

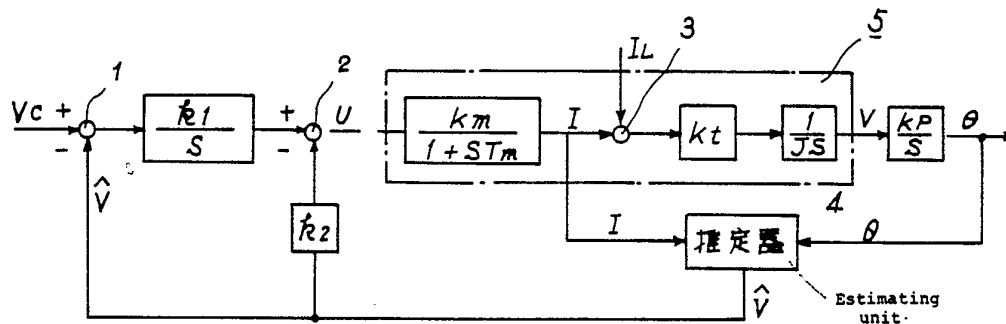


特許協力条約に基づいて公開された国際出願

(51) 国際特許分類 ⁴ H02P 5/00, G05B 11/00	A1	(11) 国際公開番号 WO 86/ 03074 (43) 国際公開日 1986年5月22日 (22. 05. 86)
(21) 国際出願番号 PCT/JP85/00620 (22) 国際出願日 1985年11月7日 (07. 11. 85) (31) 優先権主張番号 特願昭59-236475 (32) 優先日 1984年11月9日 (09. 11. 84) (33) 優先権主張国 JP (71) 出願人 (米国を除くすべての指定国について) ファナック株式会社 (FANUC LTD) [JP/JP] 〒401-05 山梨県南都留郡忍野村忍草字古馬場3580番地 Yamanashi, (JP) (72) 発明者; および (75) 発明者/ 出願人 (米国についてののみ) 鞍掛三津雄 (KURAKAKE, Mitsuo) [JP/JP] 〒191 東京都日野市多摩平3-3-10 いづみハイツ103 Tokyo, (JP) 坂本啓二 (SAKAMOTO, Keiji) [JP/JP] 〒192 東京都八王子市高倉町65-4 芙蓉ハイツ102 Tokyo, (JP) 豊沢雪雄 (TOYOSAWA, Yukio) [JP/JP] 〒192 東京都八王子市高倉町2-4 Tokyo, (JP)		(74) 代理人 弁理士 辻 實 (TSUJI, Minoru) 〒101 東京都千代田区神田小川町3丁目14番地 第一万水ビル 辻 特許事務所 Tokyo, (JP) (81) 指定国 DE (欧州特許), FR (欧州特許), GB (欧州特許), US. 添付公開書類 国際調査報告書

(54) Title: SYSTEM FOR CONTROLLING THE SPEED OF A SERVO MOTOR

(54) 発明の名称 サーボモータの速度制御方式



(57) Abstract

A system for controlling the speed of a servo motor is provided with an estimating unit (4) which produces an estimated speed value ($\hat{V}$) relying upon position data (θ) of a rotary encoder including a current (I_L) that represents a load torque and upon a motor current (I) of a servo motor (5). The system produces a torque instruction signal (U) based upon said estimated speed value ($\hat{V}$) and a speed instruction signal (V_c).

(57) 要約

サーボモータの速度制御方式は、負荷トルクを示す電流 (I_L) を含むロータリエンコーダの位置情報 (θ) とサーボモータ (5) のモータ電流 (I) に基づいて速度推定値 ($\hat{V}$) を得る推定器 (4) を備え、該速度推定値 ($\hat{V}$) と速度指令信号 (V_c) とに基づいてトルク指令信号 (U) を得るようにしたものである。

情報としての用途のみ

PCTに基づいて公開される国際出願のパンフレット第1頁にPCT加盟国を同定するために使用されるコード

AT	オーストリア	FR	フランス	ML	マリ
AU	オーストラリア	GA	ガボン	MR	モーリタニア
BB	バルバドス	GB	イギリス	MW	マラウイ
BE	ベルギー	HU	ハンガリー	NL	オランダ
BR	ブラジル	IT	イタリア	NO	ノルウェー
BG	ブルガリア	JP	日本	RO	ルーマニア
CF	中央アフリカ共和国	KP	朝鮮民主主義人民共和国	SD	スーダン
CG	コンゴ	KR	大韓民国	SE	スウェーデン
CH	スイス	LI	リヒテンシュタイン	SN	セネガル
CM	カメルーン	LK	スリランカ	SU	ソビエト連邦
DE	西ドイツ	LU	ルクセンブルグ	TD	チャード
DK	デンマーク	MC	モナコ	TG	トーゴ
FI	フィンランド	MG	マダガスカル	US	米国

- 1 -

明 細 書

サーボモータの速度制御方式

技 術 分 野

本発明は、工作機械や産業用ロボット等に用いるサー
5 ボモータの速度制御方式に関する。

背 景 技 術

サーボモータの速度をフィードバック制御する場合
に、実速度を検出する必要がある。この実速度を検出す
る手段として、従来、例えば、位置検出用のロータリエン
10 コーダが用いられている。かかるロータリエンコーダ
はモータの1回転当りを数千から2万程度まで分割して
パルスを発生させるように構成されており、その出力パ
ルス周波数はモータの回転速度に比例することになる。

しかしながら、ロータリエンコーダは特に、モータの
15 低速回転時、そのパルス列が非常に間隔がひらいて離散
的となり、これをそのままモータの速度情報として使用
すると回転ムラとなって表われることになる。

このように位置の検出用として用いられているロータ
リエンコーダを速度検出にも使用しようとするするとアナロ
20 グ型の検出器に比して速度分解能が低く、このため、精
度の高い円滑な速度制御を行ない得ないという問題が
あった。

発 明 の 開 示

本発明は、サーボモータに取付けられたロータリエン
25 コーダからの位置情報に基づいて推定器を用いて速度を

- 2 -

推定する場合に、定常的な推定誤差を生ずる原因となる負荷トルクを同時に推定して、精度の高い円滑な速度制御を行ない得るサーボモータの速度制御方式を提供することを目的とする。

5 本発明によれば、機械負荷を駆動するサーボモータに取付けられたロータリエンコーダからの位置情報をフィードバックし、前記サーボモータへのトルク指令信号を生成するサーボモータの速度制御方式において、前記ロータリエンコーダからの位置情報とサーボモータの
10 モータ電流および負荷トルク信号に基づいてサーボモータの速度推定値を得る推定器と、該推定器から出力される速度推定値と速度指令信号に基づいてトルク指令信号演算する演算手段とを有するサーボモータの速度制御方式が提供される。

15 本発明によるサーボモータの速度制御方式は、推定器によりロータリエンコーダからの位置情報に基づいてサーボモータの速度を推定する場合に、定常的な推定誤差を生ずる原因となる負荷トルクを考慮して速度推定値を得るようにしたので、サーボモータの低速時などに
20 ロータリエンコーダからのパルス列が離散的となる従来の欠点が解消され、適切に補間された速度推定値を得ることができ、高精度の速度制御を行うことができる。

図面の簡単な説明

第1図は本発明に係る速度制御方式のブロック図、第
25 2図(a)はモータ電流ループ処理レベルの説明図、第

- 3 -

2 図 (b) は速度処理レベルの説明図、第 3 図はモータ電流ループレベルにおけるオブザーバの処理を示すフローチャート、第 4 図は速度ループ処理のフローチャートである。

5 発明を実施するための最良の形態

以下、本発明を図面に示す実施例に基づいて具体的に説明する。

第 1 図は本発明に係る速度制御方式のブロック図である。図中、1 乃至 3 は演算器、4 は推定器、つまりオブ
10 ザーバ、5 はサーボモータ、 V_c は速度指令、 U はトルク指令、 I はモータ電流、 I_L は負荷トルクを示す電流、 V はサーボモータの速度、 θ は位置、 k_1 は積分ゲイン、 k_2 はフィードバックゲイン、 K_m はモータの定数、 T_m は R_a をモータ巻線抵抗、 L_a をインダクタンス
15 とするとき L_a と R_a との比、つまり L_a / R_a 値である。また、 K_t はトルク定数、 J は負荷とモータを加え合せたイナーシャ、 K_p はロータリエンコーダによる換算係数であり、 S は d / dt を表わしている。尚、ここで推定器自体は一般的に用いられており、それを速度検出器と組み合わせたものが日本国特許出願である特願
20 昭 59-55114 号として提案されている。

次に、本発明による速度制御方式の動作について説明する。

まず、速度指令値 V_c と後述する速度推定値 $\hat{V}$ の差が
25 演算器 1 から出力される。この出力信号は積分され演算

- 4 -

器 2 に出力される。一方、該演算器 2 には、後述する速度推定値 $\hat{V}$ にフィードバックゲイン k_2 をかけたものが入力され、該演算器 2 はそれらの入力信号間の差をトルク指令 U として出力し、該トルク指令 U によってモータ 5 が制御される。そして、該モータ 5 の速度は V として出力され、ロータリエンコーダによって位置 θ が検出される。ここで位置 θ の情報には演算器 3 において負荷トルク（クーロン摩擦）を示す電流 I_L が加えられた結果が含まれる。

そこで、本発明においては、推定器、つまり、オブザーバ 4 を用いて速度推定値を得るが、この時に定常的な推定誤差を生ずる原因となる負荷トルクを同時に推定する。即ち、推定器 4 にはモータ電流 I と負荷トルクを示す電流 I_L を考慮した位置情報 θ を入力し、速度推定値 $\hat{V}$ を出力する。

この点について、更に詳細に説明すると、前記モータ電流 I 、モータの速度 V 、位置 θ 、負荷トルクによる電流 I_L として、同一次元オブザーバを構成すると、次のようになる。

$$\begin{bmatrix} \dot{\theta} \\ \dot{V} \\ \dot{I}_L \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0 & k_p & 0 \\ 0 & 0 & -\frac{k_t}{J} \\ 0 & 0 & 0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \theta \\ V \\ I_L \end{bmatrix} + \frac{k_t}{J} \begin{bmatrix} 0 \\ 1 \\ 0 \end{bmatrix} I$$

実際に検出し、推定器つまり、オブザーバ 4 に入力するものはモータ電流 I と位置 θ であり、デジタル処理する為の同一次元オブザーバは

- 5 -

$$\begin{bmatrix} \hat{\theta}_{n+1} \\ \hat{v}_{n+1} \\ \hat{i}_{Ln+1} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1-\lambda_1 & k_p T & -\frac{k_p k_t}{2J} T^2 \\ -\lambda_2 & 1 & -\frac{k_t}{J} T \\ -\lambda_3 & 0 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \theta_n \\ \hat{v}_n \\ \hat{i}_{Ln} \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} \lambda_1 \\ \lambda_2 \\ \lambda_3 \end{bmatrix} \theta + \frac{k_t}{J} \begin{bmatrix} \frac{k_p}{2} T^2 \\ T \\ 0 \end{bmatrix} I$$

ここで、 T はサンプリング周期、 λ_1 , λ_2 , λ_3 は
 5 オブザーバの極であり、必要な収束ステップ数により決定される。

そこで、これをマイクロプロセッサで処理する為に上記のオブザーバを下記のアルゴリズムで実現する。

$$\left. \begin{aligned} \Delta \hat{\theta}_{m+1} &= \lambda_1 \sum_{j=0}^m (\Delta \theta_j - \Delta \hat{\theta}_j) + k_p T \hat{v}_m + \frac{k_p k_t}{2J} T^2 (I_m - \hat{i}_{Lm}) \\ \hat{v}_{m+1} &= \hat{v}_m + \lambda_2 \sum_{j=0}^m (\Delta \theta_j - \Delta \hat{\theta}_j) + \frac{k_t T}{J} (I_m - \hat{i}_{Lm}) \\ \hat{i}_{Lm+1} &= \hat{i}_{Lm} + \lambda_3 \sum_{j=0}^m (\Delta \theta_j - \Delta \hat{\theta}_j) \end{aligned} \right\} \dots (1)$$

第2図はこの速度推定 $\hat{v}$ を得るための情報処理を説明する説明図であり、第2図(a)はモータ電流ループの処理レベル(j)を、第2図(b)は速度処理レベル
 15 (m)をそれぞれ説明している。

尚、オブザーバ4は上記サンプリング時間 T にきたロータリエンコーダからのパルス数 $\Delta \theta$ を積算するカウンタをハード的に備え、上記の場合は、5ステップに推定誤差が0となるようなオブザーバの極 λ_1 , λ_2 , λ_3
 20 を予め計算して与えておくものとする。

第3図はモータ電流ループ処理レベルにおけるオブザーバ4による処理の流れを示すものであり、第4図は速度ループ処理の流れを示すものである。

まず、モータ電流ループについては、オブザーバ4は
 25 位置情報 $\Delta \theta_j$ 及びモータ電流 I_m を取込み、次いで、

- 6 -

それらの積分を行なう。次に、オブザーバ 4 は前記
(1) 式に基づいて、位置推定情報 $\Delta \hat{\theta}_{m+1}$ 、速度推定情報 $\hat{V}_{m+1}$ 、トルク負荷を示す電流推定情報 $\hat{I}_{Lm+1}$ を計算する。そして、オブザーバ 4 は 5 回目の処理ができたなら、
5 速度推定情報 $\hat{V}_{m+1}$ を速度処理プログラムへ渡すようにする。この関係は第 2 図 (a) 及び第 2 図 (b) から明らかである。

次に、速度ループ処理は第 4 図のフローから明らかのように、オブザーバ 4 はまず、速度指令 V_{sm} を取込み、次いでそれらの積分を行なう。次に、オブザーバ 4
10 はその積分値に積分ゲイン k_1 を掛算し、その積から速度推定情報 $\hat{V}_{sm}$ とフィードバックゲイン k_2 との積を減算してトルク指令 U_{sm} を得るようにする。

以上のように、本実施例によれば、推定器 4 は負荷トルクを示す電流 I_L を含むロータリエンコーダの位置信号とサーボモータ 5 のモータ電流 I とに基づいて速度推定値 $\hat{V}$ を得るようにしたので、モータの低速時などにパルス列が離散的になる従来の欠点を解消し、適切に補間された速度推定値を得ることができる。つまり、定常的な推定誤差を生ずる負荷トルクを同時に推定することができるので、アナログ制御方式に比すると速度分解能は劣るディジタル制御方式を採用しながらも精度の高い円滑な速度制御を行なうことができる。

以上、本発明を図示の実施例により説明したが、本発明は実施例に示されたもののみに限定されるものではない。
25

- 7 -

く、本発明の主旨に従い、種々の変形が可能であり、これらを本発明の範囲から排除するものではない。

産業上の利用可能性

以上のように、本発明はサーボモータ低速時においても精度の高い速度制御を行うことができるので、特に高
5 精度を要求される工作機械のベッドや産業用ロボット等
を作動するサーボモータの速度制御に適用して好適である。

10

15

20

25

- 8 -

請求の範囲

1、機械負荷を駆動するサーボモータに取付けられた
ロータリエンコーダからの位置情報をフィードバック
し、前記サーボモータへのトルク指令信号を生成するよ
5 うにしたサーボモータの速度制御方式は、次を含む：

前記ロータリエンコーダからの位置情報と、サーボ
モータのモータ電流および負荷トルク信号に基づいて
サーボモータの速度推定値を得る推定器；

10 該推定器から出力される速度推定値と速度指令信号に
基づいてトルク指令信号を演算する演算手段。

2、前記ロータリエンコーダからの位置信号には負荷ト
ルクを含んでいることを特徴とする請求の範囲第1項記
載のサーボモータの速度制御方式。

15

3、前記演算手段は、前記速度指令と前記速度推定値の
差を演算する演算器と、該演算器からの出力値と前記速
度推定値とに基づいてトルク指令を出力する演算器とを
有することを特徴とする請求の範囲第1項記載のサーボ
20 モータの速度制御方式。

25

Fig. 1

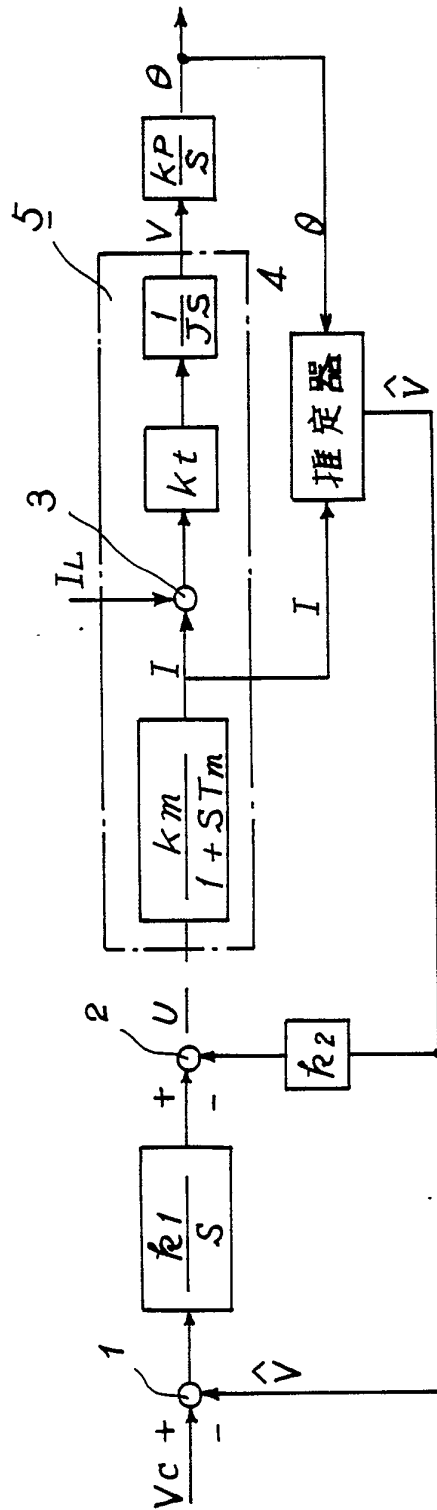


Fig. 2

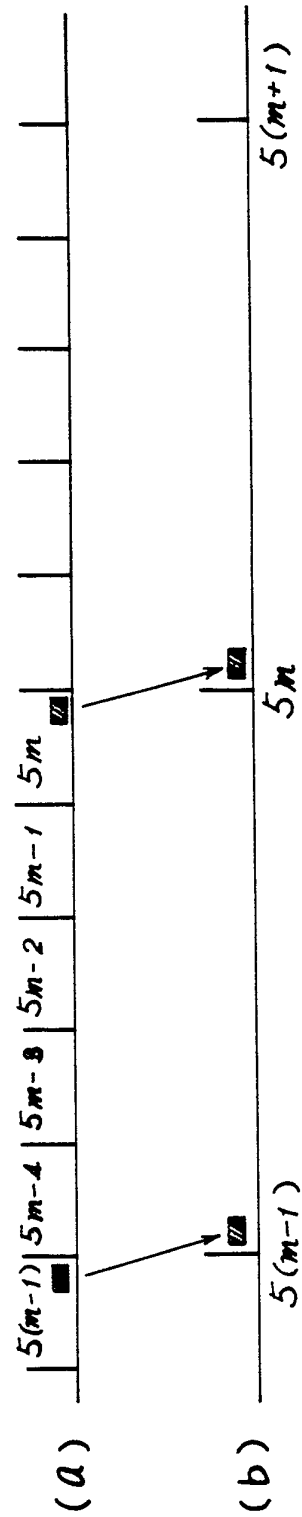


Fig. 3

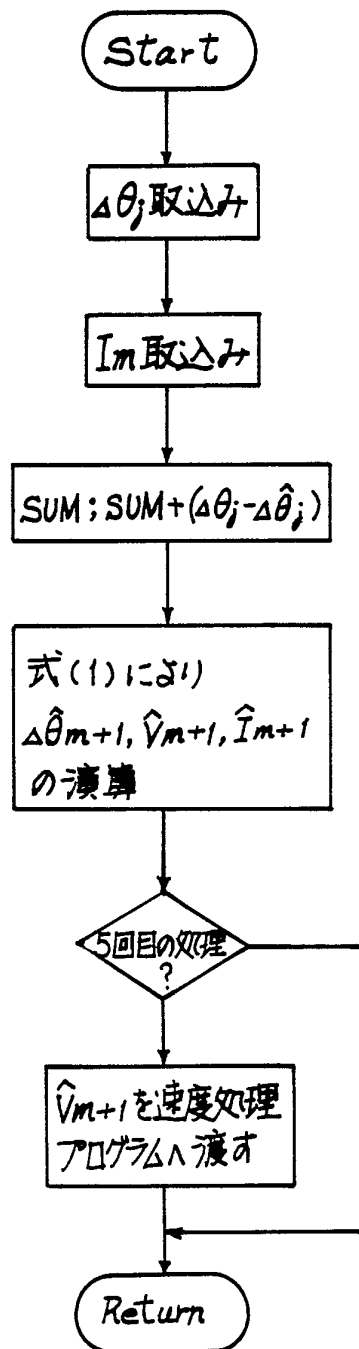
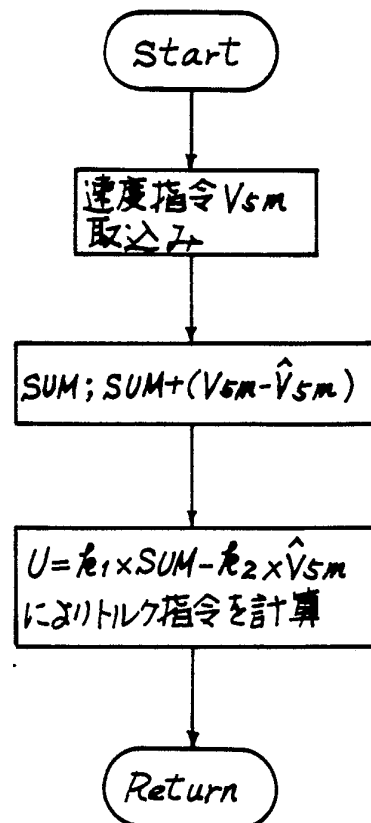


Fig. 4



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No. PCT/JP85/00620

I. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER (if several classification symbols apply, indicate all) ³		
According to International Patent Classification (IPC) or to both National Classification and IPC		
Int.Cl ⁴ H02P 5/00, G05B 11/00		
II. FIELDS SEARCHED		
Minimum Documentation Searched ⁴		
Classification System	Classification Symbols	
IPC	H02P 5/00, G05B 11/00, 13/00	
Documentation Searched other than Minimum Documentation to the Extent that such Documents are Included in the Fields Searched ⁵		
Jitsuyo Shinan Koho 1960 - 1984 Kokai Jitsuyo Shinan Koho 1971 - 1984		
III. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT ¹⁴		
Category [*]	Citation of Document, ¹⁶ with indication, where appropriate, of the relevant passages ¹⁷	Relevant to Claim No. ¹⁸
A	JP, A, 52-67471 (Ricoh Company, Ltd.), 3 June 1977 (03. 06. 77) (Family: none)	1, 2, 3
A	Denki Gakkai Kenkyukai Shiryo IP-82-36 "Observer o mochiita Dendoki Sokudo no Yugen Jikan Seitei Seigyo" P21-28, 8 October 1982 (08. 10. 82) Denki Gakkai	1, 2, 3
[*] Special categories of cited documents: ¹⁶ "A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance "E" earlier document 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 "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		
IV. CERTIFICATION		
Date of the Actual Completion of the International Search ²		Date of Mailing of this International Search Report ²
January 28, 1986 (28. 01. 86)		February 10, 1986 (10. 02. 86)
International Searching Authority ¹		Signature of Authorized Officer ¹⁹
Japanese Patent Office		

I. 発明の属する分野の分類			
国際特許分類(IPC) Int.Cl. ⁴			
H02P 5/00 , G05B 11/00			
II. 国際調査を行った分野			
調 査 を 行 っ た 最 小 限 資 料			
分類体系	分類記号		
I P C	H02P 5/00 , G05B 11/00, 13/00		
最小限資料以外の資料で調査を行ったもの			
日本国実用新案公報		1960-1984年	
日本国公開実用新案公報		1971-1984年	
III. 関連する技術に関する文献			
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		請求の範囲の番号
A	JP, A, 52-67471 (株式会社リコー), 3.6月.1977(03.06.77)(ファミリーなし)		1, 2, 3
A	電気学会研究会資料IP-82-36「オブザーバを 用いた電動機速度の有限時間整定制御」P21-28, 8.10月.1982(08.10.82)電気学会		1, 2, 3
*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」 先行文献ではあるが、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の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の文献			
IV. 認 証			
国際調査を完了した日		国際調査報告の発送日	
28.01.86		10.02.86	
国際調査機関		権限のある職員	5 H 7 3 1 5
日本国特許庁 (ISA/JP)		特許庁審査官 小 川 謙	