(19)日本国特許庁(JP)　(12)公開特許公報(A)　(11)特許出願公開番号
特開2011-191307
(P2011-191307A)
(43)公開日　平成23年9月29日(2011.9.29)

(51)Int.Cl.		F I			テーマコード（参考）
G01B 11/00	(2006.01)	G01B	11/00	Z	2F065
H05K 13/08	(2006.01)	H05K	13/08	Q	5E313
H05K 13/04	(2006.01)	H05K	13/04	M	5H303
G05D 3/12	(2006.01)	G05D	3/12	L	
		G05D	3/12	X	

審査請求 有　請求項の数 4　ＯＬ　（全 14 頁）

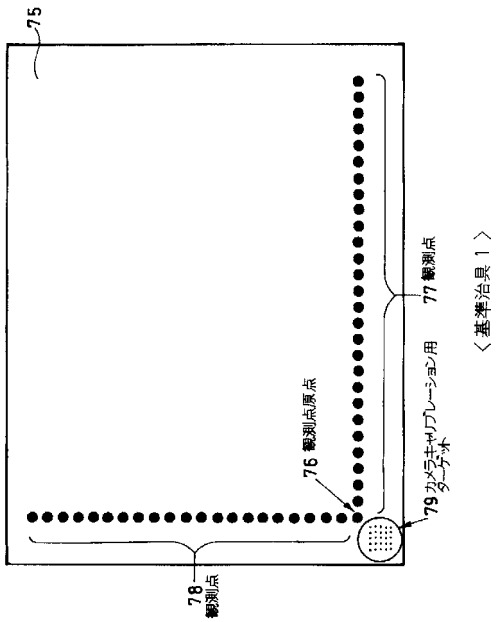
(21)出願番号　特願2011-67819(P2011-67819)
(22)出願日　平成23年3月25日(2011.3.25)
(62)分割の表示　特願2001-214370(P2001-214370)の分割
原出願日　平成13年7月13日(2001.7.13)

(71)出願人　000002185
ソニー株式会社
東京都港区港南１丁目７番１号
(74)代理人　110000925
特許業務法人信友国際特許事務所
(72)発明者　柿沼　武一
東京都品川区北品川６丁目７番３５号　ソニー株式会社内

Ｆターム(参考)　2F065 BB27 FF04 JJ19 JJ26
5E313 AA01 AA11 AA15 CC03 CC04 DD01 DD02 DD03 DD12 DD31 EE01 EE02 EE03 EE24 FF22 FF28 FF32 FG01
5H303 AA01 BB02 BB07 BB12 CC02 DD01 DD25 DD28 EE01 FF13 HH01 LL03

(54)【発明の名称】補正用治具

(57)【要約】　（修正有）
【課題】レーザ測長機等の高度な装置や複雑な手間を要することなく、しかも部品実装装置のＸ軸およびＹ軸の座標の補正を行う補正用治具を提供する。
【解決手段】マウントヘッドをＸ軸方向およびＹ軸方向に移動させて目標位置に部品を実装する部品実装装置の、Ｘ軸方向およびＹ軸方向の移動の補正値を求めるための補正用治具７５であって、部品実装装置のＸ軸およびＹ軸にそれぞれ沿って配置される辺を有する矩形状の表面を有するガラスからなる本体部と、表面に形成され、マウントヘッドに搭載されたカメラでそれぞれ認識される、本体部の辺に沿ってＸ軸方向およびＹ軸方向にそれぞれ1列で配置された複数の観測点７７，７８と、を含み、表面内で１列に配置された複数の観測点７７，７８よりも内側の領域には他の観測点が設けられていない。
【選択図】図７



【特許請求の範囲】
【請求項１】
マウントヘッドをＸ軸方向およびＹ軸方向に移動させて目標位置に部品を実装する部品実装装置の、前記Ｘ軸方向およびＹ軸方向の移動の補正値を求めるための補正用治具であって、
前記部品実装装置の前記Ｘ軸および前記Ｙ軸にそれぞれ沿って配置される辺を有する矩形状の表面を有するガラスからなる本体部と、
前記表面に形成され、前記マウントヘッドに搭載されたカメラでそれぞれ認識される、前記本体部の前記辺に沿ってＸ軸方向およびＹ軸方向にそれぞれ1列で配置された複数の観測点と、を含み、
前記表面内で前記１列に配置された複数の観測点よりも内側の領域には他の観測点が設けられていない
部品実装装置の補正用治具。
【請求項２】
前記観測点はクロムにより形成されている
請求項１に記載の補正用治具。
【請求項３】
マウントヘッドをＸ軸方向およびＹ軸方向に移動させて目標位置に部品を実装する部品実装装置の、前記Ｘ軸方向およびＹ軸方向の移動の補正値を求めるための補正用治具であって、
前記Ｘ軸およびＹ軸に対応する辺を有する矩形状のガラス基板と、
前記ガラス基板上に形成された複数の観測点と、を含み、
前記複数の観測点は前記辺に沿った１列のみからなる
部品実装装置の補正用治具。
【請求項４】
マウントヘッドをＸ軸方向およびＹ軸方向に移動させて目標位置に部品を実装する部品実装装置の、前記Ｘ軸方向およびＹ軸方向の移動の補正値を求めるための補正用治具であって、
前記Ｘ軸および前記Ｙ軸に沿った直交する軸線上であって、前記補正用治具の辺に沿って等間隔にそれぞれ１列で配列された複数の観測点を有する
部品実装装置の補正用治具。
【発明の詳細な説明】
【技術分野】
【０００１】
本発明は補正用治具に係り、とくに所定の対象物を座標軸に沿って移動させるようにした装置における補正用治具に関する。
【背景技術】
【０００２】
電子回路は絶縁材料から成る回路基板上に形成される。すなわち絶縁材料の回路基板上に接合された銅箔を選択的にエッチングして所定の配線パターンを形成するとともに、その上に部品を実装し、部品の電極を配線パターンの接続ランドに半田付けし、これによって電子部品が互いに接続されて所定の電子回路が形成される。
【０００３】
このような回路基板上における部品の実装のために、電子部品実装装置が用いられる。実装装置はマウントヘッドを備え、このマウントヘッドの先端部に取付けられている吸着ノズルによって部品をパーツカセットから取出し、Ｘ軸方向、Ｙ軸方向、およびＺ軸方向の運動の組合わせによって回路基板上の所定の位置にマウントするものである。
【０００４】
ここで回路基板上の所定の位置に正しく電子部品を実装するために、マウントヘッドにワーク認識カメラを取付けておき、このワーク認識カメラによって回路基板上の基準マー

クを画像認識し、この画像認識に基いて回路基板の位置の補正を行なうようにしている。そしてこのような位置補正に応じてマウントヘッドによる部品の実装に補正を加え、回路基板上の所定の位置へ正しく電子部品を実装している。

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【０００５】

このような部品実装装置は、吸着ノズルを先端部に有するマウントヘッドをＸ軸およびＹ軸に沿ってそれぞれ移動させるようにしているために、Ｘ軸およびＹ軸が高い剛性を有し、しかも狂いがない状態で設けられることが必要になる。Ｘ軸およびＹ軸がゆがんでいたり曲っていたり、あるいはうねっていたりすると、マウントヘッドの移動に狂いを生じ、正しい位置に電子部品を実装することができない。

【０００６】

そこで従来は３点測定によってＸ軸およびＹ軸についてそれぞれ簡易的な補正を行なっていた。ところがこのような補正では、Ｘ軸およびＹ軸のそれぞれの軸の傾きおよび平均化された送り誤差補正しか行なうことができない。またＸ軸およびＹ軸の真直度等の走り精度を補正するは、レーザー測長器のような高度な装置を用いて手間のかかる測長を行なうことが必要になり、とくに量産の装置については生産性が劣る問題がある。

【０００７】

本発明はこのような問題点に鑑みてなされたものであって、レーザー測長器等のような高度な装置を用いることなく、しかも煩雑な手間を要することなく高精度に座標軸の補正を行なうことができるようにした補正用治具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】

【０００８】

上記課題を解決するための、本発明の補正用治具は、マウントヘッドをＸ軸方向およびＹ軸方向に移動させて目標位置に部品を実装する部品実装装置の、Ｘ軸方向およびＹ軸方向の移動の補正値を求めるための補正用治具であって、部品実装装置のＸ軸およびＹ軸にそれぞれ沿って配置される辺を有する矩形状の表面を有するガラスからなる本体部と、表面に形成され、マウントヘッドに搭載されたカメラでそれぞれ認識される、本体部の辺に沿ってＸ軸方向およびＹ軸方向にそれぞれ1列で配置された複数の観測点と、を含み、表面内で１列に配置された複数の観測点よりも内側の領域には他の観測点が設けられていないものである。

【０００９】

Ｘ軸およびＹ軸を有する装置において、Ｘ軸およびＹ軸の真直度等の走り精度を補正するには、高度な装置と手間のかかるレーザー測長等の測定が必要になるが、本願発明の上記の態様では外部の測定器で既に測定された補正用治具を用い、ヘッドに取付けられたワーク認識カメラにより補正用時具上の観測点を測定することにより、簡単に走り精度の補正が可能になる。また装置の量産に当っても、その装置を測定するための測定機およびその準備が不要で、生産性の向上が図られるとともに、装置出荷後のサービスも場所を選ばずに簡単に行なうことが可能になる。

【発明の効果】

【００１０】

補正用治具に関する主要な発明は、平坦な平面を有し、該平坦な平面上における座標軸に沿って１列に観測点を設けた補正用治具に関するものである。

【００１１】

従って極めて単純な構成の補正用治具となり、高度な装置や手間のかかる測長等を行なうことなくしかも装置の座標軸の補正を行なうための補正用治具が提供される。

【図面の簡単な説明】

【００１２】

【図１】部品実装装置の全体の構成を示す斜視図である。

【図２】マウントヘッドを示す一部を破断した正面図である。

【図３】同マウントヘッドの側面図である。
【図４】ミラーを退避したときのマウントヘッドの側面図である。
【図５】吸着ノズルを下降させたときのマウントヘッドの側面図である。
【図６】制御部のシステム構成を示すブロック図である。
【図７】基準治具の平面図である。
【図８】位置決め穴を有する基準治具の平面図である。
【図９】補正データの測定の動作を示すフローチャートである。
【図１０】補正式の算出を示すフローチャートである。
【図１１】カメラ画像上のキャリブレーションターゲットを示す平面図である。
【図１２】カメラ画像上の観測点を示す平面図である。
【図１３】真直度の誤差を示すグラフである。
【図１４】累積リード誤差を示すグラフである
【発明を実施するための形態】
【００１３】
以下本発明を図示の形態によって説明する。まずマウントヘッドをＸ軸方向およびＹ軸方向に移動させて目標位置に部品を実装する部品実装装置の全体の構成を図１～図３によって説明する。
【００１４】
図１に示すように部品実装装置はベース１０を備えるとともに、このベース１０上にはフレーム１１が架装されている。そしてその一方の側面にはパーツカセット装着台１２が設けられており、この装着台１２上にパーツカセット１３を配列して搭載するようにしている。図１においては単一のパーツカセット１３のみしか図示されていないが、実際にはそれぞれ異なる種類の部品を保持したテープをリールによって保持した多数のパーツカセット１３が一列に配されるようになる。そして上記パーツカセット１３の配置位置の前方には横方向に延びる搬送コンベア１４が設けられており、この搬送コンベア１４によって回路基板１５が供給される。
【００１５】
これに対してフレーム１１の下部にはＸ軸ユニット１７が取付けられるとともに、このＸ軸ユニット１７によってＸ軸方向に移動可能なＹ軸ユニット１８が設けられており、Ｙ軸ユニット１８によってＹ軸方向に移動自在にマウントヘッド１９が取付けられている。マウントヘッド１９はその先端側に図２に示すように吸着ノズル２０を備えており、この吸着ノズル２０によって部品を吸着保持し、上記回路基板１５上の所定の位置
にマウントする。
【００１６】
次にマウントヘッド１９の構成について図２および図３により説明する。マウントヘッド１９はフレーム２３を備えるとともに、このフレーム２３にボールナット２４が回転自在に支持されている。そしてボールナット２４は垂直に配されるボールねじ２５と螺合されている。しかもボールナット２４にはプーリ２６が取付けられている。そしてフレーム２３上のモータ２８の出力軸２９にプーリ３０が取付けられている。ボールナット２４のプーリ２６とモータ２８の出力軸２９のプーリ３０との間にはタイミングベルト３１が掛渡されている。
【００１７】
先端部に吸着ノズル２０を備えるボールねじ２５はさらにスプラインナット３４と係合されている。スプラインナット３４は上記ボールナット２４の下側に位置し、しかもその外周部にプーリ３５を備えている。これに対して図３に示すモータ３６にはその出力軸にプーリ３７が固着されている。そしてスプラインナット３４のプーリ３５とモータ３６のプーリ３７との間にタイミングベルト３８が掛渡されている。
【００１８】
またフレーム２３にはブラケット４１を介してワーク認識カメラ４２が支持されている。ワーク認識カメラ４２は搬送コンベア１４によって送られてきた回路基板１５（図１参

照）を上方から認識するためのものである。

【００１９】

また上記フレーム２３にはブラケット４５が固着されるとともに、このブラケット４５の先端側に横方向に延びるようにリニアガイド４６が取付けられている。そしてリニアガイド４６と平行にボールねじ４７もブラケット４５に支持されている。そしてアーム４８が上記ボールねじ４７と螺合するボールナット４９に固着されている。そしてアーム４８の先端側の部分にはミラー５０が取付けられている。またボールねじ４７にはプーリ５２が固着されている。また水平方向に配されたモータ５４の出力軸５５にはプーリ５６が固着されている。そしてボールナット４９のプーリ５２とモータ５４のプーリ５６との間にタイミングベルト５７が掛渡されている。またブラケット４５の側部にはさらに別のブラケット６０を介してミラー６１が支持されるとともに、このミラー６１の上部に部品認識カメラ６２が取付けられている。部品認識カメラ６２は吸着ノズル２０によって吸着された部品の下面の画像をミラー５０、６１によって反射させて取込み、画像認識を行なうためのものである。

【００２０】

上記ワーク認識カメラ４２および部品認識カメラ６２は図６に示すように、それぞれ画像処理回路６５、６６を介してコントローラ６３に接続されている。コントローラ６３は上記のワーク認識カメラ４２および部品認識カメラ６２によって取込まれかつ画像処理回路６５、６６で画像処理された画像情報が入力されるとともに、演算をするためのコンピュータ（ＣＰＵ）を備え、しかも記憶装置６７と接続されている。またコントローラ６３はＸ軸ユニット１７、Ｙ軸ユニット１８、モータ２８、３６、５４、および搬送コンベア１４をそれぞれ制御する。

【００２１】

このように本実施の形態の電子部品実装装置は、図１に示すように電子部品をテープによって巻装した状態で供給するパーツカセット１３と、回路基板１５を搬送する搬送コンベア１４と、電子部品をパーツカセット１３から取出して回路基板１５上の所定の位置に実装するためのマウントヘッド１９と、マウントヘッド１９を回路基板１５の所定の位置へ移動するためのＸ軸ユニット１７およびＹ軸ユニット１８とから構成されている。

【００２２】

そして上記マウントヘッド１９は図２および図３に示すように、電子部品を吸着するための吸着ノズル２０と、この吸着ノズル２０を上下方向に移動および回転させるためのスプライン付きボールねじ２５と、スプライン付きボールねじ２５のボールナット２４をタイミングベルト３１を介して回転させるためのモータ２８と、スプライン付きボールねじ２５のスプラインナット３４をタイミングベルト３８を介して回転させるためのモータ３６と、吸着ノズル２０に吸着された電子部品の位置を検出する第１のミラー５０、第２のミラー６１、および部品認識カメラ６２と、吸着ノズル２０が上下動するときにミラー５０を退避させるためのリニアガイド４６、ボールねじ４７、タイミングベルト５７を介してボールねじ４７を回転させるためのモータ５４、および電子部品を装着する回路基板１５の位置を検出するワーク認識カメラ４２から構成される。

【００２３】

ここでモータ３６を駆動することなくスプラインナット３４を停止させた状態でモータ２８によってボールナット２４を回転させると、ボールねじ２５は回転することなく上下動する。従って吸着ノズル２０のＺ軸方向の運動が可能になる。これに対してモータ３６によってスプラインナット３４を回転させるとともに、モータ２８によって同じ角度でボールナット２４を回転させると、ボールねじ２５は上下動することなく回転運動のみを行なう。従ってこれにより吸着ノズル２０の回転動作、すなわちθ軸の動作が行なわれる。

【００２４】

次にこのような実装装置による電子部品の実装動作の概要を説明する。回路基板１５は搬送コンベア１４によって搬送され、所定の位置で位置決めされる。するとこの実装装置はマウントヘッド１９をＸ軸ユニット１７およびＹ軸ユニット１８によってＸ軸方向およ

びＹ軸方向に移動させ、回路基板１５上のフィデューシャルマークをマウントヘッド１９に設けられているワーク認識カメラ４２によって撮像してその位置を検出し、これによって回路基板１５の正確な位置を促らえる。このような動作によってワーク認識カメラ４２を何処に移動させれば電子部品を実装すべき位置の上に来る
かが分る。

【００２５】

その後にマウントヘッド１９は電子部品を供給するパーツカセット１３の部品取出し位置まで移動し、吸着ノズル２０を下降させて電子部品を真空吸着する。このときにミラー５０の位置は図４および図５に示すように吸着ノズル２０の上下動作エリアから退避した位置にある。そして吸着ノズル２０が電子部品を吸着した後にボールナット２４の回転によって所定の高さまで上昇し、その後にミラー５０が図３に示すように吸着ノズル２０の下まで移動する。すると吸着ノズル２０に吸着された電子部品の下面の映像がミラー５０、６１によって反射され、部品認識カメラ６２によって撮像される。

【００２６】

部品認識カメラ６２によって撮像された電子部品の位置に関する情報を用いて吸着時の電子部品のカメラ画像基準位置（通常は吸着ノズル２０の回転中心位置）からの位置ずれ量を検出する。マウントヘッド１９は予めプログラムされた回路基板１５上の所定の位置に吸着時の位置ずれ量を補正した位置に移動する。この後にミラー５０を図４に示すように退避させて図５に示すように吸着ノズル２０を下降させ、電子部品を回路基板１５上の所定の位置に装着する。

【００２７】

このような部品実装装置において、Ｘ軸ユニット１７およびＹ軸ユニット１８から構成される機械座標系は、部品の加工精度や組立て精度等によって、回路基板１５上の理想的なＸＹ座標であるＮＣ座標系に対して歪みをもつ座標系である。そこでこのような機械座標系を理想的なＮＣ座標系に一致させるための補正を行なわなければならない。このような補正について以下に説明する。

【００２８】

ＸＹ座標補正で使用する座標補正用基準治具７５（補正用治具）は図７に示される。基準治具７５は例えばステンレス鋼板の平板から成り、基準治具平面上にはエッチング等の方法によって複数個の観測点７６、７７、７８が形成されている。さらに観測点７６の近傍にはカメラキャリブレーション用ターゲット７９が施されている。なおさらに補正精度が要求される場合には、ガラス基板（本体部）上にクロム等の蒸着によって観測点およびカメラキャリブレーション用ターゲットを施すことが望ましい。

【００２９】

また図７で示される観測点７６、７７、７８は円形であるが、これらの観測点は必ずしも円形に限らず、画像処理で最も精度良く観測点の中心座標が認識できる形状であればよい。カメラキャリブレーション用ターゲット７９は上述のワーク認識カメラ４２のスケールおよびカメラ座標系を決定するのに用いられるものである。ここでワーク認識カメラ４２のレンズの球面収差による誤差を取除くために、極力カメラ視野全体で計測できるような図１１に示すターゲット形状であることが好ましい。

【００３０】

基準治具７５の平面上に施された観測点は、ＮＣ座標系と一致する理想的なＸＹ座標系で、予め測定されたそれぞれの観測点７６、７７、７８の位置座標データを保持する。そしてカメラキャリブレーション用ターゲット７９の点の配列は、上述のＮＣ座標系と一致するように配置される。

【００３１】

また基準治具７５を回路基板１５が載置される部位に基準ピン等によって指定位置に位置決めする場合には、図８に示すように基準治具７５に位置決め穴８１、８２を設けると好ましい。このときに基準ピンの位置をＮＣ座標の原点とする場合には、以下に述べる補正値において観測点原点と基準ピンの位置決め穴８１との距離をオフセット値として考慮

する必要がある。

【００３２】

次に補正データの測定方法を図９に示すフローチャートによって説明する。図１に示す部品実装装置のＸ軸ユニット１７およびＹ軸ユニット１８は原点位置、すなわち機械座標原点から、搬送コンベア１４の所定位置に位置決めされた基準治具７５上のカメラキャリブレーション用ターゲット７９の位置にワーク認識カメラ４２を移動させる。このときにＣＣＤカメラから成るワーク認識カメラ４２は図１１に示すようにキャリブレーション用ターゲット７９を認識し、既知のターゲットサイズよりカメラスケールを、またターゲット７９の点の配列からＮＣ座標系に一致するカメラ座標系を生成し、任意の位置、例えば視野の中心位置をカメラ座標原点と定める。

【００３３】

次に上記ワーク認識カメラ４２を基準治具７５上の観測点原点７６に移動させる。ここで後の補正を簡潔にするために、観測点原点７６の中心を画像処理にて求め、カメラの座標原点が一致するようにワーク認識カメラ４２の位置をＸ軸ユニットおよびＹ軸ユニットによって調整する。

【００３４】

観測点原点７６とワーク認識カメラ４２の座標原点が一致した位置から、基準治具７５上のＸ軸方向に複数個配列された観測点７７を、この基準治具７５がデータとして有する観測点位置座標データに基いて、Ｘ軸ユニット１７およびＹ軸ユニット１８によってワーク認識カメラ４２を移動させ、図１２に示すように個々の観測点においてその観測点の中心を画像処理によって求める。そしてこの画像処理において、カメラの座標原点からのずれ量（Ｘｒｉ，Ｙｒｉ）（ｉ＝０～ｎ）を図６に示すコントローラ６３のＣＰＵと接続されている記憶装置６７に格納する。同様に基準治具７５上のＹ軸方向の観測点７８についてもこの測定を行なう。これによってＮＣ座標系に対する機械座標系の歪みが把握可能になる。

【００３５】

以上のような測定によって得られたデータを利用して、この部品実装装置の機械座標系の歪みを補正する補正式をコントローラ６３のＣＰＵによる演算機能を利用して算出する。図１０は補正式算出のフローチャートを示している。

【００３６】

まず基準治具７５上の直交する軸線上に等間隔に配置された各観測点７７、７８の座標を（Ｘｐｉ，Ｙｐｉ）（ｉ＝０～ｎ）とし、上記座標に従ってＸ軸ユニット１７およびＹ軸ユニット１８に取付けられたワーク認識カメラ４２を移動させ、画像認識によって求めたカメラ座標原点からの観測点位置ずれ量（Ｘｒｉ，Ｙｒｉ）（ｉ＝０～ｎ）とする。

【００３７】

基準治具７５上のＸ軸線上に配置された各観測点７７の測定結果（Ｘｒｉ，Ｙｒｉ）より、Ｙ軸方向成分（Ｙｒｉ）の測定データの分布はＸ軸の真直度誤差、すなわちＸ軸のＹ軸方向の偏差量によって定義されるうねりを表すものとなる。このようなＸ軸のうねりであってＹ軸により補正するための近似式Ｆｘｓ（Ｘｐｉ）を求める。またＸ軸方向成分（Ｘｒｉ）の測定データの分布はＸ軸方向の送り誤差の累積値であって、図１４に示すような累積リード誤差を表すものとなり、Ｘ軸によって補正するための近似式Ｆｘｐ（Ｘｐｉ）を求める。

【００３８】

同様に基準治具７５上のＹ軸線上に配置された各観測点７８の測定結果（Ｘｒｉ，Ｙｒｉ）により、Ｘ軸方向成分（Ｘｒｉ）の測定データの分布は図１３に示すようなＹ軸の真直度誤差、すなわちＹ軸のうねりを表すものとなり、Ｘ軸により補正するための近似式Ｆｙｓ（Ｙｐｉ）を求める。またＹ軸方向成分（Ｙｒｉ）の測定データの分布は図１４に示すような累積リード誤差を表すものになり、Ｙ軸によって補正するための近似式Ｆｙｐ（Ｙｐｉ）を求める。

【００３９】

上記のそれぞれの近似式より求める補正量は、Ｘ軸ではＸｈｉ＝Ｆｙｓ（Ｙｐｉ）＋Ｆｘｐ（Ｘｐｉ）となり、Ｙ軸についてはＹｈｉ＝Ｆｘｓ（Ｘｐｉ）＋Ｆｙｐ（Ｙｐｉ）となる。作業対象部品上の目標座標を（Ｘｔｉ，Ｙｔｉ）とすると、ここで求めるＸＹ軸の補正後の座標は（Ｘｔｉ＋Ｘｈｉ，Ｙｔｉ＋Ｙｈｉ）となる。

【００４０】

ここで用いる近似式は次の如く計算される。いま近似式をｍ次の多項式で近似するとともに、最小二乗法によって各パラメータの推定を行なう。近似関数を、$F_m(x)=C_0x^0+C_1x^1+C_2x^2+\cdots+C_mx^m$とおく。近似関数の値$F_m(x_i)$と$x_i$に対応するデータの値$y_i$との残差$r_i$は、

$r_i=F_m(x_i)-y_i$（ｉ＝０～ｎ）（ｎは観測点数）

となる。このときのパラメータC_0，C_1，C_2・・・C_mは残差の平方和Ｑが最小になるように求める。

【数１】

$$Q=\sum_i r_i^2\equiv\sum_i\left[F_m(x_i)-y_i\right]^2$$

$$Q=\sum_i\left[C_0x_i^0+C_1x_i^1+C_2x_i^2+\cdots+C_mx_i^m-y_i\right]^2$$

ここで最小二乗法の場合、パラメータC_k（ｋ＝０～ｍ）に関するＱ（C_0，C_1，・・・C_m）の偏微分係数が同時に０になるとき最小値をとる。すなわち

【数２】

$$\frac{\partial Q}{\partial C_k}=2\sum_i\left[F_m(x_i)-y_i\right]\frac{\partial F_m(x_i)}{\partial C_k}=0\quad(k=0,m)$$

次の関数を代入して$F_m(x_i)$を展開すると、

【数３】

$$\frac{\partial F_m(x_i)}{\partial C_k}=x_i^k$$

$$\frac{\partial Q}{\partial C_k}=2\sum_i\left[C_0x_i^0+C_1x_i^1+C_2x_i^2+\cdots+C_mx_i^m-y_i\right]x_i^k=0$$

$$\sum_i\left[C_0x_i^0x_i^k+C_1x_i^1x_i^k+C_2x_i^2x_i^k+\cdots+C_mx_i^mx_i^k\right]=\sum_i x_i^ky_i\quad(k=0,m)$$

$$C_0\sum_i x_i^0x_i^k+C_1\sum_i x_i^1x_i^k+C_2\sum_i x_i^2x_i^k+\cdots+C_m\sum_i x_i^mx_i^k=\sum_i x_i^ky_i$$

となり、行列方程式により残差の平方和Ｑを最小にするパラメータの解（Ｃ０，Ｃ１，Ｃ２・・・Ｃｍ）を求める。

【数４】

$$\begin{bmatrix} \sum (x_i^0)^2 & \sum x_i^0 x_i^1 & \cdots & \sum x_i^0 x_i^m \\ \sum x_i^1 x_i^0 & \sum (x_i^1)^2 & \cdots & \sum x_i^1 x_i^m \\ & \cdots & \cdots & \\ \sum x_i^m x_i^0 & \sum x_i^m x_i^1 & \cdots & \sum (x_i^m)^2 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} C_0 \\ C_1 \\ \vdots \\ C_m \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \sum x_i^0 y_i \\ \sum x_i^1 y_i \\ \vdots \\ \sum x_i^m y_i \end{bmatrix}$$

$$\begin{bmatrix} C_0 \\ C_1 \\ \vdots \\ C_m \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} n+1 & \sum x_i & \cdots & \sum x_i^m \\ \sum x_i & \sum x_i^2 & \cdots & \sum x_i^{m+1} \\ & \cdots & \cdots & \\ \sum x_i^m & \sum x_i^{m+1} & \cdots & \sum x_i^{2m} \end{bmatrix}^{-1} \begin{bmatrix} \sum y_i \\ \sum x_i y_i \\ \vdots \\ \sum x_i^m y_i \end{bmatrix}$$

以上でｍ次多項式のパラメータＣ０，Ｃ１，Ｃ２・・・Ｃｍが求まる。

【００４１】

ここで上記の観測点座標（Ｘｐｉ，Ｙｐｉ）、観測結果（Ｘｒｉ，Ｙｒｉ）を当てはめると、Ｆｙｓ（Ｙｐｉ）は、x_i→Ｙｐｉ、y_i→Ｘｒｉ（図７中の観測点７８より）
Ｆｘｐ（Ｘｐｉ）は、x_i→Ｘｐｉ、y_i→Ｘｒｉ（図７中の観測点７７より）
Ｆｘｓ（Ｘｐｉ）は、x_i→Ｘｐｉ、y_i→Ｙｒｉ（図７中の観測点７７より）
Ｆｙｐ（Ｙｐｉ）は、x_i→Ｙｐｉ、y_i→Ｙｒｉ）（図７中の観測点７８より）
となりそれぞれの近似式が求まる。以下の式においても同様に近似式が求まる。

【００４２】

次にｍ次多項式の最適化について説明する。上述の推定モデルの関数は連続系関数であり、しかも調整可能なパラメータを含み、観測データに測定誤差が含まれる。このような場合には対数尤度（Ｌ）はパラメータ値により変化する。従って対数尤度（Ｌ）が最大となるようにパラメータ値（１～ｍ次）を調整することによって適合度が向上する。なおパラメータ数が経験値に一義的に決定できる場合には、以下を省略しても差支えない。

【００４３】

次式によって最大対数尤度（Ｌ）を評価する。

【数５】

$$L = -\frac{n}{2} - \frac{n}{2} \ln\left[\frac{2\pi}{n}\left[3nV_0 + \sum_{i=1}^{n}\{y_i - F_m(x_i)\}^2\right]\right]$$

ここでV_0は観測ノイズの分散であって次式によって表される。

【数６】

$$V_0 = \frac{1}{n-1}\sum_{i=1}^{n}\{(x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y})\}$$

さらにＡＩＣ（Ａｋａｉｋｅ´ｓ ｉｎｆｏｒｍａｔｉｏｎ ｃｒｉｔｅｒｉｏｎ）を用い、パラメータの数を決定する。

【００４４】

ＡＩＣ＝（－２）×ｌｏｇ（Ｌ）＋２（ｍ）上式において最小のＡＩＣを与えるモデルを最適なモデルと特定する。以上で決定されたパラメータ数のｍ次多項式を補正式として用いる。

【００４５】

次に相関係数ｒによってこの近似式の有意性を確認する。まず決定係数ｒ２は、

【数７】

$$r^2 = \frac{\left\{\sum (x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y})\right\}^2}{\sum (x_i - \bar{x})^2 \cdot \sum (y_i - \bar{y})^2} = \frac{\left(\sum xy - n\bar{x}\bar{y}\right)^2}{\left(\sum x^2 - n\bar{x}^2\right)\left(\sum y^2 - n\bar{y}^2\right)}$$

相関係数ｒは

【数８】

$$r = \sqrt{r^2}$$

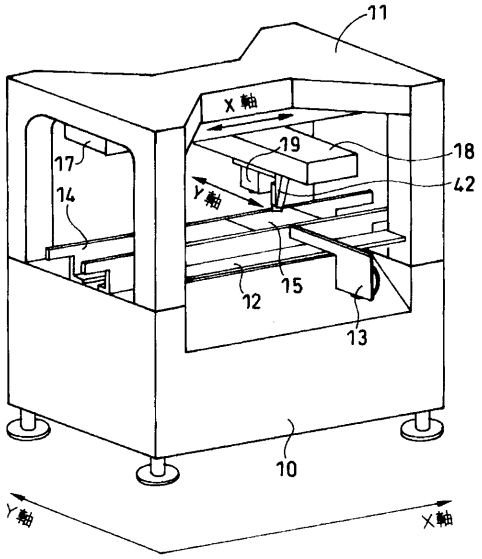
となり、相関係数が任意の有意水準より大きければ有意と判断できる。逆に小さい場合には観測点の測定ミスや装置の異常が考えられるために、再度測定を試行し、有意と判断できるｒを求めなければならない。

【符号の説明】

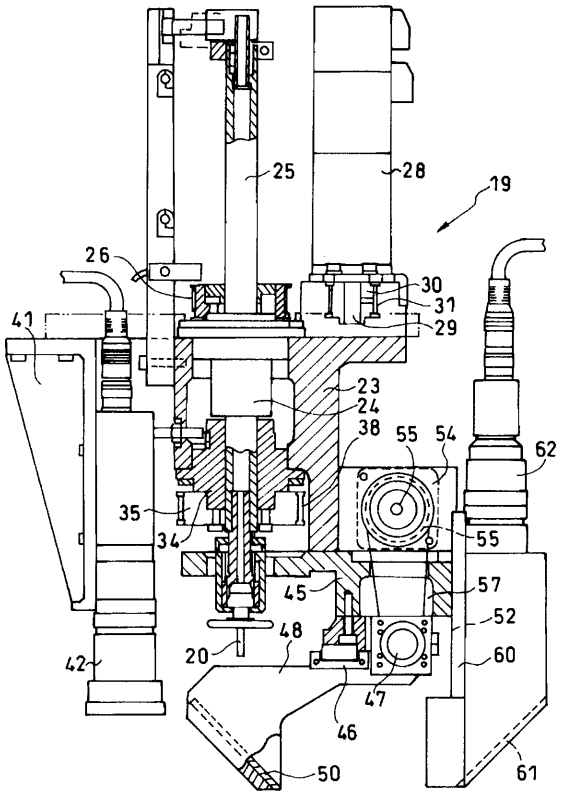
【００４６】

１０…ベース、１１…フレーム、１２…パーツカセット装着台、１３…パーツカセット、１４…搬送コンベア、１５…回路基板、１７…Ｘ軸ユニット、１８…Ｙ軸ユニット、１９…マウントヘッド、２０…吸着ノズル、２３…フレーム、２４…ボールナット、２５…ボールねじ、２６…プーリ、２８…モータ、２９…出力軸、３０…プーリ、３１…タイミングベルト、３４…スプラインナット、３５…プーリ、３６…モータ、３７…プーリ、３８…タイミングベルト、４１…ブラケット、４２…ワーク認識カメラ、４５…ブラケット、４６…リニアガイド、４７…ボールねじ、４８…アーム、４９…ボールナット、５０…ミラー、５２…プーリ、５４…モータ、５５…出力軸、５６…プーリ、５７…タイミングベルト、６０…ブラケット、６１…ミラー、６２…部品認識カメラ、６３…コントローラ、６５、６６…画像処理回路、６７…記憶装置、７５…基準治具、７６…観測原点、７７、７８…観測点、７９…カメラキャリブレーション用ターゲット、８１、８２…位置決め穴

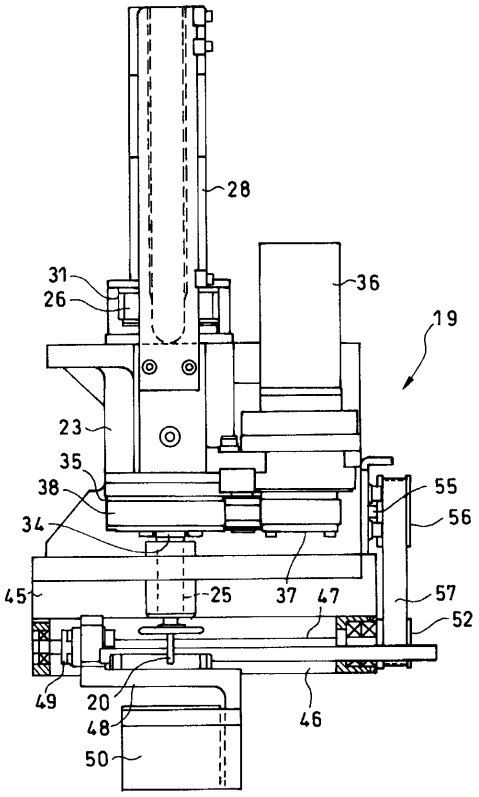
【図１】


11
X軸
19
18
42
17
14
Y軸
12
15
13
10
Y軸
X軸

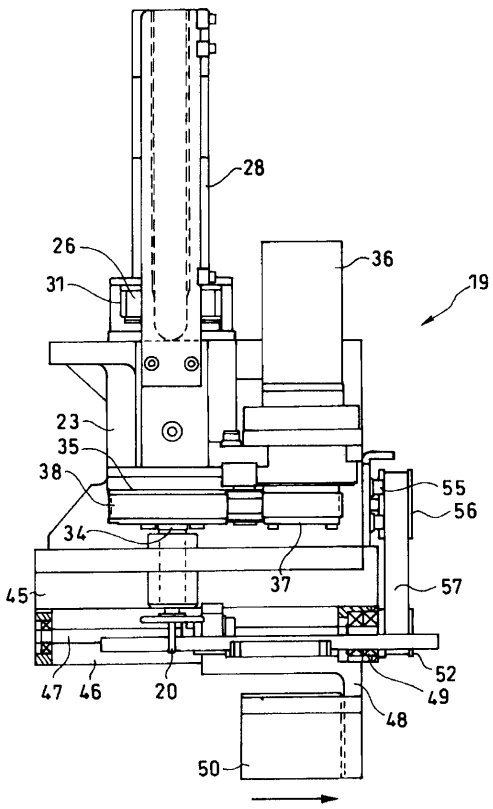
【図２】


25
28
19
26
30
31
29
41
23
24
38
55
54
62
35
34
55
45
57
52
48
20
60
42
47
46
50
61

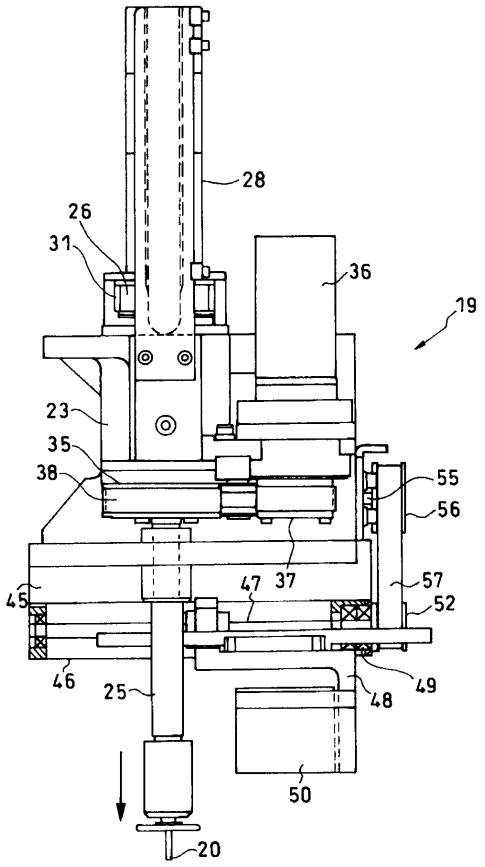
【図３】


28
31
26
36
19
23
35
38
55
56
34
45
25
37
47
57
52
49
20
48
46
50

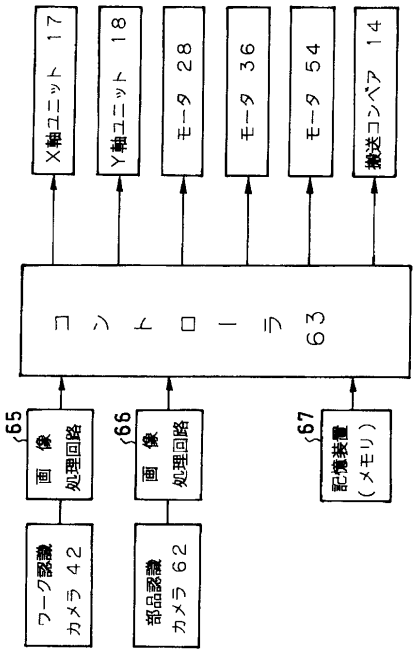
【図４】


28
26
36
31
19
23
35
38
55
56
34
37
45
57
47
46
20
52
49
48
50

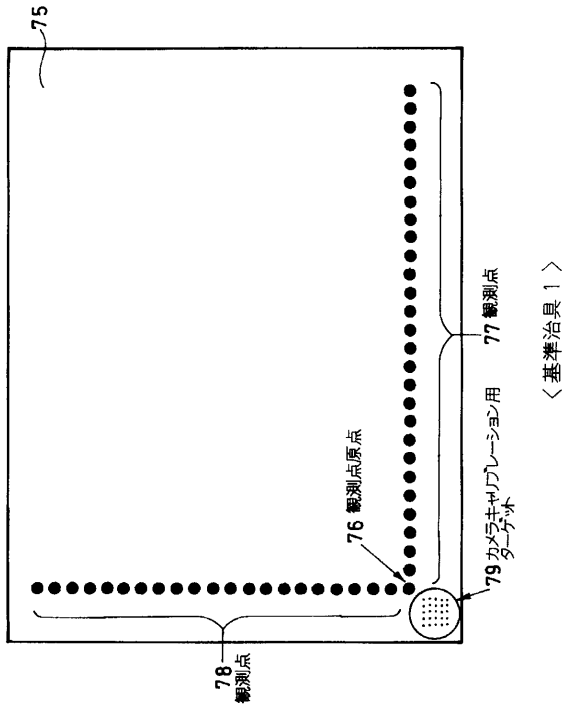
【図５】


28
26
31
36
19
23
35
38
55
56
47
37
57
52
45
46
25
48
49
50
20

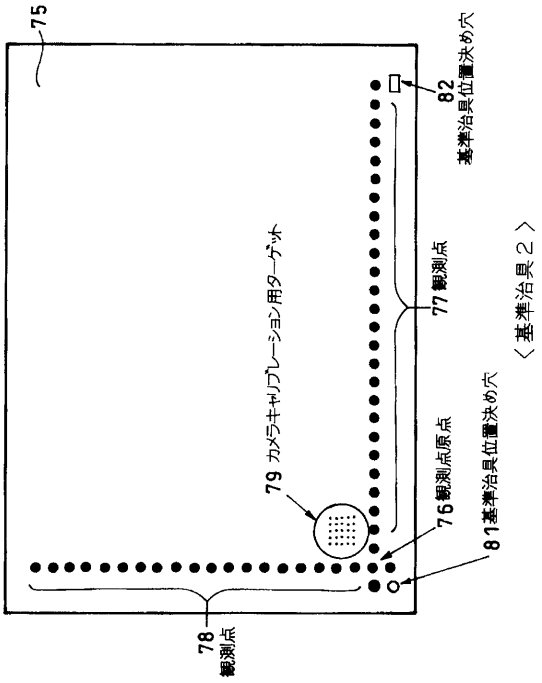
【図６】


X軸ユニット 17
Y軸ユニット 18
モータ 28
モータ 36
モータ 54
搬送コンベア 14
コントローラ 63
65
画像処理回路
66
画像処理回路
67
記憶装置（メモリ）
ワーク認識カメラ 42
部品認識カメラ 62

【図７】

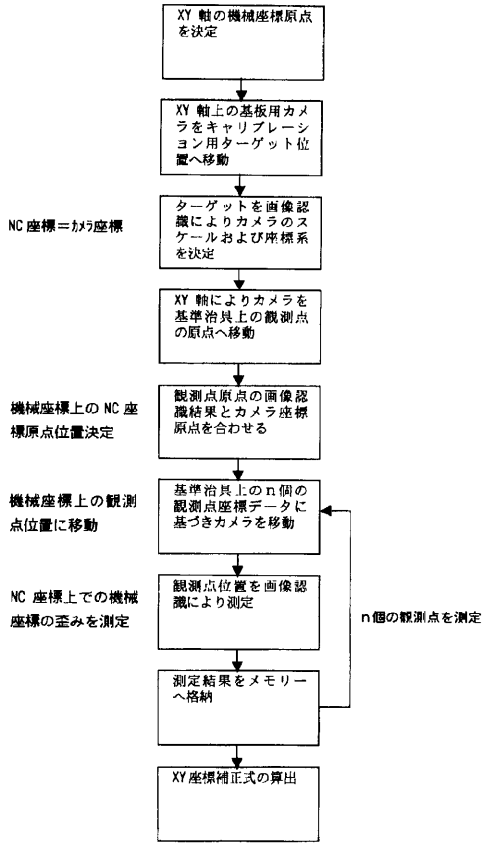

75
77 観測点
76 観測点原点
79 カメラキャリブレーション用ターゲット
78 観測点
〈基準治具１〉

【図８】


75
82 基準治具位置決め穴
77 観測点
79 カメラキャリブレーション用ターゲット
76 観測点原点
81 基準治具位置決め穴
78 観測点
〈基準治具２〉

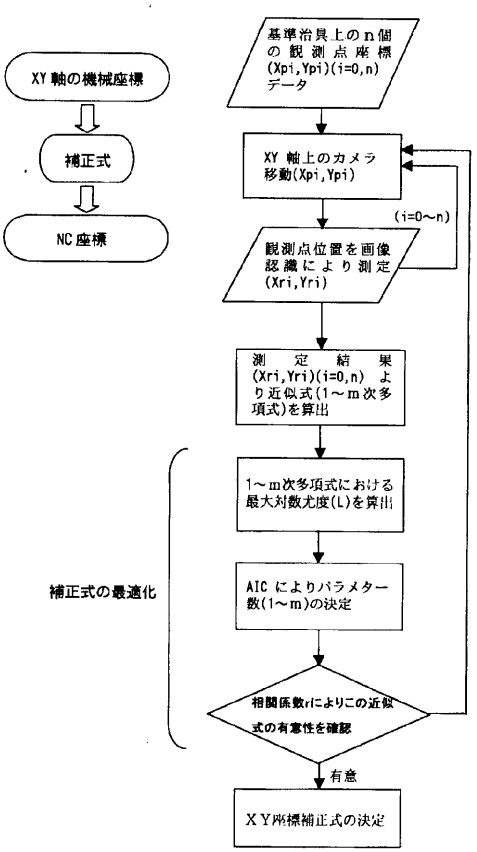
【図９】

<補正データ測定>

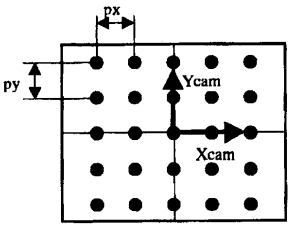


【図１０】

<補正式算出>

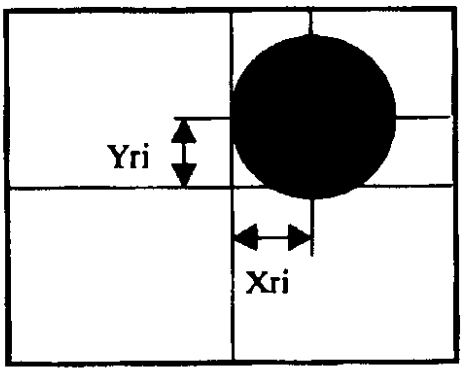


【図１１】



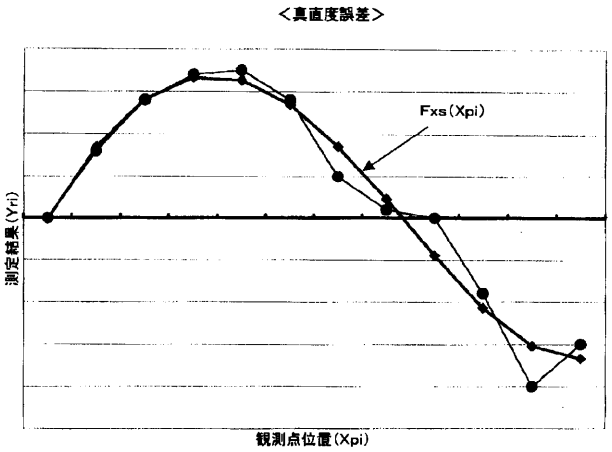
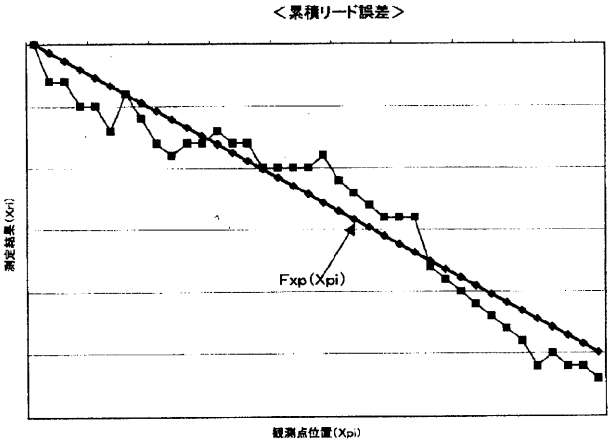
<カメラ画像上のキャリブレーションターゲット>

【図１２】



<カメラ画像上の観測点>

【図１３】



【図１４】