

日本の電気電子・情報通信分野における 研究活動の変化

我々は日本の電気電子・情報通信関連分野の科学技術の変化をどれくらい認識できているだろうか。科学技術政策研究所では、世界最大の学協会である工学系の学術文献を多く出版する IEEE（電気電子技術者協会）の定期刊行物の文献を調査し、世界と日本の電気電子・情報通信関係の研究活動の変化を分析している。

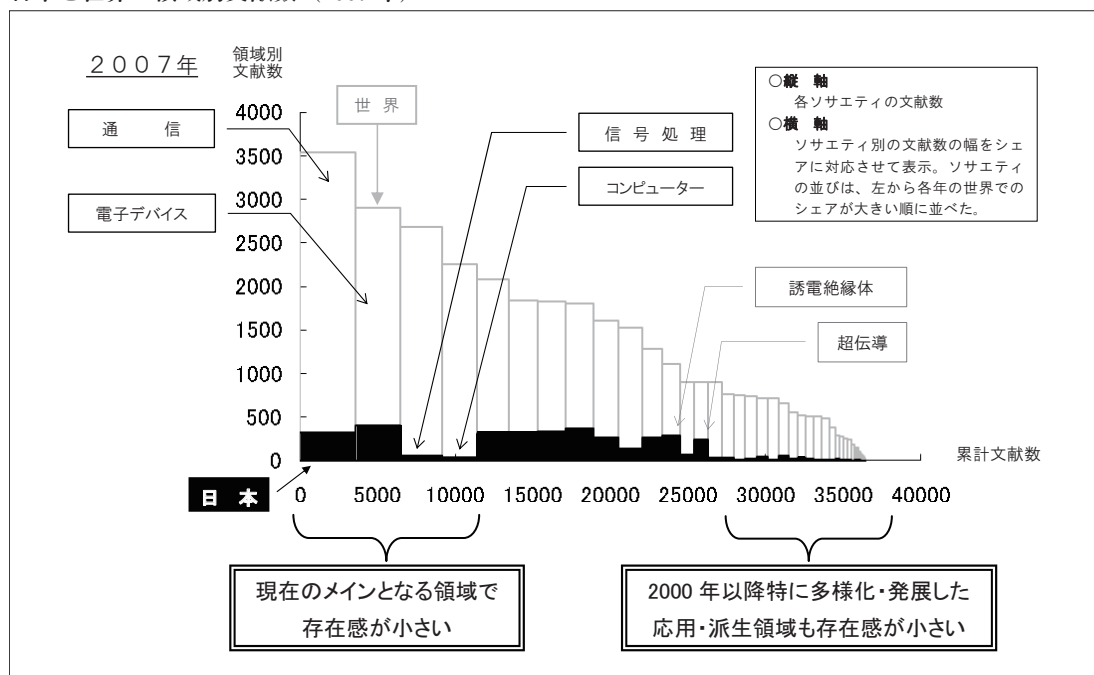
日本は、世界的にみて情報通信分野など現在のメイン領域や、2000 年以降に特に多様化・発展した応用・派生領域で存在感が小さい。世界のトレンドと大きく異なる独自の進化を遂げる様子は明らかである。

さらに、日本では文献の生産の主役が企業から大学に移っているが、主役となった大学では超伝導など特定領域への特化傾向が見られ、研究領域が多様化していく様子は見られない。

一方、企業は国内で論文生産の主役ではなくなり、事業戦略の転換や研究活動のグローバル展開の動きがみられる。日本で文献が少ない情報通信分野の研究を海外での研究活動によって補おうとする大手企業グループもある。日本企業の研究開発の海外流出が進むと、知の空洞化が起きる懸念もある。

このような研究活動のアウトプットと産業の実態との関連性を産学官の関係者の間で議論し、あらためて今後の日本全体としての研究活動の方向性を考えていくことが必要ではないだろうか。

日本と世界の領域別文献数（2007 年）



参考文献²⁾より科学技術動向研究センターにて作成

日本の電気電子・情報通信分野における研究活動の変化

白川 展之
総括ユニット

野村 稔
客員研究官

1 はじめに

IMD（国際経営開発研究所）の2010年版国際競争力ランキング⁸⁾では、日本は科学技術インフラの項目で世界2位にランクされている。一方で、「日本の科学技術力の強さが産業競争力や成長力につながっていない」、「技術力で勝る日本が事業で負けている」といった議論も聞かれるが、たいていは日本の情報通信・電気電子産業の現状を例に議論がなされている。

このような議論の前提として、我々は電気電子・情報通信関連分野における日本の研究活動の変化をどの程度認識できているのだろうか。科学技術政策研究所では、電気電子・情報通信関連分野で世界最大の学協会であるIEEE（電気電子技術者協会；“The Institute of Electrical and Electronics

Engineering, Inc.”）の定期刊行物を対象に文献調査を行っており、これまでの調査結果^{1, 2)}から、電気電子・情報通信関連領域における世界の研究トレンドの変化や日本の研究の特徴がわかってきた。

本稿では、IEEE 定期刊行物における文献数の推移によって、日本の電気電子・情報通信関連の研究活動の状況がどのように変化しているかを定量的に示す。具体的には、1992年以降の産学官のセクター別の動向を示し、大学・企業グループ別に1992年と2007年における変化を比較する。最後に、このような分析結果に対して研究者から寄せられた意見を紹介する。

文献数の推移は研究成果のひとつの指標であり、研究開発活動全体を示すわけではない。しかし、

IEEE の出版物が工学系文献全体に占める割合は非常に高い³⁾ことが知られており、このような大きな学協会は他の分野では存在しない。IEEE が出版する学術文献には、IEEE と文献データベース (IEEE Xplore) を共同利用している連携学会（例えば、米国光学会 (Optical Society of America) など）の文献も含まれている。さらに産業への利用・応用という観点からみても、IEEE 関連の文献は、米国特許に最も多く引用されている⁴⁾ことが知られており、その推移は産業動向を反映したデータとも言える。工学系の領域で質・量ともにカバーできる範囲が非常に広く、電気電子・情報通信関連分野における研究開発の状況を認識するうえでは最良のデータと考えられる。

2 世界のなかでの日本の特徴

日本の電気電子・情報通信関係の研究は、世界のトレンドと比較した場合、一言でいえば、非常に特異な状況にある。まず、2000年以降、電気電子・情報通信関係の研究は世界的に非常に活発になっているな

かで、日本は上位国のなかで唯一、文献数が横這いで推移している国である。（詳細は、既報告の参考文献^{1, 2)}をご覧ください。）

図表1は、領域別の文献数を縦軸に、横軸にソサエティ別の累計

文献数を示し、1992年と2007年の状況を比較している。白抜きの棒グラフが世界全体の領域毎の総文献数を表し、黒色部がそのうちの日本の文献数を表している。なお、ここでの領域とは、IEEE の専門領域

別の各ソサエティである。日本の領域別ポートフォリオは、1992年時点では世界のトレンドと相似しており、光学や電子デバイスを筆頭に世界で高いシェアがあった。しかし、2007年には通信・信号処理・コンピューター（ここには医療・バイオテクノロジーなどへの応用分野も含まれる）など特に世界的に成長した情報通信関連領域において、日本の伸びはほとんど見られず、電子デバイスなど日本のメイン領域でも

国際的にはシェアが小さくなってきている。また特に、2000年以降に多様化・発展した応用・派生領域においても、ほとんど日本の文献が見られない。1992年と2007年と比較すると、情報通信関連分野へ世界が大きくシフトしたなかで、日本のトレンドの特異性が際立っている。

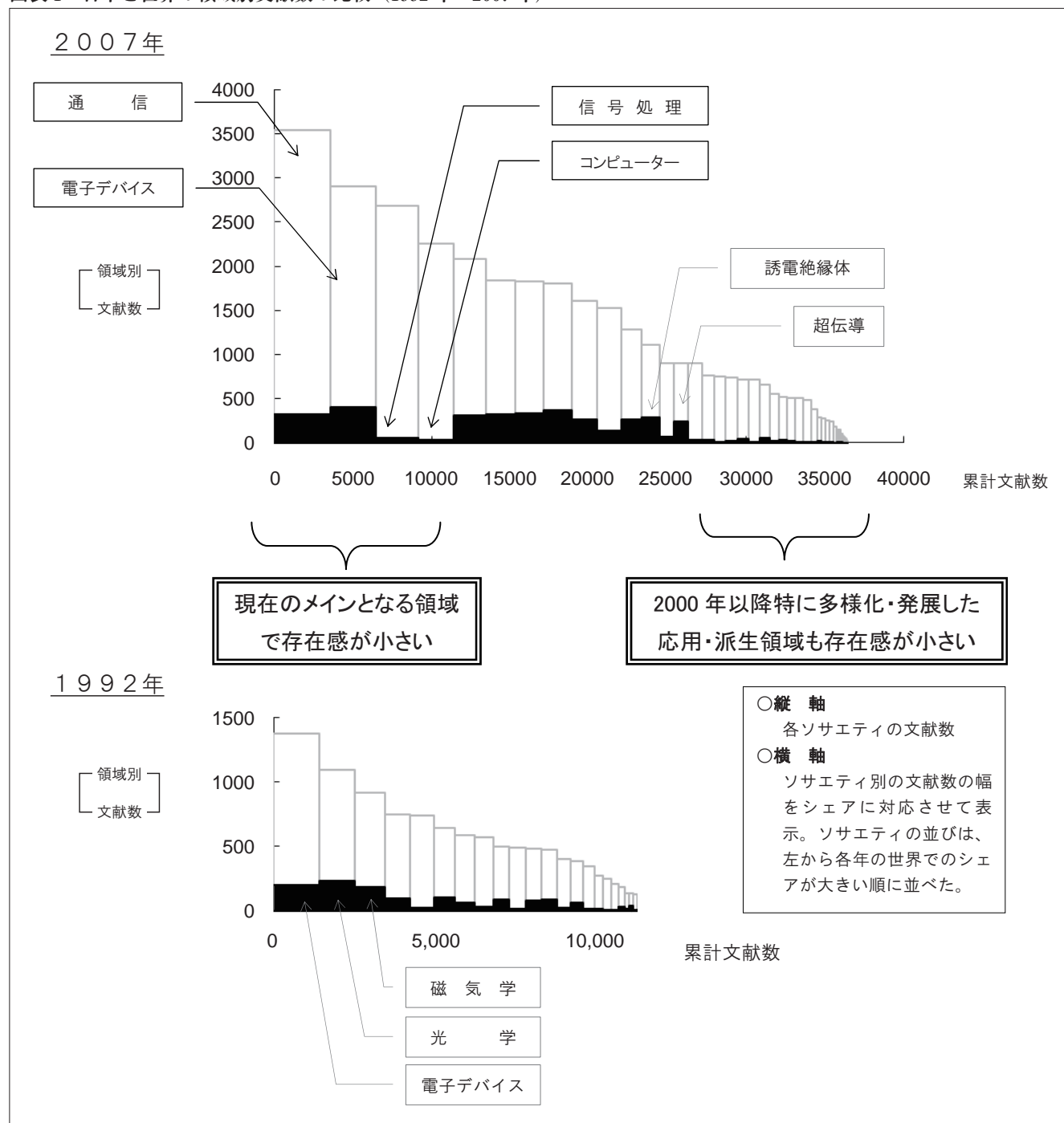
現在の日本の特徴を世界と比較して言うならば、電気電子関係が多く、一方で情報関係が極端に少ない。特に磁気学などの電気電子

系の領域の文献が多く、超伝導やロボット工学などの領域において国際的シェアが高い（これらについても、詳細は既報告の参考文献^{1,2)}をご覧ください。）。

すなわち、世界で情報通信関連分野の文献数が急激に伸びているなかで、結果的に日本の研究には独自の「選択と集中」が起きていることになる。

以降では、これらの基本状況を踏まえたうえで議論を進めていく。

図表1 日本と世界の領域別文献数の比較（1992年→2007年）



参考文献²⁾を基に科学技術動向研究センターにて作成

3 日本の研究開発の構造変化

企業が圧倒的な金額の研究費を使用している⁵⁾こともあり、日本の電気電子・情報通信分野の研究開発の主役は企業であるという印象が強い。しかし、セクター別にみると、企業からの文献数は1990年代後半以降大きく落ち込み、代わって大学や公的研究機関の文献数が大きく伸びている。全体の文

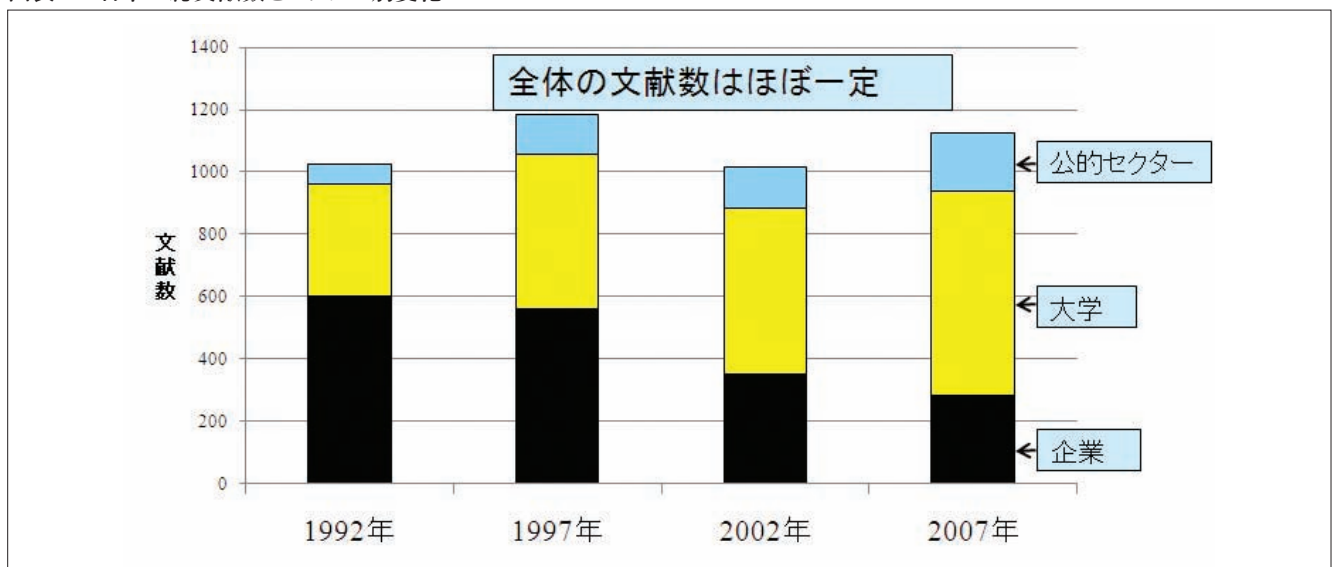
献数で横ばいの状況のなかで、文献生産の中心は「産から学へ」とシフトし、主役が交代していることが明らかである。

公的研究機関について言えば、ほとんど文献がなかった1992年の状態からみれば文献数を伸ばしているが、大学・企業に比べるとまだ多くはない。以降の分析では、

公的研究機関については割愛する。

なお、企業などにおいて「研究開発活動は行っても、論文等は書かなくなった」という可能性もあるが、本稿では、研究開発活動と論文等の発表との関係性は変わっていないという仮定のもとに議論を進める。

図表2 日本の総文献数とセクター別変化



参考文献¹⁾を基に科学技術動向研究センターにて作成

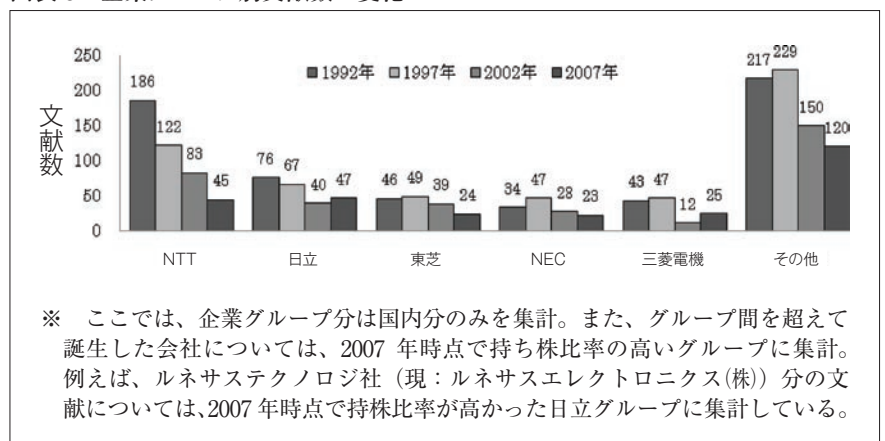
4 企業における変化

4-1

企業グループ別文献数の推移

図表3に、日本の個別企業・研究所単位の文献数を、NTT、日立、東芝、NEC、三菱電機などの上位の企業グループとその他に分けて集計した。どの企業も文献数は落ち込んできているが、なかでもNTTグループの減少が一際目立つ。

図表3 企業グループ別文献数の変化



参考資料¹⁾を基に科学技術動向研究センターにて作成

4-2

企業グループ別の研究開発における変化の類推

図表4に1992年と2007年の企業グループの研究領域別の文献数の変化を示す。総じて日本企業の文献数は、光学・電子デバイス・家電・電力関連の文献を中心に減少している。

以下に、企業グループにおける研究開発の内容の変化を、①NTTグループ(1位)、②その他の上位企業グループ(2位～5位)、③6位以下の企業グループ、に大別して類推する。

①NTTグループの変化

NTTグループの文献数の減少

は、図表4に示すとおり日本の企業セクターの減少の約半数を占めている。領域別には光学関連の減少が大きく、この単一の領域の文献数の減少数で約100と日本の総文献数の1割近くに及ぶ減少幅である。電子デバイス関連の文献の減少も合わせて、NTTグループの変化は日本全体へ大きなインパクトがあったといえる。

一方、世界的に最も成長著しい領域である信号処理関連では、NTTグループは2007年時点でも日本において最も多く文献数を出している。通信・ネットワーク関連の研究では、依然として日本のトップクラスの研究を担う組織である。

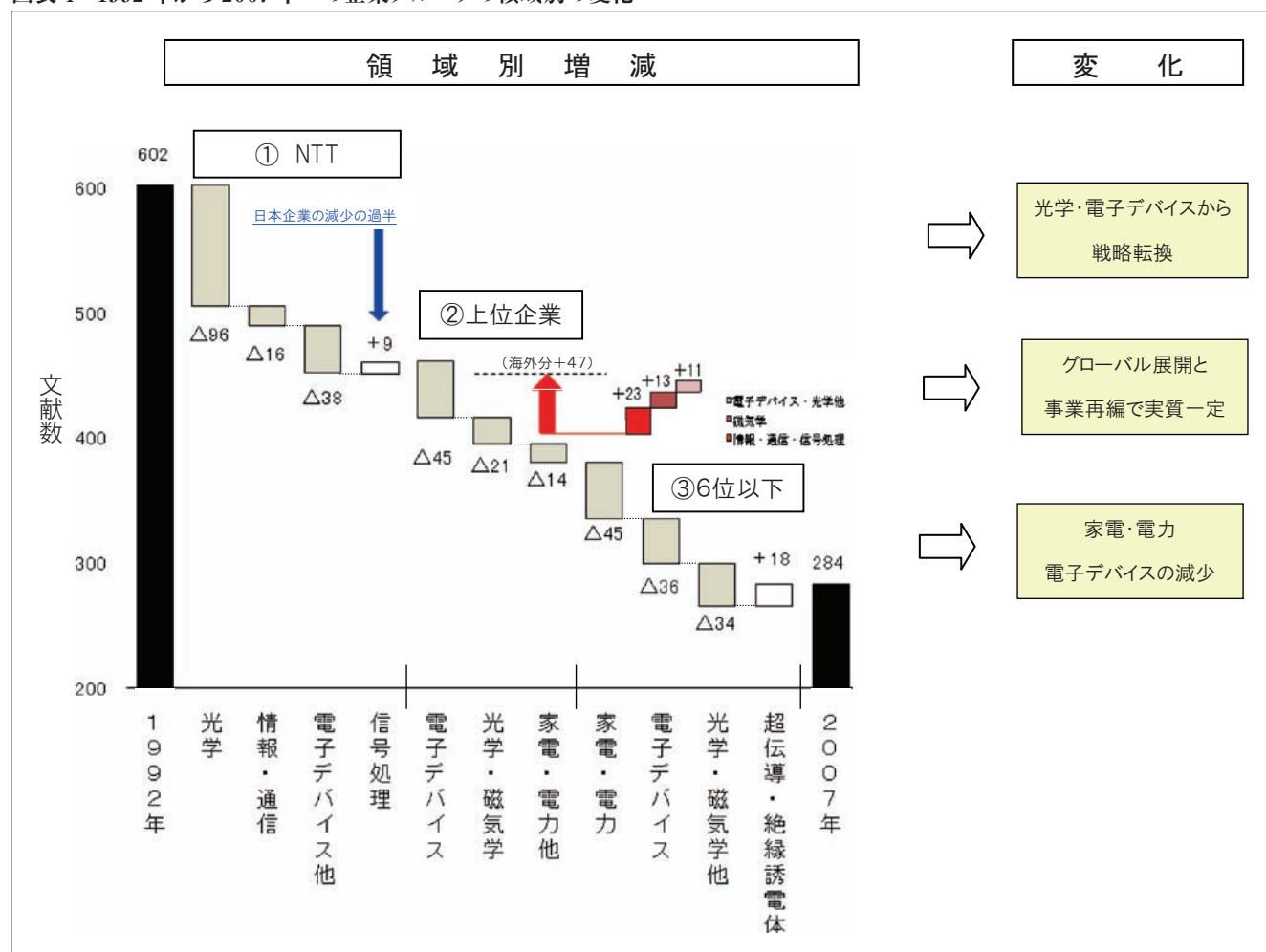
NTTグループの文献数の推移は、光通信技術の確立と企業の事業ドメインの再定義に伴う、NTT

グループの戦略転換という積極的なアクションの結果と捉えるべきだろう。

②その他の上位企業の変化

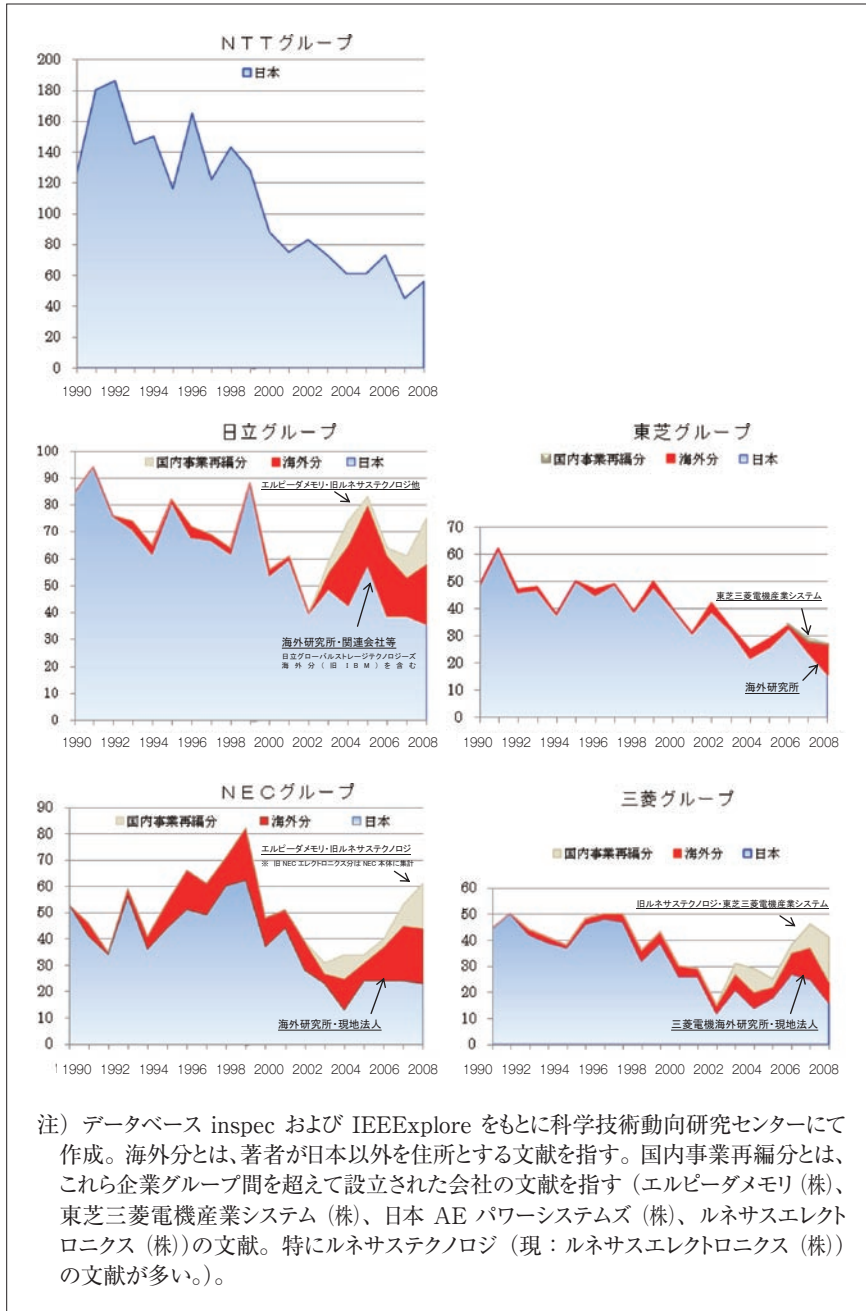
NTTグループ以外の上位4企業グループ(日立、東芝、NEC、三菱電機の各グループ)では、電子デバイス・磁気学・光学・家電・電力等の領域において日本国内で文献数が減少している。しかし、より特徴的な変化は、図表5に示すように、海外研究所や海外で買収した会社による海外文献数の増加である。これは、各企業グループのグローバルな事業戦略を反映した文献数の推移と言える。特にNECグループは、海外研究所からの文献が占める割合が高い。領域別に見ると、図表4に示すとおり、日本国内で文献が相対的に少ない情

図表4 1992年から2007年への企業グループの領域別の変化



科学技術動向研究センターにて作成

図表5 上位企業グループの文献数の推移
(2007年における文献数でトップ5の企業グループ)



科学技術動向研究センターにて作成

報・通信・信号処理関連の文献が海外で多い。すなわち、日本と海外で研究活動の内容が棲み分けられており、それぞれの企業グループはグローバルな体制で戦略的に研究開発を進めているといえる。図表5では、このほか、エルピーダメモリ(株)やルネサステクノロジ社(現:ルネサスエレクトロニクス(株))などの、上位企業グループ間の国内事業再編の結果である新会社の文献数もみられる。多くの上位企業におけるグループ全体での文献数は、グローバルな事業展開と事業再編により、ほぼ一定に維持されていると言える。

こうした企業グループのグローバルな事業展開を、日本という場における研究開発の問題として考えるなら、企業のグローバル化は生産活動の海外移転にとどまらず、研究開発活動についても海外に頭脳を求めて移転が進められている。これは、知的な意味での空洞化も進行しているといえるのかもしれない。

③ 6位以下の企業の変化

6位以下の企業では、家電・電力を中心に電子デバイス他の領域で文献数が減少している。一方、超伝導や誘電絶縁体といった日本が世界で強みを発揮している領域では、文献数が若干伸びている。これらは、企業の事業再編などに呼応した文献数の推移と思われるが、研究開発成果の重点を論文発表等の活動から特許など知的財産の確保へと焦点を移したという可能性もある。

5 大学における変化

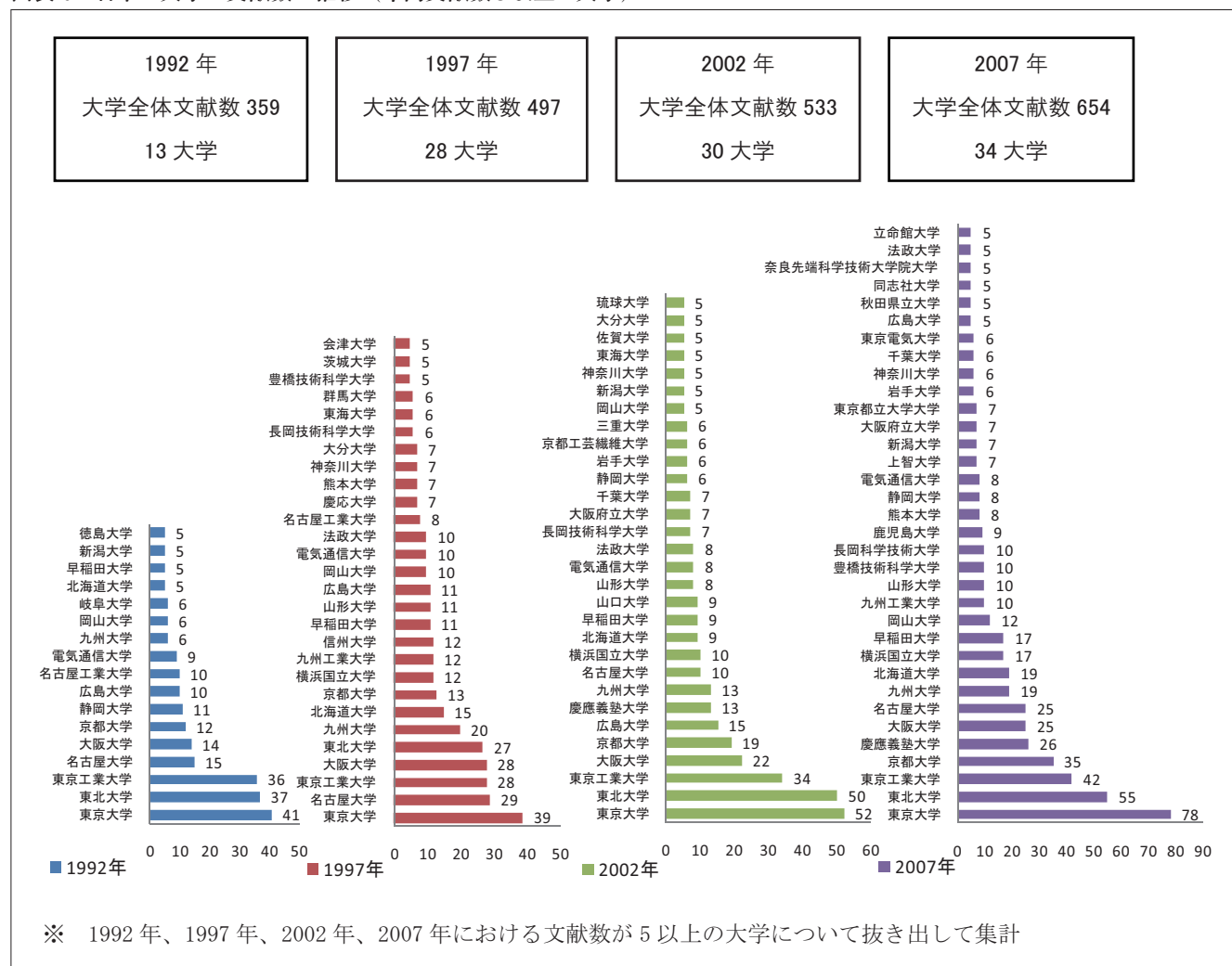
図表6には、年間文献数が5以上の大学とその文献数の推移を示す。年間文献数が5以上の大学の数は、1992年に13、1997年に28、

2002年に30、2007年に34と着実に伸びており、研究の裾野が拡大していると言える。

図表7には、大学における領域

別の文献構成比の変化を示す。1992年当時は、磁気学・光学・電子デバイスの3領域が、日本の大学における電気電子・情報通信関

図表6 日本の大学の文献数の推移（年間文献数5以上の大学）



連研究の量的中心であった。1992年から2007年の推移を構成比で見ると、電子デバイスや情報通信関連の文献の割合は安定している。一方、超伝導・絶縁誘電体・ロボットといった領域の研究が大きく存在感を高めている。このほか、信号処理やリモートセンシングなども伸びている。割合が大きく減少しているのは、磁気学・光学関連の研究である。それ以外の領域も量的には増加傾向にあるが、全体の文献数に占める割合は低下している。

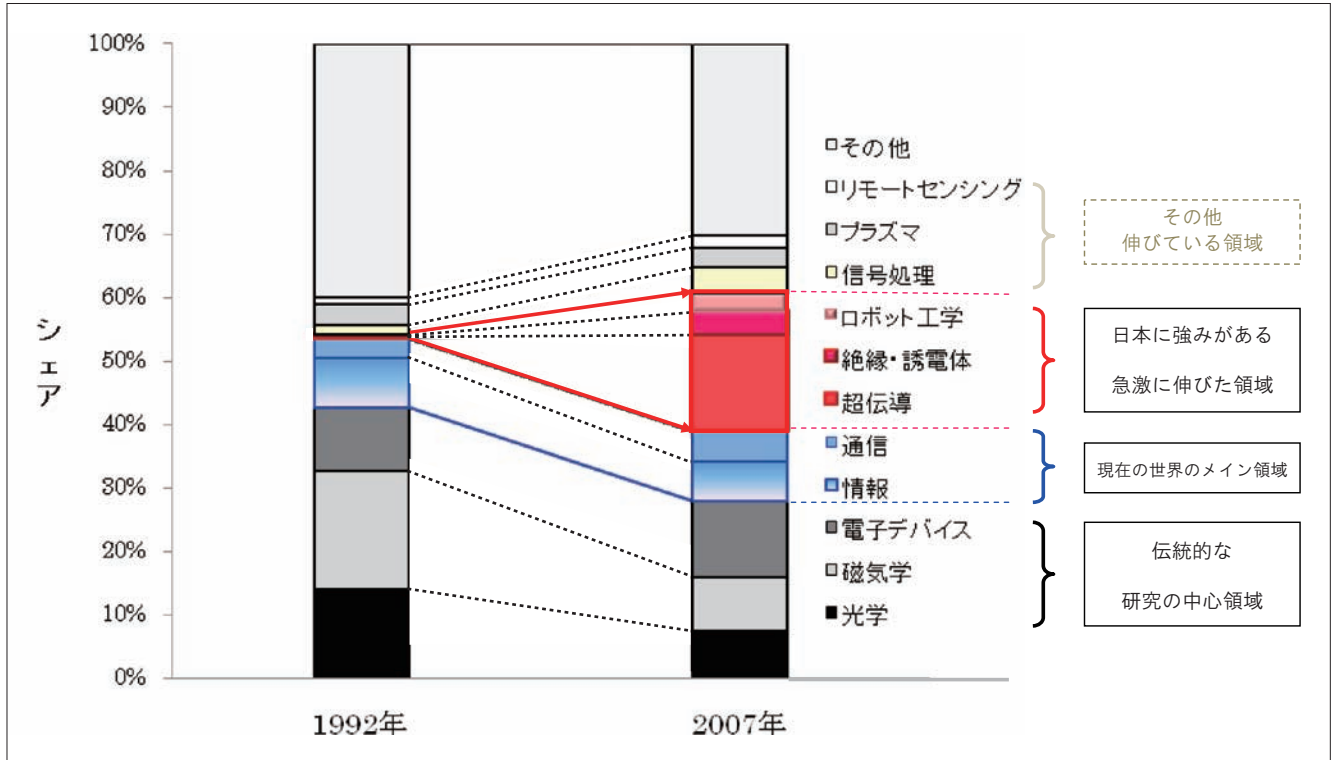
図表8には、1992年と2007年

における特徴的な領域における文献数についての量的変化を示している。超伝導・絶縁誘電体・ロボット工学の領域は大きく増加している。これらは日本が世界的にみて強みを発揮している領域であり、大学の文献数の伸びがそのまま世界における日本の存在感を高めることにつながっている。情報通信関連の領域も増加は見られるが、伸びが大きいとまでは言えない。また、磁気学・光学などの領域は量的には横ばいの状態である。

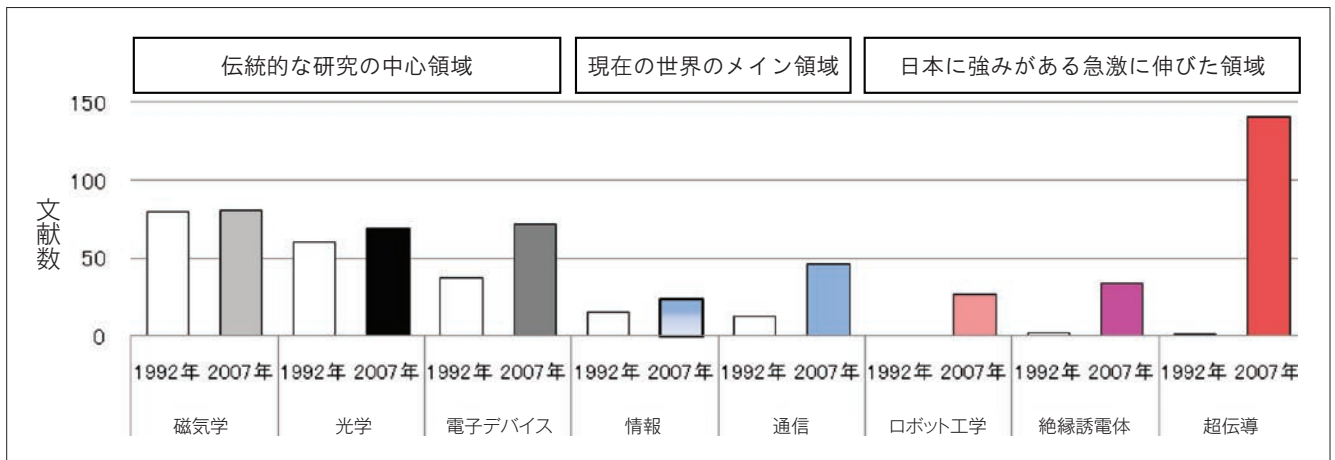
全体的には、大学における電気電子・情報通信研究の裾野は拡大

したが、研究領域でみると、世界動向である情報通信関連が少なく、電気電子関係、特に超伝導・絶縁誘電体などの特定領域の文献に偏りが見られる。大学全体として、研究の多様性をうかがうことができないようなデータは現れていない。大学というセクターが主役となった現在、日本全体の研究開発の方向性を左右する大学の研究内容がこのままでよいのかどうか、あらためて考えるべきではないだろうか。

図表7 大学における研究領域別の文献構成

参考文献²⁾を基に科学技術動向研究センターにて作成

図表8 大学における主要領域別の文献数の変化（1992年→2007年）

参考文献²⁾を基に科学技術動向研究センターにて作成

6 研究者からの意見

今回の分析結果に対して、筆者らは、ヒアリングやミニシンポジウムなどを通じて研究者の意見・感想などを収集してきた。以下ではこれら意見等を、①資源配分、②目標設定、③研究の多様性、④アカデミアの姿勢、⑤科学技術人材の5つの視点に整理して紹介する。

①資源配分

- 低成長で研究予算に限りがある環境では、日本で全方位型の研究開発はもはや不可能であり、多様性よりも大胆に絞り込みを進めるのは致し方ない。
- 国立大学法人の運営費交付金の減額などにより、大学の研究は競争的資金への依存が強まっており、資金誘導によって、大学の序列化と研究の多様性の喪失・

均一化を招いたのではないかと。

- 大学や公的研究機関では予算・定員が抑制されているため、既存分野・領域のポストへの資源配分が固定的に維持されており、新たな研究領域へのシフトが抑制されている。

②目標設定

- 研究者にとって、産業に近い領

域の研究に注力すべきか、それとも基礎的な研究に重点を置くべきかといったバランスは永遠のテーマである。近年の急激な技術的な進歩とイノベーションが進む現在では、そもそもターゲットを適切に決めること自体が非常に難しくなっている。

●政府の音頭でターゲットを定め、重点的な投資・ファンディングを行っても、その領域における研究開発が諸外国や他の領域に比べて必ず活発になるわけではない。例えば、第2期・第3期の科学技術基本計画における情報通信分野への重点化は、十分結果に現れているとはいいいにくい。

●日本では、コンピューターなどの領域は以前から強くはない。超伝導やロボットなど日本の強みがある領域において、今後いかにイノベーションを起こしていくかという方策を考えることが重要である。

③研究の多様性

●大学における研究の多様性の喪失は、感覚に合う結果である。既存領域の研究を単に維持するだけでは、発展を続ける科学技術の国際競争から量的にも質的に

も取り残されてしまう。

●既存の領域の研究者が自らの研究領域の重要性を主張するあまり、新たな領域の研究者の声が見え過ぎがちになっているのではないか。

●情報通信など世界で伸びている領域で日本が競争に参加していない状況をどう考えるかは課題である。強みのある研究領域を集中して伸ばしていけばそれで十分なのかを議論すべきである。

④アカデミアの姿勢

●法人化や競争的資金への誘導により研究業績への圧力が強まり、研究者は萎縮・保守化し、論文になりやすく成果の出しやすい領域の研究に特化しているのではないか。

●論文誌などに掲載せずカンファレンスで発表して事足りるとするような風潮が強まっていることが文献数の推移に関連しているとすれば、研究者の基本的姿勢の問題である。

●大学では自由に研究することが許されているとしても、科学技術の社会への実装を目指すことを基本とする工学系の研究では、やはり社会のニーズや動向と無関係であるわけにはいかないの

ではないか。電気電子・情報通信関連研究はどうあるべきか、科学者・研究者集団としてどうしたいのか、全体の方向性を明確化して社会に向けて問いかけていくべき時期であろう。

⑤科学技術人材

●特定の領域の研究で世界のトレンドを牽引するためには、その領域のリーダーとなる研究者がいるかどうかは鍵である。このまま推移すれば、今後日本ではリーダーシップをとる研究者が少なくなり、日本の存在感が一層低下することが懸念される。

●企業出身の研究者は社会のニーズを取り込む意味で大学に採用されてきたはずだが、企業や社会の潮流やニーズとは無関係に、企業に在籍していた当時の研究開発テーマの研究を大学に場所を移して、そのまま続けている可能性がある。

●大学において、世界のトレンドから離れた従来のままの工学教育によって人材育成を続けた場合、企業や社会の技術ニーズからかけ離れた世代遅れの人材を再生産してしまう恐れがある。

7 おわりに

以上のように、電気電子・情報通信分野の研究開発における日本の変化の断面をうかがい知ることができたものの、定期刊行物の文献数の推移のみから、この分野における研究動向を結論付けるには無理があるようにも思われる。このため、筆者らはIEEE関連の主要な国際学会カンファレンス(Conference)の動向まで検討の範囲を広げるなど、今後はさらに多面的な実態分析を進めていく予定

である。

しかし、本稿のようなIEEE定期刊行物の文献数の推移のみでも、日本の研究開発の変化を概ねうかがい知ることにはできる。

日本は、世界的にみて情報通信分野など現在のメインの領域や、2000年以降に特に多様化・発展した応用・派生領域で存在感が小さい。世界のトレンドと大きく異なる独自の進化を遂げる様子は明らかである。さらに、日本では文献

の生産の主役が企業から大学に移っているが、主役となった大学では超伝導など特定領域への特化傾向がみられ、研究領域が多様化していく様子はみられない。

一方、企業は国内で主役ではなくなり、事業戦略の転換や研究活動のグローバル展開の動きがみられる。日本で文献が少ない情報通信分野の研究を海外での研究活動によって補おうとする大手企業グループもある。日本企業の研究開

発の海外流出が進むと、「知の空洞化」が起きる懸念もある。

このような研究活動のアウトプットと産業の実態との関連性を産学官の関係者の間で議論し、あらためて今後の日本全体としての研究活動の方向性を考えていくこ

とが必要ではないだろうか。

謝辞

これまでの一連の調査に関して、首都大学東京原島文雄学長、スタンフォード大学西義雄教授、東北大学大学院工学研究科小菅一弘教

授をはじめ、シンポジウム・ヒアリング等の場において調査分析結果に対して貴重な意見やコメントをいただいた多くの研究者・技術者の方々に、この場を借りて厚く御礼申し上げます。

参考文献

- 1) 白川展之、野村稔、奥和田久美 『IEEE 定期刊行物における電気電子・情報通信分野の国別概況』、文部科学省科学技術政策研究所 調査資料 No.169, 2009.07
- 2) 白川展之、野村稔、奥和田久美 『IEEE 定期刊行物における電気電子・情報通信分野の領域別動向 ―日本と世界のトレンドの差異―』 文部科学省科学技術政策研究所 調査資料 No.176, 2010.02
- 3) 柴山 盛生、『学術雑誌による人文・社会科学分野における国際研究動向の分析、NII journal (2) 59 ~ 70、国立情報学研究所』、2001
- 4) Breitzman, A (2010) "Analysis of Patent Referencing to IEEE Papers, Conferences, and Standards 1997-2009", IEEE (Report prepared by 1790 Analytics LLC)
- 5) 平成 21 年科学技術研究調査 総務省 2010.3 <http://www.stat.go.jp/data/kagaku/2010/index.htm>
- 6) 白川展之、野村稔、奥和田久美『電気電子・情報通信分野の研究における日本の各大学の動向』、研究技術計画学会 第 24 回年次学術大会予稿集 pp.401-404 2009.10
- 7) 野村稔、白川展之、奥和田久美「電気電子・情報通信分野の研究開発における日本の変化とその内訳分析」、研究技術計画学会 第 25 回年次学術大会予稿集 pp.682-685 2010.10
- 8) IMD WORLD COMPETITIVENESS YEARBOOK <http://www.imd.ch/wcy10>

執筆者プロフィール



白川 展之

総括ユニット
科学技術動向研究センター 上席研究官
<http://www.nistep.go.jp/index-j.html>

広島県職員を経て研究者に。2008 年 9 月より現職。現在、科学技術予測などに従事。専門は、公共経営・評価。農業から保健・医療まで幅広い産業技術分野のマネジメント・産学連携の実務経験から、科学技術にとどまらないイノベーション政策を幅広く扱う。



野村 稔

科学技術動向研究センター 客員研究官
<http://www.nistep.go.jp/index-j.html>

企業にてコンピュータ設計用 CAD の研究開発、ハイ・パフォーマンス・コンピューティング領域、ユビキタス領域のビジネス開発に従事後、現職。スーパーコンピュータ、LSI 設計技術等、情報通信分野での科学技術動向に興味を持つ。