12 B を介して光検出器 13 A、13 B により得られる各干渉信号に基づいて信号処理部 14 A、14 B により上記反射体 51、52 までの距離を測定するようになっている。

40

【0069】

また、上記射出角度調整機構 20 A、20 B は、それぞれ回転駆動機構により回転駆動される。例えば 3 軸のジンバル機構により回転自在に支持されたビーム操作ミラーにより上記測定光 S1 A、S1 B の出射方向を制御するようになっている。この射出角度調整機構 20 A、20 B は、それぞれ上記ビーム操作ミラーの回転角度を検出するロータリーエンコーダなどの回転角度検出機構を備えている。

【0070】

この射出角度調整機構 20 A、20 B において、ビーム操作ミラーは、光コム干渉計 12 A、12 B を介して出射される測定光 S1 A、S1 B の光軸上の 1 点を回転中心として、上記測定光 S1 の出射方向を回転させることにより、上記測定光 S1 A、S1 B の仰俯角

50

と方位角を制御して、上記測定光 $S1A$ 、 $S1B$ を反射体 51 、 52 に照射する射出角度調整手段として機能する。また、上記回転角度検出機構は、上記測定光 $S1A$ 、 $S1B$ の仰俯角と方位角を検出する射出角度検出手段として機能する。

【0071】

さらに、信号処理装置 230 は、上記光コム距離計 210 の動作と上記射出角度調整機構 $20A$ 、 $20B$ の動作を制御することにより、上記光コム距離計 210 から出射された測定光 $S1A$ 、 $S1B$ を上記射出角度調整機構 $20A$ 、 $20B$ を介して反射体 51 、 52 に照射して、上記反射体 51 、 52 より測定光 $S1A$ 、 $S1B$ が反射されて戻ってくる各反射光 $S1A'$ 、 $S1B'$ を上記光コム距離計 210 において上記光コム干渉計 $12A$ 、 $12B$ を介して光検出器 $13A$ 、 $13B$ で検出することにより、反射体 51 、 52 までの各距離を測定するとともに、上記回転角度検出機構により検出される上記ビーム操作ミラーの回転角度に基づいて、上記反射体 51 、 52 に照射した測定光 $S1A$ 、 $S1B$ の仰俯角と方位角を求め、光コム距離計 210 の第1の光コム干渉計 $12A$ と第1の射出角度調整機構 $20A$ からなる第1の光コム干渉計ヘッド部 41 で決まる測定光 $S1A$ の光軸上の回転中心の位置を座標原点とする座標系における座標（距離，仰俯角，方位角）を上記測定光 $S1A$ の反射体 51 上の照射位置の測定結果として出力し、また、光コム距離計 210 の第2の光コム干渉計 $12B$ と第2の射出角度調整機構 $20B$ からなる第2の光コム干渉計ヘッド部 42 で決まる測定光の光軸上の回転中心の位置を座標原点とする座標系における座標（距離，仰俯角，方位角）を上記測定光 $S1B$ の反射体 52 上の照射位置の測定結果として出力する。

【0072】

この光コム座標測定装置 200 では、上記光コム距離計 210 の第1の光コム干渉計 $12A$ と第1の射出角度調整機構 $20A$ からなる第1の光コム干渉計ヘッド部 41 で決まる測定光 $S1A$ の光軸上の回転中心の位置を座標原点とする座標系と、光コム距離計 210 の第2の光コム干渉計 $12B$ と第2の射出角度調整機構 $20B$ で決まる測定光 $S1B$ の光軸上の回転中心の位置を座標原点とする座標系について、上記光コム座標測定装置 100 における光コム距離計 10 の光コム干渉計 12 と射出角度調整機構 20 からなる光コム干渉計ヘッド部 40 で決まる測定光 $S1$ の光軸上の回転中心の位置を座標原点とする座標系と同様な手法でそれぞれ校正される。

【0073】

この光コム座標測定装置 200 では、光コム距離計 210 から光コム干渉計 $12A$ 、 $12B$ を介して測定光 $S1A$ 、 $S1B$ を出射し、射出角度調整機構 $20A$ 、 $20B$ により、上記光コム干渉計 $12A$ 、 $12B$ から出射された上記測定光 $S1A$ 、 $S1B$ の出射方向を回転させて上記測定光 $S1A$ 、 $S1B$ の仰俯角と方位角を制御して、上記測定光 $S1A$ 、 $S1B$ を測定対象 51 、 52 に照射し、反射体 51 、 52 の座標測定を同時に行うことができ、測定光 $S1A$ 、 $S1B$ の光路が一時的に遮断されても原点復帰処理を必要とすることなく回復後ただちに高い正確度で空間座標計測を再開することができる。

【0074】

次に、図 11 は、本発明を適用した自動追尾装置 300 の構成例を示すブロック図である。

【0075】

この自動追尾装置 300 は、上記光コム座標測定装置 100 （光コム・トラッカ $100A$ ）に追尾機構 310 を設けて、追尾対象反射体 350 を追尾して上記光コム座標測定装置 100 から出射された測定光 $S1$ を上記追尾対象反射体 350 に照射して、3次元空間における上記追尾対象反射体 350 の移動軌跡を示す座標測定を行うようにしたものである。

【0076】

この自動追尾装置 300 における追尾機構 310 は、上記光コム座標測定装置 100 により追尾対象反射体 350 に照射した測定光 $S1$ が該追尾対象反射体 350 により反射されて戻ってくる反射光 $S1'$ の一部が半透鏡 311 を介して入射されるビーム位置検出器 312 を備え、上記ビーム位置検出器 312 により上記反射光 $S1'$ のビームスポット BS の位置に応じたビーム位置検出信号を得て、該ビーム位置検出器により検出される上記反射光

S 1 ' のビームスポット B S の位置が一定になるように、上記ビーム位置検出信号により上記光コム座標測定装置 1 0 0 に備えられた角度調整機構 2 0 を制御することにより、上記追尾対象反射体 3 5 0 を追尾して上記光コム座標測定装置 1 0 0 (光コム・トラッカ 1 0 0 A) から出射された測定光 S 1 を照射するようになっている。

【 0 0 7 7 】

上記ビーム位置検出器 3 1 2 は、例えば図 1 2 に示すように、4 分割フォトダイオードからなり、4 分割フォトダイオードの各素子 3 1 2 A、3 1 2 B、3 1 2 C、3 1 2 D の出力電流 A、B、C、D をトランスインピーダンスアンプ等で検出した各信号が同じ光入力に対して同じ出力値となるように校正されているものとする。

【 0 0 7 8 】

このビーム位置検出器 3 1 2 では、上記 4 分割フォトダイオードによる検出出力信号として、

$$\Delta x = (A + C) - (B + D)$$

$$\Delta y = (A + B) - (C + D)$$

上記反射光 S 1 ' のビームスポット B S の位置に応じたビーム位置検出信号 (Δx , Δy) が得られる。

【 0 0 7 9 】

上記ビーム位置検出器 3 1 2 は、4 分割フォトダイオード以外にも C C D (Charge-Coupled Device) イメージセンサーや C M O S (Complementary Metal Oxide Semiconductor) イメージセンサーなどのカメラ用の固体撮像素子を使ってビームの位置を検出することができる。

【 0 0 8 0 】

追尾機構 3 1 0 は、上記ビーム位置検出器 3 1 2 により得られる上記反射光 S 1 ' のビームスポット B S の位置に依存したビーム位置検出信号 (Δx , Δy) に基づいて、角度調整機構 2 0 のビーム操作ミラー 2 1 A を回転させる駆動部 3 1 3 を制御することにより、測定光 S 1 の仰俯角と方位角を制御して、上記追尾対象反射体 3 5 0 を追尾して上記光コム座標測定装置 1 0 0 (光コム・トラッカ 1 0 0 A) から出射された測定光 S 1 を照射する。

【 0 0 8 1 】

この自動追尾装置 3 0 0 では、追尾対象反射体 3 5 0 を追尾して上記光コム座標測定装置 1 0 0 から出射された測定光 S 1 を上記追尾対象反射体 3 5 0 に照射して、3 次元空間における上記追尾対象反射体 3 5 0 の移動軌跡を示す座標測定を行うことができる。

【 0 0 8 2 】

なお、この自動追尾装置 3 0 0 では、上記光コム座標測定装置 1 0 0 に追尾機構 3 1 0 を設けて、3 次元空間における追尾対象反射体 3 5 0 の移動軌跡を示す座標測定を行うようにしたが、例えば、上記光コム座標測定装置 2 0 0 に複数の追尾機構を設けて、3 次元空間における複数の追尾対象反射体の移動軌跡を示す座標測定を行うようにすることもできる。

【 0 0 8 3 】

また、図 1 0 に示した光コム座標測定装置 2 0 0 では、光コム距離計 2 1 0 から複数の光コム干渉計 1 2 A、1 2 B を介して複数の測定光 S 1 A、S 1 B を出射し、複数の射出角度調整機構 2 0 A、2 0 B により、上記複数の光コム干渉計 1 2 A、1 2 B から出射された上記複数の測定光 S 1 A、S 1 B の出射方向を回転させて上記複数の測定光 S 1 A、S 1 B の仰俯角と方位角を制御して、上記複数の測定光 S 1 A、S 1 B を複数の測定対象反射体 5 1、5 2 に照射し、複数の測定対象反射体 5 1、5 2 の座標測定を同時に行うようにしたが、3 個以上の光コム干渉計ヘッド部 4 1、4 2 を備える光コム距離計 2 1 0 で 3 次元空間に存在する 1 つの測定対象反射体の座標測定を行うことにより測位装置として機能させることができる。

【 0 0 8 4 】

例えば、図 1 3 に模式的に示す光コム測位装置 4 0 0 のように、3 個の光コム干渉計ヘッド部 4 1、4 2、4 3 を備えることにより、3 個の光コム干渉計ヘッド部 4 1、4 2、4

10

20

30

40

50

3 から出射される測定光 $S1A$ 、 $S1B$ 、 $S1C$ を 3 次元空間に存在する 1 つの測位対象反射体 450 に照射して座標測定を行い、得られる 3 つの座標測定結果を統合して上記測位対象反射体 450 の座標位置を決定することができる。

【0085】

すなわち、3 個以上の光コム干渉計ヘッド部を備える光コム距離計を一つの反射体までの距離計測に利用できる場合、それぞれの計測された距離から空間の一点の座標を特定できる。ただし、各光コム干渉計ヘッドの座標原点 O_n は互いに既知であるとする。

【0086】

光コム測位装置 400 では、例えば光コム干渉計ヘッド部 41 の原点基準で光コム干渉計ヘッド部 42、光コム干渉計ヘッド部 43 の原点座標が求められているとする 3 個の光コム干渉計ヘッド部 41、42、43 が測定した測定対象反射体 450 までの距離を d_A 、 d_B 、 d_C とする。GPS による測位の原理と同様に考えれば測位対象反射体 450 の座標の候補は二つ存在するが、あらかじめ測位対象反射体 450 の動作範囲を限定しておけば一つの座標にすることができる。3 個の光コム干渉計ヘッド部 41、42、43 の座標原点 O_1 、 O_2 、 O_3 で決まる平面以外の場所に原点を持つ第 4 の光コム干渉計ヘッドを設置して距離データを追加する方法も有効である。

【0087】

さらに、この光コム測位装置 400 は、各光コム干渉計ヘッド部 41、42、43 に例えば上記自動追尾装置 300 と同様な追尾機構をそれぞれ設けて、3 次元空間における測位対象反射体 450 を自動追尾して測位することもできる。

【符号の説明】

【0088】

10、210 光コム距離計、11 光コム光源、12、12A、12B 光コム干渉計、13、13A、13B 光検出器、14、14A、14B 信号処理部、15 鏡筒、20、20A、20B、20C 射出角度調整機構、21A、21B ビーム操作ミラー、22 射出角度検出手段、30、230 信号処理装置、40、40A、40B、40C、41、42、43 光コム干渉計ヘッド部、50、51、52 反射体、50A、50A₁、50A₂・・・50A_n、50AO、50AX、50AY 再帰反射体、50a 再帰反射面、100 光コム座標測定装置、100A、100B、100C 光コム・トラック、200 光コム座標測定装置、211 光分配器、300 自動追尾装置、310 追尾機構、311 半透鏡、312 ビーム位置検出器、312A、312B、312C、312D 4 分割フォトダイオードの各素子、313 駆動部、350 追尾対象反射体、400 光コム測位装置、450 測位対象反射体

10

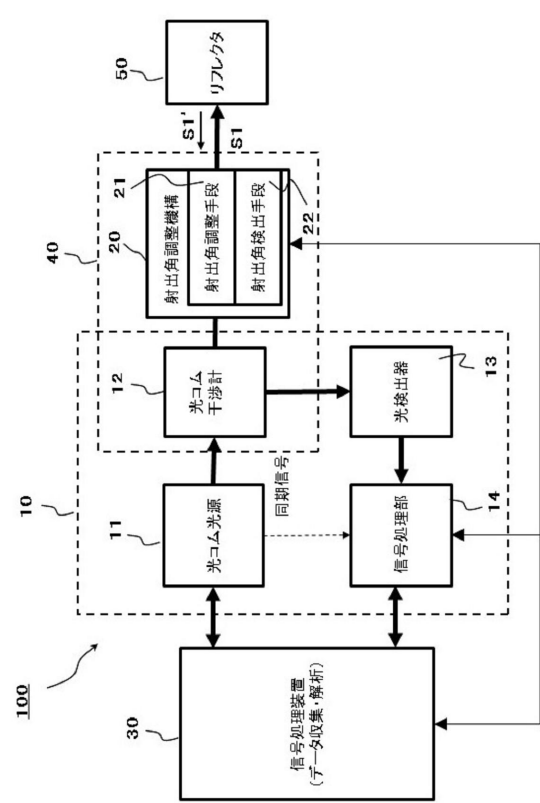
20

30

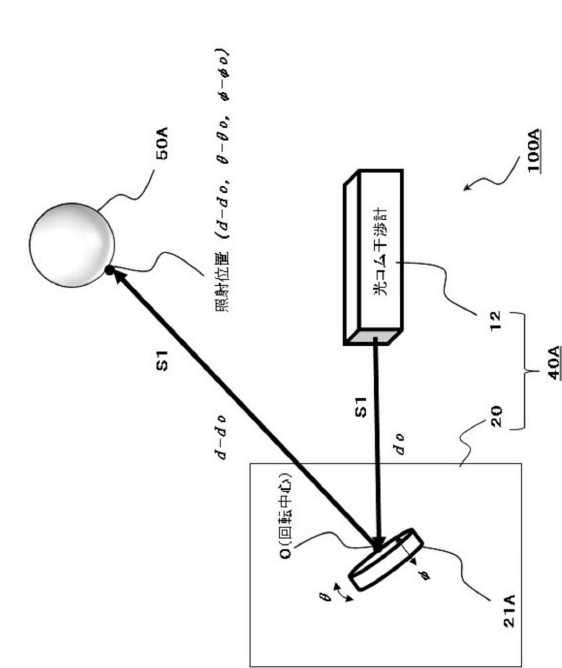
40

50

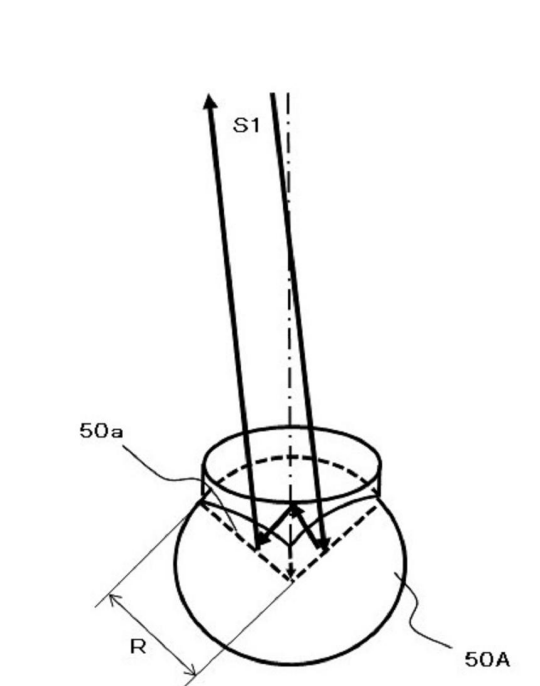
【図面】
【図 1】



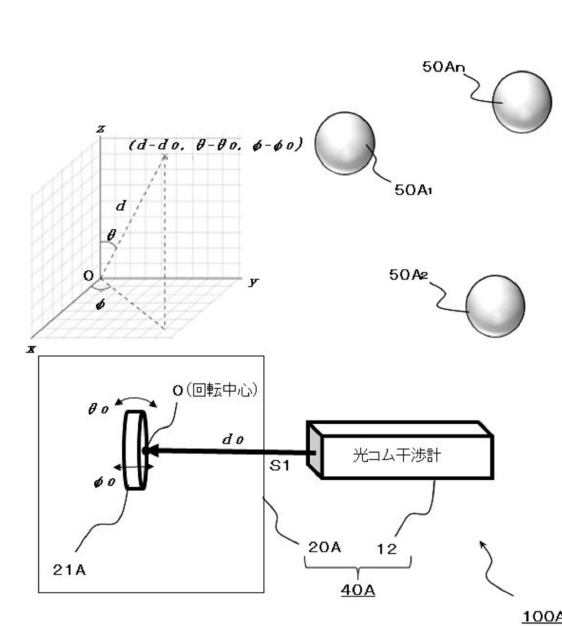
【図 2】



【図 3】



【図 4】



10

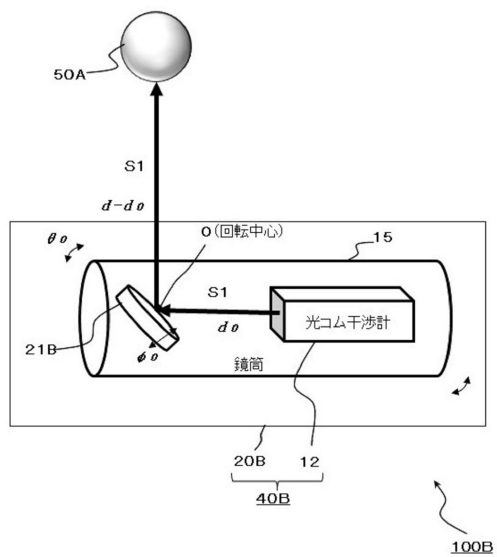
20

30

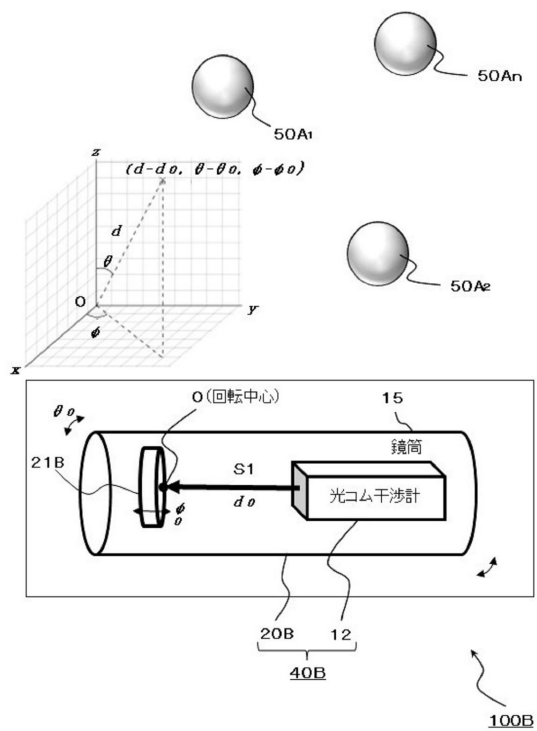
40

50

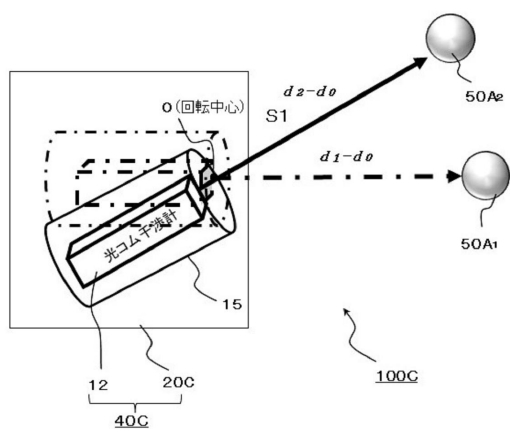
【図 5】



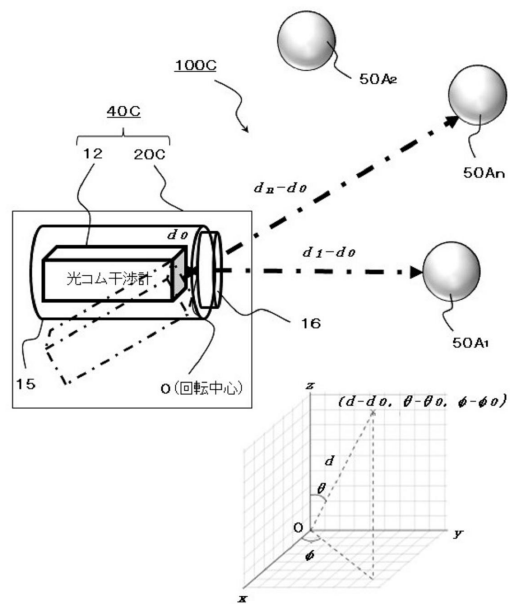
【図 6】



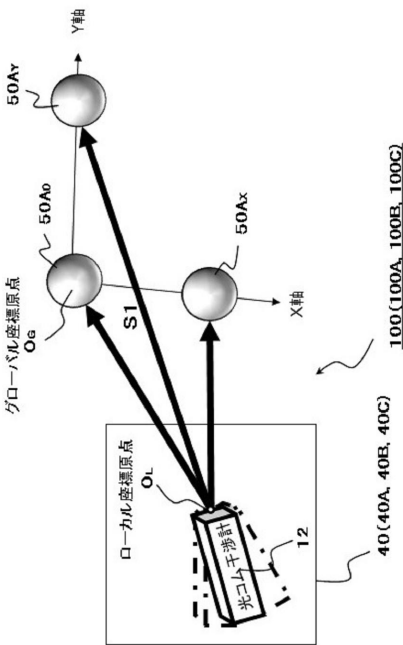
【図 7】



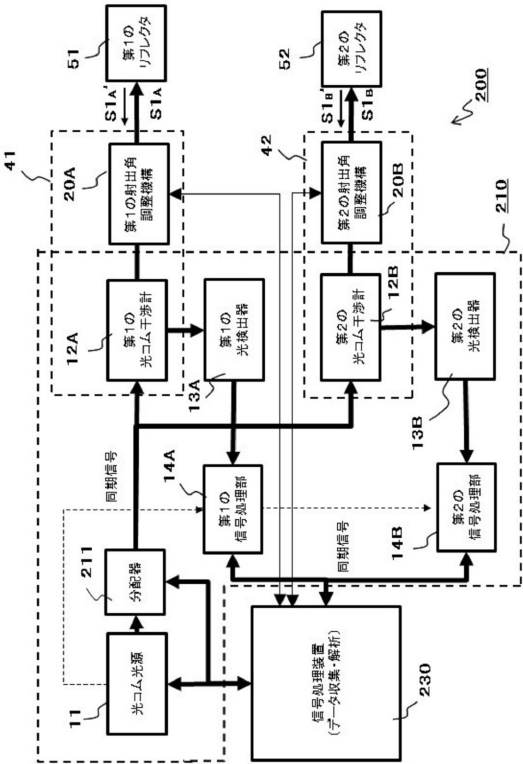
【図 8】



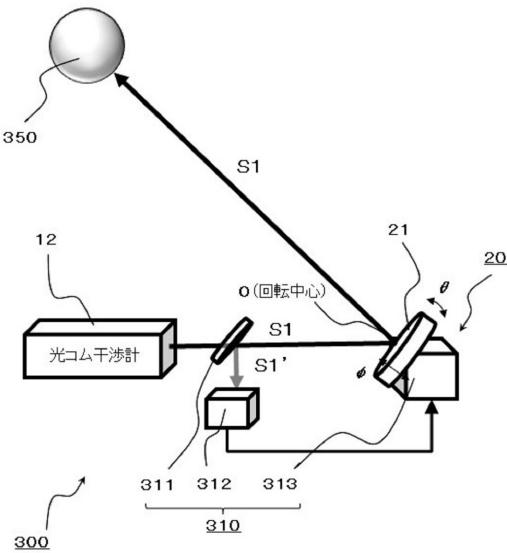
【図 9】



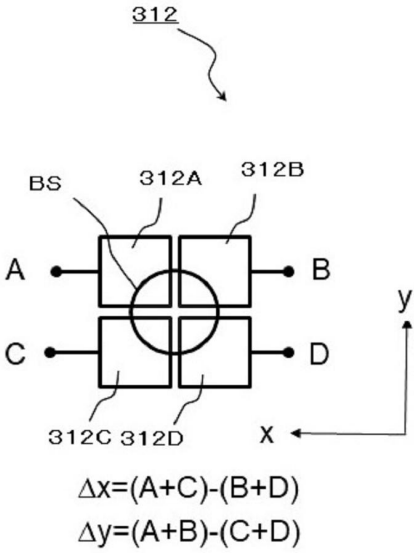
【図 10】



【図 11】



【図 12】



10

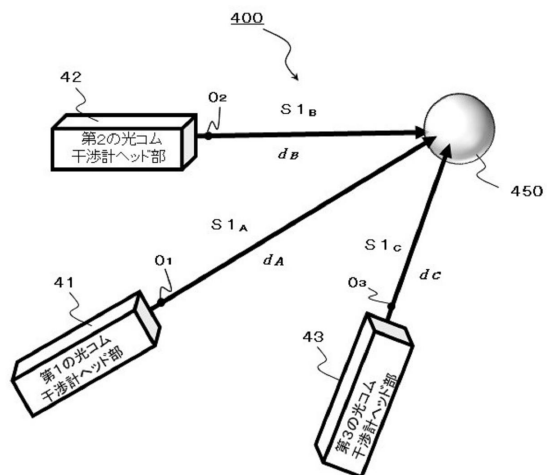
20

30

40

50

【図 13】



10

20

30

40

50

フロントページの続き

D X 神田三崎町ビル 3 F 株式会社 X T I A 内

審査官 山▲崎▼ 和子

- (56) 参考文献 特開 2016-020872 (JP, A)
特開 2015-031648 (JP, A)
実開平 06-002130 (JP, U)
特開 2016-206065 (JP, A)
特開 2008-064471 (JP, A)
- (58) 調査した分野 (Int.Cl., DB 名)
G 0 1 B 9 / 0 0 - 9 / 1 0
1 1 / 0 0 - 1 1 / 3 0
G 0 1 C 1 / 0 0 - 1 / 1 4
5 / 0 0 - 1 5 / 1 4
G 0 1 S 7 / 4 8 - 7 / 5 1
1 7 / 0 0 - 1 7 / 9 5