

ATTAATC A AAGA CCTAACT CTCAGACC
 CT CTCGCC AATTAATA
 TAA TAATC
 TTGCAATTGGA CCCC
 AATTCC AAAA GGCCTTAA CCTAC
 ATAAGA CTCTAACT CTCGCC
 AA TAATC
 AAT A TCTATAAGA CTCTAACT CTAAT A TCTAT
 CTCGCC AATTAATA
 ATTAATC A AAGA CCTAACT CTCAGACC
 AAT A TCTATAAGA CTCTAACT
 CTCGCC AATTAATA
 TTAATC A AAGA CCTAACT CTCAGACC
 AAT A TCTATAAGA CTCTAACT

戦略プログラム ものづくりイノベーションのための ハイスループット先端計測

0100 11100 11100 101010000111
 001100 110010
 0001 0011 11110 000101
 00110 11111100 00010101 011

平成19年5月

0011 1110 000
 001010 1



独立行政法人科学技術振興機構 研究開発戦略センター
 Center for Research and Development Strategy Japan Science and Technology Agency

0100 11100 11100 101010000111
 001100 110010
 0001 0011 11110 000101

戦略イニシアティブ：

国として大々的に推進すべき研究で、社会ビジョンの実現に貢献し、科学技術の促進に寄与する

戦略プログラム：

研究分野を設定し、各チームが協調、競争的に研究することによって、その分野を発展させる

戦略プロジェクト：

共通目的を設定し、各チームがこれに向かって研究することによって、その分野を発展させると同時に共通の目的を達成する

エクゼクティブサマリー

“ものづくり”のスピードを従来の100倍以上にすることを目標にした、計測技術の革新「ハイスループット先端計測」技術の開発を提案する。

計測を制するものは科学技術および先端産業を制するといっても過言ではない。かつては世界をリードした日本の分析・計測機器の地位低下を立て直すため、文部科学省では平成16年度より「先端計測分析技術・機器開発事業」を推進してきた。さらに、日本の産業基盤であるものづくりに関連する先端計測領域を強化すべきとの産官学の意向を受けて、平成19年度の新規事業として文部科学省は“ものづくりに関連した計測新領域”の設置を計画した。その根底には、「21世紀のものづくりや生活の質を変えるカギは測定技術にあり、国の計測インフラの確保が世界的な競争力維持には不可欠である」、との認識がある。JST 研究開発戦略センター（CRDS）では、関連分野の俯瞰図を作成して技術の現状を分析するとともに、有識者・研究者による2回の戦略ワークショップを開催し、計測新領域の課題について検討してきた。これらの検討をもとにイノベーション創出の観点から、“ハイスループット”という新たな基盤的コンセプトに基づく戦略プログラムを提案する。

広範な適用性と国際競争力をもたらすハイスループット計測技術の課題は以下のとおりである。

- 1) “ハイスループット”コンセプトの構築とブレイクスルー技術の探索
 - ・ものづくりを従来の100倍以上高速化することを目標にした、計測の空間および時間的因子の短縮、広帯域化をもたらすシステムコンセプト、技術構成と重要融合分野の明確化
 - ・ハイスループット計測要素技術の提示
- 2) 計測装置の超小型化
 - ・ものづくり現場への適用が可能な測定装置の超小型化ブレイクスルー技術の開発
- 3) 計測の超高速化
 - ・高感度化・高輝度化等、測定の超高速化をもたらすブレイクスルー技術の開発
 - ・計測試料の高速調整・走査測定技術の開発
 - ・マルチプローブ・ビーム等による同時多点（マルチチャンネル）測定技術の開発
- 4) ハイブリッド計測
 - ・試料とセンサアレイを集積化したシンセシス・アナリシス直結計測システムの開発

5) 複合（構造、物性）計測

- ナノからマクロサイズにいたる階層構造の同時計測システムの開発
- 各種物性の複合計測技術の開発

6) 計測情報ネットワークの構築とインフォマティクス^{※1}

- ハイスループット計測による膨大なデータの高度処理、可視化、データベース、データマイニング^{※2}からなる情報処理技術の開発と国際標準化

これらのハイスループット先端計測技術は、次のような効果をもたらす。

- ① 研究開発、品質管理にとって重要な計測の高速化、高効率化を実現し、新製品開発のスピードアップ、品質および歩留まり、生産性の向上につながる。
- ② 先進のハイスループット計測の原理と機器は世界市場で優位に立つことができ、分析機器産業の復興に貢献する。
- ③ 小型高速化は、アクセサリや携帯電話のように身につけて持ち運び、好きなところで好きなときに使う計測の「ユビキタス計測」を可能とし、あらたな用途やマーケットをもたらす。
- ④ 試料調整やステージの工夫による大型共用施設（SRなど）のマシントイムの有効活用と産業応用を促進する。
- ⑤ 産官学の連携ネットワークの構築により、オペレーションソフト、データ処理システムを含めた計測分野の国際標準のキー技術が総合的に開発できる。

※1 インフォマティクス：計算機やネットワークを使って情報の収集と分類を行い、新しい知識体系を構築すること。ゲノム情報を医薬と関連付けるバイオインフォマティクスのほか、材料の合成と物性を体系化するマテリアルインフォマティクスが注目され始めている。

※2 データマイニング：蓄積されたデータから有用な情報を効果的に引き出す 2 次処理手法。

目 次

エグゼクティブサマリー

[1] 提案の内容	1
[2] 研究投資する意義	3
[3] 具体的な研究開発課題	4
[4] 研究開発の推進方法	7
[5] 科学技術上の効果	8
[6] 社会・経済的効果	9
[7] 時間軸に関する考察	10
[8] 検討の経緯	11

• 付 録

【1】 提案の内容

「ものづくりイノベーションのためのハイスループット先端計測」とは、研究開発および製造における世界的な競争力強化に不可欠な計測の高度・高速化のシステムコンセプトの確立とそれを実現する要素技術の開発・統合を目指すものである。ものづくりの内容は多岐にわたるが、ここでは高機能化学品、材料、電子部品・デバイスを中心とする先端ものづくりを対象とする。

ものづくりの基本は、(1) もの（物質・材料、デバイス、加工品等）の作成、(2) プロセスや製品の計測、(3) データ処理・評価の3ステップから構成される。“ハイスループット（HTP）”とは、これらのステップを統合的に捉えて研究開発および製造のトータルとしての高度・高速・高効率化を図る基本概念である。先端産業におけるものづくりイノベーションのカギは、ステップ（2）を中心とするハイスループット計測である。最近のエレクトロニクス、IT、ロボティクスの進歩を取り込んだ発想のもと、新たなシステムの設計・開発、研究開発および製造現場への普及、デファクトスタンダード化を目指す必要がある。希土類3元素蛍光体開発のための集積化マテリアルチップを例に、作製、計測、情報処理を統合したハイスループットテクノロジーの概念を図1に示す。

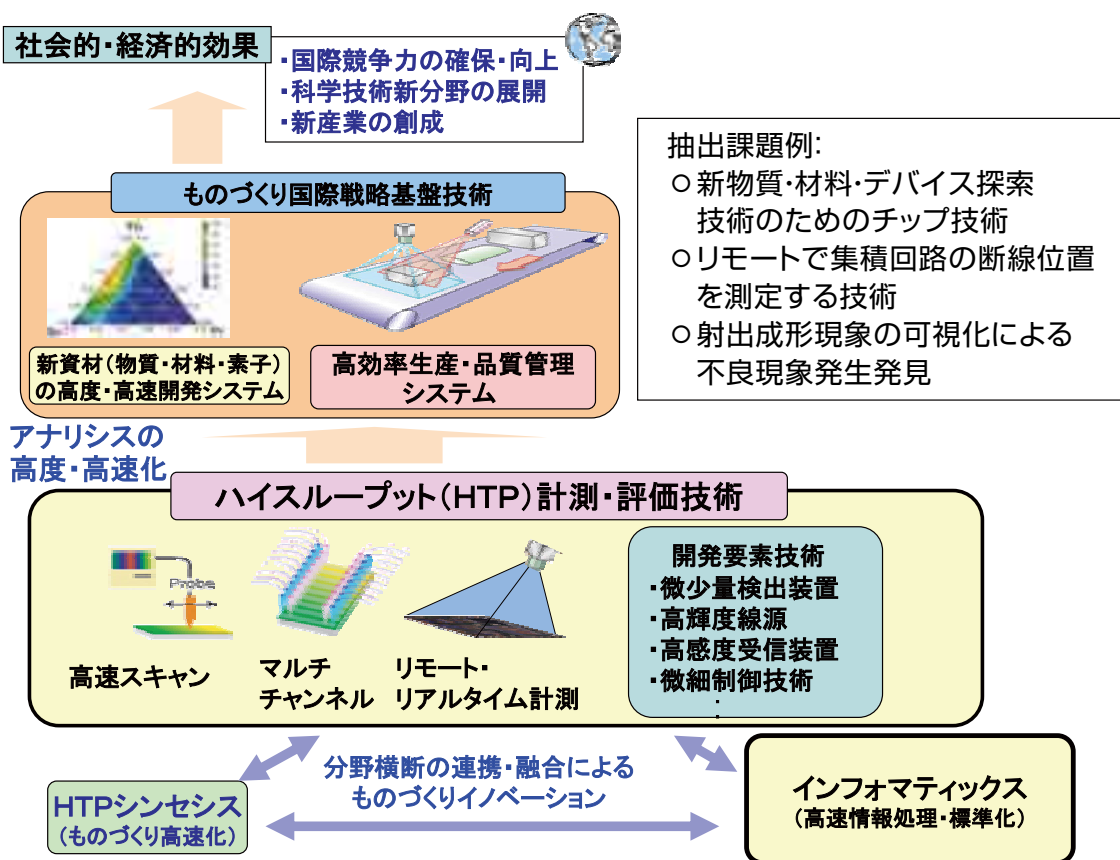


図1 ハイスループット計測による先端産業ものづくりイノベーション：新資材開発および製造ライン検査の高速化に代表されるハイスループットテクノロジーの全体像

(1) の HTP シンセシス要素については、医薬品のコンビナトリアルケミストリーや、多数のナノ固体材料・デバイス群（ライブラリー）を一括して自動合成するシステムなどが散発的ではあるが開発されており、以前は 1 年がかりであった多成分材料の調製を 1 日でカバーできる状況が生まれつつある。しかし、所望の材料機能を発現する為には構造や特性など多岐にわたる計測とそのフィードバックが必要であり、多くの場合、計測が研究開発の速度を律し製品歩留まりを支配する。ものづくりイノベーションには、サイズ、操作性、高速性、信頼性に優れたハイスループット計測システムをデザインし、開発する必要がある。以下の技術課題を提案する。

1) ハイスループットテクノロジーのコンセプト構築とブレイクスルー技術の探索

- ・計測空間および時間因子の変革（短縮、広帯域化）によって、新物質・材料・デバイス開発を中心とするものづくりを従来の 100 倍以上高速化することを目標にした具体的なシステムコンセプト、技術構成と重要融合分野の明確化
- ・革新性、実現性を具備したハイスループット計測要素技術の提示

2) 計測装置の超小型化

- ・測定装置の超小型化をもたらすブレイクスルー技術の開発
- ・超小型計測装置のものづくり現場への応用、常時携行・データ通信に伴う技術

3) 計測の超高速化

- ・高感度化・高輝度化等、測定の超高速化をもたらすブレイクスルー技術の開発
- ・計測試料の高速調整・走査測定技術の開発
- ・マルチプローブ、マルチビーム等による同時多点（マルチチャンネル）測定技術の開発

4) ハイブリッド計測

- ・試料とセンサアレイを集積化したシンセシス・アナリシス直結計測システムの開発

5) 複合（構造、物性）計測

- ・ナノからマクロサイズにいたる階層構造の同時計測システムの開発
- ・各種物性の複合計測技術の開発

6) 計測情報のインフォーマティクス

- ・ハイスループット計測による膨大なデータの高度処理、可視化、データベース、データマイニングからなる情報処理技術の開発と国際標準化

[2] 研究投資する意義

○ ものづくり産業の競争力強化

ナノテクノロジー、バイオ、半導体などほとんどの先端産業分野において、計測は国際競争力の原点である。米国は半導体産業だけでも年間 90 億ドルを計測装置に使っていると推定されている。^{※3} わが国では、ものづくりの最前線で活躍した熟練工の大量退職、人口減少による労働力減少という状況もあり、製造業の強みとなっている新製品開発力、高い生産性の低下が危惧されている。特に問題となるのは、研究開発、製品の品質および歩留まり向上の基盤となる計測技術が、国際競争の中で十分に優位性を持つに至っていないばかりでなく、かつては優位性を誇った分析機器においても世界市場での地盤低下が目立ってきていることにある。本プロポーザルの実施は、研究開発、品質管理にとって重要な計測の高速化、高効率化を達成し、新製品開発のスピードアップ、品質および歩留まり、生産性の向上につながる。

○ 分析・計測産業の復権

バイオ計測における外国製品依存の一因は、DNA チップと光検出の組み合わせや、使い勝手が良く自動化の進んだハイスループット計測機器開発の遅れにあると言える。日本が優位性を保っているものづくりにおいて、計測技術の遅れは深刻な影響をもたらす。逆に、先進のハイスループット計測の原理と使い勝手のよい機器の開発は世界市場で優位に立つことができ、分析機器産業の復興に貢献できる。

○ ユビキタス計測への展開

さらなる小型高速化は携帯電話に組み込んだヘルスケアなど、新たな計測用途・マーケットをもたらす。

○ 大型共用施設（SR など）のマシントイムの有効活用と産業応用の促進

集積化試料調整と自動化を組み合わせたスマート計測システムにより改善できる。

○ 分野融合研究の活性化

ハイスループット計測システムの開発には、高速化への感度・分解能の改善ばかりでなく、自動化に向け測定点や時間を特定し瞬時にデータを取得するため、試料調整から自動制御化測定機器の開発、膨大な測定データの処理・活用にいたる多くの先端工学技術の進歩を促し、その有機的結合を活性化する。

○ 国際標準の獲得

先端計測機器の国際展開には先進ハードウェアだけでは不十分で、ISO 等の国際規格を意識した開発と戦略が重要である。産官学の連携ネットワークの構築により、オペレーションソフト、データ処理システムを含めた計測分野の国際標準のキー技術が総合的に開発できる。

※3 NIST survey and analysis report “An Assessment of US measurement system: Addressing Measurement Barriers to Accelerate Innovation” (February, 2007)
http://usms.nist.gov/usms07/usmsinbrief_feb12_web.pdf
http://usms.nist.gov/usms07/usms_assessment_report_2006.pdf
http://www.nist.gov/public_affairs/releases/usms_0207.html

[3] 具体的な研究開発課題

われわれの知覚に訴える情報計測のほとんどは、電子状態の変化を伴うエネルギー変換を利用している。付録の図 1 に、計測の起点となる入力を x 軸、計測の対象を y 軸とした計測技術の俯瞰図を示す。対象と近年の計測技術は、電子の振る舞いを制御するマイクロエレクトロニクスに大きく依存し、その急速な進歩は 2 つの基本的ブレークスルーによってもたらされた。第 1 は真空管から固体素子への変換によるダウンサイジングと信頼性向上、第 2 は個別素子から IC への集積化による高速・高機能化である。

ナノエレクトロニクスは第 1 のブレークスルーの極限を追求するものであり、世界を席卷しているナノテクノロジーは種々の科学技術分野への普及拡大に相当する。先端計測分野へはナノ計測技術として研究開発が始まっている。ここで提案するハイスループット計測は、主に第 2 のブレークスルーに対応する。このコンセプトをベースとする計測システムは断片的には検討されているが、組織的な取り組みは NIST の “Combinatorial Method Center” での高分子計測などに限定されている。今後世界各地で急速に展開する兆しがあり、我が国が先手を取って世界をリードする研究開発を推進する機が熟してきている。

第 2 のブレークスルーである集積化をベースとするハイスループット化には、第 1 のダウンサイジングも重要である。ここではハイスループットを広義に解釈し、入口に当たる計測装置の超小型化と出口に当たる計測情報の高速処理・活用を含めた課題とその具体的な指針をあげる。この指針に沿ってハイスループット計測という観点からまとめた俯瞰図を付録の図 2 に示し、重要課題を以下に挙げる。

1) ハイスループットテクノロジーのコンセプトの構築とブレークスルー技術の探索

- 計測空間および時間因子の変革（短縮、広帯域化）によって、人海戦術による従来の手法を凌駕する、100 倍以上高速化することを目標にした具体的なシステムコンセプト、技術構成と重要融合分野の明確化
- 革新性、実現性を具備したハイスループット計測要素技術の提示

2) 計測装置の超小型化（応用例を図 2 に示す）

- MEMS、NEMS 等、超小型化をもたらす先端マシニング技術の活用
- 超小型化をもたらす新たな物理・化学原理に基づくシステムの開発（例：エバネッセント光による SNOM、走査型マイクロ波顕微鏡）
- 超小型化がもたらす、ものづくり現場や携帯計測への応用開発



図2 計測器の超小型化の例：親指サイズのSEM（三好：6月WS資料より）

3) 計測の超高速化（技術例を図3に示す）

- 高感度化・高輝度化等、測定の高高速化をもたらすブレークスルー技術の開発
- 計測試料の高速調整・走査測定技術の開発
- マルチプローブ、マルチビーム等による同時多点（マルチチャンネル）測定技術の開発

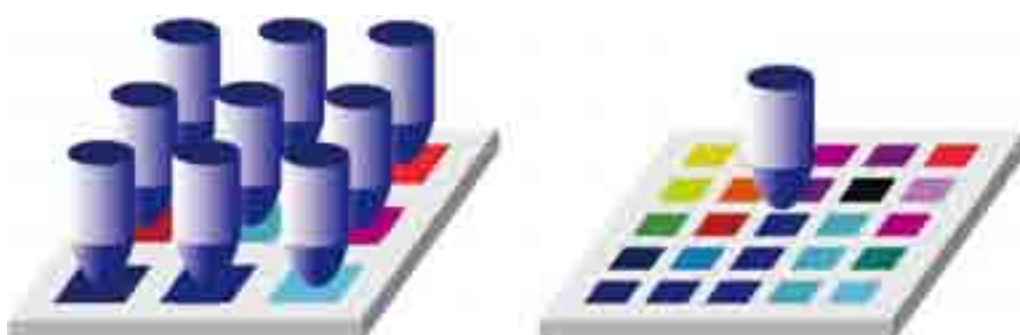


図3 高速計測の基本的形式：マルチチャンネル計測と高速走査計測

（長谷川：12月WS資料より）例えば、組成（原料）や反応条件などの作製パラメータを系統的に変えた試料（バイオチップ、マテリアルチップ）を用意し、マルチプローブで一括に、あるいは高速プローブで評価する。目的の“もの”を早く見出せるばかりでなく、プローブの変換によって思いがけない多機能の発見にもつながる。

4) ハイブリッド計測（技術例を図 4 に示す）

- 試料とセンサアレイを集積化したシンセシス・アナリシス直結計測システムの開発

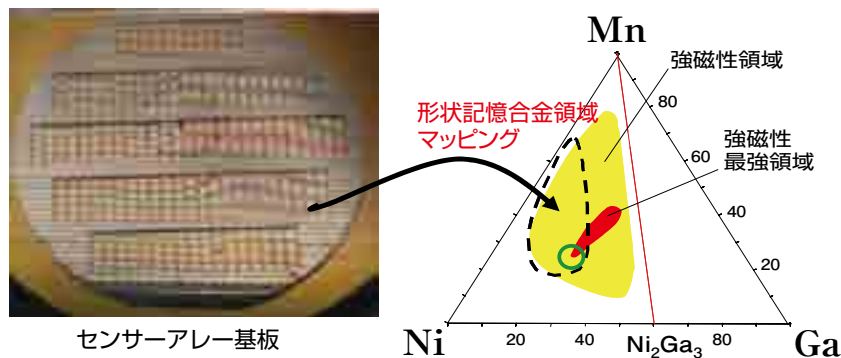


図 4 ハイブリッド型集積計測システム (I. Takeuchi et al., Nature Materials 2, 180 (2003))。MEMS によりカンチレバー型ひずみセンサーアレイをつくり（左図）、その上に 3 元蒸着により合金薄膜ライブラリーを形成することにより、その場で形状記憶特性を一括測定。磁性は高速プローブ（ホール素子または走査型 SQUID）で測定。

5) 複合（構造、物性）計測

- ナノからマクロサイズにいたる階層構造の同時計測システムの開発
- 各種物性の複合計測（X線回折と熱測定、質量分析）技術
- 作業現場（または模擬環境下）での品質管理、安全性・信頼性の検査技術

6) 計測情報のインフォーマティクス

- ハイスループット計測による膨大なデータの高度処理、可視化、データベース、データマイニング（データの 2 次処理による主要因子の解析、研究設計等への活用）からなる情報処理技術の開発と国際標準形式化

【4】 研究開発の推進方法

ハイスループット計測では、試料調整から測定、データ処理までのトータル計測システム設計、高速化を創出する異分野技術（例えば、MEMS, Web など）の採用、当初の目的にこだわらない新たな用途開発、国際市場・標準化を意識した国際連携が重要である。キーポイントを以下にあげる。

- 発想の転換：個別計測から集積化・ユビキタス計測へ展開するシステム設計者の意識改革とそれを促すファンディング戦略
- 応用分野の特殊性に考慮した技術開発戦略の構築：たとえば NIST 報告はイノベーション支援のための計測を 11 の産業分野と技術領域（建築・構造物、化学、国防と安全、部品製造、エレクトロニクスと IT、エネルギー・電力・環境、ヘルスケア、IT ソフトウェア、材料、ナノテク、半導体）に分類して調査分析し、各分野の重点課題と開発支援策を提案
- 先端科学の応用：ロボット、IT、エレクトロニクス、情報科学の最先端理論と技術の採用
- 計測ネットワークの構築：計測に関するシーズ、ニーズ、公共調達、共同利用、委託計測、安全規制、国際規格等の情報を一括管理、利用サービスを提供できるネットワークの構築
- 国際競争と連携をバランスした国際標準化プロジェクトの設定：標準化は計測機器の国際流通、普及に役立ち、計測データベースの構築およびマイニング活用への主導権を握る意味でも重要であるが、国際的な関係プレーが不可欠である。VAMAS、ISO などの既存のルートによる国際標準化のほか、ハイスループット材料開発を進める EU の TopCombi プロジェクト（2005-2010）、NSF-USA の IMI-COSMIC (International Material Institute: Combinatorial Science and Material Informatics) プロジェクト（2003-2008）などと連携し、インターネットを活用する国内プロジェクトを推進すべきである。
- 大型プロジェクトの展開：インフォマティクスを含むハイスループットものづくりテクノロジーは、先端計測を超える広範な領域であり、産業界の関心も高まってきている。文科省と経産省との省庁連携、NSF 等との国際連携も視野に入れた大型プロジェクトへの展開が望まれる。
- 理解・啓蒙：革新技術に対する拒絶反応への対応
- 人材育成：ハイテクマシンとしてハイスループット計測システムを使いこなす高度な知識と専門技術を有する人材育成
- ビジネス創成：開発システムをベースとするベンチャー等、ビジネスチャンス展開への枠組みづくり

[5] 科学技術上の効果

- 分析・計測技術の新分野開拓：計測機器の超小型化による計測領域の拡大、常時携帯測定、高速化によるリアルタイム計測適用分野の拡大。
(例) 生産ラインの高度診断、高機能ヘルスケアチップ、ホーム・個人セキュリティチップ
- 新物質・材料開発の促進：元素戦略など、特に多元組成材料開発を加速するとともに、新化学物質の有用性と安全性の同時チェックへの展開
- 思いがけない発見：計測の簡易化、高速化は当初の目的以外の物性測定の余裕をもたらし、serendipitous な発見のチャンスをもたらす。(例：高感度・高速走査プローブによるスピントロニクス、マルチフェロイックなどの複合機能研究分野の開拓)
- 計測の信頼性向上
科学研究における捏造疑惑が問題になっているが、再現性のチェックは研究者自身にとっても、外部からの検証にしても時間と経費、エネルギーのかかる面倒な作業である。ハイスループット技術では、測定試料を一つ一つ作って測るのではなく、元素組成や、作成条件（温度、時間等）などのパラメーター空間に広がる試料群（ライブラリー）の一括計測を原則とする。これにより計測時間の画期的短縮化が達成できるばかりでなく、パラメーター変化と時間が独立に変動し測定データの“ゆらぎ”が避けられない従来法に比べて、着目したパラメーター以外の因子は測定中共通している。揺らぎの影響が相殺でき、信頼性の高いデータの取得に有利である。
- プロセス最適化の高速自動制御技術の取得
- 製品検査の高速化、信頼性向上
- 量子コンピューターなど、新たな原理に基づくデバイス開発のアイデア検証時間の短縮
- 大型共用施設の有効活用：SR など高価で強力な計測施設は、ハイスループット化に適した試料調整と組み合わせることによってマシンタイムの大幅な有効活用ができる。他では得られないデータの集積は研究開発の進歩を加速する。
- 理科教育への活用：小型・高速・低コスト化は小中高の教育現場への高度な理科学研究ツールの普及を促進し、好奇心をかきたて、ひいては科学技術創造立国の基盤形成に貢献する。

[6] 社会・経済的効果

俯瞰マップにリストアップしたハイスループット計測機器の多くは未開発である。新たに開発した機器の国際優先権を確保し産業展開すること自体が経済効果をもたらすが、その利用による効果も大きい。

- プロセス診断・製品検査分野への普及促進による産業技術の高度化
- 省力・省エネルギー社会への貢献:触媒、エネルギー変換デバイス高効率化への対応
- 新製品開発力の強化によるマーケット拡大
- 爆薬、違法薬物の微量検出、各種物性の複合計測等、犯罪・テロ防止への貢献
- ものづくりファンダリーなどの新ビジネス展開

分析・計測の委託を専業とする企業は古くから存在している。ハイスループット計測では、他所から持ち込まれた試料を単に早く測るというよりは、計測用の試料作りの段階から高速計測をデザインする。すなわち、ものづくりと計測のハイブリッドが基本的に重要で、このようなニーズに応えるビジネスは我が国では存在していない。アメリカでは数社のベンチャーが存在し、中国でも出現し始めている。ものづくりを組み合わせたハイブリッド計測システムの日本の開発力は、現時点では世界をリードするポテンシャルを有する。計測機器の販売だけでなく、ハイブリッド計測ファンドリーへの展開は、団塊世代の退職、少子高齢化社会の時代におけるものづくり国際競争力の確保に役立つ。

【7】 時間軸に関する考察

ハイスループット計測は、ものづくりの国際競争力を強化する戦略プロジェクトであり、できるところから早急にスタートする必要がある。H19年度にスタートする先端計測事業の応用領域に構想の一部が取り入れられてはいるが不十分であり、具体的な開発課題に挙げた項目についてさらに展開、拡充を図るべきである。

分野融合を必要とするハイスループット計測研究の系統的展開には、ナノテクノロジーネットワークや日本学術会議等とも連携して早急に産官学の検討ネットワークを作り、世界の状況を把握した上でマスタープランをつくるべきである。超小型、マルチ高速プローブ、センサー体型ハイブリッドシステムなど、各具体的課題の実施については3～5年の開発期間を要する。国際標準化、実用化にはさらに多くの時間を必要とする。

先端計測に限らず技術の進化は、個別の技術の延長上にある改良がほとんどであるが、異分野の技術融合と広汎な波及効果をもたらすパラダイムシフトが真のイノベーションをもたらす。これには基本的な設計思想の変革ばかりでなく、関連分野における技術成熟度のマッチングが重要である。本提案のベースとなるハイスループットコンセプトに基づくものづくりは1960年代にまで遡ることができるが、当時は計測・評価技術、計算機が未成熟であり、トータルな高速化が達成できず普及しなかった。膨大な化合物群の中から新薬を探索する医薬研究から、有機化学・バイオ分野に適用できるコンビナトリアルケミストリー（コンビケム）は、1980年代の計算機、エレクトロニクスの急速な進展に伴って新たなハイスループットものづくり技術として登場してきた。アメリカの大学やベンチャー企業を中心に開発されたコンビケムシステムの有用性は、日本では1990年代の半ばになってようやく認識され、外国製のシステムが導入された。しかし借物のシステムを使いこなさず、その有用性を十分活用していない状況にある。その一因は、データ処理・活用のための（バイオ）インフォマティクスの主導権も外国に握られていることにある。日本でも一部の大学、国研で先駆的な研究開発が進行しているが、新分野に取り組む人材教育の遅れが課題であることが12月のワークショップでも指摘されている。

ナノテクノロジー・材料分野およびエレクトロニクス・情報分野、ロボティクス分野に関連するものづくりのハイスループット化の研究は、1990年代の半ばに日米でほぼ同時にスタートし、世界をリードしてきた。しかし、計測のハイスループット化研究は分野の広さ、研究人材の不足もあって、主要な領域を日本が支配する状況にはない。アメリカやヨーロッパばかりでなく、韓国や中国でも研究の機運が高まっており、触媒やポリマー開発を中心にしたセンターが大学、国研に最近設置されている。

計測を中心とするハイスループットテクノロジーは、少子高齢化の中で、ものづくりの国際競争が激化する今後の状況に備えて、ナノテクノロジー・材料、IT、ロボット分野で高い技術を有する日本で早急に連携体制を組んで取り上げるべきテーマであり、その機は熟している。

【8】 検討の経緯

計測は科学技術の基盤であり、新たな計測技術の開発は科学技術イノベーションの原動力となる。このような認識の下に、文部科学省では平成 16 年度に先端計測事業を立ち上げ、平成 18 年度までに年間 30—40 億円の予算規模で、先端研究用計測領域のプロジェクトが推進されてきた。平成 17 年秋に実施された中間評価において、これら計測専門家と分析企業向けを中心としたプロジェクトに加えて、日本の産業や社会構造を支える分野における先端計測技術の重要性が指摘され、平成 19 年度から“ものづくりや社会ニーズへの貢献”にフォーカスした計測新領域技術の開始が提言された。

CRDS では昨年まで「環境・エネルギー」を中心課題としてきた井上グループを平成 18 年 4 月から「先端計測・産業技術」中心にシフトし、この問題を重点的に調査・検討し提言する活動を開始した。先端計測分野全体の俯瞰図を作成するとともに、6 月 24 日に戦略ワークショップ「ものづくり・社会ニーズに役立つ先端計測」を開催し、計測分野の広がり、現行の先端計測事業の位置づけ、さらに新分野の展開方向、具体的な課題を探り、議論した。この WS の結論として、以下の 3 領域を「ものづくり・社会ニーズにマッチする先端計測技術」重点検討候補として選定した。

- 1) 電磁波利用空白領域としてのテラヘルツ波の発生と安全・安心社会への計測応用
- 2) 新たな強力粒子源の開発が進む量子ビームの産業利用計測
- 3) 個別から高速・集積化へのイノベーションを創出するハイスループット先端計測

前 2 者は、特定の計測手法としての装置開発と応用測定が中心になる点で現行の先端計測事業テーマと共通のコンセプトに基づく。一方、後者は高速、多次元、集積化などの基盤的新コンセプト提案を伴い、広汎な計測法に適用される点で異質である。7—8 月の文科省・学術審議会の先端計測小委員会でのプレゼンテーションと議論を通して、10 月には財務省との審議課題のひとつとしてハイスループット先端計測があげられた。

平成 18 年 12 月の戦略 WS「ものづくりイノベーションのためのハイスループット先端計測」は、総合的には未開拓のハイスループット計測技術の状況を深掘り調査し、具体的内容と可能性を検討し、今後の展開をプロポーズすることを目的に、外村彰氏（日立基礎研、理研）と長谷川哲也氏（CRDS 特任フェロー、東大理学部）にコーディネーターを依頼して開催した。外村氏は日本学術会議の「知覚情報取得技術」分科会の主査として、日本の分析・計測技術の状況に関する危機感を共有している。文科省・産連課や JST 先端計測事業関係者の参加を得た WS は 2 部構成で、第 1 部は研究開発レベルを中心にした最先端計測技術の現状分析とその応用展開の例を、第 2 部では産官学の連携によるハイスループット計測技術・工業のありかたを中心に議論した。平成 19 年 2 月には、19 年度の先端分析技術・機器開発事業の「応用領域」に、「リアルタイム・ハイスループット観察、リアルタイム制御、またはものづくり環境適応可能な計測分析システム」の分野が公募さ

れた。

ハイスループットなものづくりや計測は、世界的に関心が高まっている。関連研究者や機関との交流、国際会議を通して引き続き国内外の研究開発状況をウォッチするとともに、国際戦略テーマとして加速的展開を探る必要がある。

付 録

- 1、計測技術に関する俯瞰図：その 1（付録図 1）
（付表）図 1 に記入した計測装置の略号のまとめ
- 2、計測技術に関する俯瞰図：その 2（付録図 2）

※本プログラム提案に関する参考資料

- 1、科学技術の未来を展望する戦略ワークショップ
「ものづくりおよび社会ニーズに関連する先端計測技術の方向性と開発課題」
報告書、JST-CRDS 井上グループ（平成 18 年 9 月）
- 2、科学技術の未来を展望する戦略ワークショップ
「ものづくりにおけるハイスループット先端計測」報告書、JST-CRDS 井上
グループ（平成 19 年 5 月）

(付表) 付録図 1 に係る計測装置の略語集

略語	英名称	和名称
AAS	Atomic Absorption Spectrophotometer	原子吸光分析装置
AES	Auger Electron Spectroscopy	オージェ電子分光分析法
AFM	Atomic Force Microscope	原子間力顕微鏡
C-AFM, NC-AFM	Contact-mode-AFM, Non-Contact-mode-AFM	コンタクトモード原子間力顕微鏡、ノンコンタクトモード原子間力顕微鏡
CSAMT	Controlled Source Audio-frequency Magneto-telluric	可聴周波数帯人工信号源による地磁気・地電流法
CT	Computed Tomography	コンピュータ断層映像法
ENDOR	Electron Nuclear Double Resonance	電子核二重共鳴
EPMA	Electron Probe Micro-Analysis	X線マイクロアナライザ
ERDA	Elastic Recoil Detection Analysis	弾性反跳粒子検出法
ESCA	Electron Spectroscopy for Chemical Analysis	X線光電子分析装置
ESR	Electron Spin Resonance	電子スピン共鳴
FAB	Fast Atom Bombardment	高速原子衝撃形イオン化法
FFM	Friction Force Microscopy	摩擦力顕微鏡
FIM	Fast Atom Bombardment	電界イオン顕微鏡
FT-IR	Fourier Transform IR	フーリエ変換赤外分光法
HFLレーダー	High Frequency	短波レーダー
IAMS	Ion Attachment Mass Spectrometry	イオン付着質量分析法
ICP-MS	Inductively Coupled Plasma Mass Spectrometry	誘導結合プラズマ質量分析装置
IR-OBCH	Infra Red Optical Beam Induced Resistance Change	赤外レーザ光加熱抵抗変化(オバーク)
ISS	Ion Scattering Spectroscopy	イオン散乱分光法
ISレーダ	incoherent scatter radar	非干渉性散乱レーダ
LEEM	Low energy electron microscopy	低エネルギー電子顕微鏡
LEF	Linear Electric Field	線形電場
LM-AFM	Lateral Force Modulation AFM	横振動モードAFM
MALDI	Matrix Assisted Laser Desorption Ionization	マトリックス支援レーザ脱離イオン化法
MEG	Magneto Encephalo Graphy	脳磁図
MEIS	MEdium Energy Ion Scattering	中エネルギーイオン散乱分光法
MFM	Magnetic Force Microscope	磁気力顕微鏡
MFレーダー	Medium Frequency	中波レーダー
MRFM	Magnetic Resonance Force Microscope	磁気共鳴力顕微鏡
MRI	Magnetic Resonance Imaging	磁気共鳴画像
MS	Mass Spectrometry	質量分析法
MULレーダー	Middle Atmosphere-Upper Atmosphere	中層超高層大気観測用大型レーダー
NMOM	Near-field Magneto-Optical Microscope	近接場磁気光学顕微鏡
NMR	Nuclear Magnetic Resonance	核磁気共鳴
NRA	Nuclear Reaction Analysis	核反応解析
NRT	Neutron Radiography Testing	中性子ラジオグラフィ
OES	Optical Emission Spectrometer	発光分光法
PEEM	Photoelectron Emission Microscope	光電子顕微鏡
PET	Positron Emission Tomography	ポジトロン断層撮影
PIXE	Particle Induced X-ray Emission	粒子励起X線分析
RASS	Radio Acoustic Sounding System	電波音波併用レーダー(大気温度用)
RBS	Rutherford Backscattering Spectrometry	ラザフォードバックスキヤタリング
RHEED	Reflection High-Energy Electron Diffraction	反射高速電子回折法
SEM	Scanning electron microscope	走査型電子顕微鏡
SHPM	Scanning Hall Probe Microscopy	走査型ホール素子顕微鏡
SIMS	Secondary ion Mass Spectroscopy. (IMA: Ion Micro Analysis)	2次イオン質量分析法
SMRM	Scanning Magnetoresistance Microscopy	走査型磁気抵抗顕微鏡
SNDM	Scanning Nonlinear Dielectric Microscope	走査型非線形誘電率顕微鏡
SNEM	Scanning Near-field Ellipsometric Microscopy	走査型近接場エリプソメトリー顕微鏡
SNMS	secondary neutral mass spectrometry	中性粒子質量分析法
SNOM	Scanning Near field Optical Microscope	走査型近接場顕微鏡
SP-STM	spin-polarized -Scanning Tunneling Microscope	スピン偏極-STM
SQUID	Superconducting QUantum Interference Device	超伝導量子干渉計
SSM	Scanning SQUID Microscope	走査型SQUID顕微鏡
STM	Scanning Tunneling Microscope	走査型トンネル顕微鏡
STP	Scanning Thermal Profiler	走査型熱プロファイラー
STS	Scanning Tunneling System	走査型トンネル分光法
UPS	Ultraviolet Photoelectron Spectroscopy	紫外線光電子分光法
XAFS	X-ray Absorption Fine Structure	X線吸収微細構造
XANES	X-ray Absorption Near Edge Structure	X線吸収端構造
XMCD	X-ray magnetic circular dichroism	X線磁気円二色性
XPS	X-ray Photoelectron Spectroscopy	X線光電子分光法
XRD	X-ray Diffractometry	X線回折法

戦略プログラム

**ものづくりイノベーションのための
ハイスループット先端計測
CRDS-FY2007-SP-03**

独立行政法人 科学技術振興機構 研究開発戦略センター
井上グループ

〒102-0084 東京都千代田区二番町3番地
電話 03-5214-7485
ファクス 03-5214-7385
<http://crds.jst.go.jp/>
平成19年5月

©2007 CRDS/JST

許可なく複写・複製することを禁じます。
引用を行う際は、必ず出典を記述願います。

ATTAATC A AAGA C CTA ACT CTCAGACC
CT CTCGCC AATTAATA
TAA TAATC
TTGCAATTGGA CCCC
AATTCC AAAA GGCCTTAA CCTAC
ATAAGA CTCTAACT CTCGCC
AA TAATC

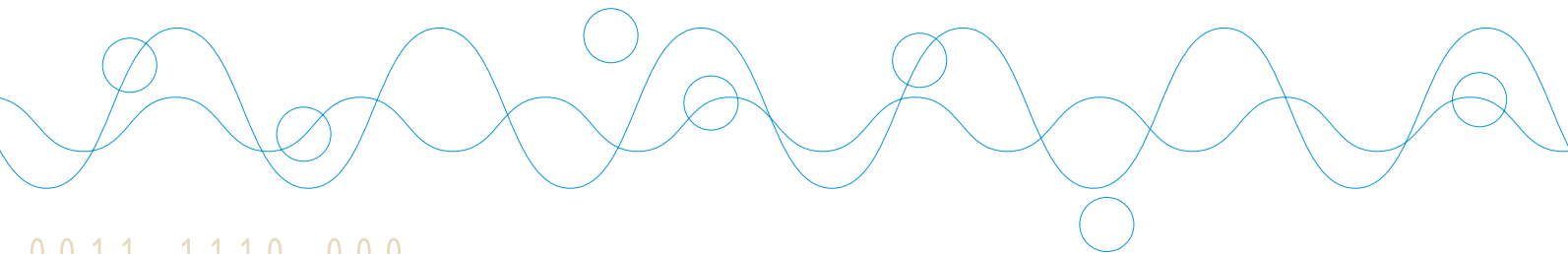
AAT A TCTATAAGA CTCTAACT CTAAT A TCTAT
CTCGCC AATTAATA

ATTAATC A AAGA C CTA ACT CTCAGACC
AAT A TCTATAAGA CTCTAACT
CTCGCC AATTAATA

TTAATC A AAGA C CTA ACT CTCAGACC
AAT A TCTATAAGA CTCTAACT

ATTAATC A AAGA CCT
GA C CTA ACT CTCAGACC

0011 1110 000
00 11 001010 1
0011 1110 000
0100 11100 11100 101010000111
001100 110010
0001 0011 11110 000101



0011 1110 000
00 11 001010 1
0011 1110 000
0100 11100 11100 101010000111
001100 110010
0001 0011 11110 000101