

(19) 日本国特許庁(JP)

再公表特許(A1)

(11) 国際公開番号

W02008/065836

発行日 平成22年3月4日 (2010.3.4)

(43) 国際公開日 平成20年6月5日 (2008.6.5)

(51) Int.Cl.	F I	テーマコード (参考)
<b>G05B 13/02 (2006.01)</b>	G05B 13/02 D	5H004
<b>H02P 29/00 (2006.01)</b>	H02P 5/00 X	5H501
<b>G05B 13/04 (2006.01)</b>	H02P 5/00 K	
	H02P 5/00 R	
	G05B 13/04	
審査請求 未請求 予備審査請求 未請求 (全 11 頁) 最終頁に続く		

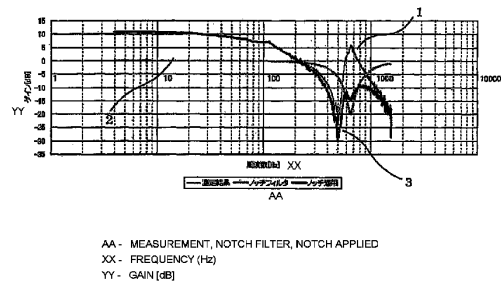
出願番号 特願2008-546917 (P2008-546917)	(71) 出願人 000006622 株式会社安川電機 福岡県北九州市八幡西区黒崎城石2番1号
(21) 国際出願番号 PCT/JP2007/070799	
(22) 国際出願日 平成19年10月25日 (2007.10.25)	
(31) 優先権主張番号 特願2006-319729 (P2006-319729)	(72) 発明者 梅田 信弘 福岡県北九州市八幡西区黒崎城石2番1号 株式会社安川電機内
(32) 優先日 平成18年11月28日 (2006.11.28)	
(33) 優先権主張国 日本国 (JP)	(72) 発明者 泉 哲郎 福岡県北九州市八幡西区黒崎城石2番1号 株式会社安川電機内
	Fターム(参考) 5H004 GA30 GB16 HA08 HB08 KC05 KC27 MA12 MA15 MA40 5H501 AA22 BB11 DD01 GG05 JJ03 JJ04 JJ17 JJ26 KK06 MM09
	最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 電動機制御装置と出力フィルタ調整方法および出力フィルタ調整装置

(57) 【要約】

一度の計測動作だけで、なおかつ簡便な計算方法により、所望の応答特性が得られる出力フィルタの調整方法を提供する。

機械の動作量を検出する検出部(3)と、指令信号を発生する指令部(1)と、指令信号を受けて電動機を駆動する制御部(2)とからなる電動機制御装置において、前記制御部の特性を含まない開ループ周波数応答特性を取得する開ループ周波数応答特性計測部(5)と、前記制御部の出力フィルタ(10)の周波数応答特性を現すモデル演算部(4)と、前記開ループ周波数応答特性計測部により計測した周波数応答の振幅特性と前記モデル演算部により算出された出力フィルタの周波数応答の振幅特性の和を表示する表示部(6)と、を備えた。



## 【特許請求の範囲】

## 【請求項 1】

機械の動作量を検出する検出部と、指令信号を発生する指令部と、指令信号を受けて電動機を駆動する制御部とからなる電動機制御装置において、

前記動作量と前記指令信号から前記制御部の特性を含まない開ループ周波数応答特性を生成する開ループ周波数応答特性計測部と、

前記制御部の出力フィルタの周波数特性を現すモデル演算部と、

前記開ループ周波数応答特性計測部により計測した周波数応答の振幅特性と前記モデル演算部により算出された出力フィルタの周波数応答の振幅特性の和を表示する表示部と、を備えることを特徴とする電動機制御装置。

10

## 【請求項 2】

前記モデル演算部は、1次遅れフィルタモデルを使用することを特徴とする請求項1記載の電動機制御装置。

## 【請求項 3】

前記モデル演算部は、ノッチフィルタモデルを使用することを特徴とする請求項1記載の電動機制御装置。

## 【請求項 4】

前記モデル演算部は、複数の出力フィルタモデルの和を使用することを特徴とする請求項1記載の電動機制御装置。

## 【請求項 5】

機械の動作量を検出する検出部と、指令信号を発生する指令部と、指令信号を受けて電動機を駆動する制御部とからなる電動機制御装置の出力フィルタ調整方法において、

トルク指令を入力し速度応答を計測するステップと、

前記機械の開ループ応答特性を演算するステップと、

周波数応答特性演算の結果を表示して確認するステップと、

前記開ループ周波数応答特性に応じて前記出力フィルタを調整するステップと、

出力フィルタのパラメータに応じて、周波数応答特性モデルを作成するステップと、

前記開ループ応答特性と前記出力フィルタの周波数応答特性を合成するステップと

出力フィルタを介した開ループ周波数応答波形を表示し、出力フィルタの効果を確認するステップと、

30

出力フィルタの効果により所望の効果が得られた場合は、出力フィルタのパラメータを制御部に反映するステップと、

を備えることを特徴とする電動機制御装置の出力フィルタ調整方法。

## 【請求項 6】

請求項 1 記載の開ループ周波数応答特性計測部とモデル演算部と表示部を電動機制御装置から分離してまとめたことを特徴とする出力フィルタ調整装置。

## 【発明の詳細な説明】

## 【技術分野】

## 【0001】

本発明は、半導体製造装置や工作機械などの位置決め装置あるいは産業用ロボットに用いられる電動機制御装置と出力フィルタ調整方法および出力フィルタ調整装置に関するものである。

40

## 【背景技術】

## 【0002】

従来、例えば、半導体製造装置や工作機械などの位置決め装置あるいは産業用ロボットに用いられる電動機制御装置のパラメータ調整、特に出力フィルタの調整においては、制御部の特性を含まない機械の開ループ周波数応答特性を計測し、この結果を基に検出した共振周波数および減衰を推定（特許文献 1）し、この推定値を基に出力フィルタの調整する手法が用いられてきた。

## 【0003】

50

また、計測した機械の開ループ特性と使用する制御部の制御部モデルから閉ループ周波数特性を予測し、制御パラメータを調整する手法（特許文献2）もあった。

さらに、出力フィルタを含んで機械の開ループ周波数特性を計測し、その効果を確認しながら調整する手法（特許文献3）もあった。

【特許文献1】特開2005-20949号公報

【特許文献2】特開2005-275588号公報

【特許文献3】特開2006-221404号公報

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0004】

従来の制御パラメータ調整方法では、特許文献1の場合、推定したモデルに推定誤差が生じた場合やモデルの低次元化によるモデル化誤差が大きい場合には、最適な調整が出来ない場合があった。また、特許文献2の例では、使用する制御則や制御対象により、モデルを変更する必要があるうえ、前者同様モデルの低次元化に伴うモデル化誤差が大きく生じた場合、最適な調整が出来ない場合があった。さらに特許文献3の例では、少なくとも数回の特性計測が必要であり、機械によっては、可動部に多大な負荷がかかる場合があった。

【0005】

本発明はこのような問題点に鑑みてなされたものであり、一度の計測動作と簡便な計算方法により、所望の周波数応答特性が得られる電動機制御装置と出力フィルタ方法および出力フィルタ調整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】

【0006】

上記問題を解決するため、本発明は、次のように構成したのである。

請求項1記載の発明は、機械の動作量を検出する検出部と、指令信号を発生する指令部と、指令信号を受けて電動機を駆動する制御部とからなる電動機制御装置において、前記制御部の特性を含まない開ループ周波数応答特性を取得する開ループ周波数応答特性計測部と、前記制御部の出力フィルタの周波数応答特性を現すモデル演算部と、前記開ループ周波数応答特性計測部により計測した周波数応答の振幅特性と前記モデル演算部により算出された出力フィルタの周波数応答の振幅特性の和を表示する表示部と、を備えることを特徴とするものである。

請求項2記載の発明は、請求項1記載の電動機制御装置において、前記モデル演算部は、1次遅れフィルタモデルを使用することを特徴とするものである。

請求項3記載の発明は、請求項1記載の電動機制御装置において、前記モデル演算部は、ノッチフィルタモデルを使用することを特徴とするものである。

請求項4記載の発明は、請求項1記載の電動機制御装置において、前記モデル演算部は、複数の出力フィルタモデルの和を使用することを特徴とするものである。

請求項5に記載の発明は、機械の動作量を検出する検出部と、指令信号を発生する指令部と、指令信号を受けて電動機を駆動する制御部とからなる電動機制御装置の出力フィルタ調整方法において、機械の動作量を検出する検出部と、指令信号を発生する指令部と、指令信号を受けて電動機を駆動する制御部とからなる電動機制御装置の出力フィルタ調整方法において、トルク指令を入力し速度応答を計測するステップと、前記機械の開ループ応答特性を演算するステップと、周波数応答特性演算の結果を表示して確認するステップと、前記開ループ周波数応答特性に応じて前記出力フィルタを調整するステップと、出力フィルタのパラメータに応じて、周波数応答特性モデルを作成するステップと、前記開ループ応答特性と前記出力フィルタの周波数応答特性を合成するステップと、出力フィルタを介した開ループ周波数応答波形を表示し、出力フィルタの効果を確認するステップと、出力フィルタの効果により所望の効果が得られた場合は出力フィルタのパラメータを制御部に反映するステップと、を備えることを特徴とするものである。

請求項6に記載の発明は、出力フィルタ調整装置であり、請求項1記載の開ループ周波

10

20

30

40

50

数応答特性計測部とモデル演算部と表示部を電動機制御装置から分離してまとめたことを特徴とするものである。

【発明の効果】

【0007】

請求項1乃至4に記載の発明によると、機械の複数状態の特性に対する出力フィルタの効果を確認できるため、一度の計測動作と簡便な計算方法により、所望の周波数応答特性が得られる電動機制御装置を提供できる。

また、請求項5に記載の発明によると、機械の複数状態の特性に対する出力フィルタの効果を確認できるため、一度の計測動作と簡便な計算方法により、所望の周波数応答特性が得られる電動機制御装置の出力フィルタ調整方法を提供できる。

10

また、請求項6に記載の発明によると、機械の複数状態の特性に対する出力フィルタの効果を確認できるため、一度の計測動作と簡便な計算方法により、所望の周波数応答特性が得られる電動機制御装置の出力フィルタ調整装置を提供できる。

【図面の簡単な説明】

【0008】

【図1】本発明の電動機制御装置の構成を示すブロック図

【図2】本発明の方法の処理手順を示すフローチャート

【図3】本実施例の機械の開ループ周波数応答特性を表す図

【図4】ノッチフィルタ適用により改善された開ループ周波数応答特性を表す図

【図5】本発明の出力フィルタ調整装置

20

【符号の説明】

【0009】

- 1 指令部
- 2 制御部
- 3 動作量検出部
- 4 モデル演算部
- 5 周波数特性計測部
- 6 表示部
- 7 制御対象
- 8 出力フィルタ調整装置
- 9 電動機制御装置
- 10 出力フィルタ

30

【発明を実施するための最良の形態】

【0010】

以下、本発明の方法の具体的実施例について、図に基づいて説明する。

【実施例1】

【0011】

図1は本発明の電動機制御装置の構成を示すブロック図である。図1において、1は指令部、2は制御部、3は動作量検出部、4はモデル演算部、5は周波数特性計測部、6は表示部である。動作量検出部3は、制御対象である機械の動作量を検出し、指令部1は上位システムまたはマニュアルにより指令信号を発生する。制御部2は、指令信号を受けて電動機を駆動し、機械を動作させる。周波数特性計測部5は、動作量と指令信号から制御部の特性を含まない開ループ周波数応答特性を生成する。モデル演算部4は、制御部の出力フィルタ10の周波数特性を模擬する。表示部6は、開ループ周波数応答特性計測部により計測した周波数応答の振幅特性とモデル演算部で生成した出力フィルタの周波数応答の振幅特性の和を表示する。

40

図2は本発明の方法の処理手順を示すフローチャートである。図2に示すように、本発明の電動機制御装置の出力フィルタ調整方法は、ステップ1～8の8つのステップで構成される。ステップ1では、多くの周波数成分を含むトルク指令を制御部に入力し、速度応答を計測する。ステップ2では、入力したトルク指令および計測した速度応答を基に機械

50

の開ループ応答特性を演算する。ステップ3では、周波数応答特性演算の結果を表示して確認し、ステップ4では、機械の開ループ周波数応答特性に応じた出力フィルタの調整を行う。例えば、ひとつの特徴的な共振ピークが存在する場合、ピークの周波数に合わせノッチフィルタを設定する。ステップ5では、設定した出力フィルタのパラメータに応じて、周波数応答特性モデルを作成する。ステップ6では、ステップ2で求めた機械の開ループ応答特性と出力フィルタの周波数応答特性を合成し、ステップ7で、出力フィルタを介した開ループ周波数応答波形を表示し、出力フィルタの効果を確認する。出力フィルタの効果により所望の効果が得られた場合は、ステップ8により、出力フィルタのパラメータを制御部に反映する。所望の応答が得られない場合は、再度ステップ4からの作業を繰り返し、フィルタを最適に調整する。

10

【0012】

以下、ステップ5およびステップ6について詳細に説明する。

図3に示すように機械の開ループ特性が1のようなひとつの特徴的な共振ピークを持ちその共振周波数  $H$  とすると、出力フィルタとして、図4に示す2のようなノッチフィルタを用いて、共振ピークのゲインを下げるのが適当である。このときノッチフィルタの伝達関数は、式(1)で表される。

【0013】

【数1】

$$G(s) = \frac{s^2 + 2\frac{A}{Q}\omega_H s + \omega_H^2}{s^2 + 2\frac{1}{Q}\omega_H s + \omega_H^2} \quad (1)$$

20

【0014】

ここで  $Q$  はノッチフィルタのバンド幅、 $A$  は深さを表すパラメータであり、機械の共振周波数に対応した反共振周波数、減衰に合わせて調整する。

この伝達関数を周波数領域での振幅(ゲイン)として表わすと周波数  $\omega$  の関数として次式(2)で表わされる。

【0015】

【数2】

$$H(\omega) = |G(j\omega)| = 20 \log \left( \frac{\sqrt{Q^2\omega^4 - 2Q^2\omega^2\omega_H^2 + A^2\omega_H^2\omega^2 + Q^2\omega_H^4}}{\sqrt{Q^2\omega^4 - 2Q^2\omega^2\omega_H^2 + \omega_H^2\omega^2 + Q^2\omega_H^4}} \right) \quad (2)$$

30

【0016】

したがって、式(2)にノッチフィルタのパラメータ  $H$ 、 $Q$ 、 $A$  および周波数軸の数値を入力することで用意にフィルタの周波数領域での振幅を求めることが出来る。

また、機械の開ループ伝達関数を  $G_m(s)$ 、周波数領域での振幅を  $H_m(\omega)$  とすると、ノッチフィルタを介した開ループの周波数領域での振幅は次式で表されること公知である。

【0017】

【数3】

$$|G(j\omega) \times G_m(j\omega)| = H(\omega) + H_m(\omega) \quad (3)$$

40

【0018】

つまり、ノッチフィルタの周波数領域での振幅と機械の周波数領域での振幅を単純に足し合わせることでノッチフィルタを介した開ループの周波数領域での振幅を求めることが出来、ノッチフィルタの効果を容易に確認することが出来る。

【0019】

図4は、前述の手法を用いて、ノッチフィルタ適用により開ループ周波数応答特性を改善した例である。

【0020】

1は測定により得られた開ループ周波数応答特性、2はノッチフィルタの周波数応答特

50

性、3はノッチフィルタ適用により改善された開ループ周波数応答特性を示しており、ノッチフィルタにより機械が持つ共振ピークを抑制し、開ループの応答特性が改善されていることがわかる。

【0021】

同様に出力フィルタとして使用する各種フィルタの特性をモデル化しておけば、その周波数領域での振幅の足し合わせにより、用意に出力フィルタの効果を確認できる。

【0022】

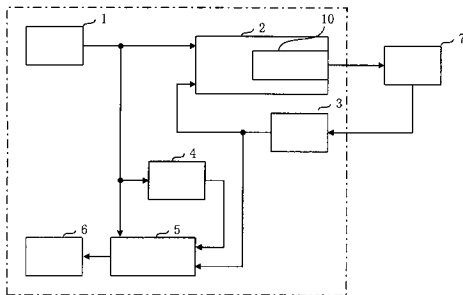
図5は、図1の開ループ周波数応答特性計測部とモデル演算部と表示部を電動機制御装置から分離し出力フィルタ調整装置としてまとめたものである。図5の8は出力フィルタ調整装置、9は電動機制御装置である。

【産業上の利用可能性】

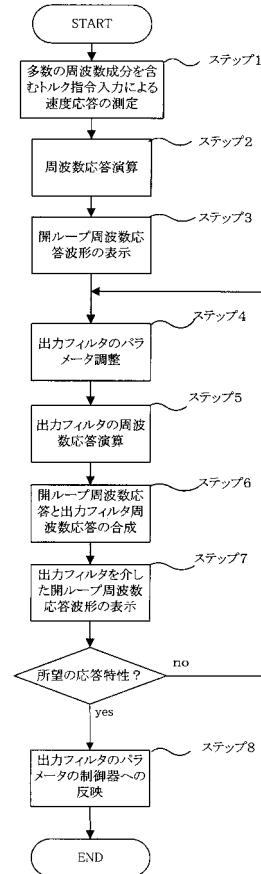
【0023】

本発明によると、一度の計測動作と簡便な計算方法により、所望の周波数応答特性が得られるので半導体製造装置や工作機械などの位置決め装置あるいは産業用ロボットへの適用はもちろんのこと一般産業用機械への適用も期待できる。

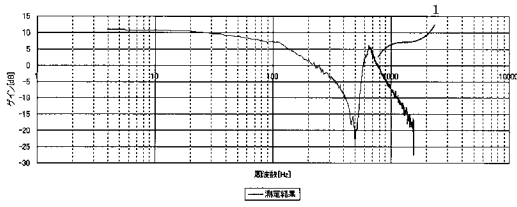
【図1】



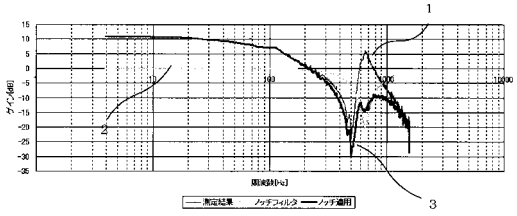
【図2】



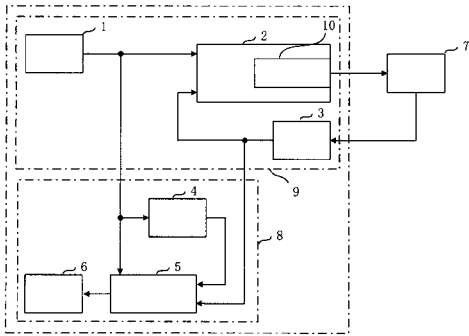
【 図 3 】



【 図 4 】



【 図 5 】



## 【 国際調査報告 】

INTERNATIONAL SEARCH REPORT		International application No. PCT/JP2007/070799
<b>A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER</b> H02P29/00(2006.01) i, G05B13/04(2006.01) i  According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC		
<b>B. FIELDS SEARCHED</b> Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols) H02P29/00, G05B13/04  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 1996-2007 Kokai Jitsuyo Shinan Koho 1971-2007 Toroku Jitsuyo Shinan Koho 1994-2007  Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)		
<b>C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT</b>		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	JP 2006-227793 A (Yaskawa Electric Corp.), 31 August, 2006 (31.08.06), Full text; all drawings (Family: none)	1-6
A	JP 2005-63362 A (Yaskawa Electric Corp.), 10 March, 2005 (10.03.05), Full text; all drawings (Family: none)	1-6
A	JP 3111046 B2 (International Business Machines Corp.), 20 November, 2000 (20.11.00), Fig. 4 & US 6219196 B1	1-6
<input checked="" type="checkbox"/> Further documents are listed in the continuation of Box C. <input type="checkbox"/> 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 November, 2007 (22.11.07)		Date of mailing of the international search report 04 December, 2007 (04.12.07)
Name and mailing address of the ISA/ Japanese Patent Office		Authorized officer
Facsimile No.		Telephone No.



**INTERNATIONAL SEARCH REPORT**

International application No.

PCT/JP2007/070799

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	JP 2002-202801 A (Sumitomo Chemical Co., Ltd.), 19 July, 2002 (19.07.02), Par. No. [0037] (Family: none)	1-6

国際調査報告		国際出願番号 PCT/JP2007/070799									
A. 発明の属する分野の分類 (国際特許分類 (IPC)) Int.Cl. H02P29/00(2006.01)i, G05B13/04(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 (IPC)) Int.Cl. H02P29/00, G05B13/04											
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 <table border="0"> <tr> <td>日本国実用新案公報</td> <td>1922-1996年</td> </tr> <tr> <td>日本国公開実用新案公報</td> <td>1971-2007年</td> </tr> <tr> <td>日本国実用新案登録公報</td> <td>1996-2007年</td> </tr> <tr> <td>日本国登録実用新案公報</td> <td>1994-2007年</td> </tr> </table>				日本国実用新案公報	1922-1996年	日本国公開実用新案公報	1971-2007年	日本国実用新案登録公報	1996-2007年	日本国登録実用新案公報	1994-2007年
日本国実用新案公報	1922-1996年										
日本国公開実用新案公報	1971-2007年										
日本国実用新案登録公報	1996-2007年										
日本国登録実用新案公報	1994-2007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 請求の範囲の番号									
A	JP 2006-227793 A (株式会社安川電機) 2006.08.31, 全文, 全図 (ファミリーなし)	1-6									
A	JP 2005-63362 A (株式会社安川電機) 2005.03.10, 全文, 全図 (ファミリーなし)	1-6									
A	JP 3111046 B2 (インターナショナル・ビジネス・マシーンズ・コー ポレーション) 2000.11.20, 【図4】 & US 6219196 B1	1-6									
A	JP 2002-202801 A (住友化学工業株式会社) 2002.07.19, 【0037】 (ファミリーなし)	1-6									
☐ 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 22.11.2007		国際調査報告の発送日 04.12.2007									
国際調査機関の名称及びあて先 日本国特許庁 (ISA/JP) 郵便番号100-8915 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) 梶本 直樹	3V 9819								
		電話番号 03-3581-1101 内線	3358								

## フロントページの続き

(51)Int.Cl. F I テーマコード(参考)  
G 0 5 B 13/02 J

(81)指定国 AP(BW, GH, GM, KE, LS, MW, MZ, NA, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), EA(AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), EP(AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MT, NL, PL, PT, RO, SE, SI, SK, TR), OA(BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG), AE, AG, AL, AM, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, 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, IS, JP, KE, KG, KM, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PG, PH, PL, PT, RO, RS, RU, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, SV, SY, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW

(注)この公表は、国際事務局(WIPO)により国際公開された公報を基に作成したものである。なおこの公表に係る日本語特許出願(日本語実用新案登録出願)の国際公開の効果は、特許法第184条の10第1項(実用新案法第48条の13第2項)により生ずるものであり、本掲載とは関係ありません。