

材料研究者への国際標準化のすすめ

～VAMASプレ標準化研究からISO規格制定まで～

～先進材料分野の国際標準化&国際人材の育成～

藤田 大介

国立研究開発法人 物質・材料研究機構
国際標準化委員会 委員長

VAMAS 日本代表
ISO/TC201 日本代表

一般社団法人 表面化学分析技術国際標準化委員会
(ISO/TC201(表面化学分析)&TC202(マイクロビーム分析)国内審議団体)
代表理事

内容 contents

1. 標準化とは？
2. VAMASとは？
3. (測定の)不確かさについて
4. まとめ

内容 contents

1. 標準化とは？
2. VAMASとは？
3. (測定の)不確かさについて
4. まとめ

科学技術・イノベーション基本計画(概要)

現状認識

国内外における情勢変化

- 世界秩序の再編の始まりと、科学技術・イノベーションを中核とする国家間の覇権争いの激化
- 気候危機などグローバル・アジェンダの脅威の現実化
- ITプラットフォームによる情報独占と、巨大な富の偏在化

加速

新型コロナウイルス感染症の拡大

- 国際社会の大きな変化
 - 感染拡大防止と経済活動維持のためのスピード感のある社会変革
 - サプライチェーン寸断が迫る各国経済の持続性と強靱性の見直し
- 激変する国内生活
 - テレワークやオンライン教育をはじめ、新しい生活様式への変化

科学技術・イノベーション政策の振り返り

- 目的化したデジタル化と相対的な研究力の低下
 - デジタル化は既存の業務の効率化が中心、その本来の力が未活用
 - 論文に関する国際的地位の低下傾向や厳しい研究環境が継続
- 科学技術基本法の改正
 - 科学技術・イノベーション政策は、自然科学と人文・社会科学を融合した「総合知」により、人間や社会の総合的理解と課題解決に資するものへ

「グローバル課題への対応」と「国内の社会構造の改革」の両立が不可欠

我が国が目指す社会(Society 5.0)

国民の安全と安心を確保する持続可能で強靱な社会

【持続可能性の確保】

- SDGsの達成を見据えた持続可能な地球環境の実現
- 現世代のニーズを満たし、将来の世代が豊かに生きていける社会の実現

【強靱性の確保】

- 災害や感染症、サイバーテロ、サプライチェーン寸断等の脅威に対する持続可能で強靱な社会の構築及び総合的な安全保障の実現

一人ひとりの多様な幸せ(well-being)が実現できる社会

【経済的な豊かさとの質的な豊かさの実現】

- 誰もが能力を伸ばせる教育と、それを活かした多様な働き方を可能とする労働・雇用環境の実現
- 人生100年時代に生涯にわたり生き生きと社会参加し続けられる環境の実現
- 人々が夢を持ち続け、コミュニティにおける自らの存在を常に肯定し活躍できる社会の実現

この社会像に「信頼」や「分かち合い」を重んじる我が国の伝統的価値観を重ね、Society 5.0を実現

国際社会に発信し、世界の人材と投資を呼び込む

Society 5.0の実現に必要なもの

サイバー空間とフィジカル空間の融合による持続可能で強靱な社会への変革

新たな社会を設計し、価値創造の源泉となる「知」の創造

新たな社会を支える人材の育成

「総合知による社会変革」と「知・人への投資」の好循環

Society 5.0の実現に向けた科学技術・イノベーション政策

- 総合知やエビデンスを活用しつつ、未来像からの「バックキャスト」を含めた「フォーサイト」に基づき政策を立案し、評価を通じて機動的に改善
- 5年間で、政府の研究開発投資の総額 30兆円、官民合わせた研究開発投資の総額 120兆円 を目指す

国民の安全と安心を確保する持続可能で強靱な社会への変革

- (1) サイバー空間とフィジカル空間の融合による新たな価値の創出
 - ・ 政府のデジタル化、デジタル庁の発足、データ戦略の完遂（ベースレジストリ整備等）
 - ・ Beyond 5G、スパコン、宇宙システム、量子技術、半導体等の次世代インフラ・技術の整備・開発
- (2) 地球規模課題の克服に向けた社会変革と非連続なイノベーションの推進
 - ・ カーボンニュートラルに向けた研究開発（基金活用等）、循環経済への移行
- (3) レジリエントで安全・安心な社会の構築
 - ・ 脅威に対応するための重要技術の特定と研究開発、社会実装及び流出対策の推進
- (4) 価値共創型の新たな産業を創出する基盤となるイノベーション・エコシステムの形成
 - ・ SBIR制度やアントレ教育の推進、スタートアップ拠点都市形成、産学官共創システムの強化
- (5) 次世代に引き継ぐ基盤となる都市と地域づくり(スマートシティの展開)
 - ・ スマートシティ・スーパーシティの創出、官民連携プラットフォームによる全国展開、万博での国際展開
- (6) 様々な社会課題を解決するための研究開発・社会実装の推進と総合知の活用
 - ・ 総合知の活用による社会実装、エビデンスに基づく国家戦略[※]の見直し・策定と研究開発等の推進
 - ・ ムーンショットやSIP等の推進、知財・標準の活用等による市場獲得、科学技術外交の推進

※AI技術、バイオテクノロジー、量子技術、マテリアル、宇宙、海洋、環境エネルギー、健康・医療、食料・農林水産業等

知のフロンティアを開拓し価値創造の源泉となる研究力の強化

- (1) 多様で卓越した研究を生み出す環境の再構築
 - ・ 博士課程学生の処遇向上とキャリアパスの拡大、若手研究者ポストの確保
 - ・ 女性研究者の活躍促進、基礎研究・学術研究の振興、国際共同研究・国際頭脳循環の推進
 - ・ 人文・社会科学の振興と総合知の創出（ファンディング強化、人文・社会科学研究のDX）
- (2) 新たな研究システムの構築(オープンサイエンスとデータ駆動型研究等の推進)
 - ・ 研究データの管理・利活用、スマートラボ・AI等を活用した研究の加速
 - ・ 研究施設・設備・機器の整備・共用、研究DXが開拓する新しい研究コミュニティ・環境の醸成
- (3) 大学改革の促進と戦略的経営に向けた機能拡張
 - ・ 多様で個性的な大学群の形成（真の経営体への転換、世界と伍する研究大学の更なる成長）
 - ・ 10兆円規模の大学ファンドの創設

一人ひとりの多様な幸せと課題への挑戦を実現する教育・人材育成

探究力と学び続ける姿勢を強化する教育・人材育成システムへの転換

- ・ 初等中等教育段階からのSTEAM教育やGIGAスクール構想の推進、教師の負担軽減
- ・ 大学等における多様なカリキュラムやプログラムの提供、リカレント教育を促進する環境・文化の醸成

「様々な社会課題を解決するための研究開発・社会実装の推進と総合知の活用」

「国際機関におけるガイドライン等の作成における我が国の関与を高めるとともに、社会課題の解決や国際市場の獲得等に向けた知的財産・**標準の国際的・戦略的な活用**に関する取組状況を着実に進展させていく」

- ◎司令塔機能及び体制を整備
- ◎**国際標準化**をはじめ、標準の活用に係る施策を強化・加速化
- ◎社会課題の解決や国際市場の獲得等の点で重要な分野等において、官民で標準の**戦略的・国際的な活用**を重点的かつ個別具体的に推進

NIMS第四期中長期計画(2016年度～2022年度)

「機構の研究活動から得られた材料技術の標準化を目指すとともに、**物質・材料分野の国際標準化活動に寄与**する」

- ◎材料分野の国際標準化の主導：NIMSの全体ミッションとして位置付け

標準化 Standardization

“自由に放置すれば、多様化、複雑化、無秩序化する事柄を少数化、単純化、秩序化すること”

(日本産業標準調査会: JISC)

標準の種類

① デジュール標準

公的標準。公的で明文化され公開された手続きによって作成された標準。

(例) 写真フィルム感度

ISO100

ISO400



:

② フォーラム標準

関心のある企業等が集まってフォーラムを結成して作成した標準。

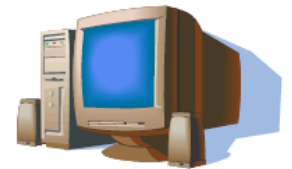
(例) DVD



③ デファクト標準

事実上の標準。個別企業等の標準が、市場の取捨選択・淘汰によって市場で支配的となったもの。

(例) Windows



主な国際標準化機関

	ISO 	IEC 	ITU-T 
	国際標準化機構	国際電気標準会議	国際電気通信連合 電気通信標準化部門
対象分野	電気、通信を除く全分野	電気技術分野	通信分野
規格数	15649規格※1	5454規格※1	約3000規格
設立年	1926年:ISA設立 1947年:ISOへ改組	1906年	1932年
会員数	正会員100 準会員47 計147※2	正会員51 準会員14 計65※2	加盟国191 企業会員650以上※3

※1 2006年1月現在 ※2 2005年2月現在 ※3 2006年9月現在

国際標準化の重要性

World Trade Organization/Technical Barriers to Trade

WTO/TBT協定 1995年発効

貿易の技術的障害に関する協定

国内規格⇒国際規格と整合化が義務づけ



Global Relevance: 国際市場性

貿易障壁としての**規格制度**や
適合性評価手続きに着目

透明性の確保及び制度の調和を図り
国際貿易・投資を円滑化

国際規格・国際標準を制することが重要

国際標準を巡る環境変化

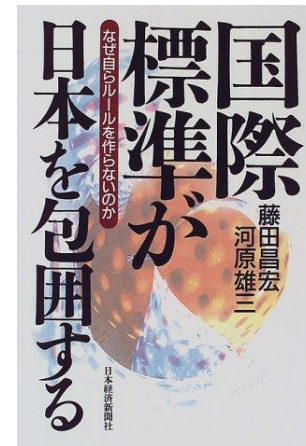
- ① WTO/TBT協定（国際標準優位）
- ② 諸外国の戦略的な標準化活動
- ③ 特許権を含む国際標準の増加
- ④ マネジメント規格の出現



国際標準戦略の重要性の高まり

- 自らに有利な国際標準を策定する
- 自らに不利な国際標準を作らせない

1998年



② 諸外国の戦略的な標準化活動

■ 欧州

- 票数の多さによる強み
- 国際標準化機関との強い連携



■ 米国

- デファクト標準に強み
- 近年デジュール標準への関与を急速に強化



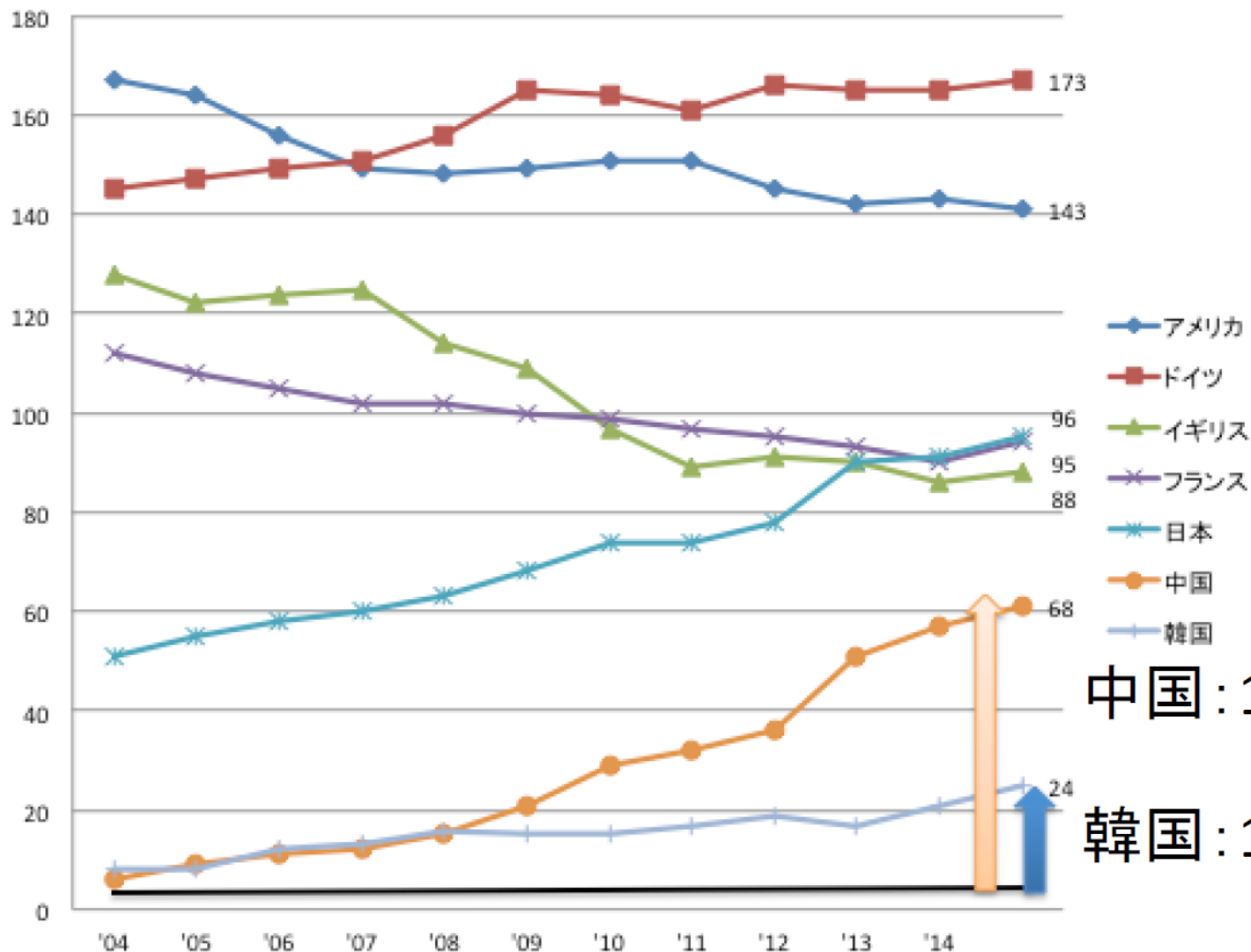
■ 中国

- 国家戦略としての取組
- 提案数の増加



国際標準化の戦略的意義

各国のISO/IEC国際幹事引受数の推移



内容 contents

1. 標準化とは？
2. VAMASとは？
3. 測定の不確かさについて
4. まとめ

第8回 G7ベルサイユサミット (フランス) 1982年6月4-6日



ベルサイユ宮殿
Palace of Versailles



ピエール・トルドー

 Canada



フランソワ・ミッテラン

 France



ヘルムート・シュミット

 Germany



ジョヴァンニ・スパドリーニ

 Italy



鈴木善幸

 Japan



マーガレット・サッチャー

 United Kingdom



ロナルド・レーガン

 United States



ガストン・トルン

欧州委員会委員長



ウィルフレド・マルテンス

ベルギー首相



European
Community



VAMAS

What is VAMAS?

- Formed as one of 18 cooperative projects at the 1982 G7 Economic Summit to stimulate trade in new technologies – only project still active
- Supports trade in products using advanced materials through pre-standards research
- Researchers drawn from VAMAS and non-VAMAS countries

◎新技術の貿易を促進するため、**1982年のG7経済サミット**で合意された18の共同プロジェクトの1つとして設立

– **1982年から2022年に至るまでアクティブな唯一のプロジェクト**

◎プレ標準化研究を通じて先進材料を使用した製品の貿易促進

◎研究者/技術者はVAMAS加盟国 & 非VAMAS国からも参画



VAMAS mission

VAMASのミッション

To support world trade in products dependent on advanced materials technologies by providing the technical basis for **harmonized measurements, testing, specifications, and standards.**

◎調和のとれた**測定、試験、仕様、および標準の技術的基盤**を提供することにより、**先進材料技術**に依存する製品の**世界貿易**をサポートする。

VAMAS 参加国・地域 current membership

Brazil . Mexico . Chinese Taipei . South Africa . Australia . Korea . India . China

2007

2008

2013



Australia

Brazil

Canada

China

Chinese Taipei

France

Germany

India

Italy

Japan

Korea

Mexico

South Africa

UK

USA

EC

Original Members 原加盟国



材料標準化に関する国際機関との連携

MoU with other organizations



- ISO – 2014
International Organization for Standardization



- IEC – 2014
International Electrotechnical Commission



- IEA – 2002
International Energy Agency



- BIPM- 2008
Bureau International des Poids et Mesures

- **WMRIF – 2008**



World Materials Research Institute Forum



VAMAS

VAMAS accomplishments

VAMASの成果

- Work has led to **85** national, regional or international **standards**
- ~**50** VAMAS reports
- Five ISO Technology Trends Assessments
- ~600 publications resulting from VAMAS work

◎ VAMAS活動により、**85**の国内、地域、または**国際標準**が発行

◎ ~50以上のVAMAS技術報告

◎ 5つのISO技術動向評価報告

◎ VAMASの活動から得られた約600の出版物



VAMAS運営委員会 (Steering Committee, SC)



◎メンバー国は、最大3人の代表者を運営委員会(SC)会議に送る

◎運営委員会(SC)は毎年開催、メンバー国の一つ(主に英米)が主催

VAMAS活動: 技術作業部会 (Technical Work Areas TWA)を通じて実施

- TWAs are created through proposals to the VAMAS Steering Committee
- Requirements are participation from at least three members and industrial need
- TWAs led by individuals from a number of VAMAS member states
- Each TWA have one or more projects underway

◎TWAは、VAMAS運営委員会への提案を通じて設立

◎TWAの要件: 3か国以上のメンバーの参加と産業の必要性

◎TWAは、VAMAS加盟国から参加する個々の研究者が主導

◎各TWAでは、1つ以上のプロジェクトが進行



VAMAS における作業の進め方

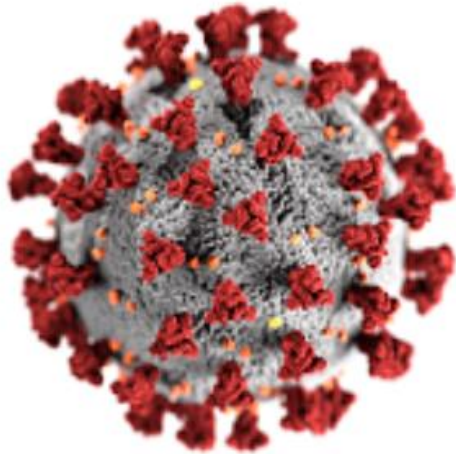
- Work within TWAs typically consists of **interlaboratory studies** which lead to new or improved test procedures or reference materials.
- Results of TWA activities are submitted to ISO or Regional or National standards bodies.

◎TWA内での作業は、通常、新しいまたは改善された試験手順または標準物質につながる**インターラボラトリー研究**で構成

◎TWA活動の結果は、**ISO**または地域または国の**標準化団体**に提出

国際的な社会ニーズへの迅速な対応

現在のパンデミックの治療的および診断的課題に対処することを目的とした材料および方法の特徴づけ、検証するための国際的な研究所間比較 (**Inter-Laboratory Comparison: ILC**) の提案が求められています。



Covid 19 - [Call for Proposals](#)

Proposals are invited for international interlaboratory comparisons (ILC) to characterise and validate materials and methods aiming to address therapeutic and diagnostic challenges of the current pandemic.

Covid-19応答-1 SARS-CoV-2の診断のためのオープンソース参照標準としての統合されたファージ由来プラットフォームの相互検証

Covid-19 Response - 1 Cross-validation of an integrated, phage-derived platform as an open-source reference standard for the diagnosis of SARS-CoV-2

Covid-19応答-2 ワクチン開発およびウイルス粒子診断のための参照材料としてのウイルス様粒子の物理化学的プロファイリング

Covid-19 Response - 2 Physicochemical profiling of virus-like particles as reference materials for vaccine development and virus particle diagnosis

VAMASスキームの成功例

- **ISO TC201** (表面化学分析) **1992年**設立 (幹事国: 日本)
材料の表面・界面の組成、状態、構造、物性、機能などを原子層レベルの分解能で調べる方法、「使いやすく、正確な」分析方法の標準化
- **VAMAS TWA2** (表面化学分析、**1985年**設立) を母体としてISOの新規TCとして日本 (JISC) から提案

表面化学分析技術国際標準化委員会 (JSCA) 1992年4月設立

National Bodyである日本工業標準調査会 (JISC)の傘下の国内審議団体

VAMASスキームの成功例

JSCA 歴代国内業務委員長

- 志水隆一 大阪大学 H4~H10
ISO/TC201(表面化学分析)国際議長
- 吉原一紘 物質・材料研究機構 H11~H14
ISO/TC201(表面化学分析)国際議長
- 一村信吾 産業技術総合研究所 H15~H19
ISO/TC201(表面化学分析)国際議長
- 田沼繁夫 物質・材料研究機構 H20~H25
- 藤田大介 物質・材料研究機構 H26~R03



科学技術庁振興調整費

「新材料の試験評価技術に関する国際協同研究」

表面化学分析作業部会報告

オージェ電子分光法の定量化

**Technical Report on
Surface Composition Analysis
by Auger Electron Spectroscopy**

1989年

VAMAS-SCA Technical Working Party in Japan



VAMAS

「表面化学分析」作業部会報告書の発刊に寄せて

「表面化学分析」作業部会報告書の発刊を心からお祝い申し上げます。

今や、材料科学技術は、航空、宇宙、核融合等の先端科学技術分野をはじめ、あらゆる分野の基盤となる重要性を有するものと認識されております。

このような共通の認識のもとに、1982年フランスで開催されたベルサイユサミットにおいて、VAMASプロジェクトの発足が決定されたことは、広く知られているところであります。このVAMASとは、Versailles Project on Advanced Materials and Standards（新材料及び標準に関するベルサイユ・プロジェクト）の略で、新技術の貿易の発展の促進、及びこれに対する技術的障壁の撤廃に貢献するために合意された国際協力プロジェクトの一つであります。

我が国では、このVAMASプロジェクトをバックアップするために、昭和61年度より、科学技術振興調整費による研究「新材料の試験評価技術に関する国際共同研究」を発足させております。この研究成果は、我が国のみならず国際的にも非常に高く評価されており、VAMASプロジェクトの推進にも非常に大きな貢献を果たしているものと考えております。

この研究は、現在10のサブテーマから成り立っていますが、その中でも、「表面化学分析試験評価技術」はとくに著しい研究成果を挙げているサブテーマの一つであります。今度発刊される「表面化学分析」作業部会報告書は、3年間にわたった本作業部会におけるオージェ電子分光法の定量化に関する研究成果をまとめたものであります。

従って、この本がこの方面の関係者に広く配布され、かつ有効に利用されることは、VAMASプロジェクトの主旨に全く叶っているのみでなく、まことに時宜を得たものであると言うことができ、慶びに堪えないところであります。

今後は、本報告書の英語版の出版を含め、より一層の研究の進展が期待されますが、従来にも増して出来る限りの協力を惜しまない所存であります。

終りに、本研究テーマの推進及び本報告書の発刊に際し多大のお骨折りを頂きました関係各位の方々に深く感謝致します。

1989年3月

VAMAS 運営委員

科学技術庁研究開発局

干場 静夫

通商産業省工業技術院

加藤 康宏

科学技術庁金属材料技術研究所

新居 和嘉



Early History of VAMAS-SCA-Japan

1. はじめに

VAMAS は Versailles Project on Advanced Materials and Standards (新材料と標準に関するベルサイユプロジェクト) の略である。VAMAS-SCA はその中の作業部会 (Technical Working Party-TWP) の一つである Surface Chemical Analysis (SCA) の略である¹⁾。このプロジェクトは Versailles という語が示す通り1982年6月に先進7ヵ国の首脳が集まって開催されたベルサイユサミットにおいて提案されたもので、先端技術、成長、雇用に関する作業部会 (TWP) を設置することで合意をみたのが、その発端である。同年8月には第1回の作業委員会が開催された。このとき VAMAS 運営委員会が開かれ、英国より作業部会についての具体的な検討が成されると同時に、同部会に参加する各国代表の選出が行なわれた。これらの結果は、1985年1月に行なわれた VAMAS 運営委員会で承認されると同時に、いくつかのテーマの中でも Surface Chemical Analysis, Wear Test Methods, Polymerbrends および Ceramics は特に重要であることが確認され、各国において早急に作業部会活動に入るよう要請がなされた。とくに VAMAS-SCA は C. J. Powell (NBS) を Chairperson に指名し、**M. P. Seah (NPL)** が Co-chairperson として補佐し VAMAS の中でも最も早く研究協力体制を整えてスタートした。これを受けて参加国においてもそれぞれ TWP のメンバーリストを提出し、計画されている主要テーマを提示した。

Early History of VAMAS-SCA-Japan

米国や英国においてはもともと自国において ASTM-E-42 Committee や NPL-BCR program の活発な研究活動を基盤に持っていることもあって、その対応は迅速であった。これに反してわが国では、それを受ける母体となるべき組織がなく、Powell からの再三の催促にあって、やむなく日本学術振興会第141研究委員会「マイクロビームアナリシス」(代表, 丸勢進名大教授) が応じることになり、ようやく第1回 **VAMAS-SCA-TWP JAPAN** の開催にこぎつけたのが、**1985年12月**であった。

以来1986年2月, 5月, 7月, と TWP 研究会合を重ね、後で述べるようにオージェ定量分析の基礎となる電子分光器 (CMA) の位置合わせ, 最適測定条件などについての検討を行ってきた。

さて, 1986年度に入って科学技術庁は, 科学技術振興調整費の枠内で新材料の試験評価技術への配分を決定し, 国際共同研究を支援することになった。これにより, SCA-TWP の活動は一段と活発になり, 以下に述べるような研究の進展をみることとなった。この振興調整費による研究活動は, 1989年3月末をもって第1期を終了することになっており, 本報告はこの第1期における研究活動及びその成果をまとめたものである。

現在の委員構成並びに作業部会発足以来の研究会合を Table 1 と 2 に示した。

Original Members of VAMAS-SCA-Japan (1989)

Table 1 VAMAS-SCA の日本側 TWP メンバー

1	志水 隆一	大阪大学工学部 (代表)
2	吉原 一紘	金属材料技術研究所 (セクレタリー)
3	本間 禎一	東京大学生産技術研究所
4	徳高 平蔵	鳥取大学工学部
5	後藤 敬典	名古屋工業大学
6	上村 正雄	豊橋技術科学大学
7	藤田 大介	東京大学生産技術研究所
8	黒河 明	大阪大学工学部
9	倉橋 正保	化学技術研究所
10	一村 信吾	電子技術総合研究所
11	大島 忠平	無機材質研究所
12	工藤 正博	(財)材料科学技術振興財団
13	林 孝好	N T T 電子応用研究所
14	橋口 栄弘	新日本製鉄第一技術研究所
15	鈴木 輝男	N K K 鉄鋼研究所
16	大村 卓一	(株)松下テクノリサーチ
17	添田 房美	(株)東レリサーチセンター
18	田中 浩三	住友化学工業 (株)高槻研究所
19	関根 哲	(株)日本電子
20	田中 彰博	(株) アルバックファイ
21	塩川 善郎	(株) 日電アネルバ
22	田沼 繁夫	日本鋳業(株)研究開発本部

長期にわたる国際標準化人材の育成

国際委員

1	M. P. Seah	NPL	(イギリス)
2	A. J. Bevolo	AMES Lab.	(米国)
3	S. Hofmann	Max-Planck Inst.	(西ドイツ)
4	J. P. Langeron	CNRS	(フランス)
5	S. Tougaard	Odense Univ.	(デンマーク)



2017年ISO/TC201総会@NPLでのSeah博士



人材育成: VAMAS-SCA-Japan (1986~) → ISO/TC 201

Table 1 VAMAS-SCA の日本側 TWP メンバー

- 1 志水 隆一 大阪大学工学部 (代表)
- 2 吉原 一紘 金属材料技術研究所 (セクレタリー)
- 3 本間 禎一 東京大学生産技術研究所
- 4 徳高 平蔵 鳥取大学工学部
- 5 後藤 敬典 名古屋工業大学
- 6 上村 正雄 豊橋技術科学大学
- 7 藤田 大介 東京大学生産技術研究所
- 8 黒河 明 大阪大学工学部
- 9 倉橋 正保 化学技術研究所
- 10 一村 信吾 電子技術総合研究所
- 11 大島 忠平 無機材質研究所
- 12 工藤 正博 (財)材料科学技術振興財団
- 13 林 孝好 NTT電子応用研究所
- 14 橋口 栄弘 新日本製鉄第一技術研究所
- 15 鈴木 輝男 NKK鉄鋼研究所
- 16 大村 卓一 (株)松下テクノリサーチ
- 17 添田 房美 (株)東レリサーチセンター
- 18 田中 浩三 住友化学工業 (株)高槻研究所
- 19 関根 哲 (株)日本電子
- 20 田中 彰博 (株)アルバックファイ
- 21 塩川 善郎 (株)日電アネルバ
- 22 田沼 繁夫 日本鋳業(株)研究開発本部



国際委員



35年超にわたる国際標準化 人材のon-the-job育成

- 1 M. P. Seah NPL (イギリス)
- 2 A. J. Bevolo AMES Lab. (米国)
- 3 S. Hofmann Max-Planck Inst. (西ドイツ)
- 4 J. P. Langeron CNRS (フランス)
- 5 S. Tougaard Odense Univ. (デンマーク)



2017年 ISO/TC201総会@NPL(英国)
M.P. Seah博士と私



走査型プローブ顕微鏡の国際標準化

SPM Standardization

By D. Fujita as Project Leader



VAMAS

Standardization for SPM data management

ISO/TC201/SC3 Data management and treatment

SPM Manufacturers / Users:
Original Data Formats (binary)

2004 ~ Study Group

*Data Conversion
Programs*

Leader: Dr. D. Fujita (NIMS)

1

Standard Data Transfer Format
(Information Header + Image Data)

NWIP 2006
WD 28600 2007
CD 28600 2009
DIS 28600 2010
IS 28600 2011

*Author Information
Environmental Conditions
Sample Specification*

*Measurement Specification
Probe Specification
Image Treatment Specification*

2

Standard Data Processing
Procedures for SPM

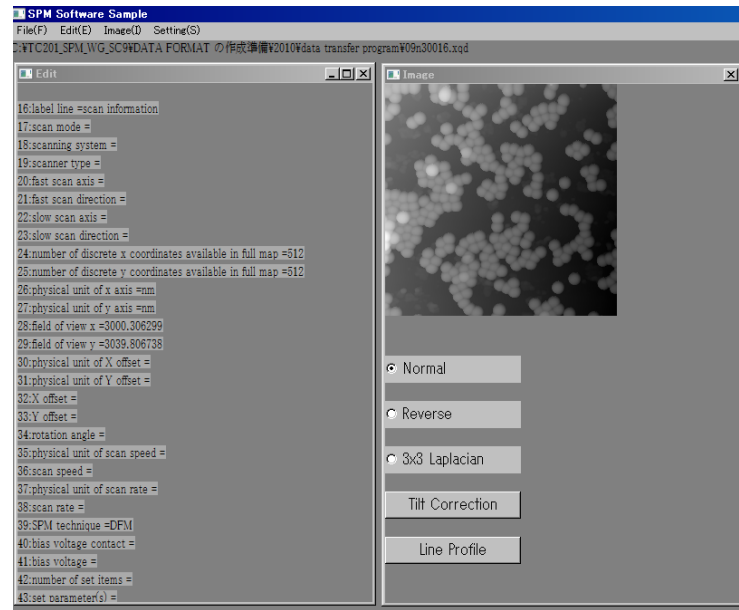
*Dimensional Calibration
Tip Characterization
Image Reconstruction, etc...*

3

Final Goal:
Integrated SPM Database
with common data-processing
environment

INTERNATIONAL STANDARD

ISO 28600



First edition
2011-07-01

**Open Data Conversion
Software is Available
from NIMS.**

Surface chemical analysis — Data transfer format for scanning-probe microscopy

*Analyse chimique des surfaces — Format de transfert de données pour
la microscopie à sonde à balayage*

VAMAS TWA2 RRT Report

Project A15

International RRT for Reproducible Restoration Methodology
for AFM Topography Images using Probe Shape Function

PL: Dr. Daisuke Fujita

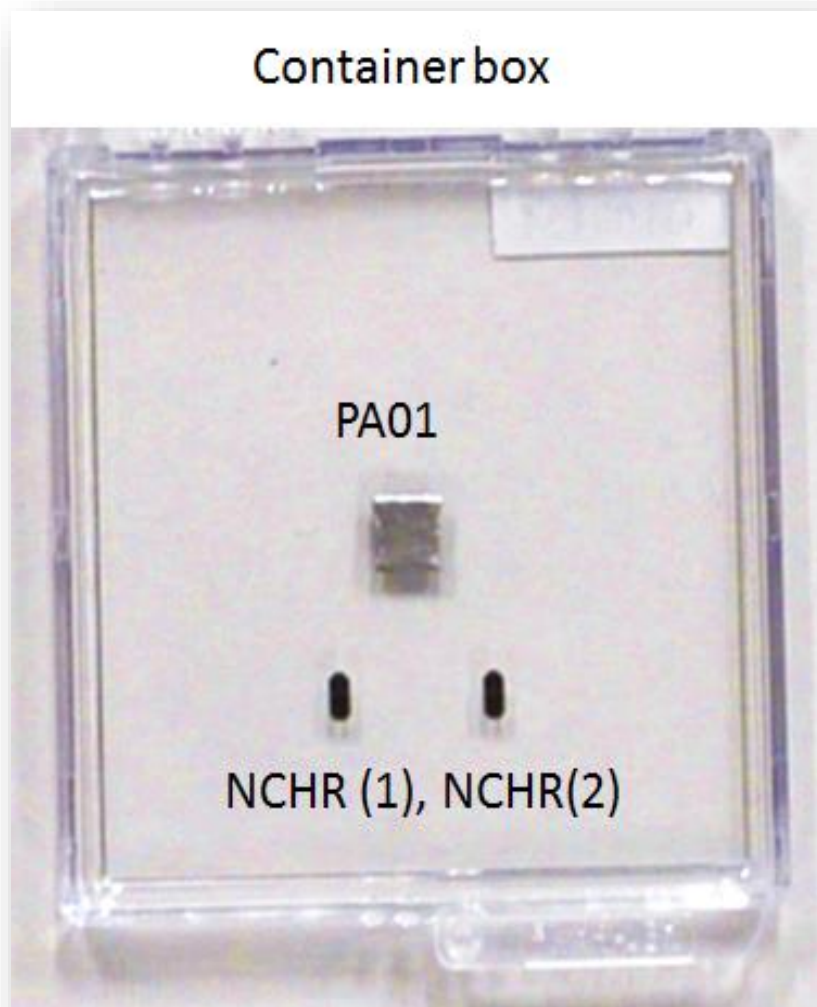
NIMS, Japan



Probes and the Reference Material

Porous alumina (PA01, MikroMasch).

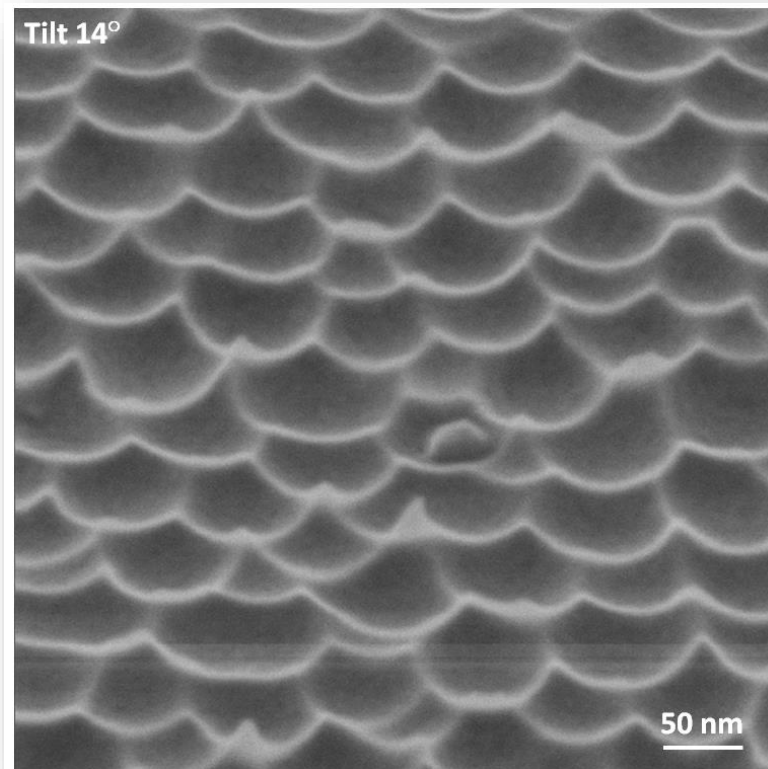
Spike Curvature	2-3 nm
Partition thickness	< 5 nm
Cell pitch	100 ± 10 nm
Pore depth	40 ± 5 nm



Probes

PPP-NCHR, NanoWorld

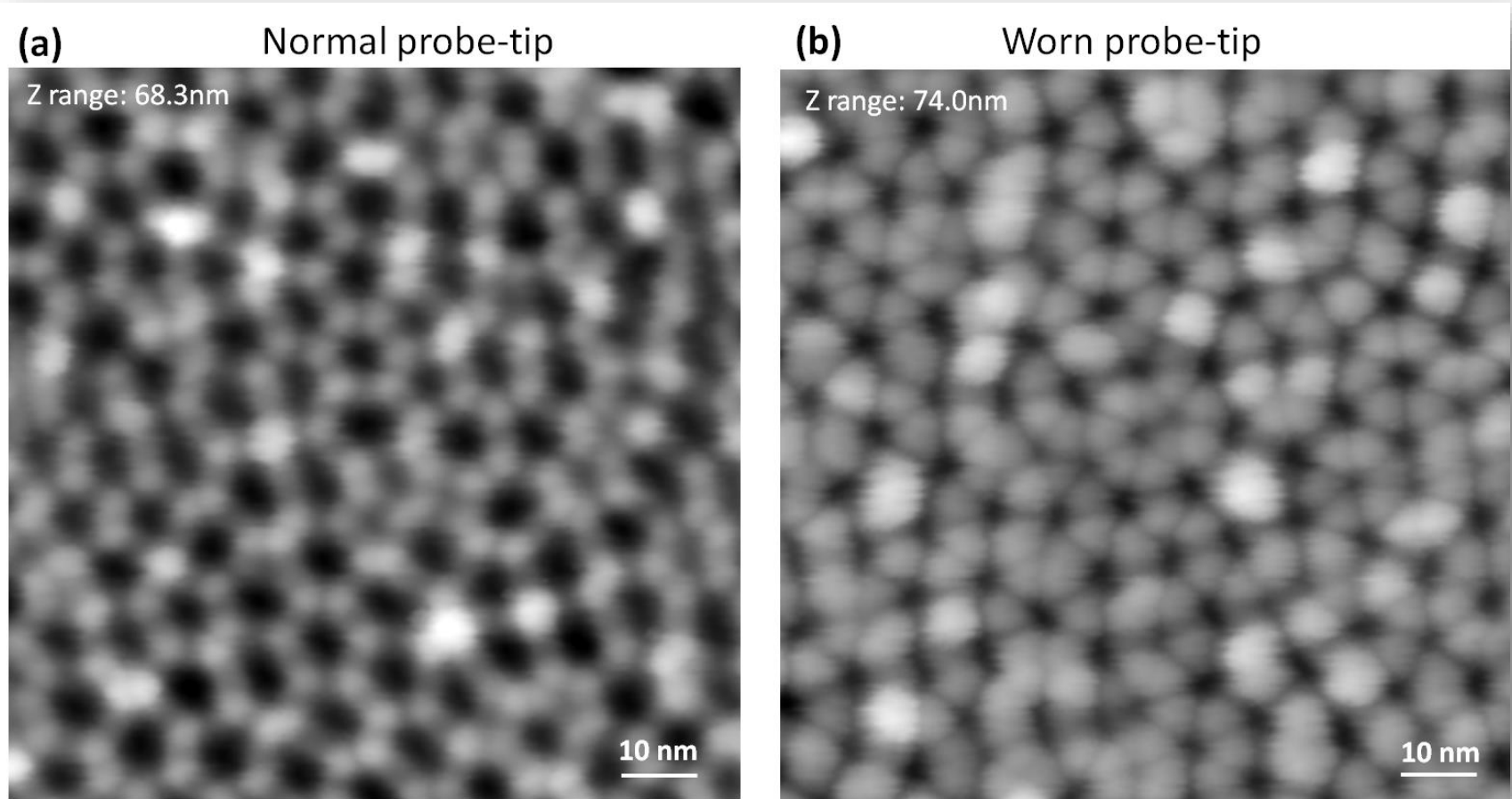
Typical value of curvature radius is 8 nm.



High resolution SHIM image of PA01
Spikes with ~50 nm high can be found in
the 500 nm field of view. VAMAS

AFM Measurements on the Reference Material

Porous alumina



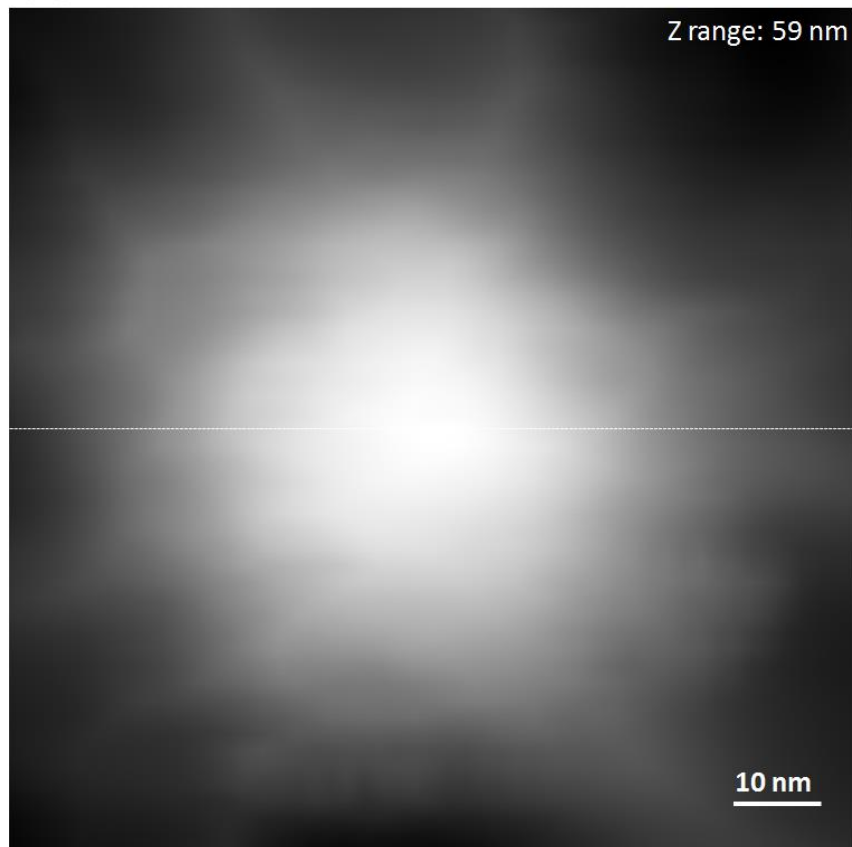
正常な探針

摩耗した探針

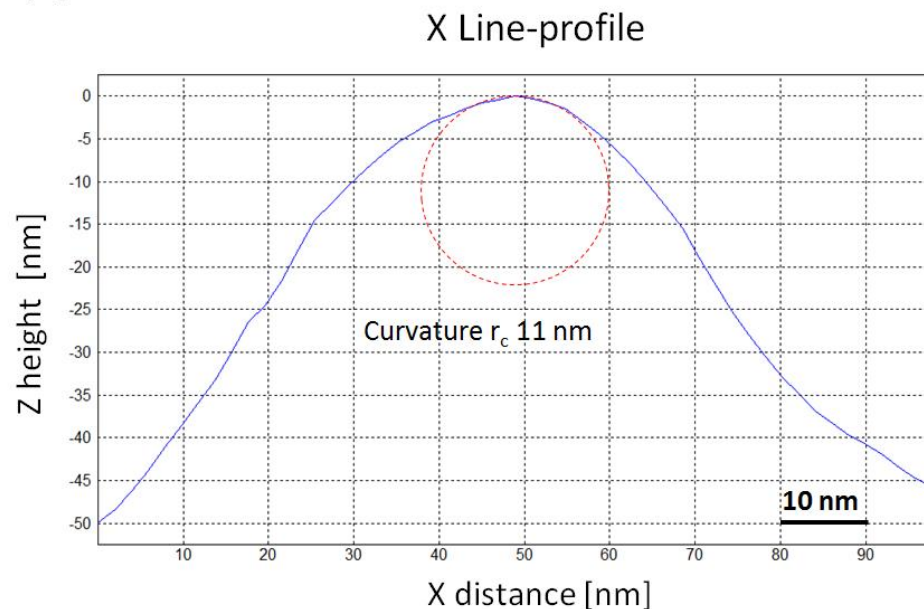
探針先端形状の抽出 Blind tip estimation

Blind estimation of probe-tip shape:
Extraction of reflected probe-tip shape and its line-profile along X axis

(a) Reflected Probe-tip shape



(b)

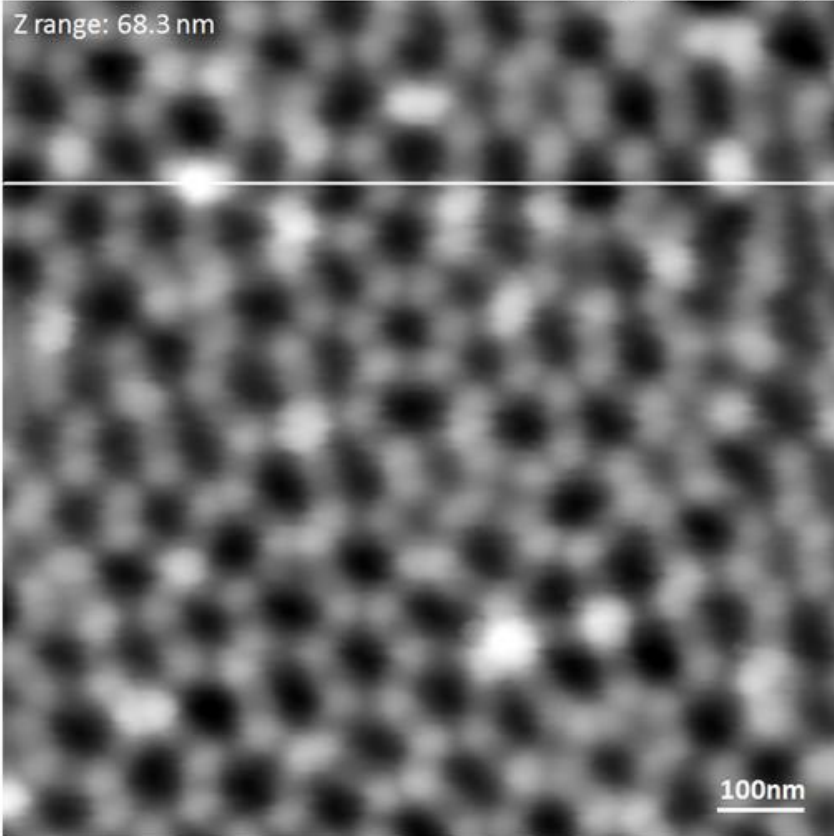


ブラインド再構成
(Blind Reconstruction: BR)による
探針先端の形状

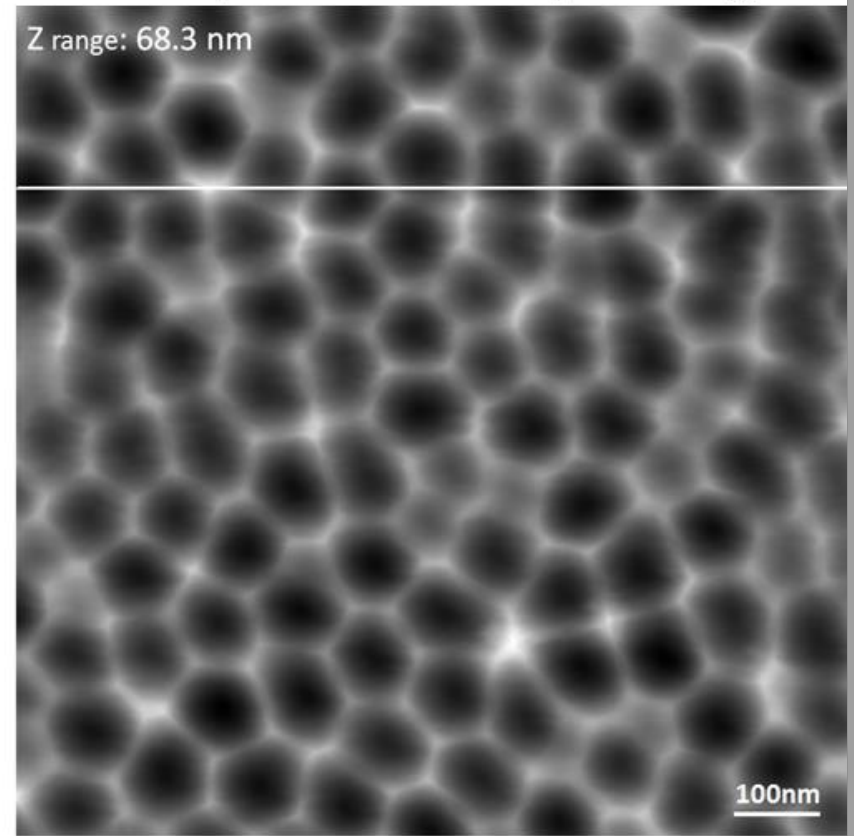
探針先端の
ラインプロファイル

AFM像の再構成 Reconstruction of Height Image

Identification of topmost point of nanopike and line-profiling



Raw height image



Reconstructed image

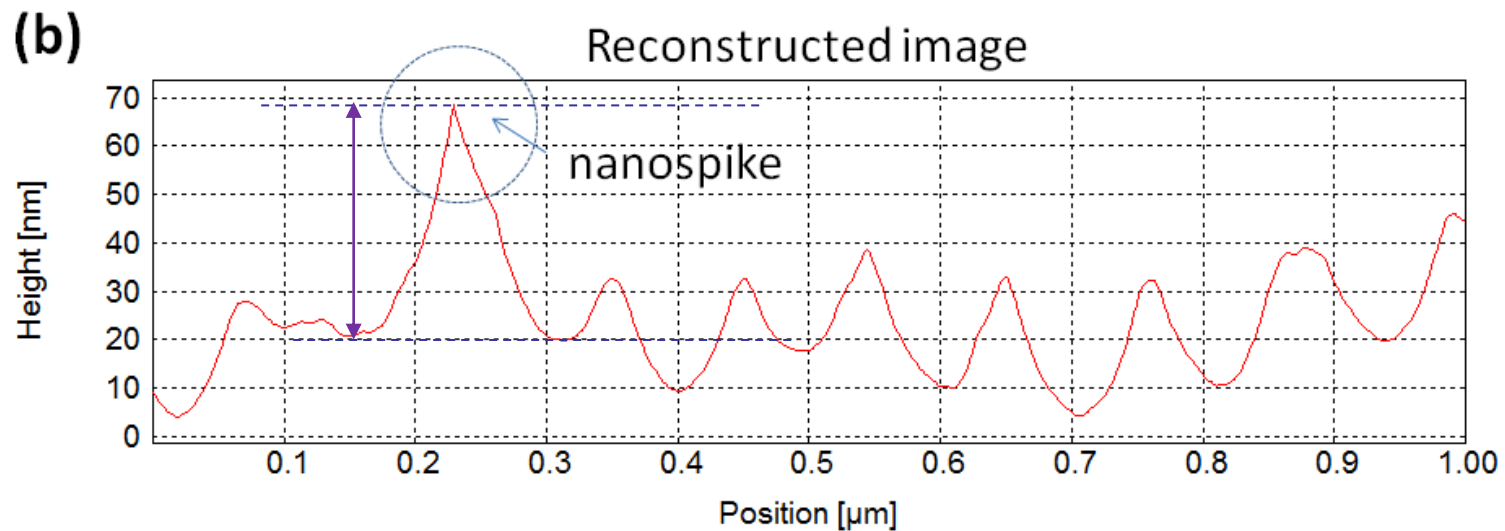
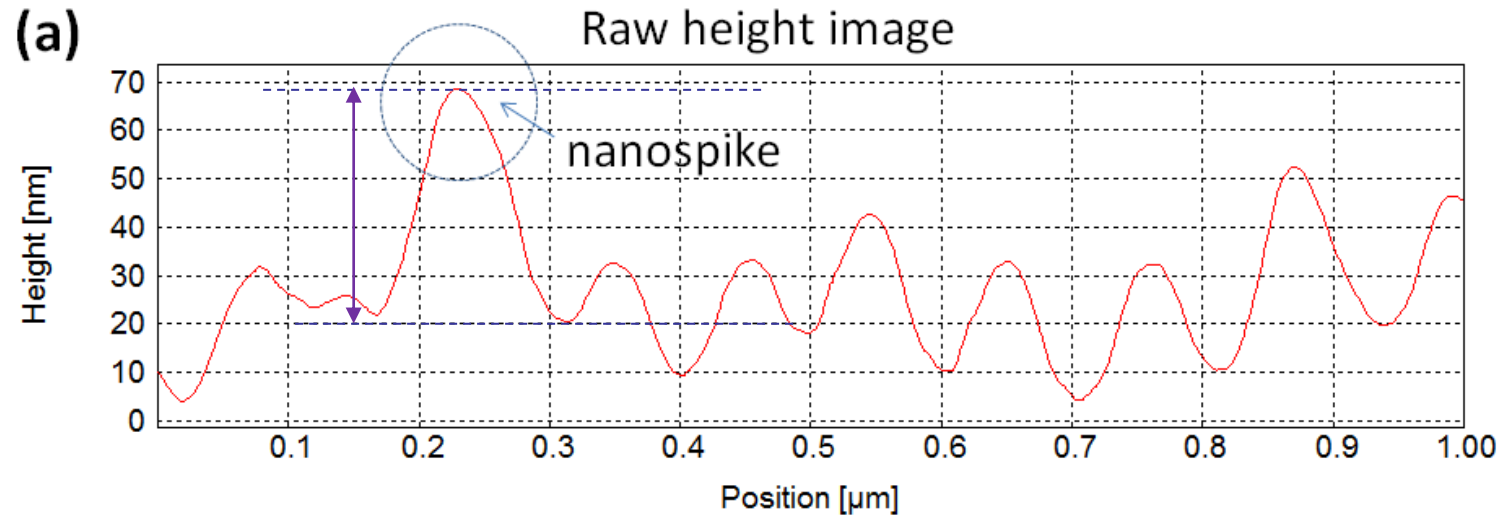
AFM 高さ像
生データ

AFM 高さ像
実測探針形状を用いて再構成

有用性 (validity) の検証: 高さ情報の保存

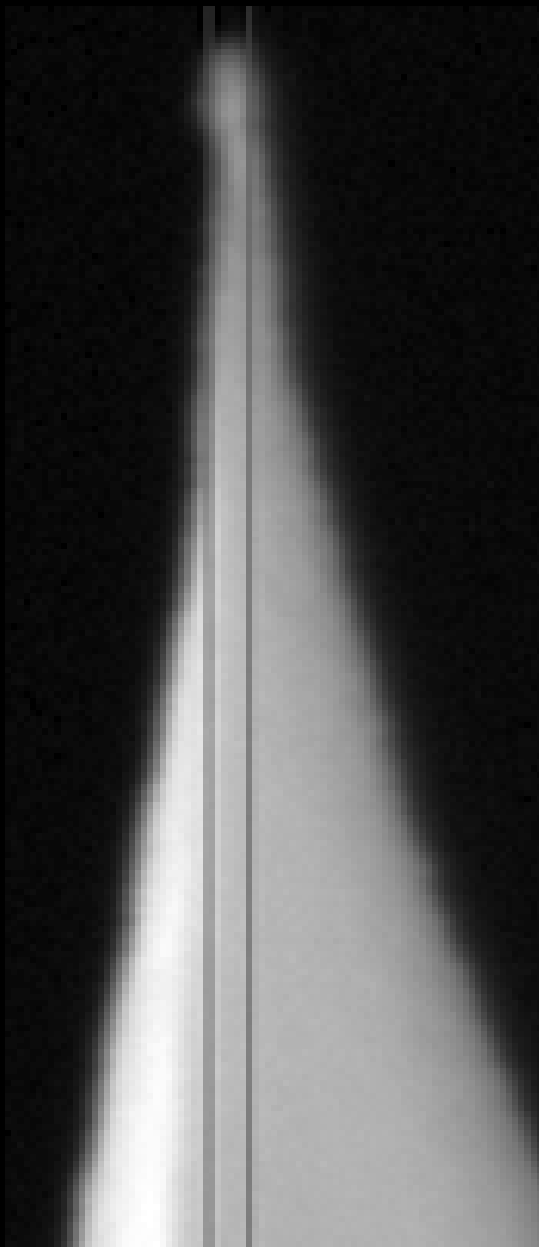
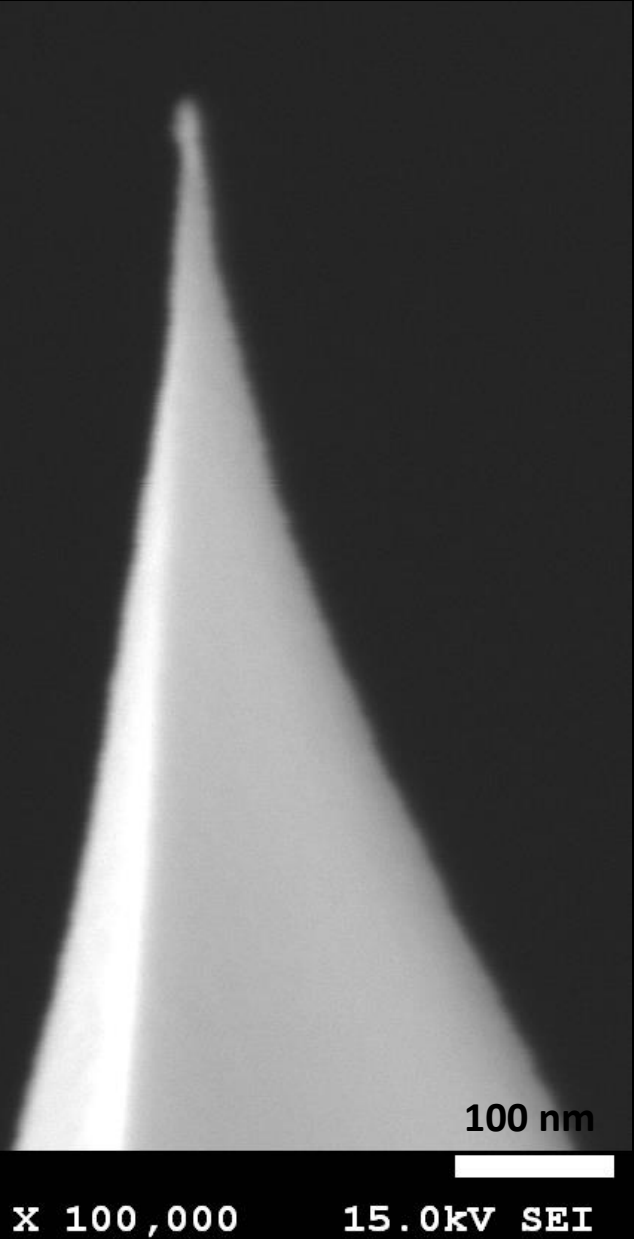
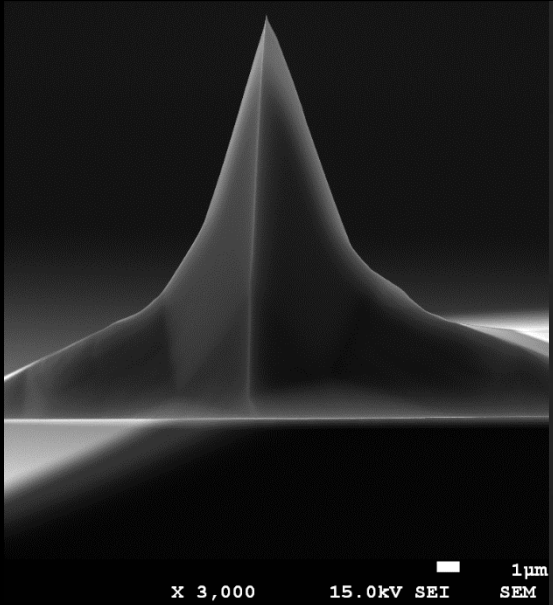
Confirmation of Conservation of Nanospike's Height

Extract horizontal line-profiles including topmost points of nanospikes for raw and reconstructed images. Then confirm the conservation of the nanospike's height.



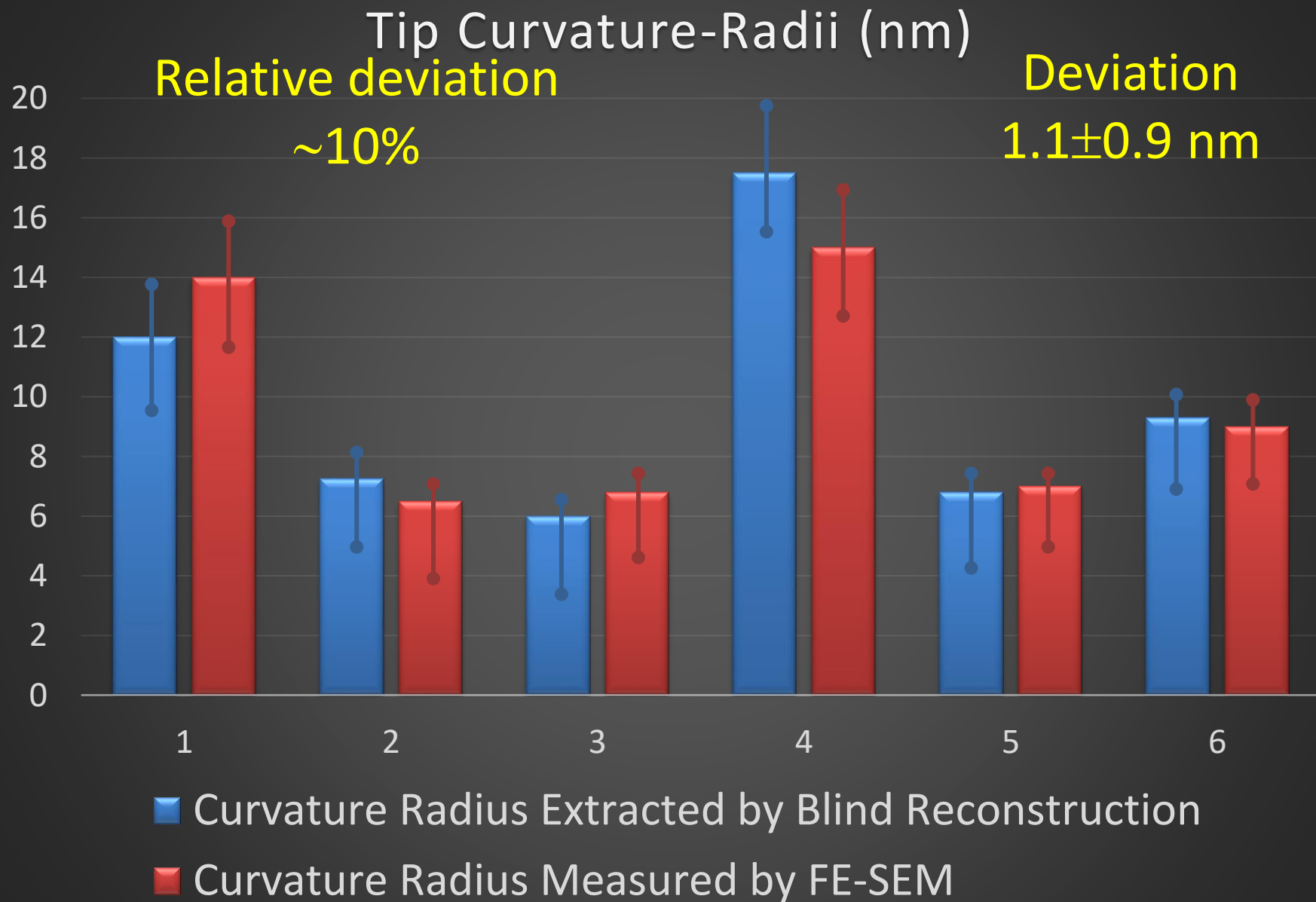
VAMAS RRT Project : SEM Images of NCHR Probe

Diameter (SEM) = ~13 nm



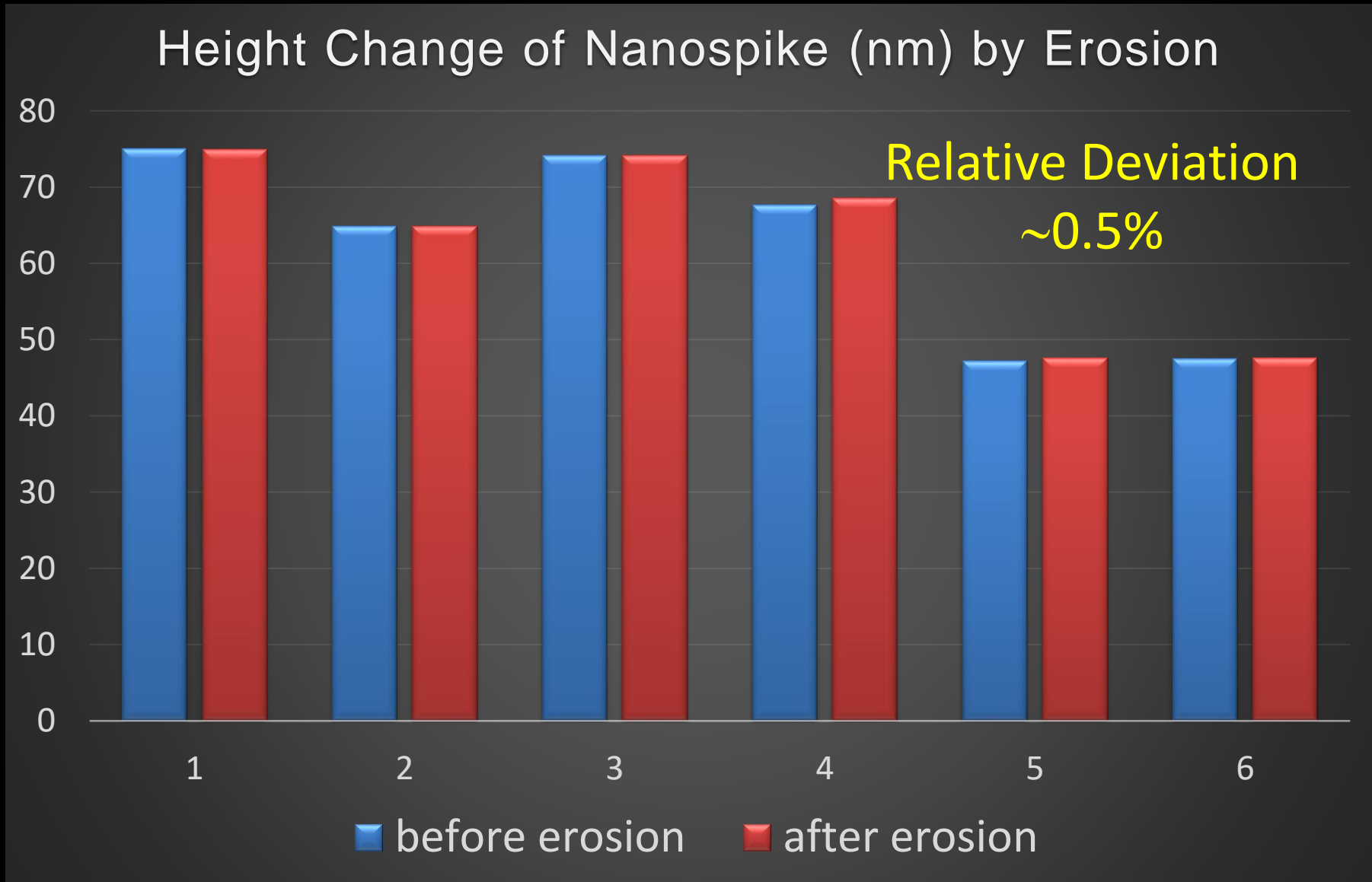
Test of Validity

Good Agreement of Curvature Radii between BR and FE-SEM



Test of Validity

Conservation of Nanospike Height is ~100% Confirmed.



Surface chemical analysis — Atomic force microscopy — Guideline for restoration procedure for atomic force microscopy images dilated by finite probe size

Contents	Page
Introduction.....	5
1 Scope	1
2 Normative references.....	1
3 Terms and definitions.....	1
4 Symbols (and abbreviated terms).....	3
5 Mathematical morphology modelling.....	3
6 Procedure of restoration of AFM topography images	4
6.1 General	4
6.2 Calibration of measuring systems.....	4
6.3 Environment requirements	5
6.4 Extraction of probe tip shape using certified reference materials.....	5
6.5 Estimation of probe tip shape by blind reconstruction	5
6.6 Reference materials.....	6
6.7 Probe shape characteristic and curvature radius	6
6.8 Validity test for topography image restoration.....	6
Annex A (informative) Example studies	7
Annex B (informative) Results of interlaboratory comparison.....	10
Bibliography	12

内容 contents

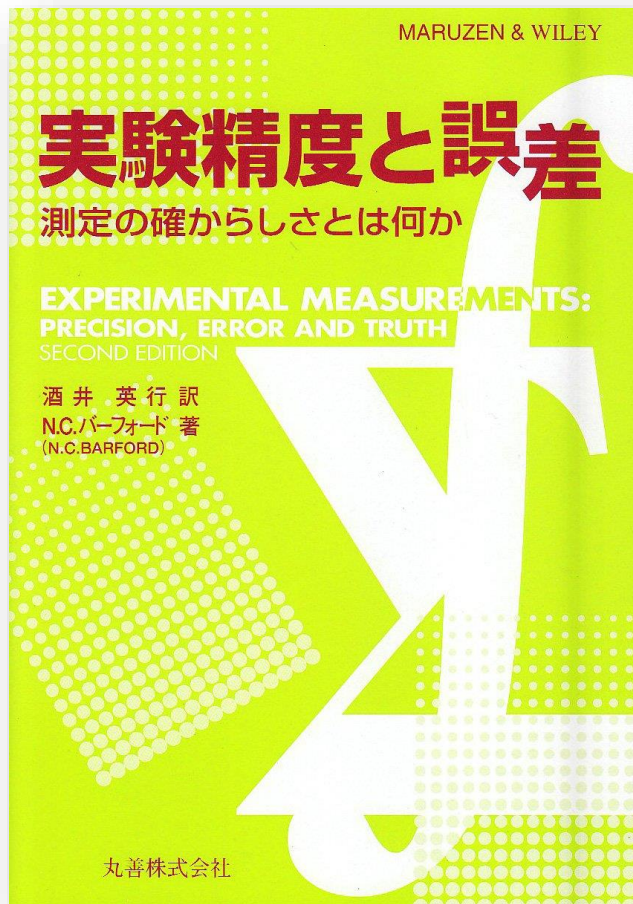
1. 標準化とは？
2. VAMASとは？
3. (測定の不確かさについて)
4. まとめ

1985年

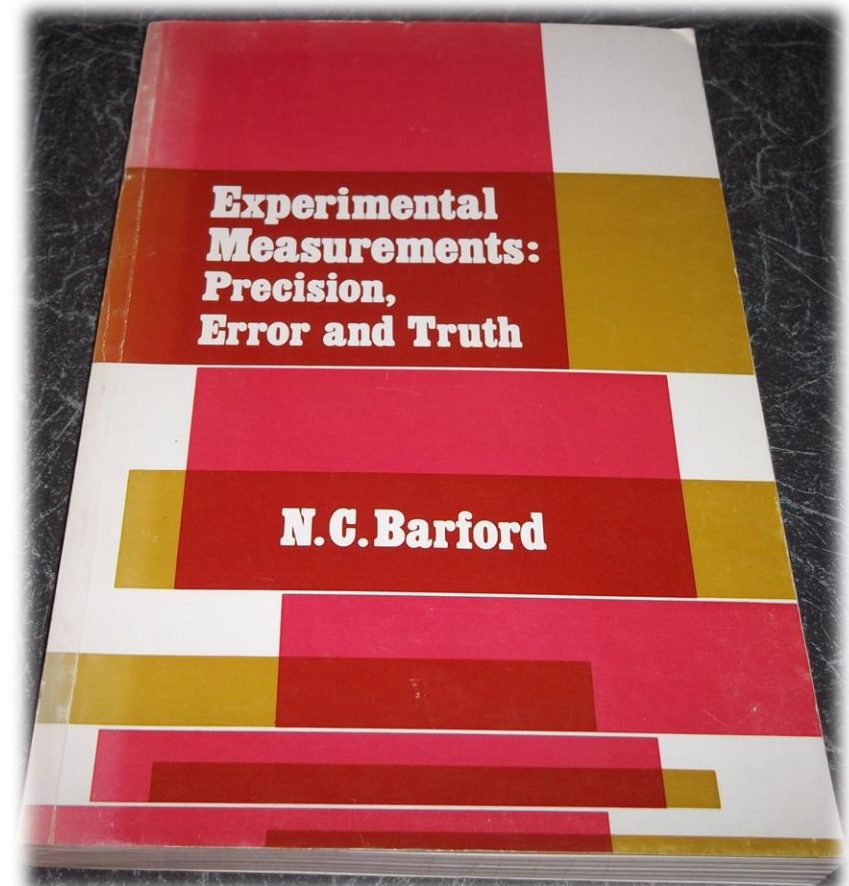
error = measured value - true value

$$\varepsilon = x - X$$

誤差(ε) = 測定値(x) - 真値(X)

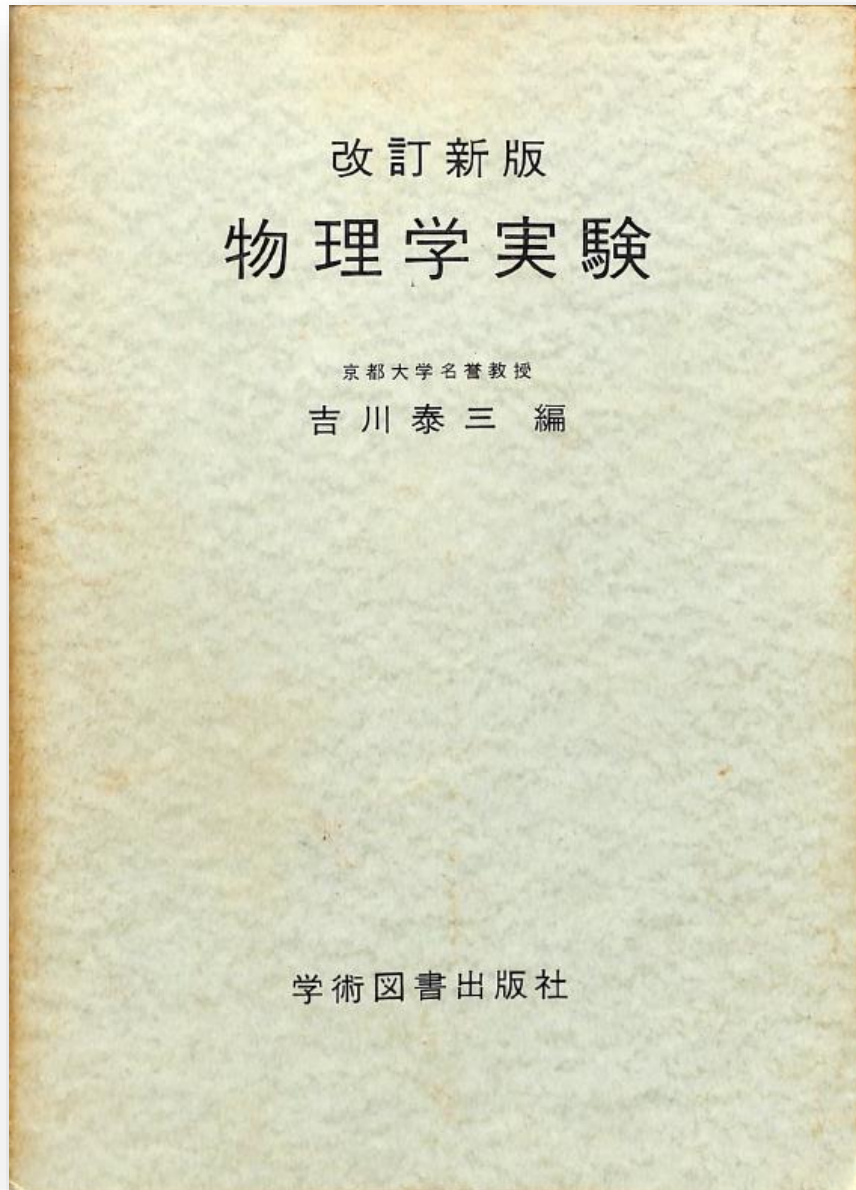


1999年



1985年

1982年



I 章 § 1. 測定値と誤差

絶対誤差 = 測定値 - 真値

相対誤差 = 誤差 ÷ 真値 or 測定値

系統誤差(**systematic error**):
器械的、個人的、理論的
かたより(*bias*)

偶然誤差(**random error**):
不可避的、多数回測定、相殺
ばらつき(*dispersion*)

平均値: 直接測定における最確値

偏差 (deviation) = 測定値 - 平均値

残差 (residual error) = 測定値 - 最確値

(従来の) “精確さ”による評価

JIS Z 8103:2019

精確さ、総合精度: accuracy

精密さ、精度: precision

正確さ、真度: trueness

繰り返し性、
併行精度:
repeatability

(測定の)
ばらつき:
dispersion

再現性、
再現精度:
reproducibility

(測定の)
かたより:
bias

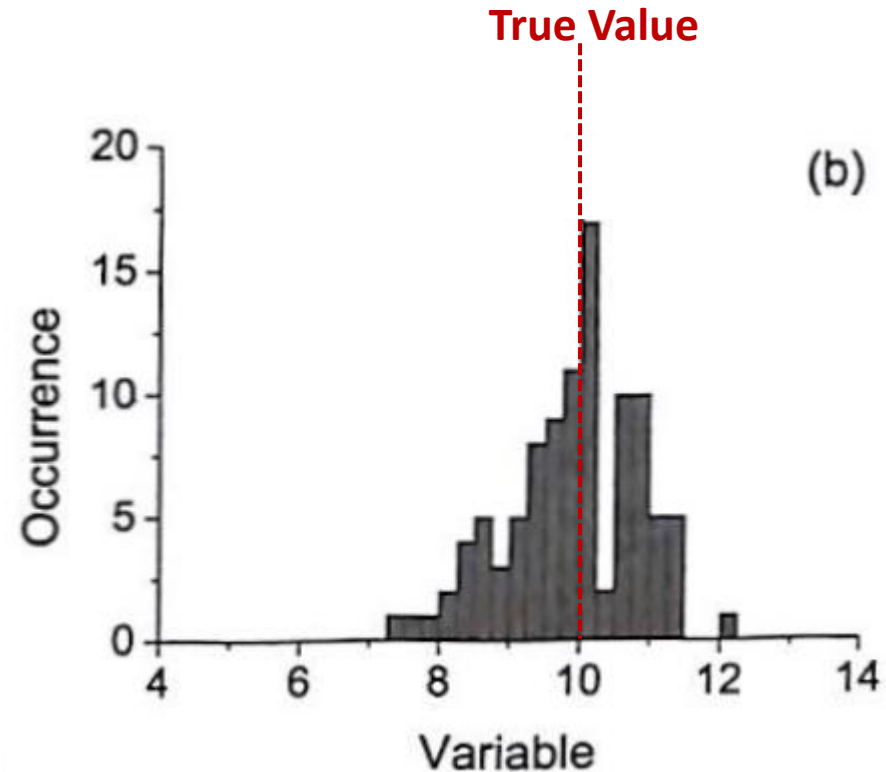
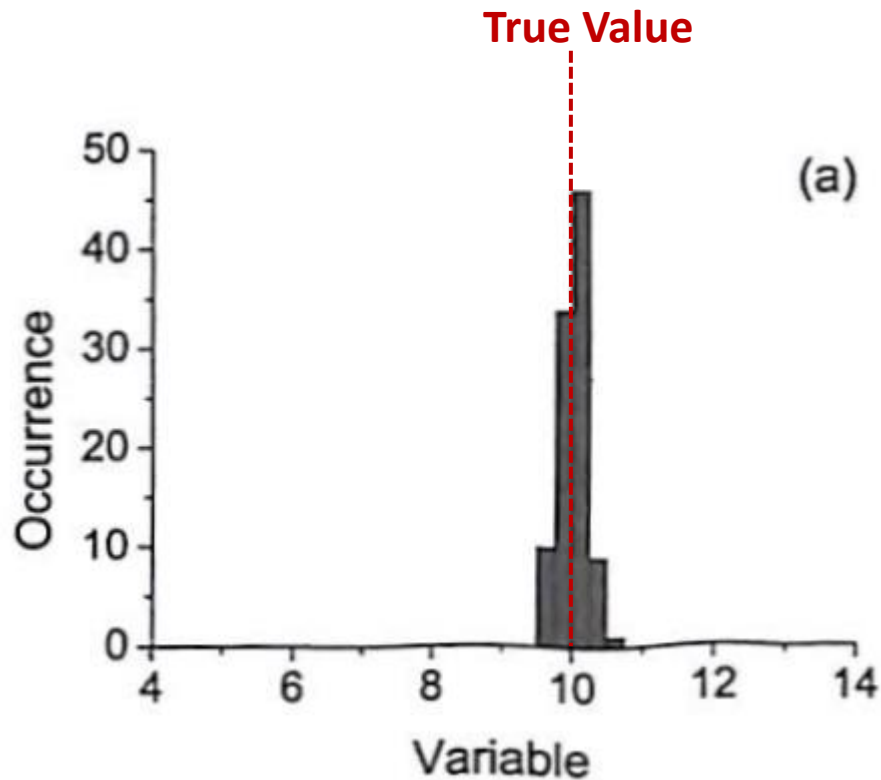
偶然誤差 (random error)

系統誤差 (systematic error)

Terminology used in error analysis

small random error
&
small systematic error

large random error
&
small systematic error



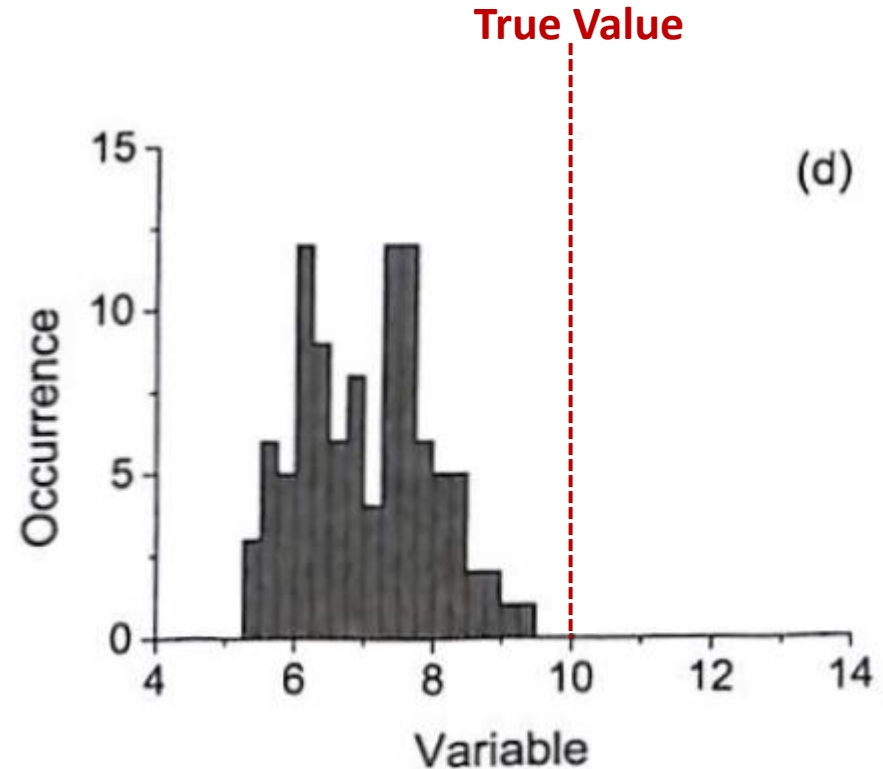
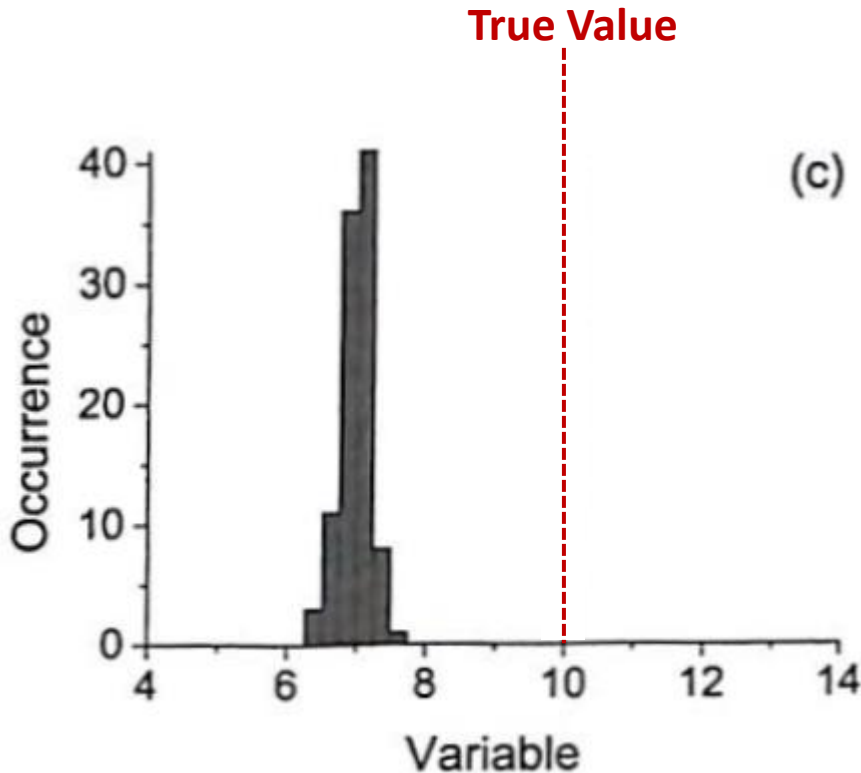
精密さ(○) & 正確さ(○)

精密さ(×) & 正確さ(○)

Terminology used in error analysis

small random error
&
large systematic error

large random error
&
large systematic error

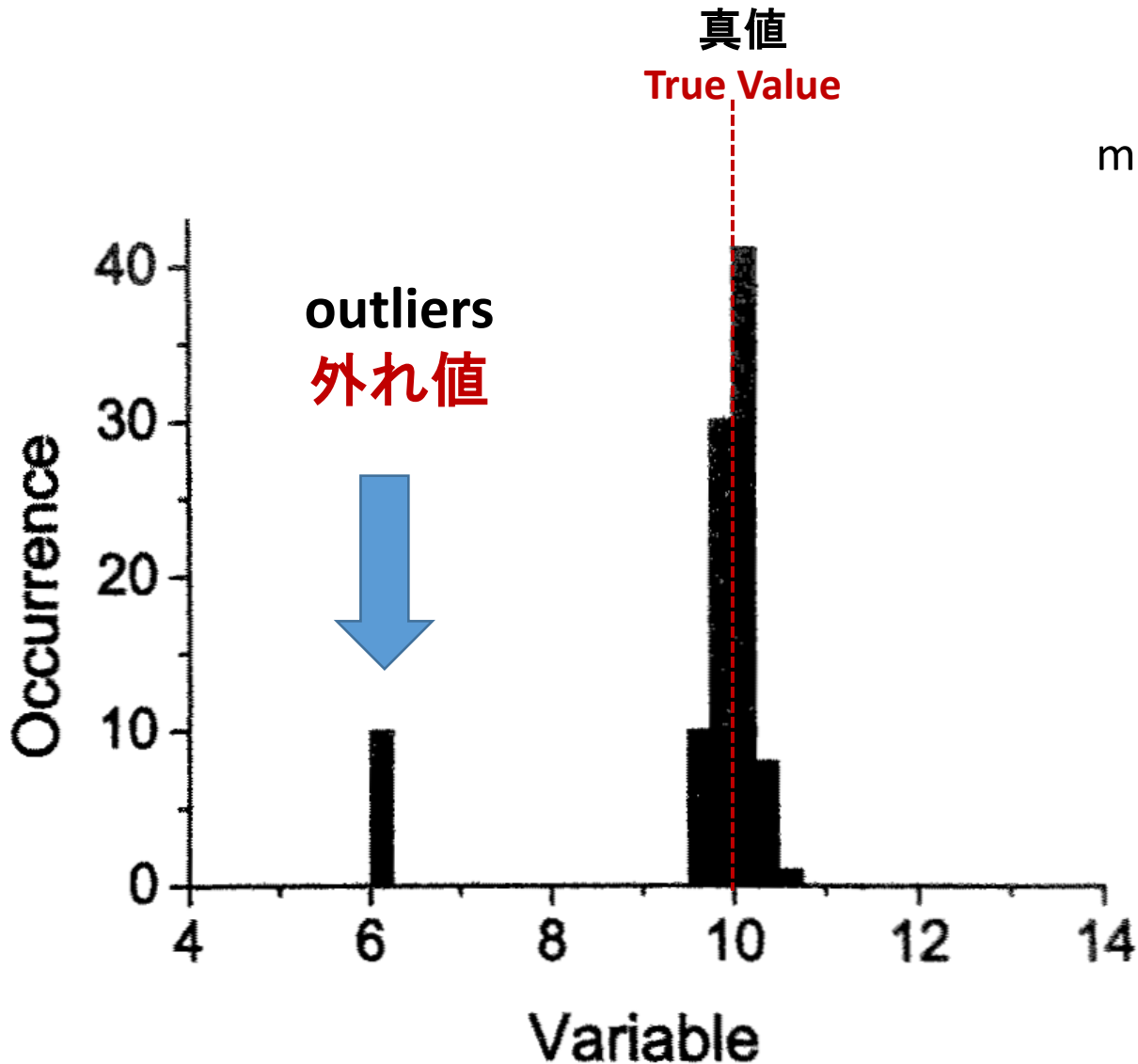


精密さ(O) & 正確さ(x)

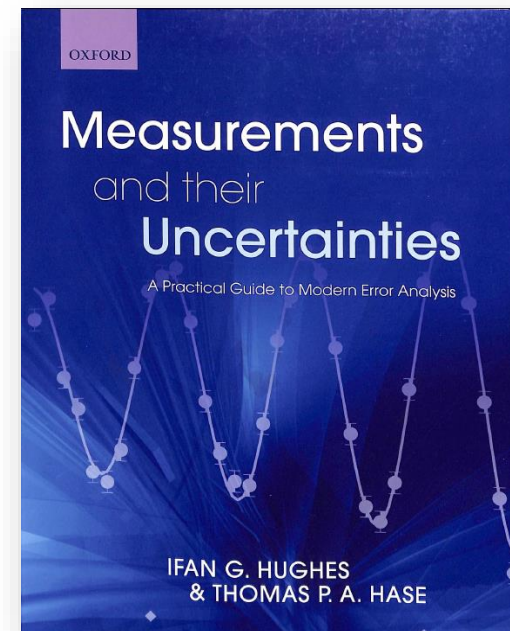
精密さ(x) & 正確さ(x)

まちがい: mistakes

bad data points, gross errors, erratic errors



misreading scales or
malfunction of apparatus



2009年

GUM

Guide to the Expression of Uncertainty in Measurement

測定に関する用語の定義や使用方法が異なっていたため、国際度量衡委員会 (CIPM) 主導で計測値の信頼性の表現法や算出法の統一が行われた。

1993年、ISO、IEC、BIPM、IUPAP、ICPAC、ILAC、IFCC、OIMLの共著として、
「計測における不確かさの表現ガイド」刊行
(GUM; Guide to the Expression of Uncertainty in Measurement)

GUMにおける「(測定の)不確かさ」の定義:

「測定の結果に附随した、合理的に測定量に結び付けられ得る値のばらつきを特徴づけるパラメータ」

「誤差」を定量的に表現するのは不可能: 実際には「真値」を知ることはできないから。

本来知ることができない「真値」から離れて、測定値のバラツキの指標とした定義。

不確かさの表現を標準偏差で表すときは、「標準不確かさ」という。



“不確かさ”による評価

(測定の)ばらつき: dispersion

偶然誤差 (random error)

(測定の)かたより: bias

系統誤差 (systematic error)

Aタイプの不確かさ(統計的方法):
type A uncertainty evaluated by
statistical methods

Bタイプの不確かさ(非統計的方法):
type B uncertainty evaluated by
non-statistical methods

標準不確かさ:
standard uncertainty

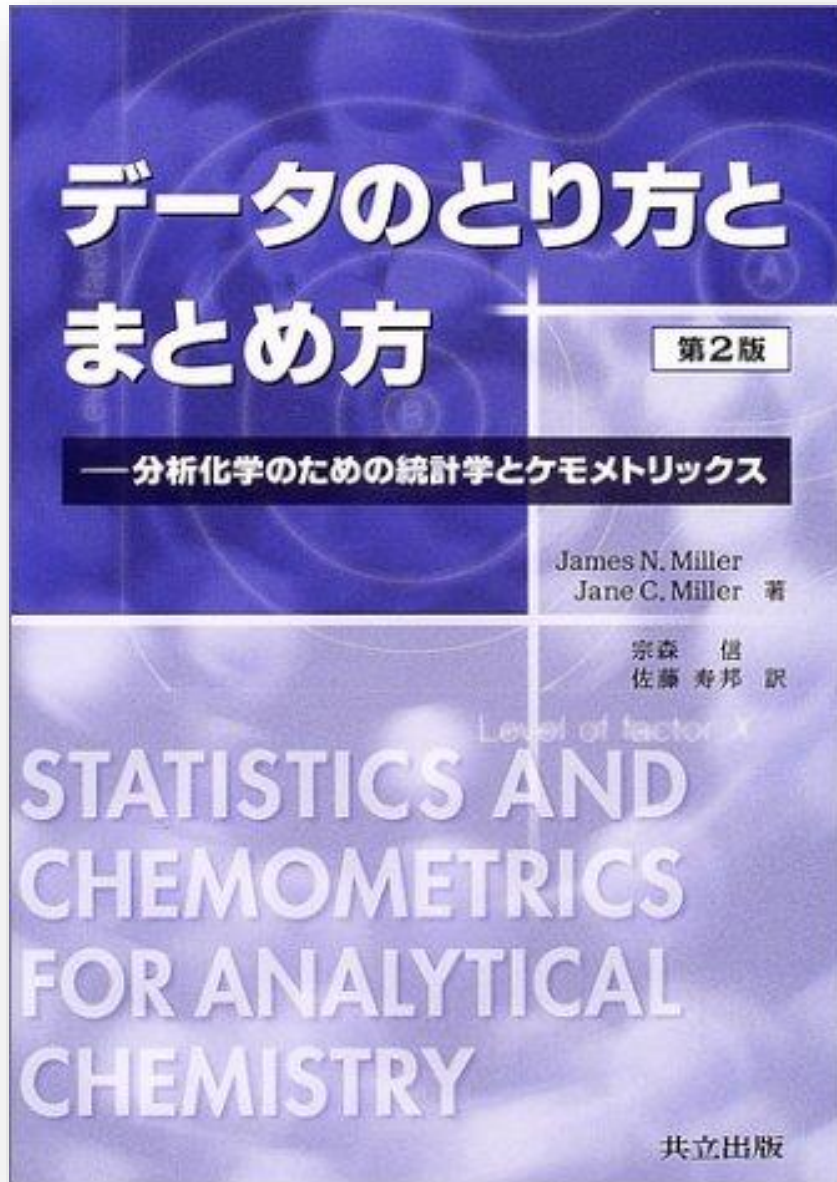
合成標準不確かさ:
combined standard uncertainty

拡張標準不確かさ:
expanded uncertainty

拡張標準不確かさ:
coverage factor k

1999年 不確かさへの言及

原著1999年 (日本語訳2004年)



定量分析における誤差

Gross Error	まちがい (mistake)
Random Error	偶然誤差
Systematic Error	系統誤差 (bias)

4.12 不確かさ uncertainty

第一章において、分析結果は偶然誤差とバイアスの両者に影響されることを学んだ。最近になって、分析化学者は各々の分析結果についてそれら**複合効果を一つの数値で表すことの重要性を認識**するようになった。

結果の**不確かさ**は、全ての誤差範囲を考慮に入れたうえで、ある範囲を表す数値であり、この考え方は**物理測定で確立**されている。

2007年 不確かさの導入

2007年



3.3.2 不確かさと誤差

GUMでは、従来用いられた誤差に代わって、不確かさ(uncertainty)という指標が導入された。

不確かさという概念と記述方法は、**完全には定量化しえない「誤差」**という概念を捨てて、測定上の「ばらつき」のみを対象として定量化する国際標準を目指している。

偶然誤差以外のばらつきの要因も包含するという点で、実際に即した精度の表現法といえるが、**測定の本質が真値を求める**ということにある以上、正確さを高める、すなわち**系統誤差を減らす努力**をないがしろにはいけない。

誤差から不確かさへ

2005年

電気学会大学講座

電気電子計測の基礎 — 誤差から不確かさへ —

山崎 弘郎 著

電気学会

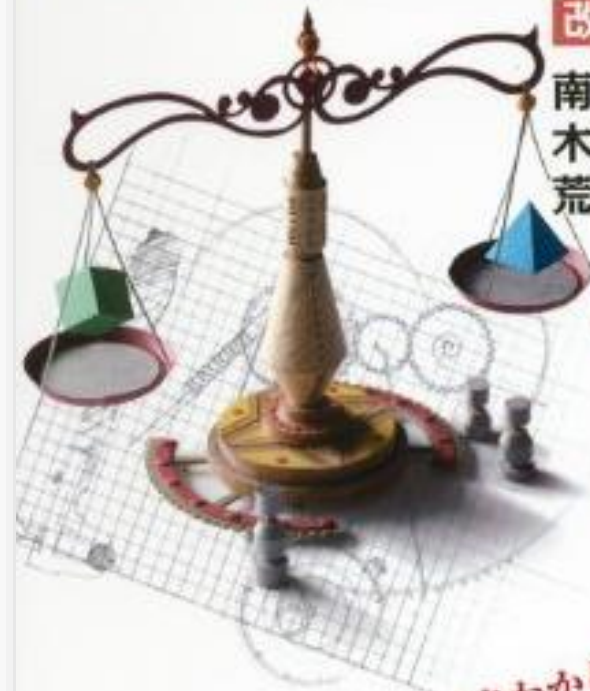
2012年

はじめての *A 1st Course* *in Measurement Engineering* 計測工学

改訂第2版

南 茂夫
木村 一郎
荒木 勉 著

*Shigeo Minami
Ichiro Kimura
Tsutomu Araki*



より見やすく、よりわかりやすく!

講談社

An Introduction to Uncertainty in Measurement: “測定の不確かさ”入門

2006年

Les Kirkup and Bob Frenkel

An Introduction to Uncertainty in Measurement



CAMBRIDGE

3.1.10 Uncertainty

誤差: 測定プロセスの重要かつ不可避の要素、その効果は**測定量**に**不確かさ**を生み出すこと。

不確かさ: **測定量** (measurand) と**同じ単位**。

不確かさの計算: 確立された**統計的手法**を適用。

最良推定値 & 不確かさの数量化:
(Ex) 振子の周期(2.25s) & 測定不確かさ(0.05s)

$$\text{Period of the Pendulum} = (2.25 \pm 0.05) \text{ s}$$

振子の周期の真値は、ある高い確率(**信頼水準**)で、2.20秒から2.30秒の**区間**の幅にある、と推測できる。

“測定の不確かさ”はなぜ重要なのか？

- ◎**定量計測分析**： 測定対象量の計測分析結果を示す場合、測定値のみならず、その値のもつ**信頼性**や計測の質の評価を「不確かさ」を用いて、**定量的**に示す必要。
- ◎**校正**： “測定の不確かさ”を校正証明書に記載する必要。
- ◎**試験**： 試験の合否判定に“測定の不確かさ”が必要。
- ◎**許容範囲**： 許容範囲を満たしているか、の判定に必要。
- ◎**仕様**： 製品性能などを定量的に示す仕様書に必要。

Aタイプの不確かさの評価法

Standard deviation as a basic measure of uncertainty

◎統計的解析による場合:

計測対象の互いに独立な繰返し測定値 x_i (x_1, x_2, \dots, x_n)

n 回測定の平均値:
$$\bar{x}_m = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i$$

分散 & 推定標準偏差(s):
$$s^2 = \frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x}_m)^2$$

平均値の推定標準不確かさ
$$u = \frac{s}{\sqrt{n}}$$

Bタイプの不確かさの評価法

◎他の全ての情報を用いた不確かさの推定。

◎入手情報を基にした科学的判断により、分散または標準偏差として推定。

◎入手する情報の例：

- (1) 以前の計測データ
- (2) 計測対象や計測機器に関する知識や経験
- (3) 計測機器の製造者の仕様書
- (4) 校正証明書に記載されたデータ
- (5) 計算、公表されている情報・データ

◎標準不確かさの計算：

計測機器の仕様書など、不確かさの上限と下限しか推定できない場合。
求める値が同確率で区間内(幅 $\pm a$)のどこかに入る、矩形(一様)分布と仮定。

一様な矩形分布の分散： $a^2/3$

一様な矩形分布の標準不確かさ： $a/\sqrt{3}$

合成標準不確かさの求め方

Combining standard uncertainties

◎相互に相関のない (mutually uncorrelated) の変数 $x_1, x_2, \dots, x_i, \dots, x_n$ の関数 f で求められる測定対象量 y :

関数 f は対象 y を記述する数式モデル

$$y = f(x_1, x_2, \dots, x_i, \dots, x_n)$$

合成標準不確かさ $u_c(y)$ の2乗は、個々の変数の標準不確かさの2乗和として表される(不確かさの伝搬則)。

$$u_c^2(y) = \sum_{i=1}^n \left(\frac{\partial y}{\partial x_i} \right)^2 u^2(x_i)$$

$\frac{\partial y}{\partial x_i}$: 感度係数 (個々の変数 x_i が y に対する影響の程度を示す)

拡張不確かさの評価

Expanded uncertainty, U

◎計測値の存在する区間を表現する実用的な尺度:

拡張不確かさ U : 計測の結果がある確率(信頼水準: level of confidence)で区間 $[y - U, y + U]$ 内に存在することを表明する。

$$U = k u_c$$

Coverage factor 包含係数 k : 信頼水準を表す係数

$k = 2$: 信頼水準 $X\% = 95\%$ (通常用いる)

$k = 3$: 信頼水準 $X\% = 99\%$

Summary: 国際標準化のすすめ

- ・先進材料&材料計測に関する国際標準化の推進
 - ◎先進材料分野における**産業競争力**の維持・向上
 - ◎イノベーションを支える**計測分析技術の競争力強化**
- ・**国際的な社会ニーズへの迅速対応**（Covid-19 Response）
- ・VAMASを通じた“国際標準化人材”の**on-the-job**育成
 - ◎プレ標準化国際共同研究を通じたネットワーク構築
 - ◎ISO/IEC活動への橋渡し（人材のリエゾン）
- ・誤差から不確かさへ：Uncertainty in Measurement
 - ◎計測分析の定量的な信頼性の評価へ

Example

The velocity of a wave, v , is written in terms of the frequency, f , and the wavelength, λ , as $v = f \lambda$. An ultrasonic wave has $f = 40.5$ kHz with a standard uncertainty of 0.15 kHz and $\lambda = 0.822$ cm with a standard uncertainty of 0.022 cm. Assuming that there is no correlation between errors in f and λ , calculate the velocity of the wave and its standard uncertainty.

Answer

$$v = f \lambda = (40.5 \times 10^3) \times (0.822 \times 10^{-2}) = 332.9 \text{ m/s}$$

$$u^2(v) = \left(\frac{\partial v}{\partial f}\right)^2 u^2(f) + \left(\frac{\partial v}{\partial \lambda}\right)^2 u^2(\lambda)$$

$$\left(\frac{\partial v}{\partial f}\right) = \lambda, \quad \left(\frac{\partial v}{\partial \lambda}\right) = f$$

$$u^2(v) = 80.9, \quad u(v) = 9.0 \text{ m/s}$$