

「物理標準の高度化に関する研究」

1. 研究概要

研究代表者：谷村吉久（産業技術総合研究所）（平成9年度～13年度）

研究の概要・目標

1. 何を目指しているか

物理標準に関する技術の高度化を図り、広く基礎科学分野への寄与及び産業・社会・人間生活に役立つ計量標準の整備と国際化への対応を行う。

5年目の目標

- ①小型／可搬型の実用長さ標準器の実現。三次元幾何計測標準の確立と高精度角度校正技術の開発。
- ②トルク、圧力、音圧、振動加速度、放射能の未整備領域における標準の整備。
- ③日本の一次標準を確立し、国際比較により標準の国際的同等性を確保するとともに、標準の供給体制に発展させる。

2. 何を研究しているか

物理標準の高度化、測定範囲の拡大のための技術開発及び高精度校正技術等、知的基盤整備に向けた研究を行う。

3. 何が新しいか

新しい計測技術を開発して測定範囲の拡大を図るとともに、信頼性の高い物理標準を実現できる。

諸外国の現状

1. 現状

米国の国立標準技術研究所(NIST)やドイツの国立物理工学研究所(PTB)では、長さ、幾何学量、力学量、電子技術関連計量標準が整備されている。標準の国際的同等性を確保するために、各量において積極的に国際比較を推進させている。

2. 我が国の水準

高安定レーザ光源などの特定の標準及び測定範囲においてはNISTやPTBと同等の水準の技術力を持つ項目もあるが、未整備のものも少なくない。そのために、科学・産業界の要望に十分応えられる標準供給体制にはない。

日本の国家標準を確立しないと他の標準技術を導入せざるを得ない。これは国際競争下での技術開発に不可欠となる高精度標準が諸外国に支配されることを意味する。

以上の点からも本整備により、基礎科学・産業・社会に直接役立つ標準を確立することが急務である。

研究の進展・成果のもたらす利点

1. 世界との水準の関係

長さ、幾何学量、力学量、電子技術関連などの計量標準が整備できるだけではなく、高精度化と測定範囲の拡大を実現し、国際的技術水準に達する。

本整備により日本の一次標準が確立され、国際比較により標準の国際的整合性が確保できる。さらに、アジア太平洋計量計画(APMP)において地域内のリーダーとして計量標準の比較測定の企画・実施に貢献できる。

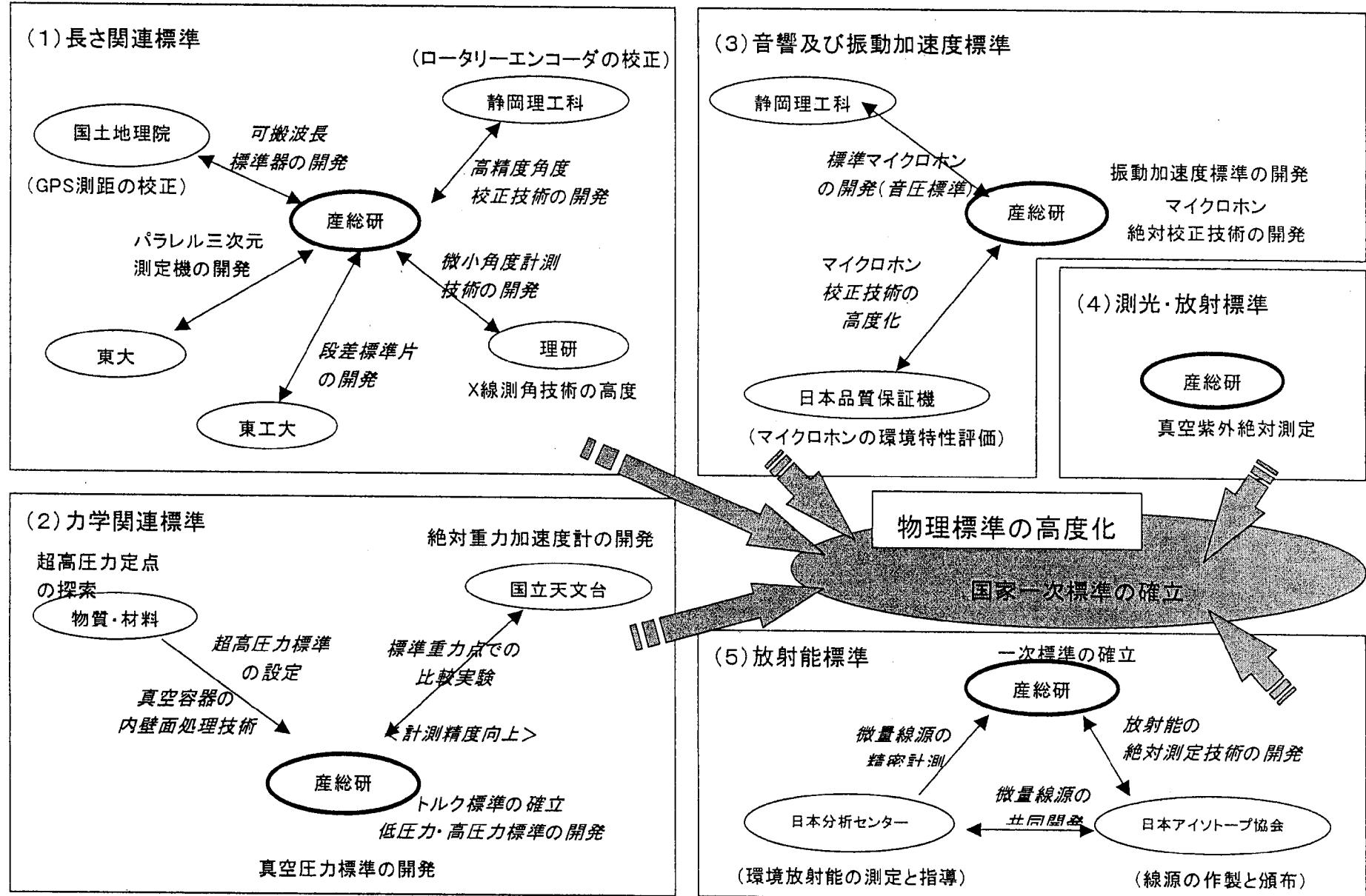
2. 波及効果

物理標準の高度化で開発した技術は、広範な科学技術分野の基盤技術として蓄積され、維持・供給できる。

具体的には、長さ関連量では機械産業や半導体デバイス製造装置の高性能化、力学量では材料評価、動力学試験、機械・航空機の保守・安全管理、地球科学、資源探査、電子技術関連量では加速器や宇宙機器、通信・原子力先端産業、医療、放射能安全などの分野への波及効果が見込まれる。

物理標準：長さ、幾何学量、力学量、電気量などを客観的に計測するための

研究体制



2. 所要経費

科学技術政策研究「物理測量の高度化に関する研究」の実施体制および所要経費(第1回)

研究項目	担当機関等	担当者(H11)	平成12年度 所要額	平成13年度 所要額	平成11年度 所要額
1. 長さ測定標準の確立に関する研究					
(1) 高精度波長・長さ標準の確立に関する研究	通商産業省 計量研究所 通商産業省 計量研究所 (株)ミツヨ (委託)	大曾根 石川純、上田守正	15,015 37,109	17,113 40,594	14,864 42,719
(2) 高精度実用長さ標準器の開発に関する研究	通商産業省 計量研究所 地質調査所 地球物理院	西田勝男 南中良輔	42,250 11,178	37,935 8,830	38,171 10,833
(3) GPS測量網と長さ標準の開発に関する研究	通商産業省 計量研究所 東京大学大学院工学系(委託)	高辻利之、高崎洋	59,636	21,070	29,328
(4) GPS測量網の高精度化に関する研究	通商産業省 計量研究所 通商産業省 計量研究所 (株)日立製作所(委託)	中山貢 石川豊治	26,522 15,870	26,180 16,537	32,530 14,586
(5) GPS測量網の高精度化に関する研究	通商産業省 計量研究所 (株)日立製作所(委託)	馬場富雄、鶴沢盛	22,085	58,958	58,231
2. 力学計量標準の高精度化に関する研究					
(1) 力学計量標準の高精度化に関する研究	通商産業省 計量研究所 通商産業省 計量研究所	夏城理郎 夏城理郎	11,372 8,360	40,453 16,394	28,247 9,000
(2) 引張・圧縮試験機の標準評価に関する研究	通商産業省 計量研究所 科学技術庁 球根材料研究所	大岩喜 山崎信夫	41,012 15,011	23,068 14,300	42,848 8,700
(3) 高圧力及び高圧力標準評価に関する研究	通商産業省 計量研究所 通商産業省 文部省 国立天文台(委託)	大庭彰 岸川信也	50,291 13,572	48,572 12,048	27,710 10,346
(4) 加速度標準に関する研究	通商産業省 計量研究所 通商産業省 文部省 国立天文台(委託)	白樺寺、石井伸哉	17,057	7,282	41,108
3. 電子技術測量計測技術の高度化に関する研究					
(1) 真空吸盤計測技術に関する研究	通商産業省 電子技術総合研究所 科学技術庁 金属材料技術研究所	平田正哉 土岐正弘	22,305 8,278	22,216 7,742	29,203 7,720
(2) 電子レベル標準のトーサビリティ確立に関する研究	通商産業省 電子技術総合研究所 通商産業省 電子技術総合研究所 (財)日本品質保証機構(委託)	鶴嶋英 高橋多助	17,745 7,792	16,615 7,653	19,871 9,263
(3) 実外・真空紫外外線の標準計測技術に関する研究	通商産業省 電子技術総合研究所 通商産業省 電子技術総合研究所 大阪工科大(委託)	三浦道重	8,006	7,722	9,578
(4) 放射能(電離)率のトーサビリティ化に関する研究	通商産業省 電子技術総合研究所	小貝英矩	30,942	29,550	32,150
(5) 放射能標準レーザー干涉儀に関する研究	通商産業省 電子技術総合研究所 藤原草薙研究所(委託)、日本アイソーフ(委託)	佐野良輔、高橋 伸也、北川 哲夫	14,847	19,027	20,462
(6) 大流量燃焼炉の吸収検査標準に関する研究	通商産業省 電子技術総合研究所 通商産業省 電子技術総合研究所	高橋信久	20,122	16,314	22,725
(7) 高圧計測に係る直角計量標準に関する研究	通商産業省 電子技術総合研究所	31,082	29,439	0	
4. 研究運営	各別算		15	23	552
合計			350,188	348,015	561,216

科学技術政策研究「物理測量の高度化に関する研究」の実施体制および所要経費(第2回)

研究項目	担当機関等	担当者(H13)	平成12年度 所要額	平成13年度 所要額
1. 長さ測定標準の高度化に関する研究				
(1) 高精度波長・長さ標準の開発に関する研究	経済産業省 長度技術専門局 独立行政法人産業技術総合研究所(委託) 国土交通省 地球物理院	石川純、藤原一郎 今村智彦	63,330 10,232	46,076 10,000
(2) GPS測量網と長さ標準の整合性確立技術に関する研究	経済産業省 長度技術専門局 独立行政法人産業技術総合研究所(委託) 東京大学大学院 東京工業大学院	星野 富雄 高橋 信夫 初澤 雄	63,440 4,412 5,090	52,400 3,215 3,555
(3) 光波の高精度校正技術の研究	経済産業省 長度技術専門局 独立行政法人産業技術総合研究所(委託) 経済産業省 長度技術専門局 独立行政法人産業技術総合研究所(委託) 経済産業省 長度技術専門局 独立行政法人産業技術総合研究所(委託) 理化学研究所(再登記)	中山 哲 益田 元 12,097	25,339 4,212 8,005	20,080 5,988 0
2. 力学計量標準の高度化に関する研究	経済産業省 長度技術専門局 独立行政法人産業技術総合研究所(委託)	上田 和夫	64,990	46,455
(1) トルク標準の確立に関する研究	経済産業省 長度技術専門局 独立行政法人産業技術総合研究所(委託) 経済産業省 長度技術専門局 独立行政法人産業技術総合研究所(委託) 経済産業省 長度技術専門局 独立行政法人産業技術総合研究所(委託) 文部科学省 研究実験室 文部科学省 研究実験室 独立行政法人人物・材料研究機構(委託)	平井 正敏 27,004 25,321 8,067 士佐 正弘	0 31,286 18,812 5,645 7,653	
(2) 圧力標準の高精度化技術に関する研究	経済産業省 長度技術専門局 独立行政法人産業技術総合研究所(委託) 文部科学省 研究実験室 文部科学省 研究実験室 独立行政法人人物・材料研究機構(委託)	大堀 幸 井川 雄也	17,939 8,887	20,080 8,040
(3) 真空圧力計測標準の確立に関する研究	経済産業省 長度技術専門局 独立行政法人産業技術総合研究所(委託) 文部科学省 国立天文台	佐原 実嗣 19,986 7,272	0 18,161 5,122	
3. 音波及び振動加速度標準の高精度化に関する研究	経済産業省 長度技術専門局 独立行政法人産業技術総合研究所(委託) 経済産業省 長度技術専門局 独立行政法人産業技術総合研究所(委託) 経済産業省 長度技術専門局 独立行政法人産業技術総合研究所(委託) 経済産業省 長度技術専門局 独立行政法人産業技術総合研究所(委託) 経済産業省 長度技術専門局 独立行政法人産業技術総合研究所(委託)	高橋 多助 7,340 22,347 28,343 24,152	0 5,250 11,022 32,171 23,827	
(1) 音波マイクロホンの高安定化に関する研究	経済産業省 長度技術専門局 独立行政法人産業技術総合研究所(委託)	木村 俊夫	8,530	3,300
(2) マイクロパンチ波校正技術の高精度化に関する研究	経済産業省 長度技術専門局 独立行政法人産業技術総合研究所(委託)	田中 元	66	2,384
4. 温度・湿度標準の高度化に関する研究				
5. 直角・斜面標準の高精度化に関する研究				
6. 研究運営	各別算		67,346	207,361

3. 研究成果の概要

計測標準、物質標準などの整備や供給は科学や産業にとって不可欠な知的基盤である。本プロジェクトでは、長さ関連量、力学関連量、音響・振動、測光・放射、放射能の各物理標準の高度化・測定範囲拡大のための技術開発及び校正技術の研究を、産業技術総合研究所（平成12年12月までは計量研究所）を中心機関として実施してきた。第Ⅱ期においては研究課題を「標準」を軸に再編成し、技術分野内の相互の連携を促進させ技術や標準の質を相乗的に高めるため、研究の重点強化の改善を行った。

本研究での成果は、研究論文・口頭発表、特許だけでなく、標準機の開発、国内標準供給、国際比較への参加・協力など幅広いものが含まれる点が、他の研究課題と異なる。代表的な成果は以下の通りである。

- 1) 光通信帯で重要な波長 $1.5 \mu m$ 帯の半導体レーザの安定化、及びその光周波数測定に成功し、CCL（国際度量衡委員会 長さ諮問委員会）に報告し、国際的な波長標準として認知された。
- 2) 長さ・幾何学量分野では、距離計、ステップゲージ、ポールバー、ポールプレート、微小段差、角度（ロータリーエンコーダ、オートコリメータ）の標準供給が可能になった。
- 3) 力学量分野では、トルクメータ、重力加速度、マイクロホンの音場感度、振動加速度の標準供給が可能になった。
- 4) 測光放射・放射能分野では、分光応答度（ $10\text{--}90nm$ および $250\text{--}1150nm$ ）、 γ 線核種放射能の標準供給が可能になった。
- 5) 標準の整備に伴い、ステップゲージやポールプレートのゲージ類、放射能等の分野においてメートル条約基幹比較に参加し、国際相互承認や国際貢献が可能な体制整備を推進した。

このように、本プロジェクトがカバーしていた物理標準の各量の測定技術の高度化は順調に推移し、国内の標準供給の確立や国際比較への参加という形で産業界や国際社会への波及を始めている。また、プロジェクトの成果普及を目的として、平成12年12月に工業技術院において「物理標準の高度化への基盤技術」シンポジウム、平成13年9月に幕張メッセにおいて2001分析展同時開催行事「産総研セミナー 分析・計測を支える知的基盤技術 - 物理標準と標準物質」、平成14年4月には東京ビッグサイトにおいて第20回国際計量展併催事業「物理標準セミナー」をそれぞれ開催した。これにより、本プロジェクトで開発された基盤技術が、メーカ、校正事業者、ユーザなど産業界の方々を初め、広く多くの方々に役立てられるものと考える。

本プロジェクトで開発した技術は広範な科学技術分野の基盤技術として貢献できる。その範囲は、機械産業、半導体デバイス製造装置の高性能化、材料評価、動力試験、機械・航空機の保守・安全管理、地球科学、資源探査、加速器や宇宙機器、通信・原子力先端産業、医療、放射能安全など非常に広い分野である。これらの波及が適切に行われるためには、開発された技術が、波及できる体制に近いレベルに達していることが必要である。本プロジェクトを終えるに当たり、プロジェクトがターゲットとしていた物理標準の各量の測定技術の高度化は順調に推移し、国内の標準供給の確立や国際比較への参加という形で産業界や国際社会への波及を始めていることは、プロジェクトの成果が着実に基盤技術として浸透していると言え換えることができる。プロジェクト終了後には、開発された物理標準について、より一層国際比較への参加を推進し国際相互承認に繋げるとともに、これらの成果を国際標準化していくことが必要である。

4. 研究成果公表等の状況

【研究成果発表等】

	原著論文による発表	左記以外の誌上発表	口頭発表	合計
国内	78件 (0件)	65件 (0件)	259件 (6件)	402件 (6件)
国外	104件 (7件)	28件 (2件)	147件 (0件)	279件 (9件)
合計	182件 (7件)	93件 (2件)	406件 (6件)	681件 (15件)

*論文件数は、既発表論文数を記載し、投稿中の論文数については括弧書きで併記。

*原著論文については、査読制度のある論文のみとし、その他の論文については、「左記以外の誌上発表」に含めて記載。

【特許出願等】

27件（うち国内 22件、国外 5件）

【受賞等】

9件（うち国内 6件、国外 3件）

- ・ 工業技術院長表彰 「高分解能距離計の開発」 （平成11年6月） 瀬田勝男
- ・ 電気科学技術奨励賞オーム技術賞（平成11年11月9日） 檜野良穂
- ・ 精密工学会沼田記念論文賞（平成12年3月23日） 高橋 健、初澤 肇
- ・ Measurement Science and Technology High Commended Article 1999 (2000.5.9) S. Yocoyama, J. Ohnishi, S. Iwasaki, K. Seta, H. Matsumoto and H. Suzuki
- ・ A Best Paper Award presented by the International Program Committee of the 5th Asia-Pacific Symposium on Measurement of Mass, Force and Torque, (2000.11.8) K. Ohgushi
- ・ Outstanding Poster Award (10th ICPE), O. Sato, M. Hiraki, K. Takamasu, S. Ozono, July 18-20, 2001
- ・ 精密工学会沼田記念論文賞（平成14年3月29日） 渡部 司、益田 正、梶谷 誠、藤本弘之、中山 貢
- ・ ベストプレゼンテーション賞（2002年度精密工学会春季大会），佐藤理，2002年3月30日
- ・ 日本結晶学会賞（内定）、石川哲也、平成14年12月

【主要雑誌への研究成果発表】

Journal	IF値	長さ関連量	力学関連量	電気関連量 (2期は音響・振動、測光・放射、放射能)	合計
Physical Review Letters	6.462	2	2	0	4
Applied Physics Letters	3.906	1	0	0	1
Physical Review B	3.065	0	6	0	6
Advances Coll. and Int. Sci.	2.500	0	0	1	1
Journal of Applied Physics	2.180	0	2	1	3
Acta Crystallogr A	1.491	1	0	0	1
Nanotechnology	1.300	0	1	0	1
Solid State Communications	1.271	0	1	0	1
Review of Sci. Instrum.	1.239	2	1	0	3
Applied Surface Sciences	1.222	0	5	3	8
Optics Communications	1.185	1	0	0	1
Thin Solid Films	1.160	0	1	0	1
Japan J. Applied Physics	1.157	7	0	0	7
Nuclear Instrum. Methods A	0.964	6	0	0	6
Optical Engineering	0.942	2	0	0	2
J. Synchrotron Radiations	0.924	1	0	0	1
Metrologia	0.820	0	2	4	6
Meas. Sci. Technology	0.796	9	3	0	12
Appl. Radiation and Isotopes	0.716	0	0	7	7
IEEE T. Instrum. Measure.	0.584	3	0	0	3
Vacuum	0.520	0	2	4	6
Optical Review	0.491	1	0	0	1
Precision Engineering	0.389	3	0	0	3
J. Testing and Evaluation	0.243	0	1	0	1
主要雑誌小計		39	27	20	86
発表論文合計		72	84	33	189

*査読制度のあるジャーナルに限る

補足説明：サブテーマの分類は、第2期を基準とした。集計時には第2期のサブテーマである3. 音響・振動、4. 分光・放射、5. 放射能を一括して集計した。第1期のサブテーマは3つであり、それぞれ概ね第2期のサブテーマ1, 2, 3～5と対応する。一部異なるのは、真空は第1期サブテーマ3から第2期サブテーマ2となり、振動は第1期サブテーマ2から第2期サブテーマ3となった。