

(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
2021年1月14日(14.01.2021)



(10) 国際公開番号

WO 2021/005646 A1

(51) 国際特許分類:

H04W 24/00 (2009.01)

(21) 国際出願番号: PCT/JP2019/026828

(22) 国際出願日: 2019年7月5日(05.07.2019)

(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: 日本電信電話株式会社 (NIPPON TELEGRAPH AND TELEPHONE CORPORATION) [JP/JP]; 〒1008116 東京都千代田区大手町一丁目5番1号 Tokyo (JP).

(72) 発明者: 俊長 秀紀 (TOSHINAGA Hideki); 〒1808585 東京都武蔵野市緑町3丁目9-1 NTT知的財産センタ内 Tokyo (JP). 坪

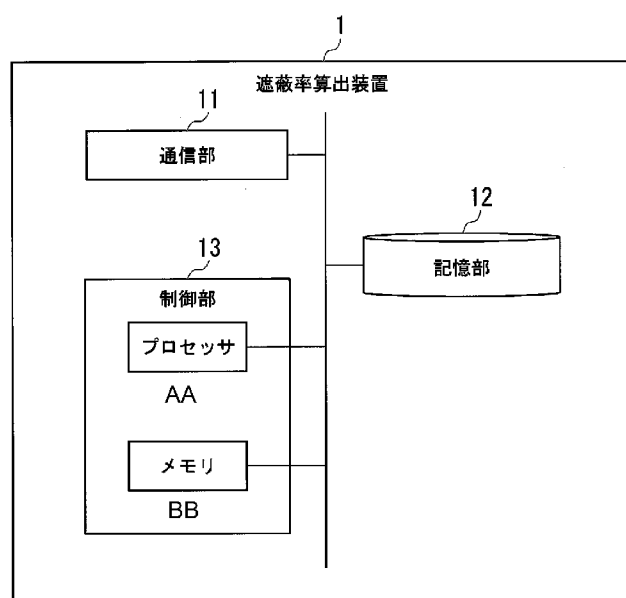
井 秀幸(TSUBOI Hideyuki); 〒1808585 東京都武蔵野市緑町3丁目9-1 NTT知的財産センタ内 Tokyo (JP). 後藤 和人(GOTO Kazuto); 〒1808585 東京都武蔵野市緑町3丁目9-1 NTT知的財産センタ内 Tokyo (JP). 北 直樹(KITA Naoki); 〒1808585 東京都武蔵野市緑町3丁目9-1 NTT知的財産センタ内 Tokyo (JP).

(74) 代理人: 特許業務法人 志賀国際特許事務所 (SHIGA INTERNATIONAL PATENT OFFICE); 〒1006620 東京都千代田区丸の内一丁目9番2号 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,

(54) Title: SHIELDING RATE CALCULATION DEVICE, SHIELDING RATE CALCULATION METHOD AND PROGRAM

(54) 発明の名称: 遮蔽率算出装置、遮蔽率算出方法及びプログラム



- 1 Shielding rate calculation device
- 11 Communication unit
- 12 Storage unit
- 13 Control unit
- AA Processor
- BB Memory

(57) Abstract: In one embodiment, this shielding rate calculation device is provided with: a voxel division unit which divides a Fresnel zone into multiple voxels of a size that depends on the acquisition conditions of when point cloud data indicating shielding objects in the inter-station space between a transmitting station and a receiving station was acquired; and a calculation unit which calculates the shielding rate of radio waves traveling from the transmission station towards the receiving station on the basis of the position, shape and size of the shielding voxels, which are those voxels of the

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, JO, 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, 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))

aforementioned multiple voxels the positions of which are indicated by the point group data.

(57) 要約: 本発明の一態様は、送信局と受信局との間の無線局間空間の遮蔽物を示す点群データを取得したときの取得条件、に応じた大きさの複数のボクセルにフレネルゾーンを分割するボクセル分割部と、前記複数のボクセルのうち前記点群データが示す位置のボクセルである遮蔽ボクセルの位置、形状及び大きさに基づいて、前記送信局から前記受信局に向かう電波の遮蔽率を算出する算出部と、を備える遮蔽率算出装置である。

明 細 書

発明の名称： 遮蔽率算出装置、遮蔽率算出方法及びプログラム
技術分野

[0001] 本発明は、遮蔽率算出装置、遮蔽率算出方法及びプログラムに関する。

背景技術

[0002] 従来、通信網のインフラにミリ波を活用する方法の提案が I E E E 8 0 2 . 1 1 a y で行われている（非特許文献 1）。一方で、3次元点群データをインフラの監視に活用する技術の検討が進められている（非特許文献 2）。例えば、点群データを用いた見通し判定の方法として非特許文献 3 がある。これは点群データに基づいた見通し判定の実行時に一定のサイズの格子状のボクセル（V o x e l）を設定し判定を行う。

先行技術文献

非特許文献

[0003] 非特許文献 1：D. Tujkovic et al., "Changes to IEEE 802.11ay in support of mmW Distribution Network Use Cases", IEEE 802.11-17/1022r0 (July 2017), [online]、[令和 1 年 7 月 1 日検索]、インターネット〈URL：<https://mentor.ieee.org/802.11/dcn/17/11-17-1022-00-00ay-changes-to-ieee-802-11ay-in-support-of-mmw-mesh-network-use-cases.pptx>〉

非特許文献 2：N T T, "設備保守作業を推進する空間状態推定技術", R & D フォーラム 2 0 1 7, B - 1 0、[online]、[令和 1 年 7 月 1 日検索]、インターネット〈URL：http://www.ntt.co.jp/RD/active/201702/jp/pdf_jpn/02/B-10_j.pdf〉

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0004] このような見通し判定等の点群データを用いて電波の遮蔽率を評価する技術においては、モバイルマッピングシステム（Mobile Mapping System：M M S）によって取得した点群データを用いる場合がある。しかしながら、この

ような場合、車両等の移動体と遮蔽物の間の距離、あるいは移動体の移動速度等の移動体の移動に応じて点群密度が異なる場合がある。このため、無線局間のフレネルゾーンに対して見通し判定を行う場合、点群密度の違いを考慮せずに一律のボクセルサイズの前で判定を行うと遮蔽物の割合を正しく評価できないという場合がある。

[0005] 上記事情に鑑み、本発明は、点群データを用いて電波の遮蔽率を評価する技術における評価の精度を向上させる技術を提供することを目的としている。

課題を解決するための手段

[0006] 本発明の一態様は、送信局と受信局との間の無線局間空間の遮蔽物を示す点群データを取得したときの取得条件、に応じた大きさの複数のボクセルにフレネルゾーンを分割するボクセル分割部と、前記複数のボクセルのうち前記点群データが示す位置のボクセルである遮蔽ボクセルの位置、形状及び大きさに基づいて、前記送信局から前記受信局に向かう電波の遮蔽率を算出する算出部と、を備える遮蔽率算出装置である。

[0007] 本発明の一態様は、送信局と受信局との間の無線局間空間の遮蔽物を示す点群データを取得したときの取得条件、に応じた大きさの複数のボクセルにフレネルゾーンを分割するボクセル分割ステップと、

前記複数のボクセルのうち前記点群データが示す位置のボクセルである遮蔽ボクセルの位置、形状及び大きさに基づいて、前記送信局から前記受信局に向かう電波の遮蔽率を算出する算出ステップと、を有する遮蔽率算出方法である。

[0008] 本発明の一態様は、上記の遮蔽率算出装置としてコンピュータを機能させるためのプログラムである。

発明の効果

[0009] 本発明により、点群データを用いて電波の遮蔽率を評価する技術における評価の精度を向上させる技術を提供することが可能となる。

図面の簡単な説明

[0010] [図1]実施形態の遮蔽率算出装置の機能構成の一例を示す図。

[図2]実施形態における点群データの取得方法を説明する第1の説明図。

[図3]実施形態における点群データの取得方法を説明する第2の説明図。

[図4]フレネルゾーンを説明する説明図。

[図5]実施形態における制御部の機能構成の一例を示す図。

[図6]実施形態の制御部が電波遮蔽率を算出する具体的な処理の流れの一例を示すフローチャート。

[図7]実施形態における無線局間の空間を $(N + 1)$ 個の分割面によって N 個の部分空間に分割することを説明する説明図。

[図8]実施形態における近似柱体を説明する説明図。

[図9]実施形態におけるボクセルサイズ決定処理の具体的な処理の流れの一例を示すフローチャート。

[図10]実施形態における点群データ点 P_c と位置 P_r とを説明する説明図。

[図11]実施形態における第 n 近似柱体ボクセル集合と近似柱体ボクセルとの関係を説明する説明図。

[図12]実施形態における遮蔽ボクセル、規格化変形及び遮蔽面を説明する説明図。

発明を実施するための形態

[0011] 図1は、実施形態の遮蔽率算出装置1の機能構成の一例を示す図である。

遮蔽率算出装置1は、2つの無線局を備える無線通信システムであって解析対象の無線通信システムにおける電波遮蔽率を、無線局間の遮蔽物を示す点群データを用いて算出する。電波遮蔽率は、送信側の無線局（以下「送信局」という。）から放射された電波が受信側の無線局（以下「受信局」という。）に到達する前に遮蔽される割合である。

[0012] （点群データの取得方法）

ここで、遮蔽率算出装置1が用いる点群データの取得方法について説明する。

図2は、実施形態における点群データの取得方法を説明する第1の説明図

である。図2は、移動体2と3次元レーザースキャナ21とを示す。移動体2は、例えば、自動車であってもよいし、ドローンであってもよい。図2において移動体2は、矢印91の方向に移動する。移動体2は、3次元レーザースキャナ21を備える。3次元レーザースキャナ21は、移動体2とともに移動する。3次元レーザースキャナ21は、出射部211、受信部212及び点群データ算出部213を備える。出射部211は断続的に一定の周期でレーザを出射する。出射部211は、レーザの出射の向きを一定の角速度で回転させながらレーザを出射する。受信部212は、出射部211が出射したレーザの反射波を受信する。点群データ算出部213は、受信部212が受信した反射波に関する情報に基づいてレーザが反射された位置及び時刻を算出する。

[0013] より具体的には、3次元レーザースキャナ21は、自装置から見て一定の位置に位置する平面（以下「レーザ出射面」という。）内にレーザを出射する。3次元レーザースキャナ21は、レーザ出射面で出射の向きが単位時間当たり $2\pi K$ rad回転するように（Kは正の実数）一定の角速度で出射の向きを変更する。例えば、3次元レーザースキャナ21は矢印92の方向にレーザの出射の向きを変更する。3次元レーザースキャナ21は、レーザを断続的に一定の周期で出射するため、3次元レーザースキャナ21が出射するレーザは、断続的に一定の周期で出射される電磁波の波束（Wave packet）Pである。図2は、ある時刻tにおける波束Pの位置を示す。波束Pは、3次元レーザースキャナ21によって一定の周期で 360° 回転するように放射されるため、円Eを形成する。波束Pは、遮蔽物によって反射される。波束Pの反射された位置と波束Pの反射された時刻とを示す情報（以下「点情報」という。）の集合が点群データである。なお、図2では、説明の簡単のため複数の円Eによって3次元レーザースキャナ21が出射する複数の波束Pの位置を示している。しかしながら、実際には、複数の波束Pは螺旋を形成する。図2における円Eは、螺旋の1巻きを模式的に表した形状である。

- [0014] 3次元レーザースキャナ21は、出射した波束Pの反射波を受信し、受信した時刻及び位置に基づいて受信した波束Pが反射された位置及び時刻を算出する。3次元レーザースキャナ21が算出した、波束Pが反射された位置及び時刻を示す情報の集合が点群データである。
- [0015] 移動体2の移動速度はスキャンライン間隔 s_b に影響する。スキャンライン間隔 s_b とは、隣接する2つの円E間の距離である。レーザの出射方向が 360° 回転する間に射出された波束Pによって形成された図形が1つの円Eである。そのため、移動体2の移動速度に応じて、スキャンライン間隔 s_b は変化する。
- [0016] また、移動体2と遮蔽物の距離は、スキャンライン内の隣接点間隔 s_a に影響する。スキャンライン内の隣接点間隔 s_a とは、波束P1が反射された位置と波束P2が反射された位置との間の距離である。波束P1は波束Pの1つであり、波束P2は波束P1の次に射出された波束Pである。移動体2と遮蔽物の距離とに応じて、波束Pが反射されるまでに伝搬する距離が変わるため、移動体2と遮蔽物の距離は、スキャンライン内の隣接点間隔 s_a に影響する。
- [0017] このように、移動体2の移動の速さに応じてスキャンライン間隔 s_b が変化し、移動体2から遮蔽物までの距離に応じてスキャンライン内の隣接点間隔 s_a が変化する。そのため、移動体2の移動の速さと移動体2から遮蔽物までの距離とに応じて、点群データの密度は異なる。点群データの密度とは、点情報が示す位置が仮想的な3次元空間内にプロットされた場合に、仮想的な3次元モデルにおける単位胞が含むプロットされた点（以下「点群データ点」という。）の数である。
- [0018] 図3は、実施形態における点群データの取得方法を説明する第2の説明図である。図3は、解析対象の無線通信システムにおける送信局901と受信局902とを示す。図3は、3次元レーザースキャナ21を備える移動体2が矢印91の方向に移動していることを示す。図3において矢印91の方向を向く直線は、送信局901と受信局902とを結ぶ線分（以下「局結線分

903」という。)に非平行である。図3において、3次元レーザースキャナ21は移動しながらレーザーを出射している。図3は、矢印91の方向を向く直線と局結線分903とは非平行であるため、移動体2の移動によって、レーザーが出射されてから局結線分903に到達するまでの時間が変化することを示す。図3は、第1の遮蔽物904又は第2の遮蔽物905と移動体2との距離も、移動体2の移動によって変化することを示す。なお、点群データを取得する移動体2の移動の速さは一定でなくてもよいし、移動の方向も一定でなくてもよい。

[0019] また、図3は、送信局901と受信局902との間のフレネルゾーン906を示す。

図4は、フレネルゾーン906を説明する説明図である。フレネルゾーン906は、送信局901と受信局902との間に送信局901から放射された電波を遮蔽する物が無い場合に、送信局901から放射された電波が受信局902に到達するまでの伝搬経路の集合である。図4に示すように、電波は、送信局901から放射された後、広がり、その後、収束して受信局902に到達する。フレネルゾーン906は、局結線分903を軸とした回転楕円体である。局結線分903に垂直なフレネルゾーン906の断面であって送信局901から距離 d_1 、受信局から距離 d_2 ($=D - d_1$)の位置に位置する断面の半径 r は、以下の式(1)で表される。なお、 D は局結線分903の長さである。式(1)において、 λ は電波の波長である。

[0020] [数1]

$$r \approx \sqrt{\lambda \frac{d_1 d_2}{d_1 + d_2}} \quad \dots (1)$$

ここまでで点群データの取得方法の説明を終了し、図1の説明に戻る。

[0021] 遮蔽率算出装置1は、通信部11、記憶部12及び制御部13を備える。

通信部11は、自装置を外部装置に接続するための通信インタフェースを含んで構成される。通信部11は、無線又は有線を介して、外部装置と通信する。通信部11は、外部装置が出力した各種情報を取得する。外部装置は

、例えば、ユーザが操作可能なキーボード、タッチパネル等の入力端末であってもよいし、入力端末に接続されたコンピュータであってもよい。通信部 11 は、例えば、外部装置が出力した、解析対象の無線通信システムにおける送信局と受信局との位置を示す情報（以下「無線局情報」という。）を取得する。通信部 11 は、取得した無線局情報を制御部 13 に出力する。

[0022] 記憶部 12 は、磁気ハードディスク装置や半導体記憶装置などの非一時的コンピュータ読み出し可能な記憶媒体を用いて構成される。記憶部 12 は、例えば、移動体 2 が備える 3 次元レーザースキャナ 21 によって予め取得された点群データを記憶する。記憶部 12 は、移動体 2 及び 3 次元レーザースキャナ 21 が点群データを取得したときの取得条件を示す情報（以下「取得条件情報」という。）を記憶する。取得条件情報は、点群データの取得時の移動体 2 の移動に関する情報（以下「移動体情報」という。）を含む。3 次元レーザースキャナ 21 は移動体 2 に固定されているため、移動体 2 の移動に関する情報は、3 次元レーザースキャナ 21 の移動に関する情報である。移動体情報は、例えば、点群データの取得時の移動体 2 の速さと移動の向きとの時間変化を示す情報である。取得条件情報は、点群データの取得時に 3 次元レーザースキャナ 21 が出射したレーザーの波束の出射の向きを示す情報（以下「出射向き情報」という。）を含む。取得条件情報は、点群データの取得時に 3 次元レーザースキャナ 21 が出射したレーザーの波束の出射のタイミングに関する情報（以下「出射タイミング情報」という。）を含む。出射向き情報は、例えば、波束が出射された向きの時間変化を示す情報であってもよい。出射向き情報は、例えば、波束の出射の向きが回転する角速度を示す情報であってもよい。出射タイミング情報は、例えば、波束が出射された時刻を示す情報であってもよい。出射タイミング情報は、出射の間隔を示す情報であってもよい。

[0023] 制御部 13 は、CPU (Central Processing Unit) 等のプロセッサやメモリを用いて構成される。制御部 13 は、記憶部 12 に記憶されているプログラムを実行することによって動作する。より具体的には、制御部 13 が備え

るプロセッサが記憶部 12 に記憶されているプログラムを読み出し、読み出したプログラムをメモリに記憶させる。制御部 13 が備えるプロセッサは、メモリに記憶させたプログラムを実行することによって動作する。制御部 13 は、プログラムを実行することによって遮蔽率算出装置 1 が備える各機能部の動作を制御する。制御部 13 は、プログラムを実行することによって、例えば、点群データに基づいて、解析対象の無線通信システムにおける電波遮蔽率を算出する。

[0024] 図 5 は、実施形態における制御部 13 の機能構成の一例を示す図である。制御部 13 は、取得部 131、ボクセル分割部 132 及び算出部 133 を備える。取得部 131 は、通信部 11 が取得した電波遮蔽率の算出に必要な各種情報と、記憶部 12 に記憶されている電波遮蔽率の算出に必要な各種情報とを取得する。取得部 131 は、例えば、点群データ及び取得条件情報を取得する。ボクセル分割部 132 は、コンピュータ上で、取得条件情報に応じた大きさの複数のボクセルにフレネルゾーンを分割する処理を実行する。算出部 133 は、ボクセル分割部 132 が分割した複数のボクセルのうち点群データが示す位置のボクセルの位置、形状及び大きさに基づいて電波遮蔽率を算出する処理をコンピュータ上で実行する。以下、説明の簡単のため、ボクセルの形状が立方体を含む直方体である場合を例に説明する。しかし、ボクセルは底面が正多角形の柱体であってもよい。

[0025] 図 6 は、実施形態の制御部 13 が電波遮蔽率を算出する具体的な処理の流れの一例を示すフローチャートである。なお、図 6 のフローチャートに示す各処理における送信局 901 及び受信局 902 は、実空間における送信局 901 及び受信局 902 を表す仮想空間内の送信局 901 及び受信局 902 である。

[0026] 取得部 131 は、無線局情報を取得する（ステップ S101）。次に、取得部 131 は、点群データを取得する（ステップ S102）。次に、ボクセル分割部 132 は、無線局間空間を送信局 901 から受信局 902 に向かう向きに N 個（N は 1 以上の整数）の均等な空間（以下「部分空間」という。

）に分割する（ステップS 1 0 3）。無線局間空間は、送信局 9 0 1 と受信局 9 0 2 との間の空間である。より具体的には、制御部 1 3 は、無線局間の空間を（ $N + 1$ ）個の分割面によって N 個の部分空間に分割する。分割面は、局結線分 9 0 3 に沿う方向に等間隔に位置し局結線分 9 0 3 に垂直な平面である。以下、 N 個の部分空間のうち n 番目（ n は 1 以上 N 以下の整数）に送信局に近い部分空間を第 n 部分空間という。なお、無線局間空間を分割する数 N は、通信部 1 1 を介して外部装置から受信してもよいし、予め記憶部 1 2 に記憶されていてもよい。

[0027] 図 7 は、実施形態における無線局間の空間を（ $N + 1$ ）個の分割面によって N 個の部分空間に分割することを説明する説明図である。

図 7 は、送信局からの距離 $d[1] \sim d[N + 1]$ の位置に位置する（ $N + 1$ ）個の分割面によってフレネルゾーン 9 0 6 を含む無線局間の空間を N 個の空間に分割することを示す。 $d[1] = 0$ であり、 $d[N + 1] = D$ である。 $d[n + 1]$ と $d[n]$ との差が Δd である。 $d[n]$ の位置の分割面と $d[n + 1]$ の位置の分割面との間の空間が第 n 部分空間である。

[0028] 図 6 の説明に戻る。ボクセル分割部 1 3 2 は、部分フレネルゾーンごとに近似柱体の位置、形状及び大きさを示す情報（以下「近似柱体情報」という。）を生成する（ステップS 1 0 4）部分フレネルゾーンは、分割面によって分割された N 個のフレネルゾーン 9 0 6 である。以下、 N 個の部分フレネルゾーンのうち n 番目に送信局に近い部分フレネルゾーンを第 n 部分フレネルゾーンという。すなわち、第 n 部分フレネルゾーンは、第 n 部分空間とフレネルゾーン 9 0 6 とが重なる空間である。

[0029] 近似柱体は、底面が局結線分 9 0 3 に垂直な柱体であって、部分フレネルゾーンを近似する柱体である。部分フレネルゾーンを近似するとは、部分フレネルゾーンの形状及び大きさに対する形状及び大きさの近さに関する所定の条件（以下「部分フレネルゾーン近似条件」という。）を柱体が満たすことを意味する。部分フレネルゾーン近似条件は、例えば、第 n 近似柱体が第 n 部分フレネルゾーンに内接する、という条件である。第 n 近似柱体は、第

n 近似柱体は第 n 部分空間に含まれる柱体である。部分フレネルゾーン近似条件は、例えば、第 n 近似柱体が第 n 部分フレネルゾーンに外接する、という条件であってもよい。部分フレネルゾーン近似条件は、例えば、第 n 近似柱体の底面に平行な第 n 近似柱体の断面が、第 n 部分フレネルゾーンの中央断面に内接する、という条件であってもよい（以下「中点断面条件」という）。中央断面は、第 n 部分フレネルゾーンにおける局結線分 903 上の中点を通り局結線分 903 に垂直な面上の第 n 部分フレネルゾーンの断面である。近似柱体の底面は、例えば、円形であってもよいし、正多角形であってもよい。例えば、第 n 近似柱体の底面が円である場合には、中点断面条件を満たす第 n 近似柱体の底面の半径は第 n 部分フレネルゾーンの中央の位置における半径に等しい。以下、説明の簡単のため、第 n 近似柱体が中点断面条件を満たす円柱である場合を例に遮蔽率算出装置 1 を説明する。

[0030] 近似柱体情報は、例えば、近似柱体の頂点の位置によって、近似柱体の位置、形状及び大きさを示してもよい。近似柱体情報は、例えば、近似柱体の重心の位置と、形状と、大きさによって近似柱体の位置、形状及び大きさを示してもよい。

[0031] 図 8 は、実施形態における近似柱体を説明する説明図である。

図 8 において、第 n 部分空間とフレネルゾーンとが重なる空間が、第 n 部分フレネルゾーンである。図 8 において、第 n 部分フレネルゾーンを近似する第 n 近似柱体が、円柱 C_n である。円柱 C_n の半径は半径 r_n である。半径 r_n は、式 (1) における d₁ が以下の式 (2) を満たす半径 r である。

[0032] [数2]

$$d_1 = \frac{d[n] + d[n+1]}{2} \quad \dots (2)$$

[0033] 図 6 の説明に戻る。ボクセル分割部 132 は、取得条件情報と部分フレネルゾーンの位置、形状及び大きさに基づいて、各部分空間ごとにボクセルの大きさを決定する（ステップ S105）。より具体的には、各部分空間ご

とにボクセルの底面の大きさを決定する。ボクセルは、柱体であって、底面が局結線分 903 に垂直である。第 n 部分空間のボクセルの高さは、第 n 部分空間における局結線分 903 の長さに等しい。以下、ボクセルの大きさを決定する処理をボクセルサイズ決定処理という。

[0034] 図 9 及び図 10 を用いて、ステップ S105 におけるボクセルサイズ決定処理を説明する。

図 9 は、実施形態におけるボクセルサイズ決定処理の具体的な処理の流れの一例を示すフローチャートである。ボクセル分割部 132 は、図 9 に示す処理を第 n 近似柱体ごとに実行する。図 9 は、説明の簡単のため、第 n 近似柱体について実行する場合を例に説明する。

[0035] ボクセル分割部 132 は、第 n 近似柱体の重心に最も近い点群データ点がいずれの点群データ点であるかを判定する（ステップ S201）。以下、ステップ S201 の処理によって第 n 近似柱体の重心に最も近いと判定された点群データ点を点群データ点 P_c という。次に、ボクセル分割部 132 は、移動体情報に基づいて、点群データ点 P_c に対応する点情報が示す時刻に最も近い時刻 P_t における 3 次元レーザースキャナ 21 の位置 P_r を取得する（ステップ S202）。

[0036] 図 10 は、実施形態における点群データ点 P_c と位置 P_r とを説明する説明図である。図 10 は、点群データ点 P_c は、円柱 C_n の重心に位置することを示す。図 10 は、位置 P_r が移動体 2 が移動した移動経路上にあることを示す。

[0037] 図 9 の説明に戻る。次にボクセル分割部 132 は、移動体情報に基づいて、時刻 P_t における 3 次元レーザースキャナ 21 の速度 q_r を算出する（ステップ S203）。

次にボクセル分割部 132 は、点群データ点 P_c の位置と、位置 P_r と、出射向き情報及び出射タイミング情報とに基づいて、スキャンライン内の隣接点間隔 s_a を算出する（ステップ S204）。スキャンライン内の隣接点間隔 s_a は、以下の式（3）によって算出される。

[0038] [数3]

$$sa = \omega \times R \quad \dots (3)$$

[0039] 式(3)において、 ω は、計測角度ピッチを表す。計測角度ピッチ ω は、波束の出射の向きが回転する角速度である。式(3)において、 R は、点群データ点 P_c と位置 P_r との間の距離を表す。

[0040] 次にボクセル分割部132は、出射向き情報及び出射タイミング情報に基づいてスキャンライン間隔 sb を算出する(ステップS205)。スキャンライン間隔 sb は、以下の式(4)によって算出される。

[0041] [数4]

$$sb = \frac{qr}{H} \quad \dots (4)$$

[0042] 式(4)において、 H はレーザー回転数を表す。レーザー回転数は、単位時間にレーザースキャナ21がレーザーの波束の出射の向きを 360° 回転させる回数である。例えば、計測角度ピッチ ω の次元が rad/sec である場合、レーザー回転数 H は、 $\omega / 2\pi$ Hzである。

[0043] 次に、ボクセル分割部132は、以下の式(5)で表される点群密度 pd を算出する(ステップS206)。点群密度 pd は、第 n 部分フレネルゾーンが遮蔽物で埋まっている場合の、第 n 部分フレネルゾーンにおける点群データ点の密度である。

[0044] [数5]

$$pd = \frac{1}{sa \times sb} \quad \dots (5)$$

[0045] 次に、ボクセル分割部132は、第 n 近似柱体の底面の面積と点群密度 pd とに基づいて、第 n 部分空間におけるボクセルの底面の大きさを算出する(ステップS207)。具体的には、ボクセル分割部132は、第 n 近似柱体の底面の面積を点群密度 pd で割り算した値を、第 n 部分空間におけるボクセルの底面の大きさとして取得する。ボクセルの底面の形状が正方形の場合、第 n 部分空間におけるボクセルの底面の一辺の長さは、第 n 近似柱体の

底面の面積を点群密度 p_d で割り算した値の平方根である。

[0046] このように、第 n 部分空間におけるボクセルの底面の面積は、第 n 部分フレネルゾーンが遮蔽物で埋まっている場合の第 n 部分フレネルゾーンにおける点群データ点の密度である点群密度 p_d の逆数である。そのため、第 n 部分フレネルゾーンと重なるボクセルの断面であって局結線分 903 に垂直な断面は面内に高々 1 つの点群データ点を含む。

[0047] 図 6 の説明に戻る。ステップ S105 の次に、ボクセル分割部 132 は、ボクセルサイズ決定処理の実行によって決定したサイズのボクセルによって、部分フレネルゾーンを分割する（ステップ S106）。次に、算出部 133 は、ボクセルのうち点群データが示す位置のボクセル（以下「遮蔽ボクセル」という。）の位置、形状及び大きさに基づいて、電波遮蔽率を算出する（ステップ S107）。以下、ステップ S107 において算出部 133 が実行する処理を、電波遮蔽率算出処理という。

[0048] 算出部 133 は、電波遮蔽率算出処理において、まず、全てのボクセルについて近似柱体ボクセルであるか否かを判定する。近似柱体ボクセルは、近似柱体との重なりが所定の度合以上のボクセルである。所定の度合は、0 より大きい。度合が 0 とは、重なりが無いことを意味する。所定の度合は、近似柱体ごとに異なってもよいし同じでもよい。以下、第 n 近似柱体との重なりが所定の度合以上である近似柱体ボクセルの集合を、第 n 近似柱体ボクセル集合という。

[0049] 図 11 は、実施形態における第 n 近似柱体ボクセル集合と近似柱体ボクセルとの関係を説明する説明図である。図 11 は、具体例として、第 1 近似柱体ボクセル集合と第 N 近似柱体ボクセル集合と近似柱体ボクセルとの関係を説明する。具体的には、図 11 は、第 1 近似柱体ボクセル集合 G_1 が、1 辺 V_1 の正方形を底面とし高さが Δd の近似柱体ボクセルの 2×2 個の集合であることを示す。図 11 は、第 N 近似柱体ボクセル集合 G_N が、1 辺 V_N の正方形を底面とし高さが Δd の近似柱体ボクセルの 16×16 個の集合であることを示す。

[0050] 次に、算出部 133 は、全ての近似柱体ボクセルについて、それぞれ、点群データ点を含むか否かを判定する。以下、点群データ点を含むと判定されたボクセルを遮蔽ボクセルという。

[0051] 算出部 133 は、全ての近似柱体の 2 つの底面を、第 n 近似柱体に依らず同一の大きさ及び形状の図形（以下「基準図形」という。）に変形する。第 n 近似柱体の底面を基準図形に変形する変形を第 n 規格化変形という。以下、第 1 規格化変形から第 N 規格化変形をそれぞれ区別しない場合規格化変形という。算出部 133 は、第 n 規格化変形を第 n 近似柱体ボクセル集合に対しても実行する。変形後の複数の近似柱体の集合（以下「規格柱」という。）は、柱体である。第 n 規格化変形によって遮蔽ボクセルも変形する。以下、変形後の遮蔽ボクセルの底面を遮蔽面という。

[0052] 算出部 133 は、規格柱の高さ方向に変形後の遮蔽ボクセルが存在しない規格柱における一方の底面の面積（以下「遮蔽面積」という。）を取得する。すなわち、算出部 133 は、第 1 遮蔽ボクセルから第 N 遮蔽ボクセルまで全ての遮蔽ボクセルの底面を基準図形に射影し、基準図形上に射影された図形（以下「遮蔽図形」という。）の面積を取得する。算出部 133 は、規格柱の一方の底面の面積（すなわち基準図形の面積）に対する遮蔽面積（すなわち遮蔽図形の面積）の割合を算出する。算出した割合が電波遮蔽率である。

[0053] 図 12 は、実施形態における遮蔽ボクセル、規格化変形及び遮蔽面を説明する説明図である。

図 12 は、第 1 近似柱体ボクセル集合 G_1 、第 m 近似柱体ボクセル集合（ m は 2 以上 N 未満の整数） G_m 及び第 N 近似柱体ボクセル集合 G_N を用いて、電波遮蔽率算出処理を説明する。

図 12 において、第 1 近似柱体ボクセル集合 G_1 は、図 11 と同じの 2×2 個の近似柱体ボクセルの集合である。図 12 において、第 N 近似柱体ボクセル集合 G_N は、図 11 と同じの 16×16 個の近似柱体ボクセルの集合である。図 12 において、第 m 近似柱体ボクセル集合 G_m は、 8×8 個

の近似柱体ボクセルの集合である。第1近似柱体ボクセル集合 G_1 の底面と第 m 近似柱体ボクセル集合 G_m の底面との大きさは異なる。第1近似柱体ボクセル集合 G_1 、第 m 近似柱体ボクセル集合 G_m 及び第 N 近似柱体ボクセル集合 G_N において、近似柱体ボクセル中のドットは、点群データ点である。図12は、例えば、第1近似柱体ボクセル集合 G_1 において、右下の近似柱体ボクセルに点群データ点が位置することを示す。そのため、第1近似柱体ボクセル集合 G_1 の右下の近似柱体ボクセルは、遮蔽ボクセル（第1遮蔽ボクセル）である。

[0054] 図12は、第1規格化変形後の第1近似柱体ボクセル集合 G_1 （以下「第1近似柱体ボクセル集合 G'_1 」という。）を示す。図12は、第 m 規格化変形後の第 m 近似柱体ボクセル集合 G_m （以下「第 m 近似柱体ボクセル集合 G'_m 」という。）を示す。図12は、第 N 規格化変形後の第 N 近似柱体ボクセル集合 G_N （以下「第 N 近似柱体ボクセル集合 G'_N 」という。）を示す。第1近似柱体ボクセル集合 G'_1 の底面と、第 m 近似柱体ボクセル集合 G'_m の底面と、第 N 近似柱体ボクセル集合 G'_N の底面とは同一の形状であって同一の面積である。

[0055] 図12は、第1近似柱体ボクセル集合 G'_1 の遮蔽面 A_1 と、第 m 近似柱体ボクセル集合 G'_m の遮蔽面 A_m と、第 N 近似柱体ボクセル集合 G'_N の遮蔽面 A_N との基準図形 K 上の位置を示す。遮蔽面積は、基準図形 K の面内の領域のうち非遮蔽領域 A_0 を基準図形 K から除いた領域の面積である。非遮蔽領域 A_0 は、基準図形 K の面内の領域のうち遮蔽面 A_1 、遮蔽面 A_m 又は遮蔽面 A_N ではない領域である。

[0056] このように構成された実施形態の遮蔽率算出装置1は、無線局間空間の点群データの取得時の条件を示す取得条件情報に応じた大きさの複数のボクセルにフレネルゾーンを分割する。そして、遮蔽率算出装置1は、複数のボクセルのうち点群データが示す位置のボクセルである遮蔽ボクセルの位置、形状及び大きさに基づいて無線局間空間における電波の遮蔽率を算出する。そのため、このように構成された遮蔽率算出装置1は、点群データの取得時に

、移動体 2 と遮蔽物との間の距離が変化する場合であっても無線局間の電波の遮蔽率を精度よく算出することができる。

[0057] (変形例)

なお、点群データは必ずしも移動体 2 に固定された 3 次元レーザースキャナ 21 によって取得される必要は無い。点群データは、例えば、移動体 2 に固定されたカメラによって取得されてもよい。この場合、出射向き情報は、カメラの向きであって、出射タイミング情報はカメラの撮影のタイミングであってもよい。

[0058] なお、3 次元レーザースキャナ 21 を備える移動体 2 は、点群データ取得システムの一例である。なお、第 n 規格化変形によって変形した遮蔽ボクセルは、第 n 遮蔽ボクセルの一例である。図 12 の第 1 近似柱体ボクセル集合 $G'_{_1}$ における遮蔽ボクセルは、第 1 遮蔽ボクセルの一例である。図 12 の第 N 近似柱体ボクセル集合 $G'_{_N}$ における遮蔽ボクセルは、第 N 遮蔽ボクセルの一例である。

[0059] なお、遮蔽率算出装置 1 は、ネットワークを介して通信可能に接続された複数台の情報処理装置を用いて実装されてもよい。この場合、遮蔽率算出装置 1 が備える各機能部は、複数の情報処理装置に分散して実装されてもよい。例えば、ボクセル分割部 132 と算出部 133 とはそれぞれ異なる情報処理装置に実装されてもよい。

なお、遮蔽率算出装置 1 の各機能の全て又は一部は、ASIC (Application Specific Integrated Circuit) や PLD (Programmable Logic Device) や FPGA (Field Programmable Gate Array) 等のハードウェアを用いて実現されてもよい。プログラムは、コンピュータ読み取り可能な記録媒体に記録されてもよい。コンピュータ読み取り可能な記録媒体とは、例えばフレキシブルディスク、光磁気ディスク、ROM、CD-ROM 等の可搬媒体、コンピュータシステムに内蔵されるハードディスク等の記憶装置である。プログラムは、電気通信回線を介して送信されてもよい。

[0060] 以上、この発明の実施形態について図面を参照して詳述してきたが、具体

的な構成はこ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設計等も含まれる。

符号の説明

[0061] 1…遮蔽率算出装置、 1 1…通信部、 1 2…記憶部、 1 3…制御部、
2…移動体、 2 1…3次元レーザースキャナ、 2 1 1…出射部、 2
1 2…受信部、 2 1 3…点群データ算出部、 9 0 1…送信局、 9 0 2
…受信局

請求の範囲

- [請求項1] 送信局と受信局との間の無線局間空間の遮蔽物を示す点群データを取得したときの取得条件、に応じた大きさの複数のボクセルにフレネルゾーンを分割するボクセル分割部と、
- 前記複数のボクセルのうち前記点群データが示す位置のボクセルである遮蔽ボクセルの位置、形状及び大きさに基づいて、前記送信局から前記受信局に向かう電波の遮蔽率を算出する算出部と、
- を備える遮蔽率算出装置。
- [請求項2] 前記無線局間空間が前記送信局から前記受信局に向かう向きに均等に分割された N 個（ N は1以上の整数）の空間である部分空間のうち n 番目（ n は1以上 N 以下の整数）に前記送信局に近い前記部分空間を第 n 部分空間とし、前記第 n 部分空間に含まれる前記フレネルゾーンを第 n 部分フレネルゾーンとして、前記ボクセル分割部は、前記取得条件と前記第 n 部分フレネルゾーンの位置、形状及び大きさに基づいて前記第 n 部分空間における前記ボクセルの大きさを決定する、
- 請求項1に記載の遮蔽率算出装置。
- [請求項3] 底面が前記送信局と前記受信局とを結ぶ線分に垂直な柱体であって前記第 n 部分フレネルゾーンを近似する柱体を第 n 近似柱体として、前記ボクセル分割部は、前記第 n 近似柱体の底面の面積と前記取得条件とに基づいて、前記第 n 部分空間におけるボクセルの底面の大きさを決定する、
- 請求項2に記載の遮蔽率算出装置。
- [請求項4] 前記第 n 近似柱体を近似する前記ボクセルの集合を第 n 近似柱体ボクセル集合として、前記算出部は、前記第 n 近似柱体ボクセル集合の底面の形状及び大きさを形状及び大きさが第 n 近似柱体ボクセル集合に依らず同一である基準図形に変形する第 n 規格化変形を実行し、前記第 n 規格化変形後の前記遮蔽ボクセルを第 n 遮蔽ボクセルとして、第1遮蔽ボクセルから第 N 遮蔽ボクセルまで全ての遮蔽ボクセルの底

面を前記基準図形に射影した前記基準図形上の図形である遮蔽図形の面積に基づいて、前記遮蔽率を算出する、

請求項 3 に記載の遮蔽率算出装置。

[請求項5] 前記点群データを取得する点群データ取得システムは、断続的に一定の周期で出射の向きを一定の角速度で回転させながらレーザーを出射する出射部を備える移動体を備え、

前記取得条件は、前記移動体の移動に関する情報と、前記出射部が出射した前記レーザーの波束の出射の向きを示す情報である出射向き情報と、前記出射部が出射した前記レーザーの波束の出射のタイミングに関する情報である出射タイミング情報とを含む、

請求項 1 から 4 のいずれか一項に記載の遮蔽率算出装置。

[請求項6] 前記ボクセルは、底面が前記送信局と前記受信局とを結ぶ線分に垂直である、

請求項 1 から 5 のいずれか一項に記載の遮蔽率算出装置。

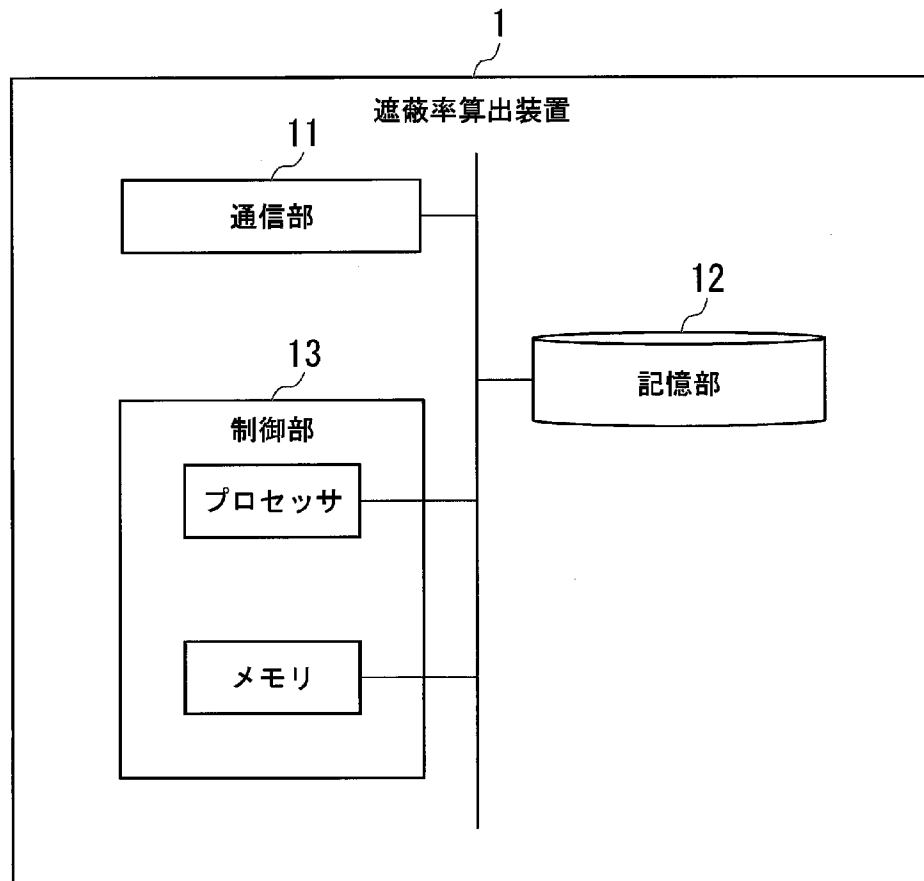
[請求項7] 送信局と受信局との間の無線局間空間の遮蔽物を示す点群データを取得したときの取得条件、に応じた大きさの複数のボクセルにフレネルゾーンを分割するボクセル分割ステップと、

前記複数のボクセルのうち前記点群データが示す位置のボクセルである遮蔽ボクセルの位置、形状及び大きさに基づいて、前記送信局から前記受信局に向かう電波の遮蔽率を算出する算出ステップと、

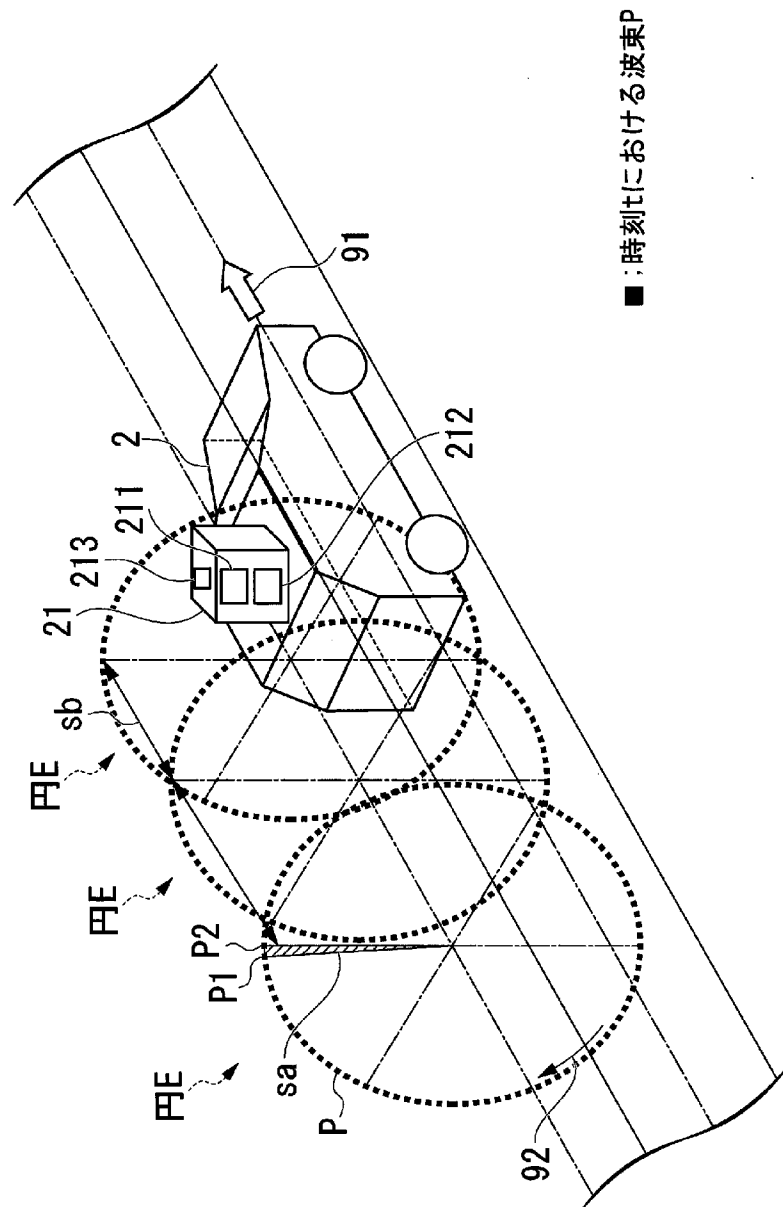
を有する遮蔽率算出方法。

[請求項8] 請求項 1 から 6 のいずれか一項に記載の遮蔽率算出装置としてコンピュータを機能させるためのプログラム。

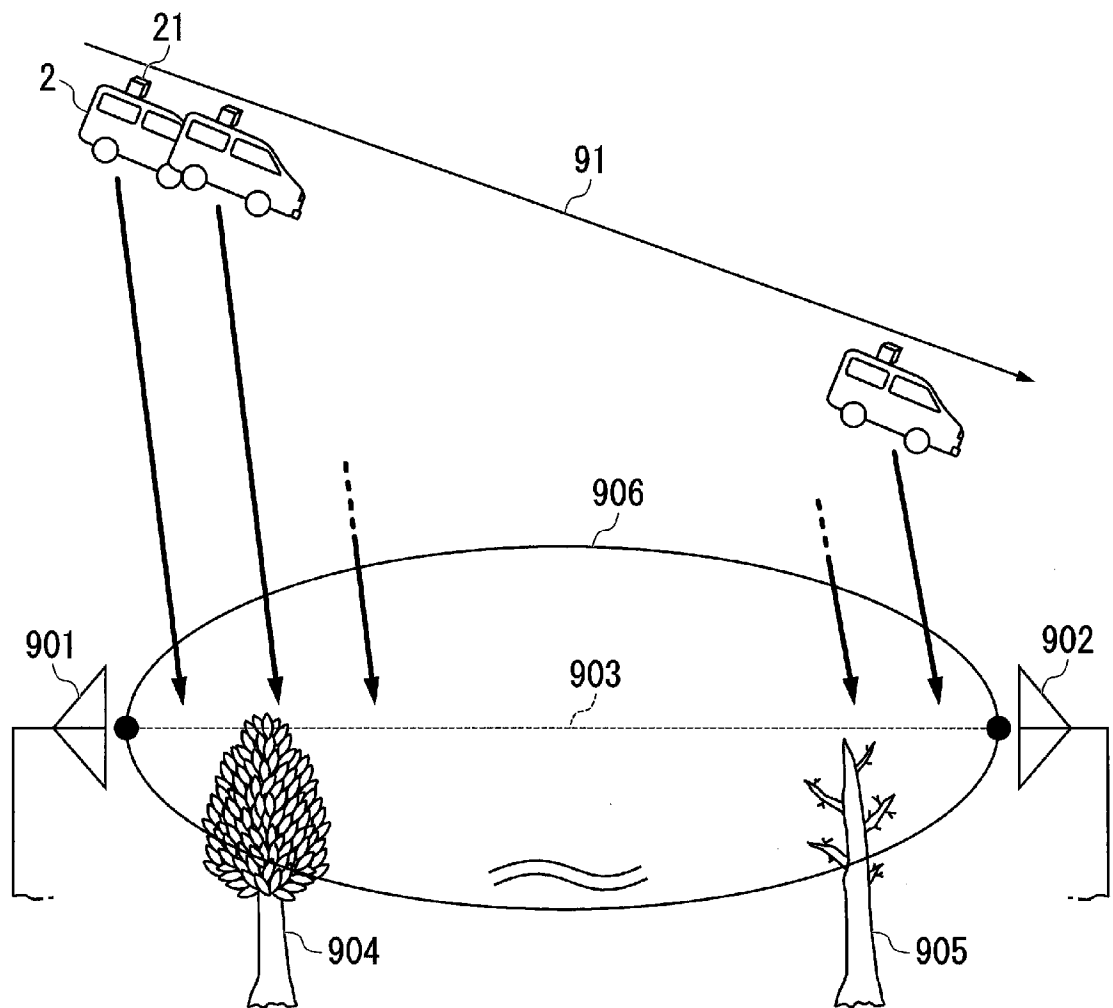
[図1]



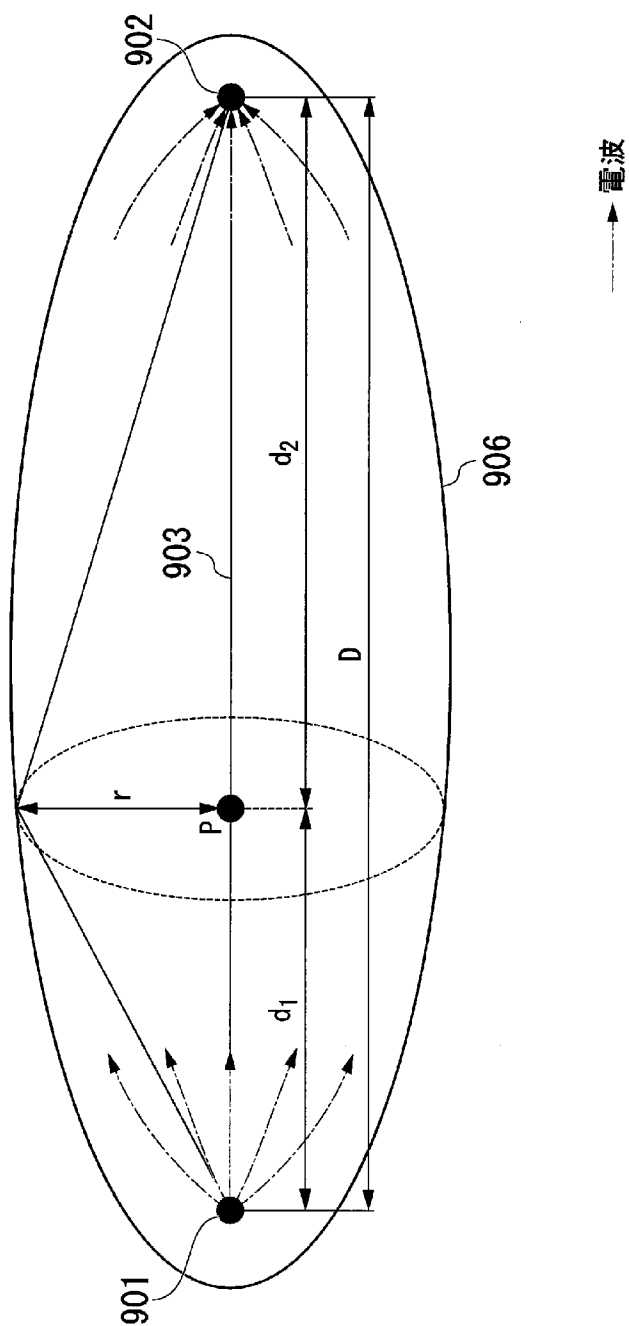
[図2]



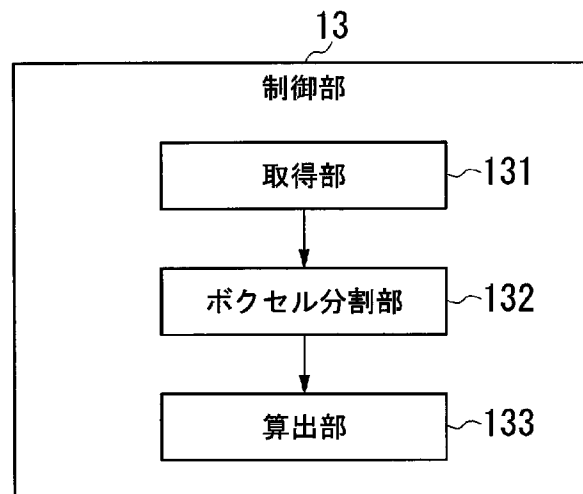
[図3]



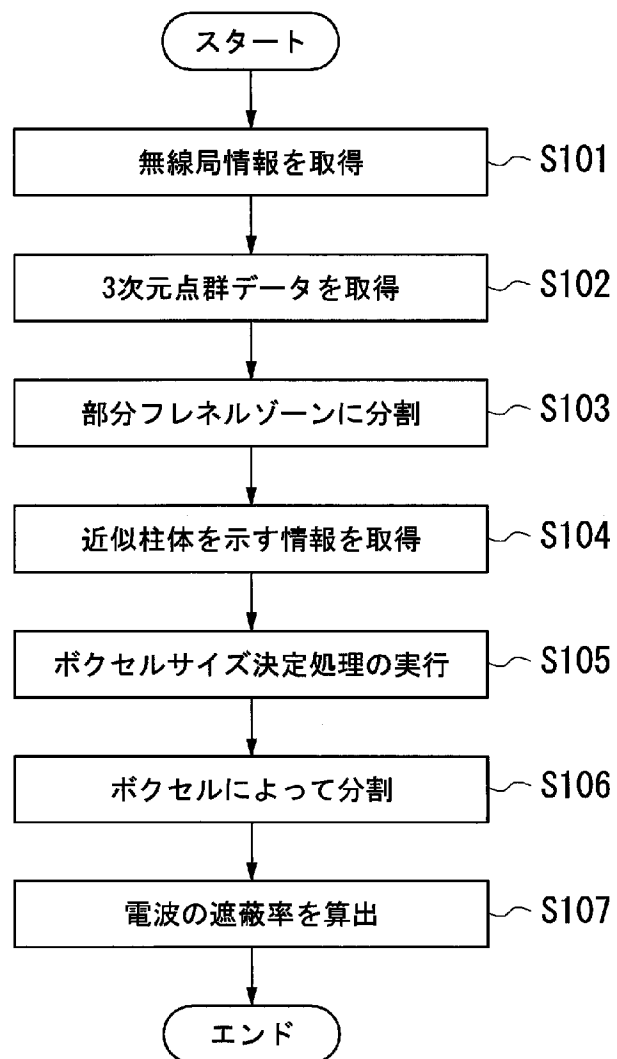
[図4]



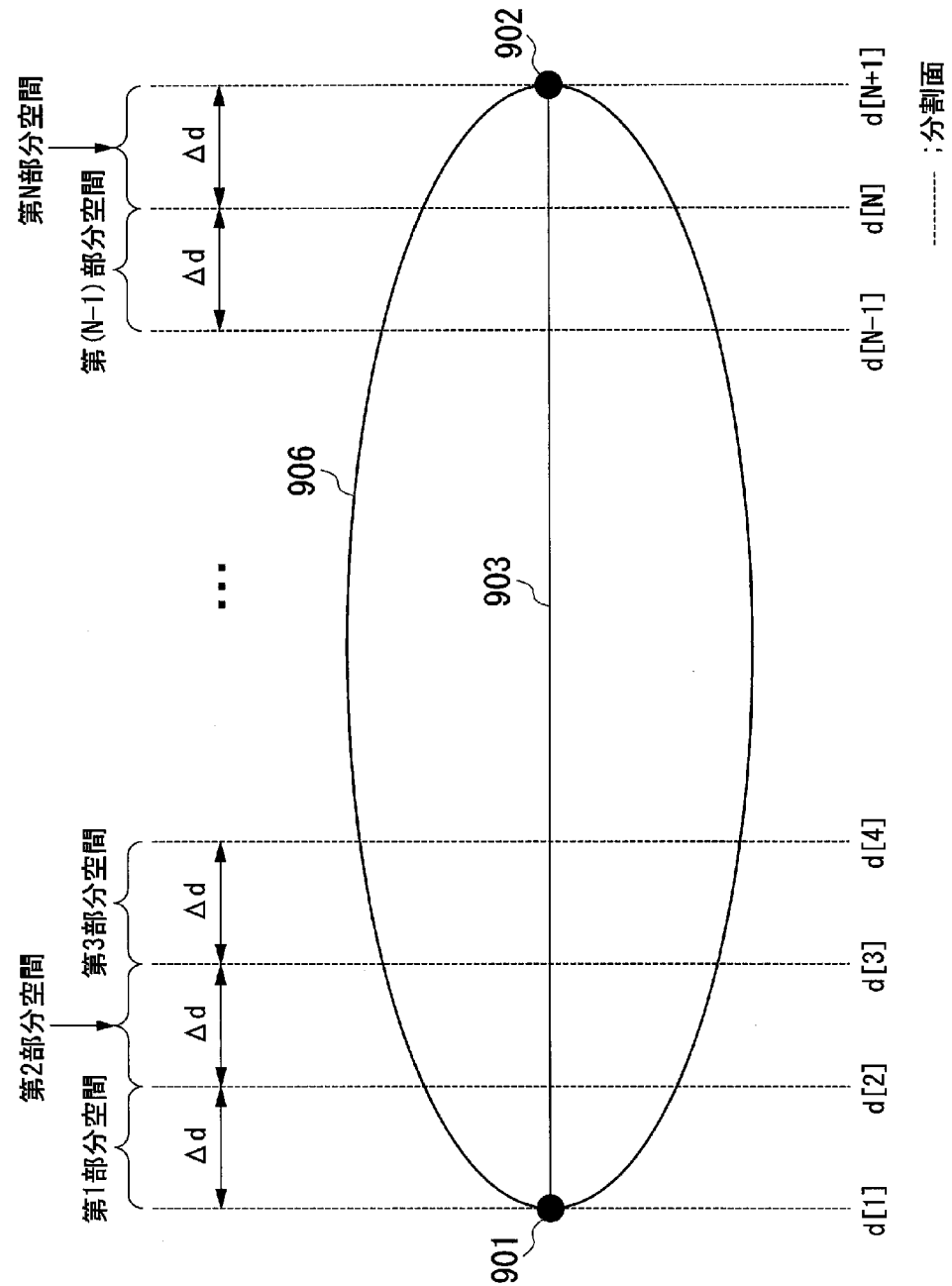
[図5]



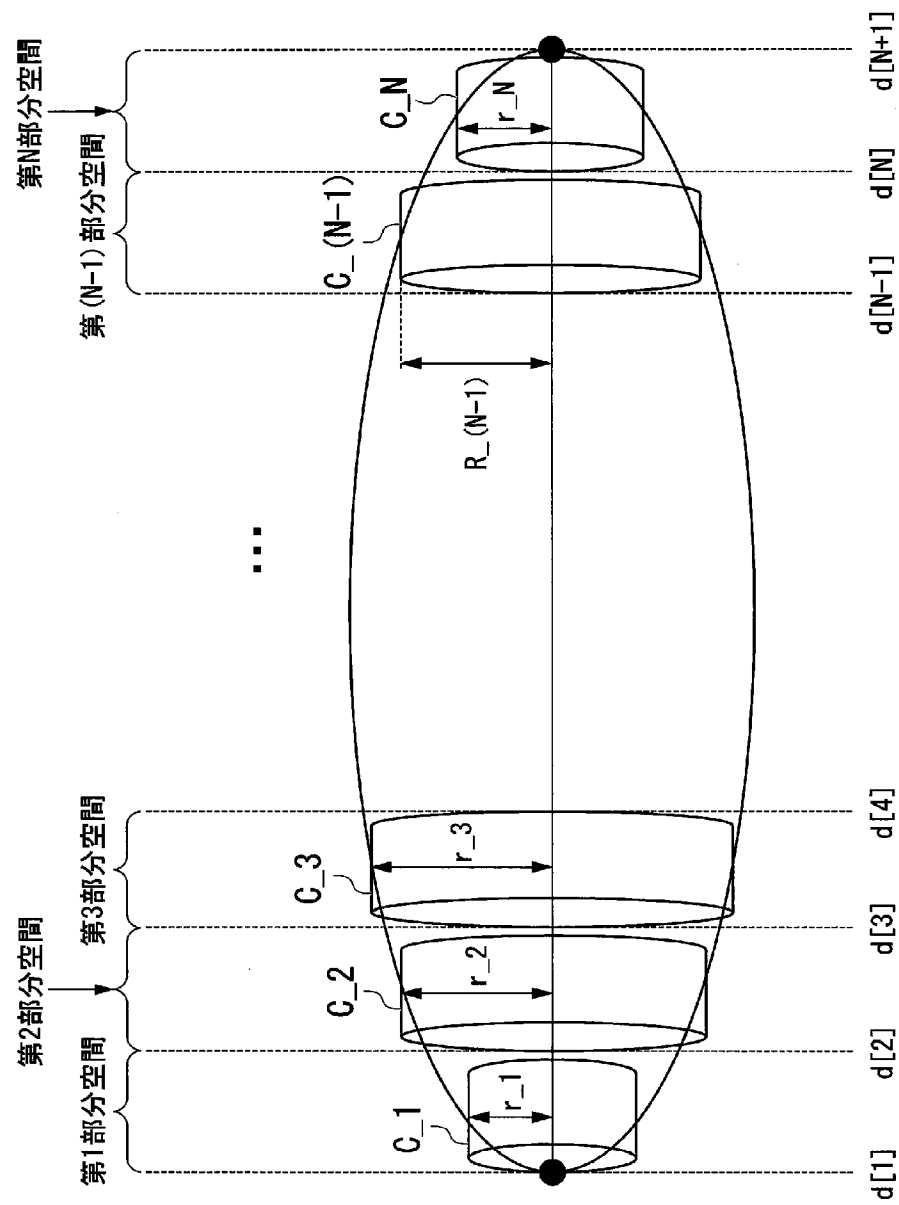
[図6]



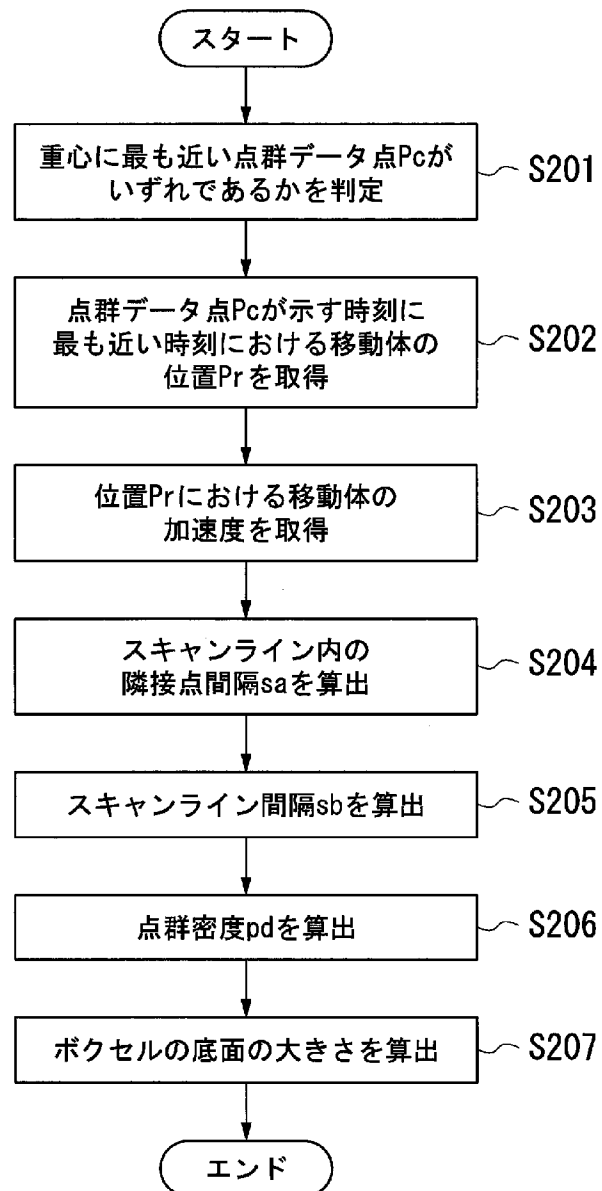
[図7]



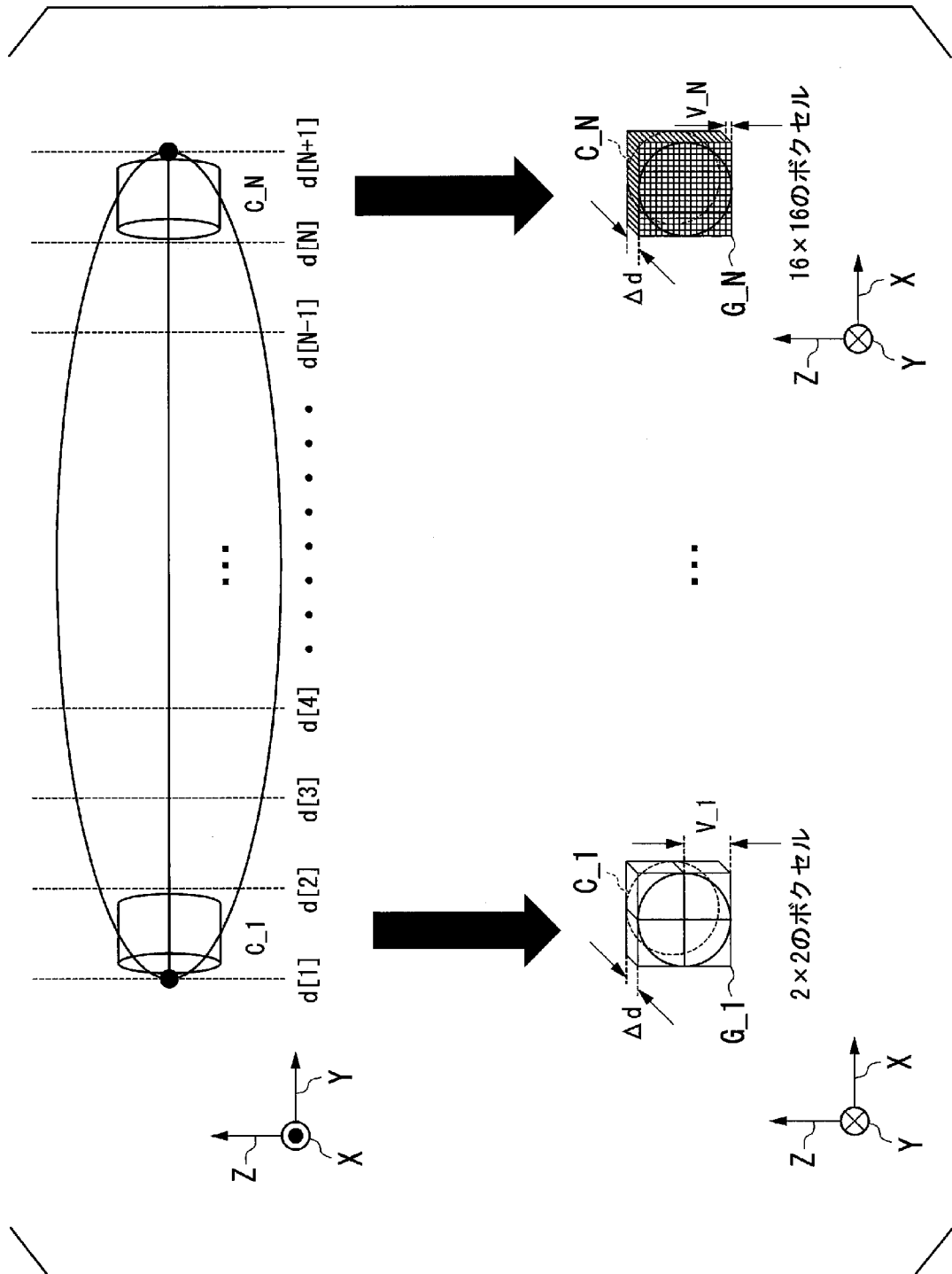
[図8]



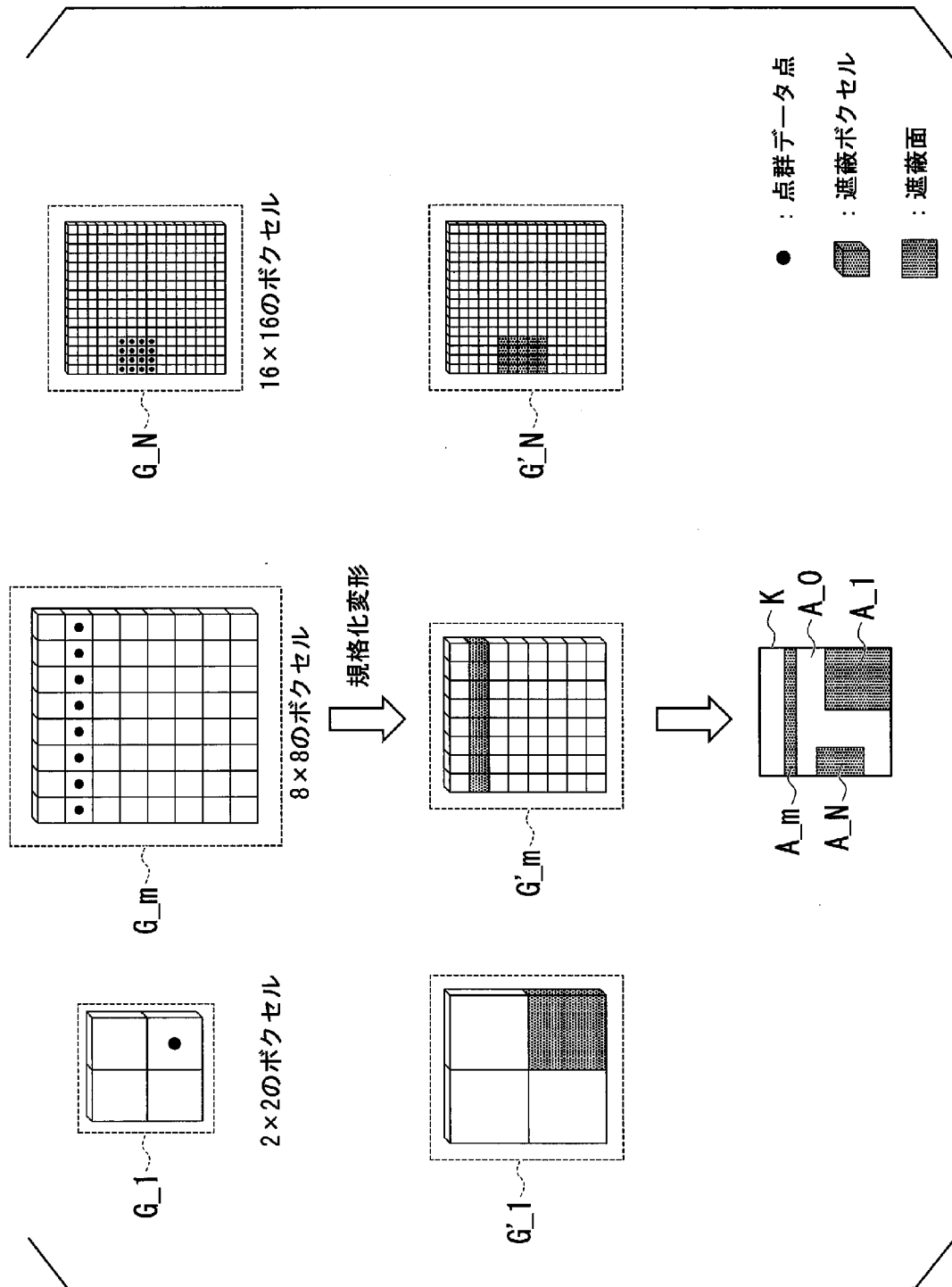
[図9]



[図11]



[図12]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2019/026828

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

Int.Cl. H04W24/00 (2009.01) i

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

Int.Cl. H04B7/24-7/26, H04W4/00-99/00

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Published examined utility model applications of Japan 1922-1996

Published unexamined utility model applications of Japan 1971-2019

Registered utility model specifications of Japan 1996-2019

Published registered utility model applications of Japan 1994-2019

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	JP 2007-312021 A (NIPPON TELEGRAPH AND TELEPHONE CORPORATION) 29 November 2007, paragraphs [0007], [0033] (Family: none)	1-8
A	川野 浩平, レーザプロファイラデータを用いた河川空間の 3 次元モデル構築手法に関する研究, 情報処理学会論文誌データベース, vol. 8, no. 1 [online], 30 March 2015 [retrieved on 29 July 2019], pp. 55-72, (KAWANO, Kouhei, Research concerning technologies for generating 3D model of river space using laser profiler data, Information Processing Society of Japan. Transactions on Databases)	1-8

☐ Further documents are listed in the continuation of Box C.

☐ See patent family annex.

* Special categories of cited documents:

"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date

"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art

"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search
30.07.2019

Date of mailing of the international search report
13.08.2019

Name and mailing address of the ISA/
Japan Patent Office
3-4-3, Kasumigaseki, Chiyoda-ku,
Tokyo 100-8915, Japan

Authorized officer

Telephone No.

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（IPC））

Int.Cl. H04W24/00(2009.01)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. H04B7/24-7/26, H04W4/00-99/00

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	1971-2019年
日本国実用新案登録公報	1996-2019年
日本国登録実用新案公報	1994-2019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	JP 2007-312021 A（日本電信電話株式会社）2007. 11. 29, 段落[0007], [0033]（ファミリーなし）	1-8
A	川野 浩平, レーザプロファイラデータを用いた河川空間の3次元モデル構築手法に関する研究, 情報処理学会論文誌 データベース Vol.8 No.1[online], 2015.03.30[検索日 2019.07.29], pp.55-72	1-8

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

「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

30.07.2019

国際調査報告の発送日

13.08.2019

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）

三枝 保裕

5 J

6305

電話番号 03-3581-1101 内線 3534