

(12) 特許協力条約に基づいて公開された国際出願

(19) 世界知的所有権機関  
国際事務局

(43) 国際公開日  
2018年8月9日(09.08.2018)



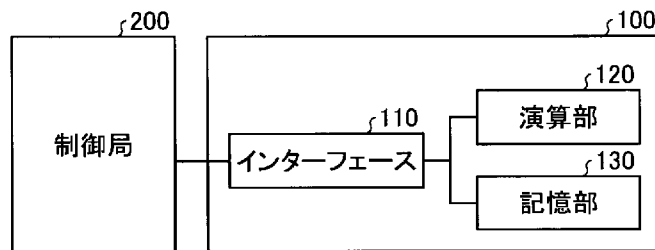
(10) 国際公開番号  
**WO 2018/142618 A1**

- (51) 国際特許分類:  
*H04B 7/155* (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2017/004240
- (22) 国際出願日: 2017年2月6日(06.02.2017)
- (25) 国際出願の言語: 日本語
- (26) 国際公開の言語: 日本語
- (71) 出願人:三菱電機株式会社(MITSUBISHI ELECTRIC CORPORATION) [JP/JP]; 〒1008310 東京都千代田区丸の内二丁目7番3号 Tokyo (JP).
- (72) 発明者:津崎 翔伍(TSUZAKI, Shogo); 〒1008310 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 Tokyo (JP). 元吉 克幸(MOTOYOSHI, Katsuyuki); 〒1008310 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 Tokyo (JP). 谷 重紀(TANI, Shigenori); 〒1008310 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 Tokyo (JP).
- (74) 代理人:高村 順(TAKAMURA, Jun); 〒1000013 東京都千代田区霞が関3丁目8番1号 虎の門三井ビルディング 特許業務法人酒井国際特許事務所 Tokyo (JP).
- (81) 指定国(表示のない限り、全ての種類の国内保護が可能): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JP, KE, KG, KH, KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.
- (84) 指定国(表示のない限り、全ての種類の広域保護が可能): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ,

(54) Title: SCHEDULER DEVICE AND SCHEDULING METHOD

(54) 発明の名称: スケジューラ装置およびスケジューリング方法

[図2]



110... INTERFACE  
 120... ARITHMETIC UNIT  
 130... STORAGE UNIT  
 200... CONTROL STATION

(57) **Abstract:** The present invention is provided with: an arithmetic unit (120) for determining, on the basis of a time needed for switching from a first orbiting satellite toward which a ground station is currently oriented to a second orbiting satellite candidate that is a candidate for a second orbiting satellite toward which the ground station is to be oriented next from the first orbiting satellite, an estimated future throughput between the ground station and the first orbiting satellite, and an estimated future throughput between the ground station and the second orbiting satellite candidate, the second orbiting satellite and a switch timing at which the ground station switches an orientation destination from the first orbiting satellite to the second orbiting satellite; and an interface (110) for transmitting information that pertains to the second orbiting satellite and the switch timing determined by the arithmetic unit (120).



WO 2018/142618 A1

TM), ヨーロッパ (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

添付公開書類：

- 一 国際調査報告（条約第21条(3)）

---

(57) 要約：地上局が現在指向している周回衛星である第1の周回衛星から次に指向する周回衛星である第2の周回衛星の候補の周回衛星である第2の周回衛星候補への切り替えに要する時間、地上局と第1の周回衛星との間の将来の想定スループット、および地上局と第2の周回衛星候補との間の将来の想定スループットに基づいて、第2の周回衛星、および地上局が指向先を第1の周回衛星から第2の周回衛星に切り替える切り替えタイミングを決定する演算部（120）と、演算部（120）で決定された第2の周回衛星および切り替えタイミングの情報を送信するインターフェース（110）と、を備える。

## 明 細 書

**発明の名称**：スケジューラ装置およびスケジューリング方法

### 技術分野

[0001] 本発明は、複数の衛星と通信を行う地上局について指向する衛星を決定するスケジューラ装置およびスケジューリング方法に関する。

### 背景技術

[0002] 地球周回軌道では、地球上の通信端末と通信を行う通信衛星の他、SAR (Synthetic Aperture Radar) または光学レンズなどにより地表を撮影する地球観測衛星が運用されている。運用される周回衛星の機数が少ない場合、地上局は、可視範囲を通過する周回衛星を追従すなわちトラッキングし続けることで、周回衛星との間のフィーダリンクを確立できる。しかしながら、通信需要の増加に伴って通信衛星すなわち周回衛星の運用機数が増加した場合、地上局の可視範囲を複数の周回衛星が周回する可能性があり、前述のような地上局の運用方法は困難となる。コストおよび建設場所の観点から、周回衛星の運用機数分の地上局を建設することは好ましくなく、少ない地上局で効率的に周回衛星をトラッキングすることが望まれている。

[0003] 特許文献1には、複数の準天頂衛星から構成される衛星通信システムにおいて、各衛星の座標からトラッキングする衛星の切り替えに要する時間を導き、地上局の不稼働時間が最少となるように、トラッキングする衛星を選択する技術が開示されている。

### 先行技術文献

#### 特許文献

[0004] 特許文献1：特開2004-140721号公報

### 発明の概要

#### 発明が解決しようとする課題

[0005] しかしながら、上記従来技術によれば、トラッキング中の衛星とトラッキング切り替え先候補の衛星との離角のみを指標として、地上局が次にトラ

ッキングする衛星を決定している。そのため、運用中の衛星が、降雨減衰量が大きい低仰角を周回する時間が準天頂衛星より長いLEO (Low Earth Orbit) 周回衛星の場合、トラッキングする衛星を切り替えても地上局のスループットが改善しない場合がある、という問題があった。

[0006] 本発明は、上記に鑑みてなされたものであって、地上局を効率的に運用することが可能なスケジューラ装置を得ることを目的とする。

### 課題を解決するための手段

[0007] 上述した課題を解決し、目的を達成するために、スケジューラ装置は、地上局が現在指向している周回衛星である第1の周回衛星から次に指向する周回衛星である第2の周回衛星の候補の周回衛星である第2の周回衛星候補への切り替えに要する時間、地上局と第1の周回衛星との間の将来の想定スループット、および地上局と第2の周回衛星候補との間の将来の想定スループットに基づいて、第2の周回衛星、および地上局が指向先を第1の周回衛星から第2の周回衛星に切り替える切り替えタイミングを決定する演算部を備える。また、スケジューラ装置は、演算部で決定された第2の周回衛星および切り替えタイミングの情報を送信するインターフェースと、を備えることを特徴とする。

### 発明の効果

[0008] 本発明にかかるスケジューラ装置は、地上局を効率的に運用することができる、という効果を奏する。

### 図面の簡単な説明

[0009] [図1]スケジューラ装置を適用して構成される衛星システムの例を示す模式図

[図2]スケジューラ装置の構成例を示すブロック図

[図3]衛星の構成例を示すブロック図

[図4]スケジューラ装置が、地上局が指向先の衛星を切り替える場合に次の指向先となる衛星を決定し、地上局が指向先の衛星を切り替えるタイミングを決定する処理の一例を示すフローチャート

[図5]スケジューラ装置の演算部が導出した、地上局が現在指向している衛星

を指向し続けた場合の想定スループットの例を示す図

[図6]スケジューラ装置の演算部が導出した、地上局から見た現在指向している衛星と選択した衛星との離角の例を示す図

[図7]スケジューラ装置の演算部が導出した、地上局が選択した衛星を指向した場合の想定スループットの例を示す図

[図8]スケジューラ装置の演算部が地上局の指向先の衛星の切り替えタイミングを導出する方法を示した模式図

[図9]スケジューラ装置が、地上局の次の指向先の衛星および指向先の衛星を切り替えるタイミングを決定する処理において送受信される信号を示すシーケンス図

[図10]スケジューラ装置の処理回路をCPUおよびメモリで構成する場合の例を示す図

[図11]スケジューラ装置の処理回路を専用のハードウェアで構成する場合の例を示す図

### 発明を実施するための形態

[0010] 以下に、本発明の実施の形態にかかるスケジューラ装置およびスケジューリング方法を図面に基づいて詳細に説明する。なお、この実施の形態によりこの発明が限定されるものではない。

[0011] 実施の形態.

図1は、本発明の実施の形態にかかるスケジューラ装置100を適用して構成される衛星システム700の例を示す模式図である。衛星システム700は、スケジューラ装置100と、制御局200と、地上局300と、衛星400-1~400-Nと、を備える。Nは2以上の自然数である。衛星400-1~400-Nは、通信サービスを提供する通信衛星、地球を観測する光学衛星、またはSAR衛星などの人工衛星である。また、衛星400-1~400-Nは、衛星軌道500-1, 500-2のいずれかの軌道上を周回している周回衛星である。図1では、衛星400-1~400-Nのうち、地上局300からビーム600で照射された衛星400-1が、地上局

300へデータを送信することができる。以降の説明において、衛星400-1~400-Nを区別しない場合は衛星400と称し、衛星軌道500-1, 500-2を区別しない場合は衛星軌道500と称することがある。

[0012] 図1に示す衛星システム700では、地上局300、制御局200、およびスケジューラ装置100を別々の装置としているが一例であり、1つの装置で実現してもよい。図1に示す衛星システム700の構成は一例であり、衛星400の数、衛星軌道500の数、および地上局300の数については、図1に示す構成に限定されるものではない。衛星システム700は、例えば、静止軌道上にデータ中継衛星を備え、データ中継衛星が衛星400から送信されたデータ信号を中継して地上局300へ送信する構成であってもよい。

[0013] 図2は、本実施の形態にかかるスケジューラ装置100の構成例を示すブロック図である。スケジューラ装置100は、スケジューラ装置100の外部に存在する制御局200と情報の送受信を行うインターフェース110と、地上局300が指向する衛星400を決定する演算部120と、情報を記憶する記憶部130と、を備える。スケジューラ装置100は、衛星システム700において、地上局300の指向先の衛星400、すなわち地上局300が通信を行う衛星400を決定する。

[0014] 制御局200は、地上局300および衛星400の制御を行う。制御局200は、スケジューラ装置100が出力するスケジューリング情報などの制御情報を、地上局300および衛星400へ送信する。

[0015] 図3は、本実施の形態にかかる衛星400-1の構成例を示すブロック図である。衛星400-1~400-Nは同様の構成のため、衛星400-1を例にして説明する。衛星400-1は、地上局300または図示しない地表の端末から信号を受信する受信アンテナ401-1~401-4と、地上局300または図示しない地表の端末へ信号を送信する送信アンテナ402-1~402-4と、衛星400-1の内部状態を示すテレメトリ信号を送信するテレメトリ信号送信アンテナ403と、を備える。また、衛星400

－ 1 は、送信アンテナ 402-1～402-4 から送信する信号の位相を調節する位相器 404-1～404-4 と、受信アンテナ 401-1～401-4 と送信アンテナ 402-1～402-4 との間で信号を中継する中継器 405 と、テレメトリ信号を生成するテレメトリ信号生成部 406 と、を備える。また、衛星 400-1 は、受信アンテナ 401-1～401-4 で受信した信号を一時的に保存するバッファ 407 と、中継器 405 および位相器 404-1～404-4 を制御する制御部 408 と、を備える。以降の説明において、受信アンテナ 401-1～401-4 を区別しない場合は受信アンテナ 401 と称し、送信アンテナ 402-1～402-4 を区別しない場合は送信アンテナ 402 と称し、位相器 404-1～404-4 を区別しない場合は位相器 404 と称することがある。

[0016] 衛星 400-1 において、中継器 405 は、フィルタ、アンプ、分波器、スイッチ、合波器などを備える構成である。中継器 405 は、前述のフィルタなどに加え、さらに変調器および復調器を備え、再生中継を可能にする構成であってもよい。中継器 405 は、既存の衛星搭載中継器である。また、衛星 400-1 において、バッファ 407 は必須の構成ではない。例えば、衛星 400-1 が通信衛星であって、受信アンテナ 401 で受信した信号を保存する必要性が無い場合、衛星 400-1 は、受信アンテナ 401 と中継器 405 とを直接接続する構成であってもよい。本実施の形態では、衛星 400-1 がバッファ 407 を備える場合を例にして説明する。なお、衛星システム 700 において、衛星 400 と地上局 300 との間、および衛星 400 とデータ中継衛星との間は光回線でもよく、光回線および無線回線の両方を含む構成であってもよい。各装置の構成は各装置間の回線の形態によって変わってくるが、本実施の形態では、各装置間の回線の形態は特に限定されない。

[0017] 衛星 400-1 において、送信アンテナ 402 はフェーズドアレイアンテナである。衛星 400-1 は、位相器 404 が送信アンテナ 402 から送信する信号の位相を制御することで、送信アンテナ 402 すなわちフェーズド

アレイアンテナから送信する信号の照射方向を変更することが可能である。なお、衛星400-1は、送信アンテナ402すなわちフェーズドアレイアンテナおよび位相器404に代えて、通常のアンテナおよび可動式の反射鏡を備え、反射鏡の向きを変えることで通常のアンテナから送信される信号の照射方向を変更する構成であってもよい。

[0018] 制御部408は、地上局300から送信される制御信号、例えば、送信アンテナ402から送信する信号の照射方向などを指示する制御信号に従って、位相器404を制御して送信する信号の照射方向を変更する。

[0019] テレメトリ信号生成部406は、衛星400-1の内部情報として、例えば、バッファ407に蓄積されているデータの量を示すデータ蓄積量の情報を生成する。テレメトリ信号生成部406は、生成した衛星400-1の内部情報を含むテレメトリ信号を、テレメトリ信号送信アンテナ403から地上局300へ送信する。なお、テレメトリ信号生成部406は、内部情報として、バッファ407に蓄積されているデータの種別を示すデータ種別の情報を生成し、データ種別の情報をテレメトリ信号に含めて送信してもよい。また、テレメトリ信号生成部406は、データ蓄積量およびデータ種別の2つの情報をテレメトリ信号に含めて送信してもよい。

[0020] スケジューラ装置100は、衛星400から送信され、地上局300および制御局200経由で取得したテレメトリ信号に含まれるバッファ407のデータ蓄積量、あらかじめ記憶部130に保存されている全ての衛星400の座標データ、などに基づいて、地上局300が指向する衛星400を決定する装置である。本実施の形態では、スケジューラ装置100は、地上局300が衛星400から受信するデータのスループットが最大となるように、地上局300の指向先の衛星400、および地上局300が指向先の衛星400を切り替えるタイミングを決定する。スケジューラ装置100は、地上局300の指向先の衛星400、および地上局300が指向先の衛星400を切り替える切り替えタイミングを含む制御信号を生成し、地上局300へ送信する。地上局300は、自局で受信した制御信号を使用するとともに、

制御信号を衛星400へ送信する。

[0021] なお、スケジューラ装置100は、衛星400の座標データについては予め記憶部130に保存していなくてもよい。例えば、衛星400がテレメトリ信号に自身の座標データを含んで定期的に地上局300に送信している場合、スケジューラ装置100は、制御局200を介して地上局300からテレメトリ信号を取得し、テレメトリ信号から衛星400の座標データを取得してもよい。スケジューラ装置100が衛星400の座標データを得る方法については、これらに限定されるものではなく、実装に合わせて適切な形式とすればよい。

[0022] また、地上局300の指向先の衛星400を示す制御信号の構成については、衛星400の位相器404を制御するための制御信号、衛星400の反射鏡の向きを制御するための制御信号などをふまえて、衛星400の構成に応じて適切な形式とすればよい。

[0023] つづいて、スケジューラ装置100の動作について説明する。図4は、本実施の形態にかかるスケジューラ装置100が、地上局300が指向先の衛星400を切り替える場合に次の指向先となる衛星400を決定し、地上局300が指向先の衛星400を切り替えるタイミングを決定する処理の一例を示すフローチャートである。図4に示すフローチャートは一例であり、スケジューラ装置100は、同等の処理結果が得られる範囲において異なる順序で各処理を行うようにしてもよい。

[0024] スケジューラ装置100において、まず、演算部120は、記憶部130から予め記憶されている衛星400-1~400-Mの位置情報を取得する(ステップS1001)。演算部120は、前述のように、地上局300からテレメトリ信号を取得し、テレメトリ信号から衛星400-1~400-Mの位置情報を取得してもよい。ここで、Mは、地上局300において衛星400-1が可視範囲から外れるまでの間に、地上局300の可視範囲を周回する衛星400の数がM-1となる、2以上N以下の自然数である。ここでは説明を簡単にするため、衛星システム700が備える衛星400-1~

400-Nのうち、地上局300において衛星400-1が可視範囲から外れるまでの間に地上局300の可視範囲を周回する衛星400は、衛星400-2~400-Mであるとする。なお、衛星400-1を第1の周回衛星とし、衛星400-2~400-Mを第2の周回衛星候補とし、衛星400-2~400-Mのうち地上局300が衛星400-1の次に指向する衛星400を第2の周回衛星とする。

[0025] 衛星400が光学衛星またはSAR衛星などの観測衛星であって観測データを一時的に保存するバッファ407を有している場合、地上局300は、衛星400-1~400-Mから受信したテレメトリ信号によって、衛星400-1~400-Mのバッファ407のデータ蓄積量の情報を保存している。演算部120は、地上局300から、衛星400-1~400-Mにおけるバッファ407のデータ蓄積量を取得する（ステップS1002）。

[0026] 演算部120は、地上局300における降雨減衰量を取得する（ステップS1003）。演算部120が降雨減衰量を取得する方法には様々な方法がある。演算部120は、例えば、予め記憶部130に保存されている地上局300周辺の降雨量の情報と、衛星400-1を指向している地上局300の仰角とに基づいて降雨減衰量を導出してもよいし、衛星400-1から地上局300へ送信される降雨状態を通知するためのパイロット信号によって降雨減衰量を導出してもよい。

[0027] 演算部120は、ステップS1001で取得した衛星400-1の位置情報、およびステップS1003で取得した地上局300における降雨減衰量に基づいて、地上局300において現在指向している衛星400-1が可視範囲から外れるまで指向し続けた場合の想定スループットを導出する（ステップS1004）。

[0028] 図5は、本実施の形態にかかるスケジューラ装置100の演算部120が導出した、地上局300が現在指向している衛星400-1を指向し続けた場合の想定スループットの例を示す図である。図5において、横軸は時間を示し、縦軸はスループットの大きさを示す。演算部120において、地上局

300が衛星400-1を指向し続けた場合の想定スループットを導出する期間は、現在時刻から、衛星400-1が地上局300の可視範囲から外れるまでの時刻とする。演算部120は、導出した想定スループットを記憶部130に保存する。

[0029] 演算部120は、地上局300が現在指向している衛星400-1から他の衛星400、ここでは衛星400-2~400-Mのいずれかに指向先を切り替えるタイミングを決定するループ1(L1)の処理を行う。ループ1は、演算部120が、衛星400-1が地上局300の可視範囲から外れるまでに地上局300の可視範囲を通過する衛星400の数、ここではM-1回繰り返し行う処理である。

[0030] 演算部120は、ループ1の処理の開始にあたって、衛星400-2~衛星400-Mから1つの衛星400-mを選択する。mは2以上M以下の自然数である。演算部120は、地上局300から見た衛星400-1と選択した衛星400-mとの離角を導出する(ステップS1005)。

[0031] 図6は、本実施の形態にかかるスケジューラ装置100の演算部120が導出した、地上局300から見た現在指向している衛星400-1と選択した衛星400-mとの離角の例を示す図である。図6において、横軸は時間を示し、縦軸は地上局300から見た衛星400-1と衛星400-mとの離角の大きさを示す。図6において、離角が極小となる時刻は、衛星400-1と衛星400-mとが最接近する時刻であることを意味している。離角が極小となる時刻は、地上局300が衛星400-1から衛星400-mに指向先を変える際、指向先の切り替えに要する時間が最短となる時刻となる。演算部120は、導出した離角を記憶部130に保存する。なお、演算部120は、離角を求める場合、予め記憶部130に保存されている衛星400-1~400-Mの位置情報を用いてもよいし、テレメトリ信号に含まれる衛星400-1~400-Mの位置情報を用いてもよい。

[0032] 演算部120は、衛星400-mの位置情報、位置情報より得られる地上局300の仰角、および地上局300の降雨減衰量に基づいて、地上局300

0において衛星400-mを指向した場合の想定スループットを導出する（ステップS1006）。

[0033] 図7は、本実施の形態にかかるスケジューラ装置100の演算部120が導出した、地上局300が選択した衛星400-mを指向した場合の想定スループットの例を示す図である。演算部120は、導出した想定スループットを記憶部130に保存する。なお、現在地上局300が指向しているのは衛星400-1であるため、地上局300は、衛星400-mから直接降雨状態を通知するパイロット信号を受信することができない。そのため、演算部120は、地上局300が衛星400-mを指向した場合の降雨減衰量について、地上局300が衛星400-1から受信したパイロット信号に含まれる降雨状態、および衛星400-1と衛星400-mとの離角から求めてもよいし、予め記憶部130に保存されている降雨情報、および衛星400-1と衛星400-mとの離角から求めてもよい。

[0034] 演算部120は、ステップS1004で導出した地上局300が衛星400-1を指向し続けた場合の想定スループット、ステップS1005で導出した衛星400-1と衛星400-mとの離角、および、ステップS1006で導出した地上局300が衛星400-mを指向した場合の想定スループットに基づいて、地上局300のスループットが最大となる指向先の衛星400を切り替えるタイミングを導出する（ステップS1007）。演算部120は、指向先の衛星400の切り替えタイミングについて、例えば、ステップS1004で導出した地上局300が衛星400-1を指向し続けた場合の想定スループットの時間積分値、およびステップS1006で導出した地上局300が衛星400-mを指向した場合の想定スループットの時間積分値の合計値が最大となるタイミングとする。このように、演算部120は、地上局300が指向先を切り替える切り替えタイミングを決定する場合、最終的に地上局300が受信可能なデータ量を見積もった上で、地上局300においてスループットが最も得られるタイミングとする。

[0035] 図8は、本実施の形態にかかるスケジューラ装置100の演算部120が

地上局300の指向先の衛星の切り替えタイミングを導出する方法を示した模式図である。図8において、太線部は地上局300が衛星400-1および衛星400-mから得られるスループットを示し、太線部の時間積分値は地上局300が衛星400-1および衛星400-mから受信するデータ容量の合計値を示している。また、図8の太線部において地上局300のスループットが0となる時間は、地上局300が衛星400-1から衛星400-mへの切り替えに要する時間であることを示している。地上局300は、切り替えに要する時間では、衛星400-1および衛星400-mのいずれからもデータを受信することができない。演算部120は、例えば、考えられる全ての切り替えタイミングについてスループットの時間積分値を総当りに導出し、その中からスループットの時間積分値が最大となるタイミングを選択して指向先の切り替えタイミングとして導出できるが、この方法に限定されるものではない。なお、演算部120は、切り替えに要する時間については、ステップS1005で導出した離角、すなわち衛星400-1および衛星400-mの位置情報によって決定することができる。

[0036] 演算部120は、選択した衛星400-mについてステップS1005～ステップS1007までの処理が終了すると、衛星400-2～衛星400-Mから未選択の衛星400-mを選択する。演算部120は、地上局300が次に指向する全ての衛星400の候補、すなわち衛星400-2～衛星400-Mに対してループ1の処理を行う。演算部120は、衛星400-2～衛星400-M毎に、地上局300のスループットが最大となる切り替えタイミング、および切り替えタイミングで指向先の衛星400を切り替えた場合に得られる最大スループットを導出する。

[0037] 衛星400-2～衛星400-Mに対するループ1の処理が終了すると、演算部120は、ループ1の処理で得られた次の指向先の衛星400の候補、すなわち衛星400-2～400-M毎の切り替えタイミングおよび最大スループットに基づいて、衛星400-2～400-Mの中から、地上局300が衛星400-1から指向先を切り替える切り替え先の衛星400を決

定する（ステップS1008）。

[0038] すなわち、演算部120は、ループ1およびステップS1008の処理において、地上局300が衛星400-1から衛星400-2~400-Mへの切り替えに要する時間、地上局300と衛星400-1との間の将来の想定スループット、および地上局300と衛星400-2~400-Mとの間の将来の想定スループットに基づいて、地上局300が衛星400-1の次に指向する衛星400、および地上局300が指向先を衛星400-1から次に指向する衛星400に切り替える切り替えタイミングを決定する。

[0039] 演算部120は、様々な方法によって、次の指向先の衛星400および切り替えタイミングを決定することができる。演算部120は、例えば、単純に最もスループットが大きくなる衛星400およびその衛星400への切り替えタイミングを選択してもよい。また、演算部120は、ステップS1002で取得した衛星400毎のバッファ407のデータ蓄積量に基づいて、データ蓄積量が最大の衛星400を次の指向先の衛星400として選択してもよい。演算部120は、各衛星400のバッファ407のデータ蓄積量を考慮した上で指向する衛星400を決定する。また、演算部120は、テレメトリ信号にデータ種別の情報が含まれ、データ種別に応じて優先度がクラス分けされている場合、データ種別に基づいて、優先度の高いデータを中継している衛星400を次の指向先の衛星400として選択してもよい。演算部120は、各衛星400のバッファ407に蓄積されているデータの優先度を考慮した上で指向する衛星400を決定する。また、演算部120は、前述のスループットの大きさ、データ蓄積量、およびデータ種別の複数の要素を用いて、地上局300が次に指向する衛星400を選択してもよい。

[0040] 演算部120は、ステップS1008で選択した地上局300の次の指向先の衛星400および次の指向先の衛星400への切り替えタイミングを含む制御信号を生成する（ステップS1009）。ここで、制御信号とは、例えば、衛星400および地上局300の照射角度などを指示する信号である。制御信号の形式は、衛星400および地上局300の構造によって様々な

形式となる。演算部120は、地上局300の次の指向先の衛星400および切り替えタイミングの情報について、衛星400および地上局300が指向するビームの方向を時間ごとに定める制御情報の形式で生成することができる。

[0041] そして、インターフェース110は、ステップS1009において演算部120で生成された制御信号を、地上局300および衛星400-1~400-Mへ送信する(ステップS1010)。インターフェース110は、地上局300に対しては、地上回線などを通じて制御局200経由で制御信号を送信すればよい。また、インターフェース110は、衛星400-1に対する制御信号については、衛星400-1を指向している地上局300を介して送信してもよい。インターフェース110は、衛星400-2~400-Mに対する制御信号については、地上局300以外で衛星400-2~400-Mを指向する地上局が存在する場合、その地上局を介して送信してもよい。また、衛星システム700が図1において図示しないデータ中継衛星を含むネットワーク構成の場合、インターフェース110は、データ中継衛星を経由して衛星400-2~衛星400-Mに制御信号を送信すればよい。インターフェース110は、衛星システム700のネットワーク構成に応じて様々な方法で制御信号を送信することができる。なお、図4のフローチャートにおいて、演算部120の部分の処理を演算ステップ、インターフェース110の部分の処理を送信ステップとする。

[0042] 図9は、実施の形態1にかかるスケジューラ装置100が、地上局300の次の指向先の衛星400および指向先の衛星400を切り替えるタイミングを決定する処理において送受信される信号を示すシーケンス図である。図4に示すフローチャートの処理は、図9に示すシーケンス図に沿ってスケジューラ装置100が実行することが考えられるが、これに限定されるものではない。図9では、スケジューラ装置100は、位置情報および降雨減衰情報を取得した直後に、地上局300の次の指向先の衛星400および切り替えタイミングを決定して制御信号を生成しているが、任意の周期で地上局3

00の次の指向先の衛星400および切り替えタイミングを決定して制御信号を生成してもよい。

[0043] なお、演算部120は、上述した処理では地上局300が指向する衛星400の1つ先の切り替え先までしか考慮していないが、これに限定されるものではない。演算部120は、快晴などで降雨減衰量の時変動が少ない環境下の場合、地上局300が指向する衛星400の2つ先または3つ先の切り替え先までを考慮して、地上局300のスループットが最大となるように、切り替え先の衛星400および切り替えタイミングを決定してもよい。

[0044] 以上の説明では、地上局300が1つの場合について説明したが、衛星システム700としては、前述のように、複数の地上局300を備えることも可能である。衛星システム700が複数の地上局300を含むネットワークの形態の場合、演算部120は、衛星400から受信したパイロット信号に含まれる降雨状態の情報に基づいて、複数の地上局300における降雨減衰量を導出し、衛星400のデータの送信先の地上局300として降雨減衰量の少ない地上局300を決定してもよい。これにより、地上局300が複数基ある場合、衛星400は、降雨減衰量が少ない地上局300へデータを送信することができる。

[0045] つづいて、スケジューラ装置100のハードウェア構成について説明する。スケジューラ装置100において、インターフェース110はインターフェース回路などにより実現される。インターフェース回路は、例えば、ネットワークインターフェースカードである。記憶部130はメモリにより実現される。演算部120は処理回路により実現される。すなわち、スケジューラ装置100は、地上局300の次の指向先の衛星400および指向先の衛星400を切り替えるタイミングを決定するための処理回路を備える。処理回路は、メモリに格納されるプログラムを実行するCPU (Central Processing Unit) およびメモリであってもよいし、専用のハードウェアであってもよい。

[0046] 図10は、実施の形態1にかかるスケジューラ装置100の処理回路をC

PUおよびメモリで構成する場合の例を示す図である。ネットワークインターフェースカード91は、前述のインターフェース110を実現するものである。処理回路がCPU92およびメモリ93で構成される場合、スケジューラ装置100の処理回路の各機能は、ソフトウェア、ファームウェア、またはソフトウェアとファームウェアとの組み合わせにより実現される。ソフトウェアまたはファームウェアはプログラムとして記述され、メモリ93に格納される。処理回路では、メモリ93に記憶されたプログラムをCPU92が読み出して実行することにより、各機能を実現する。すなわち、スケジューラ装置100において、処理回路は、地上局300の次の指向先の衛星400および指向先の衛星400を切り替えるタイミングを決定することが結果的に実行されることになるプログラムを格納するためのメモリ93を備える。また、これらのプログラムは、スケジューラ装置100の手順および方法をコンピュータに実行させるものであるともいえる。ここで、CPU92は、処理装置、演算装置、マイクロプロセッサ、マイクロコンピュータ、プロセッサ、またはDSP (Digital Signal Processor) などであってもよい。また、メモリ93とは、例えば、RAM (Random Access Memory)、ROM (Read Only Memory)、フラッシュメモリ、EPROM (Erasable Programmable ROM)、EEPROM (Electrically EPROM) などの、不揮発性または揮発性の半導体メモリ、磁気ディスク、フレキシブルディスク、光ディスク、コンパクトディスク、ミニディスク、またはDVD (Digital Versatile Disc) などが該当する。メモリ93は、記憶部130を実現するメモリと共通であってよい。

[0047] 図11は、実施の形態1にかかるスケジューラ装置100の処置回路を専用のハードウェアで構成する場合の例を示す図である。処理回路が専用のハードウェアである場合、図11に示す処理回路94は、例えば、単回路、複合回路、プログラム化したプロセッサ、並列プログラム化したプロセッサ、ASIC (Application Specific Integrated Circuit)、FPGA (Field Programmable Gate Array)、またはこれらを組み合わせたものが該

当する。スケジューラ装置 100 の各機能を機能別に処理回路 94 で実現してもよいし、各機能をまとめて処理回路 94 で実現してもよい。

[0048] なお、スケジューラ装置 100 の各機能について、一部を専用のハードウェアで実現し、一部をソフトウェアまたはファームウェアで実現するようにしてもよい。このように、処理回路は、専用のハードウェア、ソフトウェア、ファームウェア、またはこれらの組み合わせによって、上述の各機能を実現することができる。

[0049] 以上説明したように、本実施の形態によれば、スケジューラ装置 100 では、演算部 120 が、衛星 400 の位置情報および地上局 300 における降雨減衰量に基づいて、地上局 300 のスループットが最大になるよう、地上局 300 が指向する次の衛星 400、および指向先を次の衛星 400 に切り替えるタイミングを決定することとした。これにより、複数の周回衛星から構成される衛星システム 700 において、地上局 300 を効率的に運用することができる。地上局 300 は、指向する衛星 400 との間で効率的に通信を行うことができる。

[0050] 以上の実施の形態に示した構成は、本発明の内容の一例を示すものであり、別の公知の技術と組み合わせることも可能であるし、本発明の要旨を逸脱しない範囲で、構成の一部を省略、変更することも可能である。

### 符号の説明

[0051] 100 スケジューラ装置、110 インターフェース、120 演算部、130 記憶部、200 制御局、300 地上局、400-1~400-N 衛星、500-1, 500-2 衛星軌道、600 ビーム、700 衛星システム。

## 請求の範囲

- [請求項1] 地上局が現在指向している周回衛星である第1の周回衛星から次に指向する周回衛星である第2の周回衛星の候補の周回衛星である第2の周回衛星候補への切り替えに要する時間、前記地上局と前記第1の周回衛星との間の将来の想定スループット、および前記地上局と前記第2の周回衛星候補との間の将来の想定スループットに基づいて、前記第2の周回衛星、および前記地上局が指向先を前記第1の周回衛星から前記第2の周回衛星に切り替える切り替えタイミングを決定する演算部と、
- 前記演算部で決定された前記第2の周回衛星および前記切り替えタイミングの情報を送信するインターフェースと、
- を備えることを特徴とするスケジューラ装置。
- [請求項2] 前記演算部は、前記地上局と前記周回衛星との間の将来の想定スループットを、前記周回衛星の位置情報、および前記地上局における前記周回衛星毎の降雨減衰量に基づいて決定する、
- ことを特徴とする請求項1に記載のスケジューラ装置。
- [請求項3] 前記演算部は、前記切り替えに要する時間を、前記第1の周回衛星の位置情報および前記第2の周回衛星候補の位置情報に基づいて決定する、
- ことを特徴とする請求項1または2に記載のスケジューラ装置。
- [請求項4] 前記インターフェースは、前記第2の周回衛星および前記切り替えタイミングの情報を、前記周回衛星および前記地上局が指向するビームの方向を時間ごとに定める制御情報として送信する、
- ことを特徴とする請求項1から3のいずれか1つに記載のスケジューラ装置。
- [請求項5] さらに、降雨量の情報を保存する記憶部を備え、
- 前記演算部は、前記降雨量の情報および前記地上局の前記周回衛星に対する仰角に基づいて、前記地上局における前記周回衛星毎の前記

降雨減衰量を導出する、

ことを特徴とする請求項2に記載のスケジューラ装置。

[請求項6]

前記演算部は、前記地上局が前記第1の周回衛星から受信したパイロット信号に含まれる降雨状態の情報、および前記地上局の前記周回衛星に対する仰角に基づいて、前記地上局における前記周回衛星毎の降雨減衰量を導出する、

ことを特徴とする請求項2に記載のスケジューラ装置。

[請求項7]

前記演算部は、前記地上局と前記第1の周回衛星との間の前記将来の想定スループットの時間積分値、および前記地上局と前記第2の周回衛星候補との間の前記将来の想定スループットの時間積分値に基づいて、前記切り替えタイミングを導出する、

ことを特徴とする請求項1から6のいずれか1つに記載のスケジューラ装置。

[請求項8]

前記演算部は、前記地上局と前記第1の周回衛星との間の前記将来の想定スループットの時間積分値、および前記地上局と前記第2の周回衛星候補との間の前記将来の想定スループットの時間積分値の合計値が最大となるタイミングを、前記切り替えタイミングとして導出する、

ことを特徴とする請求項7に記載のスケジューラ装置。

[請求項9]

前記演算部は、前記第2の周回衛星候補が送信したテレメトリ信号に含まれる、前記第2の周回衛星候補のバッファに蓄積されているデータの量を示すデータ蓄積量に基づいて、前記第2の周回衛星を決定する、

ことを特徴とする請求項8に記載のスケジューラ装置。

[請求項10]

前記演算部は、前記第2の周回衛星候補が送信したテレメトリ信号に含まれる、前記第2の周回衛星候補のバッファに蓄積されているデータの種別を示すデータ種別に基づいて、前記第2の周回衛星を決定する、

ことを特徴とする請求項 8 に記載のスケジューラ装置。

[請求項11]

前記演算部は、前記地上局と前記第 1 の周回衛星との間の前記将来の想定スループットの時間積分値、および前記地上局と前記第 2 の周回衛星候補との間の前記将来の想定スループットの時間積分値の最大合計値を前記第 2 の周回衛星候補毎に導出し、前記最大合計値が最大となる前記第 2 の周回衛星候補を、前記第 2 の周回衛星として決定する、

ことを特徴とする請求項 8 に記載のスケジューラ装置。

[請求項12]

複数の地上局を含むネットワークの形態において、

前記演算部は、前記周回衛星から受信したパイロット信号に含まれる降雨状態の情報に基づいて前記複数の地上局における降雨減衰量を導出し、前記周回衛星のデータの送信先の地上局として降雨減衰量の少ない地上局を決定する、

ことを特徴とする請求項 8 に記載のスケジューラ装置。

[請求項13]

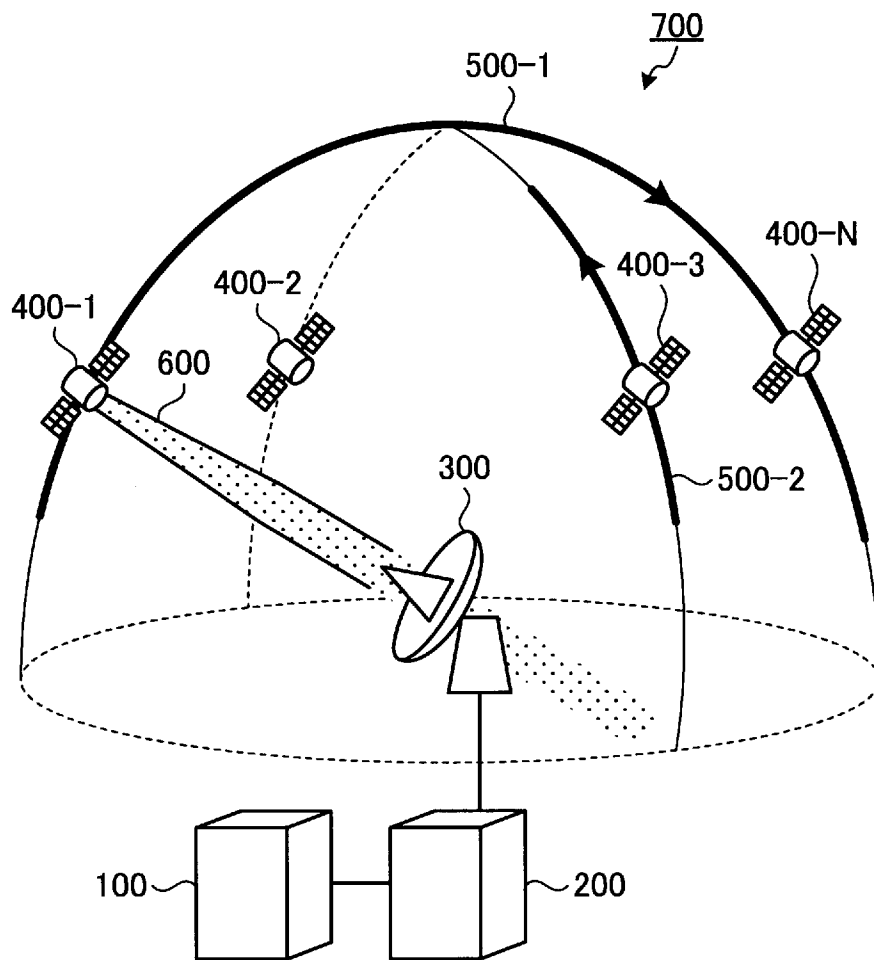
演算部が、

地上局が現在指向している周回衛星である第 1 の周回衛星から次に指向する周回衛星である第 2 の周回衛星の候補の周回衛星である第 2 の周回衛星候補への切り替えに要する時間、前記地上局と前記第 1 の周回衛星との間の将来の想定スループット、および前記地上局と前記第 2 の周回衛星候補との間の将来の想定スループットに基づいて、前記第 2 の周回衛星、および前記地上局が指向先を前記第 1 の周回衛星から前記第 2 の周回衛星に切り替える切り替えタイミングを決定する演算ステップと、

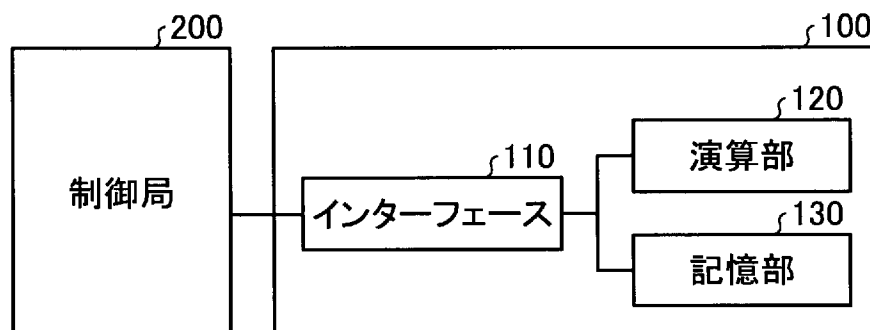
インターフェースが、前記演算ステップにおいて決定された前記第 2 の周回衛星および前記切り替えタイミングの情報を送信する送信ステップと、

を含むことを特徴とするスケジューリング方法。

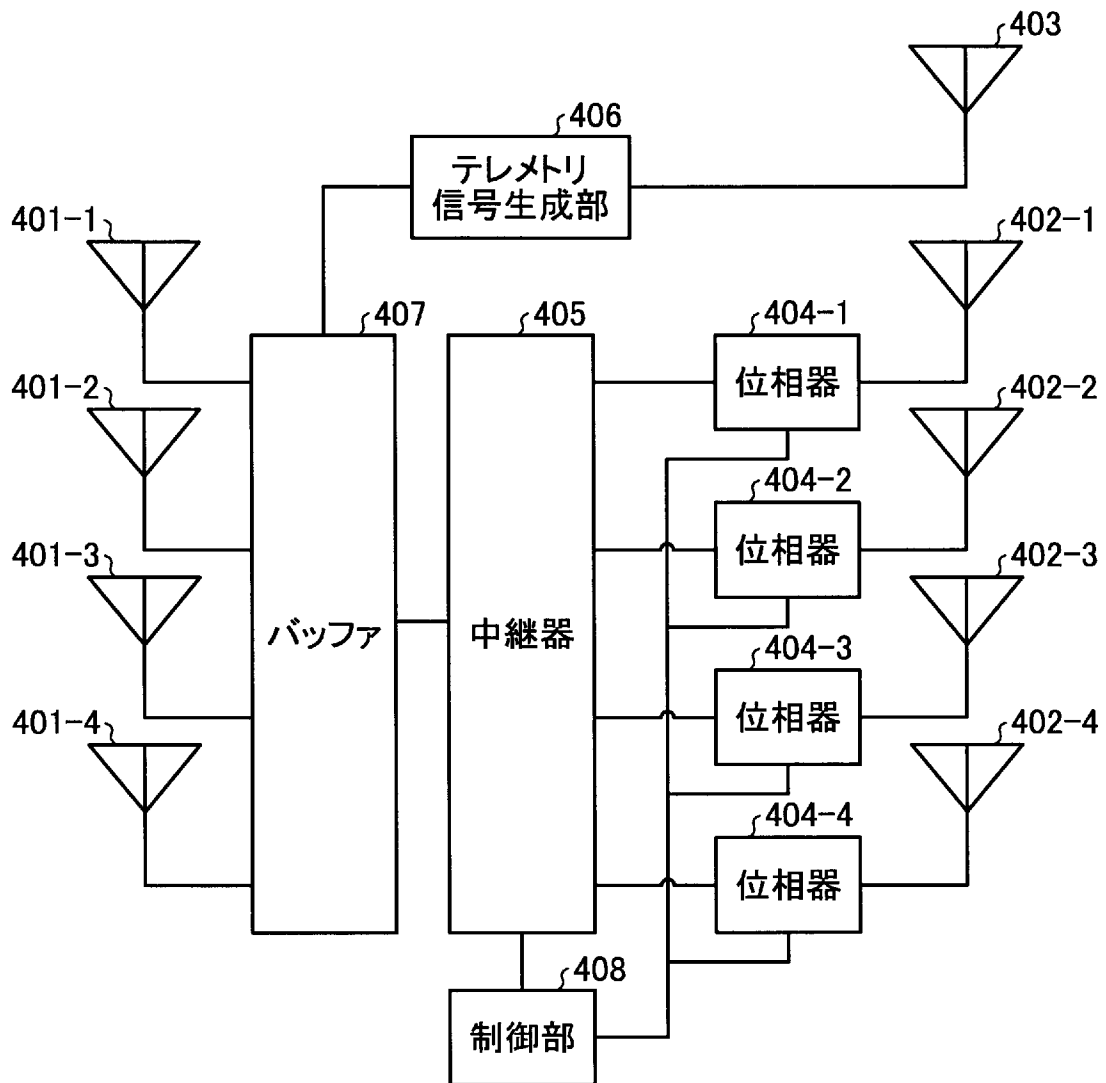
[図1]



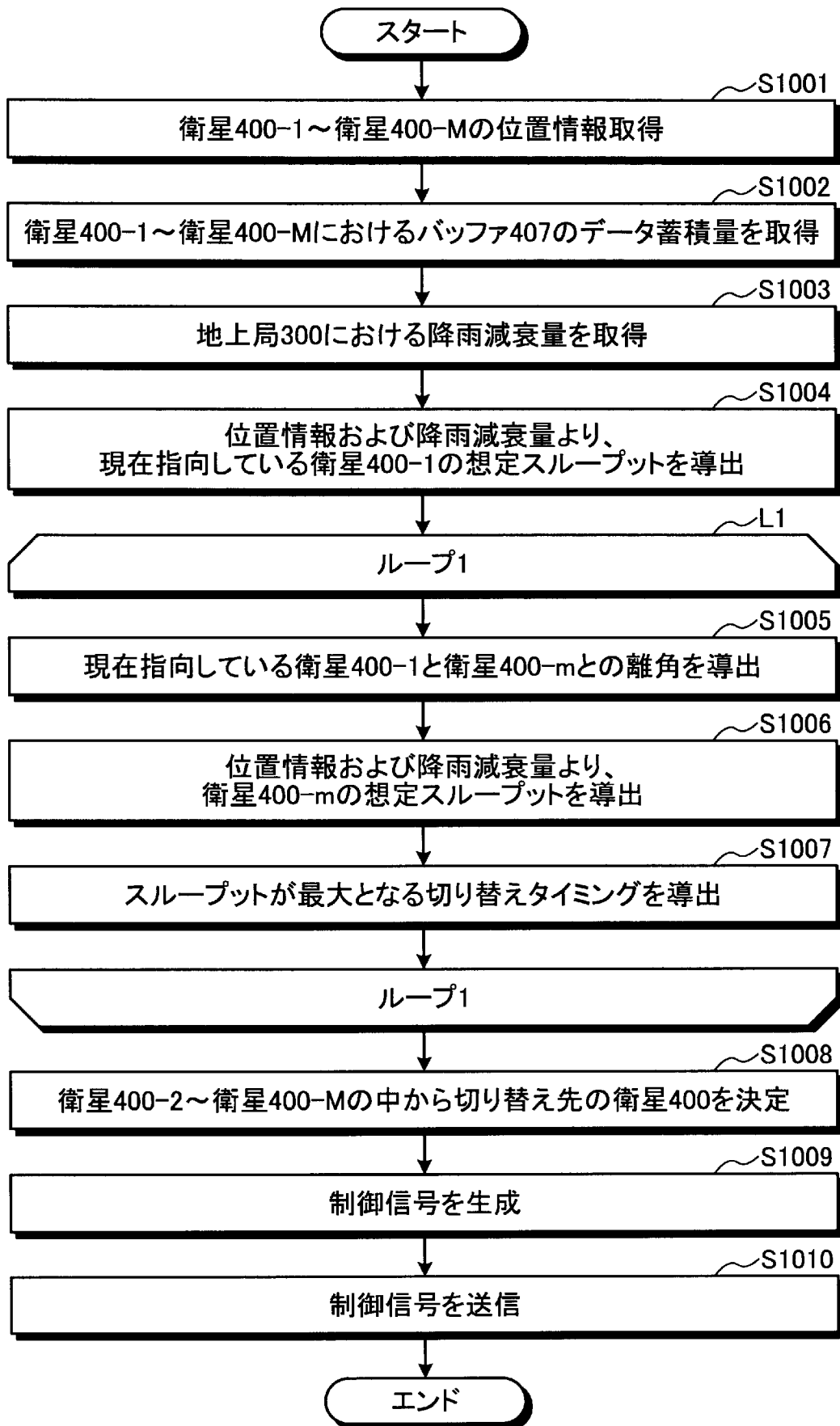
[図2]



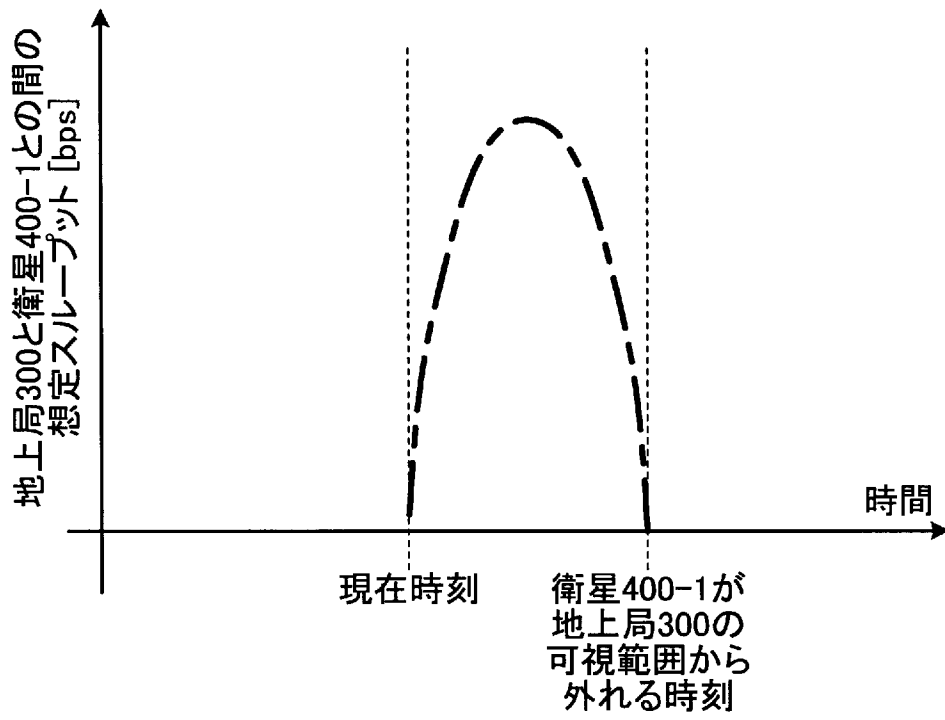
[図3]



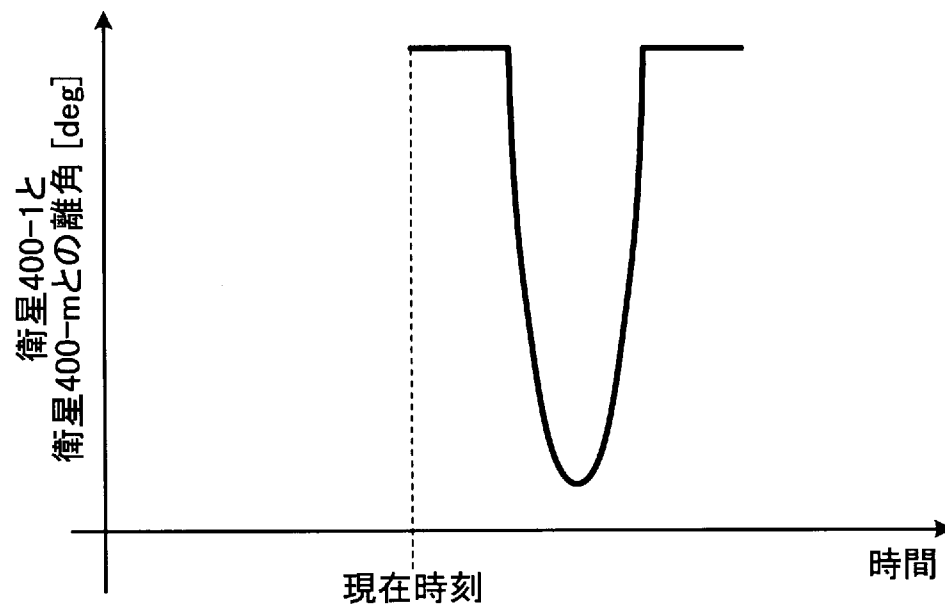
[図4]



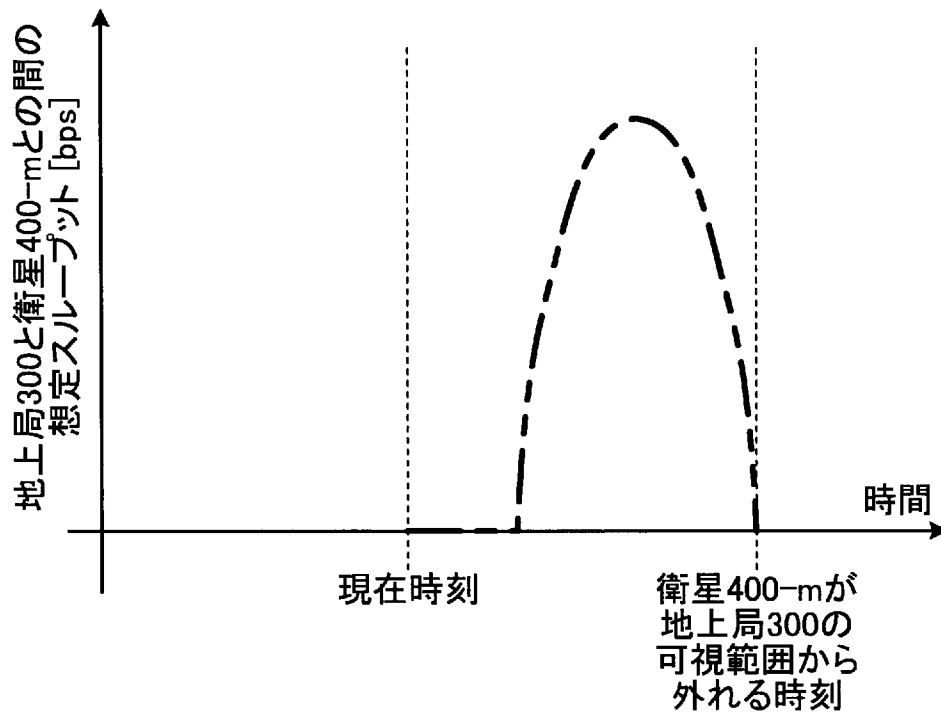
[図5]



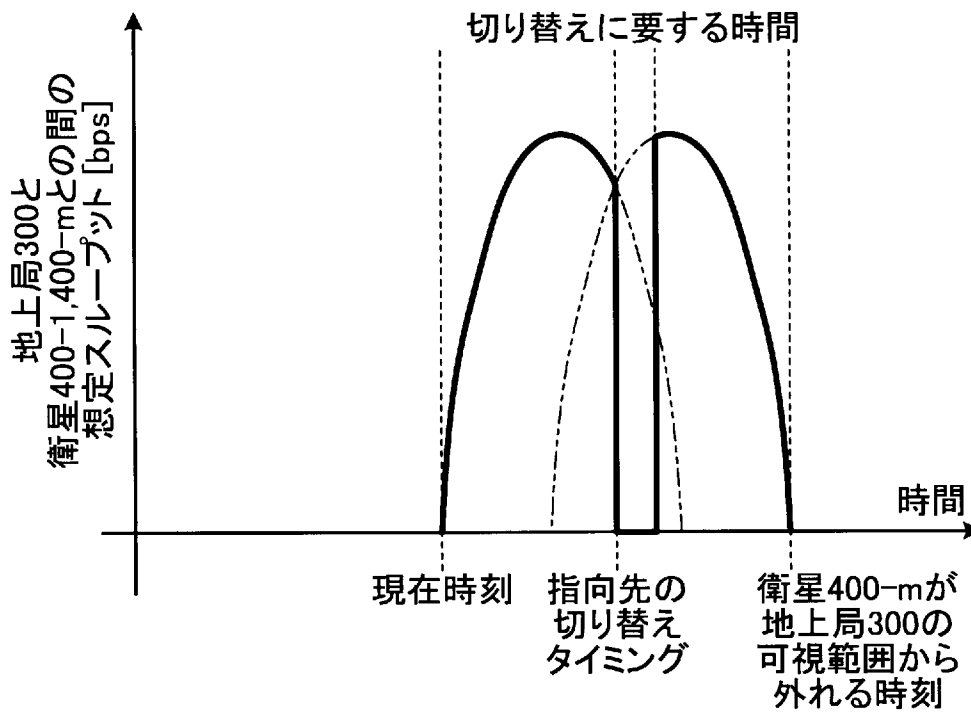
[図6]



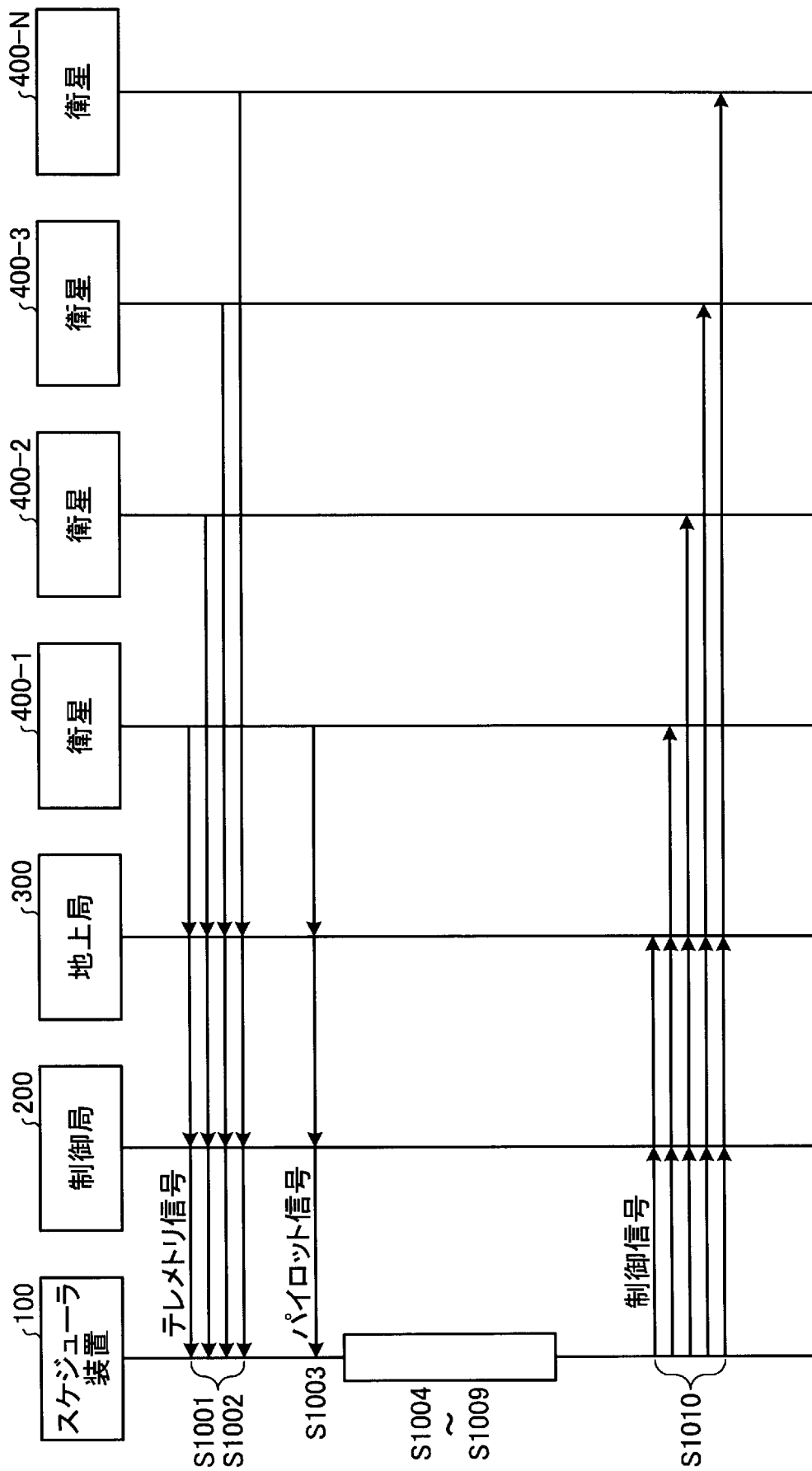
[図7]



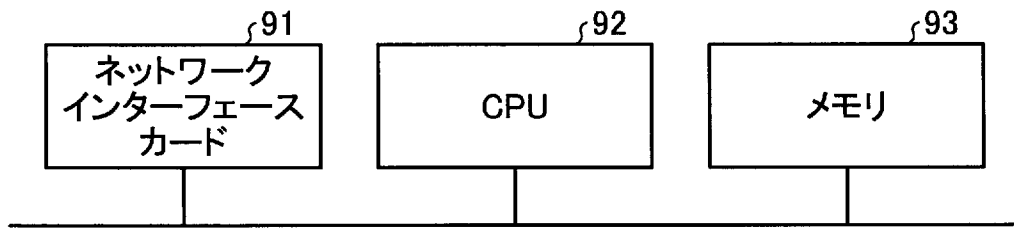
[図8]



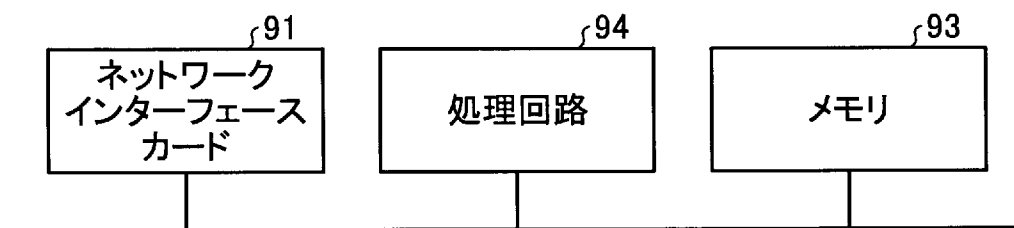
[図9]



[図10]



[図11]





**INTERNATIONAL SEARCH REPORT**

International application No.

PCT/JP2017/004240

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	JP 2001-506465 A (USCX), 15 May 2001 (15.05.2001), page 21, lines 1 to 20; fig. 8 & WO 98/51022 A1 description, page 23, line 18 to page 25, line 2; fig. 8 & US 6333924 B1                      & CN 1253678 A	1-13

A. 発明の属する分野の分類 (国際特許分類 (IPC))

Int.Cl. H04B7/155(2006.01)i

B. 調査を行った分野

調査を行った最小限資料 (国際特許分類 (IPC))

Int.Cl. H04B7/14-7/22

最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの

日本国実用新案公報	1922-1996年
日本国公開実用新案公報	1971-2017年
日本国実用新案登録公報	1996-2017年
日本国登録実用新案公報	1994-2017年

国際調査で使用した電子データベース (データベースの名称、調査に使用した用語)

C. 関連すると認められる文献

引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求項の番号
A	J P 2000-513912 A (モトローラ・インコーポレイテッド) 2000.10.17, 第15頁第16行-第16頁第4行, 第18頁第20行-第19頁第19行, 図8, 11 & WO 98/49789 A1, 明細書第18頁第5行-第19頁第2行, 第22頁第25行-第24頁第3行, 図8, 11 & US 5946603 A & GB 2330731 A & FR 2762731 A1 & CN 1224550 A	1-13

C欄の続きにも文献が列挙されている。

パテントファミリーに関する別紙を参照。

* 引用文献のカテゴリー	の日の後に公表された文献
「A」特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの	「T」国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの
「E」国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの	「X」特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの
「L」優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献 (理由を付す)	「Y」特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの
「O」口頭による開示、使用、展示等に言及する文献	「&」同一パテントファミリー文献
「P」国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願	

国際調査を完了した日 27.02.2017	国際調査報告の発送日 07.03.2017
国際調査機関の名称及びあて先 日本国特許庁 (ISA/J P) 郵便番号100-8915 東京都千代田区霞が関三丁目4番3号	特許庁審査官 (権限のある職員) 川口 貴裕 電話番号 03-3581-1101 内線 3596

5 X 3055

C (続き) . 関連すると認められる文献		
引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求項の番号
A	JP 2003-318794 A (株式会社日立製作所) 2003. 11. 07, 請求項35, 段落 [0084] - [0085], [0089] - [0091], [0094] - [0096], 図35, 37-39 & CN 1453186 A	1-13
A	JP 2001-506465 A (ユーエスシーエックス) 2001. 05. 15, 第21頁第1-20行, 図8 & WO 98/51022 A1, 明細書第23頁第18行-第25頁第2行, 図8 & US 6333924 B1 & CN 1253678 A	1-13