

研究評価委員会「計量器校正情報システムの研究開発」(事後評価)

第1回分科会 議事録

日時：平成21年11月21日(土曜日) 10:30~17:20
 場所：大手町サンスカイルーム(朝日生命大手町ビル27階) D会議室
 (〒100-0004 東京都千代田区大手町2丁目6番1号)

出席者(敬称略、順不同)

<分科会委員>

分科会長	本多 敏	慶應義塾大学 理工学部 物理情報工学科	教授
分科会長代理	相田 一夫	静岡大学 工学部 システム工学科	教授
委員	井口 哲夫	名古屋大学大学院 工学研究科	教授
委員	香川 利春	東京工業大学 精密工学研究所	教授
委員	高谷 裕浩	大阪大学大学院 工学研究科	教授
委員	土屋 智由	京都大学大学院 工学研究科 マイクロエンジニアリング専攻	准教授
委員	渡部 泰明	首都大学東京大学院 理工学研究科 電気電子工学専攻	教授

<経済産業省>

オブザーバー	横瀬 栄二	経済産業省産業技術環境局基準認証ユニット 知的基盤課	課長補佐
オブザーバー	遠藤 良樹	経済産業省産業技術環境局基準認証ユニット 知的基盤課	係長

<推進者>

推進者	早野 幸雄	NEDO技術開発機構 研究開発推進部	統括主幹
同	山本 健一	NEDO技術開発機構 研究開発推進部	主幹

<実施者>

実施者	桧野 良穂	産業技術総合研究所 計測標準研究部門	副研究部門長
同	中村 安宏	産業技術総合研究所 計測標準研究部門	主幹研究員
同	今江 理人	産業技術総合研究所 計測標準研究部門	科長
同	臼田 孝	産業技術総合研究所 企画本部	総括企画主幹
同	美濃島 薫	産業技術総合研究所 計測標準研究部門	室長
同	柚木 彰	産業技術総合研究所 計測標準研究部門	室長
同	大田 明博	産業技術総合研究所 計測標準研究部門	室長
同	平井 亜紀子	産業技術総合研究所 計測標準研究部門	主任研究員
同	鈴山 智也	産業技術総合研究所 計測標準研究部門	研究員
同	佐藤 泰	産業技術総合研究所 計測標準研究部門	研究員
同	佐藤 理	産業技術総合研究所 計測標準研究部門	研究員
同	小島 桃子	産業技術総合研究所 計測標準研究部門	研究員
同	梶川 宏明	産業技術総合研究所 計測標準研究部門	研究員
同	木藤 量隆	産業技術総合研究所 計測標準研究部門	テクニカルスタッフ
同	花岡 健一	長野県工業技術総合センター 精密・電子技術部門	主任研究員

同	松沢 草介	長野県工業技術総合センター	技術連携部門	研究員
同	下山 昭彦	日本電気計器検定所	技術研究所	係長
<企画調整>				
企画調整	橋本 千晃	NEDO	総務企画部	主任
<事務局>				
事務局	竹下 満	NEDO	研究評価部	統括主幹
同	寺門 守	同		主幹
同	吉崎 真由美	同		主査
同	花房 幸司	同		主査
同	山下 勝	同		主任研究員
同	峯元 克浩	同		主査
<一般傍聴者> 1名				

議事次第

1. 開会、分科会の設置について、資料の確認
2. 分科会の公開について
3. 評価の実施方法について
4. 評価報告書の構成について
5. プロジェクトの概要説明
 - 5-1. 事業の位置付け・必要性、研究開発マネジメントについて
 - 5-2. 研究開発成果、実用化の見通しについて
 - 5-3. 質疑
6. プロジェクトの詳細説明
 - 6-1. 時間標準
 - 6-2. 長さ標準
 - (1)波長
 - (2)光ファイバ応用
 - 6-3. 電気標準
 - 6-4. 放射能標準
 - 6-5. 三次元測定機標準
 - 6-6. 振動・加速度標準
 - 6-7. 圧力標準
7. 全体を通しての質疑
8. まとめ・講評
9. 今後の予定、その他
10. 閉会

議題 1. 開会、分科会の設置、資料の確認

事務局より資料 1-1、1-2 に基づき本分科会設置についての説明があり、予めNEDO技術開発機構理事長より指名された本多分科会長が紹介された。本多分科会長の挨拶の後、分科会委員、プロジェクトの推進・実施部門、評価事務局の出席者が紹介され、続いて事務局から配布資料の確認が行われた。

議題2. 分科会の公開について

事務局より、資料2-1および資料2-2に基づき、研究評価委員会関係の公開について説明が行われた。本分科会については、すべて公開で行うこととした。

議題3. 評価実施方法について

議題4. 評価報告書の構成について

事務局より、資料3-1～3-5および資料4に基づき、評価の実施方法と評価報告書の構成に係わる提案について説明が行われた。事務局からの提案内容を基本に本評価を進めることが了承された。

議題5. プロジェクトの概要説明

推進・実施者より資料6-1、資料6-2に基づき説明が行われ、引き続き質疑応答が行われた。

(本多分科会長) ありがとうございます。ただいまのご説明に対しましてご意見、ご質問等がございましたら、お願いいたします。技術の詳細につきましては、後ほど議題6で議論いたしますので、ここでは主に事業の位置づけ・必要性、マネジメントについてご意見をお願いしたいと思います。いかがでしょうか。

(井口委員) 研究開発目標の設定の表と、達成度についての表で、いわば問題提起と回答という形で出ていると思いましたが、この研究開発目標の各研究項目の中身を見てみると、温度差があるように思います。例えば、私が専門とする放射能標準だと、精度が±20%以下と書いてあって、これなんかは非常に容易に達成できるのではないかという印象を受けてしまうのに対して、ほかの、例えば、時間標準とか、長さ標準ですと、コスト等も含めて、かなり設定目標を厳しめといいますか、実用化でもかなり高いレベルに設定しているような印象を受けます。評価する場合に、研究開発目標を設定する場合の根拠はわかりますが、例えば、世界最高水準をねらうとか、そういう各研究項目で意思統一といいますか、基準というものを最終的に議論されているのでしょうか。

(産総研・桧野 PL) プロジェクトリーダーの桧野でございます。ただいまの温度差ということでございますが、1つには、標準と一口で言いますが、非常に広い範囲に散らばっているということがございます。この 10^{-13} 台の不確かさというのは、GPSから得られる信号を利用すれば、大体、ふだんでも 10^{-11} から 10^{-12} 程度まではだれでもだせる。そこからさらに一步進むには、このぐらいの精度が必要です。これは何に使われていくかと言いますと、例えば、地上デジタル放送局ですね。これから地上デジタル放送が発展していきますと、全国で1万局ぐらいのそういう中継基地というのが出てきますが、それらがきちんとチューニングされるには、少なくともこのぐらいは必要だし、このぐらいはできるということを目指して設定しましたなど、それぞれの根拠がございます。また、放射能に関しましては、±20%は大きいのではないかという話もございますが、一般的にはサーベイメータは、普通、放射能の汚染があるなしを測るという目的がまずあります。測り方によっては、それこそ±200%というものもある世界も、中にはあります。しかしながら、例えば、数年前のJCOの事故のようになるときに、サーベイメータがピピピッと鳴っていると、あの鳴っている音はわかるのだけれども、じゃあ、どのぐらいの量があるんだと、その量というのは正しいのかと言われたときに、えっということになってしまう。そのような現場機器におきましては、ある条件をきちんと決めてやることによって、±20%を目標とする。決してこれは甘い数字ではなくて、サーベイメータにとっては結構厳しい値だと思います。それぞれの量目ごとに設定した目標としましては、かなり技術的にぎりぎりのところを詰めているつもりでございます。

(本多分科会長) よろしいでしょうか。今のご質問に対しては、要は、個別のことに対して、現場からの精査のもとに、ここまで達成できるだろう、これを目標にしようという形でつくり上げたというふうに解釈してよろしいということですね。

(産総研・桧野 PL) ありがとうございます。そのとおりでございます。

(本多分科会長) ほか、いかがでしょうか。技術的な内容についてはこの後ということですが、ちょっと私からお尋ねしたいことがあって。資料6-2のほうの、後のご説明の、8枚目のスライドをちょっと見せていただきたいのですが。研究開発成果についてというところで、ちょっとお尋ねしたい。8/18ですね。第1期のときの中間評価にも加わらせていただきましたが、あのときの私の認識としては、仲介標準については、計量法に記載されていないということで、それについては何か措置をしなければいけないというコメントがあったように、私は記憶しているのですけれども、それとの関連なのですが、標準化への取り組みのところに、JcssのJだけ大文字になっていますけれども、これはjcssですか。

(産総研・桧野 PL) 申しわけありません。これは、一般的な、ラーズも含めたJCSSと、スモールのほうは一次標準のほうです。

(本多分科会長) jcssは、特に計量法と関係なくできると思うので、いいと思いますが、特に物理標準を、仲介標準を使ったときにJCSSに載せるための何か考慮はされているのかということと、私の認識違いで、それはもうクリアされているということなのか、ご説明いただきたいのですが。

(産総研・桧野 PL) 今の先生のご指摘のとおり、jcssのほうは、特定標準器というのが決められておまして、なかなか仲介をそれに当てはめるといのがちょっと難しい部分がありました。第2期におきましては、一次標準を伝えるものから、さらに二次標準からその現場へと、それが第2期の目標でございますので、どちらかというJCSSで、そちらのほうはもうちょっとフレキシビリティがございまして、仲介器をきちんと使うというものができそうな形になっております。

(本多分科会長) わかりました。ありがとうございます。それと、ちょうどこのところですが、私は、評価書というか、成果報告書を拝見させていただいて、仲介標準を使うところについては、支援要員のところがかなりネックになるかなと思いついて見たいんですが、このISOに今その点で参加されているということなんです。

(産総研・桧野 PL) NITEの方にお願ひしまして、ISOのCASCOという、認証機関用の適合性をアセスする規格を議論する場がございますが、そのISOのCASCOに参加していただいて、支援要員というものを正式に取り入れるようにということをご提案して、もう文書も提案してございます。現在議論をさせていただいているということでございます。

(本多分科会長) 我々、性善説で動いていますけれども、決して世の中そうではない部分があるので、特に仲介標準を現場でというのは、そのところをどういうふうに担保されるのかなというのは、このプロジェクトではないかもしれませんが。ありがとうございます。

(香川委員) 全般的ですけども、e-trace、一次標準、二次標準、JCSS、絡んで、いろいろトレースを渡さなきゃいけないのですけれども、そのときの、今、支援要員の話が出たのですけれども、個人の技量とか、そういうものの評価というか、ガイドラインとか、その辺はいかがですか。

(産総研・桧野 PL) 現在、おっしゃるとおり、まずは相手方の支援要員にどれだけの技量があるかというのを評価して、そういう評価基準というの我々はつくってございます。それを評価した上で、こういった形の、例えば、放射能に関しましてのJCSSですと、電離箱というものがございまして。電離箱というのは、放射能の線源から出てくる放射線でもって電離される電流をはかります。ですから、その電離

箱に放射能線源を入れる、その程度はそれほど大間違いせずにはできる。測定のほうは、データはこちらのほうに持って来る。ただ、放射能線源を入れる作業は、やっぱり現場の方にやっていただくしかない。ですから、どの程度の作業だったらまず間違いなくできるかというのをきちんと評価しまして、そういったものについての支援要員という形で依頼するという形になっています。

(本多分科会長) ほか、いかがでしょうか。香川先生もたしか、第1期のときからこれに参加されていたと思いますが、何かそれに関連してコメントがございましたら。

(香川委員) 私は計測にもう30~40年かかわっていますが、いろいろな分野があつて、さっきの技量ということもあると思いますけれども、とんでもないミスがあつたりするものですから、あと、時代の流れで、アナログの社会からデジタルの社会、それをうまく取り入れるということは、競争力を保つためにも非常に大事だと思っています。また、詳細のほうを見て話をさせていただきます。

(本多分科会長) ほかにご質疑いかがでしょうか、どうぞ。

(渡部委員) 先ほどおっしゃられたと思いますが、最初の資料6-1のところで、4ページ目で、数百倍の投資効果というのがありました、多分、根拠はあんまりないのかと思いますが、大体、数百倍の意味を教えてくださいませんか。

(産総研・桧野 PL) これは、非常に苦しい説明にならざるを得ないのですが、そもそも計測にかかる費用というのがどの程度かというのを推定しました。それが、いろいろな文献にありますとおり、大体、製品の10%ぐらいが計測にかかるのではないかという話でございまして、それであれば、それに対する投資効果ということで、大体このぐらいの、我々、大体、トータルで17億円使わせていただいたんですが、それに対して、400~500億出てくれば数百倍になるかということ、すみません、正直申しまして、かなりのつかみでございまして。

(渡部委員) わかりました。それに関連しますが、例えば、研究成果を発表されていますけれども、思ったよりも参加者の人数というのは少ないですね。そうではないのですか。トータルでは……。

(産総研・桧野 PL) 代表的なものが入ってます、実際にかかわっているものはかなりの数が。

(渡部委員) この人数を見ると、概して、百数十人ぐらいかなというのがありましたので、12ページですけども。先ほどの研究開発成果についてというところの12ページのところで、200人行くか行かないかぐらいの。

(産総研・桧野 PL) ここに書きました参加者数、これは見学いただいた方々でございまして、少ないとは言っても、つくばまで毎回20~30人の方が来てくださっているという、そういった感じでございまして。参加者というのは、一般的な方々がこれらの見学会とか、そういったのに来られた外部の皆様です。

(渡部委員) 大変失礼いたしました。あと、これ、すごく気になります、すごく取り組みとしてはいいのですけれども、ちょっと怖いのが、国の電子申請と同じような結果になってしまうと、非常に怖いというのがありますが、それは、完全にやれるという見通しというのはいかがでしょうか。

(産総研・桧野 PL) 先ほどのウェブトレースは、これは、既に一部の民間企業では取り入れられておりまして、自社のそういった計測機器をきちんと管理するためには、こういったものを使っていく。ですから、どちらかといえば、国がやるというよりは、それぞれの会社がやっていって、要するに、自社校正を、きちんとしたトレーサビリティに当てはめていく。トレーサビリティで怖いのは、我々はちゃんと測定していますと言ったところで、それが信用されるかどうかという、そこでございましてね。ですから、「じゃあ、おまえ、ちゃんとやったのか見せてみる」と言われたときに、「はい、こうです」と見せられるようなシステムをつくる。それは、ある意味で、国がやるというよりは、先ほどのウェブトレ

ースの部分は、かなりの部分は自分の会社内でやっている。さらにその上の部分は、例えば、NITE ですとか、そういったところが、その会社からのデータを登録させていただくような形で、うまくつながっていくような形を考えているというところでございます。

(本多分科会長) ほか、いかがでしょうか。

(土屋委員) NEDO さんの役割について、最初のほうでご説明いただきましたが、ちょっとまだ十分理解できてなくて、事業原簿で NEDO さんが入ることによるコーディネータ能力を活用する必要があったとございますけれども、具体的にどういうメリットがあったのか、もしあれば教えていただきたいのですけれども。

(NEDO・山本主幹) 先ほど体制でご説明いたしましたように、確かに NEDO からは産総研一本に対して委託をしています。ですが、そもそもこの計量器校正というのは、先ほどピラミッド図でもお示ししましたように、校正事業者ですとか、企業などが、ある意味、ステークホルダーというか、関係者として存在します。結果的には、こういった産総研一本の体制にはなったところですが、こういった産総研以外の校正事業者や企業等の参画するようなフォーメーション、ここでは再委託とか、協力関係とか、そういったところに落ちついたところではありますが、そういったフォーメーションづくりとかというところを、まず最初に行ってください。以後の運営におきましては、先ほどの説明で申し上げたところでいくと、再委託先等も含めたところ、進捗管理をするような運営委員会というところには、産業界の方に入ってくださいようなことを、NEDO が主導で行って来ました。

(土屋委員) ありがとうございます。もう1つは、この e-trace という枠組みについて、私、不勉強でよくわからないところもありますが、桧野さんの最後のほうのご説明で、今も少し出てきたのですけれども、校正結果のウェブ管理とか、そういう部分については整備が必要と述べてあるだけで、この辺については現在やっておられないのでしょうか。また、この事業自体、そういう部分を含まなかった理由について、その部分が、ある意味、1つ重要な要素ではないかと感じましたけれども、いかがでしょうか。

(産総研・桧野 PL) ありがとうございます。最後の部分は、波及効果で、今後の展開を考えた話でございますが、まだそこまでは至っておりません。今回、我々がやっておりますこの第2期は、要するに、現場レベルに至らせるための、そういった技術的な開発は何が必要かというのを中心にやっておりますので、その物理的な仲介器はどういったものが最適か、それをコントロールするソフトはどういったものがいいかという、そういった具体的な技術的なものをやっております。それを今後どうやって展開していくかというのが、先ほどの最後の図ということになります。

(土屋委員) 繰り返しになりますけれども、今回初めて参加させていただいて、このプロジェクト自体の名前が「計量器校正情報システム」という名前になっている以上、校正情報システムという部分がプロジェクトの中に全くないようにも感じられたのですけれども、その辺については、始めるときにどういう議論がなされてこういう内容になったのかということ、ちょっと興味本位ではありますが、知りたいのですが。

(産総研・桧野 PL) そもそも論から始めますと、この遠隔校正というのがなぜスタートしたかといいますと、まずは、今から14~15年前に NIST が、GPS の信号を使った、要するに、世界的な標準を NIST がつくり上げようということを提案したということがございます。それは、どういったものかといいますと、例えば、それは、ちょっと言葉は悪いのですが、周波数帝国主義みたいなものでございまして、ジョセフソンが実用化されだしたところでございまして、周波数さえ押さえれば電圧が押さえられる、電圧

が押さえられればすべての標準が押さえられる。そういったもので、要するに、GPS 帝国主義的な標準の世界をつくり上げよう、そういった時代背景がございました。それと、もう1つ、ちょうどその時期、我々の独法化が進みまして、それでまた計量標準全般の強化というのが期待されたということがありまして、一次標準をいかにしてトランスファーできるか、そこに集中的に投資が行われております。このちょっと長たらしい名前がついたという経緯は、インターネットを使うとか、GPS を使うとか、そういった情報システムを使った新しい技術的なものが入り入れられないかということで、それでその名前がついたという経緯がございます。今回のウェブ登録のほうは、まだそこまでは、その当時、ちょっと考えておりませんでした。今回、実用化ができて、じゃあ、実際に数千台、数万台ある計測器をどうやって管理していくのということになってきまして、それだったらこれがちょうどいいねという、場当たり主義という言葉が悪いのですが、非常に発展性のある形になっておさまってきたと考えております。

(本多分科会長) よろしいでしょうか。もともと JCSS の制度があるので、そこにいかに遠隔校正というのを入れていくかというところにまず注力されたということですね。

(産総研・梶野 PL) そうです。

(高谷委員) 成果の意義についてですけれども、今回のこのプロジェクトで特に気になるのが市場の拡大と創造のあたりで、今回のこういったインフラ整備ですね、どういう成果につなげたかということなんです。特に日本の場合、一般の企業、最近海外の工場でもものをつくるようになっておりましたが、こういったインフラって、もちろん国内での需要というよりも、そういった海外でつくっているもののトレーサビリティというのが非常に、日本国内とあと海外、ともにお互い共通にそういった情報を共有できることが重要だと思います。まず1つ質問というか、わからないことがあったのは、例えば、最近、中国ですとか、そういったところでものづくり、工場を持っているところが多いのですが、地元の、中国の中での標準体系と、それから、今回、整備した、こういったトレーサビリティの体系との整合性というのを、どのようにこのプロジェクトの中で考えながら、研究というか、プロジェクトをお進めになったのかということが1つです。まず、先にそのあたりをお願いします。

(産総研・梶野 PL) まず、この遠隔校正のきっかけとなった1つのが、ただいまご指摘のありましたような、日本企業が海外展開していく現状がでございます。その際に何が問題かといいますと、いろいろな部品をいろいろなところから調達する際に、きちんとトレーサビリティがとれていない、要するに、A工場からB工場へ移したときに、その整合性が悪いと組み立てがうまくいかない、そういう部分がございます。それをやるためには、きちんとしたトレーサビリティのある計測ができていないといけません。一方、そういった高価な計測機器を国外に持ち出す際には、なかなか簡単には輸送できないという部分がございます。特に、途上国から一たん戻すとすると、高い税金を払った上に、飛行機にパッケージして輸送する手間と、輸送途中の測定機の劣化という問題が出てきます。そういったいろいろなものもろの不都合を解決できる手立てがこの遠隔校正の1つの大きな目標かなと考えております。

(高谷委員) 非常に大きなメリットだということですね。

(産総研・今江科長) 時間を分担しております今江でございます。時間標準に関しまして、今の中国等への展開でございますけれども、我々、まず、中国に今、進出しておられる民間企業さんとの間での共同研究を通じまして、中国の上海、蘇州に対して、我々が時間・周波数標準の供給を e-trace で開始しております。それと、並行いたしまして、中国の中での計量体系に対して、やはり e-trace、まだなかなか、我々が始めたころは、中国の中で e-trace というのがなかなか理解してもらえなかったのですけ

れども、そのころから中国側に働きかけまして、中国の中でも e-trace、特に、やはり周波数、時間周波数が先行しているのですが、そういう時間周波数を中国の中で、あるいは、中国の計量標機関が NIM という組織ですが、NIM が e-trace、こういう GPS を仲介にした形で遠隔校正をするような仕組みづくりが、大体、今、中国の中でもできつつあるという状況でございます。そういう形で、我々、日本で開発したものを、中国とも協議の上で広めるというような形で進めております。中国以外のアジア地域の国に関しても、そういう形で進めようとしているところでございます。補足でございます。

(本多分科会長) よろしいでしょうか。今のご説明に関連して、例えば、中国とか、あるいは東南アジアとか、いわゆる MRA に加盟して JCSS のような制度が動いている国と、そうじゃない国とあると思いますが、そこら辺はどういう状況でしょうか。

(産総研・今江) ご存じのとおり、MRA で、アジア地域でいわゆる CMC 登録されている機関が 6 カ国か 7 カ国ぐらいあるかと思えます。その中で、こういう遠隔校正に興味を持っているところが今 3～4 カ国あるかと思えます。まだ、CMC 登録で遠隔校正というところまで至っているところは、我々、日本が今、登録しようということで、登録手続きの最中で、もう最終的なインターリージョナルな審査の最中でございます。早晚登録されると思えますけれども、そういう段階で、ほかのアジア地域の国々ですと、まだ CMC 申請までは至っていないという状況です。

(本多分科会長) ありがとうございます。他にもご意見、ご質問等があるかと思われませんが、本プロジェクトの詳細内容につきましては、この後に詳しく説明していただきますので、その際、質問等いただくことにしたいと思います。それでは、予定の時間がまいりましたので、ここで昼食の休憩をとります。再開は 13 時といたしますので、よろしくお願いいたします。

議題 6. プロジェクトの詳細説明

実施者より資料 7-1～資料 7-8 に基づきテーマ毎に説明と質疑応答がなされた。

ただし、実施者からの希望により順番を一部変更し、6-4. 放射能標準と 6-7. 圧力標準を入れ替えた。

6-1. 時間標準 (質疑)

(本多分科会長) どうもありがとうございました。それでは委員の先生方、ご質疑をよろしくお願いいたします。どうぞ。

(渡部委員) どうもありがとうございました。ビューグラフの 4 ページ目のところで、現在、試験をされているというか、まだ校正事業者さんの段階であると考えてよろしいですか。

(産総研・今江科長) そうですね。既に校正事業者さんでやられておりますし、我々、既に jcscs で提供しております。校正事業者さんが 2 社ほど既に NITE の認定を取られていて、JCSS の供給をする資格を取られております。そのうちの 1 社さんは、自社内の展開で、例えば、場所を言うとわかってしましますが、大阪に自社のハブ的な形で、我々産総研から供給して、そこから遠隔地の工場等々へ展開しようという形で、一部、既にそういった形で始めております。

(渡部委員) 要するに、目標の 3 つ目のところまでちゃんと来ている。

(産総研・今江科長) そうですね。

(渡部委員) わかりました。あと、少し技術的なことをお伺いしたいのですが、これ、国内で使う分には、例えば中心がつくばになるわけですね。

(産総研・今江科長) はい。

(渡部委員) そうすると、沖縄とか北海道とか、比較的線長が違っているところで、電離状態も違うような場合もあると思います。こちらの厚いほうのデータだと、1,600km で 4.9×10^{-13} ということですが、日本の状況というか、その中で使えるシステムの絶対保証値というのはどのくらいでしょうか。

(産総研・今江科長) この事業原簿の 20 ページに記させていただいた数値ですね。これがそのまま、我々、NITE さんの認定を受けてまして、1,600km というのは、今、ご紹介のとおりで、つくばから沖縄まで。ですから、ほぼ日本全土をカバーできる最遠の距離かなと思っておりまして、そこで 4.9×10^{-13} 、それぐらいで供給できるという形で、これも既に NITE さんの認定を受けて、実施しているところでございます。コモンビュー方式ですと、やはり距離に応じて、遠距離になるに従って不確かさが劣化するということで、つくばから東京、50km ぐらいですと、その 1.1×10^{-13} という形でくるようにしていると、こういうことでございます。

(渡部委員) このとき、マルチチャンネルを使っているということですが、この開発されたマシンというのは、最大でどのくらいまで受信ができますか。

(産総研・今江科長) 今のこの受信機ですと、8 衛星が同時に受信できます。今、後ろに飾ってあります小型のほうは、よりチャンネル数多くて 12 衛星まで受かりますが、大体、東京付近とかこのエリアで同時に衛星が受かる数というのは、大体 7 つないし 8 つですので、8 チャンネルあれば、今の現状でしたらカバーできると思っております。

(渡部委員) これは、自動的に 8 チャンネルを勝手に受ける。

(産総研・今江科長) そのとおりです。ですから、8 衛星が見えれば自動的に 8 衛星のデータをストアします。

(渡部委員) わかりました。あと、これはアラン分散から見ると、100 秒ぐらいのところをピークになっているので、そこまではナチュラルな特性で、そこから先にフェーズロックがかかる。

(産総研・今江科長) そうですね。おっしゃるとおりで、これは 2 つの例がありますけれども、こちらが OCXO タイプで、こちらは早く安定度が悪くなりますので、OCXO の場合は短い、100 秒ぐらいでフェーズロックがかかるような形です。ですから、こちら辺をピークにしてよくなってくる。ルビジウムの場合は、16 分という周期でフェーズロックをかけていますので、大体こちら辺からロックがかかってくる。ここまではルビジウムのフリーランで動いているというふうに考えていただければよろしいかと思っております。

(渡部委員) あと、この受信感度が -130dBm だと思いますが、アンテナとしてはどのくらいのものですか。

(産総研・今江科長) これですと、大きさですと 10cm ぐらいのものを使っています。

(渡部委員) 車に載せるぐらいの大きさで十分ということですね。

(産総研・今江科長) 大丈夫です。今、話の中で言ったかどうか忘れてましたが、後ろに飾ってあります小さい小型化実証機ですね。あそこに使っている GPS モジュールは割合感度が高くて、 -155dBm という形で、これに使っているよりも 25dB 高感度なものになりますので、小型のほうが実用化できます、より広い範囲で使っていただけるようになると思っております。

(渡部委員) あともう 1 点、よろしいでしょうか。キャリアフェーズの話はされていましたが、これ自身には使われていないのですね。

(産総研・今江科長) キャリアフェーズですと、我々、一応、基礎実験はしまして、例えば 1 日平均で 14 乗台あるいは 15 乗台もいくということは、既に実証できております。きょう、一部それは割愛しましたが、実際の jcss、JCSS では、まだその精度が必要な段階ではないなということで、あくまでも今回のこの e-trace の段階では、そういう基礎実験という位置づけで我々はおります。将来的にニ

ーズが、14 乗、15 乗のニーズが出てきたときには、それを使っていけばよろしいですし、あとこれも報告の中で割愛しましたので申しわけないのですけれども、キャリアフェーズですと、やはり受信機そのものにコストがかかりますので、お手元の事業原簿で、ちょっと図が薄いですが、26 ページに図 2.1-5 というのがあると思います。GPS-D0 国内受信実験ネットワーク、こういう形で、今、北海道から沖縄まで、我々、各サイトに GPS-D0 と GCET も置いていますが、併用実験をしております、こういうサイトにキャリアフェーズで我々の国家標準をおろしてあげて、例えば北海道のエリアのユーザの方は、北海道のデータにアクセスしていただくという形で使うような形ができれば、先ほど言いました距離に依存して悪くなるということがほぼ解消できる。北海道は北海道のセンター的なところとの間での比較をすると。北海道に対して、我々はキャリアフェーズで非常に高精度な形でトレースをとっておくという形をすれば、ユーザの方々は、今、ご紹介した安価なもので、周波の受信機で十分使っていただいて、かつ地域に依存しない不確かさで供給ができるようになるのではないかと考えています。

(渡部委員) 距離に依存しないで。

(産総研・今江科長) そうですね。

(渡部委員) 要するに、保証しているものよりも十分な高い精度のキャリアフェーズでノードをつくってあげて、そこからブランチをやるということですね。わかりました。

(産総研・今江) そのとおりです。将来的には、そういうことも考えられると思っております。

(渡部委員) どうもありがとうございました。

(本多分科会長) ほかはいかがでしょうか。普通の、いわゆる測位として使う GPS って室内ではだめだということになっていますが、これはやはりアンテナを外に立てなければいけないのでしょうか。

(産総研・今江科長) それを事業原簿のほうに、別予算で行いましたので、参考資料という形でつけてありますけれども、やはり受信は屋外でやって、それを屋内にどうやって信号を流し込むかというのが非常に課題でございます。あるメーカーと共同開発で、テレビのフィーダー線がありますね、フィーダー線ですと既に敷設されていますし、そういうものを使えば、新たに GPS 用の同軸ケーブルを敷設する必要はないということで、そういうフィーダー線を使って、外で受信した信号を屋内へ流し込むシステムの開発をしております、それもほぼ商品化の一步手前ぐらいに来ております。ですから、フィーダー線ですと、わりとこのビルの中でも、屋上で受けて、それが各部屋まで来ている場合もありますし、そういう既存のケーブルを活用するような形をとれる。そうすると、時間周波数標準分野ですと、こういう応用、アプリには使える。ただ測位ですと、これは受けたアンテナのポジションしか出てきませんので、測位ではなかなか普及しないのですけれども。時間周波数標準ですと、特に受ける場所はどこでもいいと言うと語弊がありますけれども、特に、この屋上で受けた信号が下まで来てくれればいいという形で、できるだけ使えない場所を少なくしようという技術開発も、我々はしております。

(本多分科会長) 今回、お示しいただいた測定結果とか、受信施設の実証実験結果というのは、そうしますと屋外で実験をされた。今、おっしゃった以外に。

(産総研・今江科長) そうですね。アンテナは外で信号を受信して、それを同軸ケーブルで屋内へ流し込んでいるという形です。

(本多分科会長) わかりました。ほかの先生方、いかがでしょうか。よろしいですか。それでは、ありがとうございました。次のご報告に移らせていただきます。よろしく願いいたします。

6-2. 長さ標準

(1) 波長（質疑）

(本多分科会長) それでは、先生方、ご質疑をよろしくお願ひいたします。すみません、もともとの産総研でお持ちの参照標準と突き合わせをされたというふうに伺いましたけれども、その際、どういうやり方で比較をされるのでしょうか。

(産総研・美濃島室長) 現行の参照標準といいますのは、干渉測長機です。産総研には、先ほど写真にちらっと出てまいりましたけれども、光学トンネルという 300 メートルの地下トンネルの設備がありまして、そちらのトンネルには、100 メートルで連続移動ができる高精度なレールを設備として備えております。ですので、現在の産総研での距離計の依頼校正というのは、そのレールの一端に参照標準としての干渉計がある。反対側に距離計を設置しまして、その間を移動できるターゲットがあるわけですが、そのターゲットが、言ってみればバック・トゥ・バックになっていて、干渉計と距離計で同一の距離を測定するという形で校正を行っています。まさに、その同じものを使いまして、開発した装置と現行の参照標準を比較したということです。

(本多分科会長) ありがとうございます。ほかはいかがでしょうか。どうぞ。

(相田分科会長代理) ちょっと理解が間違っているかもしれないのですが、周波数の遠隔校正によって精度が上がったというのは説明されたのですか。

(産総研・美濃島室長) まず、高精度化ということについて申しますと、距離計自体の測定の高精度化ということと、私どもは開発を行いました。その距離計の原理自体を、まず従来のものではなく、開発するところから始めまして、先ほど最初のほうに原理がありましたけれども、光コムという光源を使いまして高精度化を行う。この原理のところからまず始まりまして、装置化としての開発を行っていったということですが。その際に、こちらの光コムという光源の特徴は、たくさんの異なる波長のレーザ光を持っているということですね。それらが関係を持っている。言ってみれば、等間隔の波長の異なる光源の多数の集合であるということです。その間隔の周波数を、この遠隔校正された時間周波数標準によって、基準をつけるということです。そうしますと、この時間周波数標準にトレーサブルな形で、この光コムの周波数が決定されるということになります。こちらの距離計では、検出部において、この光コムの中の多数の異なる波長の光を同時に検出するので、それらの多数のビート信号が検出されるわけですが、そのモード間ビートの周波数が、こちらの時間周波数標準にトレーサブルな形になるわけです。このモード間ビートの中から、距離測定を行うには幾つかの組み合わせの異なる周波数を取り出し、つまり波の間隔が異なる長さの物差しを持ってきて、その位相測定を行い、順番に絶対距離を追い込んでいくという形で測定を行うのですが、その基準が、時間周波数標準になるということによって、高精度化を実現したということです。

(相田分科会長代理) 今の件ですけれども、時間ですと 10^{-13} で、今回のですと 7 乗くらいですか。この辺の差が大分あると思いますが、その辺はどうでしょうか。

(産総研・美濃島室長) よくご存じと思いますが、もし基準のない発信器を、通常、例えば水晶発信器とかですね、それらを距離計の中に組み込んでいて、フリーランで使っているという状態ですと、やはり 6 乗がせいぜいということになります。そうしますと、6 乗では足りないわけですね。その距離計、業界で使われている距離計の高精度な基準器となるようなものは大体 6 乗です。ですから、基準となるためには 7 乗の測定が必要ということです。7 乗というのは最終的な不確かさとして、装置の、先ほどお話ししたような比例誤差ですとか、さまざまなものを含んだ結果として 7 乗ですので、位相測定

としてさらに1けた以上欲しいわけですね。やはり、そこで時間周波数標準としては、どんなに少なくても8けたは欲しい。いろいろ考えますと、それ以上あるといいということで、そういったときに。ですから13乗は確かに必要はないのですけれども、それらの基準を与える、しかも、遠隔校正で常に校正されているということは非常に重要なことでして、それが欲しいということです。特に距離計は、先ほどGPSの測位の話が出ましたが、距離計の、特に屋外タイプで長距離のGPS測距というものを組み込んだタイプというのも出ているぐらいで、非常にマッチングがよいので、そういったことで常に周波数標準が決まっていて、それにトレーサブルな形で距離が決まるということはメリットがあるということです。

(本多分科会長) どうぞ。

(渡部委員) ただいまの質問とも関係しますが、これ、例えば 10^8 ぐらいの標準があればいいのであれば、e-traceする必要は全然ないということにはならないのですか。例えば、そういうものって世の中にたくさんありますよね。それを直接、あとこれはフィードバックの系が入っていないので、それをe-traceで、例えば何メートルはかりましたよというのを、実を言うとちゃんとオンラインで戻してやるという必要があるのではないかなと思いましたが、今、はかった結果というのと、何か参照するのが、この機械をつくることも大切でしょうけれども、それを遠隔ではかったものが常に正しいかどうかというのは、周波数に合わせているからいいですよというのではなくて、やはりもう1個あったほうが良いと思いましたが、どうでしょうか。

(産総研・美濃島室長) まず、最初のほうについてお答えさせていただきます、同じような回答になってしまうかと思いますが、実際に現場で使うということを考えますと、6けたの水晶では不十分である、あとは、やはりトレーサビリティということを考えますと、あるときに校正して、ずっとわからないという状態ですと、特にこういったものというのは、環境が現場環境ということで、屋外で使う場合もありますし、産業界の工場に近いようなところで使う場合もありますし、やはりトレーサビリティがとれているということに非常に大きな意味があると考えています。まず、最初の質問についてはそういう形で、思っただければ良いと思います。後の質問については、その距離を測定した結果自体を、何かフィードバックする機構がというようなお話かと思いますが、そこに関しましては、現状の距離計の校正自体も、言ってみれば、最初、スキームがありましたように波長標準ですね、つまりレーザの波長をあるときに、ヘリウム・ネオンレーザ等の波長を信じて、それを基準としてレーザ干渉計が常にそれにのっとった形でフリンジを出しているという前提で、それを比較しているということなので、今回の話は、それを常に遠隔校正できる周波数標準に置きかえ、トレーサビリティを確保してここまで持ってきているというふうには思っただければ良いと思います。今、おっしゃられているのは、この結果を何らかの形で戻すというようなお話かと思いますが、そこはちょっと、今後、知恵を絞る必要があるかと思いますが、おっしゃられるようなレベルが必要となるとすると、むしろ距離の不確かさとしては、現行の6けたとかいう話ではなく、もっと高い不確かさが必要なときに、そういったことが必要になってくるのではないかと思います。

(渡部委員) どうもありがとうございました。

(本多分科会長) 多分、今の質問と関連すると思いますが、遠隔測定で、参照標準としてつくられたものを、これは多分、持ち運んで測定をするということを想定されているのではないかと思います。ちょっと午前の話にも絡みますが、どう使うかということは、これについては一切考えなくて、組み込みですぐとれますよという、今、お話のあった 10^6 の精度で距離がはかれます、そう考えてよろしいのでし

ようか。

(産総研・美濃島室長) そちらについて、開発項目に、環境安定性の向上と装置開発があったというのは、まず1つ、その辺を担保する必要があったというふうに思っていたらいいと思います。現在の市販されている距離計も、実際はそうやって持ち運んで、砂漠の環境ですとか、非常に過酷な環境に持って行って測定に使われているわけですが、それはもちろん、当然、不確かさはもっと低いレベルです。今、想定しているのは標準ということで、そこまで過酷な環境ということは考えていないのですけれども、やはりある程度現場に近いようなところということで、この新しい方式の距離測定ですので、こういったものが、そういった環境に対してどれぐらい耐えられるのか、原理的に脆弱な部分があるのではないかとというようなこともありましたので、それらを、環境安定性を、光源と、それから伝送と装置といった部分について高めて、どこまでいくかというのを示したというふうに思っていたらいいと思います。

(本多分科会長) よろしいでしょうか。どうぞ。

(井口委員) 今のご質問で、環境の耐性を向上させたということですが、この報告書をさっきから見ても、環境の適応条件については何も触れていないように思えますが、そこら辺も比較基準があって、それを満足しているということはもう実証されているわけですか。

(産総研・美濃島室長) そちらの実証に関しては、先ほどちょっとご紹介した国際比較が、まさに実証するものだと思っています。このようなレベルの測定になりますと、何を基準に比較していいかということになるかと思うので、まさにそれをするのが国際比較だと思いますが、国際比較におきましては、実際にさんさんと太陽が照りつける屋外で測定、直射日光が当たらないように傘のようなものは測定点にはつけておりましたが、そういった状況で、気温としても、傘がありますけど、その当たっている部分としては30℃程度です。あと日が陰った後といろいろ、朝、昼、日が落ちた後といういろいろな時にはかかっておりますので、日が落ちれば、韓国の10月でありましたけれども、一番低い温度が何度かというのは、ちょっと今すぐには出てこないのですが、10数℃とかそれぐらいですね。ですので、10数℃から30℃ぐらいまでの間の変動で、そのときの測定した結果というのは、当然、最終的には測定の不確かさ自体が環境でリミットされて、空気の屈折率、それからビームの進むパスの揺らぎ等が、環境で制限されるというところが見えるということで、装置としては問題なく働くということが実証されたということです。

(本多分科会長) よろしいでしょうか。では、もう1つどうぞ。

(高谷委員) ビューグラフの8ページのところで、測定周波数の高周波化による分解能向上というところですが、これは先ほどおっしゃっていたように、絶対距離がわかるというのは非常にすばらしい技術だと思います。「干渉計と組み合わせ」と書いてあるのですが、この干渉計のほうの不確かさと、それから、今回、開発された手法との不確かさですね。これはどちらのほうが。この場合、組み合わせたら干渉計のほうになると思うのですが、それはクリアできるのでしょうか。

(産総研・美濃島室長) ここはちょっと、時間の関係とかがありましてスキップしてしまった部分なので、非常にわかりにくかったと思います。ここで意図していることは、従来の干渉測長機で最大の問題となりますのが、フリンジカウントに基づいておりますので変位しかはかれない。ということで、そのフリンジの中の分割した位相は非常に高分解能にはかれますけれども、整数値が決められないというのが問題点なので。ここで意図していることは、この距離計の測定精度が1フリンジ以下になれば、組み合わせることによって、その干渉計のフリンジを特定できるということですね。ですので、整数値を

絶対測定である距離計によって決定し、その中のフリンジについては干渉計が測定するということによって、結局、宇宙等、真空の技術でこういうのが使えないかということをやヨーロッパで実際に検討していますけれども、例えばキロメートルの距離をナノメートルの精度ではかるといったようなことも可能になるわけですね。ナノメートル側は干渉計が担当し、キロメートルの絶対のほうは距離計が担当するということです。

(高谷委員) これは、かなりすばらしい技術ですね。それともう1つですけれども、その次の9ページのところに、「測定周波数にフレキシブルな位相測定回路」と。「フレキシブル」の意味がご説明でちょっとよくわからなくて、これはどのような意味でしょうか。

(産総研・美濃島室長) 全然説明もしていないところなので、おわかりにならないのは当然かと思いますが、ここで意図しているのは、非常に細かい装置開発の詳細な話でして、従来のこういった距離計ですね、光波距離計、測量機に組み込まれている位相測定というのは、例えばある測定したい周波数が10メガヘルツですと、その10メガヘルツの基準発信器を持ってきて、それにロックして位相測定を行うという形なので、発信器を用意しなければいけないですね。ということは、測定の周波数をある程度決めてしまわないといけないわけです。位相測定回路の中に発信器をあらかじめ用意していますので、回路に入っているというか、使用する周波数が決まってしまうということですが。そうしてしまうと、どうしても、今、この距離計を考えたときに、光源側に非常に要求が高くなってしまいます。それでは、装置全体としてフレキシビリティが落ちてしまって、実用化の妨げになるということがありましたので、それは位相測定回路、これは特許にもしたところなんですけど、実際にある工夫をしまして、どんな周波数でもはかれるようにしたという意味です。

(高谷委員) ビート周波数を自由に選べるということですか。

(産総研・美濃島) そういうことです。

(高谷委員) わかりました。ありがとうございます。

(本多分科会長) よろしいでしょうか。それでは時間も来ておりますので、次の報告に移らせていただきます。有り難うございました。

(2) 光ファイバ応用 (質疑)

(本多分科会長) ありがとうございます。それでは委員の先生、よろしくお願いいたします。

(井口委員) 素朴な質問ですけれども、最初に低コヒーレンスの光源を使うという理由がよくわからなくて、先ほどの半導体レーザとか、レーザ光源を使えばもっといい測定ができるのではないかと思いますけれども。例えば光ファイバを長く延ばした場合に、ホモダイン干渉計なんていうのは、低コヒーレンスを使うとますます干渉しなくなるのではないかという気がします。そこら辺はどのように、なぜ低コヒーレンス光源を使うのがいいのですか。

(産総研・平井主研) ここで遠隔校正を行う原理というのは、2つの干渉計の光路差を比較するというですけれども、レーザを光源とした干渉計はコヒーレンスがよ過ぎるので、干渉縞がずっとつながって、光路差が大きくなってもずっと周期的な干渉縞が出てきてしまいます。先ほど美濃島からもありましたけれども、絶対的な長さというのがわかりにくい。この技術では、低コヒーレンス干渉縞がごく限られたところに発生するという事を利用して、こちらの干渉計とこちらの干渉計の長さが一致したときにのみ発生するという原理を使っています。

(井口委員) 今の場合、実際の長さが3キロですか。その100メートル、今、ファイバ長の長さというのはいろ

いろいろあるように見えますが、基本的には数 km オーダーを対象にするんですか。

(産総研・平井主研) 光ファイバは伝送のためだけです。

(井口委員) 干渉計のほうは、そんなに長いものを見るわけですか。今のだと、数ミリとかそういうオーダーではないのですか。

(産総研・平井主研) 干渉計の中の長さというのは、この中では 250 mm のリニアスケールという、この程度ですね。

(井口委員) それでも、コヒーレンスを持っているとそういうことは起こりましたでしょうか。250mm ぐらいだと、普通のレーザ光源でも十分いくのではないかなと思ったのですけれども、そんなことはないですか。

(産総研・平井主研) ただその場で 250mm という変位をはかるのであれば、レーザ干渉計でできますけれども、こちらで遠隔校正を行うということはできません。それからリングゲージなどですと、リングゲージ中央を透過したこの長さで往復してきた長さが光路差を持っておりますけれども、それがレーザ干渉計ですと、干渉縞の絶対的な長さが求められないので、直径が何ミリというのが求まらないという問題があります。

(井口委員) わかりました。ありがとうございます。

(本多分科会長) どうぞ。

(香川委員) 3番ですけれども、ちょっとお聞きしたいのですけれども、ノズル内径、これは大事な項目だと思いますが、インクジェット噴射ノズル、これが 1mm 以下ということですが、インクジェットとかは、もう 50 μm とか実際はそうなってきたと思います。何かそっこのほうに拡張する可能性はいかなものでしょうか。

(産総研・平井主研) 今、微細内径測定用の光ファイバプローブは、汎用の 125 μm のものの先端を削って使っているために、内径 0.3mm までですけれども、将来的にはもっと小さな内径に拡張していきたいと思っています。

(本多分科会長) いかがでしょうか。どうぞ。

(高谷委員) このパーシャルコヒーレンスの光源ですが、光源のコヒーレンスの程度によっては、この場合は干渉位置をピークでとるのでですね。白色干渉と同じような形ですね。

(産総研・平井主研) はい。

(高谷委員) そのコヒーレンス長というのは、どういうふうに変定されていますか。

(産総研・平井主研) まず基本的には、単一の光源の単一の干渉縞のピークを検出するというので、ちょっと説明が抜けてしまいましたが、光ファイバと相性のいい 1.5 μm 帯の低コヒーレンス光源を使っています。SLD ですとか ASE 光などを使って、半値全幅で 60nm 程度の、できるだけ広い光源を使おうという方針で、この中では行っております。ですが、事業原簿のほうには書いてありますが、実際の光通信で使われている光源というのは、それよりももっとスペクトル幅が狭いものが使われています。そのような光源にも対応できるように、幅の狭い光源であっても、ちょっと中心波長が離れた 2 つの光源の結果の合致をとるという形で長さをはかるという技術も開発しています。それは、事業原簿のほうにございます。

(高谷委員) それともう 1 つですが、私、すごくいいなと個人的に思ったのが、工作機械の遠隔校正です。今、特に超精密工作機械はリニアスケールを使うものが非常に多くなっているのと、従来は、干渉計を 3 軸積んでやっていたのが、どんどんリニアスケールに置きかわっているというのがありますけれども、

そのときに、どうしても工作機械を動かしたときに運動誤差が問題になります。そうすると、この校正というよりも、リアルタイム性というのは非常に、環境が変わったり、あと動かしたときの位置によってリニアスケールの読みが変わったりするとかということが起きるので、そういうリアルタイム性というのは、どれぐらい持っているのですか。今後、これを使おうとするときにそれは非常に重要ではないかと思いますが、いかがですか。

(産総研・平井主研) すみません、時間の関係で信号処理について全然ご説明していないのですけれども、事業原簿に少し書いてありまして、やはり今回、第2期では、現場での測定というのを重要視しております。測定の高速化というのは大事だと考えています。リングゲージのほうも、リニアスケールのほうも電気回路で処理をしております。例えば事業原簿のⅢ-69 ページのほうに書いてあります。ステージを高速に移動させて、発生した干渉縞をフィルタリングして、エンベロープのピークをとり、そのピークの瞬間の標準となるレーザ干渉計の値をとるという方法です。今は、あまり深い理由はないのですけれども、ステージ走査速度は毎秒 30mm です。信号処理回路等のつくりやすさから、この速度でやっております。例えば 600mm のステージ走査を 20 秒ぐらいでやっておりますが、そこは回路の応答速度を速めることによって、もう少し高速化が可能だと思います。

(本多分科会長) よろしいでしょうか。どうぞ。

(渡部委員) 1点だけお聞きしたいのですが、ビューグラフの6ページですね。工場における工作機械の校正というのがありましたが、これは、レーザが正しいのですか。

(産総研・平井主研) 現在は、レーザ干渉計が持ち込めるところはレーザ干渉計を持って出張校正という形でやっているということで、今、レーザ干渉計が正しいと考えて比較しています。

(渡部委員) そうですね。ということは、これはざっくり見た感じで、e-trace のほうが、毎回、下に出ているというのは、何か固有の誤差というものを持っていると考えられたのですか。

(産総研・平井主研) 280mm 変位させて、一番差が大きかったのはこの辺ですけれど、e-trace とレーザ間で 250nm 程度の差がございました。その原因というのは幾つか考えられまして、1つは、このはかりたい位置にコーナーリフレクターを背中合わせにつけまして、e-trace とレーザ干渉計と両側からはかっています。するとやはり、光の通る位置は違うわけですね。

(渡部委員) でも、そのぐらいはそれこそ、ちゃんと位置を合わせてからやっているはずですから、多分そういうことは起きないですよ。

(産総研・平井主研) 測定中に、こちら側の空気の揺らぎとこちらの空気の揺らぎが、工場内では必ずしも一致しないということもあります。

(渡部委員) それでも 200 はずれないですよ。

(産総研・平井主研) はい。それから、この鏡を取りつけている軸というのが、安定性が 1 μ m 程度です。わずかに動いている。今、装置の都合で完全に同時に、両方のデータをとっているわけではなくて、同じ期間をとって平均化で比較はしているのですけれども、そのぶれの影響が若干残っているのかなと考えています。

(渡部委員) 実際には一致しているはずだということですね。

(産総研・平井主研) もう少し一致してほしいかなというところですね。目標の不確かさが 250nm に対して 200nm というところで、ちょっと大きいかなとは思いますが、環境と被校正機械の不安定性を考えると、これはよい結果だと考えています。

(渡部委員) わかりました。

(本多分科会長) よろしいでしょうか。それでは、時間が来ていますので。どうもありがとうございました。それでは、次のご報告をよろしくお願ひします。

6-3. 電気標準 (質疑)

(本多分科会長) ありがとうございます。それでは、ご質疑をお願ひいたします。このシステムは、最初の図は非常にクリアだったのですが、インダクタとかキャパシタ、標準器を校正する際には、LCR メータも一緒に送っているわけですね。この図で言うと、天秤も一緒に送っているということに。

(産総研・中村主幹研) おっしゃるとおりです。これ、写真ですが、ある非常に有名なメーカーさんの LCR メータというのが、このプロジェクトが始まる前にいろいろと調査したところ、こういう仕事に関心のある業界にはほとんど普及している。どこにでもあるメータです。ですから、どこにでもあるメータそのものを比較器、即ち天秤として活用したほうが、導入コスト上、コスト低減になるのではないかと考えました。新たなものをつくって……。

(本多分科会長) ですから流れとしては、まず LCR メータをきっちり校正して、それから標準器をという流れかなと思いますが。

(産総研・中村主幹研) そうではありません。図がなくて恐縮ですが、事業原簿の 82 ページのほうをごらんください。上のほうの図の右側、依頼者側のほうに LCR メータと書いてあるのは、依頼者そのものがお持ちの LCR メータですが、その被校正器と仲介器との間の差を見るだけなので、LCR メータそのものの校正は必要ない。即ち、 $0.1\mu\text{F}$ の被校正器に対して仲介器も $0.1\mu\text{F}$ できて、それぞれを 2 つ LCR メータで読ませてあげて、その差を見てあげるだけです。なので、LCR メータの値が、絶対値がずれていてもそれは関係ないわけですね。仲介器で値を持っているだけなので。ですから、そこにおいては、校正は必要ないということで、標準器を送る形態においては、LCR メータを校正する必要はないということです。それから LCR メータそのものを校正する場合においては……。

(本多分科会長) いや、後のほうはわかりました。そうか、0 を見るから、見るものは比較してなくても使えますよと。そこで生ずる不確かさはどのくらいを想定されていますか。

(産総研・中村主幹研) スペックは 500ppm です。だけれども、その差をとるという実験をしたときには、これの精度にもよりますが、最高で数 ppm まで不確かさを小さくすることができます。ですから、この今の 80ppm という目標においては、その差においてはほとんど無視できるぐらいの程度です。

(本多分科会長) 午前中にちょっと申し上げましたが、証明書を出すという話になったときに、相手が使っているものを使って、それでいいですよということでのいいのかな、そこがちょっと不安がありますが、それはまた次の話なのかもしれませんね。

(産総研・中村主幹研) おっしゃるとおりです。ですから、今回、導入をされるというところについては、あくまでも標準器ではなくて LCR メータを校正対象にするケースです。ですから、この標準器を校正対象にするケースについては、そのことについては検討するべきだと思います。以上です。

(本多分科会長) ありがとうございます。ほかの先生方、いかがでしょうか。

(相田分科会長代理) この研究のテーマというか、みそは、標準器と校正の、いわゆるやり方をつくったということですね。

(産総研・中村主幹研) そうです。

(相田分科会長代理) 昔から標準器はいろいろありますけれども、特に今回、新しい技術を入れてつくったところの説明というのは、何かできますでしょうか。

(産総研・中村主幹研) 標準器そのものについては、あくまでも標準ですので、今のこのケースですと、長野さんがお持ちの標準器、日電検がお持ちの標準器なので、こちら辺については、特に技術開発はありません。こちらがそもそもお持ちの標準器です。ここに橋渡しするための仲介器につきましては、橋渡しするためのコンパクト化と、それから安定度については、その中の性能をチェックいたしまして、評価いたしまして、そのいろいろな部品を選定してつくっております。現物としても後ろにありまして、普通のものよりも大分小さいサイズのものができるようになっております。

(相田分科会長代理) 最新の部品技術を使って実用化したということですか。

(産総研・中村主幹研) そうですね。

(相田分科会長代理) それで、ちょっと質問ですけど、例えば通信用の部品なんかをつくる場合に、エージングとかヒートサイクルとかショックとか、あと圧力ですね、飛行機で運ぶ場合もありますので、というようにいろいろなやっていますが、その辺がちょっと少ないように感じます。やっているのだけれども、書けなかった、その辺を教えてください。

(産総研・中村主幹研) おっしゃるとおりです。やり切れてないところはあります。まずは、長期安定度と言っていますけれども、この場合の長期というのは実は標準の世界にすれば短期でして、実験を最初にして、行って帰ってくるのに、日本の中においては、普通であれば10日とか20日とか見ておけばいいわけなので、1週間とか10日を見ておけばいいのです。その10日間においてどのくらい安定度を保てるものかということが1つの視点と、それから輸送中の振動と温度変化によって、その標準器が影響を受けないのかというチェックをいたしました。今、言われた湿度変化と圧力変化についてはやれておりませんが、それはおそらく想定されるのは、飛行機で送る場合だと思っておりますけれども、とりあえず、まず国内の状況だけで想定して、そこしかやり切れておりません。

(本多分科会長) ほかはいかがでしょうか。どうぞ。

(渡部委員) このシステムは、オンラインではないのですね。

(産総研・中村主幹研) オンラインではないです。

(渡部委員) 最終的には、多分、オンラインが一番いいのだと思います。メールでやりとりというのではなくて。

(産総研・中村主幹研) 最初、オンラインでまさに、この図の中において、ここで、この写真のように、校正機関からここでリモートコントロールするのがいいと思って設計を考えていたのですが、いかにもファイヤーウォールの問題が非常に難しい。それと、この種の標準にはどうしても器物を送らざるを得ない。先ほどの周波数のように飛んでいるものを使うわけにいきませんので。そうすると、必ず依頼者は物を受け取って何かしなければいけない。必ず電気を立ち上げて、ソフトウェアを立ち上げない限りは何ともならないわけなので、だったら最初のボタンも押ししてもらった方がいいのではないかという発想で、なるべく軽くしようということです。

(渡部委員) わかりました。ありがとうございます。

(本多分科会長) よろしいでしょうか。それでは、どうもありがとうございました。

(事務局) ここで事務局からですが、次は放射能標準となっておりますが、圧力標準と順序を入れかえた形でプレゼンをしていただきますので、よろしく願います。放射能標準が一番最後となりますので、よろしく願います。

6-7. 圧力標準（質疑）

（本多分科会長） ありがとうございます。それでは、ご質疑をよろしくお願いします。どうぞ。

（香川委員） 2点、主に教えていただきたい、まず目標、これは中間評価のときに、私、出ていましたが、ちょっと忘れてしまった。まず気体と液体。気体のほうが10パスカルから10キロパスカルの圧力レンジになる、液体のほうが10メガから100メガパスカルというところかなり高いですね。先ほど産業界からの要請ということで、産業界では、流量計測のほうだと差圧伝送器なんか非常に多く使われていますと、液体のほうも微差圧が要るのではないかなと思いますが、これはちょっと私も忘れていたかもしれないのですけれども、どうでしたか。

（産総研・小島研究員） 液体の10メガから100メガパスカルというのは、例えば油圧機器なんかで使われておりまして、あと実際には、これは産総研における液体 jcss 校正の中で一番校正件数の多い範囲になっております。これが、効率的に供給できると役に立つのではないかという観点で、これを選んでおります。

（香川委員） 液体の微差圧はあまりないのですか。

（産総研・小島研究員） 産業界では、そういった需要があるのは伺ってはいるのですけれども、産総研に関して言えば、こちらからの校正はまだ微圧はないです。

（香川委員） 液圧というのは、さっき油圧の場合とはいう話もしましたが、液圧のシステムで油圧というか、液、そういうふうなワーキングフルイドは何でも構わないのですか、この機械は。混ぜても大丈夫ですか。

（産総研・小島研究員） それはまずいですが、今現在は、産総研で、これは研究開発として行っておりますので、我々の使用しているセバケイトという油を対象でつくっておりますけれども、きれいに中を入れかえていただければ、別の油や、例えば水なんかでも多分使用はできると思います。

（香川委員） そうですか。あと、後半ですけれども、まず次のページの3の最終目標に対する成果で、気体と液体の場合の目標不確かさの、気体のほうに「または」と書いてありますが、これは必要条件なのか、十分なのか、これはどっちかになればいいという表現ですか。

（産総研・小島研究員） どちらか大きいほうです。

（香川委員） 大きいほうですね。それから、その3の最終目標に対する成果の写真がありますが、気体のほうはたしか3つぐらいの圧力計測器が入っていると言われましたが、どんな判断をして、絶対正しいのがどれだという、その中の仕組みをちょっと教えて下さい。

（産総研・小島研究員） はい。3台搭載してまして、これは校正機関において校正値を、3台にそれぞれつけております。その3台の平均値を標準の値として用いております。

（香川委員） そうですか。これの重さはどのくらいですか。

（産総研・小島研究員） これ本体の重さですか。

（香川委員） 試作だから。

（産総研・小島研究員） はい。まだちょっと重いですが、40kgぐらいあります。

（香川委員） 200 kgぐらいに見えたものですから。

（産総研・小島研究員） そこまではないです。大人2人で持ち上げられるぐらいです。

（香川委員） そうですか。わかりました。どうもありがとうございます。

（本多分科会長） ほか、いかがでしょうか。これは、一度行って戻ってきたときにちゃんとしているということの再確認とかというのはされるのですか。プロトコルとして。

(産総研・小島研究員) 行います。戻ってきてからの校正は、簡単な簡易校正になりますけれども、何点かで、出ていく前と同じような値が出ているかどうかということを確認します。

(本多分科会長) それが終わった段階で、校正証明書を発行するわけですね。

(産総研・小島研究員) そうです。

(本多分科会長) わかりました。あと、「出荷する」という言い方は変ですけれども、次のラウンドで回すときには、また圧力標準器で校正はやり直して、それから出すのですか。

(産総研・小島研究員) そうですね。今のところはそういったプロトコルを考えております。

(本多分科会長) どうぞ。

(土屋委員) スライドの6枚目で階層化というお話がありましたが、具体的にはどういう意味でしょうか。

(産総研・小島研究員) これは、先ほどから、例えば電気標準のときにもございましたけれども、ピラミッドの一番上に産総研があって、第1階層事業者があって、第2階層事業者やユーザさんがいるといったところの下の方の階層という意味で、産総研から民間の校正事業者、それから民間の校正事業者からさらに下のユーザさんへという、この階層を言っております。

(土屋委員) そのそれぞれの階層で、今回の仲介器を使って校正されたということですか。

(産総研・小島研究員) はい。この2つ目の階層においても同じ装置を使って、同じプロトコルを使って、実験を行ったという意味です。

(土屋委員) もう1つ、よろしいでしょうか。最後のところに書いてあって気になりましたが、現地校正に対する置きかえということをおっしゃっていますけれども、現地校正がもし圧力標準ができるのであれば、遠隔校正に置きかえるメリットというのはどの辺にあるのでしょうか。

(産総研・小島研究員) 校正機関の要員が直接出向かなくていいというところにメリットがあると考えています。

(土屋委員) ただ、校正機関の方は出す前に校正して出さないといけないわけですね。

(産総研・小島研究員) はい。

(土屋委員) それとどの程度効率がよくなるのかというのが、非常に疑問に感じましたが。

(産総研・小島) ただ、現地校正に例えば仲介器のようなものを持ち込む場合においても、比較校正になる以上は、校正機関において、一度、仲介器の校正は行わなくてははいけませんので、その前後の校正というのは、手間はそこまでは変わらないと思います。現場に校正機関の要員が行かなくて済むというところは——支援要員は行くのですが、支援要員自身は校正機関の人間でなくても、依頼者側の方でもいい。教育訓練さえ受けていただければ、そこはいいということで、人の移動も減ります。

(土屋委員) ありがとうございます。

(本多分科会長) よろしいでしょうか。産総研の方々は、研究をされながら、依頼試験のためのこともやっているということで、そういう意味では非常に研究に注力できるということではないかと思えます。ぜひよろしく願います。よろしいでしょうか。どうもありがとうございました。それでは、予定の時間がまいりましたので、ここで休憩をさせていただきます。再開は、予定通り15時15分ということでよろしく願いいたします。

6-5. 三次元測定機標準 (質疑)

(本多分科会長) どうもありがとうございました。それでは、ご質疑、お願いいたします。

(井口委員) きょう午前中に紹介された研究開発目標と、その結果ですけれども、ただいま説明された内容と若干異なっているように思いましたけれども、これについてはその整合性はとれていますか。今の場合

ですと、実際に 100mm に対して不確かさ 200nm 程度で校正できるということですが、きょうの午前中の、今、ちょっと見直してみると、三次元測定機の測定機標準の目標は、10ppm というのは、そういう理想としているのですか。あるいは、最初のほうですと、50mm に対して不確かさ 500nm 以下というゲージを開発するというような数字が出ているのですけれども、これとは特に、もう五十歩百歩ということですか。

(産総研・佐藤理研究員) 基本的に、そこで想定しているのは、こちらに対しての数字です。大きなサイズのものにつきましては、例えば、先ほど申しましたように、通常サイズですと、1メートルに対して0.25 μm ですから、0.25ppm ですか、そこまでの不確かさのものが提供できています。ちょっとこちらの現場環境のほうはどうかというと、こちらのほうですけれども、実際、三次元測定機、あるいは三次元測定システムの想定の不確かさの一般的の相場といたしまして、通常サイズで大体 1 ppm、1メートルに対して1 μm で、もっと小さいナノの領域に行きますと、実際、これが2けたぐらい落ちてしまう。実際ここで言っているのは、大きなマクロの量とナノの量との間ぐらいの量ということです。両対数目盛りでの相似として考えますと、6けたと4けたの間なので5けたというのを想定しております。それが 10ppm という相場です。それに対応できるよう、そこで求められている三次元測定機、任意・微細形状用の三次元測定機に求められている精度は、その 10ppm であるということです。すると、それを校正するためのゲージも同程度、あるいはより小さい不確かさを求められているということで、そのレベルでゲージに校正できるシステムをつくったということです。

(本多分科会長) PTB でつくっているソフトを簡略化してつくりましたというお話だったのですが、それによって不確かさがどれぐらいどうなったかという定量的なお話がなかったような気がします、そこら辺はどうなんでしょうか。

(産総研・佐藤理) そちらについては、完全には評価をしておりません。簡略化したというのは、結局、例えば、各軸の真直度でしたら、そこに対して、極端な話をすれば何次の曲線を当てはめるかという違いです。

(本多分科会長) 一応、不確かさ評価の分散の表がついていたと思いますけれども、これは、簡略化した形でつくられたもの、そうではない。

(産総研・佐藤理研究員) それとは違うものでして、これは、寸法測定誤差、7方向の寸法を測定したときの誤差から、三次元測定機の、幾何誤差ではないですね、座標測定の不確かさの最悪値として評価したものです。事業原簿でいいますと、恐らく今ご指摘がありましたのは、125 ページに書いてある分散分析表ですよ。

(本多分科会長) 要は、最後にこれだけの不確かさと寸法誤差を実現しましたとおっしゃっていることのエビデンスがどこにあるのかなというのが見えないのですが。

(産総研・佐藤理研究員) この校正をやったときの結果の不確かさのエビデンスが出ていないというご指摘でしょうか。こちらですと、幾何誤差評価の・・・。

(本多分科会長) 遠隔校正で、当然、そこには不確かさがついていて、どれだけのことでできるようになりましたということが、今までずっと皆様から伺ってきていて、それなりに、「ああ、そうですね」という納得できるだけのご説明をいただいたと私は了解していますが、申しわけないのですが、あなたのご報告からではそれが納得できないので、お尋ねしています。多分、それは、ほかの委員の先生も同じ印象をお持ちだと思います。

(産総研・佐藤理研究員) まず1番目の三次元測定機の不確かさ推定、これは、先ほど申しましたように、7方向の寸法測定誤差から評価するものです。これの不確かさが幾つになるのかというのは、そのはから

れた三次元測定機そのものの測定精度と、その環境によって変わってきます。ここでは、実際にやった実験の例ですと、125 ページにありますように、このときに実際、実測したときのデータから言いますと、このときのこの遠隔校正、この校正を行った三次元測定機を使って、この後、座標測定をしたときに、この装置での座標測定の不確かさは $3.97\ \mu\text{m}$ と見積もられるというのが1つ目です。ご指摘のありました、PTB のほうで開発されたソフトウェアと産総研のほうで開発したソフトウェア、それぞれを使って、産総研の三次元測定機に対して、それぞれ校正を行います。その結果についての評価というのは、比較はしてはおりません。

(本多分科会長) してはいないけれども、そちらを校正のためのシステムとして採用したというふうに理解してよろしいのですか。

(産総研・佐藤理研究員) 採用することを、我々としては想定しています。ただ、校正サービスはまだ始めていません。ですから、完全な校正サービス開始以前に、当然、今ご指摘のありました評価というのは行う必要があると考えています。

(香川委員) ちょっと内容に戻ってお尋ねしたいのですが、三次元測定は非常に大事で、うちの精研も困っています。ここのテーマの扱いで、ユーザの環境に対応してはかれると、これはすばらしいなと思いましたが、ユーザさんの温度が3度だけドリフトして安定しているかということ、そうでもないし、私の研究室も二次変化が結構多いので、そういうのにも適用してもらいたいなと思っています。そういう変化はどういうものでしょうか。

(産総研・佐藤理研究員) これにつきましては、131 ページのほうにグラフを載せてあります。これが先ほどの、こちらですね、この5番目にあります、低熱膨張材料でできた仲介標準器と通常材料、実際には鉄ですけれども、それでできたゲージと、同じように並べて測定して、それで見かけ上温度補正をしているようにする、1日の間で温度変化している状態で実験をやっています。131 ページの図にありますように、基本的に、この場合ですと、1時間での変化量がたかだか 0.5 度ぐらいで、もしかしたら、実際の現場環境の変化には追従できないかもしれませんが、ある程度の緩やかな波に対しては追従できるという実験結果を得ています。

(香川委員) そうですか。どうもありがとうございます。

(高谷委員) Micro CMM のことについてお伺いしたのですが、目標の達成状況のところでは、このゲージですね、測定長さ 100mm に対して不確かさ 200nm 程度でゲージの値づけを行う手法を開発したと書いてありますけれども、これは具体的にどういう方法なのかということと、このゲージですけれども、これは従来の、測定長さが非常に短くなっても、従来の形状というか、従来の形状のゲージで同じ方法でできるのでしょうか。

(産総研・佐藤理研究員) まず1つ目の、ゲージの値づけの方法ですけれども、我々のほうでやっておりますのは、画像測定機を使います。まず、画像測定機を反転法可能なグリッドプレートを使ってまず校正してやります。その後で、画像測定機をコンパレータとして、例えば、ボールプレートですと、ある規則に従ってボールが配置されていますよね、それと、投影したときの図形が同じになるパターンを用意します。その2つを、画像測定機を使って比較測定をすることによって、例えば、この場合ですと、ボールプレートの中心座標の、XYのみです、Zは評価しません、XYを評価します。これの不確かさが 200nm 程度ということですよ。

(高谷委員) それだと、二次元ということですか、三次元……。

(産総研・佐藤理研究員) 二次元です。実際に、126 ページのほうの図にも載せましたけれども、こちらのシス

テムですね、この幾何誤差評価を行う場合ですと、我々のほうのシステムというのは、基本的に二次元の値のついているゲージを、基本的に水平や垂直にして、1姿勢で右から左から、また、例えば、方向を変えて、表側から、裏側からという測定をやるということで、基本的に我々は二次元のゲージを三次元測定機ではかった結果から幾何誤差を評価するというシステムをつくっていますので、今回、マイクロ領域につきましても二次元のゲージを開発しております。

(高谷委員) それで、これだけ小さくなくても、例えば、二次元のプレートを立ててやるのですね。

(産総研・佐藤理研究員) 実際には立てないのです。マイクロ領域の三次元測定システムの現状の問題点として、プローブが下向きにしかつかないのです。研究レベルではプローブが横向きになっているものというものも出てはいますが、実際の現場で使われているものというのはプローブは下向きのみです。すると、立ててやったときに、垂直方向ははかれないので、実際には斜め方向からはかることになります。その違いはあります。

(高谷委員) そうですか。じゃあ、標準、そのゲージの姿勢みたいなものは、ちゃんと補正できるソフトになっているのですか。

(産総研・佐藤理研究員) マイクロ用のほうについては、もう少しモディファイが要ります。現在、今つくっているものは、通常の三次元測定機用ですので、立てて設置した場合の結果から計算して 21 個の幾何パラメータに分解するというものですので、これを斜めにしたことによって条件が少し変わってきます。そのモディファイは必要になります。

(高谷委員) わかりました。Micro CMM、もう少し、私自身も自分でつくって実験したりしています。もう少し不確かさが、200nm、半分ぐらいのものがあれば、非常に将来的にいいなというのが感想です。でも、ここまでできるのは結構すごいことだと思います。

(相田分科会長代理) 先ほど説明のありましたソフトウェアの件ですけれども、既存ソフトウェアを簡易化して、それを添付したと説明されましたが、その場合、著作権の問題とか、その辺、大丈夫なのでしょうか。

(産総研・佐藤理研究員) 簡易化したという説明をいたしました。実際には、アルゴリズムなどは自分たちでつくっています。基本になる部分、例えば、二次元座標の値づけられたゲージをこの姿勢ではかって、その結果から 21 個の幾何パラメータに分解するという点につきましては、論文になっています。ですから、そこについては基本的に公開されているものです。そこで、じゃあ、その 21 個の幾何パラメータを一体何次の式に当てはめるのか、あるいはもっと高度な式を使うのかといったところは、それぞれ違います。我々が産総研の内部で使っている PTB のものについては、各パラメータについて、スプライン関数に当てはめるのですが、それを我々のほうでは別の関数に当てはめるとようにしてあります。

(相田分科会長代理) ありがとうございます。

(本多分科会長) よろしいですか。それでは、時間ですので、どうもありがとうございました。

6-6. 振動・加速度標準 (質疑)

(本多分科会長) ありがとうございます。それでは、ご質疑、お願いいたします。今期からということで、基本のところをちょっと教えていただきたいのですが、これは、感知方向についての校正だけをされているように見えますが、現実の使用のときは、地震計にしても、その軸方向の揺れが来るわけではなくて、そうすると、そちらの方向の射影成分が取れているというようなことを保証する必要はないのでしょうか。

- (産総研・白田主幹) それは、恐らく次の課題になると思います。
- (本多分科会長) それは、今の e-trace の話じゃなくて、もともとお持ちの校正器がそうなっているように見えるのですが。
- (産総研・白田主幹) おっしゃるとおりです。単軸の校正値を求めるというものになっております。通常は、傾斜成分についてはスペーサーのようなものを取りつけて評価するということになっております。
- (本多分科会長) ありがとうございます。
- (土屋委員) 可搬型の新しい加振機をつくられたということですが、これは、一般にあるこのスケールの大きさの導電型の加振機に対してどう違いますか。
- (産総研・白田主幹) 一般にある導電型の加振機というのは、例えば、モーダル解析に使うような加振機が相当するかと思います。大体、加振力としては数ニュートンから数十ニュートンが大きなのところかと思えます。
- (土屋委員) ちょっと調べさせていただきましたが、やはり同程度の質量で 200 ニュートンぐらい出せるような加振機は、世の中で売られています。それとの違いについてご説明をお願いします。
- (産総研・白田) こちらは、まずストロークが大きくとれるということで、導電型の加振機であっても、通常は数ミリから十数ミリ程度のストロークではないかと思えます。こちらの加振機については、ストロークは数十ミリ有しております。導電型の加振機ではないということからです。
- (土屋委員) 報告書には、質量比で数倍、数十倍の加振力を有するとうたっていますが、その点については、私はちょっと、非常に大きな疑問を持ちましたが。
- (産総研・白田) こちらにつきましては、電源も含んだというふうに部分的に解釈いただければと思います。
- (土屋委員) わかりました。ちょっと納得できないところはありますけれども。あと、ここでは、加速度計の校正ということですが、加速度計自身については何も行われていないのですが、今後はどういう展開を行うと考えられていますか。
- (産総研・白田) 加速度計自身の開発は当初から予定しておりません。また、現在のところ、この e-trace にかかわる遠隔校正、あるいはその場校正といったようなところでの加速度計自身の開発は予定しておりません。
- (土屋委員) このシステムを使った、具体的に、ほかの標準、今回のほかのプロジェクトであったような、仲介器としての加速度センサというのは、どのようなものをお使いになるのですか。
- (産総研・白田主幹) こちらの仲介器は、サーボメカニカル型の加速度センサを使っております。ちょっと共同研究者から説明をいたします。
- (産総研・大田室長) 共同研究しております大田ですが、補足させていただいてよろしいでしょうか。土屋先生からのご質問で、ボイスコイル型の加振機で、現在あるものとどう違うのかということですが、白田が申し上げましたとおり、アンプとか、そういったものをすべて込み込みでやった場合にはかなりの大きさになります。ということで、まず可搬型はちょっと考えられないところがございます。そういった意味で、電源関係を含めた意味で、今回つくったものは 25 キログラムという非常に小さなものであるという特徴を持って、加振機ということで説明をさせていただきたいと思えます。
- (本多分科会長) どうもありがとうございました。
- (相田分科会長代理) 加振機で、低ひずみの加振機をつくったというのがみそだと思えます。この低ひずみの具体的な値とか、スペックといいますか、その辺の値というのを教えていただけますか。

(産総研・白田主幹) 大体、ひずみ率で1%程度でございます。ただ、周波数によって若干の幅がございまして、1%が一番いい値のところということでございます。それから、現場での取り付け方法、こちらに示しますとおり、装置はあるリジットな環境に固定しなければいけないのですけれども、その固定状況によってもユーザ側の用意する環境によっても若干、振動、ぶれが出てしまうということもございまして、若干、ご質問の趣旨とは外れますけれども、こちらは、装置自体にリニアスケールを内蔵しております。それによって制御をしています。振動は長さや時間の組み立て量ですから、リニアスケールを標準にするという考え方もありますけれども、リニアスケール自体は、この装置自体の相対的な変位を示すだけでありまして、空間座標系、あるいは慣性座標系に対してどの程度ぶれがあるかということもございまして、この場合には仲介標準器、加速度計を使ってその値に対するコンパレートということになっております。

(香川委員) 可搬型の校正装置、これはすばらしいと思いますが、相手がちょっと大きかったりすると、取り付けの関係というのはかなり制約されると思います。地震センサとか、いろいろなものがあると思いますが、その辺の実際に使われているものはお調べになりましたか。

(産総研・白田主幹) はい。今回、このプロジェクトの中で想定したのは、ごく一部でございます。ご指摘のとおり、さまざまな外形、質量のものがございまして、そういったものすべてに対応できるかどうかというのは、また今後の検討課題と認識しております。

(本多分科会長) ほか、いかがでしょうか。よろしいですか。ちょうど時間ですので、これで終わりたいと思います。どうもありがとうございました。

6-4. 放射能標準 (質疑)

(本多分科会長) ありがとうございます。それでは、ご質疑、よろしくお願いたします。

(井口委員) 3点ほど質問させていただきたいと思います。まず最初に、ICタグをつける発想は非常にいいと思います。線源とサーベイメータすべてにICタグをつけて識別するという考え方ですね。これをこれから始めるということだと思いますが、実際に始めた際に管理するのは、どこが管理をするのですか。線源とサーベイメータだとメーカーも違うし、いろいろなところで違ってきます。それを一括管理しないと意味がないと思いますが、どのようにされるのでしょうか。

(産総研・佐藤泰研究員) 今のところ、ここ、どこかにやってほしいというところまでは行っていないのですが、例えば、1つは協会さんの事業としてあり得るのではないかと考えております。

(井口委員) アイソトープ協会のことですね。サーベイメータは、管轄外ではないのですか。

(産総研・佐藤泰研究員) もし、それでしたら、管轄しているところをどこか紹介していただくことはありますけれども、今、特段に決めなければいけない必要もないとは思っています。軌道に乗り始めて、コンセンサスが得られたときに、じゃあ、どこがやりましょうということになっていくのかなと考えています。

(井口委員) それでは、2番目の質問ですけれども、午前中も少し触れましたが、トレーサビリティの20%、たしかJIS規格になっていますけれども、これが満足できるレベルとはとても思えないのですけれども。ここでは、一応、実験でやった場合には、10%ぐらいは実証できたということですが、例えば、医療被曝でたくさん照射されたら、それは嫌ですね。なので、ここはもっと、そういう標準を供給するという立場からすると、もっと、例えば、5%とか、せめて10%を切るぐらいの目標設定をしないと、ここでは満足できないのではないかなという気がしますが、そこら辺はどのように考え

ておられますか。

(産総研・佐藤泰研究員) まず、今回のターゲットは、汚染検査装置のみに目的、目標を絞っていますので、現実的な走っている 20%という値を掲げました。先生が言われるように、医療の世界ですと、やはり 10%、5%は欲しいというのは存じておまして、その場合は、また、今回のスコープには入っていないというだけであって、この遠隔校正の校正情報システムをつくっているということは、結局、最終的な不確かさといいますのは、何を何ではかるかというところで決まっておりますので、医療用の線量評価に関しましては、また別途、目標は定められると考えております。今回の目標は、汚染検査装置に限っているということをご理解いただければと思います。

(井口委員) それは、だから、放射能の標準を決める場合にも、グレード分けという発想を最初から入れて、この場合は 20%でいいけれども、この場合は 10%とか、そういう格好でシステムをつくるというのを、最初からやっておかないと、十把一絡げでやっていると、最後までそれで決まってしまうような気がするので、ぜひそういうことも考慮されて、これからシステムを実際に運用する場合には考えていただけるといいと思います。

(産総研・佐藤泰研究員) 実は、第 1 期の場合は、もっと小さい不確かさを掲げてやっておりました。実際、全体の研究の流れからしますと、例えば、産総研とアイソトープ協会さんの間はまだもう 3%ぐらいでやりますというような話を進めておりました。第 2 期の場合は、現場でやりますので、不確かさは大きいという話でやっております。グレード分けはそのような形で行われているのですけれども、また、我々も医療分野に関しましては遠隔校正はぜひやっていきたいと思っていますので、そのときはそれに相応な不確かさを掲げてやりたいと思います。

(井口委員) あと、3 点目ですね。3 点目は、中性子の話がありましたが、これほど遠隔校正になっているのですか。仲介検出器をつくられて、それを国内のいわば中性子場で照射されて、その結果があったから 10%ぐらいなのでという、オーケーだというふうにおっしゃったと思いますが、遠隔校正という点から言うと、どこが遠隔校正というふうになっているのでしょうか。

(産総研・佐藤泰) ちょっと話をはしょってしまいました。これらの実験のときは、常に産総研からその場の測定を行う測定装置、ボナーボールですとか、ヘリウム比例計数管ですとか、そういったものを遠隔的にコントロールしてデータを取っているということをしております。

(井口委員) そうすると、この実験の場合には、産総研のほうで測定器をコントロールされてやったということではないのですか。

(産総研・佐藤泰研究員) そうですね。具体的に言うと、検出器そのものはパソコンにつながっておりますので、パソコン同士をつなげてデータを取ったということになります。

(井口委員) わかりました。ありがとうございます。以上です。

(本多分科会長) ほか、いかがでしょうか。

(産総研・桧野 PL) ちょっと補足的な説明をいたします。最初の井口先生の IC タグの話でございますが、我々が考えておりましたのは、例えば、現在、日本で 53 基の原発が動いているわけで、その原発 1 基に大体 3,000 台ぐらいのそういうサーベイメータがある、そういうものにどうやってトレーサビリティを与えるかと。それには、やはりキャリブレーションする線源と、そのジグと測定器、その 3 点セットを IC タグで管理する。トレーサビリティについては、ラージ JCSS のついた線源、それを同定することによって日本アイソトープ協会のほうからチェーンがおりてくる、そういう考えで想定してございます。それから、第 2 点の件でございますが、こちらのほうもなかなか難しいところがありまして、

例えばがんの場合、線量については、ちょうどがん細胞を殺さなくちゃいけない、かといって健常な細胞を殺しちゃいけないということで、5%のウインドウということがよく言われておりまして、現在、我々のほうに、医療機関のほうから1%を切れということを強く言われておりまして、かといって、なかなかそれが切れずに苦勞しているというのが現状でございます。ですから、ものによってはそのように1%は切らなくちゃいけない、どうしても切らなくちゃいけないものもあれば、逆に、サーベイメータのように±2倍以内だったらいいよというのが、20%だったら、これはラッキーという世界もあるという、そういうところをご了解いただきたいと思います。

(本多分科会長) ありがとうございます。いかがでしょうか。よろしいですか。それでは、ちょうど時間ですので、これで終わりにします。どうもありがとうございました。

議題7. 全体を通しての質疑

(本多分科会長) それでは、当初、10分の休憩という予定がございましたが、このまま引き続き次の話題に入らせていただきたいと思います。まず、これまで伺いましたプロジェクト全般について、ご意見、ご質問等がございましたらお願いしたいと思います。先生方、いかがでしょうか。私から2つお尋ねしたいことがあります。1つは、今のICタグの件ですが、先ほどウェブベース云々という議論がありましたが、やはりもうちょっと、測定器全体をこういう形で管理するというようなことは、視野に入れていらっしゃるのでしょうかということをお教えください。

(産総研・桧野PL) どういった測定器で、いつ、どういう条件で、要するに治具ですね。何センチの距離という。それを同定することによって、いつ、どの線源で、どの治具で、そしてどの測定器でやったという、その3点セットで記録される。その3点がセットされないことには、トレーサビリティはつながっていかないと考えております。

(本多分科会長) もう1点は、今回は、全部で6件だったので、標準物質とか質量とか、ほかにもいろいろ項目があるかと思うのですが、そういう意味で、e-traceのこのプロジェクトの中で、そういったようなものはどうされるのか。特に質量については、これから量子標準に変わりそうな状況ですので、また変わってくるかなと思うのですが、そこら辺についてはいかがでしょうか。

(産総研・桧野PL) 今回の遠隔校正で得られました成果の一番大きなところは、特に第2期に関して言えば、現場への応用ということで、温度に関するセンシティブリティをなくしてきました。先ほど発表しました三次元ですが、あれの1つの売りは、温度膨張率の違うゲージをつくって、現場でそれをはかることによって、温度の変化をキャンセルできるようになっています。実際に長さというのは、ほとんど温度をはかっているようなものでございまして、温度の変化による現場の計測器の振れというのは非常に大きいものがございます。これは、長さとかそれに限ったものではなくて、EMCのアンテナとか、そういうすべてにかかってくると考えております。今回の1つの売りが、例えば長さの場合ですと、光の発生する部分ですね。それと、光波干渉計部分は離しておいて、それは温度管理ができるようになっている。現場のほうには、ちゃんとその長さだけをはかるセンサが置けるような形にして。そういった形で、非常に応用範囲が広くできてきております。これは、単にその長さばかりではなくて、時間周波数でしたら、屋外に設置したアンテナから屋内にケーブルを引っ張ってきて、屋内に再放射する、そういった形で、例えばカードリーダー的な、本当に小さいものができれば、それを校正用測定機器どころかNC旋盤などに組み込んで、すべてが自動的に計測できるようになっていく。発展性については、非常に期待できるものがあると考えております。

(本多分科会長) ありがとうございます。先生方、ほかはいかがでしょうか。どうぞ。

(井口委員) 今回の標準の中で、仲介検出器という概念というのが幾つかあったと思いますけれども、仲介検出器は、輸送する場合になるべく変化しないようなものを使っておられます。それは産総研で校正して現場に持っていったときに、自動校正とかがあるというお話もあったんですけど、変化していないということの検証とか、あるいは保証するのはどうやってやるのですか。そこら辺は、一応、考えておられるわけですか。あるいは、考える必要はないのかと、ちょっとそこら辺を確認したいと思います。

(産総研・中村主幹研) ただいまのご質問ですが、例えば電気標準の場合の最初の1期のときに実験をしたときに、そういう同じ問題を検討しまして、それで仲介器を複数、同じ、現実には4個の仲介器、同じ量の標準器を使ってまして、それらの相互の関係をあらかじめ見ておきまして、現場に行ったときに向こうではかります。そのときはかったデータを、向こうの状態はこちらにトランスファーしてきてまして、その相互の関係が崩れていないのかどうかを確認することで、4台あるので、どれか崩れていけばすぐわかるというような状態で、そういう検証をいたしました。ただ、第2期におきましては、より現場にということになりますと、現場の産業界の調査もいたしましたけれども、精度を気にすればそうですけれども、実際上は、例えばメータでも6けたあるメータでも3けたしか使わない、それで十分なんだという話でした。そうしますと、やっぱりコストとか時間とかを考えると、そこまで保険をかけなくてもいいのかなというところもあります。検証は行いましたけど、そういう状況です。

(本多分科会長) ありがとうございます。では、全般についてのご意見、ご質問は以上ということで、このあたりで審議を終了したいと思います。

議題8. まとめ・講評

(本多分科会長) それでは、続けてよろしいですね。審議も終了いたしましたので、各委員の皆様から、簡単に講評をいただきたいと思います。それでは、渡部委員から始めて、最後に私、分科会長という順序で講評したいと思いますので、まず渡部委員からお願いいたします。

(渡部委員)

本日は、研究成果をご説明いただきまして、どうもありがとうございました。素晴らしい結果だと思います。理想としましては、私が考えていたe-traceというのは、コンピュータのソフトの自動更新みたいなものが一番いいというイメージはあります。仲介器を送るにしても、それ自身がインテリジェンスに判断してやるというのは、多分、最終的な目標になると思います。そうして見ると、どうしてもまだ昔の物理量の原器とかそういうものにこだわるところがあって、それをどうにかして。例えば、今、時間が非常にいい例ですね。そういうところにうまく物理量を移しかえて、自分自身で更新をしてという形が最終的に一番いい形じゃないかなと思っています。まだまだ開発すべきことが残っているのではないかなと思っています。以上です。

(土屋委員)

本日は、大変興味深い研究開発を聞かせていただいて、個々の研究開発については、それぞれの研究者の方が素晴らしい成果を得られているというふうに感じました。ただ、これらの研究成果は大学の先生の研究成果であれば、多分「非常にいい」で終わるのですけれども、やはり産総研という企業への技術移転を考えるという意味では、企業の方々に使いやすいものをつくるという意味で、まだまだ

やるべきことがあると思いますので、その辺をぜひ進めていただきたいと思います。ありがとうございました。

(高谷委員)

まず全体を通してですけれども、皆さん、非常に真摯に技術開発に取り組んでおられて、しかも非常に難しい。一番難しい課題だと思っているのが、やはり現場の状況に適応できる校正方法で、非常にハードルの高い目標設定だと思います。きょう、各個別のテーマの技術開発なり、対応状況を見てみると、やはりそういったものをベースとして、なるべく現場に配慮したような技術開発、あるいは校正方法の考案というのが、非常に多数、努力されているように見られたので、その点、すばらしいなというのがまず1つの感想です。あと個別ということで、自分の分野にも近いという意味ですけれども、特に長さ標準の開発では、やはり世界的に見てもトップレベルの技術というか、測長能力というんですかね、そういうのをお持ちだなと思いました。これを前面に出して、世界的なトレーサビリティの手法というか、確保する手法というのをもう少し、できれば継続してやっていただきたいというのが私の基本的な感想です。それと同時に、先ほどと、ちょっとダブりますが、長さ標準に関しては、波長と光ファイバと両面で、現場と世界トップレベルの基準をつくらうという、非常にいいアプローチだと感じました。同じようなことがほかの物理量にもできるかどうかというのは、非常に単純にはいかないのかもしれませんが、今後、こういった e-trace の戦略として、この長さ標準のやり方は、非常に1つのモデルケースになっているような気がしますので、こういった方法で、ほかの物理量に関してもやっていかれると、非常に優位性の高いプロジェクトになると思います。それともう1つ、最後には、ぜひ継続性が日本にとっても必要ではないかなという気がします。以上です。

(香川委員)

e-trace、非常に興味深い項目が多かったのですけれども、私も圧縮性流体の計測性能で、ちょっと環境量的なものの専門をやっているものですから、そういうものと、電気的なものに比べて非常にやっかいな部分が多いもので、この e-trace になじむテーマとなじまないテーマもあって、それぞれ苦労されているというのが総論的な感覚です。それから、あと温度と湿度、環境量、これも非常に分布的なものが多いものですから、そういう非常に悪い環境の中でどれだけ保証していくかというのが、非常に難しいけれども、これから大事ではないかと思いました。以上です。

(井口委員)

全体を通してですけれども、こういう計測器の校正とか、精度を維持するというのは、ある意味では地味な研究分野ですけれども、非常に重要であることは皆さんのおっしゃっているとおりで、ぜひ、まずはこの研究の成果を続けて、実用化まで持って行っていただきたい。先ほどの放射能標準に関して言いますと、非常にいいアイデアなので、これをこれから事業化して、ぜひ実現していただければ、トレーサビリティに関しては非常に画期的ではないかと思います。それ以外の計測方法につきましても、特に長さの話がありましたけれども、レーザとか光ファイバと、つなぐアイデア、あれは非常にいいアイデアなので、ちょっと別のところで生かさせてもらおうと思いついて、きょうは非常に勉強になりました。どうもありがとうございました。

(相田分科会長代理)

きょうは、どうもありがとうございました。感じたことですが、今まで、この研究はハードウェア・オリエンテッドで、それプラス・ソフトということで、e-trace ということでまとめたと思いますが、ぜひ今度は、e-trace といいますか、ソフトウェアあるいは通信プロトコルがメインで、それに必要なハードウェアということでまとめていくと、多分、実用化に結びつくのかなと感じました。きょうは、どうもありがとうございました。

(本多分科会長)

最後になりましたけれども、本日は、本当にどうもありがとうございました。久々にこの e-trace の全貌を見せていただきまして、本当に感銘を受けました。もちろん、プロジェクトによって進みぐあい等々はあったかと思えますけれども、方向として間違っていないと思えますし、皆さんおっしゃっていただきましたことを、ぜひ進めていただければと思います。最初に申し上げた、ちょっと危惧するところが1つあるとすると、何度かコメントさせていただきましたけれども、仲介標準器を送って、そちらでやってもらう、あるいは、支援員を養成すればいい、そのところの人的な面でのシステムをどう支えるかということです。わかっている人は、当然わかってくれていると思えますけれども、やはりいろいろな不祥事等がまま聞こえてくることがありますので、それをすり抜けられないでうまく回せるようなソフトウェアの体系ですね、そこまで視野に入れて、まだまだ難しいことがいっぱい残っているかなと思えますが、特に産総研さんは、新体制になって、第3種研究ということでやられていると思いますが、最後のところまで、ぜひ進めていただけたらと思います。私のコメントは以上ということで。

議題9. 今後の予定、その他

議題10. 閉会

—了—

配布資料

資料 1-1	研究評価委員会分科会の設置について
資料 1-2	NEDO技術委員・技術委員会等規程
資料 2-1	研究評価委員会分科会の公開について（案）
資料 2-2	研究評価委員会関係の公開について
資料 2-3	研究評価委員会分科会における秘密情報の守秘について
資料 2-4	研究評価委員会分科会における非公開資料の取り扱いについて
資料 3-1	NEDOにおける研究評価について
資料 3-2	技術評価実施規程
資料 3-3	評価項目・評価基準
資料 3-4	評点法の実施について（案）
資料 3-5	評価コメント及び評点票（案）
資料 4	評価報告書の構成について（案）
資料 5	事業原簿（公開資料）
資料 6-1～資料 6-2	プロジェクトの概要説明（公開資料）
資料 6-1	「事業の位置付け・必要性について」、 「研究開発マネジメントについて」
資料 6-2	「研究開発成果について」、 「実用化の見通しについて」
資料 7-1～資料 7-8	プロジェクトの詳細説明資料（公開資料）
資料 7-1	時間標準
資料 7-2	長さ標準（波長）
資料 7-3	長さ標準（光ファイバ応用）
資料 7-4	電気標準
資料 7-5	放射能標準
資料 7-6	三次元測定機標準
資料 7-7	振動・加速度標準
資料 7-8	圧力標準
資料 8	今後の予定