

ユビキタス情報化社会の実現に向けたナノテクノロジーの展望

荒川 泰彦 (ナノエレクトロニクス連携研究センター 教授)

1. は じ め に

ただいまご紹介にあずかりました荒川でございます。お忙しいなかをお集まりいただきましてありがとうございます。本日は「ユビキタス情報化社会に向けたナノテクノロジー」ということでお話しをさせていただきたいと思っております。

(図1)

本講演でお話させていただく内容ですが、次のような構成を考えております。まず、イントロダクションとして皆さんご承知のユビキタス情報化社会のコンセプトに関連したお話をさせていただき、それがナノテクノロジーとどうかかわるかということについて簡単に述べます。次に、ユビキタス情報化社会実現に必要な情報デバイスについて、ナノテクノロジーの視点からながめさせていただきたいと思っております。また、現在私どもで行っています関連します産学官連携国家プロジェクトの簡単なご紹介をさせていただきたいと思っております。そのあとに私どもの最近の研究のご紹介を少しさせていただきたいと思っております。ただ、専門家でない方が多いかと思っておりますので、あまり深入りせずにご説明したいと思っています。

講演の内容

- ・ イントロダクション: ユビキタス情報社会の展開
- ・ ナノテクノロジーと情報デバイス
- ・ 産学連携国家プロジェクトの紹介
- ・ ナノテクノロジーと量子力学
～量子状態の制御の例～
- ・ ナノテク情報デバイスの発展
～量子ドットレーザを中心にして～
- ・ まとめ

図1

2. ユビキタス情報社会の展開

(図2)

まず、これはインターネットのトラフィック量の今後の増大の予想であります。ご承知のように、いま ADSL が大変普及し始めております。今後は光ファイバーが本格的に普及するようになると思います。私の家でも光ファイバーを既に引いていますが、100 Mbps の光ファイバーを一度使いますともうやめられません。最近容量の大きな添付ファイルが送られることが非常に多いので、自分の家で仕事場と同じ環境を実現しようとする、光ファイバーが不可欠です。ADSL ではまだらっこいという、そういうような感覚を持つようになっていきます。一度いい世界を味わってしまうと戻れない、ということのまさに実例です。

そんなわけで、今はやや通信不況で企業などで皆さん大変苦労しておられますが、確実にトラフィック量は伸びますので、インフラやそれに関連する技術の開拓は不可欠であることは間違いのないところであります。

一方、先ほどトラフィック量の単なる増大とともに、やはり量の変化が質の変化をもたらすであろうということは皆さんすでに感じておられることかと思っております。昔は1対

インターネットの革新性と課題

増加する情報量に従来の方法では対処できなくなる
(情報流通は音声からデータ、特に映像情報量が飛躍的に増加する)

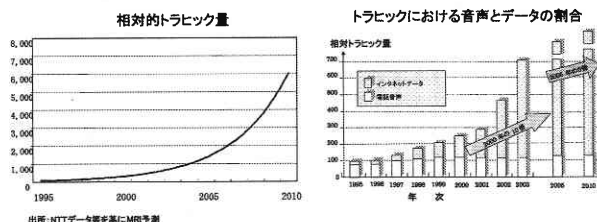


図2

1の電話のコミュニケーションであったわけですが、今やコンピュータもすべてつながる強い結合のネットワークと なっています。

そこで何が起るかという、コンピュータどうしが通信を自分自身で勝手にに行いますので、非常にトラヒックの量が増えてきます。これが先ほどの予測になっています。また、このようなネットワークは、非常に効率的になっているのですが、当然一箇所でも何か起こればすべてに波及するというような危険な状況が生まれます。このような強結合状態は、単に通信ネットワークだけではなくて、社会のさまざまな仕組みの中で起こりつつあります。例えばSARSの問題一つにしても、中国で流行ったものが1日たてば飛行機で日本に来る可能性もあるわけでありす。田中昭二先生が、東大名誉教授の方ですが、情報におけるこのような状況を、「情報の第二量子化」という言葉で表現されています。その意味は、情報ネットワークにおいて非常に相関の強い状況が、情報を通じて展開されているということでありす。

(図3)

このような中で、われわれ、効率的で一方で安全で安心な社会を広い意味でのバリアフリー化により実現することが社会目標となってきます。既に非常になじみのある言葉になってまいりました「ユビキタス情報化社会」がこの考え方を具現化するコンセプトになっています。この場合、「ユビキタス化」というのは、単に、「いつでもどこでも」というだけではなくて、ここに書いてありますように「安心できる社会」それ自体をつくりあげるということでありす。

ユビキタスコンピューティングという言葉は、1990年代の最初にゼロックスにより提案されました。その後しばらく静かになっていたのですが、私どもが電子情報産業技術協会の委員会で情報技術戦略というのが国家的にどうあ

るべきかということ、産業界や経済産業省の若手の方々と一緒に98年ごろから議論しておりました。その議論の結果が、安全・安心をもたらす「ユビキタス情報化社会」という概念の創出です。ここでの議論がその後のわが国のいくつかの科学技術計画に盛り込まれ、現在の一つの流れをつくったと私ども関係者は自負しています。

「ユビキタス情報化社会」の実現に向けた技術は単に通信技術だけではなくてセキュリティとかヒューマンインターフェースすべてを含む様々な技術の総合化であり、大変広い技術であります。すなわち、単にハードウェアのインフラだけではなくて、例えばいま女性が働く社会ですが、子どものテイクケアや親の介護などについて安心してスムーズに対処することも、この概念の中に入ってくるわけでありす。

最近ロボット概念も「ネットワークロボット」として大変広くこのネットワークの中で考えられているのは皆さんご承知のとおりです。またこれは新たな学術分野を呼び起こすとともに、様々な産業をまた生み出すということがいえるかと思ひます。

わが国の産業の立場でいいますと、このような比較的個人的なところから、ボトムアップ的に展開を進める機器の開発は、携帯電話やゲームで既に実証されているように、日本が得意とするところでありまして、この方向が日本の産業技術競争力を強化するであろう、そんなような期待があるわけでありす。

(図4)

ディスプレイの展開が今後大変重要になりますが、これもユビキタス情報社会において大きな役割を果たします。

ディスプレイの技術というのは、大きく分けて三つあります。まず、三次元的ないわゆる立体ディスプレイです。これの用途はかなり特殊になるだろうと言われています。例えば遠隔手術を行ったり、あるいはゲーム的なもの。

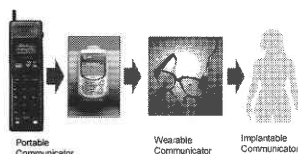
一方、普段われわれが高臨情感というユビキタス性を感じるためには、いわゆる2次元的なディスプレイで十分で

ユビキタス情報化社会に向けた技術戦略

いつでも、どこでも、誰とでも、バリアなしでコミュニケーションできる社会。安心社会の実現。

セキュリティ、ヒューマンインターフェースからコンピュータ、ブロードバンド・ワイヤレス技術まであらゆる技術の総合化。

わが国が得意とする個人機器を出発点として、産業競争力を強化する。



ユビキタス情報化社会: ブロードバンドとワイヤレスにもとづいた情報バリアフリー社会、1996年電子情報技術産業協会が提唱。

図3

電子ディスプレイの進展

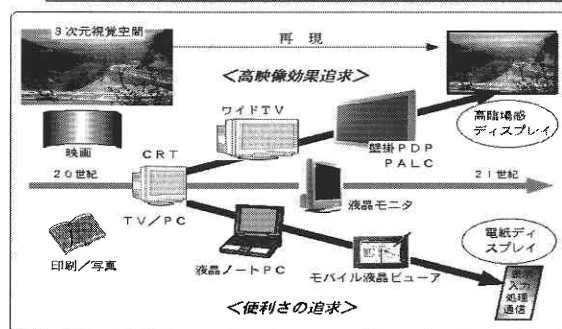


図4

あるといえます。その場合、高精細性と大面積性が鍵となります。もちろん既に PDP、あるいは液晶で非常に立派なものができておりますけれども、これをさらに低消費電力化することが、社会全体のエネルギー問題の立場から、大きな課題となります。

もう一つの方向は、やはりユビキタス性に関連しますが、紙のように畳んで、自由に持ち運ぶことができるようなディスプレイです。いわゆる e ペーパーと呼ばれるもので、有機半導体など大変重要な役割を果たします。これらはプラスチックエレクトロニクスとして、今後発展するものと期待されます。

このような個人機器の中が、ユビキタス情報化社会で活用されるためには、情報ネットワークの充実が不可欠になります。最初に申し上げましたように、インターネットのトラフィックの増大が見込まれるわけでありまして、その中でインフラをきちんとつくりあげることは重要な使命となります。

ただ、光通信ネットワークは、数年前に一種のバブル時代がありまして投資を非常に多くした時期がありました。しかし、あまりにも投資をし過ぎたために、実際に光ファイバーを使われているのは数パーセントに過ぎない、という状態が北米において生じてしまい、一気に投資が冷え込んでしまいました。その結果設備投資が止まり、景気が一気に落ち込んでしまいました。

(図5)

ただ、既に述べましたように、通信のトラフィックは確実に大きく増加していますので、数年のうちに需要が現ネットワークの容量を超える状況がやってきます。そのクロスポイントは3年から5年で来るだろうといわれております。そこで慌ててもパニックが起きるだけですので、今のうちに我が国が牽引役になり、きちんと技術開発を国と産業界が団結して進め、光通信ビジネスの復活をはかることが望まれます。したがって、地域系の光インターネット

網、あるいは世界のインターネット網の充実がさらに必要となります。

このような光情報通信技術については、長期的な視点を持ち技術開発を推進することが重要です。光産業技術振興協会では、1996年から私が主査となりまして、光テクノロジーロードマップを、作成しています。この図は、2回目の改定を行った2001年度版の火k利通信技術ロードマップのポイントを示しています。ゴールは2010年から15年を想定しています。

アクセス系が皆さんにとって最も身近になるわけですが、このアクセス系におきましてはコストが大きなファクターです。ただしローコスト化というのはローテクでできるかということではなくて、ローコスト化はハイテクでもって初めて実現されるものです。上位の市内系、さらには幹線系においては、ハイテクがさらに重要な技術の地位を占めることはいうまでもありません。

ここには細かいことが書いてありますが(スライド省略)、これは地域系インターネットの、先ほどのロードマップを実現するためにどういう技術が必要で、どういう部品が必要かということを記したものであります。重要デバイス部品に対しての技術項目で、課題で、どういうアプローチがあるかということを書いてあります。ここで申し上げたいのは、この辺を見ると量子ドットとフォトニック結晶が入っており、重要なキーになっていることです。この量子ドットとかフォトニック結晶は、ナノ構造でありまして、このようなナノ構造を今後開発をきちんとしていくことにより、われわれの必要とする未来のネットワークを初めて実現できるわけです。次に述べるように、ナノテクノロジーと情報デバイスは大変深い関係にあります。

3. ナノテクノロジーと情報デバイス

(図6)

量子ドットとは何かということですが、これは量子ドットの断面を示す SEM・走査型電子顕微鏡の写真でありまして、だいたい15ナノメートルぐらいの底辺を持つピラミッドがありますが、この小さな構造を量子ドットと呼びます。半導体の中ではふつう電子は自由に運動していますが、ポテンシャルが低くなっているピラミッドの中に落ち込むと、電子の大きさ程度のところに閉じ込められてしまいます。ピラミッドの大きさに対応した固定したエネルギーを有する電子となります。したがって、量子ドットの形状を制御することにより、電子の性質を制御し尽くすることが可能になります。ちょうどそれは管楽器におけるサイズを合わせると音色が変わる、それに対応しているわけです。まさに電子は波であるということを利用しているわけです。

この分野は今大変発展していきまして、あとで述べるわけ

情報通信ネットワークの10年後の姿

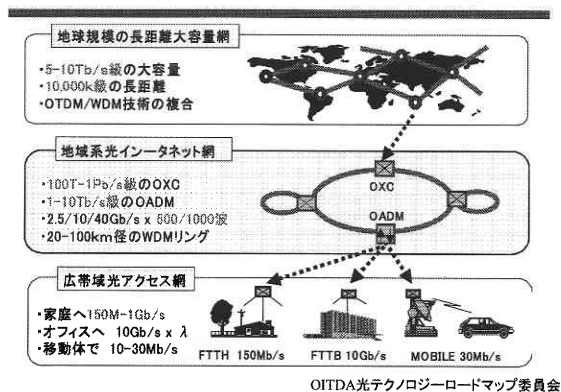


図5

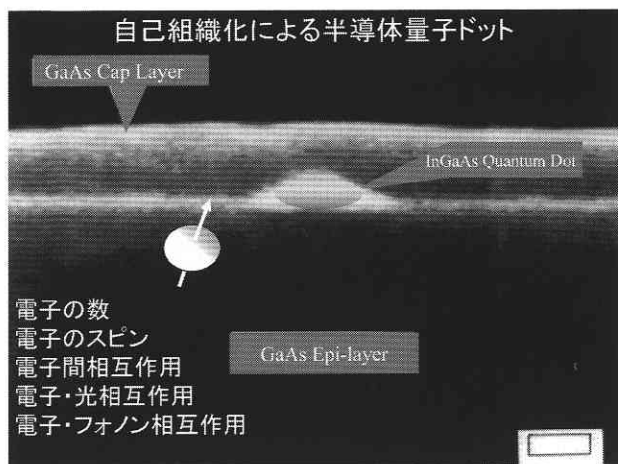


図 6

ですが、例えばこのピラミッドの中のいくつ電子を入れるか。1個しか入らないように見えるのですが、実はいくつか入る。そういうことがポイントになります。

電子は、ちょうど地球が自転するのと同じように、回転しています。自転しますとご承知のようにスピンの効果が現れます。スピンは、自転により生じる角運動量であり、上向きと下向きの二つの状態を取ります。

また、ピラミッドの中に電子が二つ入りますと、お互い反発しようという電子の相関相互作用が生じます。また光との相互作用も重要で、これがレーザーにつながります。さらには、電子と周りの格子（半導体の格子）との相互作用、これはフォノンというのですが、もあります。これらの理解も深めるとともに、ナノテクノロジーを駆使することにより、今やある程度、電子の状態の制御や設計をすることが可能になってきています。われわれは、これらの理解や制御技術を踏まえて新しい情報デバイスをつくっていくことをめざしています。

(図7)

電子の性質は量子力学的にはシュレディンガ方程式により決められます。特に結晶中では原子が規則的に並ぶことに起因する周期的ポテンシャルにより、バンドやバンドギャップができます。

それと同じことを光について考えます。光は電磁波ですので、マクスウェルの方程式で記述されるといのは皆さんご承知のとおりだと思うのですが、実はマクスウェルの方程式というのは基本的にはシュレディンガ方程式と同じものがあります。したがってそこに何らかの周期的な構造をつくりつけてやることによって、ちょうど電子が結晶の原子を周期的に感じるように、光が周期的な構造を感じて、光のバンドやバンドギャップができます。また、結晶の中のいわゆる欠陥にトラップされた電子のように、人工的な欠陥構造に光をトラップさせることができます。

フォトニック結晶

周期構造により光の波を制御する。
(群速度、完全閉じ込め、超小型光回路)

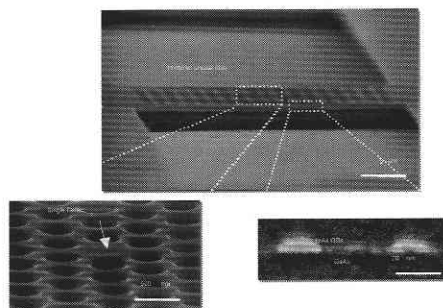


図 7

ナノテクノロジーとは

原子や分子を一つから数十個分の長さを基本単位とした構造を組み上げて新しい世界を創るという科学技術

原子の集合体が新しい機能を創る



図 8

この写真は、周期的に並んでいる穴の一つががふさがっていることを示しています。これが欠陥の役割を果たします。このような構造をつくることによって光の速度をもの遅くしたりすることが可能です。あるいは、先ほどのように完全な閉じ込めをつくることもできます。

それから、光通信で、光の信号をやりとりするときに、ルーター回路というものが必要となりますが、その大きさをフォトニック結晶を用いると非常に小さくすることができます。現在使っている光回路の1万分の1ぐらいの面積にすることが可能です。ルーターが非常に小さくなれば、例えば電話局において今いっぱい並べられている電子ルーターに取って代わることができ、その結果、総面積が小さくなり局舎の大きさを小さくすることができます。そうしますとエアコンの総消費電力も減り、エネルギー問題に貢献することができます。つまり省エネルギーがナノテクノロジーによって実現できるわけです。

今、われわれはさらにここの中に、先ほどの量子ドットを組み込んでやろうということも考えています。

(図8)

ナノテクノロジー

ダウンサイジング → 量の拡大
 イノベーション → 質の変化
 構造(量子ドットなど)、材料(CNTなど)

ナノテクノロジーは、技術の進歩に
 不連続性をもたらす

ナノテクノロジーとITの融合
 → 情報デバイスに革新をもたらす
 → 豊かな社会生活実現の牽引役

図 9

そんなわけでありまして、ナノテクノロジーというのは大変期待できるところであります。

ここであらためてナノテクノロジーについて簡単に考えてみたいと思います。ふつうの固体の原子間隔というのは、だいたい0.3ナノメートルくらいです。したがって10ナノメートルというのは、 30×30 、もし立方体だとしますと2,700個ぐらいの原子が入っているような構造になります。

これはDNAの写真ですが、DNA自体、これは10オングストロームとかそれくらいの単位でありますので、まさにナノ構造であります。われわれこれを人工的につくりたいということ、あるいは人工的に制御するということをナノテクノロジーと呼ぶことができるかと思えます。

(図9)

ナノテクノロジーというのは二つの側面があります。一つは、ひたすら小さくするというところであります。それは単に量の変化の違いであるということになるわけです。あるいは集積回路、メモリで考えれば量の拡大ということになるわけです。ただそれだけだということになるのですが、ただし量も徹底的に変われば様々なところで質の転換をもたらすことになります。いまメモリの量が多くなったために、われわれ非常に自由自在に画像を送ることができるわけでありまして、そういうことが生活の質を変えつつあります。

もうひとつは、やはりイノベーションというのが重要で、これは質の変化をもたらします。この中には先ほどの量子ドットのような構造のイノベーションと、カーボンナノチューブのような材料のイノベーションがあります。

ナノテクノロジーは技術の進歩に不連続性をもたらすであらうということがいえると思います。先ほどから申し上げていることですが、ナノテクノロジーとITとの関係は大変重要でありまして、ナノテクノロジーが、われわれのユビキタス情報化社会への牽引役になるということは十分

ナノテクノロジーと重要科学技術分野

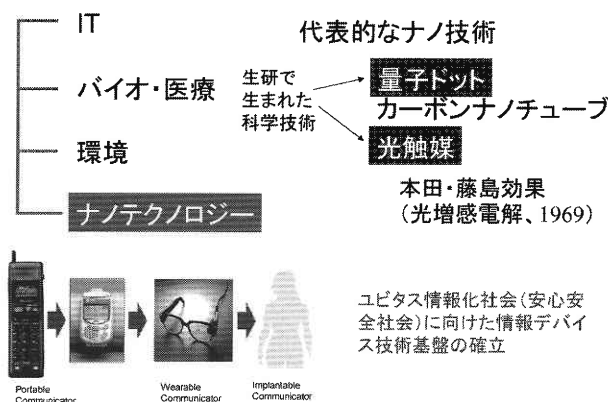


図 10

期待できるものと考えています。

(図10)

ナノテクノロジーに関係するわけですが、いま総合科学技術会議で四つの重要分野というのが指定されております。それはIT、バイオ、環境、ナノテクノロジーです。一応こういう形で分類して科学技術政策を考える際各省庁で議論を議論しています。

4分野は、四つ並列に書かれているのですが、ナノテクノロジーというのは、他の三つに非常に関連しています。これまでナノテクノロジーとITの関係はいくつか申し上げてきたわけですが、ナノテクノロジーというのはすべての根幹になっていまして、木でいうと土壌あるいは木の根のようなもので、上に咲くいろいろな花がITであったりバイオであったり環境であったりすると、理解するといろいろなことを正確に考えることができると思います。

代表的なナノ技術として、さきほどから申し上げてます量子ドットやカーボンナノチューブがあげられますが、それに加えて光触媒があげられます。この技術は既に変役に立っており、トイレの汚染防止のためのコーティングや土壌浄化などに有用です。これはナノといっても3次元の微小構造ではなく、すなわち非常に薄い膜が大変有効な役割を果たしています。

ここで余談ですが、光触媒というのは量子ドットと並んで実は生研で初めて創出されたものです。すなわち、もう30年以上も前に本田先生と藤島先生(本田先生が助教授で、藤島先生が大学院生)により、この生産技術研究所で発見された現象です。藤島先生も東京大学をこの3月でご退官になり、お弟子さんの橋本先生が光触媒に対して非常に活発に展開を図っておられるわけですが、東京大学の生産技術研究所で大変先駆的なものが生まれたわけですが、これが意味するところは、いろいろなことがあるのですが、やはり大学の自由な発想の研究というのは大変重要

であるということかと思えます。また、研究の評価というのは、長い時間かかって行われるべきであるということも示しています。

とは申しまして、やはりわれわれのような工学の研究所にいる研究者は、きちんと目標をもって研究を行うべきでありまして、オリジナリティのための自由な研究と、それから方向性のある研究、これの適切なバランスが大学人にとって求められるのではないかと思います。

4. 半導体超格子から量子ドットの創始へ

一方、先ほどから申し上げている量子ドットも、今からちょうど20年前にこの生産技術研究所で創出されました。半導体の微細構造の研究は長年の歴史があります。1950年代からレーザーとかトランジスタが発明されさまざまな方向から半導体が研究されました。ナノ構造の研究の視点から見ると、江崎先生を中心とした米国のグループが、ひとつのエポックをつくりました。それが2次元電子ガスを実現する半導体ヘテロ構造薄膜や超格子です。

(図11)

超薄膜構造中では、膜厚方向に電子は波の性質が顕著になりまして量子化され、電子は二次元方向にしか自由に動けませんが、したがって電子の運動の自由度が3から2に落ちたというわけです。これで画期的に電子の性質が変わってきます。また、江崎先生はさらに、薄い層を周期的に組み合わせる層の間をトンネルにより運動させる超格子という構造を提案されました。そうしますと、トンネル効果で電子が伝わりますが、ちょうど電子が原子の周期性を感じて伝導してバンドやバンドギャップをつくるように、この周期的な膜構造により人工的に新たな周期的ポテンシャルをつくりつけることができます。その結果、電子の伝導性を自然界にないものとして変えることができます。ですからこれを人工超格子とも呼びます。

このような2次元の電子の性質を構造にする研究が発展

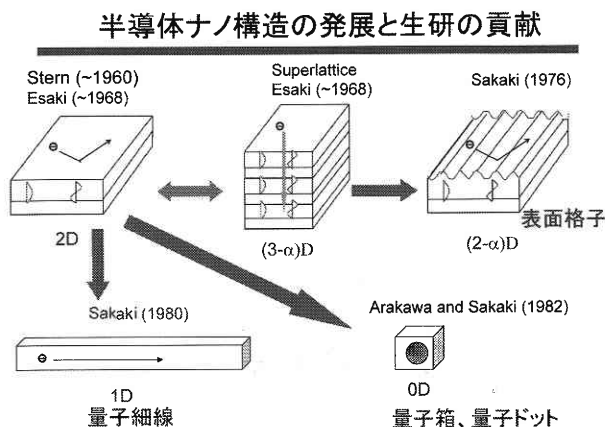


図11

したわけですが、1980年には、本研究所の榊裕之先生が1次元電子を実現するための量子細線を提案されています。

そして電子を三次元的に完全に閉じ込めるといふ量子ドットは、1982年に私と榊先生と共同で論文を書くことににより初めて世に出現しました。最初の論文では、「多次元量子井戸構造」と呼んでいました。と申しますのでは、1次元の井戸型ポテンシャルを有する超薄膜構造が量子井戸とも呼ばれていますので、その拡張として三次元量子井戸と名づけたわけですが、ただ、何となくおさまりが悪いので、いろいろ考えて「量子箱 (Quantum Box)」という名前を83年ごろの文献から使い始めました。

ところが、こういう四角張った立方体というのは今でもつくることは困難であります。そういうわけでありまして、「量子箱」よりは「量子ドット」が今非常になじみになってまいりまして、私も量子ドットを現在この講演を含めて使用しています。

(図12)

これは1982年に書いた論文のコピーであります。このように三次元のバルクのものから薄くしていって、最後量子箱にもっていく、こんなような絵を描いています。実はこれは論文にする前に、80年ころからもうすでに学会などでは口頭発表はしていたのですが、正式には82年ということでもあります。バルクの場合には、電子が自由に動き回るため、熱的な広がりの状態が生じますが、量子ドットにおいては、構造制御により電子の運動を束縛してしまいますので、電子状態を完全に制御することができることになります。これがエッセンスであります。

(図13)

これは82年以降の量子ドットに関する学術論文の数の推移であります。最初のころは、殆どわれわれしか研究をやってなかったもので、こんなに限りなく0に近い数です。半導体レーザーご存じの方は、横軸を電流ととって縦

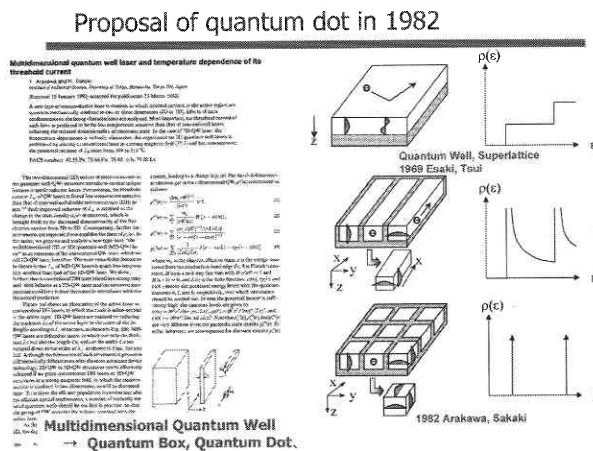


図12

The Number of Papers on Semiconductor QDs

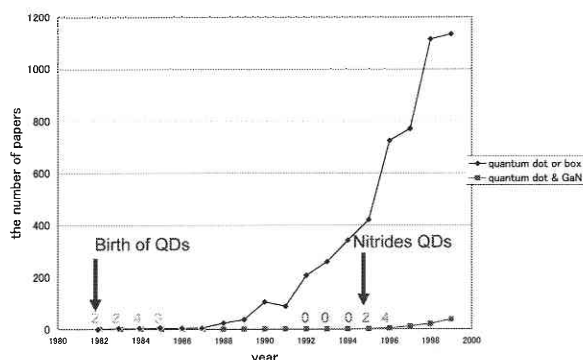


図 13

軸を光と思えば、ちょうど1990年くらいから非常に論文の数が増えており、ここを閾値としていわゆる発振状態になっています。

これはなぜかといいますと、90年ころから先ほどのようなピラミッド構造のような量子ドットを薄膜技術にかなり近い技術で実現することが可能になってきたからです。それは、半導体の薄膜技術の中で格子定数の非常に異なるものを半導体を膜として上に積んでやりますと、むしろ膜として成長するよりは、ボンディングが切れて三次元的に集まってしまったほうが安定になるため、むしろその構造を自然的につくってしまうということに起因するものです。それはちょうど、机の上で水でもひっくり返すと表面張力で水玉ができます。あれと同じようなものだと考えていただければいいと思います。そういう技術が1990年ころから急に立ち上がってききましたので、このように論文の数が増えたわけです。

(図 14)

ナノテクノロジーの、情報デバイスの応用の期待という立場でいいますと、この図にありますように量子ドットレーザーはじめ通信デバイスが大きく期待されています。と申しますのは、半導体レーザー等既存デバイスにおいて活性層部分を量子ドットに置き換えるだけですから、性能が良くコストが低ければ十分市場に普及する可能性を持っているからです。この場合量子ドットの集団を利用します。

図の中で4番目、5番目というのはもう少し先のデバイスでありまして、LSIの極限としての単電子デバイスと量子暗号通信デバイスです。これらの原理をご説明するのは時間ありませんが、個々の量子ドットが重要になるデバイスです。

それから6番目が、量子コンピュータ用デバイスです。量子コンピュータ用デバイスは、コヒーレンス性を中心とした様々な量子力学現象を大変上手に利用して初めて時つ

ナノテクノロジーの情報デバイス応用への期待

1. 量子ドットレーザ
2. 量子ドット増幅器
3. フォトニック結晶
4. 単電子デバイス
5. 量子暗号通信デバイス
6. 量子コンピュータ用デバイス

図 14

い間できるものでありますが、ただ最終的なゴールとしてどうものがあり得るかというのはまだまだ不明であります。また、現時点では、今のシリコンのデバイス・コンピュータに勝てるものではないわけでありまして、そういう意味では非常に先物であります。また、暗号破りなど、特殊な使用目的も模索されています。

ただ、これは基礎研究が掲げる旗として大変に有効であります。量子コンピュータデバイスの実現を目標にして、量子力学の現象を制御し尽くすことをめざすということを実行するようサイエンスの研究を行うのだ、と主張するのはとてもいいことだと思います。

そういうわけでありまして、上三つが5年から10年に実用化されます。4、5が状況次第ですが10年ぐらい先、そして6は20年から30年先、そんなようなタイムスケールであるかと思います。

私どもとしては、何か一つでも早い時期にきちんと世の中にナノ構造デバイスを持ち込みたい、そのような熱い思いがあります。

5. ナノフォトニックデバイスに関する大型国家プロジェクトとその意義

(図 15)

このようなことを踏まえて、文部科学省と経済産業省の支援の元で2002年からナノ光・電子デバイスという大型国家プロジェクトを推進してきております。このプロジェクトの受け皿として、先ほどご紹介いただきました「ナノエレクトロニクス連携研究センター」があるわけです。あまり時間がないので細かいことは申しませんが、次世代光源を中心としたフォトニックデバイスをナノテクノロジーを駆使することにより開発しています。研究項目としては、フォトニック結晶と量子ドットの作製技術開発が1,2であります。3番目が物性・量子力学の理解、そしてそれらを踏まえて次世代デバイス技術基盤の確立をはかります。これを5年間でやろうとしています。なお、一つの光子を受信したときに、その一つの光子をきちんと処理するために

ナノ光・電子デバイスプロジェクトの推進 ～ナノエレクトロニクス連携研究センター～

文部科学省プロジェクトおよび経済産業省プロジェクトの集中研として、
産学連携で次世代ナノフォトニックデバイスを開発(2002-2006)

- ①量子ドット形成技術開発
- ②フォトニック結晶形成技術開発
- ③光・電子物性制御技術
- ④ナノフォトニックデバイス技術開発

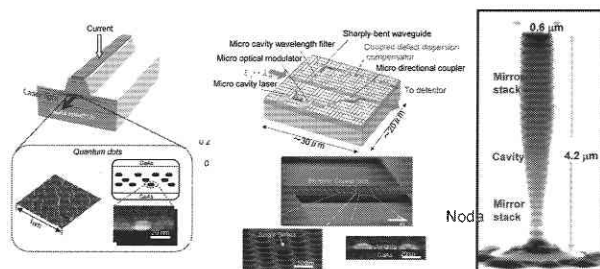


図 15

は電子デバイスも必要でありそれをめざした技術開発も行っています。

(図 14)

ただし、これは大学だけではとてもできません。やはり産業界との連携が不可欠であります。私どもはいくつかの企業と連携を図っています。ただし、この連携というのは、単にお互いお客さんとしてときどきグループで相談しましょうというような、そういうものではなく新しい形態をとっています。まず一つは、かなりの数の企業の研究者がこのキャンパスに常駐しています。常駐することによってビジョンを共有し、共同作業をすることができます。よくいったもので、同じ釜の飯を食うというのは大変重要であります。結果として、私どもで結晶成長により量子ドットやフォトニック結晶構造をつくりますと、企業ですぐデバイス化をしてもらうことができます。もちろん、すぐといっても結構時間はかかります。ただ、企業側のデバイスプロセスのスケジュールを知り尽した上で、全体としてどのような実験を行い、そしてまたその結果を踏まえてどのようなフィードバックをかけるかということまで企業と一体になって議論することは、大変大きな効果をもたらしています。

これをきちんと実施するためには、もちろん企業と大学とのある種の価値観の共有は不可欠であります。また企業のトップの方の理解と、そこに対する熱意があって初めて可能になるものであります。本格的な意味での産学連携としてこれが成功事例になるというように私は持っていておりましたが、それに向けて、まだ1年しかたっておりませんが、この協力関係は相当いいところまで到達できるのではないかなという確信を持ち始めています。

例えば申し上げれば、お城がありいままでは門を閉めていたのが大学だったと思います。かつてはお城の中で皆勝

NCRC: プロジェクト推進組織

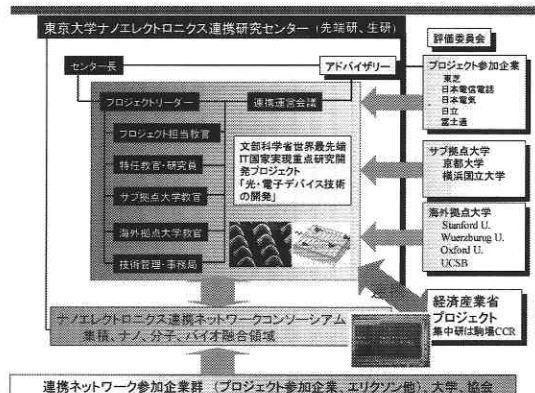


図 16

手に好きなことをやっていたわけですが、現在のよう
に社会における大学のアカウンタビリティが求められる
時代においては、お城は門を開いて、ちゃんとお堀の
ところに橋をつくって、双方が行ったり来たりすることが重要
となります。これを実現しようとしているわけです。

また、しばしば集中研がつくられてきているわけですが、
集中研の場合に企業の人があるところに行きっぱなしになっ
て、あまり会社に戻らないようなことがしばしば起こってい
ました。むしろそうではなくて、本プロジェクトでは、常駐
している人も企業と行ったり来たりしています。そうする
ことにより非常に強いリンクが張られるということになり
ます。

(図 16)

図は文部科学省のプロジェクトの推進組織を示してい
ます。経済産業省のプロジェクトも駒場キャンパスで推進し
ておりまして、そこでの連携を図ります。もちろん省庁が
違いますので財布が違います。そのため、財布をきちんと
分けながら真の連携を図るということをいろいろ工夫をし
ながら進めています。お金を一緒にすると大変怒られます
ので、そこは非常に注意深くしています。

(図 17)

研究開発体制の特徴でありますけれども、先ほどから申
し上げたようなことでありますが、企業からも客員教授の
方を迎えておりますが、その場合でもこちらにずっといる
のではなく、むしろ、企業と大学と強い接着剤になるため
に行ったり来たりしてもらっています。

それから国際的な大学拠点との連携を図ることも重要で
ありまして、強い連携研究チームをつくっています。これ
につきましては web(<http://www.ncrc.iis.u-tokyo.ac.jp>) やパ
ンフレットもご参考いただきたいと思います。

(図 18)

10年前というのは企業にとっていい時代でありまして、
全てを企業自身でやるということで、基礎研究所も企業が

研究開発体制の特徴

- 文部科学省と経済産業省の連携
- 東京大学を集中研として企業との強いリンクのもとで研究開発を推進→新たな産業競争力の創出
 - 企業研究者が東京大学に常駐
 - 企業と大学がビジョンの共有
 - 企業からの客員教授
 - 大学と企業との強い接着剤
- 国際大学拠点との連携
 - 強い連携研究チーム
 - ナノエレクトロニクス分野におけるPhD学生の相互交流プログラム構想(東大、東工大、Cambridge大、Oxford大、ENS、Wuerzburg大、Stanford大、UCSBなど)

図 17

大学と産業界の新しい協働体制の構築

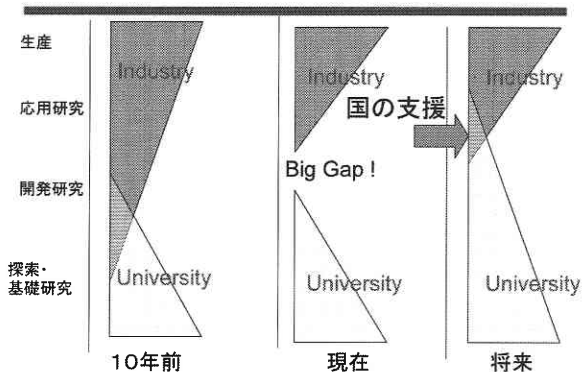


図 18

持ち、大学はただ卒業生出せばいい、といっていたような時代であったわけです。今や大変な不況ということもあり、また企業活動自体が変化してきたため、じつは基礎から開発のところに大きなギャップが現在生じてきています。

それではどうすればいいかということですが、大学から見ると、大学自身がスターティングアップカンパニーをつくって、一気にここからこちらに上がることによって、このギャップを乗り越えてしまうということが一つあります。

ただ、私どものナノのデバイスの分野では、非常に産業技術として深いものがあるということ、それから産業界に大変優れた人材が多数いるということで、先ほどのような強いリンクを張らない手はない、そういうことがいえるの

まとめ

1. ユビキタス情報社会実現に向けてナノテクノロジーの展開はキーとなる。
2. ビジョン、場所を共有した産官学プロジェクトとして研究分野の進展をはかる。
3. 実用化可能性の立証の明確化および人材育成を通じて、社会の強いサポートと期待に応える。
4. ナノ科学技術・情報基礎技術研究分野の発展に貢献する。

図 19

ではないかと思います。

したがって、大学が、この階層でいうと上のほうに伸びてきて、そして出口を見ながら基盤技術研究を行い出口まできちんと示す、そういう時代がまさに来ているのではないかと思います。今回のプロジェクトは、このような方向性に対して国の支援がきたものだ、そのように理解しておりますし、実際そういうことで応えようとしています。

以上がだいたいの取り組みでありまして、これから少し個別の研究成果の紹介をさせていただきたいと思います。

以下講演会では、「量子状態の制御 ～マイクロマシン技術の導入～」および、「量子情報デバイス～量子ドットレーザを中心に～」について説明を行ったが、本稿ではその記述を省略する。

6. む す び

(図 19)

ナノテクノロジーというのはユビキタス情報化社会、広い意味での安定社会実現に向けてキーとなると考えております。そのためにビジョンや場所を共有した産官学のプロジェクトを推進して研究分野の進展をはかる所存です。ナノ構造デバイスを（特にわれわれが発明した量子ドットデバイスを）早い時期に社会に役立つ形で実現したい、という熱い思いを産業界の方々と共有しています。

また一方で、ナノのサイエンスとテクノロジーに対して大学としての学術貢献を積極的に果たしていくことも重要であると考えております。

以上でございます。ご清聴ありがとうございました。

(了)