

## 第1日目(1/20)

### 計測標準研究部門 時間周波数科

#### 時間標準研究室

##### 1) 原子泉型周波数標準器の非連続運転が国際原子時(TAI)校正データの不確かさに与える影響

柳町真也、池上 健、黒須隆行

国際原子時(TAI)を小さな不確かさで継続的に運用していくためには、TAI に対する一次周波数標準器の校正データが必要である。この場合、我々は周波数比較の不確かさを小さくするために、国際度量衡委員会が定めたスケジュールに従って一次周波数標準器を5日間連続運転させる。しかしながら、原子泉型周波数標準器はその操作性が複雑なため、5日間の連続運転が難しい。このため、周波数比較が定められた5日間で非連続的に行われると、それは周波数比較の不確かさに影響を与える。通常は、このような不確かさが大きくなるのを避けるために、TAI との周波数比較の際には安定度の優れた水素メーザーがフライホイールとして用いられる。本報告ではさまざまな周波数比較スケジュールをとった場合、原子泉型周波数標準器の非連続運転が周波数比較の不確かさに与える影響を調べた。

##### 2) 低温サファイア装荷共振器を用いたマイクロ波発振器

渡部謙一、柳町真也、池上健、大嶋新一

ウィスパリングギャラリーモードで動作する、低温サファイア装荷共振器を用いたマイクロ波発振器は、セシウム原子泉方式一次周波数標準器用の局部発振器として有望である。今回、6 K に冷却したサファイア共振器を用いて発振器を構成し、水素メーザーと比較したとき、周波数安定度として1秒で $6E-13$  が得られたので、その結果について報告する。

#### 波長標準研究室

##### 3) 光周波数計測における周波数安定度の劣化要因

稲場 肇、柳町真也(時間標準研究室)、洪 鋒雷、大苗 敦、  
古賀保喜(時間標準研究室)、松本弘一(長さ計測科)

フェムト秒モードロックレーザとフォトニック結晶ファイバを用いた光周波数計測において、1秒平均での周波数安定度が $10^{-12}$ より良い高安定レーザおよび高安定マイクロ波発振器の光-マイクロ波周波数リンクを行う場合、それらの信号の取り扱いを注意深く行う必要がある。光周波数計測において短期安定度を劣化させうる要因を、位相雑音測定により評価したので報告する。

##### 4) APMP レーザ波長国際比較への参加

石川 純

2004年10月に中国のNIMにおいて、APMPのレーザ波長(633nm ヨウ素安定化 He-Ne レーザ)の国際比較が実施された。比較には、ホストの中国を含め APMP 域内の8機関が参加した。比較の概要、および結果について報告する。

##### 5) 1.3ミクロンの周波数安定化レーザと光コムを用いた周波数測定

洪 鋒雷

超短パルスモード同期レーザとフォトニック結晶ファイバの組み合わせは、広帯域光コム発生に大きな発展をもたらしている。我々は今まで、532nm ヨウ素安定化 Nd:YAG レーザ及び1.5mmのアセチレン安定化レーザの周波数測定を行ってきた。今回は、1.3mmの周波数安定化レーザを新たに開発し、その絶対周波数を光コムを用いて測定した。

## 周波数システム研究室

### 6) 周波数システム研究室の研究・業務計画

今江理人

周波数システム研究室は、平成16年7月に発足した時間周波数科の研究室です。当研究室では、時系の高度化、周波数標準供給の実施とその基礎研究、周波数・時刻比較法の高度化に関する研究開発などの従来当所で比較的手薄であった分野を担当しています。本報告では、当研究室の研究・業務の展開や計画に関して紹介します。

### 7) 光ファイバを用いた周波数・時間標準の供給及び比較技術に関する研究開発

雨宮正樹

将来の高精度な周波数・時間標準の供給法及び時刻比較法として光ファイバ網の活用が期待されています。本報告では比較的安価に周波数標準を供給する方法として全国に張り巡らされた光ファイバ網を利用した形態についての検討結果とさらに将来必要となる高精度時刻比較技術として最新のWDM伝送や光増幅技術を適用したシステム構成法についての検討結果を紹介します。

## 計測標準研究部門 長さ計測科

### 長さ標準研究室

#### 8) ヨウ素分子を用いた超小型Nd:YVO4 レーザーの周波数安定化

寺田聡一、洪鋒雷

Nd:YVO4 レーザーは Nd:YAG レーザーとほぼ同じ波長である。Nd:YAG レーザーは非常に高価なため、小型で安価な Nd:YVO4 レーザーを製作し、ヨウ素分子吸収線を用いて周波数安定化を行った。

#### 9) 低熱膨張ガラス製ブロックゲージの干渉計による校正不確かさの評価

尾藤洋一、大澤尊光、高辻利之

低熱膨張ガラス（クリアセラム）製長尺ブロックゲージの干渉計による校正不確かさの評価を行った。校正不確かさはスチール製ブロックゲージに比べ約半分であった。

#### 10) *The optical equivalent of a microwave synthesizer*

シプリ・トーマス、美濃島薫、洪鋒雷（時間周波数科）、  
稲場肇（時間周波数科）、尾藤洋一、大苗敦（時間周波数科）、松本弘一

This work presents a device similar to a microwave synthesizer operating at hundreds of THz. The current tuning range of the synthesizer is only limited by the tunability of the used cw laser but can possibly span over many THz. The absolute accuracy of this system is currently around 1kHz at 285THz.

#### 11) 宇宙レーザー干渉計重力波アンテナのための精密干渉技術 - ジェット推進研究所における在外研究 -

平井亜紀子

ジェット推進研究所において宇宙レーザー干渉計重力波アンテナプロジェクトに参加した。1mHz~1Hz の帯域で 10pm/sqrt(Hz) という目標感度を達成するための精密干渉技術について報告する。

#### 12) タンデム低コヒーレンス干渉を利用した固体屈折率の精密測定

佐々木薫、松本弘一、平井亜紀子

二つのブロードスペクトル干渉計をタンデムに配置することによって、現場に近い環境においても、ガラスの群屈折率を  $10^{-6}$  のばらつきで測定できた。この方法は測定方法が簡便であるので、標準供給などにおいて有効である。

#### 13) 標準尺校正装置とデジタルスケール校正装置

鍛島麻理子、寺田聡一、佐々木薫、吉森秀明、渡邊敦史、藤間一郎、松本弘一

標準尺校正装置は、今年度、2002 年に行われた標準尺国際比較のフォローアップに参加した。このフォローアップに向けての環境整備等について紹介する。また、開発中のデジタルスケール校正装置の開発経過を紹介する。

## 幾何標準研究室

### 14) 独立型自己校正ロータリエンコーダの開発

渡部 司、周 泓、藤本弘之

校正装置を使わずに、単体で自らを校正できる機能を持ったロータリエンコーダを開発した。このエンコーダの利点は、使用機器に内蔵した状態で一回転するだけで検出が困難であった取り付け偏心やエンコーダの経年変化による目盛り値の変化まで含めた校正値を求めることが出来るため、信頼性の高い高精度角度制御が可能になることである。

### 15) ボールプレート国内持ち回り測定における産総研の測定

大澤尊光、高辻利之、前澤孝一、黒澤富蔵

計測分科会においてボールプレートの持ち回り測定を2003年10月より2004年9月まで行った。参加機関は、三次元測定機メーカーや県の工業試験場など16機関であった。産総研では、持ち回り測定中に3回の測定を行った。この3回の測定から得られた知見、例えばボールプレートの経年変化等、について発表を行う。

### 16) 振動環境下における平面度測定システム

高辻利之、植木伸明(フジノン(株))、大澤尊光、黒澤富蔵、  
藤本俊幸、東 康史(先端材料科)、山岸秀一(先端材料科)

フィゾー干渉計において参照面と被測定物一体型の試料台を製作することにより、振動の大きいX線反射率測定装置機上においても平面度の測定が可能なシステムを製作した。この装置により、薄膜標準物質の校正がより高精度に行えることが期待できる。

### 17) AFM式段差校正における不確かさ - 基準直線のパラメータの信頼性 -

三隅伊知子、佐藤 理、権太 聡、黄 強先、  
黒澤富蔵、高増 潔(東京大学大学院)

NMIJ/AISTは今年度測長AFMを用いた段差校正サービスを開始する。触針式、光学式同様ISO5436-1に準拠した段差試料形状が基本であるが、Si原子ステップなど規格外の段差のAFMでの校正依頼が予想される。本研究では段差測定における基準直線算出用のデータ点数とデータ範囲より基準直線のパラメータの信頼性を求めその不信頼性に由来する不確かさを評価し、規格外の段差校正を可能としたので報告する。

### 18) 表面粗さ測定機の表面粗さパラメータ算出プログラムの検証(第二報) - 負荷長さパラメータ -

直井一也

表面粗さ測定機を用いて表面形状の測定評価を行う際に、表面粗さパラメータを求める。これは規格に規定された手順を通してパラメータの算出を行う。しかし、サンプリング間隔など測定機に依存する部分や規格において詳細に規定されていない部分があり、メーカーが独自に設定しているパラメータがある。本報告では、負荷長さ曲線パラメータの表面粗さパラメータの標準算出ソフトの作成を行い、その検証を行う。

### 19) 座標測定機による形体計測の不確かさの推定

梅津健太(東京電機大学大学院)、大澤尊光、高辻利之、黒澤富蔵

CMMによる任意形体計測の信頼性評価が問題となっている。これらの不確かさ評価法のひとつにVCMMがあるが、これらは予備実験等の負担が大きい問題がある。本研究では定期校正結果など、少ない情報のみを用いて簡易的に任意形体計測の不確かさを評価することを目的とする。

### 20) 顕微干渉計による段差校正と国際比較の結果

土井琢磨、三隅伊知子、黒澤富蔵

長さ計測科 幾何標準研究室では、顕微干渉計による段差校正サービスを行っている。その不確かさは、 $Q[0.45, 3.9E-3L]$  nm (L:測定段差(nm))である。本発表では、その不確かさの根拠となっている国際度量衡委員会長さ諮問委員会企画の段差の国際比較(Nano2)の結果について述べる。

## 2 1 ) AFM 式段差校正における不確かさ評価 - 校正装置間の同等性比較 -

佐藤 理、三隅伊知子、権太 聡、黄 強先、土井琢磨、  
黒澤富蔵、高増 潔 (東京大学大学院)

NMIJ/AIST は今年度測長 AFM を用いた段差校正サービスを開始する。校正装置に用いる測長 AFM 1 号機については国際比較、国内比較を通して校正結果の信頼性を担保している。本研究では、これまでに国際比較を行った他の校正装置と、測定範囲を拡大した測長 AFM 2 号機との間で段差測定結果の比較を行うことにより、校正値の同等性比較を行った。その結果を報告する。

## 2 2 ) 歯形測定機校正原器のボール中心間距離測定装置の開発

近藤余範 (東京理科大学大学院)、近藤孝之、  
大澤尊光、直井一也、高辻利之、黒澤富蔵

歯形測定機の精度を 2 個のマスタボールを用いて nm オーダで校正する研究開発を行っている。この場合、ボール中心間距離の測定不確かさは 100 nm 以下であることが要求される。この目的には、三次元測定機が一般的には用いられるが、測定精度が十分でなく、測定点数には限りがありボールの形状偏差が不確かさ要因となる。そこで、ボールの形状を連続的に測定し形状偏差の影響を受けにくいボール中心間距離測定装置を開発した。

## 2 3 ) X 線を用いた精密角度測定

藤本弘之、渡部 司、張 小威 (高エネルギー加速器研究機構)、中山 貴

ナノラジアン of 角度分解能を持つ角度設定装置とそれを用いた微小角測定器の校正、X 線と精密角度測定技術を用いた精密回折による研究について報告する。

# 計測標準研究部門 音響振動科

## 音響超音波標準研究室

### 24) 標準マイクロホンに関する国際基幹比較の現状

佐藤宗純、堀内竜三、藤森 威、高橋弘宣

BIPM および APMP で行われている標準マイクロホンに関する国際基幹比較 (CCAUV.A-K1, CCAUV.A-K2, CCAUV.A-K3, CCAUV.A-K4, APMP.AUV.A-K1)の実施状況や結果について報告する。

### 25) マイクロホンによる音場補正量の違いについて

藤森 威、高橋弘宣、堀内隆三、佐藤宗純

現在の可聴音響標準体系では標準マイクロホンの音圧感度校正が基本となっており、実用上重要な音場感度については直接的な校正が困難であるため、カプラ校正により求めた音圧感度に一定の補正量を加えて求めている。この方式による音場感度の不確かさを決定するため、音場感度と音圧感度の差が個々のマイクロホンによりどの程度ばらつくかを実測した。

### 26) 低周波数帯域における標準マイクロホン校正法についての検討

高橋弘宣、藤森 威、堀内竜三、佐藤宗純

低周波数帯域における標準マイクロホンの校正法として、可聴周波数帯域での校正法として確立されている相互校正法のほかにも、静電アクチュエータを用いた方法などが知られている。しかし、校正精度に関する検討は十分に行われていない。そこで、本報告では、低周波数帯域における標準マイクロホン校正法の校正精度の検討結果を報告する。

### 27) 超音波パワー測定における音響流の影響の評価

菊池恒男

超音波パワー測定では、超音波によって発生する“放射力”を天秤で測定し、パワーに換算する。その際、放射力に音響流の効果が重畳することが問題となる。そこで、本研究では、超音波パワー計測に与える音響流の影響の評価を試みたので、測定方法及び測定結果について報告する。

### 28) レーザ干渉法を用いたメンブレンハイドロホンの感度校正

吉岡正裕、松田洋一、佐藤宗純、菊池恒男

現在構築しているレーザ干渉法によるハイドロホン校正システムは、干渉計により測定された超音波の粒子速度で振動している薄膜の振動振幅から得られる超音波音圧と、この音圧を受けた際のメンブレンハイドロホンの出力電圧の比から自由音場感度を決定する。今回は、このシステムにより測定された 20MHz までの感度測定結果について報告する。

### 29) 位相共役光干渉計を用いた表面き裂及び内部欠陥の画像化に関する研究

松田洋一、西山 輝 (明治大学理工学部)

大型構造物の超音波探傷では、機械振動等の外乱が加わる環境で広範囲を検査すること及び接合部等の複雑形状部を検査することが求められる。今回、パルスレーザにより発生させた縦波及び表面波超音波を外乱に強い位相共役光干渉計を用いて検出し、表面き裂及び内部欠陥を画像化するシステムについて検討したので報告する。

## 強度振動標準研究室

### 30) 標準供給整備計画に向けた振動加速度標準の整備状況

白田 孝、石神民雄、大田明博

現在 Jcss 制度の元で 1Hz ~ 5kHz までの振動加速度標準を供給している。今後 2005 年に低域を 0.1Hz まで、2006 年に高域を 10kHz まで拡張する予定である。これらの現状と拡張に向けた取り組みを紹介する。

### 31) サーボ加速度計による J C S S 技能試験の測定結果

石神民雄、白田 孝

製品評価技術基盤機構適合性評価センター認定センター (N I T E) 運営による、認定を希望する事業者に対する試験所間比較による技能試験を行った。圧電式及びサーボ式加速度計を仲介器として用いた技能試験のうち、ここではサーボ式振動加速度計による、1 ~ 200Hz の振動数範囲の測定結果について述べる。

### 32) シャルピー衝撃試験機の検証用試験片の不確かさ解析 (第2報)

高木智史

産総研が行っている基準シャルピー衝撃試験機の依頼試験を行う際に使用する参照用試験片の不確かさを、いくつかのエネルギーレベルにおいて見積もった結果を示す。また、3 年間に渡って行われた日本-米国-EU 間国際比較の結果と比較し、その妥当性を検討した結果を示す。

### 33) ブリネル硬さ国際比較結果に関する検討

服部浩一郎

2003 年より NMIJ を幹事国としてブリネル硬さの国際基幹比較が行われた。NMIJ が巡回前後に行った測定結果について検討した結果について考察する。それらの不確かさ要因について報告する。また基幹比較で各国から報告された結果のまとめかたについて検討した結果も合わせて報告する。

### 34) ビッカース硬さ標準機におけるくぼみ対角線長さ測定の不確かさに関する研究

清水伊三男、宮田真之輔、高木智史

ビッカース硬さ試験では、くぼみ対角線長さの測定誤差は大きな不確かさ要因であることが知られている。その要因効果は過去にも検討されているが、硬さ標準機が更新された後は行われておらず、現在の設備で再度検討が必要である。本研究では、4 種類の参照くぼみを用いて測定者の影響、測定の安定性による不確かさの程度を評価した結果を報告する。

### 35) 正方形平面振動子による超音波音場と円形平面振動子による超音波音場の比較

今村 徹

円形平面振動子の中心軸上に於いては、超音波回折の効果により複雑な音場を示す。特に軸上の音圧位相遅れ分布を見ると、振幅分布が零の点で奇妙な飛びを示す。一方、正方形平面振動子の場合、振動子の中心軸上に於いても音圧位相遅れの飛びは見られない。

## 計測標準研究部門 流量計測科

### 気体流量標準研究室

#### 36) 充てん機用流量計の開発

中尾 農一

燃料電池車に水素スタンドにおいて水素を充てんするときに使用する音速ノズル式流量計を開発する。この流量計は、60Lの車載タンクに5分間で70MPaまで水素を充てんすることを目的に設計された。この流量計を70MPaで校正することはできないので、既存校正装置で校正可能な音速ノズルを複数組み込んだ校正器を試作し、これを直列に接続し比較校正する。

#### 37) 臨界ノズルの流量特性に対する入り口面大きさの影響

石橋 雅裕

臨界ノズルの形状を規定するISOやASMEは、ノズル入り口面の直径として、スロート直径の2.5倍以上であることを求めている。しかし、その妥当性を系統的に確認した測定は未だ行われていない。今回は、形状誤差が非常に小さいHPN(High-precision nozzle)の上流側を切削することにより、様々な大きさの入り口面を持つHPN群を製作し、これらを定積槽システムで校正することにより、臨界ノズルの流量特性に対する入り口面直径の影響を測定した。

#### 38) 気体流速の基幹比較とその仲介器について

栗原 昇

気体流速標準はJCSS校正だけでなく気象用基準器の校正においても需要があり、測定能力の維持だけでなく、国際的な同等性の保証は重要な課題である。産総研はCCMの流量に関する作業部会(WGFF)において、気体流速に関する基幹比較のパイロットラボを務めており、現在、仲介器の開発・評価を進めている。今回は、その進捗状況について報告する。

#### 39) 水素用超音波流量計

星川 賢、中尾 農一、高本 正樹

近年、燃料電池など水素を利用した技術が注目されており、水素の流量計測の要求が高まっている。本テーマでは水素用の超音波式流量計測定部の開発を行っている。定常流においては30~240L/minの範囲で±1%の誤差範囲での測定が可能となり、さらに流量変動がある場合での精度向上を目指している。

#### 40) 水封式湿式ガスメータによる実流入流量の推定

関谷 克実、中尾 農一、高本 正樹

現在水封式湿式ガスメータで行われている蒸気圧補正では測定対象気体に含まれる蒸気圧分の体積の補正はできるが、長時間の計測によって起こる液位の減少による計測誤差については議論することができない。ここでは測定流量と液位変化の関係を調べ、その結果を基に、流入気体の湿度を一定に保つことで液位の減少を抑え、蒸気圧補正の方法を用いることなく実流入流量を推定する方法を提案する。

## 液体流量標準研究室

### 4 1) 水流量の国際基幹比較 (CCM,FF-K1)参加報告

寺尾吉哉、佐藤浩志、高本正樹

CIPM/CCM/WGFF が主催する水流量の国際基幹比較に参加した。参加国は韓国(パイロット)、日本、ドイツ、スウェーデン、英国、メキシコの6ヶ国である。トランスファースタンドとして、口径 100 mm のコリオリ流量計とタービンメータを直列に配置したものが用いられた。本報告では、国際比較の概要と産総研で得られた結果を述べる。

### 4 2) 石油大流量校正設備による流量計の評価

嶋田隆司

石油流量の国家標準は、液種が灯油と軽油、最大流量が 300m<sup>3</sup>/h と範囲が限定され、取引量の大きなガソリンや重油等の液種、300m<sup>3</sup>/h 以上の大流量には対応できないのが現状である。そこで、校正液種が灯油・軽油である世界最高精度の石油大流量校正設備を根拠とした標準流量をガソリンから重油までの広い粘度範囲へ拡大するための第1段階として、さまざまな測定原理を有する流量計を石油大流量校正設備で校正し、流量計の流量特性に及ぼす液体物性、温度、圧力の影響を評価した。

### 4 3) 原子炉用超音波流量計の計測精度に関する研究 ~超音波流量計の適用に向けて~

佐藤浩志、寺尾吉哉、高本正樹

既設流量計よりも高精度な流量計の利用により、熱出力管理の高度化のみならず発電所の獲得電力最大化が期待されている。国内の各電力会社は高精度超音波流量計を原子炉給水用流量計としてプラントへの適用を検討し、多くの実験を重ねてきた。本報告では、超音波流量計を原子力発電所の主給水流量計として適用するにあたり、試験概要を報告する。

### 4 4) 原子炉用超音波流量計の校正・試験設備の概念設計

佐藤浩志

日本国内の原子力発電所では主給水流量計として、超音波流量計の導入が検討されている。流量計の測定精度を高度化出来れば、安全性の向上が見込まれるだけでなく、獲得電力の最大化が技術的に可能となり経済的に大きな効果に期待が寄せられている。そこで、原子炉用給水流量計としての超音波流量計の校正を目的とする試験設備の建設を開始した。本報告は、新規設備の技術的成立性の検討結果と新規設備の概要を報告する。

### 4 5) 5t タンクシステムを用いた流量計校正の不確かさ評価

佐藤浩志

当研究室は液体(水)中流量域(200~5 m<sup>3</sup>/h)の標準供給を目的として開発した 5t タンクシステムを維持・管理している。本システムは2枚羽根式ダイバータを有し、校正の不確かさを低減できる特徴を持つ。本報告は、当該システムを用いた流量計校正の不確かさ評価について報告する。

### 4 6) 石油中流量標準設備用新型転流器の開発

土井原良次

今後、石油流量標準の一貫した JCSS 制度の確立や低流量、低粘度側への標準供給範囲の拡大には石油中流量標準設備が必要になる。世界最高精度の大流量設備と同等の不確かさを低予算と省スペースで実現するために、新型の転流器と秤量タンクシステムを開発した。最新の二枚羽根式転流器を発展的に改良し、高精度と使い易さ、広い流量範囲、防爆安全性、低コストなどの両立を目標としている。水を使ったプロトタイプを製作し、改良点を確認する評価実験を行った。

## 流量計試験技術室

### 47) 積算流量計温度環境試験装置の概要

島田正樹、大谷怜志

積算体積計の温湿度試験装置を製作した。この試験装置は、流体（水、空気）を流しながら、設定された温度及び湿度の環境条件を造りだす。そこで、本装置の概要を紹介する。

### 48) 気体用積算流量計試験装置の改良

菅谷美行、高橋 豊、神長 亘（企画本部・法定計量技術科）、  
石橋雅裕（気体流量標準研究室）

1986年に開発・製作した気体用積算流量計試験装置は気体用積算流量計の大気圧における器差特性試験を行うものである。このたび装置の老朽化に伴う更新・改修工事を行うにあたり、流量計・温度計・圧力計等計測機器類の国家トレーサビリティを実現するための装置の大幅な改良も行ったので、その内容について報告する。

### 49) 家庭用超音波ガスメーターの欧州における動向

小谷野泰宏

今回、国際法定計量調査研究委員会の調査事業として「ガスメーター欧州実態調査」が実施された。調査は、昨今、日本でも導入が検討されている家庭用超音波ガスメーターについて、逸早く導入されたヨーロッパの検定検査の実態、技術的課題、需要動向等を中心に行われた。本報告は、この家庭用超音波ガスメーターの調査状況について報告する。