

(43) 国際公開日
2016 年 6 月 30 日(30.06.2016)



(10) 国際公開番号

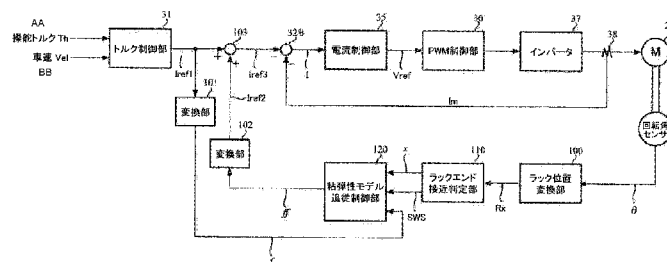
WO 2016/104569 A1

- | | |
|--|--|
| <p>(51) 国際特許分類:
 B62D 6/00 (2006.01) <i>B62D 101/00</i> (2006.01)
 B62D 5/04 (2006.01) <i>B62D 119/00</i> (2006.01)</p> | <p>(74) 代理人: 安形 雄三(AGATA Yuzo); 〒1070052 東京都港区赤坂 2-5-7 N I K K E N 赤坂ビル 8階 Tokyo (JP).</p> |
| <p>(21) 国際出願番号: PCT/JP2015/085953</p> | <p>(81) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の国内保護が可能): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JP, KE, KG, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.</p> |
| <p>(22) 国際出願日: 2015 年 12 月 24 日(24.12.2015)</p> | |
| <p>(25) 国際出願の言語: 日本語</p> | |
| <p>(26) 国際公開の言語: 日本語</p> | |
| <p>(30) 優先権データ:
 特願 2014-262244 2014 年 12 月 25 日(25.12.2014) JP
 特願 2015-183259 2015 年 9 月 16 日(16.09.2015) JP
 特願 2015-183265 2015 年 9 月 16 日(16.09.2015) JP
 特願 2015-183266 2015 年 9 月 16 日(16.09.2015) JP</p> | <p>(84) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の広域保護が可能): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーロパ (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), ユーロッパ (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG).</p> |
| <p>(71) 出願人: 日本精工株式会社(NSK LTD.) [JP/JP]; 〒1418560 東京都品川区大崎 1-6-3 Tokyo (JP).</p> | |
| <p>(72) 発明者: 坂口 徹(SAKAGUCHI Toru); 〒3718527 群馬県前橋市鳥羽町 7 8 番地 日本精工株式会社内 Gunma (JP). 丸山 翔也(MARUYAMA Shoya); 〒3718527 群馬県前橋市鳥羽町 7 8 番地 日本精工株式会社内 Gunma (JP).</p> | |

[続葉有]

(54) Title: ELECTRIC POWER STEERING DEVICE

(54) 発明の名称：電動パワーステアリング装置



21 Rotation angle sensor
31 Torque control unit
35 Current control unit
36 PWM control unit
37 Inverter
100 Rack position conversion unit
101, 102 Conversion unit
110 Rack end approach determination unit
120 Viscoelastic model follow-control unit
AA Steering torque Th
BB Vehicle speed Vel

(S7) Abstract: [Problem] To provide a high-performance electric power steering device that: constitutes a control system on the basis of a physical model; constitutes model-following control whereby output (distance to a rack end) of a control target follows a reference model; suppresses the occurrence of noise at end contact, without providing any unusual steering sensation to the driver; suppresses impact force; and has variable model parameters and control parameters for a feedback (FB) control unit. [Solution] An electric power steering device that constitutes model-following control comprising an FB control unit and having a viscoelastic model as a reference model within a prescribed angle range just prior to a rack end. The FB control unit comprises an FB element that calculates target rack displacement on the basis of input-side rack axial force and a control element unit that outputs output-side rack axial force on the basis of the target rack displacement and the position deviation of the rack displacement.

(57) 要約:

[続葉有]

WO 2016/104569 A1



添付公開書類:

— 国際調査報告 (条約第 21 条(3))

【課題】物理モデルに基づいた制御系を構成し、規範モデルに制御対象の出力（ラックエンドまでの距離）が追従するようなモデルフォロ잉制御を構成し、運転者に操舵違和感を与えずに端当て時の異音の発生を抑制し、衝撃力を抑制させると共に、フィードバック（FB）制御部のモデルパラメータ、制御パラメータを可変とした高性能な電動パワーステアリング装置を提供する。【解決手段】電動パワーステアリング装置において、ラックエンド手前の所定角度の範囲内で粘弾性モデルを規範モデルとした、FB制御部で成るモデルフォロ잉制御の構成であり、FB制御部が入力側ラック軸力に基づいて目標ラック変位を演算するFB要素と、目標ラック変位及びラック変位の位置偏差に基づいて出力側ラック軸力を出力する制御要素部とで構成する。

明 細 書

発明の名称： 電動パワーステアリング装置

技術分野

[0001] 本発明は、少なくとも操舵トルクに基づいて電流指令値を演算し、電流指令値によってモータを駆動し、車両の操舵系にアシスト力を付与するようにした電動パワーステアリング装置に関し、特に粘弾性モデルを規範モデルとし、ラックエンド近傍で電流指令値を絞ることによりアシストトルクを減少させ、端当て時の勢いを減衰して衝撃エネルギーを低くし、運転者の不快に感じる打音（異音）を抑制し、操舵フィーリングを向上した電動パワーステアリング装置に関する。

[0002] また、ラック軸力、ラック変位に基づいて規範モデルのモデルパラメータ、制御系（フィードバック制御部）の制御パラメータを可変させ、或いは入力の制限により衝撃を抑制し、あらゆる路面状況にも対応可能な高性能な電動パワーステアリング装置に関する。

背景技術

[0003] 車両の操舵系にモータの回転力でアシスト力を付与する電動パワーステアリング装置（EPS）は、モータの駆動力を減速機を介してギア又はベルト等の伝達機構により、ステアリングシャフト或いはラック軸にアシスト力を付与するようになっている。かかる従来の電動パワーステアリング装置は、アシスト力のトルクを正確に発生させるため、モータ電流のフィードバック制御を行っている。フィードバック制御は、電流指令値とモータ電流検出値との差が小さくなるようにモータ印加電圧を調整するものであり、モータ印加電圧の調整は、一般的にPWM（パルス幅変調）制御のデューティの調整で行っている。

[0004] 電動パワーステアリング装置の一般的な構成を図1に示して説明すると、ハンドル1のコラム軸（ステアリングシャフト、ハンドル軸）2は減速ギア3、ユニバーサルジョイント4a及び4b、ピニオンラック機構5、タイロ

ッド6 a, 6 bを経て、更にハブユニット7 a, 7 bを介して操向車輪8 L, 8 Rに連結されている。また、コラム軸2には、ハンドル1の操舵トルクを検出するトルクセンサ10が設けられており、ハンドル1の操舵力を補助するモータ20が減速ギア3を介してコラム軸2に連結されている。電動パワーステアリング装置を制御するコントロールユニット（ECU）30には、バッテリー13から電力が供給されると共に、イグニッションキー11を経てイグニッションキー信号が入力される。コントロールユニット30は、トルクセンサ10で検出された操舵トルク T_h と車速センサ12で検出された車速 $V_e l$ とに基づいて、アシストマップを用いてアシスト指令の電流指令値の演算を行い、演算された電流指令値に補償等を施した電圧制御値 $V_{r e f}$ によってモータ20に供給する電流を制御する。

[0005] コントロールユニット30には、車両の各種情報を授受するCAN（Controller Area Network）40が接続されており、車速 $V_e l$ はCAN40から受信することも可能である。また、コントロールユニット30には、CAN40以外の通信、アナログ／デジタル信号、電波等を授受する非CAN41も接続可能である。

[0006] このような電動パワーステアリング装置において、コントロールユニット30は主としてCPU（MPUやMCUを含む）で構成されるが、そのCPU内部においてプログラムで実行される一般的な機能を示すと、例えば図2に示されるような構成となっている。

[0007] 図2を参照してコントロールユニット30の機能及び動作を説明すると、トルクセンサ10からの操舵トルク T_h 及び車速センサ12からの車速 $V_e l$ は電流指令値を演算するトルク制御部31に入力され、演算された電流指令値 $I_{r e f 1}$ は減算部32 Bに入力され、モータ電流検出値 I_m と減算される。減算部32 Bでの減算結果である偏差 I （ $= I_{r e f 1} - I_m$ ）はPI制御等の電流制御部35で制御され、電流制御された電圧制御値 $V_{r e f}$ がPWM制御部36に入力されてデューティを演算され、PWM信号でインバータ37を介してモータ20をPWM駆動する。モータ20のモータ電流

値 I_m はモータ電流検出器 38 で検出され、減算部 32B に入力されてフィードバックされる。モータ 20 にはレゾルバ等の回転角センサ 21 が連結されており、回転角 θ が検出されて出力される。

[0008] このような電動パワーステアリング装置では、操舵系の最大舵角（ラックエンド）の近傍で大きなアシストトルクがモータにより付加されると、操舵系が最大舵角に至った時点で大きな衝撃が生じ、打音（異音）が発生して、運転者が不快に感じる可能性がある。

[0009] そのため、特公平 6-4417 号公報（特許文献 1）には、操舵系の操舵角が最大操舵角より所定値手前になったことを判定する操舵角判定手段を備えると共に、操舵角が最大操舵角より所定値手前になったときにモータへ供給する電力を減少させて、アシストトルクを減少させる補正手段を備えた電動式パワーステアリング装置が開示されている。

[0010] また、特許第 4115156 号公報（特許文献 2）には、調節機構が端位置に近づいているかどうかを決定し、調節機構が端位置に近づいていることがわかった場合、ステアリング補助を減少するように駆動手段を制御し、調節機構が端位置に近付く速度を決定するため、位置センサによって決定された調節速度が評価される電動パワーステアリング装置が示されている。

先行技術文献

特許文献

[0011] 特許文献 1：特公平 6-4417 号公報

特許文献 2：特許第 4115156 号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0012] しかしながら、特許文献 1 に開示された電動式パワーステアリング装置では、操舵角が最大操舵角より所定値手前になったことで電力を減少させており、操舵速度等を全く考慮していないので、微細な電流低減制御ができない。また、モータのアシストトルクを減少させる特性が全く示されておらず、

具体的な構成となっていない。

[0013] また、特許文献2に開示された電動パワーステアリング装置では、アシスト量を終端に向かうに従って減少していくが、終端に近づく速度に応じてアシスト量低減の速さを調整し、終端での速度を十分に落とすようにしている。しかし、特許文献2では、速度に応じて低減する特性を変化させることのみを示しており、物理的なモデルには基づいていない。また、フィードバック制御していないため、路面状況（負荷状態）によっては特性或いは結果が変化する恐れがある。

[0014] 本発明は上述のような事情よりなされたものであり、本発明の目的は、物理モデルに基づいた制御系を構成し、規範モデルに制御対象の出力（ラックエンドまでの距離）が追従するようなモデルフォロ잉制御を構成し、運転者に操舵違和感を与えずに端当て時の異音の発生を抑制し、衝撃力を抑制させると共に、フィードバック（F B）制御部のモデルパラメータ、制御パラメータを可変とし、或いは入力制限により衝撃力を抑制した高性能な電動パワーステアリング装置を提供することにある。

課題を解決するための手段

[0015] 本発明は、少なくとも操舵トルクに基づいて電流指令値を演算し、前記電流指令値に基づいてモータを駆動することにより、操舵系をアシスト制御する電動パワーステアリング装置に関し、本発明の上記目的は、ラックエンド手前の所定角度 $\times_0$ の範囲内で粘弾性モデルを規範モデルとした、フィードバック制御部で成るモデルフォロ잉制御の構成であり、前記フィードバック制御部が入力側ラック軸力 f に基づいて目標ラック変位を演算するフィードバック要素と、前記目標ラック変位及びラック変位 x の位置偏差に基づいて出力側ラック軸力 f_f を出力する制御要素部とで構成され、前記フィードバック要素及び前記制御要素部の少なくとも一方のパラメータを可変して設定する補正部を具備することにより、或いは更に、前記操舵トルク及び前記電流指令値に基づいてラック軸力 f_4 を演算する軸力演算部と、前記ラック軸力 f_4 の最大値を制限値により制限して前記入力側ラック軸力 f を出力する

リミッタとを具備することにより、或いは更に、前記操舵トルク及び前記電流指令値に基づくラック軸力 f_3 から前記入力側ラック軸力 f を演算する軸力演算部を具備し、前記ラック軸力演算部が、前記ラック軸力 f_3 の絶対値及び符号を算出する絶対値／符号部と、前記絶対値がスレッシュホールド以上であるかを判定する判定部と、前記絶対値から前記スレッシュホールドを減算する減算部と、減算結果に前記符号を乗算する乗算部と、前記乗算結果又は固定値を出力する切替部とで構成されていることにより達成される。

発明の効果

[0016] 本発明の電動パワーステアリング装置によれば、物理モデルに基づいた制御系を構成しているので、定数設計に見通しが立て易くなり、規範モデルに制御対象の出力（ラックエンドまでの距離）が追従するようなモデルフォロ잉制御を構成しているので、負荷状態（外乱）や制御対象の変動にロバスト（頑健）な端当て抑制制御が可能となる利点がある。

[0017] また、本発明の電動パワーステアリング装置によれば、規範モデルのモデルパラメータ及び制御要素のパラメータをラック軸力、ラック変位に基づいて可変としているので、制御性が一層向上し、また、ラック軸力の入力を制限しているので衝撃を抑制することができ、あらゆる路面状況に応じた対応が可能となる利点がある。

図面の簡単な説明

[0018] [図1]電動パワーステアリング装置の概要を示す構成図である。

[図2]電動パワーステアリング装置の制御系の構成例を示すブロック図である。

[図3]本発明の構成例を示すブロック図である。

[図4]ラック位置変換部の特性例を示す図である。

[図5]粘弾性モデル追従制御部の構成例（実施形態1）を示すブロック図である。

[図6]粘弾性モデル追従制御部の構成例（実施形態2）を示すブロック図である。

[図7]本発明の動作例（全体）を示すフローチャートである。

[図8]粘弾性モデル追従制御部の動作例を示すフローチャートである。

[図9]粘弾性モデルの模式図である。

[図10]粘弾性モデル追従制御部の詳細原理を説明するためのブロック図である。

[図11]粘弾性モデル追従制御部の詳細原理を説明するためのブロック図である。

[図12]粘弾性モデル追従制御部の詳細原理を説明するためのブロック図である。

[図13]粘弾性モデル追従制御部の詳細原理を説明するためのブロック図である。

[図14]粘弾性モデル追従制御部の詳細な構成例（実施形態3）を示すブロック図である。

[図15]ラック位置によって規範モデルのパラメータを変更する例を示す図である。

[図16]粘弾性モデル追従制御部の詳細な構成例（実施形態4）を示すブロック図である。

[図17]本発明の実施例1を示すブロック構成図である。

[図18]制御系の位置補正部の感応特性例を示す特性図である。

[図19]制御パラメータ設定部の特性例を示す特性図である。

[図20]モデル系の位置補正部の感応特性例を示す特性図である。

[図21]本発明の実施例1の動作例を示すフローチャートである。

[図22]フィードバック制御の動作例を示すフローチャートである。

[図23]本発明の実施例2を示すブロック構成図である。

[図24]制御パラメータ設定部の特性例を示す特性図である。

[図25]モデルパラメータ設定部の特性例を示す特性図である。

[図26]本発明の実施例3を示すブロック構成図である。

[図27]制御系の位置補正部の感応特性例を示す特性図である。

[図28]モデル系の位置補正部の感応特性例を示す特性図である。

[図29]本発明の実施例4を示すブロック構成図である。

[図30]制御系の位置補正部の感応特性例を示す特性図である。

[図31]モデル系の位置補正部の感応特性例を示す特性図である。

[図32]走行状態による反力（ラック軸力）の特性例を示す特性図である。

[図33]本発明の実施例5を示すブロック構成図である。

[図34]リミッタの特性例を示す特性図である。

[図35]制御パラメータ設定部の特性例を示す特性図である。

[図36]本発明の実施例5の動作例を示すフローチャートである。

[図37]本発明の効果を説明する特性図である。

[図38]本発明の実施例6を示すブロック構成図である。

[図39]制限値の変化例（増加）を示す特性図である。

[図40]制限値の変化例（減少）を示す特性図である。

[図41]本発明の実施例7を示すブロック構成図である。

[図42]本発明の実施例8を示すブロック構成図である。

[図43]本発明の実施例8の動作例を示すフローチャートである。

[図44]本発明の動作例（実施例8）を示すタイムチャートである。

[図45]本発明の実施例9を示すブロック構成図である。

[図46]本発明の動作例（実施例9）を示すタイムチャートである。

発明を実施するための形態

[0019] 本発明は、ラックエンド近傍の物理モデルに基づいた制御系を構成し、粘弾性モデル（バネ定数、粘性摩擦係数）を規範モデルとし、その規範モデルに制御対象の出力（ラックエンドまでの距離）が追従するようなモデルフォロ잉制御を構成し、運転者に操舵違和感を与えずに端当て時の異音の発生を抑制し、衝撃力を減衰する電動パワーステアリング装置である。

[0020] モデルフォロ잉制御は粘弾性モデル追従制御部で構成し、粘弾性モデル追従制御部をフィードフォワード制御部若しくはフィードバック制御部或いはその両者で構成し、ラックエンド手前の所定角度外では通常のアシス

ト制御を行い、ラックエンド手前の所定角度内でモデルフォロ잉制御を行い、ラックエンドに当たる時の衝撃力を減衰する。

[0021] 更に本発明では、モデルフォロ잉制御の粘弾性モデルのモデルパラメータ及び制御要素に対する制御パラメータ（フィードバック制御部の制御ゲイン）を所定角度内で可変すると共に、所定角度範囲内に入ったときのラック軸力に応じてモデルパラメータ及び制御パラメータを可変とする。例えば、開始舵角付近では、粘弾性モデルのバネ項を小さく、制御ゲインを低くし、ラックエンドに近づくにつれて大きく設定する。また、所定角度範囲内に入ったときのラック軸力が小さいほどバネ項を大きくし、制御ゲインを大きく設定する。このようにすることで、開始舵角付近の制御量が小さく、所定範囲内外でのアシスト量の変化量が小さくなる。これにより、運転者はアシスト量の変化による反力違和感を感じないようにできる。また、ラックエンドに近い領域では制御ゲインを大きく設定し、制御量を大きくすることができるため、ラックエンドに到達する時の衝撃力を減衰できる。

[0022] また、路面状態（アスファルト、濡れた路面、氷上、雪上等）により、所定角度範囲のラック軸力が変化する。路面の摩擦係数が小さい場合（氷上、雪上）ではラック軸力が小さく、アスファルトでは路面摩擦係数が大きくラック軸力が大きい。モデルパラメータ、制御パラメータ（ゲイン）をアスファルトで適切に設定した場合、氷上、雪上などでは適切ではなくなる可能性がある。摩擦係数が小さい場合は、ラックエンドに向けて大きなアシスト力を発生できる余裕量が大きく、舵角が大きく進み、ラックエンドに到達する可能性が高くなる。所定角度範囲に入った時点でのラック軸力が小さいほど、粘弾性モデルのバネ定数を大きくし、制御ゲインを高くすることで、舵角進み角度を小さくすることが望まれる。そこで、本発明では、ラック軸力が小さいほど、バネ定数が大きく制御ゲインを高くすることのできる補正部を設け、更に別の実施例では、ラック軸力の最大入力を制限値により制限して、衝撃の抑制を図っている。

[0023] 以下に、本発明の実施形態を、図面を参照して説明する。

[0024] 先ず、本発明の前提となるモデルフォロ잉制御について、図2に対応させて示す図3を説明する。

[0025] 図3に示すモデルフォロ잉制御では、電流指令値 I_{ref1} は変換部101でラック軸力 f に変換され、ラック軸力 f は粘弾性モデル追従制御部120に入力される。ラック軸力 f はコラム軸トルクと等価であるが、以下の説明では便宜的にラック軸力として説明する。

電流指令値 I_{ref1} からラック軸力 f への変換は、下記数1に従って行われる。

(数1)

$$f = G1 \times I_{ref1}$$

ここで、 K_t をトルク定数 $[Nm/A]$ 、 G_r を減速比、 C_f を比ストローク $[m/rev.]$ として、 $G1 = K_t \times G_r \times (2\pi/C_f)$ である。

回転角センサ21からの回転角 θ はラック位置変換部100に入力され、判定用ラック位置 R_x に変換される。判定用ラック位置 R_x はラックエンド接近判定部110に入力され、ラックエンド接近判定部110は図4に示すように、判定用ラック位置 R_x がラックエンド手前の所定位置 x_0 以内にあると判定したときに端当て抑制制御機能を働かせ、ラック変位 x を出力すると共に切替信号 SWS を出力する。切替信号 SWS 及びラック変位 x は、ラック軸力 f と共に粘弾性モデル追従制御部120へ入力され、粘弾性モデル追従制御部120で制御演算されたラック軸力 f_f は変換部102で電流指令値 I_{ref2} に変換され、電流指令値 I_{ref2} は加算部103で電流指令値 I_{ref1} と加算されて電流指令値 I_{ref3} となる。電流指令値 I_{ref3} に基づいて、上述したアシスト制御が行われる。

[0026] なお、図4に示すラックエンド近接領域を設定する所定位置 x_0 は、適宜な位置に設定可能である。所定位置 x_0 はラック比ストローク、車種、フィール等により一義的には定まらず、通常ラックエンド手前1～50mm程度に設

定される。

[0027] 変換部 102 でのラック軸力 f_f から電流指令値 I_{ref2} への変換は、下記数 2 に従って行われる。

(数 2)

$$I_{ref2} = f_f / G_1$$

粘弾性モデル追従制御部 120 の詳細は、図 5 又は図 6 に示される。

[0028] 図 5 の実施形態 1 では、ラック軸力 f はフィードフォワード制御部 130 及びフィードバック制御部 140 に入力され、ラック変位 x はフィードバック制御部 140 に入力される。フィードフォワード制御部 130 からのラック軸力 F_F は切替部 121 に入力され、フィードバック制御部 140 からのラック軸力 F_B は切替部 122 に入力される。切替部 121 及び 122 は切替信号 SWS によって ON/OFF され、切替信号 SWS によって OFF されているときは、各出力 u_1 及び u_2 はゼロである。切替信号 SWS によって切替部 121 及び 122 が ON されたとき、切替部 121 からのラック軸力 F_F がラック軸力 u_1 として出力され、切替部 122 からのラック軸力 F_B がラック軸力 u_2 として出力される。切替部 121 及び 122 からのラック軸力 u_1 及び u_2 が加算部 123 で加算され、加算値のラック軸力 f_f が粘弾性モデル追従制御部 120 から出力される。ラック軸力 f_f は、変換部 102 で電流指令値 I_{ref2} に変換される。

[0029] また、図 6 の実施形態 2 では、ラック変位 x はフィードフォワード制御部 130 及びフィードバック制御部 140 に入力され、ラック軸力 f はフィードバック制御部 140 に入力される。以下は図 5 の実施形態 1 と同様に、フィードフォワード制御部 130 からのラック軸力 F_F は切替部 121 に入力され、フィードバック制御部 140 からのラック軸力 F_B は切替部 122 に入力される。切替部 121 及び 122 は切替信号 SWS によって ON/OFF され、切替信号 SWS によって OFF されているときは、各出力 u_1 及び u_2 はゼロである。切替信号 SWS によって切替部 121 及び 122 が ON され

たとき、切替部 121 からのラック軸力 F_F がラック軸力 u_1 として出力され、切替部 122 からのラック軸力 F_B がラック軸力 u_2 として出力される。切替部 121 及び 122 からのラック軸力 u_1 及び u_2 が加算部 123 で加算され、加算値のラック軸力 f_f が粘弾性モデル追従制御部 120 から出力される。ラック軸力 f_f は変換部 102 で電流指令値 I_{ref2} に変換される。

[0030] このような構成において、先ずその動作例全体を図 7 のフローチャートを参照して、次いで粘弾性モデル追従制御（実施形態 1 及び 2）の動作例を図 8 のフローチャートを参照して説明する。

[0031] スタート段階においては、切替部 121 及び 122 は切替信号 SWS によって OFF されている。そして、動作がスタートすると先ず、トルク制御部 31 は操舵トルク T_h 及び車速 V_{el} に基づいて電流指令値 I_{ref1} を演算し（ステップ S10）、ラック位置変換部 100 は回転角センサ 21 からの回転角 θ を判定用ラック位置 R_x に変換する（ステップ S11）。ラックエンド接近判定部 110 は判定用ラック位置 R_x に基づいてラックエンド接近か否かを判定し（ステップ S12）、ラックエンド接近でない場合には、粘弾性モデル追従制御部 120 からラック軸力 f_f は出力されず、電流指令値 I_{ref1} に基づく通常の操舵制御が実行され（ステップ S13）、終了となるまで継続される（ステップ S14）。

[0032] 一方、ラックエンド接近判定部 110 でラックエンド接近が判定された場合には、粘弾性モデル追従制御部 120 による粘弾性モデル追従制御が実行される（ステップ S20）。即ち、図 8 に示すように、ラックエンド接近判定部 110 から切替信号 SWS が出力されると共に（ステップ S201）、ラック変位 x が出力される（ステップ S202）。また、変換部 101 は、前記数 1 に従って電流指令値 I_{ref1} をラック軸力 f に変換する（ステップ S203）。図 5 の実施形態 1 では、フィードフォワード制御部 130 はラック軸力 f に基づいてフィードフォワード制御を行い（ステップ S204）、フィードバック制御部 140 はラック変位 x 及びラック軸力 f に基づいてフィードバック制御を行う（ステップ S205）。また、図 6 の実施形態

2では、フィードフォワード制御部130はラック変位 x に基づいてフィードフォワード制御を行い（ステップS204）、フィードバック制御部140はラック変位 x 及びラック軸力 f に基づいてフィードバック制御を行う（ステップS205）。なお、いずれの場合も、フィードフォワード制御及びフィードバック制御の順番は、逆であっても良い。

[0033] ラックエンド接近判定部110からの切替信号SWSは切替部121及び122に入力され、切替部121及び122がONされる（ステップS206）。切替部121及び122がONされると、フィードフォワード制御部130からのラック軸力 F_F がラック軸力 u_1 として出力され、フィードバック制御部140からのラック軸力 F_B がラック軸力 u_2 として出力される。ラック軸力 u_1 及び u_2 は加算部123で加算され（ステップS207）、加算結果としてのラック軸力 f_f が変換部102で、前記数2に従って電流指令値 I_{ref2} に変換される（ステップS208）。

[0034] ここで、本発明の粘弾性モデル追従制御部120は、ラックエンド近辺の物理モデルに基づいた制御系となっており、ラックエンド手前の所定角度以内で粘弾性モデル（バネ定数 k_0 [N/m]、粘性摩擦係数 μ [N/(m/s)]）を規範モデル（入力：力、出力：変位で記述された物理モデル）としたモデルフォロ잉制御を構成し、ラックエンドに当たる時の衝撃力を減衰している。

[0035] 図9はラックエンド近傍の模式図を示しており、質量 m と力 F_0 、 F_1 の関係は数3である。粘弾性モデルの方程式の算出は、例えば関西大学理工学会誌「理工学と技術」Vol. 17（2010）の「弾性膜と粘弾性の力学の基礎」（大場謙吉）に示されている。

[0036] [数3]

$$F = m\ddot{x} + F_0 + F_1$$

そして、ラック変位 x_1 、 x_2 に対して、 k_0 、 k_1 をバネ定数とすると、数4～数6が成立する。

（数4）

$$x = x_1 + x_2$$

(数5)

$$F_0 = k_0 x$$

[0037] [数6]

$$F_1 = \mu_1 \frac{dx_1}{dt} = k_1 x_2$$

従って、上記数3に上記数4～数6を代入して数7となる。

[0038] [数7]

$$\begin{aligned} F &= m\ddot{x} + k_0 x + k_1 x_2 \\ &= m\ddot{x} + k_0 x + k_1 (x - x_1) = m\ddot{x} + (k_0 + k_1) x - k_1 x_1 \end{aligned}$$

上記数7を微分すると、下記数8となり、 μ_1 / k_1 を両辺に乗算すると数9となる。

[0039] [数8]

$$\dot{F} = m\ddot{\dot{x}} + (k_0 + k_1) \dot{x} - k_1 \dot{x}_1$$

[0040] [数9]

$$\frac{\mu_1}{k_1} \dot{F} = \frac{\mu_1}{k_1} m\ddot{\dot{x}} + \frac{\mu_1}{k_1} (k_0 + k_1) \dot{x} - \mu_1 \dot{x}_1$$

そして、数7と数9を加算すると、数10となる。

[0041] [数10]

$$F + \frac{\mu_1}{k_1} \dot{F} = m\ddot{x} + \frac{\mu_1}{k_1} m\ddot{\dot{x}} + (k_0 + k_1) x - k_1 x_1 + \frac{\mu_1}{k_1} (k_0 + k_1) \dot{x} - \mu_1 \dot{x}_1$$

数10に上記数4及び数6を代入すると、下記数11となる。

[0042] [数11]

$$F + \frac{\mu_1}{k_1} \dot{F} = m\ddot{x} + \frac{\mu_1}{k_1} m\ddot{\dot{x}} + k_0 x + \mu_1 (1 + k_0 / k_1) \dot{x}$$

ここで、 $\mu_1 / k_1 = \tau_e$, $k_0 = E_r$, $\mu_1 (1 / k_0 + 1 / k_1) = \tau_\delta$ とする

と、上記数 1 1 は数 1 2 となり、ラプラス変換すると数 1 3 が成立する。

[0043] [数12]

$$F + \tau_e \dot{F} = \tau_e m \ddot{x} + m \ddot{x} + E_r (x + \tau_\delta \dot{x})$$

[0044] [数13]

$$(1 + \tau_e s) F(s) = \{ \tau_e m s^3 + m s^2 + E_r (1 + \tau_\delta s) \} X(s)$$

上記数 1 3 を $X(s) / F(s)$ で整理すると、下記数 1 4 となる。

[0045] [数14]

$$\frac{X(s)}{F(s)} = \frac{1 + \tau_e s}{\tau_e m s^3 + m s^2 + E_r (1 + \tau_\delta s)}$$

数 1 4 は入力力 f から出力変位 x までの特性を示す 3 次の物理モデル（伝達関数）となり、バネ定数 $k_1 = \infty$ のバネとすると $\tau_e \rightarrow 0$ であり、 $\tau_\delta = \mu_1 \cdot 1 / k_0$ であるので、2 次関数の下記数 1 5 が導かれる。

[0046] [数15]

$$\frac{X(s)}{F(s)} = \frac{1}{m \cdot s^2 + \mu_1 \cdot s + k_0}$$

本発明では、数 1 5 で表される 2 次関数を規範モデル G_m として説明する。即ち、数 1 6 を規範モデル G_m としている。ここで、 $\mu_1 = \mu$ としている。

[0047] [数16]

$$G_m = \frac{1}{m \cdot s^2 + \mu \cdot s + k_0}$$

次に、電動パワーステアリング装置の実プラント 1 4 6 を下記数 1 7 で表わされる P とし、本発明の規範モデル追従型制御を 2 自由度制御系で設計すると、 P_n 及び P_d を実際のモデルとして図 1 0 の構成となる。ブロック 1 4 3 (C_d) は制御要素部を示している。（例えば朝倉書店発行の前田肇、

杉江俊治著「アドバンスト制御のためのシステム制御理論」参照)

[0048] [数17]

$$P = \frac{Pn}{Pd} = \frac{N}{D} = \frac{1}{m \cdot s^2 + \eta \cdot s}$$

実プラントPを安定な有理関数の比で表わすために、N及びDを下記数18で表わす。Nの分子はPの分子、Dの分子はPの分母となる。ただし、 α は $(s + \alpha) = 0$ の極が任意に選択できる。

[0049] [数18]

$$N = \frac{1}{(s + \alpha)^2}, \quad D = \frac{m \cdot s^2 + \eta \cdot s}{(s + \alpha)^2}$$

図10の構成を規範モデルGmに適用すると、 $x/f = Gm$ となるためには、 $1/F$ を下記数19のように設定する必要がある。なお、数19は、数16及び数18より導かれる。

[0050] [数19]

$$\frac{1}{F} = GmN^{-1} = \frac{(s + \alpha)^2}{m \cdot s^2 + \mu \cdot s + k_0}$$

フィードバック制御部のブロックN/Fは下記数20である。

[0051] [数20]

$$\frac{N}{F} = \frac{1}{m \cdot s^2 + \mu \cdot s + k_0}$$

フィードフォワード制御部のブロックD/Fは下記数21である。

[0052] [数21]

$$\frac{D}{F} = \frac{m \cdot s^2 + \eta \cdot s}{m \cdot s^2 + \mu \cdot s + k_0}$$

2自由度制御系の一例を示す図10において、実プラントPへの入力（ラ

ック軸力若しくはコラム軸トルクに対応する電流指令値) u は、下記数 2 2 で表される。

[0053] [数22]

$$u = u_1 + u_2 = \frac{D}{F} f + C_d e = \frac{D}{F} f + \left(\frac{N}{F} f - x \right) C_d$$

また、実プラント P の出力 (ラック変位) x は下記数 2 3 である。

[0054] [数23]

$$x = uP = P \frac{D}{F} f + P \left(\frac{N}{F} f - x \right) C_d = P \frac{D}{F} f + P \frac{N}{F} C_d f - PC_d x$$

数 2 3 を整理し、出力 x の項と左辺 f の項を右辺に揃えると、数 2 4 が導かれる。

[0055] [数24]

$$(1 + PC_d) x = P \left(\frac{D}{F} + \frac{N}{F} C_d \right) f$$

数 2 4 を入力 f に対する出力 x の伝達関数として表わすと、数 2 5 となる。

ここで、3 項目以降では $P = P_n / P_d$ として表現している。

[0056] [数25]

$$\frac{x}{f} = \frac{P \left(\frac{D}{F} + \frac{N}{F} C_d \right)}{1 + PC_d} = \frac{\frac{P_n}{P_d} \left(\frac{D}{F} + \frac{N}{F} C_d \right)}{1 + \frac{P_n}{P_d} C_d} = \frac{\frac{D}{F} + \frac{N}{F} C_d}{\frac{P_d}{P_n} + C_d} = \frac{P_n}{F} \frac{NC_d + D}{P_n C_d + P_d}$$

実プラント P を正確に表現できたとすれば、 $P_n = N$ 、 $P_d = D$ とすることができ、入力 f に対する出力 x の特性は、 P_n / F ($= N / F$) として表わされるので、数 2 6 が成立する。

[0057] [数26]

$$\frac{x}{f} = \frac{P_n}{F} \frac{P_n C_d + P_d}{P_n C_d + P_d} = \frac{P_n}{F}$$

入力 f に対して出力 x の特性 (規範モデル (伝達関数)) を、下記数 2 7 の

ようにすると考えるとき、

[0058] [数27]

$$\frac{x}{f} = \frac{\omega_n^2}{s + 2\zeta\omega_n s + \omega_n^2}$$

1 / F を下記数 28 のようにすることで達成できる。

[0059] [数28]

$$\frac{1}{F} = \frac{\omega_n^2}{s + 2\zeta\omega_n s + \omega_n^2} P n^{-1}$$

図 10 において、フィードフォワード制御系をブロック 144 → 実プラント P の経路で考えると、図 11 となる。ここで、 $P = N/D$ とすると、図 11 (A) は図 11 (B) となり、数 20 より図 11 (C) が得られる。図 11 (C) より、 $f = (m \cdot s^2 + \mu \cdot s + k_0) x$ となるので、これを逆ラプラス変換すると、下記数 29 が得られる。

[0060] [数29]

$$f = m\ddot{x} + \mu\dot{x} + k_0 x$$

一方、図 12 に示すようなフィードフォワード制御系の伝達関数ブロックを考えると、下記数 30 が入力 f 及び出力 x において成立する。

[0061] [数30]

$$\{f - (\mu - \eta) \cdot s \cdot x - k_0 x\} \frac{1}{m \cdot s^2 + \eta \cdot s} = x$$

数 30 を整理すると下記 31 となり、数 31 を入力 f について整理すると、数 32 が得られる。

[0062] [数31]

$$f - \{(\mu - \eta) \cdot s + k_0\} \cdot x = (m \cdot s^2 + \eta \cdot s) x$$

[0063] [数32]

$$f = \{m \cdot s^2 + (\mu - \eta + \eta) \cdot s + k_0\} \cdot x$$

数32を逆ラプラス変換すると上記数29となり、結果的に図13に示すように2つのフィードフォワード制御部A及びBは等価である。

[0064] 上記前提を踏まえると、フィードフォワード制御部130がなくても動作上に支障はなく、この場合の粘性モデル追従制御部120の構成は図14となる（実施形態3）。即ち、フィードバック制御部140は、バネ定数 k_0 、粘性摩擦係数 μ をパラメータとして、ラック軸力 f に基づいて目標ラック変位（目標舵角）を演算するフィードバック要素（N/F）141と、目標ラック変位及びラック変位 x の位置偏差を求める減算部142と、位置偏差に基づいてラック軸力 F_B を制御処理するP/D、P/I等で成る制御要素部143とで構成され、フィードバック制御部140からのラック軸力 F_B 、つまり制御要素部143の出力は切替部122のb2接点に入力される。切替部122のa2接点には、固定部126から固定値「0」が入力されている。そして、ラック軸力 f がフィードバック要素141に入力され、ラック変位 x がフィードバック制御部140内の減算部142に減算入力されると共に、パラメータ設定部124に入力される。パラメータ設定部124はラック変位 x に対して、図15に示すような特性でバネ定数 k_0 及び粘性摩擦係数 μ を出力し、バネ定数 k_0 及び粘性摩擦係数 μ はフィードバック要素141に入力される。切替部122の接点は、ラックエンド接近判定部120からの切替信号SWSによって接点a2と接点b2を切替えられる。

[0065] また、図16に示すようにフィードフォワード制御部130のみの構成（実施形態4）でも良い。

[0066] 本発明は上記実施形態3における規範モデルのモデルパラメータ（フィードバック要素141）又は制御要素部の制御パラメータ或いは両者のパラメータを、ラック軸力（SAT） f 、ラック変位 x に基づいて可変させる。即ち、規範モデルのモデルパラメータ、制御系の制御パラメータ（ゲイン）を

、例えばアスファルトの路面状況で適切に設定した場合、氷上、雪上などでは適切ではなくなる可能性がある。摩擦係数が小さい場合は、ラックエンドに向けて大きなアシスト力を発生できる余裕量が大きく、舵角が大きく進み、ラックエンドに到達する可能性が高くなる。所定角度範囲に入った時点でのラック軸力が小さいほど、粘弾性モデルのバネ定数を大きくし、制御ゲインを高くすることで、舵角進み角度を小さくすることが望まれる。そこで、本発明では、ラック軸力が小さいほど、バネ定数が大きく制御ゲインを高くする各種補正部を設け、モデルパラメータ、制御パラメータを可変する。

[0067] 図17は、本発明の実施例1を図3及び図14に対応させて示しており、操舵トルク T_h からラック軸力 f_1 に変換する変換部200と、ラック軸力 f_1 と変換部101からのラック軸力 f_2 を加算する加算部202と、加算部202で得られたラック軸力 f_3 ($= f_1 + f_2$) から入力側ラック軸力 f を演算する軸力演算部201と、制御系の位置補正部210及び制御パラメータ設定部211と、モデル系の位置補正部220及びモデルパラメータ設定部221とが設けられている。

[0068] ラック軸力 f_3 ($= f_1 + f_2$) を入力する軸力演算部201は、ラック変位 x が所定角度範囲になった時のラック軸力 f_3 を初期ラック軸力 F_z として設定し記憶する設定記憶部201-1と、以後、ラック軸力 f_3 から初期ラック軸力 F_z を減算して入力側ラック軸力 f を出力する減算部201-2とで構成されている。初期ラック軸力 F_z は、ラック変位 x が所定角度範囲になった時のラック軸力であり、初期ラック軸力 F_z はパラメータとして、位置補正部210及び220に入力される。軸力演算部201は、ラック変位 x が所定角度範囲になって以降、下記数33に従って入力側ラック軸力 f を演算する。

(数33)

$$f = (f_1 + f_2) - F_z$$

位置補正部210の特性は、例えば図18に示すようにラック変位 x にほ

ば比例関係にあると共に、初期ラック軸力 F_z が小さくなるに従って大きな傾斜で増加する補正位置 x_{m1} を出力するようになっている。制御パラメータ設定部 211 は位置補正部 210 から補正位置 x_{m1} を入力し、例えば図 19 に示すように、補正位置 x_{m1} が大きくなるに従って増加率が大きくなる非線形な関係で、制御パラメータ k_d 、 k_p を出力する。制御パラメータ k_d 、 k_p は、フィードバック制御部 140 内の制御要素部 143 に、下記数 34 のように設定される。

(数 34)

$$C_d = k_p + k_d \cdot s$$

位置補正部 220 の特性は、例えば図 20 に示すようにラック変位 x にほぼ比例関係にあると共に、ラック軸力 F_z が小さくなるに従って大きな傾斜で増加する補正位置 x_{m2} を出力するようになっている。モデルパラメータ設定部 221 は位置補正部 220 から補正位置 x_{m2} を入力し、例えば図 15 に示すような特性でモデルパラメータ μ (粘性摩擦係数)、 k_0 (バネ定数) を出力する。モデルパラメータ μ 、 k_0 は、フィードバック制御部 140 内のフィードバック要素 (N/F) 141 に設定される。

[0069] 位置補正部 210 及び 220 でラック軸力 F_z に応じて、見かけ上ラック位置 x を大きく或いは小さくすることで、規範モデルのモデルパラメータや制御パラメータを変化させる。このように補正することで、ラックエンドに向けて舵角が進む特性を調整することができる。

[0070] このような構成において、図 17 の実施例 1 の動作例を図 21 及び図 22 のフローチャートを参照して説明する。

[0071] ラックエンド接近判定部 110 から切替信号 SW_S が出力され、切替部 122 の接点が a_2 から接点 b_2 に切替えられると共に (ステップ S201)、変換部 200 で操舵トルク T_h がラック軸力 f_1 に変換される (ステップ S202)。トルク制御部 31 で電流指令値 I_{ref1} が演算され、電流指令値 I_{ref1} は変換部 101 でラック軸力 f_2 に変換され (ステップ S2

03)、切替部122が接点b2に切替えられた瞬間にその時のラック軸力 f_3 を初期ラック軸力 F_z として設定記憶部201-1に設定し(ステップS204)、その後はラック軸力 f_3 から、記憶された初期ラック軸力 F_z を減算部201-2で減算してラック軸力 f を演算し(ステップS205)、フィードバック制御部140内のフィードバック要素141に入力側ラック軸力として入力する。

[0072] また、ラックエンド接近判定部110からラック変位 x が出力され(ステップS206)、ラック変位 x はフィードバック制御部140内の減算部142に減算入力されると共に、位置補正部210及び220に入力される。位置補正部210は位置補正処理#1により、ラック変位 x 及び初期ラック軸力 F_z に基づいて補正変位 x_{m1} を演算し(ステップS210)、制御パラメータ設定部211は補正変位 x_{m1} に基づいて制御パラメータ k_p 、 k_d を演算する(ステップS211)。制御パラメータ k_p 、 k_d は、フィードバック制御部140内の制御要素部143に設定される。位置補正部220は位置補正処理#2により、ラック変位 x 及び初期ラック軸力 F_z に基づいて補正変位 x_{m2} を演算し(ステップS212)、モデルパラメータ設定部221は補正変位 x_{m2} に基づいてモデルパラメータ μ 、 k_0 を演算する(ステップS213)。モデルパラメータ μ 、 k_0 は、フィードバック制御部140内のフィードバック要素141に設定される。

[0073] フィードバック制御部140は、ラック軸力 f 、ラック位置 x 及び設定された制御パラメータ k_p 、 k_d 、モデルパラメータ μ 、 k_0 によりフィードバック制御の処理を行い(ステップS220)、出力側ラック軸力 f_f を出力する(ステップS230)。ラック軸力 f_f は変換部102で電流指令値 I_{ref2} に変換され(ステップS231)、終了となるまで上記動作を繰り返す(ステップS232)。

[0074] 上記ステップS232で終了となった場合には、切替信号 SW_S の出力によって切替部122の接点を接点b2から接点a2に切替え(ステップS233)、その後、図7のステップS14に移行する。

[0075] フィードバック制御部 140 におけるフィードバック制御の処理は、図 2 2 に示すような動作で実施される。

[0076] 先ずモデルパラメータ設定部 221 で演算されたモデルパラメータ μ 、 k_0 がフィードバック要素 141 に設定され（ステップ S 221）、フィードバック要素 141 で N/F 処理が実施され、目標ラック変位（目標舵角）が演算される（ステップ S 222）。目標ラック変位は減算部 142 に加算入力され、減算入力されるラック変位 x との位置偏差が演算され（ステップ S 223）、求められた位置偏差は制御要素部 143 に入力される。また、制御パラメータ設定部 211 で演算された制御パラメータ k_p 、 k_d が、制御要素部 143 に設定され（ステップ S 224）、制御演算が実施され（ステップ S 225）、制御演算により得られたラック軸力 F_B が出力される（ステップ S 226）。なお、制御パラメータ k_p 、 k_d の設定順序は適宜変更可能である。

[0077] 次に、本発明の実施例 2 を図 2 3 に示して説明する。実施例 2 では実施例 1 の位置補正部 210 及び 220 が削除されると共に、制御パラメータ設定部 212 及びモデルパラメータ設定部 222 にパラメータとして初期ラック軸力 F_z が入力されている。制御パラメータ設定部 212 の特性は図 2 4 に示すように、制御パラメータ k_p 及び k_d は初期ラック軸力 F_z が小さくなるに従って大きな増加率となっている。また、モデルパラメータ設定部 222 の特性は図 2 5 に示すように、モデルパラメータ μ 、 k_0 は初期ラック軸力 F_z が小さくなるに従って大きな値となっており、下記数 35 の関数で表わされる。

（数 35）

$$\mu = f_1(F_z \cdot x)$$

$$k_0 = f_2(F_z \cdot x)$$

図 2 6 は本発明の実施例 3 を示しており、位置補正部 210A 及び 220A にパラメータとして車速 V_{el} を入力している。そして、位置補正部 21

0 Aはラック変位 x に対して図27に示すように、車速 V_e が大きくなるに従って補正変位 x_{m1} が大きくなるように可変し、位置補正部220 Aはラック変位 x に対して図28に示すように、車速 V_e が大きくなるに従って補正変位 x_{m2} が大きくなるように可変する。

[0078] 位置補正部210 A及び220 Aで車速 V_e に応じて、見かけ上ラック位置 x を大きく或いは小さくすることで、規範モデルのモデルパラメータや制御パラメータを変化させる。クリーピング走行時は、停車中ラック軸力 F_z の特性と、異なり、舵角に対して大きさは小さく、傾きも小さくなる。このように補正することで、ラックエンドに向けて舵角が進む特性を調整することができる。

[0079] 図29は本発明の実施例4を示しており、位置補正部210 B及び220 Bにパラメータとしてモータ角速度 ω を入力している。モータ角速度 ω は角速度演算部203で、回転角 θ から演算（微分）で算出される。そして、位置補正部210 Bはラック変位 x に対して図30に示すように、モータ角車速 ω が大きくなるに従って補正変位 x_{m1} が大きくなるように可変し、位置補正部220 Bはラック変位 x に対して図31に示すように、モータ角車速 ω が大きくなるに従って補正変位 x_{m2} が大きくなるように可変する。

[0080] 位置補正部210 B及び220 Bでモータ角速度 ω （ラック変位速度）に応じて、見かけ上ラック位置 x を大きく或いは小さくすることで、規範モデルのモデルパラメータや制御パラメータを変化させる。ラック変位速度（モータ角速度） ω が大きい場合は、ラックエンドに向かう速度が大きいときに、規範モデルのバネ項やダンピングを大きくし、規範モデル出力がラックエンドに向かって大きくならないように、また、制御パラメータ（ゲイン）を大きくして、ラック変位がラックエンドに向かって進まないようにする。位置補正部210 B及び220 Bをモータ角速度（ラック変位速度） ω に応じて補正することで、ラックエンドに向けて舵角が進む特性を調整することができる。

[0081] また、本発明のこれまで説明した実施例では、ラックエンド手前の所定角

度の範囲内で、粘弾性モデルを規範モデルとしたモデルフォロ잉制御の構成をとり、その粘弾性モデルのモデルパラメータ及び制御パラメータ（制御ゲイン）を所定角度内で可変とすることに加えて、更に所定角度範囲内に入ったときのラック軸力に応じてモデルパラメータ及び制御パラメータを可変とする。例えば、開始舵角付近では、粘弾性モデルのバネ項を小さく、制御ゲインを低くし、ラックエンドに近づくに従って大きく設定する。また、所定角度範囲内に入ったときのラック軸力が小さいほどバネ項を大きく、制御ゲインを大きく設定する。このようにすることで、開始舵角付近の制御量が小さく、所定範囲内外でのアシスト量の変化量が小さく、結果、運転者はアシスト量変化による反力違和感を感じないようにできる。また、ラックエンドに近い領域では制御ゲインを大きく設定し、制御量を大きくすることができるため、ラックエンドに到達する時の衝撃力を減衰できる。

[0082] 更に、路面状態（アスファルト、濡れた路面、氷上、雪上）により、所定角度範囲のラック軸力が変化する。路面の摩擦係数が小さい場合（氷上、雪上）ではラック軸力が小さく、アスファルトでは路面摩擦係数が大きくラック軸力が大きい。また、図32に示すように、停車中やクリーピング速度での走行では、タイヤからの反力が異なり、ラック軸力が変わる。また、タイヤの振れ程度によっても、負荷特性が異なる。路面状態や走行状態によらず、ほぼ一定で舵角を制御することが望まれている。それを達成するために、本発明（実施例5～7）では規範モデルへのラック軸力の入力 of 正負最大値を制限する。制限値を設定して入力を制限すれば、規範モデル出力（目標舵角）は一定となり、制御効果のバラツキを抑えられる。また、制限値をラック軸力に応じて調整できるようにすることで、規範モデル出力（目標舵角）を調整でき、さらに効果のバラツキを小さくできる。

[0083] 図33は、本発明の実施例5を図3及び図14に対応させて示しており、操舵トルク T_h からラック軸力 f_1 に変換する変換部200と、ラック軸力 f_1 と変換部101からのラック軸力 f_2 を加算する加算部202と、加算部202で得られたラック軸力 f_3 ($= f_1 + f_2$) からラック軸力 f_4 を

演算する軸力演算部 201 と、軸力演算部 201 からのラック軸力 f_4 の最大値を制限して入力側ラック軸力 f を出力するリミッタ 204 と、制御系の制御パラメータを設定する制御パラメータ設定部 211 と、モデル系のモデルパラメータを設定するモデルパラメータ設定部 221 とが設けられている。

[0084] ラック軸力 f_3 ($= f_1 + f_2$) を入力する軸力演算部 201 は、ラック変位 x が所定角度範囲になった時のラック軸力 f_3 を初期ラック軸力 F_z として設定し記憶する設定記憶部 201-1 と、以後、ラック軸力 f_3 から初期ラック軸力 F_z を減算して軸力 f_4 を出力する減算部 201-2 とで構成されている。初期ラック軸力 F_z は、ラック変位 x が所定角度範囲になった時のラック軸力であり、軸力演算部 201 は、ラック変位 x が所定角度範囲になって以降、前記数 33 に従ってラック軸力 f_4 を演算する（ただし、本例では $f = f_4$ ）。これは、所定角度では規範モデルの出力として“0”とし、制御要素部 143 から出力されるラック軸力 F_B を“0”とするためである。所定角度付近での操舵で指令値の段差をなくし、保舵を容易とするためである。

[0085] リミッタ 204 は、例えば図 34 に示すような特性で正負最大値を制限し、最大値を制限された入力側ラック軸力 f がフィードバック制御部 140 内のフィードバック要素 141 に入力される。なお、図 34 において、 x_{OR} 及び x_{OL} は、所定角度範囲を設定する角度である。

[0086] また、制御系の制御パラメータ設定部 211 はラック変位 x を入力し、例えば図 35 に示すように、ラック変位 x が大きくなるに従って増加率が大きくなる非線形な関係で、制御パラメータ k_d 、 k_p を出力する。制御パラメータ k_d 、 k_p は、フィードバック制御部 140 内の制御要素部 143 に、前記数 34 のように設定される。

[0087] モデル系のモデルパラメータ設定部 221 はラック変位 x を入力し、例えば図 15 に示すような特性でモデルパラメータ μ （粘性摩擦係数）、 k_0 （バネ定数）を出力する。モデルパラメータ μ 、 k_0 は、フィードバック制御部 1

40内のフィードバック要素(N/F)141に設定される。

[0088] このような構成において、図33の実施例5の動作例を図36のフローチャートを参照して説明する。

[0089] ラックエンド接近判定部110から切替信号SWSが出力され、切替部122の接点がa2から接点b2に切替えられると共に(ステップS201)、変換部200で操舵トルクThがラック軸力f1に変換される(ステップS202)。トルク制御部31で電流指令値Iref1が演算され、電流指令値Iref1は変換部101でラック軸力f2に変換され(ステップS203)、切替部122が接点b2に切替えられた瞬間にその時のラック軸力 $f_3 = f_1 + f_2$ を初期ラック軸力Fzとして設定記憶部201-1に設定し(ステップS204)、その後はラック軸力f3から、記憶された初期ラック軸力Fzを減算部201-2で減算してラック軸力f4を演算し(ステップS205)、リミッタ204で制限処理を行い(ステップS206)、制限処理されたラック軸力をフィードバック制御部140内のフィードバック要素141に入力側ラック軸力fとして入力する。

[0090] また、ラックエンド接近判定部110からラック変位xが出力され(ステップS210)、ラック変位xはフィードバック制御部140内の減算部142に減算入力されると共に、制御パラメータ設定部211及びモデルパラメータ設定部221に入力される。制御パラメータ設定部211はラック変位xに基づいて制御パラメータkp、kdを演算し(ステップS211)、制御パラメータkp、kdは、フィードバック制御部140内の制御要素部143に設定される。また、モデルパラメータ設定部221はラック変位xに基づいてモデルパラメータ μ 、 k_0 を演算し(ステップS213)、モデルパラメータ μ 、 k_0 は、フィードバック制御部140内のフィードバック要素141に設定される。

[0091] フィードバック制御部140は、ラック軸力f、ラック変位x及び設定された制御パラメータkp、kd、モデルパラメータ μ 、 k_0 によりフィードバック制御の処理を行い(ステップS220)、出力側ラック軸力ffを出力

する（ステップS 2 3 0）。ラック軸力 f_f は変換部 1 0 2 で電流指令値 I_{ref2} に変換され（ステップS 2 3 1）、終了となるまで上記動作を繰り返す（ステップS 2 3 2）。

[0092] 上記ステップS 2 3 2で終了となった場合には、切替信号SWSの出力によって切替部 1 2 2の接点を接点b 2から接点a 2に切替え（ステップS 2 3 3）、その後、図7のステップS 1 4に移行する。

[0093] フィードバック制御部 1 4 0におけるフィードバック制御の処理は、図2と同様に実施される。本実施例5では、入力側ラック軸力 f の入力が入リミッタ 2 0 4で制限されるため、図37の実線に示すように規範モデル出力が飽和する。制限されないと、破線のように飽和しないで変化し続ける。

[0094] 次に、本発明の実施例6を図38に示して説明する。

[0095] この実施例6では、設定記憶部 2 0 1 - 1に設定記憶された初期ラック軸力 F_z をパラメータとしてリミッタ 2 0 4に入力している。そして、最大値を制限するための制限値 f_{th} を初期ラック軸力 F_z に応じて可変とする。例えば図39の特性Aのように、初期ラック軸力 F_z が小さいときは小さく、初期ラック軸力 F_z が大きくなるに従って線形的に大きくなるように、制限値 f_{th} を変化させたり、或いは特性Bのように非線形で制限値 f_{th} を増加させる。或いは図40の特性Aのように、初期ラック軸力 F_z が小さいときに大きく、初期ラック軸力 F_z が大きくなるに従って線形的に小さくなるように、制限値 f_{th} を変化させたり、或いは特性Bのように非線形で制限値 f_{th} を減少させる。これにより、車両のラック軸力の立ち上がり方（舵角が大きくなったときのラック軸の大きくなる割合）に応じて、調整が可能となる。

[0096] 図41は本発明の実施例7を示しており、初期ラック軸力 F_z の設定において慣性成分及び摩擦成分を取り除いた値としている。これにより、記憶された初期ラック軸力 F_z は、所定角度で保舵したときのラック軸力として記憶される。

[0097] 即ち、実施例7では、軸力演算部 2 0 1に慣性／摩擦部 2 0 1 - 3及び減

算部 201-4 を更に設けている。そして、ラック速度及びラック加速度を慣性／摩擦部 201-3 に入力し、演算された慣性成分及び摩擦成分を減算部 201-4 に加算入力される。また、減算部 201-4 にはラック軸力 f_3 ($= f_1 + f_2$) が加算入力されており、減算部 201-4 で減算処理されたラック軸力 f_5 が設定記憶部 201-1 に入力されている。従って、ラック変位 x が所定角度になった時、慣性成分及び摩擦成分が差し引かれたラック軸力が初期ラック軸力 F_z として設定記憶される。

[0098] 図 42 は、本発明の実施例 8 を図 3 及び図 14 に対応させて示しており、操舵トルク T_h からラック軸力 f_1 に変換する変換部 200 と、ラック軸力 f_1 と変換部 101 からのラック軸力 f_2 を加算する加算部 202 と、加算部 202 で得られたラック軸力 f_3 ($= f_1 + f_2$) から入力側ラック軸力 f を演算する軸力演算部 201 と、制御系の制御パラメータを設定する制御パラメータ設定部 211 と、モデル系のモデルパラメータを設定するモデルパラメータ設定部 221 とが設けられている。

[0099] 軸力演算部 201 は、ラック軸力 f_3 の絶対値及び符号を算出する絶対値／符号部 201-1 と、算出された絶対値 $|f_3|$ をスレッシュホールド f_{th} と比較して判定信号 J_D を出力する判定部 201-2 と、絶対値 $|f_3|$ 及びスレッシュホールド f_{th} の差 f_4 ($= |f_3| - f_{th}$) を演算する減算部 201-3 と、差 f_4 に符号 s_n を乗算する乗算部 201-4 と、接点 a_3 及び b_3 を持つ切替部 201-5 と、切替部 201-5 の接点 a_3 に固定値 0 を入力する固定部 201-6 とで構成されている。判定部 201-2 の判定信号 J_D は切替部 201-5 の接点を切替えるようになっており、判定信号 J_D による接点 a_3 及び b_3 の切替は数 36 のようになっている。

(数 36)

$|f_3| < f_{th}$ のとき、接点 a_3

$|f_3| \geq f_{th}$ のとき、接点 b_3

また、制御系の制御パラメータ設定部 211 はラック変位 x を入力し、例

例えば図35に示すように、ラック変位 x が大きくなるに従って増加率が大きくなる非線形な関係で、制御パラメータ k_d 、 k_p を出力する。制御パラメータ k_d 、 k_p は、フィードバック制御部140内の制御要素部143に、前記数34のように設定される。

[0100] モデル系のモデルパラメータ設定部221はラック変位 x を入力し、例えば図15に示すような特性でモデルパラメータ μ （粘性摩擦係数）、 k_o （バネ定数）を出力する。モデルパラメータ μ 、 k_o は、フィードバック制御部140内のフィードバック要素（N/F）141に設定される。

[0101] このような構成において、図42の実施例8の動作例を図43のフローチャートを参照して説明する。

[0102] ラックエンド接近判定部110から切替信号 SW_S が出力され、切替部122の接点が a_2 から接点 b_2 に切替えられると共に（ステップS201）、変換部200で操舵トルク T_h がラック軸力 f_1 に変換され（ステップS202）、トルク制御部31で電流指令値 I_{ref1} が演算され、電流指令値 I_{ref1} は変換部101でラック軸力 f_2 に変換される（ステップS203）。ラック軸力 f_1 及び f_2 は加算部202で加算され、加算されたラック軸力 f_3 が絶対値／符号部201-1に入力され、絶対値 $|f_3|$ が求められると共に、ラック軸力 f_3 の符号 s_n が検出される（ステップS204）。絶対値 $|f_3|$ は判定部201-2に入力され、スレッシュホールド f_{th} と大小が比較され、判定信号 J_D が出力される（ステップS205）。また、絶対値 $|f_3|$ は減算部201-3に入力され、スレッシュホールド f_{th} との差 f_4 が演算されると共に、差 f_4 と符号 s_n とが乗算部201-4で乗算され、乗算結果であるラック軸力 f_5 が切替部201-5の接点 b_3 に入力される（ステップS206）。切替部201-5は数33に従って切替えられ、切替部201-5の出力が入力側ラック軸力 f としてフィードバック制御部140内のフィードバック要素141に入力される（ステップS207）。

[0103] また、ラックエンド接近判定部110からラック変位 x が出力され（ステ

ップS 2 1 0)、ラック変位 x はフィードバック制御部1 4 0内の減算部1 4 2に減算入力されると共に、制御パラメータ設定部2 1 1及びモデルパラメータ設定部2 2 1に入力される。制御パラメータ設定部2 1 1はラック変位 x に基づいて制御パラメータ k_p 、 k_d を演算し(ステップS 2 1 1)、制御パラメータ k_p 、 k_d は、フィードバック制御部1 4 0内の制御要素部1 4 3に設定される。また、モデルパラメータ設定部2 2 1はラック変位 x に基づいてモデルパラメータ μ 、 k_o を演算し(ステップS 2 1 3)、モデルパラメータ μ 、 k_o は、フィードバック制御部1 4 0内のフィードバック要素1 4 1に設定される。

[0104] フィードバック制御部1 4 0は、ラック軸力 f 、ラック変位 x 及び設定された制御パラメータ k_p 、 k_d 、モデルパラメータ μ 、 k_o によりフィードバック制御の処理を行い(ステップS 2 2 0)、出力側ラック軸力 f_f を出力する(ステップS 2 3 0)。ラック軸力 f_f は変換部1 0 2で電流指令値 I_{ref2} に変換され(ステップS 2 3 1)、終了となるまで上記動作を繰り返す(ステップS 2 3 2)。

[0105] 上記ステップS 2 3 2で終了となった場合には、切替信号SWSの出力によって切替部1 2 2の接点を接点b 2から接点a 2に切替え(ステップS 2 3 3)、その後、図7のステップS 1 4に移行する。

[0106] フィードバック制御部1 4 0におけるフィードバック制御の処理は、図2に示す動作と同一である。

[0107] 実施例8では、図4 4 (A)に示すようにラック軸力 f_3 がスレッシュホールド f_{th} 以上になったとき以降に、図4 4 (B)に示すように目標ラック変位が出力される。

[0108] 次に、本発明の実施例9を、図4 2に対応させて図4 5に示して説明する。

[0109] この実施例9では、切替部2 0 1-5の後段に最大値を制限するリミッタ2 0 1-7が設けられており、最大値を制限されたラック軸力が入力側ラック軸力 f としてフィードバック要素1 4 1に入力されている。本例によれば

、ラック軸力 f の最大値が図 4 6 (A) のように制限され、目標ラック変位の最大値も図 4 6 (B) に示すように飽和する。

[0110] なお、制御要素部 1 4 3 (C d) は任意の P I D (比例積分微分) 制御、P I 制御、P D 制御の構成のいずれでも良い。また、上述では位置補正部とパラメータ設定部を個別に表示しているが、一体的な構成であっても良い。更に、上述では回転角 θ をモータに連結された回転角センサから得ているが、舵角センサから取得するようにしても良い。

符号の説明

[0111]	1	ハンドル
	2	コラム軸 (ステアリングシャフト、ハンドル軸)
	1 0	トルクセンサ
	1 2	車速センサ
	1 3	バッテリー
	1 4	舵角センサ
	2 0	モータ
	2 3	モータ駆動部
	3 0	コントロールユニット (E C U)
	3 1	トルク制御部
	3 5	電流制御部
	3 6	P W M 制御部
	1 0 0	ラック位置変換部
	1 1 0	ラックエンド接近判定部
	1 2 0	粘弾性モデル追従制御部
	1 2 1、1 2 2	切替部
	1 3 0	フィードフォワード制御部
	1 4 0	フィードバック制御部

請求の範囲

- [請求項1] 少なくとも操舵トルクに基づいて電流指令値を演算し、前記電流指令値に基づいてモータを駆動することにより、操舵系をアシスト制御する電動パワーステアリング装置において、
- ラックエンド手前の所定角度 $\times_0$ の範囲内で粘弾性モデルを規範モデルとした、フィードバック制御部で成るモデルフォロ잉制御の構成であり、
- 前記フィードバック制御部が入力側ラック軸力 f に基づいて目標ラック変位を演算するフィードバック要素と、前記目標ラック変位及びラック変位 x の位置偏差に基づいて出力側ラック軸力 f_f を出力する制御要素部とで構成され、
- 前記フィードバック要素及び前記制御要素部の少なくとも一方のパラメータを可変して設定する補正部を具備したことを特徴とする電動パワーステアリング装置。
- [請求項2] 前記操舵トルクによるラック軸力 f_1 及び前記電流指令値によるラック軸力 f_2 を加算してラック軸力 f_3 を求め、前記ラック変位 x が前記所定角度 $\times_0$ の範囲内に入った時の前記ラック軸力 f_3 を初期ラック軸力 F_z として記憶し、以後は前記ラック軸力 f_3 と前記初期ラック軸力 F_z の差を前記入力側ラック軸力 f とする軸力演算部が設けられている請求項1に記載の電動パワーステアリング装置。
- [請求項3] 前記制御要素部のパラメータは、前記ラック変位 x に応じて補正を行う位置補正部1と、前記位置補正部1からの補正変位に応じて制御パラメータを出力する制御パラメータ設定部とで演算され、
- 前記フィードバック要素のパラメータは、前記ラック変位 x に応じて補正を行う位置補正部2と、前記位置補正部2からの補正変位に応じてモデルパラメータを出力するモデルパラメータ設定部とで演算されるようになっている請求項2に記載の電動パワーステアリング装置。
- [請求項4] 前記位置補正部1及び前記位置補正部2の出力特性が、前記初期ラッ

ク軸力 F_z をパラメータとして変化する請求項 3 に記載の電動パワーステアリング装置。

[請求項5] 前記出力特性のゲインが、前記初期ラック軸力 F_z が小さくなるに従って大きくなっている請求項 4 に記載の電動パワーステアリング装置。

[請求項6] 前記位置補正部 1 及び前記位置補正部 2 の出力特性が、車速をパラメータとして変化する請求項 3 に記載の電動パワーステアリング装置。

[請求項7] 前記出力特性のゲインが、前記車速が大きくなるに従って大きくなっている請求項 6 に記載の電動パワーステアリング装置。

[請求項8] 前記位置補正部 1 及び前記位置補正部 2 の出力特性が、モータ角速度をパラメータとして変化する請求項 3 に記載の電動パワーステアリング装置。

[請求項9] 前記出力特性のゲインが、前記モータ角速度が大きくなるに従って大きくなっている請求項 8 に記載の電動パワーステアリング装置。

[請求項10] 前記制御要素部のパラメータは、前記ラック変位 x に応じて制御パラメータを出力する制御パラメータ設定部で演算され、
前記フィードバック要素のパラメータは、前記ラック変位 x に応じてモデルパラメータを出力するモデルパラメータ設定部で演算されるようになっている請求項 2 に記載の電動パワーステアリング装置。

[請求項11] 前記位置補正部 1 及び前記位置補正部 2 の出力特性が、前記初期ラック軸力 F_z をパラメータとして変化する請求項 10 に記載の電動パワーステアリング装置。

[請求項12] 前記初期ラック軸力 F_z が小さくなるに従って前記制御パラメータの値が大きくなると共に、前記初期ラック軸力 F_z が小さくなるに従って前記モデルパラメータの値が大きくなる請求項 11 に記載の電動パワーステアリング装置。

[請求項13] 前記位置補正部 1 及び前記制御パラメータ設定部が一体構成であり、前記位置補正部 2 及び前記モデルパラメータ設定部が一体構成である

請求項3に記載の電動パワーステアリング装置。

- [請求項14] 更に、前記操舵トルク及び前記電流指令値に基づいてラック軸力 f_4 を演算する軸力演算部と、前記ラック軸力 f_4 の最大値を制限値により制限して前記入力側ラック軸力 f を出力するリミッタとを具備している請求項1に記載の電動パワーステアリング装置。
- [請求項15] 前記制限値が可変になっている請求項14に記載の電動パワーステアリング装置。
- [請求項16] 前記制限値の可変を、所定角度 α_0 になった時の初期ラック軸力 F_z に応じて行うようになっている請求項15に記載の電動パワーステアリング装置。
- [請求項17] 前記制限値が前記初期ラック軸力 F_z に応じて線形若しくは非線形で増加する特性である請求項16に記載の電動パワーステアリング装置。
- [請求項18] 前記制限値が前記初期ラック軸力 F_z に応じて線形若しくは非線形で減少する特性である請求項16に記載の電動パワーステアリング装置。
- [請求項19] 前記ラック軸力の演算に、慣性成分及び摩擦成分が除去されている請求項14乃至18のいずれかに記載の電動パワーステアリング装置。
- [請求項20] 更に、前記操舵トルク及び前記電流指令値に基づくラック軸力 f_3 から前記入力側ラック軸力 f を演算する軸力演算部を具備し、
前記ラック軸力演算部が、
前記ラック軸力 f_3 の絶対値及び符号を算出する絶対値／符号部と、
前記絶対値がスレッシュホールド以上であるかを判定する判定部と、前記絶対値から前記スレッシュホールドを減算する減算部と、減算結果に前記符号を乗算する乗算部と、前記乗算結果又は固定値を出力する切替部とで構成されている請求項1に記載の電動パワーステアリング装置。
- [請求項21] 前記切替部は、前記判定部が前記絶対値が前記スレッシュホールド以上であると判定したときに、前記乗算結果を前記入力側ラック軸力 f とし

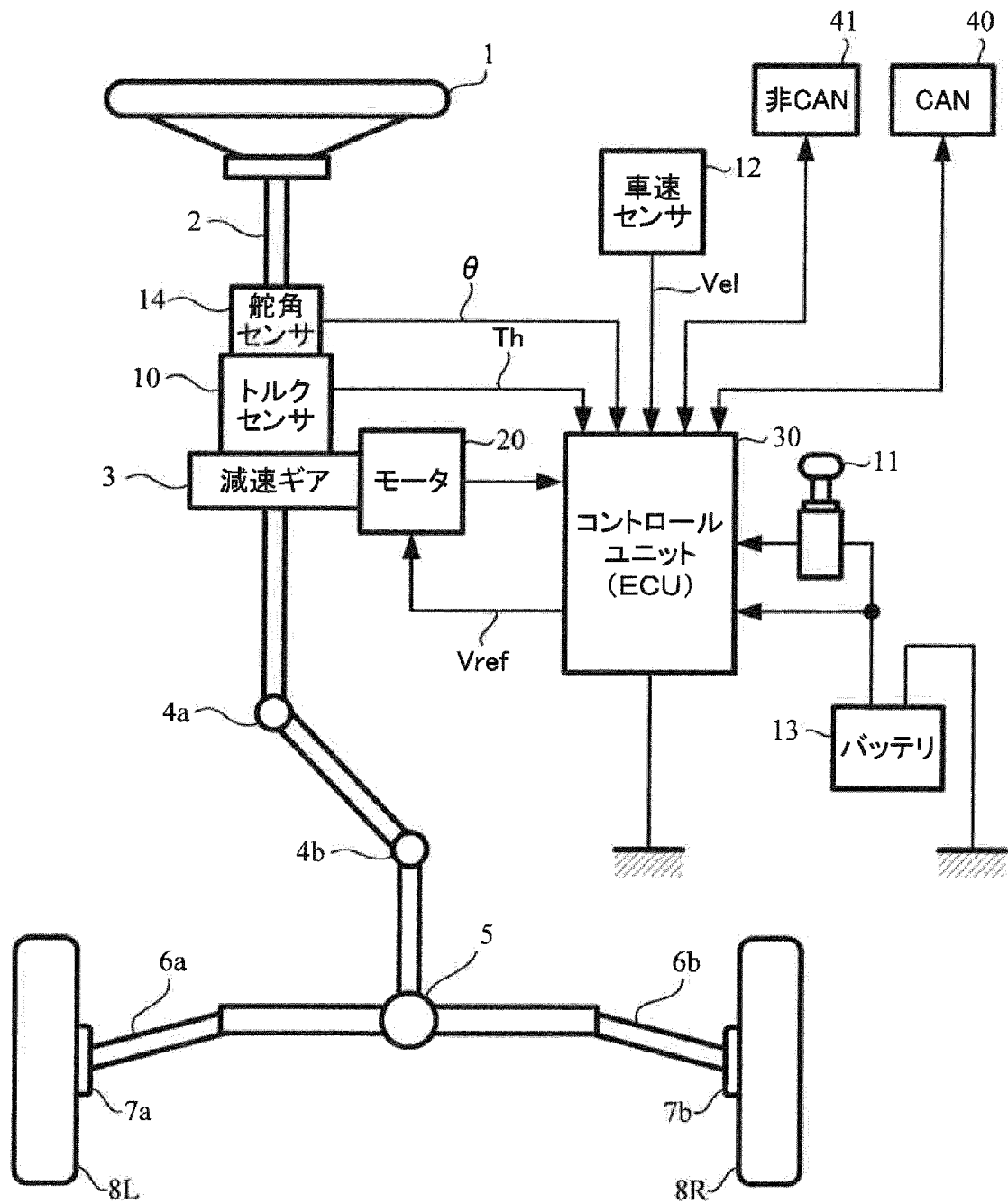
て出力するようになっている請求項 20 に記載の電動パワーステアリング装置。

[請求項22] 前記切替部は、前記判定部が前記絶対値が前記スレッシュホールド未満であると判定したときに、前記固定値を前記入力側ラック軸力 f として出力するようになっている請求項 20 又は 21 に記載の電動パワーステアリング装置。

[請求項23] 前記固定値が 0 である請求項 20 乃至 22 のいずれかに記載の電動パワーステアリング装置。

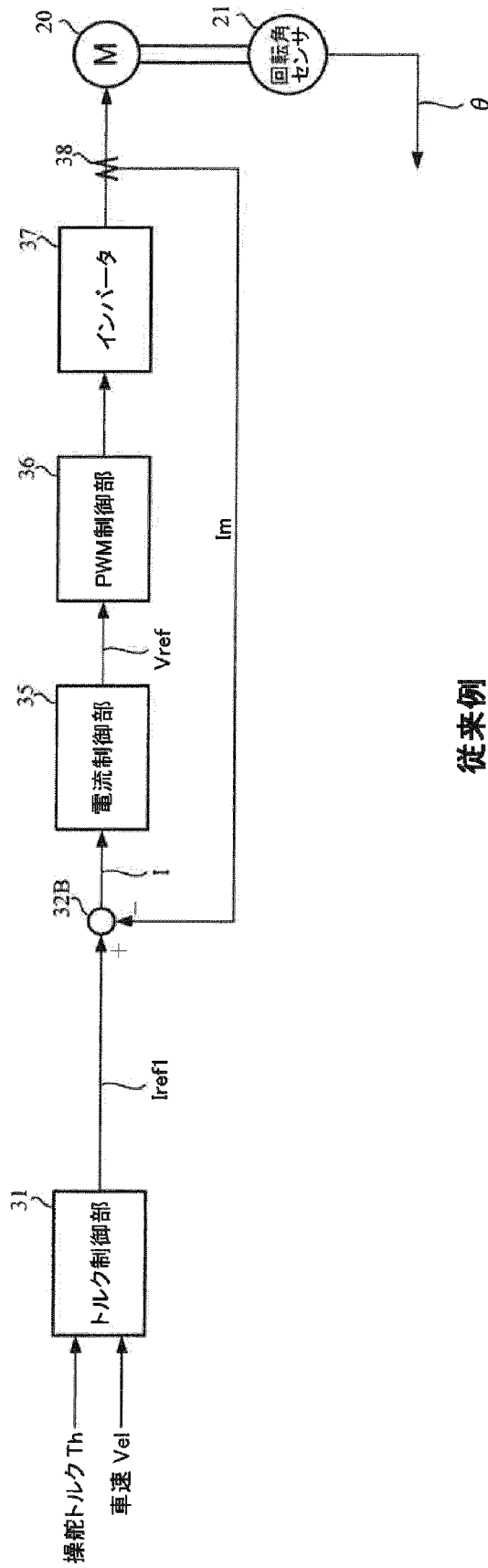
[請求項24] 前記切替部の後段に、最大値を制限するリミッタが設けられている請求項 20 乃至 23 のいずれかに記載の電動パワーステアリング装置。

[図1]

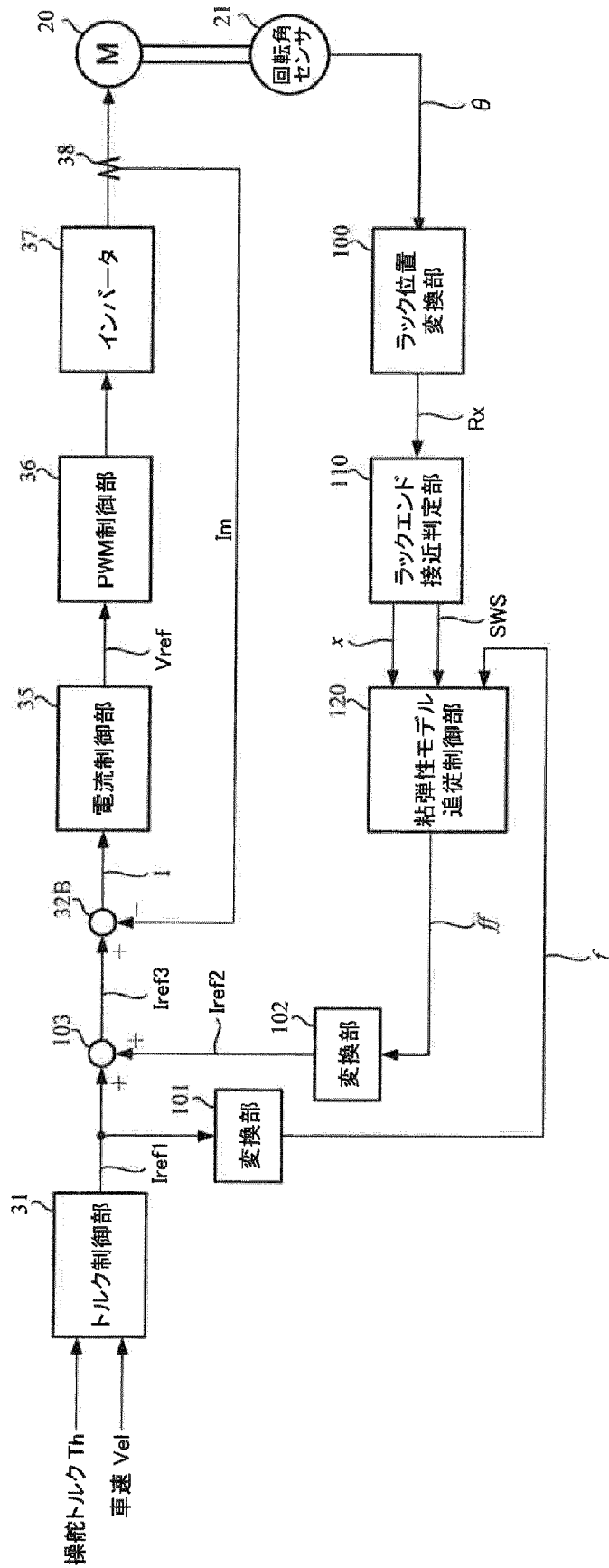


従来例

[図2]



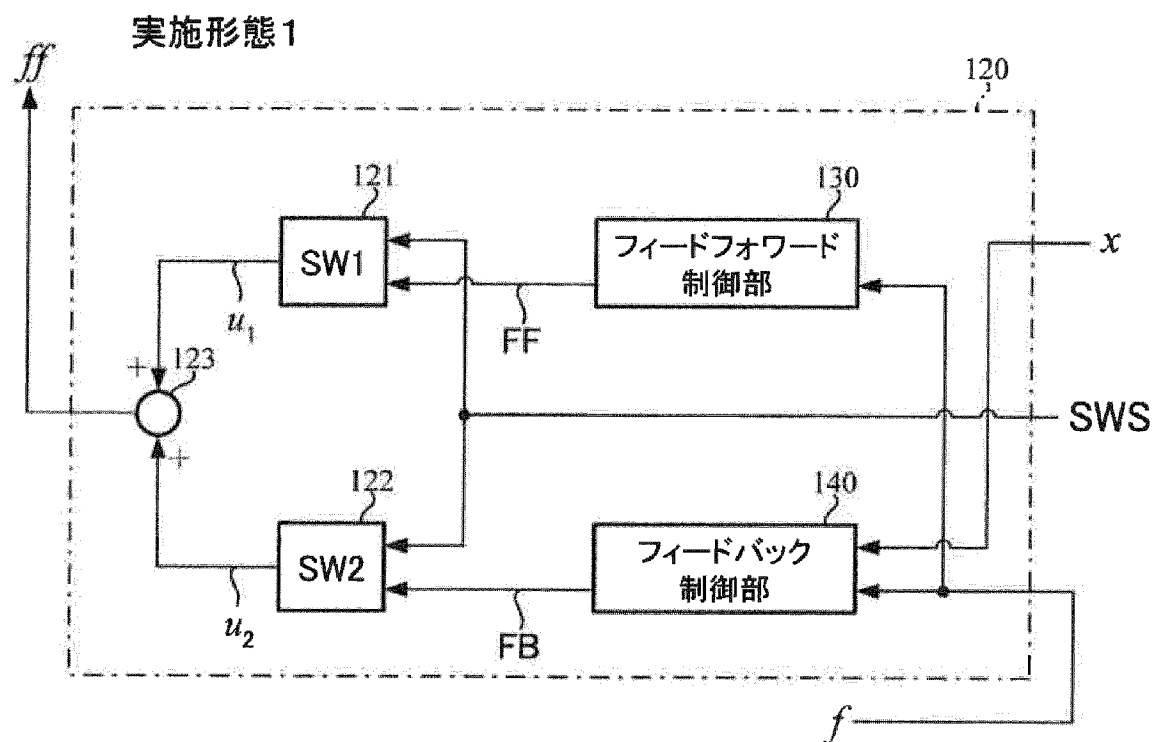
[図3]



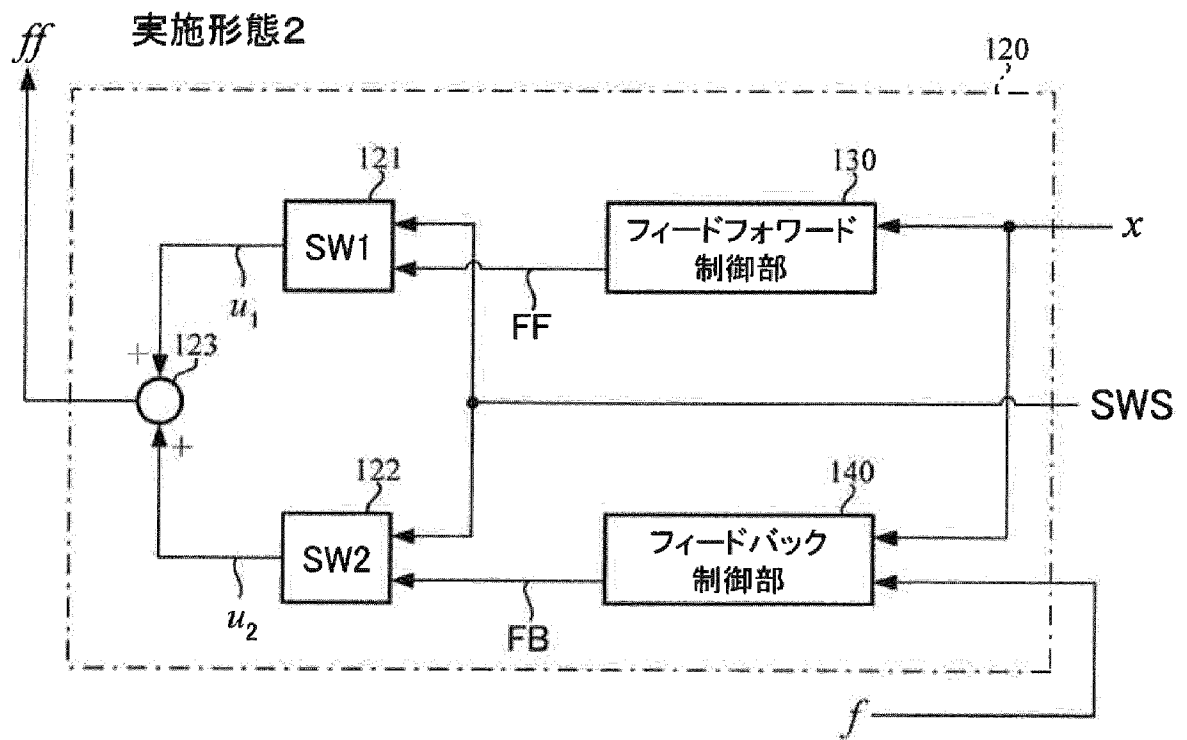
[図4]



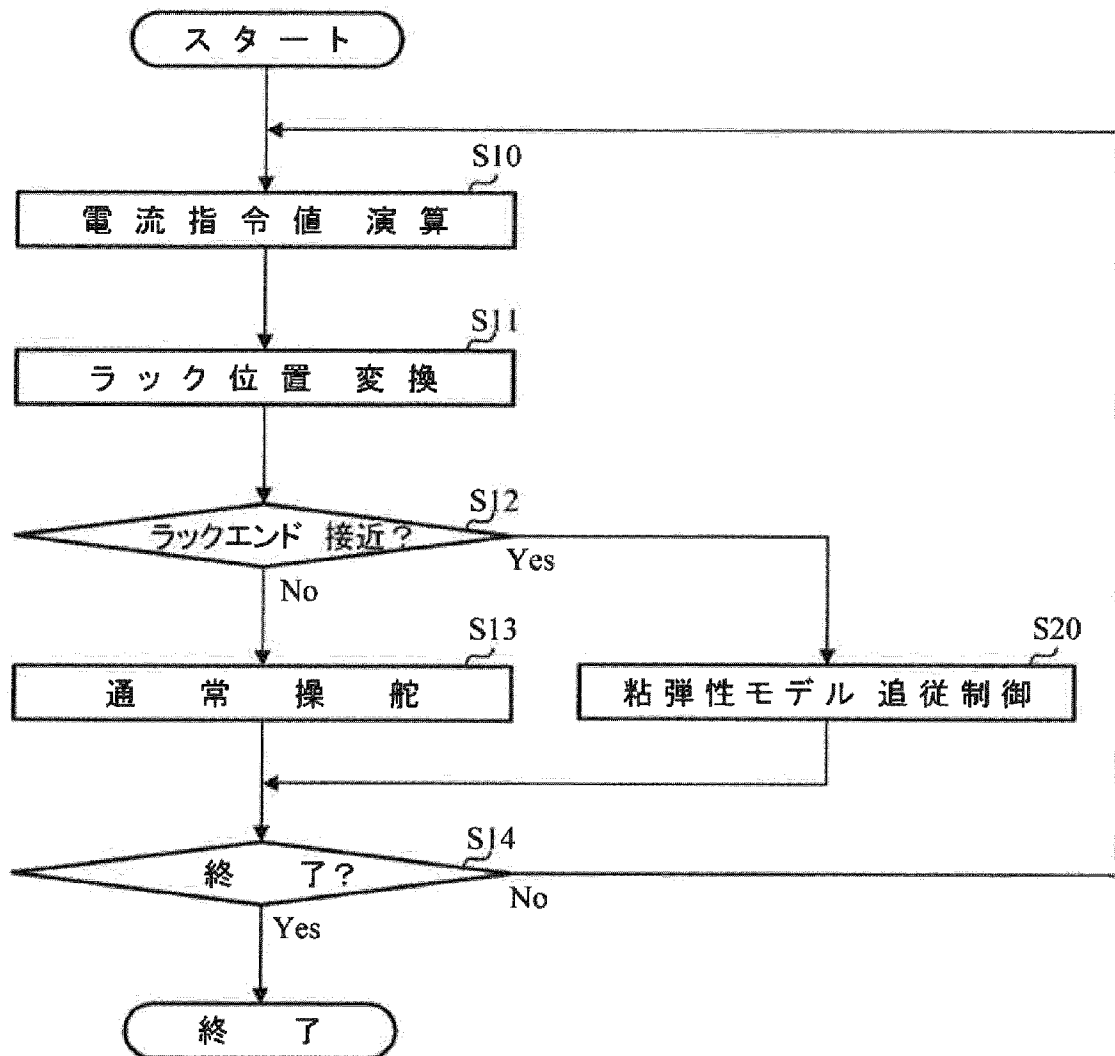
[図5]



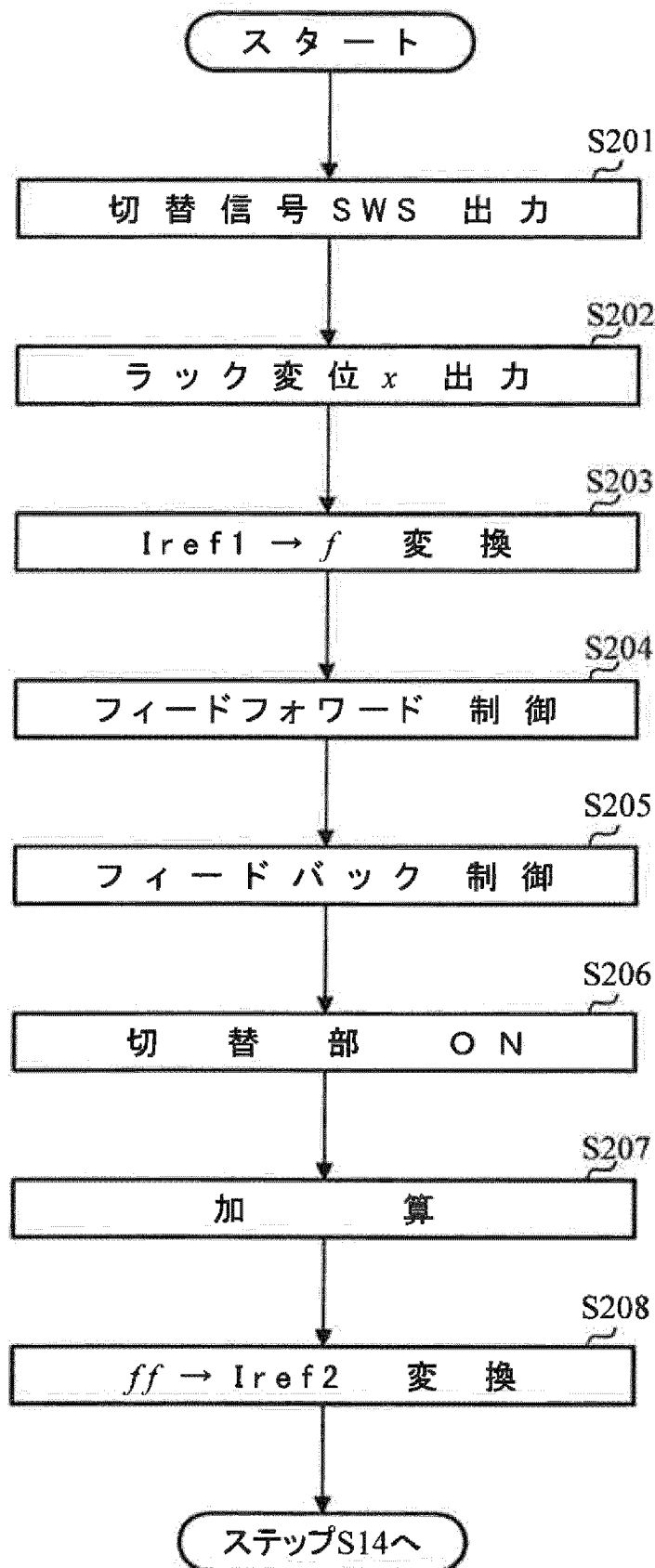
[図6]



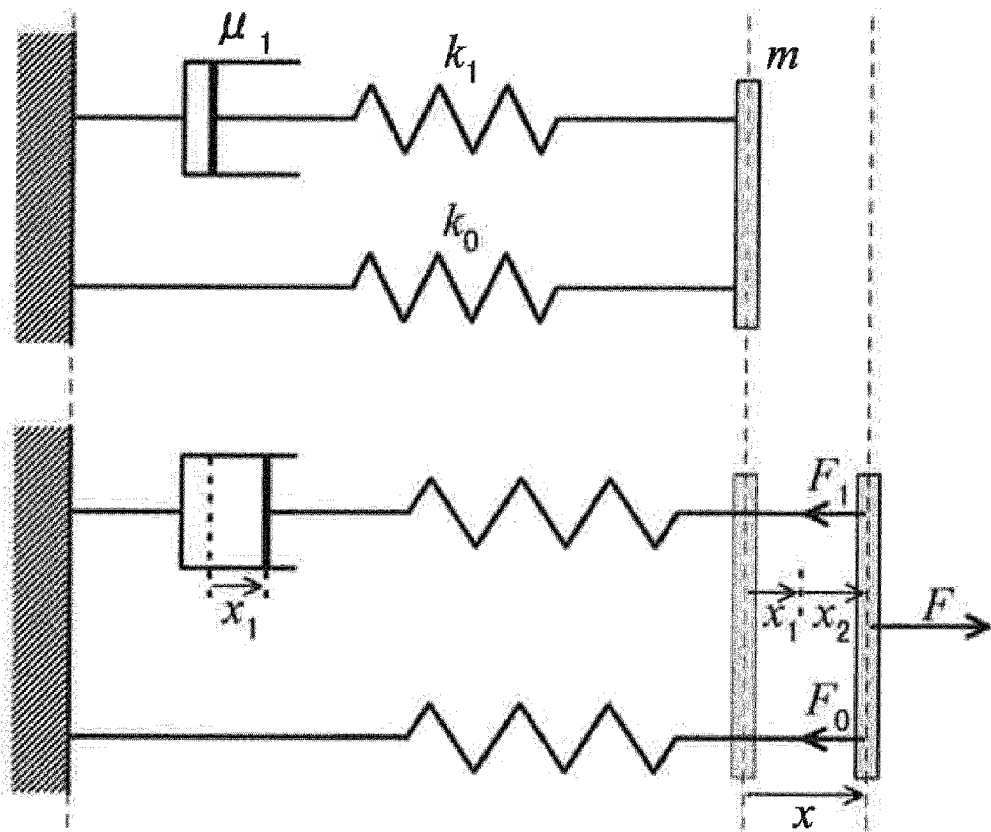
[図7]



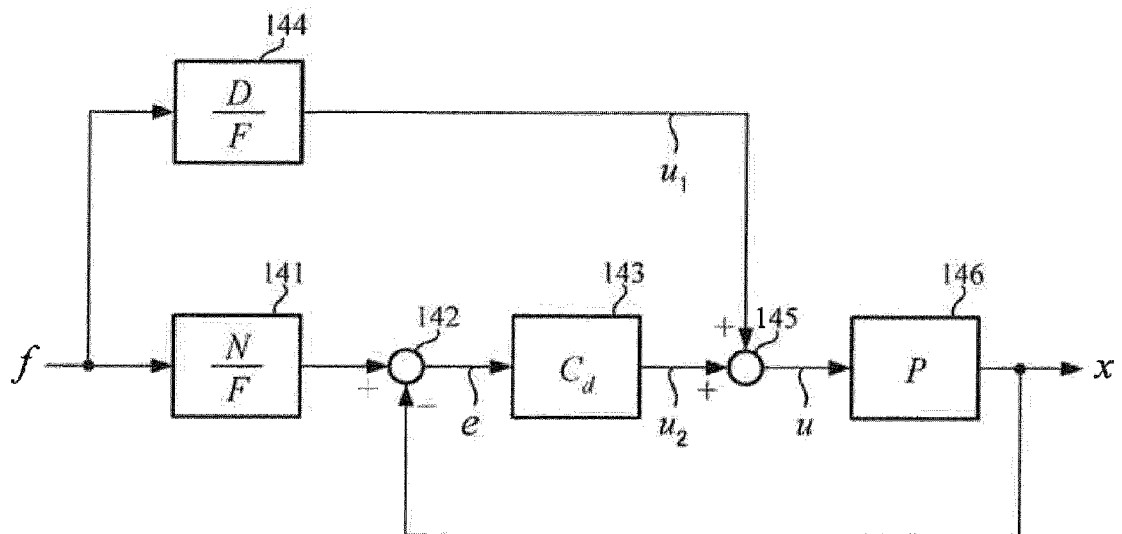
[図8]



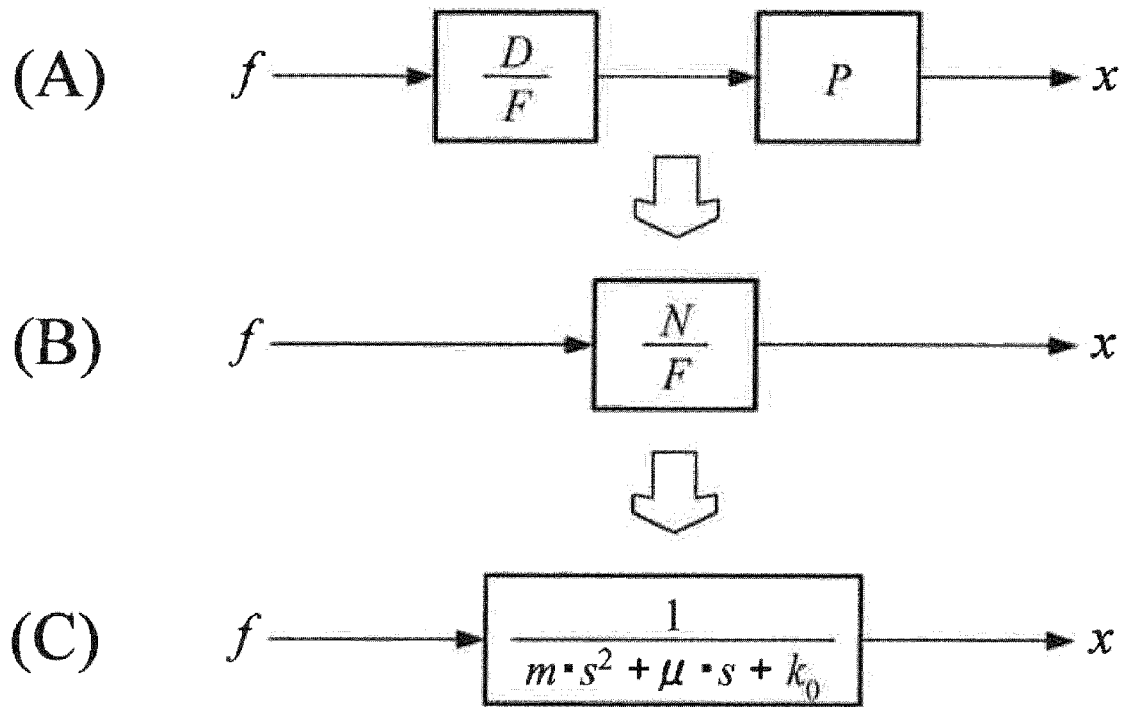
[図9]



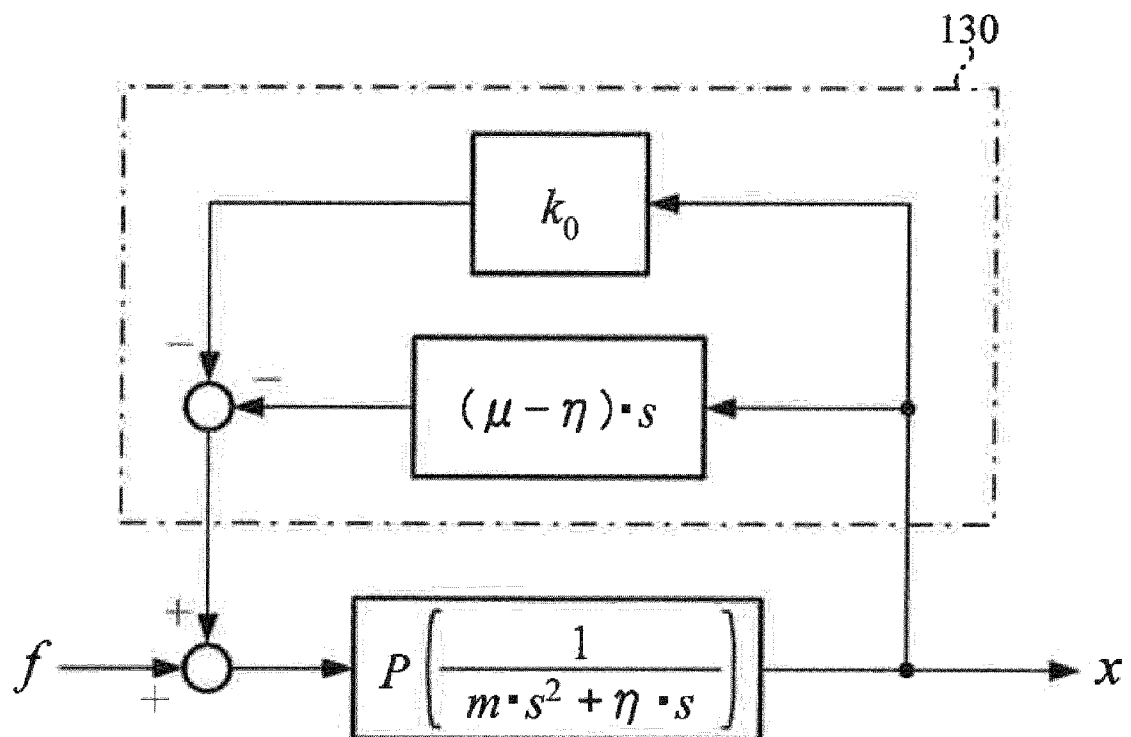
[図10]

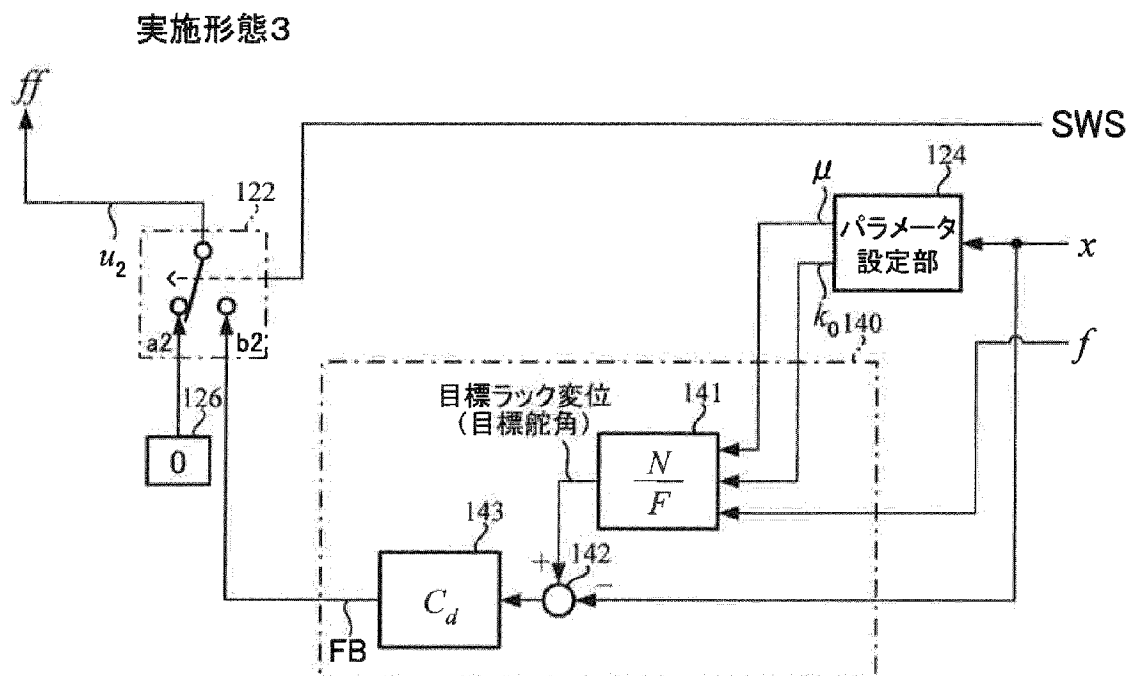
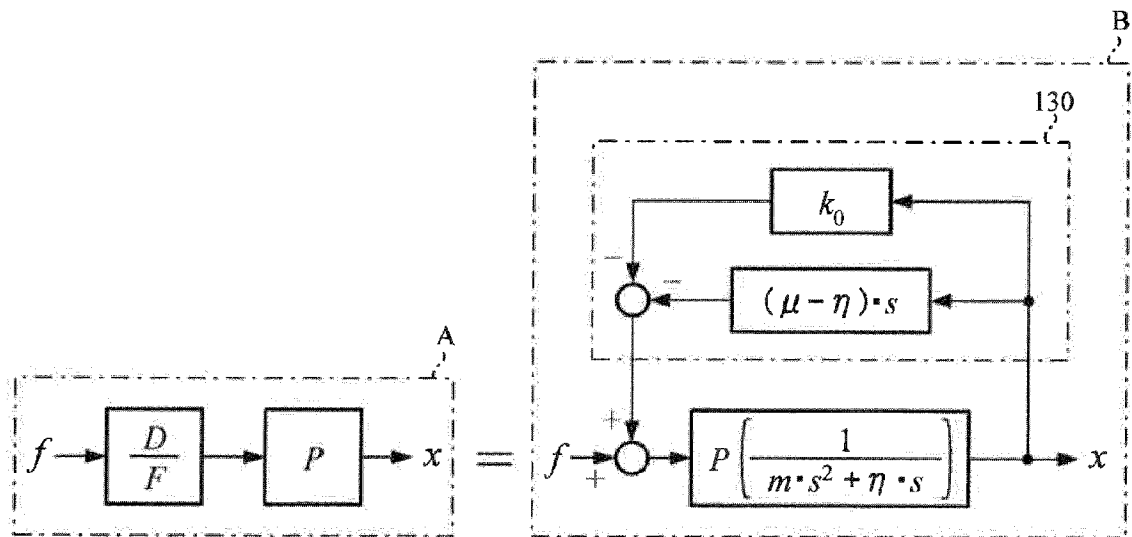


[図11]

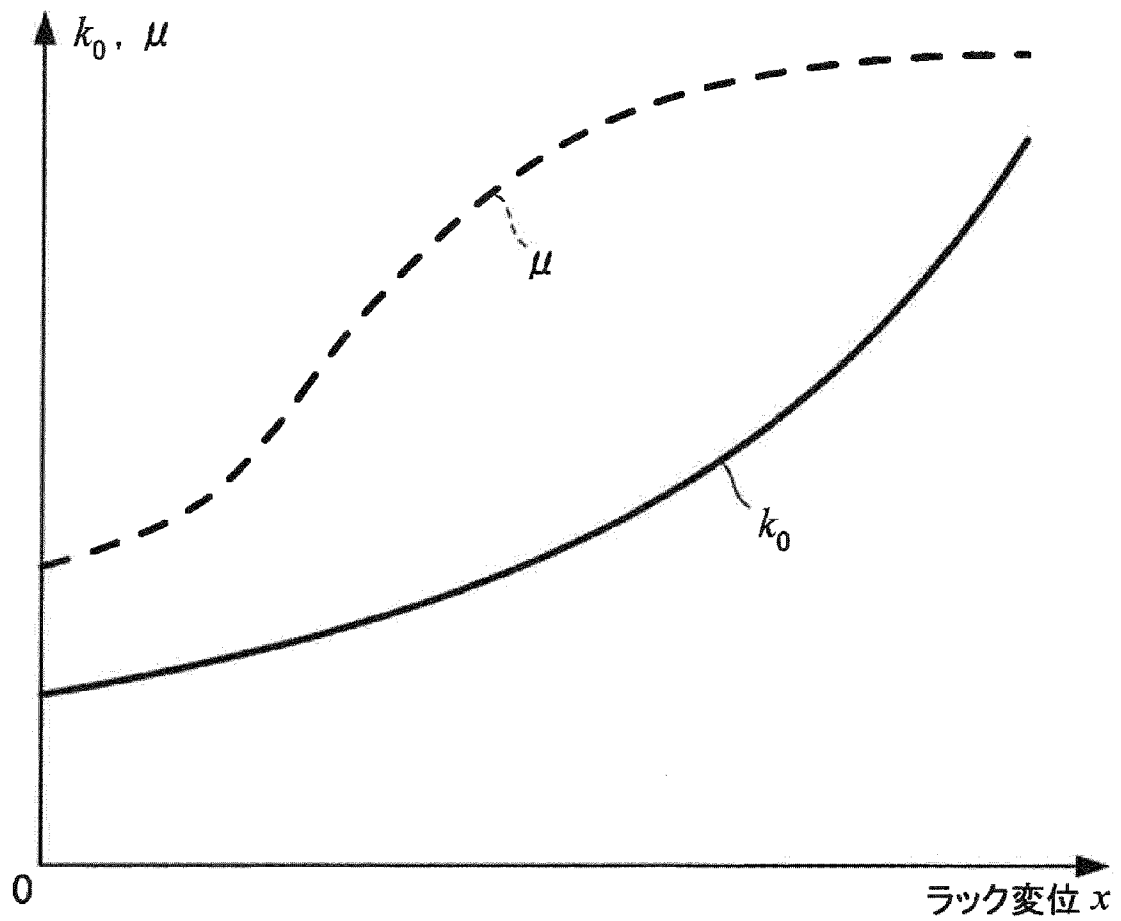


[図12]



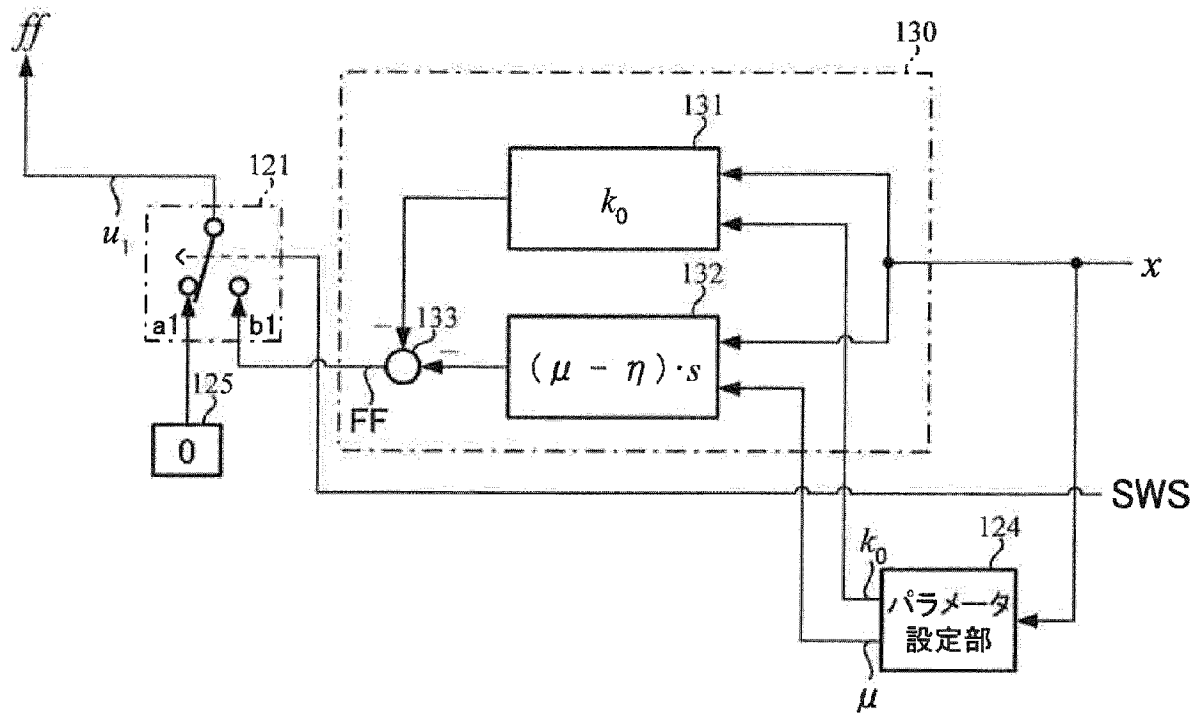


[図15]



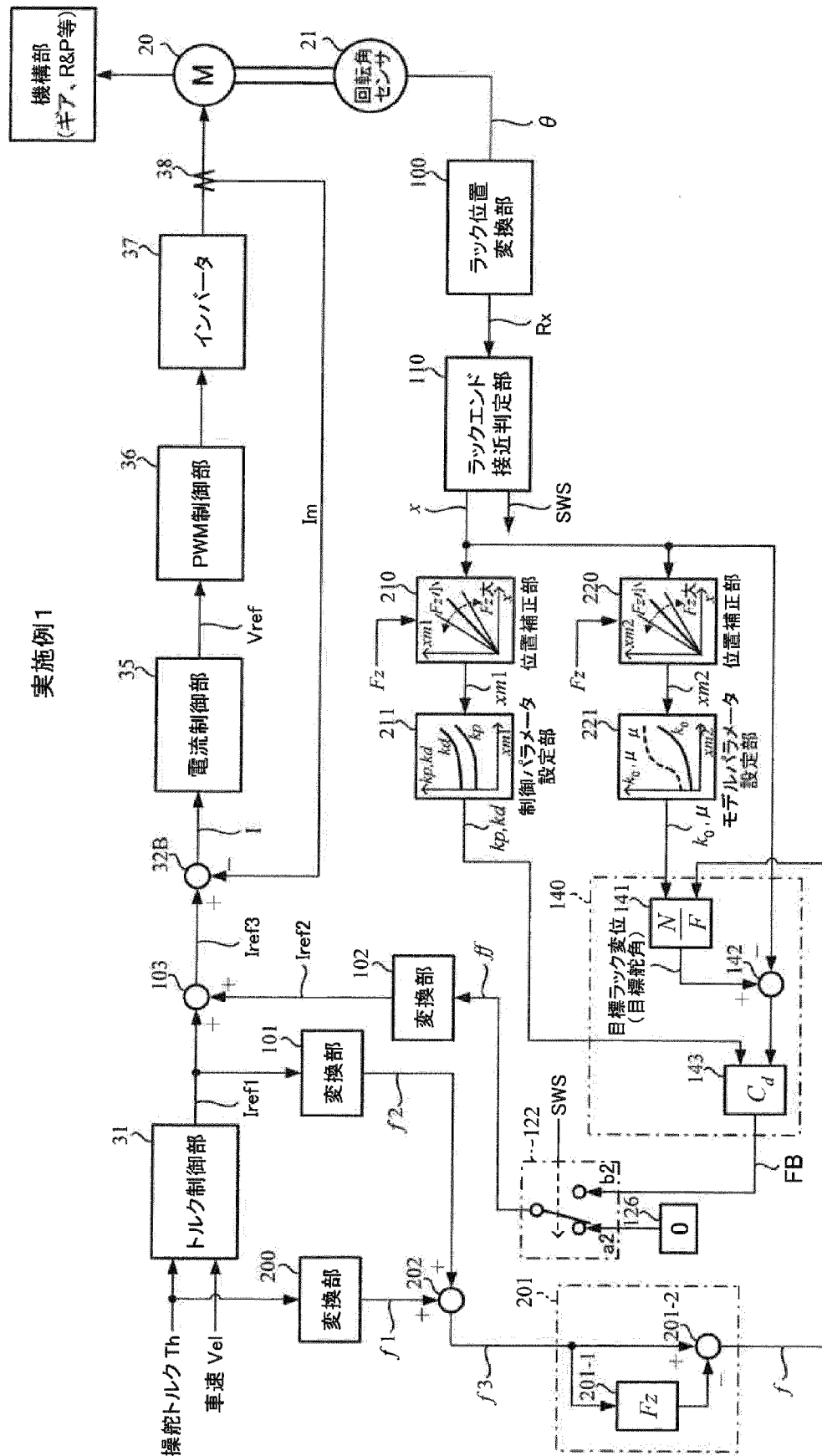
[図16]

実施形態4

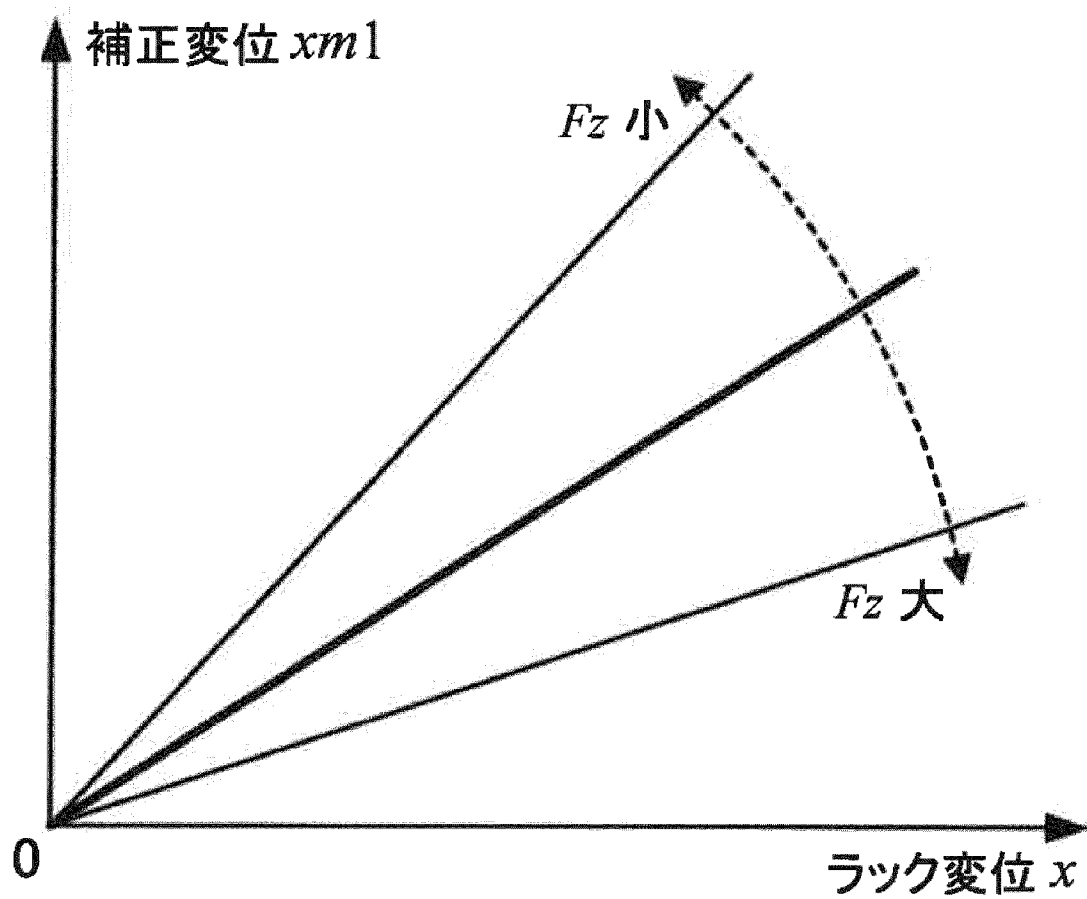


[図17]

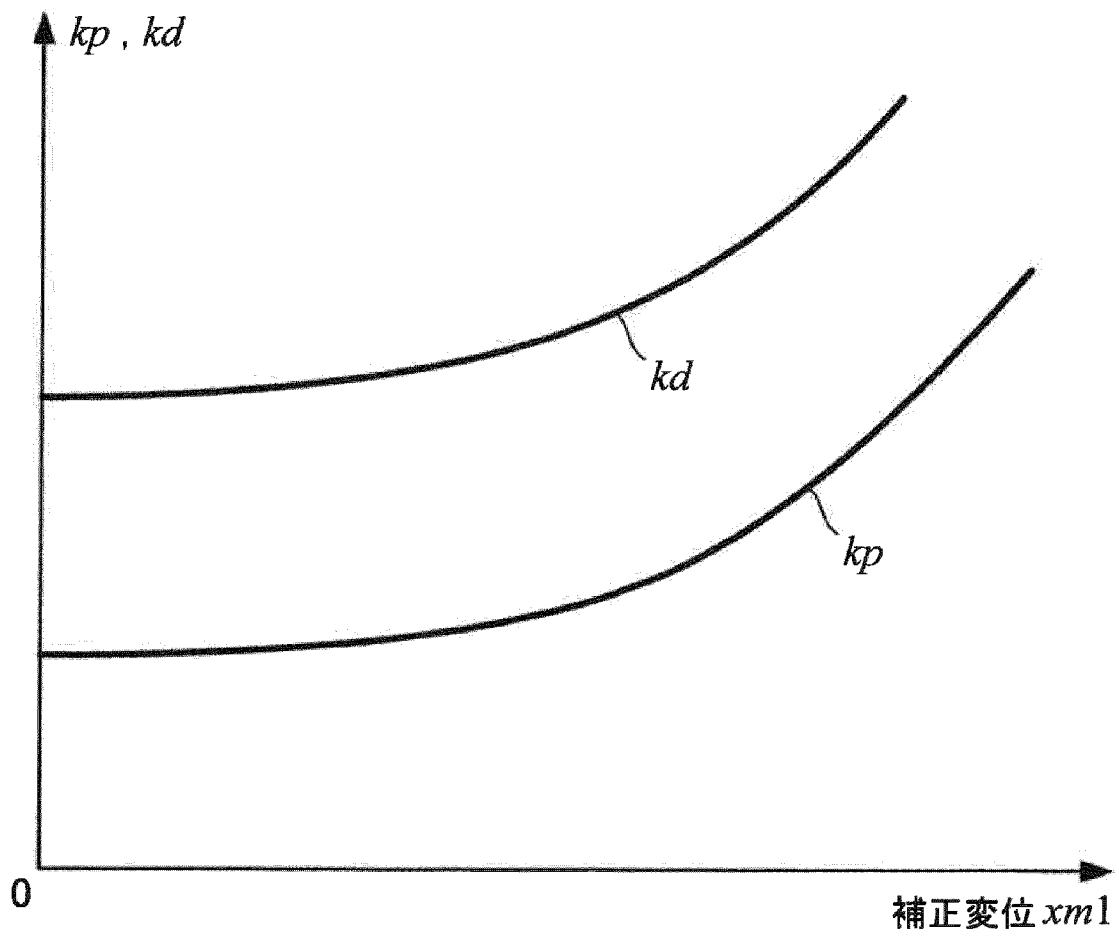
実施例1



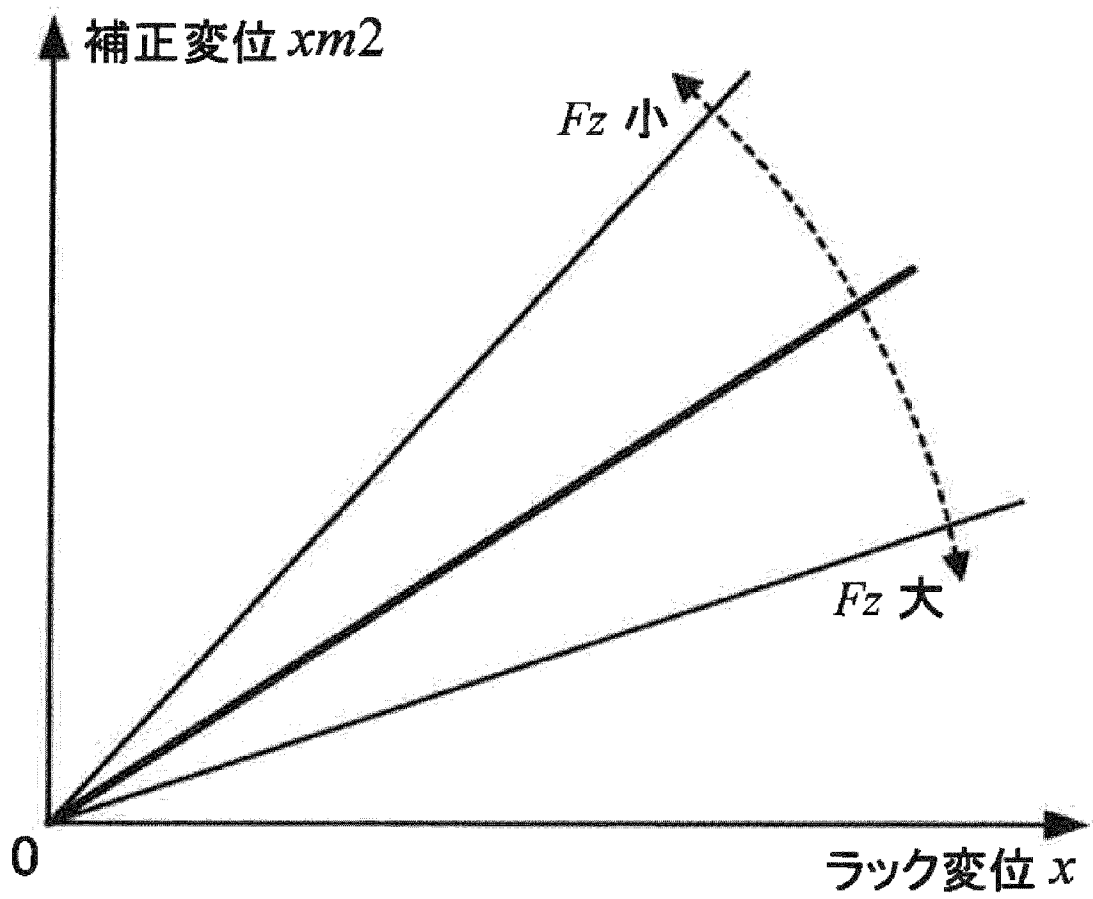
[図18]



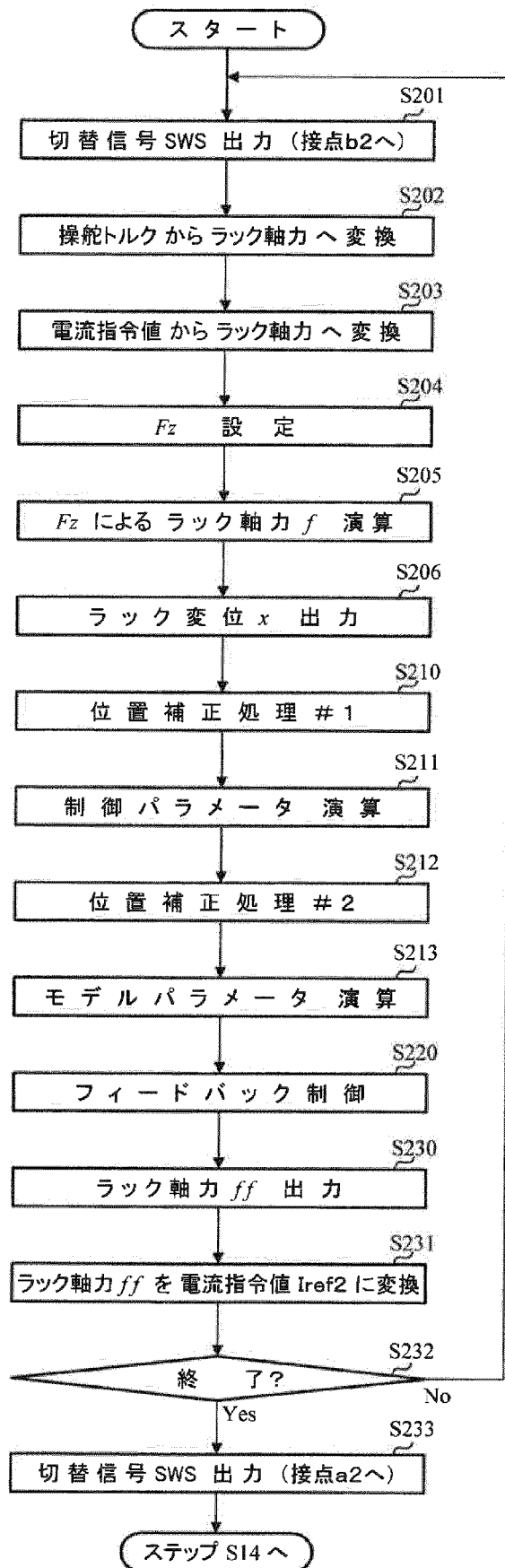
[図19]



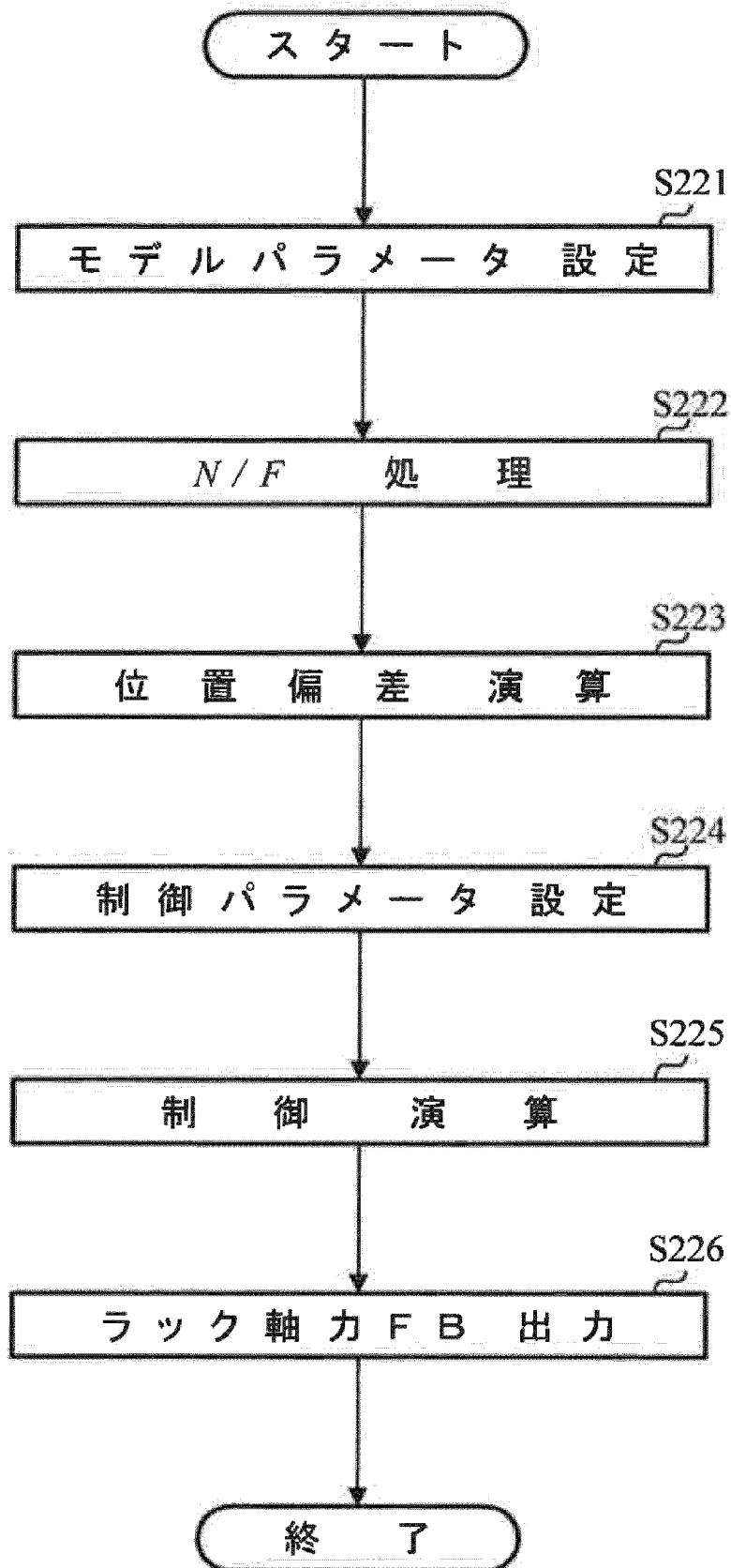
[図20]



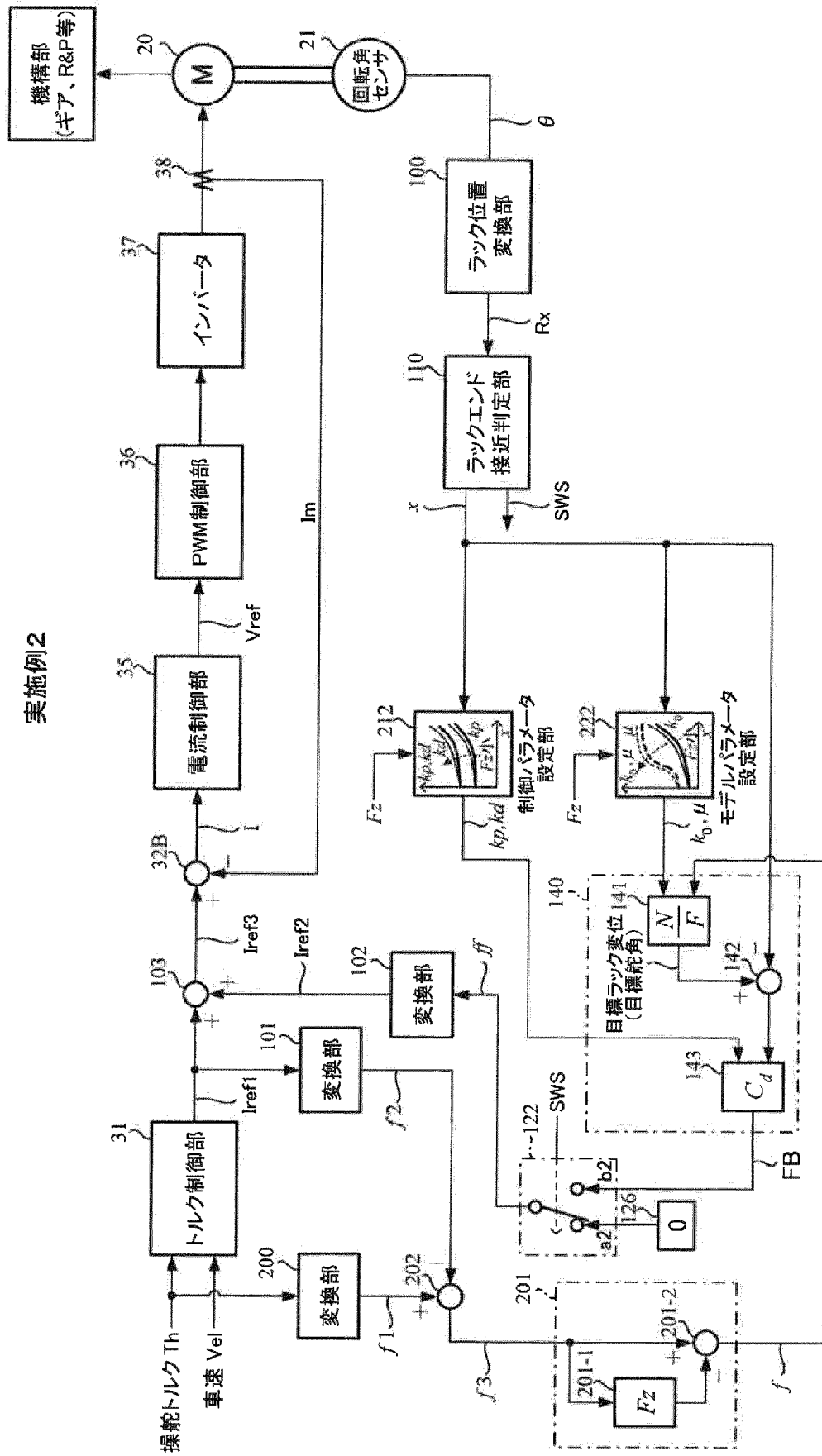
[図21]



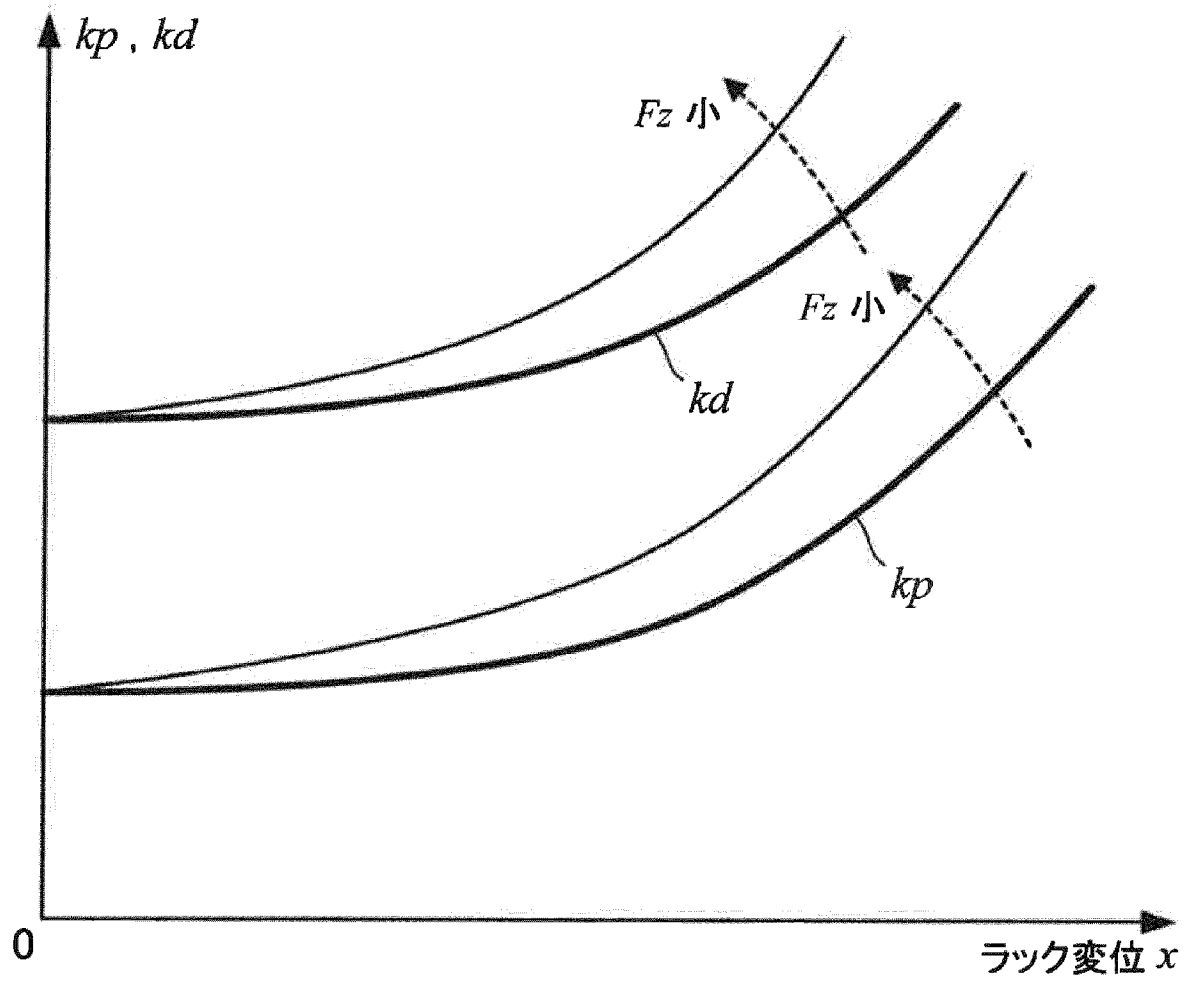
[図22]



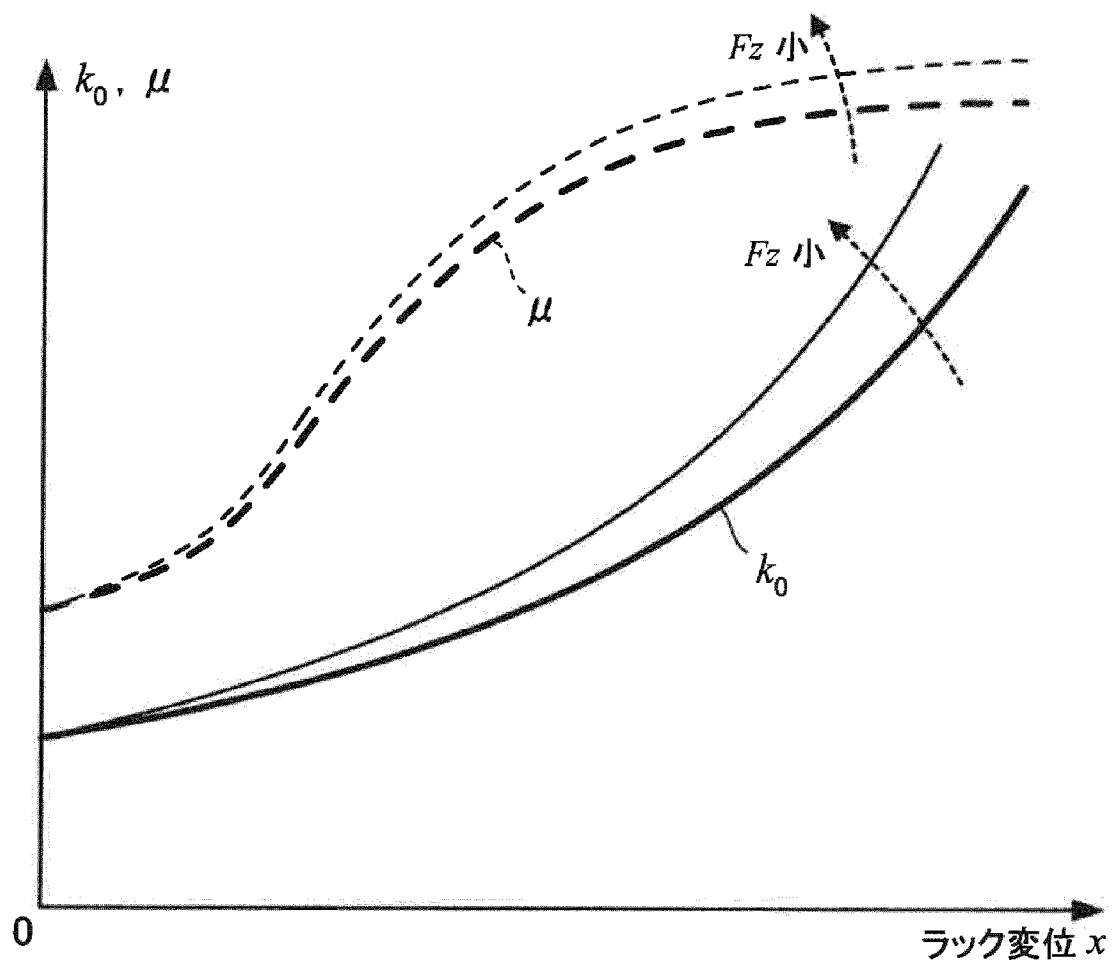
实施例2



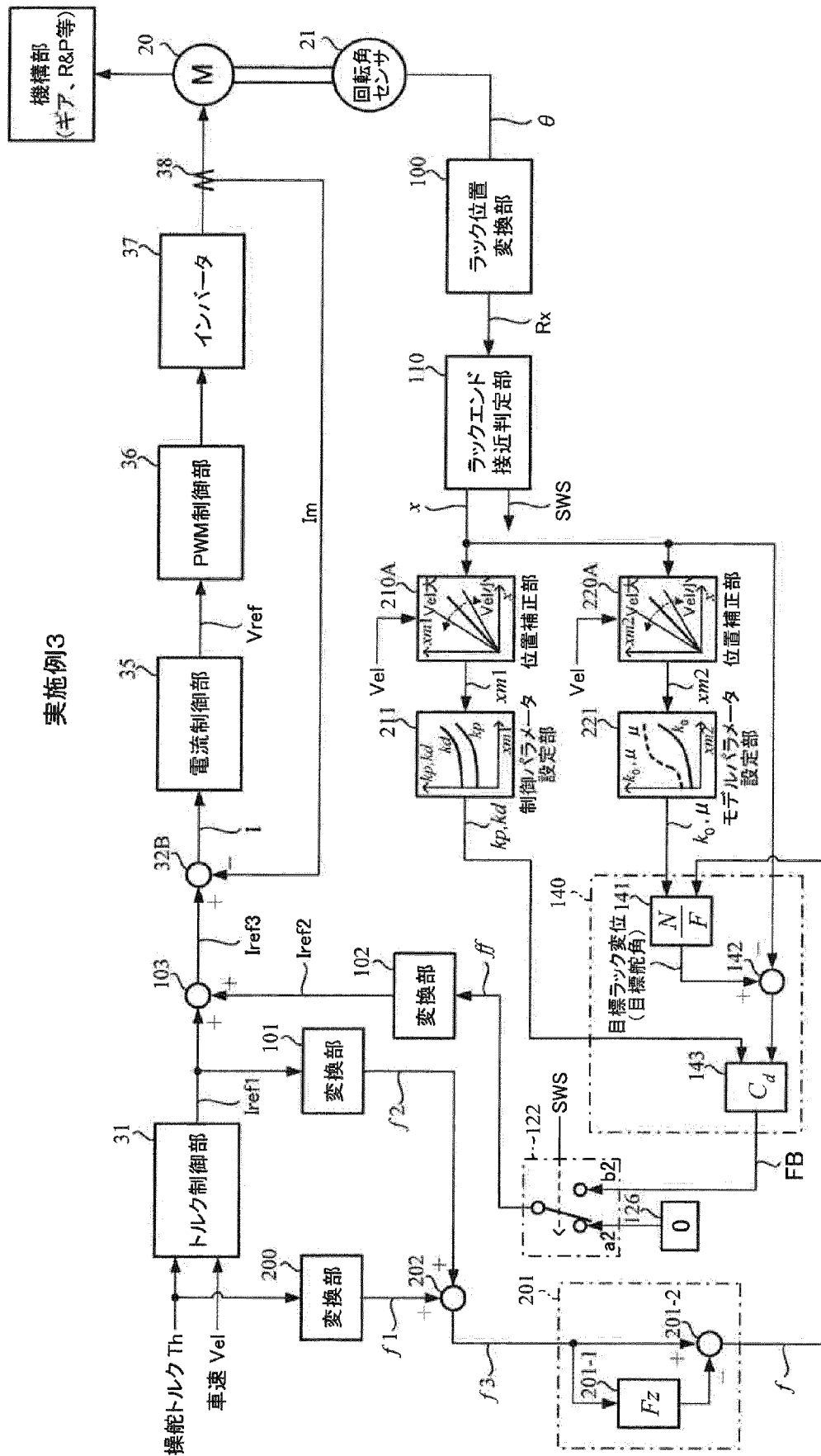
[図24]



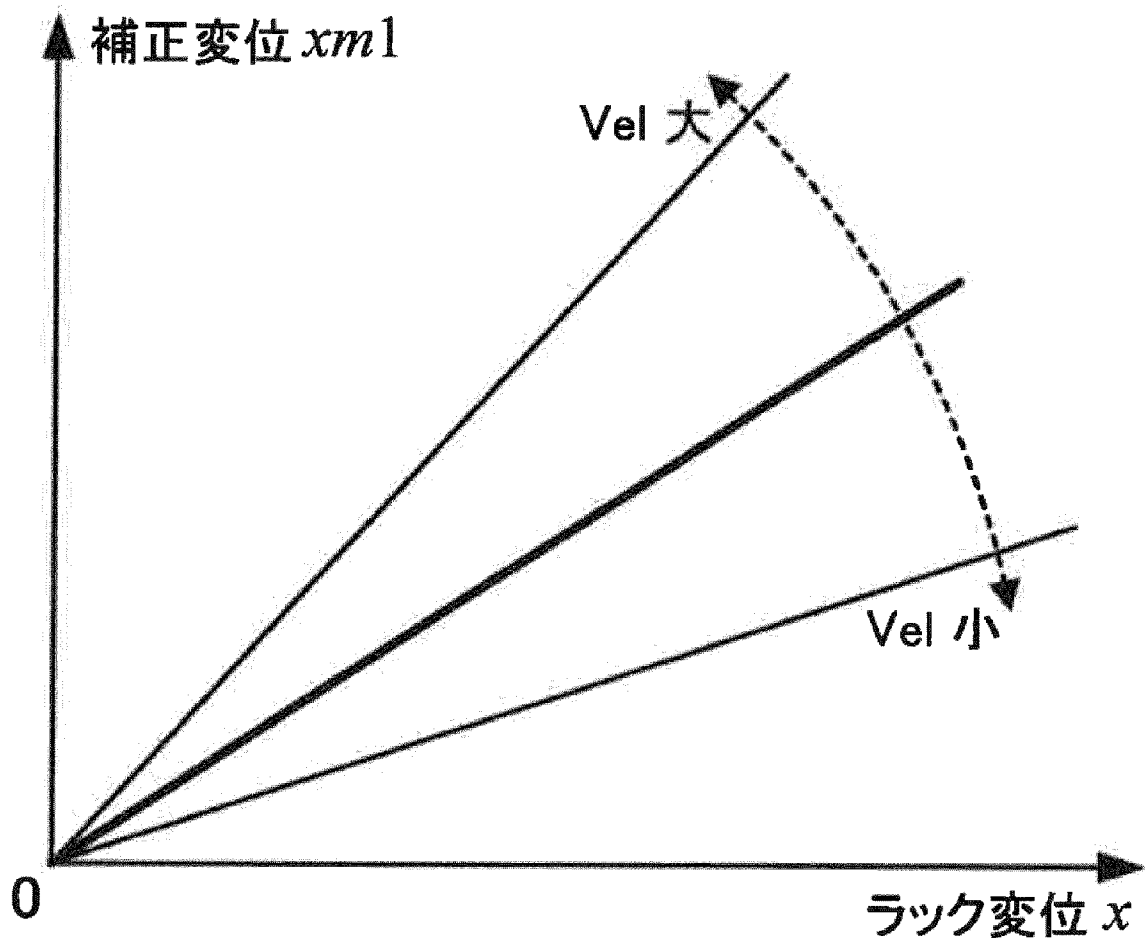
[図25]



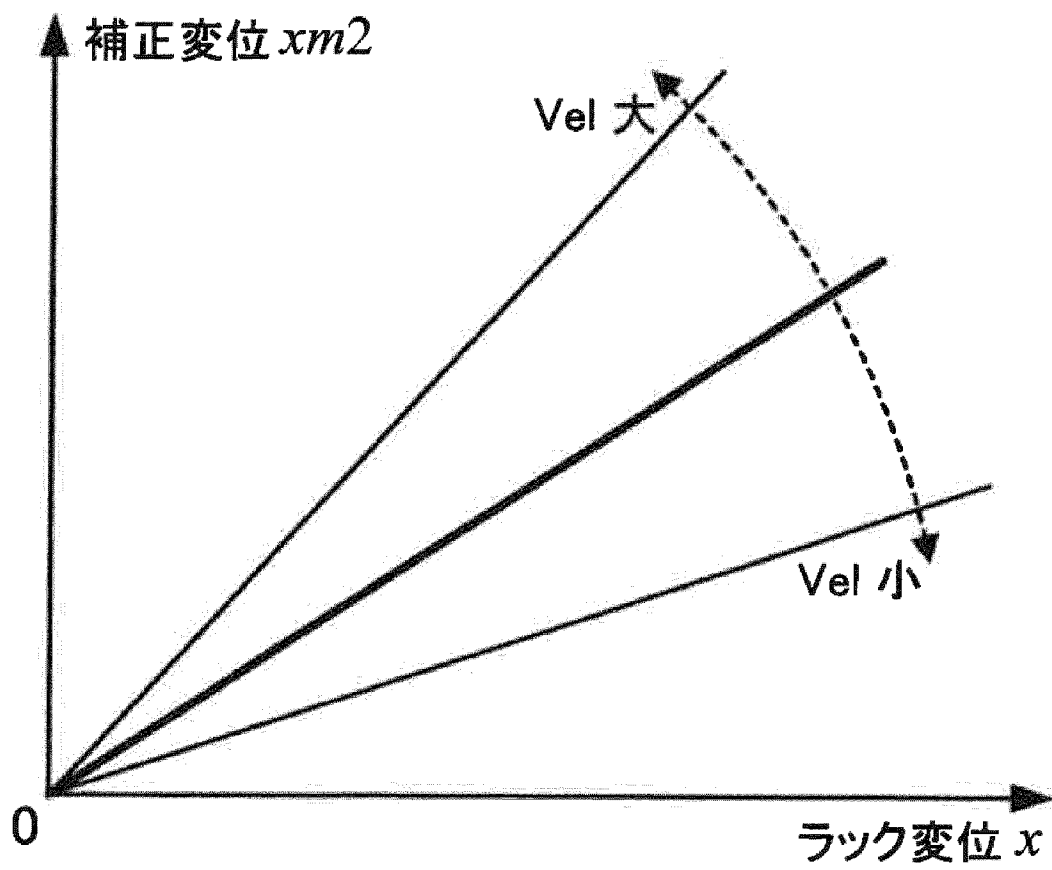
实施例3



[図27]

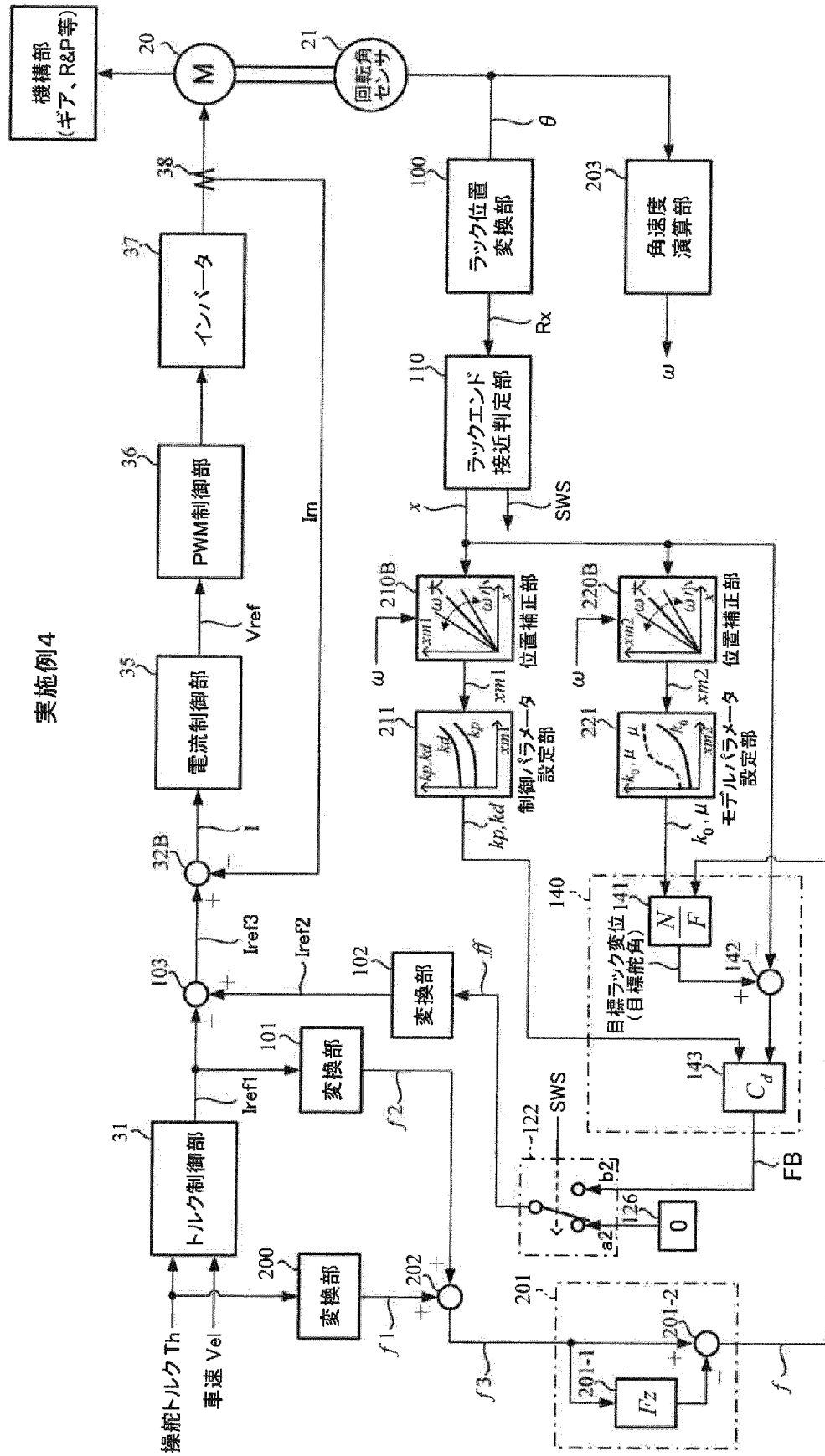


[図28]

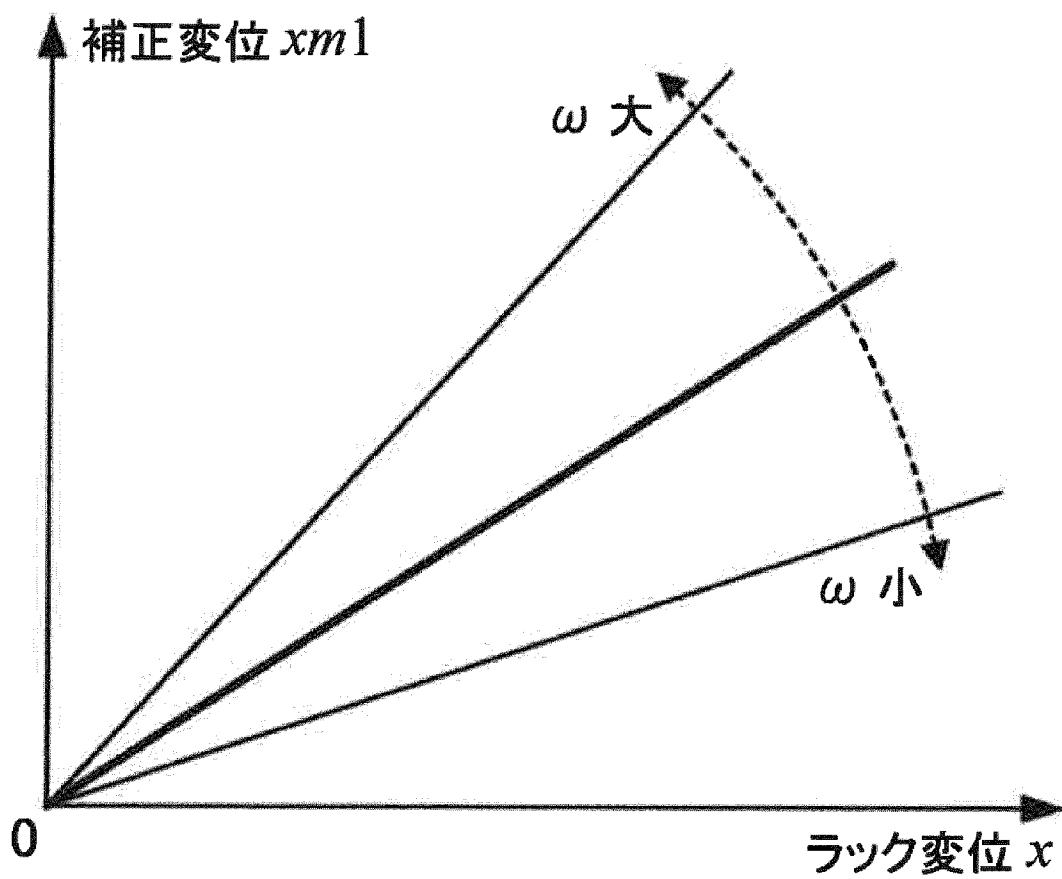


[図29]

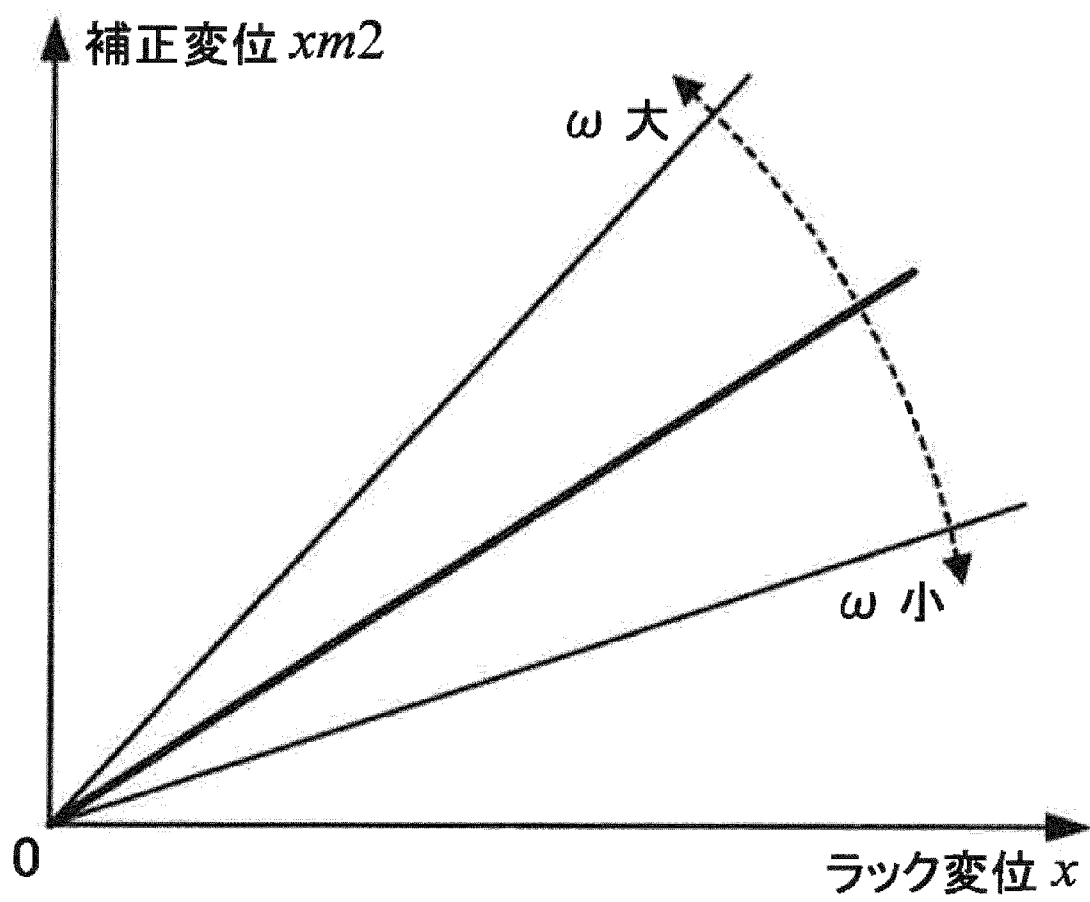
実施例4



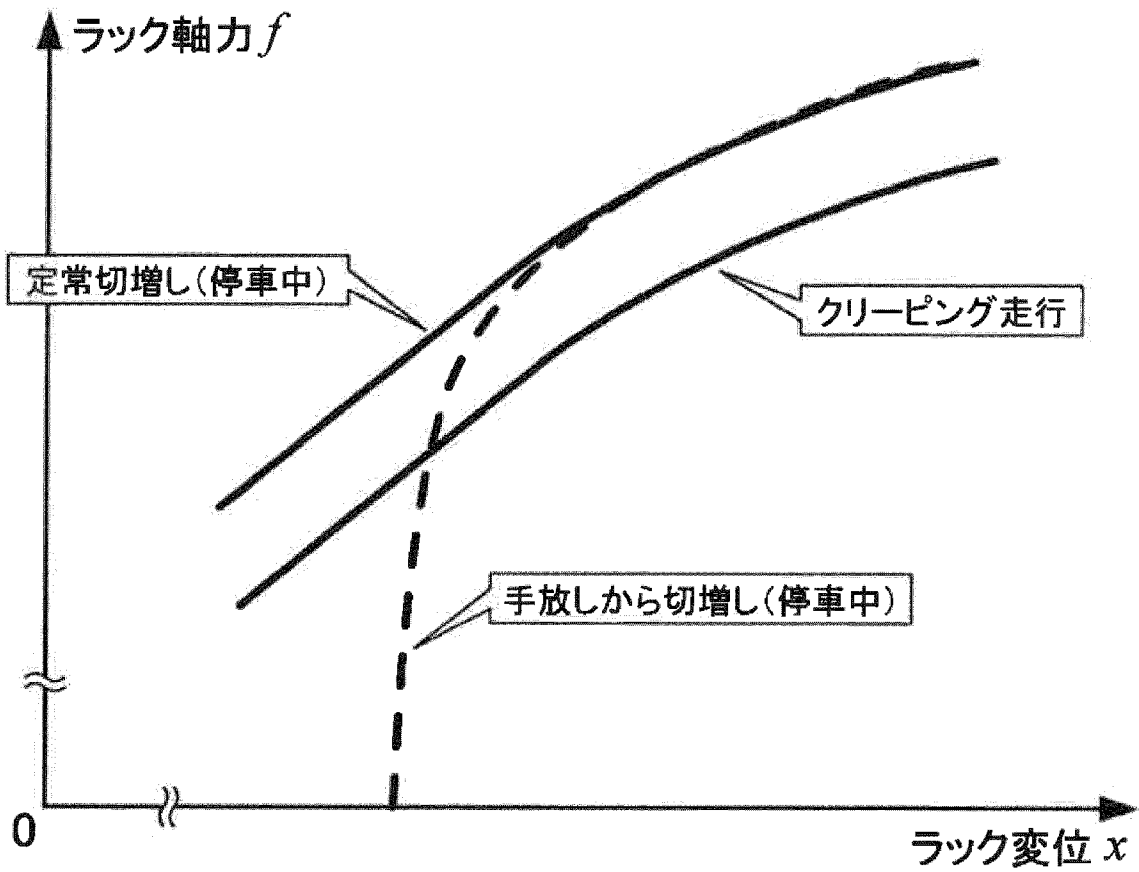
[図30]



[図31]

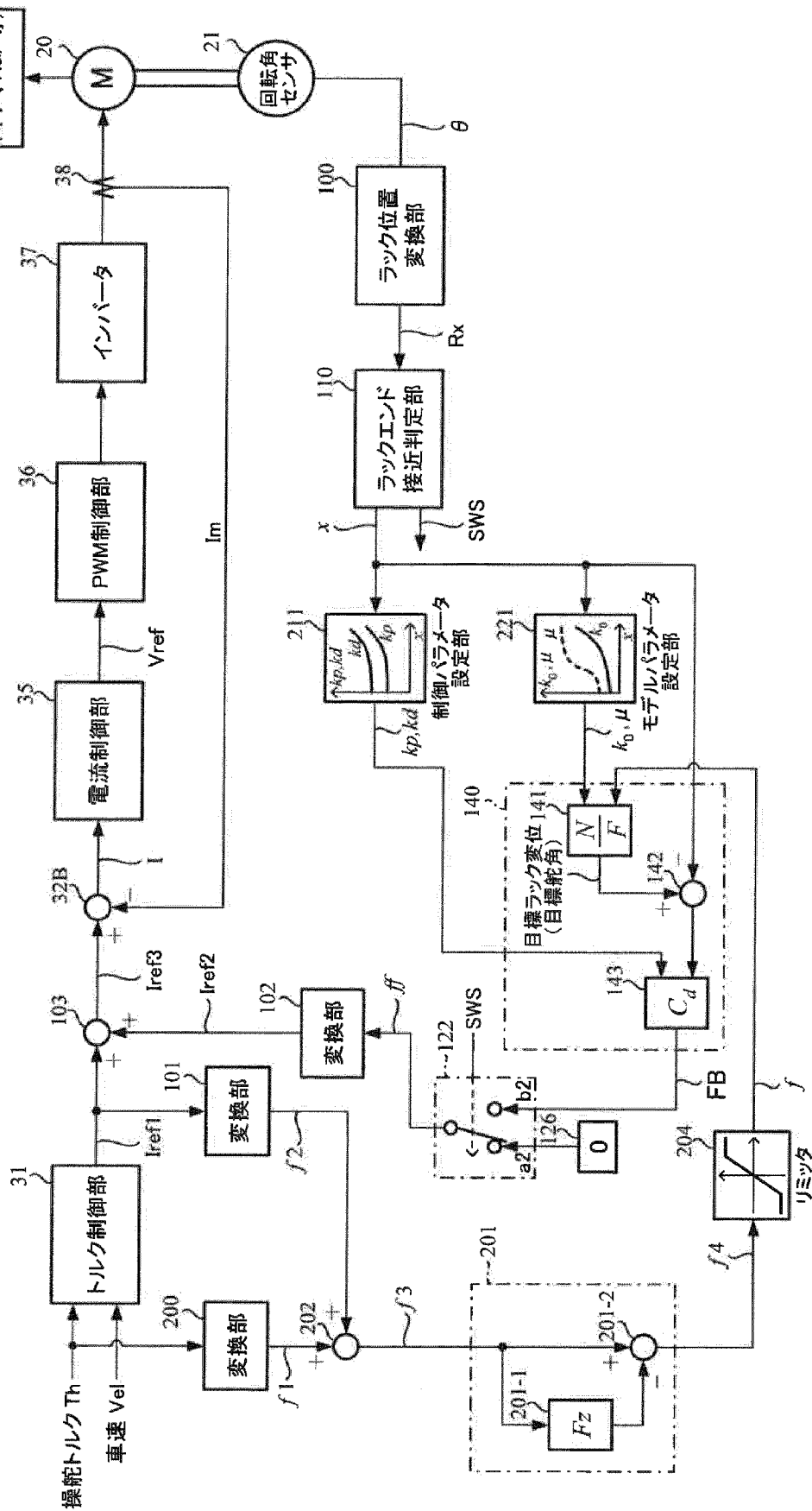


[図32]

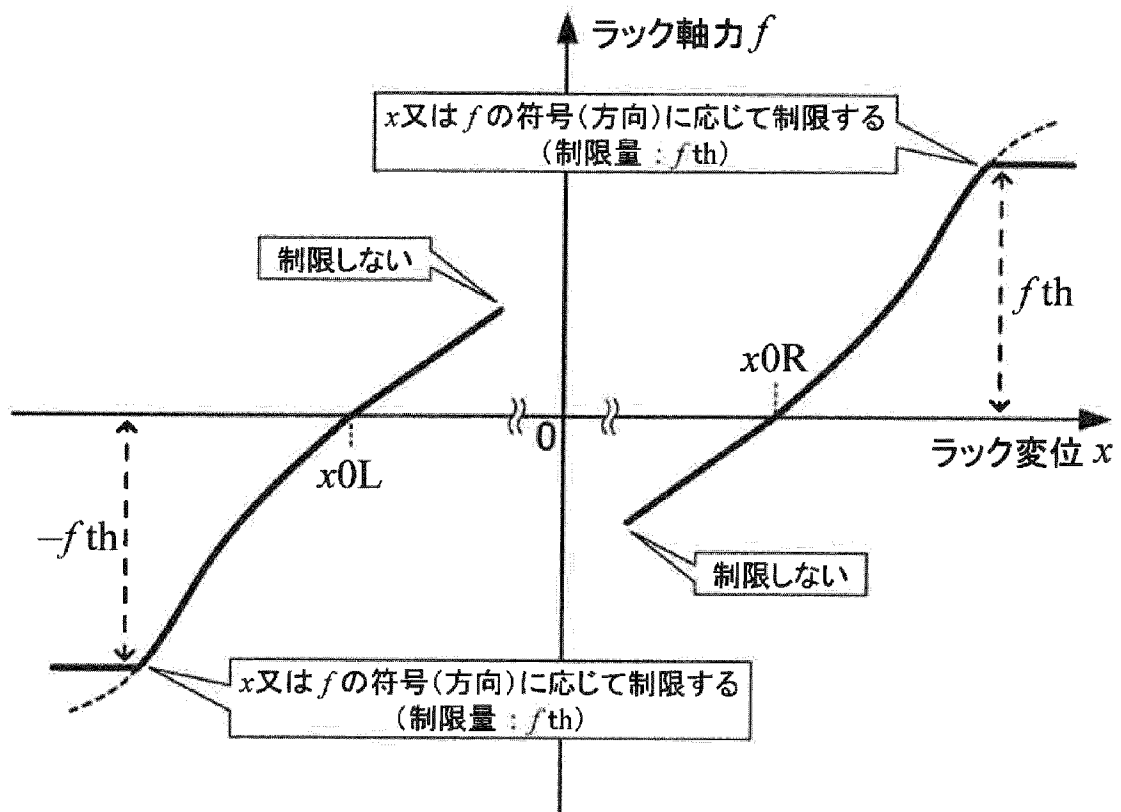


[図33]

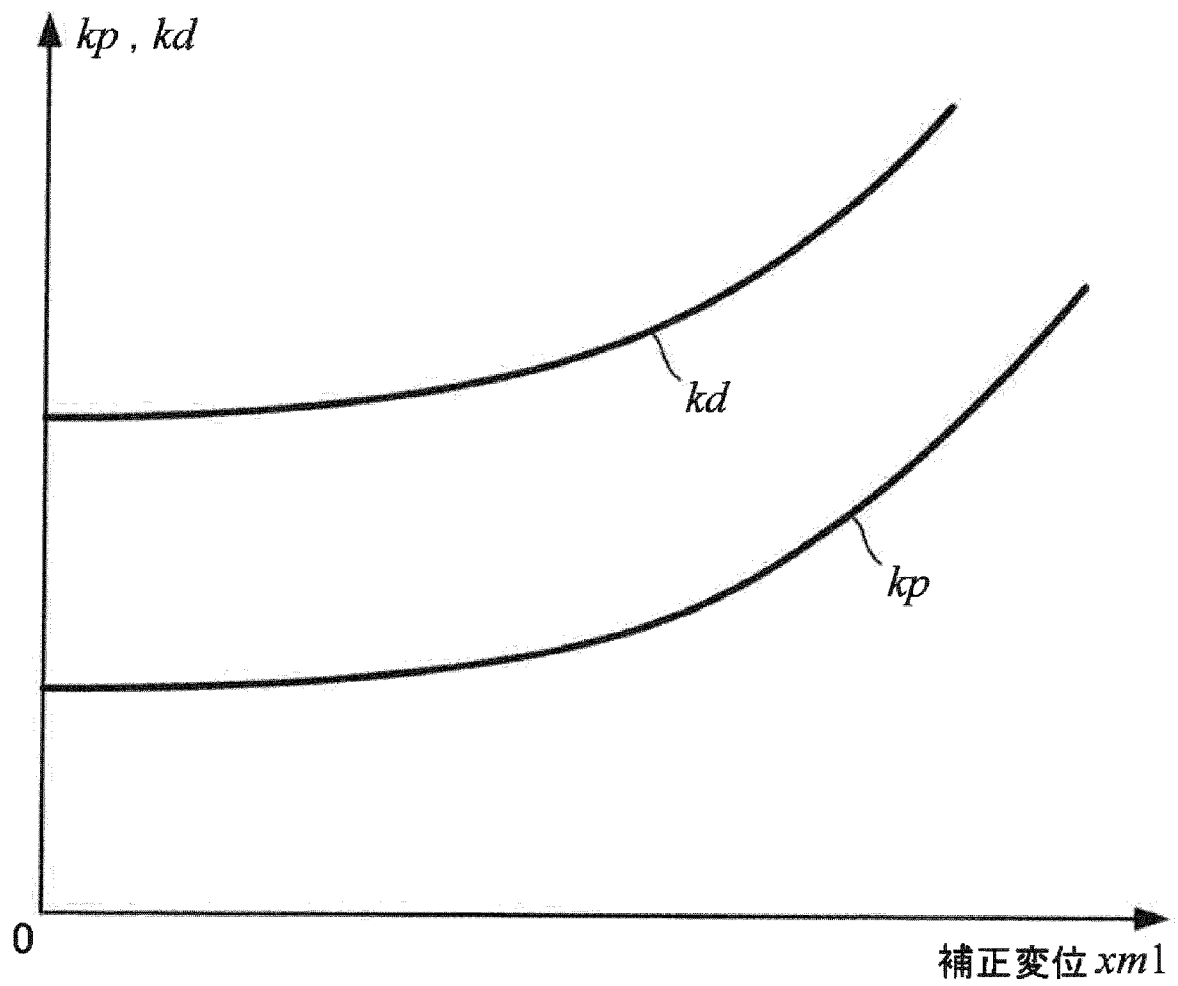
実施例5



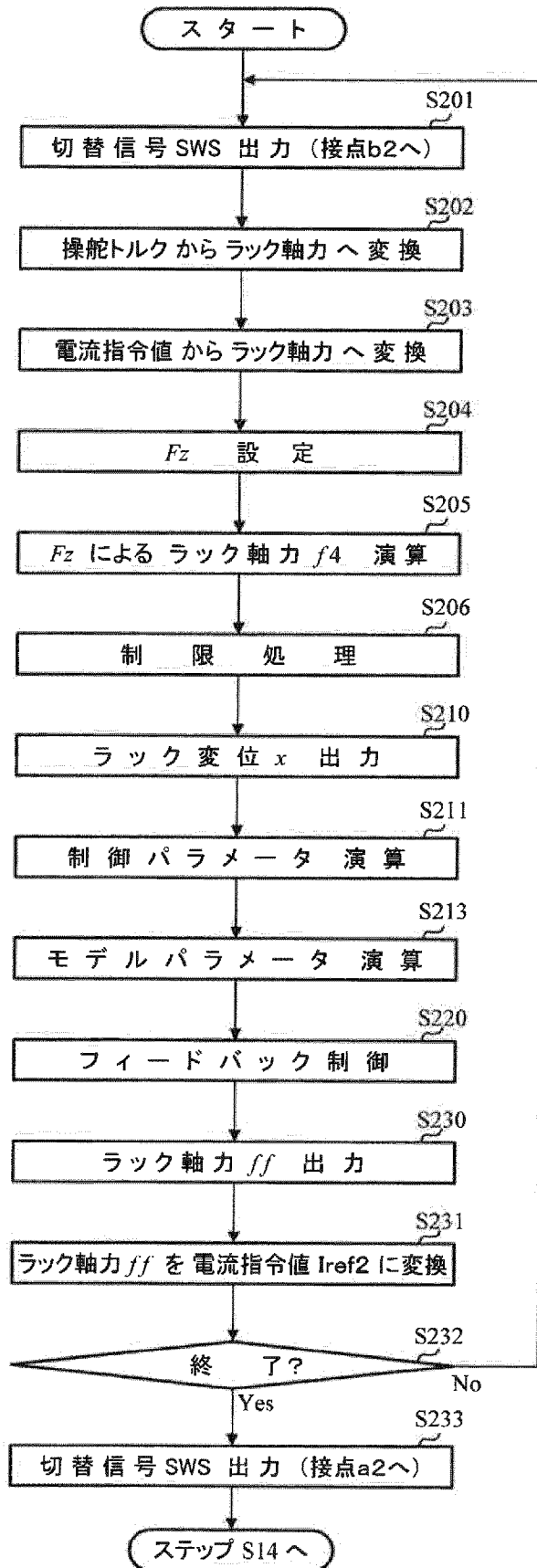
[図34]



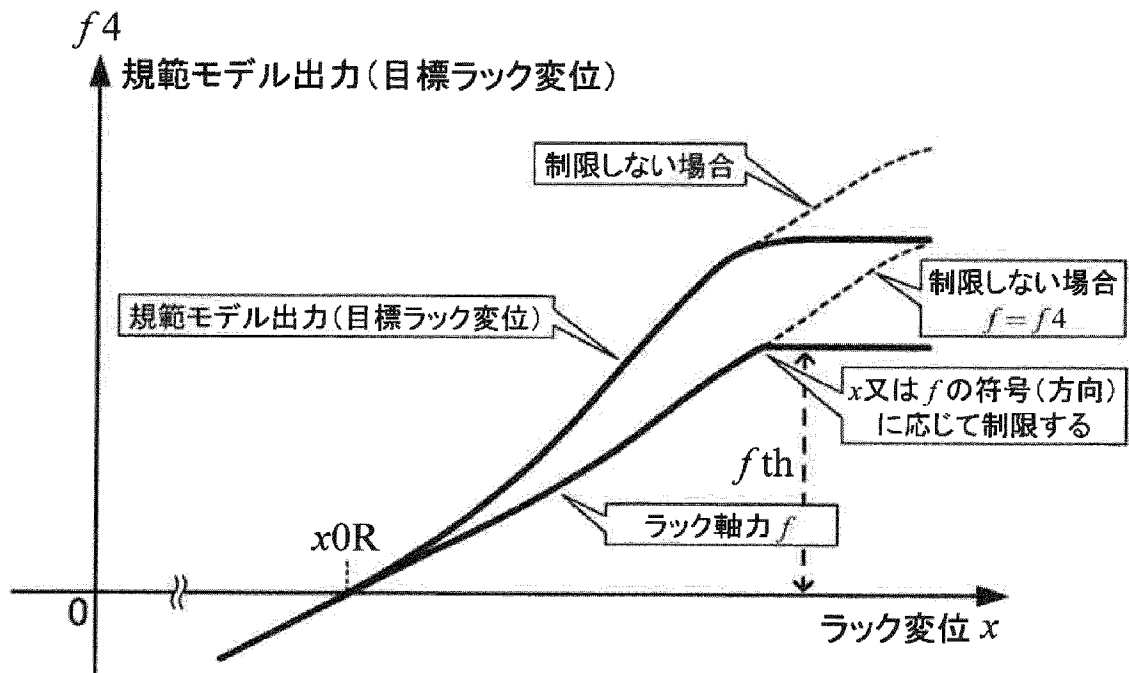
[図35]



[図36]

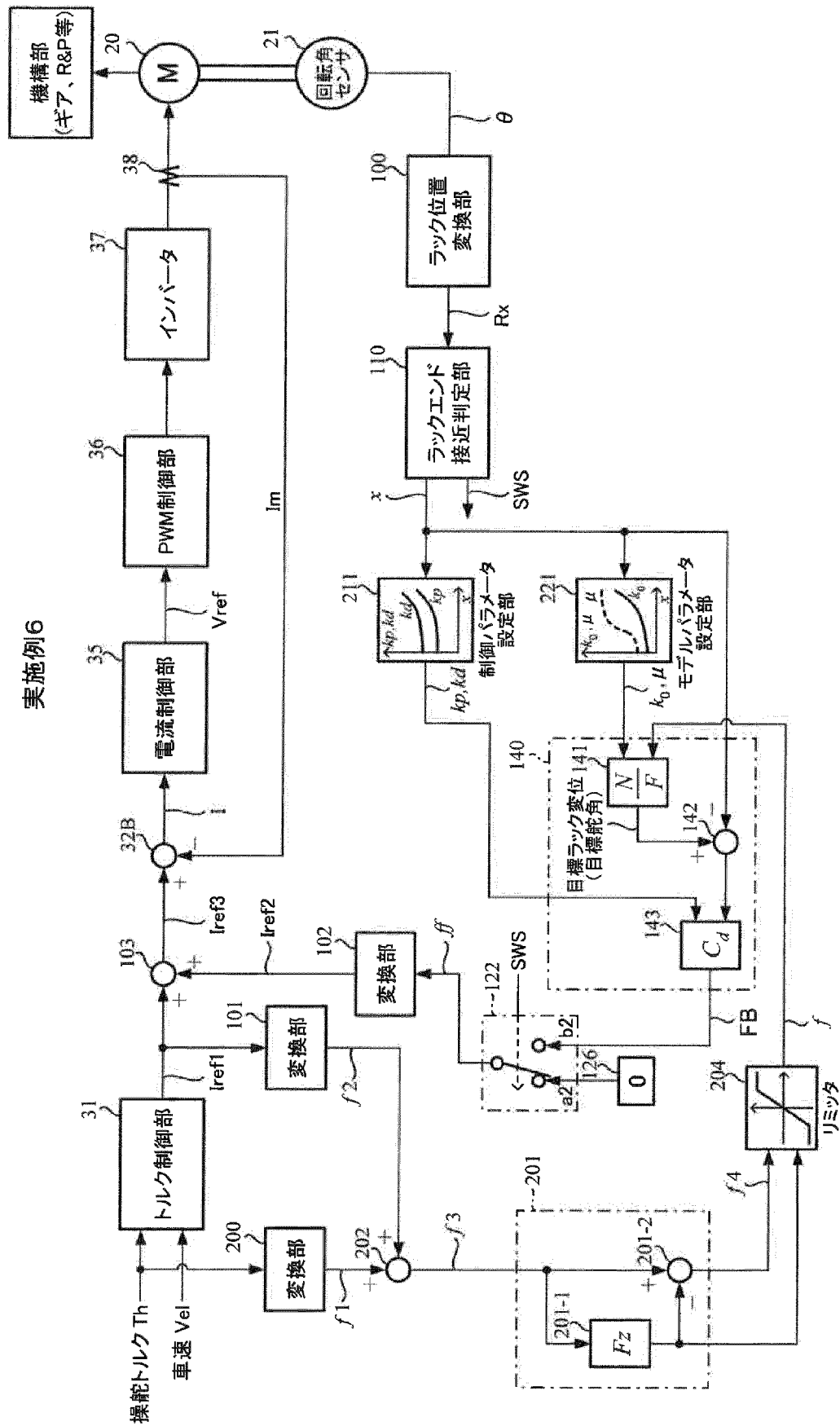


[図37]

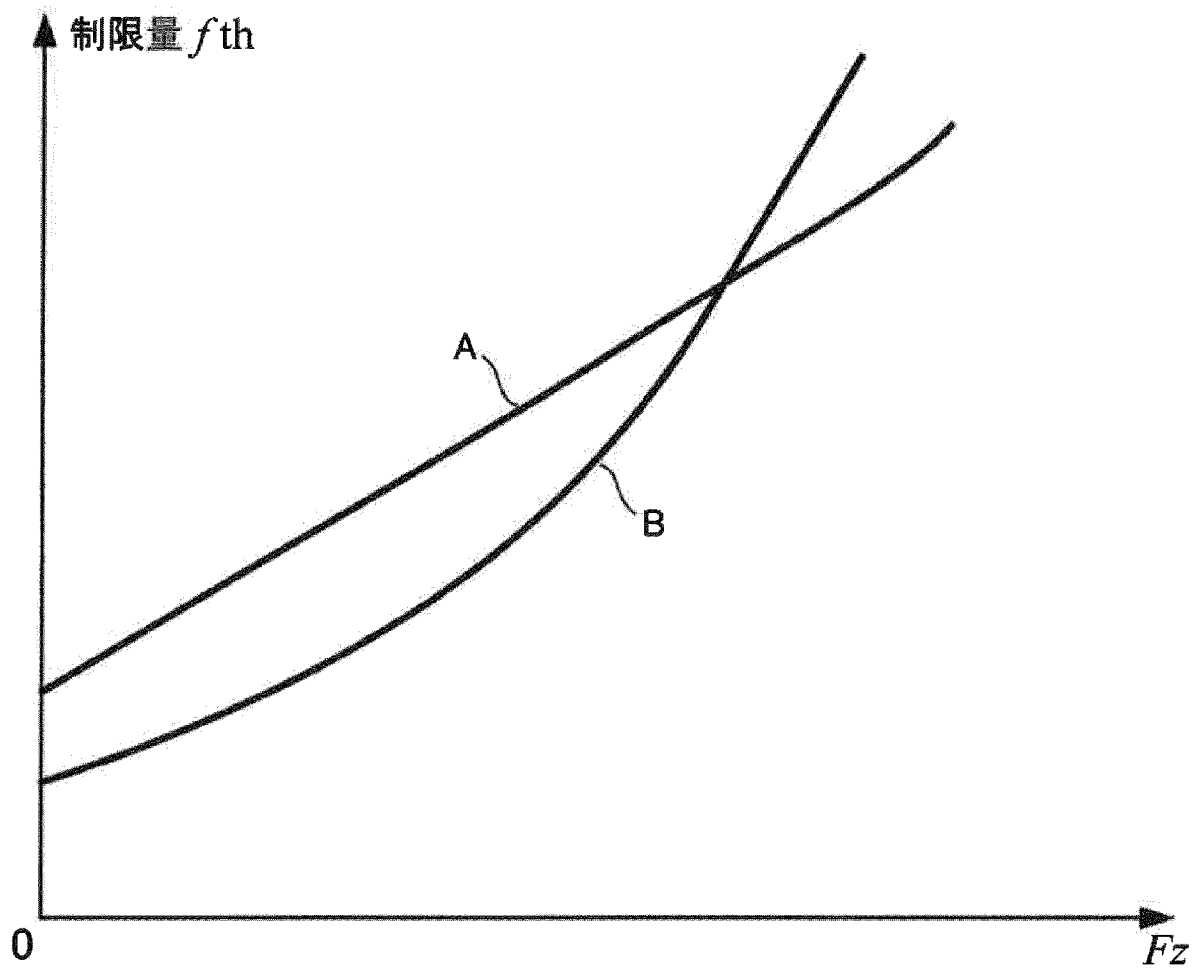


[図38]

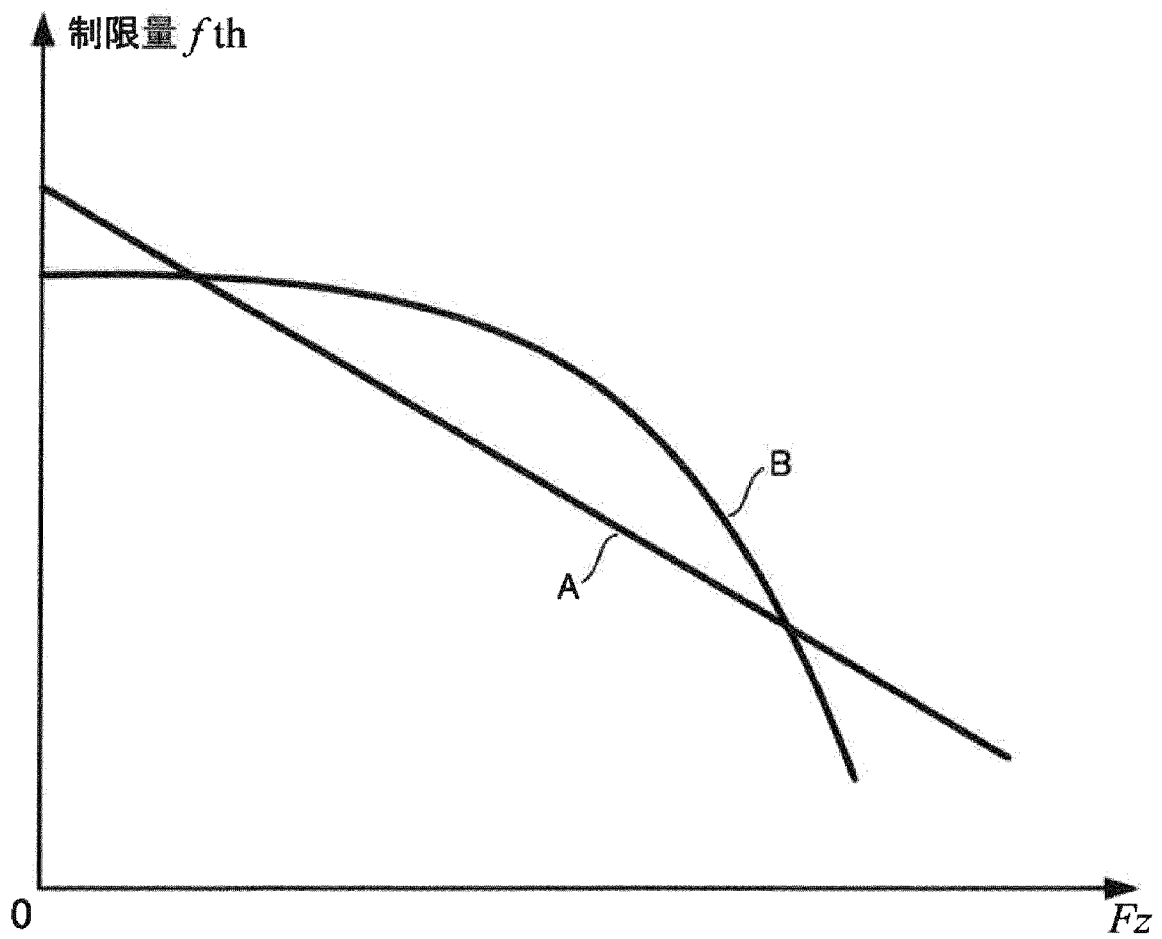
実施例6



[図39]

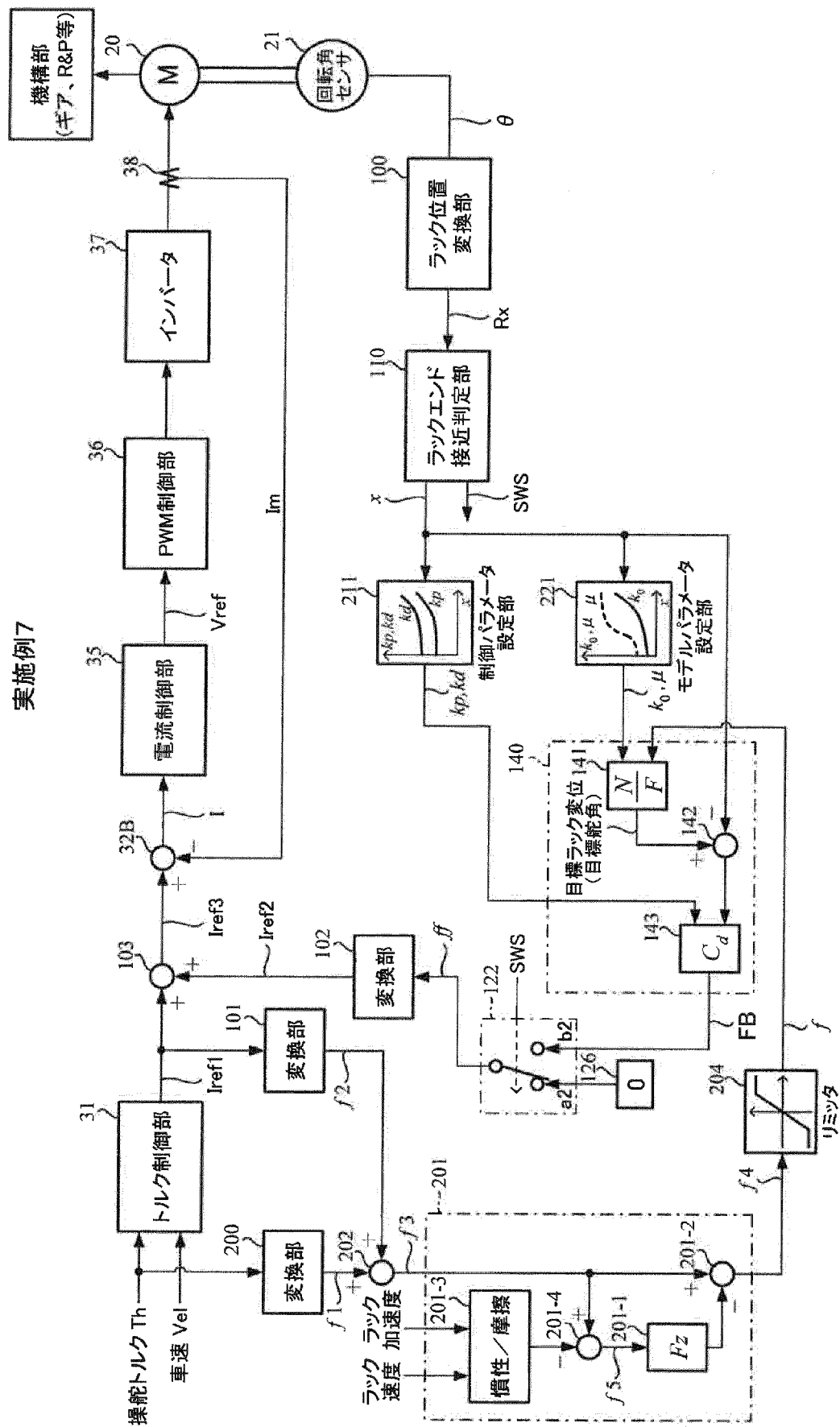


[図40]

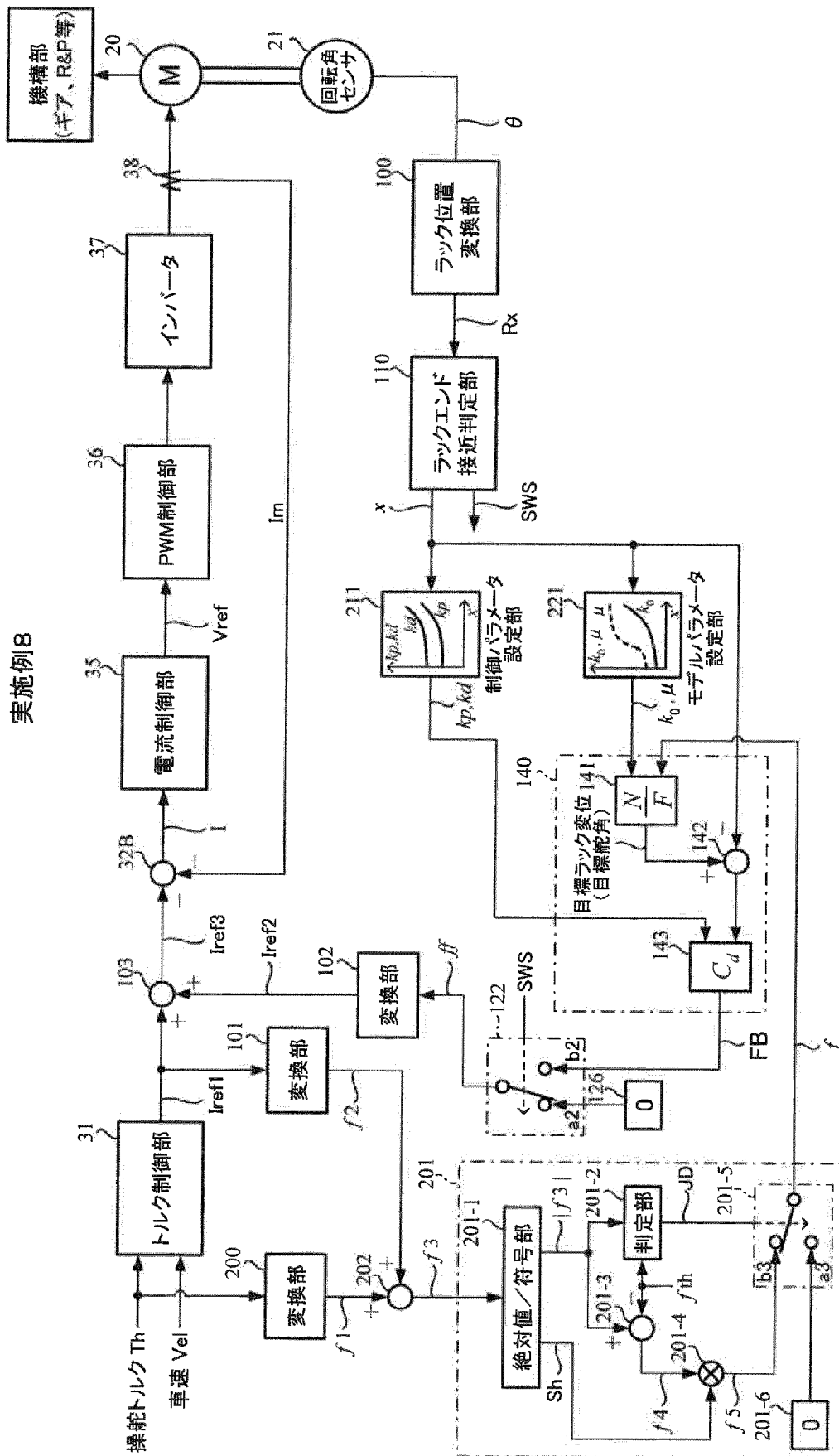


[図41]

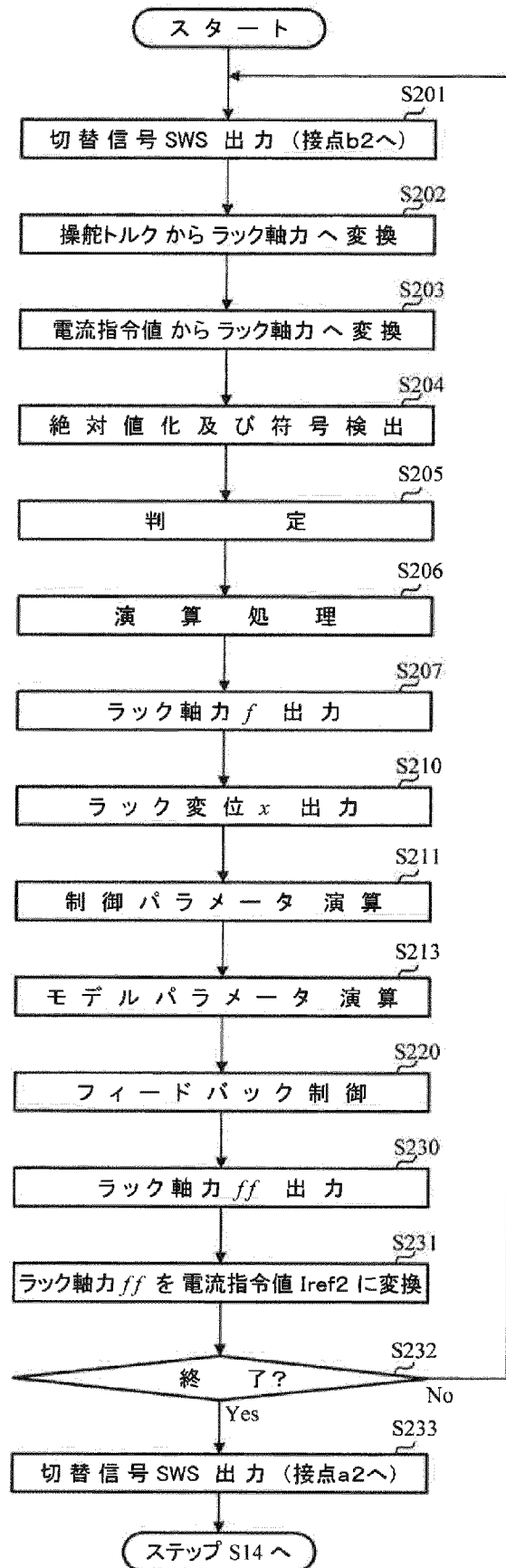
実施例7



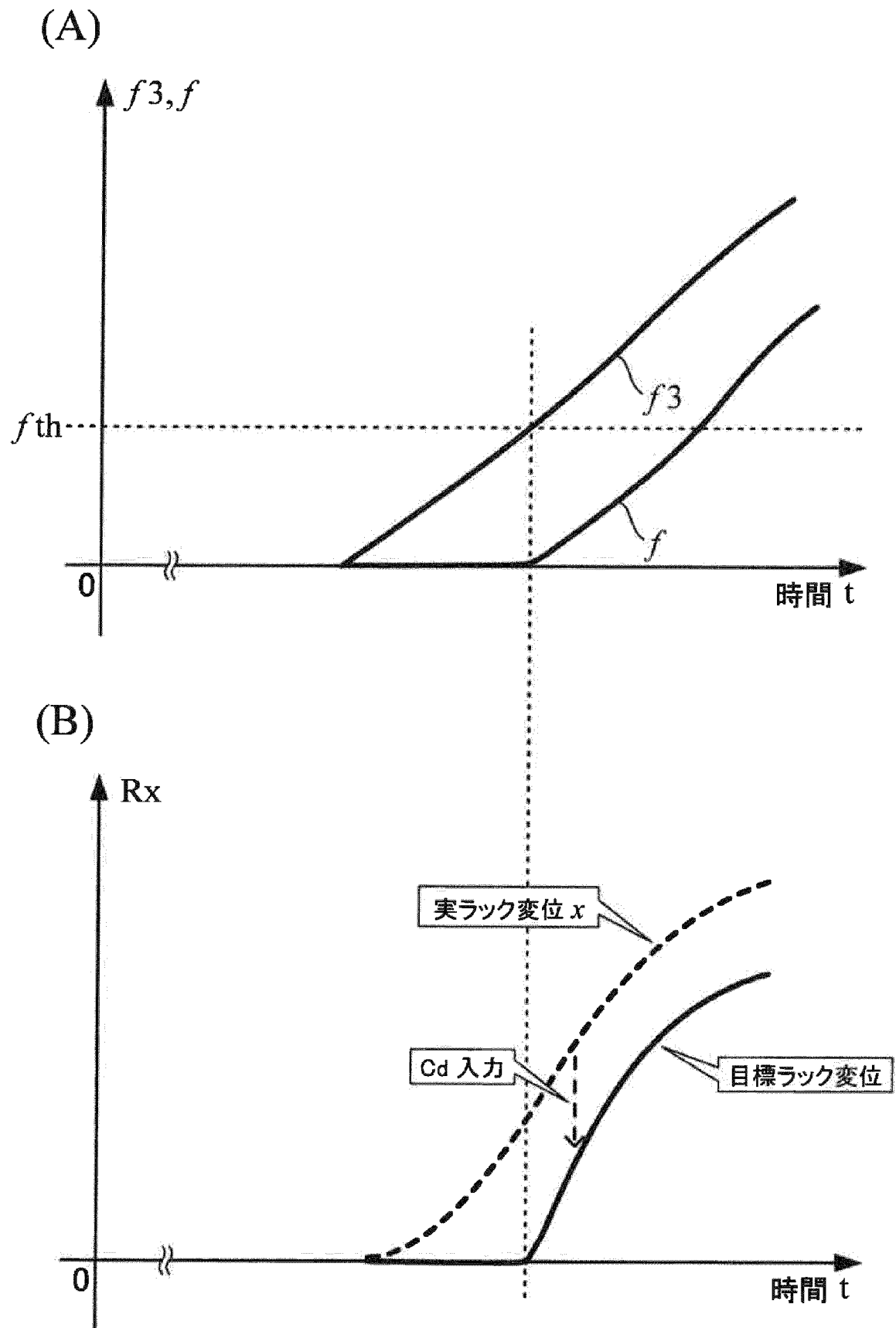
实施例8



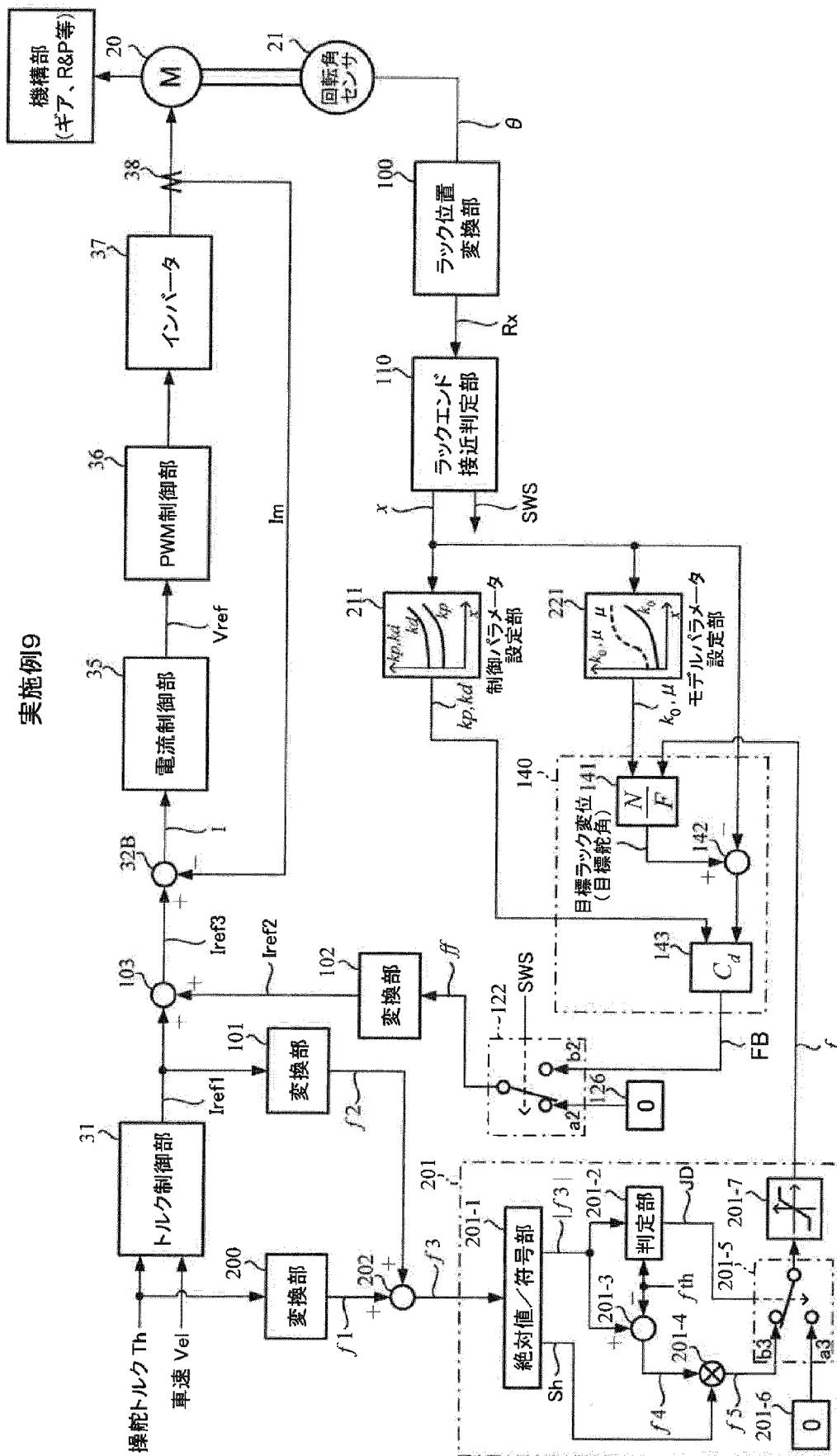
[図43]



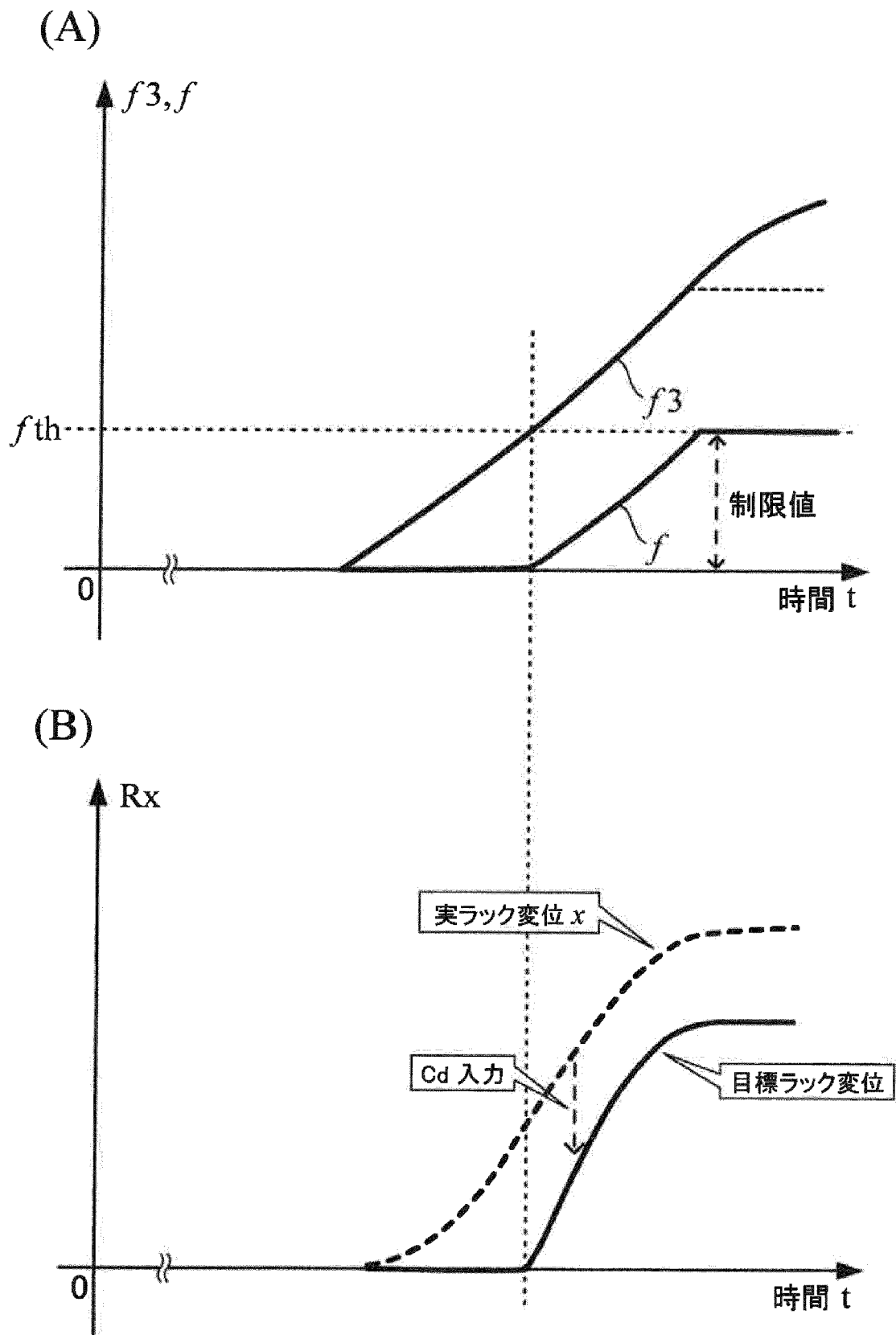
[図44]



实施例9



[図46]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2015/085953

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

B62D6/00(2006.01)i, B62D5/04(2006.01)i, B62D101/00(2006.01)n, B62D119/00(2006.01)n

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

B62D6/00, B62D5/04, B62D101/00, B62D119/00

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Jitsuyo Shinan Koho	1922-1996	Jitsuyo Shinan Toroku Koho	1996-2016
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2016	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2016

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	WO 2014/195625 A2 (JTECT EUROPE), 11 December 2014 (11.12.2014), page 11, line 3 to page 13, line 31; fig. 1 to 4 & FR 3006277 A1	1-24
A	JP 2006-213174 A (Toyota Motor Corp.), 17 August 2006 (17.08.2006), paragraphs [0008] to [0043]; fig. 1 to 3 (Family: none)	1-24

☐ Further documents are listed in the continuation of Box C.

☐ See patent family annex.

* Special categories of cited documents:

"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance
 "E" earlier application or patent but published on or after the international filing date
 "L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)
 "O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means
 "P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
 "X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
 "Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art
 "&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search
22 March 2016 (22.03.16)

Date of mailing of the international search report
29 March 2016 (29.03.16)

Name and mailing address of the ISA/
Japan Patent Office
3-4-3, Kasumigaseki, Chiyoda-ku,
Tokyo 100-8915, Japan

Authorized officer

Telephone No.

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（I P C））

Int.Cl. B62D6/00(2006.01)i, B62D5/04(2006.01)i, B62D101/00(2006.01)n, B62D119/00(2006.01)n

B. 調査を行った分野

調査を行った最小限資料（国際特許分類（I P C））

Int.Cl. B62D6/00, B62D5/04, B62D101/00, B62D119/00

最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの

日本国実用新案公報	1 9 2 2 - 1 9 9 6 年
日本国公開実用新案公報	1 9 7 1 - 2 0 1 6 年
日本国実用新案登録公報	1 9 9 6 - 2 0 1 6 年
日本国登録実用新案公報	1 9 9 4 - 2 0 1 6 年

国際調査で使用した電子データベース（データベースの名称、調査に使用した用語）

C. 関連すると認められる文献

引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求項の番号
A	WO 2014/195625 A2 (JTECT EUROPE) 2014.12.11, 第11頁第3行－第13頁第31行、Fig.1-4 & FR 3006277 A1	1-24
A	JP 2006-213174 A (トヨタ自動車株式会社) 2006.08.17, [0008]－[0043]、図1－3（ファミリーなし）	1-24

C欄の続きにも文献が列挙されている。

パテントファミリーに関する別紙を参照。

* 引用文献のカテゴリー

「A」特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの
「E」国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの
「L」優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献（理由を付す）
「O」口頭による開示、使用、展示等に言及する文献
「P」国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願

の日の後に公表された文献

「T」国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの
「X」特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの
「Y」特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの
「&」同一パテントファミリー文献

国際調査を完了した日

2 2 . 0 3 . 2 0 1 6

国際調査報告の発送日

2 9 . 0 3 . 2 0 1 6

国際調査機関の名称及びあて先

日本国特許庁（I S A / J P）

郵便番号 1 0 0 - 8 9 1 5

東京都千代田区霞が関三丁目4番3号

特許庁審査官（権限のある職員）

柳元 八大

3 Q

3 9 1 7

電話番号 0 3 - 3 5 8 1 - 1 1 0 1 内線 3 3 8 1