

明 細 書

発明の名称：車両制御装置、車両制御方法、プログラム

技術分野

[0001] 本発明は、車両制御装置、車両制御方法、プログラムに関する。

本願は、2017年02月24日に、日本に出願された特願2017-33292号に基づき優先権を主張し、その内容をここに援用する。

背景技術

[0002] 列車信号システムの規格(IEE1474)では、モータの加速制御の停止遅れ、制動遅れ、軌道の勾配などを考慮して、必ず走行が許可される区間内で停車可能な許可速度を算出することを要求する。IEE1474においてworst-caseとして加速制御の停止遅れ、ブレーキの効き始めの遅れがそれぞれ生じることにより車両に力行、惰行、制動の各状態が発生して制動距離が最長になる事象が示されている。関連する技術として特許文献1が開示されている。

先行技術文献

特許文献

[0003] 特許文献1：特許第5391742号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0004] 軌道を走行する列車等の車両の制御においては上述のIEE1474においてworst-caseとして示される状況においても走行が許可される区間内で停止する制御が求められている。

[0005] そこでこの発明は、上述の課題を解決することのできる車両制御装置、車両制御方法、プログラムを提供することを目的としている。

課題を解決するための手段

[0006] 本発明の第1の態様によれば、車両制御装置は、車両が許可速度を超過した状態から制動が始まる制動タイミングまでの制動遅れ期間における前記車

両の力行区間の位置に応じた速度を示す力行パターンと、前記制動遅れ期間における前記力行区間の後の惰行区間の位置に応じた速度を示す惰行パターンとの算出を、前記惰行区間に続く走行区間であって前記制動タイミングにおける車両の位置から当該車両が所定の制限速度以下に制御される目標位置との間の制動区間における速度を示す制動パターンの算出後に行う許可速度パターン算出部を備え、前記許可速度パターン算出部は、少なくとも前記力行パターンの算出において前記車両の速度に応じた加速度特性を用いることを特徴とする。

- [0007] 上述の車両制御装置によれば、前記許可速度パターン算出部は、さらに、前記惰行パターンと前記制動パターンの少なくとも一方の算出において前記車両の速度に応じた加速度特性を用いてよい。
- [0008] 上述の車両制御装置によれば、前記許可速度パターン算出部は、前記力行パターンの開始位置が前記車両の現在位置よりも前方となる場合の、前記惰行パターンから前記制動パターンへの切替位置とその位置における速度と、前記力行パターンから前記惰行パターンへの切替位置とその位置における速度とを、前記惰行区間における既知の惰行期間と当該惰行期間における既知の前記車両に加わる加速度と、前記力行区間における既知の力行期間と当該力行期間における既知の前記車両に加わる速度に応じた加速度とに基づいて反復計算により算出してよい。
- [0009] 上述の車両制御装置によれば、前記許可速度パターン算出部は、前記制動パターンが前記制動タイミングより前の前記車両の現在位置から続いていたと仮定した場合の前記現在位置における仮定速度に基づいて、前記力行区間と前記惰行区間の距離を算出し、当該力行区間と惰行区間とに基づいて、前記惰行パターンから前記制動パターンへの切替位置とその位置における速度と、前記力行パターンから前記惰行パターンへの切替位置とその位置における速度と、前記現在位置における速度とを算出してよい。
- [0010] 上述の車両制御装置によれば、前記許可速度パターン算出部は、前記現在位置の高度と前記目標位置の高度とに基づいて、許可速度を算出してよい。

- [0011] 上述の車両制御装置によれば、前記許可速度パターン算出部は前記車両の重量に応じた前記加速度特性を用いてよい。
- [0012] 本発明の第2の態様によれば、車両制御方法は、車両制御装置の許可速度パターン算出部が、車両が許可速度を超過した状態から制動が始まる制動タイミングまでの制動遅れ期間における前記車両の力行区間の位置に応じた速度を示す力行パターンと、前記制動遅れ期間における前記力行区間の後の惰行区間の位置に応じた速度を示す惰行パターンとの算出を、前記惰行区間に続く走行区間であって前記制動タイミングにおける車両の位置から当該車両が所定の制限速度以下に制御される目標位置との間の制動区間における速度を示す制動パターンの算出後に行い、前記許可速度パターン算出部は、少なくとも前記力行パターンの算出において前記車両の速度に応じた加速度特性を用いることを特徴とする。
- [0013] 本発明の第3の態様によれば、プログラムは、車両制御装置のコンピュータを、車両が許可速度を超過した状態から制動が始まる制動タイミングまでの制動遅れ期間における前記車両の力行区間の位置に応じた速度を示す力行パターンと、前記制動遅れ期間における前記力行区間の後の惰行区間の位置に応じた速度を示す惰行パターンとの算出を、前記惰行区間に続く走行区間であって前記制動タイミングにおける車両の位置から当該車両が所定の制限速度以下に制御される目標位置との間の制動区間における速度を示す制動パターンの算出後に行い、少なくとも前記力行パターンの算出において前記車両の速度に応じた加速度特性を用いる許可速度パターン算出手段、として機能させることを特徴とする。

発明の効果

- [0014] 本発明によれば、許可速度を精度よく算出可能であり、IEEE 1474においてworst-caseとして示される状況においても走行が許可される区間で停止する制御を行う車両制御装置を提供することができる。

図面の簡単な説明

- [0015] [図1]第一実施形態による車両制御装置を備えた車両制御システムを示す図で

ある。

[図2]第一実施形態による列車の位置に応じた速度パターンを示す図である。

[図3]第一実施形態による車両制御装置のハードウェア構成を示す図である。

[図4]第一実施形態による車両制御装置の機能ブロック図である。

[図5]第一実施形態による車両制御装置の処理フローを示す図である。

[図6]第一実施形態による車両制御装置の算出する速度パターンを示す図である。

[図7]第二実施形態による車両制御装置の算出する速度パターンを示す図である。

発明を実施するための形態

[0016] <第一の実施形態>

以下、本発明の第一実施形態による車両制御装置を図面を参照して説明する。

図1は同実施形態による車両制御装置を備えた車両制御システムを示す図である。

この図で示すように車両制御システム100は、列車10と、当該列車10に備わる車両制御装置1とを備える。車両制御装置1は、列車10が上位装置等から指示される走行限界位置（走行が許可される区間の境界）を超えないように列車の速度制御を行う。また車両制御装置1は、上位装置等からの指示に基づいて列車10が目標位置において所定の制限速度以下となるよう速度制御を行う。

[0017] 図2は列車の位置に応じた速度パターンを示す図である。

図2においては列車10が力行しない場合の速度パターン21と、LEE E1474においてworst-caseとして示されるワーストパターン22を示している。速度パターン21は位置x₀において列車10は制動されず、その後、制動タイミングまでの間、制動遅れ期間として列車10が惰行している惰行区間211が生じる場合の各位置における速度を示している。また速度パターン21では惰行区間211が終了すると制動区間212となり列車10

が制動され速度が減少することを示している。他方、ワーストパターン 22 は加速中の列車 10 が位置 x_0 において許可速度を超過し、その後制動タイミングまでの間に制動遅れ期間が生じる場合の位置に応じた速度を示している。ワーストパターン 22 は、この制動遅れ期間において列車 10 の加速中の速度の増加が継続する力行区間 221 と、惰行区間 222 とにおける各位置の速度を示す。ワーストパターン 22 における制動区間 223 の減速度は、速度パターン 21 における制動区間 212 の減速度と同様である。速度パターン 21 とワーストパターン 22 とでは図 2 で示すように、加速が遮断できない力行区間が継続される分、列車 10 が制限速度で走行すると停車位置が距離 D だけ延びてしまう。車両制御装置 1 はワーストパターン 22 のような状況が発生しても、走行限界位置などの指示された目標位置において停止や所定の速度まで減速することが求められる。

[0018] 図 3 は第一実施形態による車両制御装置のハードウェア構成を示す図である。

図 3 で示すように車両制御装置 1 は、CPU (Central Processing Unit) 101、ROM (Read Only Memory) 102、RAM (Random Access Memory) 103、信号入出力モジュール 104 等を備えるコンピュータである。信号入出力モジュール 104 は車両制御装置 1 が処理に利用する位置情報などの所定の情報を他装置から受信する。車両制御装置 1 は、受信した情報から処理に利用する加速度などを算出し、また、ROM 等に記憶したデータと合わせて高度などを算出する。

[0019] 図 4 は第一実施形態による車両制御装置の機能ブロック図である。

車両制御装置 1 の CPU 101 は予め自装置で記憶するプログラムを実行することにより、制御部 111、許可速度パターン算出部 112 の機能を備える。

制御部 111 は車両制御装置 1 の処理を制御する。

許可速度パターン算出部 112 は列車 10 の力行区間 221 の位置に応じた速度を示す力行パターンと、惰行区間 222 の位置に応じた速度を示す惰

行パターンと、制動区間 2 2 3 における速度を示す制動パターンの算出を行う。許可速度パターン算出部 1 1 2 は、少なくとも力行パターンの算出において列車 1 0 速度に応じた加速度特性（モータトルクの回転数特性）を用いる。許可速度パターン算出部 1 1 2 は、さらに、惰行パターンと制動パターンの少なくとも一方の算出においても列車 1 0 の速度に応じた加速度特性を用いてよい。許可速度パターン算出部 1 1 2 は軌道の勾配に応じた加速度を用いて速度パターンにおける各位置の速度を算出してもよい。また許可速度パターン算出部 1 1 2 は、軌道の勾配の代わりに車両の現在位置、目標位置における高度を用いて速度パターンにおける各位置の速度を算出してもよい。

[0020] 図 5 は第一実施形態による車両制御装置の処理フローを示す図である。

図 6 は第一実施形態による車両制御装置の算出する速度パターンを示す図である。

次に図 5、図 6 を用いて車両制御装置の処理フローを順を追って説明する。

以下の説明において、 x_0 を列車 1 0 の現在位置とする。また速度の単位は km （キロメートル）／ h （時）、加速度の単位は $\text{km} / \text{h} / \text{s}$ 、長さの単位は m （メートル）、時間の単位を s （秒）として表す。

[0021] 制御部 1 1 1 は目標位置で列車 1 0 が所定の制限速度以下の速度となるよう制御するための許可速度パターンの算出処理の開始を許可速度パターン算出部 1 1 2 へ指示する。本実施形態においては、許可速度パターン算出部 1 1 2 は、目標位置 x_E において列車 1 0 を所定の目標速度 v_L 以下に制御するための、現在位置 x_0 における許可速度を算出する。

[0022] 列車 1 0 が加速している状況において位置 x_0 において、現在位置 $x_0 = 0$ から位置 x_1 の力行区間、位置 x_1 から位置 x_2 の惰行区間、位置 x_2 から位置 x_E の制動区間が発生することがある。列車 1 0 が加速している際に制動制御をした場合の列車 1 0 の各位置における速度を示す速度パターンは、力行区間に対応する力行パターンと、惰行区間に対応する惰行パターンと、制動区

間に対応する制動パターンとで表される。

[0023] 力行パターンは、現在位置 x_0 から実際に制動が始まる制動タイミングまでの制動遅れ期間における列車 10 の力行区間の位置に応じた速度を示すパターンである。

惰行パターンは、制動遅れ期間における力行区間の後の惰行区間の位置に応じた速度を示すパターンである。

制動パターンは、制動タイミングにおける列車 10 の位置から当該列車 10 が所定の制限速度以下に制御される目標位置 x_E との間の制動区間における速度を示すパターンである。

[0024] 列車 10 は、規格(IEE1474)でworst-caseとして力行、惰行、制動の各状態が発生して制動距離が最長になることを想定している。

[0025] ここで所定の制限速度 v_L 以下に列車 10 を制御する目標位置を x_E 、目標位置 x_E における制限速度を v_L 、惰行パターンから制動パターンへの切替位置を位置 x_2 とする。この場合、惰行パターンから制動パターンへの切替位置 x_2 における速度 v_2 は、式(1)のように表すことができる。式(1)において制動パターンでの減速度を β_0 とする。なお制限速度 $v_L > 0$ とすることにより目標位置 x_E において制限速度が 0 (停車)ではなく所定の速度 (> 0) とする場合の速度パターンの式が得られる。式(1)において $a(x)$ は位置 x における高度を示し、 g は重力加速度を示す。また式(1)において x_E は位置 x_0 から目標位置 x_E までの距離を示す。

[0026] [数1]

$$v_2 = \sqrt{v_L^2 + 7.2\{\beta_0 x_E + g(a(x_E) - a(x_2))\}} \quad \dots (1)$$

[0027] また力行パターンから惰行パターンへの切替位置を位置 x_1 とし、当該位置 x_1 における列車 10 の速度を v_1 とする。この場合、速度 v_1 と位置 x_1 は以下の式(2)、式(3)のように表すことができる。

[0028] [数2]

$$v_1 = v_2 - \int_0^{T_c} \alpha_c(x(t')) dt' \quad \dots (2)$$

[0029] [数3]

$$x_1 = x_2 + \left[-v_2 T_c + \int_0^{T_c} \left\{ \int_0^{t'} \alpha_c(x(t'')) dt'' \right\} dt' \right] / 3.6 \quad \dots (3)$$

[0030] 式(2)、式(3)において T_c は列車が惰行する既知の最大時間を示している。 $x(t)$ は惰行パターンから制動パターンへの切替位置 x_2 に達する時刻より時間 t 前の列車位置を示す。また位置 x での軌道 L の勾配の割合を $k(x)$ とする。勾配の割合は下りを正として表し、例えば100m進んだ際に1m下がる場合には $k(x) = 0.1$ となる。位置 x での加速度 $\alpha_c(x)$ は、 $\alpha_c(x) = k(x)g + \alpha_s$ で表すことができる。 α_s は追い風などの制動距離を増加させる要因による加速度である。

[0031] また力行パターンを開始する位置とその位置 x_0' における列車10の速度 v_0' を、以下の式(4)、式(5)のように表すことができる。

[0032] [数4]

$$v_0' = v_1 - \int_0^{T_r} \alpha_r(x(t'), v(t')) dt' \quad \dots (4)$$

[0033] [数5]

$$x_0' = x_1 + \left[-v_1 T_r + \int_0^{T_r} \left\{ \int_0^{t'} \alpha_r(x(t''), v(t'')) dt'' \right\} dt' \right] / 3.6 \quad \dots (5)$$

[0034] なお、速度 v に対応するモータの回転数において当該モータが出力可能なトルクに対応する列車10の加速度を $\alpha_m(v)$ とすると、列車10が位置 x 、速度 v の場合の加速度 $\alpha_r(x, v)$ は、 $\alpha_r(x, v) = \alpha_m(v) + k(x)g$ で表すことができる。時間 T_r 加速した後に力行パターンから惰行パターンへの切替位置において (x_1, v_1) となるためには位置 x_0 において v_0' 、 x_0' である必要がある。式(4)、式(5)において $x(t)$ 、 $v(t)$ はそれぞれ、力行パターンから惰行パターンへの切替位置 x_1 から時間 t 前の列車10の位置と速度を示す。

[0035] 許可速度パターン算出部112は、任意の位置 x_2 を設定する(ステップS101)。上述の式(1)を用いて任意の位置 x_2 における速度 v_2 を算出す

る（ステップS102）。許可速度パターン算出部112は、その速度 v_2 と位置 x_2 と、式（2）、式（3）とを用いて、力行パターンから惰行パターンへの切替位置の位置 x_1 とその位置での速度 v_1 とを算出する（ステップS103）。

[0036] また許可速度パターン算出部112は算出した位置 x_1 と速度 v_1 とを用いて、式（4）、式（5）により位置 x_o' とその位置における速度 v_o' を算出する（ステップS104）。

[0037] そして許可速度パターン算出部112は、任意に位置 x_2 を設定した場合の、位置 x_o について算出した x_o' により、 x_o' の値が0以上かを判定する（ステップS105）。許可速度パターン算出部112は、 x_o' の値が所定の値以上であるかを判定し（ステップS106）、所定の値以上である場合には、任意に設定した位置 x_2 の値から所定の値 γ を減じて（ステップS107）、再度ステップS102からの処理を繰り返してもよい。任意に設定した位置 x_2 の値から所定の値 γ を減じると、位置 x_2 の位置をより位置 x_o の位置に近づくように設定することとなる。許可速度パターン算出部112は、位置 x_o について算出した x_o' の値が0以上でありステップS106でNoの場合には列車10の位置 x_o' が位置 x_o と同じか、または位置 x_1 側に算出された位置であることを示しているため、式（1）～式（5）によって算出した各値を採用した許可速度パターンを確定する（ステップS108）。許可速度パターンは上記の力行パターン、惰行パターン、制動パターンを表す式と、位置 x_o' 及びその位置 x_o' での速度 v_o' と、位置 x_1 及びその位置 x_1 での速度 v_1 と、位置 x_2 及びその位置 x_2 での速度 v_2 と、位置 x_E 及びその位置 x_E での速度 v_L とによって表される情報であってよい。制御部111は確定された許可速度パターンに基づく各位置の速度を列車10の速度が超過したと判定した場合には制動指令を出力する。

[0038] 他方、許可速度パターン算出部112は、位置 x_o について算出した x_o' の値が0未満である場合には列車10の位置が位置 x_o よりも過去に走行した位置と算出されてしまうため、そのような式（1）～式（5）によって算出

した各値を採用して位置 x_0 より先の許可速度パターンを算出することはできない。したがって、任意に設定した位置 x_2 の値に所定の値 γ を加えて（ステップS109）、再度同様の処理を繰り返し、位置 x_0 における x_0' の値が0以上となる、任意の x_2 および x_2 の時の式（1）～式（5）によって算出した値を含む許可速度パターンを算出する。任意に設定した位置 x_2 の値から所定の値 γ を加えると、位置 x_2 の位置がより位置 x_0 の位置から遠ざかるように設定することとなる。なお位置 x_0 における x_0' の値が0となる場合の位置 x_2 の設定が最適値であるが、位置 x_0 について算出した x_0' の値が0以上となったとしても、そのような許可速度パターンは、位置 x_E で停車可能、または目標位置 x_E において制限速度以下となるパターンであるため、安全上問題はない。

[0039] 上述の許可速度パターン算出部112の処理においては、力行パターンにおいてのみモータトルクの回転数（速度）特定を考慮して、列車10の速度に応じた加速度を式に設定することとしたが、制動パターンや、惰行パターンにおいても同様に列車10の速度に応じた加速度を式に設定してもよい。

[0040] 制動パターンにモータトルクの回転数特性を利用する場合を以下に示す。モータが出力可能な減速トルクに対応する列車10の減速度 $\beta_m(v)$ とすると、（位置，速度）＝（ x ， v ）での減速度 β_b は、 $\beta_b(x, v) = \beta_m(v) - k(x)g - \alpha_s$ となる。このとき制動パターンの開始位置 x_2 における速度 v_2 と、当該位置 x_2 は、以下の式（6）、式（7）のように表すことができる。

[0041] [数6]

$$v_2 = v_L + \int_0^t \beta_b(x(t'), v(t')) dt' \quad \dots (6)$$

[0042] [数7]

$$x_2 = x_E + \left[-v_L t - \int_0^t \left\{ \int_0^{t'} \beta_b(x(t''), v(t'')) dt'' \right\} dt' \right] / 3.6 \quad \dots (7)$$

[0043] 式（6）、式（7）は、位置 x_E まで到達するまでの時刻 t を媒介変数として制動パターンを表す式である。また上述の惰行パターンから制動パターン

への切替位置 x_2 の設定において、式 (6)、式 (7) を用いた場合、ある時刻 t を仮定し、その時刻 t における列車 10 の位置 x_2 を惰行パターンから制動パターンへの切替位置と仮定することに相当する。

- [0044] また惰行パターンにモータトルクの回転数特性を利用する場合を以下に示す。モータの減速トルクに対応する列車 10 の減速度を $\beta_n(v)$ とすると、(位置, 速度) = (x, v) である場合の加速度は、 $\alpha_c(x, v) = k(x)g + \alpha_s - \beta_n(v)$ と表すことができる。このとき惰行パターンは式 (8)、式 (9) により表すことができる。

[0045] [数8]

$$v_1 = v_2 - \int_0^{T_c} \alpha_c(x(t'), v(t')) dt' \quad \dots (8)$$

[0046] [数9]

$$x_1 = x_2 + \left[-v_2 T_c + \int_0^{T_c} \left\{ \int_0^{t'} \alpha_c(x(t''), v(t'')) dt'' \right\} dt' \right] / 3.6 \quad \dots (9)$$

- [0047] 上述の許可速度パターン算出部 112 の処理によれば、モータが高回転数(列車 10 の速度が高速)である場合にトルク(車両加速度)は低減するというモータの特性を利用することにより、制動距離の過大評価や、許可速度を小さく推定することを低減することができる。

- [0048] 上述の処理によれば車両制御装置 1 は、回転数(速度)に応じて出力可能なトルク、及びそのトルクにより生じる加速度を用いて、力行パターン、惰行パターン、制動パターンを算出し、各位置における列車 10 の許可速度を算出する。これにより、モータが高回転して速度の高い速度状態において列車 10 に生じるトルク(車両加速度)が低減するというモータの特性を利用した許可速度パターンに基づいて列車 10 を制御することができる。そして、このような制御により車両制御装置 1 は許可速度を小さく見積もって列車 10 を制御することを低減することができる。

[0049] <第二実施形態>

図 7 は第二実施形態による車両制御装置の算出する許可速度パターンを示

す図である。

第一実施形態においては、式（５）により算出した x_o' が０以上となるかどうかによって位置 x_2 の値を変更して、 x_o' が０以上となる場合の位置 x_2 や、位置 x_1 を算出している。しかしながらこのような算出を行う場合、許可速度パターン算出部１１２は反復して計算を行う必要があり、位置 x_o を基準とした目標位置 x_E までの許可速度パターンの算出時間が長くなってしまう。そこで、第二実施形態においては許可速度パターン算出部１１２がより短時間で許可速度パターンの算出を行うことのできる手法を以下に説明する。

[0050] 第二実施形態において許可速度パターン算出部１１２は、力行区間、惰行区間の速度上限を算出し、その速度上限に基づく各区間の長さを算出する。列車１０の力行遮断遅れによる力行区間や制動遅れによる惰行区間の発生は既知の値であるため、速度上限を用いることにより各区間の長さを算出することができる。また第二実施形態において許可速度パターン算出部１１２は、軌道の勾配ではなく高度差を用いた式により許可速度パターンを求める。なお以下の説明において、速度の単位は[k m/h]、加速度の単位は[k m/h/s]、長さの単位は[m]、時間の単位は[s]とした。

[0051] 具体的には、許可速度パターン算出部１１２は式（１０）により制動パターンが位置 x_2 における制動タイミングより前の現在位置 x_o での仮定上限速度 v_B を算出する。式（１０）において β_o は減速度、 $a(x)$ は位置 x での高度、 g は重力加速度を示す。

[0052] [数10]

$$v_B = \sqrt{v_L^2 + 7.2\{\beta_o x_E + g(a(x_E) - a(0))\}} \quad \dots (10)$$

[0053] また許可速度パターン算出部１１２は力行区間、惰行区間の速度上限を式（１０）により算出した v_B とし、その速度上限 v_B に基づく力行区間の長さの上限値 x_r と、惰行区間の長さの上限値 x_c とを算出する。惰行区間の長さの上限値 x_c は $x_c = v_B \times T_c \div 3.6$ により表される。 T_c は惰行時間を示す。力行区間の長さの上限値 x_r は $x_r = v_B \times T_r \div 3.6$ で表される。 T_r は力

行時間を示す。惰行時間 T_o と力行時間 T_r は既知の値である。

[0054] 許可速度パターン算出部112は、惰行区間が終了し制動区間へ移行する際の速度 v_2 を式(11)により算出する。

[0055] [数11]

$$v_2 = \sqrt{v_B^2 - 7.2\{\beta_0(x_r + x_c) + g(a(x_r + x_c) - a(0))\}} \quad \dots (11)$$

[0056] 次に許可速度パターン算出部112は、力行区間が終了し惰行区間へ移行する際の速度 v_1 を式(12)により算出する。式(12)において β_w は風の影響による加速度を示す。

[0057] [数12]

$$v_1 = \sqrt{v_2^2 - 7.2\{\beta_w x_c - g(a(x_r + x_c) - a(x_r))\}} \quad \dots (12)$$

[0058] そして許可速度パターン算出部112は、列車10の現在位置 x_o における速度 v_o を、式(13)により算出する。

[0059] [数13]

$$v_o = \sqrt{v_1^2 - 7.2\{(a_r(v_1 - \alpha_{max} T_r) + \beta_w)x_r - g(a(x_r) - a(0))\}} \quad \dots (13)$$

[0060] ここで式(13)において $\alpha_r(v)$ はモータ特性から定まる速度 v で生じる最大加速度を示す。また式(13)において α_{max} は軌道勾配の影響も含む軌道中で生じる最大の加速度である。したがって、式(13)において「 $v_1 - \alpha_{max} \cdot T_r$ 」は、速度 v_1 から時刻 T_r でとり得る最小の速度となり、「 $\alpha_r(v_1 - \alpha_{max} \cdot T_r)$ 」は速度 v_1 の時点から力行時間 T_r 内で列車10のモータが発生し得る最大の加速度となる。モータ特性より速度が増加したとき、生じる加速度が増加することはない。

[0061] 上述の処理によれば、仮定上限速度 v_B を算出し、その速度 v_B に基づく力行区間の長さの上限値 x_r と、惰行区間の長さの上限値 x_c とにより、列車10の現在位置 x_o における速度 v_o を算出している。したがって、反復計算す

ることなく短時間で許可速度パターンを算出することができる。

[0062] <第三実施形態>

上述の第一実施形態および第二実施形態は共に、列車10のモータが発生しうる加速度を算出する際に車両重量を考慮していない。本実施形態においてはさらに、列車10の重量を考慮した減速度を用いる点で他の実施形態と異なっている。

[0063] 速度が定まれば列車10のモータが発生することができる牽引力は一意に定まる。しかし加速度は列車10の重量にも依存する。空車と想定して加速度を算出すれば加速度が大きくなりその加速度に応じた許可速度パターンを算出できるが、その分過剰に許可速度を抑制することとなる。そこで車両制御装置1の制御部111は、発生させたモータの牽引力 F を検出する。また実際に列車10に生じた加速度 α を計測する。制御部111は、列車重量 m_e 。 $= F \div \alpha$ により、列車重量 m_e を推定する。制御部111は、推定した列車重量 m_e を用いて、モータが発生する最大の加速度 α_{max} を、 $\alpha_{max} = F_{max} \div m_e$ により算出する。 F_{max} は列車10のモータが発生する最大の牽引力である。許可速度パターン算出部112は、上記第一実施形態や第二実施形態の処理において制御部111の算出した加速度 α_{max} を用いて制動パターン、惰行パターン、力行パターンの算出を行う。

[0064] 第三実施形態の処理によれば、過剰に許可速度を抑制することを防止することができる。

[0065] 上述の各実施形態においては車両が列車である場合について説明したが、列車は例えばATC (Automatic Train Control) によって制御される車両を含む。また列車でなくとも自動車などの他の車両に上記技術を適用してもよい。

[0066] 上述の車両制御装置1は内部に、コンピュータシステムを有している。そして、車両制御装置1に上述した各処理を行わせるためのプログラムは、当該車両制御装置1のコンピュータ読み取り可能な記録媒体に記憶されており、このプログラムを車両制御装置1のコンピュータが読み出して実行するこ

とによって、上記処理が行われる。ここでコンピュータ読み取り可能な記録媒体とは、磁気ディスク、光磁気ディスク、CD-ROM、DVD-ROM、半導体メモリ等をいう。また、このコンピュータプログラムを通信回線によってコンピュータに配信し、この配信を受けたコンピュータが当該プログラムを実行するようにしても良い。

- [0067] また、上記プログラムは、前述した各処理部の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、前述した機能をコンピュータシステムにすでに記録されているプログラムとの組み合わせで実現できるもの、いわゆる差分ファイル（差分プログラム）であっても良い。

産業上の利用可能性

- [0068] 本発明は、許可速度を精度よく算出可能であり、IEEE 1474においてworst-caseとして示される状況においても走行が許可される区間内で停止する制御を行う車両制御装置、車両制御方法、プログラムに関する。

符号の説明

- [0069] 1・・・車両制御装置
10・・・列車
100・・・車両制御システム
101・・・CPU
102・・・ROM
103・・・RAM
104・・・信号入出力モジュール
111・・・制御部
112・・・許可速度パターン算出部
21・・・列車が力行しない場合の速度パターン
211・・・惰行区間
212・・・制動区間
22・・・ワーストパターン
221・・・力行区間

2 2 2 . . . 惰行区間

2 2 3 . . . 制動区間

L . . . 軌道

請求の範囲

- [請求項1] 車両が許可速度を超過した状態から制動が始まる制動タイミングまでの制動遅れ期間における前記車両の力行区間の位置に応じた速度を示す力行パターンと、前記制動遅れ期間における前記力行区間の後の惰行区間の位置に応じた速度を示す惰行パターンとの算出を、前記惰行区間に続く走行区間であって前記制動タイミングにおける車両の位置から当該車両が所定の制限速度以下に制御される目標位置との間の制動区間における速度を示す制動パターンの算出後に行う許可速度パターン算出部を備え、
- 前記許可速度パターン算出部は、少なくとも前記力行パターンの算出において前記車両の速度に応じた加速度特性を用いる車両制御装置。
- [請求項2] 前記許可速度パターン算出部は、さらに、前記惰行パターンと前記制動パターンの少なくとも一方の算出において前記車両の速度に応じた加速度特性を用いる請求項1に記載の車両制御装置。
- [請求項3] 前記許可速度パターン算出部は、前記力行パターンの開始位置が前記車両の現在位置よりも前方となる場合の、前記惰行パターンから前記制動パターンへの切替位置とその位置における速度と、前記力行パターンから前記惰行パターンへの切替位置とその位置における速度とを、前記惰行区間における既知の惰行期間と当該惰行期間における既知の前記車両に加わる加速度と、前記力行区間における既知の力行期間と当該力行期間における既知の前記車両に加わる速度に応じた加速度とに基づいて反復計算により算出する
- 請求項1または請求項2に記載の車両制御装置。
- [請求項4] 前記許可速度パターン算出部は、前記制動パターンが前記制動タイミングより前の前記車両の現在位置から続いていたと仮定した場合の前記現在位置における仮定速度に基づいて、前記力行区間と前記惰行区間の距離を算出し、当該力行区間と惰行区間とに基づいて、前記惰

行パターンから前記制動パターンへの切替位置とその位置における速度と、前記力行パターンから前記惰行パターンへの切替位置とその位置における速度と、前記現在位置における速度とを算出する

請求項 1 または請求項 2 に記載の車両制御装置。

[請求項5] 前記許可速度パターン算出部は、前記現在位置の高度と前記目標位置の高度とに基づいて、許可速度を算出する

請求項 1 から請求項 4 の何れか一項に記載の車両制御装置。

[請求項6] 前記許可速度パターン算出部は前記車両の重量に応じた前記加速度特性を用いる

請求項 1 から請求項 5 の何れか一項に記載の車両制御装置。

[請求項7] 車両制御装置の許可速度パターン算出部が、車両が許可速度を超過した状態から制動が始まる制動タイミングまでの制動遅れ期間における前記車両の力行区間の位置に応じた速度を示す力行パターンと、前記制動遅れ期間における前記力行区間の後の惰行区間の位置に応じた速度を示す惰行パターンとの算出を、前記惰行区間に続く走行区間であって前記制動タイミングにおける車両の位置から当該車両が所定の制限速度以下に制御される目標位置との間の制動区間における速度を示す制動パターンの算出後に行い、

前記許可速度パターン算出部は、少なくとも前記力行パターンの算出において前記車両の速度に応じた加速度特性を用いる

車両制御方法。

[請求項8] 車両制御装置のコンピュータを、

車両が許可速度を超過した状態から制動が始まる制動タイミングまでの制動遅れ期間における前記車両の力行区間の位置に応じた速度を示す力行パターンと、前記制動遅れ期間における前記力行区間の後の惰行区間の位置に応じた速度を示す惰行パターンとの算出を、前記惰行区間に続く走行区間であって前記制動タイミングにおける車両の位置から当該車両が所定の制限速度以下に制御される目標位置との間の

制動区間における速度を示す制動パターンの算出後に行い、少なくとも前記力行パターンの算出において前記車両の速度に応じた加速度特性を用いる許可速度パターン算出手段、
として機能させるプログラム。