

# フレキシブルプリンタブルデバイス製造技術の開発

— 「どこでもデバイス、だれでもデバイス」の実現に向けて —

鎌田 俊英\*、吉田 学、小笹 健仁、植村 聖、星野 聰、高田 徳幸

IT 技術の裾野拡大を目指し、情報端末機器のユーザビリティ向上をもたらすべく、使用者の個性が活かせる端末機器の製造技術として、フレキシブルプリンタブルデバイス製造技術の開発に取り組んできた。ディスプレイ等の情報端末を含む新たな情報機器関連分野を切り拓く技術となるだけに、その技術の展開、普及のための開発シナリオとして、社会要求仕様の分析、個別開発要素技術の位置づけの明示、材料・製造・デバイスの各要素技術のセット化による全体像の提示、関連技術の連続的开发などを描き、それを実践していった。

## 1 背景：求められるフレキシブル情報端末機器

IT 技術が広く社会に浸透するようになって来た今日、その利便性を向上させる技術の開発は、IT 技術の拡大普及をもたらすこととなり、その結果巨大な経済効果を生むことが期待できる。またこれにより不要不急の資源、あるいは移動や通信のためのエネルギーを節約できるなど、持続的発展可能な社会の構築に資する技術を提供できるようになると考えられる。このため、今日そのハード、ソフトに関連する技術の開発が盛んに行なわれるようになってきており、国際的に技術開発競争が極めて熾烈になっている。

IT 技術は、ハードに関しては、情報を集約して処理を行なう「中央・幹線系技術」と、情報を吸い上げたり配布したりする「端末・アクセス系技術」とに大別される(図1)。前者は、コンピューターに代表されるように、技術的には

「高速」「大容量」「規格化」といった点などが重視され、シリコンテクノロジーを中心に様々な研究開発の取り組みが行なわれている。これに対して、後者は、ディスプレイに代表されるように、技術的には「多様化」「大量普及」「ユーザビリティ(使いやすさ)」といった点などが重視され、使用する人、使用される場所の個性に合わせた対応が望まれている。IT 技術の一層の普及拡大には、特にこの情報端末の普及(IT 技術の裾野拡大)が必須となっており、更なる利便性を提供する情報端末機器の創出が期待されている。こうした新たな情報機器の創出には、市場要求をよく把握することが重要である。特にこの情報端末機器に関しては、今日広く一般の人々がネットワークの利用に慣れ親しんでくるようになってきたために、そのユーザビリティに対しては、実に様々な要求が出されるようになってきてい

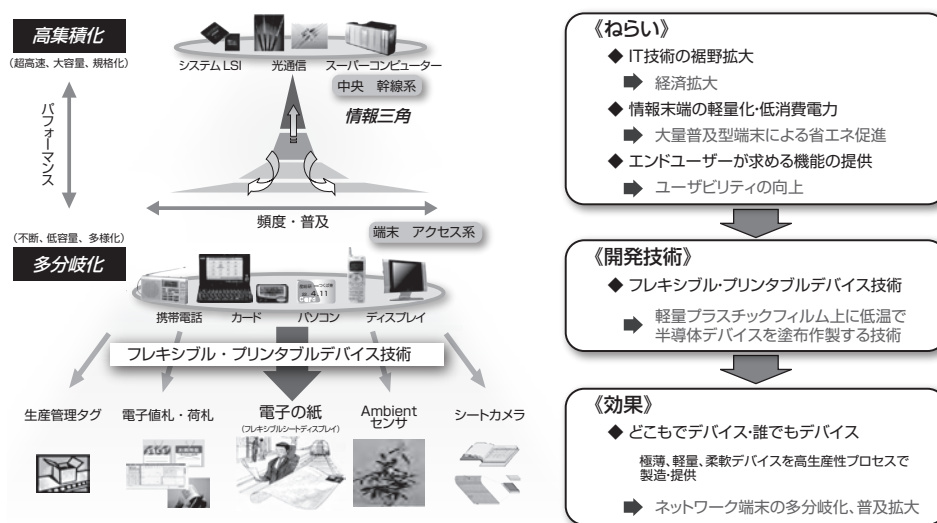


図1 フレキシブルプリンタブルエレクトロニクス技術の開発

る。例えば、軽量、極薄、落としても壊れない等の使用感に関する要求や、設置場所や使用環境に左右されない情報端末デバイスの製造（どこでもデバイス）、欲しい人が自分の欲しいものを作製できるようになる製造（だれでもデバイス）など、端末デバイスの提供方法に関する要求なども強く求められるようになってきている。これらの多様な個別要求に対応していくためには、従来の画一的な仕様を満たすだけの技術では、個別対応に終始するようなこととなり、とても産業として成立し得ない。それで、できる限り多様な仕様に適合できる自由度を備えた技術の開発が必要とされるようになってきている。

その一方、昨今の省エネルギー化推進の流れの中で、半導体プロセスにも大幅な省エネルギーが実現できるプロセスの開発（半導体技術のプロセス革新）が要求されるようになってきている。真空プロセスからの脱却、高温プロセスからの脱却、フォトリソグラフィプロセスからの脱却などが、特に重要視されていることで、適用されるターゲットによらず、決して見逃すことのできない重要な社会要請事項となっている。

## 2 研究開発のねらい

### 2.1 Prosumer electronicsの実現を目指す

「軽量・柔軟」「高生産性製造」「消費者が欲しいもの」などのような情報端末機器にかかる様々な要求を満たし得る技術としては、多様な仕様に適合できる自由度を備えた技術として、プラスチックや紙などのフレキシブル基板上に、液相プロセスでデバイスを作製可能にする技術、すなわち「フレキシブルプリンタブルデバイス製造技術」の開発が一つの大きな目標となる。これは同時に、脱真空プロセス、脱高温プロセスなどの低環境負荷プロセスを実現するものであり、社会要請という点からも、実現していかなければならない重要な技術目標である。

こうした技術が追求していく究極的な目標は、欲しい人が自ら欲しいものを作れるようにする、すなわち消費者による端末機器の生産（Prosumer electronics; Prosumer=Producer+Consumer）ということを実現させることにある。情報端末機器のように、使う人の個性を反映させることが究極の目標となるならば、それを実現できるツールを個人レベルに開放していくのが、技術目標となるということである。

この究極的な目標を実現するためには、単にフレキシブル基板上に液相プロセスでデバイスが作製できるようになればよいというだけではダメで、できるだけ簡便な素材と簡便な製造プロセス（150℃以下の低温塗布）、簡便なマシンでデバイスを作製することが可能になるということを実現

しなければならない。筆者らは、こうした技術目標を掲げて、それに資する技術開発を行ってきた。

### 2.2 必要機能・デバイス性能とプロセス条件との整合化

このような技術で作製される情報端末デバイスは、少なくとも用途に合致した必要最低限の性能は発揮されなければならない。単一技術で突出して性能が優れたものがあつたとしても、それがトータルシステムの中に組み込むことが困難であるならば、技術価値は発生しない。その一方で、一部多少の性能が劣っている部分があつたとしても、トータルとしての整合性が高ければ、効果的な技術となりうる。すなわち全体セットアップした段階でどのような価値が発生するのかが重要になるということであり、オプティマリー・コンシステント・デバイス（最適整合デバイス）というようなコンセプトである。そこで、本研究開発では最終製品を見据えたデバイス設計とそれによる基本仕様の抽出、およびそれらとプロセス条件との整合性が図れる技術を開発することを目標としている。

## 3 キーテクノロジーの開発

### 3.1 開発技術の抽出

上記目標を達成するためには、開発しなければならない要素技術は数多くある。しかし、まずは象徴的コンセプトとして掲げた「フレキシブルプリンタブルデバイス製造技術」が、そもそも実現可能なことなのかを示すために、実現のための代表的な技術課題を抽出し、その解決の手法を提示することで、実現へのシナリオを描くことを試みた。

例えば、フレキシブルデバイスというと、柔軟性を有する素材を用いたデバイス作製ということになる。柔軟性を有した最も代表的な素材は有機材料であるが、有機材料を用いる以上、加工には温度制約が必ず入る。すなわち、少なくとも素材が分解してしまわない200℃以下という加工温度で、必要性能を発揮するデバイスが製造可能になるのかを示す必要がある。また、プリンタブルデバイスといったとき、プリントという加工手法で、デバイス性能を向上させることができる加工精度が担保することができるのかということは最低限示す必要がある。

そこで、我々はまずこうした代表的な課題に対して、その解決手法が存在することを実証するための技術開発に取り組み、以下のような成果を得ることにたどり着いた。

### 3.2 低温塗布製造プロセス

製造プロセスの低温化には、製造に要する熱エネルギーの代替エネルギーを付与することが有効である。熱エネルギーは、反応場に対して全体に徐々に均等に伝わるエネルギーであるため、これを用いて作製されたデバイス構成部位としての薄膜は、均質性が大きな特徴となる。しかしな

がら、エネルギーが徐々に伝わり、なおかつ全箇所等方的に伝わるために、不必要な箇所にもエネルギーが伝わり、これにより様々な副反応が生じてしまう。これらを回避する技術として、光エネルギーや機械エネルギーなどの代替エネルギーを付与する技術の開発を検討した。

### ① 多源光酸化法

デバイスを高性能で安定動作をさせるためにキーとなる構成部材の代表的なものの一つとしてSiO<sub>2</sub>絶縁膜をあげることができる。このSiO<sub>2</sub>絶縁膜をデバイスに適用可能な高品質膜として形成させるためには、通常は少なくとも数百℃の加工温度が不可欠とみなされている。このような代表的デバイス構成部材を仕様通りの制約下（加工温度200℃以下）で加工可能にすれば、技術コンセプトが受け入れられるとの考えのもと、同部材の低温塗布加工技術の開発に取り組んだ。

数百度のケイ素化合物に酸素を反応させると二酸化ケイ素（SiO<sub>2</sub>）が生成する。これが溶媒溶解性の材料を原料として、反応後に高緻密薄膜として得られるようになると電子デバイス用絶縁層が液相プロセスで得られることとなる。しかし、この反応は酸化反応であり、通常は塗設後500℃以上の高温処理を要する。この反応温度を下げるためには、触媒を用いる工夫がなされたりするが、ここでは電子材料として用いるので不純物の混入を避ける必要があり、その意味では添加剤を用いることはできない。そこで、我々は光のエネルギーで必要なエネルギー量を局所的に注入するという構想を持ち、この反応を進ませる技術の開発に取り組んだ。その結果、多源光酸化法を開発することで技術導入に成功した<sup>[1]</sup>（図2）。ここでの技術開発のポイントは、SiO<sub>2</sub>膜を作製するための反応前駆体に応力損傷を受けにくい結合種を有する材料を選択したこと、この結合種を励起させるのに適切なエネルギーを有する光源を選択できたこと、さらにこの前駆体と反応させる反応活性種を励起させるために適切な別光源を選択できたことなどにあり、特にこれらの

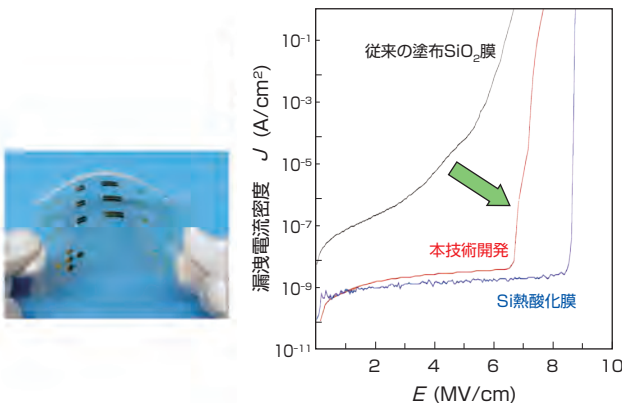


図2 低温印刷絶縁層形成のための多源光酸化法の開発

光源にレーザーのような局所高密度エネルギー光源を用いるのではなく、ランプレベルの比較的汎用性が高い光源で反応を進ませることができるようにしたことが、新規開発プロセスの意義をアピールするのに大きなポイントとなった。全工程の中での最高反応温度を、200℃以下とすることができたため、膜の膨張収縮に伴う欠陥発生を抑制することができ、結果的に高緻密SiO<sub>2</sub>薄膜が得られるようになった。作製したSiO<sub>2</sub>薄膜は、抵抗率10<sup>15</sup>Ωcm以上、絶縁耐圧は7 MV/cm以上という高い絶縁性を示すものとなった。この技術は、現在主としてディスプレイ用TFTの絶縁層の構成材料などとして検討されており、ディスプレイの面積積化やフレキシブル化に資する技術として、ディスプレイメーカー等で実用化検討がなされるようになってきている。

### ② 三軸分配加圧アニール法

「フレキシブルプリンタブルデバイス製造技術」とは言っても、使用される技術対象によっては、開発すべき技術の仕様に更なる大きな制約が入る。例えば、メモレブルの表示媒体を電子化する際には、生産コストの制約は極めて厳しくなる。この場合高価な材料は使用できなくなってくる。すなわち、低温加工ということに加え、使用できる材料にも制約が入るということで、こうした条件でも技術適用が可能であることを示す必要がある。そこで我々は、汎用プラスチックフィルム（PETフィルム）上に、汎用導電インクで、低抵抗配線を印刷で作製する技術の開発に取り組んだ。導電インクは、印刷パターン形成後、抵抗を低下させるために通常は400℃以上で焼成する。この温度を低下させる技術として、最近ナノ粒子の利用が良く検討されている。しかし、ナノ粒子を利用して材料コストを高騰させてしまっは、上記目的に合致

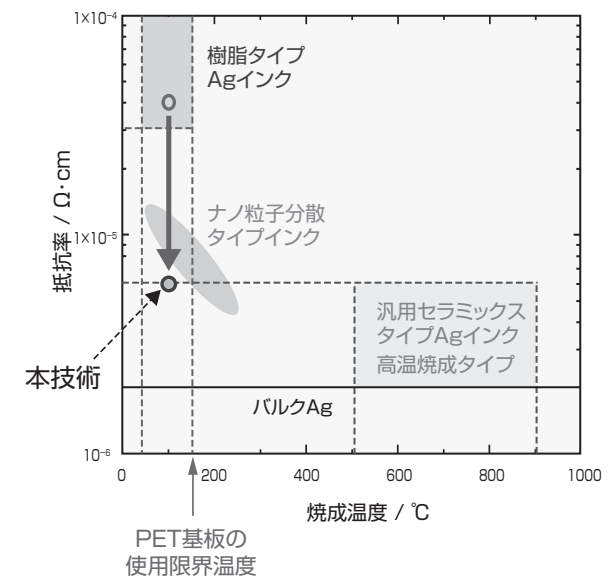


図3 低温印刷導電パターン形成のための三軸分配加圧アニール法の開発

しなくなる。そこで我々は、汎用インクでも低抵抗が得られる低温焼成技術の開発に取り組み、圧力を用いる技術を採用することで技術導入を実現させた（図3）。ここでもやはり反応に要する温度をいかにして下げるかがポイントであった。本技術においては、圧力エネルギーを利用することで低温化に成功したわけだが、この圧力エネルギーは、全体に均質エネルギーとして与えるのではなく、局所に異方的エネルギーとして与えることで低温化を実現させたのである。すなわち、エネルギーは欲する局所に集中させ、周辺の不要部分には分散させないという考え方である。結果的に、この手法で汎用銀ペーストを用いた印刷パターンにおいて、120℃以下の反応温度で抵抗率 $6 \times 10^{-6} \Omega \text{cm}$ （参考：バルク銀の低効率 $=1.6 \times 10^{-6} \Omega \text{cm}$ ）を得るに至っている。前述のナノ粒子銀ペーストを用いても、同様の抵抗率を出すためには200℃以上の加熱が必要となっているのに比べると、圧力エネルギーが低温焼成に極めて有効に働くことがわかる。

### 3.3 プリントブルデバイス製造プロセス

一方、プリントブルデバイス製造技術を開発するに際して、最も大きなハードルとなっていたのが、「プリントブル」というプロセス仕様要求と高性能動作というデバイス仕様要求とが両立できるかということにある。デバイス性能は、ある程度微細な構造制御を行なうことが必須となるために、加工精度が担保できるかということが絶えず問われる。通常液相プロセスでは、デバイス加工をする際に、面内方向の微細加工精度があまり高くなく（数十 $\mu\text{m}$ 程度まで）それ故に面内加工精度が必要なトランジスタ素子などは、十分な機能を発揮させることができないのではないかと目されていた。そこで我々は、プリントブルデバイス製造技術を確立するためには、まずこの技術課題を解く方法を開発することが技術分野にブレークスルーを与えるものとして、そのための技術開発に取り組んだ。

#### ① トップ&ボトムコンタクト型トランジスタ

技術開発上の着眼点として、まずプロセス面内加工精度

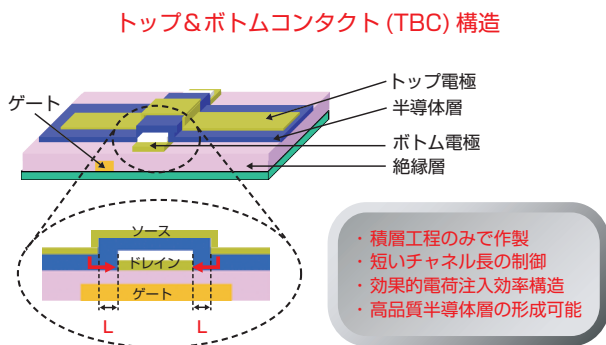


図4 全印刷素子形成のためのトップ&ボトムコンタクト (TBC) 構造の開発

は数十 $\mu\text{m}$ 程度までしかないという事実は一旦受け入れること、その上でデバイスのパフォーマンスを決める数 $\mu\text{m}$ 以下の動作部位（チャネル）を素子構造設計により構築することという方針を立てた。こうして開発したのが「トップ&ボトムコンタクト型トランジスタ」である<sup>[2]</sup>（図4）。デバイスのパフォーマンスを決める $\mu\text{m}$ 以下のスケールでの制御を要するチャネル部位は、膜厚方向に設置されるように設計し、制御は膜厚でなされるようにした。これで、面内方向の加工精度は高精度を要求しなくても良いようになるわけである。この結果、基本的には、描画細線の積層だけでトランジスタが作製できるようになり、その際でもサブ $\mu\text{m}$ 台のチャネル長を形成させることに成功した。この素子構造を用いることで、比較的移動度の低い高分子半導体（ $\mu = 10^{-2} \text{cm}^2/\text{Vs}$ 台）を用いて、全て印刷技術で形成したトランジスタにおいても、出力電流の電界効果変調率に当たるSS値にして0.2 V/dec以下の性能が発揮できることを実証した。これにより、プリントブルという製造プロセスとデバイス性能の向上という要求とが両立可能であることを示すこととなった。

## 4 いかに産業展開させるかのシナリオ

上記は、我々が開発した代表的な要素技術の例である。これらを個別に見ると、その技術価値は個別の特異的な技術にしか見えないかもしれない。しかし、これらの開発のシナリオとその技術の位置づけとを把握してもらうと、とたんに違う世界が見えてくる。次に、筆者らが産業展開を見据えて推進した上記技術開発のシナリオを紹介する。

### 4.1 エンドユーザーと技術ユーザーの異なる要求

斬新な技術を開発しても、それを誰が欲しがっているのかを把握していなければ、技術のアピール点を見出しそこなってしまう、結局は世に送り出せなくなってしまう。そこで、まず誰が何を求めているのかという点を良く分析・把握することを重要視した。情報端末機器というのは、まず何よりもそれを使用する人（エンドユーザー）の要求が最も重要である。それでは、エンドユーザーが欲しくなるようなものを提供するというで技術要求を整理することができるのかというところがそうはいかない。この技術要求も、機器の生産者、すなわち製造する企業の要求と合致する点がないと成立しないのである。例えば、エンドユーザーが欲する利便性の高い情報端末機器が1個10円でできる技術を提供するとする。しかし、これを1億個売っても売り上げは10億円にしかならない。これでは大企業では生業として成り立たなくなってしまうので、技術を欲することはない。しかし、事業規模の小さな企業であるならば十分成り立っていく。当たり前のことだが、こうしたことが「誰が欲しがる技術か?」ということの原点となっていくわけである。

## 4.2 プレイヤーマップの作成

上記「誰が欲する技術か」ということを整理するためには、プレイヤーマップの作成が有効である。類似の技術であっても、技術レベルによって要求することが変わってくるため、それを整理し、開発技術の価値の発揮どころを明確化するということである。表1は、技術フェーズとそのターゲット商品、主たる対象企業種を示しており、表2はそれぞれの技術フェーズにおける技術課題に対する取り組み状況を示すプレイヤーマップである。

例えば、ディスプレイといってもいろいろなものがある。テレビのように高度なディスプレイ（フェーズI）は、かなり大掛かりに高度な技術を組み合わせていく必要があり、大手ディスプレイメーカーの欲する技術となる。この場合、ビジネス展開のシナリオは市場要求からほぼ定まってきたので、あとはシナリオを実現可能にする革新的技術を開発するか、社会要求を導入できる技術を提供するようにするか先駆的技術開発の課題となるわけである。

次に、電子ペーパーなどの新しいディスプレイ（フェーズII）は、テレビほど大掛かりな技術を必要としない。したがって、大手メーカーであっても新興産業を狙う企業が欲する技術となる。この場合は、新市場開拓となるため、既存のものにはない機能の発現が開発の最優先事項となる。ただし、そのプロセスには、比較的簡便なものでも作製可能にしなければならないという制約は入る。同じディスプレイでも、表示器やラベルなどのような簡素な表示の電子化技術（フェーズIII、IV）は、簡易な技術ではあっても、まったく新しい産業製品を創出する技術となることから、中小やベンチャー企業等が欲する技術となる。ここでは、高価な特殊材料を用いない、高コスト製造技術を用いないなど、更なる多くの技術的制約がはいつてくるために、やはりそれ専用の技術の開発が必要となるわけである。

さて、このプレイヤーマップの活用の仕方であるが、ここからどのようなことを読み取っていったのかをいくつか例示

する。

- ① 開発しようとする個別要素技術は、全体のセットアップコンセプトとの整合性が取れるか。技術抜け、プレイヤー抜けなどが発生していないか。
- ② 開発しようとする技術は、先導性が発生する技術となるか。
- ③ 開発しようとする技術は、多角展開が可能な位置づけにある技術か。
- ④ 開発しようとする技術は、技術競争力のある位置づけが得られるものとなるか。

すなわち、技術マップ上の位置づけを明確に示して、勝てる技術となるかどうかの判断に非常に役立つということとなる。ここで言う「勝てる技術」とは、産業創出を先導するキー技術となりうる技術か（先導技術）、省エネなどの社会要請に応えられる技術となりうる技術か（社会技術）、技術開発力に十分な力を有しない産業への支援となりうる技術か（中小企業支援）ということをまず基準として検討している。

## 4.3 リニアモデル型とノンリニアモデル型技術開発

ところで技術開発のスタイルには、統一的で明確な目標を立て、そこに向かって計画的に開発を進めていくリニアモデル型技術開発と、ターゲットイメージは漠然と存在するが、そこに統一的な明確目標を立てることが困難で、なおかつそこへたどり着くシナリオもよく見えず。そのためあるジャンプアップ技術の出現に期待するというノンリニアモデル型技術開発というのがある（図5）。情報端末デバイス技術のように、目標仕様が多種多様にわたっている場合には、概して後者のノンリニアモデル型の技術開発になることが多い。

ノンリニアモデル型の技術開発は、一般的にはジャンプアップ技術の出現に期待されるところが大きく、その点では計画的技術開発が行いづらいつと目されている。しかし、実際に適応されている技術分野をよく分析すると必ずしもそう

表1 展開のシナリオ









技術階層	市場の例	技術レベル	技術ユーザー
フェーズI	 テレビ 携帯電話	 真空バッチ プロセス	大手専門企業
フェーズII	 電子ペーパー IDタグ	 印刷ロール Toロール	大手新企業
フェーズIII	 センサー スマートオブジェクト	 汎用印刷	中小企業
フェーズIV	 ラベル 認識表示	 個人製造	ベンチャー個人

表2 技術開発のプレイヤーマップ

	材料				プロセス	デバイス	プロトタイプ
	導体	半導体	誘電体	周辺材			
フェーズI 大手専門企業向け	企業	企業	企業	企業	企業	企業	企業
フェーズII 新規展開企業向け	企業	企業	企業 既技術	企業		企業	企業
フェーズIII 中小企業向け	既企業 既技術		既企業 既技術	既企業 既技術			
フェーズIV ベンチャー個人向け	企業 (既技術)		企業 (既技術)	企業 (既技術)	大学		
基礎		大学	大学		大学	大学	

ではない場合がよくみかけられる。本論文で検討の対象となっている、「情報端末デバイス技術」などもその一例である。技術的なバリアが高すぎるためにジャンプアップ技術の出現を待つのではなく、技術プレイヤーがいがないためにそこが技術欠けとなってしまっていて、その状態をあたかもジャンプアップ技術の出現を待つかのように取り扱ってしまう場合である。このような場合には、本来技術整理により、きちんとした計画展開ができるように持ち込めるはずなのである。

#### 4.4 技術の効果・先駆性は、ものとして見せる

ところで開発した技術は、例え単一技術であっても、それを関連技術ときちんと組み合わせ、技術アピールする試作品を作製して見せることが効果的である。すなわち、技術開発のセットが可能であるということを示し、技術コンセプトを先導していくことである。ただし、ここで注意すべきは、単に試作して機能を示すだけでなく、そこにメッセージを込めることが重要である。例えば筆者らの上記の開発例では、それぞれ固有のメッセージ付けを検討した。

「多源光酸化法」はディスプレイ用印刷 TFT として仕上げることを検討した。この試作検討の初期段階では、有機 TFT 駆動液晶ディスプレイで、カラー動画表示を世界で初めて成功させたというものとなった<sup>[3-5]</sup> (図 6)。印刷形成 TFT 技術への期待が高まっていた時期であっただけに、世界中で大きな話題となる成果となった。この技術には、将来的に大面積の極薄壁掛けスクリーンテレビが作製可能になるというメッセージを込め、技術的には高機能に加え、高信頼性、大面積加工適合性といった点を強調してアピールした。

「三軸分配加圧アニール法」は、全印刷無線タグとして試作デモンストレーションした<sup>[6]</sup> (図 7)。これは、フィル

ム上に無線タグが印刷だけで作製できることを示した世界初の例である。このため、近い将来フレキシブルな情報端末が手に入るようになるというメッセージを込めたものとなり、技術開発の目指すところまでアピールする結果となった。

ところで、ここで示した上記の開発技術例は、一般的に注目を集めやすいデバイスの活性層（半導体層）の作製方法ではなく、むしろ開発が後手になりがちな電極、配線、誘電体層の形成技術であるが、こうした技術に関して我々が積極的に開発に取り組んでいった事例をここでまず示したのにはもう一つの理由がある。それが、プレイヤー抜きの充填という狙いを紹介することである。ある技術コンセプトに対して、注目を集めやすい要素技術に対しては、自ずと多くの技術開発プレイヤーが集まっており、そこそこの技術発展が見込める場合が多い。しかし、上述のような要素技術は、往々にして技術ハードルではなく、ビジネス要因などその他の要因で技術開発に取り組めないような状況に陥ることがある。これではセットしようにもセットできない。技術コンセプトに対して「Totally consistent」ということが、成立させられないような状況になってしまうということである。したがって、技術コンセプトがトータルセットできますということをアピールするためには、抜け技術の充填をあえて狙って開発していく必要があるわけである。完結に向けた「last piece technology」というような概念である。我々は、公的機関の研究者として、技術開発コンセプトが、トータルセットができるということを一早く提示し、技術開発の方向性に対する先導性を示し、産業界での技

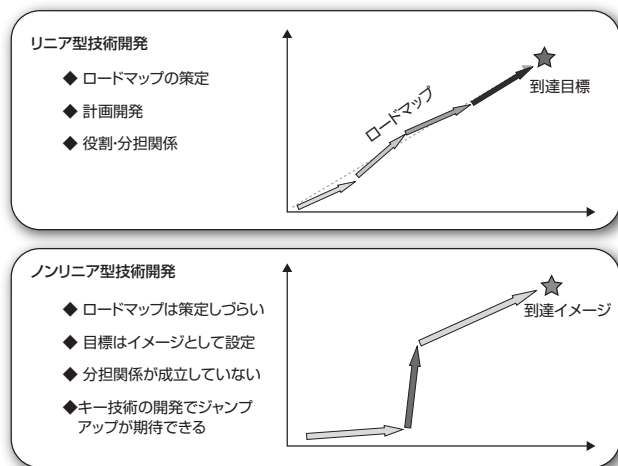


図5 リニアモデル型技術開発とノンリニアモデル型技術開発

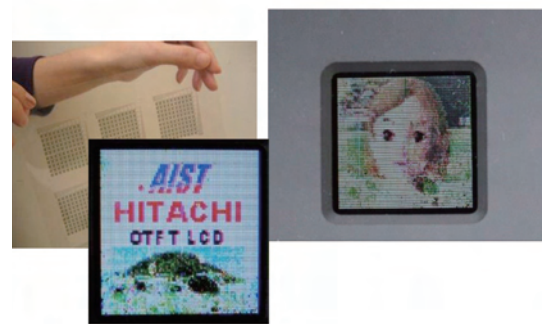


図6 有機TFT駆動カラー液晶ディスプレイの開発

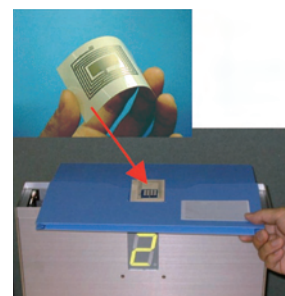


図7 全印刷製造フレキシブル無線タグの開発

術開発の取り組み方向へのリスクを軽減させるという役割を担うことを狙い、このような取り組みを行っていった。

こうした狙いの実践をもう少し具体的な事例で紹介してみる。プリンタブルデバイス技術（トップ&ボトムコンタクト型トランジスタ技術）の横展開として開発した技術に、三次元ナノポーラスデバイスというのがある<sup>[7]</sup>（図8）。液相プロセスの特徴の一つである壁面加工を有効に生かすべく設計したデバイス技術であり、これにより、多孔体の孔内を通過、あるいはそこに取り込まれる物質の高感度計測を可能にするデバイス（農業用センサー）を実現したというものである。これは、そもそもエンドユーザー（農業従事者）からの相談を受けて開発した技術である。農作物の生産管理用に、農業者が使いやすい高感度農業用センサーを開発して欲しいというものであった。これに対して、技術のセットを検討してみると、材料は入手可能、作製プロセスも既存技術で問題なし、システム開発者は既に存在、そしてもちろんユーザーもいる。唯一存在していなかったのがデバイス開発者である。すなわち、「技術抜け」が生じてしまっている状態であったわけである。この場合のデバイス開発は、経済活動をしているデバイス技術開発者にとっては、ほとんど収益の期待できない技術であることから、その開発に取り組む技術者が皆無であるという状況であった。それで、我々は公的機関の研究者として、開発に取り組むにはリスクが高い要素技術に対しては積極的に関与するという「リスクシェアの役割分担」の狙いで、この開発を引き受け、結果としてトータルでセットされる端末機器の開発を実現させた<sup>[6]</sup>（図9）。この成果はさらに Prosumer electronics 実現の可能性に関して強いメッセージを発するのに有効な技術ともなった。すなわち、ターゲットとしたセンサーは、取り付ける作物によってその形状・仕様等を少しずつ変える必要がある。しかも、取り付け場所は1個1

個異なる状態にある。さらに、その製造には過度の負担をかけてはならないという製品構想である。このような現場の多種多様な個別要求に応えられる情報端末デバイスを、現場ユーザー（農業試験場）と共同で開発することができたというメッセージを込めて発表した。

いずれの試作機も、開発技術がセットアップした後も十分機能するということを実演するというで技術の確からしさを示すとともに、開発技術により今まで見たこともないものが出来上がっていくというメッセージを込めたものとして技術の魅力点をアピールしていったという点が大きな意義を有していたと認識している（図10）。

最終的に、試作品そのものが実用化に向けて企業で取り込まれるようになるかは定かではない。しかし、こうしたメッセージの発信は、少なくともこれらの開発技術がその後企業で実用化への検討が進められるようになってきていることに大きく貢献しているものと思われる。

## 5 今後の課題・展開

上述してきたように、プリンタブルデバイス製造技術がカバーしようとする情報端末デバイス技術分野は、普及を促進すればするほど多岐化されていき、要求技術仕様は多様になっていくという性格を帯びている。それをそのまま受け取って開発に着手してしまうと、モグラたたきのような開発スタイルとなってしまい、モグラの数だけ技術が並列表記されるようになるだけで、およそ戦略的・計画的技術開発などというものが展開できなくなってしまう。そこでこれらを計画的に取り扱えるようにする取り組みとして、今後の技術展開の仕方として技術開発の面展開ということと連続展開ということを特に重要視するようにしている。

### 5.1 セット化の取り組みとそのタイミング

今日産業技術として展開させていくためには、単一技術だけで技術コンセプトを達成することは極めて困難である。多くの場合、開発技術を補完し合う異種技術の展開が

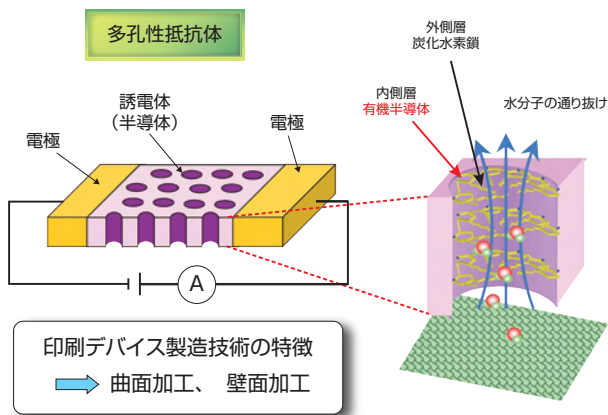


図8 フレキシブルセンサーのための三次元ナノポーラスデバイスの開発

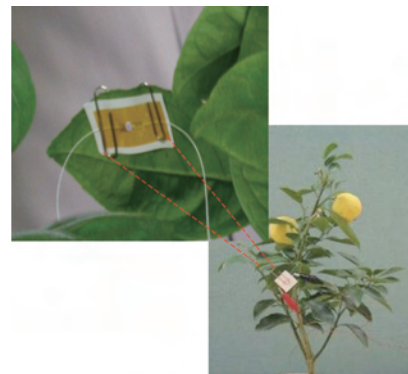


図9 農業用フレキシブル蒸散センサの開発

必要となってくる。これが、対象とするターゲットが既存のものであり、開発した技術がその一部を置き換えるだけという場合には、関連技術に対して注意を払う度合いは必ずしも高くないかもしれない。しかし、これが新たな市場創出につながっていく新技術概念である場合、すなわち先駆性の高い技術である場合、必ず他技術との組み合わせに大きな注意を払い、技術体系化することが必要となっていく。それで、技術開発の展開としては面展開すなわち技術のセット展開が重要となってくるわけである。

さて、この際一つ忘れてはならない重要な視点がある。それは今開発している技術はどの開発段階にいるのかという開発フェーズの概念である。技術のセット化はある意味当たり前であり、事業を見据えた開発をする企業においては、日常的に取り組みされていることである。しかし、ここに開発フェーズという時間の概念をきちんと読み込むと、単一的な概念ではないことに気がつく。すなわち、企業においてセット化の取り組みが行なわれるのは、技術がある程度完成させられるシナリオの全体像が見えてきた段階に入ってきてからである。企業といえども、シナリオがまだ良く見えてこない技術に対しては、その単一技術の探索することに終始せざるを得ず、どこかでそのシナリオが描けるようになるという情報が得られるのを待つということになる。

もう一つは、上述したようにセットしようにもそもそも「抜け技術」があるがためにセットのしようがなかったというターゲットを狙うという視点である。それを新規技術開発によりセットすることができるようになったということを示す意味合いである。これは、将に新産業製品の提示につながるが多いため知恵の出しがいと努力のしがいがあるということになる。企業活動においては、自社技術でないところで抜け技術が発生してしまった場合には、いかようにもすることができず、諦めてしまうことすらある。

こうしてみると、いったい誰が最初に産業展開のシナリオを示していくのかというのが課題となる。すなわち、産業技術に関しては、ここを示せるかが勝ち目のある技術とさせられるかのキーポイントとなるということであり、将に我々

が狙ったポイントである。

## 5.2 連続展開が早期普及を呼ぶ

更には、技術の連続展開すなわち次なる技術を連続的に開拓していくことはかなり重要なこととなる。開発技術がどのようなシナリオで産業技術として展開されていくのかという視点は、実用化させていくということを睨んだ場合には極めて重要な事柄となっていく。とかく単発的な技術開発になりがちな、当該分野においてはなおさらである。単発的な技術は、特定用途に適することはあっても、広く普及させることが困難となってしまうことが多い。一方、ひとたび関心を寄せてもらった技術に、二の手、三の手を示していくことは、技術の奥深さを示していくこととなり、より強い関心を引き寄せるのに役立つ。結果的に、関連技術全般についてその産業界への普及速度が速まっていくという効果を発揮してくれる。だからこそ、技術は常時連続的に開拓していき、どのような技術として成長させていくのかというシナリオを示していくことが重要となるのである。

## 6 おわりに

上記展開を推進し、ある程度社会に認知される成果をあげられることになったのは、我々が相互に密接な関係を有する研究チームを構成し、それぞれの研究開発が実質的に相互補完をなしえるような取り組みを行ってきたためと認識している。この点では、組織研究の強みを発揮できていると考えている。また、一方でこうした技術の多角的な展開ができたのも、その元をたどれば地道な学会活動がベースとなっている。学会活動における第1種基礎研究での活躍なしには、こうした技術に関心を寄せていただくようになることはさほどなかったのではないかという感触をもっている。

今後も、チームとしてこうした第1種基礎研究と第2種基礎研究のバランスをとりながら、新産業創出につながる産業技術とその展開シナリオの提示に努め、新産業の創出につながる技術の開発に取り組んでいくつもりである。

## 付記

本研究の一部は、NEDO「高効率有機デバイスの開発」事業、ならびにNEDO産業技術研究助成事業「三次元ナノポーラスフィルムセンサーデバイス技術の開発」の支援により行われた。

## キーワード

ディスプレイ、情報端末デバイス、フレキシブルデバイス、プロセス革新、有機半導体、印刷

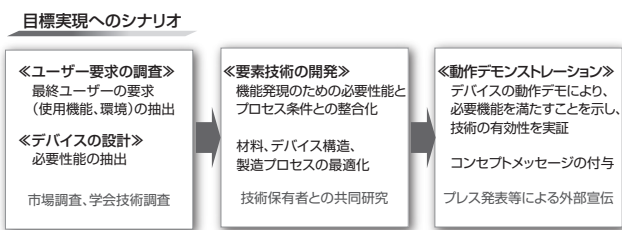


図10 フレキシブルプリンタブルエレクトロニクス実現のシナリオ



## 参考文献

- [1] T.Kodzasa, S.Uemura, K.Suemori, M.Yoshida, S.Hoshino and T.Kamata : Development of SiO<sub>2</sub> dielectric layer formed by low-temperature solution processing, *Proc. 13th Inter. Display Workshops*, (2) 881 (2006).
- [2] M.Yoshida, S.Uemura, S.Hoshino, N.Takada, T. Kodzasa and T.Kamata : Electrode effects of organic thin-film transistor with top and bottom contact configuration, *Jpn. J. Appl. Phys.*, 44(6), 3715 (2005).
- [3] M.Kawasaki, S.Imazeki, S.Hirota, T.Arai, T.Shiba, M.Ando Y.Natsume, T.Minakata S.Uemura and T.Kamata : High mobility solution- processed organic thin-film transistor array for active-matrix color liquid crystal displays, *J. Soc. Information Display*, 16, 161 (2007).
- [4] M.Kawasaki, S.Imazeki, M.Ando, Y.Sekiguti, S. Hirota, S.Uemura and T.Kamata : High-resolution full-color LCD driven by OTFTs using novel passivation Film, *IEEE Trans. Elect. Dev.*, 55, 435 (2006).
- [5] 鎌田俊英：有機TFT技術によるディスプレイの革新, *月刊ディスプレイ*, 11, 1 (2005).
- [6] 鎌田俊英：有機エレクトロニクスを印刷で創る (1), *日経エレクトロニクス*, 925, 131 (2006).
- [7] S.Hoshino, M.Yoshida and T.Kamata : Organic semiconductor-based flexible thin-film water vapor sensors for real-time monitoring of plant transpiration, *Sensor Letters*, 6, (2008) in press.

(受付日 2008.5.22, 改訂受理日 2008.9.3)

## 執筆者略歴

鎌田 俊英 (かまた としひで)

1990年3月京都大学大学院理学研究科後期博士課程修了。1992年4月工業技術院化学技術研究所入所(現産業技術総合研究所)これまで、有機材料を用いた光電子デバイスの開発に従事。NEDO「高効率有機デバイスの開発」事業では、プロジェクトリーダーを務める。2005年第11回東京テクノフォーラム21ゴールドメダル受賞、2006年第38回市村学術賞功績賞受賞。本論文では、ディスプレイの開発ならびに全体構想・戦略立てを担当した。

吉田 学 (よしだ まなぶ)

1999年3月千葉大学大学院自然科学研究科物質科学専攻後期博士課程修了。2001年4月産業技術総合研究所入所。有機材料を用いた新規電子デバイスの開発を得意とし、これまでフェーズⅡ、Ⅲ向けのデバイスおよびプロセス技術の開発に従事してきた。2006年第38回市村学術賞功績賞受賞。本論文では三軸分配加圧アニール法およびトップ&ボトムコンタクト型トランジスタの開発部分を担当した。

小笹 健仁 (こざさ たけひと)

1993年3月大阪大学大学院理学研究科修士課程修了。1993年4月工業技術院物質工学工業技術研究所入所(現産業技術総合研究所)。これまで、有機無機ハイブリッド材料を用いた光学デバイスや電子デバイスの作製技術の開発に従事して来た。2006年第38回市村学術賞功績賞受賞。本論文では、フェーズⅠ向けプロセス技術の開発を担当し、多光源酸化法の開発等で貢献した。

植村 聖 (うへむら せい)

2001年9月千葉大学大学院自然科学研究科高次物質科学専攻後期博士課程修了。NEDOフェローを経て、2003年4月産業技術総合研究所入所。これまで、バイオマテリアル、ソフトマテリアルを利用したデバイスの研究に従事してきた。2006年応用物理学学会講演奨

励賞受賞。フェーズⅠ、Ⅲ向け材料、プロセス技術の開発に取り組み、本論文では低温製造プロセスの開発部分を担当した。

星野 聡 (ほしの さとし)

1993年3月東京工業大学大学院総合理工学研究科電子科学専攻修士課程修了。日本電信電話株式会社基礎研究所研究員、NEDOフェローを経て、2003年4月産業技術総合研究所入所。2001年東京工業大学博士(工学)。これまで、発光素子、センサー素子、そのネットワーク化などに関する開発研究に従事してきた。本論文では、フェーズⅡ、Ⅲ向けデバイス技術として三次元ナノポーラスデバイスを開発、またフェーズⅠ向けデバイス基礎科学解析を担当した。

高田 徳幸 (たかだ のりゆき)

1995年3月九州大学大学院総合理工学研究科博士課程修了。1995年4月工業技術院物質工学工業技術研究所入所(現産業技術総合研究所)。これまで、有機ELや、メカノルミネッセンスなどの発光素子に関する研究に従事してきた。主として第1種基礎研究に取り組み、本論文では開発技術の基礎科学解析を担当した。

## 査読者との議論

## 議論1 フレキシブルプリンタブルデバイス製造技術の位置づけについて

コメント(立石 裕)

本論文における研究目標は、表題の「フレキシブルプリンタブルデバイス製造技術の開発」に端的に表現されているとの理解が正しいとすると、この研究目標の持つ社会的価値の記述が不十分であると思います。具体的には、情報端末機器に要求される仕様様々な使用感、どこでもデバイス、だれでもデバイスと、フレキシブル・プリンタブルデバイスの概念の間にはギャップがあります。フレキシブル・プリンタブルデバイスは、あくまでも上記のような仕様を満たしうるオプションの一つであり、これがすべてではないはずで、他にも候補があるが、ある条件が加わった時に、フレキシブル・プリンタブルデバイスがベストチョイスになる、その条件(あるいは詳細仕様?)についての説明がないと、始めにフレキシブル・プリンタブルデバイスありきの議論になってしまいます。製造工程上の省エネルギー化の要請だけで説明するのは無理があります。どのようなニーズのために、なぜこのようなデバイスが必要なのか、あるいは効果的なのか、その説明が欠落しているように思います。この問題は図1に端的に現れています。中央の「多分岐化」でくくられた階層とフレキシブル・プリンタブルデバイスの間には、明らかにギャップがあります。この図だとフレキシブル・プリンタブルデバイスがすべてを解決するようには見えませんが、そう単純な話ではないだろうと思います。

回答(鎌田 俊英)

情報端末デバイス技術は、これまでローエンドターゲットなどと呼ばれ、あたかも技術的には、ハイテクを結集すればでき上がってしまう付随技術であるという印象を持たれることが多くありました。しかし、実際にはその感覚に反して当該技術フィールドは思いのほか開拓することができず、産業技術展開しうる技術がほとんどないという状況におかれてしまっています。これは、ひとえに技術要求と市場要求とのマッチングが取れないため、技術指標のみからだけでは産業技術が開拓できないことを示しております。ご指摘いただいたような事項をそのまま受け止めてしまうと、結局はこの技術指標から積み上げるといった悪循環サイクルの中に落ち込んでいってしまいます。そこで、このような状況を打破し、技術フィールドを開拓していくには、この問題を解決しうる象徴的な技術を掲げ、その旗のもとに技術牽引を図るというのが、一つの好適な手法です。本論文では、現状では最も好適な技術指標として捉えられている「フレキシブルプリンタブルデバイス製造技術の開発」というコンセプトを象徴的に用い、当該技術フィールドの裾野開拓をしようとしている技術戦略について記述してお

ります。その社会的価値は、今日思うように進まない情報端末デバイス技術の裾野拡大の牽引というところにあります。したがって、その他の補完技術の詳細に触れることは、主論点をはずしてしまうこととなり、本論文で記載することはかえって逆効果と考えます。

コメント（小林 直人）

「フレキシブルプリンタブルデバイス製造技術」の開発研究では、どのような有力な対抗すべき技術があるのでしょうか。たとえば有機デバイスだけではなく無機半導体やガラス材料など異種材料・デバイスを使う場合と、同じ有機デバイスを使う中でも構成法やプロセスが違うものがあると思います。ある目標に向けた性能比較（ベンチマーク）が示されていると非常に分かりやすいと思います。全ての例示をする必要はありませんが、何か特徴的な例について行ってみたいかがでしょうか。

回答（鎌田 俊英）

本文に追記いたしましたが、技術開発には技術指標を示し、そこに計画的に邁進するリニアモデル型研究開発と、最終イメージはあるものの技術指標をたてにくく計画的展開がしにくいノンリニアモデル型技術開発があり、ここでは後者のノンリニアモデル型技術開発をいかにして進めるかという視点での議論を投げかけているつもりです。

ノンリニアモデル型は、その推進は概して特異的なひらめきに依存すると思われがちですが、実際には、全体マップを描き（全体の体系化を行い）その中で、いくつか尖っている部分を見出すという手法を用いれば、論理的・計画的技術開発が可能になるということを示してみようという趣旨です。したがって、例えば研究計画をたてるにしても、最初に有機材料とか無機材料とかの材料科学からのスタートにするのではなく、フレキシブルという物理量軸、溶解性という化学量軸等を用いて、その軸のもとに材料を体系化し、場面に応じて最適なものを逐次選択していくという手法ではないかと考えております。

したがって、必要なことは一技術指標のもとにベンチマークを作成して一軸的な技術開発計画を立てるのではなく、マップを作成して、技術的にマッチングがとれる部分（複数存在する）を浮き彫りにし、そこを研ぎ澄ましていくような開発計画を立てるという手法が、技術分野にフィットしているということ表現したいということです。この理屈からすると、技術シーズから積み上げていくと、かえって技術展開エリアを狭めてしまうことになるかと思えます。

コメント（立石 裕）

鎌田さんの回答を読んでから図1を見直してみたのですが、この図が私の mislead の出発点なのかもしれません。中央幹線系 → 端末アクセス系 という構図の下にフレキシブルプリンタブルデバイス技術、という絵が配置されているため、私は無意識のうちに、「フレキシブルプリンタブルデバイス技術が、既存の端末デバイス技術を代替しようとするもの」として読んでしまいましたが、実はそうではなく、既存のデバイスと「端末機器」という意味では同じ階層にあるものの、「別方向への展開としてフレキシブルプリンタブルデバイス技術が存在する」、というように理解すべきなのでしょう。既存の技術が総じて言えば「汎用性のある、なんでもできる技術」としての性格を持つのにに対し、フレキシブルプリンタブルデバイス技術は、「エンドユーザーのニーズに特化して単純化された機能の技術」としてとらえられるように思います。ただし、そのための製造技術が個々のデバイス毎に異なったものが必要だとすれば、とても産業としては成立しえないので、製造技術としては「汎用かつ異なったニーズへの対応が容易な自由度をもつもの」でなければ、裾野の拡大にはつながらないという点が、論文の主張のポイントになると思います。以上の私の理解が正しいとすれば、そのような意味合いを文章として入れ込んでいただくことは可能でしょうか？

回答（鎌田 俊英）

論文の主張点を汲み取っていただきましてありがとうございます

た。上記ご指摘いただきましたことが、まさに主張していきたい点です。本文の序章の段に、ご指摘いただきました点を意識して、少し追記しました。

## 議論2 技術展開の方向性について

コメント（立石 裕）

表1、表2に使われている「フェーズ」という表現には違和感があります。通常フェーズといえば、それは順次展開されていくものだと思いますが、ここで言われているフェーズはIV→III→II→Iと進化してゆくような性質には見えません。むしろ「レベル」という感じに近いのではないのでしょうか。

回答（鎌田 俊英）

ここで記述している「技術フェーズ」は、I→II→III→IVと発展していくものであり、その意味でフェーズという言葉は適切と考えます。「IV→III→II→Iと進化するのではないか」というご指摘は、現状の理解を誤っており、ここのところをご理解いただくことが、本論文では極めて重要なところだと思います。情報端末機器など、より最終ユーザー（使用者）に近いところの技術は、より複雑な技術が後から開発されるという図式は必ずしも成り立ちません。使用者の要求と製造者の要求とがマッチしないと、産業技術として発展していかないためです。例えば、フェーズIは、統一規格のマスプロという性格が比較的強いことから、より製造者の意向が反映しやすい技術です。すなわち、技術提供者、生産者がともに容易に存在するために、産業技術としての市場展開は比較的速く行なわれます。しかし、フェーズIVは完全に使用者よりの技術です。製造者にとっては、ビジネス利点がなかなか見出せないため、生産者・技術提供者として現われづらく、産業技術展開はなされにくいという性格を有しています。したがって、技術的難易度という指標ではなく、産業開花度というような指標からはフェーズIの技術よりは、はるかに遅れをとってしまいます。あえて言うならば、技術はフェーズI→II→III→IVの順に枝葉的に発展していくと見なすことができます。

本論文では、このように技術オリエンテッドでは市場展開しにくい技術、されどそれを求めている人（使用者）が多いという技術、いかにして発展させていくのかということに問題提起していくことが一つの重要な主張点となっています。

## 議論3 産総研の果たすべき役割について

コメント（小林 直人）

表1の展開のシナリオ、表2の技術開発のプレイヤーマップは、この分野特有のあり方について極めて示唆的かつ独自性の高い指摘だと思います。将来的には、技術が Prosumer Technology を目指すとすると、開発者・技術ユーザー・エンドユーザーが密に意見交換する場（時間と空間）が重要だと思いますが、それを先導する何か良いアイデアがあればお聞かせ下さい。

回答（鎌田 俊英）

Prosumer Technology は、言い換えると「自給自足」という概念であり、また視点を変えると究極のベンチャーという見方ができるかと思えます。したがって、役割分担という考え方をはずしていかねばならないという方向となるため、始めに役割分担ありきで、分担された役割に基づいた相互意見交換を求めてしまうと、実は実現しにくくなってしまふように思います。実際に実現させるためには、自分が Prosumer Technology の実施者となるのだという意識を促すこと、そのための補助として①技術情報を提供する場を設けること、②モデルケースを提示し、手法の先導を行なうこと、③実際に実行するためのツールを提供することということが必要と考えます。この中で、①や③はリスクシェアという視点から公的サービスとしての位置づけを検討すべきものではないかと考えます。また②は、セカンドジョブのような、新たな技術ライフスタイルを提示していくようなことかと思えます。いずれも、産総研のような公的機関が産業技術社会の一つの

スタイルとして検討提示していくべきことではないかと考えます。

質問（立石 裕）

議論1の観点から、表1と表2を見ると、よく概念が整理されていることが分かりましたが、本文を含めて、産総研（鎌田グループ）のポジショニングについての記述がないのが気になりました。これらの表の中に産総研の戦略を具体的に記載するのは難しいでしょうか？

回答（鎌田 俊英）

公開論文という性格上、あまりあくの強い形で自己主張するのをはばかり、「自分が」というトーンは意識的に少し落としていたところがあります。ただ、実際には本論文の分析主張自体が産総研の立ち位置、我々の狙い（技術コンセプトの先導、リスクシェアなど）を強く主張しているものとなっております。ご指摘に従い、修正文においては、主語（我々は、）を意識的に追加しました。

#### 議論4 技術開発の展開の基本的な考え方について

質問（小林 直人）

材料・プロセス・素子を絶えずセットで捉える考え方は、極めて重要であると思います。また補完すべき他の異種技術との統合を行う面展開の考え方や連続展開の考え方も非常に大切であると思います。これらの考え方は、産業技術開発一般に共通して言えることだとも思いますが、今回の「フレキシブルプリンタブルデバイス製造技術」の開発研究に特有の課題として他に何か特徴的なことがあるのでしょうか。

回答（鎌田 俊英）

「フレキシブルプリンタブルデバイス製造技術」がカバーしようとしている情報端末デバイス技術のように、その技術仕様の多くをエンドユーザー（使用者）が決めるような技術では、技術は少量多品種提供への対応ということになることが多いため、技術開発スタイルは、統一指標をもたないノンリニアモデル型となりがちです。このような場合、その技術コンセプトが、一要素を分担する製造者のビジネスコンセプトとマッチングがとれないというようなことだけでも、材料から素子、モジュールまでを一貫させることができなくなってしまい、結果としてその技術コンセプト全体が産業として花咲かせることができなくなってしまうということが数多く生じてしまいます。すなわち、一連の要素技術の中で、「技術抜け」ができてしまい、そこが律速となって技術開花しないというケースが極めて多いというのが特徴となるということです。しかも、その「技術抜け」が技術的困難さで生じるのではなく、ビジネス背景などから生じてしまうことが多いため、いくら待ってもプレイヤーが現われなれないという状況になっています。

本文中に記載した「面展開」という概念は、自分の守備位置を確認するために、全体像を把握する必要があるということを表示しているのではなく、「技術抜け」を生じさせないために全体像を把握し、「技術抜け」ができているところこそリスクシェアの役割を果すプレイヤーが取り組むべき課題が発生しているということを表示しようとしたものです。また、「連続展開」ということを敢えて強調したのは、少量多品種適用にかかる技術に共通の課題となっている「技術開発が単一ターゲット適用に見えてしまい、技術の奥深さが見えなくなってしまう」という問題点を解消することを意図しました。すなわち、一見単一技術適用に見える技術であっても、実は横展開ができるという具体的事例を示すことで技術の奥深さを示し、技術開発のプレイヤーと

しての参入障壁を低くしてやる効果を発揮させることが必要であるということを主張しています。

質問（小林 直人）

今回の第2種基礎研究としての構成的方法は、4.4節「技術の効果・先駆性は、ものとして見せる。」に詳しく記されていると理解しました。特に「多元酸化法」、「三軸分配加圧アニール法」では、それらが「抜け技術」を補完する「脇役技術」と言う表現がありますが、しかしこれがないと技術として完成しないわけですので、極めてエッセンシャルな技術ではないかと思えます。構成方法としては、完成しつつある部分に最後のピースを入れるような「はめ込み型」とも言えるかもしれませんが、そうであるとしたらそのような役割を強調した表現（「脇役技術」と言う表現でなく）が必要な気がしますが、上記解釈も含めてどのように考えられますか？

回答（鎌田 俊英）

「脇役技術」というのは、少し後ろ向きな表現で、適切性に欠けると認識いたしました。ご指摘いただきましたとおり、実態としては、トータル設計のために不可欠な技術です。このところの表記を、「抜け技術の補完」→「抜け技術の充填」、「脇役技術」→「last piece technology」のように変えました。

#### 議論5 個々の要素技術の見極めの戦略について

質問（小林 直人）

「著しく優れた技術があってもデバイスはできず、一部多少の性能が劣っている部分があったとしても、トータルとしての整合性が高ければ、効果的な技術となりうる。」との指摘がありましたが、これは極めて重要だと思います。仮に、これを最適整合デバイス（オプティマリー・コンシステント・デバイス）と名づけたとして、それを構成する個々の要素技術をどこまで許容するか、あるいはそのうちの幾つかについてさらなる高性能化を図るかは技術開発戦略によると思います。その見極め（どこでオプティマムと判断するか）をどのようにするかについてのアイデアがあればお聞かせください。

回答（鎌田 俊英）

技術は進歩に対して受け入れられるということを考慮すると、まず「最適整合」というのは時間の関数として捉える必要があると考えます。取りあえず、現状と明確な差別化ポイントが認識できるようであれば、その技術は受け入れられると思います。ただし、進歩の歩幅があまりにも大きすぎると逆に受け入れられなくなってしまいます。そのため、「最適整合」は必ず時間で刻むこと、その刻んだ歩幅の中では明確な差別化ポイントが認識できるようにすることというのが、技術見極めを行なうための最初の指針かと思えます。その上で見極めをどのようにするかは、差別化ポイントをどのように認識できるようにするかということになりますので、これに対して敢えて言うならば、開発者は可能な限り社会に出て、一市民となった時の感覚（社会性）を磨くことが重要なのではないのでしょうか。繰り返し述べることになりませんが、当該技術分野においては、技術仕様は製造者によるよりも、エンドユーザーによることの方が圧倒的に高いということが特徴となっているため、技術オリエンテッドではなく、いかに社会性オリエンテッドにすることができるかが、重要な点になるのではないかと考えます。