

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第6225362号
(P6225362)

(45) 発行日 平成29年11月8日(2017.11.8)

(24) 登録日 平成29年10月20日(2017.10.20)

(51) Int.Cl.

B61L 25/02 (2006.01)
G06T 7/00 (2017.01)

F 1

B61L 25/02
G06T 7/00G
300E

請求項の数 7 (全 19 頁)

(21) 出願番号 特願2013-232760 (P2013-232760)
 (22) 出願日 平成25年11月11日 (2013.11.11)
 (65) 公開番号 特開2015-93532 (P2015-93532A)
 (43) 公開日 平成27年5月18日 (2015.5.18)
 審査請求日 平成28年4月13日 (2016.4.13)

(73) 特許権者 000006105
 株式会社明電舎
 東京都品川区大崎2丁目1番1号
 (74) 代理人 100078499
 弁理士 光石 俊郎
 (74) 代理人 230112449
 弁護士 光石 春平
 (74) 代理人 100102945
 弁理士 田中 康幸
 (74) 代理人 100120673
 弁理士 松元 洋
 (74) 代理人 100182224
 弁理士 山田 哲三

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】電車の自己位置推定装置

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

走行する電車上の架線の特徴的な変化について予め時系列的に取得された基準となる架線データ（以下、基準架線データ系列という）と現在位置での前記架線について時系列的に計測された架線データ（以下、計測架線データという）とを連続DPマッチングを利用して比較することにより、前記電車の自己位置を推定する自己位置推定装置において、前記基準架線データを入力する基準架線データ入力部と、

前記基準架線データ入力部により入力された前記基準架線データをデータベースとして保管する記憶部と、

前記計測架線データを入力する計測架線データ入力部と、

前記基準架線データ入力部により入力され前記記憶部にデータベースとして保管された前記基準架線データと前記計測架線データ入力部により入力された前記計測架線データとに對して、伸縮マッチングを行い、前記計測架線データが前記基準架線データ系列の中のどの位置と最も一致するか算出する連続DPマッチング部と、

前記連続DPマッチング部による連続DPマッチング結果と絶対位置情報を用いて、電車の自己位置を推定する自己位置推定部と、

を備えることを特徴とする電車の自己位置推定装置。

【請求項 2】

前記架線データとして、前記架線の偏位、前記架線の高さ、前記架線の摩耗幅を単独又は2つ若しくは3つの組み合わせを使用することを特徴とする請求項1記載の電車の自己

位置推定装置。

【請求項 3】

前記架線データは、画像処理して取得されることを特徴する請求項1記載の電車の自己位置推定装置。

【請求項 4】

前記架線データは、前記電車上に設置された測距センサにより取得されることを特徴する請求項1記載の電車の自己位置推定装置。

【請求項 5】

前記計測架線データは、現在位置の前後複数箇所の時系列的データであることを特徴とする請求項1記載の電車の自己位置推定装置。

【請求項 6】

前記計測架線データを取得する際の前記電車の速度は、前記基準架線データを取得する際の前記電車の速度と異なることを特徴とする請求項1記載の電車の自己位置推定装置。

【請求項 7】

前記連続DPマッチング部は、前記基準架線データに対応するモデル点と前記計測架線データに対応する入力点とのユークリッド距離の2乗値を総和した値の最小値を求めるにより、前記計測架線データが前記基準架線データ系列の中のどの位置と最も一致するか算出すること特徴とする請求項1記載の電車の自己位置推定装置。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、連続DPマッチングを利用した電車の自己位置推定装置に関するものである。

【背景技術】

【0002】

非特許文献1（内田誠一，“DPマッチング概説～基本と様々な拡張～”，信学技法，PRMU，Vol. 166，pp. 31-36，2006）では、DPマッチング（Dynamic Programming：動的計画法とも言う）を用いて、データ長の異なるデータであっても伸縮マッチングが行える事を述べている。

【0003】

特許文献1（特開2008-247154，「列車位置検知装置と列車制御装置」）では、画像から風景・建造物といった特徴的なものを抽出し、事前に撮影済みで撮影箇所が分かっている画像とその特徴を用いた比較により自己位置を出している。

【0004】

特許文献2（特開2011-201426，「列車搭載用画像処理システム」）では、GPS、エンコーダ情報に加えて画像情報でマッチングをすることで車両位置を求める事ができる。

【0005】

特許文献3（特開2011-209026，「列車速度計測システム」）では、線路にマーカがあり、このマーカを画像認識することにより速度が分かる手法である。

【0006】

特許文献4（特開2008-298733，「画像処理によるトロリ線摩耗測定装置」）では、ラインセンサにより得られた数ライン分の画像をまとめて処理し、時間的に連続な架線の摩耗の測定を行う事ができる。

【0007】

特許文献5（特開2002-37070，「車両位置検出装置および車両速度検出装置」）では、測距センサを使って車両位置を検出することができる。

【0008】

特許文献6（特開2010-243417，「トロリ線検測装置」）では、測域センサを使って架線を検測するためのセンサの設置方法の改善と、それによるトロリ線の検出に

10

20

30

40

50

について提案を行っている。

【0009】

特許文献7（特開2010-243416、「トロリ線検測装置及び検測方法」）では、連続している架線検出のために、直線性を見たり探索範囲を限定したりすることで、架線検出の精度を向上している。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0010】

【特許文献1】特開2008 247154

【特許文献2】特開2011 201426

10

【特許文献3】特開2011 209026

【特許文献4】特開2008 298733

【特許文献5】特開2002 37070

【特許文献6】特開2010-243417

【特許文献7】特開2010-243416

【非特許文献】

【0011】

【非特許文献1】内田誠一, “DPマッチング概説～基本と様々な拡張～”, 信学技報, PRMU, Vol. 166, pp. 31-36, 2006

【非特許文献2】秋山勝彦, 中川正樹, 「オンライン手書き日本語文字認識のための線形処理時間伸縮マッチングアルゴリズム」, 電子情報通信学会論文誌D-II, Vol.J81-D-II, No.4, pp.651-659, 1998年4月

20

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0012】

これまでの電車の自己位置推定の方法は、GPSを用いたり、エンコーダ情報を用いたりしていた。

しかしながら、これらの方法は位置推定の誤差が存在していた。また上り線下り線の判別が困難であった。そこでより高精度な方法として画像処理を用いる方法、測距センサを用いる方法が提案されている。

30

【0013】

非特許文献1の方法は、データ長の異なるデータ同士のマッチングが行える手法である。

特許文献1の方法では、風景・建造物から特徴点を抽出し、マッチングを行う事で自己位置推定を行うが、それらが存在しない場合、自己位置推定が出来無い事が問題である。

【0014】

特許文献2の方法では、GPSやエンコーダと組み合わせる必要があり、また踏切などの特徴的なパターンを使用するため、特許文献1同様、高レートに自己位置推定が出来ない事が問題である。

特許文献3の方法では、線路にマーカがあるため、高速・高フレームレートでの自己位置推定が可能であるが、線路にマーカを用意する必要がある事が問題である。

40

【0015】

特許文献4の方法では、ラインセンサを用いた架線の撮像、架線偏位・摩耗の検測が可能だが自己位置推定はできない。

特許文献5の方法では、速度・位置が分かるが、測距センサから位置・速度算出するための基準となるリフレクタを用意する必要がある事が問題である。

【0016】

特許文献6の方法では、センサの配置方法について議論されているが、架線の検出方法自体は計測データの最下点を使用するものであり、複数架線が存在する場合や渡り線が存在する場合に頑健な手法とはいえず、またノイズの影響に左右される。

50

特許文献 7 の方法では、架線を数ライン分まとめて処理し、その接続性を見ることで高精度に架線の摩耗計測ができるが、決定論的な手法であること、数ラインまとめる場合の区切り方によっても結果が変わってしまう事が問題である。

【課題を解決するための手段】

【0017】

上記課題を解決する本発明の請求項 1 に係る電車の自己位置推定装置は、走行する電車上の架線の特徴的な変化について予め時系列的に取得された基準となる架線データ（以下、基準架線データ系列という）と現在位置での前記架線について時系列的に計測された架線データ（以下、計測架線データという）とを連続 DP マッチングを利用して比較することにより、前記電車の自己位置を推定する自己位置推定装置において、前記基準架線データを入力する基準架線データ入力部と、前記基準架線データ入力部により入力された前記基準架線データをデータベースとして保管する記憶部と、前記計測架線データを入力する計測架線データ入力部と、前記基準架線データ入力部により入力され前記記憶部にデータベースとして保管された前記基準架線データと前記計測架線データ入力部により入力された前記計測架線データとに対して、伸縮マッチングを行い、前記計測架線データが前記基準架線データ系列の中のどの位置と最も一致するか算出する連続 DP マッチング部と、前記連続 DP マッチング部による連続 DP マッチング結果と絶対位置情報を用いて、電車の自己位置を推定する自己位置推定部と、を備えることを特徴とする。

【0018】

上記課題を解決する本発明の請求項 2 に係る電車の自己位置推定装置は、請求項 1 において、前記架線データとして、前記架線の偏位、前記架線の高さ、前記架線の摩耗幅を単独又は 2 つ若しくは 3 つの組み合わせを使用することを特徴とする。

【0019】

上記課題を解決する本発明の請求項 3 に係る電車の自己位置推定装置は、請求項 1 において、前記架線データは、画像処理して取得されることを特徴する。

【0020】

上記課題を解決する本発明の請求項 4 に係る電車の自己位置推定装置は、請求項 1 において、前記架線データは、前記電車上に設置された測距センサにより取得されることを特徴する。

【0021】

上記課題を解決する本発明の請求項 5 に係る電車の自己位置推定装置は、請求項 1 において、前記計測架線データは、現在位置の前後複数個所の時系列的データであることを特徴とする。

【0022】

上記課題を解決する本発明の請求項 6 に係る電車の自己位置推定装置は、請求項 1 において、前記計測架線データを取得する際の前記電車の速度は、前記基準架線データを取得する際の前記電車の速度と異なることを特徴とする。

【0023】

上記課題を解決する本発明の請求項 7 に係る電車の自己位置推定装置は、請求項 1 において、前記連続 DP マッチング部は、前記基準架線データに対応するモデル点と前記計測架線データに対応する入力点とのユークリッド距離の 2 乗値を総和した値の最小値を求ることにより、前記計測架線データが前記基準架線データ系列の中のどの位置と最も一致するか算出すること特徴とする。

【発明の効果】

【0024】

- (1) 電車の自己位置が高精度で分かる。
- (2) 電車の自己位置が高頻度で分かる。
- (3) 基準データの撮影時と速度が違っても、自己位置推定が可能である。
- (4) 複数の偏位情報、高さ情報、摩耗幅情報の単独又はこれらの 2 つ若しくは 3 つの組合せを用いる事で安定した自己位置推定が可能である。

10

20

30

40

50

(5) G P S やエンコーダが不要になる。

(6) G P S やエンコーダでは、上り線と下り線に誤って進入しても、検知が不能であるが、本発明は上り線下り線が異なる偏位情報、高さ情報、摩耗幅情報を持つ事からこれらの検知が可能である。

【図面の簡単な説明】

【0025】

【図1】マッチングの模式図である。

【図2】D P マッチングの例を示すグラフである。

【図3】D P マッチング時の距離算出用バスの一覧を示すグラフである。

【図4】最適経路を示すグラフである。

10

【図5】連続D P マッチングの説明図である。

【図6】本発明の第1(第5)の実施例に係るフローチャートである。

【図7】本発明の第1(第5)の実施例に係る装置構成を示すブロック図である。

【図8】本発明の第2(第6)の実施例に係るフローチャートである。

【図9】本発明の第2(第6)の実施例に係る装置構成を示すブロック図である。

【図10】本発明の第3の実施例に係るフローチャートである。

【図11】本発明の第3の実施例に係る装置構成を示すブロック図である。

【図12】本発明の第4(第7)の実施例に係るフローチャートである。

【図13】本発明の第4(第7)の実施例に係る装置構成を示すブロック図である。

【発明を実施するための形態】

20

【0026】

電車が現在どこを走行しているのかを知りたいという要望がある。

これまでではエンコーダなどを用いていたがエンコーダには誤差が存在する。

またG P Sなどを用いる手法も考えられるがこれも数十メートルの誤差が発生する。

【0027】

これに比べ画像や測距センサで得られる情報は高い分解能で得られる情報のため、これらの情報が自己位置の推定に使用可能であれば、高精度な自己位置推定が可能となる。

本発明では特許文献4にあるように高フレームレートでの撮像が可能なラインセンサを用いて架線を計測し、或いは、車両上面に測距センサを設置し、その測距センサを用いて架線を計測し、その架線の特徴的な軌跡を利用して自己位置推定を行う事を考える。

30

【0028】

これまでにも、特許文献1, 2のようにカメラで撮像できる画像を用いた自己位置推定手法は存在したが、風景や建造物など特徴的な情報が存在する場合にしか使用する事ができない。

これに対しラインカメラから得られる情報のみで自己位置推定が可能になれば、高レート(例えば1000fpsのカメラであれば1000fps)で自己位置が把握できる。特許文献3のように線路を用いる方法もあるが、形状が常に同じなため画像情報のみでは自己位置推定が困難である。

【0029】

架線は線路と違い、特徴的な変化を有するため、画像情報のみを用いた高精度な自己位置推定が可能となる。また上り線下り線で架線情報は異なる事からこれらの判別も可能となる。

また、これまでにも特許文献5のように測距センサを用いた方法は存在していたが、線路付近に専用のリフレクタなどを用意する必要があり、設置コストが高かった。

【0030】

そこで、電車には常に設置されている架線を用いて自己位置の推定を行う。架線は線路と違い特徴的な変化を有するため、距離情報のみを用いた高精度な自己位置推定が可能となる。

本発明では、例えば、特許文献4などの架線検出手法(画像処理)を用いる事で、或いは、測距センサを用いる事で、電車からみた架線の偏位、高さ、摩耗幅の情報(これらを

40

50

総称して架線情報という)を抽出する。これらの情報の時系列データをデータベースとして予め持ち(このデータを基準架線データという)、その後計測される架線情報の時系列データ(このデータを計測架線データという)とマッチングする事で車両の自己位置推定を行う。

【0031】

電車の速度は運行毎に一定とは限らないが、架線の絶対位置は大きく変わることはないため、この架線情報を用いれば電車の自己位置が分かると考えられる。ただし架線のキロ程は基準架線に事前に与えられているとする。

自己位置の推定のためには架線情報を検出し、基準となる箇所とのマッチングを行えば良いが、ある1箇所のみを用いてマッチングするのは計測誤差が生じる可能性があることや、同じ架線情報のデータが複数ある可能性があるため困難な場合が想定される。

【0032】

そこで基準となる箇所周辺の架線情報を用いて複数個所同士のマッチングを行う事で計測誤差や類似データの影響を少なくすることができると考えられる。しかしながら架線情報は電車の走行速度によって取得できるフレーム番号が変わる事から、単純なマッチングでは自己位置の推定ができない。

そこで電車の走行速度による変化に対応するためにフレームによる偏位ずれを考慮したDPマッチング(非特許文献1)によりこの問題を解決する。図1にマッチングの模式図を示す。入力座標値 $X_n(t)$ 、モデル座標値 $X_m(t)$ は、以下の通りである。入力座標値は、計測架線データに対応し、モデル座標値は、基準架線データに対応する。

【0033】

【数1】

$$\mathbf{X}_n(t) = \begin{pmatrix} x_n(t) \\ z_n(t) \end{pmatrix}; \text{入力座標値}, \quad \mathbf{X}_m(t) = \begin{pmatrix} x_m(t) \\ z_m(t) \end{pmatrix}; \text{モデル座標値}$$

t :時間

$k(t)$:理想対応点との時間のズレ

【0034】

ここで、 $k(t)$ とは、理想対応点との時間のズレを表す。「理想対応点との時間のズレ」とは、2モデルと全く同じ軌道(同じ速度、計測誤差が無いなど)をした時、必然的に、モデル点の1番目の点は入力点の1番目の点に対応し、2番目は2番目に対応となり、以降同じように重なる。この時、モデルの時間と入力動作の時間において、それぞれ同時刻の対応点の事を、「理想の対応点」と呼ぶことにする。

【0035】

しかし、実際入力とモデルが完全に重なり合うということは考えにくい。そこで、理想対応点との時間のズレを $k(t)$ として表す。例えば、図1の場合、P点がC点に対応すれば理想として、入力点D点に対応しているとするならば、C点から1番目の点に対応しているので、 $k(t) = 1$ となる。もし、A点が理想対応点であれば、 $k(t) = 2$ となる。

以上のパラメータを使用し、考案した新しい評価式(1)、(2)は以下の通りとなる。

【0036】

【数2】

$$S_t = \min \sum_t D_t^2 \quad (1)$$

$$D_t = \| \mathbf{X}_n(t + k(t)) - \mathbf{X}_m(t) \| \quad (2)$$

【0037】

S_t は全点における評価値の総和である。 D_t を入力点とモデル点との対応点のユークリッド距離とする。この問題の解き方だが、仮にデータが1次元ベクトルで入力データの値

10

20

30

40

50

が[0, 2, 1, 3, 2]、参照データの値が[0, 1, 2, 1, 2, 3, 2]とする(図2)。これらのマッチングを行うという事は図3の最短パスを計算することと同義である。

【0038】

動的計画法とはこのパスを計算する際に途中までの計算結果とパスを記憶しておき、計算時間を短縮するという手法である。例えば横軸が2を、縦軸が1を示す地点(1,1)へのパスは(0,0) (1,1)、(0,0) (0,1) (1,1)、(0,0) (1,0) (1,1)という3パターンが考えられる。ここでそれぞれの距離を考えると1、2、3となるので(0,0)から直接(1,1)へ向かうパスが最短距離となる。

【0039】

この距離とパスを記憶しておけば例えば(2,1)のパスを考えるときに(0,0) (1,0) (2,0) (2,1)、(0,0) (1,0) (2,1)、(0,0) (1,0) (1,1) (2,1)、(0,0) (1,1) (2,1)、(0,0) (0,1) (1,1) (2,1)という5パターンを考えるのではなく、(1,0) (2,1)、(2,0) (2,1)、(1,1) (2,1)という3パターンを考えるだけで良い。

このように一つ前のパスの最短経路を記憶しておけばあとは芋づる式にゴールに辿り着いた時に、そのルートを辿れば良いことになる。ちなみにこのパターンの場合の最適経路は図4となる。

【0040】

ところで、実際の処理の際は計測点に対しモデル点を何点にすれば良いか分からないという問題がある。その場合スタートとゴールを一意に決定することができない。

その際は図5に示すように次の地点までの距離が0となるフリーノードを設ける事で対応出来る。これを連続DPマッチング(連続DPと略する場合がある)という。本発明ではこの連続DPを用いて自己位置の推定を行う。

【0041】

図5を参照して、連続DPを説明する。図3、図4のマッチングでは始点と終点が決まっていたが連続DPの場合は始点が何処になるか、終点が何処になるか決まっていない。

これを表現するために次のノードまでの距離が0となるフリーノードを設ける。ここでは始点を決定するために用いるフリーノードをフリーノード1、終点を決定するために用いるフリーノードをフリーノード2とした。図3、4では5点と7点のマッチングだったが、フリーノードを設ける事で3点と1~4点のマッチングを行うのと同じ意味となる。

【0042】

このようにマッチングさせる対象の点数が変化する事から、連続DPの事を別名として伸縮マッチングと呼ぶ事とする(非特許文献2参照)。実際に対応点が1~4点まで「伸縮」する事が可能である。

連続DPには、上記評価式(1)(2)を用いる。これらの式を用いることで、計測架線データと基準架線データがユークリッド距離でどれだけ離れているかを評価する。

【0043】

例えば、図3、4を例に取ると、スタート地点から真上のノードに移動した場合、X=0, Xm=1なので式(2)の評価値は1になる。スタート地点から右斜め上のノードに移動した場合、X=2, Xm=1より評価式(2)の評価値は1。スタート地点から右のノードに移動した場合、X=2, Xm=0より評価式(2)の評価値は2という事になる。これらの評価値の2乗値をゴールのノードに到達するまで加算していく(この処理が評価式(1))、その値が一番小さくなるパスを見つけるのがDPマッチングである。実際の偏位データであっても、同じ処理を行う。

【実施例1】

【0044】

(1) 基本的な考え方(実施例1)

本発明の目的は、画像処理を用いて架線の偏位を時系列的に抽出し、予め用意しておいた基準架線偏位と計測架線偏位を連続DPマッチングを利用して比較することで電車の自己位置を推定できる自己位置推定装置を提供することである。

【0045】

10

20

30

40

50

「画像処理を用いて架線の偏位を時系列的に抽出」とは、例えば、特許文献4などで述べられているように、ラインセンサを電車屋根上に鉛直上方を見上げるように設置し、架線を横切るように枕木方向に沿って走査することにより1ライン分の輝度信号を撮影し、撮影された1ライン分の輝度信号を時系列に並べた画像中の背景と架線との濃淡の差から、架線の偏位を時系列的に取得することである。本発明は架線偏位が得られた際に車両の自己位置が分かる点に特徴があり、偏位取得方法はラインセンサを用いる上記特許文献4の方法に限らない。

【0046】

本実施例の具体的な装置構成例を図7に示す。

本実施例に係る電車の自己位置推定装置は、図7に示す通り、基準偏位データ入力部10、計測偏位データ入力部20、記憶部30、連続DPマッチング部40、自己位置推定部50、より構成する。

【0047】

基準偏位データ入力部10では、架線の特徴的な変化について事前に撮影・解析した架線の基準となる偏位情報（基準偏位データ）と絶対位置情報を入力し、記憶部30に保管する。

計測偏位データ入力部20では、現在位置において計測された架線の偏位情報をそこから数ライン前までの偏位情報（計測偏位データ）を入力し、記憶部30に保管する。

【0048】

記憶部30では、基準偏位データ及び計測偏位データよりなる偏位情報、絶対位置情報、マッチング結果情報をデータベースとして保管する。

連続DPマッチング部40では、基準偏位データと計測偏位データを用い、伸縮マッチングを行い、計測偏位データが基準偏位データ系列の中のどの位置と最も一致するか算出する。算出した連続DPマッチング結果（マッチング位置データ）は、記憶部30に出力され、保管される。伸縮マッチング（連続DP）には、上記評価式(1)(2)を使用する。

【0049】

DPマッチングは、電車の走行速度による変化に対応できるため、基準偏位データを取得時の電車の速度と、計測偏位データを取得時の電車の速度が異なっても、自己位置を正確に推定可能である。

自己位置推定部50は、連続DPマッチング部40による連続DPマッチング結果と絶対位置情報を用いて、電車の自己位置を推定する。

ここで、絶対位置情報とは、駅から何キロかという「キロ程」情報を指す。

【0050】

しかしながら、連続DPマッチング部40では計測偏位データ（計測架線データ）と基準偏位データ（基準架線データ）のマッチングを行うだけで絶対位置情報（キロ程情報）は求めていない。

このマッチングにより求まるのは計測架線データが基準架線データの何番目のデータと対応するか（正確には複数データを用いるため計測架線データ点群と基準架線データ点群の複数対応）という情報のみである。

【0051】

ここで、基準架線データの各番号のデータに絶対位置情報であるキロ程情報が与えられていたら、DPマッチングの結果もこの絶対位置情報であるキロ程情報を指すことになる。

ここで、自己位置推定部50には、基準架線データと共に絶対位置情報を与え、これにより計測架線データの絶対位置情報（キロ程情報）が分かることになる。

【0052】

本実施例のフローチャートを図6に示す。

先ず、事前に撮影・解析した架線の基準となる偏位情報（基準偏位データ）を基準偏位データ入力部10に入力する（ステップS1）。基準偏位データ入力部10には絶対位置情報を同様に入力する。

10

20

30

40

50

次に、現在位置において計測された架線の偏位情報とそこから数ライン前までの偏位情報（計測偏位データ）を計測偏位データ入力部20に入力する（ステップS2）。

【0053】

引き続き、基準偏位データと計測偏位データを用い、連続DPマッチング部40により、伸縮マッチングを行い、計測偏位データが基準偏位データ系列の中のどの位置と最も一致するか算出する（ステップS3）。

そして、連続DPマッチング部40による連続DPマッチング結果と絶対位置情報を用いて、自己位置推定部50により電車の自己位置を推定する（ステップS4）。

更に、架線の撮影（架線の計測）が終了するまで、ステップS2からステップS4までを繰り返す（ステップS5）。

10

【0054】

このように説明した通り、実施例1によれば、以下の効果を奏する。

- (1) 電車の自己位置が高精度で分かる。
- (2) 電車の自己位置が高頻度で分かる。
- (3) 基準データの撮影時と速度が違っても、自己位置推定が可能である。
- (4) 複数の偏位情報を用いる事で安定した自己位置推定が可能である。
- (5) GPSやエンコーダが不要になる。
- (6) GPSやエンコーダでは、上り線と下り線に誤って進入しても、検知が不能であるが、本発明は上り線下り線が異なる偏位を持つ事からこれらの検知が可能である。

【実施例2】

20

【0055】

(2) 基本的な考え方（実施例2）

本発明の目的は、画像処理を用いて架線の高さを時系列的に抽出し、あらかじめ用意しておいた基準架線高さと計測架線高さを連続DPマッチングを利用して比較することで電車の自己位置を推定できる自己位置推定装置を提供することである。

【0056】

「画像処理を用いて架線の高さを時系列的に抽出」とは、例えば、電車屋根上に鉛直上方を見上げるように設置した複数のラインセンサを用いて三角測量法により架線の高さを時系列的に計測することである。

実施例1との違いは、架線の偏位ではなく高さ情報を用いる点である。架線高さも線路などとは違い、特徴的な変化をするため自己位置推定に使用する事が出来ると考えられる。

30

【0057】

本実施例の具体的な装置構成例を図9に示す。

本実施例に係る電車の自己位置推定装置は、図9に示す通り、基準高さデータ入力部11、計測高さデータ入力部21、記憶部31、連続DPマッチング部41、自己位置推定部51、より構成する。

基準高さデータ入力部11では、架線の特徴的な変化について事前に撮影・解析した架線の基準となる高さ情報（基準高さデータ）と絶対位置情報を記憶部に保管する。

【0058】

40

計測高さデータ入力部12では、現在位置において計測された架線の高さ情報をそこから数ライン前までの高さ情報を（計測高さデータ）を記憶部に保管する。

記憶部31では、基準高さデータ及び計測高さデータよりなる高さ情報、絶対位置情報、マッチング結果情報をデータベースとして保管する。

【0059】

連続DPマッチング部41では、基準高さデータと計測高さデータを用い、伸縮マッチングを行い、計測高さデータが基準高さデータ系列の中のどの位置と最も一致するか算出する、即ち、連続DPマッチングを行う。算出した連続DPマッチング結果（マッチング位置データ）は、記憶部31に出力され、保管される。

自己位置推定部51は、連続DPマッチング結果と絶対位置情報を用いて、電車の自己

50

位置を推定する。

【0060】

本実施例のフローチャートを図8に示す。

先ず、事前に撮影・解析した架線の基準となる高さ情報（基準高さデータ）を基準高さデータ入力部11に入力する（ステップT1）。基準高さデータ入力部11には絶対位置情報も同様に入力する。

次に、現在位置において計測された架線の高さ情報とそこから数ライン前までの高さ情報（計測高さデータ）を計測高さデータ入力部21に入力する（ステップT2）。

【0061】

引き続き、基準高さデータと計測高さデータを用い、連続DPマッチング部41により10、伸縮マッチングを行い、計測高さデータが基準高さデータ系列の中のどの位置と最も一致するか算出する（ステップT3）。

そして、連続DPマッチング部41による連続DPマッチング結果と絶対位置情報を用いて、自己位置推定部51により電車の自己位置を推定する（ステップT4）。

更に、架線の撮影（架線の計測）が終了するまで、ステップT2からステップT4までを繰り返す（ステップT5）。

【0062】

このように説明した通り、実施例2によれば、以下の効果を奏する。

- (1) 電車の自己位置が高精度で分かる。
- (2) 電車の自己位置が高頻度で分かる。
- (3) 基準データの撮影時と速度が違っても、自己位置推定が可能である。
- (4) 複数の高さ情報を用いる事で安定した自己位置推定が可能である。
- (5) GPSやエンコーダが不要になる。
- (6) GPSやエンコーダでは、上り線と下り線に誤って進入しても、検知が不能であるが、本発明は上り線下り線の架線が異なる高さを持つ事からこれらの検知が可能である。

【実施例3】

【0063】

- (3) 基本的な考え方（実施例3）

本発明の目的は、画像処理を用いて架線の摩耗幅を時系列的に抽出し、あらかじめ用意しておいた基準架線摩耗幅と計測架線摩耗幅を連続DPマッチングを利用して比較することで電車の自己位置を推定できる自己位置推定装置を提供することである。

【0064】

「画像処理を用いて架線の摩耗幅を時系列的に抽出」とは、例えば、特許文献4の方法のように、ラインセンサを用いて架線を時系列的に撮像し、摩耗幅の検測を行うことである。

実施例1、2との違いは架線の偏位、高さではなく摩耗幅情報を用いる点である。架線摩耗幅も線路などとは違い、特徴的な変化をするため自己位置推定に使用する事が出来ると考えられる。

【0065】

本実施例の具体的な装置構成例を図11に示す。

本実施例に係る電車の自己位置推定装置は、図11に示す通り、基準摩耗幅データ入力部12、計測摩耗幅データ入力部22、記憶部32、連続DPマッチング部42、自己位置推定部52、より構成する。

基準摩耗幅データ入力部12では、架線の特徴的な変化について事前に撮影・解析した架線の基準となる摩耗幅情報（基準摩耗幅データ）を入力し、絶対位置情報を記憶部32に保管する。

【0066】

計測摩耗幅データ入力部22では、現在位置において計測された架線の摩耗幅情報とそこから数ライン前までの摩耗幅情報（計測摩耗幅データ）を入力し、記憶部32に保管する。

10

20

30

40

50

記憶部32では、基準摩耗幅データ及び計測摩耗幅データよりなる摩耗幅情報、絶対位置情報、マッチング結果情報などをデータベースとして保管する。

【0067】

連続DPマッチング部42では、基準摩耗幅データと計測摩耗幅データを用い、伸縮マッチングを行い、計測摩耗幅データが基準摩耗幅データ系列の中のどの位置と最も一致するか算出する、即ち、連続DPマッチングを行う。算出した連続DPマッチング結果（マッチング位置データ）は、記憶部32に出力され、保管される。

自己位置推定部52は、連続DPマッチング結果と絶対位置情報を用いて、電車の自己位置を推定する。

【0068】

本実施例のフローチャートを図10に示す。

先ず、事前に撮影・解析した架線の基準となる摩耗幅情報（基準摩耗幅データ）を基準摩耗幅データ入力部12に入力する（ステップU1）。基準摩耗幅データ入力部12には絶対位置情報も同様に入力する。

次に、現在位置において計測された架線の摩耗幅情報とそこから数ライン前までの摩耗幅情報（計測摩耗幅データ）を計測摩耗幅データ入力部22に入力する（ステップU2）。

【0069】

引き続き、基準摩耗幅データと計測摩耗幅データを用い、連続DPマッチング部42により、伸縮マッチングを行い、計測摩耗幅データが基準摩耗幅データ系列の中のどの位置と最も一致するか算出する（ステップU3）。

そして、連続DPマッチング部42による連続DPマッチング結果と絶対位置情報を用いて、自己位置推定部52により電車の自己位置を推定する（ステップU4）。

更に、架線の撮影（架線の計測）が終了するまで、ステップU2からステップU4までを繰り返す（ステップU5）。

【0070】

このように説明したように、実施例3によれば、以下の効果を奏する。

- (1) 電車の自己位置が高精度で分かる。
- (2) 電車の自己位置が高頻度で分かる。
- (3) 基準データの撮影時と速度が違っても、自己位置推定が可能である。
- (4) 複数の摩耗幅情報を用いる事で安定した自己位置推定が可能である。
- (5) GPSやエンコーダが不要になる。
- (6) GPSやエンコーダでは、上り線と下り線に誤って進入しても、検知が不能であるが、本発明は上り線下り線の架線が異なる摩耗幅を持つ事からこれらの検知が可能である。

【実施例4】

【0071】

- (4) 基本的な考え方（実施例4）

本発明の目的は、画像処理を用いて架線の偏位、高さ及び摩耗幅を時系列的に抽出し、あらかじめ用意しておいた基準架線情報と計測架線情報を連続DPマッチングを利用して比較することで電車の自己位置を推定できる自己位置推定装置を提供することである。

【0072】

「画像処理を用いて架線の偏位、高さ及び摩耗幅を時系列的に抽出」とは、例えば、電車屋根上に鉛直上方を見上げるように設置した複数の複数のラインセンサを用いて架線の偏位、高さ及び摩耗幅（これらを架線情報と総称する）を時系列的に計測することである。

実施例1、2、3との違いは、架線の偏位、高さ、摩耗幅を独立ではなく複数（2つの組み合わせ若しくは3つすべて）用いる点である。複数の情報を併用することで、1つの情報しか用いなかった場合よりも自己位置推定精度が向上すると考えられる。

【0073】

本実施例の具体的な装置構成例を図13に示す。

10

20

30

40

50

本実施例に係る電車の自己位置推定装置は、図13に示す通り、基準架線データ入力部13、計測架線データ入力部23、記憶部33、連続DPマッチング部43、自己位置推定部53、より構成する。

基準架線データ入力部13では、架線の特徴的な変化について事前に撮影・解析した架線の架線情報の基準となる情報（基準架線データ系列）と絶対位置情報を入力し、記憶部33に保管する。

【0074】

計測架線データ入力部23では、現在位置において計測された架線の架線情報とそこから数ライン前までの架線情報（計測架線データ）を入力し、記憶部33に保管する。

記憶部33では、基準架線データ及び計測架線データよりなる架線情報、絶対位置情報、マッチング結果情報をデータベースとして保管する。

【0075】

連続DPマッチング部43では、基準架線データと計測架線データを用い、伸縮マッチングを行い、計測架線データが基準架線データ系列の中のどの位置と最も一致するか算出する、即ち、連続DPマッチングを行う。算出した連続DPマッチング結果（マッチング位置データ）は、記憶部33に出力され、保管される。

自己位置推定部53は、連続DPマッチング結果と絶対位置情報を用いて、電車の自己位置を推定する。

【0076】

本発明のフローチャートを図12に示す。

20

先ず、事前に撮影・解析した基準となる架線情報（基準架線データ）を基準架線データ入力部13に入力する（ステップV1）。基準架線データ入力部13には絶対位置情報を同様に入力する。

次に、現在位置において計測された架線の架線情報とそこから数ライン前までの架線情報（計測架線データ）を計測架線データ入力部23に入力する（ステップV2）。

【0077】

引き続き、基準架線データと計測架線データを用い、連続DPマッチング部43により、伸縮マッチングを行い、計測架線データが基準架線データ系列の中のどの位置と最も一致するか算出する（ステップV3）。

そして、連続DPマッチング部43による連続DPマッチング結果と絶対位置情報を用いて、自己位置推定部53により電車の自己位置を推定する（ステップV4）。

30

更に、架線の撮影（架線の計測）が終了するまで、ステップV2からステップV4までを繰り返す（ステップV5）。

【0078】

このように説明したように、実施例4によれば以下の効果を奏する。

- (1) 電車の自己位置が高精度で分かる。
- (2) 電車の自己位置が高頻度で分かる。
- (3) 基準データの撮影時と速度が違っても、自己位置推定が可能である。
- (4) 複数の架線情報を用いる事で安定した自己位置推定が可能である。
- (5) GPSやエンコーダが不要になる。
- (6) GPSやエンコーダでは、上り線と下り線に誤って進入しても、検知が不能であるが、本発明は上り線下り線の架線が異なる情報を持つ事からこれらの検知が可能である。

40

【実施例5】

【0079】

- (5) 基本的な考え方（実施例5）

本発明の目的は、測距センサを用いて架線の偏位を時系列的に抽出し、予め用意しておいた基準架線偏位と計測架線偏位を連続DPマッチングを利用して比較することで電車の自己位置を推定できる自己位置推定装置を提供することである。

実施例1との違いは、架線の偏位を抽出するのに、画像処理に代えて測距センサを用いる点にある。

50

【0080】

測距センサを電車屋根上に鉛直上方を見上げるように設置し、架線を横切るように枕木方向に沿って計測することにより1ライン分の距離を時系列的に取得する。1ライン分の距離を時系列的に並べた画像においては、背景よりも架線までの方が距離が近いため、架線の検出ができる。測距センサは距離とその方向が取得できるセンサであり、その情報を利用することで架線の偏位が取得できる。具体的には特許文献6、特許文献7などの方法を用いることで架線の偏位を取得できる。本発明は架線偏位が得られた際に車両の自己位置が分かる点に特徴があり、偏位取得方法は測距センサを用いる上記文献の方法に限らない。

【0081】

本実施例の具体的な装置構成例を図7に示す実施例1と同様である。

そのため、本実施例に係る電車の自己位置推定装置は、図7に示す通り、基準偏位データ入力部10、計測偏位データ入力部20、記憶部30、連続DPマッチング部40、自己位置推定部50、より構成する。

基準偏位データ入力部10では、架線の特徴的な変化について事前に撮影・解析した架線の基準となる偏位情報（基準偏位データ）と絶対位置情報を入力し、記憶部30に保管する。

【0082】

計測偏位データ入力部20では、現在位置において計測された架線の偏位情報とそこから数ライン前までの偏位情報（計測偏位データ）を入力し、記憶部30に保管する。

記憶部30では、基準偏位データ及び計測偏位データよりなる偏位情報、絶対位置情報、マッチング結果情報をデータベースとして保管する。

【0083】

連続DPマッチング部40では、基準偏位データと計測偏位データを用い、伸縮マッチングを行い、計測偏位データが基準偏位データ系列の中のどの位置と最も一致するか算出する、即ち、連続DPマッチングを行う。算出した連続DPマッチング結果（マッチング位置データ）は、記憶部30に出力され、保管される。

自己位置推定部50は、連続DPマッチング結果と絶対位置情報を用いて、電車の自己位置を推定する。

【0084】

本実施例のフローチャートは、図6に示す実施例1と同様である。

先ず、事前に撮影・解析した架線の基準となる偏位情報（基準偏位データ）を基準偏位データ入力部10に入力する（ステップS1）。基準偏位データ入力部10には絶対位置情報を同様に入力する。

次に、現在位置において計測された架線の偏位情報とそこから数ライン前までの偏位情報（計測偏位データ）を計測偏位データ入力部20に入力する（ステップS2）。

【0085】

引き続き、基準偏位データと計測偏位データを用い、連続DPマッチング部40により、伸縮マッチングを行い、計測偏位データが基準偏位データ系列の中のどの位置と最も一致するか算出する（ステップS3）。

そして、連続DPマッチング部40による連続DPマッチング結果と絶対位置情報を用いて、自己位置推定部50により電車の自己位置を推定する（ステップS4）。

更に、架線の撮影（架線の計測）が終了するまで、ステップS2からステップS4までを繰り返す（ステップS5）。

【0086】

このように説明したように、実施例5によれば、以下の効果を奏する。

- (1) 電車の自己位置が高精度で分かる。
- (2) 電車の自己位置が高頻度で分かる。
- (3) 基準データの取得時と速度が違っても、自己位置推定が可能である。
- (4) 複数の偏位情報を用いることで安定した自己位置推定が可能である。

10

20

30

40

50

(5) GPS やエンコーダが不要になる。

(6) GPS やエンコーダでは、上り線と下り線に誤って進入しても、検知が不能であるが、本発明は上り線下り線が異なる偏位を持つ事からこれらの検知が可能である。

【実施例 6】

【0087】

(6) 基本的な考え方（実施例 6）

本発明の目的は、測距センサを用いて架線の高さを時系列的に抽出し、あらかじめ用意しておいた基準架線高さと計測架線高さを連続 DP マッチングを利用して比較することで電車の自己位置を推定できる自己位置推定装置を提供することである。

実施例 5 との違いは、架線の偏位ではなく高さ情報を用いる点である。架線高さも線路などとは違い、特徴的な変化をするため自己位置推定に使用する事が出来ると考えられる。

【0088】

本実施例の具体的な装置構成例を図 9 に示す実施例 2 と同様である。

そのため、本実施例に係る電車の自己位置推定装置は、図 9 に示す通り、準高さデータ入力部 11、計測高さデータ入力部 21、記憶部 31、連続 DP マッチング部 41、自己位置推定部 51、より構成する。

基準高さデータ入力部 11 では、架線の特徴的な変化について事前に撮影・解析した架線の基準となる高さ情報（基準高さデータ）と絶対位置情報を入力し、記憶部 31 に保管する。

【0089】

計測高さデータ入力部 21 では、現在位置において計測された架線の高さ情報とそこから数ライン前までの高さ情報（計測高さデータ）を入力し、記憶部 31 に保管する。

記憶部 31 では、基準高さデータ及び計測高さデータよりなる高さ情報、絶対位置情報、マッチング結果情報などをデータベースとして保管する。

【0090】

連続 DP マッチング部 41 では、基準高さデータと計測高さデータを用い、伸縮マッチングを行い、計測高さデータが基準高さデータ系列の中のどの位置と最も一致するか算出する、即ち、連続 DP マッチングを行う。算出した連続 DP マッチング結果（マッチング位置データ）は、記憶部 31 に出力され、保管される。

自己位置推定部 51 は、連続 DP マッチング結果と絶対位置情報を用いて、電車の自己位置を推定する。

【0091】

本実施例のフローチャートは、図 8 に示す実施例 2 と同様である。

先ず、事前に撮影・解析した架線の基準となる高さ情報（基準高さデータ）を基準高さデータ入力部 11 に入力する（ステップ T1）。基準高さデータ入力部 11 には絶対位置情報も同様に入力する。

次に、現在位置において計測された架線の高さ情報とそこから数ライン前までの高さ情報（計測高さデータ）を計測高さデータ入力部 21 に入力する（ステップ T2）。

【0092】

引き続き、基準高さデータと計測高さデータを用い、連続 DP マッチング部 41 により、伸縮マッチングを行い、計測高さデータが基準高さデータ系列の中のどの位置と最も一致するか算出する（ステップ T3）。

そして、連続 DP マッチング部 41 による連続 DP マッチング結果と絶対位置情報を用いて、自己位置推定部 51 により電車の自己位置を推定する（ステップ T4）。

更に、架線の撮影（架線の計測）が終了するまで、ステップ T2 からステップ T4 までを繰り返す（ステップ T5）。

【0093】

このように説明したように、実施例 6 によれば、以下の効果を奏する。

(1) 電車の自己位置が高精度で分かる。

10

20

30

40

50

- (2) 電車の自己位置が高頻度で分かる。
- (3) 基準データの取得時と速度が違っても、自己位置推定が可能である。
- (4) 複数の高さ情報を用いる事で安定した自己位置推定が可能である。
- (5) GPSやエンコーダが不要になる。
- (6) GPSやエンコーダでは、上り線と下り線に誤って進入しても、検知が不能であるが、本発明は上り線下り線の架線が異なる高さを持つ事からこれらの検知が可能である。

【実施例7】

【0094】

(7) 基本的な考え方(実施例7)

本発明の目的は、測距センサを用いて偏位、高さ(これらを架線情報と総称する)を抽出し、あらかじめ用意しておいた基準架線情報と計測架線情報を連続DPマッチングを利用して比較することで電車の自己位置を推定できる自己位置推定装置を提供することである。

10

【0095】

実施例5、6との違いは架線の偏位、高さを独立ではなく、複数用いる点、つまり、架線の偏位及び高さを併用する点にある。複数の情報を併用することで、1つの情報しか用いなかった場合よりも自己位置推定精度が向上すると考えられる。

【0096】

本実施例の具体的な装置構成例を図13に示す実施例4と同様である。

そのため、本実施例に係る電車の自己位置推定装置は、図13に示す通り、基準架線データ入力部13、計測架線データ入力部23、記憶部33、連続DPマッチング部43、自己位置推定部53、より構成する。

20

基準架線データ入力部13では、架線の特徴的な変化について事前に撮影・解析した基準となる架線情報(基準架線データ系列)と絶対位置情報を入力し、記憶部33に保管する。

【0097】

計測架線データ入力部23では、現在位置において計測された架線の架線情報とそこから数ライン前までの架線情報(計測架線データ)を入力し、記憶部33に保管する。

記憶部33では、基準架線データ及び計測架線データよりなる架線情報、絶対位置情報、マッチング結果情報をデータベースとして保管する。

30

【0098】

連続DPマッチング部43では、基準架線データと計測架線データを用い、伸縮マッチングを行い、計測架線データが基準架線データ系列の中のどの位置と最も一致するか算出する、即ち、連続DPマッチングを行う。算出した連続DPマッチング結果(マッチング位置データ)は、記憶部33に出力され、保管される。

自己位置推定部53は、連続DPマッチング結果と絶対位置情報を用いて、電車の自己位置を推定する。

【0099】

本実施例のフローチャートは図12に示す実施例4と同様である。

先ず、事前に撮影・解析した基準となる架線情報(基準架線データ)を基準架線データ入力部13に入力する(ステップV1)。基準架線データ入力部13には絶対位置情報も同様に入力する。

40

次に、現在位置において計測された架線の架線情報とそこから数ライン前までの架線情報(計測架線データ)を計測架線データ入力部23に入力する(ステップV2)。

【0100】

引き続き、基準架線データと計測架線データを用い、連続DPマッチング部43により、伸縮マッチングを行い、計測架線データが基準架線データ系列の中のどの位置と最も一致するか算出する(ステップV3)。

そして、連続DPマッチング部43による連続DPマッチング結果と絶対位置情報を用いて、自己位置推定部53により電車の自己位置を推定する(ステップV4)。

50

更に、架線の撮影（架線の計測）が終了するまで、ステップV2からステップV4までを繰り返す（ステップV5）。

【0101】

このように説明したように、実施例7によれば、以下の効果を奏する。

- (1) 電車の自己位置が高精度で分かる。
- (2) 電車の自己位置が高頻度で分かる。
- (3) 基準データの取得時と速度が違っても、自己位置推定が可能である。
- (4) 複数の架線情報を用いる事で安定した自己位置推定が可能である。
- (5) GPSやエンコーダが不要になる。
- (6) GPSやエンコーダでは、上り線と下り線に誤って進入しても、検知が不能であるが、本発明は上り線下り線の架線が異なる情報を持つ事からこれらの検知が可能である。

【産業上の利用可能性】

【0102】

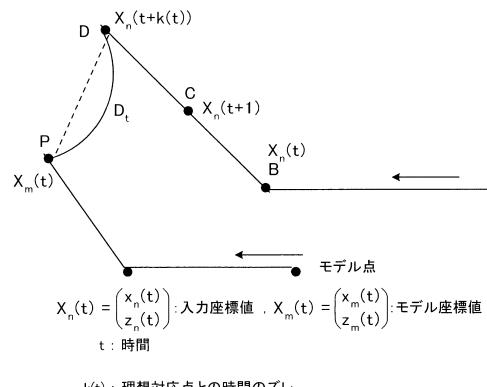
本発明は、連続DPマッチングによる電車の自己位置推定装置として広く産業上利用可能なものである。

【符号の説明】

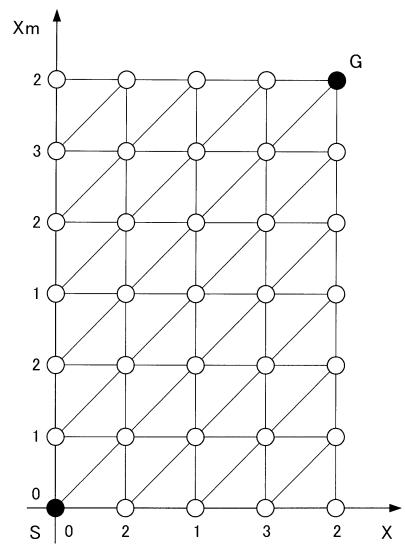
【0103】

- | | | |
|-----------------------|-------------|----|
| 1 0 | 基準偏位データ入力部 | |
| 1 1 | 基準高さデータ入力部 | |
| 1 2 | 基準摩耗幅データ入力部 | 20 |
| 1 3 | 基準架線データ入力部 | |
| 2 0 | 計測偏位データ入力部 | |
| 2 1 | 計測高さデータ入力部 | |
| 2 2 | 計測摩耗幅データ入力部 | |
| 2 3 | 計測架線データ入力部 | |
| 3 0 , 3 1 , 3 2 , 3 3 | 記憶部 | |
| 4 0 , 4 1 , 4 2 , 4 3 | 連続DPマッチング部 | |
| 5 0 , 5 1 , 5 2 , 5 3 | 自己位置推定部 | |

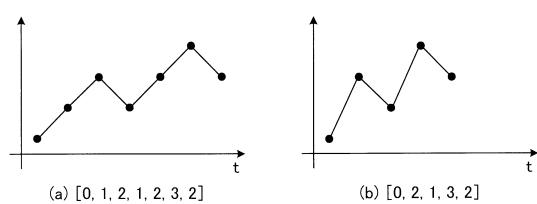
【図1】



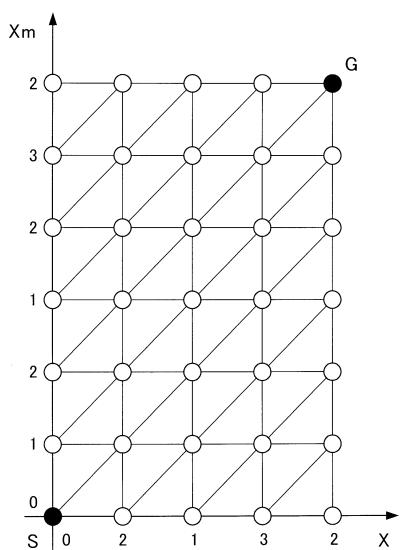
【図3】



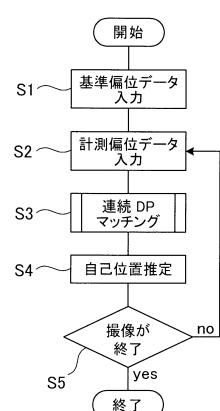
【図2】



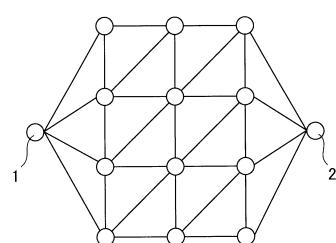
【図4】



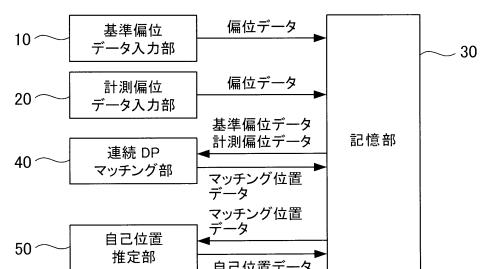
【図6】



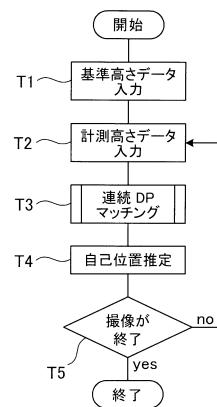
【図5】



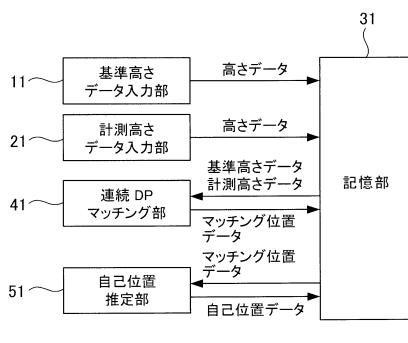
【図7】



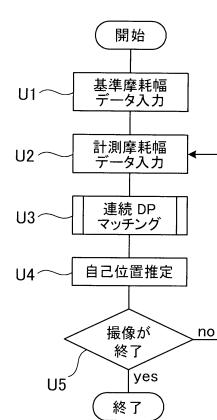
【図 8】



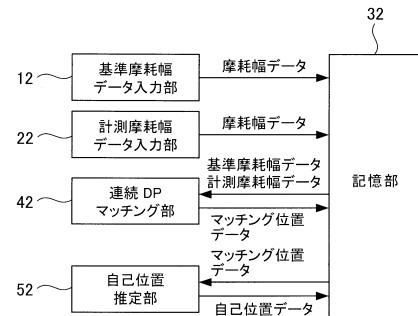
【図 9】



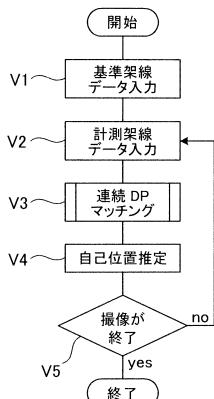
【図 10】



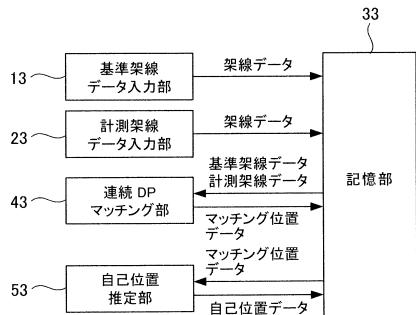
【図 11】



【図 12】



【図 13】



フロントページの続き

(72)発明者 深井 寛修
東京都品川区大崎二丁目1番1号 株式会社 明電舎内

(72)発明者 庭川 誠
東京都品川区大崎二丁目1番1号 株式会社 明電舎内

審査官 白石 剛史

(56)参考文献 特開2009-234338 (JP, A)
特開2010-285054 (JP, A)
特開2011-230722 (JP, A)
特開2012-191778 (JP, A)
特開2000-085581 (JP, A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

B61L 25/02
G06T 7/00