

応用物理学会特別企画シンポジウム

応用物理学の将来ビジョン

ー アカデミックロードマップと発展史マップ ー

主催：応用物理学会 将来構想委員会 将来ビジョン検討WG

わが国の科学技術の発展に向けて、学会として長期的ビジョンを共有することは有意義なことです。応用物理学会では、2006年から、「応用物理における将来ビジョン(アカデミックロードマップ)」の策定作業を進めており、2007年に第一版を公表し、現在改訂版の作成に取り組んでいます。特に、今回は、将来を展望するのみならず、新たに科学技術史の観点から各分野の歴史的発展をまとめています。過去を踏まえ未来を展望することにより、応用物理の将来ビジョンを明確化することができるものと考えております。

本シンポジウムでは、各要素技術クラスターがアカデミックロードマップ(改訂版)と発展史マップを報告致します。会員の皆様には、本シンポジウムへの参加により、関連する分野のみならず他の分野も俯瞰し、自ら新たな視点や方向性を生み出していただくことを期待しております。

日 時

2010年3月18日(木)10:00~18:00

場 所

東海大学湘南キャンパス2号館1F-2N101 (TB会場)
応用物理学会春季講演会会場

プログラム

- | | | |
|---------------------------------------|---------------|------------------|
| ・会長挨拶 | <10:00~10:05> | |
| ・特別講演「産業技術戦略からみた
アカデミックロードマップへの期待」 | <10:05~10:25> | 西本淳哉 (経済産業省・審議官) |
| ・将来ビジョン策定の概要 | <10:25~10:35> | 荒川泰彦 (東大) |
| ・シリコン技術 | <10:35~10:55> | 平本俊郎 (東大) |
| ・有機・分子エレクトロニクス | <10:55~11:15> | 舟橋正浩 (東大) |
| ・テラヘルツエレクトロニクス | <11:15~11:35> | 谷 正彦 (福井大) |
| ・量子情報・物理 | <11:35~11:55> | 岩本 敏 (東大) |
| ・フォトニクス | <11:55~12:15> | 尾松孝茂 (千葉大) |
| <休憩> | <12:15~13:00> | |
| ・オブティクス | <13:00~13:20> | 佐藤 学 (山形大) |
| ・放射線理工学 | <13:20~13:40> | 持木幸一 (都市大) |
| ・ワイドギャップ半導体エレクトロニクス | <13:40~14:00> | 播磨 弘 (京工繊大) |
| ・結晶成長技術 | <14:00~14:20> | 末益 崇 (筑波大) |
| ・プラズマ・プロセス技術 | <14:20~14:40> | 白谷正治 (九大) |
| ・磁性・スピントロニクス | <14:40~15:00> | 岡林 潤 (東大) |
| ・バイオエレクトロニクス | <15:00~15:20> | 松田直樹 (産総研) |
| <休憩> | <15:20~15:30> | |
| ・マイクロ・ナノメカトロニクス | <15:30~15:50> | 年吉 洋 (東大) |
| ・ナノ構造技術 | <15:50~16:10> | 徳光永輔 (東工大) |
| ・超伝導技術 | <16:10~16:30> | 下山淳一 (東大) |
| ・食糧技術 | <16:30~16:50> | 土屋広司 (浜松ホトニクス) |
| ・横断型クラスター | | |
| ・医療エレクトロニクス | <16:50~17:10> | 岡田英史 (慶大) |
| ・環境・エネルギー技術 | <17:10~17:30> | 岸田俊二 (NEPAS) |
| ・人材育成 | <17:30~17:50> | 山田 明 (東工大) |
| ・むすび | <17:50~18:00> | 小田俊理 (東工大) |

【将来ビジョン検討WG】

荒川泰彦 (東大, WG委員長), 小田俊理 (東工大, WG副委員長), 荒井滋久 (東工大), 大見俊一郎 (東工大), 染谷隆夫 (東大), 堀越佳治 (早大), 横山直樹 (富士通研), 平川一彦 (東大), 尾浦憲治郎 (阪大), 石原 宏 (東工大), 小館香椎子 (日本女子大 名誉教授), 榊 裕之 (豊田工大), 奥村次徳 (首都大学東京), 白木靖寛 (都市大)

資料：消費税込み各2,000円 (全ページカラー印刷) 先着順1,000冊※学生割引あり

問い合わせ先：応用物理学会事務局 (03) 3238-1041

将来ビジョン・ロードマップの概要

～アカデミック・ロードマップ（改訂版）と発展史マップ～

Overview of Future Vision and Roadmap

東大 ナノ量子機構、生研 荒川 泰彦

NanoQuine, IIS, The Univ. of Tokyo, arakawa@iis.u-tokyo.ac.jp

応用物理分野の発展に向けて、関係分野の連携・融合による研究開発強化と新たな分野の創成が望まれる。このためには、未来社会を描きながら応用物理およびその関連分野について将来ビジョンを明らかにし、今後の研究の方向性を示すことが必要である。応用物理学会では、2006 年 10 月、将来計画委員会の中に将来ビジョン検討WGを設置し、応用物理学の将来ビジョンの検討を開始した。具体的には、19の「要素技術クラスター」を構成して、将来ビジョン・ロードマップの作成を行い、応用物理学の今後の果たすべき役割や位置づけを明らかにしてきた。その成果は、2008 年 3 月にアカデミック・ロードマップ（初版）として公表された。幸い、このアカデミック・ロードマップは、本学会のみならず、広く関心を集めることができた。

2 年を経て、今般、将来ビジョン検討WGは再び各要素技術クラスターのメンバーの協力を得て、アカデミック・ロードマップの改訂版を発行することにした。さらに、今回は、将来を展望するのみならず、新たに各分野の歴史的展開についても、発展史マップとしてまとめた。アカデミック・ロードマップが、2040 年をゴールとする未来への時間軸で整理されるのに対して、発展史は、各分野の発展のカギとなる研究成果や発明・発見を、過去の時間軸上でまとめている。この二つのマップにより、各分野について、過去から未来まで広く俯瞰することが可能になったといえよう。発展史マップは、今回初めての試みであったが、各クラスターのメンバーのご尽力により、力作を並べることができた。この発展史マップを通じて、若い学生諸君のみならず、ベテランの研究者も、応用物理の各研究分野について科学技術史的観点から理解を深めることを期待したい。

本シンポジウムでは、各要素技術クラスターが、それぞれのアカデミック・ロードマップ（改訂版）と発展史マップについて報告を行う。本シンポジウムにおける活発な意見交換により、応用物理学の将来ビジョンを参加者全員が共有できるならば幸いである。末筆ながら、今回の膨大な作業にご尽力いただいた関係各位に感謝する。

シリコン技術

Silicon Technology

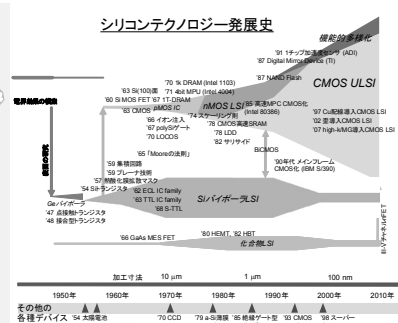
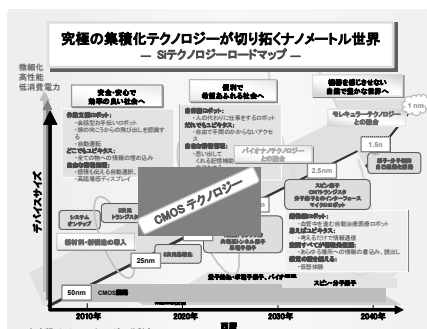
○平本俊郎¹、一木隆範¹、井谷俊郎²、内田建³、小田中紳二⁴、金田千穂子⁵、坂本邦博⁶、新宮原正三⁷、高橋庸夫⁸、辰巳哲也⁹、廣瀬和之¹⁰、三浦喜直¹¹、水野文二¹²、宮崎誠一¹³、森伸也⁴

¹東大、²Selete、³東工大、⁴阪大、⁵富士通研、⁶産総研、⁷関西大、⁸北大、⁹ソニー、¹⁰宇宙研、¹¹NEC エレ、¹²UJT ラボ、¹³ 広大

University of Tokyo. ○Toshiro Hiramoto

e-mail: hiramoto@nano.iis.u-tokyo.ac.jp

現代社会は高度な情報技術により、さらに効率的で便利で豊かな社会へと大きく変貌しつつある。その情報技術を根底で支えている基盤技術は間違いなく半導体シリコンテクノロジーであろう。シリコンテクノロジー分科会では、国際半導体技術ロードマップ(ITRS)に代表される短期的な技術進展予測を踏まえ、2040 年までの長期的なビジョンにおいて未来社会とシリコン技術の関わりをメインロードマップに纏めるとともに、シリコン技術の発展史を取り纏めた。また、ULSI デバイス技術、表面・界面・シリコン材料技術、リソグラフィ技術、接合技術、多層配線技術、MEMS 関連技術、モデリング技術の 7 分野に関するさらに詳細なサブロードマップを作成した。



将来ビジョン・技術発展史ロードマップの概要「有機エレクトロニクス」

Roadmap for Future Vision and History of Organic and Molecular Electronics

東大院工¹、京大院工² ○舟橋正浩¹、桑島修一郎²

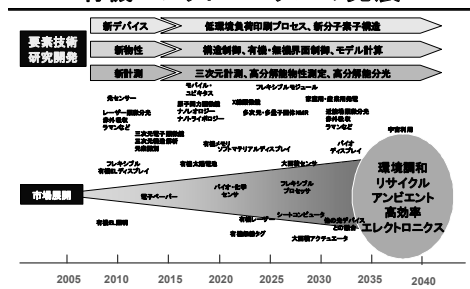
Univ. Tokyo¹, Kyoto Univ.² Masahiro Funahashi¹, Shuichiro²

e-mail: funahashi@chembio.t.u-tokyo.ac.jp

長い間シリコンを初めとする無機半導体一辺倒であった各種電子デバイス領域において、有機材料を用いたデバイスの展開が飛躍的に進みつつある。有機 EL 素子に関しては、商品化が実現し、有機トランジスタや太陽電池に関しても、急速に研究が進展している。近年深刻化しつつある地球温暖化対策においても、有機半導体が重要視されている。今後、基礎・応用の両面で、分野横断的な研究が推進されれば、新規市場の創出など、学術のみならず、日本経済に寄与するところも大である。

前回、有機・バイオエレクトロニクス分科会、ならびに有機ナノ界面制御素子研究グループで「有機・分子エレクトロニクス」に関連する技術分野を、1) デバイスの観点から、有機 EL、有機トランジスタ、有機太陽電池、分子デバイス、有機エレクトロニクス界面幾何工学、2) 材料の観点から、高分子ナノ材料、非線形光学材料、有機エレクトロニクス材料、3) 計測手法の立場から、有機エレクトロニクス計測・評価技術、に分類し、各分野の将来ビジョンロードマップを作成した。今回、それに加えて、本分野に関する技術発展史ロードマップを作成した。講演では、その一部をピックアップして紹介する。

有機エレクトロニクスの発展



組織：有機分子・バイオエレクトロニクス分科会・有機ナノ界面制御素子研究グループ
坂本光正（東工大）、工藤一浩（千葉大）、中嶋 健（東工大）、佐々高史（理研）、横 弘典（京大）、藤井和彦（阪大）、
吉田朝司（産総研）、市川結（国海大）、山田俊樹（NICT）、野口裕（千葉大）、中須賀（富山大）、桑島修一（東大）

和文題目 テラヘルツエレクトロニクスの将来ビジョンと発展史

英文題目 Future vision and history on Terahertz Electronics

1 福井大, 2 理研, 3 東北大 ○谷正彦¹, 大谷知行², 南出泰垂², 大谷啓太³

1 Univ. Fukui, 2 Riken, 3 Tohoku Univ. OM. Tani¹, C. Otani², H. Minamide², K. Ohtani³

e-mail: tani@fir.u-fukui.ac.jp

テラヘルツ (THz) 領域の電磁波は、電波領域に対応するエレクトロニクス技術と光領域に対応するフォトンクス技術でカバーする周波数の間に位置し、未開拓の周波数領域であった。フォトンクス技術としての発展の歴史を振り返ると、古くは Heinrich Rubens(1865-1922)が岩塩を反射フィルターに用いて行った遠赤外分光測定に始まり、その後、遠赤外領域の光源、検出器技術が進歩し、回折格子分光およびフーリエ分光へと発展した。一方、エレクトロニクス技術としては、Klystronなどのマイクロ波源などの開発に始まり、高周波マイクロ波（ミリ波、サブミリ波）の発生、伝送、検出技術として発展を遂げた。これら2つの領域の発展は、前者はより低周波数領域へ、後者はより高周波数領域へ向かうものであり、両者ほぼ独立に展開した。しかし、1980年頃を境に両者が周波数領域において会合し、技術においても一部融合することで、現在最も活発に研究がおこなわれている領域となっている。フェムト秒レーザー技術・非線形光学技術・半導体デバイス技術などの発展により THz 電磁波の発生・検出・伝送に関する基盤技術が進展し、産業応用に結びついた例も出てきている。また、物性物理学や化学分野を中心に、これまで未開拓であったこの領域を基礎研究のツールとして利用しようとする試みも始まっている。講演では前述のような2つの周波数領域からの THz 電磁波技術の発展を振り返るとともに基盤技術と応用展開の観点からその将来展望について述べる。THz 電磁波技術の応用展開についてはさまざまな可能性が考えられるが、有望と考えられる分野は情報処理・通信、セキュリティ関連、物質科学・創薬、生体・医療関連、環境・エネルギーである。

量子情報・物理の将来ビジョンと発展史

Quantum Information and Physics: Future vision and history

東大生研 ○岩本敏

RCAST University of Tokyo

E-mail: iwamoto@iis.u-tokyo.ac.jp

はじめに 量子情報技術は広い分野の学際的な研究領域であり、量子力学を駆使した優れた情報処理・通信、超高精度の周波数標準などの“超”技術の実現とその応用のための技術として期待されている。本講演では、改訂版ビジョンマップと発展史を紹介する。本分野は基礎科学的側面が強く、数十年後を正確に予測することは困難である。研究開発の今後一層の発展により、本ロードマップで予測されなかった技術が誕生することを期待したい。

量子情報・物理ビジョンマップ（改訂版） 関連各分野の今後数十年にわたる技術展開の予想を希望も含めてまとめたビジョンマップについて、一部改訂を進めるとともに、環境・エネルギー分野に寄与し得るキーワードを別途まとめた。

量子情報・物理発展史 量子情報・物理の発展は、量子エレクトロニクス、固体物理学、計算機科学・情報理論の各分野を中心として発展してきた融合分野である。今回、これら3つの分野における発展を軸として量子情報・物理の発展史を作成した(図1)。専門家だけでなく、新たにこの分野の興味を持たれる方にも有用な発展史となったと自負している。

謝辞 作成にご協力頂いた平野琢也(学習院大)、竹内繁樹(北大)、早瀬潤子(電通大)、武岡正裕、佐々木雅英(NICT)、武居弘樹(NTT)、森山園子(東大)、中村泰信(NEC)、江馬一弘(上智大)、宅間宏(電通大)の各氏、量子エレクトロニクス研究会で貴重なご意見を頂いた皆様に感謝いたします。

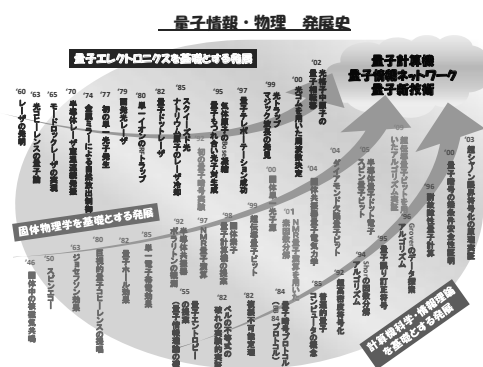


図1：量子情報・物理の発展史マップ

フォトンクスクラスター

Historical review and prospect of Photonics

千葉大院融合¹、東工大²、大阪大³、NiCT⁴、富士通研⁵、北大⁶、日女大⁷ ○尾松 孝茂¹、植之原裕行²、小西 毅³、

西澤典彦³、和田尚也⁴、青木泰彦⁵、森田隆二⁶、渡邊恵理子⁷、小林功郎²、伊東一良³

Chiba Univ. ¹, Tokyo Tech. ², Osaka Univ. ³, NiCT⁴, Fujitsu Lab. ⁵, Hokkaido Univ. ⁶, JWU⁷

○Takashige Omatsu¹, Hiroyuki Uenohara², Tsuyoshi Konishi³, Norihiko Nishizawa³, Naoya Wada⁴, Yasuhiko Aoki⁵,

Ryuji Morita⁶, Eriko Watanabe⁷, Kohroh Kobayashi², Kazuyoshi Ito³

e-mail omatsu@faculty.chiba-u.jp

フォトンクスの根幹をなす量子エレクトロニクスや光通信技術の幕開けは、1960年5月16日、カリフォルニアのヒューズ研究所の Maiman によるルビーレーザー発明にさかのぼり、今年で 50 年を迎える。ルビーレーザー発振直後、気体レーザー、半導体レーザーが次々とレーザー発振に成功し、また、光ファイバをはじめとする光デバイスの発明がその発展の大きなきっかけとなったことは疑う余地もない。本ロードマップでは 50 年に渡るフォトンクスの歴史を量子エレクトロニクス、光通信の歩みとともに俯瞰するとともに、今後 30 年に向けた 21 世紀のフォトンクスの将来像を予測する。

本ロードマップは日本光学会とフォトニック ICT 研究会が合同で作成したものであり、フォトンクスが包括する量子エレクトロニクス及び光エレクトロニクスを背景に光の発生・制御・検出に関わる現象・機能・技術およびこれらを活用するデバイス・システムに関するロードマップである。これらの発展は最終的にはわれわれ人類のライフサイエンスの将来へとつながる。

特に、本ロードマップで取り上げるものは、光ファイバ通信を基礎に 21 世紀の地球規模での情報化社会のインフラとしてのグローバル情報ネットワーク、アト秒パルス発生に代表される極限的な光波を基礎とする原子・分子・電子などの物質物性ダイナミクス制御から生まれる極限光科学、フェムト秒レーザーアブレーション加工に代表される新しい材料やデバイス創成のブレークスルー、ファイバーレーザーや太陽光励起レーザーによる省エネルギー加工やエネルギーリサイクルなど環境問題への貢献である。このような多様なフォトンクスの未来像を量子光学やエレクトロニクスの進展を見据えつつ展開する。

結晶成長技術の将来ビジョンと発展史

Crystal growth technology: Future vision and history

筑波大院(電子・物理工学専攻), ○末益崇

University of Tsukuba, Institute of Applied Physics, ○Takashi Suemasu

[将来ビジョン]

結晶成長技術は、エレクトロニクスを支える基盤技術であり、今後も応用分野は多方面にわたると考えられる。従来から求められてきた、高性能、多機能、低コスト、低消費電力を実現する結晶成長技術は、今後も重要であることに変わりない。これに加えて、究極の集積回路を目指し、欠陥・不純物や応力・歪みを制御し、さらには、強磁性体等の新しい材料を組み込む結晶成長技術が必要になる。さらに、有機物等の柔らかい材料、太陽電池やディスプレイ等の大型結晶、逆にバイオ・ナノ技術に求められる微細構造に対応した結晶成長技術が益々重要になる。このように、シリコンへの融合、フレキシブル、より大きく、より小さくの4つが、新たなキーワードとして認識される。メインマップでは、材料技術と成長技術の2つの視点から結晶成長技術の将来ビジョンを纏めた。具体的な内容については、「III-V 族周辺技術」、「II-VI 族・多元系化合物周辺技術」、「IV 族・有機結晶周辺技術」、「酸化物周辺技術」、「シリサイド周辺技術」、「成長技術」の6つの要素技術に分けてサブマップを作成した。

[発展史]

結晶成長技術の発展史を纏めるにあたり、「応用技術」いわゆる出口をメインマップとし、代表的な応用分野・デバイスを取り上げ、どのような結晶成長技術がデバイス実現のブレークスルーとなったのかを示した。具体的な内容については、「材料技術」、「成長技術」、「評価技術」の3つをサブマップとして纏めた。これらは互いに深く関連している。

プラズマ・プロセス技術

Plasma Processes Technology

九大シス情 ○白谷 正治

Kyushu University Masaharu Shiratani

siratani@ed.kyushu-u.ac.jp

プラズマ・プロセス技術の技術クラスターでは、将来的に社会の根幹を支え続けるエレクトロニクスデバイスの製造プロセス技術の極限(原子レベルの制御を必要とするナノデバイス)と、さらにその先のバイオ・有機材料の自己組織化による分子レベルデバイス、究極的には原子レベルのデバイス製造へ向けての研究開発をテクノロジードライバーと想定して、それらを実現するための原理(シーズ)の研究をトップダウンプロセス、ボトムアッププロセス、さらに共通基盤技術にわけて記載しています。ロードマップに関しては、今回、次の2点の小改訂を行いました。即ち、1)メインマップを絵を多用したものに交換しました。2)サブマップの基礎・基盤研究のトップダウンプロセスの中に、プラズマナノマニピュレーションとプラズマナノアセンブリを追加しました。発展史のメインマップは、光源とプロセスに関するランドマークを中心に作成いたしました。また、光源、エッチング、薄膜Siの堆積に関してのサブマップも作成いたしました。講演では、これらの内容について紹介いたします。

謝辞：旧版のアカデミックロードマップは、畠山力三(東北大)、関根誠(名大)を中心にH18,19年度のプラズマエレクトロニクス分科会幹事が取りまとめました。また、今回の改訂作業等は、白藤立(名大)、大竹浩人(東北大)、金子俊郎(東北大)、神野雅文(愛媛大)、白谷正治(九大)が主として担当しました。

磁性スピントロニクスの将来ビジョンと発展史

Spintronics: Future vision and history

東大理¹、東芝研究開発セ²、京大化研³、阪大基礎工⁴、農工大工⁵、産総研⁶

○岡林潤¹、近藤剛²、千葉大地³、野崎隆行⁴、清水大雅⁵、川畑史郎⁶、秋永広幸⁶

The Univ. of Tokyo¹, Toshiba Corp.², Kyoto Univ.³, Osaka Univ.⁴, Tokyo Univ. of Agriculture and Tech.⁵, AISI⁶,

J. Okabayashi¹, T. Kondo², D. Chiba³, T. Nozaki⁴, H. Shimizu⁵, S. Kawabata⁶, and H. Akinaga⁶

E-mail: jun@chem.s.u-tokyo.ac.jp

スピントロニクスは、電子の持つスピン自由度を積極的に用いる研究分野であり、近年の磁気記録の飛躍的な進歩と共に成長してきた。記録密度の向上、高集積化に重要な役割を果たしている巨大磁気抵抗効果の発見に対し、2007年度ノーベル物理学賞が授与されている。本クラスターでは、このスピントロニクス研究領域を、材料および物理学、ストレージ、メモリおよびロジック、高周波および熱、スピノフォニクス、量子情報の6つの個別分野から俯瞰した。今後のさらなる進展を目指すうえで、Magnetoresistive Random Access Memory (MRAM)の開発とその高機能化は最重要課題である。新材料開発などにより、磁場によらない磁化の反転技術、スピン流による磁化反転を高度化していくことが必須となっている。また、スピン(核スピン)、電荷、光を融合させた量子情報技術に関する研究の展開が期待されている。そして、量子スピンメモリの実現が考えられる。今まで、電荷(電流)を用いたエレクトロニクスデバイス素子の開発が主流であったが、今後、実効電流を伴わないスピン流を主体とし、エネルギー散逸を極限まで抑えた情報伝播による低消費電力の新機能デバイスの実現が期待されるところである。

アカデミックロードマップで描いた将来像を念頭において、一世紀以上にわたって磁性・スピンを使った応用技術の発展の原動力となっている磁気ストレージ、1980年代より飛躍的な発展を続ける電流とスピンの関係を中心とした物性物理学、光通信の分野で重要な役割を果たしている磁気光学効果などの光物性やデバイス、近年注目度を増している半導体中におけるスピン物性、そしてこれらの科学技術を支える磁気材料科学の発展史について述べる。

バイオエレクトロニクス・バイオテクノロジー

Future Vision and Roadmap of Bioelectronics and Biotechnologies

山形大¹、日立製作所²、産総研³、豊田中研⁴、情通機構⁵、京府医大⁶、東京理大⁷

田中 賢¹、藤村 徹²、○松田直樹³、渡辺 修⁴、山田俊樹⁵、松田 修⁶、大塚英典⁷

Yamagata Univ.¹, Hitachi, Ltd.², AIST³, Toyota Central R&D Labs., Inc.⁴, NICT⁵, Kyoto Pref. Univ. Medicine⁶, Tokyo Univ. Sci.⁷

Masaru Tanaka¹, Toru Fujimura², Naoki Matsuda³, Osamu Watanabe⁵, Toshiki Yamada⁶, Osamu Mazda⁶, Hidenori Otsuka⁷

E-mail: naoki.matsuda@aist.go.jp

生物及び生態系が有している多種多様に巧みに構成された機能とシステムを元に、バイオテクノロジー関連技術の医療やデバイスへの応用が行われている。一例として従来の有機エレクトロニクスの代替としてバイオエレクトロニクスの開発が挙げられる。バイオエレクトロニクスではタンパク質、DNA 等の分子を選択的に組み合わせることで有機エレクトロニクスを上回る性能が期待されている。こういった世界で広く行われている研究開発の現状を踏まえてバイオエレクトロニクス及びバイオテクノロジーに関する研究・開発のロードマップを作成した。基本的に対象はバイオテクノロジー全般と捉えその中で特に今後必要と考えられる分野を抽出した。当該分野の 2040 年の目標として、健康、医療、エネルギー等を考えた。これは今後のバイオエレクトロニクス等の新規デバイス以外に 30 年後の将来像として介護ロボット等、再生医療、人工臓器等への展開を期待した結果である。

サブロードマップとして計測技術、新材料、表面修飾技術、バイオ燃料電池、ガン治療、ドラッグデリバリーシステム (DDS) 等を取り上げた。デバイスの性能が向上する場合、原理は従来から存在するが新しい特性を有する新規物質の開発に誘発される事が多いため、特に新材料は今後重要である。また、生体分子を利用する場合やデバイスを人体内に組み込む際は表面固定化や界面での相互作用を精密に制御する必要があるため表面修飾技術の必要性は更に増すと考えた。また、国民の長寿や健康への関心と要求の高さを踏まえバイオテクノロジーの医療分野への応用展開を考え、ガン治療や DDS に関してサブロードマップを作成した。

マイクロナノ・メカトロニクスの将来ビジョンと発展史

Micro/Nano・Mechatronics: Fusion vision and history

応用物理学集積化MEMS技術研究会と関係者、○年吉 洋、秦誠一、益一哉、町田克之、石井 仁、田中秀治、馬場昭好、

小林健、日暮栄治、高尾英邦、李相錫、島内岳明、伊藤浩之、西垣亨彦、武居正彦、三田吉郎、石山千恵美、浅野種正、西岡泰城、

前中一介、土屋智由、松本佳宣、本間哲哉、河村誠一郎、石田誠、藤田博之、森泉豊栄、鈴木博章

The Study Group of the Integrated MEMS, JSAP, H. Toshiyoshi, S. Hata, K. Masu, K. Machida, H. Ishii, S. Tanaka, Y. Baba, K. Kobayashi,

H. Takao, S. Lee, T. Shimauchi, H. Ito, M. Nishigaki, Y. Mita, C. Ishiyama, T. Asano, Y. Nishioka, K. Maenaka, T. Tsuchiya, Y. Matsumoto,

T. Honma, S. Kawamura, M. Ishida, H. Fujita, T. Morizumi, H. Suzuki

e-mail: hiro@iis.u-tokyo.ac.jp

【はじめに】集積化 MEMS 技術研究会及び関係者により、「マイクロナノ・メカトロニクス」の分野について MEMS、センサ、LSI の集積化の観点から将来ビジョンと発展史を作成した。

【将来ビジョン】応用展開と製造技術についてマップを作成した。図 1 に応用展開マップを示す。横軸に年代、縦軸にデバイスの集積素子数を示す。基礎技術の流れは Micro, Multi, Mass の 3 つの流れと考える。時代の推移と共に集積化の方向性であることがわかる。集積化を実現するための要素技術の研究開発が必須と考える。一方、実用という点では、車載、光関係が進展している。今後は、医療、福祉、環境、安心・安全のインフラ用などあらゆる面での応用が期待される。特に、センサネットワークにおける情報・通信分野での期待は大きいと考える。製造技術ではこれまでにない取り組みが期待される。

【発展史】発展史マップでは、マイクロマシニング (製法)、マイクロアクチュエータ、マイクロセンサの 3 分野に分けてエポックメイキングな事象をマップした。1959 年に MEMS / マイクロマシンの可能性を予言したリチャード・ファインマンの文献以降から歴史マップを作成した。

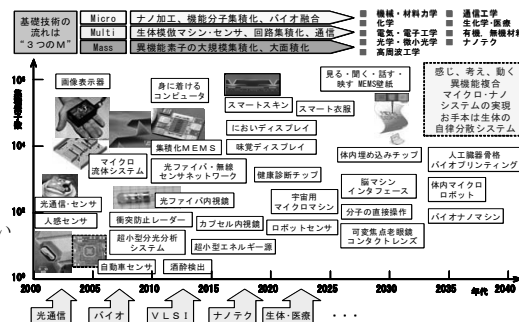


図1 MEMS/NEMS 応用展開ビジョンマップ

ナノ構造技術における科学技術アーカイブ

東工大精研¹、東理大理²、和歌山大シスエ³ ○徳光 永輔¹、本間 芳和²、篠塚 雄三³

Tokyo Tech¹, Tokyo Univ of Science², Wakayama Univ³ Eisuke Tokumitsu¹, Yoshikazu Homma², Yuzo Shinozuka³

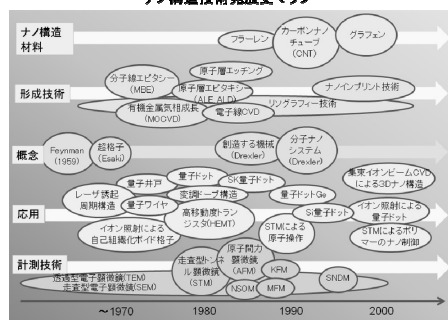
tokumitsu@neuro.pi.titech.ac.jp

ナノ構造技術クラスターでは、技術発展史マップを応用電子物性分科会、薄膜・表面物理分科会、および励起ナノプロセス研究会が共同で作成いたしました。ナノ構造技術やナノテクノロジーと呼ばれる分野は、対象が多岐にわたること、また多くの技術が数々の積み重ねにより発展してきたことなどから、一枚の絵にすべての技術を網羅して発展史を描くのは困難ではありますが、右図に示すように概念、形成技術、応用、計測技術、ナノ構造材料に分けて、それぞれの技術が発表された年代を大まかに示すこととしました。根拠とした論文等は別冊子をご参照ください。

ナノテクノロジーの概念はFeynmanの1959年の講演にさかのぼることができます。その後Esakiらによる超格子の提案と実験、またMBEやMOCVDの開発とともにHEMTや量子ドットなど低次元系へ応用され、一方で計測技術として走査型トンネル顕微鏡の発明も大きなブレイクスルーであったと思います。特に、ナノ構造材料として最近注目度が高いカーボンナノチューブ、グラフェンに関しては別途詳細なサブマップを作成致しました。

発展史をまとめるにあたり、多くの方々にご協力をいただきました。紙面の都合上お名前は省略しますがここに深謝いたします。

ナノ構造技術発展史マップ



超伝導技術の将来ビジョン

Future Prospects of Superconducting Technologies

東大院工¹, ISTECSRL², 東京農工大³ ○下山淳一¹, 佐藤哲朗², 筑本知子², 内藤方夫³

Univ. of Tokyo¹, ISTECSRL², Tokyo Univ. of Agriculture and Tech.³ ○J. Shimoyama¹, T. Satoh², N. Chikumoto², M. Naito³

E-mail: shimo@sogo.t.u-tokyo.ac.jp

来年は超伝導現象が発見されてから百周年に当たる。この特異な物理現象を示す物質は今日に至るまでに次々と発見され、物質探索の勢いは一昨年の鉄ニクタイト系高温超伝導体 LaFeAs(O,F)の登場によって再び加速されつつある。発見以来 20 年余りを経た銅酸化物高温超伝導体ですら超伝導発現機構が未だにはっきりしていないこともあり、基礎物理的性質に関する研究も再び活発になり、その先にはより高い臨界温度を持つ物質開拓、そして室温超伝導体の発見が期待されている。一方、超伝導体ならではのゼロ抵抗・高電流密度・マクロな量子の特性を生かした広い分野での応用が展開されている。これまで、超伝導状態にするための液体ヘリウム冷却の負担が材料開発や普及の足枷となってきたが、近年、銅酸化物超伝導材料が線材やバルクまた通信フィルタ、SQUID 素子などとして実用化に至り、液体窒素や負荷の小さい冷凍機冷却による機器、設備が超伝導応用の世界を大きく広げようとしている。また、高温超伝導体だけでなく従来の金属系超伝導体も含めた超伝導材料の用途も着実に広がっている。環境・エネルギー問題が一層顕著になり、さらにより高度な医療、情報、生産技術が強く求められている今日、超伝導応用への期待が多くの分野、用途から寄せられているのは確かであり、これに対して具体的な道筋をアカデミックな立場から示していくことは極めて重要である。

以上の背景のもと、超伝導分科会では、物質・材料開発、電力・産業機器応用、エレクトロニクス応用といった 3 つの観点から 2040 年までの展開を検討し、超伝導のアカデミックロードマップを作成している。2008 年に行ったシンポジウム発表のわずか 2 年後ではあるが、上記の新高温超伝導体の発見以後、巨大な類縁超伝導物質群が開拓され、また、高温超伝導線材の特性向上に伴って、多くの具体的な機器・設備開発を目指した大型プロジェクトがスタートしている。さらに、エレクトロニクス応用についても様々な新しい用途で実用が始まっている。講演では、超伝導物質、材料・機器開発およびそれらの特性・機能の最近の進展を示し、今後 30 年間の超伝導技術の育て方、活かし方を俯瞰的に議論したい。

食糧技術の将来ビジョンと発展史

Food Technology : Future vision and history

浜松ホトニクス(株)¹, 東芝リサーチコンサルティング(株)² ○土屋広司¹, 成瀬 雄二郎²

Hamamatsu Photonics K.K.¹, Toshiba Research Consulting Co.² Hiroshi Tsuchiya¹, Yujiro Naruse²

世界人口は第二次世界大戦後の 1950 年頃に 25 億人程度であったものが顕著な増加に転じ、2000 年には 60 億人、現在では 68 億人を超え 2045 年には 90 億人に達すると予想されている。長寿社会の形成に医学の発展が果たした役割は大きい、人間は食物が無ければ生きられない。食物連鎖の頂点に立つ人間を養う地球のキャパシティに限界が見え始めた現在を起点に、過去からの食糧増産技術の発展史と今後の約 30 年を展望した食糧技術の将来ビジョンについて科学技術の側面を重視しながら記述する。

食糧生産技術の歴史に注目すべき出来事は 1940 年代から始まった「緑の革命」である。「緑の革命」は発展途上国における食糧不足に対し先進国が開発、保持していた品種改良による多収量品種、化学肥料、農業、灌漑技術、農業機械技術など食糧増産に欠かせない技術を生産食糧供給がほぼつかない発展途上国に集中投入し、その地域で続けられてきた旧来の農業を根本から変革させ、増え続ける人口を支える現代農業の起点となった。現在の日本で食糧自給率がカロリーベース換算で 40%を下回っているのは食の嗜好が脱和食化して主食のコメ離れが進んでいるのが大きな要因である。その結果メタボリックシンドローム問題やコメの供給過剰による農業の疲弊化問題が発生している。工業生産が発達した国の肉食への嗜好変化は世界的な傾向であり食肉生産のために餌としての穀物需要が拡大し続けている。

今後の 30 年は、すでに見え始めた有限な水資源問題への対応など地球のキャパシティが無尽蔵ではないという地球視点で持続可能な食糧技術を考え発展させることが必要である。そのためには日本がリードしている省エネ技術の発展を支えたいと細かく幅広い技術分野を食糧技術にも導入すると共に社会経済および科学技術の長期展望に立脚した食糧政策が要望される。

医療エレクトロニクスの将来ビジョンと発展史

Medical Electronics: Future vision and history

慶大理工¹, 防医大², 阪大医³

Keio University¹, National Defense Medical College, Osaka University²

E-mail: okada@elec.keio.ac.jp

○岡田 英史¹, 佐藤 俊一², 春名 正光³

○Eiji Okada¹, Shunichi Sato², Masamitsu Haruna³

平成 20 年に策定された将来ビジョン・ロードマップでは、19 の応用物理要素技術クラスターの多くが医療分野への技術展開に言及していた。このことを踏まえ、今回の将来ビジョン・ロードマップ改訂にあたり、医療エレクトロニクスクラスターは横断型マップを策定することになった。

応用物理要素技術クラスターは基盤技術が中心であることから、個々の疾病に対する医療技術に言及することは基本的に避けることとした。そこで、各クラスターの将来ビジョン・ロードマップから個別技術課題を抽出し、医療分野で期待されているアウトカムとの関連を図 1 のようなマップで示した。サブマップに関しては、「ユビキタス医療」、「体外からの低侵襲診断・治療」、「体内で診断・治療する技術」、「機能代行と再生医療」をテーマとした。

発展史マップに関しては、現在の医療現場で用いられている機器を中心に、初めて開発が行われた段階に焦点をあてることとした。また、マップの縦軸をそれらの機器が使用している電磁波や音波の周波数(波長)によって記述することを試みた。

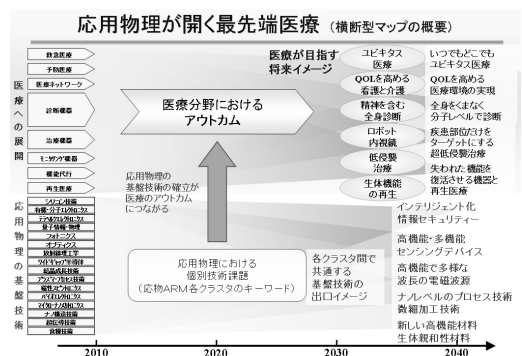


図 1 医療エレクトロニクス・将来ビジョンマップの概要

Environment and Energy: Future vision and history
NEC特許技術情報センター, O岸田俊二
NEC Patent Service Ltd., OSunji Kishida
e-mail: s-kishida@ti.cnt.nepas.ip.nec.com

ロードマップ執筆協力者： 内田晴久(東海大)、磯村雅夫(東海大)、佐山和弘(産総研)、山田明(東工大)、岡田至崇(東大)、梶川武信(湘南工科大)、内海和明(オートモーティブエナジーサプライ)、笠井秀明(阪大)、高田俊和(理研)、木村英樹(東海大)、上松敬禧(千葉大)、佐藤理夫(福島大)、江部広治(富士通)、加藤芳秀(農工大, 非常勤)、小原宏之(玉川大)、須田不二夫(東海大)、原一広(九大)、和泉茂一(ユーディナデバイス)

発展史マップに関しては、上記将来ビジョンのキー技術と見込まれる、太陽電池、二次電池、人工光合成の3つの領域の源流となる技術として、各種太陽電池、リチウムイオン二次電池、太陽光直接水素発生技術につき、主要な論文・特許を抽出し、技術の流れを解説した。

e-mail: yamada.a.ac@m.titech.ac.jp

