



はじめに

2006年に13部門の賛同を得て、分野横断的・新領域対応型研究活動組織としてマイクロ・ナノ工学専門会議が設立されてより5年。皆様のご支援の下、いよいよ2012年4月より、日本機械学会の21番目の部門としてマイクロ・ナノ工学部門が発足します。本ニュースレターでは、関連分野の先生方からのご寄稿、およびマイクロ・ナノ工学専門会議のこれまでの活動と部門化への経緯についてまとめました。今後とも部門横断的な性格を強く残した活動を進めて参りますので、マイクロ・ナノ工学部門をよろしくお願いたします。

マイクロ・ナノ工学部門の発足にあたって

第90期部門長(就任予定)

佐藤 一雄 (名古屋大学)

マイクロ・ナノ工学部門の発足にあたり、設立に至る経緯、今後の部門運営方針を述べ、新部門として当学会に寄与する覚悟を述べたい。

マイクロ・ナノ工学が工学の新分野として世に認められてからすでに10年余が経った。マイクロ・ナノメートル領域の代表寸法を持つ材料、運動、加工、制御等を対象とする工学分野は、エネルギー・情報・バイオ・メディカル機器など、成長・拡大が期待される産業の基幹技術である。当学会に属する研究者も当然ながらこの分野の研究活動を行ってきたが、20部門に活動が散在しているため、その活動は学会の外から見えずらく、また、部門間の情報交流もほとんどなかった。当学会にそのような分野の活動があることすら、国内外、特に産業界には知られてこなかったといっても過言でな

い。

このような状況認識から、2006年に「マイクロ・ナノ工学専門会議」の設置が13部門の賛同を得て決まり、5年間の期限付きで専門会議が発足した。この組織の活動目的は、1)国内外、特に産業界からマイクロ・ナノ領域の活動を見える形に顕在化する、2)学会内に分散しているマイクロ・ナノ領域に関わる研究者間の情報交換・研究発表の場を提供する、3)当該分野で他学会との連携をはかれる組織を設立する、の3点である。

この5年間で「マイクロ・ナノ工学シンポジウム」の開催、年次大会セッション企画、国際会議報告会などの活動を通じて、学会内はもとより他学会からも活動が認識されてきた。専門会議にメンバー登録をした会員数も順調に伸び、2011年11月末には794名を数えた。専門会議設置期間満了を前に、運営委員会で1年以上の議論の結果、専門会議の設置期間を延長するよりも、新部門としてより強い組織化をすることが一層の発展につながるという結論に至った。当学会の総会員数が減少している状況で、さらに部門を細分化することへの批判はあるが、専門会議による論文誌特集号の提案、各種業績に対する表彰、などの活動は学会規則で制限されており、これらが若手の育成に大きな障害になっている。旧来の学会規則の問題点改善や、部門再編成を待つという受け身でなく、部門としての評価にも耐える強い組織を作るために名乗りを上げたものである。

最近の科学・技術は、従来の極端に細分化した専門では問題解決が立ち行かなくなり、在来の専門を超越してそれぞれに優秀な研究者・技術者がネットワークを作り、積極的に協働することが

求められている。そのような活動からこそ革新的な研究の深化、技術の発展が期待できる。マイクロ・ナノ工学部門はそのような場を提供し、新技術を育成するものと確信している。学会内の技術分野には、100年前からの機械工学固有の専門分野もあれば、応用技術あるいは研究対象に対する社会的・経済的要請が強い複合新領域分野もある。当マイクロ・ナノ工学部門は、まさに後者の性格を持つ部門である。これからの日本機械学会には、上記のような基幹部門と新領域部門とを縦糸・横糸に配して併せ持つ強さとダイナミズムが必要と考える。会員諸兄諸姉が基幹部門に加えて新領域部門である当部門にもう一つ登録されることをお勧めし、積極的なご参加を歓迎したい。

広大なマイクロ・ナノ工学

日本学術会議

マイクロ・ナノエンジニアリング分科会

第21期委員長

北村隆行(京都大学)

マイクロ・ナノ工学は、機械工学の将来に留まらず「工学全体の将来」を構想する雄大さを蔵している部門である。日本機械学会の中では旧来の基盤科目(4力学+システム)を横断する部門のひとつと捕らえられているが、私は旧来の学術(とくに、工学)の枠組み自体を考え直す領域と位置づけている。第21期(2008-2011)日本学術会議において、機械工学、化学、材料工学、電気電子工学、総合工学の5つの分野別委員会が協力して「マイクロ・ナノエンジニアリング分科会」が設置されたのも、今後の工学のダイナミックな進展のために不可欠と判断されたためである。なお、日本学

術会議では第 22 期(2011-2014 年)における当分科会の継続が決定し、現在、新期分科会の準備が始まろうとしている。

一方、多分野にわたる新領域の形成には幾多の困難が予想される。最近は多くの分野の方々と一緒に仕事をする機会が増えているが、それを通じて実際に体感し、多様性に富んだチームで仕事をするときに自らに言い聞かせていることをいくつかあげてみたい。

(1) 異文化の許容: ある視点(本部門の場合は、マイクロ・ナノの学術的ディシプリン)からは類似性・共通性があるといっても、「文化的背景」(機械工学と電気・電子工学のなかの位置づけや発展過程)は異なっていることから、私には常識と思われていることに違和感を持たれることがあり、分野間の心理的融和は意外と容易ではない。とくに、基本的な用語でさえも異なることには要注意である。このような各分野の文化の相違を尊重するフレキシブルな姿勢からしか新領域は進展しない。

(2) ポリシーの確立: 多様な価値観の人々が一緒に仕事をするためには、新領域として譲れない根本的な原則を明確にし、参画する分野がそれを了解・尊重することが必須である。ポリシーは、分野の理念や目指す理想、領域運営の憲法(基盤となる方針)、などの簡潔で根本的なものを意味している。読み方によっては(1)と相反するとの誤解もあろうが、この合意が新領域の連帯発展の根幹であり、(1)と相補関係にある。

(3) インフラの重視: 活動の原動力は現場にあり、それに活力を注入するのはインフラである。横断的領域にとつてのインフラは、(科学技術に関する)コミュニケーションの場である。新しい領域文化は、接触の過程において自立的に確立されてゆくものである。コミュニケーションによる矛盾や対立の克服過程も重要な一段階である。新部門では、合同講演会、融合技術・新技術に関する講習会、大学・大学院におけるカリキュラムや教科書・学生実験の整備、産業界における技術者の知識拡大方策など、基盤的であるが多大な手間が必要な

事項がそれに相当する。

(4) コミュニティへの貢献: 忙しい現代であり、(1)-(3)の重要性は認識しつつも時間に押し流されてしまう現実がある。しかし、運営はロードが高い企画・調整が大半を占める地を這う仕事の連続であり、意識の高いグループによる実作業が欠かされない。逆に言えば、そのグループの存在こそがコミュニティ維持・発展の基礎であり、その貢献・奉仕の意識がなくなると、(1)-(3)は単なるお題目に失墜してしまうことになる。

壮大なポテンシャルを有する領域が日本機械学会として本格的に活動を拡大することになったことに祝意を表すとともに、その大空への大胆な雄飛を心から期待している。

「More than Moore」とセンサ・MEMS 部門連携の重要性

電気学会「センサ・MEMS」部門長
石田 誠 (豊橋技術科学大学 副学長)

半導体集積回路(LSI)の進んでいく方向として、このまま微細化の方向で進めるのか(More Moore)、微細化とは違うことで活路を見いだせないか(More than Moore)、あるいはLSIの中心であるCMOS デバイスを乗り越えるような新たなデバイスを見いだせるのか(Beyond CMOS)、ということが学会等で議論されてきました。

半導体の微細化の方向は Moore(ムーア)の法則という経験則があり、LSI チップのトランジスタ数は、2 年ごとに 2 倍の集積密度を上げながら進んできました。しかしながら半導体デバイスの微細化に伴い、デバイスを原子の数が5~10個で構成するようになってくると、今後さらにムーアの法則に乗って微細化していけるのが問題となりました。「More than Moore」の一つの方向として、LSIとセンサ・MEMSを融合したチップが取り上げられています。これにより、微細化の方向に頼らなくてもこれまでない機能を実現でき、新たな展開が期待できとの考えです。 Moore than Moore をLSIとセンサ・MEMSの融合するチップに求める

となると、それをリードする、全体を俯瞰できる研究者、技術者が必要になってきます。いわゆる MEMS 技術を取り入れれば何か新しいものができるのではないかと、MEMS ではそんなに微細化はいらないからこれまで使用していた LSI 装置を転用できるからと漠然に期待するのではとても解を見つけないと思えます。今では、LSI の全容がわかる人材育成が十分でなく、ましてセンサ・MEMS 技術に至ってはさらに厳しい状況の中で、これらを融合したいとしても、誰がリードして、どのような価値のあるものを生み出していくのかが問題のように思います。解を見いだせない、混沌としている状況に対して、どのように対応していくか。また、そのような状況に挑戦していく人材が組織の中で重要になってくると思うのですが、これは半導体の分野のみではないと思えます。これから日本の、あるいは世界の重要課題に対して、挑戦していける人材を確保または育成していけるのが問われていると思えます。

このようなセンサ・MEMS 分野を扱う日本での研究会として、今年で28回となる「センサ・マイクロマシンと応用システム」シンポジウムは、電気学会の「センサ・マイクロマシン」部門(略称:E 部門)活動してきましたが、本技術分野が技術境界領域であることを有利点としてとらえ、3年前から機械学会、翌年の応用物理学会と共同してシンポジウムを開催してきました。他分野との協働により、先端センサ、マイクロ・ナノマシン、センサネットワーク等の研究を推進し、バイオ、医療、エネルギー、地球環境等の新分野開拓に結びつけばと思います。また、さらにこの分野の国際会議である Transducers2013, MEMS2013, APCOT2013 等の一層の発展と充実を図り、日本の関係学会が共同して世界のグローバルな流れに対処していくことを期待しています。

特に、日本機械学会マイクロ・ナノ工学部門の今回の部門化にあたり、このような活動の一翼を担っていただけるものと期待しています。

マイクロ・ナノ工学専門会議のこれまでの活動

マイクロ・ナノ工学専門会議は、部門横断的に、また他学会とも連携しながらシンポジウム、講演会、研究会の企画をしてきました。以下にその概要をまとめます。

▶ シンポジウム・講演会

- (1) 第19回マイクロマシン/MEMS展 MEMSフォーラム
- (2) 日本機械学会 2008年度年次大会 大会テーマセッション「マイクロ・ナノ」: 10セッション, 発表146件
- (3) 第25回「センサ・マイクロマシンと応用システム」シンポジウム(沖縄コンベンションセンター, 2009.10.22-24): 電気学会センサ・マイクロマシン部門主催第25回「センサ・マイクロマシンと応用システム」シンポジウムにおいて、「機械学会セッション」を設けた。4件のキーノート, および47件の電気学会と共同のポスターセッションを実施し、電気学会参加者とも活発な交流があり、来年度からのシンポジウム合同開催への弾みとなった。
- (4) 日本機械学会 2009年度年次大会 大会テーマセッション「マイクロ・ナノ」: 11セッション, 発表128件
- (5) 第1回マイクロ・ナノ工学シンポジウム(タワーホール船堀, 2010.10.13-15): マイクロ・ナノ工学専門会議が初めて主催するシンポジウムとして、第1回マイクロ・ナノ工学シンポジウム(実行委員長 東北大学桑野博喜教授)を開催した。電気学会主催「センサ・マイクロマシンと応用システム」シンポジウムならびに、応用物理学会集積化MEMS技術研究会主催の「集積化MEMSシンポジウム」と同時開催とした。シンポジウムは、1件の招待講演、2つのキーノートセッション「機械工学分野のマイクロ・ナノ」「マイクロエネルギー」、および電

気学会との共同ポスターセッションからなる。ポスターセッションは合計50件の発表があった。参加者も発表者を含めほぼ100名と、大成功に終わった。

- (6) 日本機械学会 2010年度年次大会: 6セッション。「第1回マイクロ・ナノ工学専門会議若手サマースクール」開催
- (7) 第2回マイクロ・ナノ工学シンポジウム(松江にびきメッセ, 2010.10.13-15): 静岡大学橋口原教授を実行委員長とし、前年同様、電気学会、応用物理学会のシンポジウムと併催で第2回シンポジウムを開催した。2件の招待講演、5件のキーノート講演、10の口頭発表セッション、ならびにポスターセッションを企画し、結果100件を超える発表、140名を超える参加者となった。キーノート講演では、5人の関連の深い部門の先生から、専門分野とマイクロ・ナノ工学の関わりについてご講演頂き、また日本機械学会におけるマイクロ・ナノ工学分野における研究の今後、マイクロ・ナノ工学専門会議の部門化についてパネルディスカッションを行った。2日間に渡る10のオーラルセッション、またポスターセッションを通じ、極めて活発な議論が交わされた。今回は地方開催となったが、第1回より大幅に発表数、参加人数の増加した。
- (8) 日本機械学会 2011年度年次大会: 5セッション
- (9) 「マイクロ・ナノエンジニアリングシンポジウム-イノベーションと人材育成-」(日本学術会議マイクロ・ナノエンジニアリング分科会、マイクロ・ナノ工学専門会議共催)
- (10) 第3回マイクロ・ナノ工学シンポジウム(タワーホール船堀, 2011.9.26-27): 東京大学鈴木雄二教授を実行委員長とし、前年同様、電気学会、応用物理学会のシンポジウムと併催で第3回シンポジウムを開催した。招待講演1件、オーガナイズドセ

ッションとして「マルチスケール・シミュレーションとナノ計測」、「三次元の微細形状創成技術」、「電池レス・デバイスのためのエネルギーハーベスタの展開」を企画した。論文数としては、口頭発表33件、ポスター発表55件、参加者数124名であり、専門会議の企画として根付きつつあることが感じられた。また、口頭発表セッションは、いずれも異なる部門からの発表が混じった融合的なセッションとなり、多くの参加者に新鮮な情報として受け取られ、部門毎の講演会では得られないような異なる視点からの質疑応答が活発に交わされていた。ポスター発表は、合同ポスターセッションとして2日間に分けて行われ、学会の枠を越えた密な交流がここでも展開された。

- (11) マイクロ・ナノ産業化シンポジウム (日本学術会議後援、電気学会、日本機械学会、応用物理学会共催、タワーホール船堀, 2011.9.26)
- (12) International Workshop on Micro/Nano Engineering (京都大学桂キャンパス, 2011.12.17-18): 招待2件, キーノート7件, 発表64件(詳細は後述)

▶ 国際会議報告会

- (1) TRANSDUCERS '07 報告会
- (2) microTAS 2007 報告会
- (3) MEMS2008 報告会
- (4) APCOT2008 報告会
- (5) MOEMS2008/IEEE NANO2008 報告会
- (6) MEMS2009 報告会
- (7) Transducers2009 報告会

▶ 研究会

- (1) マイクロエネルギー研究会
- (2) 電気等価回路から考えるMEMS設計手法研究会

▶ 協賛イベント

- (1) マイクロ2足歩行ロボットの製作と制御
- (2) 2008 International Symposium on

Micro-Nano Mechatronics and Human Science

(3) 2009 International Symposium on Micro-Nano Mechatronics and Human Science

研究会活動報告

(1) マイクロエネルギー研究会

携帯電子機器、小型医療福祉デバイスなどの発達に伴って、リチウムイオン電池などに代わる新しい超小型エネルギー源が注目されている。PowerMEMS という言葉で代表されるこの技術は、燃料電池、マイクロエンジン、環境発電、マイクロ燃焼・熱交換器、電力電送などを含む広範な分野にわたり、その開発には様々な専門知識が必要とされる。我が国では、欧米に先んじてPowerMEMS国際ワークショップが2000年に開かれ、この分野の世界的な発展に貢献してきたが、国内でのネットワークは必ずしも十分でなかった。マイクロエネルギー研究会では、マイクロ・ナノ工学専門会議の研究会として、技術動向や注目すべき方向性などについて議論を進めている。

主査: 桑野 博喜(東北大学)

幹事: 鈴木 雄二(東京大学), 田中 秀治(東北大学)

設置期間: 平成20年3月1日から平成26年3月31日

登録者数: 約370名(2011年12月1日現在)

- (1) 第1回研究会(2008.3.6, 東京大学)
話題提供6件, パネルディスカッション
参加者: 約140名
- (2) 第2回研究会(2008.7.3, 東京大学)
「マイクロ燃料電池の現状と課題」
講演7件, パネルディスカッション
参加者: 約120名
- (3) 第3回研究会(2009.3.5, 東京大学)
PowerMEMS2008 会議報告, 講演4件
参加者: 約130名
- (4) 第4回研究会(2009.12.14, 東京大学)

PowerMEMS2009 会議報告, 講演4件
参加者: 約100名

(5) 第5回研究会(mEMS2010 シンポジウムと合同, 2010.6.29-30, 東北大学)

招待講演1件, 講演13件, ポスター発表
参加者: 約80名

(6) 第6回研究会(エネルギーハーベスティングコンソーシアムと合同, 2011.3.5, 東京大学)

招待講演2件, 話題提供3件,
PowerMEMS2010 会議報告
参加者: 約60名

(7) 第7回研究会(エネルギーハーベスティングコンソーシアムと合同, 2011.12.16, 東京大学)

PowerMEMS2011 会議報告, Energy Harvesting & Storage USA 会議報告
参加者: 約100名

(2) 電気等価回路から考える MEMS 設計手法 研究会

従来電磁モーターや圧電素子のように、電気機械系でエネルギー変換を伴う素子の設計においては等価回路表現を用いて解析する手法が広く用いられてきた。本研究会では、電気機械変換素子を基本素子とする MEMS において、電気等価回路表現する手法について検討し、その設計手法としての可能性・妥当性を調査した。等価回路で電気機械変換素子を表現する利点は、

- ①異なる物理系の間でのエネルギー変換の大きさやパラメータ依存性が分る
 - ②電気機械変換素子の入出インピーダンスの大きさやパラメータ依存性が分る
 - ③MEMS 素子の特性をネットリストで表現できる
 - ④MEMS の機構設計者と回路設計者の間の共通言語となる
- などがあげられる。

研究会では NEDO プロジェクト「高集積複合 MEMS 製造技術開発(ファイン MEMS プロジェクト)」で開発中の MEMS 等価回路ジェネレータを中

心に、MEMS と等価回路に関する講演やチュートリアルを行って、MEMS の等価回路による設計が有効な手段なのかどうか検討した。

主査: 橋口 原(静岡大学)

幹事: 土屋 智由(京都大学)

- (1) 第1回電気等価回路から考える研究会
(2008.12.1, 東京大学本郷キャンパス工学部8号館)
- (2) 第2回電気等価回路から考える研究会
(2009.5.15, 東京大学本郷キャンパス工学部2号館)
- (3) 第3回MEMS等価回路を用いた設計手法報告会(電気学会シンポジウムと併催,
2011.3.18, 大阪大学豊中キャンパス)

その他、財団法人マイクロマシンセンター主催の講習会にて電気等価回路手法について報告した。

International Workshop on Micro/Nano Engineering (マイクロ・ナノ工学国際ワークショップ) 報告

日時: 2011年12月17-18日

会場: 京都大学桂キャンパス・ローム記念館

マイクロ・ナノ工学専門会議の5年間の活動の集大成として、京都大学小寺秀俊教授を実行委員長として、国際ワークショップを開催した。国立清華大学の J. Yeh 教授、ミシガン大学の S. Takayama 教授から招待講演を頂き、キーノート講演7件、ショートプレゼンテーションを含めたポスター発表64件を行った。土・日曜日での開催にも関わらず、参加者は135名であり、活発な議論が行われ、大成功に終わった。

