

(19)日本国特許庁(JP)

## (12)特許公報(B2)

(11)特許番号  
特許第7538475号  
(P7538475)

(45)発行日 令和6年8月22日(2024.8.22)

(24)登録日 令和6年8月14日(2024.8.14)

(51)国際特許分類		F I	
G 0 1 S	17/10 (2020.01)	G 0 1 S	17/10
G 0 1 S	7/484(2006.01)	G 0 1 S	7/484
G 0 1 S	7/497(2006.01)	G 0 1 S	7/497
B 6 4 G	3/00 (2006.01)	B 6 4 G	3/00

請求項の数 10 (全16頁)

(21)出願番号	特願2020-178632(P2020-178632)	(73)特許権者	000004237 日本電気株式会社 東京都港区芝五丁目7番1号
(22)出願日	令和2年10月26日(2020.10.26)	(74)代理人	100077838 弁理士 池田 憲保
(65)公開番号	特開2022-69784(P2022-69784A)	(74)代理人	100129023 弁理士 佐々木 敬
(43)公開日	令和4年5月12日(2022.5.12)	(72)発明者	竹内 裕加里 東京都港区芝五丁目7番1号 日本電気 株式会社内
審査請求日	令和5年8月4日(2023.8.4)	審査官	藤田 都志行

最終頁に続く

(54)【発明の名称】 レーザ観測システム

## (57)【特許請求の範囲】

## 【請求項1】

目標物体に向けられる望遠鏡と、  
前記目標物体に向けて放射するパルスレーザー光を連続して複数励起するレーザー発振部と、  
前記望遠鏡と前記レーザー発振部との間のパルスレーザー光の経路である送信光学部と、  
前記望遠鏡から受光した反射パルスレーザー光各々を検出する受信光学部と、  
所定の変動パターンで可変させながら前記目標物体に向けて連続したパルスレーザー光の  
送実行させると共に、前記受信光学部で検出された反射パルスレーザー光各々の検出タイ  
ミングに基づく測距処理を実行して測距データを生成するデータ処理部と  
を含むことを特徴とするレーザー観測システム。

10

## 【請求項2】

前記レーザー発振部は、連続して励起するパルスレーザー光の繰り返しを任意に可変可能に  
構成され、

前記データ処理部は、前記レーザー発振部を制御して、パルスレーザー光の繰り返し数を所  
定の変動パターンで周期的に変動させる  
ことを特徴とする請求項1に記載のレーザー観測システム。

## 【請求項3】

前記送信光学部は、前記望遠鏡と前記レーザー発振部との間に、該パルスレーザー光の経路  
長を任意に変更可能な光路長変更部を具備し、

前記データ処理部は、前記光路長変更部を制御して、前記目標物体に向けての連続した

20

パルスレーザ光の送出時に連続したパルスレーザ光各々の光路長を所定の変動パターンで可変させる

ことを特徴とする請求項 1 又は 2 に記載のレーザ観測システム。

【請求項 4】

前記送信光学部は、

パルスレーザ光の通過タイミングを検出するパルス検出器と、

前記パルス検出器でパルスレーザ光の通過タイミングを検出する光路部分よりも後に設けられる 1 ないし複数のミラーを可動させる 1 ないし複数の可動ステージと、  
を含み、

前記光路長変更部では、前記 1 ないし複数の可動ステージを所定ルールに則り稼働させてパルスレーザ光毎の経路長を前記変動パターンに則して変更される

10

ことを特徴とする請求項 3 に記載のレーザ観測システム。

【請求項 5】

前記光路長変更部は、異なる複数の変動パターンで切替え可能に構成され、

前記データ処理部は、選択した任意の変動パターンに基づいて前記光路長変更部を制御し、パルスレーザ光各々の光路長を選択した変動パターンで可変させる

ことを特徴とする請求項 3 又は 4 に記載のレーザ観測システム。

【請求項 6】

観測した前記測距データを参照し、所定に可変させた前記変動パターンに基づいたパターン認識処理により、前記目標物体により実際に反射した反射パルスレーザ光の測距値群を抽出するパターン認識部を更に含むことを特徴とする請求項 1 から 5 の何れか一項に記載のレーザ観測システム。

20

【請求項 7】

観測した前記測距データから、反射パルスレーザ光各々の測距値毎にパルスレーザ光の放射時に任意に加えられた変化を、所定に可変させた変動パターンに基づき除去するキャリブレーション部を更に含むことを特徴とする請求項 1 から 6 の何れか一項に記載のレーザ観測システム。

【請求項 8】

前記受信光学部は、フォトンデテクタを用いて反射パルスレーザ光の有無を検出することを特徴とする請求項 1 から 7 の何れか一項に記載のレーザ観測システム。

30

【請求項 9】

目標物体に向けて放射するパルスレーザ光を連続して複数励起するレーザ発振部を具備するレーザ測距装置を用い、

前記レーザ発振部で励起されたパルスレーザ光を送信光学部を介して連続して複数目標物体に向けられた望遠鏡から放射する過程で、所定の変動パターンで可変させながら前記目標物体に向けて連続したパルスレーザ光の送出を実行し、

前記望遠鏡から受光した反射パルスレーザ光各々を検出する受信光学部で検出された反射パルスレーザ光各々の検出タイミングに基づく測距処理を実行して測距データを生成することを特徴とするレーザ観測方法。

【請求項 10】

40

目標物体に向けて放射するパルスレーザ光を連続して複数励起するレーザ発振部を具備するレーザ測距装置の制御部を、

前記レーザ発振部で励起されたパルスレーザ光を送信光学部を介して連続して複数目標物体に向けられた望遠鏡から放射する過程で、所定の変動パターンで可変させながら前記目標物体に向けて連続したパルスレーザ光の送出を実行させ、

前記望遠鏡から受光した反射パルスレーザ光各々を検出する受信光学部で検出された反射パルスレーザ光各々の検出タイミングに基づく測距処理を実行して測距データを生成させるように動作させることを特徴とするプログラム。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

50

## 【 0 0 0 1 】

本発明は、宇宙空間を飛行する物体を観測するレーザ観測システムに関する。

## 【 背景技術 】

## 【 0 0 0 2 】

昨今、様々な用途にレーザ光を利用している。代表的なレーザ観測システムには、レーザ測距システムがある。例えば、リフレクタを搭載した人工衛星を観測するレーザ観測システムは、SLR (Satellite Laser Ranging) と呼ばれている。

## 【 0 0 0 3 】

SLRでは、レーザ光の発射地点から人工衛星(リフレクタ)までの正確な距離測定が行える。多くの地点で人工衛星の正確な位置を観測することで、観測システムはこの衛星の正確な軌道が導出できる。その結果、様々なシステムでこの人工衛星を軌道上の3角点として利用できるようになる。また、近年ではその省電力性や高信頼性からレーザによる測距技術を用いて宇宙空間におけるスペースデブリ(以下単にデブリと記載)を観測する手法も注目を集めている。

10

## 【 0 0 0 4 】

宇宙空間におけるデブリの実体状況を把握するため、宇宙状況把握(SSA, Space Situational Awareness)システムが構築されている。SSAシステムでは、デブリの観測に光学望遠鏡などによる受動的な観測法やレーダによる能動的な観測法が使用されている。SSAシステムでは、デブリを観測すると共に、デブリの軌道情報のデータベース化(カタログ化)などを行っている。しかし、日々のデブリの増加数、形状の多様性などにより、正確なデータベースの整備には未だ至っていない。また、デブリの正確な軌道予測は現状未だ困難を伴っている。これは、現在データ化されているデブリの大きさや、形状、軌道情報の正確さなどに起因している。デブリによる被害の予防には、より正確なデータベース化と予測精度の更なる向上が望まれる。

20

## 【 0 0 0 5 】

SSAシステムに関する先行技術は、例えば特許文献1が挙げられる。

特許文献1には、宇宙空間に位置する宇宙物体を観測する宇宙物体観測システム(SSAシステム)が記載されている。この文献には、宇宙物体観測システムの一部として、地上から宇宙空間に照射レーザを放出し、その反射レーザ光を受光して、宇宙物体を観測するレーザ観測装置が記載されている。また、宇宙物体の観測時に、照射レーザについて、事前観測情報に基づいてある観測時刻において宇宙物体が位置する推定領域を算出し、観測時刻において宇宙物体に照射される照射レーザ光の広がり角を推定領域に基づいて調節することが記載されている。

30

## 【 先行技術文献 】

## 【 特許文献 】

## 【 0 0 0 6 】

【 文献 】 特許第 6 6 5 2 8 1 6 号

## 【 発明の概要 】

## 【 発明が解決しようとする課題 】

## 【 0 0 0 7 】

スペースデブリなどの宇宙空間を飛行する物体についてより正確なデータベース(カタログ化)が望まれ、様々な組織により日々データベースの更新が行われている。

40

## 【 0 0 0 8 】

デブリの正確なデータベース化と予測精度の更なる向上のため、発明者はレーザ観測システムが有する幾つかの問題点を現実的に解決する手法を検討した。その中で現実に宇宙空間を飛行するデブリをレーザ観測した際に、レーザ観測で収集される任意ターゲットの測距データ(測距値群)について、ノイズと真の測距データのS/N比 および その弁別が難しい点に着目した。この問題は、フォトンデテクタを用いて反射光を受光する測距部を含むレーザ測距装置では、より顕著な問題と捉えられる。

## 【 0 0 0 9 】

50

大半のデブリはレーザーフレクタを有しておらず、デブリによる反射光強度が多くの場合、非常に弱いものとなる。このため、測距データに関してノイズと真の観測値との識別が困難であり、正しく測距できているかどうか（受光信号がターゲットからの反射光かどうか）を判断することが現実的に難しい場合がある。

【0010】

また、既知のデブリは、レーザーフレクタの搭載されたSLR衛星や生存している衛星と異なり、レーダや光学望遠鏡、カタログから取得されたデータから予測軌道が生成されているものが多い。この予測軌道の精度は、現状で十分に高いとは云えず、予測位置に望遠鏡を向けてもレーザがターゲットに当たらないこともある。このため、特許文献1に有るように、SLRでも一般的に実施されているビーム拡がり角を広くしてビームが当たりやすくしたり、望遠鏡を走査してターゲットからの受信光をサーチする工夫が考えられている。

10

【0011】

これらの方法では、一度ターゲットからの反射レーザ光を見つけることで、ビーム拡がり角を絞っていき、ポインティングを正確に合わせることが可能になる。またこのように複数の観測工程を経ることで、ポインティングを正確にできS/N比を向上させることも期待できる。

【0012】

しかし、これらの工夫は大型のレーザや望遠鏡を有していれば適当なシーケンスとなり得るものの、大型の施設の新規構築や使用には様々な問題が付きまとう。

20

【0013】

一方、フォトンカウンティングによるデブリ観測では必ずしも大型のレーザや望遠鏡を有する必要はなく、より現実的に構築しやすい規模でシステム（観測網）を構成（増築）することが可能になる。また、現実的な規模の観測網として観測する局数が増えることでデータベースの整備速度や観測精度の向上も図れるものと考えられる。しかしながら、上述したようなフォトンカウンティングによるデブリ観測では、反射レーザ光による受光信号が弱く、ダークカウントノイズと同等レベルの受信レベルしか期待できないことも多い。このような場合、ターゲットからの反射光とノイズとの弁別が非常に困難となる。無論、ノイズ発生の抑制やノイズ除去が良好に行われなければS/N比は悪化する。

【0014】

なお、フォトンカウンティングによらないデブリ観測であっても、レーザ観測で収集される任意ターゲットの測距データ（測距値群）について、ノイズと真の測距データのS/N比および弁別精度の向上は望まれる。

30

【0015】

本発明は、上記課題の幾つかを解決するために成されたものであり、ノイズと受光信号が混在するレーザ観測の測距データから、受光信号の判別を容易化するレーザ観測システムを提供することを目的とする。

【課題を解決するための手段】

【0016】

本発明に係る一実施形態のレーザ観測システムは、目標物体に向けられる望遠鏡と、前記目標物体に向けて放射するパルスレーザ光を連続して複数励起するレーザ発振部と、前記望遠鏡と前記レーザ発振部との間のパルスレーザ光の経路である送信光学部と、前記望遠鏡から受光した反射パルスレーザ光各々を検出する受信光学部と、所定の変動パターンで可変させながら前記目標物体に向けて連続したパルスレーザ光の送出を実行させると共に、前記受信光学部で検出された反射パルスレーザ光各々の検出タイミングに基づく測距処理を実行して測距データを生成するデータ処理部とを含むことを特徴とする。

40

【0017】

本発明に係る一実施形態のレーザ観測方法は、目標物体に向けて放射するパルスレーザ光を連続して複数励起するレーザ発振部を具備するレーザ測距装置を用い、前記レーザ発振部で励起されたパルスレーザ光を送信光学部を介して連続して複数目標物体に向けられ

50

た望遠鏡から放射する過程で、所定の変動パターンで可変させながら前記目標物体に向けて連続したパルスレーザー光の送出を実行し、前記望遠鏡から受光した反射パルスレーザー光各々を検出する受信光学部で検出された反射パルスレーザー光各々の検出タイミングに基づく測距処理を実行して測距データを生成することを特徴とする。

【0018】

本発明に係る一実施形態のレーザー観測システム用プログラムは、目標物体に向けて放射するパルスレーザー光を連続して複数励起するレーザー発振部を具備するレーザー測距装置の制御部を、前記レーザー発振部で励起されたパルスレーザー光を送信光学部を介して連続して複数目標物体に向けられた望遠鏡から放射する過程で、所定の変動パターンで可変させながら前記目標物体に向けて連続したパルスレーザー光の送出を実行させ、前記望遠鏡から受光した反射パルスレーザー光各々を検出する受信光学部で検出された反射パルスレーザー光各々の検出タイミングに基づく測距処理を実行して測距データを生成させるように動作させることを特徴とする。

10

【発明の効果】

【0019】

本発明によれば、ノイズと受光信号が混在するレーザー観測の測距データから、受光信号の判別を容易化するレーザー観測システムを提供できる。

【図面の簡単な説明】

【0020】

【図1】一実施形態にかかるレーザー観測システム1を示すブロック図である。

20

【図2】一実施形態にかかるレーザー測距装置10を示すブロック図である。

【図3】一実施形態にかかる中央演算装置20を示すブロック図である。

【図4】一実施形態に係る光路長変更部16の構成例を示す模式図であり、光路長変更部16を1つの可動ステージで構築する構成例(a)と、光路長変更部16を複数の可動ステージで構築する構成例(b)である。

【図5】一実施形態に係る光路長変更部16の構成例を示す模式図であり、光路長変更部16を可動ステージと回転ユニットで構築する構成例である。

【図6】任意ターゲットに関する、反射光が十分強い場合(a)と弱い場合(b)の観測データを表すプロット図である。

【図7】任意ターゲットに関する、各パルスレーザー光の光路長に変動パターンを意図的に作り上げた観測データを表すプロット図である。

30

【発明を実施するための形態】

【0021】

本発明の一実施形態を図面を参照しながら説明する。

実施形態を用いて説明するレーザー観測システム1は、既存のレーザー測距システムと同様にレーザー光を目標に向けて送出し、その反射波たる反射レーザー光を受光する仕組みを具備する。

目標物体(ターゲット)の初期捕捉は、目標物体の軌道が予め記録された予測軌道情報データベースを参照する。また、この予測軌道情報データベースは、内部システムでも外部システムでもかまわない。また、レーダ観測手法、光学観測手法の一方若しくは両方を用いて初期捕捉を実施することとしてもかまわない。

40

【0022】

図1は、実施形態にかかるレーザー観測システム1を示すブロック図である。

本実施形態では、レーザー観測システム1として、地上に設置されたレーザー測距装置10と共に、ターゲットの予測軌道決定等を実施する中央演算装置20を記載するがレーザー測距装置10内で後述する中央演算装置20の処理動作を実行することとしてもよい。中央演算装置20の役割は、例えばレーザー測距装置10の傍に設置されるサーバや、遠隔地の別拠点に設置されるサーバなどが行えばよい。また予測起動情報データベースである外部予測軌道情報提供システムを記載するが内部システムで予測軌道情報を管理することとしてもよい。中央演算装置20は、レーザー測距装置10にターゲットの予測軌道を送信する

50

ほか、レーザ測距装置 10 からの測距データを解析する。

【0023】

図 2 は、実施形態にかかるレーザ測距装置 10 を示すブロック図である。

レーザ測距装置 10 は、レーザ装置として、レーザ発振部 11、送受信光学系 12 を含んでいる。また、レーザ測距装置 10 は、ターゲットの予測軌道に送受信光軸のポインティングを制御する望遠鏡 13 (ジンバル機構等を含む) を備えている。また、レーザ測距装置 10 は、データ処理部 (制御部) として、タイミング測定部 14 とデータ処理・制御演算部 15 を含んでいる。

【0024】

レーザ測距装置 10 では、レーザ発振部 11 により生成されたレーザパルス光を、送受信光学系 12 を経て望遠鏡 13 からターゲットに向かって照射する。ターゲットで反射した反射光は、再び望遠鏡 13 に入射し、送受信光学系 12 で検出される。この反射レーザ光は、受信光学部 12 - 2 の光検出器 (フォトンデテクタ) でフォトンカウンティングすることで光信号から電気信号に変換され、タイミング測定部 14 により送信タイミングと受信タイミングにより往復時間が計測される。なお、フォトンカウンティング以外の手法で測距データを得ても構わない。

10

【0025】

レーザ発振部 11 は、目標物体に向けて放射するパルスレーザ光を連続して複数励起し、送受信光学系 12 に送り出す。また、レーザ発振部 11 は、連続して励起するパルスレーザ光の繰り返し数を任意の所定数にレーザ観測中に可変可能に構成されることが望ましい。

20

【0026】

送受信光学系 12 は、送受信光の光検出器やビーム拡がりの調整、送受信光分離などの光学素子が含まれ、送信光学部 12 - 1 と、受信光学部 12 - 2 に分けられる。送信光学部 12 - 1 は、望遠鏡 13 とレーザ発振部 11 との間のパルスレーザ光の経路である。また、送信光学部 12 - 1 は、パルスレーザ光の経路長を任意に変更可能な光路長変更部 16 を含めることが望ましい。この光路長変更部 16 は、送信系の経路長を 1 ないし複数の所定の変動パターンで変化するように動作する。また、受信光学部 12 - 2 は、望遠鏡 13 から受光した反射パルスレーザ光各々を検出する光検出器を備えている。

【0027】

タイミング測定部 14 は、各部のタイミング制御や、レーザの送受信タイミングから測距データ (各測距値) を演算する。

30

【0028】

データ処理・制御演算部 15 は、送られるターゲットの予測軌道から予測される送受信タイミングや望遠鏡 13 のポインティングの制御信号の演算や、タイミング測定部 14 からの測距データを観測データに演算を実行したり、また各部の制御信号を生成する。

【0029】

また、データ処理・制御演算部 15 は、測距データを得る観測工程の一部として、送信光学部 12 - 1 の光路長変更部 16 を制御して、目標物体に向けての連続したパルスレーザ光の送出時に連続したパルスレーザ光各々の光路長を所定の変動パターンで可変させる動作を実行可能に構成される。なお、所定の変動パターンは、予め 1 種類に限定することなく、複数種類あり適宜切替えられることが望ましい。例えば、変動パターンとして三角波状パターンや正弦波状パターン、矩形波状パターンが例示できる。データ処理部・制御演算部 15 は、選択された任意の変動パターンに基づいて光路長変更部 16 を制御し、パルスレーザ光各々の光路長を選択された変動パターンで可変させる動作を実行させればよい。

40

【0030】

また、データ処理・制御演算部 15 は、測距データを得る観測工程の一部として、タイミング測定部 14 を制御して、目標物体に向けての連続したパルスレーザ光の送出時に連続したパルスレーザ光の繰り返し数を所定の変動パターンで周期的に変動させる動作を実

50

行可能に構成される。なお、この所定の変動パターンも 1 種類に限定することなく、複数種類あり適宜切替えられることが望ましい。例えば、変動パターンとして一定励起毎にパルス間の時間間隔を疎密で変更する変動パターンや所定数毎に無発光部分を含む変動パターンが例示できる。データ処理部・制御演算部 15 は、選択された任意の変動パターンに基づいて、タイミング測定部 14 を制御し、タイミング測定部 14 がレーザ発振部 11 を制御して、パルスレーザ光の繰り返し数を所定の変動パターンで周期的に変動させる動作を実行させればよい。

#### 【0031】

また、データ処理部・制御演算部 15 は、光路長変更部 16 を制御して光路長を選択された光路長の変動パターンで光路長を可変させることに併せて、選択された励起繰り返し数の変動パターンでパルスレーザ光の繰り返し数を周期的に変動させるようにレーザ発振部 11 を動作させるようにしてもよい。

10

#### 【0032】

上記光路長を所定の変動パターンで可変させる工程を含めた場合、受信光学部 12 - 2 で検出される反射パルスレーザ光各々の検出タイミングには、光路長変更部 16 を稼働させて変動させた光路長の差異が表れる。また、連続した反射パルスレーザ光の検出タイミングには、所定の変動パターンに則した変動が反映される。

同様に、上記パルスレーザ光の励起繰り返し数を所定の変動パターンで周期的に変動させる工程を含めた場合、連続した反射パルスレーザ光の検出タイミングには、所定の変動パターンに則した変動が反映される。

20

#### 【0033】

また、レーザ測距装置 10 は、中央演算装置 20 からのタイミング測定部 14 やデータ処理・制御演算部 15 用の制御信号を受け、その制御信号に従い動作する機能を含む。中央演算装置 20 では、レーザ測距装置 10 の各制御系で行われる演算処理を実行し、その結果（制御信号）をレーザ測距装置 10 に通知するように構成する。なお、この中央演算装置 20 とレーザ測距装置 10 との間の制御信号として、光路長変更部 16 を指定する任意の変動パターンで稼働させたための情報や、パルスレーザ光の繰り返し数の任意の変動パターンの周期性を指定する情報を含めてもよい。

#### 【0034】

なお、レーザ測距装置 10 が単独で観測する場合、上記送受信のタイミングは、レーザ測距装置 10 内のデータ処理・制御演算部 15 によって予測軌道を基に計算し、タイミング測定部 14 でレーザ発振の周期性を考慮したトリガ列や光検出器のゲートタイミング信号などを生成する。また、後述する中央演算装置 20 の処理動作もデータ処理・制御演算部 15 が実行することとすればよい。

30

#### 【0035】

図 3 は、実施形態にかかる中央演算装置 20 を示すブロック図である。

中央演算装置 20 は、図示するように通信部 21 とデータ処理部としてのパターン認識部 22 とキャリブレーション部 23 を含み構成される。

#### 【0036】

通信部 21 は、レーザ測距装置 10 や外部予測軌道情報提供システムと接続し、レーザ測距装置 10 のターゲットの予測軌道から予測される送受信タイミングや望遠鏡 13 のポインティング（仰角を含む）の制御信号や、観測データを通信する。

40

#### 【0037】

パターン認識部 22 は、レーザ測距装置 10 で観測された測距データについて、所定に変動させた光路長の変動パターンに基づいたパターン認識処理により、目標物体により実際に反射した反射パルスレーザ光の測距値群を抽出する。また、パターン認識部 22 は、レーザ測距装置 10 で観測された測距データについて、観測に使用されたパルスレーザ光の繰り返し数の周期性（任意の所定数の周期的変化）に基づいたパターン認識処理により、目標物体により実際に反射した反射パルスレーザ光の測距値群を抽出するように構成することが望ましい。

50

## 【 0 0 3 8 】

測距データ（測距値群）に対するパターン認識は、数値解析で行っても良いし、測距データを画像化して画像解析で行うこととしても良い。このパターン処理では、測距データに含まれている所定の変動パターンを有した測距値群がターゲットからの真の受光信号と識別でき、変動パターンを示さない測距値はノイズである可能性が高いと判定できる。このため、パターン認識処理によって、ノイズと受光信号が混在するレーザ観測の測距データから、受光信号の判別をより容易化できる。

## 【 0 0 3 9 】

キャリブレーション部 2 3 は、キャリブレーション処理として、観測した測距データ（測距値群）から、反射パルスレーザ光各々の測距値毎にパルスレーザ光の放射時に任意に加えられた変化を、加えた変動パターンに基づき除去する。このキャリブレーション処理は、パターン認識部 2 2 で抽出した測距値群についてのみ実行すればよい。キャリブレーション処理後の測距データは、キャリブレーション処理前の測距データに対して、レーザ測距装置 1 0 で観測されたターゲットからの真の受光信号で且つターゲットの真の位置の判別を容易化できる。

10

## 【 0 0 4 0 】

なお、データ処理部内のパターン認識部 2 2 とキャリブレーション部 2 3 は、レーザ測距装置 1 0 内のデータ処理・制御演算部 1 5 に設けることとしても構わない。

## 【 0 0 4 1 】

以上の構成においてレーザ観測システム 1 は、レーザ測距装置 1 0 内で変動が加えられた任意ターゲットの測距データ（測距値群）を観測すると共に、任意ターゲットの測距データから加えた変動パターンと同様の受光信号（測距値群）の変動パターンを検出することが可能になる。そして、この変動パターンに含まれない受光信号（測距値）をノイズとして扱うことが可能になる。

20

## 【 0 0 4 2 】

ここで、送信光学部 1 2 - 1 に設けられる光路長変更部 1 6 の構成例を説明する。

図 4 は、光路長変更部 1 6 の一構成例を示した模式図であり、図 4 ( a ) は、光路長変更部 1 6 を 1 つの可動ステージで構築する構成例であり、図 4 ( b ) は、光路長変更部 1 6 を複数の可動ステージで構築する構成例である。また、図 5 は、光路長変更部 1 6 を可動ステージと回転ユニットで構築する構成例である。

30

本構成例では、図 4 や図 5 に示すように、光路長変更部 1 6 として稼働部を有する可動ステージや回転ユニットを用いる。何れの構成例についても、パルスレーザ光の通過タイミングを検出するパルス検出器が設けられており、可動ステージとミラー群はパルス検出器でパルスレーザ光の通過タイミングを検出する光路部分よりも後に設けられている。

## 【 0 0 4 3 】

可動ステージ数や可動ステージに乗せるミラー数と位置や回転ユニットの有無などは、パルスレーザ光毎の経路長に与えたい変動パターンの種類と変動パターン数に応じて適宜定めればよい。

## 【 0 0 4 4 】

図 4 ( a ) に示す構成例では、可動ステージ上に 2 枚のミラー（ミラー 2 とミラー 3）が光路の一部として設置されている。光路長変更部 1 6 は、可動ステージ上に設置したミラー 2 とミラー 3 を既知のルールに従い前後に移動させることで、各パルス光の光路長をパルス光毎に既知のパターンの変動を加える。この構成例において可動ステージを等速の往復運動で動作させた場合、連続したレーザ光の反射光の測距値に三角波状の変動を加えることができる。

40

## 【 0 0 4 5 】

図 4 ( b ) に示す構成例では、3 台の可動ステージ上に 1 枚ずつのミラー（ミラー 2 とミラー 3 とミラー 4）が光路の一部として設置されている。光路長変更部 1 6 は、可動ステージ上に設置したミラー 2 とミラー 3 とミラー 4 を既知のルールに従い前後左右に移動させることで、各パルス光の光路長をパルス光毎に既知のパターンの変動を加える。この

50

構成例において各可動ステージを所定ルールに則り連動させて動作させた場合、図4(a)に示す構成例よりも連続したレーザ光の反射光の測距値に加える任意の変動のパターンに自由度が与えられる。例えば観測データ(測距値群)に正弦波状の変動を与えたり、矩形波状の変動を与えたりすることが可能になる。

【0046】

図5に示す構成例では、可動ステージ上に2枚のミラー(ミラー2とミラー3)が光路の一部として設置されて、可動ステージを回転ユニットによって稼働させる。光路長変更部16は、可動ステージ上に設置したミラー2とミラー3を既知のルールに従い前後に移動させることで、各パルス光の光路長をパルス光毎に既知のパターンの変動を加える。この構成例において回転ユニットを円運動させて可動ステージを単振動させた場合、連続したレーザ光の反射光の測距値に正弦波状の変動を加えることができる。また、光路長変更部16は、回転ユニットの回転速度を変更可能に構成されることが望ましい。この回転速度を変更することで正弦波状の変動の周期成分部分を変更できる。

10

【0047】

上記構成例を採用した送信光学部12-1の動作は次のようになる。

レーザ発振部11から出射された各レーザパルスは、ビームスプリッタを経てスタートパルス検出器とミラー1に入力される。各レーザパルスは、4つのミラーに順次反射して望遠鏡13を介してターゲットに向かって照射される。

この際、可動ステージ上に設置されている各ミラーは、タイミング測定部14からの変動パターン(変動信号)に合うよう可動ステージと共に動き、各レーザパルスの光路長が変化する。なお、光路長の変更は、光路長変更部16を稼働させ光路長が既知の変動パターンで変化すればよく、必ずしもタイミング測定部14によるタイミング制御を用いなくてもよい。例えば、光路長変更部16に稼働部とその制御部を設け、データ処理・制御演算部15により直接的に制御しても良いし、図5に示した構成例であれば人為的に回転ユニットの回転を制御することで光路長の既知の変動パターンを加えてもよい。

20

光路長が既知の変動パターンで変化したことで各反射波の受信タイミングが結果的に既知の変動パターンと同様に变化する。すなわち受光信号を既知の変動パターンによって変動させる効果を生む。

【0048】

なお、上記送信光学部12-1(光路長変更部16)の構成例は、光路長を変動させるためにミラーを移動しているが他の光路長変動方式でも構わない。例えば、送信光学部12-1(光路長変更部16)を、ミラーと共に波長板や偏光器を組み合わせて構築してもよい。波長板や偏光器を組み合わせた場合、ミラーを一軸上を変化させることで、各パルスレーザ光の経路長を変更可能になる。この経路長の変更を上記構成例と同様に所定の変動パターンになるようにする。

30

【0049】

このように送受信光学系12の光路の一部を光路長変更部16によって光路長の変更を可能にする。この手段によって観測中の測距距離に任意のパターン変化(観測値への変動)を与えることができる。この観測データは、一定期間のノイズを含む観測データであるが、既知のパターン変化を有する測距データを視認やパターン認識により弁別が容易になる。また、この観測データをパターン認識によって真の測距データと推定される測距データのみ近づけることで、S/N比が向上する。

40

【0050】

ここで、あるターゲットについての観測データをO-Cのマッピング処理により可視化することで得られる図面を示して、本発明を説明する。

なお、ここでのO-C処理(Observed Minus Calculated)は、実際測定された測距値と事前に他局・他方式等で取得されたターゲットの予測値とを比較した値を算出する処理である。

【0051】

図6(a)は、任意ターゲットからの反射光が十分強い場合の任意ターゲットに関する

50

観測データを表すプロット図である。他方、図6(b)は、任意ターゲットからの反射光が弱い場合の観測データを表すプロット図である。

受信光の強度が十分に強い場合、O-C処理後のマッピング処理により任意ターゲットの測距データをプロットすると、図6(a)に示されるようにターゲットによる反射光のデータとノイズのデータの判別が容易なプロット図が出力される。なお、図中の本来の測距データと示したプロットが真の観測データであり他のプロットがノイズである。

他方、受信光の強度が弱い場合、O-C処理後のマッピング処理により任意ターゲットの測距データをプロットすると、図6(b)に示されるようにターゲットによる反射光のデータとノイズのデータの判別が困難なプロット図が出力される。

#### 【0052】

図7は、各パルスレーザー光の光路長に変動パターンを意図的に作り上げた任意ターゲットに関する観測データを表すプロット図である。

送信光学部12-1(光路長変更部16)によって各パルスレーザー光の光路長を三角波状になるよう変動させた観測データをO-C処理し、その後マッピング処理を実行すると、図7に示されるようなプロット図を得られる。このプロット図は、ターゲットによる反射光のデータ(真の受光信号)とノイズのデータの判別が容易である。

なお、各パルスレーザー光の光路長を正弦波状になるよう単振動を与えて変動させた観測データであれば、図7に示される三角波状の軌跡が正弦波状の軌跡に変化する。このため、例えば、任意の変動パターンで真の受光信号を判別がしにくかった場合、別の変動パターンを用いることでより真の受光信号を判別し易く成る場合もある。

なお、図7に示されたプロット図の観測データを得る観測では、レーザー発振部11によるパルスレーザー光の励起は一定期間同周期で繰り返し(維持)している。これに対して、データ処理部により、レーザー発振部11を制御して、パルスレーザー光の繰り返し数を例えば疎密で周期的に変動させた場合、図7に示される三角波状の軌跡が密な軌跡部分と疎な軌跡部分の繰り返しとでき、三角波状の疎密波の軌跡が得られる。また例えば、パルスレーザー光の繰り返し数を所定数毎に無発光部分を含めて周期的に変動させる変動パターンに切替えた場合、その無発光部分のプロット部分が無い軌跡に変化する。このため、例えば、任意の変動パターンで真の受光信号を判別がしにくかった場合、別の変動パターンを用いることでより真の受光信号を判別し易く成る場合もある。

#### 【0053】

なお、上記した中央演算装置20の情報処理並びに各レーザー測距装置10の観測制御は、レーザー測距装置10が行うこととしてもよい。この場合、中央演算装置20のデータ処理部の処理動作は、レーザー測距装置10のデータ処理部が行えばよい。

#### 【0054】

上記したように、レーザー観測システム1は、レーザー測距装置10の送信系で所定の変動を各レーザーパルス光の連続性に意図的に付与する。この測距データは、ノイズと受光信号の識別がし易い特徴を有する。このことで、測距データを解析する際に、意図的に与えた変動に基づき、ノイズと真の観測データとの判別が容易になる。この結果、データ処理でS/N比の改善や人間が認知しやすい表示が可能になる。

#### 【0055】

また、上記実施形態の説明では、一波長を用いることを前提に説明したが複数波長を用いることとし、送信光学部12-1に、波長の異なるパルスレーザー光毎にそれぞれパルスレーザー光の経路長を任意に変更可能な光路長変更部16を設けることとしてもよい。

複数波長のレーザー観測では、レーザー発振部11は、複数波長のパルスレーザー光をそれぞれ連続して励起し、光路長変更部を動作させながら受信光学部12-2では、望遠鏡から受光したそれぞれの波長の反射パルスレーザー光各々を検出する。

この観測の際に、データ処理・制御演算部15では、光路長変更部16を波長毎に異なる変動ルールで制御して、目標物体に向けての連続した波長毎のパルスレーザー光の送出時に連続したパルスレーザー光各々の光路長を波長毎に所定に可変させる。また、また受信光学部で検出された波長毎の反射パルスレーザー光各々の検出タイミングに基づく測距処理を

10

20

30

40

50

実行して測距データを生成する。

【 0 0 5 6 】

また、レーザ観測システム 1 は、必要に応じてレーザの種類・出力の切り替えを行い、ターゲットの検知・情報抽出に加えて、レーザによる宇宙物体への妨害・破壊機能を備えることも可能である。

【 0 0 5 7 】

以上説明したように、本発明を適用したレーザ観測システムは、ノイズと受光信号が混在するレーザ観測の測距データから、受光信号の判別を容易化するレーザ観測システムを提供できる。

【 0 0 5 8 】

尚、レーザ観測システムのデータ処理部は、コンピュータシステムのハードウェアとソフトウェアの組み合わせを用いて実現すればよい。また、このコンピュータシステムは、上記メモリーに演算部用プログラムが展開され、このプログラムに基づいて 1 ないし複数のプロセッサ等のハードウェアを動作させることによって実現すればよい。この際、必要に応じて、このプログラムは、オペレーティングシステムや、マイクロプログラム、ドライバなどのソフトウェアが提供する機能と協働して、所望機能を実現することとしてもよい。

【 0 0 5 9 】

なお、実施形態を例示して本発明を説明した。しかし、本発明の具体的な構成は前述の実施形態に限られるものではなく、この発明の要旨を逸脱しない範囲の変更があってもこの発明に含まれる。例えば、上述した実施形態のブロック構成の分離併合、手順の入れ替えなどの変更は本発明の趣旨および説明される機能を満たせば自由であり、上記説明が本発明を限定するものではない。

【 0 0 6 0 】

また、上記の実施形態の一部又は全部は、以下のようにも記載されうる。尚、以下の付記は本発明をなんら限定するものではない。

【 0 0 6 1 】

[ 付記 1 ]

目標物体に向けられる望遠鏡と、  
前記目標物体に向けて放射するパルスレーザ光を連続して複数励起するレーザ発振部と、  
前記望遠鏡と前記レーザ発振部との間のパルスレーザ光の経路である送信光学部と、  
前記望遠鏡から受光した反射パルスレーザ光各々を検出する受信光学部と、  
所定の変動パターンで可変させながら前記目標物体に向けて連続したパルスレーザ光の送出を実行させると共に、前記受信光学部で検出された反射パルスレーザ光各々の検出タイミングに基づく測距処理を実行して測距データを生成するデータ処理部と  
を含むことを特徴とするレーザ観測システム。

【 0 0 6 2 】

[ 付記 2 ]

前記レーザ発振部は、連続して励起するパルスレーザ光の繰り返しを任意に可変可能に構成され、

前記データ処理部は、前記レーザ発振部を制御して、パルスレーザ光の繰り返し数を所定の変動パターンで周期的に変動させる

ことを特徴とする付記 1 に記載のレーザ観測システム。

【 0 0 6 3 】

[ 付記 3 ]

前記送信光学部は、前記望遠鏡と前記レーザ発振部との間に、該パルスレーザ光の経路長を任意に変更可能な光路長変更部を具備し、

前記データ処理部は、前記光路長変更部を制御して、前記目標物体に向けての連続したパルスレーザ光の送出時に連続したパルスレーザ光各々の光路長を所定の変動パターンで可変させる

10

20

30

40

50

ことを特徴とする付記 1 又は 2 に記載のレーザ観測システム。

【 0 0 6 4 】

[ 付記 4 ]

前記送信光学部は、

パルスレーザ光の通過タイミングを検出するパルス検出器と、

前記パルス検出器でパルスレーザ光の通過タイミングを検出する光路部分よりも後に設けられる 1 ないし複数のミラーを可動させる 1 ないし複数の可動ステージと、

を含み、

前記光路長変更部では、前記 1 ないし複数の可動ステージを所定ルールに則り稼働させてパルスレーザ光毎の経路長を前記変動パターンに則して変更される

10

ことを特徴とする付記 3 に記載のレーザ観測システム。

【 0 0 6 5 】

[ 付記 5 ]

前記光路長変更部は、異なる複数の変動パターンで切替え可能に構成され、

前記データ処理部は、選択した任意の変動パターンに基づいて前記光路長変更部を制御し、パルスレーザ光各々の光路長を選択した変動パターンで可変させる

ことを特徴とする付記 3 又は 4 に記載のレーザ観測システム。

【 0 0 6 6 】

[ 付記 6 ]

観測した前記測距データを参照し、所定に可変させた前記変動パターンに基づいたパターン認識処理により、前記目標物体により実際に反射した反射パルスレーザ光の測距値群を抽出するパターン認識部を更に含むことを特徴とする付記 1 から 5 の何れか一項に記載のレーザ観測システム。

20

【 0 0 6 7 】

[ 付記 7 ]

観測した前記測距データから、反射パルスレーザ光各々の測距値毎にパルスレーザ光の放射時に任意に加えられた変化を、所定に可変させた変動パターンに基づき除去するキャリアブレーション部を更に含むことを特徴とする付記 1 から 6 の何れか一項に記載のレーザ観測システム。

【 0 0 6 8 】

30

[ 付記 8 ]

前記レーザ発振部は、複数波長のパルスレーザ光をそれぞれ連続して励起し、

前記送信光学部は、波長の異なるパルスレーザ光毎にそれぞれパルスレーザ光の経路長を任意に変更可能な光路長変更部を備え、

前記受信光学部は、前記望遠鏡から受光したそれぞれの波長の反射パルスレーザ光各々を検出し、

前記データ処理部は、前記光路長変更部を波長毎に異なる変動ルールで制御して、前記目標物体に向けての連続した波長毎のパルスレーザ光の送出時に連続したパルスレーザ光各々の光路長を波長毎に所定に可変させ、また前記受信光学部で検出された波長毎の反射パルスレーザ光各々の検出タイミングに基づく測距処理を実行して測距データを生成する

40

【 0 0 6 9 】

[ 付記 9 ]

前記受信光学部は、フォトンデテクタを用いて反射パルスレーザ光の有無を検出することを特徴とする付記 1 から 8 の何れか一項に記載のレーザ観測システム。

【 0 0 7 0 】

[ 付記 10 ]

目標物体に向けて放射するパルスレーザ光を連続して複数励起するレーザ発振部を具備するレーザ測距装置を用い、

前記レーザ発振部で励起されたパルスレーザ光を送信光学部を介して連続して複数目標

50

物体に向けられた望遠鏡から放射する過程で、所定の変動パターンで可変させながら前記目標物体に向けて連続したパルスレーザー光の送出を実行し、

受光した反射パルスレーザー光各々を検出する受信光学部で検出された反射パルスレーザー光各々の検出タイミングに基づく測距処理を実行して測距データを生成することを特徴とするレーザー観測方法。

【0071】

[付記11]

目標物体に向けて放射するパルスレーザー光を連続して複数励起するレーザー発振部を具備するレーザー測距装置の制御部を、

前記レーザー発振部で励起されたパルスレーザー光を送信光学部を介して連続して複数目標物体に向けられた望遠鏡から放射する過程で、所定の変動パターンで可変させながら前記目標物体に向けて連続したパルスレーザー光の送出を実行させ、

10

受光した反射パルスレーザー光各々を検出する受信光学部で検出された反射パルスレーザー光各々の検出タイミングに基づく測距処理を実行して測距データを生成させるように動作させることを特徴とするプログラム。

【産業上の利用可能性】

【0072】

本発明は、宇宙空間のデブリ軌道決定に利用できる。

【符号の説明】

【0073】

20

1 レーザー観測システム

10 レーザー測距装置

11 レーザー発振部

12 送受信光学系

12 - 1 送信光学部

12 - 2 受信光学部

13 望遠鏡

14 タイミング測定部

15 データ処理・制御演算部

16 光路長変更部

30

20 中央演算装置

21 通信部

22 パターン認識部

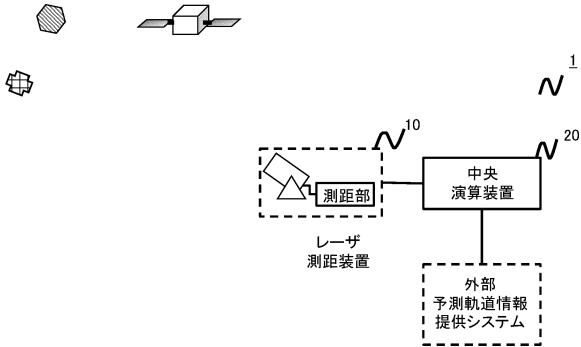
23 キャリブレーション部

40

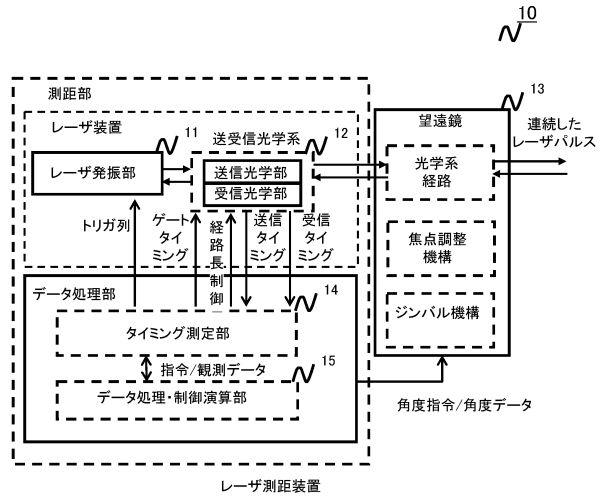
50

【 図面 】

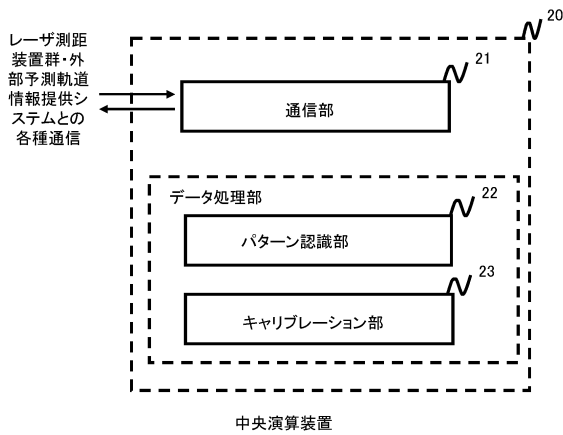
【 図 1 】



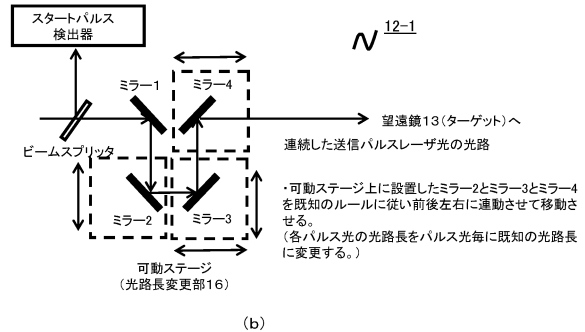
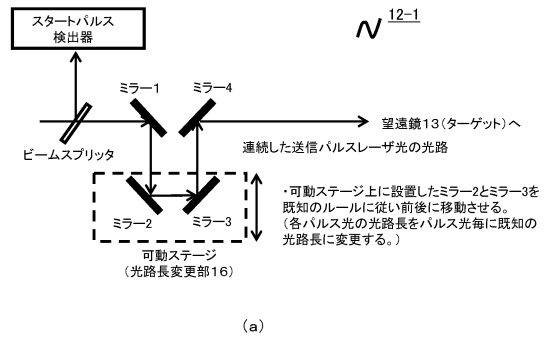
【 図 2 】



【 図 3 】



【 図 4 】



10

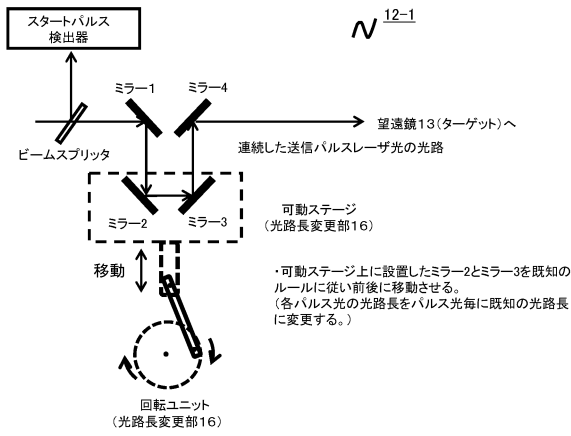
20

30

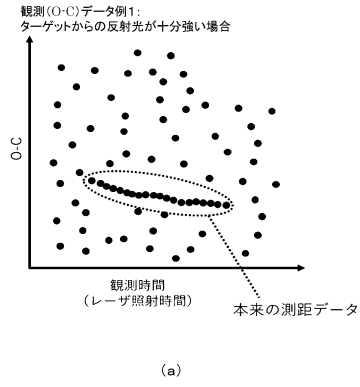
40

50

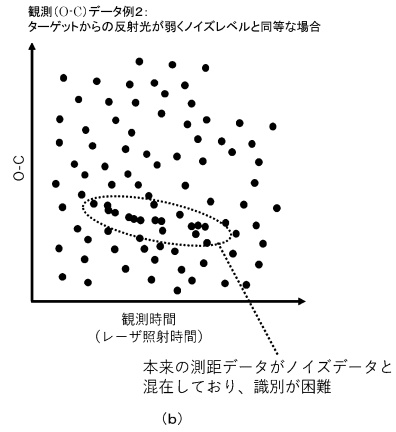
【 図 5 】



【 図 6 】



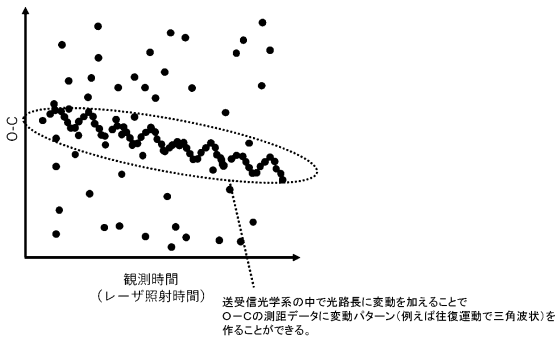
10



20

【 図 7 】

観測(O-C)データ例3:  
各パルスの光路長に変動パターンを意図的に作り上げることで、  
パターン認識等により、受信信号を識別可能にした場合



30

40

50

---

フロントページの続き

- (56)参考文献 特開平07-035857(JP,A)  
特開2000-206243(JP,A)  
特開2017-181429(JP,A)  
中国特許出願公開第111505658(CN,A)  
特表2019-512704(JP,A)
- (58)調査した分野 (Int.Cl., DB名)
- G01S 7/48 - 7/51  
G01S 17/00 - 17/95  
G01C 3/00 - 3/32  
B64G 3/00  
G02B 23/00