

3次元ファンクショナルデジタイザの研究開発

I 試験研究の全体計画

1. 研究の趣旨

近年になり、高精度加工技術やマイクロマシン技術等の進展により、複雑に入り組んだ表面を持つ物体の高精度な形状と表面組成情報を、非破壊で即座に計算機内に取り込める技術が益々要求されている。また生物科学分野では、生体の複雑な形状を読み取り、さらにその場所での生体内物質の変化をいち早く計測できるツールの開発が求められてきた。工学、生物科学を始め、形や表面の性質を扱うあらゆる分野の研究現場において、現象の解明、計測・評価のためのファンクショナルなデジタイジング（デジタルデータを得る）ツールが求められてきた。しかしながら、現状では3次元のデジタイザと機能計測装置は別々のものであり独立に計測しなければならなかった。しかも3次元デジタイザをとってみても、一つの装置で測定レンジの広さ、測定用途の多様性、計測ターゲットの位置あわせをカバーする手法が確立されておらず、高密度なデータを得るためにはデジタイジングに多くの時間がかかっていた。さらに、機能計測装置に関しても2次元の微小面積に適用できるものしかなかった。したがって今、根本的に新しい発想の計測・解析ツールの出現が期待されている。このため、多岐の分野にまたがるニーズに応えるような次世代の規準となる研究用データ獲得手法の確立のために、3次元ファンクショナルデジタイザの開発が必要である。

本研究開発では、複雑な形状と多彩な機能を持つ高性能デバイスや器官及び個体レベルの生体などを対象として、その表面形状を従来にない速さと精度で計測できるばかりでなく、その表面組成やそこでの物質の変化までを観察することにより、機能性の解析ができる3次元ファンクショナルデジタイザの開発を目的とする。この新しい研究基盤ツールは、高精度迅速生産技術の開発、多機能マイクロデバイスの開発、精密機器の寿命・劣化予測の研究、生体の形状・機能の研究に供するものである。

2. 研究概要

3次元的に複雑な表面形状の計測、表面組成の分析に關する知的基盤に資するため、数十 μm から数十 μm の大ききで複雑に入り組んだ対象の表面情報（形状および組成）を高速でデジタルモデルとして計算機内に取り込める装置を実現し、最高で μm オーダーの精度と従来にない処理速度を達成するために必要な技術を開発する。本年度は個別の研究成果を結集した試作機を組み上げて総合評価と検

証を行う。

1. 高出力小型波長可変レーザー光源の開発に関する研究（理化学研究所）

3次元ファンクショナルデジタイザの心臓部であるプローブ光源の波長掃引幅、スペクトルの分解能は、それぞれ、形状デジタイジングにおける縦方向のダイナミックレンジ、縦分解能を決定する。本研究では、半導体など極微細な構造の形状計測をめざし、縦分解能の極限の追求と、装置の完成のためにプローブ光源である電子波長可変レーザーのために市販のものから独自の設計を施した狭帯域かつ広い波長掃引範囲をもつ波長同調素子を新たに設計製作しデジタイザの必要不可欠である高性能プローブ光源の完成を図る。

2. 可変波長レーザーを用いた干渉計ヘッドの開発に関する研究

複雑な3次元形状をデジタルデータとして高速高精度に取り込むために(1)で開発した可変波長レーザーを用いた干渉計ヘッドの開発に関する研究を行う。

(1) 可変波長レーザーを用いた干渉法の原理に関する研究（理化学研究所）

大型物体の表面形状測定用干渉計ヘッドの試作のために光学系の構成、及び発散光照明の適用限界について実験的に検討する。

(2) 可変波長レーザーを用いた干渉計ヘッドの開発に関する研究（㈱ミットヨ）

連続的に波長が変わるレーザー光源を用いた可変波長干渉法により、対象物の各点を独立に計測できる可変波長干渉法の原理に関する研究【研究項目2.-(1)】の研究成果を用いて、可変波長レーザーを用いた干渉計ヘッドの実用機を開発する。

3. 高速3次元形状デジタイジングシステムの開発に関する研究（㈱ミットヨ）

高出力小型波長可変レーザー光源の開発に関する研究【研究項目1.】及び、波長可変レーザーを用いた干渉計ヘッドの開発に関する研究【研究項目2.】及び、高感度マルチポート受光素子の開発に関する研究（第I期）の研究成果を用いた試作品と、高精度3次元位置決めシステムを統合したデジタイジングシステム試作機を第I期で開発した。第II期では高速3次元形状デジタイジングシステムの実用化試作機を開発する。

4. 3次元表面形状モデリング手法の開発に関する研究

3.の高速3次元形状デジタイジングシステムから得られる3次元表面情報を用いて、3次元形状を再構成する手

法を、リバースエンジニアリング・ソフトウェアの開発により構築する研究を行う。

(1) 3次元構造再構築手法の開発に関する研究（東京大学大学院）

3次元デジタル化が得られる測定レンジの広い表面形状情報を元にして、多重測定や表面形状特徴の認識による立体構造の再構築について、基礎理論と効率の良い計算機アルゴリズムを開発する。

(2) 3次元微細表面形状再構築手法の開発に関する研究（理化学研究所）

段差を持つ対象からデジタル化された数百から数万の部分測定データを実時間（数時間）以内で、高精度に張り合わせる手法を開発し、その張り合わせ手法の最適化を行う。

5. 表面分光イメージングプローブシステムの開発に関する研究

対象物体の表面組成を解析するために、可変波長レーザーを用いた分光イメージングプローブシステムの開発に関する研究を行う。

(1) 可変波長レーザーを用いた蛍光・ラマン分光解析法の実機に関する研究（関西学院大学）

350～1000nmの可視～近赤外可変波長レーザーを利用して蛍光、共鳴ラマン等の分光手段による高感度表面成分の分光解析法の実機に関する研究を行う。

(2) 可変波長レーザーを用いた3次元イメージングプローブシステムの実機に関する研究（日本分光㈱）

関西学院大学によって開発された分光解析手法を用いて、サンプル表面の高速高感度解析をする3次元分光解析ヘッドとイメージングシステムの実機に関する研究を行う。

6. 3次元ファンクショナルデジタル化の実機製作に関する研究（理化学研究所）

3次元ファンクショナルデジタル化の実機における極微細形状計測システム開発において、極限分解能追求、性能目標、概念設計、性能評価法の研究を行う。

半導体、マイクロオプティクス、電子デバイスの形状計測用の1ミクロン以下の分解能を持つ極微細形状計測3次元デジタル化を完成する。そのためには、高倍率レンズ系を持った干渉計の製作、プラットフォームの安定化、プローブの高性能化、検出系の充実に加え、縦方向の分解能を1桁上げるために新しい数学的手法を考案し導入し、本システムに於ける縦分解能の極限を明らかにする。

3. 年次計画

研究項目	9年度	10年度	11年度	12年度	13年度
全体計画	基礎実験用試作機開発期間	第1次試験用試作機開発期間	第1次試験	実機開発期間	第2次組込試験
1. 高出力小型波長可変レーザー光源の開発	実験用光源開発	試作機製作	機能評価	実機化開発 (小型化・軽量化)	評価修正
2. 可変波長レーザーを用いた干渉計ヘッドの開発	基礎実験	設計仕様/試作機製作	機能評価	実機化開発	評価修正
3. 高感度マルチポート受光素子の開発	試作素子開発	撮像部開発	干渉計ヘッドとの組上調整・評価		
4. 高速3次元形状デジタル化システムの開発	3次元デジタル化システム試作機の開発		機能評価	実機化開発	評価修正
5. 3次元表面形状モデリング手法の開発	仕様決定	試作ソフトウェア開発	3次元画像処理部へ組込試験・評価	実機化開発	評価修正
6. 表面分光イメージングプローブシステムの実機開発	基礎実験とプローブシステム試験			分光解析装置の開発	評価修正
7. 3次元ファンクショナルデジタル化実機の実機開発	複数ヘッド制御手法の調査	測定誤差補正手法の調査	予備試験	実機開発	評価修正
所要経費(合計)	173百万円	176百万円	189百万円	200百万円	187百万円

II 平成13年度における実施体制

研究項目	担当機関	研究担当者
1. 高出力小型波長可変レーザー光源の開発に関する研究	理化学研究所工学基盤研究部	和田智之
2. 可変波長レーザーを用いた干渉計ヘッドの開発に関する研究		
(1) 可変波長レーザーを用いた干渉法の原理に関する研究	理化学研究所光工学研究室	山口一郎
(2) 可変波長レーザーを用いた干渉計ヘッドの開発に関する研究	(株)ミットヨ	松宮貞行
3. 高速3次元形状デジタイジングシステムの開発に関する研究	(株)ミットヨ	松宮貞行
4. 3次元表面形状モデリング手法に関する研究		
(1) 3次元構造再構築手法の開発に関する研究	東京大学大学院工学系研究科	木村文彦
(2) 3次元微細表面形状再構築手法の開発に関する研究	理化学研究所工学基盤研究部	加瀬 究
5. 表面分光イメージングプローブシステムの開発に関する研究		
(1) 可変波長レーザーを用いた蛍光・ラマン分光解析手法の開発に関する研究	関西学院大学理学部	尾崎幸洋
(2) 可変波長レーザーを用いた3次元イメージングプローブシステムの開発に関する研究	日本分光(株)技術研究所第5研究室	池田照樹
6. 3次元ファンクショナルデジタイザの実機製作に関する研究	理化学研究所工学基盤研究部	田代英夫
7. 研究運営	理化学研究所工学基盤研究部	田代英夫

III 運営委員会

委員	所 属
○田代英夫	理化学研究所 工学基盤研究部長
池田照樹	日本分光(株) 技術研究所第5研究室長
尾崎幸洋	関西学院大学 理学部教授
加瀬 究	理化学研究所 工学基盤研究部研究員
木村文彦	東京大学 大学院工学系研究科教授
松宮貞行	(株)ミットヨ 溝口開発センター長

(注：○は運営委員長)