

静岡大学工学部先端工学研究

「ナノヒューマンインターフェース実現のための AFM用計測・加工フォースフィードバックデバイスの開発」 最終報告書

平成18年4月1日

研究代表者 三浦憲二郎
岩田 太
高橋 直行
片山 仁志
山下 淳

1. プロジェクト概要

近年、ナノテクノロジーの進歩によりナノマシンや電子デバイス、メモリーなど微小領域の先端技術が注目を集めており、微細化加工手段の一つとして走査型プローブ顕微鏡（SPM）を用いた方法が知られている。AFMを代表とするSPMをナノスケールでの工学用ツールへと発展させるためには、プローブをあたかもマジックハンドとして扱えるようにするために、そのマニピュレータ化が必要になってくる。

そこで、本研究ではナノスケールにおける加工および操作用装置として、プローブ顕微鏡ナノ加工装置とフォースフィードバック可能なマンマシンインターフェイスと組み合わせることで、操作者がナノスケールで生起する力を感じ、あたかも実際にものを押して動かしたり、はさみ等の刃物で切断したりする感覚を持ちながら、ナノスケールでの加工や細胞操作などを行うシステムを構築する。バーチャル空間でのフォースフィードバック擬似加工システムをナノスケールに応用することで、人間の持つ高度な感覚能力をナノスケールでも生かせるようし、ナノスケールでのヒューマンインターフェイス技術を大きく向上させることが可能と考えられる。

平成16年度には、フォースフィードバックデバイスの基本設計を行った。これまでに開発したフォースフィードバックシステムでは、1つのCPUを持つ1台のコンピュータにより、力覚（ハプティックレンダリング）と視覚（ビジュアルレンダリング）の提示を行った。

平成17年度は、平成16年度に設計したフォースフィードバックデバイスを組み立て、性能を評価するとともに、市販はプティックデバイスとAFM装置と統合しその性能を評価した。3自由度入力/1自由度出力の高感度ハプティックデバイスを作成し、その評価を行った。1自由度の入力/力覚提示機構には、剛性と質量のバランス、ダブルモータ駆動（バックラッシュ除去）を実現するためラック-ピニオン機構の分解能と位置決め精度の高いモデルを設計し、製作した。可動部分の軽量化を図るため軽量化モデルを設計、製作し、

応答性の改良を図った。ソフトウェアでは、マルチスレッドによる並列処理及び PID 制御を導入し、制御手法を改善することにより高い応答性を実現した。作成したハプティックデバイスの動作を確認するアプリケーションを作成し、硬さ提示に特化していることとその有用性を体感的に確認した。

また、新しい計測法として、AFM のカンチレバや STM のプローブの代わりに軟磁性体金属をプローブに用いることで、表面形状や磁気分布の観察以外に、マイクロソレノイドを用いて通電させることでプローブ先端での磁力をコントロール可能な、マニピュレーション機能を有する新たな磁気プローブ顕微鏡システムを開発した。このシステムを利用して磁性を有する材料における電子デバイスやマイクロマシンのアセンブリ技術の開発を行った。また、バイオ分野においても磁気微粒子を付加させた微小なバイオ試料の分配・配置や部分的反応などを可能にするナノスケールマニピュレータを実現した。

2. 研究成果のまとめ

- AFM とハプティックデバイスをコンピュータを介して接続した。
- AFM 探針のカンチレバーで検出するナニュートンの力を力覚として指に感じることを可能にした
- ハプティックデバイスでの数 cm の動きを AFM 探針先端にて数 μ m から数 nm に返還して動作可能にした。
- 表面凹凸として 1nm の高さをハプティックデバイスにて検出可能にした。
- ハプティックデバイスにて手の操作で表面ナノメートルの切削を可能にした。
- ハプティックデバイスと AFM 超音波振動切削技術の組合せにてナノ超音波カッターを実現した。
- ハプティックデバイスにて 50nm の微粒子を操作・配列可能にした。

3. 今後の展望と謝辞

このプロジェクトによりはハプティックデバイスを用いてナノ粒子を操作する基本技術を確立することができた。今後この技術を基盤として、例えばナノ世界とのインターアクションを組み立てに應用する研究、あるいは新しいエンターテイメントに應用する研究を行う予定である。そのための研究資金を戦略的創造研究推進事業「クレスト」等から得る。

このような研究の機会を与えてくださった静岡大学工学部に対して心より感謝申し上げます。どうもありがとうございました。

4. 研究会日程

(ア) 第 1 回打ち合わせ 平成 16 年 10 月 7 日

① 研究内容の確認

長期的な目標：プローブのマニピュレータ化

研究の目標：人間の感覚を生かした加工、例えば DNA の切断

研究の柱

1. 新しい計測法、加工法の開発
 2. 力覚デバイスの開発
- ② 役割分担
 - ③ 予算案の決定

(イ) 第2回打ち合わせ 平成17年2月9日

- ① 全体の進捗状況
- ② 岩田研、三浦研の進捗状況
- ③ 岩田研でのデモ

(ウ) 第3回打ち合わせ 平成18年3月14日

- ① 研究報告（三浦研杉崎君、岩田研石津君）
- ② 全体の報告（三浦）
- ③ デモ(三浦研、岩田研)
- ④ その他

(エ) 岩田研、三浦研合同研究打ち合わせ

- ① 平成16年5月26日
 1. 岩田研：フォースフィードバック付きナノマニピュレーションのサーベイ
 2. 三浦研：画像データを立体として表示、画像データのポイントベースジオメトリへの変換
- ② 平成16年7月29日
 1. 岩田研：3次元デバイスとAFMとの組み合わせ
 2. 三浦研：1列捜査したデータの画像化
- ③ 平成16年8月24日
 1. 岩田研：マウスの動きを検出し、PZTをコントロールできるプログラムの開発
 2. 三浦研：AFMデータの画像化
- ④ 平成16年10月20日
 1. 岩田研：マウスの動きを検出し、PZTをコントロールできるプログラムについて、Phantomを動かすためのプログラムの勉強
 2. 三浦研：Phantom Omniのプログラム解析とプログラム開発、ステレオシャッター眼鏡による立体視アプリケーションを開発し、立体視を実現

- ⑤ 平成16年11月2日
 - 1. 岩田研：Phantom のプログラム開発、ガラス基板上にスピコートしたポリカーボネート (PC) を PZT 任意操作プログラムによりマウスを用いて表面を削る実験、DNA の加工実験
 - 2. 三浦研：10kHz を目指した次期デバイスの構想、ステレオシャッター眼鏡による立体視確認プログラムの作成
- ⑥ 平成16年11月17日
 - 1. 岩田研：DNA を切断することを目的とした実験、Phantom に関するプログラム開発 (正方形描画プログラム)
 - 2. 三浦研：新しいデバイスのコンセプト
- ⑦ 平成16年12月14日
 - 1. 岩田研：フォースフィールドバックと AFM を組み合わせた装置の DNA などの生体試料の切断、3次元力覚デバイスを使って PZT の X,Y 方向を任意に動かすプログラム
 - 2. 三浦研：プラモデルを用いたデバイスメカニズムの試作
- ⑧ 平成17年1月11日
 - 1. 岩田研：カンチレバーのたわみ信号 (電圧値) を PC の A/D ボードに入力し、それをハプティックデバイスに出力し、デバイス内のモータがトルクを出力するプログラムの作成、液中でポリカーボネート (PC) 膜のコンタクトモード AFM での切削加工
 - 2. 三浦研：新しいデバイスの設計
- ⑨ 平成17年1月24日
 - 1. 岩田研：プログラムのデバッグ
 - 2. 三浦研：デバイスの設計変更
- ⑩ 平成17年2月2日
 - 1. 三浦研：デバイスの設計変更
- ⑪ 平成17年5月6日
 - 1. 三浦研：ハプティックデバイス開発の進捗状況
- ⑫ 平成17年7月1日
 - 1. 岩田研：ファントムの操作とたわみ量の提示
 - 2. 三浦研：ハプティックデバイス開発の進捗状況
- ⑬ 平成17年9月20日
 - 1. 岩田研：ファントムを利用した微細加工
 - 2. 三浦研：生体への応用を前提とした硬さセンサーの検討
- ⑭ 平成17年10月19日
 - 1. 岩田研：原子間力顕微鏡の加工・操作能力を有するプログラムの開発と

その評価

- ⑮ 平成17年11月2日
 - 1. 岩田研：ファントムを利用した切削加工実験
- ⑯ 平成17年11月30日
 - 1. 岩田研：ナノ粒子の操作実験
 - 2. 三浦研：デバイスの評価手法の検討、水晶振動子を用いた発振回路の作成
- ⑰ 平成17年12月20日
 - 1. 岩田研：超微細加工システムの開発
 - 2. 三浦研：ハプティックデバイスの開発状況、

5. プロジェクトに関連した修士論文、卒業論文

(ア) 修士論文

- ① 金尾裕彦，平成16年度修士論文「3次元立体視を伴う形状モデリングシステムの開発」
- ② 戸田 雅之，平成16年度修士論文「原子間力顕微鏡を用いたポリマー及び生体試料の液中におけるナノスケール振動切削加工」
- ③ 杉崎裕一，平成17年度修士論文「非知覚空間を認識するための高感度はプティックデバイスの開発」
- ④ 石津雄一，平成17年度修士論文「ハプティックデバイスを用いた原子間力顕微鏡による超微細加工・操作システムの開発」

(イ) 卒業論文

- ① 長尾紘正，平成17年度卒業論文「共振周波数を用いた硬さセンサの開発」
- ② 元木 陽平，平成17年度卒業論文「原子間力顕微鏡を用いた蛍光色素処理したDNAの操作・加工に関する研究」

6. 予算について

(ア) 主要な備品

- ① ハプティックデバイス (Phantom Omni 2セット)
- ② ハプティックデバイス制御用コンピュータ
- ③ アナログオシロスコープ
- ④ DA ボード等

7. 学内、外部予算申請状況

- (ア) 財団法人三豊科学技術振興協会 ナノヒューマンインターフェース実現のためのAFM用計測・加工フォースフィードバックデバイスの開発、¥2,500,000 (却下)

- (イ) 科研費、基盤研究 B、ナノヒューマンインターフェイスマニピュレータの開発とその超微細加工・組立への応用、¥18,000,000 (却下)
- (ウ) 学内、戦略的研究推進経費、ナノ加工・計測・組立研究創出事業 ¥120,000,000 (却下)
- (エ) 平成18年度戦略的創造研究推進事業、クレスト「メディア芸術の創造の高度化を支える先進的科学技術の創出」、ナノインターラクションエンターテイメント申請予定

8. 論文、学会発表等

学術論文

1. H. Nakao, H. Hayashi, F. Iwata, H. Karasawa, K. Hirano, S. Sugiyama and T. Ohtani: "Fabricating and Aligning π -Conjugated Polymer-Functionalized DNA Nanowires: Atomic Force Microscopic and Scanning Near-Field Optical Microscopic Studies", *Langmuir* 21 (2005) 7945-7950.
2. F. Iwata, Y. Sumiya, S. Nagami and A. Sasaki: "Submicrometer-scale fabrication of polycarbonate surface using a scanning micropipette probe microscope", *Nanotechnology* 15 (2004) 422-426.
3. Shingo Kinashi, Yuichi Sugisaki, Hirohiko Kanao, Makoto Fujisawa, Kenjiro T. Miura, Development of a Geometric Modeling Device with Force Feedback, *The Journal of Three Dimensional Images*, Vol.18, No.4, pp.68-72, 2004.
4. F. Iwata, Y. Sumiya and A. Sasaki: "Nanometer-Scale Metal Plating Using a Scanning Shear-Force Microscope with an Electrolyte-Filled Micropipette Probe", *Jpn. J. Appl. Phys* 43 (2004) 4482-4485.
5. F. Iwata, Y. Sumiya, S. Nagami and A. Sasaki: "Submicrometer-scale fabrication of polycarbonate surface using a scanning micropipette probe microscope", *Nanotechnology* 15 (2004) 422-426.

学会誌 解説・総説

1. 岩田 太、"マイクロピペットプローブを用いた表面微細加工", *精密工学会誌* 71 (2005) 307-310.
2. 岩田 太、佐々木 彰、"微細加工ツールとしてのプローブ技術", *応用物理* 73 (2004) 490-493.
3. 三浦 憲二郎: "3次元形状表現の基礎—細分割曲面による形状表現—", *日本設計工学会*, Vol.39, No.12, pp.633-641, 2004.

国際会議

1. Futoshi Iwata: “ Novel nano fabrications based on probe microscope techniques” , 21th Century Center Of Excellence, The 4th International Symposium "Towards Creating New Industries Based on Inter-Nanoscience.", pp.99-102 (Toba, 2005) (Invited talk)
2. H. Nakao, F. Iwata, H. Karasawa, H. Hayashi, K. Hirano and K.Miki: “Novel fabrication method of nanoscale optical waveguide using DNA template” , The 5th Asia-Pacific Conference on Near-Field Optics, pp.17 (Niigata, 2005)
3. Y.Ushiro, S.Nagami, A.Sasaki and F.Iwata: “Nanometer-scale deposition of UV curing resin using a SNOM with a nanopipette probe” , The 5th Asia-Pacific Conference on Near-Field Optics, pp. 56 (Niigata, 2005)
4. S. Fujino, T. Furuhashi, A. Sasaki and F. Iwata: “Scattering-type SNOM imaging in liquid condition using modulation of linear polarized illumination” , The 5th Asia-Pacific Conference on Near-Field Optics, pp. 86 (Niigata, 2005)
5. H. Nakao, H. Hayashi, F. Iwata, H. Karasawa, K. Hirano, “Arrayed Formation of Pai-conjugated Polymer Nanowires with DNA Templates”, EUROMAT 2005 (Prague, 2005)
6. Shingo Kinashi, Yuuichi Sugisaki, Hirohiko Kanao, Makoto Fujisawa, Kenjiro T. Miura: “Development of a Geometric Modeing Device with Haptic Rendering,” Proc. the 2005 International CAD Conference and Exhibition, Bangkok, Thailand, June 20-24, 2005.
7. H. Karasawa, F. Iwata, H. Nakao, H. Hayashi, K. Hirano, S. Sugiyama, T. Ohtani and A. Sasaki: “Nanometer-scale Observation of Metalized- DNA Nanowires using a Scanning Near-field Optical Microscopy”, 13th International Conference on Scanning Tunneling Microscopy/Spectroscopy and Related Techniques (STM'05) pp. 94 (Sapporo, 2005)
8. So Ito, Futoshi Iwata : Micro Magnetic Manipulator using micro-electronic probe, 1st Int. Conf. on Positioning Technology pp.129-130 (Hamamatsu, 2004)
9. Shin-ichirou Nagami, Yosuke Sumiya Futoshi Iwata: Nanometer-scale fabrication techniques using a micropipette probe, 1st Int. Conf. on Positioning Technology pp. 131-132 (Hamamatsu, 2004)
10. Ryuji Yamamoto and Futoshi. Iwata; Pico-newton force sensing by monitoring Brownian motion of laser trapped probe, 1st Int. Conf. on Positioning Technology pp.329-330. (Hamamatsu, 2004)
11. Shin-ichirou Nagami, Yosuke Sumiya, Futoshi Iwata: Nanometer-scale

- Fabrication Techniques using a Micropipette Probe SPM, 12th Int. Conf. on solid films and surfaces, pp.197 (Hamamatsu, 2004)
12. Yusuke Takano, Michihiko Kitao and Futoshi Iwata: Nanometer-scale Observation of Deterioration process of Electrochromic films using a Currents-sensing SNOM, 12th Int. Conf. on solid films and surfaces, pp.196 (Hamamatsu, 2004)
 13. Futoshi Iwata, Yusuke Sumiya, Shin-ichiro Nagami: Nanometer-scale fabrications using scanning micropipette probe techniques, 8th Int. Conf. on nanometer-scale science and technology, (Venice, 2004)
 14. So Ito, F. Iwata, Micro manipulation of biological samples using a micro magnetic manipulator, JICAST Annual Meeting 2004 (China)
 15. F. Iwata, T. Furuhashi and A. Sasaki: Scattering-Type SNOM Using Modulation of Linear Polarized Illumination and Quartz Tuning Fork Detection in Liquid Condition, The 12th International Colloquium on Scanning Probe Microscopy (In Atagawa)
 16. S. Nagami, A. Sasaki and F. Iwata, Scanning Nanopipette Probe Techniques for Nano Structure Patterning, The 12th International Colloquium on Scanning Probe Microscopy (In Atagawa)
 17. F. Iwata, Y. Sumiya, S. Nagami, Nano Structure Patterning Using a Scanning Nanopipette Probe Microscope, 2004.10.26 American Society for Precision Engineering's 19th Annual Meeting (U.S.A)
 18. F. Iwata, Y. Takano, A. Sasaki, Near-Field Optical and Current Imaging of Deterioration
 19. Process of Electrochromic Films, 8th international conference of near-field optics (NFO8) (Korea 9/5-9)
 20. Shingo Kinashi, Yuuichi Sugisaki, Hirohiko Kanao, Makoto Fujisawa, K.T. Miura, Geometric Modeling with Point-based Geometry Supported by Force Feedback Input Device, JICAST Annual Meeting 2004 (China)

国内会議

1. 岩田 太, “プローブ顕微鏡技術によるナノクラフトテクノロジー”, 第111回日本解剖学会総会(北里大学相模原キャンパス, 2006.3.31) (招待講演)
2. 阿佐美 優、岩田 太、中尾 秀信、佐々木 彰, “蛍光色素修飾DNAテンプレートの光照射を用いたAFM微細加工法の開発”, 2006年度精密工学会春季大会(東京理科大学 2006.3.17)
3. 石津 雄一、岩田 太、三浦 憲二郎、佐々木 彰, “ハプティックデバイスを用いた

- A FMナノ加工システムの開発”，2006 年度精密工学会春季大会(東京理科大学 2006.3.17)
4. 伊東 聡、山本 龍二、岩田 太、佐々木 彰，“レーザマニピュレーションと界面相互作用を用いた微粒子の基板固定方法の開発”，2006 年度精密工学会春季大会(東京理科大学 2006.3.15)
 5. 後 勇樹、永見 信一郎、岩田 太、佐々木 彰,” ナノピペットプローブを有する SPMを用いた光硬化性樹脂の微細加工法 “，2006 年春季 第 53 回応用物理学関係連合講演会(武蔵野工業大学 2006.3.25)
 6. 岩田 太，“ナノピペットプローブによる表面微細加工法の開発”，日本顕微鏡学会,第 8 回 SPM で生命現象を捉える手法の開発研究部会(日本顕微鏡学会) (つくば市,2005.12.11, 12)
 7. 阿佐美優、岩田太，“紫外線照射を利用した DNA テンプレートの AFM 微細加工法の開発”，2005 年度精密工学会秋季大会学術講演会 (京都大学 2005.9.15-17)
 8. 柄澤英範、岩田太、中尾秀信、林英樹、杉山滋、大谷敏郎，“伸張固定された金属化 DNA ナノアレイの散乱型 SNOM による観察”，2005 年度精密工学会秋季大会学術講演会 (京都大学 2005.9.15-17)
 9. 後勇樹、岩田太，“マイクロピペットプローブを有する SPM を用いた紫外線硬化樹脂微細加工法の開発”，2005 年度精密工学会秋季大会学術講演会 (京都大学 2005.9.15-17)
 10. 中尾秀信、林英樹、岩田太、柄澤英範、平野幸治、三木一司，“ π 共役ポリマーにより機能化された DNA ナノワイヤアレイの構築とその AFM および SNOM”，日本分析化学会第 54 会年次大会(名古屋 2005.9.14-16)
 11. 中尾 秀信、林 英樹、岩田 太、柄澤 英範、平野 幸治，“ポリ[(N-アルキルアンモニオ)フェナザシリン]を用いる金および銀ナノ粒子の調製”，第 54 回 高分子学会年次大会(横浜 2005. 5.25-27)
 12. 中尾秀信、林 英樹、岩田 太、柄澤英範、平野幸治、杉山 滋、大谷敏郎," π 共役ポリマーにより機能化された DNA ナノワイヤアレイの作成とその SPM 観察”，SPM で生命現象を捉える手法の開発研究部会(熱川 2005.2.27-28)古橋孝信、佐々木彰，岩田 太、水晶振動子変位検出と偏光変調検出による液中観察可能な散乱型 SNOM, 2004 年度 応用物理学会学術講演会秋季大会 (in 仙台) 9/1-4, 2004 年度 精密工学会秋季大会 (in 島根) 9/15-19
 13. 伊東 聡、佐々木彰，岩田 太，マイクロマグネティックマニピュレータの開発と磁気微粒子の非接触操作，2004 年度 精密工学会秋季大会 (in 島根) 9/15-19
 14. 古橋 孝信、佐々木彰，岩田 太，水晶振動子検出を用いた液中観察可能な散乱型近接場光学顕微鏡の開発精密工学会秋季大会 (in 島根) 9/15-19

15. 永見 信一郎, 佐々木彰, 岩田 太, 走査型マイクロピペットプローブ顕微鏡によるナノスケール金属堆積法の開発
16. 木梨伸悟, 杉崎裕一, 金尾裕彦, 三浦憲二郎: ``フォースフィードバックを伴う形状入力デバイスの開発," グラフィックスと CAD/Visual Computing 合同シンポジウム 2004 予稿集, pp. 73-78, June 3, 4, 2004.
17. Shingo Kinashi, Yuuichi Sugisaki, Hirohiko Kanao, Makoto Fujisawa, Kenjiro T. Miura: ``Development of a Geometric Modeling Device with Haptic Rendering," Proc. the 2005 International CAD Conference and Exhibition, June 20-24, 2005.

セミナーやシーズ発表など

1. 岩田 太, 三浦憲二郎, 大学技術交流会 in 大田区「ナノヒューマンインターフェース計測・加工システム」2004.12.2 東京・大田区
2. 岩田 太, 「マイクロ・ナノの微細加工および微細操作技術開発」STLO 産学交流セミナー
(ア) 浜松地区 2004.11.9 浜松名鉄ホテル
(イ) 沼津・三島地区 2004.11.24 ホテル沼津キャッスル

特許

1. 特願 2005-306214
名称: 光硬化性樹脂の微細加工方法及び装置
2. 特願 2004-169761
名称: 微細加工方法及び装置
2. 特願 2004-170125
名称: 基板上に微小物質を堆積させる方法
3. 特願 2004-170126
名称: 微小物質の再配置方法
4. 特願 2004-251452号
名称: 散乱光検出方法、変更変調装置及び走査型プローブ顕微鏡

新聞記事

日刊工業新聞 2004.9.24 マイクロマグネティックマニピュレータの開発

受賞

岩田太 MMS賞 (田中貴金属財団)

金属ナノ微粒子微細堆積法の開発

伊藤聡 (岩田研 大学院生) 精密工学会ベストプレゼンテーション賞

9. NOME プロジェクト：機械工学科内ナノメカニクス研究会 (参考)

NOMEプロジェクトは、静岡大学機械工学科の教員を中心メンバとした、ナノレベルのメカニクスの原理の解明、及びその原理の機械への応用を目的とした研究プロジェクトである。ナノヒューマンインターフェイスプロジェクトはそのプロジェクトから派生したタスクフォース的なプロジェクトであり、NOMEプロジェクトと密接に連携しながら研究を行っている。

<http://optsci.eng.shizuoka.ac.jp/nome/objective/objective.html>

●第 16 回: 早川 邦男 先生の話題提供

日時: 2005 年 1 月 17 日(月) 4:30-6:30pm

場所: 機械工学科会議室

話題提供: 早川 邦男

「塑性加工分野におけるナノ・マイクロへの取り組み」

●第 15 回: 大津 広敬 先生の話題提供

日時: 2004 年 12 月 6 日(月) 4:30-6:30pm

場所: 機械工学科会議室

話題提供: 大津 広敬

「航空宇宙工学に関連した流体解析とメソ・マイクロスケールの現象への応用」

●第 14 回研究会を次の予定で行います。

・ 日時: 2004 年 11 月 22 日(月) 4:30-6:30pm

・ 場所: 機械工学科会議室 (機械棟 211 室)

・ 話題提供:

三浦憲二郎

「ナノヒューマンインターフェイスプロジェクト

ーナノヒューマンインターフェイス実現のための

AFM用計測・加工フォースフィードバックデバイスの開発 ー」

●第13回研究会を次の予定で行います。

- ・日時: 2004年11月8日(月) 4:30-6:30pm
- ・場所: 機械工学科会議室 (機械棟 211 室)
- ・話題提供:

坂井田喜久

「先進材料の強度におけるマイクロ・メゾ評価の必要性」

●第12回研究会を次の予定で行います。

- ・日時: 2004年10月18日(月) 4:30-6:30pm
- ・場所: 機械工学科会議室 (機械棟 211 室)
- ・話題提供:

伊藤友孝

「人間機械系及び遠隔操作に関する自身の研究と
マイクロ・ナノ・ロボティクスに関する研究動向調査
(最近のロボメカ講演会、ロボット学会より)」

●第11回研究会を次の予定で行います。

- ・日時: 2004年9月27日(月) 4:30-6:30pm
- ・場所: 機械工学科会議室 (機械棟 211 室)
- ・話題提供:

東郷 敬一郎

「材料強度学におけるナノ・マイクロ・メゾ」

●第10回研究会を次の予定で行います。

- ・日時: 2004年9月13日(月)16:30-18:30
- ・場所: 機械工学科会議室 (機械棟 211 室)
- ・講演内容:

桑原不二朗

「マイクロ伝熱と流れの可視化」

●第9回 NOME プロジェクト研究会メモ

日時: 2004年7月26日(月) 4:30-6:20pm

場所: 機械工学科会議室

講演内容

山下 淳

「センサ情報処理とロボット知能化」

●第 8 回 NOME プロジェクト研究会メモ

日時: 2004 年 7 月 12 日(月) 4:30-6:10pm

場所: 機械工学科会議室

講演内容

齊藤隆之

「ナノ・マイクロバブル計測と予算獲得戦略」

●第 7 回ナノメカニクス研究会メモ

日時: 2004 年 6 月 28 日(月) 4:30-6:20pm

場所: 機械工学科会議室

講演内容

大岩孝彰

「6 自由度完全相対運動を目指した超精密メカニズム」

●第 6 回ナノメカニクス研究会メモ

日時: 2004 年 6 月 14 日(月) 4:30-6:50pm

場所: 機械工学科会議室

講演内容

石原正行

「ナノ構造物の変形解析」

酒井克彦

「レーザー加工（と加工機）の現状と将来展望」

●第 5 回ナノメカニクス研究会メモ

日時: 2004 年 5 月 24 日(月) 4:30-6:40pm

場所: 機械工学科会議室

講演内容

川田善正

「光を用いたナノスケールの計測・加工・制御」

●第 4 回ナノメカニクス研究会メモ

日時: 2004 年 5 月 10 日(月) 4:30-6:10pm

場所: 機械工学科会議室

講演内容

岩田 太

「ナノクラフトテクノロジー」

●第3回ナノメカニクス研究会メモ

日時: 2004年4月19日(月) 4:30-6:10pm

場所: 機械工学科会議室

- ・機械系としてのプロジェクトのプレゼンテーション資料について議論した。

●第2回ナノメカニクス研究会メモ

日時: 2004年4月12日(金) 4:30-6:00pm

場所: 機械工学科会議室

- ・学科会議でナノメカニクス研究会のメンバーを中心に、機械系としてのプロジェクトを立ち上げることにした。

●第1回ナノメカニクス研究会メモ

日時: 2004年3月26日(金) 3:00-4:45pm

場所: 機械工学科会議室

- ・月2回程度の研究会を行い、情報交換を行うことにした。
- ・「ナノ」をキーワードにそれぞれの先生の研究について情報交換を行った。

10. 付録

(ア) 合同研究会資料