

'93 春 マイクロマシン訪米調査ミッション

調査報告書

平成5年3月

(財)マイクロマシンセンター

ま え が き

マイクロマシン技術が次世代の基盤技術として注目されていますが、まだその歴史は浅いにも係わらず世界の大学、研究機関、あるいは企業に於いて活発な研究開発が行われています。(財)マイクロマシンセンターは、この様な状況下に於いてマイクロマシンの基盤技術を確立しマイクロマシンが経済社会に於いて広く普及することを目指して1992年1月に設立されました。

当センターの事業の一つに国際交流事業があります。設立後いまままで、1992年2月にベルリンでのMEMS開催に併せ、また同年10月には同じくベルリンで開催されたMSTに併せてそれぞれ訪欧調査団派遣を実施しました。また、この機会にヨーロッパ内の関連する研究機関も訪問し、その結果多くのパイプを築くことができました。今回の調査団派遣はMEMSがフロリダで開催されるのに合わせて行うものであり、初めての訪米調査団でした。いまままで当センターとしては比較的薄かった米国との関係を新たに拓くことを期待して行いました。

調査団は2月8、9、10日の3日間米国 Florida 州の Ft. Lauderdale で開催された I E E E の第6回MEMS'93 ワークショップに参加しました。ワークショップへの参加者は前回ドイツで開催されたときよりも100名以上も下回る約250名でありやや寂しい感じがしましたが、しかし発表件数は前回よりも10件ほど増えて53件でありました。国別では米国24件、日本18件、オランダ4件、ドイツとスイスはそれぞれ3件、韓国1件でしたから、日本は外国勢の中では群を抜いてトップでした。発表の内容について印象に残ることは、産業や医療への応用に目標を定めた地道な研究開発への取り組みが、特に日本、欧州に目立ってきたことです。

調査団は、MEMSに参加した後、A、B、C、Dの4班に分かれて、それぞれ

A : Stanford Research Institute International (California)

B : University of California Berkeley (California)

C : University of Wisconsin-Madison (Wisconsin)

D : Louisiana Tech University (Louisiana)

の関連する研究室を訪問しました。訪問先では当センターの活動を紹介し、また訪問先の活動紹介を受け、更にこれらに関して活発な討論をすることができました。これらの調査を通じて、各訪問先に於いては大型プロジェクト「マイクロマシン技術」と当センターの事業に強い関心が示されるとともに、双方の情報交換をさらに強めていく必要性を感じました。

この報告書は調査団のメンバーが分担して上述の調査をまとめたものです。この調査結果が大型プロジェクト「マイクロマシン技術」をはじめとしたセンターの各種の事業活動に活かされると思います。また、調査団のメンバーが9日間に亘って行動をとともにして意志疎通を図ったことは、今後の研究開発の円滑な推進に大きく貢献することを期待する次第です。

平成5年2月

'93春マイクロマシン訪米調査団

団 長 中 島 尚 正

目 次

まえがき

1. 調査団概要	1
1.1 調査団の構成	1
1.2 調査日程	3
1.3 MEMS後の訪問先	4
2. 調査結果	5
2.1 調査概要	5
2.1.1 第6回MEMS	5
(1) 開催地、開催期間	5
(2) 参加者、発表件数	5
(3) 発表内容における特徴	5
(4) 考 察	6
2.1.2 訪問研究機関	6
(1) SRIインターナショナル(Stanford Research Institute International)	6
(2) UCバークレー (University of California, Berkeley)	7
(3) ウィスコンシン大マディソン校 (University of Wisconsin-Madison)	7
(4) ルイジアナ工科大(Louisiana Tech University)	8
2.1.3 全体考察	8
2.2 第6回MEMSに於ける調査	9
2.2.1 SESSION ONE : ACTUATORS	9
(1) WELCOME, INTRODUCTION, AND OVERVIEW	9
(2) A Planar Variable Reluctance Magnetic Micromotor with Fully Integrated Stator and Wrapped Coils	9
(3) A FIRST FUNCTIONAL CURRENT EXCITED PLANAR ROTATIONAL MAGNETIC MICROMOTOR	11
(4) ELECTROMAGNETIC MICRORELAYS : CONCEPTS AND FUNDAMENTAL CHARACTERISTICS	12
(5) Distributed Electrostatic Micro Acuator	13
(6) Electrothermal Microactuators Based on Dielectric Loss Heating	14
(7) Fabrication of 3-Dimensionally Shaped Si Diaphragm Dynamic Focusing Mirror	15
(8) Micro Alignment Machine for Optical Coupling	17

2. 2. 2	SESSION TWO : FABRICATION TECHNOLOGIES	18
(1)	Micro Mochining by Machine Tools	18
(2)	REAL THREE DIMENSIONAL MICRO FABRICATION USING STEREO LITHOGRAPHY AND METAL MOLDING	20
(3)	Single-Mask Processing of Micromechanical Piercing Structures Using Ion Milling	21
(4)	YAG Laser Assisted Etching for Releasing Silicon Micro Structure	22
(5)	Micro-grid fabrication of fluorinated polyimide by using maynetically controlled reactive ion etching (MC-RIE)	23
(6)	Cryogenic Dry Etching for High Aspect Ratio Microstructures	25
(7)	In Situ MONITORING AND UNIVERSAL MODELLING OF SACRIFICIAL PSG ETCHING USING HYDROFLUORIC ACID	26
(8)	A DRY-RELEASE METHOD BASED ON POLYMER COLUMNS FOR MICROSTRUCTURE FABLICATION	27
2. 2. 3	SESSION THREE : SENSORS AND ACTUATORS	28
(1)	Rechargeable Solid State Lithium Microbatteries	28
(2)	Two Dimensional Mathematical Model of Shape Memory Alloy and Inteligent SMA-CAD	30
(3)	Viscous Energy Dissipation in Laterally Oscillating Planar Microstructures : A Theoretical and Experimental Study	31
(4)	Measurement of Slow Crack Growth in Silicon and Nickel Micromechanical Devices	32
(5)	A New Tonometer Based on the Application of Micro-mechanical Sensors	33
(6)	Adhesive Force of the Microstructures Measured by the Atomic Force Microscope	35
(7)	A Fully-Suspended, Movable, Single Crystal Silicon, Deep Submicron MOSFET for Nanoelectromechanical Applications	36
2. 2. 4	SESSION FOUR : FLUIDICS AND ACTUATORS	37
(1)	Development and Industrial Applications of Microsystems	37
(2)	Micro Mixer with Fast Diffusion	38
(3)	INTEGRATED MICRO-LIQUID DOSING SYSTEM	39
(4)	Measurement of Micromotor Dynamics in Lubricating Fluids	40
(5)	POLYSILICON HOLLOW BEAM LATERAL RESONATORS	41
(6)	A New Step Motion of Polysilicon Microstructures	42

(2) その他のマイクロマシン関連の研究テーマ	67
(3) 研究設備	68
2.3.6 考 察	68
2.4 University of California Berkeley 訪問	70
2.4.1 所在地	70
2.4.2 訪問日	70
2.4.3 訪問先対応者	70
2.4.4 概 要	70
(1) 訪問スケジュール	70
(2) 訪問先概要	70
2.4.5 研究開発状況	71
(1) Ronald S. Fearing助教授の講座では、以下に示す2項目を柱として マイクロマシンの研究を進めていた。	71
(2) 「ICインテグレートド加速度計」 Dr. RICHARD S. MULLER	73
(3) 「マイクロ共振子とフィルターについて」 Clark 氏	73
(4) “Polysilicon Fuses & Welding Structures” について	73
(5) 「A passive In-Situ Micro Strain Gauge」 について	75
2.5 University of Wisconsin-Madison 訪問	75
2.5.1 所在地	75
2.5.2 訪問日	75
2.5.3 訪問先対応者	75
2.5.4 概 要	75
(1) Surface Micromachined Pressure Transducer	75
(2) Resonating Force Transducer	75
(3) Micro Electro Mechanical Systems	75
(4) Low Noise Electronics	76
2.5.5 研究開発状況	76
(1) 圧力センサ	76
(2) 力センサ	76
(3) 電磁マイクロモータ	76
(4) LIGAプロセスについて	76
2.5.6 考 察	77
2.6 Louisiana Tech University 訪問	79
2.6.1 所在地	79
2.6.2 訪問日	79

2.6.3	訪問先対応者	79
2.6.4	概 要	79
2.6.5	研究開発状況	80
	(1) マイクロ熱変換器 (Dr. Friedrich)	80
	(2) イオンビーム加工(Dr. Vasile)	80
	(3) スマートベアリングの開発 (Dr. Gao)	80
	(4) マイクロアクチュエータ、ロボットの研究 (Dr. Lin)	80
	(5) ダイヤモンドビット加工 (Dr. Lin)	80
	(6) 空気軸受けの開発 (Dr. Varahramyan)	80
	(7) 金属材料のモデリング (Dr. Almonte)	80
	(8) 同時モニタ用埋込み型ギャップセンサの開発 (Dr. Almonte)	81
	(9) L I G A (Dr. Almonte)	81
2.6.6	考 察	81
あとがき	83