

研究評価委員会
「高集積・複合 MEMS 製造技術開発プロジェクト」
(事後評価) 第1回分科会 議事要旨

日 時：平成21年10月5日(月) 10:15～18:00

場 所：WTC コンファレンスセンター 3階 Room A

出席者(敬称略、順不同)

＜分科会委員＞

分科会長	大和田 邦樹	帝京大学 理工学部 情報科学科	教授
分科会長代理	石田 誠	豊橋技術科学大学 副学長、電気・電子工学系	教授
委員	浅野 種正	九州大学大学院 システム情報科学研究院 情報エレクトロニクス部門	教授
	岩田 穆	(株)エイアールテック 代表取締役 広島大学大学院 先端物質科学研究科	特任教授
	庄子 習一	早稲田大学理工学術院 基幹理工学部 電子光システム学科	教授
	南 和幸	山口大学大学院 医学系研究科 応用医工学系学域	教授
	室 英夫	千葉工業大学 工学部 電気電子情報工学科	教授

＜オブザーバー＞

木下 裕絵	経済産業省 製造産業局 産業機械課	ロボット産業室 技術係長
浅野 由香	経済産業省 製造産業局 研究開発課	研究開発専門職

＜推進者＞

岡野 克弥	(独) 新エネルギー・産業技術総合開発機構	機械システム技術開発部 部長
月舘 実	同	主任研究員
犬塚 肇	同	主査
金山 恒二	同	主査
渡辺 秀明	同	主査
松下 智子	同	職員
吉村 香織	同	職員

＜実施者＞

下山 勲	東京大学 情報理工学系研究科 知能機械情報学専攻	教授、PL
杉山 進	立命館大学 立命館グローバル・イノベーション研究機構	

ナノマシンシステム技術研究センター 教授、サブ PL

菅 哲朗 東京大学 情報理工学系研究科 知能機械情報学専攻 特任助教
小柳 光正 東北大学 大学院工学研究科 バイオロボティクス専攻 教授
明渡 純 (独)産業技術総合研究所 先進製造プロセス研究部門 主幹研究員
青柳 昌宏 (独)産業技術総合研究所 エレクトロニクス研究部門 主幹研究員
鈴木 祥夫 (独)産業技術総合研究所 バイオ技術産業化センター 主任研究員
山田 健郎 (独)産業技術総合研究所 ナノチューブ応用研究センター 主任研究員
藤田 雅之 (財)レーザー技術総合研究所 主席研究員
逆水 登志夫 マイクロマシンセンター MEMS システム開発センター 企画管理部長
橋口 原 静岡大学 電子工学研究所 教授
小池 智之 マイクロマシンセンター MEMS システム開発センター センター長
前田 幸久 日本ユニシス・エクセリョーションズ株 インダストリー開発部
MEMS プロジェクト マネージャ
望月 俊輔 数理システム 科学技術部 研究員
福本 宏 三菱電機(株) 先端技術総合研究所 センシング技術部 部長
出尾 晋一 三菱電機(株) 先端技術総合研究所 センシング技術部 主席研究員
山本 敏 (株)フジクラ 電子デバイス研究所 シリコン技術開発部 係長
末益 龍夫 (株)フジクラ シリコン技術開発部 部長
後藤 康 (株)日立製作所 中央研究所 ナノエレクトロニクス研究部 部長
佐々木 昌 オムロン(株) 技術本部 コアテクノロジーセンター 技術専門職
李 相烈 オムロン(株) 技術本部 コアテクノロジーセンター 主事
舟木 英之 (株)東芝 研究開発センター 表示基盤技術ラボラトリー 主任研究員
太尾 奈都子 (株)東芝 研究開発センター 研究企画部 技術管理担当 主事
清水 悦朗 オリンパス(株) MEMS 開発部 開発 2 グループ グループリーダー
渡辺 哲也 横河電機(株) 先端技術研究所 MEMS 研究室長
久保 雅男 パナソニック電工(株) 微細プロセス開発センター センター長
富井 和志 パナソニック電工(株) 微細プロセス開発センター 素子開発グループ
グループ長
中村 康一 立命館大学 ナノマシンシステム技術研究センター
チェアプロフェッサー

<NEDO企画担当>

村瀬 智子 (独) 新エネルギー・産業技術総合開発機構 総務企画部 課長代理

<事務局>

竹下 満 (独) 新エネルギー・産業技術総合開発機構 研究評価部 統括主幹
寺門 守 同 主幹

峯元 克浩 同 主査

吉崎 真由美 同 主査

<一般傍聴者> 6名

議事次第

<公開の部>

1. 開会、分科会の設置、資料の確認
2. 分科会の公開について
3. 評価の実施方法
4. 評価報告書の構成について
5. プロジェクトの概要説明
 - (1) 事業の位置づけ・必要性 (NEDO 犬塚主査)
 - (2) 研究開発マネジメント (NEDO 犬塚主査)
 - (3) 研究開発成果 (東大 下山教授)
 - (4) 実用化の見通し (東大 下山教授)
 - (5) 質疑

<昼食・休憩>

<非公開の部>

6. プロジェクトの詳細説明【助成】
 - ・分科会の非公開について

【入れ替え】

- ① MEMS/ナノ機能の複合技術の開発
 - ①-1. ナノ機能を組み込んだ MEMS デバイスの製造技術 (三菱電機)
- ② MEMS/半導体の一体形成技術の開発
 - ②-1. MEMS-半導体プロセス統合モノリシック製造技術 (日立製作所)
 - ②-2. MEMS-半導体縦方向配線技術-1 (オムロン)
 - ②-3. MEMS-半導体縦方向配線技術-2 (フジクラ)

<休憩>

- ②-4. MEMS-半導体横方向配線技術 (東芝)
- ③ MEMS/MEMS の高集積結合技術の開発
 - ③-1. 異種材料多層 MEMS 集積化技術 (オリンパス)
 - ③-2. ビルドアップ型多層 MEMS 集積化技術-1 (パナソニック 電工)
 - ③-3. ビルドアップ型多層 MEMS 集積化技術-2 (横河電機)

<休憩>

<公開の部>

7. プロジェクトの詳細説明【委託】

- ・ 基礎的・基盤的研究開発
 - ① MEMS／ナノ機能の複合技術の開発（立命館大 杉山教授）
 - ② MEMS／半導体の一体形成技術の開発（立命館大 杉山教授）
 - ③ MEMS／MEMS の高集積結合技術の開発（立命館大 杉山教授）
- ・ 知的基盤・標準整備などの研究開発
 - ④ 高集積・複合 MEMS 知識データベースの整備（マイクロマシンセンター）
 - ⑤ 高集積・複合 MEMS システム化設計プラットフォームの開発（マイクロマシンセンター）
- 8. 全体を通しての質疑応答
- 9. まとめ・講評
- 10. 今後の予定、その他
- 11. 閉会

議事要旨

1. 開会、分科会の設置、資料の確認
 - ・ 開会宣言（事務局）
 - ・ 研究評価委員会分科会の設置・成立について（事務局より資料 1-1、1-2 に基づき説明）
 - ・ 大和田分科会長挨拶
 - ・ 出席者（委員、推進者、実施者、事務局）の紹介（事務局、推進者）
 - ・ 配布資料の確認（事務局）
2. 分科会の公開について

事務局より資料 2-1、2-2 に基づき説明し、本分科会の議事は議題 6. プロジェクトの詳細説明【助成】については非公開とすることが了承された。
3. 4. 評価の実施方法と評価報告書の構成について

事務局より資料 3-1～3-5、資料 4 に基づく別途用意された PPT で説明が行われ、事務局案通り了承された。
5. プロジェクトの概要説明
 - (1) 事業の位置づけ・必要性（NEDO 犬塚主査）
 - (2) 研究開発マネジメント（NEDO 犬塚主査）
 - (3) 研究開発成果（東大 下山教授）
 - (4) 実用化の見通し（東大 下山教授）

資料 5-2 に基づき、推進者より（1）と（2）に関して、実施者より（3）、（4）に関して説明が行われた後、質疑応答が行われた。

主な質疑応答内容

 - ・ 日本の国力を上げるという意味で、本プロジェクトを推進することは非常に目的に合っている。どのように産業力として活かされて行くのかというところが重要で、海外の企業に対して具体的なアドバンテージが出来たというのが見えると一番良い。
 - ・ 「複合」は異種機能を合わせるというイメージで分かり易いが、「高集積」がどうい

うイメージで、かつそれが何をもちたるところまで行おうとしているのか？の質問に対し、高度な集積、MEMSでも例えばセンサ、あるいは光学素子とプリズムとか、異なるものをいろいろと組み合わせるといふ、技術的に高い水準での集積であり、また、従来の個別部品の組み合わせに較べサイズで10分の1、あるいは100分の1に集積するといふイメージであるとの回答であった。

- ・ワールドワイドではどのくらいの市場が見込めて、そのどこを取りに行こうとしているのか、その戦略は？の質問に対し、現時点では数兆円ぐらいのワールドワイドの市場で、実用化が進んでいくものについて、先ず日本が一番先頭になって、その製品を出して行く。そうすればグローバルに広まっていく。それに応えていくことが大きな戦略であるとの回答であった。
- ・今回作っているデータベースについてのグローバルな戦略は？、データベースを武器に世界中の知恵を日本に集めるとかそういった使い方は出来ないのか？の質問に対し、今回のデータベースは企業および大学の人がMEMSの研究の種を探し易く、良く分かるような構造とした。またデータベースを武器として使う戦略も検討したいとの回答であった。
- ・取り組み方として、アプリケーションやシステムが明確に具体的に書き込まれていないように見えるのだが？の質問に対し、助成研究に関しては、各企業でIP（知的財産）の関係があつて、見えにくくなっているのかも知れませんが、それぞれは具体的なものを持っており、それに関しては分科会後半の助成研究の詳細説明の際に報告する予定でいる。委託研究に関しては、企業との連携を進める中で、アプリケーションがどんどん広がっているとの回答であった。
- ・アプリケーションが少し多機能を持ったデバイスレベルの話にややとどまる印象を若干受けたが、もう少し広い意味のシステムなどに展開していくところは、各企業の活動に任せて発展を期待していくという立場であるのか？の質問に対し、基本的にはそういう立場で考えているとの回答であった。
- ・成果はかなり世界を先導しているものであると説明を受けたが、世の中と比べてここは本当に勝っているとか、あるいは課題とかが今一つ良く見えないか？の質問に対し、一口にレベルの差を言うのは難しいが、一例としてカーボンナノチューブを使ったMEMSデバイスが（英国科学誌の）Nature Nanotechnologyに掲載されたのは本研究の先進性を示す証拠と考えているとの回答であった。
- ・日本以外のアジア、例えば台湾、韓国、その辺のところはかなり競争相手になって来ているが、そこに対する差別化を意識されているようなところは？の質問に対し、縦方向の加工技術およびナノ材料の活用など日本の強いところを活かすことが差別化のポイントであるとの回答であった。
- ・ローコストについての意識は？の質問に対し、今かなりアプリケーションの方は見えており、その中で実際に市場を取っていく為に、実施者は一生懸命コストを市場が取れるレベルまで下げることを考えているとの回答であった。

- ・ローエミッションなどをキーワードとして何かを実施しているか?の質問に対し、開発プロセスとして、ローエミッションは特に念頭には置いていないが、むしろアプリケーションとして、例えば機器の軽量化など、今回の成果が環境に貢献できると考えているとの回答であった。
- ・現在、海外でいろいろ先行しているメーカーがあり、それに追いつき追い越せという目標設定で、それをクリアしたと理解してよろしいのか?の質問に対し、例えば平面マイクロマシンを使って大々的にやっているところに対して、そちらで追いつき追い越せの考え方ではなく、むしろ高集積・複合 MEMS のマーケットは非常に広いので、その中で日本が得意とする分野のマーケットを取って競争力を維持するという形での競争力を考えているとの回答であった。
- ・裾野を広げて行くことに対しての方向性は?の質問に対し、知識データベースや設計プラットフォームの開放など、意識して行なって来ており、裾野を広げる面で頑張っているとの回答であった。
- ・MEMS は国家プロジェクトとして、どういう目標に向かってやられたのか?の質問に対し、3 年先とか 2015 年ぐらいまでに事業者が MEMS の機能を付加した製品を出すという計画があるが、それがうまく軌道に乗れるかどうかで、その方向性が正しかったかどうかの判断となるとの回答であった。
- ・実用化につなげていくことが重要であり、その場合に、研究を行ってそれでやりっ放しということではなくて、フォローアップが非常に重要であると考えているが、NEDO としてのフォローアップをシステムティックに実施していることは何かあるのか?の質問に対し、NEDO ではそのような仕組みがあり、プロジェクト終了後に、3 年後とか、委託先なり助成先をとときどき訪問して、事業化の状況などについての報告を基に、フォローアップするとともに、NEDO の戦略としても反映させているとの回答であった。

6. プロジェクトの詳細説明【助成】

非公開

7. プロジェクトの詳細説明【委託】

- ・基礎的・基盤的研究開発
 - ① MEMS/ナノ機能の複合技術の開発 (立命館大 杉山教授)
 - ② MEMS/半導体の一体形成技術の開発 (立命館大 杉山教授)
 - ③ MEMS/MEMS の高集積結合技術の開発 (立命館大 杉山教授)
- ・知的基盤・標準整備などの研究開発
 - ④ 高集積・複合 MEMS 知識データベースの整備 (マイクロマシンセンター)
 - ⑤ 高集積・複合 MEMS システム化設計プラットフォームの開発 (マイクロマシンセンター)

資料 7 に基づき、実施者の杉山教授より 3 件の基礎的・基盤的研究開発に関して、まとめて説明が行われた後、質疑応答が行われた。

また、それに続いて、実施者のマイクロマシンセンターより 2 件の知的基盤・標準整

備などの研究開発に関して、それぞれ毎に、説明が行われ、質疑応答が行われた。

<基礎的・基盤的研究開発についての主な質疑応答内容>

- ・ダイシング手法を見出したと言うことであるが、従来と比較して何が新しいのか？の質問に対し、われわれの新しいダイシングは特にガラスとシリコンの多層に特化しており、CO₂ レーザーはガラスによく吸収されてシリコンを透過するので、シリコン側からレーザーを入れ、ウエハのガラスとシリコンの接合面に熱応力をかけ、シリコン表面に直線上の亀裂を安定的に発生させ、シリコンから亀裂がガラスに向かって伸展すると言うのを見出し、それを利用したダイシング法で、クオリティが要するというニーズに対してきれいに割段できるとの回答であった。
- ・今後の取り組みで「応用技術開発」というのは、具体的にはどういうことを指しているのか？の質問に対し、連携の助成企業とやった他に、独自に進めた研究成果があり、大学と研究所だけではなく企業とタイアップして、アプリケーションを更に広げて、プラス・アルファの新しいアプリケーションを発掘して実用化につなげて行くことを含め、今後の展開を行うということであるとの回答であった。
- ・実用化のためにはフォローアップが非常に重要であり、そのためにいろいろと調査をしていると説明があったが、推進側としては、そういう点はかなり重要視して推進していく仕組みであるか？の質問に対し、助成事業に関しては企業化状況報告があり、プロジェクト終了後、毎年、企業の方に報告して頂くことになっている。また、助成事業と委託事業の両方に関して NEDO は追跡調査を実施しており、今後 5 年間について、研究テーマの発展具合をフォローアップして行く制度になっているとの回答であった。
- ・NEDO として積極的に、例えば民間との共同研究を推進するようなアクションを起こすこともやっているのか？の質問に対し、フォローアップの時に課題に対して NEDO が例えばイノベーション推進事業を進めたり、民間企業とマッチングする形でサポートしたりもしているとの回答であった。
- ・フォローアップというよりむしろバックアップといったところに今後、力を入れて頂いたら良いのではないか？の意見に対し、実際に産業化につながっているかが非常に大きな観点であり、システムティックなものも、そうでないものも、いろいろな合わせ技で最大限やって行くのが今の NEDO の状況であるとの回答であった。
- ・三つの技術課題を挙げているが、技術が入れ子になっている部分も多少感じるのですが、それぞれの特徴を一つずつ説明があると評価し易くなるのですが？の質問に対し、①の MEMS とナノ機能の複合技術は、MEMS のプラットフォームの上にナノ機能を付加し融合させて、新しいデバイスを作る技術を開発するということ。②の MEMS と半導体の一体化は、一言で言うとモノリシック、あるいは半導体と融合する技術ということ。③の MEMS/MEMS の高集積結合は、MEMS で今まで単体で作られていた機能、デバイスを複合させて、新しい付加価値を付けるということであり、また、今回のプロジェクトは本来、製造技術のプロジェクトで、製造技術ではきれ

いに切り分けられているが、アプリケーションとなるとそこだけでは済まなくなり、他分野の技術も使うのでクロスして見えるのだと思いますとの回答であった。

- ・成果の整理の仕方として、今は製造技術的に階層化して分かれているが、アプリとして見た場合に、どういう技術が入り込むかを絵に描けないのか？の質問に対し、成果を整理し直せばそれは出来るのではとの回答であった。

<知的基盤・標準整備などの研究開発のうちテーマ④についての主な質疑応答内容>

- ・データベースの整備で、大学に再委託したということであるが、再委託の内容は助成事業の分野についてのいろいろな関連知識を入力してもらうということか？の質問に対し、その通りで、特に MEMS/半導体の分野は助成事業が多いので、当該部分を補完する形で大学に再委託したとの回答であった。
- ・データベースの効果をどうやって検証するのか？の質問に対し、今後の自主事業で、先ず当該分野関係者に周知することから始め、それを踏まえた形で、アクセス後の意見によりどういった情報を欲しているのか等を把握しながら、情報をアップし、進めていきたいとの回答であった。
- ・例えば一般企業の研究者が最初に取り掛かりたい時に、本データベースは少し専門的過ぎる気がするので、関連する他の情報を張っているリンクで調べられ、トップページの入口から直ぐに入って行けるような形にすると良いのでは？の質問に対し、既に MemsONE のデータベースがあり、そちらはファイン MEMS よりも若干、基本的な MEMS の用語の説明、パラメータが載っている。また、マイクロマシセンタ（MMC）のホームページにアクセスすると、データベースに入って行く段階でそこにいろいろな情報があり、そちらを横並びで閲覧できる形になっているとの回答であった。

<知的基盤・標準整備などの研究開発のうちテーマ⑤についての主な質疑応答内容>

- ・プラットフォーム開発で、等価回路モデルの構築をやられているが、既存の回路設計ツールとの互換性があれば今後応用が広がるのでは？の質問に対し、他の設計ツールとの連携が出来ようになっており、MemsONE の CAD からだとダイレクトに等価回路を変換でき、中間ファイルの作製過程が必要で改善の余地はあるが、他の CAD から入ることが出来る。出力に関してはどんな回路シミュレーターでも一応、使えるシステムにはなっているとの回答であった。
- ・MEMS と CMOS 回路とが一体になった同じようなシミュレーション等を行う際に非常に苦勞するのは雑音の問題で、その考慮は？の質問に対し、SPICE の等価回路の中での汎用的な雑音解析はあるが、いわゆる MEMS 本来が有する雑音にはいろいろな種類があり、そういう形のものに関しては、未だ明確には物理モデルもなく、今回のわれわれのモデルの中では考慮されていない状況であるとの回答であった。
- ・こういった MEMS の回路シミュレーター、SPICE ベースで汎用的に使えるものは別にして、回路モデルベースのシミュレーターは特に海外メーカーで商品になっているが、それに対して、今回、汎用の回路シミュレーターの最終目標は？の質問に

対し、われわれのモデルではダイレクトに、特別な知識がなくても簡単に IP モデルのようなテキストが出来るので、将来的に目指すところは、LSI の IP モデルと同じように、MEMS 用の IP ジェネレーターとして使って行きたいとの回答であった。

8. 全体を通しての質疑応答

特になかった。

9. まとめ・講評

委員から、本分科会全体を通しての講評を頂いた。

委員からの主な講評

- ・ NEDO のプロジェクトは日本の将来を決めるプロジェクトで、結果が日本の競争力向上に貢献していけるように、そこで役立ってくれればと思う。
- ・ 内容が多様で、その中で皆さんが目標を設定して解を出して来たのは、すばらしく、よくやられたと思うが、その一方で、まだまだやらなければいけないことがあると思うので、是非これからも強力に支援して頂いた方が良いのではないかと思います。
- ・ 日本の技術レベルの向上という意味で、非常に効果があったと思うが、ケースによっては、実現しようとした努力も加味して評価すべきではないかと感じている。
- ・ 非常に広範囲な成果が上がっているので大変うれしく思うが、これから成果を皆さんが国民に見せていく時に、分かり易く見せるという意味で、もう一つ踏み込んで、アプリケーションで「こんなことができる。こんなことで良いよ」という観点のアピールも積極的に行った方がより良いのかなという気がした。
- ・ 委託事業に関しては、先進的な成果を上げており、今後、企業との連携によって更に発展することを、NEDO 推進者からも是非支援して頂ければと思う。助成事業は、場合によっては出口イメージが少し明確でないと思えるものもあったが、せっかくの良い技術なので、その価値を最大限に生かせるところのアプリケーションを狙って、柔軟な発想で、実用化、事業化に結び付く製品を検討して頂ければと思う。
- ・ 技術レベル的にも高いように思うが、これがなぜ日本の産業の力と直接結び付かないのかを考えている。こういうプロジェクトを通じて、もっとグローバルな展開を含めて、あるいはユーザーが、自分のところだけでなく他社に大きく展開できるリーダーシップを持って頂ければ良いのかなと感じた。
- ・ 世界初のものが出来た、世界最高レベルというものもいくつかあり、研究開発レベルとしては、非常に成功していると思うが、今後これを日本の産業競争力強化に結びつけて行くには、これを実用化なり事業化して行くことが非常に要点となるので、各企業、各研究機関でどのように具体的に実用化に展開して行くかのフォローアップも含めて、是非 NEDO をお願いしたい。

10. 今後の予定、その他

事務局より資料 8 および資料 9 に基づいて説明が行われ、今後の予定が了承された。

11. 閉会

配布資料

資料 1-1	研究評価委員会分科会の設置について
資料 1-2	NEDO 技術委員・技術委員会等規程
資料 2-1	研究評価委員会分科会の公開について（案）
資料 2-2	研究評価委員会関係の公開について
資料 2-3	研究評価委員会分科会における秘密情報の守秘について
資料 2-4	研究評価委員会分科会における非公開資料の取り扱いについて
資料 3-1	NEDO における研究評価について
資料 3-2	技術評価実施規程
資料 3-3	評価項目・評価基準
資料 3-4	評点法の実施について（案）
資料 3-5	評価コメント及び評点票（案）
資料 4	評価報告書の構成について（案）
資料 5-1	事業原簿（公開）
資料 5-2	プロジェクトの概要説明資料（公開）
資料 6-1	事業原簿（非公開）
資料 6-2	プロジェクトの詳細説明資料（非公開）
資料 7	プロジェクトの詳細説明資料（公開）
資料 8	質問票
資料 9	今後の予定

以上