

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報(A)

(11) 特許出願公開番号

特開2005-287209

(P2005-287209A)

(43) 公開日 平成17年10月13日(2005. 10. 13)

(51) Int.Cl.⁷

B60L 5/24

F I

B60L 5/24

A

テーマコード (参考)

5H105

審査請求 未請求 請求項の数 3 O L (全 9 頁)

(21) 出願番号 特願2004-98653 (P2004-98653)

(22) 出願日 平成16年3月30日 (2004. 3. 30)

(71) 出願人 000173784

財団法人鉄道総合技術研究所
東京都国分寺市光町2丁目8番地38

(74) 代理人 100100413

弁理士 渡部 温

(74) 代理人 100107526

弁理士 鈴木 直郁

(72) 発明者 池田 充

東京都国分寺市光町二丁目8番地38 財
団法人 鉄道総合技術研究所内

(72) 発明者 菅原 能生

東京都国分寺市光町二丁目8番地38 財
団法人 鉄道総合技術研究所内

最終頁に続く

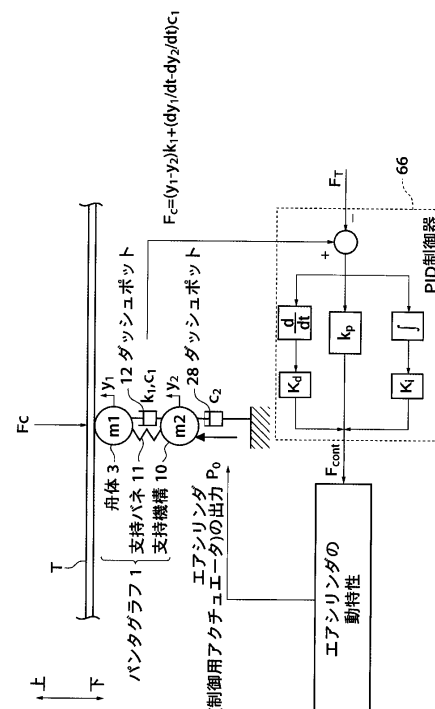
(54) 【発明の名称】 パンタグラフの接触力変動低減方法及びパンタグラフ

(57) 【要約】

【課題】 計測系の構成を簡単にでき、より簡便に接触力変動の低減を図ることができるパンタグラフの接触力変動低減方法等を提供する。

【解決手段】 本方法は、支持バネ11の変位をセンサで測定し、このセンサで検知した支持バネ11の変位の変動の低周波数成分（例えば1～3Hz以下）をゼロに近づけるようにアクチュエータを制御する。すなわち、支持バネ11の変位の低周波成分を制御目標量 F_T とし、この低周波成分をゼロに近づけるように制御する。センサは、制御目標量 F_T となる支持バネ11の変位を測定するものであるため、数が少なく済み、測定自体も容易である。さらに、本方法は、低周波数成分の変動に着目し、舟体3と支持機構10との変位の位相差が小さいこと、舟体3の慣性力を無視できることといった利点を考慮しており、制御アルゴリズムの単純化も実現できる。

【選択図】 図1



【特許請求の範囲】**【請求項 1】**

トロリ線（架線）に押し当てられる舟体と、
該舟体を昇降可能に支持するとともに、前記トロリ線に押し当てる押上力を制御するアクチュエータを具備する支持機構と、
該支持機構と前記舟体との間に介装された支持バネと、
を備えるパンタグラフの、前記トロリ線への接触力の変動を低減する方法であって、
前記支持バネの変位又は力をセンサで測定し、
該センサで検知した前記支持バネの変位又は力の変動の低周波数成分のみに対応して前記アクチュエータを制御することを特徴とするパンタグラフの接触力変動低減方法。

10

【請求項 2】

前記支持バネの変位又は力の変動の低周波数成分が、主に前記トロリ線を支持する柱の径間周期の接触力変動に起因するものであることを特徴とする請求項 1 記載のパンタグラフの接触力変動低減方法。

【請求項 3】

トロリ線（架線）に押し当てられる舟体と、
該舟体を昇降可能に支持するとともに、前記トロリ線に押し当てる押上力を制御するアクチュエータを具備する支持機構と、
該支持機構と前記舟体との間に介装された支持バネと、
該支持バネの変位又は力を測定するセンサと、
該センサで検知した前記支持バネの変位又は力の変動の低周波数成分のみに対応して前記アクチュエータを制御する制御手段と、
を備えることを特徴とするパンタグラフ。

20

【発明の詳細な説明】**【技術分野】****【0001】**

本発明は、電気鉄道におけるトロリ線（架線）とパンタグラフとの間に作用する接触力の変動を低減する方法、及び、接触力変動の低減が可能なパンタグラフに関する。

【背景技術】**【0002】**

現状の電気鉄道においては、トロリ線（架線）から車体屋根に搭載されたパンタグラフを介して車両に電力を送る方式が一般的である。このようなパンタグラフは、トロリ線に押し当てられる舟体（すり板を含む）や、舟体を昇降可能に支持するとともに、トロリ線に押し当てる押上力を与える支持機構、支持機構と舟体との間に介装された支持バネ（復元ばね）・ダッシュポット等を備えている。

30

【0003】

トロリ線とパンタグラフの舟体との接触力は、トロリ線の高さ変動や車両・パンタグラフの振動によって変動する。この接触力の変動が大きすぎると、パンタグラフの舟体がトロリ線から離れる離線現象が生じるおそれがある。離線が頻発すると、舟体とトロリ線との間にスパークが生じて、すり板の摩耗が進み、問題となる。また、離線に至らない場合

40

【0004】

トロリ線とパンタグラフの舟体との間に作用する接触力の変動を低減する技術のうち、いわゆるアクティブ方式のものがいくつか提案されている。その例として、特開平 8 - 84401 号公報（特許文献 1）や特表 2000 - 513919 号公報（特許文献 2）がある。

【0005】

特許文献 1 には、トロリ線とすり板体（舟体）との接触力を、圧電アクチュエータで枠組体（支持機構）を伸縮させて調整する装置が開示されている。この装置においては、接触力の測定にロードセルが用いられる。

50

この装置によれば、ロードセルで測定されたトロリ線と舟体との接触力が、所定の値より小さいときは圧電アクチュエータで支持機構を伸ばして接触力を増加させ、逆に所定の値より大きいときは圧電アクチュエータで支持機構を縮めて接触力を減少させる。そして、この装置に備えられる圧電アクチュエータは、応答速度が速いので、振動等に伴う接触力の増減に対する追従性が良好であるとされている。

【0006】

特許文献2には、集電装置（パンタグラフ）上部のパンタグラフヘッドの近くに配置されたアクチュエータを有し、予め定められた静的押圧力と、接触力変動と反対方向に作用するアクチュエータ力とを加えた押圧力が、すり条片（舟体）に直接的又は間接的に伝達されるよう構成された装置が開示されている。この装置では、押圧力の制御に用いる架線と舟体との接触力の値を、変位測定装置（例えばファイバー光学的なセンサ）やロードセル等を用いて測定する、あるいは、舟体の加速度から推定する等によって計測する。

10

この装置によれば、静的押圧力とアクチュエータ力とを加えた力を舟体に伝達させることで、車両速度に関係なく、接触力変動を最小限に抑えることができるかとされている。

【0007】

【特許文献1】特開平8-84401号公報

【特許文献2】特表2000-513919号公報

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0008】

20

前述の特許文献1又は2の各装置においては、制御目標量となる値はトロリ線とパンタグラフの舟体との間の接触力そのものである。そして、この接触力の値を、ロードセル等で測定したり、舟体の加速度等から推定したりしているため、接触力の計測方法が比較的複雑である。また、接触力を正確に測定するためには、数多くの計測用センサが必要になる。パンタグラフは高電圧に加圧されているため、多くのセンサを組み込むことに伴う、センサ電源の確保、信号の伝送、ノイズ対策などが非常に大変であり、コストもかかる。

【0009】

本発明は、前記の課題に鑑みてなされたものであって、計測系の構成を簡単にでき、より簡便に接触力変動の低減を図ることができるパンタグラフの接触力変動低減方法及びパンタグラフを提供することを目的とする。

30

【課題を解決するための手段】

【0010】

前記の課題を解決するため、本発明のパンタグラフの接触力変動低減方法は、トロリ線（架線）に押し当てられる舟体と、該舟体を昇降可能に支持するとともに、前記トロリ線に押し当てる押上力を制御するアクチュエータを具備する支持機構と、該支持機構と前記舟体との間に介装された支持パネと、を備えるパンタグラフの、前記トロリ線への接触力の変動を低減する方法であって、前記支持パネの変位又は力をセンサで測定し、該センサで検知した前記支持パネの変位又は力の変動の低周波数成分のみに対応して前記アクチュエータを制御することを特徴とする。

【0011】

40

この方法によれば、支持パネの変位又は力をセンサで測定し、このセンサで検知した支持パネの変位又は力の変動の低周波数成分（例えば2～3Hz以下）をゼロに近づけるようにアクチュエータを制御する。すなわち、支持パネの変位の低周波成分を制御目標量とし、この低周波成分をゼロに近づけるように制御する。センサは、制御目標量となる支持パネの変位又は力を測定するものであるため、数が少なく済み、測定自体も容易である。さらに、本方法は、低周波数成分の変動に着目し、舟体と支持機構との変位の位相差が小さいこと、舟体の慣性力を無視できることといった利点を考慮しており、制御アルゴリズムの簡単化も実現できる。

【0012】

なお、支持パネの変位又は力の変動の低周波数成分は、主に前記トロリ線を支持する柱

50

の径間周期（例えば40～60m）の接触力変動に起因するものが支配的であり、このような低周波成分に比べて高周波成分は振動強度が小さい。そこで、高周波成分についてはアクティブ制御の対象外とすることで、より簡便に接触力変動の低減を図ることができる。そして、このような制御を行って接触力の変動を低減することで、離線発生の抑制や過大なトロリ線の押上力の抑制、トロリ線の歪みの抑制を実現でき、パンタグラフの集電性能を向上することができる。

【0013】

本発明のパンタグラフは、トロリ線（架線）に押し当てられる舟体と、該舟体を昇降可能に支持するとともに、前記トロリ線に押し当てる押上力を制御するアクチュエータを具備する支持機構と、該支持機構と前記舟体との間に介装された支持バネと、該支持バネの変位又は力を測定するセンサと、該センサで検知した前記支持バネの変位又は力の変動の低周波数成分のみに対応して前記アクチュエータを制御する制御手段と、を備えることを特徴とする。

10

【発明の効果】

【0014】

以上の説明から明らかなように、本発明によれば、計測系の構成を簡単にでき、より簡便に接触力変動の低減を図ることができるパンタグラフの接触力変動低減方法等を提供できる。

【発明を実施するための形態】

【0015】

20

以下、図面を参照しつつ説明する。

図1は、本実施例に係るパンタグラフの接触力変動低減方法の制御系統ブロック図である。

図2は、本実施例に係るパンタグラフ全体の機構図である。

図3は、本実施例に係るパンタグラフの計測系の構成を概念的に示す図である。

図4（A）はトロリ線の設置状態を模式的に示す図である。図4（B）はパンタグラフの接触力変動の一例を示すグラフであり、縦軸はパンタグラフ高さ（単位mm）を表し、横軸は車両の走行距離（単位m）を表す。

【0016】

まず、図2を参照しつつ、本実施例に係るパンタグラフの機構について説明する。

30

図2に示すパンタグラフ1は、電車の車体屋根2上に搭載されている。このパンタグラフ1は、舟体3と、この舟体3を車体屋根2上で昇降可能に支持する支持機構10を備えている。

【0017】

舟体3は、車体幅方向（左右方向：図2の紙面表裏方向）に沿って延びる箱状体である。この舟体3は、一例でアルミニウム合金等からなる。舟体3には、微動バネ6及びダッシュポット7を介して、すり板5が設けられている。このすり板5は、一例で鉄系や銅系の焼結合金製、あるいは、カーボン系材料等からなる。このすり板5がトロリ線（架線）Tに直接接触する。

なお、舟体3とすり板5とを合わせて舟体と呼称することもある。

40

【0018】

舟体3は、支持機構10で昇降可能に支持されている。この支持機構10の上部には、舟体3の下面に連結された支持バネ（復元バネ）11及びダッシュポット12が設けられている。支持バネ11及びダッシュポット12は、枠状の舟支え13に支えられている。舟体3は、支持機構10が上昇した後には、ダッシュポット12で減衰力が付与されつつ、支持バネ11の弾性力でトロリ線Tに押し付けられる。

【0019】

舟支え13は、昇降運動を行う枠組（図2の例では4節リンク）に連結されている。支持機構10の枠組は、前後方向（レール長手方向）に延びる上枠17を備えている。この上枠17の上端は、連結部16を介して舟支え13に連結されている。上枠17の下端側

50

は、くの字状に屈曲された形状となっている。この上枠 17 下端のくの字屈曲部には、第一節 18 を介して下枠 19 の上端が連結されている。舟支え 13 下端側と下枠 19 上端側は、上枠 17 の下方に配置された舟支えリンク 21 で繋がれている。この舟支えリンク 21 は、舟支え 13 及びその上の舟体 3 を正規の姿勢に保つ役割を果たすリンク部材である。上枠 17 の下端には、第三節 31 を介して釣り合い棒 33 の上端が連結されている。この釣り合い棒 33 の下端は、第四節 35 を介して車体屋根 2 上の取付フランジ 37 に連結されている。

【0020】

下枠 19 の下端は、主軸（第二節）23 に連結されている。この主軸 23 は、車体屋根 2 上の取付フランジ 38 に回動可能に取り付けられているとともに、車体屋根 2 上に配置された主バネ 27 及びダッシュポット 28 に連結されている。主バネ 27 は、パンタグラフ 1 の支持機構 10 の枠組に上昇力を与えるバネである。さらに、主バネ 27 の下側には、制御用アクチュエータ 41 が配置されている。この制御用アクチュエータ 41 の出力端は、連結部材 42 を介して主軸 23 に連結されている。制御用アクチュエータ 41 は、舟体 3・すり板 5 をトロリ線 T に押し当てる押上力を制御するためのアクチュエータである。一方、車体屋根 2 上には、パンタグラフ 1 の昇降用アクチュエータ 45 が設けられている。この昇降用アクチュエータ 45 は、主軸 23 から延びるてこ部材 46 に当接可能となっている。

【0021】

ここで、パンタグラフ 1 の昇降動作について説明する。

舟体 3 は、主バネ 27 の付勢力により下枠 19 が主軸 23 を支点として図 2 中 U 方向に起き上がり、この下枠 19 の動きが第一節 18 を介して上枠 17 に伝わり、さらに上枠 17 が図 2 中 U' 方向に起き上がり、連結部 16 を介して舟支え 13 が持ち上がることで上昇する。このように舟体 3 が上昇すると、すり板 5 がトロリ線 T に押し当てられる。これとは逆に、舟体 3 を下降させるには、昇降用アクチュエータ 45 によって、てこ部材 46 を D 方向に回転させる。すると、てこ部材 46 を介して主軸 23 が前述とは逆に回転し、主バネ 27 が付勢力に抗して伸びるとともに、下枠 19 が図 2 中 D 方向に下がる。そして、上枠 17 が図 2 中 D' 方向に回転し、パンタグラフ 1 が下降する。

【0022】

次に、図 3 を参照しつつ、制御用アクチュエータ 41 の具体例及び支持バネ 11 の計測系について説明する。なお、この図 3 では、図 2 に示すパンタグラフ 1 の構成部材のうちの一部が図示省略されている。

本実施例では、前述の制御用アクチュエータ 41 としてエアシリンダを用いるものとする。本実施例におけるエアシリンダ 41 は、空気配管 51 を介して空気元だめ 53 並びにリザーバタンク 54 に繋がっている。この空気配管 51 の途中は、空気碍子 55 を貫通している。さらに、空気配管 51 の途中には、高速電磁弁 57 が組み込まれている。

【0023】

本実施例における支持バネ 11 の力の計測系（舟体変位の計測系）には、光ファイバ式の歪みゲージが用いられる。すなわち、支持バネ 11 には、光ファイバ式の歪みゲージ 60 が設けられている。この歪みゲージ 60 は、光ファイバ 61 及びそれが貫通する碍子 63 を介して、コントローラ 65 に接続されている。そして、このコントローラ 65 は、前述の高速電磁弁 57 に接続されている。歪みゲージ 60 は、支持バネ 11 の歪みから支持バネ 11 の変位を計測するセンサの役割を果たす。この支持バネ 11 の変位の計測結果は、光ファイバ 61 を介してコントローラ 65 に送られる。

【0024】

ここで、図 4（A）に示すように、トロリ線を支える電柱は、通常 40～60 m おきに立ち上げられている（この電柱の間隔を径間という）。トロリ線は、電柱間に架け渡された吊架線に複数のハンガを介して吊られている。各ハンガの間隔は、一例で 5 m である。図 4（B）は、電柱間の距離（径間）が 50 m の軌道において時速 300 km で走行する鉄道車両の、パンタグラフ高さ変化を数値シミュレーションにより求めたデータの一例が

10

20

30

40

50

示されている。図中実線のグラフは車両進行方向前側のパンタグラフの高さ変動を表し、図中点線のグラフは車両進行方向後側のパンタグラフの高さ変動を表す。この図のグラフから、パンタグラフの高さは、トロリ線の吊架状態に応じて周期的に、おおよそ 20 ~ 35 mm の範囲で変動し、これによって接触力も変動することがわかる。

【0025】

支持バネ 11 の変位の変動の低周波数成分（図 4 に示す径間 50 m の場合では 2 ~ 3 Hz 以下）は、主に径間周期の接触力変動に起因するものが支配的であり、この低周波成分に比べて高周波成分は振動強度が小さい。そこで、本実施例のコントローラ 65 は、高周波成分については制御の対象外とし、歪みゲージ 60 で測定した支持バネ 11 の力の変動低周波数成分をゼロに近づけるよう、図 1 に示すアルゴリズムにしたがって前述のエアシリンダ（制御用アクチュエータ 41）をアクティブ制御する。このエアシリンダの制御は、図 3 の高速電磁弁 57 の開閉度を調整することで行われる。

10

【0026】

図 1 には、前述のパンタグラフ 1 がモデル化されて示されている。この図 1 のパンタグラフ 1 においては、舟体（ここでは前述の舟体 3、すり板 5 及びそれらの間の微動バネ 6・ダッシュポット 7 が纏めて図示されている）の質量を m_1 、支持機構の枠組の質量を m_2 とする。さらに、舟体と支持機構との間の支持バネ 11 のバネ定数を k_1 、ダッシュポット 12 の減衰係数を c_1 、舟体 3 の変位を y_1 とし、ダッシュポット 28 の減衰係数を c_2 、支持機構 10 の変位を y_2 とする。支持バネ 11 の変位 $y_1 - y_2$ は、図 3 を用いて前述した計測系において求められる。

20

【0027】

本実施例におけるコントローラ 65 は、比例積分微分（PID：Proportional-Integral-Differential）制御器 66 を有している。PID 制御器 66 は、比例動作に積分動作と微分動作を加えた制御を行い、残留偏差をなくすように前述のエアシリンダ（制御用アクチュエータ 41）の出力 P_0 を制御する。この PID 制御器 66 には、トロリ線 T から舟体 3 に加わる接触力

$$F_c = (y_1 - y_2) k_1 + (dy_1/dt - dy_2/dt) c_1$$

と、制御目標量 F_T とが入力されて両者の差が演算され、エアシリンダに対する操作量 $F_{c_{ont}}$ が出力される。このようなアルゴリズムによって、制御目標量 F_T の変動低周波数成分をゼロに近づけるようなエアシリンダ出力 P_0 が与えられる。なお、エアシリンダ及び高速電磁弁の動特性の補償ならびにパンタグラフ動特性の補償のため、PID 制御器の直後にこれらの補償器を挿入することができる。

30

【0028】

本実施例では、低周波数成分（約 1 ~ 3 Hz）の変動に着目することで、舟体 3 と支持機構 10 との変位の位相差が小さいこと、舟体 3 の慣性力を無視できることといった利点を活用することができ、図 1 のような簡単な制御アルゴリズムを実現している。そして、このようなアルゴリズムにしたがってエアシリンダ（制御用アクチュエータ 41）の出力 P_0 を制御することで、径間周期の接触力変動を抑制することができ、よってパンタグラフの集電性能を向上することができる。

【図面の簡単な説明】

40

【0029】

【図 1】本実施例に係るパンタグラフの接触力変動低減方法の制御系統ブロック図である。

【図 2】本実施例に係るパンタグラフ全体の機構図である。

【図 3】本実施例に係るパンタグラフの計測系の構成を概念的に示す図である。

【図 4】図 4（A）はトロリ線の設置状態を模式的に示す図である。図 4（B）はパンタグラフの接触力変動の一例を示すグラフである。

【符号の説明】

【0030】

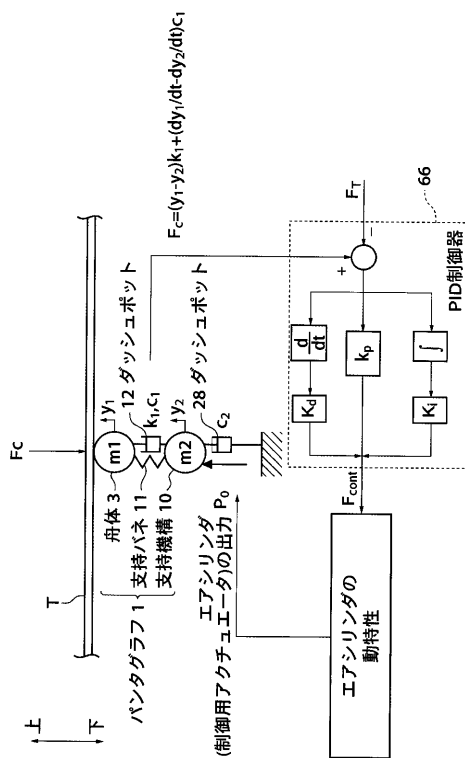
T トロリ線

50

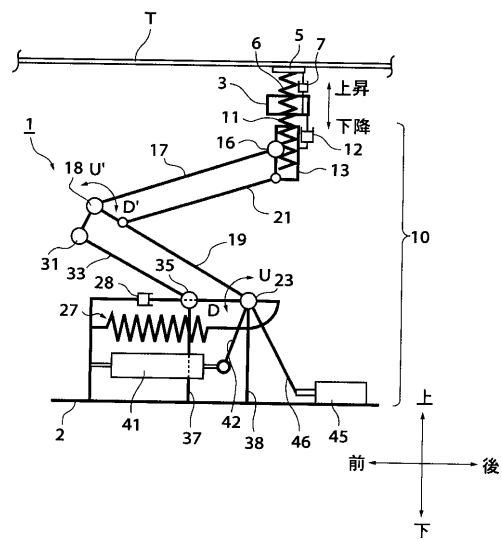
- 1 パンタグラフ
- 5 すり板
- 11 支持バネ
- 41 制御用アクチュエータ（エアシリンダ）
- 54 リザーバタンク
- 60 歪みゲージ
- 65 コントローラ

- 3 舟体
- 10 支持機構
- 13 舟支え
- 53 空気元だめ
- 57 高速電磁弁
- 61 光ファイバ

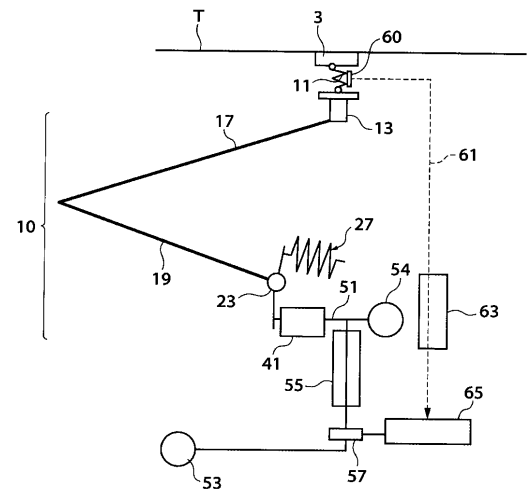
【図 1】



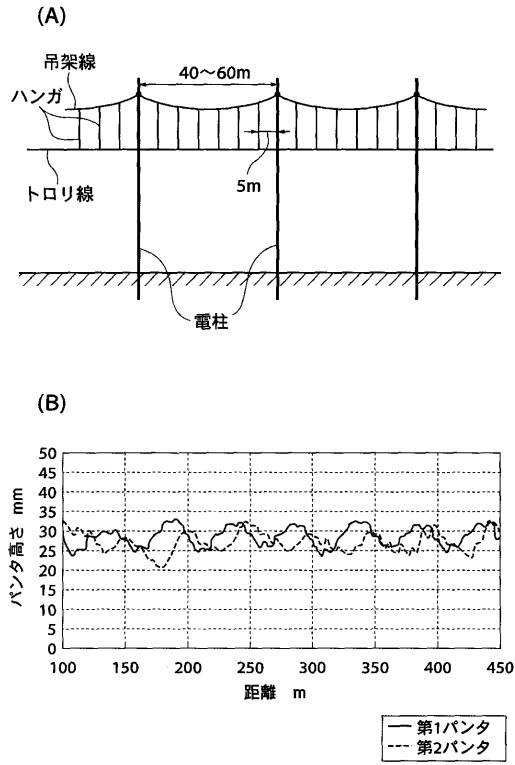
【図 2】



【 図 3 】



【 図 4 】



フロントページの続き

(72)発明者 瀧上 唯夫

東京都国分寺市光町二丁目 8 番地 3 8 財団法人 鉄道総合技術研究所内

F ターム(参考) 5H105 AA01 AA14 BA02 BB01 CC12 DD04 EE03 EE07 EE13 EE16