(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
2022年10月13日(13.10.2022)

WIPO | PCT

(10) 国際公開番号
WO 2022/215134 A1

(51) 国際特許分類:
H04W 16/28 (2009.01) *H04W 24/06* (2009.01)

(21) 国際出願番号： PCT/JP2021/014535

(22) 国際出願日： 2021年4月5日(05.04.2021)

(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: 猪又稔(**INOMATA, Minoru**); 〒1808585 東京都武蔵野市緑町３丁目９－１１ ＮＴＴ知的財産センタ内 Tokyo (JP). 山田 渉 (**YAMADA, Wataru**); 〒1808585 東京都武蔵野市緑町３丁目９－１１ ＮＴＴ知的財産センタ内 Tokyo (JP). 久野 伸晃(**KUNO, Nobuaki**); 〒1808585 東京都武蔵野市緑町３丁目９－１１ ＮＴＴ知的財産センタ内 Tokyo (JP). 佐々木 元晴(**SASAKI, Motoharu**); 〒1808585 東京都武蔵野市緑町３丁目９－１１ ＮＴＴ知的財産センタ内 Tokyo (JP).

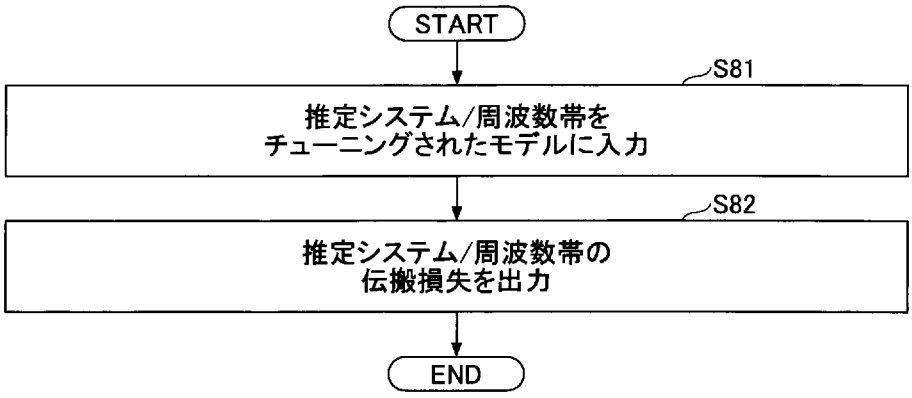
(74) 代理人: 伊東 忠重, 外(**ITOH, Tadashige** et al.); 〒1000005 東京都千代田区丸の内二丁目１番１号 丸の内ＭＹ ＰＬＡＺＡ（明治安田生命ビル） １６階 Tokyo (JP).

(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,

(54) **Title:** COMMUNICATION DESIGN ASSISTANCE DEVICE, COMMUNICATION DESIGN ASSISTANCE METHOD, AND PROGRAM

(54) 発明の名称： 通信設計支援装置、通信設計支援方法およびプログラム

[図9]



S81... INPUT ESTIMATION SYSTEM/FREQUENCY BAND TO TUNED MODEL
S82... OUTPUT PROPAGATION LOSS FOR ESTIMATION SYSTEM/FREQUENCY BAND

(57) **Abstract:** This communication design assistance device comprises: a propagation model storage unit that stores a propagation model; an acquisition unit that acquires data in which structure data including coordinate data is associated with data indicating propagation losses for a plurality of frequency bands; an input reception unit that receives an input of a frequency band for which radio wave intensity is to be estimated; and an estimation unit that inputs the frequency band to the propagation model and estimates a propagation loss.

WO 2022/215134 A1

[続葉有]

HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, IT, 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, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, WS, 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)）

(57) 要約：伝搬モデルを記憶する伝搬モデル記憶部と、座標データを含む構造物データと複数周波数帯の伝搬損失を示すデータとを対応付けたデータを取得する取得部と、電波強度の推定の対象となる周波数帯の入力を受け付ける入力受付部と、前記伝搬モデルに、前記周波数帯を入力して伝搬損失を推定する推定部と、を備える通信設計支援装置である。

明　細　書

発明の名称 ：

通信設計支援装置、通信設計支援方法およびプログラム

技術分野

[0001] 本発明は、ユーザの利用目的に応じて無線通信の設計を支援する技術に関する。

背景技術

[0002] 近年、デジタル化による社会変革の重要性が増している中で、スマートフォン等の通信量は増加し、ＩｏＴ（Ｉｎｔｅｒｎｅｔ　ｏｆ　Ｔｈｉｎｇｓ）の発展により様々なモノが接続される等、無線通信の果たす役割は生活のあらゆる場面で格段に高まっている。一方で、多様化する無線通信の用途に合わせて様々な無線通信規格が登場してきており、また利用する無線の周波数帯も数１００ＭＨｚから数１０ＧＨｚといった高い周波数帯まで拡大しており、特性の異なる周波数帯の電波と様々な無線通信規格とを状況に応じて使い分けることが必要になってきている。このような複雑なヘテロジニアスな無線通信環境の中では、ユーザが意識することなく、ナチュラルな使用感でいつでも適切な無線通信規格が利用できることが理想的と言える。

先行技術文献

非特許文献

[0003] 非特許文献1：無線ネットワークの最適化技術：ＳＯＮ、２０１１年７月、https://www.fujitsu.com/downloads/JP/archive/imgjp/jmag/vol62-4/paper15.pdf

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0004] しかしながら、無線通信の品質は状況に応じて刻々と変化し、ユーザや基地局等の周囲の環境からの影響等により品質が安定しない場合がある。このため、ユーザの目的に応じて最適な品質で無線通信を利用できるようにする

ためには、無線通信の設計を支援する技術が必要となる。

[0005] 開示の技術は、ユーザの利用目的に応じて無線通信の設計を支援することを目的とする。

課題を解決するための手段

[0006] 開示の技術は、伝搬モデルを記憶する伝搬モデル記憶部と、座標データを含む構造物データと複数周波数帯の伝搬損失を示すデータとを対応付けたデータを取得する取得部と、電波強度の推定の対象となる周波数帯の入力を受け付ける入力受付部と、前記伝搬モデルに、前記周波数帯を入力して伝搬損失を推定する推定部と、を備える通信設計支援装置である。

発明の効果

[0007] 開示の技術によれば、ユーザの利用目的に応じて無線通信の設計を支援することが可能となる。

図面の簡単な説明

[0008] [図1]通信設計支援システムの全体構成例および通信設計支援装置の機能構成例を示す図である。

[図2]通信設計支援処理の流れの一例を示すフローチャートである。

[図3]３ＤＣＡＤデータ生成処理の流れの一例を示すフローチャートである。

[図4]レイトレースモデルチューニング処理の流れの一例を示すフローチャートである。

[図5]統計モデルチューニング処理の流れの一例を示すフローチャートである。

[図6]閾値判定による環境ラベル選択処理の流れの一例を示すフローチャートである。

[図7]分類器の学習処理の流れの一例を示すフローチャートである。

[図8]分類器判定による環境ラベル選択処理の流れの一例を示すフローチャートである。

[図9]周波数補正処理の流れの一例を示すフローチャートである。

[図10]コンピュータのハードウェア構成例を示す図である。

[図11]実施例１に係る通信設計支援処理の流れの一例を示すフローチャートである。

[図12]実施例２に係る通信設計支援処理の流れの一例を示すフローチャートである。

[図13]実施例３に係る通信設計支援処理の流れの一例を示すフローチャートである。

[図14]実施例４に係る通信設計支援処理の流れの一例を示すフローチャートである。

[図15]実施例５に係る通信設計支援処理の流れの一例を示すフローチャートである。

[図16]実施例６に係る通信設計支援処理の流れの一例を示すフローチャートである。

発明を実施するための形態

[0009] 以下、図面を参照して本発明の実施の形態（本実施形態）を説明する。以下で説明する実施形態は一例に過ぎず、本発明が適用される実施形態は、以下の実施形態に限られるわけではない。

[0010] 本実施形態に係る通信設計支援システム１は、無線通信システムの導入、調査、提案等の様々なプロセスにおける通信設計業務を支援するシステムである。

[0011] （通信設計支援システム１の全体構成例）

図１は、通信設計支援システムの全体構成例および通信設計支援装置の機能構成例を示す図である。通信設計支援システム１は、通信設計支援装置１０と、撮影装置２０と、測距装置３０と、無線通信装置４０と、を備える。

[0012] 通信設計支援装置１０は、サイトサーベイ部１１と、環境ラベル選択部１２と、データ加工部１３と、電波強度推定部１４と、伝搬モデル記憶部１５と、を備える。

[0013] 撮影装置２０は、例えばカメラ等であって、通信利用環境を撮影して画像データを取得し、通信設計支援装置１０に送信する。

[0014] 測距装置３０は、例えばセンサ、ＬｉＤＡＲ等であって、通信利用環境における設置物、内壁等の間の距離を測定し、測定データを通信設計支援装置１０に送信する。

[0015] 無線通信装置４０は、通信利用環境において、無線通信を行い、受信電力等の無線通信特定を示す情報を取得して通信設計支援装置１０に送信する。

[0016] （通信設計支援装置１０の機能構成例）

通信設計支援装置１０は、サイトサーベイ部１１と、環境ラベル選択部１２と、データ加工部１３と、電波強度推定部１４と、伝搬モデル記憶部１５と、を備える。

[0017] 伝搬モデル記憶部１５は、無線通信の電波強度を推定する処理を規定する伝搬モデルを記憶する。伝搬モデルは、レイトレースモデル１０１、統計モデル１０２等の各種のモデルを使用する。なお、伝搬モデル記憶部１５は、レイトレースモデル１０１および統計モデル１０２のいずれかを記憶しても良く、両者を記憶し、いずれかを選択して使用しても良い。

[0018] レイトレースモデル１０１は、レイトレース法と呼ばれる、無線電波を追跡することによって、ある点において観測される像などをシミュレートする手法によって、電波強度を推定する伝搬モデルの一種である。

[0019] 統計モデル１０２は、送受信間の距離、電界強度等に基づく統計的演算によって、電波強度を推定する伝搬モデルの一種である。

[0020] サイトサーベイ部１１は、撮影装置２０、測距装置３０、無線通信装置４０等から各種情報を取得して、通信利用環境の建物、設置物等の構造を示すデータ、例えば３ＤＣＡＤ（Three Dimensional Computer Aided Design）データを生成する。

[0021] 環境ラベル選択部１２は、撮影装置２０、測距装置３０、無線通信装置４０等から取得した各種情報、サイトサーベイ部１１が生成した構造を示すデータ等に基づいて、伝搬モデルに付与する環境ラベルを選択する。環境ラベルは、通信環境の特性の分類を示すデータである。

[0022] データ加工部１３は、機械学習等の手法を適用して、伝搬モデル記憶部１

５に記憶された各種の伝搬モデルのチューニングを行う。

[0023] 電波強度推定部１４は、設計対象となる通信利用環境における電波強度を、各種の伝搬モデルを適用して推定する。

[0024] 次に、通信設計支援システム１の基本的な動作について、図面を参照して説明する。図２は、通信設計支援処理の流れの一例を示すフローチャートである。なお、各種のユースケースに応じた具体的な動作については、後述する実施例１から実施例４までについて説明する。

[0025] ユーザの操作等に応じて、通信設計支援装置１０は、通信設計支援処理を開始する。サイトサーベイ部１１は、各装置から受信したデータに基づいて、相対座標情報、点群データおよび電波強度データを取得する（ステップＳ１１）。相対座標情報は、通信利用環境の物体、設備等の相対的な位置の関係を示す情報である。点群データは、通信利用環境における物体の表面の位置および形状を表す多数の点の三次元座標を示すデータである。電波強度データは、通信利用環境における各地点の無線電波の強度を示すデータである。

[0026] 例えば、サイトサーベイ部１１は、撮影装置２０が撮影した画像または測距装置３０が測定した測定データにＳＬＡＭ（Simultaneous Localization and Mapping）等の技術を適用して、設計対象の物体、設備等の座標を示す情報を、相対座標情報として取得する。なお、サイトサーベイ部１１は、ＳＬＡＭ等の技術が適用された相対座標情報を単に受信しても良い。

[0027] また、サイトサーベイ部１１は、撮影装置２０が撮影した画像を解析して、点群データを取得する。なお、サイトサーベイ部１１は、画像解析の結果として点群データを単に受信しても良い。

[0028] また、サイトサーベイ部１１は、無線通信装置４０から受信した測定データから、電波強度データを抽出する。

[0029] 次に、サイトサーベイ部１１は、電波強度データを伝搬損失データに変換する（ステップＳ１２）。例えば、サイトサーベイ部１１は、以下の式（１）によって、伝搬損失ＰＬを算出する。

[0030] 伝搬損失ＰＬ=出力Ｐｔ－送信給電損Ｌｔ＋送信アンテナ利得Ｇｔ＋受信アンテナ利得Ｇｒ－受信給電損Ｌｒ－電波強度Ｐｒ （１）

[0031] なお、式（１）の右辺の値は、無線通信装置４０から受信した測定データに含まれる。

[0032] 続いて、サイトサーベイ部１１は、点群データを３ＤＣＡＤデータに変換する（ステップＳ１３）。３ＤＣＡＤデータは、三次元座標系によって物体の形状を表すデータである。ステップＳ１１からステップＳ１３までの処理は、この順番でなくても良い。これらの処理の詳細については後述する。

[0033] 次に、環境ラベル選択部１２は、座標情報を持つ３ＤＣＡＤデータおよび伝搬損失データのセットに基づいて、伝搬モデルに付与する環境ラベルを選択する（ステップＳ１４）。具体的には、環境ラベル選択部１２は、過去のモデルを参考に３ＤＣＡＤデータから特徴量（例えば、通信利用環境が工場の場合は構造物密度）を抽出して、閾値判定により、付与する環境ラベルを選択する。また、環境ラベル選択部１２は、伝搬環境の自動識別機能を持つ分類型機械学習器を用いて、付与する環境ラベルを選択しても良い。これらの処理の詳細については後述する。

[0034] なお、伝搬モデルは、環境ラベルごとに異なる伝搬モデルであると考えることもできる。この場合、付与する環境ラベルの選択は、伝搬モデルの選択ということもできる。

[0035] 次に、データ加工部１３は、伝搬損失データを用いて伝搬モデルのパラメータをチューニングする（ステップＳ１５）。具体的には、データ加工部１３は、レイトレースモデル１０１および統計モデル１０２のそれぞれのパラメータを更新する。通信利用環境に応じた伝搬モデルにチューニングすることによって、電波強度の推定精度を高めることができる。ステップＳ１５の処理の詳細については後述する。

[0036] 続いて、電波強度推定部１４は、推定システムの周波数帯の入力を受けて、距離に対する伝搬損失ＰＬを計算する（ステップＳ１６）。推定システムとは、推定の対象となる通信利用環境のシステムである。具体的には、電波

強度推定部１４は、環境ラベルが付与された伝搬モデル（レイトレースモデル１０１または統計モデル１０２）に周波数帯を入力して、シミュレーションすることによって、伝搬損失ＰＬを算出する。そして、電波強度推定部１４は、算出された伝搬損失ＰＬに基づいて、以下の式（２）によって電波強度Ｐｒを算出する（ステップＳ１７）。

[0037] 電波強度Ｐｒ＝出力Ｐｔ－送信給電損Ｌｔ＋送信アンテナ利得Ｇｔ＋受信アンテナ利得Ｇｒ－受信給電損Ｌｒ－伝搬損失ＰＬ （２）

[0038] 次に、上述した各ステップの処理の詳細について説明する。

[0039] 図３は、３ＤＣＡＤデータ生成処理の流れの一例を示すフローチャートである。３ＤＣＡＤデータ生成処理は、上述したステップＳ１１からステップＳ１３までの処理の詳細である。

[0040] サイトサーベイ部１１は、各装置から測定データを収集する（ステップＳ２１）。次に、サイトサーベイ部１１は、第一から第三までの処理フローを並行して実行する。なお、サイトサーベイ部１１は、第一から第三までのすべての処理フローまたは一部の処理フローを任意の順番に順に処理しても良い。

[0041] 第一の処理フローとして、サイトサーベイ部１１は、点群データをマージして（ステップＳ２２１）。具体定期には、サイトサーベイ部１１は、複数の装置から点群データを取得した場合には、それぞれの座標系を合わせるため、３点の基準マーカの位置から座標の平行移動と回転を行い、マージする。次に、サイトサーベイ部１１は、点群の分布から天井、床、壁およびその他の構造物のレイヤを分離する（ステップＳ２２２）。これは、点群データの取得量の分布は、表面積に対して異なるためである。

[0042] サイトサーベイ部１１は、点群データをフィルタ処理する（ステップＳ２２３）。具体的には、サイトサーベイ部１１は、”Voxel Grid Filter”等を用いたダウンサンプリングによって、フィルタ処理を実行する。なお、サイトサーベイ部１１は、収集した測定データが画像データの場合は、画像の画素を点群に相当するものとしてモデリングしても良い。次に、サイトサーベイ

部１１は、領域成長法により点群を構造物ごとに分割する（ステップＳ２２４）。

[0043] そして、サイトサーベイ部１１は、ＣＮＮ（Convolutional Neural Network）による物体認識および、認識した物体の典型的な材質情報を付与する（ステップＳ２２５）。続いて、サイトサーベイ部１１は、ＲＡＮＳＡＣ（Random sample consensus）による平面検出を実行する（ステップＳ２３４）。なお、ステップＳ２３４の処理において、サイトサーベイ部１１は、平面を検出後にドロネー三角形分割により、平面を面素に細分化してもよい。この第一の処理フローによって、天井、床、壁等の建物に付随する構造物および建物の内部の設置物等を含む各種の構造物を示す３ＤＣＡＤデータが生成される。

[0044] 第二の処理フローとして、サイトサーベイ部１１は、受信した電波強度等の測定データに基づいて、測定点ごとの平均受信電力を算出する（ステップＳ２３１）。そして、サイトサーベイ部１１は、平均受信電力から受信アンテナ端電力に変換し（ステップＳ２３２）、受信アンテナの利得の減算（ステップＳ２３３）および送信ＥＩＲＰ（Equivalent Isotropic Radiated Power）の減算（ステップＳ２３４）を実行し、伝搬損失データに変換する。

[0045] 第三の処理フローとして、サイトサーベイ部１１は、ＳＬＡＭによる座標データの抽出を実行する（ステップＳ２４１）。

[0046] サイトサーベイ部１１は、第一から第三までの処理フローの結果を統合して、座標情報を持つ３ＤＣＡＤデータおよび伝搬損失データのセットを取得する（ステップＳ２５）。

[0047] 従来のエリア設計に用いられる伝搬シミュレーションでは、建物、構造物などのＣＡＤデータを用いて、伝搬特性の推定を行う。ただし、工場などの屋内環境では、構造物のレイアウトを示すデータがないケースがあり、そのような場合には手動で環境のＣＡＤを作成する必要があった。

[0048] それに対して、本実施形態に係る通信設計支援装置１０によれば、測定データに基づいて３ＤＣＡＤデータが自動で生成されるため、ユーザのスキル

に頼ることなく、無線通信の設計が可能となる。

[0049] なお、サイトサーベイ部１１は、構造物の点群データおよび電波強度の測定データを取得する取得部と、点群データの物体認識および材質判定を行って、構造物の形状および材質を示す構造物データを生成する構造物データ生成部と、構造物を含む環境における電波強度の測定データに基づいて、伝搬損失を算出する伝搬損失算出部と、構造物データと伝搬損失データとを対応付けたデータを出力する出力部と、を含むということもできる。

[0050] 構造物の形状および材質を示す構造物データは、無線通信の品質に関連する情報が含まれるため、無線通信の伝搬シミュレーションにふさわしいデータであると言える。

[0051] また、サイトサーベイ部１１は、ＳＬＡＭによる座標データの抽出を実行する抽出部をさらに含むということもできる。

[0052] 次に、通信設計支援処理のステップＳ１５の処理の詳細について説明する。ステップＳ１５において、データ加工部１３は、レイトレースモデル１０１または統計モデル１０２をチューニングする。

[0053] 図４は、レイトレースモデルチューニング処理の流れの一例を示すフローチャートである。

[0054] データ加工部１３は、上述した３ＤＣＡＤデータ生成処理のステップＳ２６の処理によって取得された座標情報を持つ３ＤＣＡＤデータおよび伝搬損失データのセットを取得する（ステップＳ３１）。伝搬損失データを（Ｘ，Ｙ，Ｚ，PL_{meas}）とする。また、測定する無線規格の周波数帯と推定する無線規格の周波数帯とが異なる場合には、データ加工部１３において周波数特性を推定する必要があり、PL_{meas}は異なる２周波数帯以上の伝搬損失データを取得する必要がある。

[0055] データ加工部１３は、次式に基づいて、レイトレースにより相対座標ごとの電界強度Ｅを計算する（ステップＳ３２）。

[0056]

[数1]

$$E = \frac{e^{-jkS_1}}{S_1}\prod_j \rho R_j(\theta,\mu,\varepsilon,\sigma,\omega)\prod_m \sqrt{\frac{S_l}{(S_m+S_{m+1})}}D_l e^{-jkS_{m+1}}\prod_l T_l$$

ここで、反射係数Ｒは周波数特性を持ち、材質や構造物の形状等と波長の関係により反射係数が異なる。パラメータρは、周波数特性を補正する補正係数である。

[0057] 次に、データ加工部１３は、次式に基づいて、電界強度Ｅから伝搬損失ＰＬ$_{pred}$を計算する（ステップＳ３３）。

[0058] [数2]

$$PL_{pred} = 20\log_{10}\frac{4\pi f}{c} - 20\log_{10}\sqrt{{E_{re}}^2 + {E_{im}}^2}$$

[0059] 続いて、データ加工部１３は、各座標において最適化関数が最小化されるパラメータρを算出する（ステップＳ３４）。最適化関数は、例えばΣ（ＰＬ$_{meas}$－ＰＬ$_{pred}$）^{2}である。周波数特性を推定する場合には、ＰＬ$_{meas}$は異なる２周波数帯以上の伝搬損失データを用いる。

[0060] 図５は、統計モデルチューニング処理の流れの一例を示すフローチャートである。

[0061] データ加工部１３は、上述した３ＤＣＡＤデータ生成処理のステップＳ２６の処理によって取得された座標情報を持つ３ＤＣＡＤデータおよび伝搬損失データのセットを取得する（ステップＳ４１）。伝搬損失データを（Ｘ，Ｙ，Ｚ，ＰＬ$_{meas}$）とする。また、測定する無線規格の周波数帯と推定する無線規格の周波数帯とが異なる場合には、データ加工部１３において周波数

特性を推定する必要があるため、PL_{meas}は異なる２周波数帯以上の伝搬損失データである。

[0062] 次に、データ加工部１３は、相対座標ごとに送受信間距離ｄを計算する（ステップＳ４２）。そして、データ加工部１３は、次式に基づいて、電界強度Ｅから伝搬損失PL_{pred}を計算する（ステップＳ４３）。

[0063] $PL_{pred}=10\alpha \log_{10} d+\gamma+10\beta \log_{10} f$

[0064] ここで、パラメータβが周波数特性を持ち、周波数特性を補正する補正係数である。

[0065] 続いて、データ加工部１３は、各座標において最適化関数が最小化されるパラメータα，β，γを算出する（ステップＳ４４）。なお、周波数特性を推定する場合には、PL_{meas}は異なる２周波数帯以上の伝搬損失データである。

[0066] 従来のエリア設計における電波強度推定では、様々な環境における測定データに基づき、各パラメータの典型値を算出して用いるために、場所固有の特性を評価できないという問題があった。また、測定した無線規格の測定データにチューニングするため、無線規格の周波数帯の特性評価に限定されるという問題があった。

[0067] 本実施形態に係る通信設計支援装置１０によれば、サイトサーベイにより得られた相対座標と３ＤＣＡＤデータと伝搬損失データのセットを前提としてシミュレーションした結果と、利用環境で得られた伝搬損失データからレイトレースパラメータ（実効反射係数）または統計モデルの各係数について，電波強度の推定精度を指標として最適化し、利用環境に応じて伝搬モデルをチューニングする。これによって、場所固有及び異なる周波数帯の特性を評価することができる。

[0068] なお、データ加工部１３は、座標データを含む構造物データと伝搬損失を示すデータとを対応付けたデータを取得する取得部と、取得されたデータに基づいて、伝搬モデルのパラメータを更新するパラメータ更新部と、を含むということもできる。パラメータ更新部は、伝搬モデルを適用して電界強度

を算出し、算出された電界強度に基づく伝搬損失が最小化されるパラメータに更新することで、周波数特性を反映するといえる。

[0069] 次に、通信設計支援処理のステップＳ１４の処理の詳細について説明する。ステップＳ１４において、環境ラベル選択部１２は、レイトレースモデル１０１または統計モデル１０２をチューニングする。

[0070] 図６は、閾値判定による環境ラベル選択処理の流れの一例を示すフローチャートである。

[0071] 環境ラベル選択部１２は、上述した３ＤＣＡＤデータ生成処理のステップＳ２６の処理によって取得された座標情報を持つ３ＤＣＡＤデータおよび伝搬損失データのセットを取得する（ステップＳ５１）。次に、環境ラベル選択部１２は、３ＤＣＡＤデータから構造物の２次元占有率Ｘ（％）と平均高さ（ｍ）を計算する（ステップＳ５２）。次に、環境ラベル選択部１２は、事前に定めた閾値X_0とＸ、基地局アンテナ高H_{BS}とＨを比較してラベルを付与する（ステップＳ５３）。具体的には、以下のように決定される。

[0072] （１）X_0＞Ｘ、H_{BS}＜Ｈのとき、低密度・高クラッタモデル

（２）X_0＞Ｘ、H_{BS}＞Ｈのとき、低密度・低クラッタモデル

（３）X_0＜Ｘ、H_{BS}＜Ｈのとき、高密度・高クラッタモデル

（４）X_0＜Ｘ、H_{BS}＞Ｈのとき、高密度・低クラッタモデル

[0073] 図７は、分類器の学習処理の流れの一例を示すフローチャートである。環境ラベル選択部１２は、複数の場所で取得した、座標情報を持つ３ＤＣＡＤデータおよび伝搬損失データのセットを取得する（ステップＳ６１）。次に、環境ラベル選択部１２は、３ＤＣＡＤデータから構造物の２次元占有率Ｘ（％）と平均高さ（ｍ）を計算する（ステップＳ６２）。続いて、環境ラベル選択部１２は、伝搬損失ＰＬ、２次元占有率Ｘ（％）と平均高さＨ（ｍ）のセットを場所ごとに生成する（ステップＳ６３）。そして、環境ラベル選択部１２は、分類型の機械学習により、分類器を生成し、生成されたグループにラベルを付与する（ステップＳ６４）。機械学習の方法は、分類型学習器であれば良く、例えば、Ｋ最近傍法、ＳＶＭ（support vector machine）

、線形判別法等であっても良い。

[0074] このようにして学習された分類器を使用して、環境ラベル選択部１２は、環境ラベルを選択する。図８は、分類器判定による環境ラベル選択処理の流れの一例を示すフローチャートである。

[0075] 環境ラベル選択部１２は、推定したい場所で取得した、座標情報を持つ３ＤＣＡＤデータおよび伝搬損失データのセットを取得する（ステップＳ７１）。次に、環境ラベル選択部１２は、３ＤＣＡＤデータから構造物の２次元占有率Ｘ（％）と平均高さ（ｍ）を計算する（ステップＳ７２）。続いて、環境ラベル選択部１２は、伝搬損失ＰＬ、２次元占有率Ｘ（％）と平均高さＨ（ｍ）のセットを分類器に入力させる（ステップＳ７３）。そして、環境ラベル選択部１２は、推定したい場所のデータセットがどのラベルにあるかを判定する（ステップＳ７４）。

[0076] 伝搬特性は、利用環境（場所やアンテナ高や周波数など）により多重反射伝搬、２波モデルなど様々な伝搬モデルが存在する。従来の実利用では、ユーザは、伝搬測定結果に基づいて、多様なモデルから適切なモデルを選定する必要があったが、専門家であっても選定には時間を要してしまい、一般人ではそもそも判別が困難であった。

[0077] 本実施形態に係る通信設計支援装置１０によれば、利用環境に応じた環境ラベルを付与することによって、利用環境に沿った伝搬モデルを選定することと同じ効果が得られる。

[0078] なお、環境ラベル選択部１２は、座標データを含む構造物データと伝搬損失を示すデータとを対応付けたデータを取得する取得部と、取得されたデータに基づいて、構造物データに示される構造物における通信環境の特性の分類を示すデータを選択する選択部とを含むということもできる。

[0079] また、取得部は基地局のアンテナ高を示す情報をさらに取得し、選択部は、構造物の占有率と、構造物の高さの統計値とを算出し、事前に定めた閾値と占有率との比較結果と、アンテナ高と統計値との比較結果と、に基づいて、通信環境の特性の分類を示すデータを選択する、ということもできる。

[0080] また、選択部は、構造物の占有率と、構造物の高さの統計値とを算出して分類器に入力して、通信環境の特性の分類を示すデータを選択する、ということもできる。

[0081] また、環境ラベル選択部１２は、分類型の機械学習により分類器を学習する学習部をさらに含むということもできる。

[0082] 次に、通信設計支援処理のステップＳ１６の処理の詳細について説明する。ステップＳ１６において、電波強度推定部１４は、伝搬損失ＰＬを計算する。

[0083] 図９は、周波数補正処理の流れの一例を示すフローチャートである。

[0084] 電波強度推定部１４は、データ加工部１３によってチューニングされた伝搬モデルに、推定システムの周波数帯を入力する（ステップＳ８１）。そして、伝搬モデルから出力される伝搬損失を取得する（ステップＳ８２）。

[0085] 従来、新設システムのエリア評価を行う場合、新設システムを仮設してサイトサーベイを実施する方法があるが、免許が必要な無線規格はサイトサーベイが難しく、サーベイ結果に基づくエリア評価が事前にできないという問題があった。

[0086] 本実施形態に係る通信設計支援装置１０によれば、既設（例えば，免許不要の無線規格）のセンシングしたチャネルデータを伝搬損失に校正し、レイトレースや統計モデルにおいて周波数依存性のあるパラメータ（例えば，レイトレースでは反射係数）をチューニング（データ加工部１３によるチューニング）する。そして、チューニングされたレイトレースモデル１０１または統計モデル１０２に、新設（例えば、免許が必要な無線規格）の周波数を入力し、伝搬損失をシミュレーションすることによって、電波強度を推定することができる。

[0087] なお、電波強度推定部１４は、座標データを含む構造物データと複数周波数帯の伝搬損失を示すデータとを対応付けたデータを取得する取得部と、電波強度の推定の対象となる周波数帯の入力を受け付ける入力受付部と、伝搬モデルに、周波数帯を入力して伝搬損失を推定する推定部と、を含むという

こともできる。

[0088] また、電波強度推定部１４は、レイトレースモデルに基づいて電波強度を推定する際に、推定処理を高速化するため、電波の送信点から受信点までの２次元のレイトレースを求め、送信点、及び受信点の高さ情報を用いて、２次元のレイトレースに対応する３次元のレイトレースを求めても良い。これによって、主要なレイを探索することができ、精度の劣化を抑えつつ、最初から３次元のレイトレースを求めるよりも処理を高速化できる。

[0089] また、電波強度推定部１４は、レイトレースモデルに基づいて電波強度を推定する際に、対象エリア内にある物体（構造物、建物等）の各面の幅、高さ、形状、及び位置等を示すデータを、２次元のメッシュデータに変換しても良い。メッシュデータは、画像データの形式を有しているため、ＧＰＵ（Graphics Processing Unit）を用いて、高速に読込、及び処理が可能であるという特徴を有している。

[0090] 通信設計支援装置１０は、伝搬モデルを記憶する伝搬モデル記憶部と、構造物の点群データおよび複数周波数帯の電波強度の測定データを取得する取得部と、取得されたデータに基づいて、伝搬モデルのパラメータを更新するパラメータ更新部と、伝搬モデルに基づいて伝搬損失を推定する推定部と、を備えるということができる。これによって、ユーザのスキルに頼ることのない通信設計を実現することができる。

[0091] （ハードウェア構成例）

本実施形態に係る通信設計支援装置１０は、例えば、コンピュータに、本実施形態で説明する処理内容を記述したプログラムを実行させることにより実現することができる。

[0092] 上記プログラムは、コンピュータが読み取り可能な記録媒体（可搬メモリ等）に記録して、保存したり、配布したりすることが可能である。また、上記プログラムをインターネットや電子メール等、ネットワークを通して提供することも可能である。

[0093] 図１０は、上記コンピュータのハードウェア構成例を示す図である。図１

０のコンピュータは、それぞれバスＢで相互に接続されているドライブ装置１０００、補助記憶装置１００２、メモリ装置１００３、ＣＰＵ１００４、インタフェース装置１００５、表示装置１００６、入力装置１００７、出力装置１００８等を有する。

[0094] 当該コンピュータでの処理を実現するプログラムは、例えば、ＣＤ－ＲＯＭ又はメモリカード等の記録媒体１００１によって提供される。プログラムを記憶した記録媒体１００１がドライブ装置１０００にセットされると、プログラムが記録媒体１００１からドライブ装置１０００を介して補助記憶装置１００２にインストールされる。但し、プログラムのインストールは必ずしも記録媒体１００１より行う必要はなく、ネットワークを介して他のコンピュータよりダウンロードするようにしてもよい。補助記憶装置１００２は、インストールされたプログラムを格納すると共に、必要なファイルやデータ等を格納する。

[0095] メモリ装置１００３は、プログラムの起動指示があった場合に、補助記憶装置１００２からプログラムを読み出して格納する。ＣＰＵ１００４は、メモリ装置１００３に格納されたプログラムに従って、本実施形態で説明した各部に係る機能を実現する。インタフェース装置１００５は、ネットワークに接続するためのインタフェースとして用いられる。表示装置１００６はプログラムによるＧＵＩ等を表示する。入力装置１００７はキーボード及びマウス、ボタン、又はタッチパネル等で構成され、様々な操作指示を入力させるために用いられる。出力装置１００８は演算結果を出力する。なお、通信設計支援装置１０において、表示装置１００６、入力装置１００７のいずれか又は両方を備えないこととしてもよい。

[0096] 以下、本実施形態に係る技術の具体例として、実施例１から実施例６までについて説明する。なお、実施例１から実施例６までの各実施例は、適宜、組み合わせて実施することが可能である。

[0097] （実施例１）

実施例１では、現地サーベイ業務の自動化を目的とし、現地の担当者が、

現地を移動しながら、スマートフォン等のタブレット端末を用いて写真撮影、Ｌｉｄａｒ取得および測定用の無線規格の電波強度を測定する。通信設計支援装置１０は、測定結果から３ＤＣＡＤデータを作成および表示する。

[0098] 図１１は、実施例１に係る通信設計支援処理の流れの一例を示すフローチャートである。

[0099] 現地担当者等のユーザは、アカウント情報および無線規格を示す情報を入力する。例えば、ユーザは、アカウント情報を入力し、測定用の無線規格として、２．４ＧＨｚＷＬＡＮ，５ＧＨｚＷＬＡＮ，６０ＧＨｚＷｉＧｉｇ等の情報を入力する。サイトサーベイ部１１は、入力された情報に基づいて、相対座標情報、点群データおよび電波強度データを取得する（ステップＳ９１）。なお、点群データと電波強度と座標はそれぞれ異なるモジュールで取得するため、タイムスタンプで突合する。続いて、サイトサーベイ部１１は、無線規格情報に基づき、測定装置の受信電力－受信アンテナ端電力の変換テーブル、送信ＥＩＲＰ情報等を参照し、電波強度データを伝搬損失データに変換する（ステップＳ９２）。次に、サイトサーベイ部１１は、点群データを３ＤＣＡＤデータに変換する（ステップＳ９３）。

[0100] 次に、サイトサーベイ部１１は、座標情報を持つ３ＤＣＡＤデータおよび伝搬損失データのセットを表示する（ステップＳ９４）。

[0101] 現地担当者または営業／ＳＥ担当者は、作成された３ＤＣＡＤデータおよび伝搬損失データのセットを参照したり、呼び出して設計に使用したりすることができる。

[0102] （実施例２）

実施例２では、現地担当者が測定用の無線規格の測定結果に基づいて、測定時とは異なる無線規格の伝搬品質を簡易推定し、設備規模等の見積もりに利用する例を示す。

[0103] 図１２は、実施例２に係る通信設計支援処理の流れの一例を示すフローチャートである。

[0104] 現地担当者等のユーザは、推定基地局位置及び端末局設計条件（例えば、

位置情報など）、測定や推定に用いる無線規格およびアカウント情報を入力する。例えば、ユーザは、アカウント情報を入力し、測定用の無線規格として、２．４ＧＨｚＷＬＡＮ、５ＧＨｚＷＬＡＮ、６０ＧＨｚＷｉＧｉｇ等の情報を入力し、推定用の無線規格として、４．８ＧＨｚＬ５Ｇ、２８ＧＨｚＬ５Ｇ等の情報を入力する。

[0105] 環境ラベル選択部１２は、３ＤＣＡＤデータから構造物の２次元占有率Ｘ（％）と平均高さ（ｍ）を計算する（ステップＳ１０１）。次に、環境ラベル選択部１２は、事前に定めた閾値X_0とＸ、基地局アンテナ高H_{BS}とＨを比較してラベルを付与する（ステップＳ１０２）。ここで、電波強度推定部１４において、統計モデルとレイトレースモデルとは、その計算時間と出力される伝搬品質情報の特徴が大きく異なる。レイトレースモデルでは、場所ごとに伝搬損失を推定できるが、一方で統計モデルでは、距離に対する伝搬損失の変化しか推定することができない。しかしながら、レイトレースモデルは統計モデルよりも計算時間を要してしまうといった特徴がある。そのため、現地において簡易に設備規模等を見積もりする場合には統計モデルを用いる。データ加工部１３は、伝搬損失データを用いて統計モデルのパラメータをチューニングする（ステップＳ１０３）。続いて、電波強度推定部１４は、基地局－端末間距離および推定システムの周波数帯の入力を受けて、距離に対する伝搬損失ＰＬを計算する（ステップＳ１０４）。電波強度推定部１４は、算出された伝搬損失ＰＬに基づいて、電波強度Ｐｒを算出する（ステップＳ１０５）。

[0106] なお、現地担当者または営業／ＳＥ担当者は、推定された電波強度Ｐｒに基づく設計または見積もり等を行うことができる。

[0107] （実施例３）

実施例３では、無線設備の運用設計担当者が測定用の無線規格の測定結果に基づいて、測定時とは異なる無線規格の伝搬品質を指定された端末局位置ごとに推定し、無線パラメータを設計する例を示す。

[0108] 図１３は、実施例３に係る通信設計支援処理の流れの一例を示すフローチ

ャートである。

[0109] 現地担当者等のユーザは、推定基地局及び端末局設計条件（例えば、位置情報など）、測定や推定に用いる無線規格およびアカウント情報を入力する。例えば、ユーザは、アカウント情報を入力し、測定用の無線規格として、２．４ＧＨｚＷＬＡＮ、５ＧＨｚＷＬＡＮ、６０ＧＨｚＷｉＧｉｇ等の情報を入力し、推定用の無線規格として、４．８ＧＨｚＬ５Ｇ、２８ＧＨｚＬ５Ｇ等の情報を入力する。

[0110] 環境ラベル選択部１２は、３ＤＣＡＤデータから構造物の２次元占有率Ｘ（％）と平均高さ（ｍ）を計算する（ステップＳ１１１）。次に、環境ラベル選択部１２は、事前に定めた閾値X_0とＸ、基地局アンテナ高H_{BS}とＨを比較してラベルを付与する（ステップＳ１１２）。ここで、電波強度推定部１４においては、端末局位置ごとに推定が可能なレイトレースモデルを利用するため、データ加工部１３は、伝搬損失データを用いてレイトレースモデルのパラメータをチューニングする（ステップＳ１１３）。続いて、電波強度推定部１４は、基地局－端末間距離および推定システムの周波数帯の入力を受けて、距離に対する伝搬損失ＰＬを計算する（ステップＳ１１４）。電波強度推定部１４は、算出された伝搬損失ＰＬに基づいて、電波強度Ｐｒを算出する（ステップＳ１１５）。

[0111] なお、無線設備の運用設計担当者は、推定された電波強度Ｐｒに基づく無線パラメータの設計等を行うことができる。

[0112] （実施例４）

実施例４では、屋内ローカルエリアでの無線規格運用フェーズにおいて、現地担当者または営業／ＳＥ担当者が、システム変更要否を未然に判定する例を示す。

[0113] 図１４は、実施例４に係る通信設計支援処理の流れの一例を示すフローチャートである。

[0114] サイトサーベイ部１１は、相対座標情報、点群データおよび電波強度データを取得する（ステップＳ１２１）。次に、サイトサーベイ部１１は、電波

強度データを伝搬損失データに変換する（ステップＳ１２２）。続いて、サイトサーベイ部１１は、点群データを３ＤＣＡＤデータに変換する（ステップＳ１２３）。次に、環境ラベル選択部１２は、３ＤＣＡＤデータから構造物の２次元占有率Ｘ（％）と平均高さ（ｍ）を計算する（ステップＳ１２４）。環境ラベル選択部１２は、事前に定めた閾値X_0とＸ、基地局アンテナ高H_{BS}とＨを比較してラベルを付与する（ステップＳ１２５）。

[0115] ここで、電波強度推定部１４が、計算時間の早い統計モデルを利用するため、データ加工部１３は、伝搬損失データを用いて統計モデルのパラメータをチューニングする（ステップＳ１２６）。続いて、電波強度推定部１４は、基地局－端末間距離および推定システムの周波数帯の入力を受けて、距離に対する伝搬損失ＰＬを計算する（ステップＳ１２７）。電波強度推定部１４は、算出された伝搬損失ＰＬに基づいて、電波強度Ｐｒを算出する（ステップＳ１２８）。

[0116] なお、上述したステップＳ１２１からステップＳ１２３までの処理に代えて、通信設計支援装置１０は、ユーザが手動で編集した該当エリアの３ＤＣＡＤデータを使用しても良い。サイトサーベイ部１１は、３ＤＣＡＤデータのユーザによる編集を受け付ける機能を有していても良い。

[0117] 現地担当者または営業／ＳＥ担当者は、推定された電波強度Ｐｒに基づいて、運用中の無線規格の設計変更の要否を判断することができる。

[0118] （実施例５）

実施例５では、屋内ローカルエリアの新設時（工場など）において、新設する無線規格の伝搬品質を推定する例を示す。

[0119] 図１５は、実施例５に係る通信設計支援処理の流れの一例を示すフローチャートである。

[0120] 現地担当者または営業／ＳＥ担当者等のユーザは、新設環境のレイアウトデータから３ＤＣＡＤデータを作成し、環境ラベル選択部１２を起動する。

[0121] 環境ラベル選択部１２は、３ＤＣＡＤデータから構造物の２次元占有率Ｘ（％）と平均高さ（ｍ）を計算する（ステップＳ１３１）。環境ラベル選択

部１２は、事前に定めた閾値X_0とＸ、基地局アンテナ高H_{BS}とＨを比較してラベルを付与する（ステップＳ１３２）。

[0122] そして、ユーザの操作を受けて、データ加工部１３は、該当ラベルの蓄積された測定データを抽出する（ステップＳ１３３）。ここで、電波強度推定部１４は、計算時間の早い統計モデルを利用するため、データ加工部１３は、伝搬損失データを用いて統計モデルのパラメータをチューニングする（ステップＳ１３４）。続いて、電波強度推定部１４は、基地局－端末間距離および推定システムの周波数帯の入力を受けて、距離に対する伝搬損失ＰＬを計算する（ステップＳ１３５）。電波強度推定部１４は、算出された伝搬損失ＰＬに基づいて、電波強度Ｐｒを算出する（ステップＳ１３６）。

[0123] 現地担当者または営業／ＳＥ担当者は、推定された電波強度Ｐｒに基づいて、新設する無線規格の伝搬品質を推定し、見積もり、営業または設計等に使用することができる。

[0124] （実施例６）

実施例６では、屋内ローカルエリアの新設時（工場など）において、レイアウトデータが無く、無線規格の測定が出来ない場合において、無線規格の伝搬品質を推定し、設備規模等の見積もりに利用する例を示す。

[0125] 図１６は、実施例６に係る通信設計支援処理の流れの一例を示すフローチャートである。

[0126] 現地担当者または営業／ＳＥ担当者が、典型的な屋内ローカルエリアの環境を３ＤＣＡＤデータとして手動作成し、環境ラベル選択部１２を起動する。

[0127] 環境ラベル選択部１２は、３ＤＣＡＤデータから構造物の２次元占有率Ｘ（％）と平均高さ（ｍ）を計算する（ステップＳ１４１）。環境ラベル選択部１２は、事前に定めた閾値X_0とＸ、基地局アンテナ高H_{BS}とＨを比較してラベルを付与する（ステップＳ１４２）。次に、電波強度推定部１４において、端末局位置ごとに推定が可能なレイトレースモデルを用いて、伝搬損失ＰＬを算出する（ステップＳ１４３）。

[0128] 続いて、データ加工部１３は、算出された伝搬損失データを用いて統計モデルのパラメータをチューニングする（ステップＳ１４４）。次に、電波強度推定部１４は、基地局－端末間距離および推定システムの周波数帯の入力を受けて、距離に対する伝搬損失ＰＬを計算する（ステップＳ１４５）。電波強度推定部１４は、算出された伝搬損失ＰＬに基づいて、電波強度Ｐｒを算出する（ステップＳ１４６）。

[0129] なお、現地担当者または営業／ＳＥ担当者は、屋内ローカルエリアの新設時（工場など）において、レイアウトデータが無く、無線規格の測定が出来ない場合において、無線規格の伝搬品質を推定し、設備規模等の見積もりを行うことができる。

[0130] （実施形態の効果）

本実施形態に係る技術によれば、実施例１から実施例６までのようなさまざまなユーザの利用目的に応じて無線通信の設計を支援することが可能となる。なお、通信設計支援装置１０の各機能部（サイトサーベイ部１１、環境ラベル選択部１２、データ加工部１３および電波強度推定部１４）は、実施例１から実施例６までの各実施例に示されるように、ユーザの操作に応じて適宜選択された機能を実行する。

[0131] （実施形態のまとめ）

本明細書には、少なくとも下記各項の通信設計支援装置、通信設計支援方法およびプログラムが開示されている。

（第１項）

伝搬モデルを記憶する伝搬モデル記憶部と、

座標データを含む構造物データと複数周波数帯の伝搬損失を示すデータとを対応付けたデータを取得する取得部と、

電波強度の推定の対象となる周波数帯の入力を受け付ける入力受付部と、

前記伝搬モデルに、前記周波数帯を入力して伝搬損失を推定する推定部と、を備える、

通信設計支援装置。

（第２項）

複数周波数帯で取得されたデータに基づいて、前記伝搬モデルのパラメータを更新するパラメータ更新部をさらに備え、

前記推定部は、更新された前記パラメータの前記伝搬モデルに、前記周波数帯を入力して前記伝搬損失を推定する、

第１項に記載の通信設計支援装置。

（第３項）

前記パラメータ更新部は、前記伝搬モデルを適用して複数周波数帯の電界強度を算出し、算出された電界強度に基づく複数周波数帯の伝搬損失が最小化されるパラメータに更新することで、周波数特性を反映する、

第２項に記載の通信設計支援装置。

（第４項）

前記伝搬モデルはレイトレースモデルであって、

前記パラメータ更新部は、レイトレースにより相対座標ごとの前記電界強度を算出する、

第３項に記載の通信設計支援装置。

（第５項）

前記伝搬モデルは統計モデルであって、

前記パラメータ更新部は、相対座標ごとに送受信間距離に応じた前記電界強度を算出する、

第３項に記載の通信設計支援装置。

（第６項）

伝搬モデルを記憶するコンピュータが実行する通信設計支援方法であって、

座標データを含む構造物データと伝搬損失を示すデータとを対応付けたデータを取得するステップと、

取得されたデータに基づいて、前記伝搬モデルのパラメータを更新するステップと、を備える、

通信設計支援方法。

（第７項）

コンピュータを、第１項から第５項のいずれか１項に記載の通信設計支援装置として機能させるためのプログラム。

[0132] 以上、本実施形態について説明したが、本発明はかかる特定の実施形態に限定されるものではなく、特許請求の範囲に記載された本発明の要旨の範囲内において、種々の変形・変更が可能である。

符号の説明

[0133] １　通信設計支援システム

１０　通信設計支援装置

１１　サイトサーベイ部

１２　環境ラベル選択部

１３　データ加工部

１４　電波強度推定部

１５　伝搬モデル記憶部

２０　撮影装置

３０　測距装置

４０　無線通信装置

１０１　レイトレースモデル

１０２　統計モデル

１０００　ドライブ装置

１００１　記録媒体

１００２　補助記憶装置

１００３　メモリ装置

１００４　ＣＰＵ

１００５　インタフェース装置

１００６　表示装置

１００７　入力装置

１００８　出力装置

請求の範囲

[請求項1] 伝搬モデルを記憶する伝搬モデル記憶部と、

座標データを含む構造物データと複数周波数帯の伝搬損失を示すデータとを対応付けたデータを取得する取得部と、

電波強度の推定の対象となる周波数帯の入力を受け付ける入力受付部と、

前記伝搬モデルに、前記周波数帯を入力して伝搬損失を推定する推定部と、を備える、

通信設計支援装置。

[請求項2] 複数周波数帯で取得されたデータに基づいて、前記伝搬モデルのパラメータを更新するパラメータ更新部をさらに備え、

前記推定部は、更新された前記パラメータの前記伝搬モデルに、前記周波数帯を入力して前記伝搬損失を推定する、

請求項１に記載の通信設計支援装置。

[請求項3] 前記パラメータ更新部は、前記伝搬モデルを適用して複数周波数帯の電界強度を算出し、算出された電界強度に基づく複数周波数帯の伝搬損失が最小化されるパラメータに更新することで、周波数特性を反映する、

請求項２に記載の通信設計支援装置。

[請求項4] 前記伝搬モデルはレイトレースモデルであって、

前記パラメータ更新部は、レイトレースにより相対座標ごとの前記電界強度を算出する、

請求項３に記載の通信設計支援装置。

[請求項5] 前記伝搬モデルは統計モデルであって、

前記パラメータ更新部は、相対座標ごとに送受信間距離に応じた前記電界強度を算出する、

請求項３に記載の通信設計支援装置。

[請求項6] 伝搬モデルを記憶するコンピュータが実行する通信設計支援方法で

あって、

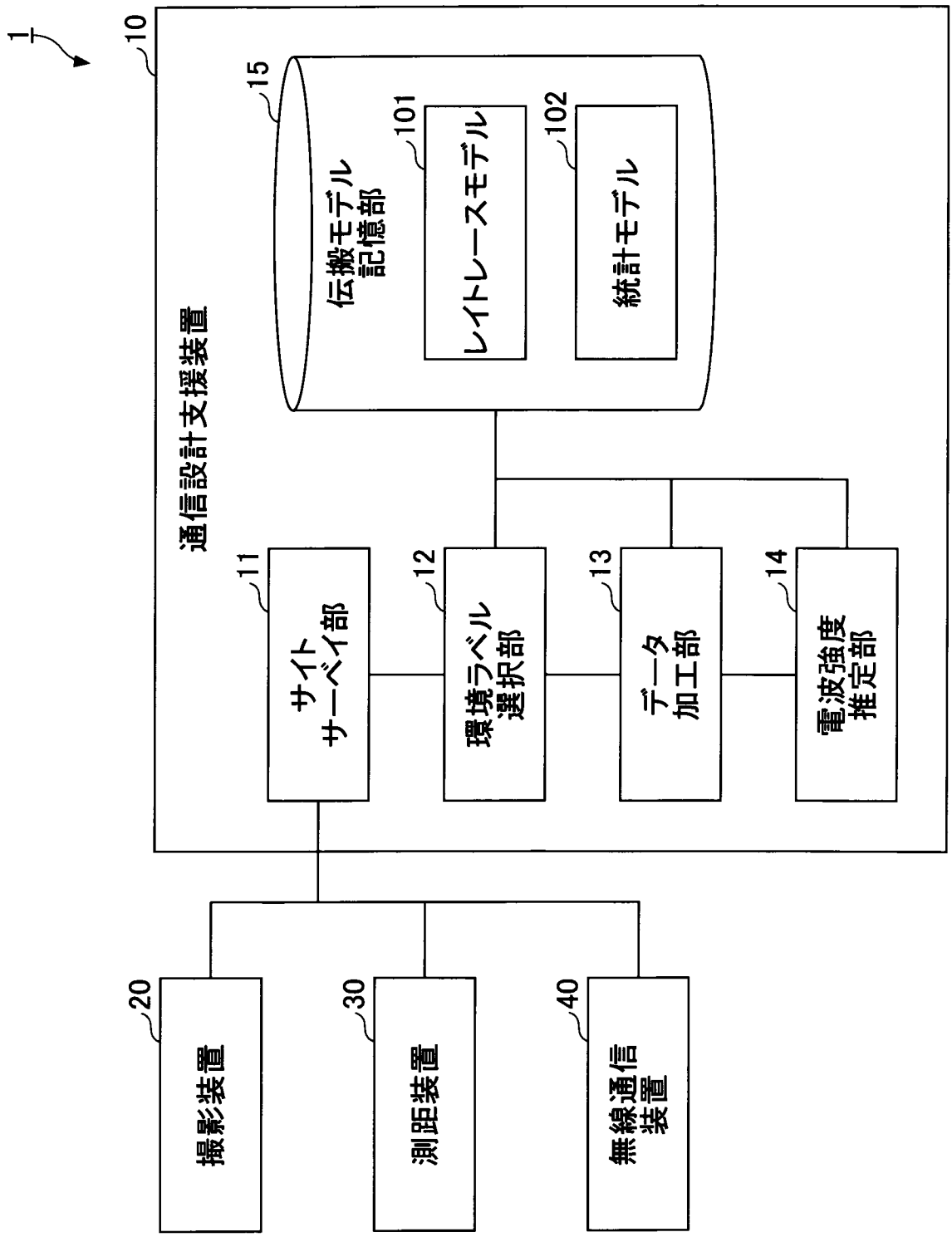
座標データを含む構造物データと複数周波数帯の伝搬損失を示すデータとを対応付けたデータを取得するステップと、

取得されたデータに基づいて、前記伝搬モデルのパラメータを更新するステップと、を備える、

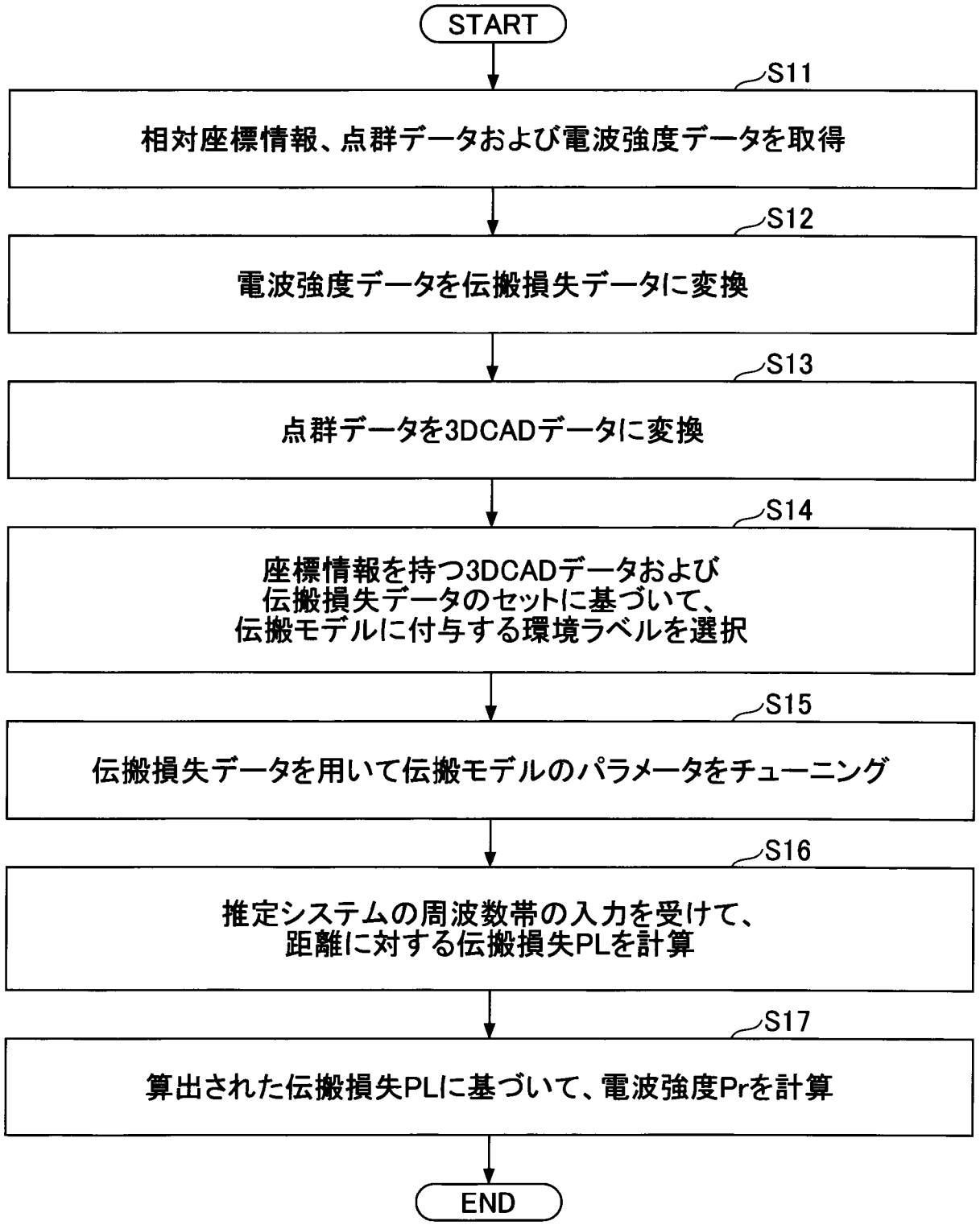
通信設計支援方法。

[請求項7] コンピュータを、請求項１から５のいずれか１項に記載の通信設計支援装置として機能させるためのプログラム。

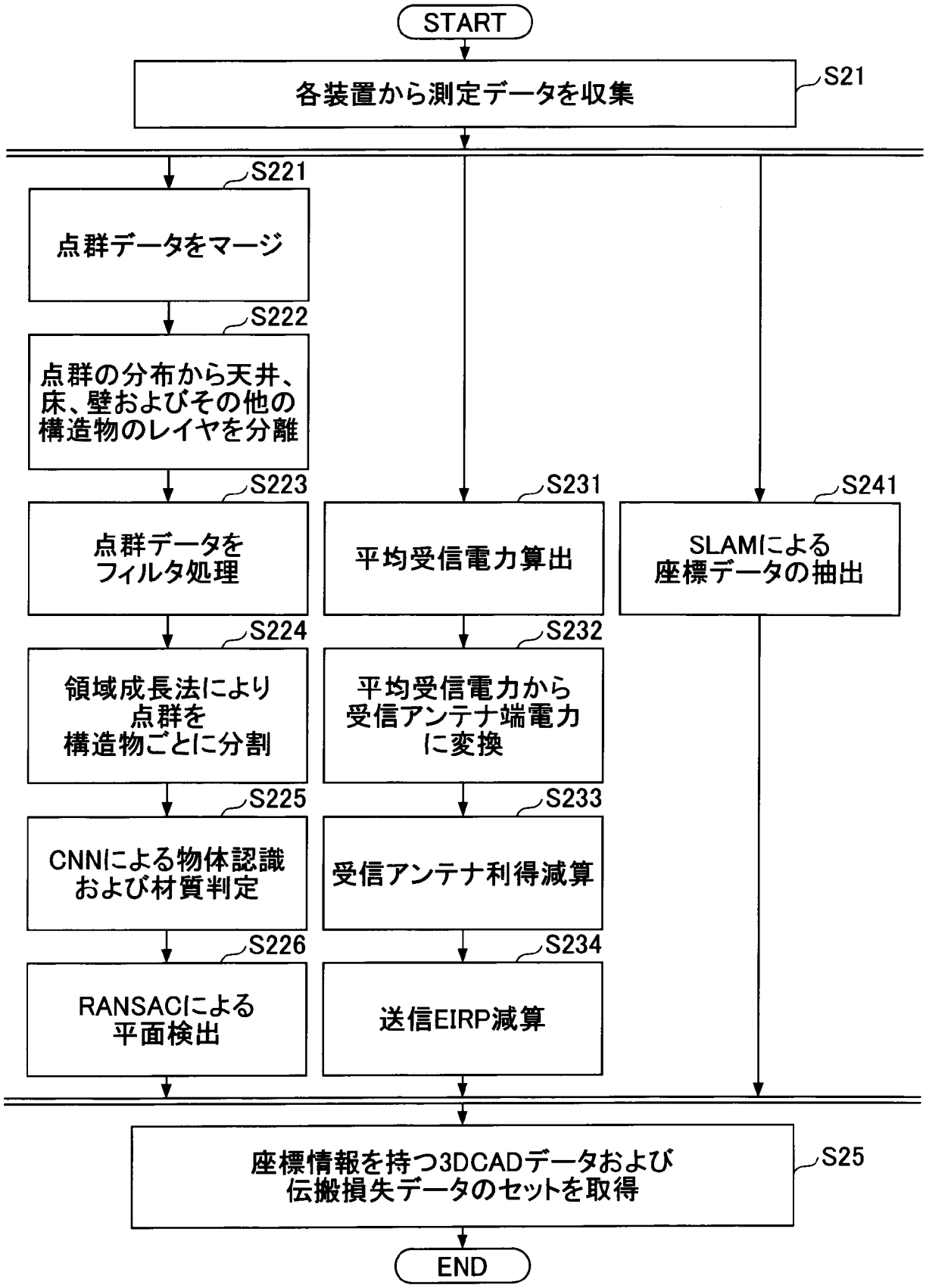
[図1]


1
10
通信設計支援装置
15
伝搬モデル
記憶部
101
レイトレースモデル
102
統計モデル
11
サイト
サーベイ部
12
環境ラベル
選択部
13
データ
加工部
14
電波強度
推定部
20
撮影装置
30
測距装置
40
無線通信
装置

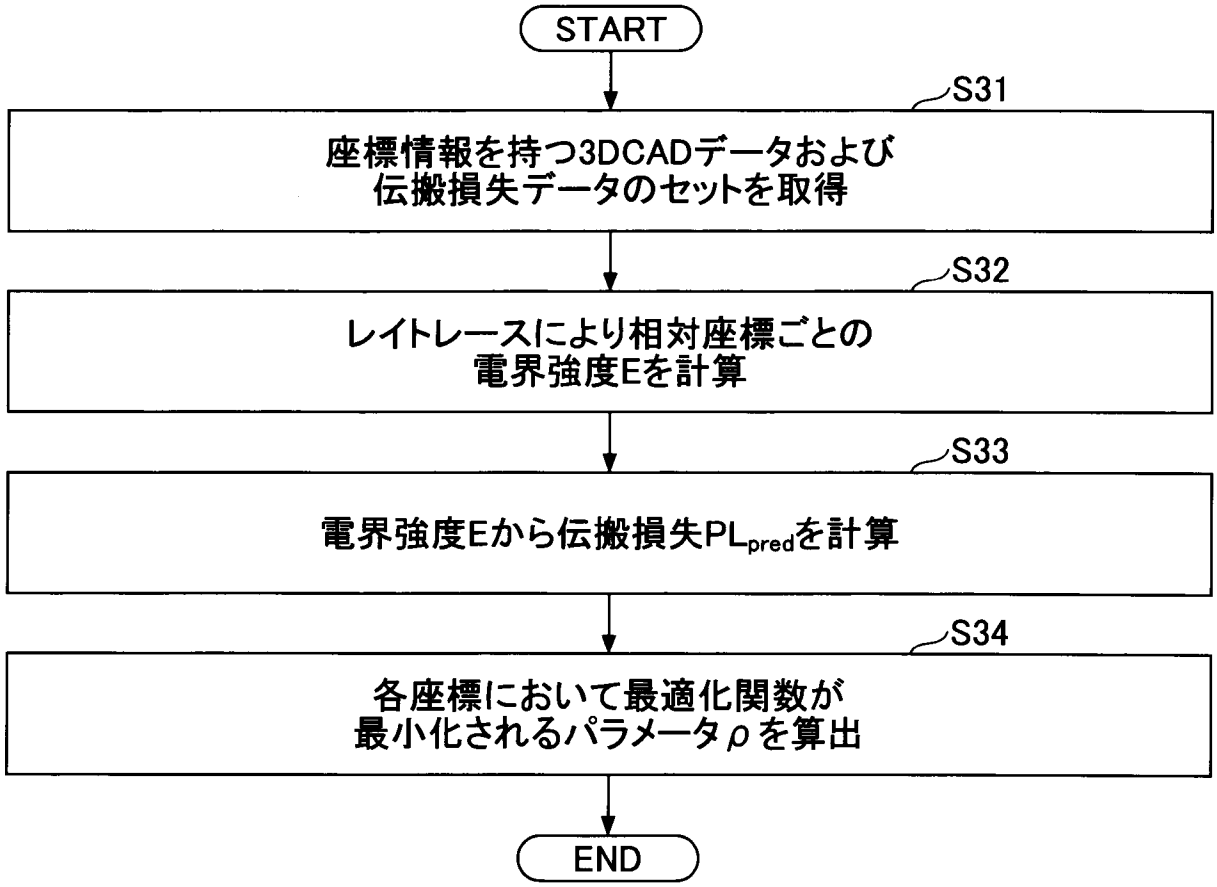
[図2]


START
S11
相対座標情報、点群データおよび電波強度データを取得
S12
電波強度データを伝搬損失データに変換
S13
点群データを3DCADデータに変換
S14
座標情報を持つ3DCADデータおよび
伝搬損失データのセットに基づいて、
伝搬モデルに付与する環境ラベルを選択
S15
伝搬損失データを用いて伝搬モデルのパラメータをチューニング
S16
推定システムの周波数帯の入力を受けて、
距離に対する伝搬損失PLを計算
S17
算出された伝搬損失PLに基づいて、電波強度Prを計算
END

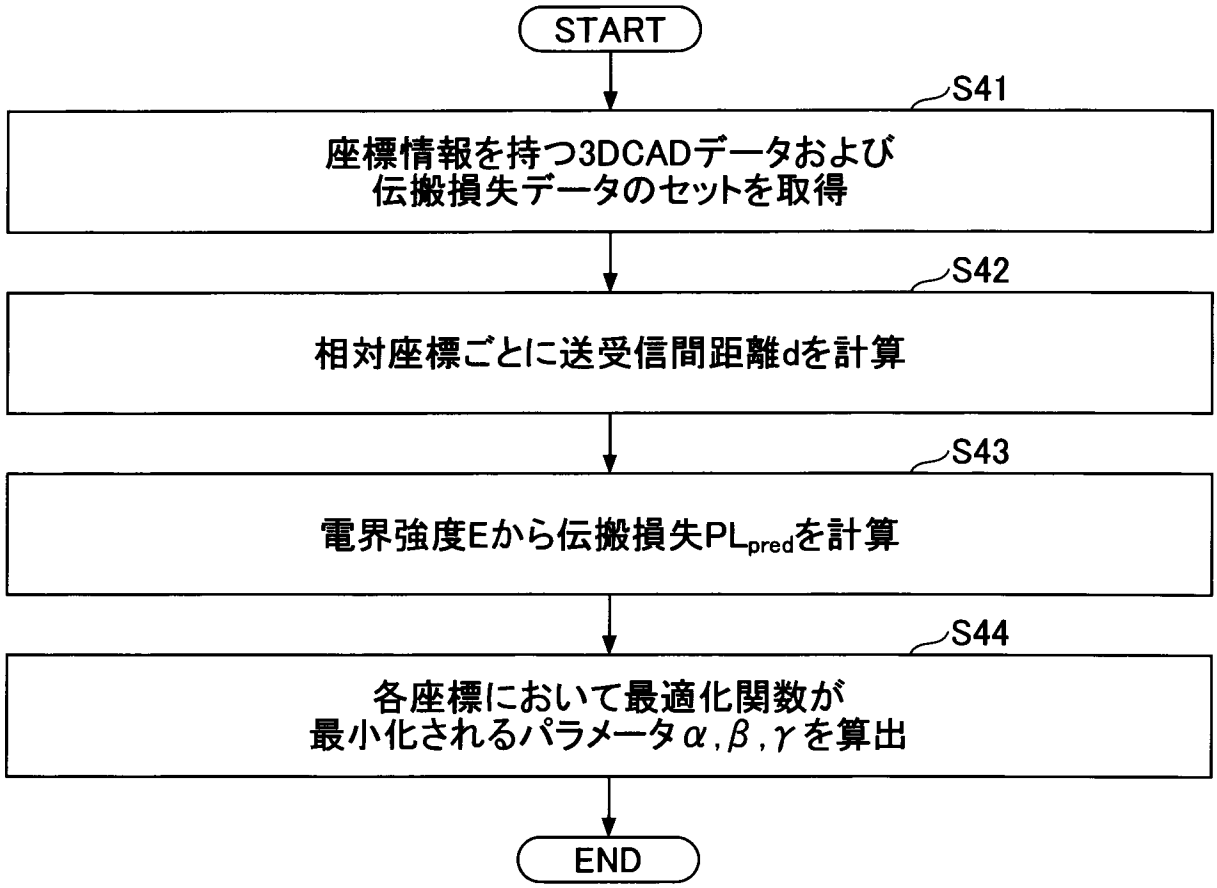
[図3]


START
各装置から測定データを収集
S21
S221
点群データをマージ
S222
点群の分布から天井、床、壁およびその他の構造物のレイヤを分離
S223
点群データをフィルタ処理
S224
領域成長法により点群を構造物ごとに分割
S225
CNNによる物体認識および材質判定
S226
RANSACによる平面検出
S231
平均受信電力算出
S232
平均受信電力から受信アンテナ端電力に変換
S233
受信アンテナ利得減算
S234
送信EIRP減算
S241
SLAMによる座標データの抽出
座標情報を持つ3DCADデータおよび伝搬損失データのセットを取得
S25
END

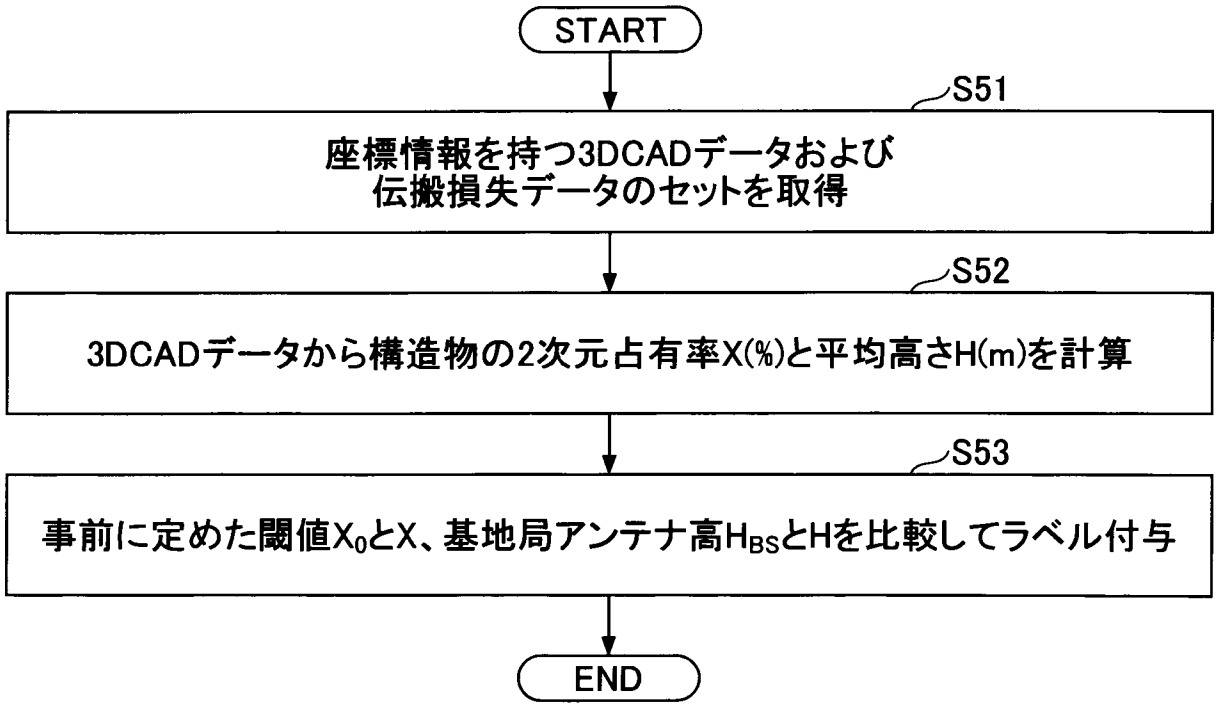
[図4]


START
S31
座標情報を持つ3DCADデータおよび
伝搬損失データのセットを取得
S32
レイトレースにより相対座標ごとの
電界強度Eを計算
S33
電界強度Eから伝搬損失PL_{pred}を計算
S34
各座標において最適化関数が
最小化されるパラメータρを算出
END

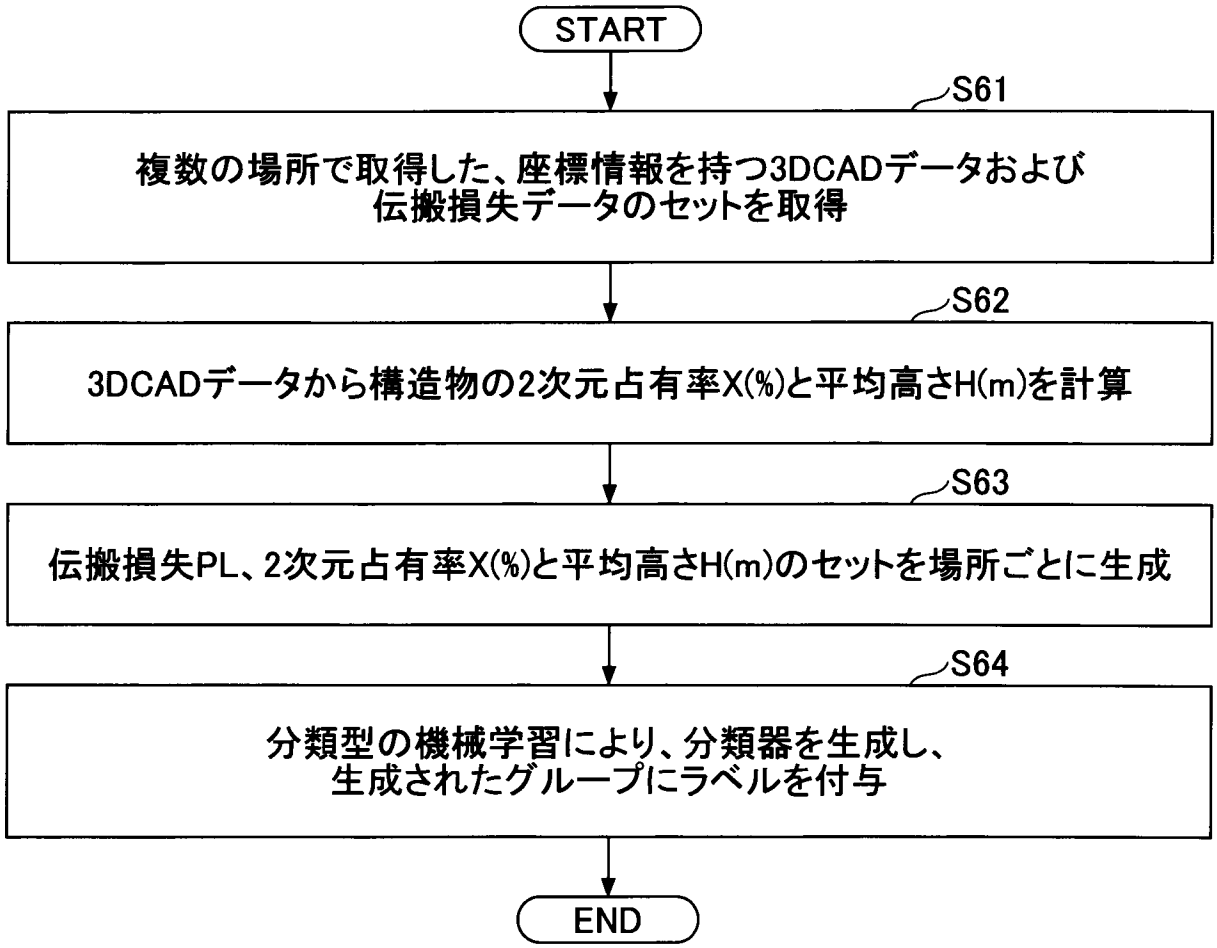
[図5]


START
S41
座標情報を持つ3DCADデータおよび
伝搬損失データのセットを取得
S42
相対座標ごとに送受信間距離dを計算
S43
電界強度Eから伝搬損失PL_{pred}を計算
S44
各座標において最適化関数が
最小化されるパラメータα, β, γを算出
END

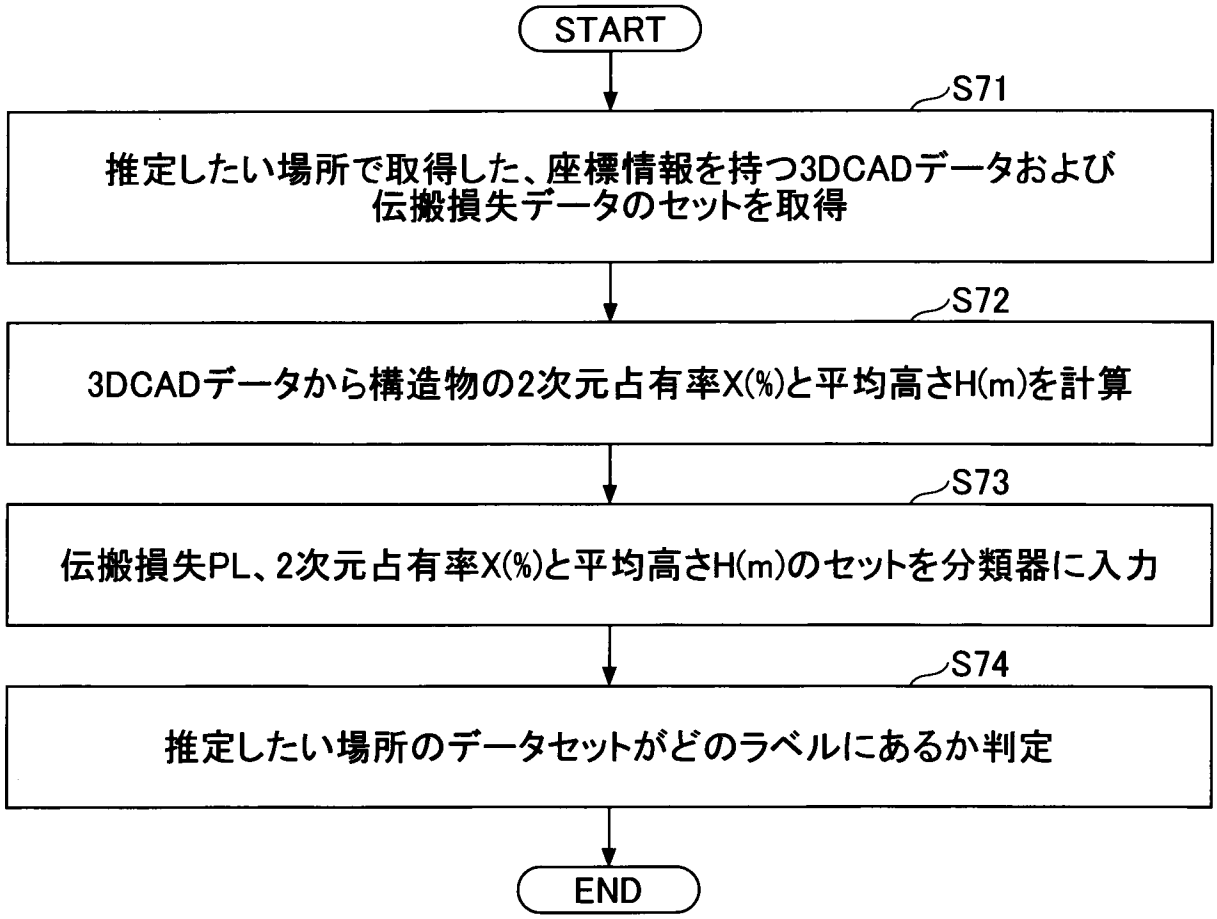
[図6]


START
S51
座標情報を持つ3DCADデータおよび
伝搬損失データのセットを取得
S52
3DCADデータから構造物の2次元占有率X(%)と平均高さH(m)を計算
S53
事前に定めた閾値X_0とX、基地局アンテナ高H_{BS}とHを比較してラベル付与
END

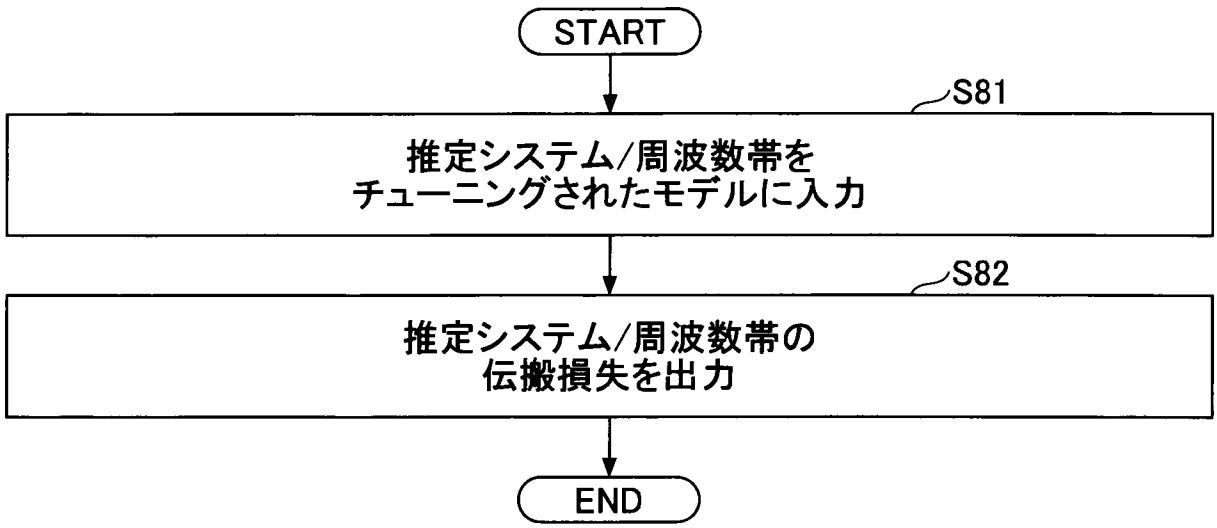
[図7]


START
S61
複数の場所で取得した、座標情報を持つ3DCADデータおよび
伝搬損失データのセットを取得
S62
3DCADデータから構造物の2次元占有率X(%)と平均高さH(m)を計算
S63
伝搬損失PL、2次元占有率X(%)と平均高さH(m)のセットを場所ごとに生成
S64
分類型の機械学習により、分類器を生成し、
生成されたグループにラベルを付与
END

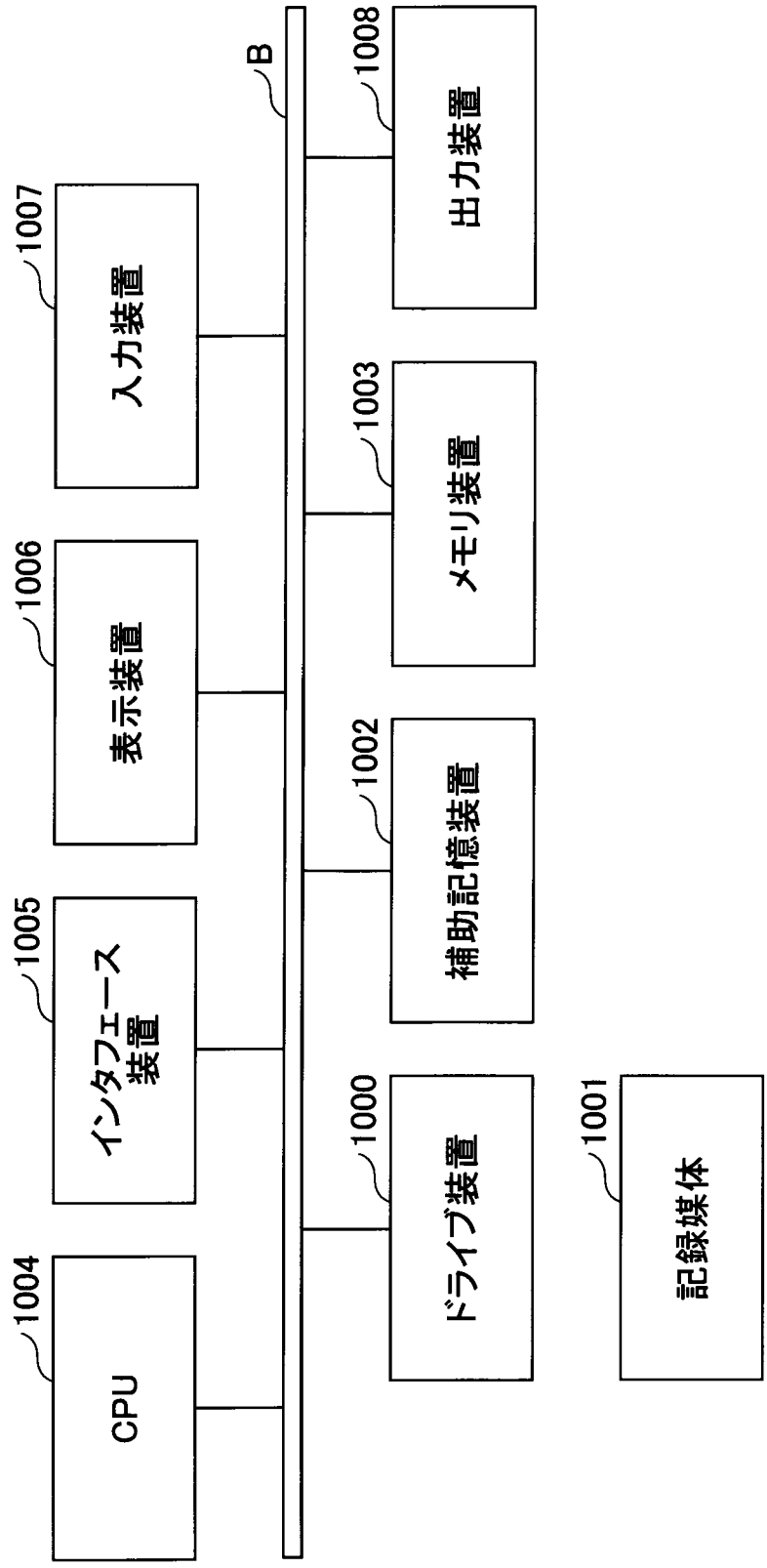
[図8]


START
S71
推定したい場所で取得した、座標情報を持つ3DCADデータおよび伝搬損失データのセットを取得
S72
3DCADデータから構造物の2次元占有率X(%)と平均高さH(m)を計算
S73
伝搬損失PL、2次元占有率X(%)と平均高さH(m)のセットを分類器に入力
S74
推定したい場所のデータセットがどのラベルにあるか判定
END

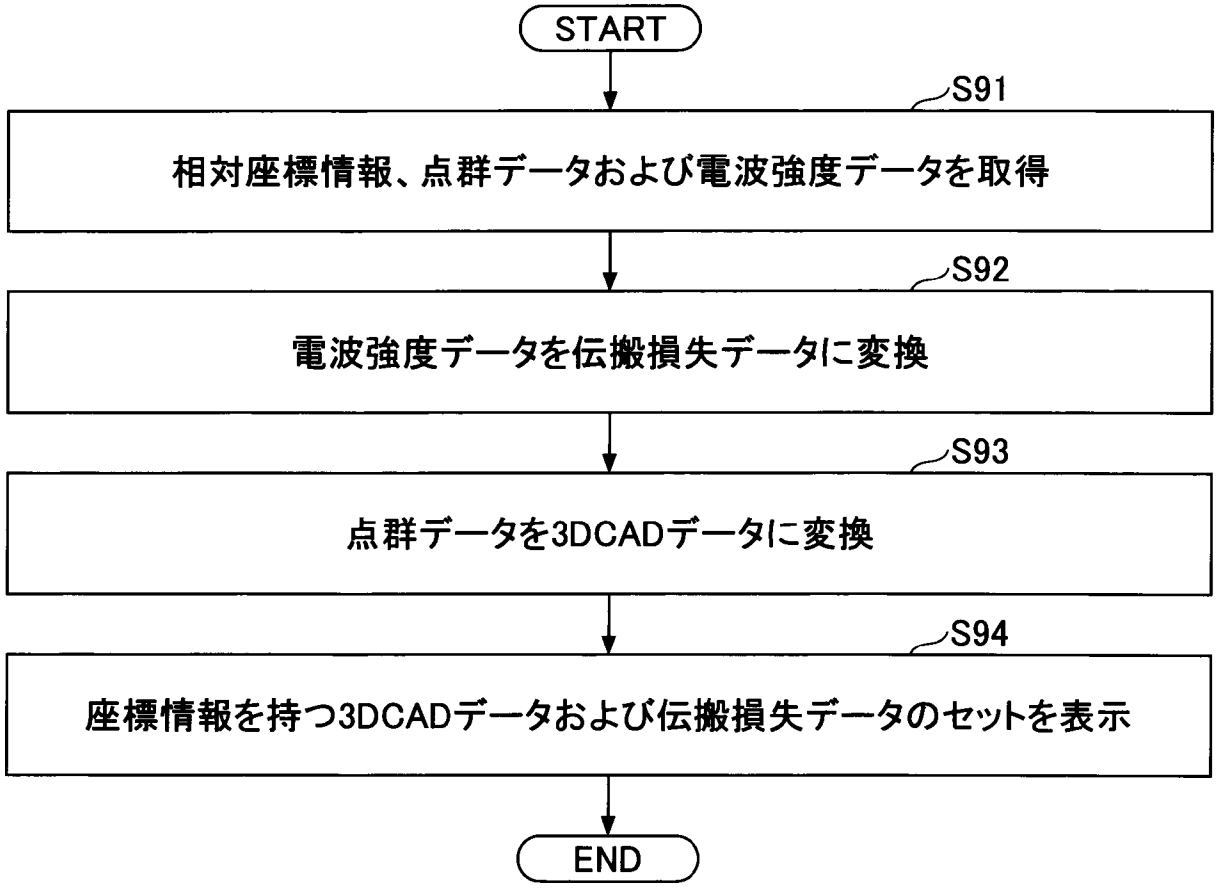
[図9]


START
S81
推定システム/周波数帯をチューニングされたモデルに入力
S82
推定システム/周波数帯の伝搬損失を出力
END

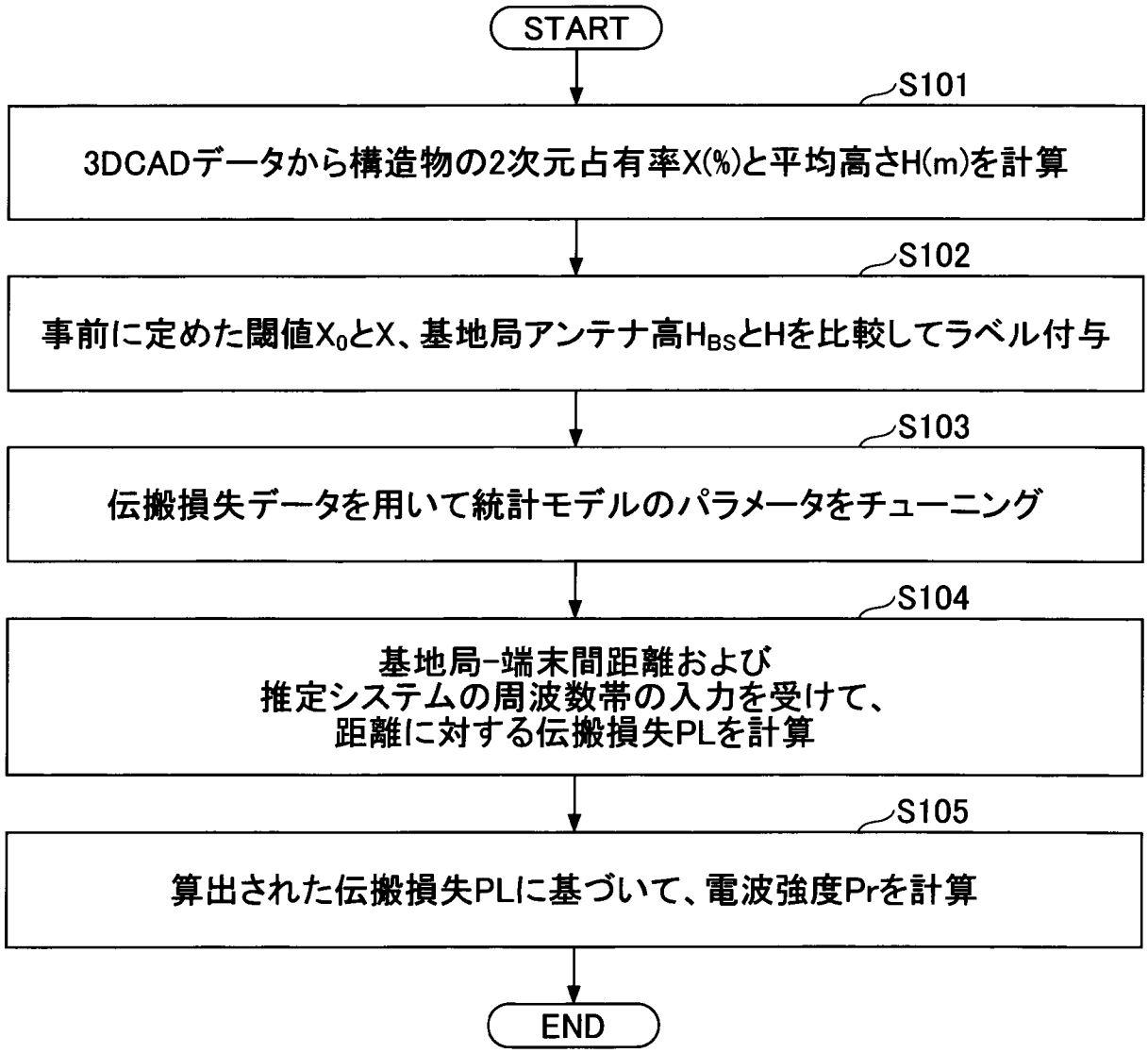
[図10]


B
1004
CPU
1005
インタフェース装置
1006
表示装置
1007
入力装置
1000
ドライブ装置
1002
補助記憶装置
1003
メモリ装置
1008
出力装置
1001
記録媒体

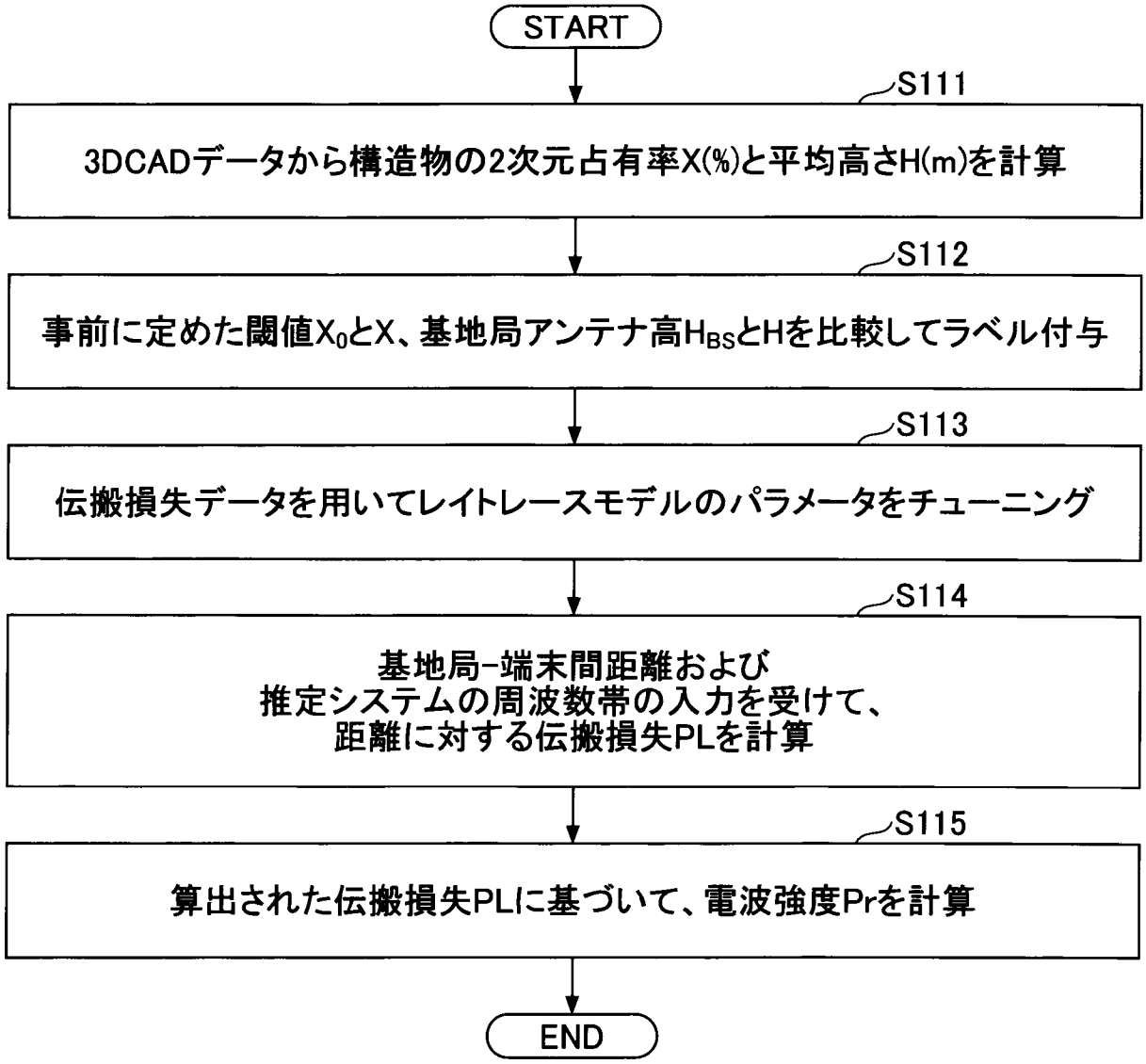
[図11]


START
S91
相対座標情報、点群データおよび電波強度データを取得
S92
電波強度データを伝搬損失データに変換
S93
点群データを3DCADデータに変換
S94
座標情報を持つ3DCADデータおよび伝搬損失データのセットを表示
END

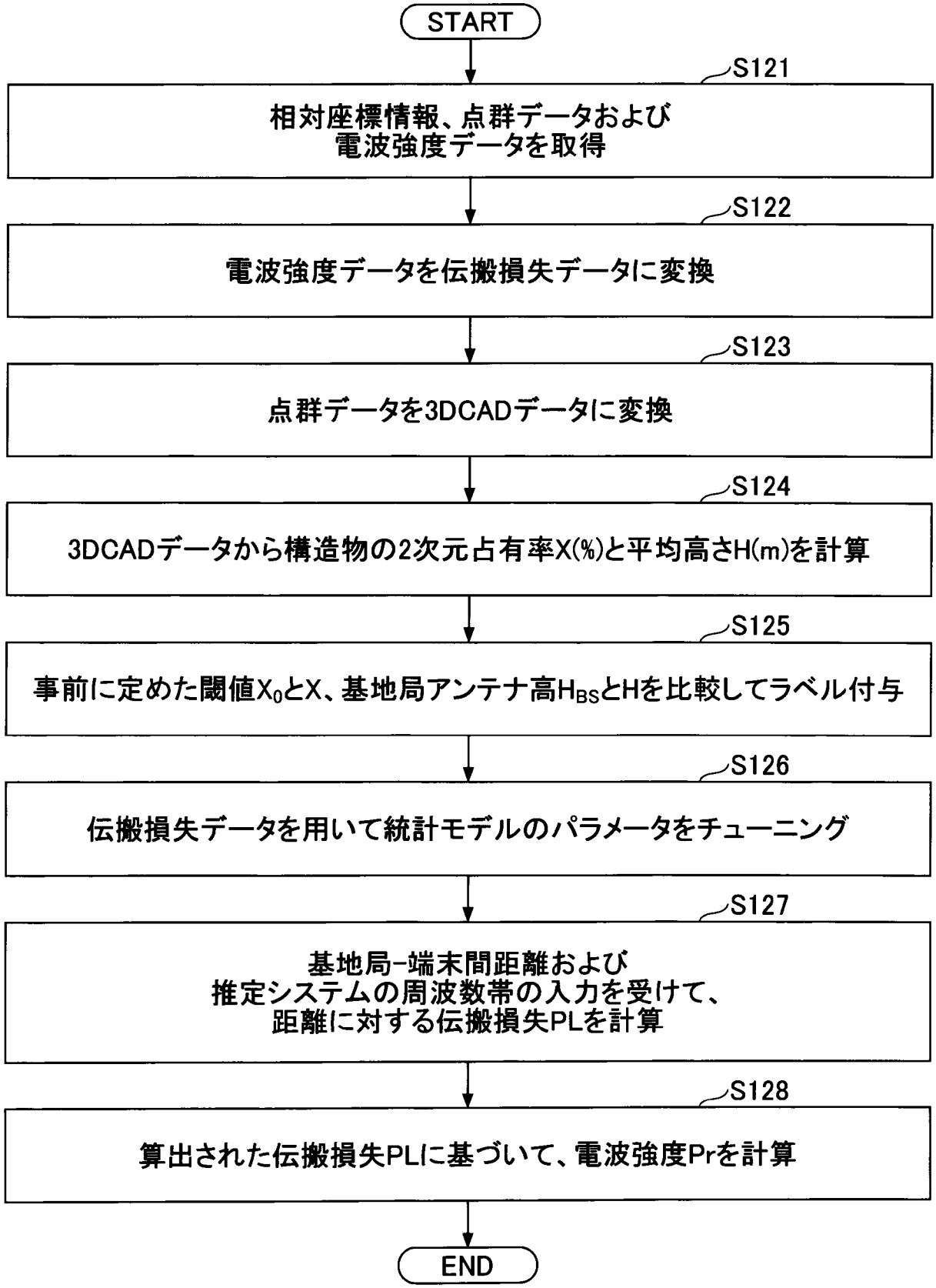
[図12]


START
S101
3DCADデータから構造物の2次元占有率X(%)と平均高さH(m)を計算
S102
事前に定めた閾値X_0とX、基地局アンテナ高H_{BS}とHを比較してラベル付与
S103
伝搬損失データを用いて統計モデルのパラメータをチューニング
S104
基地局-端末間距離および
推定システムの周波数帯の入力を受けて、
距離に対する伝搬損失PLを計算
S105
算出された伝搬損失PLに基づいて、電波強度Prを計算
END

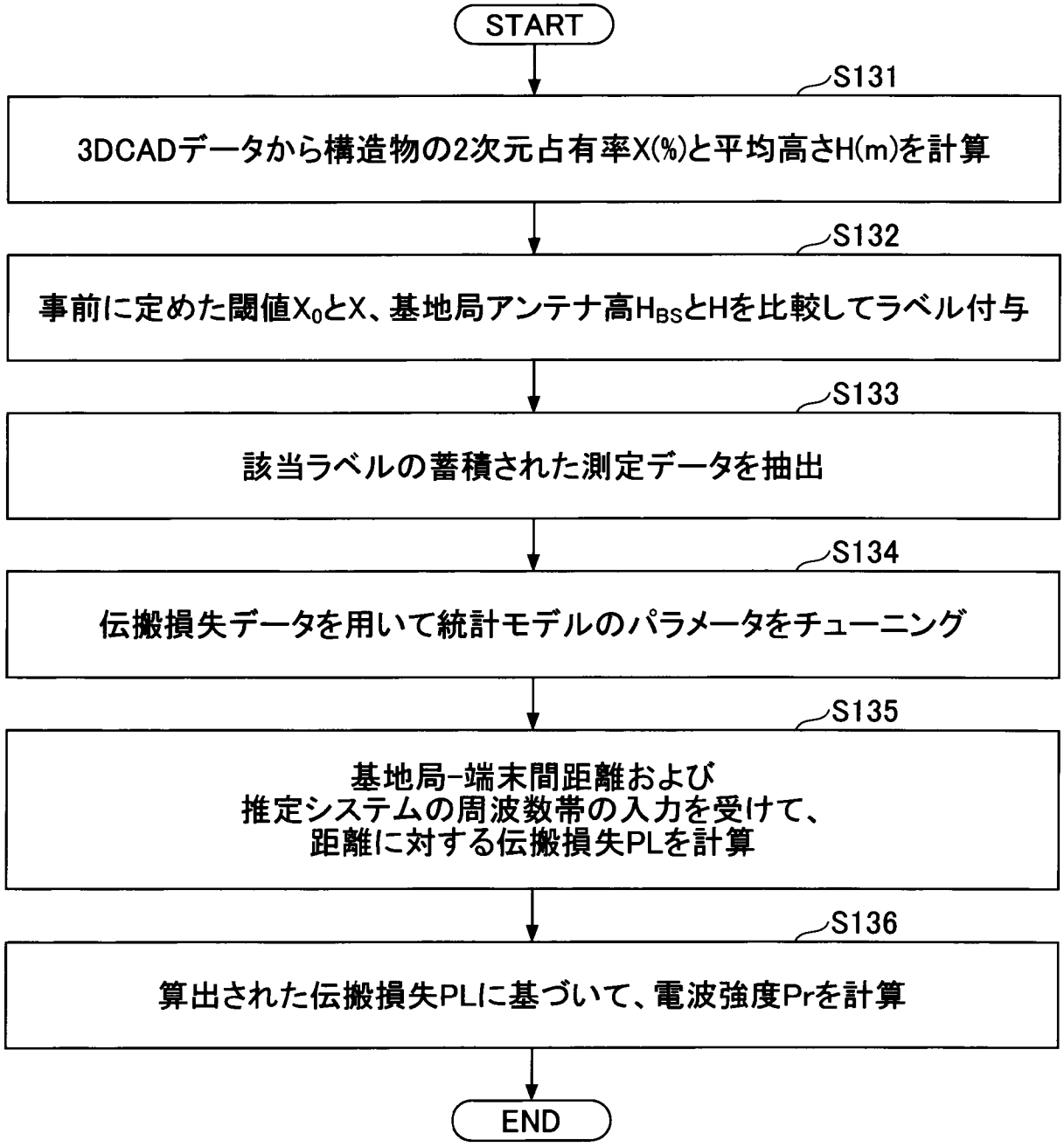
[図13]


START
S111
3DCADデータから構造物の2次元占有率X(%)と平均高さH(m)を計算
S112
事前に定めた閾値X_0とX、基地局アンテナ高H_{BS}とHを比較してラベル付与
S113
伝搬損失データを用いてレイトレースモデルのパラメータをチューニング
S114
基地局-端末間距離および
推定システムの周波数帯の入力を受けて、
距離に対する伝搬損失PLを計算
S115
算出された伝搬損失PLに基づいて、電波強度Prを計算
END

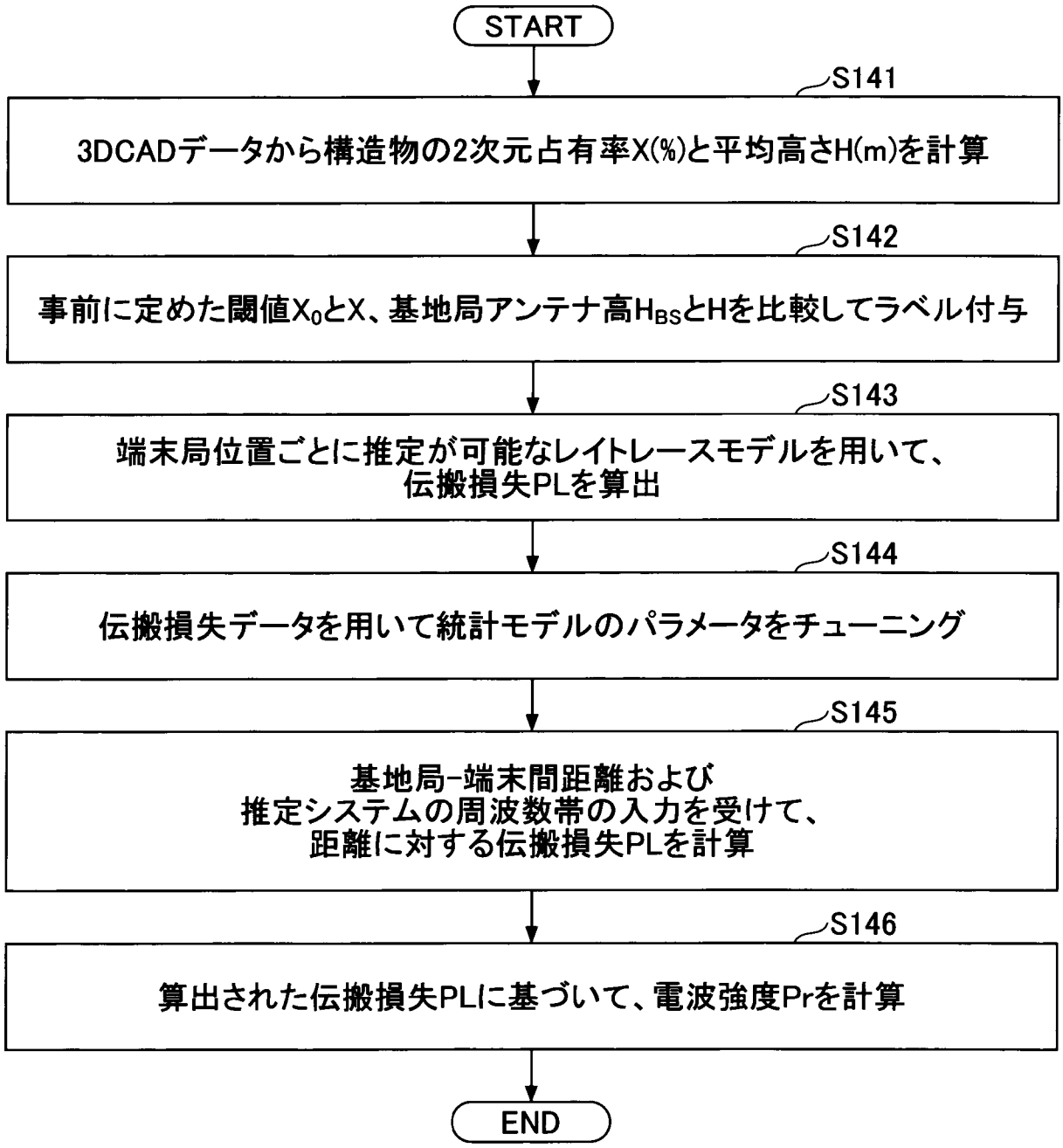
[図14]


START
S121
相対座標情報、点群データおよび
電波強度データを取得
S122
電波強度データを伝搬損失データに変換
S123
点群データを3DCADデータに変換
S124
3DCADデータから構造物の2次元占有率X(%)と平均高さH(m)を計算
S125
事前に定めた閾値X0とX、基地局アンテナ高HBSとHを比較してラベル付与
S126
伝搬損失データを用いて統計モデルのパラメータをチューニング
S127
基地局-端末間距離および
推定システムの周波数帯の入力を受けて、
距離に対する伝搬損失PLを計算
S128
算出された伝搬損失PLに基づいて、電波強度Prを計算
END

[図15]


START
S131
3DCADデータから構造物の2次元占有率X(%)と平均高さH(m)を計算
S132
事前に定めた閾値X_0とX、基地局アンテナ高H_{BS}とHを比較してラベル付与
S133
該当ラベルの蓄積された測定データを抽出
S134
伝搬損失データを用いて統計モデルのパラメータをチューニング
S135
基地局-端末間距離および
推定システムの周波数帯の入力を受けて、
距離に対する伝搬損失PLを計算
S136
算出された伝搬損失PLに基づいて、電波強度Prを計算
END

[図16]


START
S141
3DCADデータから構造物の2次元占有率X(%)と平均高さH(m)を計算
S142
事前に定めた閾値X_0とX、基地局アンテナ高H_{BS}とHを比較してラベル付与
S143
端末局位置ごとに推定が可能なレイトレースモデルを用いて、
伝搬損失PLを算出
S144
伝搬損失データを用いて統計モデルのパラメータをチューニング
S145
基地局-端末間距離および
推定システムの周波数帯の入力を受けて、
距離に対する伝搬損失PLを計算
S146
算出された伝搬損失PLに基づいて、電波強度Prを計算
END

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/JP2021/014535

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
H04W 16/28(2009.01)i; H04W 24/06(2009.01)i
FI: H04W16/28; H04W24/06

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)
H04W16/28; H04W24/06

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	1971-2021
Registered utility model specifications of Japan	1996-2021
Published registered utility model applications of Japan	1994-2021

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	US 2021/0036792 A1 (COMMSCOPE TECHNOLOCIES LLC) 04 February 2021 (2021-02-04) paragraphs [0022]-[0029], fig. 1	1-7
A	WO 2020/016765 A1 (RELIANCE JIO INFOCOMM LIMITED) 23 January 2020 (2020-01-23) page 2, line 23 to page 3, line 29, page 7, lines 14-29, page 14, lines 5-20	1-7
A	JP 2014-82579 A (KDDI CORP) 08 May 2014 (2014-05-08) paragraphs [0018]-[0038], [0066]	1-7
A	WO 2012/011147 A1 (SOFTBANK BB CORP) 26 January 2012 (2012-01-26) entire text all drawings	1-7

☐ 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	Date of mailing of the international search report
09 June 2021 (09.06.2021)	22 June 2021 (22.06.2021)

Name and mailing address of the ISA/	Authorized officer
Japan Patent Office 3-4-3, Kasumigaseki, Chiyoda-ku, Tokyo 100-8915, Japan	Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.
PCT/JP2021/014535

Patent Documents referred in the Report	Publication Date	Patent Family	Publication Date
US 2021/0036792 A1	04 Feb. 2021	(Family: none)	
WO 2020/016765 A1	23 Jan. 2020	(Family: none)	
JP 2014-82579 A	08 May 2014	(Family: none)	
WO 2012/011147 A1	26 Jan. 2012	US 2013/0115961 A1 entire text all drawings	

国際調査報告

国際出願番号
PCT/JP2021/014535

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（ＩＰＣ））

H04W 16/28(2009.01)i; H04W 24/06(2009.01)i
FI: H04W16/28; H04W24/06

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））

H04W16/28; H04W24/06

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	１９７１－２０２１年
日本国実用新案登録公報	１９９６－２０２１年
日本国登録実用新案公報	１９９４－２０２１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	US 2021/0036792 A1 (COMMSCOPE TECHNOLOGIES LLC) 04.02.2021 (2021-02-04) [0022]-[0029], FIG.1	1-7
A	WO 2020/016765 A1 (RELIANCE JIO INFOCOMM LIMITED) 23.01.2020 (2020-01-23) 第2頁第23行-第3頁第29行, 第7頁第14-29行, 第14頁第5-20行	1-7
A	JP 2014-82579 A (ＫＤＤＩ株式会社) 08.05.2014 (2014-05-08) [0018]-[0038],[0066]	1-7
A	WO 2012/011147 A1 (ソフトバンクＢＢ株式会社) 26.01.2012 (2012-01-26) 全文全図	1-7

☐ 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
“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
“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）
“O” 口頭による開示、使用、展示等に言及する文献
“P” 国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願の日の後に公表された文献
“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抵触するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの
“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
“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
“&” 同一パテントファミリー文献

国際調査を完了した日	国際調査報告の発送日
09.06.2021	22.06.2021

名称及びあて先
日本国特許庁(ISA/JP)
〒100-8915
日本国
東京都千代田区霞が関三丁目４番３号

権限のある職員（特許庁審査官）
▲高▼木　裕子 5J 5884
電話番号 03-3581-1101 内線 3534

国際調査報告
パテントファミリーに関する情報

国際出願番号
PCT/JP2021/014535

引用文献	公表日	パテントファミリー文献	公表日
US 2021/0036792 A1	04.02.2021	（ファミリーなし）	
WO 2020/016765 A1	23.01.2020	（ファミリーなし）	
JP 2014-82579 A	08.05.2014	（ファミリーなし）	
WO 2012/011147 A1	26.01.2012	US 2013/0115961 A1 全文全図	