



シュリンクフィッタを用いた光学レンズの超精密接合*

新田 勇** 菅野明宏*** 刈田伸樹† 小俣公夫†† 白井健司†††

Ultra-Precision Method of Joining Optical Lenses Using a Shrink Fitter

Isami NITTA, Akihiro KANNO, Nobuki KARITA, Kimio KOMATA and Kenji SHIRAI

An ultra-precision method of joining optical lenses in the cell has been developed by using a shrink fitter, in order to produce a laser scanner having a wide field of vision and high resolution. In a current method, optical axes of the lenses in the cell do not coincide with each other, when environmental temperature changes, because of great difference in thermal expansion coefficients between the lenses and the cell. Therefore, the laser spot cannot be converged to a designed size on an image plane. A shrink fitter, which has a higher thermal expansion coefficient than the lenses and the cell do, was inserted between them. The positioning accuracy of the lenses in the cell did not change at any temperature since the shrink fitter sufficiently expanded or contracted in the radial direction to compensate the change in interference. As a result, the lens unit assembled by the new method worked out to converge the laser beam over a wide scanning width. In this paper, we examined the shrink fitter theoretically and experimentally.

Key Words: Laser Scanner, Fixing Element, Optical Lens, Shrink Fitter, Beam Profile

1. 緒 言

一般的に顕微鏡の解像度を上げると、その視野は狭くなる。たとえば、光学顕微鏡の解像度を上げるために対物レンズの倍率を上げると、一度に観察できる視野が狭くなる。この原因の一つにレンズの位置決め精度がある。

レーザスキャナでは、微細に絞ったレーザ光を観察対象物に当てて、その反射光強度を処理することで対象物を観察する。解像度を上げるために、レーザ光を微細に絞り込む必要がある。また、観察視野を広げるためには、微細に絞ったレーザ光を広い範囲にわたり走査することが必要である。例えば、4～6 μm のレーザスポット径を走査幅 30 mm にわたって保証することは、現在のレンズ組込み技術では困難である。特に温度が変化する環境では非常に難しい。したがって上記のような高精度レーザスキャナを開発することは事実上不可能となっている。

鏡筒へレンズを組込む技術にはスプリングサスペンションでマウントする方法や、スナップリングと呼ばれる機械要素で固定する方法がある¹⁾。これらは、簡易的な方法であり高精度なレンズの位置決めを行うには不向きである。その他の多くは、図 1 に示すように、スペーサーによってレンズのリム部付近を光軸方向に押さえる方法である²⁾。この方法では、レンズと鏡筒にすきまがあるので、どんなに注意深く接合しても各々のレンズの偏心は避けられない。また、僅かの温度変動でもレンズの位置ずれが生じて、偏心量が増大する。偏心は、光学機器の性能劣化原因において極めて大きな割合を占めており²⁾、レーザの結像精度に多大な影響を及ぼす。

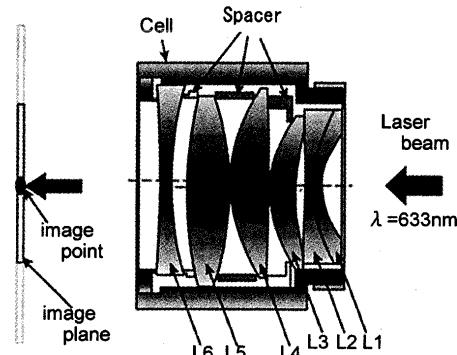


Fig.1 Previous method of joining optical lenses into cell

著者らは、以前より新しい機械要素であるシュリンクフィッタを用いた締りばめ³⁾を研究している。本論文では、光学レンズの偏心を防止するために、シュリンクフィッタを用いた新たな超精密接合方法を提案した。理論解析によりシュリンクフィッタの最適設計を行い、実験によって種々の温度環境下において本接合方法の有用性を明らかにした。

2. シュリンクフィッタを用いた接合法

2.1 シュリンクフィッタの概要

従来光学レンズを鏡筒に組込むときには前述の図 1 に示す方法が採られており、鏡筒とレンズの間にすきまのある接合方法である。偏心を抑えるためには、一般的に心出し精度が良い締りばめによる接合方法が考えられるが、光学レンズを鏡筒に締りばめすることはタブーとされており、これまで用いられていない。それは、僅かなシメシロを与えただけでレンズ球面形状が変形して光学性能に影響を及ぼすことと、光学レンズが脆く割れ易いので、締りばめの締付け圧力に耐えられないとい

* 原稿受付 平成13年3月26日

** 正会員 新潟大学大学院自然科学研究科（新潟市五十嵐2の町8050）

*** 正会員 科学技術振興事業団（新潟市五十嵐2の町8050）

† 学生員 新潟大学大学院自然科学研究科

（現、富士写真光機（株）；大宮市植竹町1-324）

†† 科学技術振興事業団（さいたま市白幡3-5-14メゾン・セレステ104）

††† 新潟大学工学部機械システム工学科

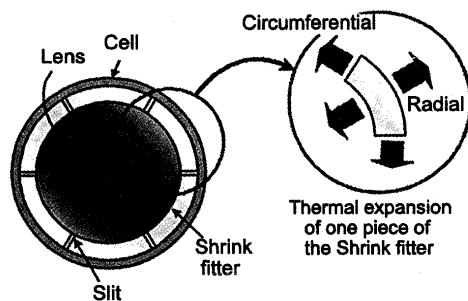


Fig.2 Principles of a shrink fitter

う理由からである。また、仮にレンズに鏡筒を直接締りばめできたとしても、環境温度が上昇すると接合部が緩み、レンズが偏心することになる。これは、レンズの熱膨張係数よりもアルミニウム製鏡筒の熱膨張係数が大きいためである。逆に温度が低下すると、シメシロが大きくなるために、レンズ球面が大きく変形することになる。

しかしながら、シュリンクフィッタを用いることでレンズと鏡筒を締りばめで接合することが可能になる。シュリンクフィッタとは、熱膨張係数が鏡筒材料よりも大きい樹脂材料で作られた円筒形状の機械要素である。シュリンクフィッタはヤング率の小さい樹脂製であるので、レンズと鏡筒の間に挿入することでレンズとシュリンクフィッタ、シュリンクフィッタと鏡筒の間のシメシロを大きく取ることが可能になる。さらに樹脂はレンズと鏡筒材料に比べて大幅に熱膨張係数が大きいので、半径方向にスリット(切込み)を入れることで、シュリンクフィッタの半径方向の厚み分の熱膨張量が、温度変化によるレンズと鏡筒の間のすきまの発生を防止する(図2)。ここでシュリンクフィッタの内外径を適切に設定すれば、温度が変化しても常にシメシロを一定とすることができます。すでに、アルミニウム製ポリゴンミラーとSiC空気動圧軸受の超精密光学部品の接合にシュリンクフィッタ法を適用して、ジッターや面倒れなどを改善できることを示した^{4), 5)}。

2.2 シュリンクフィッタの最適寸法

シュリンクフィッタの最適寸法は温度変化とシメシロの関係を表す式(1)を用いて求めることができる³⁾。

$$\Delta\delta = 2[(R_2 - R_1)\alpha_s - (R_2\alpha_c - R_1\alpha_l)]\Delta T \quad (1)$$

ここで、

- $\Delta\delta$:シメシロの変化量(直径差)
- ΔT :温度変化量
- R_1 :シュリンクフィッタの内半径
- R_2 :シュリンクフィッタの外半径
- α_l :レンズの熱膨張係数
- α_s :シュリンクフィッタの熱膨張係数
- α_c :鏡筒の熱膨張係数

である。式(1)において、 R_1 はレンズの外半径とほぼ等しい。ここで、 ΔT によらず $\Delta\delta$ が0になるような R_2 がシュリンクフィッタの最適な外半径である。

2.3 シメシロの設定

シュリンクフィッタを用いた締りばめ接合法では、シメシロの設定が重要である。シメシロを大きくするとレンズ球面が大きく変形し、結果としてレーザ結像性能が悪化する。逆に、シメシロを小さくすると、振動や衝撃のような外乱によって、レンズが偏心

Table 1 Specification of the scanner lens unit

Focal distance	69 mm
F number	4.7
Wave length	633 nm (He-Ne laser)
Spot size	$\phi 6.6 \mu m$
Scanning angle	max $\pm 12.16^\circ$
Scanning width	max $\pm 17.3 mm$

Table 2 Materials and mechanical Properties of each lens

Lens No.	Material (※)	Young's modulus [GPa]	Poisson's ratio	$\alpha [1/\text{ }^{\circ}\text{C}]$
L1	SF10	62.0	0.230	7.1×10^{-6}
L2	LLF2	61.7	0.216	8.8×10^{-6}
L3	SK5	83.0	0.253	5.8×10^{-6}
L4	LaSK02	122.9	0.294	6.3×10^{-6}
L5	SK5	83.0	0.253	5.8×10^{-6}
L6	LLF2	61.7	0.216	8.8×10^{-6}

(※)prepared by Ohara Inc., α : Coefficient of thermal expansion

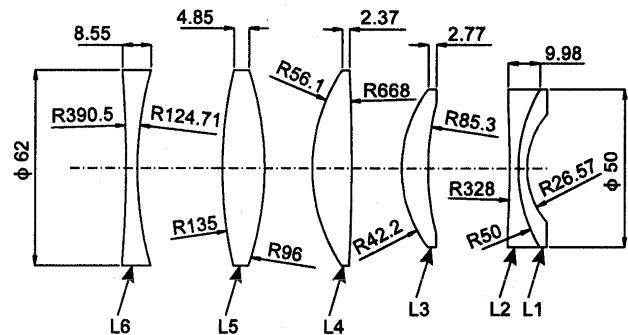


Fig.3 Sizes [mm] of each lens

する可能性が高くなる。したがって、レンズ球面の光軸方向の変形が許容値($\lambda/2$, λ : 使用レーザの波長)を超えない範囲で、なるべく強く締付ける必要がある。そこで、レンズ球面の変形が許容値を越えないような最大締付け圧力を数値解析により求めた。そして求めた締付け圧力から式(2)に示す締付け圧力-シメシロの関係式を用いてシメシロを決定した。

$$\delta + \Delta\delta = 2R_1 P \frac{1 - \nu_l}{E_l} + 2R_1 P \frac{\frac{R_3^2 + R_2^2}{R_3^2 - R_2^2} + \nu_c}{E_c} + \frac{(R_2^2 - R_1^2)P}{R_2 E_s} \quad (2)$$

ここで、

- δ :常温でのシメシロ(直径差)
- P :締付け圧力
- E_s :シュリンクフィッタのヤング率
- E_l :レンズのヤング率
- E_c :鏡筒のヤング率
- ν_s :シュリンクフィッタのポアソン比
- ν_l :レンズのポアソン比
- ν_c :鏡筒のポアソン比
- R_3 :鏡筒の外半径

である。なお、式(2)は平面応力を基にした式である³⁾。ここで右辺第一項は締付け時のレンズ外周の半径方向変形量であ

Table 3(b) Diameter of shrink fitter and cell [mm]

	Shrink fitter		Cell	
	for L2 & L3	for L4~L6	for L2 & L3	for L4~L6
Inner diameter	49.962	61.965	68.490	80.760
Outer diameter	68.489	80.762	78.9	90.6

Table 4 Out of roundness of each lens [μm]

	L2	L3	L4	L5	L6
Out of roundness	4	3	11	6	4

Table 5 Eccentricity of each lens [μm]

	L2	L3	L4	L5	L6
direction of X	-5.9	-1.7	-2.8	3.8	-1.2
direction of Y	-5.6	-6.0	6.6	-0.8	-0.5
total distance	8.1	6.2	7.2	3.4	1.3

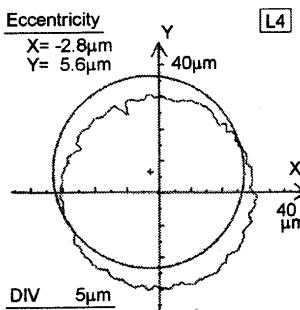


Fig.4 Eccentricity of lens (L4)

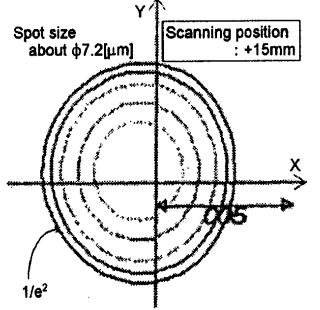


Fig.5 Analysis of beam profile (scanning position: +15mm)

る。従って、本研究ではこの右辺第一項に、後述の最大締付け圧力算出時に同時に求めたレンズ外周の半径方向変形量を代入した。

3. 実験

3.1 レンズ試験片

最大走査幅約35mmにわたって約6μmのスポットを結ぶように設計された6枚組みのスキャナレンズを用いた。その仕様を表1に、各々のレンズ形状と呼び寸法を図3に示す。レーザの入射する側からL1, L2, …, L6と呼ぶことにする。L1とL2は接合レンズであり、L1に対してL2の径が大きいのでL2のみを締りばめすればよい。各レンズの材質と機械的特性を表2に示す。各レンズの寸法は3次元測定機(BrightApex 504:(株)ミツトヨ)により測定した。測定結果を表3(a)に示す。

各レンズの光学性能をあらかじめ確認しておく目的で、真円度及び偏心量(レンズ外周面から求めた中心位置と光軸とのずれ)の測定を行った。表4に真円度測定結果を示す。L4だけが他のレンズに比べて数値が大きいのを除けば、概ね真円に近い結果が得られた。図4に偏心量測定結果の一例を示す。グラフの原点位置がレンズ外周円に対する幾何学的中心位置であり、グラフ上に描かれている真円の中心(+部)が光軸中心である。各レンズの光軸中心からの偏心量を表5に示す。

さらに測定した各レンズの偏心量を用いて、光学解析プログラムでビームスポット径を解析した。解析条件としては入射レーザ波長λ=633nm、絞り径φ11mmとした。一例として、図5に光軸中心から走査位置+15mmの解析結果を示す。走査幅の端の位置であるにもかかわらず、スポット径の設計値6.6μmに対

Table 6 Mechanical properties of shrink fitter and cell

	Materials	Young's modulus [MPa]	Poisson's ratio	α [1/°C]
Shrink fitter	Castnylon-UD (※)	3.0 ~ 3.5	0.35	80×10^{-6}
Cell	Al(A5056B)	69.0	0.34	24×10^{-6}

(※)prepared by Mitsubishi Belting Ltd., α : coefficient of thermal expansion

Table 7 Interferences of each lens (allowable value & in assembly) [μm]

Lens No.	L2	L3	L4	L5	L6
allowable value	25.5	14.0	19.9	50.1	53.5
in assembly	13.0	5.0	1.0	5.0	21.0

して約7.2μmとあまり悪化していない。したがって、各レンズの外周面を基準として締りばめすれば、この程度の光軸の偏心があつても、ほぼ設計値どおりの微細なスポット径が得られることが確認できた。

3.2 組付け部材(シーリングフィッタ及び鏡筒)

シーリングフィッタの材料には、安価で機械加工性に優れた汎用エンブラーであるキャストナイロン(UDグレード:三ツ星ベルト(株))を使用した。また、鏡筒にはアルミニウム合金(A5056B)を使用した。表6に、キャストナイロンとアルミニウム合金の機械的特性値を示す。

シーリングフィッタの最適径は式(1)により求める。今回はレンズの熱膨張係数は、L2及びL3の外径φ50mmのグループと、L4~L6のφ62mmの2つのグループに分けて、それぞれのグループ内での平均値を用いた。シーリングフィッタの最適外径は、L2及びL3についてはφ68mm、L4~L6についてはφ80mmである。また、鏡筒の外径はφ79mm及びφ90mmとした。加工後にそれぞれの部材の寸法測定を行った。その結果を表3(b)に示す。

3.3 許容シメシロ

本研究で用いたレンズ系の球面精度に対する寸法公差はλ/2である。そこで、締りばめで締付けた場合のレンズ球面変形の許容値も同様にλ/2として、それを超えないようなシメシロを数値解析により求めた。ただし、今回使用するレーザ波長λは633nmであるが、今後さまざまな波長のレーザを使用する予定があるので、球面変形の許容値は266nm(λ/2, λ=532nm)と、より厳しい条件にした。

レンズの変形は3次元FEM解析で求めた。図6にレンズの要素分割例を示す。各レンズとも円周方向に40分割とした。厚さ方向にはL1とL2は合わせて6分割、その他のレンズは5分割とした。レンズ球面変形が許容値におさまるような締付け圧力を各レンズについて求め、その時のレンズ外周面の半

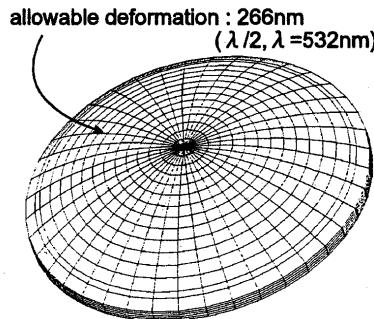


Fig.6 FEM mesh of lens (L4)

新田・菅野・刈田・小俣・白井：シュリンクフィッタを用いた光学レンズの超精密接合

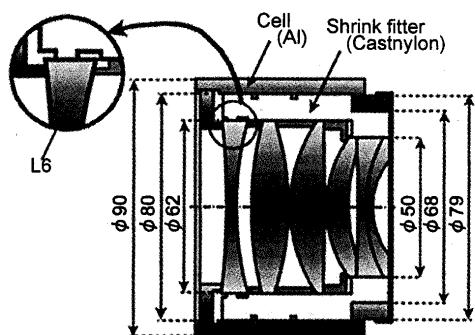


Fig.7 New joining method using a shrink fitter

径方向変形量を求めた。求めた締付け圧力を式(2)の P へ代入し、レンズ外周面の半径方向変形量を右辺第一項へ代入して各レンズのシメシロを求めた。求めたシメシロの許容値、及び実際に与えたシメシロを表 7 に示す。このように本研究で用いた接合体は計算で求めた許容値以下の締付けであることが分かる。また図 7 にレンズユニットの概略図を示す。L6 については両面が凹型であることから、円周にわずかの圧力を加えただけで、レンズ球面が大きく変形してしまうことが数値解析で明らかになった。従って、なるべくレンズ中心部の厚みと同じ位置の円周上を締付けるように、シュリンクフィッタの内面形状を加工した。

また、図 8 に L3 と L4 の締りばめする前と、締りばめ接合後のレンズ球面度を測定した結果を示す。測定はレーザ干渉計(FUJINON F601)にて行い、示した PV 値は 6 回測定した平均である。これより、締りばめ後のレンズ球面変形の PV 値は $\lambda/2$ に収まっていることがわかる。

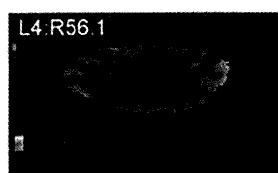
3.4 実験装置及び実験方法

図 9 に測定装置の概略図を示す。まず、半導体レーザをコリメーターレンズで円形の並行光束にし、絞りを通過させて一定の大きさの径にした。45°ミラーを手動で回転させることによりレーザ光を結像面上で走査させた。走査幅は -15mm ~ +15mm の 30mm である。スポット径の測定は、ビームプロファイラー(SpotScan model 0390: Photon Inc.)で行い、走査幅を 5mm 間隔毎、計 7 点測定した。また、鏡筒を 90°おきに回転させて 0°, ±90°, ±180° の 5 ラインを測定した。



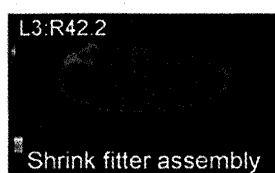
PV value: 106nm

(a) L3, before the shrink fitting



PV value: 111nm

(c) L4, before the shrink fitting



PV value: 180nm

(b) L3, after the shrink fitting



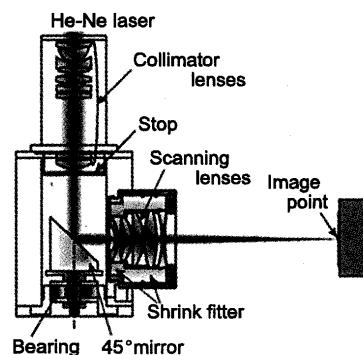
PV value: 150nm

(d) L4, after the shrink fitting

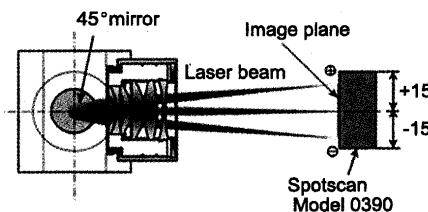
Fig.8 Profile of lens surface measured by laser interferometer

種々の温度でスポット径を測定するために、アクリルで作製したカバーで鏡筒の周りを覆った(図10)。温度を上げるときは装置下部に取り付けたシリコンラバーヒーターで加熱した。温度調節は、スライダックで電圧調節をすることで行った。また、低温にするときは装置上部にドライアイスを設置した。装置の温度調節幅は +5°C ~ +75°C である。

レーザ入射側の絞り径を大きくするとスポット径の理論値は小さくなる。しかしながら、実際にはレンズ接合精度の影響を受け、接合精度が悪いと絞り径を大きくしてもスポット径が小さくならない。本研究で用いたスキャナレンズは絞り径 $\phi 11\text{mm}$ でスポット径 $6.6\mu\text{m}$ を目標に設計した。シユリンクフィッタを用いると接合精度が飛躍的に改善できるので、絞り径を $\phi 15\text{mm}$ まで大きくできることが明らかになった。その理論ス



(a) Side view



(b) Plan view

Fig.9 Measuring instrument of beam profile

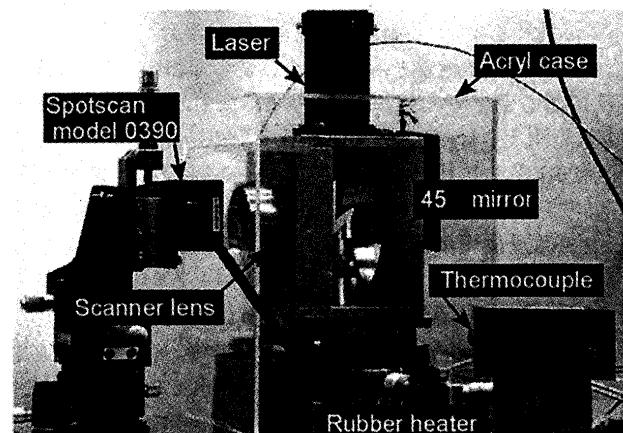


Fig.10 Control device for temperature on measuring instrument

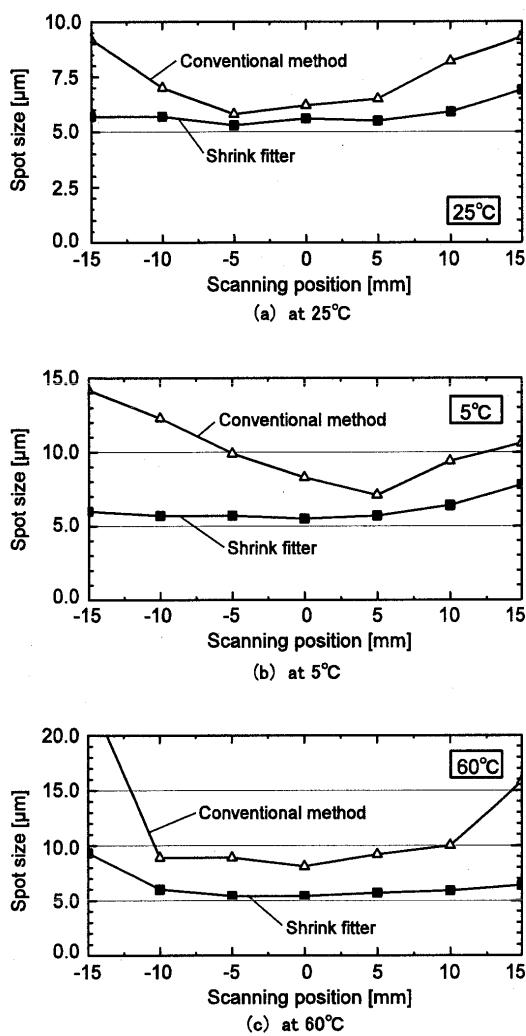


Fig.11 Spot sizes in case of various temperature

スポット径は $4.8 \mu\text{m}$ である。したがって、実験では絞り径を $\phi 15\text{mm}$ とした。

4. 実験結果

4.1 室温でのシユリンクフィッタ法の効果

図 11(a)に、従来法の場合とシユリンクフィッタを用いて組付けた場合の常温(約+25°C)での測定結果の一例を示す。横軸が走査線上の位置を、縦軸がスポット径をそれぞれ示している。

実験の結果、従来法の場合は理論スポット径に近いのは走査域の中心部のみであり、走査幅両端付近ではスポット径が大きく悪化している。 $+15\text{mm}$ の走査位置では $9.3 \mu\text{m}$ であり、理論値の約2倍のスポット径になった。なお従来法の場合全走査幅における平均スポット径は $7.5 \mu\text{m}$ であった。それに対してシユリンクフィッタを用いた場合は全走査領域でほぼフラットになっており、平均値で $5.8 \mu\text{m}$ と大幅に改善できた。シユリンクフィッタを用いて締りばめすることで、心出し性能が飛躍的に向上していることが分かる。

4.2 各温度域での性能保証

レーザスキャナの実用温度域は $-20^\circ\text{C} \sim +70^\circ\text{C}$ と言われてお り、種々の使用温度や保存温度の変化においても高精度特性が保つことがあることが必要である。そこで本実験では、先に示した $+25^\circ\text{C}$ (常温)の場合に加えて、 $+5^\circ\text{C}$ の低温、及び $+30^\circ\text{C}$ から 10°C 毎に $+60^\circ\text{C}$ までの高温領域で測定を行った。

Table 8 Spot sizes in case of various temperature [μm]

	5 °C	20 °C	30 °C	40 °C	50 °C	60 °C
Conventional method	10.3	7.5	10.5	9.9	10.8	11.6
Shrink fitter	6.1	5.8	5.8	5.9	6.4	6.4

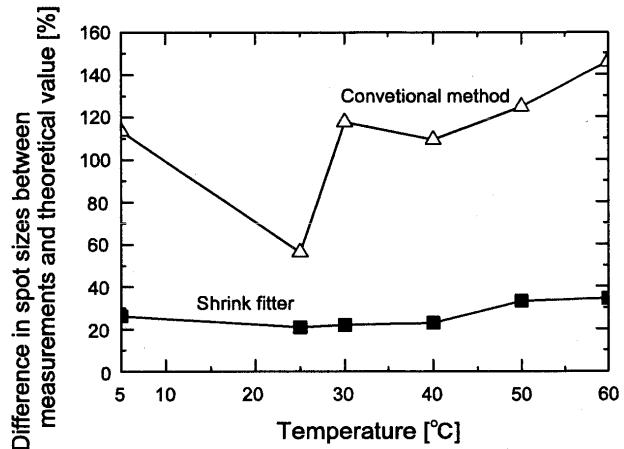


Fig.12 Difference in spot sizes between measurements and theoretical value at each temperature

+5°C と +60°C での測定結果を図 11(b) 及び図 11(c) に示す。他の温度での測定は紙面の都合上割愛する。また、表 8 に各温度の平均スポット径を示す。測定データはスキャナレンズ系を 90°C ずつ回転させて 5 ライン測定した平均である。

従来法の場合は、温度の低下、及び上昇どちらの場合でも常温に比べてスポット径が悪化している。高温領域では温度が上昇するに従ってスポット径が不安定になり、平均スポット径が表 8 に示したように変動した。温度が上昇するにつれて、特に走査幅両端部分のスポット径が悪化した。したがって、従来法では温度上昇で鏡筒とレンズのすきまが増大し、心出し性能が悪化したと考えられる。

それに対してシユリンクフィッタ法の場合は、温度の低下上昇にかかわらず良好なスポット径を示している。温度が変化しても締付け具合が一定であるためと考えられる。

図 12 に測定したスポット径の理論値($4.8 \mu\text{m}$)との差を示す。従来法では、常温(+25°C)では、平均スポット径が $7.5 \mu\text{m}$ となり 60% のずれであるが、温度が +60°C に上昇した場合には平均スポット径 $11.6 \mu\text{m}$ となり、143% と非常に大きなずれとなっている。しかしながらシユリンクフィッタを用いた場合は温度が上昇しても安定したスポット径が得られていることがわかる。理論値($4.8 \mu\text{m}$)との差は、常温(25°C)では平均スポット径が $5.8 \mu\text{m}$ となり 20% のずれに抑えられ、60°C 上昇した際にも平均スポット径 $6.4 \mu\text{m}$ となり 35% のずれにとどまった。すなわち、理論スポット径とのずれ量が従来法に対して、常温で 40% 減、+60°C で 108% 減と大幅に改善できた。

4.3 保存温度変動への対応性能

レーザスキャナを使用しなくとも、装置を保存しておく環境温度が厳しいときがある。

そこで、スキャナレンズを $+75^\circ\text{C}$ の電気炉で 5 時間放置した後、空冷して室温に戻してからスポット径の測定を行った。さらに、約 0°C の冷蔵庫に半日以上放置し、常温に戻してからの測定も行った。それらの測定結果を図 13 に示す。

シユリンクフィッタを用いることで、どちらの場合でも、全走査幅にわたり、ほぼフラットで理想的なスポット径を得ることができ

新田・菅野・刈田・小俣・白井：シュリンクフィッタを用いた光学レンズの超精密接合

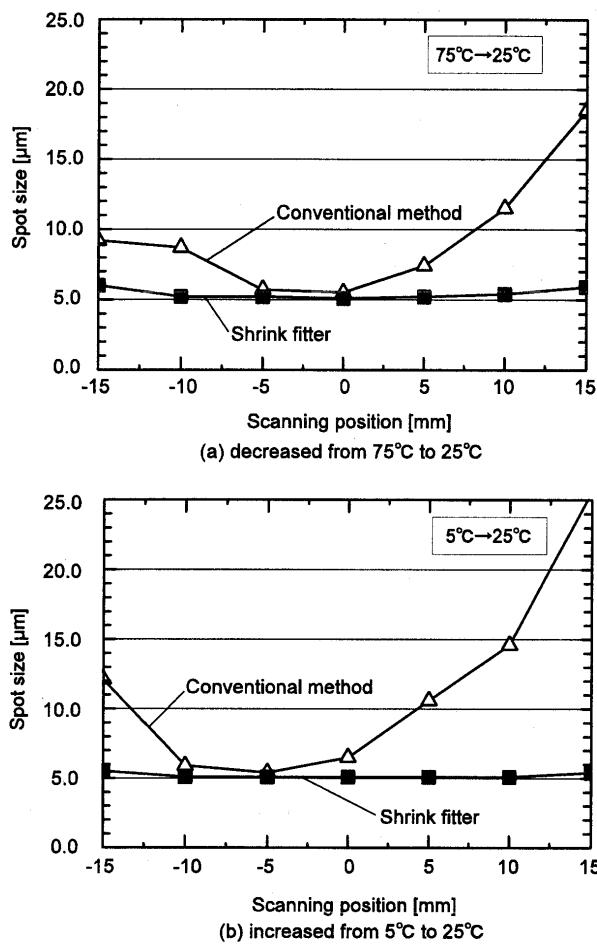


Fig.13 Spot sizes in case of sudden changes of temperature

た。このことは、シュリンクフィッタが厳しい環境中でもその機械的特性を維持していることと、温度変化に対しても追従してレンズの位置決め精度を保っていることを示している。今回は、時間的には長期の実験ではないので、今後確認のための長期的な実験が必要である。

なお、分解再組付けをした後でもこれと同様な結果が得られる事を確認した。

5. 考 察

シュリンクフィッタを用いた締りばめ接合方法では、従来法では問題にならなかった、接合面の加工精度に注意する必要がある。表7に示したようにシメシロの許容値は、最小で $14.0\mu\text{m}$ (L3)で最大でも $50\mu\text{m}$ 程度である。したがって、シメシロがその値を超えないようにするためにには、各部材の内外径を正確に加工し、真円度、円筒度などの形状誤差をできるだけ小さくする必要がある。また、シメシロの許容値を超えない範囲でなるべく強く締付けようとすれば、それら加工時の寸法公差はより厳しい値になる。シュリンクフィッタの材料としては熱膨張が大きいプラスチックを採用している。しかしプラスチックは金属に比べると加工時の寸法安定性が悪い。また、プラスチックは湿度の影響を受けて吸水膨張する特性がある。本研究では、機械的強度および加工性に優れていることからキャストナイロンを使用したが、大気中の飽和吸水率が約 $2.5 \sim 3\%$ であり、それにより 0.7% ほど寸法が増加するというデータもある。本実験では吸水膨張によるレーザ結像性能の変化は見られなかったが、長期的にはレーザスキャナの性能へ影響を与える可能性も考えられる。このようにプラスチックは寸法変化に影響を及ぼす要因が多数あるため、

製品の製造工程を考えると寸法公差を大きくすることが今後の一課題と言える。

シュリンクフィッタ材にヤング率がより小さい材料を用いれば、シメシロを大きく与えることが可能になる。よって寸法公差も大きく設定できる。しかし、ヤング率の小さい材料は一般的に強度が弱くなるので、目標とする耐熱性などを考慮して最適な材料を選択する必要がある。また、プラスチック材料はクリープ変形が大きく長期の安定性にも課題があるので、経年変化による締付け力緩和の影響等を検討する必要もある。

しかしながら、広い温度域に対して高性能を保証し、さらに振動や衝撃などの外乱に強いシュリンクフィッタ法は、熟練技術を必要とせず誰にでも簡単に組める方法である。しかも分解再組付けを行っても、精度が変わらないというメリットもある。これは、レンズ外周面の高精度な研削や、シュリンクフィッタの真円度、円筒度を高精度に仕上げなければならないという制約があつたとしても、有用な接合法であると考える。

6. 結 言

現在、スキャナレンズと鏡筒の接合方法は、その間にすきまを有する組付け方法が一般的であり、温度変化によりレンズが偏心してしまうといった欠点がある。これがレーザスキャナの広視野・高解像度化へのネックとなっている。本研究では、その根本的な解決策として、シュリンクフィッタを用いた光学レンズの締りばめ接合方法を提案した。理論解析と実験を行い、本接合法の有用性を実証した。

以下に、主な結論を示す

- (1) シュリンクフィッタを用いた組込方法では、低温及び高温環境下にかかわらず走査幅全域にわたって理論値に近い、ほぼフラットなスポット径が得られた。理論スポット径との差が、 $+25^\circ\text{C}$ で 20% 、 $+60^\circ\text{C}$ で 35% であり、従来法と比べてそれぞれ、 40% 減、及び 108% 減と大幅な改善が達成できた。
- (2) 高温及び低温環境に保存してから室温に戻すという急激な温度変化に対しても、レンズの心出し性能は不変であった。また分解再組付けしても性能が変わらず、安定した結像性能を達成できた。

謝 辞

本研究の一部は、文部省科学研究補助金No.10650139及びNo.12650138によるものである。また、実験遂行にあたっては平成12年度大学院修士1年生の保坂智就君に協力いただいた。ここに深く感謝の意を表する。

参考文献

- 1) Anees Ahmad: HANDBOOK OF OPTOMECHANICAL ENGINEERING, CRC Press, (1997) pp.152-153
- 2) 佐々木、新海、東山、田中、岸浪:鏡筒光学における統計的交差設計システムの開発、精密工学会誌, 64, 7 (1998), 1090
- 3) 新田、木越、加藤:インサートリングを用いたセラミックスと金属の締りばめの高温結合強度に関する研究、日本機械学会論文集C編, 55-510 (1989), 417-423
- 4) 新田、吉川、小俣、紺野:シュリンクフィッタを用いたポリゴンミラーの超精密接合、日本機械学会論文集C編, 62-599 (1996), 2785-2791
- 5) 新田、菅野、小俣:シュリンクフィッタを用いたポリゴンミラーの超精密接合(接合面の真円度がミラー反射面に及ぼす影響)、日本機械学会論文集C編, 64-620 (1998), 1390-1397