

# 画像処理によりワークの曲がり量を計測する 小型高精度曲がり測定機 MMP10-4

Bend Measuring by Machine Vision Compact Bend Measuring Machine MMP10-4

## キーワード

画像処理装置、エアースライド、ウエハー、磁気ヘッド、パソコン、顕微鏡、Windows'95、オートフォーカス機能

精機製造所技術部  
館 洋介  
精機製造所  
井上卓己  
精機製造所技術部  
沢井晃浩

## 1. はじめに

従来、ワークの曲がり量を計測する手段としては、面粗さ計等触針式のものが使われていた。触針式の場合、薄物ワークに対しては、触針荷重による変形が生じ易く、また、半導体、薄膜磁気ヘッド等に見られる様に、ウエハ上にフォトリソグラフィ技術により形成されたパターンを直線性を計測しようとした場合に対応できない等の問題があった。

こうしたニーズに応える形で、不二越では、光学顕微鏡によりワーク形状を捉え、画像処理装置にてワークの形状寸法を測定する、曲がり測定機(MMP20シリーズ等)を1990年に開発し、電子部品のフォトリソグラフィ工程不良や加工工程不良のフィードバック、量産部品の良否判別等に使用されてきた。

図1に曲がり測定の概要を示す。曲がり測定では、ウエハまたは、ブロックワークのパターンの直線度を、エアースライドの真直度を基準として、ワークをピッチ移動させながら、顕微鏡画像を画像処理することにより計測している。

また、近年、パソコン用の部品を始めとする電子部品においては、高密度化、高精度化を目指しながら、低価格に対応してゆく流れの中にある。こうした中、曲がり測定機に対しても、計測精度の向上を実現しながら、より低価格化、省スペース化に対するニーズも強まってきた。こうしたニーズに応えるため、従来型の曲がり測定機(MMP20シリーズ)に対し、計測精度の向上、サイクルタイムの短

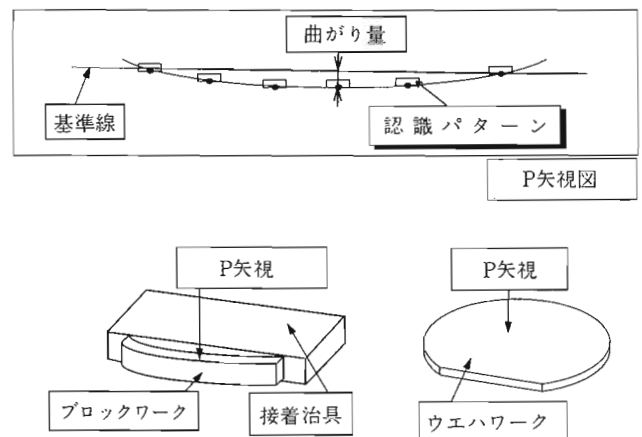


図1 曲がり測定概要

縮を目標としながら、コスト1/2、設置スペース1/2を実現すべく、小型高精度曲がり測定機MMP10-4を開発した。本稿では、機械の特徴、構成等について紹介する。

## 2. 小型高精度曲がり測定機の概要

今回紹介する小型高精度曲がり測定機MMP10-4の第1の特徴として、計測精度は $3\sigma=0.06\mu\text{m}$ 以下の高精度を実現している。これは、従来機の $3\sigma=0.10\mu\text{m}$ に対し画像処理装置、顕微鏡スライド部の改良等により、大幅に改善されている。

また、サイクルタイムにおいては、Y軸ステージの軽量化、駆動機構の改善等により60sec/10point(従来機)を45sec/10pointまで、短縮する事ができた。

また、設置スペースにおいても、外観を図2に、配置図を図3に示す通り、キーボードやモニタ等のアイテムを機能的、且つコンパクトに配置して操作性の向上に配慮しながら、機械の所要床面積を従来機の約50%と省スペース化が実現できた。

測定機のシステム構成を図4、主な仕様を表1に示す。本機は、機外からの振動を防ぐ除振台、エアースライド方式のX軸テーブル、ワークの位置調整を行うための手動Y軸テーブル、及びワークのパターン画像をとらえる顕微鏡光学系、画像処理装置等により構成される。チャック上に設置されたワークは、エアースライド方式のX軸スライドにより、極めて高い真直度で、顕微鏡の下を移動する。顕微鏡とCCDカメラにより得られたワーク上のパターン画像は、パーソナルコンピュータに内蔵した画像処理装置NV6100にて処理され必要な寸法が算出される。パーソナルコンピュータは、Windows95をOSとした操作性の良いグラフィック表示画面で、測定データの入出力、テーブルの位置制御、及び計測データの管理、統計処理等の測定機

全般のシステム制御を行う。

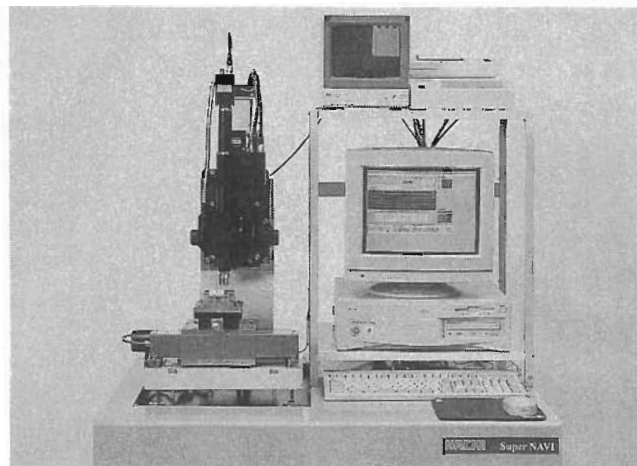


図2 測定機の外観

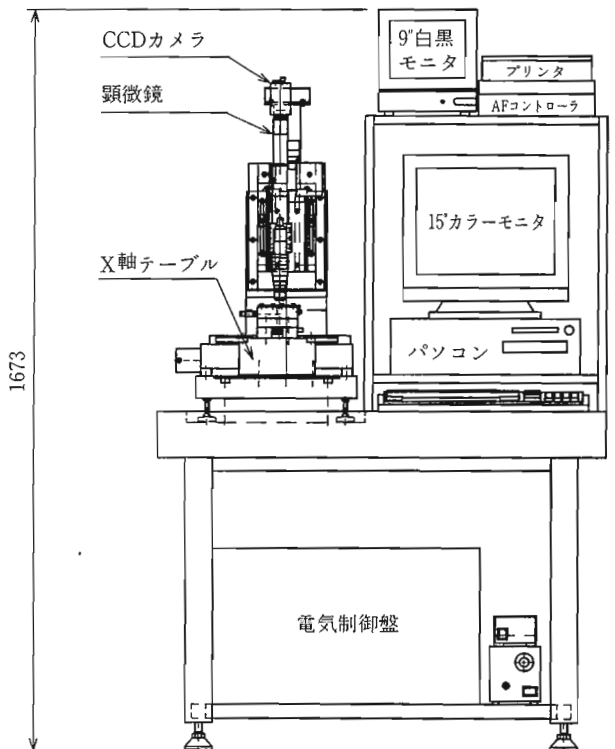
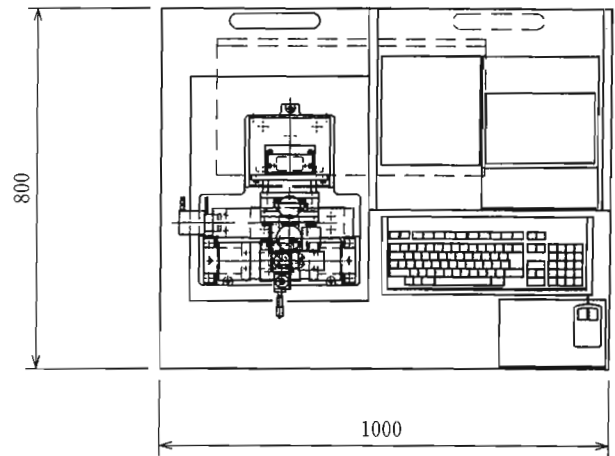


図3 測定機の配置

表1 主な仕様

測定ワーク寸法	100(W)×15(D)×10(H) mm
X軸テーブル	電動式エアースライド
有効ストローク	100 mm
移動速度	1~300 mm/min
最小設定単位	1 μm
Y軸テーブル	手動式クロスローラガイド
有効ストローク	15 mm
Z軸テーブル	手動式アリ溝ガイド
有効ストローク	50 mm
オートフォーカス顕微鏡	CF&IC光学系対応
顕微鏡ステージ	高精度板ばねステージ
オートフォーカス方式	ラインセンサ方式
リレーレンズ倍率	2.5倍
対物レンズ倍率	20倍
画像処理装置	NV6100
機械重量	400 kgf
一次供給電源	単相AC200 V 50/60 Hz
エアースライド供給エア	
エア圧力	5 kgf/cm <sup>2</sup>
エア消費量	100 NI/min

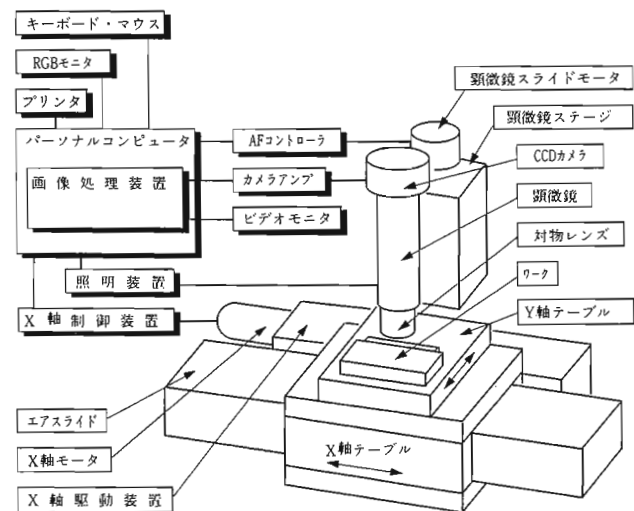


図4 システム構成

### 3. 小型高精度曲がり測定機の構成

#### 3.1 X軸テーブル

ワークのパターンの直線性を計測する曲がり測定において、ワークの移動、位置決めを行うX軸テーブルの真直精度は、曲がり測定的基础となるため重要である。そこで、X軸テーブルには、真直精度に優れた高精度エアスライドを採用している。エアスライドは、テーブル案内面に形成された空気膜の平均化効果により、高い真直精度が得られる。また、空気浮上し非接触状態であるため、摩擦による振動、発熱が非常に少ない。このため、すべりスライドや直動ころがり軸受を使用したスライドに比べ、スライド面の温度上昇や振動による真直度の劣化や経時変化が無いため、高い真直精度を長期間維持することが可能である。また、エアスライドに加わる外乱による真直精度への影響に対しても配慮を行っている。エアスライドは、エアを供給するチューブをスライドの固定体に接続する固定体給気方式を採用している。この方式を採用することにより、チューブの引き回しによって生じる負荷をスライドの可動体に与えないようにすることができる。更に、駆動方式としては、リニアウエイガイド、精密ボールねじ、及びACサーボモータによって構成されるサブスライドを設置し、弾性体を介してエアスライドに結合し、リニアウエイガイドの真直精度やボールねじの振れ回り精度による真直精度への悪影響をエアスライドへ伝えない構造としている。図5にX軸テーブルの真直精度の測定例を示す。(実測値： $0.08\mu\text{m}/100\text{mm}$ ) X軸テーブルの真直精度は、ストローク100mmで $0.1\mu\text{m}$ 以下を保証している。

#### 3.2 オートフォーカス顕微鏡

高精度な計測を行うため、顕微鏡にも数々の工夫を行っている。

まず、顕微鏡画像の解像度を高めるために、CF&IC光学系を採用している。CF&ICは、Chromatic Aberration free & Infinity Correctedの略で、色収差を補正した、無限遠光学系であるため、余分な中間レンズ、ミラー等が不要であり、ワークエッジを非常に鮮明に写し出すことができ

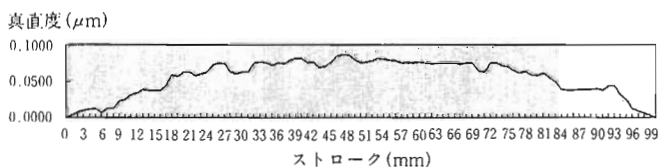


図5 エアスライドの真直度計測結果

る。

また、ワークの高さに合わせて顕微鏡ステージを上下に動かし、常に最適な焦点位置を得るオートフォーカス顕微鏡を採用している。

図6にオートフォーカス顕微鏡の構成を示す。オートフォーカスの方式としては、

- ① オートフォーカスパターンによって作られた、明暗パターンをワーク上に投影する。
- ② ワーク上のオートフォーカスパターンの像をオートフォーカスセンサによって捉え、電気信号に変換する。
- ③ ②によって得られた電気信号が最適となる様、パルスモータで顕微鏡を上下させ焦点位置を探す。

本方式のオートフォーカス方式により、20倍の対物レンズにおいてオートフォーカス精度  $3\sigma=0.25\mu\text{m}$  を達成している。これは、20倍の対物レンズの焦点深度が $4\mu\text{m}$ 程度であることを考えると、十分な精度であるといえる。また、オートフォーカス時間1秒を達成している。表2にオートフォーカスの再現精度の測定例を(実測値)、図8に計測方法を示す。

傾きのあるワークを計測する場合、ワークの傾きに追従して顕微鏡ステージを上下に移動させる必要がある。この場合、顕微鏡ステージの真直精度が非常に重要となる。そこで、顕微鏡の上下移動ステージにはプリロードを与えた平行板ばね構造のスライドを採用することにより、高い真直精度を得ている。図7に板ばねステージの真直精度(実績値： $0.015\mu\text{m}/600\mu\text{m}$ )の例を示す。

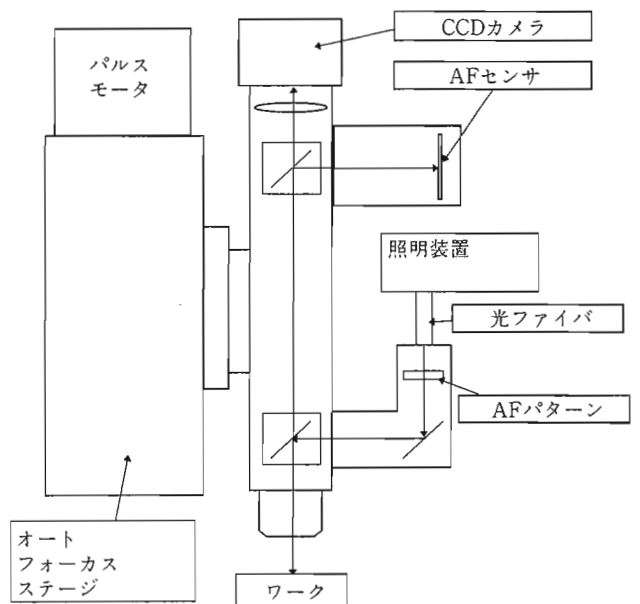


図6 オートフォーカス顕微鏡の構成

表2 オートフォーカス再現精度

対物レンズ倍率：20×

回数	
1	-0.15
2	-0.36
3	-0.16
4	-0.17
5	-0.38
6	-0.21
7	-0.27
8	-0.29
9	-0.31
10	-0.32
3σ	0.25
レンジ	0.23

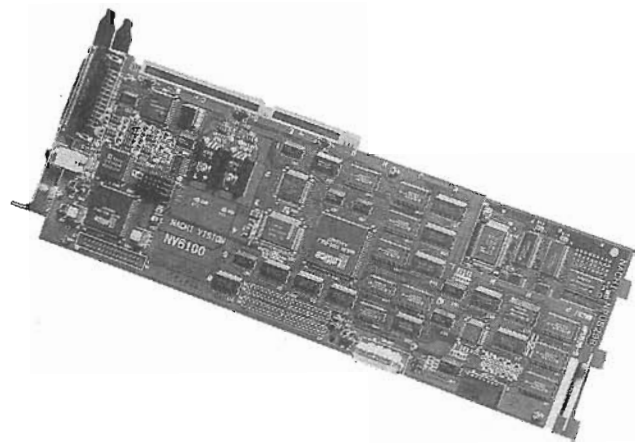


図9 NV6100の外観写真

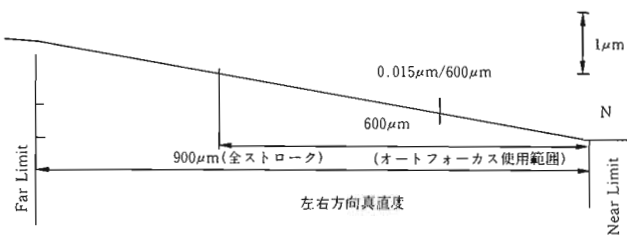


図7 板ばねステージの真直精度

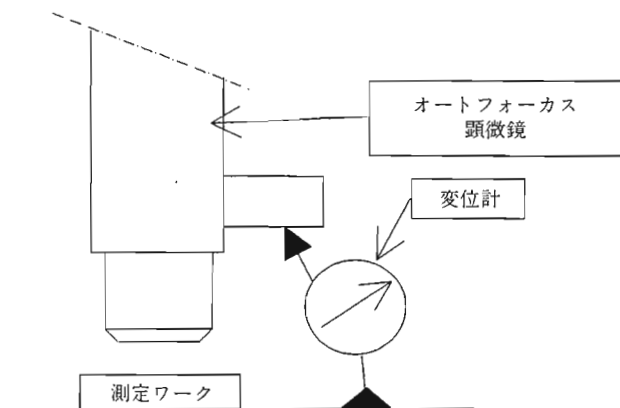


図8 オートフォーカス再現精度計測方法

### 3.3 画像処理装置<sup>(1)</sup>

画像処理装置は、NACHI製のパソコン内蔵型画像処理ボード「NV6100」を使用している。NV6100の外観を図9に、主な仕様を表3に示す。NV6100は、パソコンの拡張スロットに挿入して利用できる、小型、低価格の高性能画像処理ボードでWindows95をOSとするDOS/Vパソコンで使用することができる。このため、最新のグラフィカルユーザインターフェイスを用いた高い操作性、豊富なアプリケーション、データ通信、ネットワーク等、最新のパ

表3 NV6100の基本仕様

名称		パソコン内蔵型画像処理ボード
形式	NV6100	
画像入出力	カメラ仕様	NSTC外部同期方式、2台接続可能
	A/D変換解像度	1,024×480画素×10bits×2フレーム、画像スムージング機能
	表示出力	コンジットビデオ出力、濃淡/2値画像、グラフィック画像など
画像メモリ	濃淡画像メモリ	512×480画素×2フレーム
	2値画像メモリ	512×480画素×4フレーム
ウィンドウ	ウィンドウ種類	長方形、円形
濃淡画像処理	空間フィルタ	ソーベルフィルタ、メディアンフィルタなど40種類
	画像演算	濃度変換、コピー、回転、ヒストグラムなど10種類
	マッチング	高速正規化相関、マルチテンプレートマッチングなど
	濃度特徴量	濃度最大値、最小値、標準偏差、サブピクセルエッジ計測など15種類
2値画像処理	処理方法	256段階2値化、固定2値化、自動2値化
	2値特徴量	面積、重心、慣性等価楕円など、約50種類
パソコンI/F	パソコン	CPU：Intel486 DX4-100 MHz以上
		メモリ：16 MB以上
		HDD：500 MB以上
	表示：640×480画素以上	
	OS	Microsoft Windows 95
ソフト開発環境	Microsoft Visual Basic Ver.4, Visual C++ Ver.4	
提供ライブラリ	画像処理ライブラリ、I/Oライブラリなど	
その他	外形寸法	340.5×114.0mm (ISAバス・フルサイズ規格) 2枚
	動作環境	パソコンケース内温度：0~50℃、湿度：20~80% (無結露)
	動作電源	DC±5V、±12V (ISAバスから提供)、15W

ソコン環境に対応する事ができる。

NV6100の最大の特長は、エッジ位置、細線の幅を高精度に計測する機能である。水平方向1,024画素の高解像度サンプリング、0.05画素以下の直線性を持つサブピクセル処理機能など、高精度計測に必要な機能が搭載されている。



表4 計測再現精度 単位:  $\mu\text{m}$

計測回数 \ 計測ポイント	1	2	3	4	5	6	7
1	0.31	0.71	0.94	0.97	0.66	0.33	0.22
2	0.31	0.71	0.92	0.95	0.66	0.32	0.22
3	0.30	0.71	0.93	0.96	0.66	0.34	0.21
4	0.31	0.72	0.93	0.97	0.66	0.32	0.22
5	0.30	0.71	0.94	0.97	0.66	0.34	0.21
6	0.30	0.71	0.93	0.97	0.67	0.34	0.21
7	0.30	0.72	0.94	0.96	0.66	0.33	0.21
8	0.31	0.72	0.92	0.98	0.67	0.33	0.22
9	0.30	0.70	0.94	0.97	0.67	0.34	0.21
10	0.30	0.71	0.93	0.96	0.66	0.35	0.21
$3\sigma$	0.0155	0.0190	0.0237	0.0253	0.0145	0.0290	0.0155
R	0.01	0.02	0.02	0.03	0.01	0.03	0.01

像処理によるワーク移動量の検出誤差が発生しないかを  
確認したテストである。実験方法としては、ワークを圧電  
素子駆動のステージに設置し、ワークの移動量と、画像処  
理によって捉えたパターンエッジ座標の直線性を計測し、  
評価している。(実績値:  $\pm 0.013\mu\text{m}$ )

## 5. おわりに

今回紹介した様に、曲がり測定機MMP10-4は、近年の高  
精度化、低価格化に十分対応できるものと思う。しかし、  
ユーザの要求レベルは更に向上してゆく事が予想され、新  
たな改良を進めて行きたい。

## 文 献

- (1) 安本 雅明, 田中 久博:  $0.2\mu\text{m}$ 以下の微細ギャップ計測を可能とした  
パソコン内蔵型画像処理ボード ホストビジョンNV6100, 不二越技報, 52  
(2), P57-P60 (1996)

値,  $3\sigma = 0.06\mu\text{m}$ に対し, 実績値  $3\sigma = 0.0155\mu\text{m}$   
 $\sim 0.0290\mu\text{m}$ である。計測精度保証値については, 実際のワ  
ークに対して計測テストを実施し, 打ち合せにもとづき決  
定している。

計測値の直線性のデータを図14に示す。これは、ワークを  
一定ピッチで移動させた場合、画面内の歪み等により、画

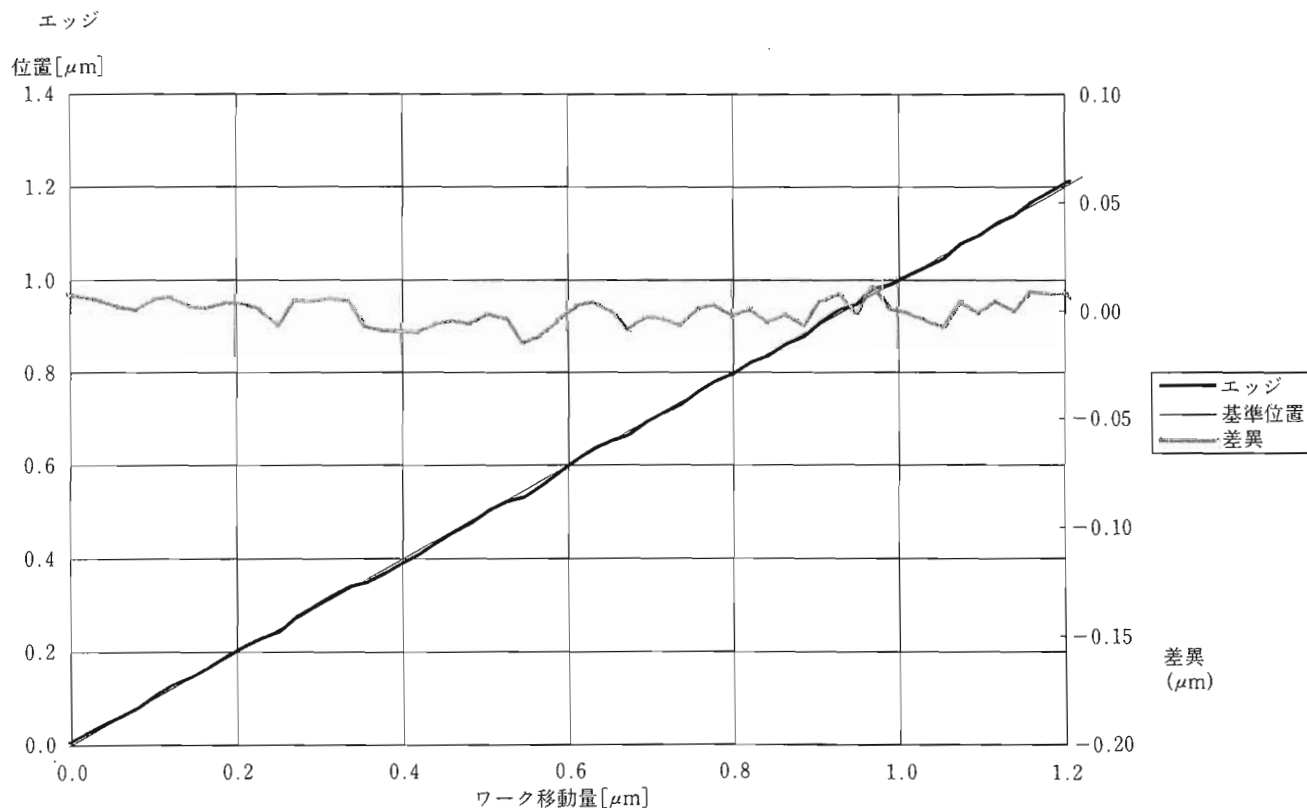


図14 計測値の直線性 (光学倍率:  $20\times 2$ )