

2021年5月19日

機械システム振興協会

1. 背景

5G、IoT、AI、ロボット、自動運転等の技術が、次世代の社会経済インフラとして位置づけられる中、これらを支えるセンサー等のインターネットに接続されたデバイス群（エッジデバイス）には新しいタイプの半導体（あらゆる使用環境で動作、低消費電力で長寿命等）が必要とされている。これら先端的半導体は、従来の大口径・超微細化・大量生産手法により大手半導体メーカーが追求する半導体とは一線を画し、新たな使用分野で多品種少量生産が求められる。

先端的半導体については、産官学の力を結集し、新しいアプリケーション向けに開発を進める必要があるが、現状では、産官学連携で英知と人材を結集し国内でこれらの新しい半導体を研究・設計しても、それをデバイスに作りこむ体制が十分でなく、国内の半導体メーカー、海外半導体メーカーがもつ大量生産型のライン（メガファブ）に少量の半導体試作を依頼することとなり、膨大な費用と長期の時間を要することとなっている。日本で設計した先端的半導体を低コストかつ迅速にデバイス化できる試作・検証拠点を、産官学での協力のもと、国内に確保するのが喫緊の課題となっている。

この課題を解決するためには、早急に先端的半導体の試作・検証環境整備に向けた戦略を検討しなくてはならない。この機を逃せば、我が国にとって、世界に先行した半導体開発はおろか、半導体を海外に依存し続ける方向は変えようがないこととなる。

2. 今回の取り組み

当協会としては、これまで産業技術総合研究所が中心に開発を進めてきた超小型半導体生産システムであるミニマルファブをベースに、先端的半導体の試作・検証の産官学連携拠点を国内の大学等に設置し、活用していくことが最適解の1つではないかという東京大学の構想に賛同し、2020年度事業としてミニマルファブの在り方を産官学が集まって検討する「ミニマルファブフォーラム」（委員会）を当協会内に設置した。

本フォーラムでは、先端的半導体の試作・検証環境整備に向けた戦略を検討するため、以下の諸点を議論した。

- (1) 5G 時代以降に求められる先端的半導体の機能
- (2) 先端的半導体を試作・検証していくのに必要な材料、プロセス技術、装置、そして拠点
- (3) ミニマルファブに求められるもの
- (4) 先端的半導体の試作・検証のための大学と産業技術総合研究所、産業界の新たな連携体制の在り方(拠点の自立化ができる運営体制が必要であり、東京大学をモデルケースとして検討する。)

3. ミニマルファブフォーラム委員

相澤 徹	機械システム振興協会	専務理事
内田 建	東京大学工学系研究科マテリアル工学専攻	教授
柏谷 伸一	Avary Japan 株式会社	社長
喜多 浩之	東京大学工学系研究科マテリアル工学専攻	准教授
久保内 構一	一般社団法人 ミニマルファブ推進機構	専務理事
新藤 浩之	国立研究開発法人宇宙航空研究開発機構	研究領域主幹
醍醐 市朗	東京大学工学系研究科マテリアル工学専攻	特任准教授
武山 健太郎	東京大学工学系研究科マテリアル工学専攻	特任研究員
舘野 稔	共和電業株式会社	代表取締役会長
塚本 勲	加賀電子株式会社	会長
土屋 忠明	株式会社ロジックリサーチ	代表取締役社長
西村 一知	横河ソリューションサービス株式会社	エグゼクティブ アドバイザー
速水 利泰	SPP テクノロジーズ株式会社	代表取締役社長
星野 岳穂	東京大学工学系研究科マテリアル工学専攻	特任教授
南川 明	インフォマインテリジェンス合同会社	Senior Consulting Director
三宅 賢治	株式会社ピーエムティ	社長付顧問
和田木 哲哉	野村證券株式会社 エクイティ・リサーチ部	

(50 音順)

4. フォーラムの各セッションでの議論のポイント

➤ 第1回 9月30日(水曜日) 14:00~16:00

- ・国内企業や大学でこれからの時代が求める新しい半導体を研究開発しても、それをデバイスに作りこむという体制と環境(試作検証環境も含む)が、現状十分ではない。
- ・産官学の協力の下、国内に環境を整えた開発拠点を確保することが喫緊の課題。
- ・議論を進める上では、これから5G、高速通信の時代で必要とされる半導体とはどのようなものか、ミニマルファブによるデバイス製造・生産が、こういった次世代で求められる半導体の方向と合致するのかどうかということを議論することが必要。
- ・半導体事業におけるミニマルファブというのは、全く新しいやり方であり、これまでの半導体開発での固定概念を打ち崩した、新しい文化を作ることが非常に大事。
- ・半導体では最先端イコール微細化ではない。ユニークな色々な研究がなされてこそ、半導体分野での新しい使用領域を創造することができる。
- ・ミニマルファブなら今までのメガファブのように大きな工場を作って拠点を構えて、場所的にそこに固定という概念を打ち崩せるはず。
- ・半導体の開発から大量生産までのライフサイクルを考えると、まだ生産量が少ない段階ではミニマルファブなどをうまく活用して作りこむなど、半導体の一生に合わせたデバイスづくりが大切。ミニマルファブは短納期に生産でき、ビジネスに繋がられる。
- ・少量多品種という市場を考えると高付加価値のものを作っていくしかない。
- ・新材料は本当に期待できる分野。高価でなかなかやれない材料を使った色々な半導体開発が出始めている。
- ・半導体デバイスの世界で若い学生や若手研究者が発案した半導体ベンチャーがどんどん創出される環境が望まれており、その観点でもミニマルファブへの期待は高い。

- ・安全保障の観点からも、技術政策の観点からも、やはり日本国内に半導体の製造プロセスを持っておかなければいけない。
- ・産業技術総合研究所が中心にこれまで開発を進めてきた超小型半導体生産システムであるミニマルファブをベースにして、先端的な半導体の試作検証の産官学連携拠点を大学等に設置し、それをを用いて製品展開までつなげていくのが、現実的かつ有力な方向である。
- ・ミニマルファブの装置をさらに良いものにしていく場合には、やはり国家予算が必要で、確保する必要がある。維持費が国家予算で取れなければ、ミニマルファブできちんと自分で利益を上げて維持費を生んでいくようにする。この時にそこに関わる民間企業と設置者（例えば東大）の関係が重要。
- ・うまく仕掛けを作って一つのモデルができれば、各大学なり、海外なりに横展開する。展開した先で得られた情報なり知見というのをまたフィードバックしていけば、このミニマルファブが一つの環境作りになるはず。

➤ 第2回 11月19日（木曜日）13:00～15:30

講師： 産業技術総合研究所 原 史朗氏

議題： 多品種少量デバイス生産向けミニマルファブのテクノロジー、
マーケティング、ビジネス

- ・ ミニマルファブは直径 0.5 インチというウェハを利用し、これにより省エネ、省資源、省時間、省コスト、省人数（5つの「省」）を達成している。クリーンルームを用いないので、コスト・エネルギーがかからない。
- ・ ミニマルファブはパッケージングラインも一体化して行っている。ウェハのプロセスができ、パッケージングのラインもできるようにし、最後に Multi-chip bonder の開発を進めている。
- ・ 技術開発要素は多く、ミニマル装置の真空度を超高真空に引き上げるという技術開発を進めている。

- ・ ミニマルファブというのは新しいビジネス、というよりもむしろ新しい産業なので、そこに関わる全ての種類のビジネスをつくりあげなければならない。
- ・ EOL 品を大量生産用のファブに出すのは難しく、ミニマルファブでできないのかという検討が必要。
- ・ 技術教育（Education）に使うことも重要。
- ・ ミニマルファブをうまく使えば、デバイスプロセスのセールスビジネスやサポートビジネス、ファブシェアビジネス、エデュケーションビジネスなど、多くのビジネスが考えられる。
- ・ 人材育成、教育、研究開発という意味で、東大で、ミニマルファブを研究開発の強力なツールとして整備したら、あらゆる機能面で多くの役割が果たせるのではないかと考えられる。
- ・ 東大、産総研でミニマルファブを使った良いビジネスモデルを作れば、それを使って各地方の企業、大学も、地方の核となってミニマルファブを広げていくことができる。
- ・ ミニマルファブはモノをつくるという面では少量生産に向いているが、経営面で見ると試作代の削減など実状の改善となるので、この点がある程度見えるようにすれば、企業サイドにも提案できるはず。

➤ 第3回 12月16日（水曜日）13:00～15:30

講師：株式会社ブロードバンドタワー代表取締役会長兼社長 CEO 藤原 洋氏

議題：5G/Beyond5G 時代と、求められる「先端的半導体」とは？

- ・ 日本はものづくりが得意だから人工知能、ロボティクスなどで優位になるという論調は楽観的すぎる。まずは先端的半導体の技術が求められ、それがあってこそ競争力が生まれる。

- ・ リアルなデータが集めやすく効率化や生産性の向上が必要な領域はまだ手つかずの状況。
- ・ インターネット業界では、Google や Amazon が再生可能エネルギーでデータセンターを動かすと宣言。今後あらゆる面で省エネの努力が経済価値を生む。半導体の低消費電力化が求められる。
- ・ 半導体ビジネスを成功させるにはオープンイノベーションが必須。最終サービスを理解した上で半導体開発につなげるには、垂直モデルの確立が必要である。
- ・ 垂直モデルとは、この半導体は誰がどういう目的で使うかを知った上で一緒に設計するという事。つまり単なる下請けではだめだということであり、根本は「ユーザーの立場で設計する」こと。半導体は非常に重要な要素なので、最終利用シーンを知っている人と一緒に作るというスタイルから入ったほうが良い。どこの半導体ユーザー産業の隣にいるかがポイントである。
- ・ 試作品止まりとならないようにすることが大切。
- ・ 日本全体の産業の創生・イノベーションの担い手に、例えばドイツのフラウンホーファー研究所のように、産総研を中心とした国研になってほしい。
- ・ フラウンホーファー研究所は費用の7割を企業との共同研究や研究委託費で賄い、多くの地域拠点をもち、地域の中小企業から研究開発を請け負っている。ドイツのオープンイノベーションの担い手がフラウンホーファーになっている。日本でも民間企業との共同研究開発をもっと国研がやるとオープンイノベーションの流れが進む。
- ・ 人材育成も重要である。優秀で“面白い”IT 人材を如何に育てるのか。大学と国研を基点としたオープンイノベーションによる人材育成が重要。
- ・ 研究開発を日本でやって、マザー工場までは日本で、実際の量産の工場は世界のどこにあっても良い。経産省の政策も研究開発に対する重点志向をぜひお願いしたい。
- ・ 先端的半導体技術でも開発期間、試作期間は短いほどよい。Proof of Concept

を話だけでなく実現することが半導体にかかってくるし、その半導体の試作期間が短ければ短いほどサービスの実現に近づくので非常に重要。

➤ 第4回 1月28日(木曜日) 13:30~15:30

講師： 東洋大学情報連携学部学部長、東京大学名誉教授 坂村 健氏

議題： IoTの研究とこれから

- ・ IoTとは「モノをインターネットに繋ぐ」というより、「インターネットのようにモノを繋ぐ」ことを明確にした呼称とみるべき。生活の中にITが入ってくるのが最大の応用。
- ・ IoTを生活空間に入れていこうとすると、セキュリティとガバナンスが非常に重要になる。
- ・ 日本は“オープン”ということをよく理解しておらず、どうしてオープンにしなければいけないかということがわからないのでクローズ思考に行ってしまう。日本ではオープンアーキテクチャという考えが理解されていない。オープンアーキテクチャに乗り遅れたことも昨今の技術停滞の一因とも考えられる。
- ・ 日本も強みを生かして、もっとハードとソフトを一体化するようなことをやれば良いと思うが、プラットフォーム、オープンという考えがないとだめである。根本的な哲学をきちんと理解した上でやらないと、ただ、ハードだけやれば良いというのでは失敗するのではないか。
- ・ この30年間で技術環境は大きく変化し、半導体技術やネットワーク技術の進歩は著しく、無線でクラウドに直結している。さらに5Gの登場により費用だけでなく遅延コストも極小になり、通信を多用して高度な機能は外部化するというように、時代は非常に変わった。大きな変化は、通信環境が良くなったことである。5Gをはじめ高速のネット環境があることを前提条件としてアーキテクチャを研究しなければいけない。
- ・ クラウドとエッジノードを一体にしたようなアーキテクチャを進化させる Aggregate Computing Model を考え、これに基づいてクラウドとエッジをどのように機能分散させて一つの大きなシステムをつくっていくかが重要なポイント。
- ・ これから社会環境が大きく変化する。進む少子高齢化、働き方改革、多様化する要求、

そしてユーザーが大きく変わる。世界中でプログラミング教育が義務化され、プログラミングできる消費者が出現する。

- ・ 2030 年代にどのような住宅になるか、新しい未来の団地や未来の都市はどうあるべきか、IoT 設備とつなげていろいろなサービスが総合的に連携するとどうなるか。これは「住む」ことに関係するすべてのサービスのオープン化である。
- ・ ミニマルファブを成功させようと思うなら、「つくりたい」という人が自由に開発できる環境をつくって提供するほうがいいのではないか。そういうものをきちんとつくって提供すればユーザーの支持は得られる。

➤ 第 5 回 3 月 19 日（金曜日）16:30～18:20

- ・ ミニマルファブ普及のためには、企業から見て試作サービスの拠点が増えるという点がキーポイント。単に依頼するのではなく、自分たちも一緒にミニマルファブを使って色々なことをやりたいと考えている企業は多い。
- ・ フォトニクス、量子技術などに必要とされる次の世代の半導体にミニマルファブが使える。
- ・ 欲しいデバイスのレベルと現在のミニマルファブでできるデバイスの差が、これから普及させるためのネックになるのではないか。何ができるのかのレベルを明確にアピール、示すことで、利用者がやってみようとなり、最終的には as a Service みたいなことが本当に具現化できるようになるという気がしている。
- ・ 次世代の半導体に大学として取り組むべき際に、ミニマルファブを活用する方向性が出るのではないか。一方で、大学だけでは人的リソースが限られているので、試作サービス等と重ねてやっていくとうまくいくのではないか。ミニマルファブは、アイデアの実証、Proof of Concept を得るという意味で非常に良い。
- ・ ミニマルファブオープンラボ（仮称）が実現できた場合、運営主体として JV を作り、ミニマルファブの運営を行ってはどうか。こうした議論を進めるためには、ミニマルファブで何ができる（作れる）のか、どこまでできるのか定量的に議論をして整理することが重要。

- ・ 試作、開発、受託などのサービス提供、インテグレーター教育やリカレント教育などのサービス提供、さらには、ミニマルファブで開発した IP を外部のミニマルファブ利用者に提供していくサービスも将来的な収益モデルとして描けるのではないかな。
- ・ 今、産業界ではカーボンニュートラルやグリーン成長投資の非常に大きい流れがきている。ミニマルファブは、温暖化ガス抑制や使用電力抑制に相当効果があると思われるので、その効果を計測した上で、カーボンフットプリントを重視している企業にアピールするなどの発想もあるのではないかな。
- ・ 東大にオープンラボを作り、民間企業への試作サービス、東大と民間との共同研究などでマネタイズできるような環境を作り、その中でプロセスのインテグレーターの教育等を東大がやったらいいのではないかな。
- ・ 研究プラットフォームとして、教育、人材育成を含めて、きちんとした拠点を作る場合に東大であれば非常にクリアになる。研究プラットフォームであれば、プロセスの研究にもミニマルファブを使うことができ、試作やデバイスも作ってみることもできる。それを産業界に移すといった機能が果たせるような組織が東大であれば非常に良い。

以上