

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 特 許 公 報 (B2)

(11) 特許番号

特許第6388511号
(P6388511)

(45) 発行日 平成30年9月12日 (2018.9.12)

(24) 登録日 平成30年8月24日 (2018.8.24)

(51) Int.Cl.

B 6 4 G 3/00 (2006.01)

F I

B 6 4 G 3/00

請求項の数 12 (全 21 頁)

(21) 出願番号	特願2014-171947 (P2014-171947)	(73) 特許権者	000006013
(22) 出願日	平成26年8月26日 (2014.8.26)		三菱電機株式会社
(65) 公開番号	特開2016-43891 (P2016-43891A)		東京都千代田区丸の内二丁目7番3号
(43) 公開日	平成28年4月4日 (2016.4.4)	(74) 代理人	100095407
審査請求日	平成29年8月1日 (2017.8.1)		弁理士 木村 満
		(74) 代理人	100131152
			弁理士 八島 耕司
		(74) 代理人	100147924
			弁理士 美恵 英樹
		(72) 発明者	棒谷 好恵
			東京都千代田区丸の内二丁目7番3号 三
			菱電機株式会社内
		(72) 発明者	藤 辰男
			東京都千代田区丸の内二丁目7番3号 三
			菱電機株式会社内

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 宇宙飛翔物体監視装置、宇宙飛翔物体監視方法、及び、プログラム

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

センサにより監視する対象である複数の宇宙飛翔物体の監視優先度それぞれを、該宇宙飛翔物体の属性を示す属性情報、該宇宙飛翔物体の軌道を特定する軌道情報、並びに該宇宙飛翔物体に発生が予測される事象及び該事象の発生予測日時を示す事象情報に基づき設定する監視優先度設定部と、

前記監視優先度が設定された宇宙飛翔物体の、前記軌道情報により予測される軌道を観測可能な前記センサを、該センサそれぞれの位置及び観測範囲を示すセンサ情報並びに該センサの観測可能な時間を示す運用情報を基にして、該宇宙飛翔物体の前記監視優先度に従い割当て、観測計画を策定する観測計画策定部と、

を備えた宇宙飛翔物体監視装置。

【請求項2】

前記監視優先度設定部は、

前記観測計画により前記センサの割り当てを行う観測計画算出範囲内に、予め定められた事象の発生が予測される宇宙飛翔物体を、前記事象情報をもとに重点監視対象として選択し、

前記観測計画算出範囲内に、前記軌道情報により求められる位置精度が予め設定されている値より低くなることが予測される、前記重点監視対象に選択されていない宇宙飛翔物体を、前記軌道情報をもとに、基本監視対象として選択し、

前記重点監視対象または前記基本監視対象に選択された前記宇宙飛翔物体のそれぞれに

ついて、前記観測計画算出範囲内の各時点である基準日時毎の前記監視優先度を設定する、
請求項 1 に記載の宇宙飛翔物体監視装置。

【請求項 3】

前記監視優先度設定部は、

前記重点監視対象に選択された宇宙飛翔物体のそれぞれについて、前記属性情報と、前記事象情報の前記予測される事象と、前記事象情報の前記発生予測日時と前記基準日時との時間差と、に基づき、前記基準日時毎に、前記監視優先度を設定する、
請求項 2 に記載の宇宙飛翔物体監視装置。

【請求項 4】

前記監視優先度設定部は、

前記基本監視対象に選択された宇宙飛翔物体のそれぞれについて、前記基準日時毎に、前記属性情報と、前記軌道情報より算出した予測精度達成期限までの時間と、前記軌道情報に基づく位置精度とに基づき、前記監視優先度を設定する、
請求項 2 または 3 に記載の宇宙飛翔物体監視装置。

【請求項 5】

前記観測計画策定部は、

前記重点監視対象に選択された宇宙飛翔物体それぞれの前記軌道情報により予測される軌道を観測可能なセンサを、該宇宙飛翔物体それぞれの前記監視優先度に従い割当て、

前記基本監視対象に選択された宇宙飛翔物体それぞれの前記軌道情報により予測される軌道を観測可能で、前記観測計画算出範囲内のそれぞれの時刻で前記重点監視対象を監視できないセンサを、該宇宙飛翔物体それぞれの前記監視優先度に従い割当てる、

ことにより前記観測計画を策定する

請求項 2 から 4 の何れか 1 項に記載の宇宙飛翔物体監視装置。

【請求項 6】

前記観測計画策定部は、

前記監視優先度が設定された宇宙飛翔物体のそれぞれについて、該宇宙飛翔物体の前記軌道情報により予測される軌道が、いずれかの前記センサで観測可能な観測空間を通過する通過期間であるパスを求め、

それぞれの前記パスに対して、前記センサ情報及び前記運用情報をもとに、それぞれのセンサが前記パスの期間中に前記パス該当の宇宙飛翔物体を観測可能な時間であるブロックを算出し、

それぞれの前記パスについて前記ブロックの組み合わせを選択し、選択されたブロック該当のセンサを当該宇宙飛翔物体の観測に割り当て前記観測計画を策定する

請求項 1 から 5 の何れか 1 項に記載の宇宙飛翔物体監視装置。

【請求項 7】

前記観測計画策定部は、

各前記パスについて、少ないブロック数で、観測の空き時間が少ないブロックの組合せを選択する処理を、前記監視優先度が設定された宇宙飛翔物体の前記監視優先度順に実行する、ことにより、前記観測計画を策定する、

請求項 6 に記載の宇宙飛翔物体監視装置。

【請求項 8】

前記観測計画策定部で策定された観測計画を観測計画候補として各センサ使用者の端末にネットワークを介して通知する通知部と、通知に対応する応答を受信する受信部と、をさらに備え、

前記観測計画策定部は、受信した応答に基づいて、前記観測計画候補を修正して前記観測計画を策定する、

請求項 1 から 7 の何れか 1 項に記載の宇宙飛翔物体監視装置。

【請求項 9】

前記センサが観測した観測結果をもとに、観測された宇宙飛翔物体に発生する事象とそ

10

20

30

40

50

の発生日時を解析する状況解析を行い、該宇宙飛翔物体の事象情報を更新する状況解析結果を作成する状況解析部を備えた、

請求項 1 から 8 の何れか 1 項に記載の宇宙飛翔物体監視装置。

【請求項 10】

前記センサが観測した観測結果をもとに、観測された宇宙飛翔物体の軌道解析を行い、該宇宙飛翔物体の軌道情報を更新する軌道解析結果を作成する軌道解析部を備えた、

請求項 1 から 9 の何れか 1 項に記載の宇宙飛翔物体監視装置。

【請求項 11】

監視する対象である複数の宇宙飛翔物体の監視優先度それぞれを、該宇宙飛翔物体の属性を示す属性情報、該宇宙飛翔物体の軌道を特定する軌道情報、並びに該宇宙飛翔物体に発生が予測される事象及び該事象の発生予測日時を示す事象情報に基づき設定し、

宇宙飛翔物体の、前記軌道情報により予測される軌道を観測可能なセンサを、該センサそれぞれの位置及び観測範囲を示すセンサ情報並びに該センサの運用情報を基にして、該宇宙飛翔物体の前記監視優先度に従い割当て、観測計画を策定する

宇宙飛翔物体監視方法。

【請求項 12】

コンピュータに、

センサにより監視する対象である複数の宇宙飛翔物体の監視優先度それぞれを、該宇宙飛翔物体の属性を示す属性情報、該宇宙飛翔物体の軌道を特定する軌道情報、並びに該宇宙飛翔物体に発生が予測される事象及び該事象の発生予測日時を示す事象情報を含む宇宙飛翔物体情報に基づき設定する処理、

前記監視優先度が設定された宇宙飛翔物体の、前記軌道情報により予測される軌道を観測可能な前記センサを、該センサそれぞれの位置及び観測範囲を示すセンサ情報並びに該センサの観測可能な時間を示す運用情報を基にして、該宇宙飛翔物体の前記監視優先度に従い割当てる処理、

を実行させるプログラム。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、宇宙飛翔物体監視装置、宇宙飛翔物体監視方法、及び、プログラムに関する。

【背景技術】

【0002】

地球情報の把握、通信手段の確保等のため、宇宙利用推進の機運が高まっており、打上衛星は増加の一途をたどっている。人工衛星を安全に運用するためには宇宙状況を監視することが重要である。特に、増加傾向にある宇宙飛翔物体同士の衝突を回避するためには、宇宙飛翔物体の軌道、形状、及び姿勢などの動態を監視し情報を蓄積し、状況を正確に把握することが重要である。

【0003】

宇宙飛翔物体の軌道、形状、及び姿勢などの動態を監視し、その情報を得る為には、様々なセンサを使用して宇宙飛翔物を観測する必要がある。しかし、宇宙飛翔物の総数に比して、センサの数及び観測時間に限りがあるため、効率的にその観測計画を設計し、観測計画に沿って観測を実行する必要がある。

従来の宇宙飛翔物体監視装置は、既知の宇宙飛翔物体の軌道情報からユーザが設定した優先度に従って観測する複数センサの組合せを決定し観測計画を作成する（特許文献 1 参照）。天頂を観測する場合、視野角が狭いセンサを用いて監視する場合は監視可能な領域が限定されるため、検出可能な宇宙飛翔物体も限られる。また、ユーザが設定した優先度の順番に従って観測計画を作成する場合、同時に観測可能な宇宙飛翔物体が複数存在する状況において、より多くの宇宙飛翔物体が観測可能な計画を作成することは難しい。また 1 万を超える宇宙飛翔物体に更新優先度を設定する作業があるため、ユーザの負荷が大き

10

20

30

40

50

い。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0004】

【特許文献1】特開2011-157030号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0005】

上記のように、従来の宇宙飛行物体監視装置は、センサの数が限られ、またその監視可能な視野が限定されたセンサを用いる状況において、期間内に宇宙飛行物体の優先度を考慮し、より多く観測するような効率的な観測計画の作成は困難である。また、宇宙飛行物体毎にユーザが監視優先度を設定するため、設定及び更新の度に人的作業が必要であり、サービスの無人化が困難である。

10

【0006】

本発明は、上記のような問題を解決するためになされたものであり、監視優先度を自動的に設定可能とすることを目的とする。

また、本発明は、監視優先度を考慮しつつ、効率的により多くの宇宙飛行物体を監視可能とすることを他の目的とする。

【課題を解決するための手段】

【0007】

20

上記目的を達成するため、本発明の宇宙飛行物体監視装置は、監視優先度設定部と観測計画策定部とを備える。監視優先度設定部は、センサにより監視する対象である複数の宇宙飛行物体の監視優先度それぞれを、宇宙飛行物体の属性を示す属性情報、宇宙飛行物体の軌道を特定する軌道情報、並びに宇宙飛行物体に発生が予測される事象及び事象の発生予測日時を示す事象情報を含む宇宙飛行物体情報に基づき設定する。観測計画策定部は、監視優先度が設定された宇宙飛行物体の、軌道情報により予測される軌道を観測可能なセンサを、センサそれぞれの位置及び観測範囲を示すセンサ情報並びにセンサの観測可能な時間を示す運用情報を基にして、宇宙飛行物体の監視優先度に従い割当て、観測計画を策定する。

【発明の効果】

30

【0008】

本発明によれば、属性情報と軌道情報と事象情報とから、宇宙飛行物体の監視優先度を設定する。従って、監視優先度の設定が容易である。また、監視優先度と各センサのセンサ情報と各センサの運用情報とに基づいて観測計画を策定する。従って、効率的により多くの宇宙飛行物体を監視することができる。

【図面の簡単な説明】

【0009】

【図1】この発明の実施の形態1に係る宇宙飛行物体監視装置の構成を表す機能ブロック図である。

【図2】図1に示す宇宙飛行物体監視装置のハードウェア構成を表すブロック図である。

40

【図3】データ構造の一例を示す図であり、(a)は宇宙飛行物体情報の構成図、(b)はセンサ情報の構成図、(c)は監視計画情報の構成図、(d)は観測計画情報の構成図である。

【図4】属性情報重みテーブルの例を示す図である。

【図5】事象情報重みテーブルの例を示す図である。

【図6】監視計画算出部による監視計画算出処理の手順を示すフローチャートである。

【図7】観測計画算出部による観測計画算出処理の手順を示すフローチャートである。

【図8】センサの主方位を決定する処理を説明するための図である。

【図9】重点監視対象の観測時間算出手順を説明するための図である。

【図10】基本監視対象の観測時間算出手順を示す図である。

50

【発明を実施するための形態】

【0010】

以下、この発明の実施の形態にかかる宇宙飛翔物体監視システム及び監視方法を説明する。この宇宙飛翔物体監視システム及び監視方法は、宇宙飛翔物体を監視する複数のセンサの観測計画を策定し、さらに、策定した観測計画に従って各センサを制御するシステムである。

【0011】

(実施の形態1)

図1は実施の形態1に係る宇宙飛翔物体監視装置100の機能構成を示すブロック図である。

10

【0012】

図1において、センサ群1は、デブリ等の宇宙飛翔物体を監視する装置群であり、単体のレーダ、単体の光学望遠鏡、複数種類のレーダと複数種類の光学望遠鏡の組み合わせ等の仕様と性能が互いに異なり、さらに、異なる位置に配置された複数のセンサを含む。各センサは、宇宙飛翔物体監視装置100にネットワークを介して接続されている。

【0013】

宇宙飛翔物体監視装置100は、各センサから運用情報等を受信し、各センサの運用状況と情報蓄積部60に蓄積している宇宙飛翔物体情報、各センサからの観測情報等を考慮して、観測計画を策定し、策定した観測計画に基づき、制御指示をセンサ制御部10から各センサへ配布する。また、宇宙飛翔物体監視装置100は、制御指示をもとに宇宙飛翔物体の観測を行なった各センサからの観測情報を受信し、情報蓄積部60に蓄積すると共に、観測情報を解析し、情報蓄積部60に蓄積されている宇宙飛翔物体情報を更新する。

20

【0014】

図1に示すように、宇宙飛翔物体監視装置100は、宇宙飛翔物体の観測計画、センサ群1の観測情報及び解析情報等を蓄積する情報蓄積部60と、情報蓄積部60の蓄積情報の更新・読み出しを管理する情報管理部50と、情報管理部50からの蓄積情報から監視計画を算出する監視計画算出部20と、監視計画算出部20からの監視計画とセンサ制御部10からの運用情報等から観測計画候補を算出する観測計画算出部30と、観測計画算出部30からの観測計画候補を評価する観測計画評価部40と、観測計画評価部40の評価結果を踏まえて抽出された観測計画から各センサに制御指示を送信するセンサ制御部10と、情報管理部50からの観測計画、観測情報及び蓄積情報から宇宙飛翔物体の軌道等を解析する情報解析部70と、情報解析部70の解析情報等から観測結果を評価する観測結果評価部80と、から構成されている。

30

【0015】

情報蓄積部60に蓄積される蓄積情報は、i) 宇宙飛翔物体情報61、ii) センサ情報62、iii) 監視計画情報63、iv) 観測計画情報64、v) 観測計画候補情報65、vi) 計画評価結果66、vii) 観測情報67、viii) 解析情報68、ix) 観測評価結果情報69等を含む。なお、各情報の参照符号については、図2に示す。

【0016】

i) 宇宙飛翔物体情報61は、存在を把握している宇宙飛翔物体に関する情報であり、図3(a)に示すように、それぞれを識別するためのユニークな宇宙飛翔物体識別番号を付した各宇宙飛翔物体の識別情報、軌道情報、画像情報、事象情報等を含む。

40

識別情報は、宇宙飛翔物体の内容を示す情報であり、属性情報（その宇宙飛翔物体の所属（所有者、管理者等）に関する情報、等）、衛星とスペースデブリの区別を示す情報、衛星の場合にはその機能・目的・用途（地球観測、大気観測等）・打ち上げ日時、サイズ等の情報を含む。

【0017】

軌道情報は、センサ群1の観測により得られた観測情報67、軌道6要素及び大気抵抗補正係数を含むTLE（Two Line Element）、年月日と位置との対応関係を示すエフェメリス（天体暦）等の対応する宇宙飛翔物体の軌道を特定（予測）する情報である。軌道情

50

報は、記憶している軌道情報により定まる軌道の誤差の情報（精度情報）を含む。

【0018】

画像情報は、宇宙飛翔物体を観測して取得した画像情報である。画像情報は、画像情報の精度を表す情報（精度情報）を含む。

【0019】

事象情報は、宇宙飛翔物体に発生する或いは発生すると予想される事象を示す情報であり、イベント計画情報と状況情報とを含む。

イベント計画情報は、予め設定された人為的なイベントの計画を示す。例えば、宇宙飛翔物体が宇宙機である場合に、その打ち上げ予定やマニューバ予定等の、その宇宙飛翔物体に実施が予定されているイベントとイベントの実施（発生）日時等の情報である。なお、一部の情報だけでもよい。

【0020】

状況情報は、各宇宙飛翔物体について軌道情報等を解析した結果、発生が予測される現象を示す情報であり、他の宇宙飛翔物体に接近する或いは衝突する、大気中に落下する等の発生が予想される現象の種類と、その現象が発生する確率と、発生する場合の予測日時と予測位置等を含む。

【0021】

ii) センサ情報62は、センサ群1に属す各センサに関する情報であり、図3(b)に示すように、それぞれを識別するためのユニークなセンサ識別番号を付した各センサの、位置情報、観測範囲情報等の情報を含む。位置情報は、そのセンサの設置位置を特定する情報である。観測範囲情報は、そのセンサの装置仕様、性能、機能等についての情報であり、例えば、主方位（センサの指向方向）の設定可能範囲及び同時に観測可能な主方位周りの範囲等を含む。

【0022】

iii) 監視計画情報63は、宇宙飛翔物体監視装置100が定める、監視計画の策定時からある期間 T_p （以下、観測計画算出範囲：例えば1か月）の期間内について、どの時間帯にどの宇宙飛翔物体をどの優先度で監視するかを定める計画を示す情報である。

【0023】

監視計画情報63は、図3(c)に例示するように、監視対象情報と、時間帯・達成時期情報と、情報種別情報と、所用精度情報と、監視優先度情報とを含む。

【0024】

監視対象情報は、監視対象の宇宙飛翔物体と監視の時間帯と監視対処の情報の種別の組み合わせで特定される「監視対象」の識別情報である。従って、例えば、同一の宇宙飛翔物体であっても、監視時間や取得すべき情報の種別が異なれば、異なる監視対象情報となる。時間帯・達成時期情報は、時間帯情報と達成時期情報とを含む。時間帯情報は、宇宙飛翔物体を監視する時間帯を示し、例えば、開始日時と終了日時とから構成される。また、達成時期情報は、所要精度を達成すべき目標日時を示す。情報種別情報は、監視により取得する情報の種別を示し、例えば、宇宙飛翔物体の軌道を示す軌道情報、宇宙飛翔物体の撮像画像を示す画像情報の種別を示す。所要精度は、監視により得る情報の精度を示す。監視優先度は、監視対象情報で特定される監視対象を監視する優先度（重要度）を示す。例えば、同一の識別番号であっても、監視時間が異なれば、異なる監視対象情報となる。

【0025】

iv) 観測計画情報64は、監視計画が定められている T_p の期間内について、センサ群1に属す各センサが、どの宇宙飛翔物体をどのような手順で観測するかを定める観測計画を表す情報であり、例えば、図3(d)に例示するように、観測計画識別番号、監視計画識別番号、センサ識別番号、観測対象、観測期間、センサ制御情報等を含む。

【0026】

観測計画識別番号は、観測計画を識別するためのユニークな番号である。

監視計画識別番号は、その観測計画が準拠している監視計画の識別番号である。

センサ識別番号は、観測に使用するセンサの識別番号である。

観測対象は、観測する宇宙飛翔物体の宇宙飛翔物体識別番号である。

【0027】

観測期間は、センサ識別番号で特定されるセンサで宇宙飛翔物体識別番号で特定される観測対象を観測する期間を定める情報である。

センサ制御情報は、観測のために、どのようにセンサを制御するか、例えば、時間の变化に伴うその主方位の変化を特定する情報、或いは、主方位をそのように制御するために必要な制御量を示す情報である。

【0028】

v) 観測計画候補情報65は、観測計画情報64を生成する過程で使用される中間データであり、観測計画の一又は複数の候補を示す情報である。観測計画候補情報65は、観測計画算出部30により生成され、観測計画評価部40により評価され、1つが観測計画情報64として選択される。

10

【0029】

vi) 計画評価結果66は、観測計画情報64を生成する過程で使用される中間データであり、観測計画候補情報65により示される各観測計画を観測計画評価部40が評価した結果を示す情報である。

【0030】

vii) 観測情報67は、観測計画情報64に従って、センサ群1が宇宙飛翔物体を観測して得られた情報である。これらにより、宇宙飛翔物体情報61も適宜更新される。

20

【0031】

viii) 解析情報68は、観測情報67を解析して生成された、軌道情報、状況情報などの情報である。これらにより、宇宙飛翔物体情報61に含まれている軌道情報、状況情報等も適宜更新される。より具体的には、観測情報67に含まれる宇宙飛翔物体の観測位置を解析した結果である解析情報68により軌道情報や識別情報が更新される。更新した軌道情報をさらに解析した結果である解析情報68により、各宇宙飛翔物体について、他の宇宙飛翔物体に接近する或いは衝突する、大気中に落下する等の現象の発生を予測し、予測した内容により状況情報が更新される。

【0032】

ix) 観測評価結果情報69は、監視計画を生成するために、観測結果評価部80がセンサ群1による観測により得られた観測情報67を評価して生成され、監視計画算出部20に提供される情報である。

30

【0033】

情報管理部50は、情報蓄積部60の蓄積情報を管理する。具体的には、情報管理部50は、宇宙飛翔物体情報61、センサ情報62、監視計画情報63、観測計画情報64、観測計画候補情報65、計画評価結果66、観測情報67、解析情報68、観測評価結果情報69などを情報蓄積部60に書き込むことにより、その蓄積情報を更新する。また、情報管理部50は、情報蓄積部60の蓄積情報を読み出して外部に通知するとともに、更新履歴も併せて管理する。

【0034】

40

監視計画算出部20は、宇宙飛翔物体の監視優先度を設定する監視優先度設定部として機能するものである。監視計画算出部20は、情報管理部50から提供される蓄積情報（宇宙飛翔物体情報61の識別情報中の属性情報、軌道情報、事象情報（イベント計画情報、状況情報））に基づき、計画策定時からある期間Tp（以下、観測計画算出範囲：例えば1か月）の監視計画を算出及び更新して監視計画情報63（図3（c）参照）を生成する。また、監視計画を生成する際には、観測結果評価部80からの観測評価結果、ユーザにより設定された要求（監視対象、監視の精度、監視の期限）等を取り入れることも可能にする。監視計画算出部20は、生成した監視計画情報63を観測計画算出部30に通知する。監視計画算出部20は、元となる情報の更新時または定期的（例えば12時間毎）に期間Tpをシフトしながら監視計画情報63を更新する。なお、監視計画の算出方法に

50

については後述する。

【0035】

監視計画は、どの時間帯にどの宇宙飛翔物体をどの優先度で監視するかを定める計画であり、観測計画算出範囲Tpの間の監視対象（宇宙飛翔物体）と監視対象毎の監視優先度、監視条件（監視期間、所要精度、達成期限等）、等から構成される。

監視対象は、「重点監視対象」と「基本監視対象」に分類される。

【0036】

「重点監視対象」には、宇宙飛翔物体の識別情報（特に属性情報）、事象情報等から、監視することが「重要」と判断した宇宙飛翔物体が選択される。「重要」とであると判別される宇宙飛翔物体は、i) 観測計画算出範囲Tpの間に、予め定められた事象が発生すると予想された宇宙飛翔物体（例えば、打上げ等のイベント計画がある衛星、他物体との接近・衝突等の事象が発生すると予測された宇宙飛翔物体、落下するなどの事象が発生すると予測された宇宙飛翔物体）、ii) 識別情報により重要と特定される宇宙飛翔物体（関係者が保有している衛星など）、iii) ユーザが監視することを指定した宇宙飛翔物体等の観測が必要と判断される宇宙飛翔物体である。

【0037】

「基本監視対象」には、情報蓄積部60に蓄積されている宇宙飛翔物体情報61中の軌道情報や画像情報のある一定値より高い精度で保つため、観測精度を予測し、ある一定期間（観測計画算出範囲Tp）内に閾値より低精度になると予測された、重点監視対象でない宇宙飛翔物体が抽出される。

【0038】

観測精度を算出する手法自体は任意であるが、例えば、i) 最終観測時刻や最終マニユーバ制御時刻からの経過時間に基づいて観測精度を概算する方法、ii) 最終観測時の観測精度から現時点まで誤差を伝搬させて位置誤差を算出する方法、等がある。また、外部から入力される軌道情報等の場合は、観測精度が不明な場合が多いため、定期的に、外部から入力される軌道情報の変化傾向として誤差伝搬の様子を多項近似式により宇宙飛翔物体毎に随時把握し、最終観測時刻からの経過時間により誤差を予測する手法が挙げられる。

【0039】

監視優先度は、監視対象の分類によって設定手法が異なる。

「重点監視対象」に選択された宇宙飛翔物体の場合、監視優先度は時間的緊急度を示す。そのため、監視優先度は、識別情報（特に属性情報）、事象情報により特定される事象の発生予定日時との間の時間の差（具体的には、イベント計画情報により特定されるイベントの発生予定日時との間の時間の差、事象情報により特定される宇宙飛翔物体に何らかの事象が発生する場合には発生予測時刻との間の時間の差）等で設定される。

一方、「基本監視対象」に選択された宇宙飛翔物体の場合、監視優先度は精度向上の必要度合いを示す。そのため、識別情報（特に属性情報）、監視計画算出の基準日時時点での軌道の予測精度、最終観測日時等で設定される。

【0040】

このように「重点監視対象」と「通常監視対象」とに分けて監視計画、観測計画を作成することにより、

イ) イベントの発生予測時刻にあわせた宇宙飛翔物体の観測や、ユーザにより設定された宇宙飛翔物体の、設定された観測時刻にあわせた観測を優先的にを行い、

ロ) 宇宙飛翔物体の観測を継続するために必要な軌道情報や、画像情報、及び監視計画作成に必要なイベントの情報の精度を維持する観測を、重点監視対象の観測に影響を与えない適宜のタイミングで実施する、

という観測計画の作成処理を実施することができる。

【0041】

観測計画算出部30は、計画策定時からある期間Tpについてのセンサ毎の宇宙飛翔物体の観測計画の候補を、監視計画で優先度が付された宇宙飛翔物体についての、軌道情報により予想される軌道を観測可能なセンサを、各センサの宇宙飛翔物体の観測のために使

用できる日時を表す運用情報、センサ情報 6 2 をもとに選択し、選択したセンサを監視計画情報 6 3 に示される優先度の高いものから割当ててことで作成し、観測計画候補情報 6 5 を出力する。観測計画候補情報 6 5 は、主方位算出期間と呼ぶ一定期間内の観測対象と観測センサの組合せ、該当の観測開始時間、情報種別、観測位置、観測目的（事象情報（発生する事象）、属性情報）等から構成される。観測計画候補情報 6 5 の算出方法については図 7 ～図 1 0 を参照して後述する。

【0 0 4 2】

観測計画評価部 4 0 は、観測計画算出部 3 0 からの観測計画候補情報 6 5 が示す観測計画候補を対象とし、基となる監視計画をどれだけ満足しているかを評価する。観測計画評価部 4 0 は、評価するにあたって、監視計画の監視条件の項目（監視期間、所要精度、達成期限等）、及び各観測状況（重点監視対象の場合、観測期間の抜けの無さ等）を指標として観測計画評価値を算出する。観測計画評価値が予め設定されている閾値を超えた場合、またはユーザが承認した場合、観測計画候補を観測計画として、センサ制御部 1 0 に通知する。観測計画評価値が閾値以下の場合、観測計画算出部 3 0 へ計画評価結果 6 6、各センサの対応可否及び条件等を通知する。なお、各観測計画 6 7 の修正項目や条件追加はユーザによる設定も可能とする。

10

【0 0 4 3】

センサ制御部 1 0 は、センサ群 1 に属するそれぞれのセンサから、観測計画算出部 3 0 が観測計画を生成するために必要な運用情報を受け取り、観測計画算出部 3 0 及び観測計画評価部 4 0 に通知する。また、観測計画に基づき、センサ群 1 に属するそれぞれのセンサに宇宙飛翔物体の観測を指示する。さらに、センサ制御部 1 0 は、それぞれのセンサからの観測情報 6 7 を情報管理部 5 0 に伝達する。

20

【0 0 4 4】

情報解析部 7 0 は、センサ群 1 から観測情報 6 7 を受信した場合に、軌道同定や軌道決定等の軌道解析、画像処理等の画像解析、マニューバ制御判定や接近・衝突解析等の状況解析を行い、結果を解析情報 6 8 として、情報管理部 5 0 へ通知するとともに、観測結果評価部 8 0 へ通知する。

【0 0 4 5】

観測結果評価部 8 0 は、観測結果がどれだけ監視計画を満たしているかを評価する。観測失敗や所要精度未達成の監視対象等を示す観測評価結果情報 6 9 を監視計画算出部 2 0 に通知する。監視計画算出部 2 0 は、観測評価結果情報 6 9 を基に監視計画を更新し、監視計画情報 6 3 を、観測計画算出部 3 0 に通知する。

30

【0 0 4 6】

上述の機能構成を有する宇宙飛翔物体監視装置 1 0 0 は、物理的には、図 2 に示すように、通信部 1 1 0 と記憶部 1 2 0 と制御部 1 4 0 とから構成され、これら各部はバス 1 5 0 により接続されている。

【0 0 4 7】

通信部 1 1 0 は、ネットワーク N を介してセンサ群 1 に接続されており、各センサに制御情報を送信し、また、各センサの観測データを受信する。

【0 0 4 8】

40

記憶部 1 2 0 は、ハードディスク装置、フラッシュメモリ装置等から構成され、制御部 1 4 0 の動作プログラム 1 2 1 の他、情報蓄積部 6 0 として、前述の宇宙飛翔物体情報 6 1、センサ情報 6 2、監視計画情報 6 3、観測計画情報 6 4、観測計画候補情報 6 5、計画評価結果 6 6、観測情報 6 7、解析情報 6 8、観測評価結果情報 6 9 等を記憶する。

【0 0 4 9】

制御部 1 4 0 は、CPU (Central Processing Unit)、ROM (Read only Memory)、RAM (Random Access Memory) 等から構成される。CPU は、RAM を作業領域として使用して ROM、記憶部 1 2 0 等に格納された動作プログラム 1 2 1 を実行することにより、全体動作を制御する。

50

【0050】

制御部140は、動作プログラム121を実行することにより、センサ制御機能141、監視計画算出機能142、観測計画算出機能143、観測計画評価機能144、情報管理機能145、情報解析機能146、観測結果評価機能147等を実現する。

【0051】

制御部140のセンサ制御機能141と通信部110とが協働することにより、センサ制御部10を実現し、監視計画算出機能142、観測計画算出機能143、観測計画評価機能144、情報管理機能145、情報解析機能146、観測結果評価機能147は、それぞれ、監視計画算出部20、観測計画算出部30、観測計画評価部40、情報管理部50、情報解析部70、観測結果評価部80を実現する。

10

【0052】

次に、上記構成を有する宇宙飛翔物体監視装置100が観測計画を策定する動作について説明する。

前提として、情報蓄積部60には、図3(a)、(b)に示す、宇宙飛翔物体情報61とセンサ情報62とが蓄積されているものとする。

【0053】

まず、監視計画算出部20が、どの時間帯にどの宇宙飛翔物体をどの監視優先度で監視するかを定める監視計画を策定する監視計画策定処理を図6のフローチャートを参照しつつ説明する。

【0054】

20

まず、監視計画策定のため、監視計画算出部20は、この宇宙飛翔物体監視装置100の設定値として予め設定され、情報蓄積部60に格納されている観測計画算出範囲Tp(例えば、1ヶ月)を読み出す(ステップS1)。観測計画算出範囲Tpは、例えば、監視の始期と終期を定める情報である。

【0055】

次に、監視することが重要である「重点監視対象」を特定する(ステップS2)。

【0056】

監視計画算出部20は、i)ある一定期間(ここでは、観測計画算出範囲Tp)内に打上げ等のイベント計画がある衛星、他物体との接近・衝突が発生すると予測された宇宙飛翔物体、落下するなどの事象が発生すると予測された宇宙飛翔物体、ii)関係者が保有している衛星、等の観測が必要と判断される宇宙飛翔物体を、宇宙飛翔物体情報(特に、属性情報、事象情報)61に基づいて特定し、iii)ユーザが指定した宇宙飛翔物体を含めて、これらを重点監視対象として特定する。

30

【0057】

次に、監視計画算出部20は、重点監視対象として特定された各宇宙飛翔物体の監視優先度を算出する(ステップS3)。

具体的には、監視計画算出部20は、まず、図4と図5に例示するような、属性情報の内容と事象情報の内容に応じて定まる重みを設定する。

図4の属性情報重みテーブルの例では、属性情報の内容によって特定される宇宙飛翔物体の所有者・管理者等の属性によって定まる監視対象の重みがパラメータとして設定されている。また、図5の事象情報重みテーブルの例では、事象情報(イベント計画情報と状況情報)によって特定される事象に監視対象の重みがパラメータとして設定されている。なお、これらは、予め設定したものを使用してもよい。

40

【0058】

次に、監視計画算出部20は、この監視対象の属性の内容に応じた重み(Wi)、事象に応じた重み(Ws)、事象の発生確率(Proc)、及び、i)事象が発生する宇宙飛翔物体の場合は、その事象が発生する予測日時と監視計画算出の基準日時との時間差(|Δt1|)、ii)ユーザが観測対象として要求した宇宙飛翔物体の場合には、例えば、ユーザが指定した観測や精度の達成期限と監視計画算出の基準日時との時間差(|Δt1|)を変数とし、時間差(|Δt1|)が小さいほど大きな値となる監視優先度Psを(1)式を用

50

いて算出する。ここで、監視計画算出の基準日時とは、監視計画算出対象となる日時であり、監視計画算出日時からある時間経過した日時である。基準日時は、1つでも複数でもよい。

【0059】

監視優先度 = $P_s(W_i, W_s, P_{oc}, \Delta t_1) \dots (1)$

関数 P_s は、 $T_p > \Delta t_1$ すなわち、監視計画を作成する時間範囲 T_p 内に事象の発生が予測されるまたは必要な観測の期限が設定されている場合について0以外の値となる関数であり、 $W_i, W_s, P_{oc}, (T_p - |\Delta t_1|)$ のそれぞれについて単調増加する。

このため、重点監視対象の監視優先度は、監視対象の属性の内容による重み、発生が予想される事象の内容による重み、発生確率の高さのそれぞれの値が高くなるほど、また、事象等の予想発生日時との間の時間差が短くなるほど高い値となる。

なお、ここでの T_p は監視計画を算出する時間範囲の最大値（パラメータ）とする。また、監視計画算出の基準日時とは、監視計画算出対象となる日時であり、監視計画算出日時からある時間経過した日時である。基準日時は、1つでも複数でもよい。

【0060】

次に、監視計画算出部20は、「基本監視対象」を特定する（ステップS4）。

具体的には、監視計画算出部20は、重点監視対象以外の各宇宙飛翔物体について、情報蓄積部60に蓄積されている宇宙飛翔物体情報61に基づいて、その、観測精度を予測し、一定期間 T_p 内に閾値より低精度になると予測された宇宙飛翔物体を対象として抽出する。

【0061】

次に、監視計画算出部20は、各基本監視対象に抽出された宇宙飛翔物体の監視優先度を算出する（ステップS5）。具体的には、「基本監視対象」の場合、監視優先度は精度向上の必要度合いを示す。そのため、監視計画算出部20は、抽出された各基本監視対象について、軌道情報、観測情報67を基に、それぞれの基準日時について、蓄積情報の予測精度を算出し、その精度が閾値より低精度にならない様、軌道情報、観測情報67を更新する期限である、予測精度達成期限を定める。監視計画算出部20は、識別情報、基準日時時点での蓄積情報の予測精度、予測精度達成期限をもとに、各基本監視対象の監視優先度を算出する。基準日時が複数の場合には、監視優先度は、基準日時毎に算出される。

【0062】

具体的には、以下の算出方法を使用できる。

監視対象に抽出された宇宙飛翔物体の属性の内容による重み (W_i)、軌道精度と監視計画算出の基準日時時点での必要予測精度との精度差 (Δp)、及び監視計画算出の基準日時から予測精度の達成期限までの時間 (Δt_2) を変数とし、観測の必要度が高いほど大きな値となる監視優先度 P_s は、次の (2) 式で表される。

【0063】

監視優先度 = $P_s(W_i, \Delta p, \Delta t_2) \dots (2)$

P_s は、変数 $W_i, \Delta p, (T_p - \Delta t_2)$ のそれぞれについて単調増加する関数である。このため、基本監視対象の監視優先度は、監視対象の属性の重み、軌道精度と監視計画算出の基準日時時点での予測精度の精度差 (Δp) が高くなるほど、また、予測精度の達成期限までの時間 (Δt_2) が短くなるほど（緊急度が高いほど）高い値となる。

【0064】

監視計画算出部20は、即ち、重点監視対象とその監視優先度を特定する情報と、基本監視対象とその監視優先度を特定する情報を含む監視計画情報63を、観測計画算出部30に提供する。

【0065】

次に、観測計画算出部30は、提供された監視計画情報63と、センサ情報62と、センサ制御部10から提供される運用情報とに基づいて、観測計画情報64を算出する。

【0066】

この観測計画算出処理を図7のフローチャートを参照して説明する。

観測計画算出部30は、まず、情報蓄積部60に格納されているセンサ情報62に基づいて、センサ群1に属す各センサの観測する範囲（主方位の変更可能な範囲）の中心方位を主方位として決定する（ステップS11）。これは、観測可能な方位が全周ではなく、事前にレーダのアンテナや光学望遠鏡の鏡筒の回転が必要なセンサを考慮した処理である。

【0067】

次に、観測計画算出部30は、観測計画算出範囲Tp内を主方位算出期間で区分する。ここで、主方位算出期間とは、観測計画算出範囲よりも短い、予め設定された期間、例えば、1時間である。ここで、各観測目標の軌道情報からSGP4（Simplified General Perturbations Satellite Orbit Model 4）等の手法を用いて算出しておいた、観測計画算出範囲内の予測軌道を基に、それぞれの監視対象をセンサ群1に属す何れかのセンサで観測可能な主方位算出期間を抽出する。

【0068】

次に、重点監視対象を観測可能なセンサを特定し、さらに、重点監視対象を観測可能な時刻での、そのセンサの主方位を決定する（ステップS11-1）。次に、それぞれのセンサが重点監視対象を監視できない時刻について、基本監視対象に対応したセンサの主方位を決定する（ステップS11-2）。このため、基本監視対象の観測には、それぞれの時刻において、重点監視対象を監視できないセンサが割り当てられる。

【0069】

センサの主方位を決定する処理の詳細を、図8を参照して具体的に説明する。

図8では、観測計画算出範囲TpはN個の主方位算出範囲に分割されている。

次に、観測計画算出範囲Tpにおいて、ある観測対象が観測エリア（センサ群1を用いて観測可能な範囲でかつ予め設定されている観測対象のエリア）を通過する期間を算出し、連続した1期間を1パスとする。ある主方位算出範囲に重点監視対象のパスが1つ以上ある場合、その主方位算出範囲は重点監視対象用の主方位とする。

【0070】

次に、図8の表に示すように、最も監視優先度の高い重点監視対象[1]の各パスの通過時間を、主方位算出範囲より短い一定期間（例えば、1時間）で区切る。区切った期間の境界となる各時刻（図8の表の時刻[1]～時刻[5]）において、各センサの主方位を変更した場合の観測可否を確認する。図では、パス1の通過時間は6つに区切られ、時刻[1]～時刻[5]が特定されている。

【0071】

次に、観測計画算出部30は、複数センサの組合わせにより長期間観測できるよう主方位を設定する。重点監視対象[1]を観測可能なセンサが1台のみとなる時間帯がある場合は、該時間帯は、該当センサで観測するよう主方位を設定する。

【0072】

図8において、Wa[監視対象][パス][時刻]は、ある監視対象のあるパスについて、あるセンサによる観測の、各時刻での、時刻の経過に伴う観測の緊急度の変化を鑑みて付した重みである。なお時刻は、例えば、1時間区切りというように、予めその基準が設定されている。

【0073】

図8の表に示すように、ある重点監視対象[i]のパス[1]について、各時刻（時刻[1]～時刻[5]）において、センサ（センサ[1]～センサ[j]）のそれぞれの方位（方位[1]～方位[k]）について、観測不可／観測可／該当センサのみ観測可を評価し、該当センサのみ観測可能な時間帯がある場合、（3）式に示すように、予め設定した時刻の重みWaを方位ごとに加算し、主方位評価値Paを算出する。

【0074】

$$Pa[\text{監視対象}][\text{パス}][\text{センサ}][\text{方位}] = \sum Wa \dots (3)$$

（ここで、 $\sum$ は、「該当センサのみ観測可」の時間のWaの総和）

【0075】

例えば、図8の例では、重点監視対象[1]のパス[1]を観測する場合のセンサ[1]の方位[1]については、パス[1]を時刻[4]と[5]でセンサ[1]のみが測定可能である。そこで、 $P a [1] [1] [1] [1]$ は、時刻[4]と[5]の重み $W a [1] [1] [4]$ と $W a [1] [1] [5]$ との和となる。

【0076】

次に、 $P a$ の主方位算出範囲内の全パス分の総和を、(4)式に従って算出することで、該当重点監視対象に対するセンサと方位の組み合わせ毎の評価値を算出する。

$$P a_total (センサ、方位) = \Sigma (P a \times P s) \quad \dots (4)$$

(ここで、 Σ は、全ての監視対象、パスについての総和)

ここで、 $P s$ は、前述の、重点監視対象に対する監視優先度である。

【0077】

総合評価値が最大となるセンサと方位の組合せを選択して確定とし、その他センサにおける総合評価値を再計算して次に最大となるセンサと方位の組合せを確定する。この処理を該当の主方位算出範囲内で重点監視対象を観測可能な全センサの方位を確定するまで繰り返す(以上ステップS11-1)。

【0078】

ステップS11-1が完了後、ステップS11-2では、重点観測対象のパスが存在しない主方位算出範囲のうち、基本監視対象用のパスが観測エリアを通過する期間を算出し、連続した1期間を1パスとし、それぞれのパスについての主方位評価値 $P a$ をもとに主方位を算出する。

【0079】

ステップS11-2でもステップS11-1と同様に、重点観測対象のパスが存在しない主方位算出範囲で、主方位算出範囲に基本監視対象のパスが1つ以上ある場合、該当の主方位算出範囲は基本監視対象用の主方位とする。図8の表に示すように、監視優先度の最も高い基本監視対象の各パスの通過時間内(図8の表の時刻[1]～時刻[5])において、各センサの主方位をその方向に設定した場合の観測可否を確認する。複数センサの組合わせにより長期間観測できるよう主方位を設定する。そのため、基本監視対象を観測可能なセンサが1台のみとなる時間帯がある場合は、該時間帯は、該当センサで観測するよう主方位を設定する。

【0080】

図8において、重点監視対象の場合と同様に、 $W a$ は、各パス内の時刻[1]～時刻[5]のそれぞれについて、時刻の経過に伴う観測の緊急度の変化に基づいて付した重みである。ただし、基本監視対象は、観測の必要性が重点監視対象とは異なるため、一般に、重点監視目標とは異なる重み付けを行う。

【0081】

図8の表に示すように、あるパスについて、それぞれのセンサ(センサ[1]～センサ[j])のそれぞれの方位(方位[1]～方位[k])について、観測不可／観測可／該当センサのみ観測可を評価し、該当センサのみ観測可能な時間帯がある場合、(5)式に示すように、予め設定した時刻の重み $W a$ を方位ごとに加算し、主方位評価値 $P a$ を算出する。

【0082】

$$P a [監視対象] [パス] [センサ] [方位] = \Sigma W a \quad \dots (5)$$

(ここで、 Σ は、「該当センサのみ観測可」の時間の $W a$ の総和)

【0083】

次に、(6)式に従って、主方位算出範囲内の全パス分の総和を算出することで、該当基本監視対象に対するセンサ、方位ごとの評価値を算出する。

$$P a_total (センサ、方位) = \Sigma P a \times P s \quad \dots (6)$$

(ここで、 Σ は、全ての監視対象、パスの総和)

【0084】

10

20

30

40

50

ここで、 P_s は、前述の基本監視対象に対する監視優先度である。

総合評価値が最大となるセンサと方位の組合せを選択して確定とし、その他センサにおける総合評価値を再計算して次に最大となるセンサと方位の組合せを確定する。この処理を該当の主方位算出範囲内で基本監視対象を観測可能な全センサの方位を確定するまで繰り返す（以上ステップS11-2）。

【0085】

次に、各センサの観測可能期間を算出する（ステップS12）。その際、重点監視対象、基本監視対象の順に観測計画を算出する。

【0086】

まず、ステップS12-1において、重点監視対象の観測期間を算出する。

10

図9に例示するように、各パスの期間において、該当の観測対象を各センサが観測可能な期間を、センサ情報62に含まれているセンサ性能、センサ制御部10から提供された運用情報に基づき算出し、連続した1区間を1ブロックとする。なお、図9では、ブロックをブロック[センサ][パス]で表している。

【0087】

次に、各センサにおける各重点監視対象の観測時間を決める上で、同センサによる長時間の追尾により安定した軌道情報を得るため、各パスの期間において、少ないブロック数で、観測の空き時間が少ないブロックの組合せを選択する。図9の例では、パス[1]に関しては、ブロック[1][1]～ブロック[4][1]の組み合わせを考慮すると、ブロック[1][1]とブロック[4][1]の組み合わせが、観測の空き時間を少なくする。パス[N]に関しては、ブロック[4][N]は、ブロック[1][N]とブロック[2][N]の組み合わせに比べ、観測の空き時間が少なく、ブロック数も少ない。

20

【0088】

ブロックを選択するためには、具体的には、

A = 観測の連続観測に関する（最大ブロック数－組み合わせブロック数）、

B = 各センサが目標を観測している割合（（パス期間－観測の空き時間）／パス期間）

、
を変数とし、 A 、 B の値がそれぞれ大きいほど大きな値となる評価値（ $Pe_h(W_n \times A, W_p \times B)$ ）の値を算出する。

【0089】

30

ここで、重み W_n 、 W_p は、それぞれ、（最大ブロック数－組み合わせブロック数）、（（パス期間－観測の空き時間）／パス期間）に対する重みである。重み W_n 、 W_p は、観測の空き時間が少ないことを重視する場合は $W_p > W_n$ に、ブロック数が少ないことを重視する場合は $W_n > W_p$ にするなど、観測計画に対する要求に応じて事前に設定する。 Pe_h の値が最大又は極大になるブロックの組み合わせを全検索法や局所探索法等を用いて算出し、確定ブロックとして設定する。これを監視優先度順に全重点監視対象の算出が終わるまで繰り返す。その際、各センサ同時に観測可能な目標数を考慮し、ブロックを算出する必要がある。

【0090】

上記処理に続けて、軌道精度を向上するためにブロックを追加する処理を行う。具体的には、同時に観測可能な目標数を考慮し、観測対象のブロックを再計算する。各パス内にブロックがある場合は、少ないブロックで、所要精度を達成するブロックの組合せを全探索法等で算出し、追加ブロックとして設定する。全組合せでも所要精度まで達しない場合は、最も軌道精度が高い組合せのブロックを追加ブロックとして設定する。これを監視優先度順に全重点監視対象の算出が終わるまで繰り返す。

40

【0091】

続けて、ステップS12-2において、基本監視対象の観測期間を算出する。まず、ステップS12-1で設定したブロックを考慮した上で、ステップS12-1と同様に観測計画算出範囲内のパス、ブロックを算出する。より多くの監視対象を観測するため、図10に例示するように、各監視対象において、観測期間算出範囲内の達成期限までに少ない

50

ブロックで早期に所要精度を達成するブロックの組合せを選択する。

【0092】

具体的には、重点監視対象の場合と同様に、

C = 観測の連続観測に関する（最大ブロック数－組み合わせブロック数）、

D = 所要精度を達成するまでの時間に係る（（達成期限までの時間－所要精度達成までの時間）／達成期限までの時間）、

を変数とし、 C 、 D の値がそれぞれ大きいほど大きな値となる評価値（ $Pe_1 (Wn \times C, Wt \times D)$ ）を算出する。

【0093】

ここで、 Wn 、 Wt は、それぞれ、（最大ブロック数－組み合わせブロック数）、（達成期限までの時間－所要精度達成までの時間）／達成期限までの時間）に対する重みである。 Wn 、 Wt は、所要精度達成までの時間が短いことを重視する場合は $Wt > Wn$ に、ブロック数が少ないことを重視する場合は $Wn > Wt$ にするなど、観測計画に対する要求に応じて事前に設定する。 Pe_1 の値が最大又は極大になるブロックの組み合わせを全検索法や局所探索法を用いて算出し、確定ブロックとして設定する。

【0094】

全ブロックを含めた組合せでも所要精度まで達しない場合は、最も軌道精度が高いブロックの組合せとする。上記処理を監視優先度順に全基本監視対象の算出が終わるまで繰り返す。

【0095】

観測計画算出部30は、こうして、重要監視対象に選択された全ての宇宙飛翔物体と基本監視対象に選択された全ての宇宙飛翔物体について、それぞれのパス期間に対するブロックの組み合わせを策定する。観測計画算出部30は、組み合わせたブロック該当のセンサに対し、ブロック該当の観測時間（ブロックの区間）にブロック該当の監視対象（宇宙飛翔物体）を観測するよう割り当て、観測計画を生成する。観測計画は、図3（d）に例示した観測計画情報64のようになる。また、それぞれの観測計画は、ブロックの組み合わせにより策定されるため、それぞれの時刻にそれぞれの監視対象を観測可能なセンサの組み合わせが選択されている。

【0096】

ステップS12を完了後、観測計画算出部30は、ステップS13にて、未知対象観測計画を算出する。観測計画算出範囲の各主方位算出範囲において、重点監視対象、基礎監視対象の観測センサに設定されていないセンサがあるか否かを判別し、ある場合は、未知対象観測計画を算出する。未知対象は、軌道面（軌道傾斜角、昇交点赤経によって決まる）及び高度の組合せで空間を観測エリアとして区分し、抜けなく観測する計画を算出する。ここで、宇宙飛翔物体数の多い観測エリア及びユーザが設定したエリアを優先的に観測エリアに設定する。

【0097】

観測計画算出部30は、こうして求めた観測計画候補を示す観測計画候補情報65を観測計画評価部40に出力する（ステップS14）。

【0098】

観測計画評価部40は、観測計画算出部30からの観測計画候補情報65により特定される観測計画候補を対象とし、基となる監視計画をどれだけ満足しているかを評価する。評価するにあたって、監視計画の項目（監視期間、所要精度、達成期限等）、及び各観測状況（重点監視対象の場合、観測期間の抜けの無さ等）を指標として観測計画評価値を算出する。観測計画評価値がある一定の閾値を超えた場合、またはユーザに観測計画候補を報知して、ユーザが承認した場合、観測計画をセンサ制御部10に通知する。観測計画評価値が閾値以下の場合、観測計画算出部30へ計画評価結果66、各センサの対応可否及び条件等を通知する。なお、各観測計画の修正項目や条件追加はユーザによる設定も可能とする。

【0099】

センサ制御部 10 は、通知された観測計画情報 64（図 3（d）参照）に基づいて、センサ識別番号で特定されるセンサに、観測期間で特定される期間、センサ制御情報で特定される制御を実行するための制御信号を送信することにより、各センサを制御する。或いは、各センサに観測計画情報 64 を通知し、各センサが観測計画情報 64 が示す観測計画に従って観測を行っても良い。

【0100】

センサ群 1 に属す各センサの運用情報及び各センサの観測結果を示す観測情報 67 は、センサ制御部 10 に伝達される。センサ制御部 10 は、観測情報 67 を受信し、運用情報を観測計画算出部 30 と観測計画評価部 40 に提供する。これらは、前述のように、観測計画の策定と評価に利用される。また、センサ制御部 10 は、観測情報 67 を情報管理部 50 に伝達する。

10

【0101】

情報管理部 50 は、受信した観測情報 67 を情報蓄積部 60 に格納する。情報管理部 50 は、宇宙飛翔物体情報 61 も必要に応じて更新する。また、情報管理部 50 は、観測計画算出部 30 から供給される監視計画情報 63 と観測計画情報 64 を情報蓄積部 60 に格納する。

【0102】

情報管理部 50 は、受信した観測計画情報 64 と観測情報 67 を情報蓄積部 60 に蓄積し、情報蓄積部 60 から読み出した蓄積情報を、適宜、情報解析部 70 に提供する。情報解析部 70 は、受信した観測情報 67 を解析して、各監視対象について、軌道同定や軌道決定等の軌道解析、画像処理等の画像解析、マニユーバ制御判定や接近・衝突解析等の、発生する事象とその発生日時を解析する状況解析を行い、軌道解析した結果である軌道解析結果、画像解析した結果の画像解析結果、状況解析した結果である状況解析結果等を含む解析結果を情報管理部 50 へ通知するとともに、観測結果評価部 80 へ通知する。

20

【0103】

情報管理部 50 は、受信した、各監視対象についての、軌道解析結果、画像解析結果、状況解析結果等の解析結果を、情報蓄積部 60 に格納する。また、情報管理部 50 は、受信した解析結果をもとに、情報蓄積部 60 に蓄積されている各監視対象の宇宙飛翔物体情報 61 を更新する。情報管理部 50 が更新する内容としては、例えば、軌道解析による軌道解析結果をもとに、軌道情報を更新し、状況解析による状況解析結果をもとに事象情報を更新し、画像解析による画像解析結果をもとに識別情報を更新する。

30

【0104】

観測結果評価部 80 は、観測結果がどれだけ監視計画を満たしているかを評価する。観測失敗や所要精度未達成の監視対象等の観測評価結果を監視計画算出部に通知する。監視計画算出部 20 では、観測評価結果を基に監視計画を更新し、観測計画算出部 30 に通知する。

【0105】

このように、実施の形態における宇宙飛翔物体監視装置 100 では、監視対象、監視優先度を自動で設定し、監視計画を算出する。これにより、ユーザが自ら観測計画立案する度に各観測対象物体に監視優先度を設定するような人的作業が不要になるとともに、観測結果を随時監視計画に反映することが可能となる。また、監視優先度順に観測計画を算出後、調整処理を追加したことで、さらなる観測計画の向上も奏する。

40

【0106】

なお、上記例は、複数のセンサによる観測計画の算出について説明してきたが、実施の形態 1 の方法は単数のセンサの場合にも同様に適用可能である。

【0107】

（実施の形態 2）

実施の形態 1 では、観測計画を基にセンサ群 1 へ制御指示を送信していたが、センサ群 1 に他目的で使用されるセンサが含まれる場合には、事前に使用計画を予告することで使用許可を申請し、申請結果を観測計画に反映するようにする。

50

【0108】

具体的には、外部への通知部或いは外部からの受信部として機能するセンサ制御部10から、制御指示を送信する以前（例えば、2週間前）に、通信ネットワークを介して観測計画をセンサ群1のユーザ端末等へ通知する。センサ群1（それらの管理者用端末を含む）から通信ネットワークを介して観測計画に対して対応不可、または条件付きで対応可能の応答があった場合は、センサ制御部10は、それを観測計画評価部40に伝達する。観測計画評価部40は、各センサの対応可否、条件等を付加し、観測計画評価値を再評価する。再評価した結果、閾値以下の場合は、観測計画算出部30へ観測評価結果、各センサの対応可否及び条件等を通知し、観測計画算出部30にて観測計画候補を算出及び更新する。このとき、基となる観測計画候補との差異が少なくなるよう調整する。これにより、事前に予告した他センサへの影響を少なくした上で観測計画に各期間の使用可否状況を反映することができる効果を奏する。

10

【0109】

なお、この発明は上記実施の形態に限定されず、種々の変更及び応用が可能である。

【0110】

例えば、上記実施の形態においては、観測対象を「重点監視対象」と「基本監視対象」の2つに分類したが、監視の対象を、監視の重要度に応じて、3段階以上に分類してもよい。分類の基準も上述の例に限定されるものではない。また、パラメータの選択の仕方、パラメータ毎の重み付けは、任意である。

20

【0111】

また、監視対象について監視優先度を設定したが、監視優先度の設定の仕方も任意である。

例えば、上記実施の形態では、重点監視対象の優先度を、（1）式に基づいて、イ）優先度を算出する「監視計画作成の基準日時」とイベントの発生予測時刻との時間差が小さいほど（イベントの発生予測時刻に近いほど）、優先度が高くなるように、ロ）監視対象目標の重要さ（属性毎に設定された重み）が大きいほど、優先度が高くなるように、ハ）イベントの重要さ（イベントの種類毎に設定された重み）が大きいほど、優先度が高くなるように、ニ）イベントが発生する確率が大きいほど、優先度が高くなるように、決定した。この発明は、これに限定されず、これらの要件の一部のみを使用することも可能である。また、優先度を決定するために他のパラメータを追加したり、重みを適宜変更してもかまわない。例えば、優先度を決定するために、宇宙飛翔物体である人工衛星の所有者或いは管理者に基づく重みを設定する等してもよい。

30

【0112】

また、基本監視対象の優先度を、（2）式に基づいて、イ）優先度を算出する監視計画作成の基準日時の予測精度達成期限までの残り時間（達成期限までの残り時間）が短くなるほど優先度が高くなるように、ロ）監視対象目標の重要さ（属性毎に設定された重み）が大きいほど、優先度が高くなるように、ハ）イベントの重要さ（イベントの種類毎に設定された重み）が大きいほど、優先度が高くなるように、決定した。この発明は、これに限定されず、これらの要件の一部のみを使用することも可能である。また、優先度を決定するために他のパラメータを追加したり、重みを適宜変更してもかまわない。例えば、優先度を決定するために、宇宙飛翔物体である人工衛星の所有者或いは管理者に基づく重みを設定する等してもよい。

40

【0113】

上記実施の形態においては、監視計画算出部20と観測計画算出部30等は、「算出」により監視計画と観測計画候補等をそれぞれ求めたが、算出は、演算・計算に限定されず、例えば、条件と解を予め求めてテーブル化しておき、条件によりテーブルを検索して解を求めるようなものも含むものである。

【0114】

宇宙飛翔物体監視装置100は専用のシステムによらず、通常のコンピュータシステムを用いて実現可能である。例えば、宇宙飛翔物体監視装置100の機能を実行するための

50

コンピュータプログラムを、コンピュータが読み取り可能な記録媒体（フレキシブルディスク、CD-ROM、DVD-ROMなど）に格納して配布し、該コンピュータプログラムをコンピュータにインストールすることにより、上述の処理を実行する宇宙飛行物体監視装置を構成してもよい。

【0115】

なお、各種機能を、OS（オペレーティングシステム）とアプリケーションプログラムとの分担、又はOSとアプリケーションプログラムとの協働により実現する場合には、アプリケーション部分のみを記憶部120に格納してもよい。また、記憶部120は、一台の装置で構成される必要はなく、複数台の装置から構成されるものであってもよい。

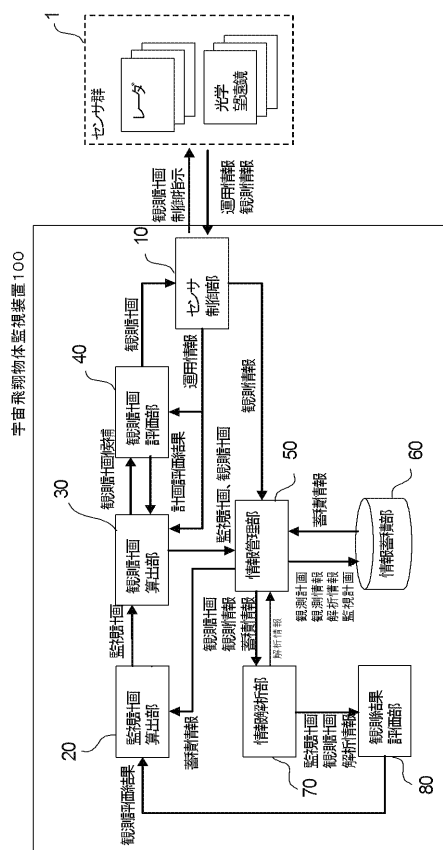
【符号の説明】

【0116】

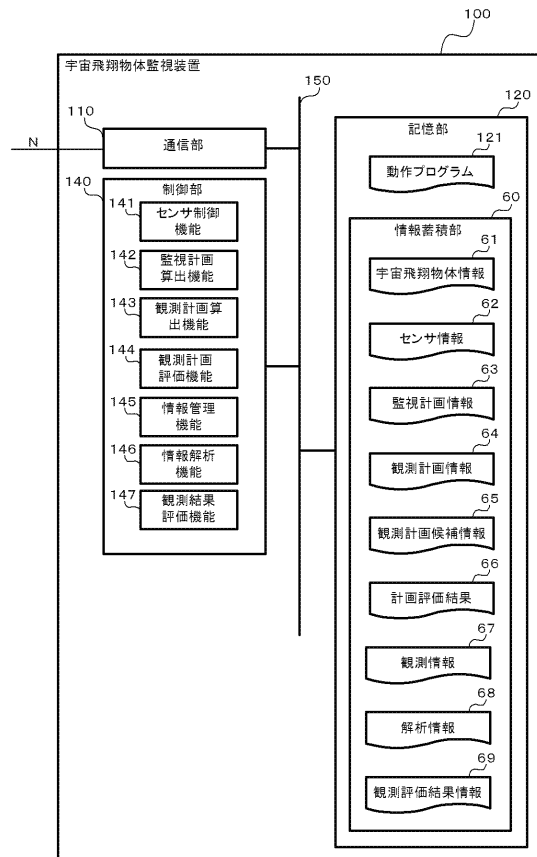
1. センサ群、10. センサ制御部、20. 監視計画算出部、30. 観測計画算出部、40. 観測計画評価部、50. 情報管理部、60. 情報蓄積部、70. 情報解析部、80. 観測結果評価部、100. 宇宙飛行物体監視装置。

10

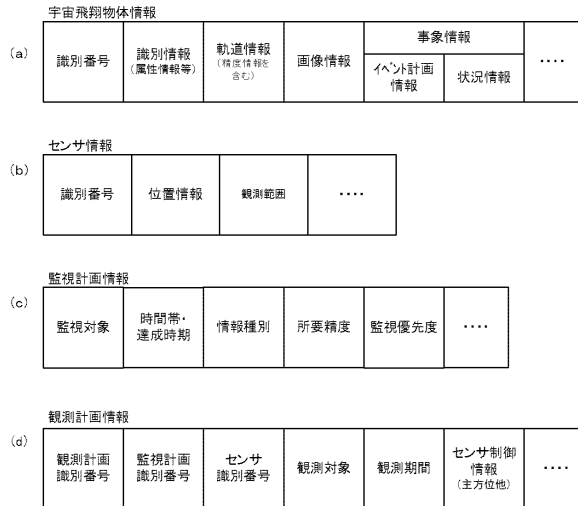
【図1】



【図2】



【図 3】



【図 5】

事象情報重みテーブル

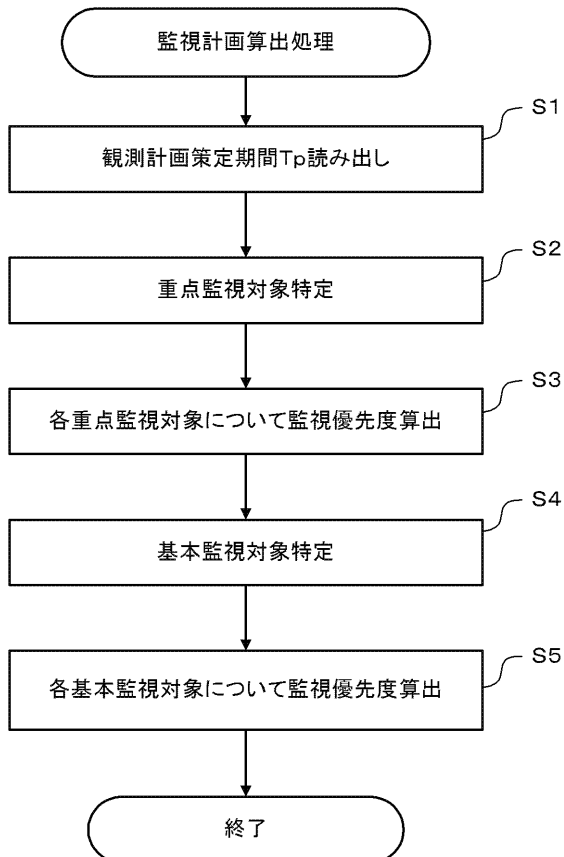
事象	重み W_s
打上げ計画有	1.0
接近可能性有	0.9
落下可能性有	0.8
軌道変更計画有	0.7
...	..

【図 4】

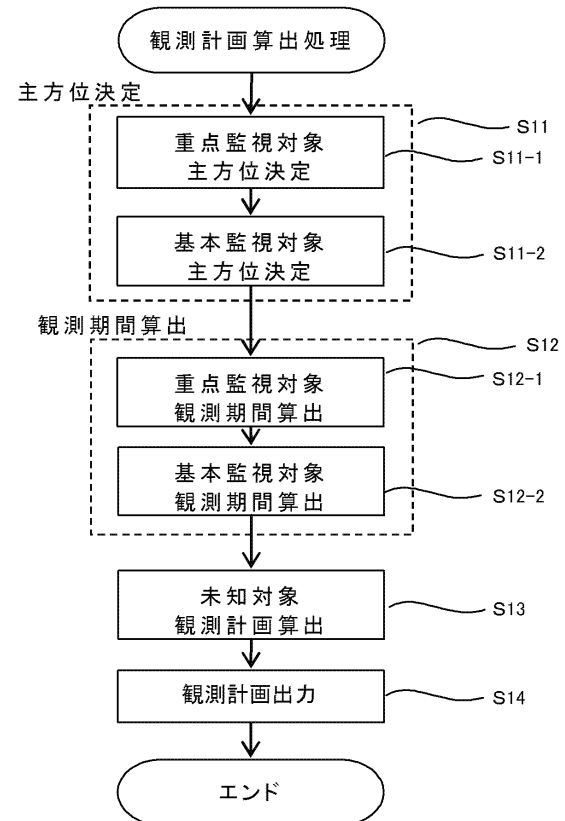
属性情報重みテーブル

属性情報の内容	重み W_i
保有衛星	1.0
関連機関保有衛星	0.9
...	..

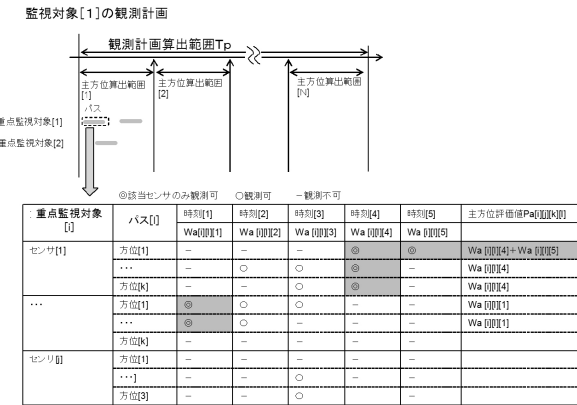
【図 6】



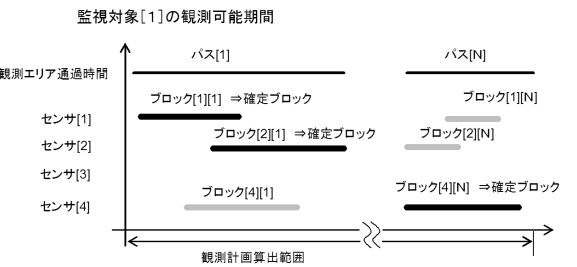
【図 7】



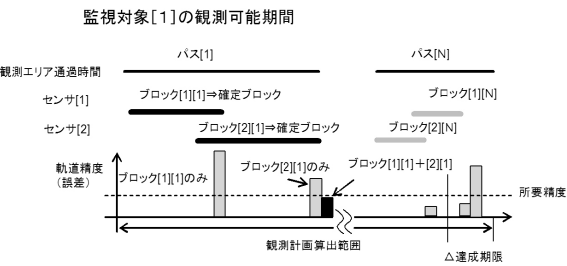
【図 8】



【図 9】



【図 10】



フロントページの続き

(72)発明者 中▲にし▼ めぐみ

東京都千代田区丸の内二丁目7番3号 三菱電機株式会社内

審査官 長谷井 雅昭

(56)参考文献 特開2004-272427 (JP, A)

特開2011-157030 (JP, A)

特開2010-208599 (JP, A)

特開2009-019984 (JP, A)

特開2015-202809 (JP, A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

B64G 3/00