



特許協力条約に基づいて公開された国際出願

<p>(51) 国際特許分類 5 G01B 11/26, B21D 5/02</p>	<p>A1</p>	<p>(11) 国際公開番号 WO 94/11701</p> <p>(43) 国際公開日 1994年5月26日 (26.05.94)</p>
<p>(21) 国際出願番号 PCT/JP93/01538 (22) 国際出願日 1993年10月25日 (25. 10. 93)</p> <p>(30) 優先権データ 特願平4/300112 1992年11月10日 (10. 11. 92) JP</p> <p>(71) 出願人 (米国を除くすべての指定国について) 株式会社 小松製作所 KABUSHIKI KAISHA KOMATSU SEISAKUSHO (JP/JP) 〒107 東京都港区赤坂2丁目3番6号 Tokyo, (JP)</p> <p>(72) 発明者; および (75) 発明者/出願人 (米国についてののみ) 大塚俊行 (OENOKI, Toshiyuki) (JP/JP) 〒573 大阪府枚方市上野3丁目1番1号 株式会社小松製作所 生産技術研究所内 Osaka, (JP)</p> <p>(74) 代理人 弁理士 杉浦俊貴, 外 (SUGIURA, Toshiki et al.) 〒550 大阪府大阪市西区新町1丁目10番24号 第3四ツ橋吉野ビル3階 Osaka, (JP)</p> <p>(81) 指定国 DE, KR, US.</p> <p>添付公開書類 国際調査報告書</p>		

(54) Title : BENDING ANGLE DETECTOR FOR BENDING MACHINE

(54) 発明の名称 曲げ加工機における曲げ角度検出装置

a Start  
b End

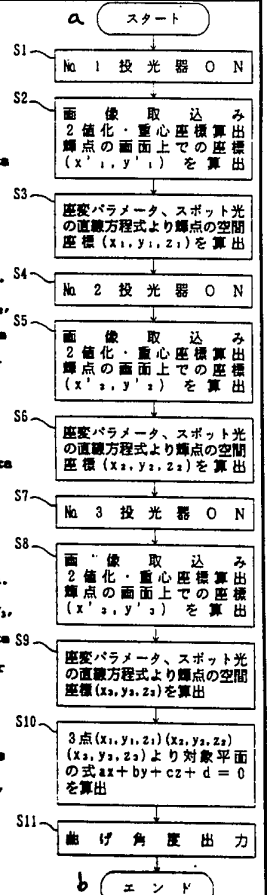
S1 Turn on projector No. 1.  
S2 Pick up an image. Convert the image data into binary-coded data. Calculate the coordinates of the center of gravity of the image. Calculate coordinates (x', y') of the luminance spot on the screen.  
S3 Calculate the spatial coordinates (x<sub>1</sub>, y<sub>1</sub>, z<sub>1</sub>) of luminance spot from the coordinate transformation parameters and the linear equation of the spotlight.

S4 Turn on projector No. 2.  
S5 Pick up an image. Convert the image data into binary-coded data. Calculate the coordinates of the center of gravity of the image. Calculate coordinates (x', y') of the luminance spot on the screen.  
S6 Calculate the spatial coordinates (x<sub>2</sub>, y<sub>2</sub>, z<sub>2</sub>) of luminance spot from the coordinate transformation parameters and the linear equation of the spotlight.  
S7 Turn on projector No. 3.

S8 Pick up an image. Convert the image data into binary-coded data. Calculate the coordinates of the center of gravity of the image. Calculate coordinates (x', y') of the luminance spot on the screen.  
S9 Calculate the spatial coordinates (x<sub>3</sub>, y<sub>3</sub>, z<sub>3</sub>) of luminance spot from the coordinate transformation parameters and the linear equation of the spotlight.  
S10 Calculate the equation ax+by+cz+d=0 of the object plane from the coordinates of the three points (x<sub>1</sub>, y<sub>1</sub>, z<sub>1</sub>), (x<sub>2</sub>, y<sub>2</sub>, z<sub>2</sub>), and (x<sub>3</sub>, y<sub>3</sub>, z<sub>3</sub>).  
S11 Output the bending angle.

(57) Abstract

The bending angle of a work can be measured with a high precision even if the material of the work is different in bending works by a bending machine. From the image of each point of a cubic lattice virtually formed in a space, the coordinate transformation parameters between the spatial coordinate system whose axes are the sides of the cubic lattice and the plane coordinate system of the imaging surface of a camera, and a linear equation are obtained in the spatial coordinate system of the spotlight which is obtainable by projecting the spotlight on the outer surface of the work which has been bent. Thus, with these coordinate transformation parameters and the linear equation for the spotlight, the spatial coordinates of the three luminance spots formed on the outer surface of the bent work by the three spotlights from three projectors are obtained thereby to establish an equation of plane containing these three points. It is possible to use two slit-shaped beams of light instead of the three spotlights.



(57) 要約

曲げ加工機によりワークの曲げ加工を行う際に、ワークの材質が変化しても曲げ工程中にそのワークの曲げ角度を高精度で検出できるようにすることを目的とし、空間中に形成した仮想の立方格子の各点の画像等から、この立方格子の各辺を方向軸とする空間座標系とカメラ結像面での平面座標系との座標変換パラメータを求めるとともに、ワークの折曲げ外面上にスポット光を投光して得られるそのスポット光の空間座標系での直線方程式を求める。そして、これら座標変換パラメータとスポット光の直線方程式とにより三個の投光器からの三本のスポット光によりワークの折曲げ外面上に形成される三点の輝点の空間座標を求め、それによってこれら三点を含む平面方程式を確定する。また、三本のスポット光に代えて二本のスリット光を用いてもよい。

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	DE	ドイツ	KR	大韓民国	PL	ポーランド
AU	オーストラリア	DK	デンマーク	KZ	カザフスタン	PT	ポルトガル
BB	バルバドス	ES	スペイン	LI	リヒテンシュタイン	RO	ルーマニア
BE	ベルギー	FI	フィンランド	LK	スリランカ	RU	ロシア連邦
BF	ブルキナ・ファソ	FR	フランス	LU	ルクセンブルグ	SD	スーダン
BG	ブルガリア	GA	ガボン	LV	ラトヴィア	SE	スウェーデン
BJ	ベナン	GB	イギリス	MC	モナコ	SI	スロヴェニア
BR	ブラジル	GE	ジョージア	MD	モルドバ	SK	スロヴァキア共和国
BY	ベラルーシ	GN	ギニア	MG	マダガスカル	SN	セネガル
CA	カナダ	GR	ギリシャ	ML	マリ	TD	チャード
CF	中央アフリカ共和国	HU	ハンガリー	MN	モンゴル	TG	トーゴ
CG	コンゴ	IE	アイルランド	MR	モーリタニア	TJ	タジキスタン
CH	スイス	IT	イタリア	MW	マラウイ	TT	トリニダードトバゴ
CI	コート・ジボアール	JP	日本	NE	ニジェール	UA	ウクライナ
CM	カメルーン	KE	ケニア	NL	オランダ	US	米国
CN	中国	KG	キルギスタン	NO	ノルウェー	UZ	ウズベキスタン共和国
CS	チェコスロヴァキア	KP	朝鮮民主主義人民共和国	NZ	ニュージーランド	VN	ヴェトナム
CZ	チェコ共和国						

## 明 細 書

## 曲げ加工機における曲げ角度検出装置

## 技術分野

本発明は、上型と下型とによって板状のワークを所要角度に折曲げる曲げ加工機におけるワークの曲げ角度検出装置に関するものである。

## 背景技術

従来、プレスブレーキ等の曲げ加工機を用いて板状のワークの曲げ加工を行う場合に、NC装置にワークの板厚，材質，目標曲げ角度等の加工情報を入力するとともに、これら入力情報に基づいて上型（パンチ）の下降量を演算し、この演算値に基づいて上型の下降量を制御して所望の加工製品を得るようにしたものが知られている。

ところが、前述のようにしてNC装置により上型の下降量を制御しても、実際の曲げ加工においては、材料自体の板厚，ヤング率， $n$ 値等の特性値のバラツキや種々の加工条件の違いによって所望の曲げ角度を得ることができない場合が多い。そのため、従来は、曲げ加工に先立って上型の手動制御により試し曲げを行うことによりその上型の下降量の調整量を決定し、その調整量をNC装置に入力するようにしているのが実情である。このような上型の下降量の微調整は素材のロットが変わる都度行う必要があるため、非常に煩雑な作業となっていた。

そこで、前述のような材料のバラツキ等に起因する曲げ角度誤差を解消して高精度の曲げ加工を実現するために、

①曲げ工程中の荷重－変位データにより材料特性値を同定し、曲

げ角度等を予測するようにしたもの、

②曲げ工程中にワークの曲げ角度を直接検出するようにしたものが提案されている。

しかしながら、前記①の曲げ工程中の荷重－変位データにより曲げ角度等を予測する方法は、多くは単純曲げ理論を前提にして計算を行っているために計算過程に近似が含まれており、精度的に満足の得られるものは未だ実用化に至っていないのが実情である。

これに対して、前記②の曲げ工程中にワークの曲げ角度を直接検出する方法は、直接制御対象であるワーク自体の計測を行うことから制御自体が容易で実現性が高いとされている。

ところで、ワークの曲げ角度を検出する検出機構として従来用いられている方式は、接触式と非接触式とに大別される。

接触式検出機構の一例としては、平成1年（1989年）第273618号日本国公開特許公報に開示されている四角形リンクを応用した連続追従角度検出装置がある。この連続追従角度検出装置は、金属薄板（ワーク）の傾斜面に接触する測定子の傾きをリンク機構内に設けられたエンコーダにより読み取ることによって金属薄板の曲げ角度を検出するものである。

また、非接触式検出機構としては、複数の距離センサにより折曲げられたワークまでの距離の差を計測することによりそのワークの曲げ角度を検出する方法が一般的である。この例としては、昭和63年（1988年）第49327号日本国公開特許公報に距離センサとして渦電流センサを用いたものが、昭和64年（1989年）第2723号日本国公開特許公報に距離センサとして静電容量センサを用いたものが、平成1年（1989年）第271013号日本国公開特許公報および西独国特許第3216053号明細書に距離センサとして光センサを用いたものがそれぞれ開示されている。

しかしながら、前述されている従来の曲げ角度検出機構では、次に示されるような問題点がある。

すなわち、接触式検出機構は、計測精度を確保するためには比較的長い曲げ脚長を必要とすることから脚長の短いワークには適用が困難であり、また長期間使用すると測定子がワークとの接触により摩耗して変形し計測精度が低下するなどの問題点がある。

また、非接触式検出機構は、複数の距離センサにより折曲げられたワークまでの距離を計測し、演算するようにしているが、各距離センサ間の距離を長くとれないために十分な検出精度が得られないという問題点がある。また、前述の渦電流センサや静電容量センサを用いるものでは、ワークの材質によって出力が変化するためにその材質が変わる毎に計測条件を変更しなければならないという問題点があり、一方光センサを用いるものでは、ワークの表面状態によっては照射した光が散乱して計測誤差が大きくなったり計測精度が低下するなどの問題点があり、また計測精度がセンサや受像機の分解能に左右されるという問題点もある。

本発明は、前述のような問題点を解決することを目的として、ワークの材質が変化しても曲げ工程中にそのワークの曲げ角度を高精度に検出することのできる曲げ加工機における曲げ角度検出装置を提供しようとするものである。

#### 発明の開示

本発明による曲げ加工機における曲げ角度検出装置は、前述された目的を達成するために、第1に、

上型と下型とによって板状のワークを所要角度に折曲げる曲げ加工機において、

(a) 撮像対象物にスポット光を投光してその撮像対象物表面に輝

点を形成する投光手段、

(b) この投光手段により表面に輝点を形成させた撮像対象物を撮像する撮像手段、

(c) 前記撮像対象物としての表面に格子状に多数の基準位置が表示された格子パターンを所定ピッチで移動させて空間中に仮想の立方格子を形成するとともにその立方格子の各点を撮像することにより得られる複数の画像から、前記立方格子の各辺を方向軸とする空間座標系と前記撮像手段の結像面での平面座標系との座標変換パラメータを演算する座標変換パラメータ演算手段、

(d) 前記格子パターン上に生じる少なくとも二点の輝点の位置から前記投光手段より投光されるスポット光の前記空間座標系での直線方程式を演算する直線方程式演算手段、

(e) 前記投光手段により前記ワークの折曲げ外面上に少なくとも三点のスポット光を投光することによりその折曲げ外面上に少なくとも三点の輝点を形成させたそのワークを撮像するとともに、その撮像された各輝点の前記平面座標系での座標値を前記座標変換パラメータ演算手段および直線方程式演算手段により前記空間座標系での座標値に変換する座標値変換手段および

(f) この座標値変換手段により変換された前記空間座標系での前記三点の輝点の座標値からこれら三点の輝点を含む平面方程式を演算することにより前記ワークの曲げ角度を得る曲げ角度演算手段を備えることを特徴とするものである。

このような第1の特徴を有する曲げ加工機における曲げ角度検出装置においては、まず表面に多数の基準位置が表示された格子パターンが所定ピッチで移動されて空間中に仮想の立方格子が形成されるとともに、その立方格子の各点が撮像されることにより、複数の画像が得られる。そして、こうして得られる複数の画像から前記立

方格子の各辺を方向軸とする空間座標系から撮像手段の結像面での平面座標系に変換するための座標変換パラメータが求められ、さらに前記格子パターン上に生じる少なくとも二点の輝点の位置から投光手段により投光されるスポット光の前記空間座標系での直線方程式が求められる。こうして座標変換パラメータとスポット光の直線方程式とが得られると、これら座標変換パラメータとスポット光の直線方程式とから仮想の立方格子の内部の任意の位置における輝点の空間座標が一義的に決められる。したがって、ワークの折曲げ外面上に少なくとも三点のスポット光を投光することで、三点の輝点の空間座標が算出され、それによってこれら三点の輝点を含む平面方程式すなわちワークの曲げ角度が求められる。

本発明による曲げ加工機における曲げ角度検出装置は、第2に、上型と下型とによって板状のワークを所要角度に折曲げる曲げ加工機において、

(a) 撮像対象物にスリット光を投光してその撮像対象物表面に輝線を形成する投光手段、

(b) この投光手段により表面に輝線を形成させた撮像対象物を撮像する撮像手段、

(c) 前記撮像対象物としての表面に格子状に多数の基準位置が表示された格子パターンを所定ピッチで移動させて空間中に仮想の立方格子を形成するとともにその立方格子の各点を撮像することにより得られる複数の画像から、前記立方格子の各辺を方向軸とする空間座標系と前記撮像手段の結像面での平面座標系との座標変換パラメータを演算する座標変換パラメータ演算手段、

(d) 前記格子パターン上に生じる少なくとも二つの輝線の位置から前記投光手段より投光されるスリット光の前記空間座標系での平面方程式を演算する平面方程式演算手段、

(e) 前記投光手段により前記ワークの折曲げ外面上に少なくとも二つのスリット光を投光することによりその折曲げ外面上に少なくとも二本の輝線を形成させたそのワークを撮像するとともに、その撮像された各輝線の前記平面座標系での直線方程式を前記座標変換パラメータ演算手段および平面方程式演算手段により前記空間座標系での直線方程式に変換する座標値変換手段および

(f) この座標値変換手段により変換された前記空間座標系での前記二本の輝線の直線方程式からこれら二本の輝線を含む平面方程式を演算することにより前記ワークの曲げ角度を得る曲げ角度演算手段

を備えることを特徴とするものである。

このような第2の特徴を有する曲げ加工機における曲げ角度検出装置においては、撮像対象物に投光する光線として前記スポット光に代えてスリット光が用いられる。その場合、前述と同様にして、まず表面に多数の基準位置が表示された格子パターンが所定ピッチで移動されて空間中に仮想の立方格子が形成されるとともに、その立方格子の各点が撮像されることにより複数の画像が得られ、こうして得られる複数の画像から前記立方格子の各辺を方向軸とする空間座標系から撮像手段の結像面での平面座標系に変換するための座標変換パラメータが求められる。そして、前記格子パターン上に生じる少なくとも二つの輝線の位置からスリット光の前記空間座標系での平面方程式が求められ、こうして得られる座標変換パラメータとスリット光の平面方程式とから任意の輝線の空間座標での直線方程式が求められる。したがって、ワークの折曲げ外面上に少なくとも二本のスリット光を投光することにより得られる二本の輝線の直線方程式が算出され、それによってこれら二本の輝線を含む平面方程式すなわちワークの曲げ角度が求められる。



前記投光手段および前記撮像手段は、それぞれワークの折り曲げ線に対して平行移動可能に設けるのが好ましく、こうすることで、これら投光手段および撮像手段を移動させてワークの折り曲げ外面の任意の位置で曲げ角度を検出することが可能となる。

また、前記投光手段および前記撮像手段は、それぞれワークの二つの折り曲げ外面に対応して一組ずつ設けるようにすれば、各折り曲げ外面における曲げ角度が検出され、より高精度な検出が可能となる。

前記投光手段は、投光角度が自在に調整可能な一個の投光器であってもよいし、ワークの折り曲げ外面上に投光する光線（スポット光もしくはスリット光）の本数に対応して設けられる複数個の投光器であってもよい。

本発明の他の目的は、後述される詳細な説明から明らかにされる。しかしながら、詳細な説明および具体的実施例は最も好ましい実施態様について説明するが、本発明の精神および範囲内の種々の変更および変形はその詳細な説明から当業者にとって明らかであることから、具体的例としてのみ述べるものである。

#### 図面の簡単な説明

第1図乃至第7図は本発明による曲げ加工機における曲げ角度検出装置の第1実施例を説明するための図面であって、

第1図はプレスブレーキの斜視図、

第2図はプレスブレーキにおける計測ユニットの構成説明図、

第3図は画像処理方法等を説明するブロック図、

第4図は画像処理に際してのキャリブレーションの計測方法を説明する説明図、

第5図は画像処理に際しての輝点の空間座標の計測概念を説明す

る説明図、

第 6 図は曲げ角度検出工程を示すフローチャート図、

第 7 図は各輝点と対象平面との関係を説明する説明図である。

また、第 8 図および第 9 図は本発明による曲げ加工機における曲げ角度検出装置の第 2 実施例を説明するための図面であって、

第 8 図は曲げ角度検出工程を示すフローチャート図、

第 9 図は各輝線と対象平面との関係を説明する説明図である。

### 発明を実施するための最良の形態

次に、本発明による曲げ加工機における曲げ角度検出装置の具体的実施例について、図面を参照しつつ説明する。

(第 1 実施例)

第 1 図に示されているプレスブレーキ 1 においては、架台 2 上下型 (ダイス) 3 が支持され、この下型 3 に対位してその上方に昇降自在に設けられるラム 4 の下部に上型 (パンチ) 5 が取り付けられる。板状の金属板からなるワーク 6 はこれら上型 5 と下型 3 との間に挿入され、このワーク 6 が下型 3 上に載置された状態でラム 4 が下降されることにより前記ワーク 6 が上型 5 と下型 3 とで挟圧され、それによってワーク 6 の折曲げ加工が行われる。

前記架台 2 の前後位置には、ワーク 6 の曲げ角度を検出するための計測ユニット 7 が配設されている (図には前側の計測ユニットのみが示されている)。この計測ユニット 7 は、第 2 図に示されているように、ワーク 6 にスポット光 (レーザ光) を投光する投光手段としての三個の投光器 8 a, 8 b, 8 c と、これら投光器 8 a, 8 b, 8 c によりワーク 6 の外面上に輝点を形成させたそのワーク 6 を撮像する撮像手段としての CCD カメラ 9 とを備えている。

また、第 3 図に示されているように、CCD カメラ 9 によって撮

像される画像は演算部 10 を介して画像データとして記憶部 11 に記憶される。この画像データは、入力部 12 より入力される種々の条件を加味して演算部 10 において演算され、この演算によりワーク 6 の曲げ角度が求められる。そして、この演算により求められる曲げ角度はラム制御装置 13 に与えられ、このラム制御装置 13 によってラム 4 の下死点が制御されてワーク 6 が所望の角度に折曲げられる。

ところで、三個の投光器 8 a, 8 b, 8 c によってワーク 6 に三本のスポット光を投光すると、これらスポット光がそのワーク 6 を切断するときの三個の切断点、言い換えれば三個の輝点を得られ、これら輝点を CCD カメラ 9 によって撮像すると、二次元座標を有する画像上においてワーク 6 の三次元形状を表現することができる。

本実施例においては、CCD カメラ 9 により撮像される画像上において二次元座標にて表されるワーク 6 を、奥行きを加味した三次元座標にて表現するために、次に示されるキャリブレーションにより得られるカメラの座標変換パラメータが用いられる。

まず、表面に格子状に多数の基準位置が表示された平板（格子パターン）と CCD カメラ 9 とを所定の角度をもってセットし、次いでその平板を所定間隔で CCD カメラ 9 から遠ざけて空間中に仮想の立方格子 14（第 4 図参照）を形成し、その立方格子 14 に投光器よりスポット光を投光しながらその立方格子 14 の各点を CCD カメラ 9 により撮像して複数の画像を得る。こうしてカメラ座標系の画像上に表される立方格子 14 の各点  $(x_c, y_c)$  の位置情報と、スポット光による輝点  $(x, y, z)$  の位置情報等とから、所定の演算により、立方格子 14 の各辺  $x, y, z$  軸を方向軸とする空間座標系と、カメラ結像面での平面座標系との座標変換パラメータを得る。こうして得られる座標変換パラメータは記憶部 11 に記

憶される。

本実施例では、また、ワーク 6 の折曲げ外面上にスポット光を投光して得られるそのスポット光の空間座標系での直線方程式  $f(x, y, z)$  をパラメータとして求め、この直線方程式  $f(x, y, z)$  も記憶部 11 に記憶させるようにしている。この直線方程式は、スポット光の投光によって前記格子パターン上に生じる少なくとも二つの輝点の位置を、その輝点を取り囲む四点の格子点の座標から演算により求め、こうして求められる二つの輝点の位置から得られるものである。

このようにして座標変換パラメータと三個の投光器 8 a, 8 b, 8 c からの三本のスポット光の直線方程式とが得られると、各スポット光によりワーク 6 の折曲げ外面上に形成される三点の輝点のカメラ結像面での平面座標系からそれら輝点の空間座標を求めることができる。そして、このように三点の輝点の空間座標が求めれば、これら三点を含む平面方程式が確定され、それによってワーク 6 の曲げ角度が検出される。

第 5 図には、前述の輝点の空間座標の計測概念が示されている。空間座標系  $(x, y, z)$  における仮想の立方格子の内部の任意の位置におけるスポット光の輝点  $(x, y, z)$  は、図示のように、カメラ座標系における座標  $(x', y')$  と、空間座標系における二つの輝点  $(x_1, y_1, z_1)$ ,  $(x_2, y_2, z_2)$  を通る直線方程式  $f(x, y, z)$  とにより一義的に決められる。

次に、本実施例の前述の曲げ角度検出の工程を、第 6 図に示されているフローチャート図を参照しつつ説明する。

ステップ S 1 : 第 1 の投光器 8 a をオン作動し、スポット光をワーク 6 の折曲げ外面上に投光する。

ステップ S 2 : ワーク 6 の折曲げ外面上に投光することにより得

られる輝点の画像をCCDカメラ9に取り込み、その画像を二値化するとともにその画像の重心座標を算出し、輝点の画面上での座標 $(x'_1, y'_1)$ を求める。

ステップS3：別のルーチンで求めて記憶部11に記憶されている座標変換パラメータとスポット光の直線方程式とから、平面座標系における前記座標 $(x'_1, y'_1)$ を空間座標 $(x_1, y_1, z_1)$ に変換する。

ステップS4：第2の投光器8bをオン作動し、スポット光をワーク6の折曲げ外面上に投光する。

ステップS5：ステップS2と同様にして、第2の投光器8bによるスポット光に対応する輝点の画面上での座標 $(x'_2, y'_2)$ を求める。

ステップS6：ステップS3と同様にして、平面座標系における座標 $(x'_2, y'_2)$ を輝点の空間座標 $(x_2, y_2, z_2)$ に変換する。

ステップS7：第3の投光器8cをオン作動し、スポット光をワーク6の折曲げ外面上に投光する。

ステップS8：ステップS2，ステップS5と同様にして、第3の投光器8cによるスポット光に対応する輝点の画面上での座標 $(x'_3, y'_3)$ を求める。

ステップS9：ステップS3，ステップS6と同様にして、平面座標系における座標 $(x'_3, y'_3)$ を輝点の空間座標 $(x_3, y_3, z_3)$ に変換する。

ステップS10：ステップS3，ステップS6，ステップS9においてそれぞれ算出された三本のスポット光による各輝点の空間座標 $(x_1, y_1, z_1)$ ， $(x_2, y_2, z_2)$ ， $(x_3, y_3, z_3)$ より、これら三点を含む対象平面の平面方程式 $ax + by +$

$cz + d = 0$  (第7図参照)を算出する。

ステップS11: ステップS10で求めた平面方程式からワーク6の曲げ角度を算出してこの曲げ角度をラム制御装置13に出力する。

なお、前述の実施例においては、ワークに三本のスポット光を投光することによりそのワークの曲げ角度を検出するようにしたものについて説明したが、このスポット光の投光本数は四本以上であってもよい。こうして計測する輝点の点数を多くとると、最小二乗法を用いて計測精度を向上させることが可能となる。

(第2実施例)

次に、本実施例においては、第1実施例で用いた三本のスポット光に代えて二本のスリット光を投光することにより曲げ角度の検出を行うようにした曲げ角度検出装置について説明する。なお、本実施例の曲げ角度検出装置を説明するに際しては、第1実施例と共通する部分についてのみ説明して、第1実施例の説明と重複する部分および、第1図乃至第7図における同じ符号および記号は同じものを表すものとして説明を省略する。

本実施例のように二本のスリット光を用いて曲げ角度の検出を行う際には、第1実施例におけるスポット光の直線方程式に代えて、ワーク6の折曲げ外面上にスリット光を投光して得られるそのスリット光の空間座標系での平面方程式がパラメータとして求められる。そして、座標変換パラメータと二本のスリット光の平面方程式が得られると、各スリット光によりワーク6の折曲げ外面上に形成される二本の輝線のカメラ結像面での平面座標系からそれら輝線の空間座標系での直線方程式が算出され、これら二本の直線方程式からそれら直線を含む平面が確定され、それによってワーク6の曲げ角度が検出される。

次に、このスリット光を用いた曲げ角度検出工程を、第 8 図に示されているフローチャート図を参照しつつ説明する。

ステップ T 1 : 第 1 の投光器をオン作動し、スリット光をワーク 6 の折曲げ外面上に投光する。

ステップ T 2 : ワーク 6 の折曲げ外面上に投光することにより得られる輝線の画像を CCD カメラ 9 に取り込み、その画像を二値化するとともにその画像を細線化し、輝線の画面上での直線方程式  $a_1 x'_1 + b_1 y'_1 + c_1 = 0$  を求める。

ステップ T 3 : 別のルーチンで求めて記憶部 11 に記憶されている座標変換パラメータとスリット光の平面方程式とから、空間座標系における輝線の直線方程式を算出する。

ステップ T 4 : 第 2 の投光器をオン作動し、スリット光をワーク 6 の折曲げ外面上に投光する。

ステップ T 5 : ステップ T 2 と同様にして、第 2 の投光器によるスリット光に対応する輝線の画面上での直線方程式  $a_2 x'_1 + b_2 y'_1 + c_2 = 0$  を求める。

ステップ T 6 : ステップ T 3 と同様にして、空間座標系における輝線の直線方程式を算出する。

ステップ T 7 : ステップ T 3, ステップ T 6 で算出された二本のスリット光による各輝線の直線方程式より、これら二本の直線を含む対象平面の平面方程式  $p x + q y + r z + s = 0$  (第 9 図参照) を算出する。

ステップ T 8 : ステップ T 7 で求めた平面方程式からワーク 6 の曲げ角度を算出し、この曲げ角度をラム制御装置 13 に出力する。

なお、この実施例の場合においても、スリット光の投光本数を三本以上とすることができ、それによって計測精度を向上させることが可能である。

前述の各実施例においては、スポット光もしくはスリット光を投光する投光器を複数個設けたものについて説明したが、この投光器は、投光角度が自在に調整可能なものを一個だけ設置することも可能である。

また、前記各実施例の計測ユニット（投光器およびCCDカメラ）は、ワークの曲げ線に平行に走査するようにすることで、長尺のワークであっても任意の位置での曲げ角度を検出することが可能となる。

以上に説明したように、本発明は、種々に変更可能なことは明らかである。このような変更は本発明の精神および範囲に反することなく、また当業者にとって明瞭な全てのそのような変形、変更は請求の範囲に含まれるものである。

#### 産業上の利用可能性

本発明の曲げ加工機における曲げ角度検出装置によれば、対象ワークの位置を画像処理により仮想の空間座標として表し、ワークの曲げ角度を算出するようにしているので、非接触式で耐久性に優れるとともに、実機搭載時に取り付け精度を要求されず、また金型形状等の幾何学的なデータを与えることがなく、しかもワークの材質に左右されずに、ワークの曲げ角度を高精度に検出することができる。



## 請求の範囲

1. 上型と下型とによって板状のワークを所要角度に折曲げる曲げ加工機において、

(a) 撮像対象物にスポット光を投光してその撮像対象物表面に輝点を形成する投光手段、

(b) この投光手段により表面に輝点を形成させた撮像対象物を撮像する撮像手段、

(c) 前記撮像対象物としての表面に格子状に多数の基準位置が表示された格子パターンを所定ピッチで移動させて空間中に仮想の立方格子を形成するとともにその立方格子の各点を撮像することにより得られる複数の画像から、前記立方格子の各辺を方向軸とする空間座標系と前記撮像手段の結像面での平面座標系との座標変換パラメータを演算する座標変換パラメータ演算手段、

(d) 前記格子パターン上に生じる少なくとも二点の輝点の位置から前記投光手段より投光されるスポット光の前記空間座標系での直線方程式を演算する直線方程式演算手段、

(e) 前記投光手段により前記ワークの折曲げ外面上に少なくとも三点のスポット光を投光することによりその折曲げ外面上に少なくとも三点の輝点を形成させたそのワークを撮像するとともに、その撮像された各輝点の前記平面座標系での座標値を前記座標変換パラメータ演算手段および直線方程式演算手段により前記空間座標系での座標値に変換する座標値変換手段および

(f) この座標値変換手段により変換された前記空間座標系での前記三点の輝点の座標値からこれら三点の輝点を含む平面方程式を演算することにより前記ワークの曲げ角度を得る曲げ角度演算手段を備えることを特徴とする曲げ加工機における曲げ角度検出装置。

2. 上型と下型とによって板状のワークを所要角度に折曲げる曲

げ加工機において、

(a) 撮像対象物にスリット光を投光してその撮像対象物表面に輝線を形成する投光手段、

(b) この投光手段により表面に輝線を形成させた撮像対象物を撮像する撮像手段、

(c) 前記撮像対象物としての表面に格子状に多数の基準位置が表示された格子パターンを所定ピッチで移動させて空間中に仮想の立方格子を形成するとともにその立方格子の各点を撮像することにより得られる複数の画像から、前記立方格子の各辺を方向軸とする空間座標系と前記撮像手段の結像面での平面座標系との座標変換パラメータを演算する座標変換パラメータ演算手段、

(d) 前記格子パターン上に生じる少なくとも二つの輝線の位置から前記投光手段より投光されるスリット光の前記空間座標系での平面方程式を演算する平面方程式演算手段、

(e) 前記投光手段により前記ワークの折曲げ外面上に少なくとも二つのスリット光を投光することによりその折曲げ外面上に少なくとも二本の輝線を形成させたそのワークを撮像するとともに、その撮像された各輝線の前記平面座標系での直線方程式を前記座標変換パラメータ演算手段および平面方程式演算手段により前記空間座標系での直線方程式に変換する座標値変換手段および

(f) この座標値変換手段により変換された前記空間座標系での前記二本の輝線の直線方程式からこれら二本の輝線を含む平面方程式を演算することにより前記ワークの曲げ角度を得る曲げ角度演算手段

を備えることを特徴とする曲げ加工機における曲げ角度検出装置。

3. 前記投光手段および前記撮像手段は、それぞれ前記ワークの折り曲げ線に対して平行移動可能に設けられることを特徴とする請

求項 1 または 2 に記載の曲げ加工機における曲げ角度検出装置。

4. 前記投光手段および前記撮像手段は、それぞれ前記ワークの二つの折り曲げ外面に対応して一組ずつ設けられることを特徴とする請求項 1 または 2 に記載の曲げ加工機における曲げ角度検出装置。

5. 前記投光手段は、投光角度が自在に調整可能な一個の投光器であることを特徴とする請求項 1 または 2 に記載の曲げ加工機における曲げ角度検出装置。

6. 前記投光手段は、前記ワークの折り曲げ外面上に投光する光線の本数に対応して設けられる複数個の投光器であることを特徴とする請求項 1 または 2 に記載の曲げ加工機における曲げ角度検出装置。

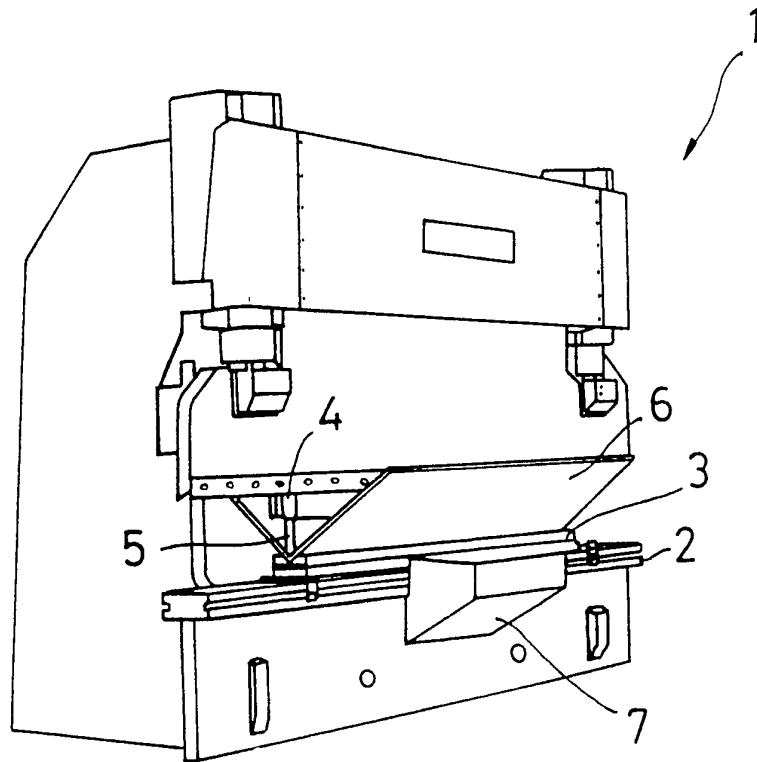


FIG.1

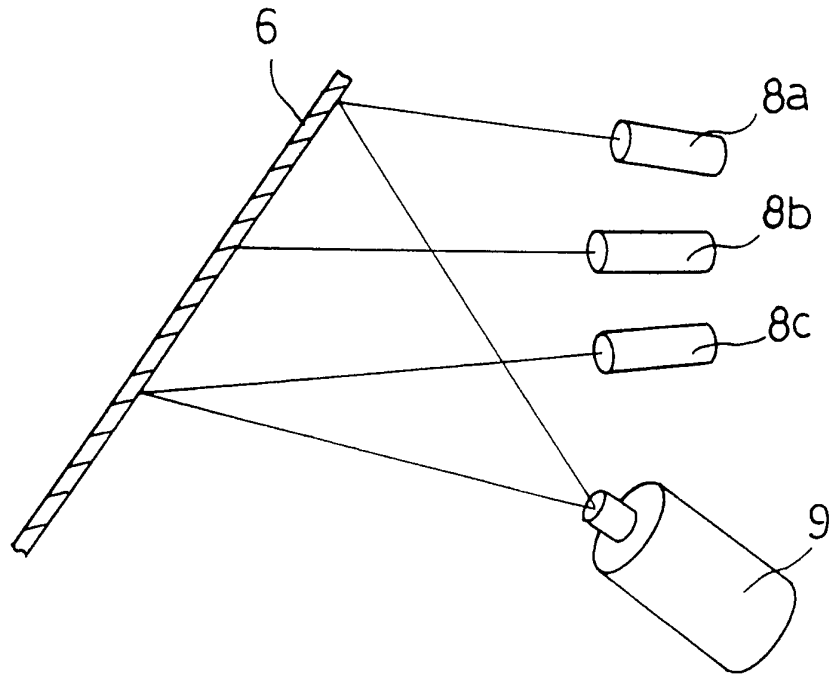


FIG.2

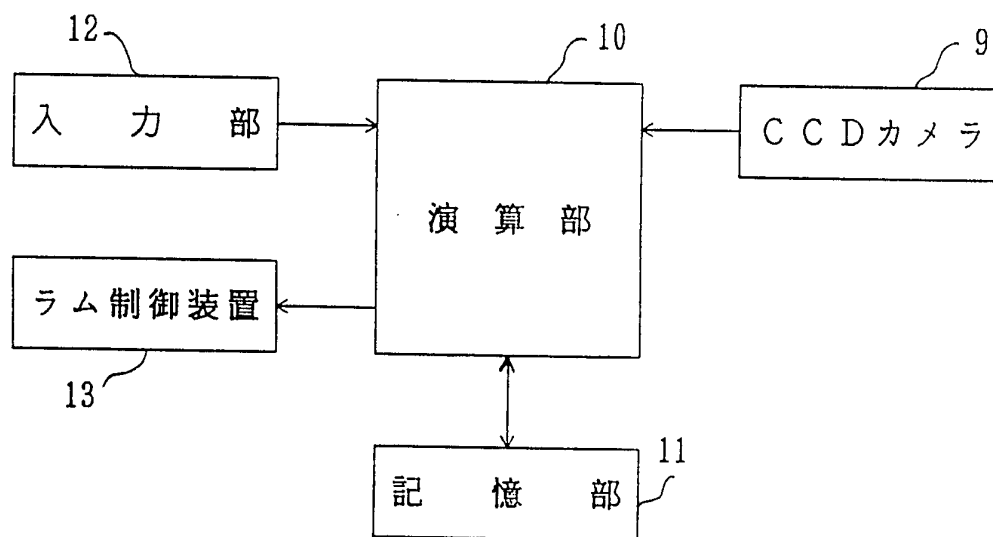


FIG.3

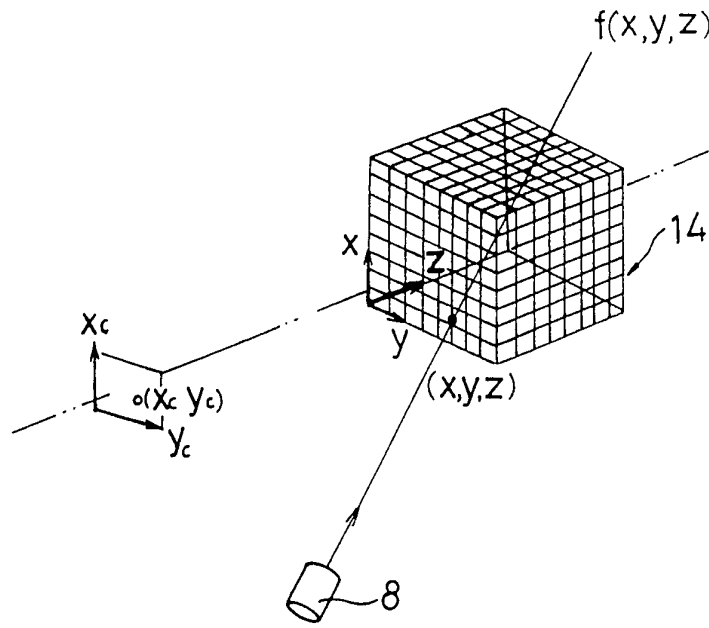


FIG. 4

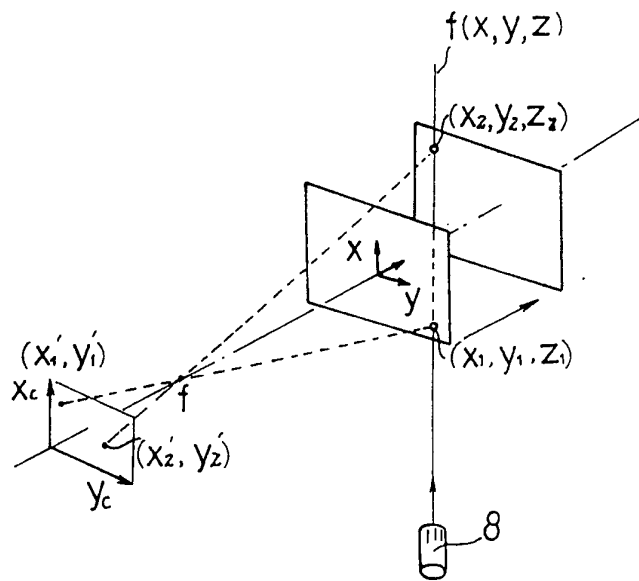


FIG. 5

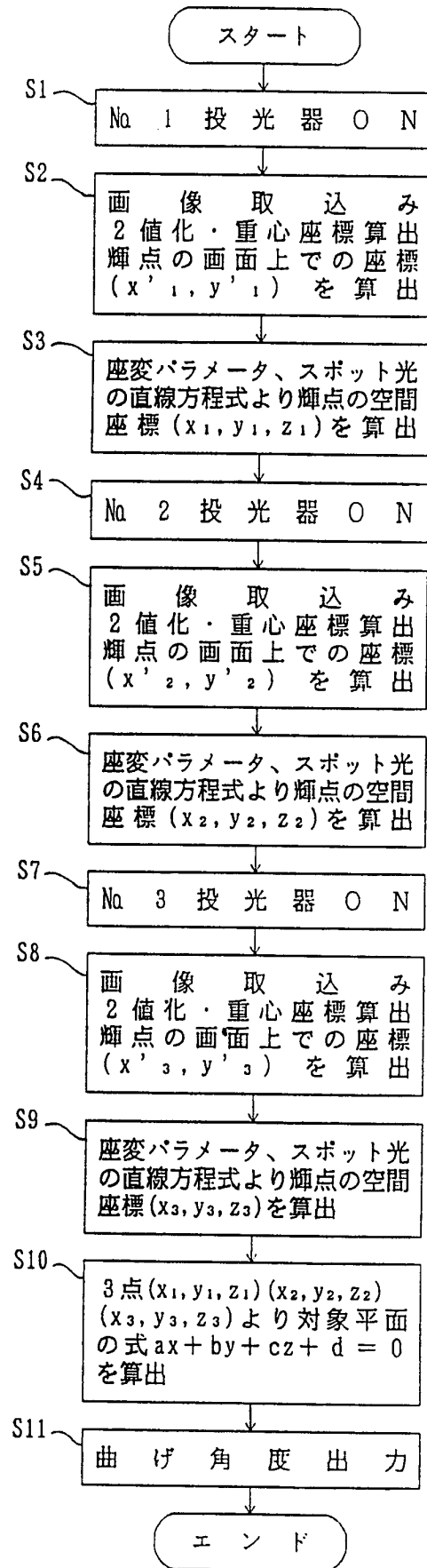


FIG.6



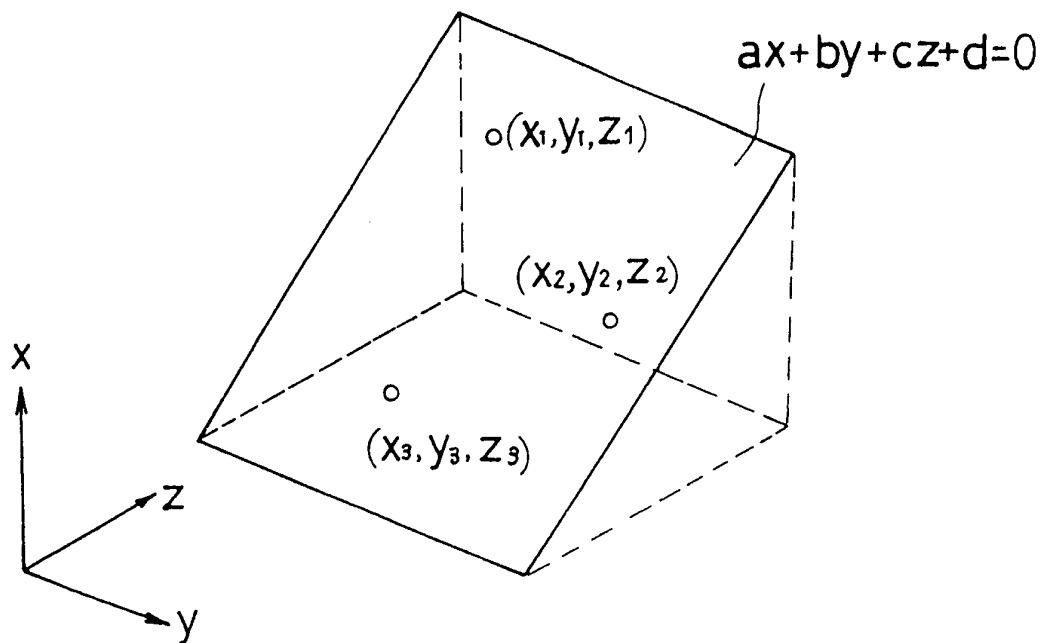


FIG.7

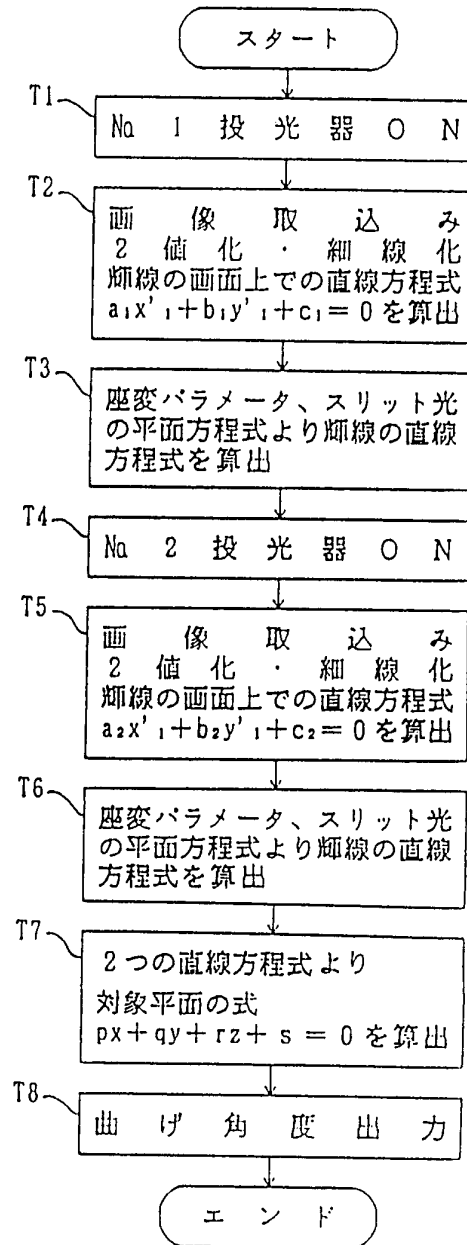


FIG.8

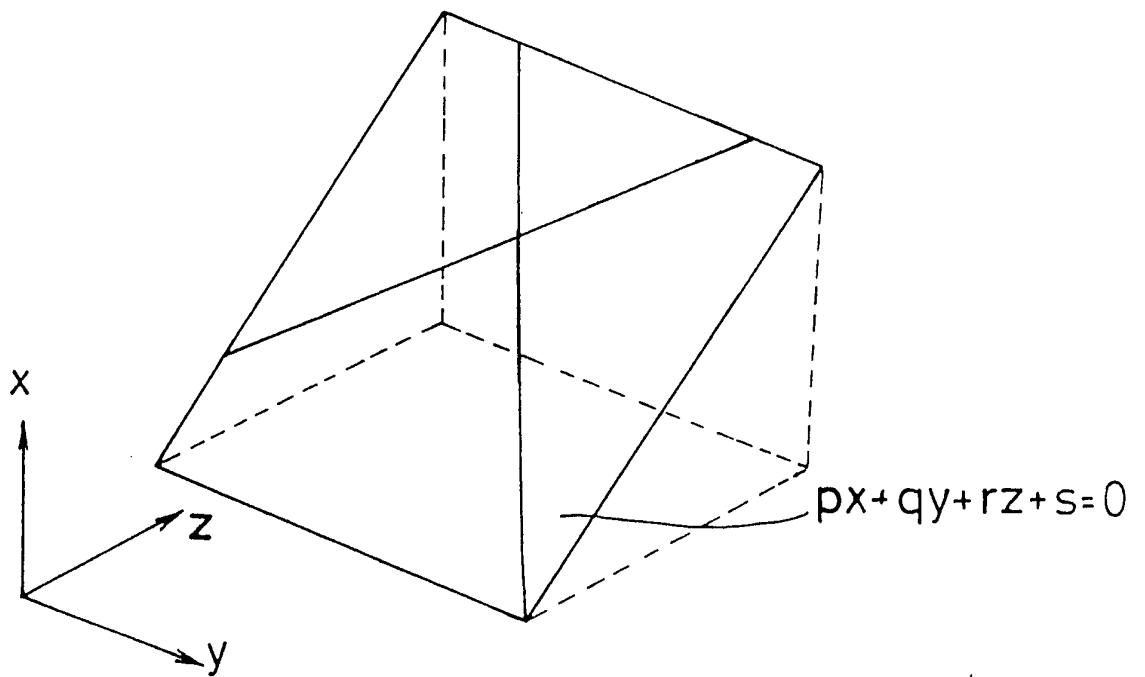


FIG.9

## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP93/01538

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER Int. Cl <sup>5</sup> G01B11/26, B21D5/02 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) Int. Cl <sup>5</sup> G01B11/26, B21D5/02, G01B11/00 Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched Jitsuyo Shinan Koho 1926 - 1993 Kokai Jitsuyo Shinan Koho 1971 - 1993 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.
Y	JP, A, 54-76179 (Kawasaki Heavy Industries, Ltd.), June 18, 1979 (18. 06. 79), Lines 3 to 7, upper left column, page 3	1
Y	Lines 16 to 19, lower left column, page 3	2
Y	Fig. 4 (Family: none)	4
A	JP, A, 4-86958 (Fuji Facom Seigyo K.K., Fuji Electric Co., Ltd.), March 19, 1992 (19. 03. 92), Line 18, lower left column to line 9, lower right column, page 2 (Family: none)	1
<input checked="" type="checkbox"/> Further documents are listed in the continuation of Box C. <input type="checkbox"/> See patent family annex.		
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Special categories of cited documents:</li> <li>"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance</li> <li>"E" earlier document but published on or after the international filing date</li> <li>"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)</li> <li>"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means</li> <li>"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed</li> <li>"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</li> <li>"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</li> <li>"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</li> <li>"&amp;" document member of the same patent family</li> </ul>		
Date of the actual completion of the international search November 5, 1993 (05. 11. 93)		Date of mailing of the international search report November 22, 1993 (22. 11. 93)
Name and mailing address of the ISA/ Japanese Patent Office Facsimile No.		Authorized officer  Telephone No.

A. 発明の属する分野の分類 (国際特許分類 (IPC))

Int. Cl<sup>8</sup> G01B11/26, B21D5/02

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<sup>8</sup> G01B11/26, B21D5/02, G01B11/00

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 1926-1993年  
日本国公開実用新案公報 1971-1993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
Y	JP, A, 54-76179 (川崎重工業株式会社), 18. 6月, 1979 (18. 06. 79), 第3ページ左上欄第3-7行 第3ページ左下欄第16-19行 第4図 (ファミリーなし)	1
Y		2
Y		4
A		1
	JP, A, 4-86958 (富士ファコム制御株式会社, 富士電機株式会社), 19. 3月, 1992 (19. 03. 92),	

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」 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

05. 11. 93

国際調査報告の発送日

22. 11. 93

名称及びあて先

日本国特許庁 (ISA/JP)  
郵便番号 100  
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)

田部元史

2 F 9 2 0 6

電話番号 03-3581-1101 内線 3216

C (続き) . 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
	第 2 ページ左下欄第 1 8 行 - 右下欄第 9 行 (ファミリーなし)	