

明 細 書

発明の名称：計測装置

技術分野

[0001] 実施形態は、計測装置に関する。

背景技術

[0002] 鉄道車両の速度を算出する計測装置が知られている。計測装置は、例えば、鉄道車両に設置された速度発電機からの速度パルス信号及び車輪の半径等に基づいて速度を算出している。

先行技術文献

特許文献

[0003] 特許文献1：特開2000-168552号公報

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、鉄道車両の車輪の空転及び滑走等の影響によって、速度パルス信号と速度との関係に誤差が生じるため速度発電機からの速度パルス信号に基づいて計測装置が算出する速度の精度は十分ではなかった。

課題を解決するための手段

[0005] 上述した課題を解決し、実施形態の計測装置は、第1速度算出部と、第2速度算出部と、判定部と、を備える。第1速度算出部は、衛星測位システムの衛星からの衛星電波に基づいて鉄道車両の第1速度を算出する。第2速度算出部は、前記鉄道車両に設置されたセンサの検出値から前記鉄道車両の第2速度を算出する。判定部は、予め定められた条件に基づいて、前記第1速度及び前記第2速度のいずれかを採用するかを判定する。

図面の簡単な説明

[0006] [図1]図1は、第1実施形態の制御システムが搭載される鉄道車両の平面図である。

[図2]図2は、第1実施形態の制御システムの全体構成を示すブロック図である。

[図3]図3は、計測装置の機能を説明するブロック図である。

[図4]図4は、GNSSの衛星の位置を説明する図である。

[図5]図5は、位置算出におけるGNSSの衛星の選択を説明する図である。

[図6]図6は、速度算出におけるGNSSの衛星の選択を説明する図である。

[図7]図7は、計測装置が実行する位置の算出処理を説明するシーケンス図である。

[図8]図8は、計測装置が実行する速度の算出処理を説明するシーケンス図である。

[図9]図9は、第2実施形態の採用速度データの採用方法を説明する図である。

[図10]図10は、第2実施形態の判定処理部が実行する判定処理の図である。

[図11]図11は、第3実施形態の制御システムの全体構成図である。

[図12]図12は、第3実施形態の判定処理部が実行する判定処理の図である。

発明を実施するための形態

[0007] 以下の例示的な実施形態や変形例には、同様の構成要素が含まれている。よって、以下では、同様の構成要素には共通の符号が付されるとともに、重複する説明が部分的に省略される。実施形態や変形例に含まれる部分は、他の実施形態や変形例の対応する部分と置き換えて構成されることができる。また、実施形態や変形例に含まれる部分の構成や位置等は、特に言及しない限りは、他の実施形態や変形例と同様である。

[0008] <第1実施形態>

図1は、第1実施形態の制御システム10が搭載される鉄道車両90の平面図である。図1に示すように、鉄道車両90に搭載された制御システム10は、GNSS (Global Navigation Satellite System: 衛星測位システム)

ム) 92の衛星94から衛星電波を受信する。制御システム10は、受信した衛星電波によって鉄道車両90の速度及び位置を算出して、鉄道車両90を制御する。

[0009] 図2は、第1実施形態の制御システム10の全体構成を示すブロック図である。制御システム10は、鉄道車両90に搭載されて、鉄道車両90の制御全般を司る。図2に示すように、制御システム10は、主制御装置12と、計測装置14とを備える。

[0010] 主制御装置12は、鉄道車両90が走行する路線の状態を示す鉄道路線情報24と、鉄道車両90の位置を示す採用位置データ26と、鉄道車両90の速度を示す採用速度データ28等に基づいて、鉄道車両90を制御する。主制御装置12は、例えば、コンピュータである。主制御装置12は、主制御処理部20と、主制御記憶部22とを有する。

[0011] 主制御処理部20は、CPU (Central Processing Unit)、GPU (Graphics Processing Unit) 及びMPU (Micro Processing Unit) 等のハードウェアプロセッサであってよい。尚、主制御処理部20の一部または全部は、ASIC (Application Specific Integrated Circuit) 及びFPGA (Field-Programmable Gate Array) 等の回路によって構成してもよい。主制御処理部20は、計測装置14から採用位置データ26及び採用速度データ28を取得して、主制御記憶部22に格納する。主制御処理部20は、採用位置データ26が示す鉄道車両90の現在の位置に関する情報を主制御記憶部22の鉄道路線情報24から取得して、計測装置14へ送信する。主制御処理部20は、例えば、鉄道車両90の現在位置の路線の勾配を示す勾配データ及び路線の曲率を示す角度データ等を鉄道路線情報24から抽出して、計測装置14に送信してよい。

[0012] 主制御記憶部22は、ROM (Read Only Memory)、RAM (Random Access Memory)、SSD (Solid State Drive) 及びHDD (Hard Disk Drive) 等の記憶装置を含む。主制御記憶部22は、主制御処理部20と情報を入出力可能に接続されている。主制御記憶部22は、ネットワーク等を

介して接続された外部の記憶装置であってもよい。主制御記憶部 22 は、主制御処理部 20 が鉄道車両 90 の制御に要する情報を格納する。主制御記憶部 22 は、例えば、鉄道路線情報 24、採用位置データ 26 及び採用速度データ 28 を記憶する。鉄道路線情報 24 は、鉄道車両 90 が走行する路線の勾配データ及び角度データ等の路線の状態を示すデータを、路線上の位置と関連付けた情報である。

[0013] 計測装置 14 は、GNSS 92 の衛星 94 から受信した衛星電波から鉄道車両 90 の位置及び速度を示す GNSS 位置及び GNSS 速度を算出する。計測装置 14 は、後述するセンサにより検出されたデータから鉄道車両 90 の位置及び速度を示す自立位置及び自立速度を算出する。計測装置 14 は、GNSS 位置及び自立位置のいずれかの位置を採用位置として採用し、採用位置を示す採用位置データ 26 を主制御装置 12 へ送信する。計測装置 14 は、GNSS 速度及び自立速度のいずれかの速度を採用速度として採用し、採用速度を示す採用速度データ 28 を主制御装置 12 へ送信する。

[0014] 計測装置 14 は、センサ部 30 と、受信アンテナ 32 と、GNSS 計測処理部 34 と、自立計測処理部 36 と、判定装置 38 とを備える。

[0015] センサ部 30 は、1 または複数のセンサを有する。センサ部 30 は、例えば、地磁気センサ 40 と、加速度センサ 42、及び、ジャイロセンサ 44 を有する。地磁気センサ 40 は、鉄道車両 90 の方位を検出して、方位データを GNSS 計測処理部 34 へ出力する。加速度センサ 42 は、鉄道車両 90 の加速度を検出して、加速度データを自立計測処理部 36 へ出力する。ジャイロセンサ 44 は、鉄道車両 90 の角速度を検出して、角速度データを自立計測処理部 36 へ出力する。

[0016] 受信アンテナ 32 は、GNSS 92 の衛星 94 からの衛星電波を受信する。受信アンテナ 32 は、衛星電波を GNSS 計測処理部 34 へ出力する。

[0017] GNSS 計測処理部 34 は、CPU、GPU 及び MPU 等のハードウェアプロセッサであってよい。GNSS 計測処理部 34 の一部または全部は、ASIC 及び FPGA 等の回路によって構成してもよい。GNSS 計測処理部

34は、地磁気センサ40から方位データを取得するとともに、受信アンテナ32から衛星電波を取得する。GNSS計測処理部34は、方位データ及び衛星電波に基づいて、GNSS位置及びGNSS速度を算出して、判定装置38へ出力する。

[0018] 自立計測処理部36は、CPU、GPU及びMPU等のハードウェアプロセッサであってよい。自立計測処理部36の一部または全部は、ASIC及びFPGA等の回路によって構成してもよい。自立計測処理部36は、加速度データを加速度センサ42から取得するとともに、角速度データをジャイロセンサ44から取得する。自立計測処理部36は、路線の状態を示す角度データ及び勾配データを主制御装置12から取得する。自立計測処理部36は、加速度データ、角速度データ、過去に算出した自立位置及び自立速度、角度データ、及び、勾配データに基づいて、自立的に自立位置及び自立速度を算出して、判定装置38へ出力する。

[0019] 判定装置38は、GNSS位置及び自立位置のうち、いずれか一方を採用位置として採用する。判定装置38は、GNSS速度及び自立速度のうち、いずれか一方を主採用速度として採用する。判定装置38は、採用位置データ26及び採用速度データ28を主制御装置12へ送信する。

[0020] 図3は、計測装置14の機能を説明するブロック図である。

[0021] 図3に示すように、GNSS計測処理部34は、位置用衛星選択部50と、速度用衛星選択部52と、GNSS位置算出部54と、GNSS速度算出部56とを有する。GNSS計測処理部34は、例えば、GNSS計測用プログラムを読み込むことによって、位置用衛星選択部50、速度用衛星選択部52、GNSS位置算出部54、及び、GNSS速度算出部56の機能を実現してもよい。位置用衛星選択部50、速度用衛星選択部52、GNSS位置算出部54、及び、GNSS速度算出部56の機能の一部または全部は、ASIC及びFPGA等の回路によって実現してもよい。

[0022] 位置用衛星選択部50は、GNSS位置を算出するための衛星94を選択する。例えば、位置用衛星選択部50は、受信アンテナ32から衛星電波を

取得するとともに、地磁気センサ40から方位データを取得する。位置用衛星選択部50は、衛星94を選択するための位置用選択範囲を設定する。位置用衛星選択部50は、例えば、方位データが示す鉄道車両90の進行方向の方位、及び、位置用設定範囲に基づいて、位置用選択範囲を設定してよい。位置用設定範囲は、マルチパス等の衛星電波の受信を抑制するための範囲であって、鉄道車両90の進行方向の前後方向を中心線とし、鉄道車両90を基準点とする方位角として予め設定されていてよい。従って、位置用衛星選択部50は、鉄道車両90の進行方向の前後方向を中心線とし、位置用設定範囲が示す方位角を中心角とする前後の2つ扇状の範囲を位置用選択範囲として設定する。尚、位置用設定範囲は、仰角を含んでもよい。この場合、位置用衛星選択部50は、鉄道車両90を頂点とする楕円錐状の範囲を位置用選択範囲として設定する。位置用衛星選択部50は、衛星電波が示す衛星94の位置に基づいて、GNSS位置を算出するための衛星94として位置用選択範囲内の衛星94を選択して、GNSS位置算出部54へ選択した衛星94の情報を出力する。尚、位置用衛星選択部50は、位置用選択範囲内の衛星94のうち、受信された衛星電波の強度が閾値強度以上の衛星94を選択してもよい。

[0023] 速度用衛星選択部52は、GNSS速度を算出するための衛星94を選択する。速度用衛星選択部52は、衛星選択部の例である。例えば、速度用衛星選択部52は、受信アンテナ32から衛星電波を取得するとともに、地磁気センサ40から方位データを取得する。速度用衛星選択部52は、衛星94を選択するための速度用選択範囲を設定する。速度用衛星選択部52は、例えば、方位データが示す鉄道車両90の進行方向の方位、及び、速度用設定範囲に基づいて、鉄道車両90の進行方向を含む範囲を速度用選択範囲として設定してよい。速度用設定範囲は、マルチパス等の衛星電波の受信を抑制するための範囲であって、鉄道車両90の進行方向を中心線とし、鉄道車両90を基準点とする方位角として予め設定されていてよい。従って、速度用衛星選択部52は、鉄道車両90の進行方向を中心線とし、速度用設定範囲

図が示す方位角を中心角とする扇状の範囲を速度用選択範囲として設定する。尚、速度用設定範囲は、仰角を含んでもよい。この場合、速度用衛星選択部52は、鉄道車両90を頂点とする楕円錐状の範囲を速度用選択範囲として設定する。速度用衛星選択部52は、衛星電波が示す衛星94の位置に基づいて、GNSS速度を算出するための衛星94として速度用選択範囲内の衛星94を選択して、GNSS速度算出部56へ選択した衛星94の情報を出力する。尚、速度用衛星選択部52は、速度用選択範囲内の衛星94のうち、受信された衛星電波の強度が閾値強度以上の衛星94を選択してもよい。

[0024] GNSS位置算出部54は、GNSS92の衛星94からの衛星電波に基づいて鉄道車両90のGNSS位置を算出する。例えば、GNSS位置算出部54は、受信アンテナ32から衛星電波を取得するとともに、位置用衛星選択部50から位置を算出するために選択した衛星94の情報を取得する。GNSS位置算出部54は、取得した衛星電波のうち、位置用衛星選択部50が選択した衛星94の衛星電波に基づいて、鉄道車両90の位置をGNSS位置として算出する。GNSS位置算出部54は、衛星電波を受信した時刻（以下、受信時刻）とともに、算出したGNSS位置を示すGNSS位置データを判定装置38へ出力する。GNSS位置算出部54は、GNSS位置データとともに、衛星94の選択結果である位置用衛星有効フラグを判定装置38へ出力する。例えば、GNSS位置算出部54は、選択された衛星94が位置を算出可能な4個以上の場合、選択結果が有効であることを示す位置用衛星有効フラグを出力する。GNSS位置算出部54は、選択された衛星94が位置を算出可能な3個未満の場合、選択結果が無効であることを示す位置用衛星有効フラグを出力する。

[0025] GNSS速度算出部56は、GNSS92の衛星94からの衛星電波に基づいて鉄道車両90のGNSS速度を算出する。GNSS速度算出部56は、第1速度算出部の例である。GNSS速度は、第1速度の例である。例えば、GNSS速度算出部56は、受信アンテナ32から衛星電波を取得する

とともに、速度用衛星選択部５２から速度を算出するために選択した衛星９４の情報を取得する。ＧＮＳＳ速度算出部５６は、取得した衛星電波のうち、速度用衛星選択部５２が選択した衛星９４の衛星電波に基づいて、鉄道車両９０の速度をＧＮＳＳ速度として算出する。ＧＮＳＳ速度算出部５６は、例えば、衛星電波のドップラー効果に基づいて、ＧＮＳＳ速度を算出してよい。尚、ＧＮＳＳ速度算出部５６は、速度用衛星選択部５２が複数の衛星９４を選択している場合、複数の衛星９４のそれぞれから算出した速度の平均値をＧＮＳＳ速度として算出してよい。ＧＮＳＳ速度算出部５６は、衛星電波を受信した時刻（以下、受信時刻）とともに、算出したＧＮＳＳ速度を示すＧＮＳＳ速度データを判定装置３８へ出力する。ＧＮＳＳ速度算出部５６は、ＧＮＳＳ速度データとともに、衛星９４の選択結果として速度用衛星有効フラグを判定装置３８へ出力する。例えば、ＧＮＳＳ速度算出部５６は、選択された衛星９４が速度を算出可能な１個以上の場合、選択結果が有効であることを示す速度用衛星有効フラグを出力する。ＧＮＳＳ速度算出部５６は、衛星９４が選択されなかった場合、選択結果が無効であることを示す速度用衛星有効フラグを出力する。

[0026] 自立計測処理部３６は、自立位置算出部５８と、自立速度算出部６０とを有する。自立計測処理部３６は、例えば、自立計測用プログラムを読み込むことによって、自立位置算出部５８、及び、自立速度算出部６０の機能を実現してもよい。自立位置算出部５８、及び、自立速度算出部６０の機能の一部または全部は、ＡＳＩＣ及びＦＰＧＡ等の回路によって実現してもよい。

[0027] 自立位置算出部５８は、鉄道車両９０に設けられたセンサ４２、４４の検出値等から鉄道車両９０の自立位置を算出する。例えば、自立位置算出部５８は、加速度センサ４２から加速度データを取得するとともに、ジャイロセンサ４４から角速度データを取得する。自立位置算出部５８は、自立速度算出部６０から自立速度データを取得する。自立位置算出部５８は、加速度データが示す加速度、角速度データが示す角速度、自立速度データが示す自立速度、及び、前回算出した自立位置から鉄道車両９０の現在の位置を自立位

置として算出する。尚、自立位置算出部５８は、制御システム１０の起動時等の初期状態においては、制御システム１０の前回終了時に記憶された採用位置データ２６を基準として自立位置を算出してよい。自立位置算出部５８は、定期的または一定移動距離ごとに採用位置データ２６を主制御装置１２から取得し、自立位置をキャリブレーションしてよい。また、自立位置算出部５８は、路線の近傍に位置情報を有する装置を設置し、当該装置を通過する際に近接センサ等によって取得した位置情報に基づいて、自立位置をキャリブレーションしてもよい。自立位置算出部５８は、算出した自立位置を示す自立位置データを判定装置３８へ出力する。

[0028] 自立速度算出部６０は、鉄道車両９０に設置されたセンサ４２、４４の検出値等から鉄道車両９０の自立速度を算出する。自立速度算出部６０は、第２速度算出部の例である。自立速度は、第２速度の例である。例えば、自立速度算出部６０は、加速度センサ４２から加速度データを取得するとともに、ジャイロセンサ４４から角速度データを取得する。自立速度算出部６０は、主制御装置１２から角度データ及び勾配データを含む鉄道路線情報２４を取得する。自立速度算出部６０は、加速度データが示す加速度の積分値、角速度データが示す角速度、角度データが示す路線の曲率、及び、勾配データが示す路線の勾配から鉄道車両９０の速度を自立速度として算出する。自立速度算出部６０は、算出した自立速度を示す自立速度データを判定装置３８へ出力する。

[0029] 判定装置３８は、判定処理部６２と、判定記憶部６４とを有する。

[0030] 判定処理部６２は、ＣＰＵ、ＧＰＵ及びＭＰＵ等のハードウェアプロセッサであってよい。判定処理部６２は、ＡＳＩＣ及びＦＰＧＡ等の回路によって構成してもよい。判定処理部６２は、判定部６６と、送信部６８とを有する。判定処理部６２は、判定部６６及び送信部６８の機能を実現してもよい。判定部６６及び送信部６８の機能の一部または全部は、ＡＳＩＣ及びＦＰＧＡ等の回路によって実現してもよい。

[0031] 判定部６６は、予め定められた条件に基づいて、ＧＮＳＳ位置及び自立位

置のいずれを採用位置として採用するかを判定するとともに、予め定められた条件に基づいて、GNSS速度及び自立速度のいずれを採用速度として採用するかを判定する。具体的には、判定部66は、GNSS位置算出部54、GNSS速度算出部56、自立位置算出部58及び自立速度算出部60からGNSS位置データ、GNSS速度データ、自立位置データ、及び、自立速度データを取得する。判定部66は、取得したGNSS位置データ及び自立位置データを位置データ72として判定記憶部64に格納するとともに、GNSS速度データ及び自立速度データを速度データ74として判定記憶部64に格納する。

[0032] 判定部66は、位置用衛星選択部50の選択結果である位置用衛星有効フラグに基づいて、取得したGNSS位置データ及び自立位置データのいずれか一方を採用位置データ26として採用するかを判定する。具体的には、判定部66は、位置用衛星有効フラグが有効の場合、GNSS位置データを採用位置データ26として採用し、位置用衛星有効フラグが無効の場合、自立位置データを採用位置データ26として採用するかを判定する。判定部66は、速度用衛星選択部52の選択結果である選択結果としての速度用衛星有効フラグに基づいて、GNSS速度データ及び自立速度データのいずれか一方を採用速度データ28として採用するかを判定する。具体的には、判定部66は、速度用衛星有効フラグが有効の場合、GNSS速度データを採用速度データ28として採用し、速度用衛星有効フラグが無効の場合、自立速度データを採用速度データ28として採用する。判定部66は、算出した時刻または受信した時刻と関連付けて採用した採用位置データ26及び採用速度データ28を採用データ76として判定記憶部64に格納するとともに、送信部68に出力する。

[0033] 送信部68は、判定部66から取得した採用位置データ26及び採用速度データ28を主制御装置12へ送信する。尚、送信部68は、判定記憶部64から採用位置データ26及び採用速度データ28を取得してもよい。

[0034] 判定記憶部64は、ROM、RAM、SSD及びHDD等の記憶装置を含

む。判定記憶部64は、判定処理部62と情報を入出力可能に接続されている。判定記憶部64は、ネットワーク等を介して接続された外部の記憶装置であってもよい。判定記憶部64は、判定部66から取得した位置データ72、速度データ74及び採用データ76を記憶する。

[0035] 図4は、GNSS92の衛星94の位置を説明する図である。図4の中心は鉄道車両90の位置であり、白抜き矢印は鉄道車両90の進行方向である。図4の破線は衛星94の軌道を示す。図4に示すように、衛星94は、鉄道車両90の全方位、即ち360°に存在している。従って、計測装置14は、全方位から衛星電波を受信する。

[0036] 図5は、位置算出におけるGNSS92の衛星94の選択を説明する図である。図5に示すように、計測装置14の位置用衛星選択部50は、鉄道車両90の進行方向である前方を中心に左右両側に設定された位置用設定範囲（例えば、左右両側60°）及び後方を中心に左右両側に設定された位置用設定範囲（例えば、左右両側60°）を位置用選択範囲RA1として設定する（ドットハンチング領域参照）。位置用衛星選択部50は、位置用選択範囲RA1内の衛星94を選択して、GNSS位置算出部54へ出力する。GNSS位置算出部54は、選択された衛星94が位置を算出可能な4個以上の場合、位置用衛星有効フラグを有効に設定する。

[0037] 図6は、速度算出におけるGNSS92の衛星94の選択を説明する図である。図6に示すように、計測装置14の速度用衛星選択部52は、鉄道車両90の進行方向である前方を中心に左右両側に設定された速度用設定範囲（例えば、左右両側60°）を速度用選択範囲RA2として設定する（ドットハンチング領域参照）。速度用衛星選択部52は、速度用選択範囲RA2内の衛星94を選択して、GNSS速度算出部56へ出力する。GNSS速度算出部56は、選択された衛星94が存在する場合、速度用衛星有効フラグを有効に設定する。

[0038] 図7は、計測装置14が実行する位置の算出処理を説明するシーケンス図である。図7の左側のフローチャートはGNSS計測処理部34が実行する

G N S S位置の算出処理である。図7の中央のフローチャートは自立計測処理部36が実行する自立位置の算出処理である。図7の右側のフローチャートは判定処理部62が実行する判定処理である。

[0039] 図7の左側に示すように、G N S S計測処理部34では、位置用衛星選択部50及びG N S S位置算出部54が、受信アンテナ32から衛星電波を取得する(S102)。位置用衛星選択部50及びG N S S位置算出部54は、衛星電波からアルマナック及びエフェメリス等を含む衛星軌道情報を取得する(S104)。位置用衛星選択部50は、地磁気センサ40から方位データを取得する(S106)。位置用衛星選択部50は、位置用設定範囲に基づいて、方位データが示す鉄道車両90の進行方向に沿った前後方向を中心とする位置用選択範囲RA1を設定する(S108)。位置用衛星選択部50は、位置用選択範囲RA1内の衛星94を選択して、G N S S位置算出部54へ出力する(S110)。G N S S位置算出部54は、位置用衛星選択部50によって選択された衛星94の衛星電波から取得した衛星軌道情報に基づいて、鉄道車両90の位置としてG N S S位置を算出する(S112)。G N S S位置算出部54は、算出したG N S S位置及び位置用衛星有効フラグを判定処理部62へ出力する(S114)。尚、G N S S位置算出部54は、位置用衛星選択部50によって選択された衛星94が4個以上であって、G N S S位置を算出できる場合、位置用衛星有効フラグを有効とし、当該衛星94が3個以下の場合、位置用衛星有効フラグを無効としてよい。この後、G N S S計測処理部34は、ステップS102以降を繰り返す。

[0040] 図7の中央に示すように、自立計測処理部36では、自立位置算出部58が、自立速度算出部60から自立速度データを取得するとともに、前回算出した自立位置データを取得する(S202)。自立位置算出部58は、加速度センサ42から加速度データを取得し、ジャイロセンサ44から角速度データを取得する(S204)。自立位置算出部58は、前回算出した自立位置から、自立速度データが示す自立速度、加速度データ及び角速度データに基づいて今回の自立位置を算出する(S206)。自立位置算出部58は、

自立位置を判定処理部62へ出力する(S208)。この後、自立計測処理部36は、ステップS202以降を繰り返す。

[0041] 図7の右側に示すように、判定処理部62では、判定部66が、自立計測処理部36から自立位置を取得する(S302)。判定部66は、GNSS計測処理部34からGNSS位置及び位置用衛星有効フラグを取得する(S304)。判定部66は、自立位置及びGNSS位置を判定記憶部64に位置データ72として格納する(S306)。判定部66は、位置用衛星有効フラグが有効か否かを判定する(S308)。判定部66は、位置用衛星有効フラグが有効であると判定すると(S308: Yes)、GNSS位置データを採用位置データ26として採用する(S310)。判定部66は、位置用衛星有効フラグが有効でないと判定すると(S308: No)、自立位置データを採用位置データ26として採用する(S312)。判定部66は、採用した採用位置データ26を判定記憶部64に採用データ76として格納する(S314)。送信部68は、採用位置データ26を判定部66または判定記憶部64から取得して、主制御装置12へ送信する(S316)。この後、判定処理部62は、ステップS302以降を繰り返す。

[0042] 図8は、計測装置14が実行する速度の算出処理を説明するシーケンス図である。図8の左側のフローチャートはGNSS計測処理部34が実行するGNSS速度の算出処理である。図8の中央のフローチャートは自立計測処理部36が実行する自立速度の算出処理である。図8の右側のフローチャートは判定処理部62が実行する判定処理である。

[0043] 図8の左側に示すように、GNSS計測処理部34では、速度用衛星選択部52及びGNSS速度算出部56が、受信アンテナ32から衛星電波を取得する(S122)。速度用衛星選択部52及びGNSS速度算出部56は、衛星電波からアルマナック及びエフェメリス等を含む衛星軌道情報を取得する(S124)。速度用衛星選択部52は、地磁気センサ40から方位データを取得する(S126)。速度用衛星選択部52は、速度用設定範囲に基づいて、方位データが示す鉄道車両90の進行方向を中心とする速度用選

択範囲RA2を設定する(S128)。速度用衛星選択部52は、速度用選択範囲RA2内の衛星94を選択して、GNSS速度算出部56へ出力する(S130)。GNSS速度算出部56は、速度用衛星選択部52によって選択された衛星94の衛星電波から取得した衛星軌道情報に基づいて、鉄道車両90の速度としてGNSS速度を算出する(S132)。GNSS速度算出部56は、算出したGNSS速度及び速度用衛星有効フラグを判定処理部62へ出力する(S134)。尚、GNSS速度算出部56は、速度用衛星選択部52によって選択された衛星94が1個以上であって、GNSS速度を算出できる場合、速度用衛星有効フラグを有効とし、当該衛星94がない場合、速度用衛星有効フラグを無効としてよい。この後、GNSS計測処理部34は、ステップS122以降を繰り返す。

[0044] 図8の中央に示すように、自立計測処理部36では、自立速度算出部60が、鉄道車両90が走行する路線の角度データ及び勾配データを含む鉄道路線情報24を主制御装置12から取得する(S222)。自立速度算出部60は、加速度センサ42から加速度データを取得するとともに、ジャイロセンサ44から角速度データを取得する(S224)。自立速度算出部60は、勾配データ、角度データ、加速度データ及び角速度データに基づいて自立速度を算出する(S226)。自立速度算出部60は、自立速度を判定処理部62及び自立位置算出部58へ出力する(S228)。この後、自立計測処理部36は、ステップS222以降を繰り返す。

[0045] 図8の右側に示すように、判定処理部62では、判定部66が、自立計測処理部36から自立速度を取得する(S322)。判定部66は、GNSS計測処理部34からGNSS速度及び速度用衛星有効フラグを取得する(S324)。判定部66は、自立速度及びGNSS速度を判定記憶部64に速度データ74として格納する(S326)。判定部66は、速度用衛星有効フラグが有効か否かを判定する(S328)。判定部66は、速度用衛星有効フラグが有効であると判定すると(S328: Yes)、GNSS速度データを採用速度データ28として採用する(S330)。判定部66は、速

度用衛星有効フラグが有効でないと判定すると（S 3 2 8 : N o）、自立速度データを採用速度データ 2 8 として採用する（S 3 3 2）。判定部 6 6 は、採用した採用速度データ 2 8 を判定記憶部 6 4 に採用データ 7 6 として格納する（S 3 3 4）。送信部 6 8 は、採用速度データ 2 8 を判定部 6 6 または判定記憶部 6 4 から取得して、主制御装置 1 2 へ送信する（S 3 3 6）。この後、判定処理部 6 2 は、ステップ S 3 2 2 以降を繰り返す。

[0046] 上述したように第 1 実施形態の計測装置 1 4 は、G N S S 9 2 の衛星電波に基づいて算出した G N S S 速度、及び、センサ 4 2、4 4 の検出値から算出された自立速度のいずれかから、主制御装置 1 2 が鉄道車両 9 0 の制御において使用する鉄道車両 9 0 の速度として採用速度を採用している。このように、計測装置 1 4 は、2 つの異なる方法によって算出した速度から精度のよい採用速度を採用できるので、鉄道車両 9 0 の算出精度を向上させることができる。

[0047] 計測装置 1 4 は、速度用衛星選択部 5 2 が G N S S 速度を算出するための衛星 9 4 の選択結果を示す速度用衛星有効フラグに基づいて、G N S S 速度及び自立速度のいずれかから採用速度を採用している。これにより、計測装置 1 4 は、衛星 9 4 による算出精度が高い場合、G N S S 速度を採用速度として採用できる。

[0048] 計測装置 1 4 は、鉄道車両 9 0 の進行方向を含む速度用選択範囲 R A 2 に基づいて、G N S S 速度を算出するための衛星 9 4 を選択している。これにより、計測装置 1 4 は、G N S S 速度の算出精度を向上させることができ、精度の高い G N S S 速度を衛星 9 4 の選択結果に基づいて採用速度として採用できる。

[0049] <第 2 実施形態>

判定処理部 6 2 による採用する採用速度データ 2 8 の採用方法が異なる第 2 実施形態について説明する。第 2 実施形態において、G N S S 位置算出部 5 4 は、第 1 位置算出部の例である。

[0050] 図 9 は、第 2 実施形態の採用速度データ 2 8 の採用方法を説明する図であ

る。図9において、位置P1、P2、P3は、時刻の異なる鉄道車両90の位置を示す。位置P1、P2、P3は、GNSS位置データが示す位置であってよい。位置P3は衛星電波から算出された現在または最新の位置を示す。位置P2は位置P3の前に衛星電波から算出された位置を示す。位置P1は位置P2の前に衛星電波から算出された位置を示す。位置Pn (n = 1、2、3) のカッコ内のXn及びYnは位置Pnの座標を示す。

[0051] 判定部66は、位置P1と位置P2、及び、位置P2と位置P3とを連結した方向ベクトルV1、V2に基づいて、GNSS速度及び自立速度から採用速度のいずれを採用するかを判定する。例えば、判定部66は、判定記憶部64に格納されている位置データ72から位置P1、P2、P3の位置座標を取得する。位置座標は、経度データ及び緯度データから直交座標系に変換された座標であってよい。判定部66は、位置P1から位置P2までの方向ベクトルV1を算出し、位置P2から位置P3までの方向ベクトルV2を算出する。判定部66は、方向ベクトルV1、V2の内積値IP ($= (X2 - X1) \cdot (X3 - X2) + (Y2 - Y1) \cdot (Y3 - Y2)$) を算出する。判定部66は、内積値IPと採用閾値との比較によって、GNSS速度データを採用速度データ28として採用するか否かを判定する。採用閾値は、方向ベクトルV1、V2間の角度と角度データが示す路線の曲率に対応しているか否かを判定するための値である。採用閾値は、鉄道車両90の路線上の位置に対応付けて予め定められていてもよく、角度データが示す路線の曲率から算出してもよい。例えば、判定部66は、速度用衛星有効フラグが有効を示し、かつ、内積値IPが採用閾値以上であれば、GNSS速度データを採用速度データ28として採用してよい。判定部66は、速度用衛星有効フラグが無効を示し、または、内積値IPが採用閾値未満であれば、自立速度データを採用速度データ28として採用してよい。

[0052] 図10は、第2実施形態の判定処理部62が実行する判定処理である。図8と同様のステップについては、同じステップ番号を付与して説明を省略する。尚、GNSS速度及び自立速度の算出処理は、図8と同様なので省略す

る。

[0053] 図10に示すように、判定部66は、ステップS322からステップS328を実行する。判定部66は、速度用衛星有効フラグが有効であれば（S328：Yes）、位置P1、P2、P3の位置座標から2つの方向ベクトルV1、V2を算出した後、2つの方向ベクトルV1、V2の内積値IPを算出する（S340）。判定部66は、算出した内積値IPが採用閾値以上か否かを判定する（S342）。判定部66は、内積値IPが採用閾値以上であれば（S342：Yes）、GNSS速度データを採用速度データ28として採用する（S330）。

[0054] 一方、判定部66は、速度用衛星有効フラグが有効でない場合（S328：No）、または、内積値IPが採用閾値以上でない場合（S342：No）、自立速度データを採用速度データ28として採用する。

[0055] この後、判定部66及び送信部68は、S334以降を実行する。

[0056] 上述したように第2実施形態の計測装置14は、衛星電波から算出した時刻の異なる鉄道車両90の位置を連結した方向ベクトルに基づいて、GNSS速度及び自立速度から採用速度を採用している。これにより、計測装置14は、鉄道車両90が走行する路線の曲率に方向ベクトルが対応しているか否かを判定して、衛星電波が正常か否かを判定できる。この結果、計測装置14は、衛星電波が正常の場合に精度の高いGNSS速度を採用速度として採用できる。

[0057] <第3実施形態>

判定処理部62による採用する採用速度データ28の採用方法が異なる第3実施形態について説明する。第3実施形態において、GNSS位置算出部54は、第2位置算出部の例である。尚、自立位置算出部58が、第2位置算出部として機能してもよい。

[0058] 図11は、第3実施形態の制御システム10の全体構成図である。図11に示すように、第3実施形態の主制御装置12の主制御記憶部22は、地図データベース29を更に記憶する。地図データベース29は、鉄道車両90

の路線上の駅及びトンネル等の対象物の位置に関する位置情報を含む。換言すれば、地図データベース 29 は、衛星電波を受信しにくい対象物の情報を含む。主制御装置 12 は、地図データベース 29 に含まれる対象物の位置情報を判定装置 38 へ出力する。

[0059] 判定装置 38 の判定部 66 は、鉄道車両 90 の位置と対象物の位置とに基づいて、GNSS 速度及び自立速度のいずれを採用速度として採用するかを判定する。例えば、判定部 66 は、地図データベース 29 に含まれる対象物の位置情報を取得し、当該位置情報に基づいて、採用位置データ 26 が示す鉄道車両 90 の位置が自立採用領域か否かを判定する。自立採用領域は、駅及びトンネル等の対象物及び対象物の近傍を含む領域であって、衛星電波を受信しにくい領域である。判定部 66 は、鉄道車両 90 の位置が自立採用領域である場合、自立速度データを採用速度データ 28 として採用する。判定部 66 は、鉄道車両 90 の位置が自立採用領域となった後、速度用衛星有効フラグが有効になると、GNSS 速度データを採用速度データ 28 として採用する。

[0060] 図 12 は、第 3 実施形態の判定処理部 62 が実行する判定処理である。図 8 と同様のステップについては、同じステップ番号を付与して説明を省略する。尚、GNSS 速度及び自立速度の算出処理は、図 8 と同様なので省略する。

[0061] 判定処理部 62 の判定部 66 は、ステップ S322 から S326 を実行する。判定部 66 は、主制御装置 12 から地図データベース 29 に含まれる駅及びトンネル等の対象物の位置情報を取得する (S350)。判定部 66 は、判定記憶部 64 に格納されている採用データ 76 から最新の採用位置データ 26 を取得する (S352)。判定部 66 は、採用位置データ 26 が示す鉄道車両 90 の位置が自立採用領域内か否かを判定する (S354)。判定部 66 は、鉄道車両 90 の位置が自立採用領域内であると判定すると (S354: Yes)、自立速度データを採用速度データ 28 として採用する (S332)。判定部 66 は、鉄道車両 90 の位置が自立採用領域内でないと判

定すると（S 3 5 4 : N o）、速度用衛星有効フラグが有効か否かを判定する（S 3 2 8）。判定部 6 6 は、速度用衛星有効フラグが有効であると判定すると（S 3 2 8 : Y e s）、G N S S 速度データを採用速度データ 2 8 として採用する（S 3 3 0）。判定部 6 6 は、速度用衛星有効フラグが有効でないと判定すると（S 3 2 8 : N o）、自立速度データを採用速度データ 2 8 として採用する（S 3 3 2）。この後、判定部 6 6 及び送信部 6 8 は、S 3 3 4 以降を実行する。

[0062] 上述したように第 3 実施形態の計測装置 1 4 は、鉄道車両 9 0 の路線上の駅及びトンネル等の対象物の位置情報に基づいて、G N S S 速度及び自立速度から採用速度を採用している。これにより、計測装置 1 4 は、衛星電波を受信しやすい駅及びトンネル等の近傍以外では G N S S 速度を採用速度として採用し、衛星電波を受信しにくい駅及びトンネル等の近傍では自立速度を採用速度として採用できる。この結果、計測装置 1 4 は、精度の高い速度を採用速度として採用できる。

[0063] 本発明のいくつかの実施形態を説明したが、これらの実施形態は、例として提示したものであり、発明の範囲を限定することは意図していない。これら新規な実施形態は、その他の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。これら実施形態やその変形は、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。

[0064] 上述した各プログラムは、C D - R O M (Compact Disc Read Only Memory) または D V D - R O M (Digital Versatile Disc Read Only Memory) 等のコンピュータにより読み取り可能な記憶媒体に記憶されて提供されてもよく、インターネット等のネットワークを介して提供されてもよい。

[0065] 上述の実施形態では、自立速度算出部 6 0 は、加速度センサ 4 2 が検出した加速度データに基づいて自立速度を算出したが、自立速度の算出方法はこれに限定されない。例えば、自立速度算出部 6 0 は、鉄道車両 9 0 の速度発電機に設けられたセンサが検出した速度パルス信号及び鉄道車両 9 0 の車輪

の半径等に基づいて、自立速度を算出してもよい。

[0066] 上述の各実施形態は、組み合わせてもよい。例えば、第1実施形態、第2実施形態及び第3実施形態を組み合わせて、鉄道車両90の乗務員等が、判定処理部62による判定処理を選択してもよい。

[0067] 上述の各実施形態のフローチャートのステップの順序は適宜変更してよい。

符号の説明

[0068] 10：制御システム、 14：計測装置、 26：採用位置データ、
28：採用速度データ、 29：地図データベース、 38：判定
装置、 40：地磁気センサ、 42：加速度センサ、 44：ジャ
イロセンサ、 50：位置用衛星選択部、 52：速度用衛星選択部（
衛星選択部）、 54：GNSS位置算出部、 56：GNSS速度算
出部（第1速度算出部）、 58：自立位置算出部、 60：自立速度
算出部（第2速度算出部）、 66：判定部、 90：鉄道車両、
92：GNSS（測位衛星システム）、 94：衛星。