

明 細 書

発明の名称：

位置誤差予測装置、モデル作成装置、位置誤差予測方法、モデル作成方法及びプログラム

技術分野

[0001] 本発明は、位置誤差予測装置、モデル作成装置、位置誤差予測方法、モデル作成方法及びプログラムに関する。

背景技術

[0002] G N S Sなどの衛星測位システムを利用すると、位置情報と、その位置情報の誤差の大きさを示す情報（以下、位置誤差の大きさと記載する。）が得られる。例えば、道路Aを走行している車両が、自車両の走行位置を衛星測位システムによって測位した場合、測位された位置情報の誤差の程度によっては、近くの道路Bを走行しているかのような結果が得られる可能性がある。走行する道路に応じて課金を行う場合、車両が走行する道路の誤認識は問題となる。衛星測位システムが提供する位置誤差の情報を利用して、走行中の道路を間違える確率（以下、失敗率と記載する。）を算出し、道路の誤認識に備える技術が提供されている。

[0003] 誤差の推定に関し、特許文献1には、気圧センサにより計測された気圧値に基づいて、その計測位置の高度を推定するときに、推定された高度の誤差を推定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2017-9512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、衛星測位システムが提供する位置誤差の大きさは、同じ地点であ

ってもその時々により異なり、その値は、確率分布に従う。従って、例えば、あるときに得られた位置誤差の大きさから失敗率を算出しても信頼性の面で課題が残る。位置誤差の大きさ情報を用いて算出する情報（例えば、失敗率）の精度を高めるためには、位置誤差の大きさの確率分布を予測することが必要である。特許文献1には、位置誤差の大きさの確率分布を予測する方法については開示が無い。

[0006] 本開示は、上述の課題を解決することのできる位置誤差予測装置、モデル作成装置、位置誤差予測方法、モデル作成方法及びプログラムを提供する。

課題を解決するための手段

[0007] 本発明の一態様によれば、移動体が存在すると考えられる位置情報の誤差の大きさの確率分布を予測する位置誤差予測装置であって、前記位置誤差予測装置は、ある地点の地形の特徴を示す地形特徴データと前記地点における前記誤差の大きさの確率分布との関係を示す予測モデルと、予測対象地点の前記地形特徴データと、に基づいて、前記予測対象地点における前記誤差の大きさの確率分布を予測する予測部、を備える。

[0008] 本発明の一態様によれば、モデル作成装置は、ある地点の地形の特徴を示す地形特徴データと、前記地点で衛星測位システムから複数回取得した、前記衛星測位システムによって測位された位置情報の誤差の大きさを示す情報と、を取得するデータ取得部と、複数回取得された前記誤差の大きさを示す情報に基づいて、前記誤差の大きさの確率分布を算出する学習データ作成部と、前記地形特徴データと、前記誤差の大きさの確率分布と、に基づいて、前記地形特徴データと前記誤差の大きさの確率分布との関係を示す予測モデルを作成する予測モデル作成部と、を備える。

[0009] 本発明の一態様によれば、移動体が存在すると考えられる位置情報の誤差の大きさの確率分布を予測する位置誤差予測方法であって、前記位置誤差予測方法は、ある地点の地形の特徴を示す地形特徴データと前記地点における前記誤差の大きさの確率分布との関係を示す予測モデルと、予測対象地点の前記地形特徴データと、に基づいて、前記予測対象地点における前記誤差の

大きさの確率分布を予測する。

[0010] 本発明の一態様によれば、モデル作成方法は、ある地点の地形の特徴を示す地形特徴データと、前記地点で衛星測位システムから複数回取得した、前記衛星測位システムによって測位された位置情報の誤差の大きさを示す情報と、を取得し、複数回取得された前記誤差の大きさを示す情報に基づいて、前記誤差の大きさの確率分布を算出し、前記地形特徴データと、前記誤差の大きさの確率分布と、に基づいて、前記地形特徴データと前記誤差の大きさの確率分布との関係を示す予測モデルを作成する。

[0011] 本発明の一態様によれば、プログラムは、コンピュータに、移動体が存在すると考えられる位置情報の誤差の大きさの確率分布を予測する位置誤差予測方法であって、ある地点の地形の特徴を示す地形特徴データと前記地点における前記誤差の大きさの確率分布との関係を示す予測モデルと、予測対象地点の前記地形特徴データと、に基づいて、前記予測対象地点における前記誤差の大きさの確率分布を予測する処理、を実行させる。

[0012] 本発明の一態様によれば、プログラムは、コンピュータに、ある地点の地形の特徴を示す地形特徴データと、前記地点で衛星測位システムから複数回取得した、前記衛星測位システムによって測位された位置情報の誤差の大きさを示す情報と、を取得し、複数回取得された前記誤差の大きさを示す情報に基づいて、前記誤差の大きさの確率分布を算出し、前記地形特徴データと、前記誤差の大きさの確率分布と、に基づいて、前記地形特徴データと前記誤差の大きさの確率分布との関係を示す予測モデルを作成する処理、を実行させる。

発明の効果

[0013] 上記した位置誤差予測装置、位置誤差予測方法及びプログラムによれば、衛星を利用した測位における位置誤差の大きさの分布を推定することができる。上記したモデル作成装置、モデル作成方法及びプログラムによれば、衛星を利用した測位における位置誤差の大きさの分布を予測する予測モデルを作成することができる。

図面の簡単な説明

[0014] [図1A]本開示の第一実施形態における位置誤差予測装置の一例を示す図である。

[図1B]本開示の第一実施形態における位置誤差予測システムの一例を示す図である。

[図2A]本開示における地図データの処理方法について説明する第1の図である。

[図2B]本開示における地図データの処理方法について説明する第2の図である。

[図2C]本開示における地図データの処理方法について説明する第3の図である。

[図2D]本開示における地図データの処理方法について説明する第4の図である。

[図3A]本開示の地形特徴データについて説明する第1の図である。

[図3B]本開示の地形特徴データについて説明する第2の図である。

[図3C]本開示の地形特徴データについて説明する第3の図である。

[図4]本開示の誤差情報の確率分布について説明する図である。

[図5]本開示の予測モデルについて説明する図である。

[図6]本開示の第一実施形態における学習処理の一例を示すフローチャートである。

[図7]本開示の第一実施形態における予測処理の一例を示すフローチャートである。

[図8A]本開示の第二実施形態における位置誤差予測装置の一例を示す図である。

[図8B]本開示の第二実施形態における位置誤差予測システムの一例を示す図である。

[図9]本開示の第二実施形態における学習データの選択処理について説明する図である。

[図10]本開示の第二実施形態における学習処理の一例を示すフローチャートである。

[図11]本発明の各実施形態における位置誤差予測装置及びモデル作成装置のハードウェア構成の一例を示す図である。

発明を実施するための形態

[0015] <第一実施形態>

以下、本発明の第一実施形態による位置誤差の大きさの確率分布の予測方法について図1A～図7を参照して説明する。

(構成)

図1Aは、本発明の第一実施形態における位置誤差予測装置の一例を示す図である。位置誤差予測装置10は、ある地点の地形特徴データを入力すると、その地点で衛星測位システムが提供する位置誤差の大きさの確率分布を予測する。図1に示すように位置誤差予測装置10は、地形特徴データ取得部11と、予測部12と、記憶部13と、出力部14と、学習部15と、を備える。

[0016] 地形特徴データ取得部11は、ある地点での位置誤差の大きさの確率分布の予測に必要な、その地点の地形の特徴を示す地形特徴データを取得する。

予測部12は、地形特徴データ取得部11が取得した地形特徴データと、予測モデルMとに基づいて、位置誤差の大きさの確率分布を予測する。

記憶部13は、予測モデルMや各種データを記憶する。

出力部14は、予測部12による予測結果を出力する。

学習部15は、ある地点の地形特徴データを入力すると、その地点における位置誤差の大きさの確率分布を出力する予測モデルMを作成する。学習部15は、データ取得部151と、学習データ作成部152と、モデル作成部153とを備える。データ取得部151は、学習用の地形特徴データ、衛星測位システムが提供する位置情報、位置誤差の大きさを取得する。学習データ作成部152は、位置情報から後述する経路形状を算出し、位置誤差の大きさから位置誤差の大きさの確率分布を算出する。モデル作成部153は、

位置誤差の大きさの確率分布を予測する予測モデルMを作成する。

[0017] 学習部15は、位置誤差予測装置10と独立した装置として構成してもよい。図1Bに例を示す。図1Bは、本開示の第一実施形態における位置誤差予測システムの一例を示す図である。

位置誤差予測システム1は、位置誤差予測装置10'と、モデル作成装置150とを備える。位置誤差予測装置10'とモデル作成装置150とは、通信可能に接続されていてもよい。位置誤差予測装置10'は、地形特徴データ取得部11と、予測部12と、記憶部13と、出力部14と、を備える。モデル作成装置150は、データ取得部151と、学習データ作成部152と、モデル作成部153と、を備える。各機能部の機能については、図1Aを用いて説明したとおりである。モデル作成装置150は、衛星測位システムが提供する位置情報の誤差の大きさの確率分布を予測する予測モデルMを作成する。位置誤差予測装置10'は、モデル作成装置150が作成した予測モデルMを取得して、記憶部13に予測モデルMを記憶する。以下、図1Aに例示する位置誤差予測装置10を例に説明を行うが、位置誤差予測システム1を用いても、同様の処理によって予測モデルMの作成や、任意の地点における位置誤差の大きさの確率分布の予測が可能である。

[0018] GNSS等の衛星測位システムが提供する位置情報および位置誤差の大きさは、その地点の地形の影響を受ける。地形とは、その地点における建物、樹木の有無やその高さ等のことである。例えば、高層ビルが建っていると、衛星からの信号を受信しにくく、位置誤差は大きくなる傾向がある。また、車両の位置情報を対象とする場合には、建物等の有無、高さのような静的な特徴の他、その車両が走行する方向や速度と、その地点の建物との位置関係も位置誤差の大きさに影響を及ぼす。このような観点から、地形特徴データには、その地点における道路の形状、走行方向も含まれる。

[0019] (3次元地図データの処理)

次に図2A～図2Dを参照して、3次元の地図データから地形特徴データを算出する方法について説明を行う。図2A～図2Dは、それぞれ、本開示

における地図データの処理方法について説明する第1～第4の図である。

図2Aに対象地点Pと、その周囲の地形の一例を示す。対象地点Pとは、例えば、車両の現在位置である。対象地点Pを中心として、例えば、北方向を基準にして、方位角 α ごとにその方向に存在する建物等を検出していく。図2Aでは、濃淡で建物等の高さを示しており、白くなるほど高い建物等が存在することを示している。例えば、矢印Aで示す方位角が α の位置には高層建物BHと低層建物LH2が存在し、南方向には低層建物LHが存在する。

[0020] 図2Bに示すように、所定の方位角 α の範囲ごとに、建物等の頂点と対象地点Pを結ぶ線と地面との間の仰角 β を計算する。図2Bのように手前に高層建物BH、高層建物BHの背後に低層建物BL2が存在する場合、対象地点Pと高層建物BHの頂点を結ぶ線と地平線がなす仰角 β を算出する。そして、方位角 α の所定の範囲ごと（例えば、 45° の範囲ごと）にその範囲に存在する最も高い建物等との仰角 β を算出する。

[0021] 図2Cに方位角 α と仰角 β の関係を示す。図2Cのグラフの縦軸は仰角、横軸は方位角を示す。L1は、境界仰角を示す。境界仰角L1の下部は、建物等により衛星からの信号が遮蔽される空間を示し、境界仰角L1の上部は、遮蔽が無い空間であることを示す。

[0022] 図2Dに示すグラフでは、仰角 β ごとの無遮蔽角度を示す。無遮蔽角度とは、方位角 360° の範囲のうち、建物等による遮蔽が無い範囲の合計を示す。図2Dの線301、302、303は、仰角 30° において、無遮蔽である範囲、つまり境界仰角L1の上部の範囲を示す。190とは、無遮蔽の範囲（線301、302、303）の合計が 190° であることを示す。つまり、図2Aの対象地点Pにおいて、仰角 30° となる位置に建物等が存在するのは、 360° のうちの 170° （ $360 - 190$ ）の範囲である。本開示では、仰角 30° にて無遮蔽となる範囲が 190° であることを、仰角 30° の無遮蔽角度が 190° と記載する。仰角 45° での無遮蔽角度（線451、452に対応する方位角の範囲の合計）は 280° であり、仰角6

0°での無遮蔽角度（線601, 602に対応する方位角の範囲の合計）は280°である。また、仰角75°では、無遮蔽角度（線751に対応する方位角の範囲の合計）は360°である。これは、対象地点Pからみて、仰角が75°となる高さにはどの方向にも建物等が存在しないことを意味している。

[0023] 無遮蔽角度は、衛星からの信号の受信のしやすさ、位置誤差の大きさと関係する。例えば、無遮蔽角度が大きい程、衛星から信号を受信しやすく、位置誤差は小さくなる傾向がある。本開示では、この無遮蔽角度を、位置誤差の大きさの確率分布の予測に用いる。上記の3次元地図データから無遮蔽角度を算出するまでの処理は、ユーザが行ってもよいし、位置誤差予測装置10が、上記処理を実行する機能を有していてもよい。

次に位置誤差の大きさの確率分布の予測に用いるパラメータ（地形特徴データ）について、図3A～図3Cを用いて説明する。

[0024] （地形特徴データ）

図3A～図3Cは、それぞれ、本開示の地形特徴データについて説明する第1～第3の図である。

図3Aに示すグラフでは、仰角 β ごとの境界数を示す。境界数とは、遮蔽部と無遮蔽部の境界を示す。矢印30A～30Dは、仰角30°における境界を示す。仰角30°の境界数は4個である。矢印45A～45Bは、仰角45°における境界を示し、矢印60A～60Bは、仰角60°における境界を示す。仰角45°、60°における境界数は何れも2個である。境界数は、仰角ごとの建物等の数と関係する。無遮蔽角度が同じでも、境界数が異なれば、その仰角における建物等の数が異なる。例えば、北方向に大きなビルが1棟建てられている場合と、東西南北のそれぞれに小さなビルが1棟ずつ建てられている場合とでは、無遮蔽角度が同じでも衛星からの信号の受信のし易さが異なる可能性がある。従って、本開示では、境界数を、衛星からの信号の受信状況、つまり、位置誤差の大きさに影響を及ぼすパラメータとして用いる。

[0025] 図3Bに示すグラフでは、無遮蔽角度を示す。無遮蔽角度については、既に図2Dを用いて説明した。入力パラメータとして用いる場合、例えば、仰角ごとの無遮蔽角度を、さらに方位角の範囲別ごとに8等分し、方位角 0° ～ 90° の範囲での無遮蔽角度、方位角 45° ～ 135° の範囲での無遮蔽角度、方位角 90° ～ 180° の範囲での無遮蔽角度、方位角 135° ～ 225° の範囲での無遮蔽角度、方位角 180° ～ 270° の範囲での無遮蔽角度、方位角 225° ～ 315° の範囲での無遮蔽角度、方位角 270° ～ 0° 、方位角 315° ～ 15° の範囲での無遮蔽角度に分割してもよい。例えば、図3Bの場合、仰角 30° における方位角 0° ～ 90° の範囲の無遮蔽角度は 90° 、仰角 30° における方位角 270° ～ 360° の範囲の無遮蔽角度は 30° である。本開示では、仰角ごと、所定の方位角範囲ごとの無遮蔽角度を、位置誤差の大きさに影響を及ぼすパラメータとして用いる。あるいは、図2Dを用いて説明した仰角ごとの無遮蔽角度の合計を、位置誤差の大きさに影響を及ぼすパラメータとして用いてもよい。

[0026] 図3Cに車両の走行方向と、走行中の位置情報P1～P5を示す。位置情報P1、P2、P3、P4、P5は、例えば、車両の走行中にこの順で地図データから取得した車両の位置情報である。あるいは、位置情報P1～P5は、走行前または走行後に地図データを参照して、走行予定の位置情報または実際に走行した経路の位置情報を地図データから取得したものである。例えば、同じ対象位置Pで測位する場合であっても、P1～P5を経て紙面の下側から走行してきた場合と、紙面の右側から逆方向に走行してきた場合とでは、衛星測位システムから提供される位置情報の大きさは異なる。そこで、本開示では、対象地点Pの1つ前に観測された位置情報P5と対象地点Pで測位された位置情報を結んでできる車両の走行方向を示すベクトルL31と、所定個前に観測された位置情報P1（あるいは、車両の速度に基づいて算出された走行距離に基づいて、対象地点Pよりも所定の距離だけ手前で観測された位置情報P1）と対象地点Pで測位された位置情報を結んでできる車両の走行方向を示すベクトルL32と、がなす角度 θ について算出される

$\cos \theta$ および対象地点 P を通過するときの車両の走行方向（線 L 3 1 の矢印方向）を位置誤差の大きさに影響を及ぼすパラメータとして用いる。線 L 3 1 は車両の最新の走行方向、線 L 3 2 は直近の所定期間における車両の平均走行方向を表す。 $\cos \theta$ および車両の走行方向（線 L 3 1 の方向）を経路形状と呼ぶ。車両の走行方向は、例えば、図 2 A で説明した方位角で指定してもよい。

[0027] 本実施形態では、上記の境界数、無遮蔽角度、経路形状を対象地点 P の地形の特徴を示す地形特徴データとして、これらを入力パラメータ、対象地点 P における位置誤差の大きさの確率分布を出力として、両者の関係を学習する。そして、任意の地点の地形特徴データを入力すると、その地点における位置誤差の大きさの確率分布を予測する予測モデル M を作成する。上記の境界数、無遮蔽角度については、3 次元地図データを解析することによって得ることができる。対象地点 P の経路形状については、実際に車両を、対象地点 P を走行させるときに衛星測位システムから得た位置情報を解析することによって得ることができる。学習部 1 5 のデータ取得部 1 5 1 は、対象地点 P で計測された位置情報を取得して、学習データ作成部 1 5 2 は、経路形状を算出する。

[0028] 図 4 は、本開示の誤差情報の確率分布について説明する図である。

実際に車両を走行させると、図 4 a に例示するように走行中に測位した位置情報 P 1、P 2、P 3、P 4、P 5、P と、その位置情報の誤差の大きさを表す位置誤差範囲情報 Q 1、Q 2、Q 3、Q 4、Q 5、Q が得られる。位置誤差範囲情報 Q 1 等を破線の丸印で示す。車両の走行を何度も繰り返すと、位置情報 P 1、P 2、P 3、P 4、P 5、P に対応して、その時々々の位置誤差範囲情報 Q 1、Q 2、Q 3、Q 4、Q 5、Q が得られる。例えば、対象地点 P について N 回の走行および位置誤差の計測を行い、N 回分の位置誤差の大きさを記録する。この情報から対象地点 P における位置誤差の大きさの確率分布を算出することができる。例えば、N = 1 0 回、位置誤差の情報として、位置誤差の大きさ $\times 1$ が 3 回、 $\times 2$ が 2 回、 $\times 3$ が 5 回、計測された

とすると、位置誤差の大きさが $\times 1$ となる確率が30%、 $\times 2$ となる確率が20%、 $\times 3$ となる確率が50%という確率分布が得られる。グラフ100aに、対象地点Pにおける位置誤差の大きさの確率分布の一例を示す。グラフ100aの縦軸は確率、横軸は位置誤差の大きさを示す。学習部15のデータ取得部151は、対象地点Pで所定回数（例えば、50回）計測された位置誤差の大きさを取得する。学習データ作成部152は、取得された位置誤差の大きさに基づいて、位置誤差の大きさの確率分布を算出する。

[0029] 図5は、本開示の予測モデルについて説明する図である。

学習部15は、図3A～図3Cで説明した入力パラメータ（地形特徴データ）を入力すると、図4を用いて説明した方法で算出された実測値に基づく位置誤差の大きさの確率分布100bを出力する予測モデルMを、ニューラルネットワークなどの多出力可能な回帰手法を用いて作成する。

[0030] 次に予測モデルMの作成処理について説明する。

図6は、本開示の第一実施形態における学習処理の一例を示すフローチャートである。

まず、データ取得部151が、複数地点の地形特徴データを取得する（ステップS11）。地形特徴データとは、図3Aで説明した境界数、図2D又は図3Bで説明した無遮蔽角度である。精度の良い予測モデルMの作成には、なるべく多くの学習データがあった方が好ましいので、様々な地形の特徴を有する地点を対象地点として、各対象地点の地形特徴データを取得する。なお、データ取得部151が、複数地点の情報が含まれる3次元の地図データを取得して、学習部15が、この地図データから各地点の境界数と無遮蔽角度を算出してもよい。データ取得部151は、全ての対象地点について、それぞれの対象地点と境界数と無遮蔽角度とを対応付けて記憶部13に記録する。

[0031] 次に、複数の対象地点のそれぞれで所定回数以上車両を走行させ、対象地点を含む車両の走行経路において所定の時間間隔で車両の位置情報、位置誤差の大きさを、衛星測位システムを用いて計測する。データ取得部151は

、複数地点のそれぞれで所定回数以上計測された位置情報と位置誤差の大きさを取得する（ステップS 1 2）。データ取得部 1 5 1 は、全ての対象地点について、それぞれの対象地点と位置情報と位置誤差の大きさとを対応付けて記憶部 1 3 に記録する。

[0032] 次に学習データ作成部 1 5 2 は、各地点の経路形状を算出する（ステップ S 1 3）。図 3 C を用いて説明したように学習データ作成部 1 5 2 は、各対象地点について、車両の最新の走行方向と、平均走行方向とに基づいて経路形状（図 3 C の $\cos \theta$ と走行方向）を算出する。学習データ作成部 1 5 2 は、全ての対象地点について、それぞれの対象地点と経路形状とを対応付けて記憶部 1 3 に記録する。

[0033] 次に学習データ作成部 1 5 2 は、各地点の位置誤差の大きさの確率分布を算出する（ステップ S 1 4）。図 4 を用いて説明したように学習データ作成部 1 5 2 は、各対象地点において所定回数以上計測された位置誤差の大きさに基づいて、対象地点ごとに位置誤差の大きさの確率分布を算出する。学習データ作成部 1 5 2 は、全ての対象地点について、それぞれの対象地点と位置誤差の大きさの確率分布とを対応付けて記憶部 1 3 に記録する。

[0034] 次にモデル作成部 1 5 3 は、予測モデル M を生成する（ステップ S 1 5）。モデル作成部 1 5 3 は、記憶部 1 3 に記録された対象地点別の境界数と、無遮蔽角度と、経路形状と、位置誤差の大きさの確率分布と、を対象地点ごとに読み出す。例えば、対象地点 1 ～ 1 0 0 の 1 0 0 ヶ所設定されている場合、モデル作成部 1 5 3 は、対象地点 1 ～ 1 0 0 のうちのいくつかを選択して、これらを学習中の予測モデル M に与える。そして、例えば、選択された中に対象地点 1 が含まれている場合、対象地点 1 の境界数、無遮蔽角度および経路形状を入力すると、対象地点 1 について算出された位置誤差の大きさの確率分布を出力するように予測モデル M を訓練する。選択された残りの対象地点についても同様である。モデル作成部 1 5 3 は、対象地点 1 ～ 1 0 0 の中から幾つかを選択してこれらを学習データとして、予測モデル M の学習を行うという処理を所定回数だけ繰り返し行う。これにより、境界数、無遮

蔽角度、経路形状という地点Pの地形特徴データを入力すると、地点Pで得られる位置誤差の大きさの確率分布を出力する予測モデルMを作成することができる。

[0035] 次に図6の処理で作成された予測モデルMに基づいて、任意の地点で衛星測位システムから得られる位置誤差分布情報を予測する処理について説明する。

図7は、本開示の第一実施形態における予測処理の一例を示すフローチャートである。

まず、地形特徴データ取得部11が、新たな地点の地形特徴データを取得する(ステップS21)。新たな地点とは、位置誤差の大きさの確率分布が未知な地点である。地形特徴データ取得部11は、予測対象地点の境界数、無遮蔽角度および経路形状を取得する。例えば、ユーザが、予測対象地点を含む3次元の地図データに基づいて、図2A～図2D、図3A～図3Bを用いて説明した方法で、境界数、無遮蔽角度を算出し、これらを位置誤差予測装置10へ入力する。また、経路形状については、ユーザが、予測対象地点での車両の走行方向、速度の想定値と、地図データ上の予測対象地点の道路の形状に基づいて、経路形状($\cos\theta$ と走行方向)を算出し、この値を位置誤差予測装置10へ入力する。地形特徴データ取得部11は、位置誤差予測装置10へ入力された地形特徴データ(境界数、無遮蔽角度、経路形状)を取得し、これらを予測部12へ渡す。

[0036] 予測部12は、新たな地点における位置誤差の大きさの分布を予測する(ステップS22)。予測部12は、境界数、無遮蔽角度、経路形状を学習済みの予測モデルMへ入力する。予測モデルMは、位置誤差の大きさの確率分布を予測する。次に出力部14は、予測モデルMによる予測結果を出力する(ステップS23)。例えば、出力部14は、図4のグラフ100a、図5のグラフ100bのような確率分布のグラフをディスプレイ等へ出力する。

[0037] 本実施形態によれば、任意の地点で衛星測位システムから提供される位置誤差の大きさの確率分布を得ることができる。従って、例えば、位置誤差の

大きさに基づいて失敗率を算出する場合でも、その失敗率の精度を把握することができる。また、対象地点の地形特徴データが分かれば、その地点の位置誤差の大きさの確率分布を得ることができるので、初めて走行する道路についても事前に位置誤差の大きさの確率分布を予測することができる。

[0038] <第二実施形態>

次に図8A～図10を参照して、第二実施形態における位置誤差の大きさの確率分布の予測処理について説明する。

図8Aは、本開示の第二実施形態における位置誤差予測装置の一例を示す図である。位置誤差予測装置10Aは、地形特徴データ取得部11と、予測部12と、記憶部13と、出力部14と、学習部15Aと、を備える。第一実施形態と同様の構成については説明を省略する。

[0039] 学習部15Aは、データ取得部151と、学習データ作成部152と、モデル作成部153と、学習データ選択部154と、を備える。図6を用いて説明したように、モデル作成部153は、複数の対象地点のうちのいくつかを選択して、予測モデルMの学習を行うという処理を所定回数繰り返して、予測モデルMの精度を高めていく。学習データ選択部154は、予測モデルMの学習時に、位置誤差の大きさの確率分布を、分布が類似するグループごとに分類する。そして、学習データ選択部154は、対象地点を選択する処理において、各グループから選択される学習データの数の比率がほぼ均等となるように対象地点を選択する。モデル作成部153は、選択された位置誤差の大きさの確率分布とそれに対応する入力データの組みを用いて予測モデルMを作成する。

[0040] 学習部15Aは、位置誤差予測装置10と独立した装置として構成してもよい。図8Bに例を示す。図8Bは、本開示の第二実施形態における位置誤差予測システムの一例を示す図である。位置誤差予測システム1Aは、位置誤差予測装置10'と、モデル作成装置150Aとを備える。モデル作成装置150Aは、データ取得部151と、学習データ作成部152と、モデル作成部153と、学習データ選択部154と、を備える。これらの機能につ

いては、図8Aを用いて説明したとおりである。位置誤差予測装置10'については、図1Bを用いて説明したとおりである。以下、図8Aに例示する位置誤差予測装置10Aを例に説明を行う。

[0041] 図9は、本開示の第二実施形態における学習データの選択処理について説明する図である。

位置誤差の大きさの分布は異なる地点で同じ、あるいは、近い分布となることがある。例えば、地形の特徴が異なる複数の地点で位置誤差の大きさを所定回数計測した結果、グラフ9aに類似する確率分布が1000個、グラフ9bに類似する確率分布が10個、グラフ9cに類似する確率分布が8個得られるようなことがあり得る。（位置誤差の大きさ＝0付近の確率が高いグラフ9aのような結果は、多くの地点で比較的多く得られる。）これらのデータの中から任意に学習データを選択して、予測モデルMの学習を行うという処理を繰り返すと、選択される学習データが、グラフ9aに類似するデータに偏り、どのような地形特徴データを与えてもグラフ9aに類似する確率分布の予測を行う予測モデルMが作成される。このような事態を防ぐために第二実施形態では、図9に示すように確率分布のパターンに偏りがなくなるようにデータ数を調整する。例えば、学習データ選択部154は、グラフ9aに類似する確率分布が1000個の中から10個を選択して、グラフ9bに類似する確率分布10個、グラフ9cに類似する確率分布8個とそれぞれに対応する地形特徴データを学習データとして選択する。モデル作成部153は選択された学習データを用いて、予測モデルMの学習を行う。これにより、偏りのない学習データによって予測モデルMを作成し、予測の誤り（偏り）を防止する。

[0042] 次に第二実施形態における予測モデルMの作成処理について説明する。

図10は、本開示の第二実施形態における学習処理の一例を示すフローチャートである。第一実施形態と同様の処理については簡単に説明する。

まず、データ取得部151が、複数地点の地形特徴データを取得する（ステップS11）。次にデータ取得部151は、複数地点のそれぞれで所定回

数以上計測された位置情報と位置誤差の大きさを取得する（ステップS 1 2）。次に学習データ作成部 1 5 2 は、各地点の経路形状を算出する（ステップS 1 3）。次に学習データ作成部 1 5 2 は、各地点の位置誤差の大きさの確率分布を算出する（ステップS 1 4）。

[0043] 次に学習データ選択部 1 5 4 は、位置誤差の大きさの確率分布を分類する（ステップS 1 5 1）。学習データ選択部 1 5 4 は、例えば、位置誤差の確率のピークが類似するもの同士を同じグループに分類する。

[0044] 次にモデル作成部 1 5 3 が、予測モデルMを生成する（ステップS 1 5 2）。このとき、学習データ選択部 1 5 4 は、分類後のグループから偏りなく学習データを選択する。例えば、グループAとグループBに分類された場合、学習データ選択部 1 5 4 は、グループAとグループBから選択される確率分布の数の比率が均等となるように、それぞれ 1 0 個の確率分布を選択し、選択した確率分布に対応する地形特徴データを記憶部 1 3 から読み出す。モデル作成部 1 5 3 は、選択された地形特徴データおよび位置誤差の大きさの確率分布を予測モデルMに与えて学習を行う。学習データ選択部 1 5 4 が、偏りなく学習データを選択し、モデル作成部 1 5 3 が、選択された学習データを用いて予測モデルMを訓練するという処理を繰り返し行い、予測モデルMが作成される。

[0045] 本実施形態によれば、第一実施形態の効果に加え、予測精度を向上する効果が得られる。

[0046] 図 1 1 は、本開示の各実施形態における位置誤差予測装置及びモデル作成装置のハードウェア構成の一例を示す図である。

コンピュータ 9 0 0 は、CPU 9 0 1、主記憶装置 9 0 2、補助記憶装置 9 0 3、入出力インタフェース 9 0 4、通信インタフェース 9 0 5 を備える。例えば PC（Personal Computer）、サーバ端末装置などである。上述の位置誤差予測装置 1 0、1 0 A、モデル作成装置 1 5 0、1 5 0 A は、コンピュータ 9 0 0 に実装される。そして、上述した各処理部の動作は、プログラムの形式で補助記憶装置 9 0 3 に記憶されている。CPU 9 0 1 は、プログラ

ムを補助記憶装置 903 から読み出して主記憶装置 902 に展開し、当該プログラムに従って上記処理を実行する。CPU 901 は、プログラムに従って、記憶部 13 に対応する記憶領域を主記憶装置 902 に確保する。CPU 901 は、プログラムに従って、処理中のデータを記憶する記憶領域を補助記憶装置 903 に確保する。

[0047] 少なくとも 1 つの実施形態において、補助記憶装置 903 は、一時的でない有形の媒体の一例である。一時的でない有形の媒体の他の例としては、入出力インタフェース 904 を介して接続される磁気ディスク、光磁気ディスク、CD-ROM、DVD-ROM、半導体メモリ等が挙げられる。このプログラムが通信回線によってコンピュータ 900 に配信される場合、配信を受けたコンピュータ 900 が当該プログラムを主記憶装置 902 に展開し、上記処理を実行しても良い。当該プログラムは、前述した機能の一部を実現するためのものであっても良い。さらに、当該プログラムは、前述した機能を補助記憶装置 903 に既に記憶されている他のプログラムとの組み合わせで実現するもの、いわゆる差分ファイル（差分プログラム）であっても良い。

[0048] その他、本発明の趣旨を逸脱しない範囲で、上記した実施の形態における構成要素を周知の構成要素に置き換えることは適宜可能である。この発明の技術範囲は上記の実施形態に限られるものではなく、本発明の趣旨を逸脱しない範囲において種々の変更を加えることが可能である。

例えば、実施形態では、予測モデル M に対する入力パラメータとして、境界数、無遮蔽角度、経路形状の 3 つを用いることとしたが、これらのうちの 1 つ、又は 2 つのみを用いてもよい。

[0049] <付記>

実施形態に記載の位置誤差予測装置 10、10A、位置誤差予測方法およびプログラムは、例えば以下のように把握される。

[0050] (1) 第 1 の態様に係る位置誤差予測装置 10、10A は、移動体が存在すると考えられる位置情報の誤差の大きさの確率分布を予測する位置誤差予測

装置であって、ある地点の地形の特徴を示す地形特徴データと前記地点における前記誤差の大きさの確率分布との関係を示す予測モデルMと、予測対象地点の前記地形特徴データと、に基づいて、前記予測対象地点における前記誤差の大きさの確率分布を予測する予測部12、を備える。

これにより、任意の地点において衛星測位システムから得られる位置情報の誤差の大きさの確率分布を得ることができる。

[0051] (2) 第2の態様に係る位置誤差予測装置10, 10Aは、(1)の位置誤差予測装置10, 10Aであって、前記地形特徴データは、前記地点の上空において、当該地点の地面を基準とした仰角ごとの衛星測位システムの衛星との間に遮蔽がない空間の大きさを示す値である。

[0052] (3) 第3の態様に係る位置誤差予測装置10, 10Aは、(1)～(2)の位置誤差予測装置10, 10Aであって、前記地形特徴データは、前記地点の上空において、当該地点の地面を基準とした仰角ごとの、衛星測位システムの衛星との間に遮蔽がない空間と遮蔽がある空間との境界の数を示す値である。

[0053] (4) 第4の態様に係る位置誤差予測装置10, 10Aは、(1)～(3)の位置誤差予測装置10, 10Aであって、前記地形特徴データは、前記地点を通過する移動体の走行経路の形状に基づく所定の特徴量と前記移動体の走行方向である。

[0054] (5) 第5の態様に係る位置誤差予測装置10, 10Aは、(1)～(4)の位置誤差予測装置10, 10Aであって、前記地形特徴データと、その地形特徴データを有する地点で計測された複数の前記誤差の大きさに基づいて算出された前記確率分布と、の関係を学習して、前記予測モデルを作成する学習部15、を更に備える。

[0055] (6) 第6の態様に係る位置誤差予測装置10Aは、(5)の位置誤差予測装置10Aであって、前記学習部15は、前記確率分布を類似するグループごとに分類し、前記グループの各々から選択される前記確率分布の数の比率が、均等とみなせる所定の範囲の比率（例えば、グループが2つの場合、1

：1を基準に1：1.5～1.5：1の範囲）となるように、前記グループの各々から前記確率分布を選択し、選択した前記確率分布と、その前記確率分布に対応する前記地形特徴データに基づいて前記予測モデルを作成する。

これにより、学習データの偏りによる予測精度の低下を防止することができる。

- [0056] (7) 第7の態様に係るモデル作成装置150、150Aは、ある地点の地形の特徴を示す地形特徴データと、前記地点で衛星測位システムから取得した前記衛星測位システムによって測位された位置情報の誤差の大きさを示す情報を複数と、を取得するデータ取得部151と、複数の前記誤差の大きさを示す情報に基づいて、前記誤差の大きさの確率分布を算出する学習データ作成部152と、前記地形特徴データと、前記誤差の大きさの確率分布と、に基づいて、前記地形特徴データと前記誤差の大きさの確率分布との関係を示す予測モデルを作成する予測モデル作成部153と、を備える。

これにより、任意の地点の地形特徴データを入力すると、その地点で衛星測位システムから得られる位置情報の誤差の大きさの確率分布を出力する予測モデルを作成することができる。

- [0057] (8) 第8の態様に係る位置誤差予測方法は、移動体が存在すると考えられる位置情報の誤差の大きさの確率分布を予測する位置誤差予測方法であって、ある地点の地形の特徴を示す地形特徴データと前記地点における前記誤差の大きさの確率分布との関係を示す予測モデルと、予測対象地点の前記地形特徴データと、に基づいて、前記予測対象地点における前記誤差の大きさの確率分布を予測する。

- [0058] (9) 第9の態様に係るモデル作成方法は、ある地点の地形の特徴を示す地形特徴データと、前記地点で衛星測位システムから取得した前記衛星測位システムによって測位された位置情報の誤差の大きさを示す情報を複数と、を取得し、複数の前記誤差の大きさを示す情報に基づいて、前記誤差の大きさの確率分布を算出し、前記地形特徴データと、前記誤差の大きさの確率分布と、に基づいて、前記地形特徴データと前記誤差の大きさの確率分布との関

係を示す予測モデルを作成する。

[0059] (10) 第10の態様に係るプログラムは、コンピュータに、移動体が存在すると考えられる位置情報の誤差の大きさの確率分布を予測する位置誤差予測方法であって、ある地点の地形の特徴を示す地形特徴データと前記地点における前記誤差の大きさの確率分布との関係を示す予測モデルと、予測対象地点の前記地形特徴データと、に基づいて、前記予測対象地点における前記誤差の大きさの確率分布を予測する処理、を実行させる。

[0060] (11) 第11の態様に係るプログラムは、コンピュータに、ある地点の地形の特徴を示す地形特徴データと、前記地点で衛星測位システムから取得した前記衛星測位システムによって測位された位置情報の誤差の大きさを示す情報を複数と、を取得し、複数の前記誤差の大きさを示す情報に基づいて、前記誤差の大きさの確率分布を算出し、前記地形特徴データと、前記誤差の大きさの確率分布と、に基づいて、前記地形特徴データと前記誤差の大きさの確率分布との関係を示す予測モデルを作成する処理、を実行させる。

産業上の利用可能性

[0061] 上記した位置誤差予測装置、誤差予測方法及びプログラムによれば、衛星を利用した測位における測位された位置誤差の大きさの分布を推定することができる。上記したモデル作成装置、モデル作成方法及びプログラムによれば、衛星を利用した測位における位置誤差の大きさの分布を予測する予測モデルを作成することができる。

符号の説明

[0062] 1 位置誤差予測システム
10 位置誤差予測装置
11 地形特徴データ取得部
12 予測部
13 記憶部
14 出力部
15 学習部

150、150A モデル作成装置

151 データ取得部

152 学習データ作成部

153 モデル作成部

900 コンピュータ

901 CPU

902 主記憶装置

903 補助記憶装置

904 入出力インタフェース

905 通信インタフェース