

室温熱膨張率の校正

計測標準研究部門 山田 修史

ゲージブロックの熱膨張率校正

固体の熱膨張特性は基礎/応用面で重要な物性の一つであり、これを表す特性量として熱膨張率(単位温度変化当たりの寸法変化率)が定義されている。

ゲージブロックは長さ計測における、主要な実用標準器である。金属やセラミックス製の直方体ブロックで、その一対の端面の間隔を長さの基準とする。使用に際しては、室温によって熱膨張による長さ変化が生じるため、ブロック素材の熱膨張率で長さ補正を行う必要がある。ナノメートルオーダーの精密な長さの計測では、素材の熱膨張特性のばらつきが計測結果に大きな不確かさを生じさせることになり、現在これがゲージブロックの長さ計測の不確かさの主要因の一つとなっている。

そこで計量標準総合センター(NMIJ)では、室温付近での短尺ゲージブロックの熱膨張率を絶対測定できるレーザ干渉計と熱電式温槽による精密熱膨張率計測システムを開発し、熱膨張率の依頼試験を開始した。

精密熱膨張率計測システムの概要

図に熱膨張率校正に用いる精密熱膨張率計測システムの概略を示す。計測システムは、校正対象とするゲージブロックの温度を精密に測定しかつ制御する部分と、試験片の温度変化に伴う寸法変化を計測する部分の2つから構成されている。試験片であるゲージブロックは真空チャンバー内の温度制御されたステージ上に置かれ、3個の白金抵抗測温センサーによって温度を測定する(写真)。必要な精度での校正を行うためには試験片の温度に関してミリケルビンオーダーで安定した制御が必要であるが、本計測システムでは、単一デバイスで冷却と加熱が可能な熱電素子(ペルチェ素子)の使用によりこれを実現している。一方、温度変化にともなう試験片の寸法変化は、He-Neレーザを光源とするレーザ干渉計により、レーザ光の波長を基準としてナノメートルオーダーで絶対測定される。熱膨張率測定では、試験片の微小な寸法変化の測定を温度変動環境下で行うことが避けられない。そこで、本測定システムでは

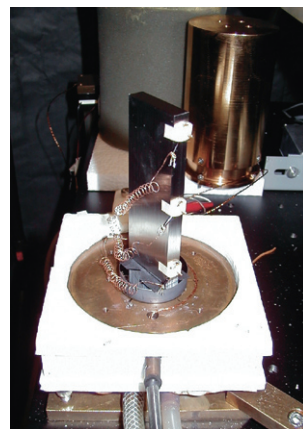


写真 試験片設置時の様子

この問題を、温度変動による試験片の姿勢変化による“みかけ”の寸法変化を自動的にキャンセルする機能を持った光ヘテロダイン式2重光路レーザ干渉計の開発によって解決した。

現在、JIS K級のゲージブロックについて本測定システムによる熱膨張率の依頼試験を行っている。校正は、呼び長 20-100 mm までの短尺ゲージブロックについて 5℃~35℃の任意の温度で可能であり、最高測定能力は不確かさとして $7.7 \times 10^{-9} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$ ($k=2$) である。

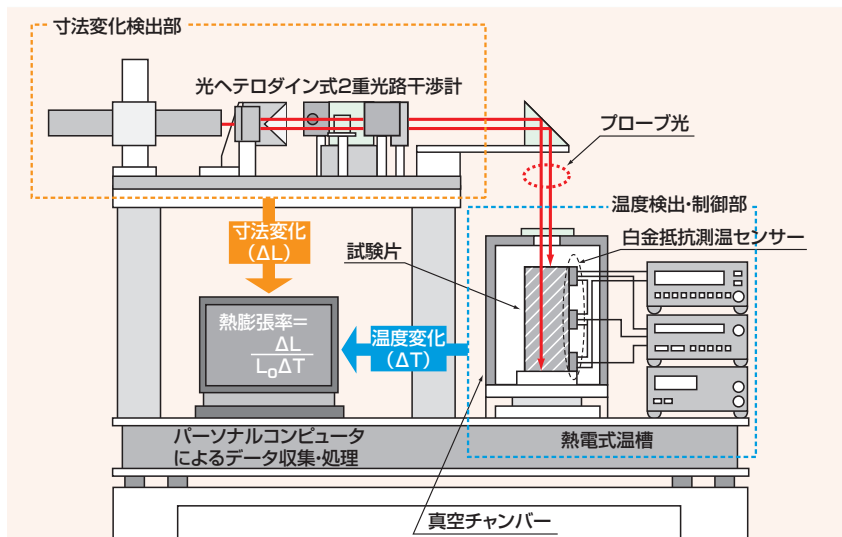


図 計測システムの概要

先端技術への応用

本計測システムはゲージブロックと同等の精度で加工でき、かつプローブとなるレーザ光について0.3以上の反射率が確保できる固体材料であれば、ゲージブロックと同様に熱膨張特性の評価を行うことができる。低膨張機能材料($< 5 \times 10^{-8} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$)についても、十分な検出感度をもった絶対測定による特性評価を行うことが可能であり、新規機能材料開発、精密機器製造など様々な分野で材料特性の高精度な基盤的情報の提供が期待される。

新潟県中越地震に即応したシームレス地質図

地質情報研究部門 井川敏恵・脇田浩二・駒澤正夫・竹内圭史・柳沢幸夫・尾崎正紀
 地質調査情報センター 宮崎純一

新潟県中越地域のシームレス地質図

2004年10月23日に発生した新潟県中越地震直後から産総研では様々な対応を行ってきた。災害研究の基礎となる地質情報の迅速な供給もその一つである。いち早く基礎資料として作成・公開された20万分の1シームレス地質図を紹介する。

シームレス地質図とは、地域毎に異なっていた凡例を全国で統一し、更に地質図境界を調整した「継ぎ目なしの地質図」のことである。このシームレス地質図は全国均質な地質情報データベースであり、どんな地域範囲の地質図でも自由に切り出して使用することが可能である。作成された20万分の1シームレス地質図は研究情報公開データベース(RIODB)を通じてウェブ上(<http://www.aist.go.jp/RIODB/db084/>)で公開された。現在は北海道地域、東北地域、関東地域のシームレス地質図を閲覧できる。20万分の1シームレス地質図は、凡例が全国で統一された地質

図としては、現在日本でもっとも詳細な地質図となる。

今回公開されたのは、全国版シームレス地質図の情報を利用し作成された、震源地域を含む広域のシームレス地質図(<http://unit.aist.go.jp/igg/rg/asia-info-rg/Nigata/seamlessmap.htm>)である。この地質図には重力図を重ね、地表及び地下の構造を理解できるようにしてある。

中越魚沼地域のシームレス地質図

新潟県中越地震発生後、災害の調査・解析の為、「中越魚沼地域の5万分の1数値地質図(地質調査総合センター研究資料集, no.412, <http://www.gsj.jp/GDB/openfile/files/no0412/0412index.html>)」を作成した。これは既刊の5万分の1地質図幅「長岡」「小千谷」「十日町」地域の全域及び「須崎」の一部、さらに図幅が作成されていない「守門岳」地域の一部を加えシームレス化したものである。これによって、災害が発生した地域の

地質構造を詳細に把握することができ、地滑りや地割れ等の発生地域と地質構造との関連を科学的に検証する基礎資料として重要な役割を果たしている。

地質図のシームレス化の意義

地質図は地下に分布する岩石や地層を色の違いで表現した地図のことであるが、地質図は作成時期によって隣接地域で精度や解釈が異なることが多い。このような地質図は利用者にとって不便で分かりにくいので、岩石や地層の分け方(凡例)を統一し、地層の境界を連続させた一枚の広域地質図とすることが望まれていた。

今後20万分の1シームレス地質図は2006年度までに日本全国のデータを完成させる予定である。また新たに加えられる地質情報に基づいた改訂も行う計画である。このシームレス地質図は単独での利用だけではなく、この図面上に災害・防災情報や地球物理情報など異なる情報を重ねた、統合データベースとして整備可能な基礎資料である。インターネットなどを通して多くの人々の利用を期待したい。

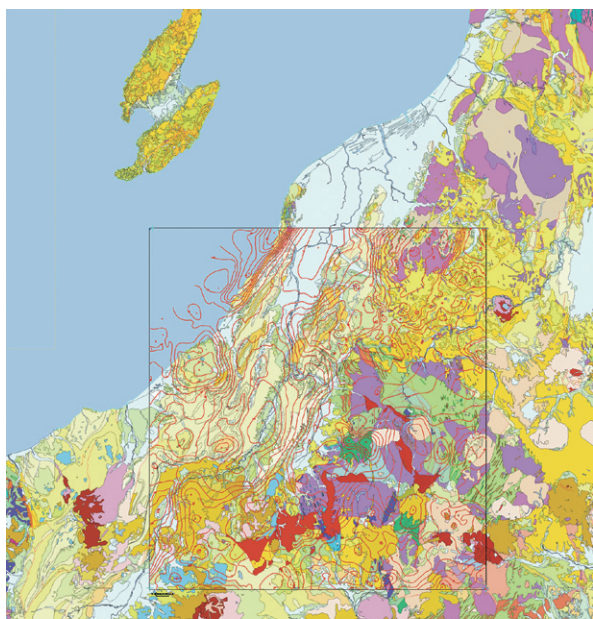


図1 新潟県中越地域20万分の1シームレス地質図に重力図を重ね合わせたもの

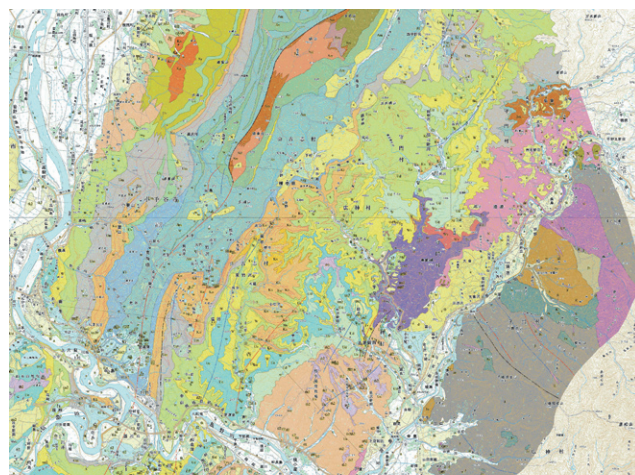


図2 中越魚沼地域の5万分の1数値地質図(一部)

交流電圧標準のための交直変換器の試験方法

計測標準研究部門 エレクトロニクス研究部門 産学官連携部門工業標準部

標準情報(TR)提供の背景

近年、交流電圧測定用電子計測器の飛躍的な性能向上にともない、校正用計測器に対する要求精度も高くなっている。交流電圧の標準は、産業界において極めて重要であり、貿易の円滑な促進のためにも欠かせない。

交流電圧は、時間的に変動する電圧の実効値で定義される。これに基づいて交流電圧標準を導出する手法としては、熱電変換素子を用いた交流電圧及び直流電圧の実効値の熱発生量比較が最も広く採用されている。この熱電変換素子の特性を精密に試験する方法として、ファストリバースDC法が産総研を中心に研究開発された。この方法の利用範囲は、現時点では先進各国の国立標準機関等ごく一部に限られているが、今後広く産業界において利用される可能性がある。そこで用語の統一と試験方法のガイドラインとして、標準情報(TR)を提供することになった。この標準情報は、近く経済産業大臣から公表予定である。

規格供給の目的

交直変換器を利用した交流電圧標準の導出には、交直変換器の有する熱的交直差を高精度で推定することが必要不可欠である。1990年代初頭までは、先進各国で開発した熱電変換素子を用いた理論的な推定によって、 $10\mu\text{V}/\text{V}$ レベルで交流電圧標準を確立していた。しかし、その理論値の信頼性を検証することは容易ではなく、実際各国の導出する標準の間に $3\mu\text{V}/\text{V}$ 程度の不一致が生じていた。この問題は、近年の電子計測器の飛躍的な性能向上にともない、

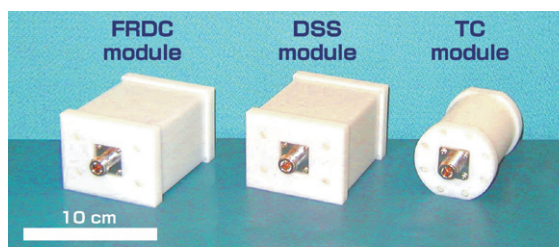


写真1 交直差標準に用いられる試験装置の例。交直変換器(TC module)の交直差を、ファスト・リバースDC装置(FRDC module)で評価するとともに、精密交直電圧発生装置(DSS module)を用いて、交直差比較試験を行う。

解決すべき大きな問題となった。

交直差の値を理論によらずに実践的に評価する手法として、ファストリバースDC法がM. Klonzにより提案された。さらに1992年に産総研(旧電子技術総合研究所)から提案された改良型のファストリバースDC波形は、オフタイムを導入して矩形波のもつ周波数の影響を排除することによって、熱的交直差を $0.1\mu\text{V}/\text{V}$ レベルで測定することを可能にした。この改良型のファストリバースDC法は、上記の不整合性の解消に貢献するとともに、先進工業国の国立標準研究機関におけるデファクトスタンダード(市場競争によって勝ち残った事実上の標準)として利用される状況となった。

一方、校正試験事業者が交流電圧標準を導出する場合には、既知の交直差を有する交直変換器を基準として、他の交直変換器、交直比較器などの交直差を比較試験によって求める方法が用いられている。そこで、標準情報では交直差を比較測定するための試験方法についても、交直差を絶対測定するためのファストリバースDC法の試験方法と合わせて規定することとした。

標準化された手法及び手順を用いて交直差の比較試験を行うことで、

校正試験事業者は、交流電圧標準を合理的かつ国際的に整合性のある形で導出し利用することが可能になる。

今後の動向

現在、従来のファストリバースDC法の弱点(出力電圧の時間的変動が不可避で、熱的交直差測定時の不確かさの原因となる)を克服するため、ジョセフソン素子の量子化電圧ステップを用いた方法の試験が始められている。この方法は、任意の電圧ステップを瞬時に選択することが可能な、新方式のプログラマブル型ジョセフソン電圧標準を応用して行われる。

この技術によって、更に高精度で、かつ信頼性の高い交流電圧標準の実現が期待できる。



写真2 プログラマブル型ジョセフソン電圧標準素子を用いて行われる、高精度のファスト・リバースDC測定。

ファストリバースDC法：同じ実効値を有する「直流的な性格を有する矩形波(CPDC)」と「交流的な性格を有する矩形波(FRDC)」を精密に合成する技術。CPDC、FRDCそれぞれの波形を交直変換器に入力し、波形に対する交直変換器の応答の差から、交直変換器の特性を評価するもの。