

「計量器校正情報システムの研究開発」

事後評価報告書（案）概要

目 次

分科会委員名簿	1
プロジェクト概要	2
評価概要（案）	9
評点結果	17

独立行政法人新エネルギー・産業技術総合開発機構 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)

分科会委員名簿

(平成21年11月現在)

	氏名	所属、役職
分科会長	ほんだ きとし 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	あいだ かずお 相田 一夫	静岡大学 工学部 システム工学 教授
委員	いぐち てつお 井口 哲夫	名古屋大学大学院 工学研究科 教授
	かがわ としはる 香川 利春	東京工業大学 精密工学研究所 教授
	たかや やすひろ 高谷 裕浩	大阪大学大学院 工学研究科 教授
	つちや としゆき 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
	わたなべ やすあき 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

敬称略、五十音順

プロジェクト概要

		最終更新日	平成 21 年 12 月 21 日
プログラム (又は施策) 名	計量器校正情報システムの研究開発		
プロジェクト名	計量器校正情報システムの研究開発 <e-trace>	プロジェクト番号	P01029
担当推進部/担当者	研究開発推進部 標準化・知的基盤グループ/ 玉木 敏夫 (16年4月~19年3月) 研究開発推進部 標準化・知的基盤グループ/ 黒川 俊秀 (19年4月~) 研究開発推進部 標準化・知的基盤グループ/ 松川 貴夫 (20年5月~)		
0. 事業の概要	本プロジェクトは、経済活動の迅速化やグローバル化に対応する戦略的な社会インフラ整備として、計量標準供給体系の近代化を図るものである。この目的のために、情報通信ネットワーク技術等の先端的情報技術を活用して計量標準の遠隔校正システムを開発する。		
I. 事業の位置付け・必要性について	<p>(1) NEDO の事業としての妥当性</p> <ul style="list-style-type: none"> ・知的基盤整備制度の下で本事業を実施しているが、単に当該施策・制度の目標達成のために留まらず、日本産業の活性化のための産業インフラ整備という経済産業省全体の政策に寄与している。 ・知的基盤整備とは、即ち産業インフラの整備であり、公共的性格が強く、広く国民に公開・提供することが必要である等、民間企業の事業にはなじまず、基本的に国が整備すべきものとされている(知的基盤整備特別委員会とりまとめ)。 ・経済産業省においては、①産業技術総合研究所は高度な研究開発能力により、国家的研究機関として行うべき知的基盤整備を実施、②製品評価技術基盤機構は経済産業行政の実施に密接不可分な技術評価、分析及び調査研究、技術情報の提供、③NEDOは国として民間の能力を活用して行う研究開発のマネジメント機関、産学官の協力による研究開発のコーディネート機関と役割分担をしている(知的基盤整備特別委員会とりまとめ)。 ・本事業は、産業界の計測機器開発能力、大学等の基礎研究能力及び産業技術総合研究所の計量標準開発・供給能力と産学官の三者の連携が必須であることから、NEDOがコーディネート機関としての役割を担い、実施している。 <p>(2) 事業目的の妥当性</p> <ul style="list-style-type: none"> ・本事業の背景には、1980年代後半からのバブル崩壊後の日本産業の国際競争力低下への反省として、産業インフラの強化という政策動向の一環に知的基盤整備があり、特に計量標準の整備と産業界の要望に即した計量標準供給方法の開発がある。そのような見地から本事業の妥当性は明らかである。また、遠隔校正は国家プロジェクトとして組織的に開発しているものであり、標準供給の近代化として世界に先駆けて国際的な貢献をするものである。 ・近年安全安心のために欧米を中心に、RoHS 指令や UL 規格認証の義務化など、地域・国家ごとの様々な規制が講じられており、これらに対応するためトレーサビリティの保証された計量標準が求められており、製造現場にまでトレーサビリティを及ぼす効率的な手法が必要と考えられている。 ・本事業の政策的な位置づけは、科学技術基本計画(平成18年3月閣議決定)の「2010年に世界最高水準を目指して重点整備を進める。」という計画を受け、経済産業省においては計量標準の整備と合わせて、先端の情報通信技術を活用して標準の供給形態の高度化を実現するための研究開発の重要性を指摘(知的基盤整備特別委員会とりまとめ)されたことに基づくものである。また、経済産業省は知的基盤整備特別委員会の指摘を基準認証政策(中期目標)の知的基盤政策の施策である「知的基盤の整備」の一つとして「計量器校正情報システム技術開発事業」に反映し、本事業を実施している。 		

II. 研究開発マネジメントについて

事業の目標

(1) 研究開発目標の妥当性

- ・本事業は、前章の事業目的の妥当性の項でも述べたように、1980年代後半の日本経済のバブル崩壊後の技術動向、市場動向を踏まえて、産業界ニーズの高い計量標準供給の柔軟化と迅速化を目的とした戦略的な目標設定がなされている。
- ・本事業は、情報通信技術を活用して計量標準の供給形態の効率化を実現するための研究開発であることから、持ち込み校正におけるニーズの実態から校正需要の約90%をカバーするために必要な、不確かさの確保を行うことを目標として定量的に設定した。
- ・産総研が保有する特定標準器（国家計量標準）を用いて行う登録事業者が保有する標準器の校正及び校正事業者が行う製造現場等で用いられる標準器の校正のそれぞれのニーズを対象とした。
- ・第Ⅱ期（H18～H20）においては、実用の測定機器にまで対象を拡大するため、頑健で実用的な仲介器を用いて、測定結果を自動的に電子メールで送信する方式や、ICタグを用いた測定機器の管理と校正条件の設定などについても、遠隔校正の適用範囲とした。

(2) 研究開発計画の妥当性

- ・本事業の研究開発計画・実施にあたっては運営委員会の指導のもとに、研究開発の目標達成のためのスケジュール検討、重点課題に対するの予算傾斜配分、テーマの見直し（前倒し、追加など）を行っている。
- ・研究開発には各テーマごとに遠隔校正の目標達成に必要な要素技術開発を必ず含めている。
- ・研究フローにおける要素技術間の関係、順序についても各テーマ担当者と議論して進めている。
- ・テーマの中には、短期で実用化できるものと長期の技術開発が必要なものが混在しており、実用化の段階に至ったものから順に社会に貢献（遠隔校正実施）を行っている。本事業は全体としては長期プロジェクトであり、産総研から上位の校正事業者への遠隔校正の技術蓄積を実用化の観点から絞り込んで、次の校正事業者から産業界への遠隔校正への技術開発に活用を図ろうとしている。

事業の計画内容

主な実施事項	H13fy	H14fy	H15fy	H16fy	H17fy	H18fy	H19fy	H20fy	総額
時間標準									201.8
長さ標準									339.2
1)波長									186.8
2)光ファイバ応用									
電気標準									258.0
1)直流									49.7
2)交流									
3)インピーダンス(LCR)									
放射能標準									170.3
三次元測定器測定標準									131.9
振動加速度標準									92.2
力学（圧力）標準									100.2
流量標準									37.5
温度標準									38.2

開発予算（会計・勘定別に事業費の実績額を記載）（単位：百万円）	会計・勘定	H13fy	H14fy	H15fy	H16fy	H17fy	H18fy	H19fy	H20fy	総額
	一般会計	150	200	300	240	240	225	215	194	1764
	特別会計 （一般・電源・需給の別）									
	加速予算 （成果普及費を含む）									
	総予算額	150	200	300	240	240	225	215	194	1764
開発体制	経産省担当原課	産業技術環境局知的基盤課								
	プロジェクトリーダー	吉田春雄（平成13年4月～平成18年3月） 松本弘一（平成18年4月～平成20年3月） 桧野良穂（平成20年4月～現在）								
	委託先（*委託先が法人の場合は参加企業数および参加企業名も記載）	（独）産業技術総合研究所、東北大学、東京電機大学、株式会社サンジェム、株式会社浅沼技研 （再委託先）日本電気計器検定所、国立大学法人東京大学、横河電機株式会社、国立大学法人電気通信大学、長野計器株式会社、株式会社トプコン、株式会社東精エンジニアリング、長野県工業技術総合センター								
情勢変化への対応	<p>・情勢変化への対応については、社会的な情勢変化に対応しつつ、「より実用化へ」という方針にそって遠隔校正に適した仲介者・システムの開発を行うことで一貫している。運営委員会の指導のもとに、計画や予算配分の見直しを適宜実施した。</p> <p>・第Ⅰ期（H13～H17）において、三次元測定器標準、温度標準及び圧力標準に関しては、高度の一次標準を遠隔的にトランスファするという当初の目的を達成したため、平成15年度に終了した。</p> <p>・実用性があり質の高いサービスを広汎に供給するため、平成17年度までの研究開発期間を、平成20年度まで3年間延長した（第Ⅱ期：H18～H20）。この延長に伴い、本事業における校正の対象を、校正の専門家である国内の約200社の登録事業者が保有する標準器から、製造現場等で用いられている標準器までとした。</p> <p>・三次元測定器標準に関しては、製造現場において産業の高度化によりマイクロ部品や装置の計測技術が必要になったことから、平成18年度から再開することにした。圧力についても、現場での当該技術の電子化が急速に進み、標準器として利用できるレベルの安定性が確保できる見通しがたったため平成18年度から再開することとした。</p> <p>・振動・加速度標準に関して、自動車業界などを中心として多くのニーズが発生するとともに、全国に配置されている多くの地震計のロバスト性の確保の必要性により、平成18年度から新たに開始した。</p>									
中間評価結果への対応	平成17年度中間評価結果への対応 産業界の意見を集約すべきとの指摘に対し運営委員会メンバーに民間ユーザー委員を追加し産業界のニーズを集約。広報活動が不足との指摘に対しては e-trace セミナーを実施した。リーダーシップをさらに強化したマネジメント体制で実施すべきとの指摘については、各研究グループのリーダーが集まる実施者会議を定期的開催しマネジメントを強化した。									
評価に関する事項	事前評価	――								
	中間評価	15年度 中間評価実施				18年度 中間評価実施				
	事後評価	21年度 事後評価実施								

<p>III. 研究開発成果について</p>	<p>(1) 成果の意義 本事業の成果は、社会環境が激変する製造業にもつくりの基本である計量標準を、速く、安く、正確に供給することによって国際的な競争力を向上させることに意義がある。例えば、今日、生産コスト低減のために多くの日本企業が開発途上国に進出しており、途上国に進出した企業は出先の国の計量標準トレーサビリティを受ける建前になっているが、途上国の計量標準は必ずしも高精度のものが整備されているとは限らない。さらに、計量標準の供給の階層が下がるごとに精度の劣化（不確かさの増大）が著しく、それらに基づいて生産した製品は先進国では売れないという深刻な事情がある。本成果の意義は、そのような途上国に進出している日本企業に日本の国家標準にトレースした良質な計量標準を提供するものである。その結果として、日本産業の市場拡大あるいは市場の創造につながるものと期待される。遠隔校正を部分的に行っている国はある（例：イギリス NPL が周波数標準、ネットワークアナライザの校正キットを仲介器として遠隔校正実施）が、日本の場合は本事業を国家プロジェクトとして広範な量について組織的に取り組んでおり、社会システムとして運用できるように法運用整備まで行っている。これらは世界初の取り組みである。その成果は、汎用性があることから、世界中で運用できるように国際試験所認定会議（ILAC）に提案し、遠隔校正方式の認証プロセスへの組込を正式議題に登録させるなど、実際の運用を開始するために必要な品質システム整備を実施した。既に国内的には JCSS トレーサビリティ制度に一部取り入れられており、ILAC に於いて国際相互承認が実現されれば、我が国の遠隔校正システムが実用測定機器へ早く・安く・正確にトレーサビリティを与える標準的な校正手法として世界に通用することとなり、海外に進出した日系企業の様々な計測機器が、校正のために移送する必要がなくなるなど、投入された予算に見合った以上の成果をもたらすと期待できる。</p> <p>(2) 特許の取得 本事業は知的基盤整備の一環であり社会システムとしての運用を目指すので、一般的な技術開発プロジェクトと異なり特許取得は多くはない。本事業における特許取得の考え方は、基本特許は他国、あるいは一般企業の特許からの防衛的な意味をもち、個別特許は権利獲得を目指すものである。この考えに沿って特許を出願しており、知的財産権利化の努力をしている。</p> <p>(3) 成果の普及 本事業に参加しているテーマは広範であり、詳細個別テーマ成果の項に掲げるように研究論文の発表を行っている。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・2005年には NMIJ-BIPM International Workshop on the Impact of Information technology for Metrology をつくばで開催し、多くの遠隔校正の論文発表とデモンストレーションを行った。2007年にも、同会議を PTB-BIPM ワークショップとしてベルリンで開催し、多くの研究報告をした。 ・2008年8月にバンコックで"e-trace Workshop"を開催し、遠隔校正に関する講演と、タイ国立標準研究所（NIMT）において ASEAN 地域からの参加者に周波数、圧力、振動加速度に関する遠隔校正の実演つきのワークショップを開いた。将来的には NIMT を核にしてインドシナ半島各国に遠隔校正を普及する構想がある。 ・2004年以降、毎年開催されている日中計量標準会議（政府間協議）で、継続して遠隔校正の進捗を紹介しており、中国も遠隔校正に取り組む意向を表明している。 ・遠隔校正の国際的普及を目指して APLAC, ILAC に対して提案しており、ILAC では、2006年11月のメキシコ総会において、遠隔校正認証に関して、従来方式との整合性について検討を開始することが決議された。 ・国内向けには各テーマごとの勉強会と見学会を NEDO が開催し（e-trace 成果普及セミナー：H16～H20、13回実施）、一般に向けて広く情報発信を行っている。 ・2008年11月に開催された第6回計量標準フォーラムにおいて、遠隔校正の現状と将来展望に関する講演を行った。 <table border="1" data-bbox="363 1518 1455 1668"> <tr> <td>投稿論文</td> <td>「査読付き」52件、「その他」60件</td> </tr> <tr> <td>特許</td> <td>「出願済」45件、「登録」4件、「実施」件（うち国際出願3件）</td> </tr> <tr> <td>その他の外部発表（プレス発表等）</td> <td>プレス発表9件</td> </tr> </table>	投稿論文	「査読付き」52件、「その他」60件	特許	「出願済」45件、「登録」4件、「実施」件（うち国際出願3件）	その他の外部発表（プレス発表等）	プレス発表9件
投稿論文	「査読付き」52件、「その他」60件						
特許	「出願済」45件、「登録」4件、「実施」件（うち国際出願3件）						
その他の外部発表（プレス発表等）	プレス発表9件						
<p>IV. 実用化の見通しについて</p>	<p>(1) 成果の実用化可能性</p> <ul style="list-style-type: none"> ・産業界から知的基盤、計量標準整備に対する公共的な需要が旺盛にあり、かつ、その供給方法も従来の持込み校正、現地出張校正では産業界の社会環境激変に対応できなくなりつつあるので、より柔軟で迅速な計量標準供給法が求められていた。本事業は、その計量標準の供給方法を革新するものである。第9回知的基盤整備特別委員会でも計量標準供給方法の効率化・高度化を求めている。 ・校正事業者を認定する NITE と協力して ISO/IEC17025 のもとでの ASNITE-NMI, ASNITE-CAL 遠隔校正一般要求事項をとりまとめ、JCSS 等技術委員会で承認されたので、公共財としての知的基盤を供給、維持するための体制が整い、時間周波数や放射能標準などにおいては、一次標準(jcss)を遠隔校正手法により供給を開始した。 ・国際試験所認定規格 ISO/IEC17025 のもとで遠隔校正が可能になるよう、2005年以降 APLAC, ILAC に働きかけており、2006年11月のメキシコ総会で正式審議事項として採択された。現在、 						

	<p>継続審議となっているため、承認に向けて国際シンポジウム、セミナー、ワークショップなどのあらゆる機会をとらえて広報活動を行っており、根回しを行っているところである。</p> <p>(2)波及効果 以下の産業振興の波及効果が期待される。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・校正にかかわるコスト削減と校正機器の自動化が促進されることによる省力化 ・海外進出企業の製品の品質向上、およびその結果としての競争力向上 ・近隣諸国に遠隔校正を普及させることにより、調達する部品レベルの品質向上 ・簡易な標準を内蔵した安価な計測機器でも頻繁な遠隔校正により計測精度確保 	
V. 基本計画に関する事項	作成時期	平成13年3月 制定
	変更履歴	<p>平成14年3月中間目標を具体的に明記する等の改訂</p> <p>平成16年2月、「計量器校正情報システムの研究開発」中間評価結果を踏まえ、研究開発の目標及び内容を改訂</p> <p>平成17年3月、最終目標を具体的に明記する等の改訂</p> <p>平成18年3月、研究開発の実施期間等の改訂</p> <p>平成19年3月、「知的基盤創成・利用促進事業」、「ナノ計測基盤技術開発」等と大括り化し、「安全・安心な社会構築に配慮した知的基盤整備事業」として大括り化運用を図ること及び平成18年度実施の中間評価結果を踏まえ、電気標準に係る研究開発目標の一部を改訂</p>

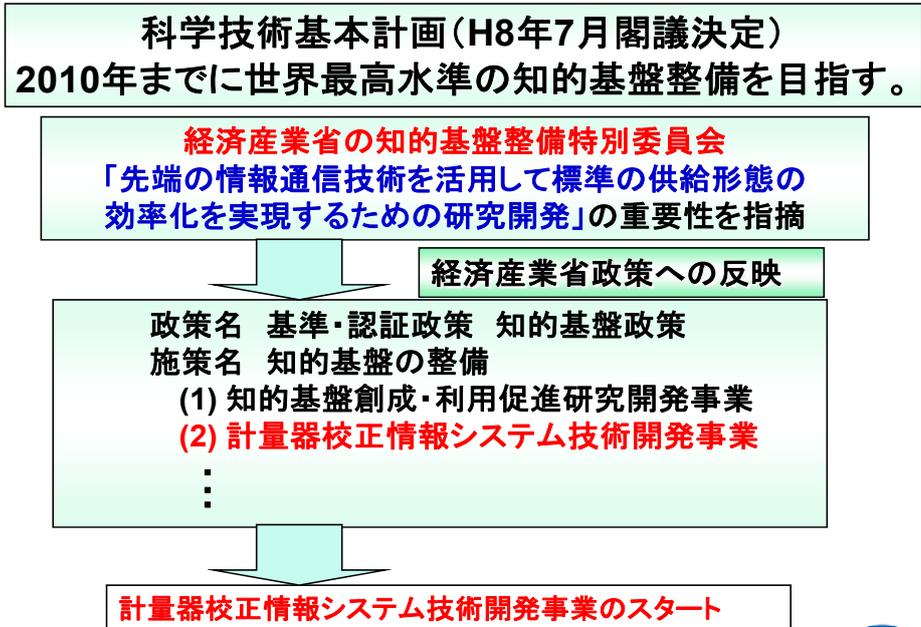
技術分野全体での位置づけ

(分科会資料6—1より抜粋)

概要(公開資料)

公開

I. 事業の位置付け・必要性 (事業目的の妥当性、政策動向)



事業原簿 I-3~5

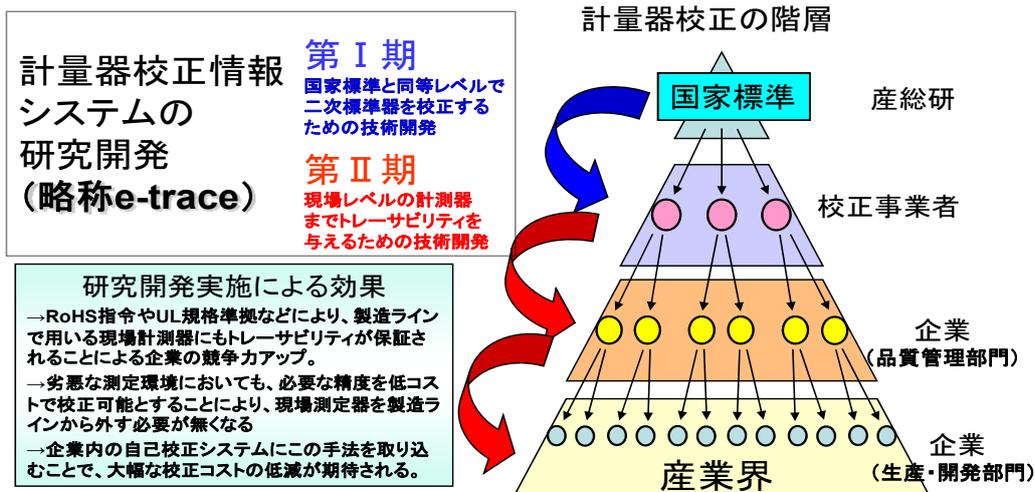
3/17



概要(公開資料)

公開

I. 事業の位置付け・必要性 (事業目的の妥当性、実施効果)



トレーサビリティの確立により、我が国の工業製品の優位性を保証し、産業界に投資効果の数百倍の貢献!



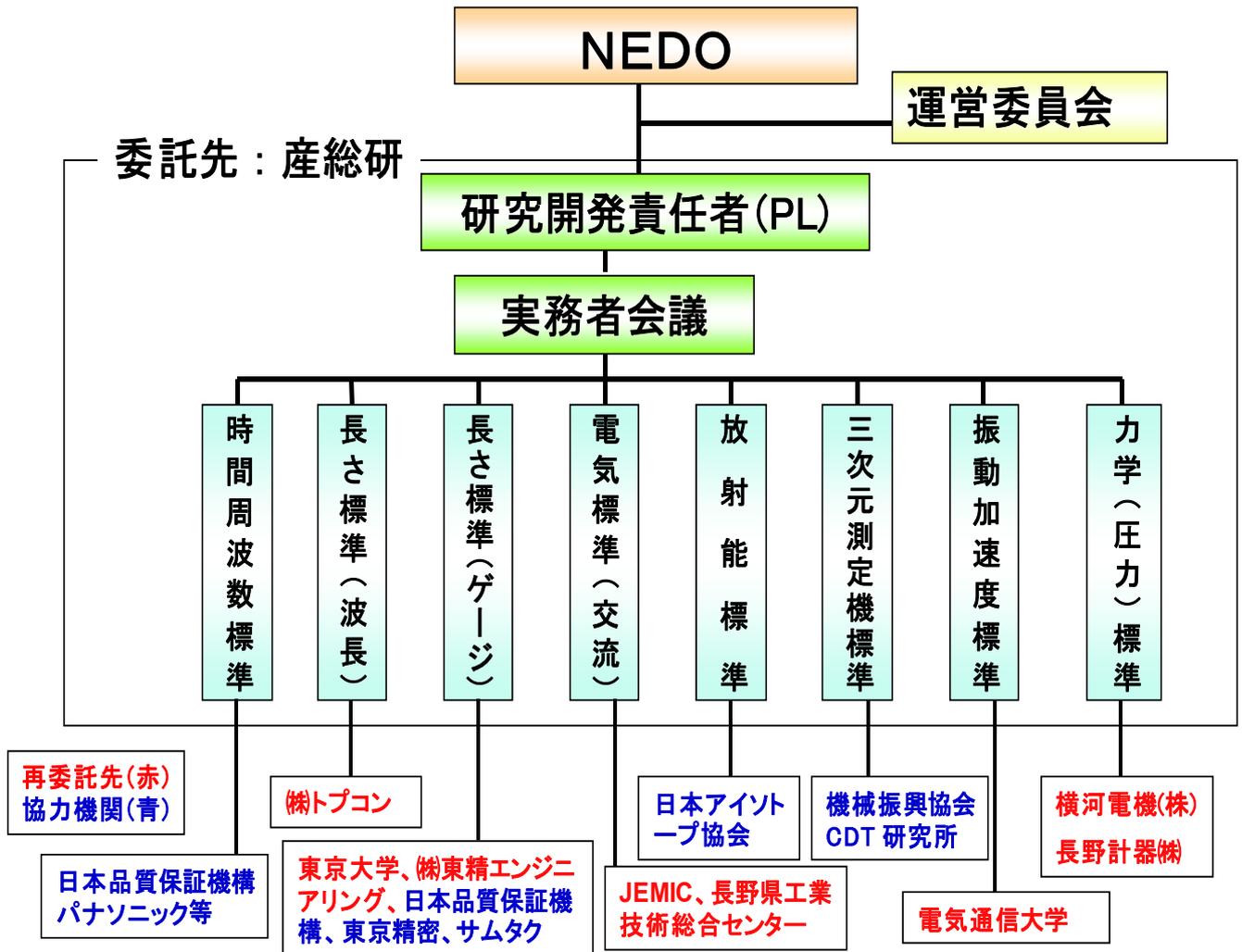
事業原簿 I-1~2

4/17



「計量器校正情報システムの研究開発」

全体の研究開発実施体制



「計量器校正情報システムの研究開発」（事後評価）

評価概要（案）

1. 総論

1) 総合評価

科学技術、産業発展のための知的基盤としての計量器校正システムを情報化・ユビキタス化する「e-trace」は重要であり、計量標準の確立は理工学における新発見・発明やもの作りの品質保証等の根幹をなす「知的基盤の整備」そのものである。公共性が高く、NEDO のコーディネート能力と高度な専門家集団である産業技術総合研究所の研究開発能力の双方が連携してはじめて実現できる。極めて挑戦的で難易度の高い技術開発であるが、今回のプロジェクトでは、世界的にも最先端の基礎研究から実用性を配慮した応用技術への展開が、多大な努力によって完遂され、得られた成果も当初の目的を満たしたものである。

現状では、計測量毎の各論的な技術開発の段階であり、今後、「e-trace」の体系化を確立するために、認証や校正データを管理するための情報システムが不可欠であり、これらを様々な計測量について統合するシステムを検討していくべきである。

2) 今後に対する提言

本プロジェクトのテーマは、国際競争力を維持するために、継続的に研究開発を推進することが重要と考える。特に JCSS（計量法トレーサビリティ制度）による標準供給をすみやかに開始するために、8年間の研究成果の中で、実用化の一步手前のような有望技術は、国際的展開を睨んだ産官学支援と重点投資等による早期完成が望まれ、そのための開発援助が必要である。同時に、「e-trace」の社会普及と技術維持および改善の観点から、人材育成の仕組みの構築が望まれる。

今後は多数の企業が参画する大規模な実証実験を展開するとともに、そこから明確化された課題を速やかに解決し、同時に若手の人材育成を進めるためにも、大学との連携を強化した研究開発体制による、本事業のさらなる発展型の継続を強く望む。今回の成果をベースにネットワーク構築技術のモジュール化・共用化など、ソフトの完成度を高め、ハード技術をリファインすることでより使いやすい「e-trace」の実現を目指すべきである。たとえば、被校正対象の計測機器が遠隔校正を受けるときの制御コマンドの共通化、セキュリティ対

策など計測機器メーカーの遠隔校正への対応促進が重要である。IT 技術を十分に活用し、仲介器のインテリジェント化、自己校正機能を更に改良することについても検討してほしい。

2. 各論

1) 事業の位置付け・必要性について

本事業が目的とする先進的な情報通信ネットワークをベースにした計量標準遠隔校正システムの開発は、我が国の「もの作り」における国際競争力・信頼性を飛躍的に高める基盤技術であり、日本企業の海外進出、遠隔校正への需要の対応として適切である。本事業の確立は、計量機器の国家標準から民間ユーザーの末端まで高精度かつ効率的なトレーサビリティ技術を開発するという「知的基盤の整備」そのものであり、公共性が高く、NEDO のコーディネート能力と高度な専門家集団である産業技術総合研究所の研究開発能力の双方が連携してはじめて実現できる。また、事業内容、事業規模、波及効果に対して年間2億円程度の予算は妥当であると考えられる。国際競争力を向上させるためには、他国に日本の国家標準を広く浸透させる必要があり、この観点からも今回の事業には、大きな意義がある。

ただし、本事業で実施した研究テーマの中で、先端的な情報技術を用いた計量標準供給体系の枠組みに、必ずしもそぐわないものもあり、「e-trace」としてのテーマ選定段階から、NEDO による調整が必要であった。

2) 研究開発マネジメントについて

第 I 期の評価をもとに、GPS の利用、安定な仲介標準器の開発を通じて、JCSS による標準供給システムを構築しようという目的設定は妥当である。各研究開発項目は、社会的なニーズや技術動向を良く考慮して選定されており、各分野において概ね妥当な具体的目標値が設定されている。各研究テーマでは、概ね必要な要素技術の開発、それらと高度情報通信システムを組み合わせた遠隔校正手法の構築、およびその実証研究と評価の3段階から構成されており、順当な研究計画と言える。研究開発実施の事業体制については、実務者会議を定期的で開催し、運営委員会に産業界からのメンバーを加えるなど、研究レベルと実用レベルの整合性に配慮しながらプロジェクトを遂行しており、事業化の際の委託企業の選択にも問題がない。

ただし、従来の JCSS での標準供給への要求がある計測量については、「e-trace」としての開発が優先されるべきかどうかの判断がなされるべきであった。継続の際には事業内容について精査する必要がある。また、個々の研究チーム間で、「e-trace」における仲介標準器への先進情報通信技術の活かし方

や考え方に温度差があり、全体の研究開発計画の方向性にアンバランスを感じる。

今後、各計測量の校正技術の間の連携や「e-trace」の体系化を専門的にマネジメントし、研究開発の戦略を常時チェックできる体制をつくるべきである。

3) 研究開発成果について

個々の開発テーマについては、テーマ毎に達成度にバラツキがあるが、設定された目標はクリアされており、一部は世界的にも独創的で最高水準の成果が得られている。従って、本事業の目的である計量標準供給体系の近代化について、少なくとも一つの雛形を構築できたと言える。成果の普及という観点から、説明会などを実施し、自ら情報発信を行い、産業界からのニーズにこたえ海外や工場での実証試験を行うなど、実際の製造現場環境での実用性に配慮した研究開発が遂行されている。知的財産権の取得に関しては、特許出願を行っており、研究開発成果の権利化に務めてきた。

ただし、論文としての公開が不十分である。また、研究開発テーマによって、技術開発のアプローチおよび国際標準化に向けた取り組みや成果の普及活動の活発さに大きな差が見られる。アジア地域への「e-trace」の展開は評価できる部分もあるが、遠隔校正についての新しい概念を提案しているとは必ずしもいえず、より積極的な成果普及が必要である。

今後、日本の製造業の将来的な国際競争力を維持するためにも、本事業で得られた成果のスピーディーな普及が強く望まれる。

4) 実用化の見通しについて

本事業の研究成果の実用化については、研究成果の一部には、既に最先端の技術ニーズに対応した実用レベルの要求精度を満足する結果が得られており、実証試験の結果を見る限り、「e-trace」の特徴、即ち、現在の情報通信ネットワーク技術を活かした遠隔校正、あるいは標準供給システムを構築できる見通しが得られている。

ただし、実用化の観点から見ると、開発テーマによって、「e-trace」に馴染まない成果に留まっており、ユーザー側に十分なメリットが感じられないものもあった。また、JCSSでの供給をおこなうためには、システムとして解決すべき課題が多い。大規模システムの実用化では、最初はハードが主、ソフトが従であるが、実用化目前の総合試作ではソフトがより重要となっている。「e-trace」の実用化においても同様な開発手順が重要と考えられる。将来の実用化を考慮すると、今回の成果をベースにネットワーク構築技術のモジュール化・共用化など、共通のプロトコルの検討を行い、ハード技術をリファインするこ

とでより使いやすい「e-trace」の実現を目指すべきである。また、今回の成果を公共財として実用化していくための運用や維持体制が不十分であり、成果を無駄にしないために、今後の検討が望まれる。

個別テーマに関する評価

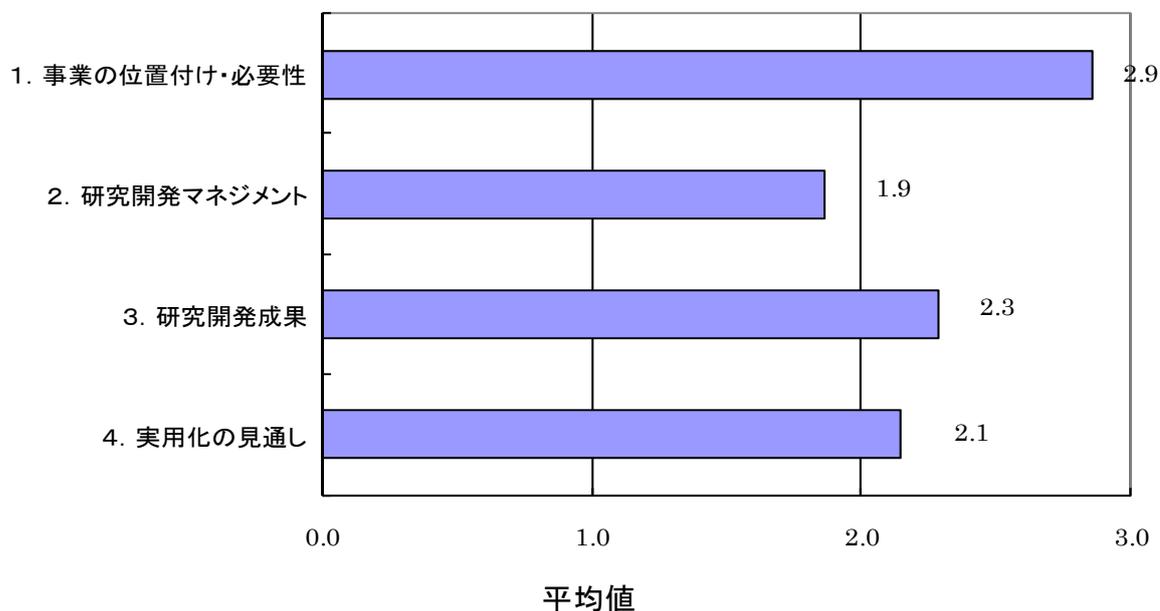
	<p>成果に関する評価、実用化の見通しに関する評価、今後に対する提言</p>
<p>時間標準</p>	<p>第 II 期の目標である JCSS への展開、海外への展開を十分な「不確かさ」で実現している。汎用性、実用性の面で十分な達成度であり、技術レベルは世界最高水準にある。本研究の成果として、ソフトウェアを含む遠隔校正用端末装置のコスト低減や汎用システムの構築は、完成度が高く、国内外の時間標準の高精度なトレーサビリティ技術として産業界にとって大きな貢献が見込まれ、ほぼ実用化レベルにある。</p> <p>ただし、超小型化利用端末装置の開発には大きな開発費が必要であるので、実際の費用対効果についても考慮した検討を行い、超小型化以外の解決方法との比較検討を行っておくべきである。一方、時間標準は他の計測量に比較して、「e-trace」への適合性が高い研究テーマであり、早期に実用レベルの課題や問題点が抽出できれば、他の計測量への取り組みにも大きな効果が期待できる。</p> <p>今後、長さ標準の遠隔校正に時間標準の成果をもっと積極的に利用するなど、時間周波数の遠隔校正技術を他の標準校正分野へ応用するための技術開発を継続して行う必要がある。</p>
<p>長さ標準 1)波長</p>	<p>第 I 期で開発した光コム技術をベースとして周波数の遠隔校正に基づいた、可搬型の参照標準を目標通り開発した。本研究成果は、メートル級長さの参照標準距離測定技術として、フェムト秒モード同期パルスレーザー光コム距離計という新方式の提案・試作・性能実証に成功しており、短・中距離の絶対測定精度の目標値を十分達成しており、技術的に世界最高水準のレベルにある。将来的には「e-trace」により「不確かさ」の大幅な低減が期待できる研究テーマであり、より精密で大型の物品製造技術等において、大きなインパクトを与えることが期待できる。</p> <p>ただし、現時点、開発フェーズが終了した段階であり、今後の標準供給への取り組みが必要である。また、製造工程での組み込みを考慮すると、環境安定性の確保やコスト面の評価、一体型の開発が必要と考えられる。</p> <p>今後、本技術を「e-trace」として実用的なシステムとするためには、さらに多くの研究課題の解決と技術開発が必要であり、現状の研究者数および予算規模では困難である。大学や企業を広く含む研究体制を構築し、開発スピードを加速させるべきである。</p>

<p>長さ標準 2) 光ファイバ 応用</p>	<p>第 I 期での中間評価の指摘に従い種々の校正対象への実用標準器の拡張を行い、校正ニーズの高い、ブロックゲージ、リングゲージおよびリニアスケールを対象として工場等現場での遠隔校正を行い、実際に実用長さ標準のトレーサビリティの目標精度を達成していることは高く評価でき、中間評価での指摘事項も適切に解決されている。特に、本テーマは、ファイバの特性を活用した「e-trace」への適合性が高い研究であり、干渉測長による遠隔校正技術は世界的にも独創性の高い技術であり、システムが単純で信頼性が高い点も評価できる。本技術による測定は、校正に限らず、微小物、アクセスしにくい場所での測定など、従来の手法では計測が困難な計測分野に応用が期待される。ただし、リニアスケール用の可搬型干渉計の性能については目標性能を達成しているものの、若干系統誤差が生じていることの要因説明が必要である。</p> <p>今後、JCSS としての供給へ向けた遠隔校正システムとしての整備が望まれる。また、被校正物側での調整が簡単なアダプタ開発やそれらを扱える人材の育成といった問題解決の加速および技術移転のためには現状の体制は不十分であり、大学研究者および企業技術者を多数含み、さらに若手研究者を育成できる研究開発体制を構築する必要がある。</p>
<p>電気標準</p>	<p>世界的な水準にあるジョセフソン標準の開発に加え、L(インダクタンス)、C(キャパシタンス)、R (レジスタンス) の遠隔校正のための仲介標準器を開発し、LCR メータの遠隔校正を含め、校正手続きを明確にし、遠隔校正を目標精度で実現できることを実証実験によって示すことができ、実用化レベルにある。本成果は、遠隔校正システムとしての完成度が高く、多数の計測機器を有する電子部品メーカなどにとって、メリットが非常に大きく、製造現場の品質をサポートする基盤技術として重要である。</p> <p>今後、第 II 期の目標である JCSS の供給へと展開する必要がある。また、仲介標準器に対する評価基準とその根拠を明確にすると同時に、仲介標準器の輸送前後の不変性を担保する仕組み（自己診断機能やインターネットを介した遠隔チェックなど）を付加、あるいは手順を明示する必要がある。今回の開発では、被校正標準器の種類や周波数範囲等について条件を限定したシステム開発が行われており、今後、より実際の広範なニーズに対応できるようにするための課題について明らかにし、高周波デバイスに対応した校正もできるように、汎用性の高いシステム構築が必要である。さらに、2次標準に自己校正</p>

	<p>機能を搭載するなど、これまでの“標準のコピー”とは異なる方法で電気標準を分配する方法についての検討が望まれる。</p>
放射能標準	<p>IC タグ付きの線源、線源校正装置および放射能測定装置を開発し、当初の目的である、種々の線源に対する実証実験を行い、トレーサビリティの「不確かさ」20%以下の数値目標を達成した。20%以下の目標設定はやや不満なものの、本遠隔構成システムの有効性は十分実証されており、今後の実用化への進展が十分期待できる。さらに JCSS に基づく遠隔地の放射能測定装置を操作することで、遠隔校正を行うサービスを世界に先駆けて実現できた。</p> <p>本成果である IC タグにより、個々の校正線源および測定機器を識別して遠隔校正する手法は、放射線安全管理技術のあり方に大きなインパクトをもつ。更に、IC タグを用いた仲介器、計測器の管理システムは、他の計測手法への展開も期待される。</p> <p>今後、線種により要求される「不確かさ」の相異に対応できるシステム構成が必要であり、実用化に向けて、現場で利用されている様々な線源や測定器に対し、IC タグによる具体的な管理・運用の方式・手順等を整理すべきである。また、現場支援要員の役割と訓練、問題が発生した場合の責任の所在等の明確化とともに、線源の取り扱いについて、知識のないユーザーでも理解できる表示方法や情報提供方法などの管理体制の構築が必要である。</p>
三次元測定機標準	<p>任意微細形状用三次元測定機校正のための低熱膨張材仲介標準器の開発とともに、座標測定の不確かさ推定や現場測定環境モニター手法を開発し、高精度化のための創意工夫がなされ、当初の数値目標を上回る成果が得られている。特に、熱膨張率の相異なるゲージを用いて、温度環境の異なる測定器の遠隔校正を実現した手法は環境温度のダイナミックな変動の影響を補正できるなど、メリットは大きく、他の遠隔校正へも適用が期待される。</p> <p>ただし、三次元測定機の測定精度の実証として、例えば、100mm に対し、200nm の不確かさで値付けが可能との根拠データやロジックが明確でない。また、特許や論文・解説などの研究成果の公表等がない。</p> <p>今後、ユーザー側のメリット、特にコストメリットを明らかにすると同時に、現場支援要員の役割と、その責任の明確化や現場試験を積み上げ、従来手法との比較を行い、今回開発された遠隔校正技術の問題点の分析および実用上の課題抽出を進めるべきである。また、依頼試験ではなく、JCSS としての供給へと展開する必要がある。</p>

<p>振動・加速度標準</p>	<p>振動・加速度標準の遠隔校正技術として、仲介標準器となる小型の可搬型校正装置の開発と、電荷増幅器の分離遠隔校正システムを開発し、操作の自動化および校正結果のインターネット送信を可能にすることによって、インターネット経由での遠隔校正を可能にし、さらに目標分解能を超える性能を実現している点で評価できる。</p> <p>しかしながら、可搬型とはいえ、校正のための振動発生機そのものを校正現場に移動するということは、JCSSによる標準供給システムとするための課題が多い。例えば、実用化にあたり、加振機の据付や校正器物の取り付けに一定の技能が要求される点や、無人運転や遠隔運転に配慮が必要とされること、および事前に校正器物の質量などに応じた調整が必要であることなどの点で、未だ改善点が多く残されている。横型の加振器の並進性、ドライバなどを一体化した装置の発熱などの課題の検討や仲介器としての加速度ピックアップの評価も必要である。</p> <p>今後、他の計測手法と同様な遠隔校正のデモンストレーションを期待したい。</p>
<p>圧力標準</p>	<p>圧力標準の遠隔校正技術として、開発した気体差圧と液体圧力用の可搬性の高い小型で安定な圧力仲介標準器を用いた遠隔校正手順に基づいて、国内や、中国での遠隔校正実証実験を行い、持込校正との一致や再現性が実証されており、当初目標はほぼ達成されている。さらに従来は校正機関の熟練者が行っていた設置作業を「支援要員」が遂行する測定手順の開発によって簡略化し、現場の「支援要員」の役割と訓練体系を含めて「e-trace」が構築されている。</p> <p>しかしながら、JCSSによる標準供給システムとするための課題が多い。ユーザーであるメーカー側のコストメリットが十分であるかについての検討が必要である。技術課題として、仲介器の更なる小型化、産業界で多く用いられる各種作動油への対応についての検討が残されている。運用面では、仲介標準器を扱える資格認定の「支援要員」を必要としているが、「e-trace」を活かす意味で、オンラインマニュアルによるその場 e-learning 程度で対応できるような標準仲介器と校正器物の物理的結合の仕方も標準化する必要がある。</p>

評点結果〔プロジェクト全体〕



評価項目	平均値	素点 (注)						
		A	A	A	B	A	A	A
1. 事業の位置付け・必要性について	2.9	A	A	A	B	A	A	A
2. 研究開発マネジメントについて	1.9	B	B	B	B	B	C	B
3. 研究開発成果について	2.3	B	B	B	B	A	A	B
4. 実用化の見通しについて	2.1	B	B	B	B	A	B	B

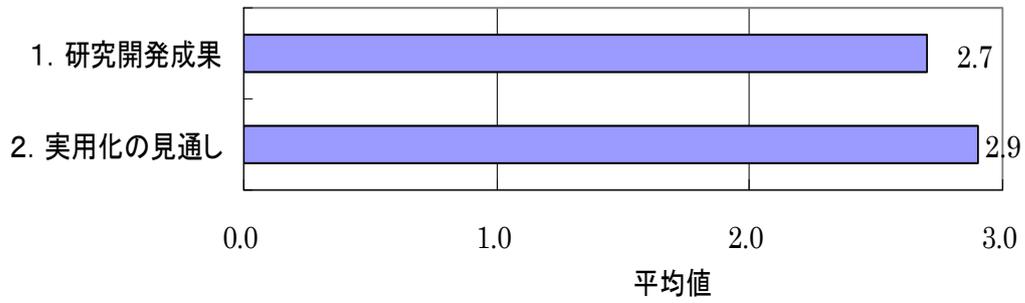
(注) A=3, B=2, C=1, D=0 として事務局が数値に換算し、平均値を算出。

〈判定基準〉

- | | |
|--------------------|-------------------|
| (1)事業の位置付け・必要性について | (3)研究開発成果について |
| ・非常に重要 →A | ・非常によい →A |
| ・重要 →B | ・よい →B |
| ・概ね妥当 →C | ・概ね妥当 →C |
| ・妥当性がない、又は失われた →D | ・妥当とはいえない →D |
| (2)研究開発マネジメントについて | (4)実用化の見通しについて |
| ・非常によい →A | ・明確 →A |
| ・よい →B | ・妥当 →B |
| ・概ね適切 →C | ・概ね妥当であるが、課題あり →C |
| ・適切とはいえない →D | ・見通しが不明 →D |

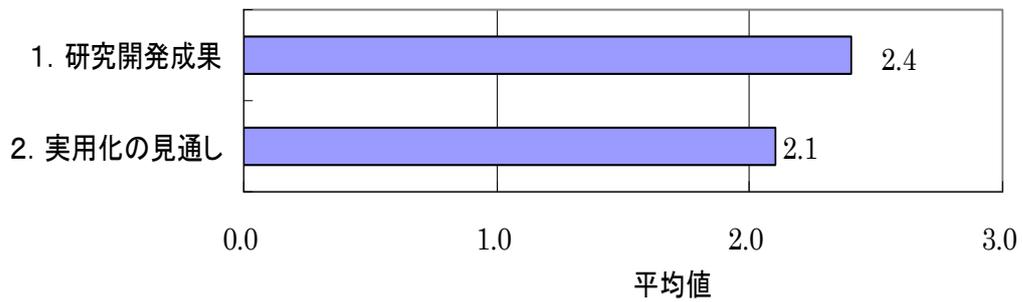
評点結果〔個別テーマ〕

(1) 時間標準

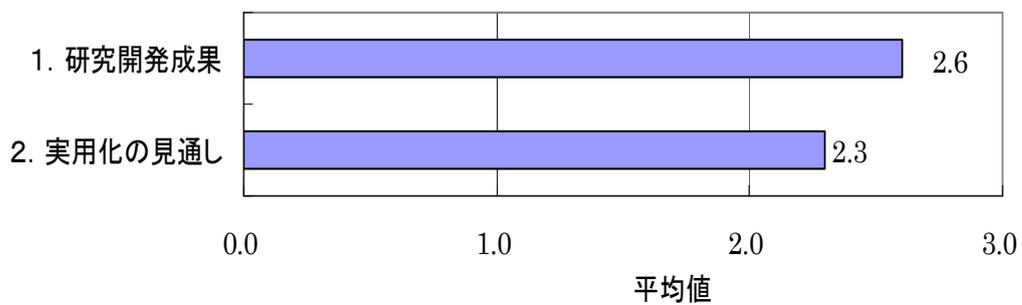


(2) 長さ標準

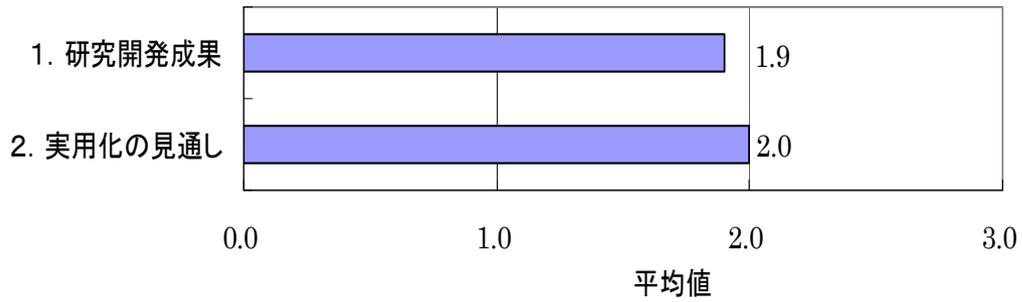
①波長



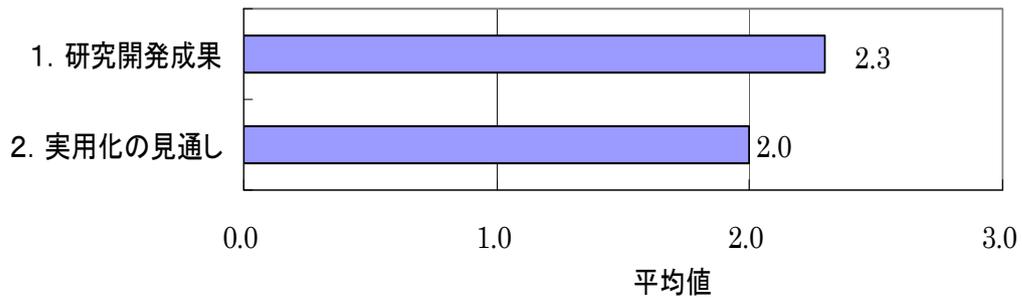
②光ファイバ応用



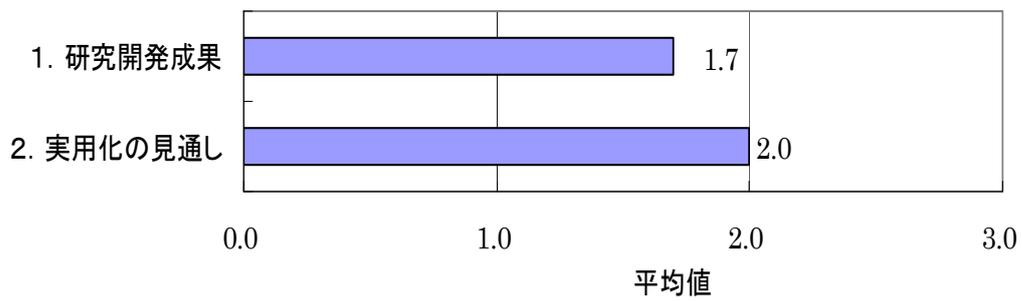
(3) 電気標準



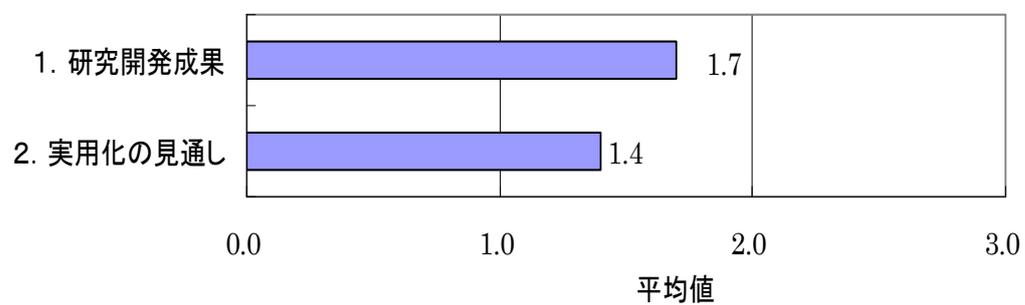
(4) 放射能標準



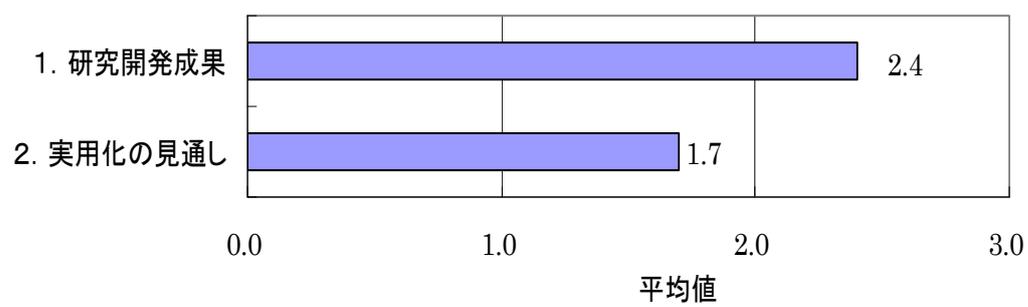
(5) 三次元測定器標準



(6) 振動・加速度標準



(7) 圧力標準



個別テーマ名と評価項目	平均値	素点 (注)							
(1) 時間標準									
1. 研究開発成果について	2.7	A	A	B	A	A	B	A	
2. 実用化の見通しについて	2.9	A	A	A	B	A	A	A	
(2) 長さ標準 ①波長									
1. 研究開発成果について	2.4	B	B	A	A	A	B	B	
2. 実用化の見通しについて	2.1	B	B	B	B	A	B	B	
(2) 長さ標準 ②光ファイバ応用									
1. 研究開発成果について	2.6	A	A	A	B	A	B	B	
2. 実用化の見通しについて	2.3	A	A	A	B	A	C	C	
(3) 電気標準									
1. 研究開発成果について	1.9	C	B	B	B	A	B	C	
2. 実用化の見通しについて	2.0	C	C	B	B	A	A	B	
(4) 放射能標準									
1. 研究開発成果について	2.3	B	A	A	B	A	B	C	
2. 実用化の見通しについて	2.0	B	B	B	B	A	B	C	
(5) 三次元測定機標準									
1. 研究開発成果について	1.7	C	B	B	A	B	C	C	
2. 実用化の見通しについて	2.0	B	B	B	B	A	B	C	
(6) 振動・加速度標準									
1. 研究開発成果について	1.7	C	B	B	B	C	B	B	
2. 実用化の見通しについて	1.4	C	C	C	B	B	C	B	
(7) 圧力標準									
1. 研究開発成果について	2.4	B	A	B	B	B	A	A	
2. 実用化の見通しについて	1.7	B	B	B	C	C	B	B	

(注) A=3, B=2, C=1, D=0 として事務局が数値に換算し、平均値を算出。

〈判定基準〉

1. 研究開発成果について

- ・ 非常によい →A
- ・ よい →B
- ・ 概ね適切 →C
- ・ 適切とはいえない →D

2. 実用化の見通しについて

- ・ 明確 →A
- ・ 妥当 →B
- ・ 概ね妥当であるが、課題あり →C
- ・ 見通しが不明 →D