

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第6776213号  
(P6776213)

(45) 発行日 令和2年10月28日(2020.10.28)

(24) 登録日 令和2年10月9日(2020.10.9)

(51) Int.Cl. F I  
**B 6 1 L 23/00 (2006.01)** B 6 1 L 23/00 Z  
**G 0 6 T 7/00 (2017.01)** G 0 6 T 7/00 3 0 0 F

請求項の数 10 (全 23 頁)

(21) 出願番号	特願2017-212227 (P2017-212227)	(73) 特許権者	000003078 株式会社東芝 東京都港区芝浦一丁目1番1号
(22) 出願日	平成29年11月1日(2017.11.1)	(73) 特許権者	598076591 東芝インフラシステムズ株式会社 神奈川県川崎市幸区堀川町72番地34
(65) 公開番号	特開2019-84857 (P2019-84857A)	(74) 代理人	110002147 特許業務法人酒井国際特許事務所
(43) 公開日	令和1年6月6日(2019.6.6)	(72) 発明者	二神 拓也 東京都港区芝浦一丁目1番1号 株式会社東芝内
審査請求日	令和2年5月15日(2020.5.15)	(72) 発明者	高橋 雄介 東京都港区芝浦一丁目1番1号 株式会社東芝内
早期審査対象出願			

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 軌道識別装置

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

鉄道車両の進行方向の撮像画像を取得する画像取得部と、  
 前記撮像画像の一部である複数の画素群ごとに、所定の基準に基づいて、線路の検出に用いる複数の特徴量から1つを選択する特徴量選択部と、  
 前記複数の画素群の各々から、前記特徴量選択部により選択された前記1つの特徴量に基づく特徴データを導出する特徴データ導出部と、  
 前記特徴データ導出部が導出した特徴データに基づいて、前記画素群中の線路を検出する線路検出部と、  
 を備える、軌道識別装置。

【請求項2】

前記特徴量選択部は、前記撮像画像の一部である複数の画素群のうち最初に線路の検出を行う画素群を除く各画素群について、前記線路検出部によって線路の検出が行われた1つ前の画素群と前記所定の基準とに基づいて前記複数の特徴量から1つを選択する、  
 請求項1に記載の軌道識別装置。

【請求項3】

前記特徴量選択部は、前記撮像画像の一部である複数の画素群のうち最初に線路の検出を行う画素群について、過去の撮像画像のうちの1つの画素群と前記所定の基準とに基づいて前記複数の特徴量から1つを選択する、  
 請求項2に記載の軌道識別装置。

## 【請求項 4】

前記特徴量選択部は、前記線路検出部によって線路の検出が行われた 1 つ前の画素群または前記過去の撮像画像のうちの 1 つの画素群を用いて明暗に関する画像統計量を求め、この求めた画像統計量と前記所定の基準とに基づいて前記複数の特徴量から 1 つを選択する、

請求項 3 に記載の軌道識別装置。

## 【請求項 5】

前記複数の特徴量は輝度値と輝度値の勾配、前記画像統計量は平均輝度値であり、前記特徴量選択部は、前記線路検出部によって線路の検出が行われた 1 つ前の画素群を用いて求めた平均輝度値または前記過去の撮像画像のうちの 1 つの画素群を用いて求めた平均輝度値と、前記所定の基準と、に基づいて前記輝度値または前記輝度値の勾配を前記線路の検出に用いる特徴量として選択する、

10

請求項 4 に記載の軌道識別装置。

## 【請求項 6】

前記所定の基準はあらかじめ定められた閾値であり、前記特徴量選択部は、前記求めた平均輝度値が前記閾値以上のときは前記輝度値を、そして前記求めた平均輝度値が前記閾値未満のときは前記輝度値の勾配を、選択する、

請求項 5 に記載の軌道識別装置。

## 【請求項 7】

前記輝度値の勾配は縦方向の勾配と横方向の勾配の 2 つからなり、前記特徴量選択部は、前記輝度値の勾配を選択した場合において、検出済みの線路に基づいて線路がカーブしているか否かを判定し、カーブしていないと判定したときは輝度値の横方向の勾配を、そしてカーブしていると判定したときは輝度値の縦方向の勾配を、選択する、

20

請求項 6 に記載の軌道識別装置。

## 【請求項 8】

前記特徴量選択部は、前記撮像画像の一部である複数の画素群のうち最初に線路の検出を行う画素群を除く各画素群について、前記線路検出部によって線路の検出が行われる前記各画素群の前記撮像画像内での位置と、前記線路検出部によって線路の検出が行われた前記各画素群の 1 つ前の画素群の特徴データと、前記所定の基準と、に基づいて前記複数の特徴量から 1 つを選択する、

30

請求項 1 に記載の軌道識別装置。

## 【請求項 9】

前記鉄道車両の進行方向情報を取得する進行方向取得部をさらに備え、

前記特徴量選択部は、前記各画素群について、前記線路検出部によって線路の検出が行われる前記各画素群の前記撮像画像内での位置と、前記線路検出部によって線路の検出が行われた前記各画素群の 1 つ前の画素群の特徴データと、前記所定の基準と、前記進行方向取得部が取得した進行方向情報と、に基づいて前記複数の特徴量から 1 つを選択する、

請求項 8 に記載の軌道識別装置。

## 【請求項 10】

前記鉄道車両の位置情報を取得する位置取得部をさらに備え、

40

前記特徴量選択部は、前記線路検出部によって線路の検出が行われた 1 つ前の画素群または前記過去の撮像画像のうちの 1 つの画素群、前記位置取得部が取得した位置情報、および前記所定の基準、に基づいて前記複数の特徴量から 1 つを選択する、

請求項 3 に記載の軌道識別装置。

## 【発明の詳細な説明】

## 【技術分野】

## 【0001】

本発明の実施形態は、軌道識別装置に関する。

## 【背景技術】

## 【0002】

50

従来から、鉄道車両の走行中に、線路の検査や、当該線路内に存在する障害物（注視が必要な注視物）の検出などを目的として、鉄道車両の進行方向の領域を撮像することで得られる撮像画像から線路（が写った領域）を検出する技術が種々検討されている。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0003】

【特許文献1】特開2015-210388号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0004】

10

上記のような従来の技術では、撮像画像から線路をより精度良く検出することが望まれる。

【課題を解決するための手段】

【0005】

実施形態にかかる軌道識別装置は、画像取得部と、特徴量選択部と、特徴データ導出部と、線路検出部と、を備える。画像取得部は、鉄道車両の進行方向の撮像画像を取得する。特徴量選択部は、撮像画像の一部である複数の画素群ごとに、所定の基準に基づいて、線路の検出に用いる複数の特徴量から1つを選択する。特徴データ導出部は、複数の画素群の各々から、特徴量選択部により選択された1つの特徴量に基づく特徴データを導出する。線路検出部は、特徴データ導出部が導出した特徴データに基づいて、画素群中の線路を検出する。

20

【図面の簡単な説明】

【0006】

【図1】図1は、第1実施形態にかかる軌道識別装置を含む車両システムの構成を示した例示的かつ模式的な図である。

【図2】図2は、第1実施形態にかかる軌道識別装置の機能を示した例示的かつ模式的なブロック図である。

【図3】図3は、第1実施形態において取得されうる撮像画像の一例を示した例示的かつ模式的な図である。

【図4】図4は、第1実施形態において取得されうる撮像画像の他の一例を示した例示的かつ模式的な図である。

30

【図5】図5は、第1実施形態において、図3に示される撮像画像が変換されることで生成された鳥瞰画像を示した例示的かつ模式的な図である。

【図6】図6は、第1実施形態において、図4に示される撮像画像が変換されることで生成された鳥瞰画像を示した例示的かつ模式的な図である。

【図7】図7は、第1実施形態において導出されうる、輝度値に基づく特徴データを説明するための例示的かつ模式的な図である。

【図8】図8は、第1実施形態において導出されうる、輝度値のX方向の勾配に基づく特徴データを説明するための例示的かつ模式的な図である。

【図9】図9は、第1実施形態において導出されうる、輝度値のY方向の勾配に基づく特徴データを説明するための例示的かつ模式的な図である。

40

【図10】図10は、第1実施形態において用いられうる、既に検出済の線路（の一部）の角度の算出手法の概略を説明するための例示的かつ模式的な図である。

【図11】図11は、第1実施形態において用いられうる、初期エリア以降のエリアから線路（の一部）を検出するための手法を説明するための例示的かつ模式的な図である。

【図12】図12は、第1実施形態において検出された線路を構成する座標点がプロットされた撮像画像を示した例示的かつ模式的な図である。

【図13】図13は、第1実施形態において判定領域内に注視物が存在すると判定された場合に表示部に出力される画像の一例を示した例示的かつ模式的な図である。

【図14】図14は、第1実施形態にかかる軌道識別装置が実行する処理の流れを示した

50

例示的かつ模式的なフローチャートである。

【図15】図15は、第1実施形態にかかる軌道識別装置が初期エリアの特徴量を選択する場合に実行する処理の流れを示した例示的かつ模式的なフローチャートである。

【図16】図16は、第1実施形態にかかる軌道識別装置が次のエリアの特徴量を選択する場合に実行する処理の流れを示した例示的かつ模式的なフローチャートである。

【図17】図17は、第2実施形態にかかる軌道識別装置の機能を示した例示的かつ模式的なブロック図である。

【図18】図18は、第2実施形態にかかる軌道識別装置が次のエリアの特徴量を選択する場合に実行する処理の流れを示した例示的かつ模式的なフローチャートである。

【図19】図19は、第3実施形態にかかる軌道識別装置の機能を示した例示的かつ模式的なブロック図である。

【図20】図20は、第3実施形態にかかる軌道識別装置が初期エリアの特徴量を選択する場合に実行する処理の流れを示した例示的かつ模式的なフローチャートである。

【図21】図21は、第3実施形態にかかる軌道識別装置が次のエリアの特徴量を選択する場合に実行する処理の流れを示した例示的かつ模式的なフローチャートである。

【発明を実施するための形態】

【0007】

以下、実施形態を図面に基づいて説明する。以下に記載する実施形態の構成、ならびに当該構成によってもたらされる作用および結果（効果）は、あくまで一例であって、以下の記載内容に限られるものではない。

【0008】

<第1実施形態>

まず、第1実施形態の構成について説明する。

【0009】

図1は、第1実施形態にかかる軌道識別装置20を含む車両システム100の構成を示した例示的かつ模式的な図である。図1に示されるように、車両システム100は、一対のレールにより構成される線路R上を方向Dに沿って走行する鉄道車両RVに搭載されている。

【0010】

また、図1に示されるように、車両システム100は、撮像部としてのカメラ10と、表示部15と、軌道識別装置20と、を有している。

【0011】

カメラ10は、鉄道車両RVの端部（たとえば運転席）に設けられ、鉄道車両RVの進行方向の領域を撮像する。カメラ10によって得られる撮像画像には、線路Rが含まれる。

【0012】

表示部15は、各種の画像を表示する装置である。表示部15は、鉄道車両RVの運転席などに設けられる。

【0013】

軌道識別装置20は、たとえば、プロセッサやメモリなどといったハードウェアを有したコンピュータとして構成される。

【0014】

ところで、従来から、鉄道車両RVの走行中に、線路Rの検査や、当該線路R内に存在する障害物（注視が必要な注視物）の検出などを目的として、鉄道車両RVの進行方向の領域を撮像することで得られる撮像画像から線路R（が写った領域）を検出する技術が種々検討されている。このような技術では、撮像画像から線路Rをより精度良く検出することが望まれる。

【0015】

そこで、第1実施形態は、軌道識別装置20に以下のような機能を持たせることで、撮像画像から線路Rをより精度良く検出することを実現する。

10

20

30

40

50

## 【0016】

図2は、第1実施形態にかかる軌道識別装置20の機能を示した例示的かつ模式的なブロック図である。図2に示されるように、軌道識別装置20は、画像取得部401と、画像変換部402と、特徴量選択部403と、特徴データ導出部404と、線路検出部405と、判定領域特定部406と、注視物監視部407と、出力制御部408と、記憶部409と、を有している。

## 【0017】

画像取得部401、画像変換部402、特徴量選択部403、特徴データ導出部404、線路検出部405、判定領域特定部406、注視物監視部407、および出力制御部408といった機能モジュール群の一部または全部は、ハードウェアとソフトウェアとの協働によって、より具体的には軌道識別装置20のプロセッサがメモリに記憶されたプログラムを読み出して実行することによって実現される。なお、第1実施形態では、これらの機能モジュール群の一部または全部が、専用のハードウェア(回路)によって実現されてもよい。

10

## 【0018】

一方、記憶部409は、軌道識別装置20に設けられるメモリを含む揮発性または不揮発性の様々な記憶媒体によって実現される。記憶部409は、軌道識別装置20のプロセッサが実行する上記のプログラムや、当該プログラムに従った線路Rの検出に用いられる後述する様々な情報(検出済線路情報410、注視物情報411、線路幅情報412、初期エリア情報413、および線路位置情報414)などを記憶する。

20

## 【0019】

画像取得部401は、カメラ10により撮像された撮像画像を取得する。撮像画像は、たとえばカラー画像である。以下に例示されるように、撮像画像における線路Rの写り込みは、撮像環境(たとえば周囲の明るさなど)に応じて変化する。

## 【0020】

図3は、第1実施形態において取得されうる撮像画像の一例を示した例示的かつ模式的な図である。図3に示される画像200においては、線路Rに対応した領域201が、周囲の領域よりも明るく写り込んでいる。このような画像200は、線路Rが光の反射を起こしやすい撮像環境において取得されうる。

30

## 【0021】

一方、図4は、第1実施形態において取得されうる撮像画像の他の一例を示した例示的かつ模式的な図である。図4に示される画像300においては、図3に示される画像200と異なり、線路Rに対応した領域301が、周囲の領域よりも暗く写り込んでいる。このような画像300は、線路Rが光の反射を起こしにくい撮像環境において取得されうる。

## 【0022】

なお、図3および図4に示される撮像画像には、奥側(カメラ10に対して遠い側)でカーブした線路Rが写り込んでいるが、第1実施形態では、直線状の線路Rのみが写り込んだ撮像画像も取得されうる。

## 【0023】

図2に戻り、画像変換部402は、画像取得部401により取得された撮像画像に視点変換処理などを施すことで、カメラ10が撮像した領域を上方から俯瞰で見た鳥瞰画像を生成する。以下に例示されるように、鳥瞰画像においては、線路Rを構成する一对のレールの幅などの写り方が、カメラ10に対して近い側(手前側)と遠い側(奥側)とで略同一になる。

40

## 【0024】

図5は、第1実施形態において、図3に示される撮像画像が変換されることで生成された鳥瞰画像を示した例示的かつ模式的な図である。図5に示される画像500においては、図3に示される画像200と同様に、線路Rに対応した領域501が、周囲の領域よりも明るく写り込んでいる。なお、図5に示される画像500において、領域A0は、線路

50

R (に対応した領域 5 0 1) の検出の起点となる領域として予め設定された初期エリア (詳細は後述する) である。

【 0 0 2 5 】

一方、図 6 は、第 1 実施形態において、図 4 に示される撮像画像が変換されることで生成された鳥瞰画像を示した例示的かつ模式的な図である。図 6 に示される画像 6 0 0 においては、図 4 に示される画像 3 0 0 と同様に、線路 R に対応した領域 6 0 1 が、周囲の領域よりも暗く写り込んでいる。

【 0 0 2 6 】

このように、鳥瞰画像における線路 R の写り込みも、変換前の撮像画像におけるそれと同様に、撮像環境に応じて変化する。したがって、画像処理によって鳥瞰画像から線路 R を検出するためには、線路 Rらしさを表す尺度としての特徴量を、撮像環境に応じて適切に選択する必要がある。

【 0 0 2 7 】

たとえば、図 5 に示される画像 5 0 0 が得られるような撮像環境では、特徴量として、輝度値そのものに着目する手法が有効である。図 5 に示される例においては、線路 R に対応した領域 5 0 1 が他の領域よりも相対的に明るく写り込んでいるため、鳥瞰画像としての画像 5 0 0 全体を、輝度値が閾値以上の領域と、輝度値が閾値未満の領域と、に 2 分 (2 値化) した特徴データを導出すれば、線路 R に対応した領域 5 0 1 を精度良く検出することが可能である。この手法は、特徴量として着目するものが単一であるのでノイズに対して頑健であり、また、ハフ変換や R A N S A C などといった既存の線分検出アルゴリズムを利用した線路検出アルゴリズムへの適用が容易であるため、有用である。

【 0 0 2 8 】

図 7 は、第 1 実施形態において導出されうる、輝度値に基づく特徴データを説明するための例示的かつ模式的な図である。図 7 に示される画像 7 0 0 は、図 5 に示される画像 5 0 0 全体を、輝度値が閾値以上の領域と、輝度値が閾値未満の領域と、に 2 分 (2 値化) することで導出された特徴データに対応する。図 7 に示される画像 7 0 0 においては、線路 R の全体に対応した領域 7 0 1 が明確に表れている。したがって、図 7 に示される画像 7 0 0 からは、線路 R の全体を精度良く検出することが可能である。

【 0 0 2 9 】

一方、図 6 に示される画像 6 0 0 が得られるような撮像環境では、特徴量として、輝度値の勾配 (着目する画素と当該画素に隣接する画素との輝度値の差分) に着目する手法が有効である。なお、輝度値の勾配は、S O B E L フィルタや、L a p l a c i a n フィルタ、R o b i n s o n フィルタ、C a n n y フィルタなどによって算出可能である。

【 0 0 3 0 】

ここで、一般に、線路 R は、カメラ 1 0 の視点で手前側から奥側に向かって延びるため、通常は、輝度値の横軸 (x 軸) 方向の勾配が特徴量として着目される。しかしながら、図 6 に示される画像 6 0 0 においては、線路 R に対応した領域 6 0 1 が、カメラ 1 0 の視点で手前側から奥側に向かう途中でカーブしている。したがって、図 6 に示される画像 6 0 0 においては、その奥側の領域で、輝度値の横軸方向の勾配よりも、輝度値の縦軸 (y 軸) 方向の勾配の方が大きくなる。

【 0 0 3 1 】

そこで、図 6 に示される画像 6 0 0 が得られるような撮像環境では、特徴量として、輝度値の横軸方向の勾配と縦軸方向の勾配との両方に着目し、検出対象となるエリア (画素群) に応じて着目する勾配を切り替えながら特徴データを導出する手法が有効である。この手法は、特徴量として着目するものが増加することでノイズが増加する可能性はあるものの、カーブした線路 R を当該線路 R の延びる方向に応じて適切に検出することが可能であるため、有用である。

【 0 0 3 2 】

図 8 は、第 1 実施形態において導出されうる、輝度値の X 方向の勾配に基づく特徴データを説明するための例示的かつ模式的な図である。図 8 に示される画像 8 0 0 は、輝度値

10

20

30

40

50

の横軸方向の勾配に着目し、図6に示される画像600全体を、勾配が閾値以上の領域と、勾配が閾値未満の領域と、に2分(2値化)することで導出された特徴データに対応する。図8に示される画像800においては、図6に示される画像600の手前側の領域に写った(カーブする前の)線路Rに対応した領域801が明確に表れているが、図6に示される画像600の奥側の領域に写った(カーブした後の)線路Rに対応した領域は全く表れていない。したがって、図8に示される画像800からは、カーブする前の線路Rのみを精度良く検出することが可能である。

#### 【0033】

一方、図9は、第1実施形態において導出されうる、輝度値のY方向の勾配に基づく特徴データを説明するための例示的かつ模式的な図である。図9に示される画像900は、輝度値の縦軸方向の勾配に着目し、図6に示される画像600全体を、勾配が閾値以上の領域と、勾配が閾値未満の領域と、に2分(2値化)することで導出された特徴データに対応する。図9に示される画像900においては、図6に示される画像600の奥側の領域に写った(カーブした後の)線路Rに対応した領域901は明確に表れているが、図6に示される画像600の手前側の領域に写った(カーブする前の)線路Rに対応した領域は全く表れていない。したがって、図9に示される画像900からは、カーブした後の線路Rのみを精度良く検出することが可能である。

#### 【0034】

このように、線路Rを精度良く検出するために着目すべき特徴量は、撮像画像(鳥瞰画像)の撮像環境や、検出対象の線路Rの部位など、状況に応じて様々に異なる。したがって、どのような撮像画像(鳥瞰画像)からも線路Rを精度良く検出するためには、線路Rの検出に用いる特徴量を、状況に応じて適宜切り替えることが重要となる。

#### 【0035】

そこで、図2に戻り、特徴量選択部403は、画像変換部402により生成された鳥瞰画像における複数の画素群(エリア)ごとに、所定の基準に基づいて、線路Rらしさを表す尺度となりうる複数の特徴量から、線路Rの検出に用いる1つの特徴量を選択する。そして、特徴データ導出部404は、複数のエリアの各々から、特徴量選択部403により選択された1つの特徴量に基づく特徴データを導出する。そして、線路検出部405は、特徴データ導出部404の導出結果に基づいて、撮像画像(鳥瞰画像)から線路Rを検出する。

#### 【0036】

より具体的に、第1実施形態において、線路検出部405は、上述した複数の画素群(エリア)のうち、最初の検出対象となる初期エリア(図5に示される例では領域A0)から線路Rの一部を検出した後、検出した線路Rの一部を基準とした次のエリアから線路Rの一部をさらに検出する処理を順次繰り返すことで、撮像画像(鳥瞰画像)の全体から線路Rを検出する。そして、特徴量選択部403は、線路検出部405により線路Rの一部が検出されるごとに、上述した所定の基準として、少なくとも、線路検出部405により既に検出済の線路Rの一部に関する情報を用いて、次のエリアに対応した1つの特徴量を選択する。

#### 【0037】

まず、第1実施形態において、特徴量選択部403は、上述した所定の基準として、線路検出部405により既に検出済の線路Rの一部の撮像画像(鳥瞰画像)内での明暗に関する画像統計量を用いて、次のエリアに対応した1つの特徴量を選択する。明暗に関する画像統計量とは、たとえば平均輝度値である。

#### 【0038】

既に検出済の線路Rの一部の平均輝度値に着目すると、処理対象の鳥瞰画像が、線路Rが光の反射を起こしやすい撮像環境で取得された撮像画像に基づくもの(図3および図5参照)か、または、線路Rが光の反射を起こしにくい撮像環境で取得された撮像画像に基づくもの(図4および図6参照)か、を判定することができる。

#### 【0039】

たとえば、既に検出済の線路 R の一部の平均輝度値が閾値以上である場合、当該線路 R の一部に対応した領域は、撮像画像（鳥瞰画像）内で他の領域よりも明るく写り込んでいると言える。このような場合、前述したように、次のエリアに対応した特徴量としては、輝度値そのものに注目することが有効である。

【 0 0 4 0 】

一方、既に検出済の線路 R の一部の平均輝度値が閾値未満である場合、当該線路 R の一部に対応した領域は、撮像画像（鳥瞰画像）内で他の領域よりも暗く写り込んでいると言える。このような場合、前述したように、次のエリアに対応した特徴量としては、輝度値そのものではなく、輝度値の勾配に着目することが有効である。

【 0 0 4 1 】

したがって、第 1 実施形態において、特徴量選択部 4 0 3 は、既に検出済の線路 R の一部の平均輝度値と閾値との大小関係に応じて、次のエリアの特徴量として、輝度値そのものを選択するか、または、輝度値の勾配を選択するか、を決定する。

【 0 0 4 2 】

ところで、前述したように、特徴量としての輝度値の勾配は、横軸方向の勾配と縦軸方向の勾配との 2 つが存在し、これら 2 つのいずれが適切であるかは、カーブの有無などに応じて異なる。

【 0 0 4 3 】

そこで、特徴量選択部 4 0 3 は、以下に説明するように、線路検出部 4 0 5 により既に検出済の線路 R の一部の角度（線路 R の一部の延びる方向）に基づいて、次のエリアから線路 R の一部を検出するために用いる 1 つの特徴量として、輝度値の横軸方向の勾配を選択するか、または、輝度値の縦軸方向の勾配を選択するか、を決定する。

【 0 0 4 4 】

図 1 0 は、第 1 実施形態において用いられうる、既に検出済の線路 R（の一部）の角度の算出手法の概略を説明するための例示的かつ模式的な図である。ここでは、図 1 0 に示される画像 1 0 0 において、線路 R の一部を構成する座標点として、 $(x_{L1}, y_{L1})$ 、 $(x_{R1}, y_{R1})$ 、 $(x_{L2}, y_{L2})$ 、 $(x_{R2}, y_{R2})$ 、 $(x_{L3}, y_{L3})$ 、 $(x_{R3}, y_{R3})$  の 6 つが既に検出済であるものとする。これらの座標点の情報は、線路位置情報 4 1 4 として記憶部 4 0 9 に記憶される。

【 0 0 4 5 】

このような状況において、特徴量選択部 4 0 3 は、次の検出対象である領域 A に対応した 1 つの特徴量を選択するために、下記の式（1）に基づいて、既に検出済の線路 R の一部の角度を算出する。

【 0 0 4 6 】

既に検出済の線路 R の一部の角度 =  $\arctan((y_{L3} - y_{L2}) / (x_{L3} - x_{L2})) \dots (1)$

【 0 0 4 7 】

上記の式（1）の算出結果によれば、線路 R のカーブの有無を判定することができる。つまり、上記の式（1）の算出結果が閾値以上の場合、線路 R にカーブはなく、次の検出対象のエリア A においても線路 R が縦軸方向に延びると推定することができ、上記の式（1）の算出結果が閾値未満の場合、線路 R にカーブがあり、次の検出対象のエリア A においては線路 R が横軸方向に延びると推定することができる。なお、閾値は、たとえば撮像画像から鳥瞰画像への変換後の縦横比の変化などに応じて予め定められる。

【 0 0 4 8 】

したがって、特徴量選択部 4 0 3 は、上記の式（1）の算出結果が閾値以上の場合、特徴量として、輝度値の横軸方向の勾配を選択し、上記の式（1）の算出結果が閾値未満の場合、特徴量として、輝度値の縦軸方向の勾配を選択する。なお、図 1 0 に示される例では、既に検出済とされた 6 つの座標点が、領域 A の手前でカーブした線路 R に対応しているため（領域 1 0 0 1 参照）、領域 A に対応した特徴量として、輝度値の縦軸方向の勾配が選択される。

10

20

30

40

50

## 【 0 0 4 9 】

なお、第1実施形態では、既に検出済の線路Rの一部の角度が、上記の式(1)ではなく、下記の式(2)に基づいて算出されてもよい。

## 【 0 0 5 0 】

既に検出済の線路Rが延びる方向 =  $\arctan((y_{L3} - y_{L2}) / (x_{L3} - x_{L2})) + \{ \arctan((y_{L3} - y_{L2}) / (x_{L3} - x_{L2})) - \arctan((y_{L2} - y_{L1}) / (x_{L2} - x_{L1})) \}$  ... (2)

## 【 0 0 5 1 】

上記の式(2)は、計算に使用するパラメータが上記の式(1)よりも多いので、既に検出済の線路Rが延びる方向をより精度よく算出する。

10

## 【 0 0 5 2 】

上記では、エリアに応じた特徴量を選択するための所定の基準として、既に検出済の線路Rが延びる方向のみを用いる例について説明した。しかしながら、第1実施形態では、既に検出済の線路Rが延びる方向に代えて(または加えて)、検出対象のエリアの撮像画像(鳥瞰画像)内における位置が用いられてもよい。

## 【 0 0 5 3 】

たとえば、線路Rにカーブがあることが予め分かっている場合には、撮像画像(鳥瞰画像)の奥側の領域に写る線路Rが横軸方向に延びることも予め分かる。したがって、このような場合、特徴量選択部403は、上述した所定の基準として、少なくとも、複数のエリアの各々の撮像画像(鳥瞰画像)内での位置を用いて、複数のエリアの各々に対応した1つの特徴量を選択してもよい。

20

## 【 0 0 5 4 】

このように、第1実施形態においては、複数の特徴量を選択的に切り替えながら撮像画像(鳥瞰画像)の一部のエリアから線路Rの一部を検出することを順次繰り返すことで線路Rの全体を検出する手法が採用される。そして、特徴量の選択には、それまでの線路Rの検出処理の途中結果が考慮される。

## 【 0 0 5 5 】

ところで、初期エリアは、最初の検出対象となるエリアであるので、上述したような途中結果は存在しない。したがって、初期エリアからの線路Rの一部の検出には、過去(たとえば1フレーム前)の撮像画像(鳥瞰画像)に対する線路Rの検出結果が用いられる。

30

## 【 0 0 5 6 】

すなわち、第1実施形態において、画像取得部401は、鉄道車両RVの進行とともに撮像画像を複数回取得する。そして、特徴量選択部403は、あるタイミングで得られた撮像画像(鳥瞰画像)における初期エリアに対応した1つの特徴量を選択する場合、当該1つの特徴量を選択するための所定の基準として、少なくとも、あるタイミングよりも前のタイミングで得られた鳥瞰画像(1フレーム前の撮像画像に基づく鳥瞰画像)における初期エリアから検出された線路Rの一部に関する情報(上述した平均輝度値などといった画像統計量)を用いる。なお、1フレーム前の撮像画像に基づいて検出された線路Rに関する情報は、検出済線路情報410として記憶部409に記憶されているものとする。

## 【 0 0 5 7 】

ここで、撮像画像(鳥瞰画像)における各エリアから線路R(の一部)を検出するための手法についてより具体的に説明する。

40

## 【 0 0 5 8 】

まず、初期エリアから線路R(の一部)を検出するための手法について説明する。

## 【 0 0 5 9 】

前述したように、初期エリアは、線路Rの検出の起点となる領域として予め決められた位置に設定されている。初期エリアの位置は、初期エリア情報413として記憶部409に予め記憶されている。

## 【 0 0 6 0 】

したがって、第1実施形態において、線路検出部405は、まず、記憶部409の初期

50

エリア情報 4 1 3 を参照することで、上記の手法で選択された特徴量に基づいて導出された特徴データから初期エリアに対応した領域のデータを抽出する。そして、線路検出部 4 0 5 は、抽出したデータに対してハフ変換や R A N S A C などといった線分検出アルゴリズムに基づく処理を実行することで、初期エリア内に存在する線路 R ( の一部 ) の候補を抽出する。

**【 0 0 6 1 】**

ところで、正規の線路 R を構成する一对のレールの幅は、予め決まっている。したがって、正規の線路 R を構成する一对のレールの幅に関する情報を取得すれば、上記のように抽出された候補から、正規の線路 R ( の一部 ) を特定することが可能である。そこで、第 1 実施形態では、線路 R を構成する一对のレールの幅が、線路幅情報 4 1 2 として記憶部 4 0 9 に予め記憶されている。

10

**【 0 0 6 2 】**

そして、線路検出部 4 0 5 は、記憶部 4 0 9 の線路幅情報 4 1 2 を参照し、上記のように抽出された候補から、線路幅情報 4 1 2 で示された幅にマッチする幅を有する候補をさらに抽出することで、正規の線路 R を特定 ( 検出 ) する。そして、線路検出部 4 0 5 は、特定した線路 R を構成する複数の座標点を、線路位置情報 4 1 4 として記憶部 4 0 9 に記憶する。たとえば、図 1 0 に示される例では、 $(x_{L1}, y_{L1})$ 、 $(x_{R1}, y_{R1})$ 、 $(x_{L2}, y_{L2})$ 、 $(x_{R2}, y_{R2})$  の 4 つの座標点が記憶部 4 0 9 に記憶される。

**【 0 0 6 3 】**

次に、初期エリア以降のエリアから線路 R ( の一部 ) を検出するための手法について説明する。

20

**【 0 0 6 4 】**

図 1 1 は、第 1 実施形態において用いられうる、初期エリア以降のエリアから線路 R ( の一部 ) を検出するための手法の概略を説明するための例示的かつ模式的な図である。図 1 1 に示される例では、直近の処理により、線路 R の一部として、 $(x_{La}, y_{La})$  と  $(x_{Lb}, y_{Lb})$  との 2 つの座標点が検出済となっているものとする。

**【 0 0 6 5 】**

第 1 実施形態において、線路検出部 4 0 5 は、まず、図 1 1 ( A ) に示されるように、直近に検出された 2 つの座標点に基づく所定の扇形の領域を設定する。扇形の領域とは、直近に検出された 2 つの座標点  $(x_{La}, y_{La})$  および  $(x_{Lb}, y_{Lb})$  のうち初期エリアとは反対側の座標点  $(x_{Lb}, y_{Lb})$  から、当該 2 つの座標点を結ぶ直線 L を中心として左右に同一の角度  $\theta$  で広がるように延びる仮想線  $V_R$  および  $V_L$  で区画される領域である。なお、角度  $\theta$  は、予め設定された角度であって、たとえば、線路 R の規格などで規定された最大曲率の範囲をカバーする角度である。また、仮想線  $V_R$  および  $V_L$  の長さは、予め設定された長さである。

30

**【 0 0 6 6 】**

上記のような扇形の領域を設定すると、線路検出部 4 0 5 は、図 1 1 ( B ) に示されるように、扇形の領域の上端の任意の一箇所と、当該扇形の領域の起点となる座標点  $(x_{La}, y_{La})$  と  $(x_{Lb}, y_{Lb})$  とを網羅的に結ぶ複数の線分を設定する。第 1 実施形態では、これらの複数の線分が、線路 R ( の一部 ) の候補となる。

40

**【 0 0 6 7 】**

そして、線路検出部 4 0 5 は、上記のように抽出した複数の候補を鳥瞰画像上にあてはめ、複数の候補のうち、特徴量選択部 4 0 3 により選択された特徴量の平均値が最も大きいものを、正規の線路 R ( の一部 ) として特定 ( 検出 ) する。

**【 0 0 6 8 】**

ところで、図 1 1 に示された 2 つの座標点は、線路 R を構成する一对のレールのうちの一方のレールに沿ったものであり、実際には、他方のレールに沿った 2 つの座標点 ( 図 1 1 には不図示 ) も検出済である。したがって、線路検出部 4 0 5 は、他方のレールについても上記の同様の手法で正規の線路 R を特定 ( 検出 ) する。

50

## 【 0 0 6 9 】

第 1 実施形態では、上記の手順が順次繰り返されることにより、撮像画像（鳥瞰画像）の全体から線路 R の全体が検出される。そして、検出された線路 R（の全体）に関する情報は、たとえば次のような形式で、検出済線路情報 4 1 0 として記憶部 4 0 9 に記憶される。

## 【 0 0 7 0 】

図 1 2 は、第 1 実施形態において検出された線路 R を構成する座標点がプロットされた撮像画像を示した例示的かつ模式的な図である。第 1 実施形態では、図 1 2 に示されるような画像 1 2 0 0 が、検出済線路情報 4 1 0 として記憶部 4 0 9 に記憶される。図 1 2 に示される画像 1 2 0 0 の座標点を適宜結ぶと、線路 R に対応した領域 1 2 0 1 が得られる。

10

## 【 0 0 7 1 】

図 2 に戻り、判定領域特定部 4 0 6 は、線路検出部 4 0 5 の検出結果に基づいて、撮像画像内における線路 R の付近の領域を、障害物（注視が必要な注視物）の有無の判定の対象となる判定領域として特定する。

## 【 0 0 7 2 】

そして、注視物監視部 4 0 7 は、判定領域特定部 4 0 6 により特定された判定領域内に注視物が存在するか否かを監視する。注視物の有無を判定するための情報（テンプレート）は、注視物情報 4 1 1 として記憶部 4 0 9 に記憶されている。注視物監視部 4 0 7 は、注視物情報 4 1 1 と、特徴データ導出部 4 0 4 により導出された特徴データとに基づいて、注視物のテンプレートにマッチする画素群が判定領域内に存在するか否かを判定する。

20

## 【 0 0 7 3 】

そして、出力制御部 4 0 8 は、注視物監視部 4 0 7 により注視物が存在すると判定された場合に、以下に説明するような画像を表示部 1 5 に出力する処理などを実行することで、警報を出力する。

## 【 0 0 7 4 】

図 1 3 は、第 1 実施形態において判定領域内に注視物が存在すると判定された場合に表示部 1 5 に出力される画像の一例を示した例示的かつ模式的な図である。図 1 3 に示される画像 1 3 0 0 においては、線路 R に対応した領域 1 3 0 1 の付近に、注視物としての人間 1 3 0 2 が存在している。したがって、出力制御部 4 0 8 は、注視物としての人間 1 3 0 2 の存在を鉄道車両 R V の運転者に通知するため、注意を喚起するための指標（アイコン、シンボル）1 3 0 3 を、画像 1 3 0 0 内に重畳して出力する。

30

## 【 0 0 7 5 】

次に、実施形態の動作について説明する。

## 【 0 0 7 6 】

図 1 4 は、第 1 実施形態にかかる軌道識別装置 2 0 が実行する処理の流れを示した例示的かつ模式的なフローチャートである。この図 1 4 に示される処理フローは、鉄道車両 R V の走行中に繰り返し実行される。

## 【 0 0 7 7 】

図 1 4 に示される処理フローでは、まず、S 1 4 0 1 において、軌道識別装置 2 0 の画像取得部 4 0 1 は、カメラ 1 0 から撮像画像を取得する。

40

## 【 0 0 7 8 】

そして、S 1 4 0 2 において、軌道識別装置 2 0 の画像変換部 4 0 2 は、S 1 4 0 1 で取得された撮像画像を鳥瞰画像に変換する。

## 【 0 0 7 9 】

そして、S 1 4 0 3 において、軌道識別装置 2 0 の特徴量選択部 4 0 3 は、記憶部 4 0 9 の初期エリア情報 4 1 3 などを参照し、初期エリアに対応した特徴量を選択する。この S 1 4 0 3 において実行される処理の流れについては、後で詳細に説明するため、ここではこれ以上の説明を省略する。

## 【 0 0 8 0 】

50

そして、S 1 4 0 4において、軌道識別装置 2 0 の特徴データ導出部 4 0 4 は、S 1 4 0 2 で得られた鳥瞰画像（のうち初期エリアに対応した領域）から、S 1 4 0 3 で選択された特徴量に基づく特徴データを導出する。

【 0 0 8 1 】

そして、S 1 4 0 5 において、軌道識別装置 2 0 の線路検出部 4 0 5 は、S 1 4 0 4 で導出された特徴データなどに基づいて、ハフ変換や R A N S A C などといった線分検出アルゴリズムを利用して、線路 R の一部の候補を抽出する。

【 0 0 8 2 】

そして、S 1 4 0 6 において、線路検出部 4 0 5 は、記憶部 4 0 9 の線路幅情報 4 1 2 などを参照し、S 1 4 0 5 で抽出された候補から、（正規の）線路 R の一部を特定する。

10

【 0 0 8 3 】

そして、S 1 4 0 7 において、特徴量選択部 4 0 3 は、次のエリアの特徴量を選択する。この S 1 4 0 7 において実行される処理の流れについては、後で詳細に説明するため、ここではこれ以上の説明を省略する。

【 0 0 8 4 】

そして、S 1 4 0 8 において、特徴データ導出部 4 0 4 は、S 1 4 0 2 で得られた鳥瞰画像（のうち現在の処理対象のエリアに対応した領域）から、S 1 4 0 7 で選択された特徴量に基づく特徴データを導出する。

【 0 0 8 5 】

そして、S 1 4 0 9 において、線路検出部 4 0 5 は、S 1 4 0 8 で導出された特徴データなどに基づいて、上述した扇形の領域（図 1 1 参照）などを利用した手法で、線路 R の一部の候補を抽出する。

20

【 0 0 8 6 】

そして、S 1 4 1 0 において、線路検出部 4 0 5 は、上述した特徴量の平均値などを利用した手法で、S 1 4 0 9 で抽出された候補から、（正規の）線路 R の一部を特定する。

【 0 0 8 7 】

そして、S 1 4 1 1 において、線路検出部 4 0 5 は、線路 R の検出の終了条件が満たされたか否かを判断する。終了条件とは、たとえば、線路検出部 4 0 5 による検出処理の繰り返しの回数が所定以上になることや、線路検出部 4 0 5 により最後に特定された線路 R （の一部）の端部が鳥瞰画像において所定の位置よりも上端側に位置すること、などが考

30

えられる。

【 0 0 8 8 】

S 1 4 1 1 において、終了条件が満たされていないと判断された場合、未検出の線路 R （の一部）が残っている。したがって、この場合、S 1 4 0 7 に処理が戻り、次のエリアからの線路 R （の一部）の検出がさらに繰り返される。

【 0 0 8 9 】

一方、S 1 4 1 1 において、終了条件が満たされたと判断された場合、未検出の線路 R （の一部）は残っていない。したがって、この場合、検出済の線路 R の全てが、上述した図 1 2 に示される画像 1 2 0 0 のような形式で記憶され、次の S 1 4 1 2 に処理が進む。

【 0 0 9 0 】

40

S 1 4 1 2 において、軌道識別装置 2 0 の判定領域特定部 4 0 6 は、線路検出部 4 0 5 の検出結果に基づいて、撮像画像から、障害物（注視が必要な注視物）の有無の判定の対象となる線路 R の付近の判定領域を特定する。

【 0 0 9 1 】

そして、S 1 4 1 3 において、軌道識別装置 2 0 の注視物監視部 4 0 7 は、S 1 4 0 2 で特定された判定領域内に注視物が存在するか否かを判断する。

【 0 0 9 2 】

S 1 4 1 3 において、注視物が存在すると判断された場合、注視物の存在を鉄道車両 R V の運転者に通知し、注意喚起を行う必要がある。したがって、この場合、S 1 4 1 4 において、軌道識別装置 2 0 の出力制御部 4 0 8 は、上述した図 1 3 に示される画像 1 3 0

50

0を表示部15に出力するなどの処理を実行することで、警報を出力する。そして、処理が終了する。

【0093】

一方、S1413において、注視物が存在しないと判断された場合、注意喚起を行う必要は特にない。したがって、この場合、S1414のような警報の出力は実行されず、そのまま処理が終了する。

【0094】

図15は、第1実施形態にかかる軌道識別装置20が初期エリアの特徴量を選択する場合に実行する処理の流れを示した例示的かつ模式的なフローチャートである。この図15に示される処理フローは、上述した図14のS1403において実行される処理の流れをより詳細に示したものである。

10

【0095】

図15に示される処理フローでは、まず、S1501において、特徴量選択部403は、1フレーム前の撮像画像に基づく鳥瞰画像の初期エリアから検出された線路Rの一部（に対応した領域）の平均輝度値が閾値以上か否かを判断する。

【0096】

S1501において、平均輝度値が閾値以上であると判断された場合、前述したように、特徴量として、輝度値そのものに注目することが有効である。したがって、この場合、S1502において、特徴量選択部403は、特徴量として、輝度値そのものを選択する。そして、処理が終了する。

20

【0097】

一方、S1501において、平均輝度値が閾値未満であると判断された場合、前述したように、特徴量として、輝度値の勾配に着目することが有効である。また、初期エリアにおいては、通常、線路Rは縦軸方向に延びている。したがって、この場合、S1503において、特徴量選択部403は、初期エリアに対応した特徴量として、輝度値の横軸方向の勾配を選択する。そして、処理が終了する。

【0098】

図16は、第1実施形態にかかる軌道識別装置20が次のエリアの特徴量を選択する場合に実行する処理の流れを示した例示的かつ模式的なフローチャートである。この図16に示される処理フローは、上述した図14のS1407において実行される処理の流れをより詳細に示したものである。

30

【0099】

図16に示される処理フローでは、まず、S1601において、特徴量選択部403は、既に検出済の線路Rの一部（に対応した領域）の平均輝度値が閾値以上か否かを判断する。

【0100】

S1601において、平均輝度値が閾値以上であると判断された場合、前述したように、特徴量として、輝度値そのものに注目することが有効である。したがって、この場合、S1602において、特徴量選択部403は、特徴量として輝度値を選択する。そして、処理が終了する。

40

【0101】

一方、S1601において、平均輝度値が閾値未満であると判断された場合、前述したように、特徴量として、輝度値の勾配に着目することが有効である。ただし、図16に示される処理フローにおいて特徴量を選択する対象は初期エリアではないため、線路Rのカーブの有無などを考慮して、状況に応じた適切な特徴量を選択する必要がある。

【0102】

したがって、この場合、S1603において、特徴量選択部403は、既に検出済の線路Rの一部の角度が閾値以上か否かを判断する。角度の算出方法は、上述した式(1)や式(2)などが用いられうる。

【0103】

50

S 1 6 0 3において、角度が閾値以上であると判断された場合、線路Rが縦軸方向に延びていると判断できる。したがって、この場合、S 1 6 0 4において、特徴量選択部4 0 3は、特徴量として、輝度値の横軸方向の勾配を選択する。そして、処理が終了する。

【 0 1 0 4 】

一方、S 1 6 0 3において、角度が閾値未満であると判断された場合、線路Rにカーブがあり、線路Rが横軸方向に延びていると判断できる。したがって、この場合、S 1 6 0 5において、特徴量選択部4 0 3は、特徴量として、輝度値の縦軸方向の勾配を選択する。そして、処理が終了する。

【 0 1 0 5 】

以上説明したように、第1実施形態にかかる軌道識別装置2 0は、画像取得部4 0 1と、特徴量選択部4 0 3と、特徴データ導出部4 0 4と、線路検出部4 0 5と、を有している。画像取得部4 0 1は、鉄道車両RVの進行方向の領域を撮像することで得られる撮像画像を取得する。特徴量選択部4 0 3は、撮像画像（に基づく鳥瞰画像）における複数の画素群（エリア）ごとに、所定の基準に基づいて、線路Rらしさを表す尺度となりうる複数の特徴量から、線路Rの検出に用いる1つの特徴量を選択する。特徴データ導出部4 0 4は、複数の画素群の各々から、特徴量選択部4 0 3により選択された1つの特徴量に基づく特徴データを導出する。線路検出部4 0 5は、特徴データ導出部の導出結果に基づいて、撮像画像から線路Rを検出する。この構成によれば、撮像画像（に基づく鳥瞰画像）における複数の画素群（エリア）ごとに適切な特徴量が選択されるので、撮像画像から線路をより精度良く検出することができる。

【 0 1 0 6 】

< 第2実施形態 >

上述した第1実施形態では、検出済の線路Rの角度を所定の基準の一つとして用いることで線路Rのカーブの有無を判定し、判定結果に基づいて、初期エリア以降の次のエリアに対応した特徴量を選択する構成を例示した。しかしながら、以下に説明する第2実施形態のように、鉄道車両RVの進行方向を直接的に検出することで線路Rのカーブの有無を判定し、判定結果に基づいて、初期エリア以降の次のエリアに対応した特徴量を選択する構成も考えられる。

【 0 1 0 7 】

図1 7は、第2実施形態にかかる軌道識別装置2 0 aの機能を示した例示的かつ模式的なブロック図である。なお、以下では、第1実施形態と第2実施形態とで共通する部分については適宜説明を省略する。

【 0 1 0 8 】

図1 7に示されるように、第2実施形態にかかる軌道識別装置2 0 aは、ジャイロセンサ1 6の出力値に基づいて鉄道車両RVの進行方向を取得する進行方向取得部4 1 5を有している。進行方向取得部4 1 5は、ジャイロセンサ1 6の出力値に基づいて鉄道車両RVの前後、左右、および上下方向の速度を算出し、算出結果に基づいて、鉄道車両RVの（大まかな）進行方向を判断する。

【 0 1 0 9 】

そして、第2実施形態にかかる軌道識別装置2 0 aの特徴量選択部4 0 3 aは、進行方向取得部4 1 5により取得された鉄道車両RVの進行方向を所定の基準の一つとして用いることで、初期エリア以降の次のエリアに対応した特徴量を選択する。

【 0 1 1 0 】

図1 8は、第2実施形態にかかる軌道識別装置2 0 aが次のエリアの特徴量を選択する場合に実行する処理の流れを示した例示的かつ模式的なフローチャートである。この図1 8に示される処理フローは、第1実施形態において実行される同様の処理フロー（図1 6参照）に代えて実行される。

【 0 1 1 1 】

図1 8に示される処理フローでは、まず、S 1 8 0 1において、軌道識別装置2 0 aの特徴量選択部4 0 3 aは、既に検出済の線路Rの一部（に対応した領域）の平均輝度値が

10

20

30

40

50

閾値以上か否かを判断する。

【0112】

S1801において、平均輝度値が閾値以上であると判断された場合、前述したように、特徴量として、輝度値そのものに注目することが有効である。したがって、この場合、S1802において、特徴量選択部403aは、特徴量として輝度値を選択する。そして、処理が終了する。

【0113】

一方、S1801において、平均輝度値が閾値未満であると判断された場合、前述したように、特徴量として、輝度値の勾配に着目することが有効である。ただし、図18に示される処理フローにおいて特徴量を選択する対象は初期エリアではないため、線路Rのカーブの有無などを考慮して、状況に応じた適切な特徴量を選択する必要がある。

10

【0114】

したがって、この場合、S1803において、特徴量選択部403aは、鉄道車両RVが旋回しており、かつ、現在の処理対象のエリアの縦軸方向の位置が所定以上高い位置にあるか否かを判断する。前者の条件は、進行方向取得部415により取得される鉄道車両RVの進行方向に基づいて判断され、後者の条件は、記憶部409に記憶された線路位置情報414などに基づいて判断される。

【0115】

S1803において、上記の2つの条件が同時に成立すると判断された場合、線路Rにカーブがあり、処理対象のエリアに写り込んでいる線路R(の一部)が横軸方向に延びていると判断できる。したがって、この場合、S1804において、特徴量選択部403aは、特徴量として、輝度値の縦軸方向の勾配を選択する。そして、処理が終了する。

20

【0116】

一方、S1803において、上記の2つの条件のうち少なくとも一方が成立しないと判断された場合、処理対象のエリアに写り込んでいる線路R(の一部)が縦軸方向に延びていると判断できる。したがって、この場合、S1805において、特徴量選択部403aは、特徴量として、輝度値の横軸方向の勾配を選択する。そして、処理が終了する。

【0117】

なお、第2実施形態におけるその他の構成および動作は、第1実施形態と同様である。

【0118】

以上説明したように、第2実施形態にかかる軌道識別装置20aは、第1実施形態と同様の構成に加えて、鉄道車両RVの進行方向を取得する進行方向取得部415をさらに有している。そして、第2実施形態にかかる特徴量選択部403aは、進行方向取得部415により取得された進行方向を所定の基準として用いて、初期エリア以降に検出対象となる各エリアに対応した1つの特徴量を選択する。この構成によれば、進行方向取得部415により取得された進行方向に基づいて線路Rのカーブの有無を容易に判定することができるので、カーブの有無に応じた適切な特徴量を用いて、撮像画像(鳥瞰画像)から線路Rをより精度良く検出することができる。

30

【0119】

なお、第2実施形態では、鉄道車両RVの進行方向を検出するための構成として、ジャイロセンサ16に代えて、GNSS(全球測位衛星システム)の受信機が用いられてもよい。この構成によれば、GNSSによって得られる緯度および経度の位置情報を所定の周期で繰り返し取得し、今回取得した位置情報と前回取得した位置情報との差分を取ることによって、鉄道車両RVの進行方向を判断することができる。

40

【0120】

<第3実施形態>

上述した第1実施形態では、撮像画像(鳥瞰画像)内における線路Rに対応した領域の明暗に関する画像統計量(平均輝度値など)を所定の基準の一つとして用いることで、輝度値そのものを特徴量として選択するか、または、輝度値の勾配を特徴量として選択するか、を決定する構成を例示した。しかしながら、以下に説明する第3実施形態のように、

50

画像統計量に加えて、鉄道車両 R V の現在位置をさらに考慮して、特徴量の選択を行う構成も考えられる。

【 0 1 2 1 】

図 1 9 は、第 3 実施形態にかかる軌道識別装置 2 0 b の構成を示した例示的かつ模式的なブロック図である。なお、以下では、第 1 実施形態と第 3 実施形態とで共通する部分については適宜説明を省略する。

【 0 1 2 2 】

図 1 9 に示されるように、第 3 実施形態にかかる軌道識別装置 2 0 b は、鉄道車両 R V の車軸などに設けられるタコジェネレータ 1 7 の出力値に基づいて鉄道車両 R V の現在位置を取得する位置取得部 4 1 6 を有している。位置取得部 4 1 6 は、タコジェネレータ 1 7 の出力値に基づいて鉄道車両 R V の走行距離を算出し、算出結果と、記憶部 4 0 9 に記憶された運行情報 4 1 7 と、に基づいて、鉄道車両 R V の現在位置を推定（取得）する。

【 0 1 2 3 】

ここで、位置取得部 4 1 6 による現在位置の推定結果は、鉄道車両 R V がトンネル内を走行しているか否かの判定に用いることができる。鉄道車両 R V がトンネル内を走行しているか否かは、鉄道車両 R V の周囲が暗くなっているか否かに関わるため、撮像画像の撮像環境に関わる。前述したように、撮像画像における線路 R の写り込みは、撮像環境に応じて変化するため、位置取得部 4 1 6 による現在位置の推定結果を、線路 R を検出するための特徴量の選択に用いる所定の基準の一つとして考慮すれば、有益である。

【 0 1 2 4 】

たとえば、鉄道車両 R V の現在位置がトンネル以外の場所に対応する場合は、鉄道車両 R V の周囲が比較的明るいと推定されるため、この状況で取得される撮像画像（鳥瞰画像）においては、線路 R に対応した領域が他の領域よりも明るく写り込むと考えられる。したがって、このような場合、前述したように、特徴量として、輝度値そのものに注目するのが有効である。

【 0 1 2 5 】

一方、鉄道車両 R V の現在位置がトンネル内の場所に対応する場合は、鉄道車両 R V の周囲が比較的暗いと推定されるため、この状況で取得される撮像画像（鳥瞰画像）においては、線路 R に対応した領域が他の領域よりも暗く写り込むと考えられる。したがって、このような場合、前述したように、特徴量として、輝度値の勾配に着目するのが有効である。なお、輝度値の勾配として縦軸方向または横軸方向のいずれの勾配に着目するかを決定する手法は、たとえば第 1 実施形態と同様である。

【 0 1 2 6 】

このように、第 3 実施形態にかかる軌道識別装置 2 0 b の特徴量選択部 4 0 3 b は、位置取得部 4 1 6 により取得される鉄道車両 R V の現在位置を所定の基準の一つとして用いて、特徴量を選択する。

【 0 1 2 7 】

図 2 0 は、第 3 実施形態にかかる軌道識別装置 2 0 b が初期エリアの特徴量を選択する場合に実行する処理の流れを示した例示的かつ模式的なフローチャートである。この図 2 0 に示される処理フローは、第 1 実施形態において実行される同様の処理フロー（図 1 5 参照）に代えて実行される。

【 0 1 2 8 】

図 2 0 に示される処理フローでは、まず、S 2 0 0 1 において、軌道識別装置 2 0 b の特徴量選択部 4 0 3 b は、1 フレーム前の撮像画像に基づく鳥瞰画像の初期エリアから検出された線路 R の一部（に対応した領域）の平均輝度値が閾値以上で、かつ、鉄道車両 R V の現在位置がトンネル以外の場所に対応するか否かを判断する。

【 0 1 2 9 】

S 2 0 0 1 において、上記の 2 つの条件の両方が成立すると判断された場合、前述したように、特徴量として、輝度値そのものに注目することが有効である。したがって、この場合、S 2 0 0 2 において、特徴量選択部 4 0 3 b は、特徴量として、輝度値そのものを

10

20

30

40

50

選択する。そして、処理が終了する。

【0130】

一方、S2001において、上記の2つの条件のうち少なくとも一方が成立しないと判断された場合、前述したように、特徴量として、輝度値の勾配に着目することが有効である。また、初期エリアにおいては、通常、線路Rは縦軸方向に延びている。したがって、この場合、S2003において、特徴量選択部403bは、初期エリアに対応した特徴量として、輝度値の横軸方向の勾配を選択する。そして、処理が終了する。

【0131】

図21は、第3実施形態にかかる軌道識別装置20bが次のエリアの特徴量を選択する場合に実行する処理の流れを示した例示的かつ模式的なフローチャートである。この図21に示される処理フローは、第1実施形態において実行される同様の処理フロー（図16参照）に代えて実行される。

10

【0132】

図21に示される処理フローでは、まず、S2101において、軌道識別装置20bの特徴量選択部403bは、既に検出済の線路Rの一部（に対応した領域）の平均輝度値が閾値以上で、かつ、鉄道車両RVの現在位置がトンネル以外の場所に対応するか否かを判断する。

【0133】

S2101において、上記の2つの条件の両方が成立すると判断された場合、前述したように、特徴量として、輝度値そのものに着目することが有効である。したがって、この場合、S2102において、特徴量選択部403bは、特徴量として輝度値を選択する。そして、処理が終了する。

20

【0134】

一方、S2101において、上記の2つの条件のうち少なくとも一方が成立しないと判断された場合、前述したように、特徴量として、輝度値の勾配に着目することが有効である。ただし、図21に示される処理フローにおいて特徴量を選択する対象は初期エリアではないため、線路Rのカーブの有無などを考慮して、状況に応じた適切な特徴量を選択する必要がある。

【0135】

したがって、この場合、S2103において、特徴量選択部403bは、既に検出済の線路Rの一部の角度が閾値以上か否かを判断する。角度の算出方法は、上述した式(1)や式(2)などが用いられうる。

30

【0136】

S2103において、角度が閾値以上であると判断された場合、線路Rが縦軸方向に延びていると判断できる。したがって、この場合、S2104において、特徴量選択部403bは、特徴量として、輝度値の横軸方向の勾配を選択する。そして、処理が終了する。

【0137】

一方、S2103において、角度が閾値未満であると判断された場合、線路Rにカーブがあり、線路Rが横軸方向に延びていると判断できる。したがって、この場合、S2105において、特徴量選択部403bは、特徴量として、輝度値の縦軸方向の勾配を選択する。そして、処理が終了する。

40

【0138】

なお、第3実施形態におけるその他の構成および動作は、第1実施形態と同様である。

【0139】

以上説明したように、第3実施形態にかかる軌道識別装置20bは、第1実施形態と同様の構成に加えて、鉄道車両RVの現在位置を取得する位置取得部416をさらに有している。そして、第3実施形態にかかる特徴量選択部403bは、位置取得部416により取得された現在位置を所定の基準の一つとして用いて、各エリアに対応した1つの特徴量を選択する。この構成によれば、位置取得部416により取得された現在位置に基づいて、撮像画像（鳥瞰画像）が得られた撮像環境を推定することができるので、撮像環境に

50

じた適切な特徴量を用いて、撮像画像（鳥瞰画像）から線路Rをより精度良く検出することができる。

【0140】

なお、上述した第3実施形態の技術によれば、鉄道車両RVの現在位置を利用して、線路Rの分岐を予測することも可能である。つまり、第3実施形態にかかる特徴量選択部403bは、位置取得部416により取得された現在位置と、記憶部409に記憶された運行情報417と、に基づいて、鉄道車両RVが今後分岐に差し掛かるか否かを判定し、判定結果に基づいて、分岐を超えた鉄道車両RVの進行方向に応じた適切な特徴量を選択することが可能である。

【0141】

また、上述した第3実施形態では、タコジェネレータ17の出力値に基づいて鉄道車両RVの現在位置を取得（推定）する構成を例示した。しかしながら、鉄道車両RVの現在位置は、タコジェネレータ17以外の手段によっても推定可能である。たとえば、鉄道車両RVの現在位置は、GNSSによって得られる緯度および経度の位置情報に基づいて推定されてもよい。

【0142】

以上、本発明のいくつかの実施形態を説明したが、上記実施形態および変形例はあくまで一例であって、発明の範囲を限定することは意図していない。上記実施形態は、様々な形態で実施されることが可能であり、発明の要旨を逸脱しない範囲で、種々の省略、置き換え、変更を行うことができる。上記実施形態およびその変形は、発明の範囲や要旨に含まれるとともに、特許請求の範囲に記載された発明とその均等の範囲に含まれる。

【符号の説明】

【0143】

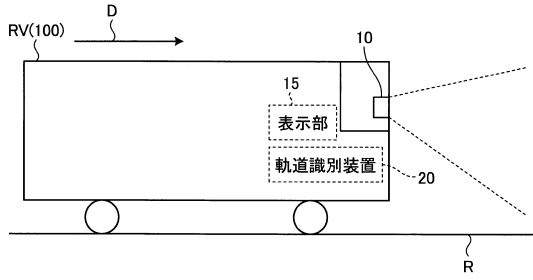
- 20、20a、20b 軌道識別装置
- 401 画像取得部
- 403、403a、403b 特徴量選択部
- 404 特徴データ導出部
- 405 線路検出部
- 415 進行方向取得部
- 416 位置取得部

10

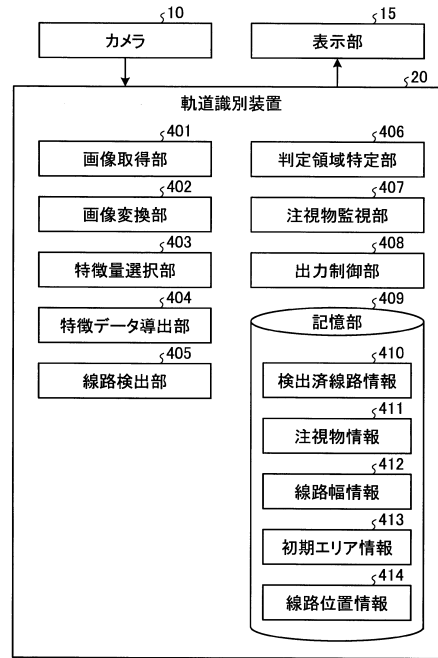
20

30

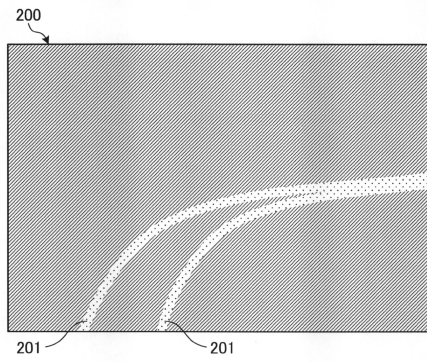
【図1】



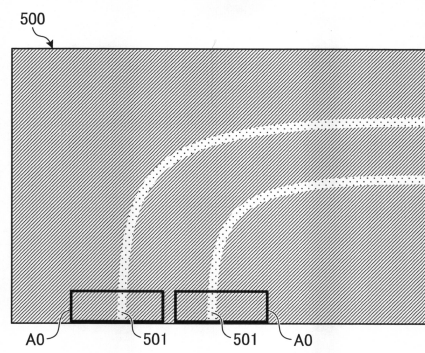
【図2】



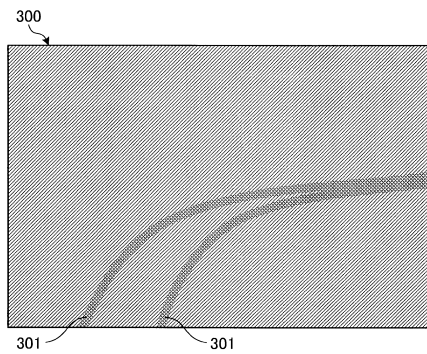
【図3】



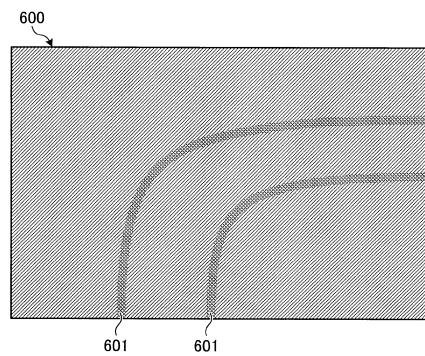
【図5】



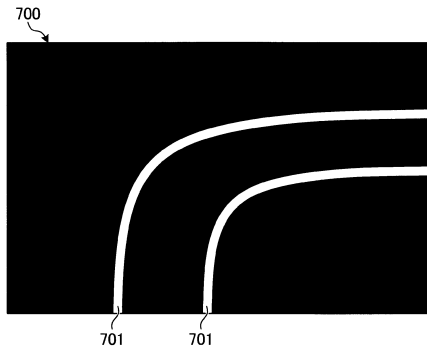
【図4】



【図6】



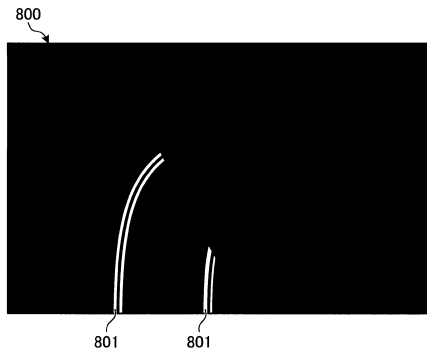
【 図 7 】



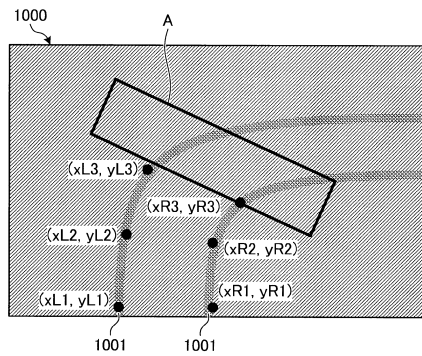
【 図 9 】



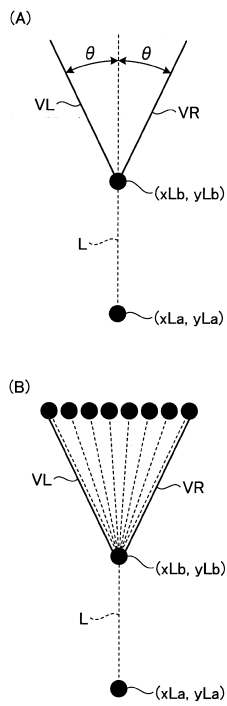
【 図 8 】



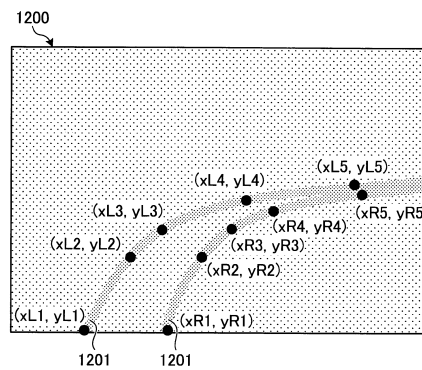
【 図 10 】



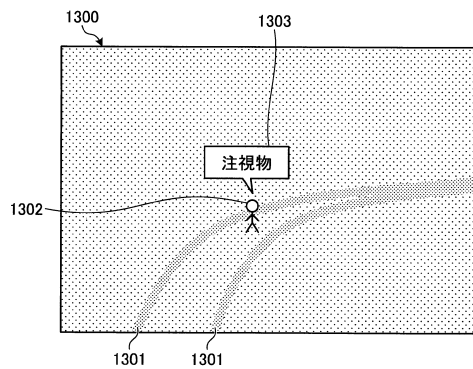
【 図 11 】



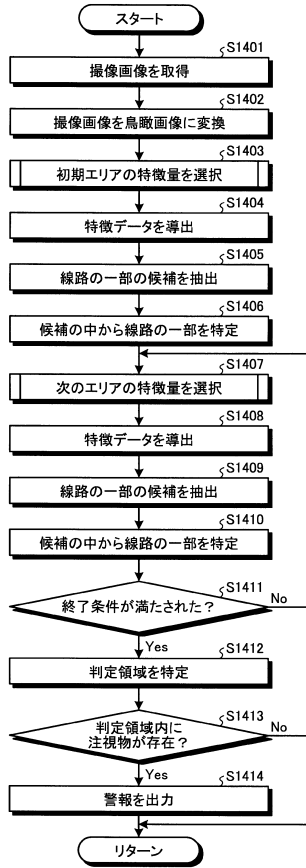
【 図 12 】



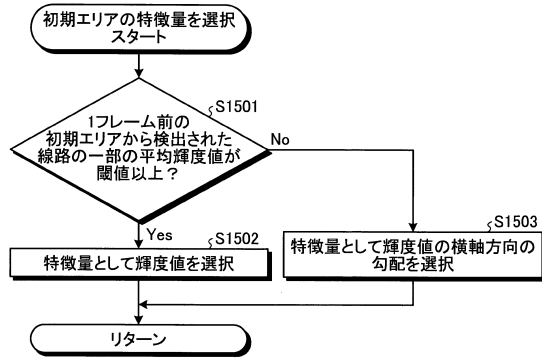
【 図 13 】



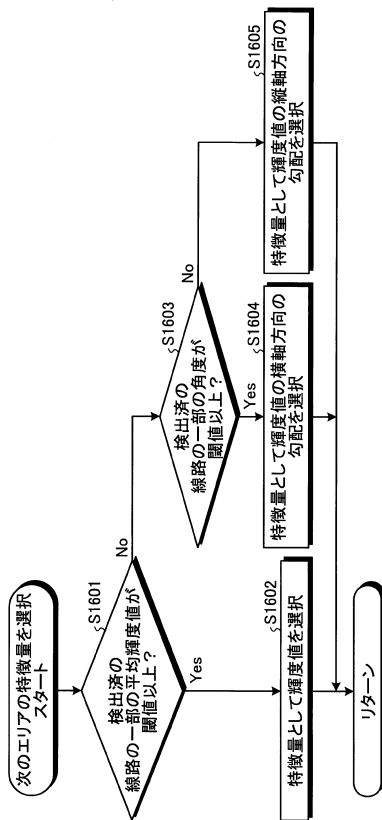
【図14】



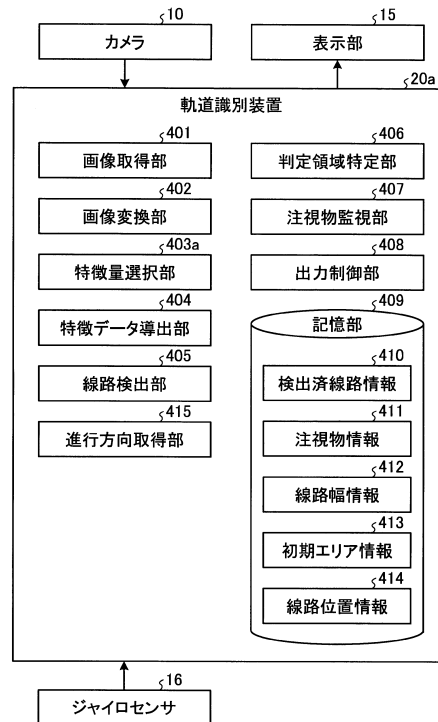
【図15】



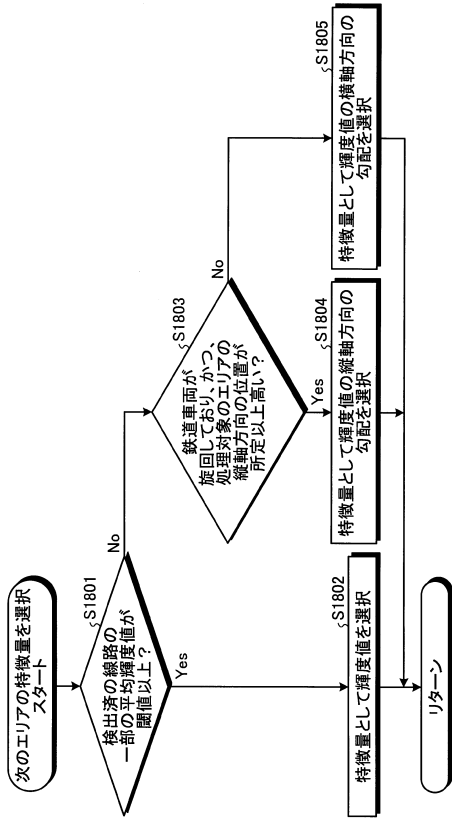
【図16】



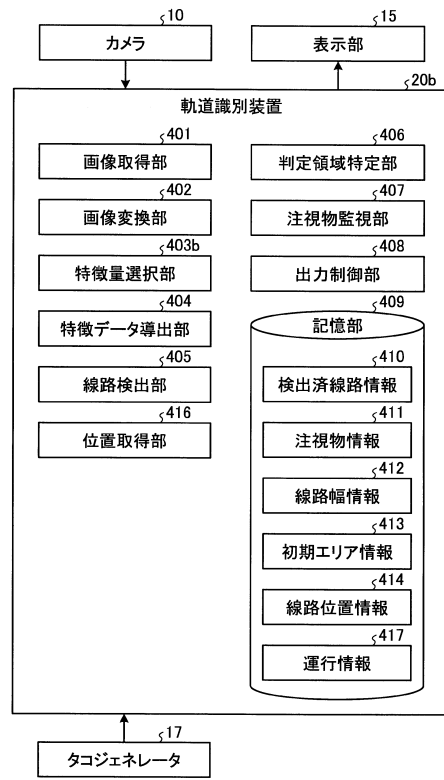
【図17】



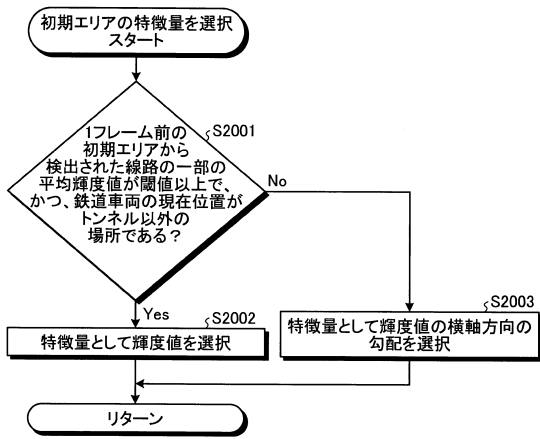
【図18】



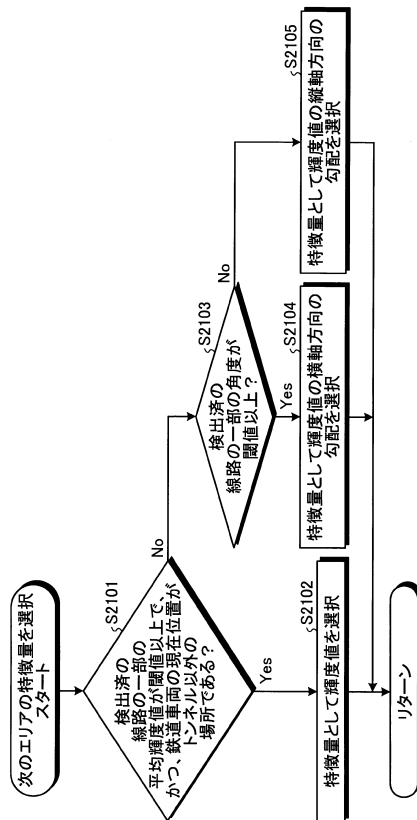
【図19】



【図20】



【図21】



---

フロントページの続き

- (72)発明者 小林 広幸  
東京都港区芝浦一丁目1番1号 株式会社東芝内
- (72)発明者 鴨 雄史  
神奈川県川崎市幸区堀川町7番地34 東芝インフラシステムズ株式会社内
- (72)発明者 高橋 功  
神奈川県川崎市幸区堀川町7番地34 東芝インフラシステムズ株式会社内
- (72)発明者 服部 陽平  
神奈川県川崎市幸区堀川町7番地34 東芝インフラシステムズ株式会社内

審査官 橋本 敏行

- (56)参考文献 特開2016-091506(JP,A)  
特開2009-017157(JP,A)  
特開2014-062415(JP,A)

- (58)調査した分野(Int.Cl., DB名)  
B61L1/00-99/00  
G06T7/00-7/90