

私のオリジナリティ

—その契機、手応え、そして展開—



東京大学
21世紀COE 未来社会を担うエレクトロニクスの展開

特別講演会

独自の成果を達成した本COEの担当教授たちが、研究の着想と提案の契機、壁を破る工夫、手応えの瞬間、現在に至る展開を紹介し、研究におけるオリジナリティについて講演します。本COEでは、期間中に担当教員が4年続けて「日本IBM科学賞(エレクトロニクス部門)」を受賞しました。この4名の教授と紫綬褒章を受賞した2名の教授が、独自の研究の推進の要件とは何か、意欲、偶然、必然、感動、等を語ります。



第1部 日時 **2月5日** 2007年 (月) 13:30~17:00
場所 東大工学部 2号館 1階 213大講堂

異種分野の融合と横断的思考を試みる

—スピンを生かした新しいエレクトロニクスの開拓—

田中雅明 教授 (大学院工学系研究科 電子工学専攻)

日本IBM科学賞受賞 (平成15年)

固体物理学・量子力学の神秘を引き出す

—半導体超格子中のプロッホ振動—

平川一彦 教授 (生産技術研究所 情報・エレクトロニクス系部門)

日本IBM科学賞受賞 (平成17年)

ナノ世界を探索し、電子工学を拓く

—時代・出会い・閃き・研鑽を礎に—

(本講演は榊先生の本部キャンパスにおける最終講義となります)

榊 裕之 教授 (生産技術研究所 情報・エレクトロニクス系部門)

紫綬褒章受賞 (平成13年)、日本IBM科学賞受賞 (平成元年)、

日本学士院賞受賞 (平成17年)

第2部 日時 **3月1日** 2007年 (木) 13:30~17:00
場所 東大工学部 2号館 1階 213大講堂

ナノフォトニクス

—光科学技術の革新への道—

大津元一 教授 (大学院工学系研究科 電子工学専攻)

紫綬褒章受賞 (平成16年)、日本IBM科学賞受賞 (昭和63年)

継続は力なり

—MOSトランジスタに取り組んだ25年とこれから—

高木信一 教授 (大学院新領域創成科学研究科 基盤情報学専攻)

日本IBM科学賞受賞 (平成16年)

研究も素朴な興味から

—画像圧縮からの始まり—

相澤清晴 教授 (大学院情報理工学系研究科 電子情報学専攻)

日本IBM科学賞受賞 (平成14年)

私のオリジナリティー—その契機、手応え、そして展開—



東京大学大学院工学系研究科 電子工学専攻 **田中雅明**

1984年 東京大学 工学部電子工学科 卒業
1989年 東京大学大学院工学系研究科博士課程 修了、工学博士
1989年 東京大学工学部電子工学科 助手
1990年 同 電気工学科 講師
1992年～94年 米国ベル通信研究所(Bell Communications Research) 客員研究員
1994年 東京大学工学部電子情報工学科 助教授
1995年 東京大学大学院工学系研究科電子工学専攻 助教授
2004年 同 教授
1995年～98年 科学技術振興事業団さきがけ研究21「場と反応」領域研究員を兼務
2001年～04年 科学技術振興事業団さきがけ研究21「光と制御」領域研究員、07年までSORST研究員を兼務

■研究内容の概略

私たちは、半導体、金属、半金属、強磁性体など、さまざまな物質を用いて、量子力学的効果が表れるナノスケールの超薄膜やきわめて微細な構造の結晶成長を行い、自然界に存在しない新しい物質を原子レベルで設計、実際に作製しています。さらに、作製した新物質群のマテリアルサイエンスと物性物理学を研究し、デバイスや素子を試作して、将来のエレクトロニクスに応用する指針を示すことをめざしています。特に近年は、電子の「スピン」やその秩序(磁性)が現れる新しい物質の開拓と、それらを半導体エレクトロニクスに応用する「スピン・エレクトロニクス(スピントロニクス)」の開拓に力を入れています。

電子は負の電荷を持つ素粒子であることはご存知でしょう。トランジスタの発明以来、20世紀後半のエレクトロニクスや情報通信技術の発展は、主に電子の電荷を用いたさまざまな半導体デバイスの作製と進歩によってもたらされました。一方で、電子は「スピン」という性質を持っています。スピンは量子力学の概念(量子数±1/2)ですが、古典力学でいえば電子の自転に相当します。この自転は決して止まることがないので、電子はそれ自身が小さな磁気モーメントをもつ電磁石であるともいえます。つまり、スピンを持つことによって、電子は世界最小の磁石でもあるのです。この電子のスピンの働きと電子同士の相互作用によって、ある物質は永久磁石のような強磁性になり、ある物質では絶縁体や超伝導にもなります。ところが、エレクトロニクスや情報通信技術を担う半導体においては、電子の電荷のみが主に使われ、もう一つの自由度であるスピンの利用はされていませんでした。私たちは、21世紀の半導体テクノロジーにおいては、この「スピン自由度」を積極的に用いる必要がある(そうすればエレクトロニクスの新しいパラダイムをつくることのできる)と考え、「スピントロニクス」と呼ばれる新分野を開拓しています。

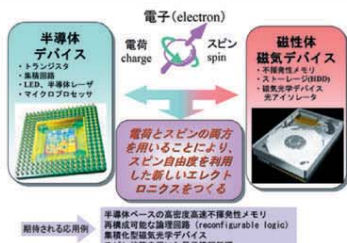
この分野は、現在では世界的な新しい研究の流れになりつつあります。このようなサイエンスとテクノロジーを切り開く研究には、エレクトロニクスや情報通信技術への幅広い関心とともに、物質科学など基礎科学への深い理解と知的好奇心が必要になります。http://www.cryst.t.u-tokyo.ac.jp/ (研究室)

■研究のoriginality、意地、手応え、感動…

という点で皆様は胸を張って語れるようなことはありませんが、自分がよく知っている領域の周辺あるいは外側に一歩踏み出して、異種分野に触れてみると面白い世界が発見できる可能性が高いように思います。私の場合は、「半導体ヘテロ構造・ナノ構造」「結晶成長の科学と技術」「磁性・スピンの物理と応用」という異なるディシプリンの交差する領域を見出し、汲めども尽きぬ面白さを感じながら研究を続けてきました。また、若い頃から優れた指導者、先輩、同僚、後輩、学生諸君に恵まれました。

■趣味その他

開成中学高校時代は硬式野球部、学部4年間は東京大学運動会ワンダーフォーゲル部。最近仕事(雑用も含めて)と育児に追われ趣味に打ち込む時間も少ないが、登山、山スキー、水泳、旅行、読書、野球観戦+子どもと遊ぶこと、最近の関心事は若者の学力低下の問題、小中高での教育内容の削減、大学(院)の大衆化、学習意欲の格差…「科学技術創造立国」は砂上の楼閣になるのではないかと。大学の第一の本分は基礎研究と教育です。誤解を恐れずに言えば、最近もてはやされる産学連携や特許やベンチャービジネスなどは二の次でもよい。本学で研究教育に携わる最大の喜びは、優秀な学生やスタッフと一緒に仕事ができること、多様な分野の超一流の先生方に囲まれていることと実感している。大学への様々な外圧や風当たりが強まっているが、翻弄されずに、本業をしっかりと続けたい。トップがどんなに立派なことを言っても現場を大切にしない組織は衰退するだろう。ご指導とご支援をよろしくお願い申し上げます。



半導体ベースの高密度高速不揮発性メモリ
有機物可能な磁気デバイス
強磁性体を用いたエレクトロニクス

私のオリジナリティー—その契機、手応え、そして展開—



東京大学生産技術研究所 情報・エレクトロニクス系部門 **平川一彦**

1982年 3月 東京大学工学部電気工学科 卒業
1987年 3月 東京大学工学系研究科電子工学専攻博士課程修了、工学博士
1987年 4月 東京大学生産技術研究所 講師
1990年 7月 東京大学生産技術研究所 助教授
2001年 5月 東京大学生産技術研究所 教授、現在に至る。
1991年 3月
～1993年 3月 プリンストン大学客員研究員
2006年 9月 エコールノルマル(パリ)客員教授

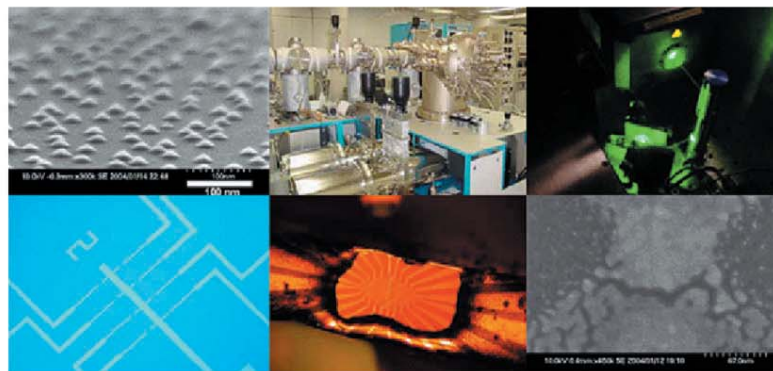
出身 高校 広島大学附属福山高校(いい学校でした)
趣味 何をさしおいてもやりたくなるような趣味は、残念ながらありません。強いて言えば、家内とぶらぶらすることくらいです。

■研究テーマ

現在、特にテラヘルツ(THz)波と呼ばれている非常に周波数の高い電磁波を用いて、半導体やナノ構造のダイナミクスを探ったり、その物性を制御すること、またTHz電磁波の発生・検出のためのデバイスの開拓などを中心に研究を行っています。さらに、単一の量子ドットや分子を用いたトランジスタの作製とその物理的研究を行っています。

■研究のオリジナリティについて

- 1) 私には全くと言っていいほど、オリジナリティはありません。従って、研究の進歩は遅いです。
- 2) そのかわり、自然が訴えかけてくるものには耳を傾けるようにしています。最近、やっと自分の耳に少し自信が出てきました。
- 3) 「簡素な美しさ」を感じるまで、研究対象をこねまわるのが好きです。



私のオリジナリティ—その契機、手応え、そして展開—



東京大学生産技術研究所 情報・エレクトロニクス系部門 **榎 裕之**

1944年 名古屋生まれ
1964年 名古屋大学教育学部附属高等学校 卒業
1968年 東京大学卒業(電気工学)
1973年 同大学院修了(工博)
1973年 東京大学(生産技術研究所)助教授
1987年 同教授、現在に至る。
この間、1976-77年 IBMワトソン研究所(江崎グループ)客員研究員、
1988-1998年 東京大学先端科学技術研究センター教授、
2004-2006年 応用物理学会会長、04年以降日本学術会議会員、などを兼務。
日本学士院賞、紫綬褒章、藤原賞、江崎玲於奈賞、
電子情報通信学会功績賞、
Sarnoff Award(IEEE)など受賞。

■研究テーマ

半導体ナノ構造による電子の量子制御と先端エレクトロニクス応用

半導体の最大の魅力は、その中を走り回る電子(や正孔)の数を増減でき、それによって電流をon-offしたり、光の発生や透過を自在に制御できる点にあります。1960年代の初頭に誕生したMOSFETや半導体レーザは、いずれもこの原理を用いており、PC、インターネット、光通信など、その後のエレクトロニクスの目玉ましい発展の基盤となっています。この電子を効率よくかつ高速に増減させるには、電子が出入りする空間を、ナノメートル級の寸法まで小さくすることが得策です。他方、このような狭いナノ空間では電子の量子力学的な波動性が顕著になります。このため、電子の波動性をよく理解し、制御することが不可欠です。また、それに伴って現れる新しい機能をうまく利用する可能性も生じます。そうした発想から、私達は、数～十ナノメートル級の寸法の量子薄膜だけでなく、量子細線や量子箱(ドット)などのナノ構造を、FETやレーザや光検出器を含む先端デバイスに応用する試みを進めています。幸い、世界で使われているLSI用のFETや光通信システムやDVD用のレーザでは量子薄膜がその中核部分に用いられていますが、さらに次世代素子として、量子細線を用いたFETや量子ドットを用いた光源やスイッチ素子も注目を集めています。また、これらのナノ構造の形成法と物性や機能の探索の研究は、結晶学や化学に加えて固体物理学・量子光学・量子情報科学・バイオ・医療分野に及ぶ学際的な広がりを見せています。今回の講演では、こうした研究について、その時代的背景、発展の経緯と将来の展望を語り、その中で研究者間の相互啓発の大切さについて私見を述べます。

■研究のオリジナリティについて

学術・技術・芸術のいずれをとっても、先達が築いた蓄積や伝統を礎にしており、来たるべき時代に向けて新たな試みを進めることによって、その前線が切り拓かれてゆくものです。従って、まずその時代が研究者に提供している可能性(seeds)と時代が求めている必要性(needs)とを感じ取り、その上で自分が取り組むべき課題を設定することが大切です。そうした課題は、すぐに見つかるものではありません。様々な書物や事物や人と人との出会いを通じて、小さな試みが開始され、それが徐々に膨らんで、本当に打ち込むべき目標が見えてくるものでしょう。こうした努力の継続から、研究者の独自のスタイルが生まれます。これを大切にしたいものです。



研究者が対象とする課題に本気で継続的に取り組むと、ある種の緊張が蓄積されます。この緊張が十分に高まると、他者からのヒントや研究対象が示す思いがけない事実が契機となって、ある種のひらめきが生まれます。そうしたひらめきの中にはその後の発展の貴重な種が含まれている場合が少なくありません。ただし、この種子を発芽させ、成長させるには、忍耐強い研鑽が必要です。「研鑽とひらめきを繰返して目標に近づく努力を続けること」、「これが「究める楽しみ」や「創るよろこび」を味わうための必要条件でしょう。

私のオリジナリティ—その契機、手応え、そして展開—



東京大学大学院工学系研究科 電子工学専攻 **大津元一**

1978年 東工大大学院博士課程修了、その後同大学助手、助教授、教授を経て
2004年より現職

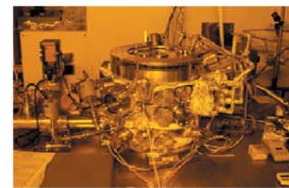
趣味 筋力トレーニングと乱読書

私は「光はどこから発生するか?光とは何か?」という科学的興味と「新しい光を作って使う」という技術的使命感にもとづき研究を続けてきました。1960年にレーザが発明され、光の高エネルギー化、短波長化などが飛躍的に進展し光科学技術が発展しましたが、私が助教授になったばかりの1980年代初頭によく調べてみると「光を小さくする(微小化)」という試みは未着手でした。光の微小化は光子の概念とも異なります。そこで私は「小さな光を作りたい」というwants型の発想によって研究を始めました【私の契機】。

研究開始当時は実験装置も足りず苦労しましたが【私の意地】、1990年代初頭にはガラスファイバを用い、その先端に光波長よりもずっと小さな光を発生させることに成功し【私の感動】、かつ発生の際の高い再現性と高い効率を実現しました【私の手応え】。私はこの光を「近接場光」と名付けましたが、これは光波長よりも小さく、かつ遠方に伝搬しないという不思議な性質を持っています。近接場光は光科学技術の多くの分野に応用可能です。たとえば近接場光を用いた分析装置を開発しましたが、今では我が国の企業のみがこの装置の実用化に成功し、光物性研究に使われています。3年後に国際標準化(ISO)に至る見込みです。

近接場光についての理論研究も応用技術も必要になりましたが、小さくて伝搬しない近接場光を扱うには従来の光学と電磁気学の枠組みでは困難です。そこでこれらの理論とは異なる軸輪にたって考え、その結果1992年には仮想光子という現象論的理論モデルの概念を提案しましたが、当時の光学者達にとっては違和感があったため、論文に掲載されるまで約10年要しました【私の意地】。しかしこの間、この概念にもとづき実験研究を進めることができ、1993年には近接場光の応用技術を「ナノフォトニクス」と命名し提案しました。ナノフォトニクスとは近接場光を用いた光のナノテクノロジーですが、幸いにも産官の支援が得られ、DVDの100倍以上の記録再生密度の情報記録システム、微細寸法の加工法、光波長よりずっと小さい新デバイスなどの開発が進みました。さらにその過程で、従来の光技術を用いたのでは原理的に不可能な現象や機能が現れ、それを使うことができるようになりました。私はこれを光技術の「質的変革」と呼んでいます。それらは古くから知られている「光学禁制」、「フランクコンドン原理」などの概念が破綻する場合があることを実証したものです【私の感動】。また新デバイスは光子1つで動作することなど、新現象が次々に実証されました。これらを用いてナノフォトニクスの応用は情報セキュリティのシステムなどに向けてさらに広がっています。

革新技術には直感的に分りにくい概念が含まれますが、実験結果は正直であり多くの新事実を私達に示唆しています。ナノフォトニクスはこのような革新的科学技術として育ち始めました。しかしここまでくると、「光とは何か?」についてさらによく考える必要がでてきました。わからないことがまだまだ多く、研究をする時間をもっと必要です。私は今後、これらの問題を解決しつつ、ナノ寸法領域で「光と物質が融合した工学」といった新分野を開発し続けたいと思います【私の意地】。



私のオリジナリティー—その契機、手応え、そして展開—



東京大学大学院新領域創成科学研究科 基盤情報学専攻 高木信一

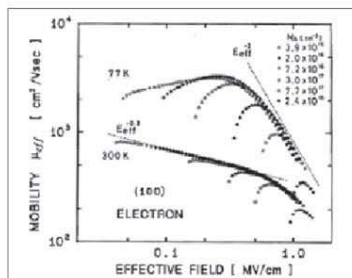
昭和34年 8月25日 生まれ
 昭和53年 私立 駒場東邦高校 卒業
 昭和57年 東京大学工学部電子工学科 卒業
 昭和59年 東京大学大学院工学系研究科電子工学専攻修士課程 修了
 昭和62年 東京大学大学院工学系研究科電子工学専攻博士課程 修了(工学博士)
 昭和62年 (株)東芝 総合研究所(現(株)東芝 研究開発センター) 入所
 平成5~7年 米国 スタンフォード大学 客員研究員
 平成15年 (株)東芝 研究開発センター 研究主幹
 平成15年 東京大学大学院 工学系研究科 電子工学専攻 教授
 平成16年~ 現在 同大学院 新領域創成科学研究科 基盤情報学専攻 教授
 平成13年~ 現在 半導体MIRAIプロジェクト グループリーダー
 (独立行政法人 産業技術総合研究所 主任研究員)を兼務

■研究テーマ

MOS型電界効果トランジスタの研究

■研究のオリジナリティについて

- 私は、全く新しい分野に形を作るような創造的タイプではなく、また物事の本質を見極め多様な分野で横断的に活躍する才気煥発のタイプでもなく、あえて言えば、一つの事をじっくり・しみじみやり続けられることが身上でしょうか(要は、オタクです)。大学院時代から、現在に至るまで、25年間、一貫してMOSトランジスタの研究(MOS界面の電気特性・キャリア輸送特性の研究)を続けています。
- 研究分野・研究対象が好きであることが、何よりでしょう(そうであれば、自分にオリジナリティがあるのかどうかなどは、(それほど)気になりません)。
- 研究のスタイルと個人の適性の一致が大切でしょう。自分が得意な方向に展開するのが良いと思います。私の場合のキーワードは、「系統性」...でしょうか？
- 携わっている研究全体の(長期的)ストーリーを組んでみることも大事、と思うことがあります。運がよければ、ストーリーの方が、自分を追い越して行くでしょう。
- 長く研究をやり続けるには、対象としている研究テーマが、その分野の主流であり続けること、「現実的に」重要であり続けることは必要です。
- 自由すぎるよりは強制・境界条件があった方が、良い仕事ができるような気がします。
- 運は大切です(私の場合は、実は、運だけだった気がします)。良い先生、良い研究室、良い会社、良い先輩、良い同僚、良い後輩、良い研究テーマに恵まれること、興味あるテーマを継続して研究できる環境に恵まれること、など。しかし、そうあろうと、いろいろ思案・画策しても、ままならない。これを即ち、運というのでしょうか。



MOS反転層中の電子移動度のMOS表面の実効電界依存性

○10年ほど前から、研究とはArtの創作のようなものだと思うことがよくあります(研究対象は、相当に実利的なものですが)。こちらの企みと自然・対象がうまく噛み合えば、時に、美しいと思えるもの(陶酔・知的興奮を覚えるもの..あくまで個人的なもの、です)に出会えます。

私のオリジナリティー—その契機、手応え、そして展開—



東京大学大学院情報理工学系研究科 情報理工学専攻 相澤清晴

1983年 東京大学工学部電子工学科 卒業
 1988年 東京大学大学院博士課程修了 工学博士
 1988年 東京大学工学部電子工学科 助手
 1989年 東京大学工学部電気工学科 専任講師
 1990年~1992年 日本学術振興会海外特別研究員としてイリノイ大学 客員助教授
 1993年 東京大学工学部電子情報工学科 助教授
 1999年 東京大学大学院新領域創成科学研究科 助教授
 2001年 同 教授
 2006年 東京大学大学院情報理工学系研究科 教授。現在に至る

趣味 客観的に自分を観察すれば、自慢できる趣味もあると思うが、それに気が付いていない。

■研究テーマ

画像・メディア情報処理

画像・メディア情報処理に関わる様々なことに興味を持ってきました。画像圧縮に興味を持って研究を始めたのが始まりです。(その時はまだJPEGのない時代でした)圧縮の究極の形態に興味を持ち、人の顔を3次元的に合成符号化するモデルベース符号化を創るに至りました。画像を解析するコンピュータビジョンと合成するグラフィクスが密に繋がる事例のきっかけの一つにもなりました。また、「顔」の画像処理が展開するきっかけにもなったと思っています。

高精細画像への興味から始めて、その取得のための信号処理、取得系、センサーへと興味に移り、信号処理機能を有したスマートセンサづくりに没頭していました。

最近では、身近な興味から始めて、極めて長期間、極端なこと一生相当、映像をとりためたらどうしたらいいのかというライフログの取得と処理に関する研究を進めています。今まで分析しにくかった人の“日常”を科学するツールになると思っています。

それと、モデルベース符号化以来ですが、3次元映像の圧縮もまた手がけるようになりました。興味はめぐるのかもしれませんが。

■私のオリジナリティ？

あまりオリジナリティ云々は意識したことがありません。
 新しい問題設定、問題意識を持つことは必須だと思います。
 問題を共有することのできる環境(師、先輩、後輩、友人、学生等々)に恵まれていた(いる)と思います。