大園成夫

大寸法測定技術の課題と展望*

Measurement of Large Scale Dimensions / Shigeo OZONO

Key words: large scale dimension, standard for large scale dimension

1. はじめに

大寸法測定技術とは文字通り大きな寸法を測定する技術のことであり、半導体工業に代表されるマイクロリソグラフィなどにおいて必要とされる超微細寸法の測定技術に対し、測定対象のサイズにおいて正反対である。4年ほど前に大寸法測定技術について研究会を組織するよう沢辺雅二氏（（株）ミットヨ）から依頼を受けて、下準備のために色々な分野の人から話を伺ったときにまず感じたことは、大寸法測定にはサイズの大きいことに原因する固有の技術を必要とすること、また大寸法測定技術を必要とする分野が多岐にわたっていて、しかもそれぞれの分野では互いに横の技術移転がほとんどなく、その分野固有の技術として独立して存在しているという2点であった。

過去約10年間工学においては軽薄短小の名のもとに、先端的工学はいずれもこの4文字によって性格づけられるかのような風潮が見られたが、大寸法測定技術はこのような性格づけには適合しない。しかし、これが先端技術的要素を内包していることは本特集号の各解説論文に見られるとおりであり、むしろ相対精度では微細寸法測定精度を上まわる結果を得ている分野も少なくない。

さらに、大寸法測定では対象や測定領域が大きな広がりをもっているので、測定に際して制御しなければならない要素（外乱）が多く、しかもその制御は困難なことが多く、工学的に未知の領域の技術によって対応しなければならないというまさに先端技術そのものの性格をもっているといえる。

2. 大寸法測定技術の対象分野

微小寸法測定技術の適用対象がマイクロリソグラフィを代表とする半導体工業の分野に偏在しているのに対し、大寸法測定技術を必要とする対象分野は工学に限っても、多岐にわたっている。その一例を挙げると、

- ・大型工作機械、重電機械類等の大型機械
- ・船舶、鉄道車両、航空機、建設機械等の運輸・車両機械類
- ・橋梁、ダム、高層建築物等の大型建築土木構造物
- ・パラボラアンテナ、電波望遠鏡等の宇宙通信関連構造物
- ・GPS等の天文、測地学等の応用分野
- ・大寸法の標準を確立するための新技術開発等がある。

これらの分野は大寸法測定に必要な技術を互いに無関係に研究開発してきたものばかりで、「大寸法測定技術」という観点から共通する技術を相互に応用し合うということは少なかったといえる。この点は、対象範囲が多岐にわたっているということがあるにしても、先に述べた半導体関連測定技術とは様相を異にするといえる。それだけに今後異分野の技術交流を促進するような環境作りが大切である。

3. 大寸法測定技術の問題点

先に述べた大寸法測定についての研究会で、事例として発表されたものの中から共通する問題点を抽出してみると、以下の3点にしばられる。

- (1) 大寸法の値付けをするのに必要な大寸法標準が整備されていないこと。

* 原稿受付 平成4年3月11日

** 正会員 東京大学工学部（東京都文京区本郷7-3-1）

- (2) 測定に影響する外乱の制御法が難しいこと。
- (3) SNの悪い信号を処理する必要があること。

長さの標準は今では時間と光速とで決められているが、歴史的に1mの長さに対して値付けされてきたことから、値付けの精度は1m近辺が最も精度よくなる。ところが、1mを越えて2m、3mになると、短い方の寸法に比べ公的に信頼できる(2次、3次)標準は皆無といってよい。前記の研究会で行ったアンケート調査によると、機械製造業では2mから5mまでの寸法を10 μ mから30 μ mの精度で値付けする標準器に対する要望が強い。

長さの測定で最も主要な誤差要因はいくまでもなく温度である。熱膨張による長さの変化はそのもの自身の長さ按比例するから、わずかな温度の違いでも大寸法では絶対量的に大きな誤差を与える。相対誤差としては寸法の大小によらないが、寸法の占める大きな空間の温度分布を一定に保つことの困難さは著しく大きい。標準温度との差異を知ることより、空間の温度分布を知ることの方が難しいのは言うまでもない。

最近実用化が目前にせまり、民生用の測定機が開発されているGPS(本特集の他稿参照)では、人工衛星からの微弱信号を処理して、地上の位置や高度を数十mの精度で求めることができる。この精度は信号処理の方法に依存しており、さらに高度の処理技術(と高価な処理装置)を用いれば、2けた程精度を向上できる。大寸法測定では、前述のように制御の困難な誤差要因が多くあり、測定方法をくふうしてこれらの誤差要因の影響を小さくし、信頼性の高い信号を抽出するデータ処理技術が欠かせないものになっている。

4. 大寸法測定技術の事例

- (1) 大寸法の標準の確立・・・1m以上の寸法の標準を確立するために、レーザを利用した光波干渉法、光変調法等による研究が計量研究所や国外の研究機関において行われている。
- (2) 機械加工における大寸法測定技術・・・複数の事業所からなる企業では事業所間の寸法の整合性が問題になる。この問題に対しては持回り測定により事業所間の測定技術水準の維持を図る努力がなされている。
- (3) 大寸法測定のための測量機械・・・新しい電子技

術を用いて、1台の測量機械で対象までの距離と角度を高精度に同時に測定する方法が可能になり、簡単なセットアップで100mまでの距離を1mmの精度で測定できるようになった。

- (4) 電波望遠鏡の鏡面測定・・・鏡面を構成する主鏡パネルの位置を正確に測定する測定技術と、測定結果によりパネルを微調整する微動機構のコンビネーションにより0.2mm rmsの面精度をもつ45m口径のパラボラ面が実現している。

- (5) GPSによる1点測位・・・複数の人工衛星からの信号を同時に受信することにより、地上の自己位置を精度100m以下で比較的簡単に求めることができる。これには2重位相差処理等の信号処理技術が用いられる。

5. 大寸法測定技術の今後の課題

前述したように、大寸法測定では寸法の標準を精度よく設定すること、および測定誤差の原因となる外乱の影響をできるだけ排除することが重要である。これらに対しては、レーザ技術の発展で測定機現場で光波長を利用した計測が可能になっており、今後はさらに波長の安定性を追求して高精度の測定が可能になるであろう。また、事例にも見られるように、電子技術の成果を利用して簡単なセットアップで短時間に測定できるようになったので、外乱の影響を受けにくい測定機の開発が可能になるであろう。

しかし、大寸法技術は依然として個々の分野の固有技術の域を出ていない。今後はさらに互いの情報交換と研究開発による、簡単でかつ高精度の測定ができる測定システムの構築が課題である。

■ 著者紹介

東京大学大学院工学系研究科修士課程修了、工学博士。機械部品の精密測定、光応用測定、ロボットの知的走行制御等の研究を行っている。