

## シュリンクフィッタ

原稿受付 2002年9月25日

“トライボロジスト” 第48巻 第5号 (2003) 325~330

新 田 勇

新潟大学 工学部機械システム工学科  
(〒950-2181 新潟県新潟市五十嵐2の町8050)

### 1. はじめに (プレベンチャー事業とは)

プレベンチャー事業とは、科学技術振興事業団 (JST) が行なっている研究助成の一つである。正式名称は「新規事業志向型研究開発成果展開事業」であった。

アメリカでは大学発ベンチャー企業が数多く出現し、産業のスクラップアンドビルドに貢献しているといわれる。景気低迷が長く続いているわが国でも、欧米の例にならい、大学等に埋もれているシーズを基にベンチャー企業を3年間で1000社作るという目標 (平沼プラン) が掲げられている。これまで、JSTは主に学術研究を助成していたが、大学等のシーズを基にベンチャー企業を立ち上げるまでサポートする事業を始めてはどうかとの議論があり、プレベンチャー事業をスタートさせたようである。

平成11年度にプレベンチャー事業の募集が初めて行なわれた。筆者は、それまで共同研究を続けてきた小俣公夫氏と共同でプレベンチャー事業に応募し、10件の募集枠に採択された。ちなみに競争率は約20倍であった。毎年約8千万円の助成を3年にわたり受け、実際に販売できる製品を作るものである。プレベンチャー事業終了後に会社を立ち上げることが求められるが、それは自己資金でまかなわなければならない。

筆者らは、プレベンチャー事業の第1期生であるが、この原稿を書いている時点では、1期生10チームのうちすべてのチームがベンチャー企業を立ち上げている<sup>1)</sup>。これは、かなりの高い確率でベンチャー企業ができたことを示しており、

JSTも事業の成功にひとまず安堵しているはずである。

### 2. シュリンクフィッタとは (なぜトライボロジーなのか)

プレベンチャー事業へ応募するキーテクノロジーとなった「シュリンクフィッタ」について簡単に説明する。シュリンクフィッタとは、熱膨張係数の異なる二つの材料の締めを行なうための機械要素である。

1980年代にいわゆるニューセラミックスが話題になった。当時、筆者は東北大学の萱場孝雄教授、加藤康司助教授の研究室の助手をしていた。ちなみに、岩手大学の岩淵明教授とは助手仲間であった。そこで、セラミックス軸と金属円筒の焼きばめの結合強度を予測する研究を始めた。金属円筒内面の表面粗さ (表面微小突起) の変形が、焼きばめ強度をどの程度低下させるかを予測する方法を確立する研究である。表面微小突起の荷重-変形特性の評価には実験式を用いた。求めた強度予測式は、実験結果ともよく一致し、まずはめでたしという結果になった<sup>2)</sup>。

しかし、世の中そんなに甘いものではない。セラミックスは耐熱性がよい材料で、高温下で使用されることが多い。したがって、焼きばめされた部分も高温となる。セラミックスは金属に比べて熱膨張係数が低いので、セラミックス軸と金属円筒の組合せでは、わずかの温度上昇でも焼きばめ強度がかなり低下してしまう。どんなにきつく嵌めても、百数十度の温度上昇で抜けてしまう結果となった。これには、非常にがっかりした。そこ

### Shrink Fitter

By Isami NITTA, Department of Mechanical Engineering, Faculty of Engineering, Niigata University (8050, Ikarashi 2-nochō, Niigata-shi, Niigata 950-2181, E-mail: nitta@eng.niigata-u.ac.jp)

Key Words: shrink fitter, shrinkage fit, optical lens, thermal expansion, plastic, laser scanner

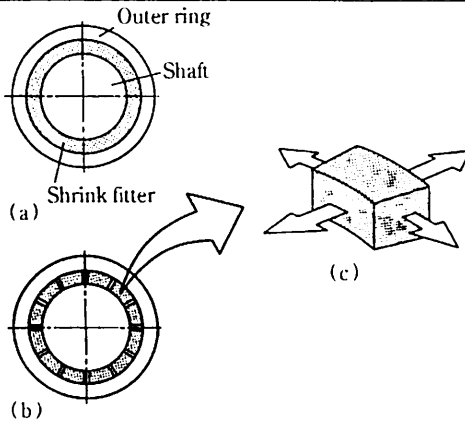


図1 シュリンクフィッタの働きの概略図 (出典: 文献3)

で、高温下でも強度が低下しない焼きばめ方法を考えた。これが、シュリンクフィッタを生み出すきっかけとなった。

図1は、シュリンクフィッタの働きを示したものである<sup>3)</sup>。セラミックス軸と金属円筒の間に、両材料より熱膨張係数の高い材料でできたリングを挿入する (図1(a))。しかし、温度が上昇した場合、このままではセラミックスとシュリンクフィッタの間では、かえってすきまが生じてしまう。そこで、シュリンクフィッタの半径方向にスリットを数箇所入れる。これにより、シュリンクフィッタの半径方向の熱膨張のみを利用して、高温下でも強度が低下しないようにすることができる。

したがって、シュリンクフィッタは表面微小突起の変形の研究 (接触面剛性) から生まれた、トライボオリエンテッドな機械要素である。この当時、筆者は新潟大学に移っていたが、シュリンクフィッタという名前は、加藤康司先生につけて戴いた。

### 3. シュリンクフィッタのレンズ締結への応用

前述のように、シュリンクフィッタはセラミックスを強く金属へ接合するために考案した。そのため、当初は接合強度を追い求め、バイメタル方式のものや内部に液体を含むもの<sup>4)</sup>等の研究をしていた。

ある研究会がきっかけで民間会社におられた小

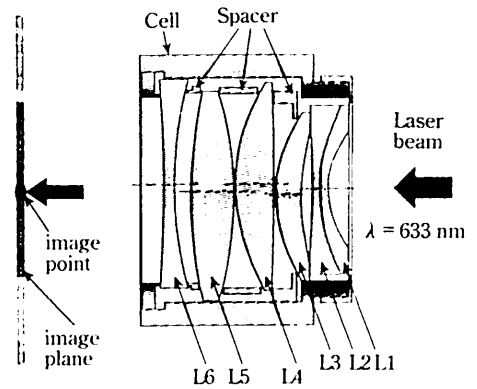


図2 従来の光学レンズ接合方法 (出典: 文献7)

俣公夫氏と出会った。小俣氏はレーザ走査系について研究開発をしており、ポリゴンミラー (レーザを走査するための多面鏡) をSiC空気動圧軸受に接合する問題を抱えていた。そこにシュリンクフィッタを適用した。その結果、ジッタと面倒れを大幅に改善することができた<sup>6)</sup>。

レーザ走査装置は、レーザを走査させるポリゴンミラーと、結像面にレーザを集光させるレンズ系より構成される。そこで、ポリゴンミラーに次いで光学レンズを超精密に鏡筒に接合することが、次の研究開発目標になった。

従来の光学レンズの取付け方法を図2に示す<sup>7)</sup>。レンズの曲面をリング状のスペーサーで押さえることによりレンズの軸心を一致させる。しかし、この方法でレンズの軸心を完全に一致させることは非常にむずかしい。たとえ職人技で軸心を合わせたとしても、温度がわずかに変化するとレンズと

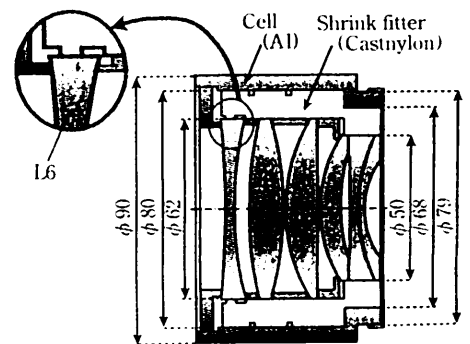
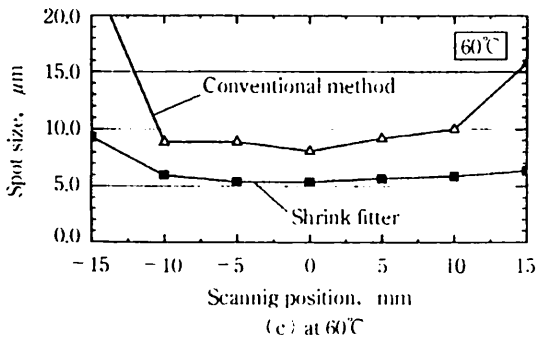
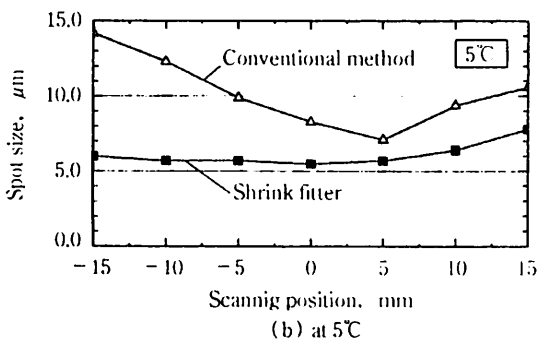
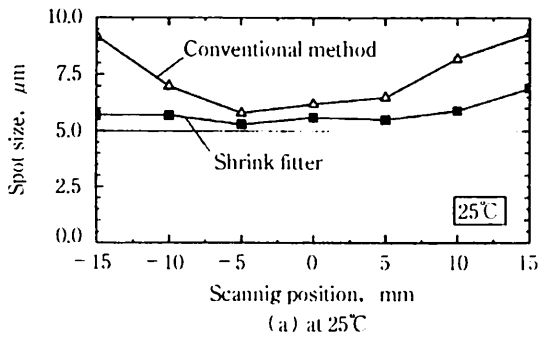


図3 シュリンクフィッタを用いたレンズの取付け方法 (出典: 文献7)

鏡筒の熱膨張係数が異なるために、レンズの軸心がずれてしまう。シュリンクフィッタ法では、焼きばめでレンズを鏡筒に接合するので各レンズの光軸は一致する(図3)。また温度が変化しても、シュリンクフィッタが適度に伸び縮みするためにレンズの締め具合はいつも一定である。シュリンクフィッタを用いる前までは、レンズの焼きばめは光学の世界ではタブーとされていた。筆者は機械の世界にいてそのタブーを知らなかったので、何の抵抗もなくレンズを焼きばめすることができた。



144 走査幅 30 mm にわたるレーザ走査のスポット径  
出典：文献 7

図4は、シュリンクフィッタを用いてレンズを取り付けた鏡筒の性能を示したものである。温度変化があっても全走査域にわたりレーザを微細に絞り込むことができていていることがわかる。

#### 4. 光学レンズをシュリンクフィッタで接合することの利点

ちょっと話は変わるが、図5は様々な観察装置の視野と解像度の関係を示したものである<sup>8)</sup>。観察装置の解像度が高くなると視野が狭くなるのがわかる。金属顕微鏡等を使用しているときに、対物レンズの倍率を高いものに変えると視野が狭くなるのはよく経験することである。

図6は共焦点系のレーザスキャナの概略を示したものである<sup>9)</sup>。レンズ系の組付けにはシュリン

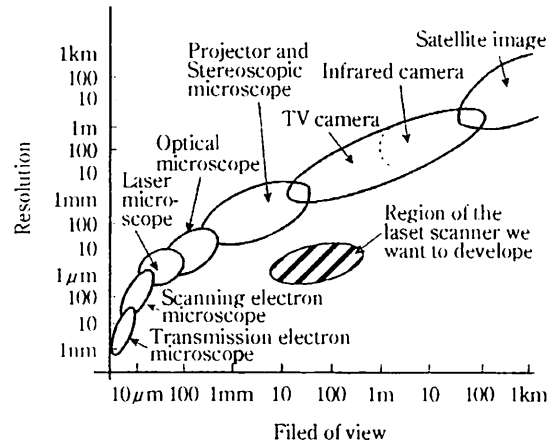


図5 種々の観察装置の解像度と視野の関係  
(出典：文献 8)

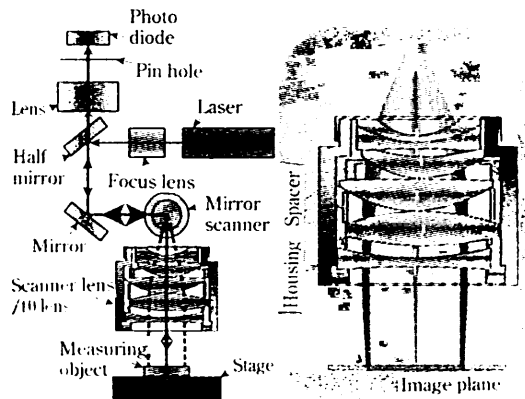


図6 レーザスキャナの概略図(出典：文献 9)

クフィッタが用いられている。シュリンクフィッタを用いることで広い走査幅にわたり微細なレーザスポットを得ることができる。このことは、解像度が高く視野も広い新しいタイプの観察装置を作ることができることを示している。シュリンクフィッタを用いてレンズを取り付ける利点はこちらにある。したがって、図5でいうと解像度が高くてなおかつ視野の広い観察装置を作ることが可能となる。

5. プレベンチャー事業の中身

さて、フレベンチャー事業に応募した当初は、印刷用刷版の露光装置を想定していた。走査幅が約80mmでスポットサイズが約12μmの光走査装置を開発し、それを多数つなげることで、より幅の広い感光材にも対応しようとするものである。シュリンクフィッタを用いることで、80mm幅にわたり、安定したスポット径のレーザビームを走査させることが可能となる。重要なのは、温度が変化してもスポット径が保証されることである。これにより、特別な温度管理が不要となるために、装置の製作コストが低減できる。図7と図8は、プレベンチャーに応募したときに想定した単一光

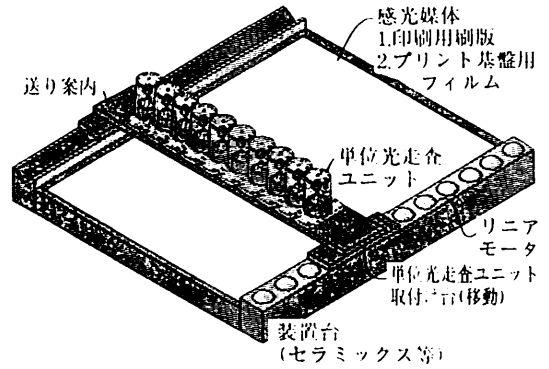


図8 マルチホリゾン光走査装置 (感光媒体固定の例)

走査装置とそれを多数つなげたときの構想図である。単一光走査装置では、小型のポリゴンミラーを使用するために、走査スピードが速くなる。

さて、現在はレーザ走査装置を用いてプリント回路基板直接描画装置を開発している。市場調査を行なった結果、印刷用刷版の露光よりも需要があり、今後2~3年で市場が立ち上がるようである。

プリント基板を作製するには、回路を書き込んだ版が必要となる。その版を感光剤の塗ってある銅版に密着させ露光する。その後エッチング処理をすると、回路が形成される。同じ基盤を大量生産する場合はよいが、多品種少量生産を行なうに

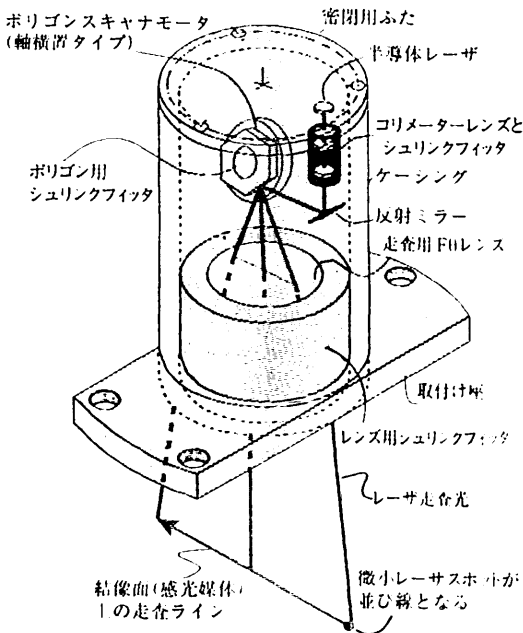


図7 単位光走査ユニットの概略図

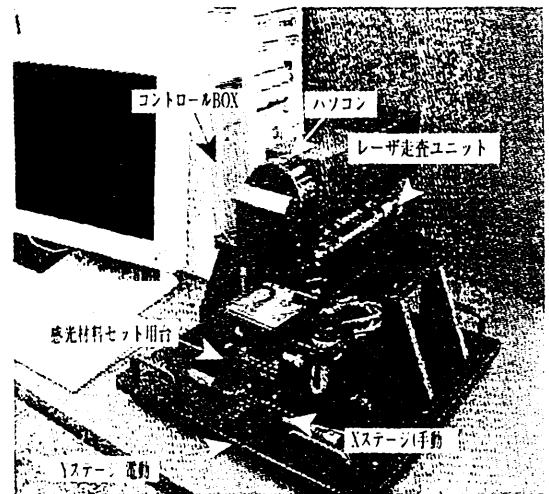
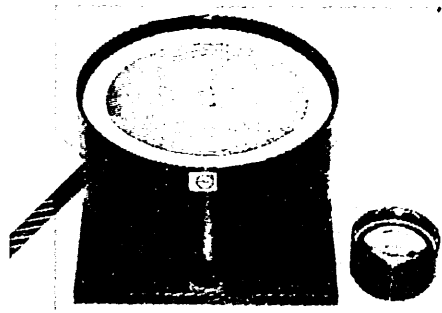
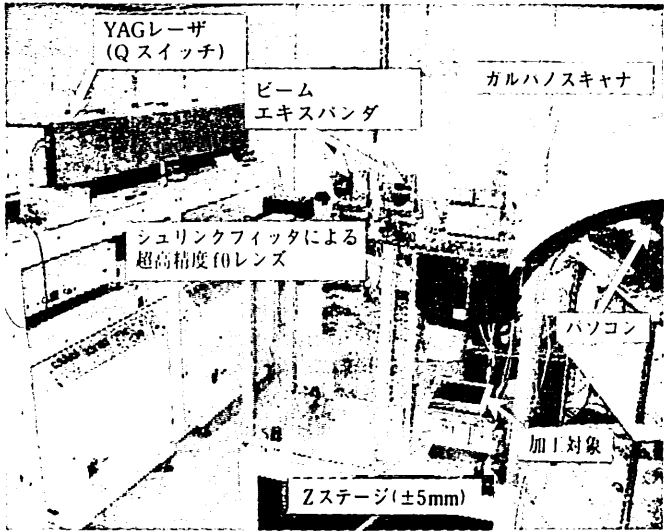


図9 感光材料評価用レーザ走査装置



シュリンクフィッタで締結した大径f0レンズ  
(レンズ外径180mm)

図10 高精度光学系によるレーザー微細加工装置

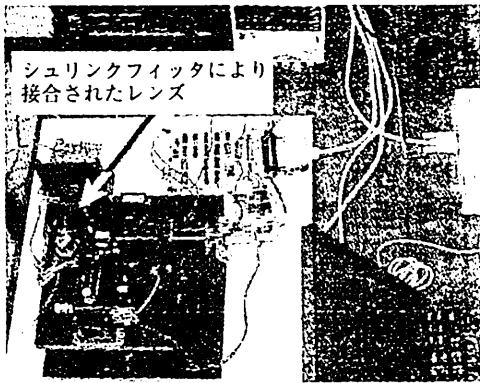


図11 シュリンクフィタを用いて開発中のレーザースキャナ

ッタにより固定している。

また、共焦点型のレーザースキャナにも応用することができる。図11はプロトタイプ機であるが、10 mmの走査幅にわたり3 μmのスポット径を保証するものである。将来的には、10万dpiの解像度をもつスキャナの開発が夢である。

## 6. おわりに（今後の予定や将来の夢）

トライボオリエンテッドな機械要素であるシュリンクフィタを用いて、レーザースキャナ用の光学レンズを接合する技術の応用展開を行なっている。将来は、新潟大学にレーザースキャナ研究所を作り、機械工学だけではなく医学、農学、理学などへレーザースキャナの応用範囲を広げていきたいと考えている。

トライボロジーへの貢献としては、広視野・高解像度の新しい観察装置を提供できればと考えている。さらには、微細加工を行なう装置としてしゅう動面の特性改善に応用できるかもしれない。早くそこまでたどり着きたいと思っている。

筆者は、固体の接触問題を細々と研究しているが、その中から生まれたシュリンクフィタを用いて、トライボロジーに貢献することができれば幸いである。

は向いていない。そこで、特殊な感光材を塗った基板に直接レーザーで回路を露光していくのが、直接描画装置である。回路の設計が終わったら、版を作らなくても、プリント基板が作製できる。図9は、試作した装置の概観である<sup>10)</sup>。

さて、使用するレーザーのパワーを上げれば、加工を行なうこともできる。たとえば、波長1064 nmのYAG (Yttrium Aluminium Garnet) レーザを用いてレーザー微細加工装置を作ることができる。図10は、あるプロジェクトで試作したレーザー加工装置の概観である。100 mm四方の領域にわたり、20 μmのレーザースポットを保証するものである。かなり大きなレンズをシュリンクフィ

## 文 献

- 1) 科学技術振興事業団, [http://www.jst.go.jp/giten/saiteki/pro\\_c/index.html](http://www.jst.go.jp/giten/saiteki/pro_c/index.html).
- 2) K. KATO, T. KAYABA, I. NITTA & S. SHIMODA: The Effect of Surface Roughness on Fitting Strength of Shrink Fit between Ceramic and Metal Elements, ASME, J. Vib. Acoust. Stress Reliab. Des., Vol.111 (1989) 318.
- 3) 新田 勇・木越健二: インサートリングを用いたセラミックスと金属の縮りばめの高温結合強度に関する研究。第 1 報, インサートリングを用いた縮りばめの提案と実験結果, 機論 (C 編), 55, 510 (1989) 417.
- 4) 新田 勇・中野勝巳・原 利昭: バイメタルシユリンクフイッターを用いたセラミックスと金属の縮りばめの高温結合強度, 機論 (C 編), 56, 525 (1990) 1289.
- 5) 新田 勇: ハイブリッドシユリンクフイッターを用いたセラミックスと金属の縮りばめ。接触圧力分布の計算, 機論 (C 編), 59, 559 (1993) 888.
- 6) 新田 勇・吉川英夫・小俣公夫・紺野大介: シユリンクフイッターを用いたホリコシミラーの超精密接合。接合体の静的・動的特性と寸法が平面度に及ぼす影響, 機論 (C 編), 62, 599, (1996) 2785.
- 7) 新田 勇・紺野明宏・朝田伸樹・小俣公夫・白井健司: シユリンクフイッターを用いた光学レンズの超精密接合, 精密工学会誌, 67, 10 (2001) 1615.
- 8) I. NITTA, A. KANNO, K. KOMATA & S. IGUCHI: New joining method for laser scanner lenses by using a shrink fitter, Computational methods in contact mechanics V, WIT press (1999) 31.
- 9) 新田 勇・紺野明宏: シユリンクフイッターを用いた光学レンズの組込み法。高視野・高解像度レーザースキャナーの開発, 光アライアンス, 13, 1 (2002) 32.
- 10) 新田 勇・小俣公夫・紺野明宏: 感光材料評価用レーザースキャナ装置, 光アライアンス, 13, 7 (2002) 47.

## ■■■■■■■■■■■■■■■■■■■■ 著者プロフィール ■■■■■■■■■■■■■■■■■■■■■



**新田 勇** 1958 年生まれ, 1980 年, 新潟大学工学部機械工学科卒業, 1982 年東北大学大学院工学研究科博士前期課程修了, 1990 年工学博士 (東北大学), 現在, 工学部機械システム工学科助教授, 粗面の接触面剛性に従事して, 新しい機械要素であるシユリンクフイッターを提案, JST のフレベンチャー事業を通して新潟大学初の大学発ベンチャー企業を立ち上げた, 研究開発担当取締役 (兼任).