

明 細 書

発明の名称： むだ時間を有する無定位系の制御装置

技術分野

[0001] 本発明は、むだ時間（dead time）を有する無定位系を制御する技術に関する。

背景技術

[0002] 例えば、特許文献１に開示されたようなタイヤの走行試験装置では、一對のドラム間に架け渡されたベルトが、タイヤ試験中に蛇行したり、適切な位置からずれたりすることがある。そのため、この走行試験装置では、ベルト位置を実測した上でドラムの揺動量を可変とすることにより、ベルト位置の制御を行っている。

この走行試験装置に代表される制御系は、その動特性にむだ時間、積分特性を備えていて「むだ時間を有する無定位系」と考えることができる。

[0003] このような「むだ時間を有する無定位系」に対して補償を行う制御手法として、スミス補償が有名である。

例えば、特許文献２には、むだ時間を有する制御対象の出力をフィードバックし、目標値との偏差に基づいてＰＩ制御またはＰＩＤ制御を行う、制御装置のむだ時間を補償するむだ時間補償制御装置が開示されている。このむだ時間補償制御装置は、上記制御対象におけるむだ時間をむだ時間スミス補償法によるスミス補償器で補償すると共に、制御装置モデル手段と制御装置むだ時間モデル手段とを有する制御装置むだ時間補償器により、上記制御装置の内部のむだ時間を補償する。

先行技術文献

特許文献

[0004] 特許文献１：日本国特開２０１０－１２２００６号公報

特許文献２：日本国特開２０１０－２０５１４１号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0005] 特許文献2に示したように、スミス補償は多くの制御系の補償に用いられている。しかしながら、一方で、スミス補償は、積分が含まれる無定位系に対して、むだ時間の補償系に含まれる積分特性が影響し（言い換えれば、モデルと実機との積分値の差が影響し）、オフセット誤差が発生するため、制御性能が悪化することが知見されている。

図1は、むだ時間と積分特性を有する無定位系、及びこの無定位系を制御する制御系の一例を示す。積分特性を有する制御対象に対しては、制御1、制御2のようにカスケード状に制御器を接続するカスケード制御が一般的とされている。

[0006] 特許文献1に示すタイヤの走行試験装置（図10参照）をモデル化した場合も、図1に示すような制御ブロック図となる。図1の制御1（第1制御器）、制御2（第2制御器）は、図10の制御部内に設けられている。

図2には、図1に示した制御系でのステップ入力時の制御結果が示されている。この制御では、第1制御器としてP制御を、第2制御器としてPI制御が行なわれる（P-PI制御のカスケード制御）。図2から明らかなように、図1の制御系の場合、むだ時間の影響により制御ゲインを上げられず、応答が遅い。制御ゲインを必要以上に上げるとハンチングが発生するため、単純なカスケード制御ではこれ以上の高応答化を図ることができない。

[0007] 一方、図3には、図1の制御系にスミス補償系（スミス補償ループ）を追加し、むだ時間を補償した例が示されている。

図4には、図3の制御系での制御の結果が示されている。図4から明らかなように、スミス補償により、むだ時間の影響を受けることなくステップ応答の高応答化が図られている。30秒の時点で外乱 d が印加され積分誤差が発生すると、スミス補償がない場合には、ゆっくりではあるが目標値1に近づいて行く。しかしながら、スミス補償がある場合には、スミス補償系の積分値と実機での積分値との積分誤差により、誤差が収束せずオフセット誤差 D_{off} が発生してしまう。

[0008] 図5に示すように、オフセット誤差 D_{ff} の発生を防止するため、スミス補償の出力にハイパス特性（ハイパスフィルタ）を追加し、低周波に発生する積分誤差を遮断することで積分誤差の影響を抑制する手法も知見されている。

図6には、図5の制御系での制御の結果が示されている。制御条件は図4の場合と同じである。図6からわかるように、スミス補償の出力にハイパス特性を追加したことにより、積分誤差によるオフセット誤差は改善されている。しかしながら、この場合には逆に、ステップ応答時（応答初期）に大きなオーバーシュートが発生し（図6のA部分）、目標値応答が大きく悪化してしまう。

[0009] 以上まとめれば、

（1）むだ時間と積分特性を含む無定位系の制御では、スミス補償などのむだ時間補償なしにはゲインアップが不可能である。

（2）しかしながら、無定位系にスミス補償を適用すると、積分誤差の影響でオフセット誤差が発生し、問題となる場合がある。

（3）このオフセット誤差を抑制するため、低周波領域で発生するスミス補償の積分誤差成分をハイパス特性（低周波遮断特性）にて遮断する方法が知られている。しかしながら、低周波に存在する積分誤差以外の有用な情報も遮断されるため、ステップ入力時などの目標値応答が大きくオーバーシュートするなど、問題が発生することが知見されている。

[0010] 上記問題点を鑑み、本発明は、むだ時間を有する無定位系に対し、積分誤差に起因するオフセット誤差を抑制しつつゲインアップによる高応答化を図ることができる制御装置を提供することを目的とする。

課題を解決するための手段

[0011] 上述の目的を達成するため、本発明においては以下の技術的手段を講じた。

本発明に係るむだ時間を有する無定位系の制御装置は、動特性にむだ時間と積分特性が含まれる「むだ時間を有する無定位系」からなる制御対象を制

御する制御装置であって、前記制御対象の動特性に基づいて、当該制御対象でのむだ時間を補償する「むだ時間補償系」と、前記むだ時間補償系に起因する積分誤差を補償する「積分誤差補償系」と、を有し、前記積分誤差補償系は、外乱が入力されない状態での前記制御対象の動特性をモデル化した理想応答器と、前記理想応答器の出力と制御対象の出力との比較値が入力され、入力された比較値を補正した後で前記制御対象へ入力する補正器と、を有することを特徴とする。

- [0012] 好ましくは、前記制御対象が、一對のドラム間に架け渡された無端のベルトを有すると共に、当該ベルト上を試験用のタイヤが転動するように構成されたタイヤの走行試験装置であり、前記ドラムの揺動パラメータが制御対象の入力であり、前記ベルトの位置が制御対象の出力であってもよい。

発明の効果

- [0013] 本発明の制御装置によれば、むだ時間を有する無定位系に対し、積分誤差に起因するオフセット誤差を抑制しつつゲインアップによる高応答化を図ることができる。

図面の簡単な説明

- [0014] [図1]むだ時間と積分特性を有する無定位系に対し、カスケード制御を行う制御系のブロック図を示したものである。
- [図2]図1の制御系で制御を行った結果を示した図である。
- [図3]むだ時間と積分特性を有する無定位系に対し、スミス補償を行う制御系のブロック図を示したものである。
- [図4]図3の制御系で制御を行った結果を示した図である。
- [図5]むだ時間と積分特性を有する無定位系に対し、スミス補償を行うと共にハイパス特性を追加した制御系のブロック図を示したものである。
- [図6]図5の制御系で制御を行った結果を示した図である。
- [図7]第1実施形態の制御系のブロック図を示したものである。
- [図8]第1実施形態の制御系で制御を行った結果を示した図である。
- [図9]第2実施形態の制御系のブロック図を示したものである。

[図10]タイヤ走行試験装置の概略を示した図である。

[図11] (a) ~ (e) はスミス補償制御の様々な形態を示した図である。

発明を実施するための形態

[0015] 以下、本発明に係る、むだ時間を有する無定位系の制御装置の実施の形態を、図をもとに説明する。

まず、各実施形態の制御装置 1 を説明する前に、むだ時間を有する無定位系 2 について説明を行う。

むだ時間を有する無定位系 2 の代表的な例としては、特許文献 1（日本国特開 2010-122006 号公報）に開示されたタイヤ T の走行試験装置が挙げられる。図 10 は、タイヤ T の走行試験装置 50 を示す。

[0016] この走行試験装置 50 は、駆動モータ 51 に連結されて正逆に回転自在とされた駆動ドラム 52 と、駆動ドラム 52 に対して距離をあけて軸心同士が互いに平行となるように設けられた従動ドラム 53 と、駆動ドラム 52 と従動ドラム 53 との間に架け渡された無端のベルト 54 と、を有している。ベルト 54 の平坦面に形成された路面（試験路面）に、試験用のタイヤ T が接地している。走行試験装置 50 は、ベルト 54 上の試験路面にタイヤ T を接地・転動させてタイヤ T の走行特性を評価できるように構成されている。

[0017] さらに、この走行試験装置 50 には、ベルト蛇行防止装置 55 が備えられている。ベルト蛇行防止装置 55 は、走行試験装置 50 に設けられた駆動ドラム 52 と従動ドラム 53 とのうち、従動ドラム 53 を駆動ドラム 52 に対して揺動させることで、ベルト 54 の蛇行、位置ずれを修正している。

ベルト蛇行防止装置 55 は、駆動ドラム 52 に対して従動ドラム 53 を上下方向に沿った揺動軸回りに揺動させるドラム揺動手段 56 と、このドラム揺動手段 56 を制御する制御部 57 と、を備えている。ドラム揺動手段 56 は、その揺動量 θ 、揺動速度 θ' 、揺動力などの揺動パラメータに応じて、ベルト 54 の位置を可変とする。ベルト蛇行防止装置 55 は、ベルト位置をセンサ 58 などで実測した上で、ドラムの揺動量の積分値を用いてベルト位置の制御を行っている。

[0018] この走行試験装置 50 に代表される系は、むだ時間、積分特性を備えていて「むだ時間を有する無定位系 2」と考えることができる。

[0019] [第 1 実施形態]

図 7 は、本発明の第 1 実施形態を示したものであって、走行試験装置 50 の特性を表現した制御系、すなわちむだ時間を有する無定位系 2、及びこの無定位系 2 を制御する制御装置 1 をブロック図で示したものである。

[0020] むだ時間を有する無定位系 2（以下、単に無定位系 2 と表記することもある）は、走行試験装置 50 の動特性に起因する $P(s)$ 、むだ時間を表現する e^{-Ls} 、積分器 $1/s$ から構成されている。積分器 $1/s$ の入力側には外乱 d が入力されるものとなっている。

このような無定位系 2 の入力部分には、無定位系 2 を制御するための第 1 制御器 3（図では制御 1 と表記）、第 2 制御器 4（図では制御 2 と表記）が設けられている。第 1 制御器 3、第 2 制御器 4 としては、P 制御や I 制御を採用することができる。目標入力値は、第 1 制御器 3、第 2 制御器 4 を介した上で無定位系 2 へ入力され、これにより無定位系 2 が制御されることとなる。

[0021] また、本実施形態の制御装置 1 は、この無定位系 2 に対して、スミス補償系 5（むだ時間補償系）を備えている。

スミス補償系 5 の構成としては、図 11 に示す様々なものが採用可能であるが、本実施形態では、図 7 の構成、言い換えれば、図 11（a）の構成が採用されている。すなわち、無定位系 2 への入力値（第 2 制御器 4 の出力）が、分岐され、スミス補償系 5 を構成する $P(s)$ へ入力される。スミス補償系 5 での $P(s)$ の出力は、2 つに分岐し、1 つはそのまま積分器へ入力される。もう一つは、むだ時間 e^{-Ls} へ入力された後、 e^{-Ls} の出力のマイナス値が積分器へと入力される。スミス補償系 5 の積分器の出力は、無定位系 2 の出力に加算された上で、第 1 制御器 3 の入力へネガティブフィードバックされる。併せて、スミス補償系 5 の積分器の出力と無定位系 2 の出力との加算値は、微分された上で、第 2 制御器 4 の入力へネガティブフィードバック

クされる。

[0022] 上記した制御はカスケード制御であり、第1制御器3へのフィードバック値は無定位系2の出力そのものであるので、走行試験装置50における位置制御ループ（揺動量 θ の制御ループ）に対応すると考えられる。第2制御器4へのフィードバック値は無定位系2の出力の微分値であるので、走行試験装置50における速度制御ループ（揺動速度 θ' の制御ループ）に対応すると考えられる。

[0023] さらに、図7に示すように、本実施形態の場合、無定位系2に対する外乱 d の入力時などに発生する積分誤差を抑制する積分誤差補償系6（積分誤差補償ループ）が設けられている。

この積分誤差補償系6は、スミス補償実施時であって、外乱や積分誤差がない理想状態での入力から出力までの制御応答特性を有する理想応答器7（理想の制御応答特性）を有している。積分誤差補償系6においては、第1制御器3への入力値が、分岐され、理想応答器7へと入力される。その一方で、無定位系2からの出力は、積分誤差補償系6へフィードバックされ、理想応答器7の出力との差（比較値）が算出される。この比較値は、積分誤差補償系6に備えられた補正器8へ入力され、補正器8の出力は、第2制御器4の入力へ加算されるようになる。補正器8は、入力値に所定のゲイン（ゲイン＝1でもよい）を乗算し出力する。なお、補正器8の出力を第1制御器3の入力値に戻す構成を採用することも可能であり、補正器8の出力を第2制御器4の出力値に戻す構成を採用することも可能である。

[0024] ここで、理想応答器7の特性は、式（1）で与えられる。

[0025] [数1]

$$G(s) = \frac{C1(s) \cdot C2(s) \cdot P(s)}{C1(s) \cdot C2(s) \cdot P(s) + \{1 + C2(s) \cdot P(s)\} \cdot s} \cdot e^{-Ls} \quad (1)$$

[0026] ここで、 $P(s)$ は、制御対象の積分特性とむだ時間を除いた動特性を示し、 $C1(s)$ は第1制御器3の動特性、 $C2(s)$ は第2制御器4の動特性を示している。

[0027] 図8には、補正器8の出力を第2制御器4の入力へ加算する、本実施形態の制御装置（実施例）を用いた制御結果が示されている。なお、制御条件は、図6の場合と同じである。

図8から明らかなように、本実施形態の制御装置によれば、スミス補償系5（ハイパスフィルタあり）の制御手法に比して、応答初期におけるオーバーシュートがなくなっていることがわかる。これにより、高応答なステップ応答を実現することが可能となる。加えて、本実施形態の制御装置によれば、問題であった外乱 d が印加されたときの積分誤差の影響、つまり図4に示されているようなオフセット誤差 D_{ff} も早期になくなり、短時間でほぼゼロとなることがわかる。

[0028] 以上述べたように、第1実施形態の制御装置1によれば、スミス補償によるむだ時間の補償系5を設けることで、ゲインアップによる高応答化を実現することができる。その際、スミス補償系5で発生する積分誤差によるオフセット誤差は、別途、積分誤差補償系6を設けることで抑制されるので、外乱などの影響も可及的速やかに抑制することができるようになる。なお、積分誤差補償系6は、スミス補償時の理想的な制御応答特性での出力と実際の出力との差に応じて制御を行う。これにより、スミス補償の後段にハイパスフィルタなどを設ける必要なく、外乱によるオフセット誤差の発生を抑制することが可能となった。

[0029] [第2実施形態]

図9は、本発明の第2実施形態を示したものである。

[0030] 図9に示す第2実施形態の制御装置1'と、第1実施形態の制御装置1とは、その制御対象が「むだ時間を有する無定位系」である点が同じである。また、この無定位系2に対して、スミス補償系5が設けられている点も同じである。加えて、無定位系2に対する外乱 d の入力時などに発生する積分誤差を抑制する積分誤差補償系6が設けられている点も同じである。この積分誤差補償系6が、理想応答器7、補正器8を有している点も同じである。

[0031] しかしながら、図9に示す第2実施形態の制御装置1'は、制御器を一つ

しか有さない点で、第 1 実施形態の制御装置 1 と大きく異なっている。

すなわち、第 2 実施形態の制御装置 1' において、無定位系 2 への入力 は制御器 9 を介して入力される。無定位系 2 の出力は、スミス補償系 5 の出力 と加算された上で、制御器 9 の入力へネガティブフィードバックされる。つまり、第 2 実施形態の制御系は、非カスケード制御系であり、制御器 9 へのフィードバック値は無定位系 2 の出力であるので、例えば、モータを制御する制御系などが該当するものとなっている。

[0032] 第 2 実施形態の積分誤差補償系 6 においては、制御器 9 への入力値が分岐され、理想応答器 7 へと入力される。その一方で、無定位系 2 からの出力は、積分誤差補償系 6 へフィードバックされ、理想応答器 7 の出力との差（比較値）が算出される。この比較値は、積分誤差補償系 6 に備えられた補正器 8（ゲイン＝1 でもよい）へ入力され、補正器 8 の出力は、制御器 9 の出力へ加算されるようになる。

[0033] ここで、理想応答器 7 の特性は、式（2）で与えられる。

[0034] [数2]

$$G(s) = \frac{C(s) \cdot P(s)}{C(s) \cdot P(s) + s} \cdot e^{-Ls} \quad (2)$$

[0035] ここで、P（s）は、制御対象の積分器とむだ時間を除いた動特性を示し、C（s）は制御器 9 の動特性を示している。

第 2 実施形態の制御装置 1' であっても、むだ時間を有する無定位系 2 に対し、積分誤差に起因するオフセット誤差を抑制しつつゲインアップによる高応答化を図ることができるようになる。

[0036] [変形例]

ところで、第 1 実施形態及び第 2 実施形態で述べたスミス補償系 5 の具体的な構成は一つに限定されない。

[0037] 図 1 1 には、スミス補償系 5（スミス補償ループ）の様々な構成が示されている。上記した第 1 実施形態及び第 2 実施形態では、スミス補償系 5 として図 1 1（a）の構成を採用したが、図 1 1（b）～図 1 1（e）の構成を

採用してもよい。

例えば、図 1 1 (b) は、図 1 1 (a) に対して、動特性 $P(s)$ とむだ時間 e^{-Ls} と積分器 $1/s$ の順番を入れ替えたものであり、入力側から、積分器 $1/s$ 、動特性 $P(s)$ 、むだ時間 e^{-Ls} の順に信号が伝達される。

[0038] 図 1 1 (c)、図 1 1 (e) は、図 1 1 (a) を並列型としたものである。つまり、図 1 1 (c) においては、信号の伝達経路が 2 系列あり、一つの系列には、動特性 $P(s)$ 、むだ時間 e^{-Ls} 、積分器 $1/s$ が配備され、伝達されてきた信号は出力側にマイナス値とされた上で加算される（すなわち減算される）。また、もう一つの系列には、動特性 $P(s)$ 、積分器 $1/s$ が配備され、伝達されてきた信号は出力側にプラス値で加算される。なお、図 1 1 (e) は、出力側への加減算の順番においてのみ、図 1 1 (c) と異なる。

[0039] 図 1 1 (d) は、図 1 1 (a) に対し、動特性 $P(s)$ を並列型としたものである。つまり、図 1 1 (d) では、入力信号を分岐させ、一つの系列には、動特性 $P(s)$ 、むだ時間 e^{-Ls} が配備され、もう一つの系列には、動特性 $P(s)$ と積分器 $1/s$ が配備されるものとなっている。上記した一つの系列におけるむだ時間 e^{-Ls} の出力は、もう一つの系列の積分器 $1/s$ の入力側でマイナス値とされ合流し（すなわち減算され）、積分器 $1/s$ の出力はスミス補償系 5 の出力となる。

[0040] 以上述べた図 1 1 (a) ~ 図 1 1 (e) のいずれのスミス補償系 5 を用いたとしても、本発明の奏する作用効果を発現させることができる。

[0041] なお、今回開示された実施形態はすべての点で例示であって制限的なものではないと考えられるべきである。特に、今回開示された実施形態において、明示的に開示されていない事項、例えば、運転条件や操業条件、各種パラメータ、構成物の寸法、重量、体積などは、当業者が通常実施する範囲を逸脱するものではなく、通常の当業者であれば、容易に想定することが可能な値を採用している。

[0042] 例えば、本発明の制御技術は、タイヤ T の走行試験装置 50 向けに限定さ

れるものではなく、むだ時間を有する無定位系2で表されるシステムであれば、いずれにも適用可能である。

[0043] 本出願は2012年10月17日出願の日本特許出願（特願2012-29924）に基づくものであり、その内容はここに参照として取り込まれる。

符号の説明

- [0044] 1, 1' 制御装置
- 2 無定位系
 - 3 第1制御器
 - 4 第2制御器
 - 5 スミス補償系（むだ時間補償系）
 - 6 積分誤差補償系
 - 7 理想応答器
 - 8 補正器
 - 9 制御器
 - 50 走行試験装置
 - 51 駆動モータ
 - 52 駆動ドラム
 - 53 従動ドラム
 - 54 ベルト
 - 55 ベルト蛇行防止装置
 - 56 ドラム揺動手段
 - 57 制御部
 - 58 センサ
 - T タイヤ

請求の範囲

[請求項1]

動特性にむだ時間と積分特性が含まれる、むだ時間を有する無定位系からなる制御対象を制御する制御装置であって、

前記制御対象の動特性に基づいて、当該制御対象でのむだ時間を補償する、むだ時間補償系と、

前記むだ時間補償系に起因する積分誤差を補償する、積分誤差補償系と、を有し、

前記積分誤差補償系は、

外乱が入力されない状態での前記制御対象の動特性をモデル化した理想応答器と、

前記理想応答器の出力と前記制御対象の出力との比較値が入力され、入力された比較値を補正した後で前記制御対象へ入力する補正器と、

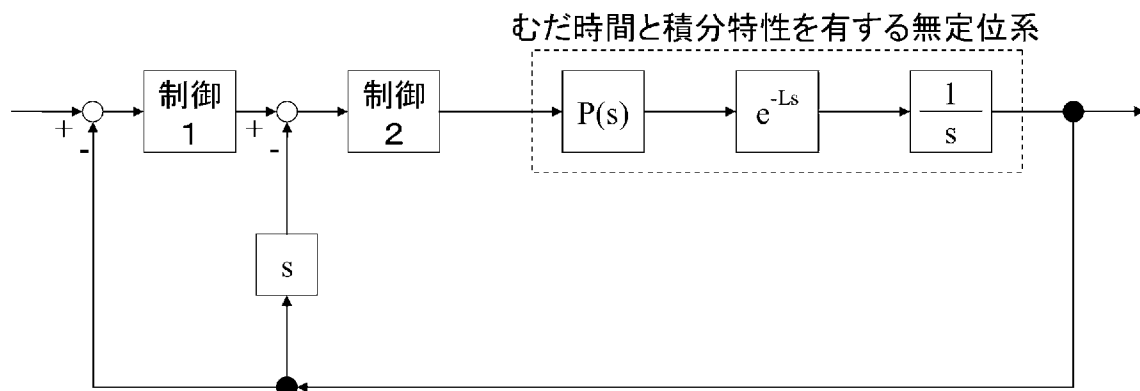
を有することを特徴とするむだ時間を有する無定位系の制御装置。

[請求項2]

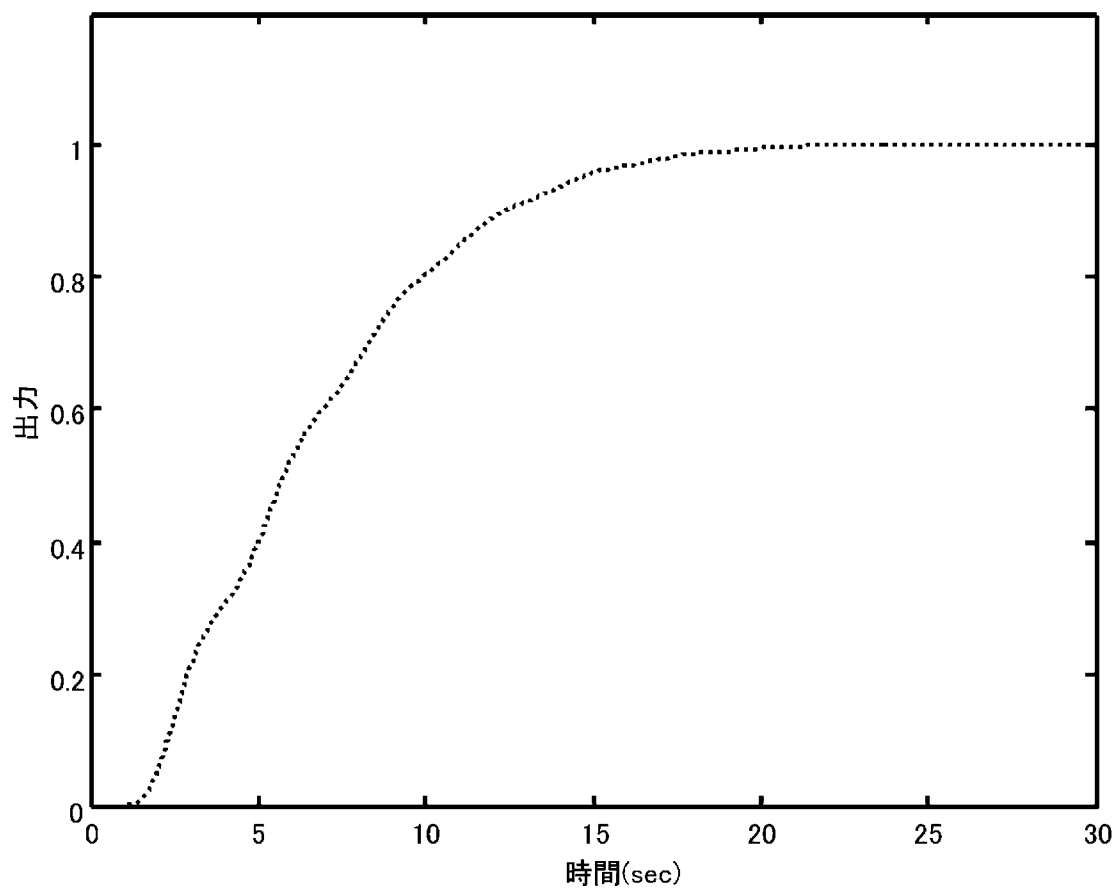
前記制御対象が、一对のドラム間に架け渡された無端のベルトを有すると共に、当該ベルト上を試験用のタイヤが転動するように構成されたタイヤの走行試験装置であり、

前記ドラムの揺動量又は揺動力が前記制御対象の入力であり、前記ベルトの位置が前記制御対象の出力であることを特徴とする請求項1に記載のむだ時間を有する無定位系の制御装置。

[図1]



[図2]



むだ時間と積分特性を有する無定位系

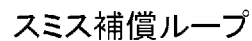
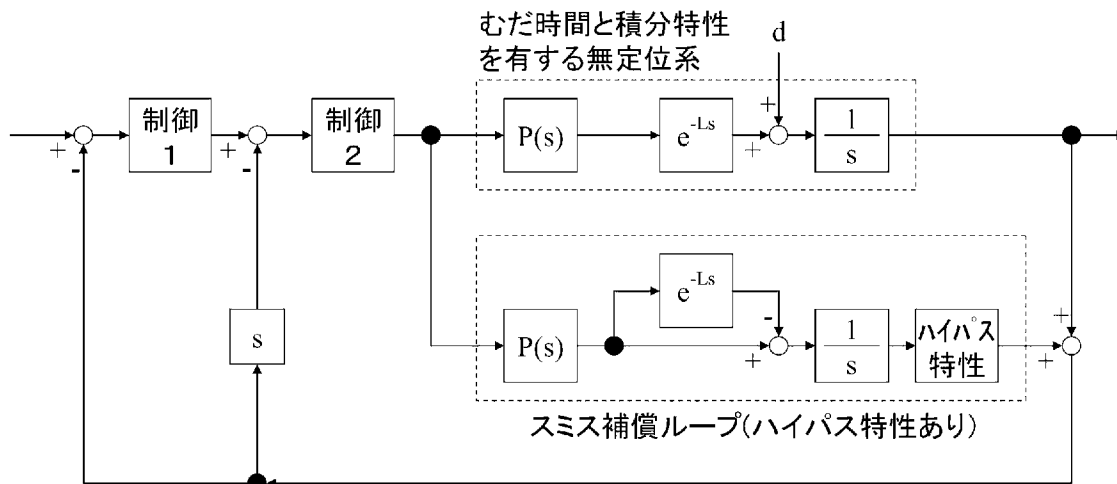
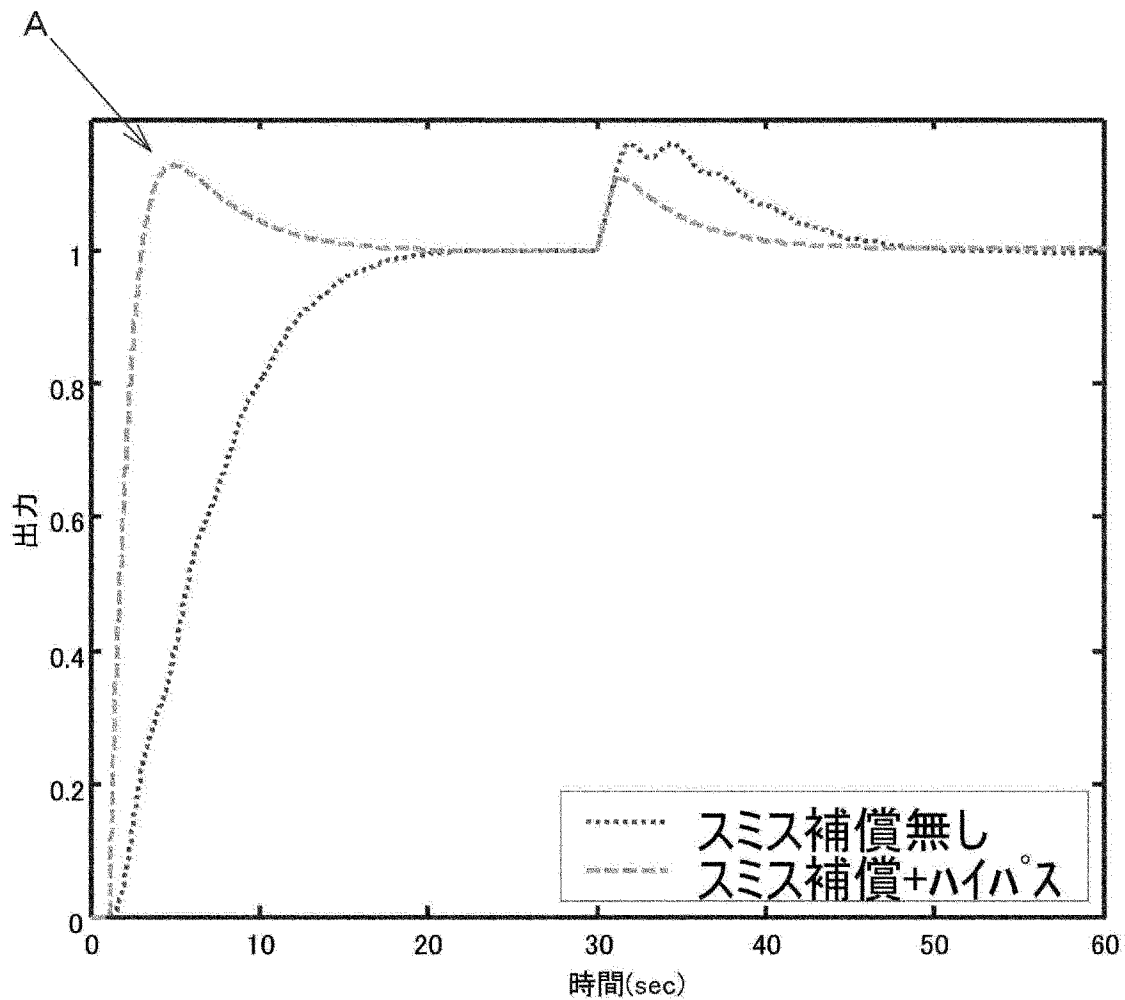


Figure 10 is a line graph comparing the output response of a system with and without Smith compensation. The x-axis represents time in seconds (時間(sec)), ranging from 0 to 60. The y-axis represents output (出力), ranging from 0 to 1. The solid line, labeled 'スミス補償有り' (Smith compensation present), shows a smooth, monotonic rise from 0 to 1.0, reaching the steady state around 20 seconds. The dotted line, labeled 'スミス補償無し' (Smith compensation absent), shows a similar initial rise but exhibits a significant overshoot and oscillation after reaching the steady state, peaking at approximately 1.1 around 35 seconds. A vertical double-headed arrow labeled D_{off} indicates the magnitude of the overshoot/offset between the two curves at the peak of the dotted line.

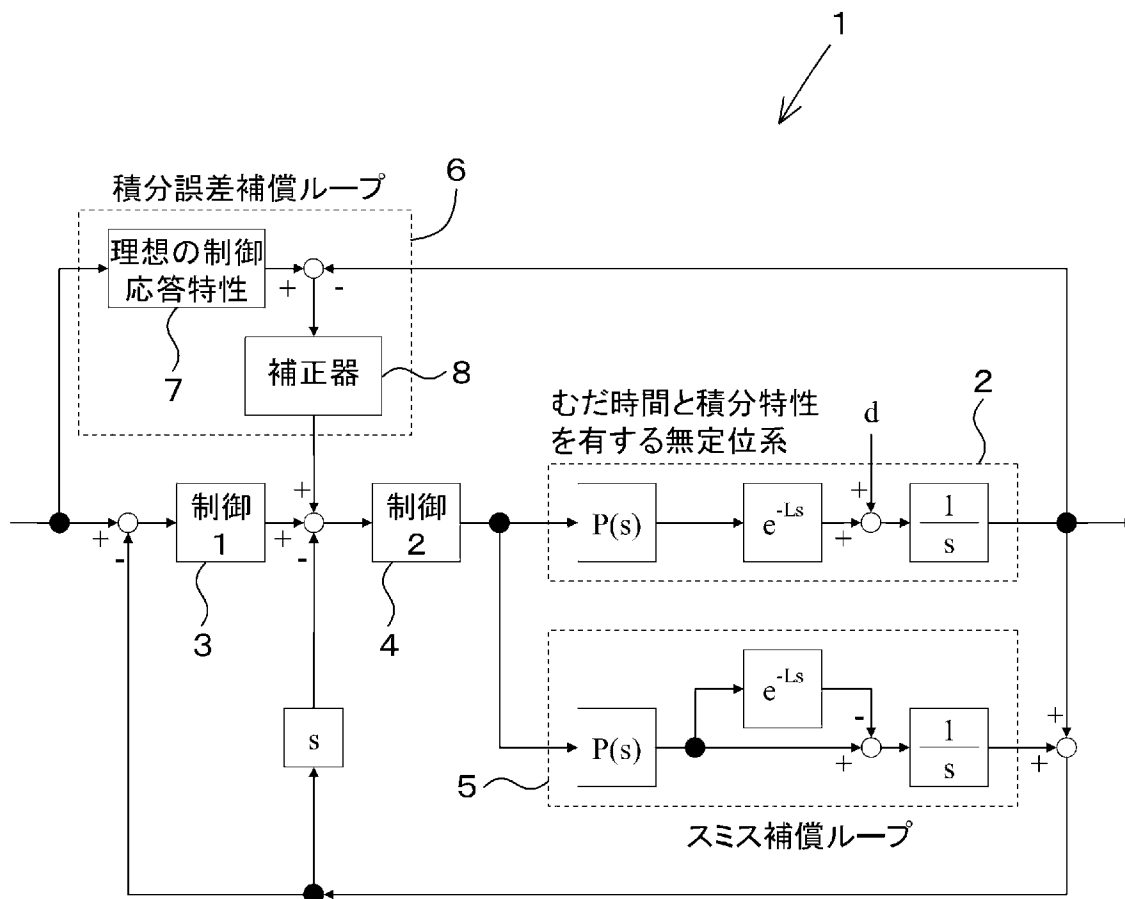
[図5]



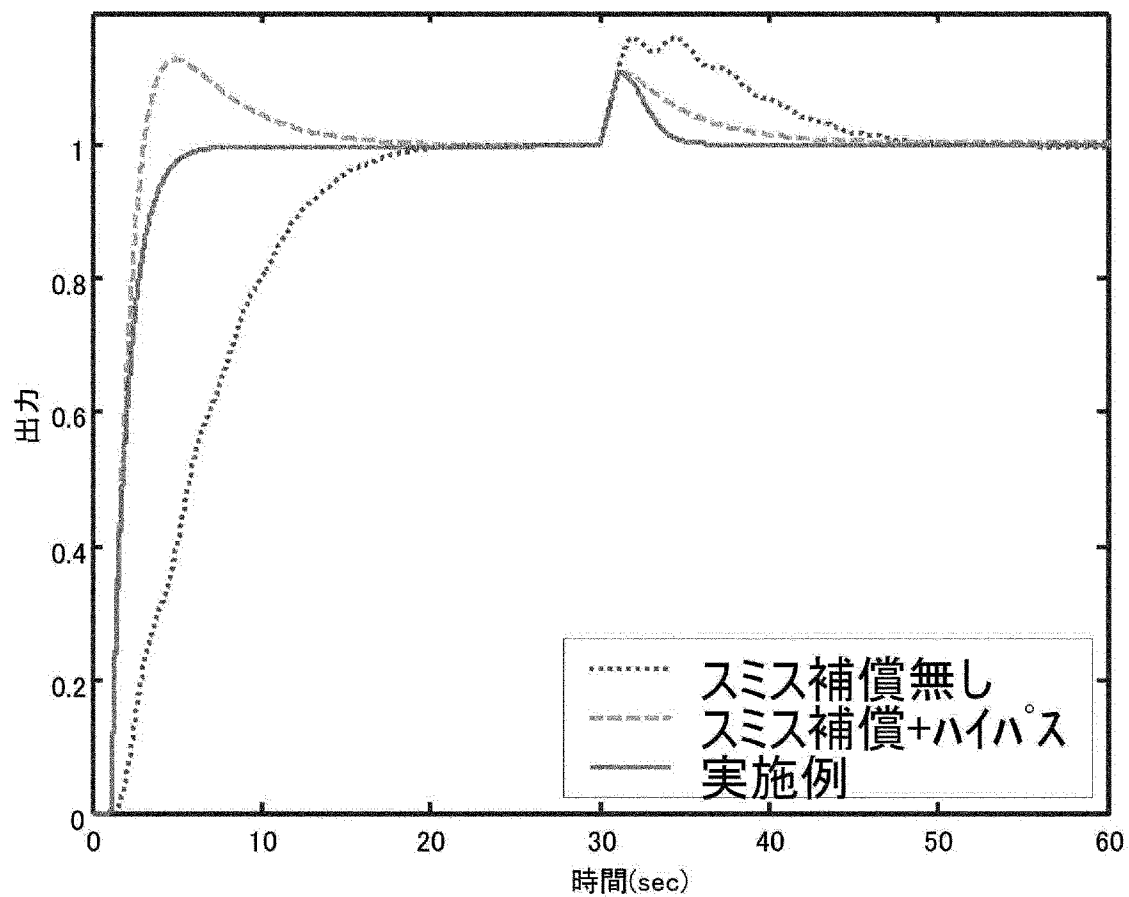
[図6]



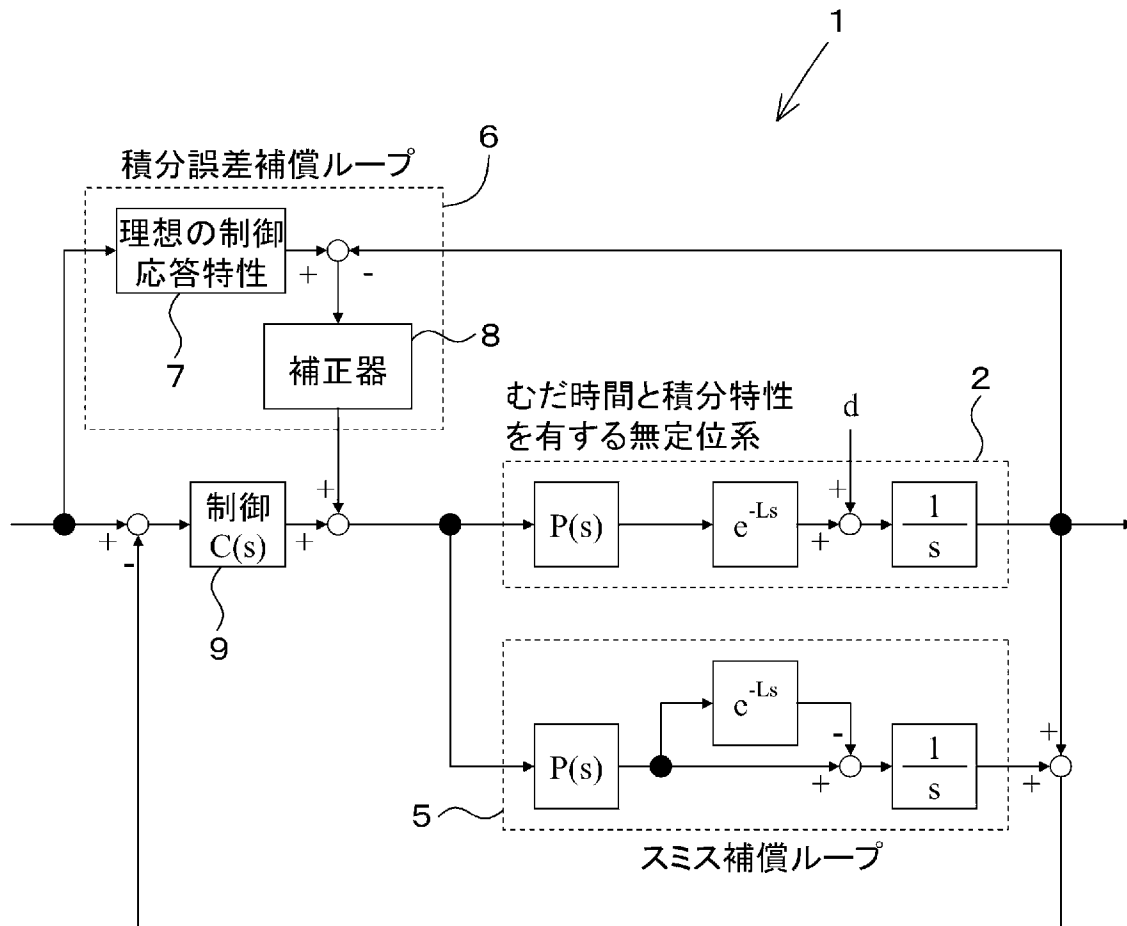
[図7]



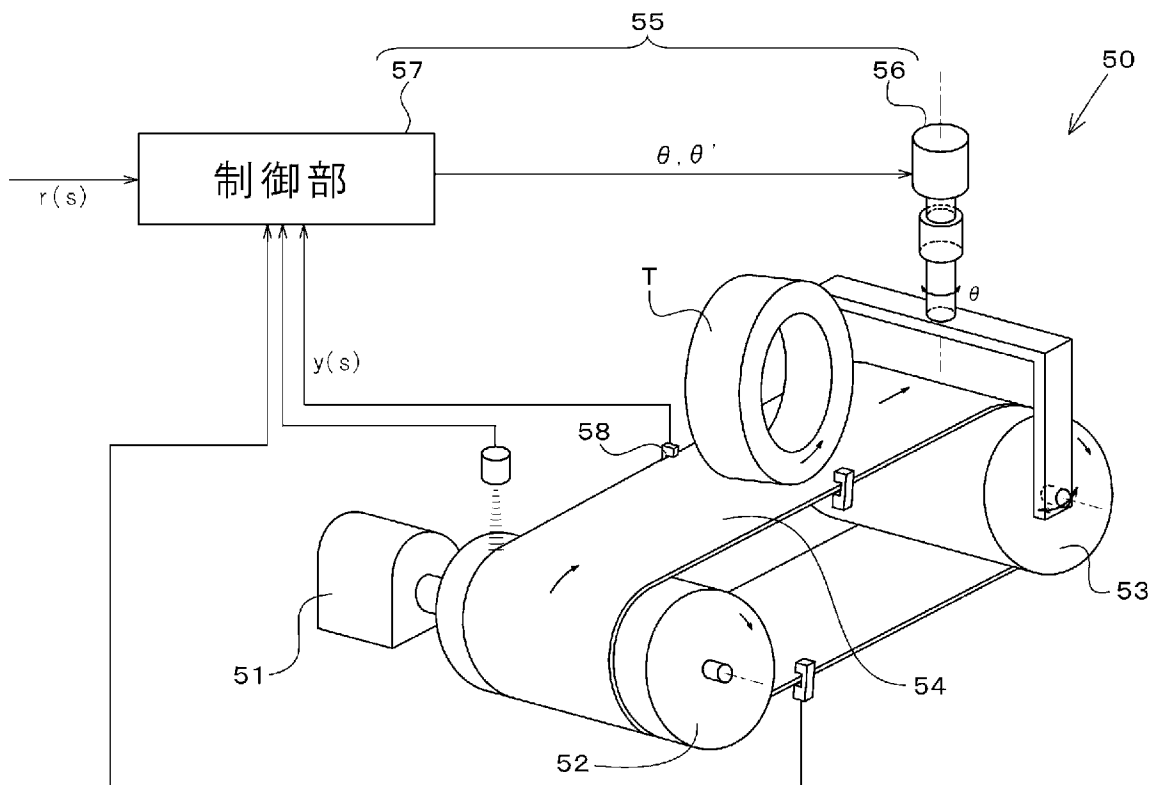
[図8]



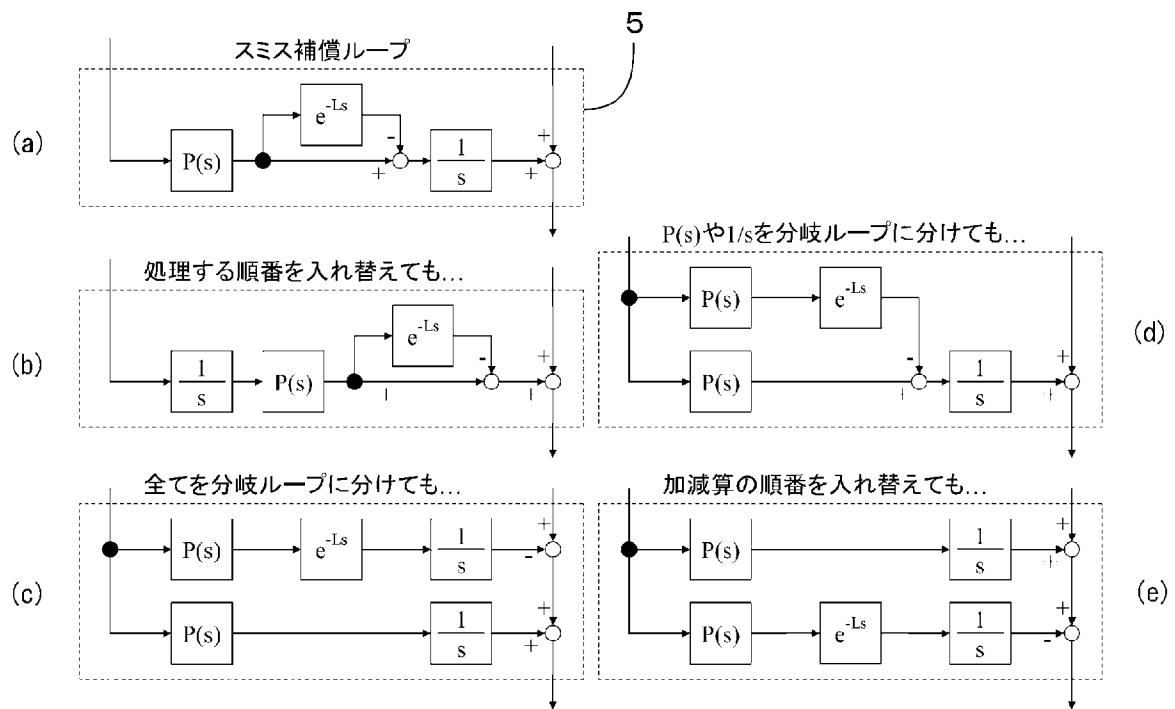
[図9]



[図10]



[図11]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2013/078017

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

G05B17/02(2006.01)i, G01M17/02(2006.01)i, G05B11/36(2006.01)i

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)

G05B17/02, G01M17/02, G05B11/36

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	1996-2013
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2013	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2013

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	JP 2010-122006 A (Kobe Steel, Ltd.), 03 June 2010 (03.06.2010), entire text; all drawings & US 2011/0066291 A1 & EP 2293038 A1 & WO 2009/145258 A1 & KR 10-2011-0003551 A & CN 102047094 A	1-2
A	JP 2010-205141 A (Toshiba Mitsubishi-Electric Industrial Systems Corp.), 16 September 2010 (16.09.2010), entire text; all drawings (Family: none)	1-2

☐ 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
10 December, 2013 (10.12.13)

Date of mailing of the international search report
24 December, 2013 (24.12.13)

Name and mailing address of the ISA/
Japanese Patent Office

Authorized officer

Facsimile No.

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. G05B17/02(2006.01)i, G01M17/02(2006.01)i, G05B11/36(2006.01)i

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. G05B17/02, G01M17/02, G05B11/36

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 3 年
日本国実用新案登録公報	1 9 9 6 - 2 0 1 3 年
日本国登録実用新案公報	1 9 9 4 - 2 0 1 3 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	JP 2010-122006 A（株式会社神戸製鋼所）2010.06.03, 全文, 全図 & US 2011/0066291 A1 & EP 2293038 A1 & WO 2009/145258 A1 & KR 10-2011-0003551 A & CN 102047094 A	1 - 2
A	JP 2010-205141 A（東芝三菱電機産業システム株式会社） 2010.09.16, 全文, 全図（ファミリーなし）	1 - 2

☐ 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

1 0 . 1 2 . 2 0 1 3

国際調査報告の発送日

2 4 . 1 2 . 2 0 1 3

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）

稲垣 浩司

3 U

9 5 5 6

電話番号 0 3 - 3 5 8 1 - 1 1 0 1 内線 3 3 2 4