



東北大学 電気通信研究所

アカデミックロードマップ 2013

Research Institute of Electrical Communication
Tohoku University



本研究所の重点研究領域と学術ロードマップ

本研究所は、「高密度及び高次の情報通信に関する学理並びにその応用の研究」を設置目的とし、情報通信分野における日本で唯一の国立大学附置研究所として、世界に先駆けた先進的研究を強力に推進してきた。その実績を背景に、平成 21 年 6 月、文部科学省から全国共同利用・共同研究拠点の認定を受けた。この認定にむけた申請を行うにあたり、本研究所は、当面の間、重点的に取り組むべき 7 つの研究領域を設定し、あわせて、各領域について、これらの研究課題のおおよその実現時期を示した学術ロードマップを作成した。

全国共同利用・共同研究拠点としての認定は、本研究所が、関連の研究者コミュニティと連携・共同して我が国全体の学術研究の更なる発展を牽引する責務を担っていることを示している。そこで、平成 22 年度に本研究所が申請に当たって作成した重点研究領域と学術ロードマップを改訂し、研究コミュニティに対し公開することとした。本ロードマップは、平成 25 年度改訂版である。

本研究所は平成 13 年に、設置目的を遂げる上での理念として、「人間性豊かなコミュニケーション実現のための科学技術の発展、進化により、学術と社会の繁栄、人類社会の福祉に貢献する」と定めた。この理念のもと、高密度及び高次情報通信に関するこれまでの研究成果を基盤とし、人と人との円滑なコミュニケーションのみならず、人間と機械の調和あるインタフェースまでを包括した「人間性豊かなコミュニケーション」を実現する総合的科学技術の学理と応用についての研究を、研究者コミュニティと連携しながら、持続的に牽引することが本研究所の役割である。

人間性豊かなコミュニケーションシステムをエレクトロニクスに基づいて実現するためには、電子材料と情報の基礎科学並びに情報通信を行うデバイスからソフトウェアまでを、情報通信シ

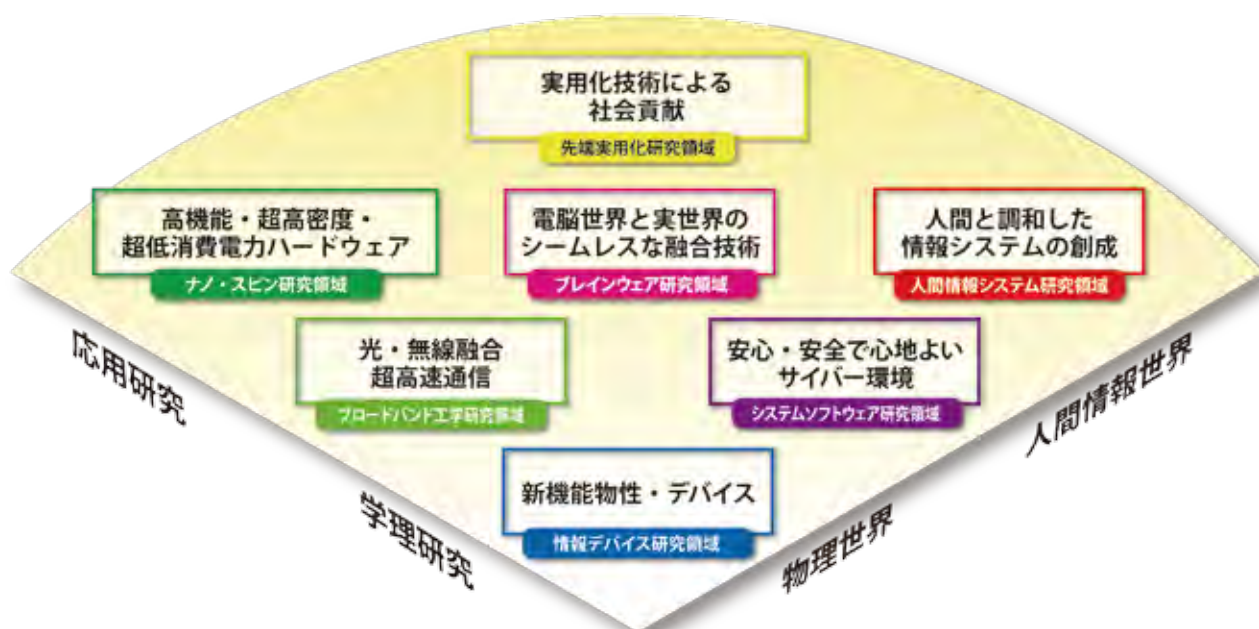


システムを利用する人間までを含めた一体化システムとしてとらえた研究が必要である。そのために、情報通信における信号の伝送を支える物理世界から、人間の情報処理世界にいたるまでの広い研究領域スペクトルを構成し、ハードソフトの有機的連携による自然で快適な情報通信環境の実現をめざす。また、これらの研究は、基礎基盤的学理研究から応用志向、更には実用化に至る研究位相を構成する。そこで、重点領域の設定にあたり、研究領域スペクトルと研究位相の2次元で考え、これに基づいて以下に示す7つの領域を設定した。図にその全体像を示す。

物理現象を生かしたナノ情報デバイスの開発と、超広帯域通信のためのデバイス・システム実現は、情報通信分野において普遍の目標といえる。そこで、前者を推進する「情報デバイス研究」と、後者を推進する「ブロードバンド工学研究」の2領域を設定した。それによって実現される高次高密度情報通信システムを安全で安心して使えるようにするためには、人間と情報通信環境とを調和させる基盤技術が必要である。また、その実現を支えるシステムとソフトウェアが必須である。そこで、前者を推進するために「人間情報システム研究」と、後者を推進する「システム・ソフトウェア研究」の2領域を設定した。これらは、本研究所における最も基礎・基盤的な研究領域である。

また、基礎研究の実用化には、特定の領域を総合的・集中的に推進する必要がある。そのような領域として、将来情報通信を支える基盤技術として強く期待される「ナノ・スピ研究」と、将来の情報通信において必須とされる実世界と電脳世界とのシームレスな融合を実現する「ブレインウェア研究」を設定した。また、研究成果の実用化による社会貢献は、大学附置研究所にとって極めて重要な課題である。そこで、本研究所の成果の短期実用化を目指す「先端実用化研究」を設定した。

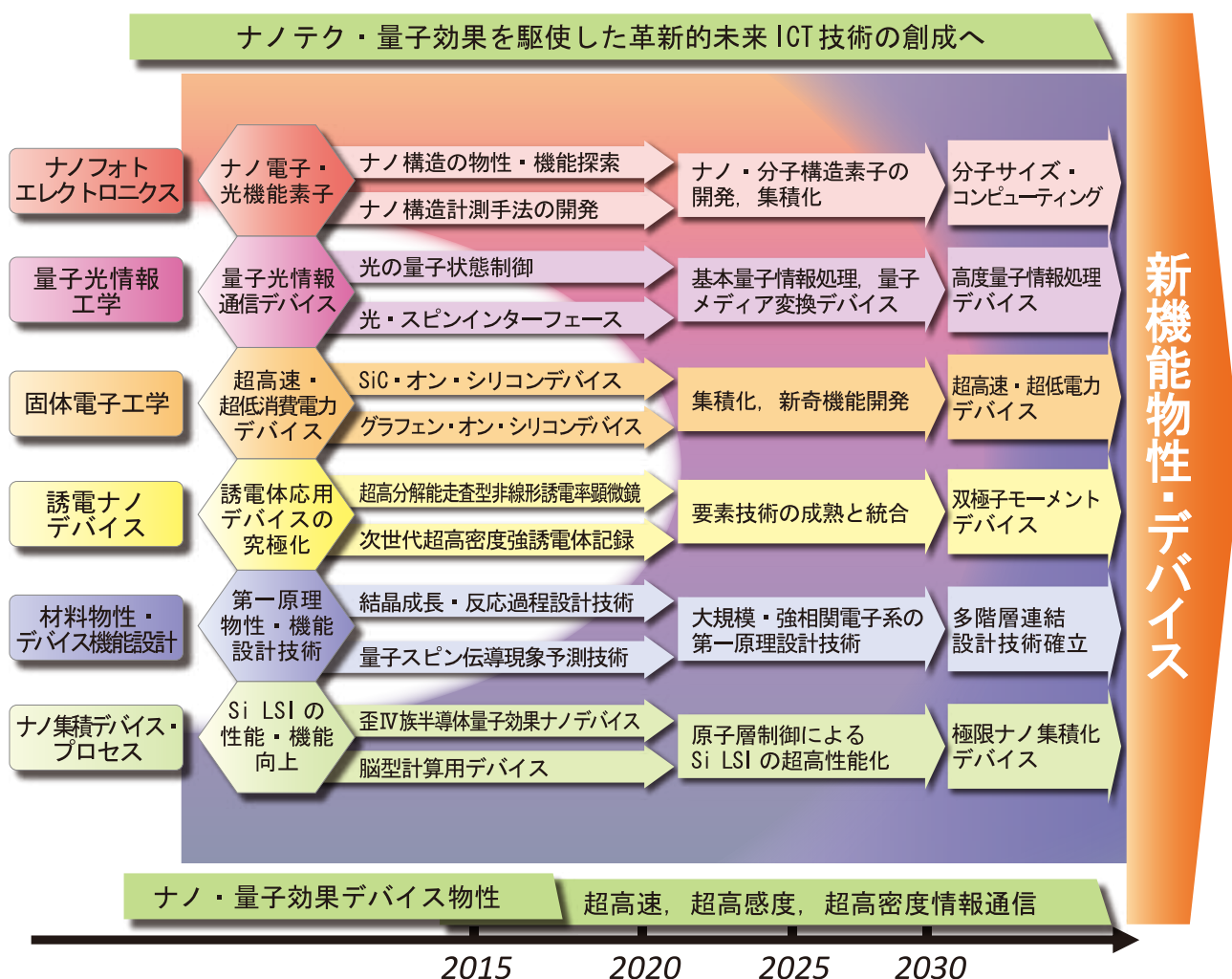
7 重点領域



情報デバイス研究領域

現在の情報通信技術においては、通信ネットワークにおける情報通信量の飛躍的増大や、より臨場感あふれるマン・マシンインターフェースの実現、より安心・安全な情報通信システムの構築、等の観点から、それらを支える要素技術たる革新的情報通信用電子・光デバイスの開発が極めて重要である。世界的にみると、メモリ、液晶ディスプレイ、光通信デバイス等のメインストリームデバイスの開発力の中心は国外に移りつつあり、日本はそのさらに先を行く先進・先端的デバイスの開発に注力していく必要に迫られている。その中で本研究所は、次世代情報通信を担う電子・光デバイスに関し、物理現象の深い理解に基づく研究開発を行い、常に高い成果を挙げてきた。次世代情報通信用電子デバイスに関し、本研究所は正に世界を先導する使命を担っていると考える。

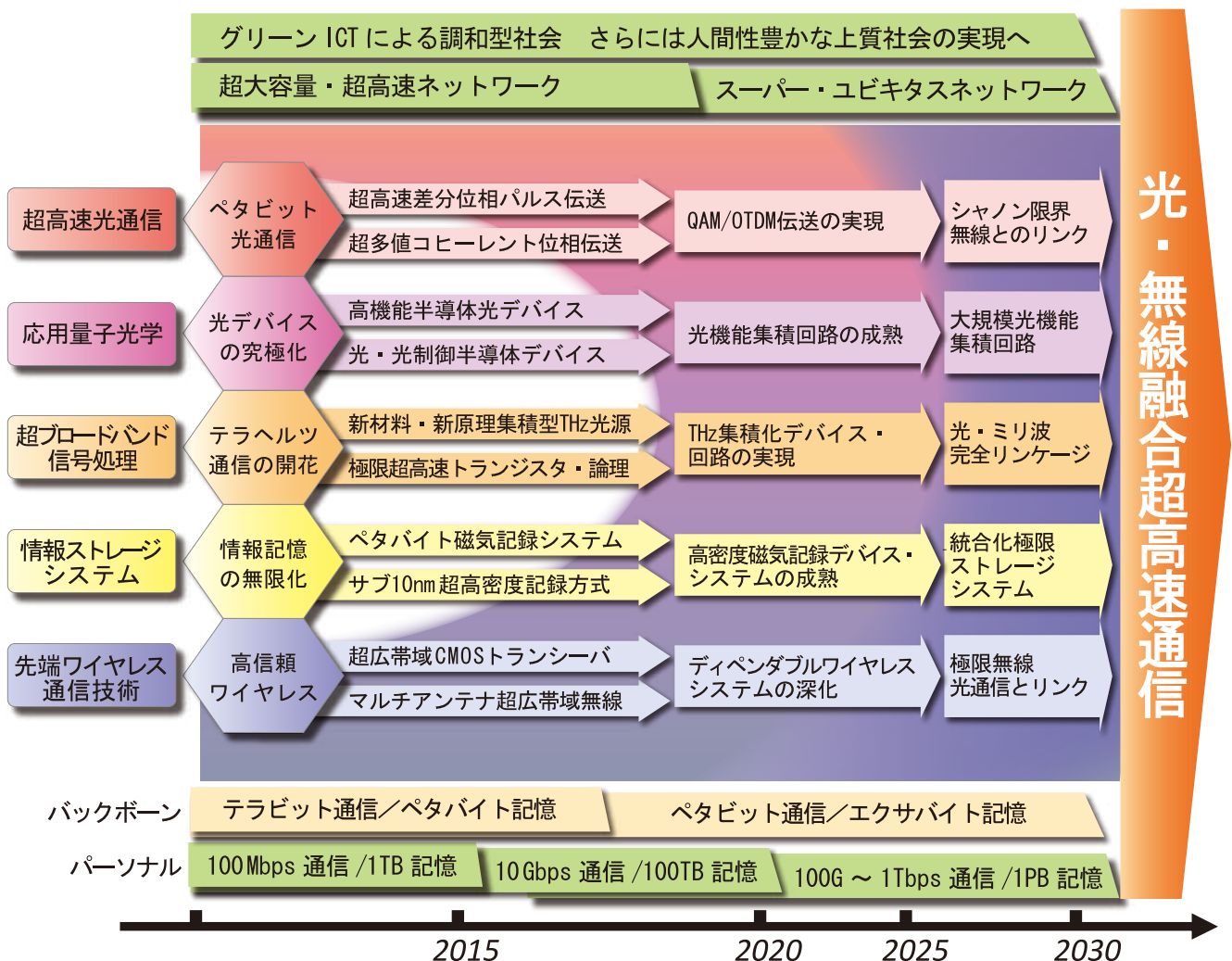
本研究所では、この領域の研究推進に当たり、これまでの成果を礎として、次世代情報通信工学の基盤となるべき革新的情報デバイスの創成を目指す。すなわち、電子、光、スピンなどの物理現象の探究とその理解に基づき、各素量子を制御・統合することにより実現する新機能情報デバイスを開拓する。具体的には、ナノメートル領域の次世代光・半導体ナノデバイス、強誘電体を用いた超高密度記録技術、量子情報通信デバイス技術、材料科学・情報工学融合によるデバイス機能設計技術、3次元半導体集積回路技術等の重点分野を、全国の研究機関と連携をとりながら強力に推進する。下図に、この領域の関連分野と本研究所が推進すべき研究課題を実現時期とともに示す。



ブロードバンド工学研究領域

指数関数的に増大し続ける情報流通の需要に応え、人間性豊かで上質な社会の深化を促すためには、ユビキタスなネットワーク社会の実現が必須であり、その実現には、ワイヤレス通信と光ファイバ通信のシームレスなリンクと、ペタビットさらにはエクサビットへの通信容量を同時に実現する、ブロードバンド工学研究が不可欠である。20 年後には現状の 1 桁以上の情報通信容量向上が必須と試算されている。この要請に応えるため、世界的には、ワイヤレス通信と光通信の超高速化・超大容量化の研究開発が進展しており、特に、未利用周波数帯の開拓と周波数利用効率の向上が、光と無線の融合による科学技術の深化をもたらし鍵と考えられる。本研究所は、八木・宇田アンテナ、マグネトロン、交流バイアス磁気記録の先駆的研究を端緒に、電気通信の基幹をなすブロードバンド通信基盤技術研究分野において常に世界をリードしてきた。

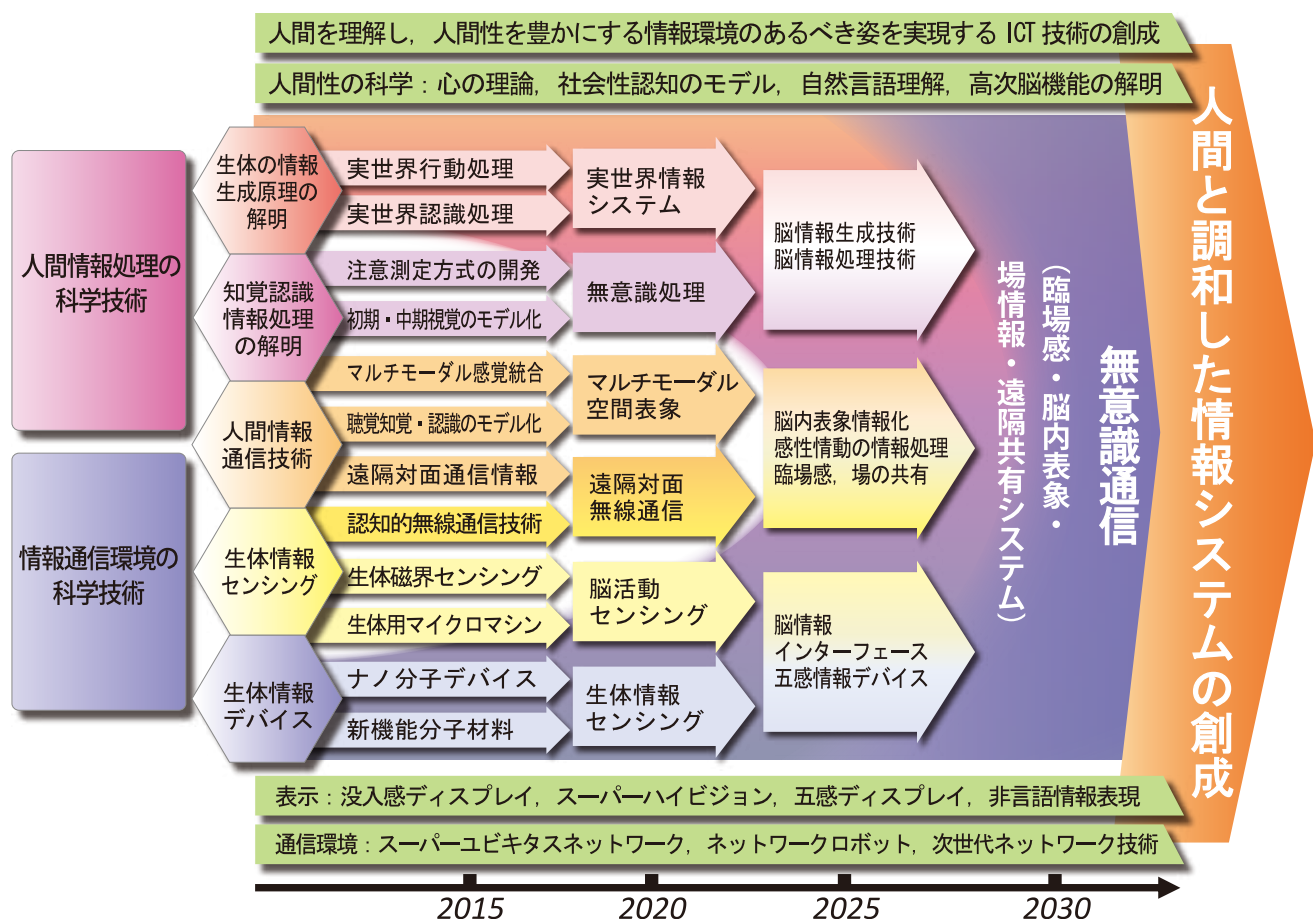
本研究所は、引き続き世界を先導する使命を担っている。そこで、本領域では、「無線と光通信の融合による周波数利用効率の高い情報通信システムの構築」と「それを支える先端要素デバイスの創出」を至上命題として研究を推進する。また、国内外トップレベルの研究機関との共同研究体制をより強固に構築し、COE としての役割を世界に示していく。周波数利用の進化を目指し、超高速・超高密度先端ワイヤレス通信および光通信とそれらの融合化技術、ならびに次世代型垂直磁気記録による超高密度磁気記録方式等の研究を推進する。同時にそれらのシステムを支えるために、半導体フォトリソ、テラヘルツプラズモニクス技術等の研究を推進する。下図に、この領域の関連分野と本研究所が推進すべき研究課題を実現時期とともに示す。



人間情報システム研究領域

現在の情報通信環境では、膨大な情報へのアクセスが可能である一方、それらの取捨選択には多大な努力が要求される。このような状況の解決には、情報の質を考慮した情報通信システムの実現が重要である。世界的にみると、このような領域の研究は脳活動との直接的なインタフェースや五感をフルに利用するインタフェースなどについての基礎研究を進めている状況にあり、国内では、それらの基礎研究とともにバーチャルリアリティシステムの系統の研究として広く五感情報を扱うインタフェースに関する研究も盛んである。しかし、本領域の進展に重要な、確かな感覚情報を扱う人間の情報処理機構科学技術と、それに即したインタフェースや通信技術のための研究を総合的に推進している例は見られない。それに対し、本研究所は、視聴覚に関連する感性情報の評価技術、マルチモーダル情報システムや無線通信システム技術などで高い業績を上げてきており、今後、文脈や背景情報の共有等、無意識情報の共有までも可能とする情報通信システムの実現に向けた総合研究を推進する上で強力なポテンシャルを有している。本研究所のこの分野での目標を無意識（Unconscious）通信とし、コミュニケーションに利用されるが意識されない情報の通信、意識することのない通信装置とのインタフェースの実現を目指す。

本研究所では、この領域の研究推進に当たり、人間を高次脳機能に基づく情報通信端末という視点で理解する。その上で将来の無意識通信の実現を目指し、コミュニケーションにおける高次脳機能の要求を実現するための情報通信システムの構築を、全国の研究機関との連携をとりながら推進する。下図に本研究領域に関連する分野をその実現時期とともに示す。



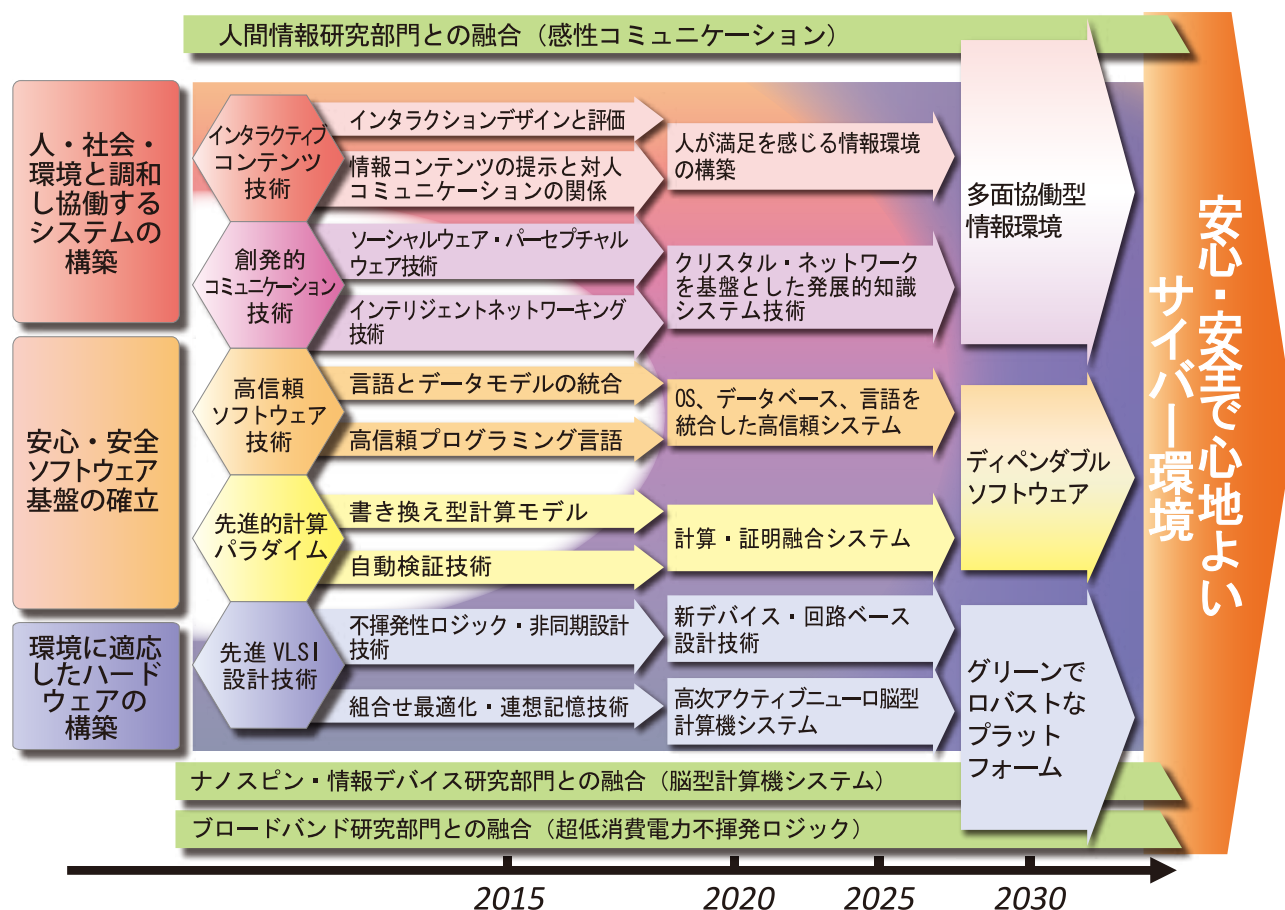
システム・ソフトウェア研究領域

人間性豊かなコミュニケーションシステム実現には、革新的デバイス・ハードウェアを駆動しシステムを実現するシステム・ソフトウェアに関する技術革新を必要とする。特に近年、システム・ソフトウェアの安心・安全性及び人・社会・環境との調和が重要な課題と認識されている。この課題に答えるべく、内外では、ソフトウェアの基礎理論から応用技術まで幅広いテーマで盛んに研究が進められている。

本研究所は、これらの基礎となる理論や応用技術において顕著な業績を挙げている。即ち、書き換えシステムの基礎理論や高信頼プログラミング言語構築技術、エージェント指向コンピューティングとその応用、インタラクティブコンテンツに関する技術等で内外の研究をリードする貢献をしている。さらに本研究所は、本領域の研究を、デバイス・ハードウェアの研究開発と相補的に遂行し得る我が国唯一の研究拠点である。

そこで、本研究所は、この研究領域において、安心・安全なソフトウェア基盤の確立、及び、人・社会・環境と調和するシステム実現技術の構築を 2 つの柱とした研究を推進し、システム・ソフトウェアの研究拠点としての役割を果たす。

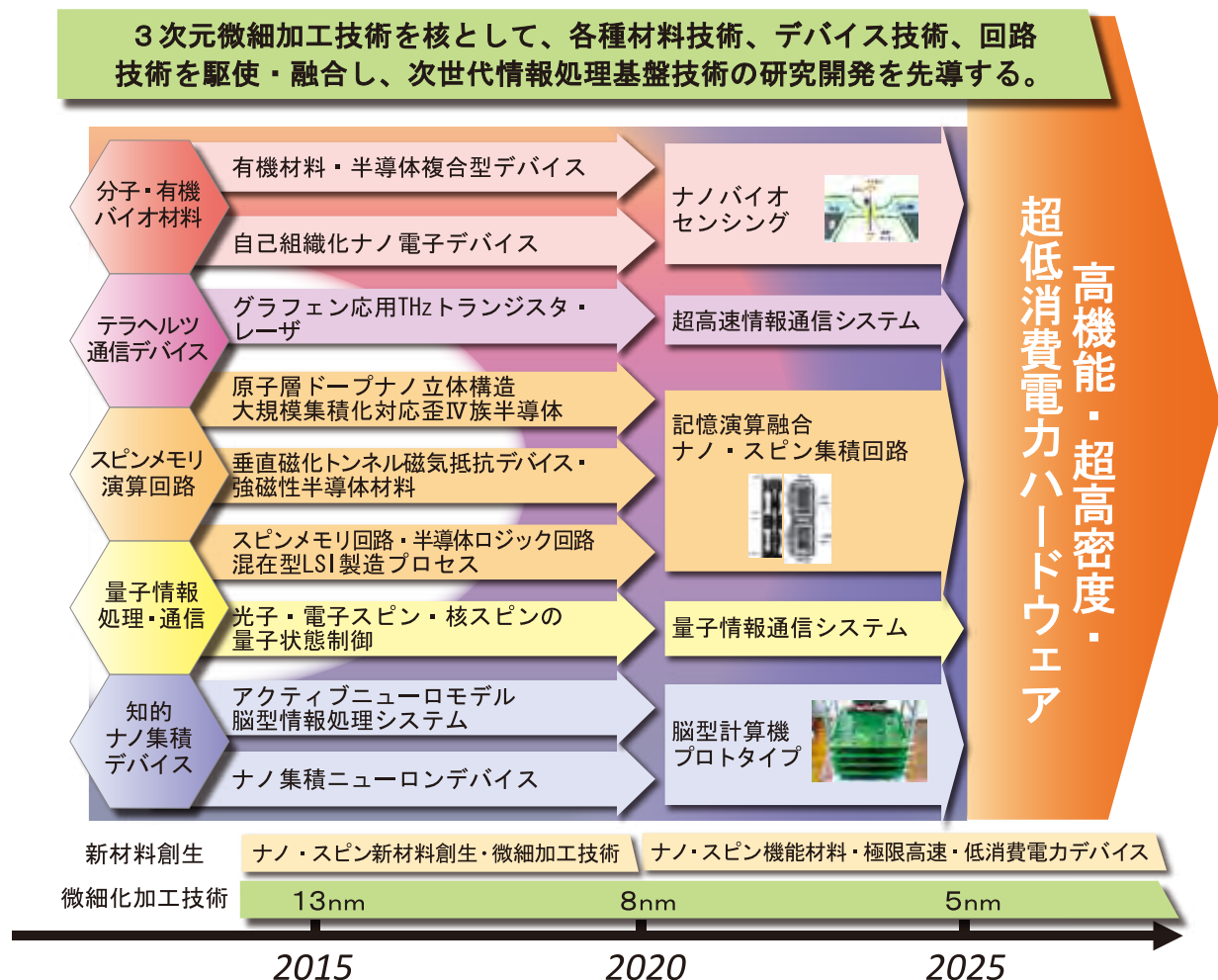
本研究所は、今後、安心・安全なソフトウェア基盤においては、プログラムの検証・変換・合成の基盤理論及び高信頼プログラミング言語を中核とする高信頼ソフトウェアの研究開発を推進し、人・社会・環境と調和するシステム実現技術においては、マルチエージェントに基づくコミュニケーションと協働支援、新しいディスプレイ技術やユーザインタフェース技術を駆使したインタラクティブコンテンツシステムの構築、柔軟性を有する先進再構成型 VLSI 設計技術・ハードウェア技術を推進する。下図に、この領域の関連分野と本研究所が推進すべき研究課題を実現時期とともに示す。



ナノ・スピン研究領域

次世代の高次・高速・大容量・省エネルギーの情報通信およびインターフェースに要求される、高機能・超高密度・超低消費電力ハードウェアプラットフォームの実現には、ナノテクノロジーに基づいて電子の電荷・スピンを駆使した、ナノエレクトロニクス・スピントロニクス（ナノ・スピン）基盤技術を確立しなければならない。半導体デバイス・プロセス技術の微細化のトレンドは 2020 年には 10nm（ゲート長）に到達すると予想されており、次世代情報通信技術の確立にはリソグラフィ技術の微細化の極限を見据えたナノ構造の構築と制御、それらを用いた新たな演算の探索が強く求められている。また、スピン自由度を用いたスピントロニクス素子、有機材料・バイオテクノロジーとの融合、さらに高度量子情報通信・量子情報処理のハードウェアを研究開発することが必要不可欠である。本研究所はこれまで、ナノヘテロプロセス技術、強磁性半導体・強磁性金属を用いた磁性制御技術やスピン素子／CMOS ハイブリッド論理回路を世界に先駆けて開発するなど、ナノ・スピン基盤技術の研究で世界の技術開発を先導してきた。

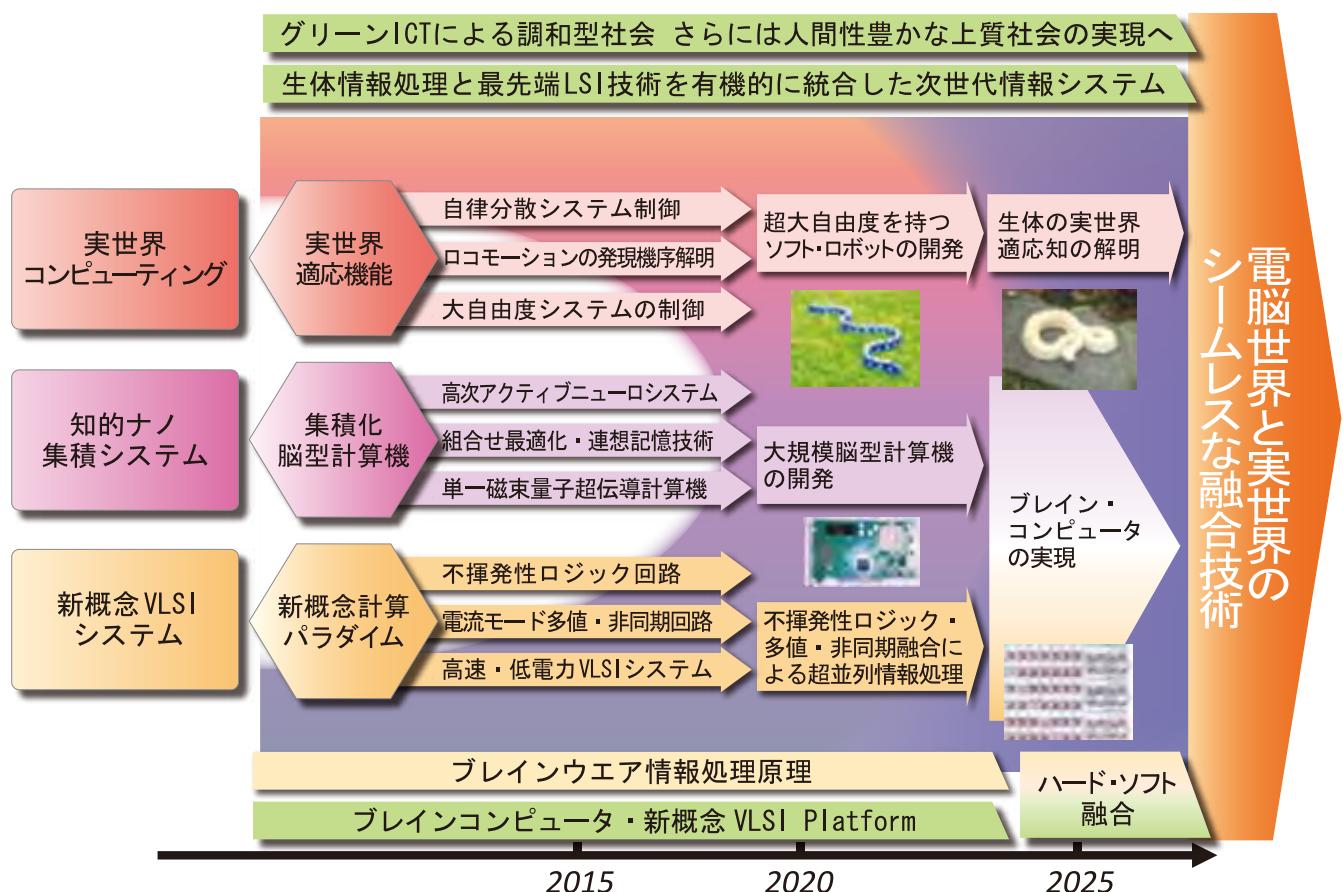
将来の低炭素社会実現に向けて、本領域における電子情報通信技術を一層進化させるためには、1) 極限の精度で制御されたシリコン系半導体ナノプロセス・ナノデバイス技術、並びに脳型計算との融合により従来技術の限界を打ち破るナノ集積化技術と、2) 新たな情報デバイス・集積回路の地平を拓くスピントロニクス材料・デバイス・回路技術を融合した記憶演算融合ナノ・スピン集積回路、3) 半導体・有機・分子材料を用いたナノバイオセンシングデバイス、4) 従来の半導体・磁性体に加え、新材料であるグラフェン・超伝導体等を利用した新規量子デバイスによる超高速情報通信技術および量子通信・演算技術の実現を目指す必要がある。下図に、この領域の関連分野と本研究所が推進すべき研究課題を実現時期とともに示す。



ブレインウェア研究領域

多くの情報をより創造的で積極的に活用する社会の実現のためには、膨大な情報から生じる計算量爆発や、柔軟性・適応性の欠如に起因するシステム性能の不安定化を効果的に解決する基盤技術の開発が急務である。このためには、時々刻々とダイナミックに変動する実世界に対して即応できる柔軟な処理方策の学理究明とそのハードウェア実装技術の確立を通して、電腦世界と実世界とをシームレスに融合させる必要があり、人間の脳における情報処理に着想を得た脳型情報システムはそのための有力な実現方策になり得る。脳型情報システムを実現する上で当面ハードウェアの核となるのは CMOS VLSI 技術であると考えられるが、配線遅延や消費電力の増大等の問題が深刻化しているのが現状である。これらの問題を打破するためには、新機能・多機能材料・デバイスを融合させて、高機能かつ外界環境変化に対し柔軟・適応的に対応できる新しい回路・システムアーキテクチャの構築を実現するための設計論、つまり大域的に非自明の機能を結合自律個集団から創発させるアンコンベンショナル・コンピューティングに立脚したシステムの低電力化を含む設計論が必要不可欠である。

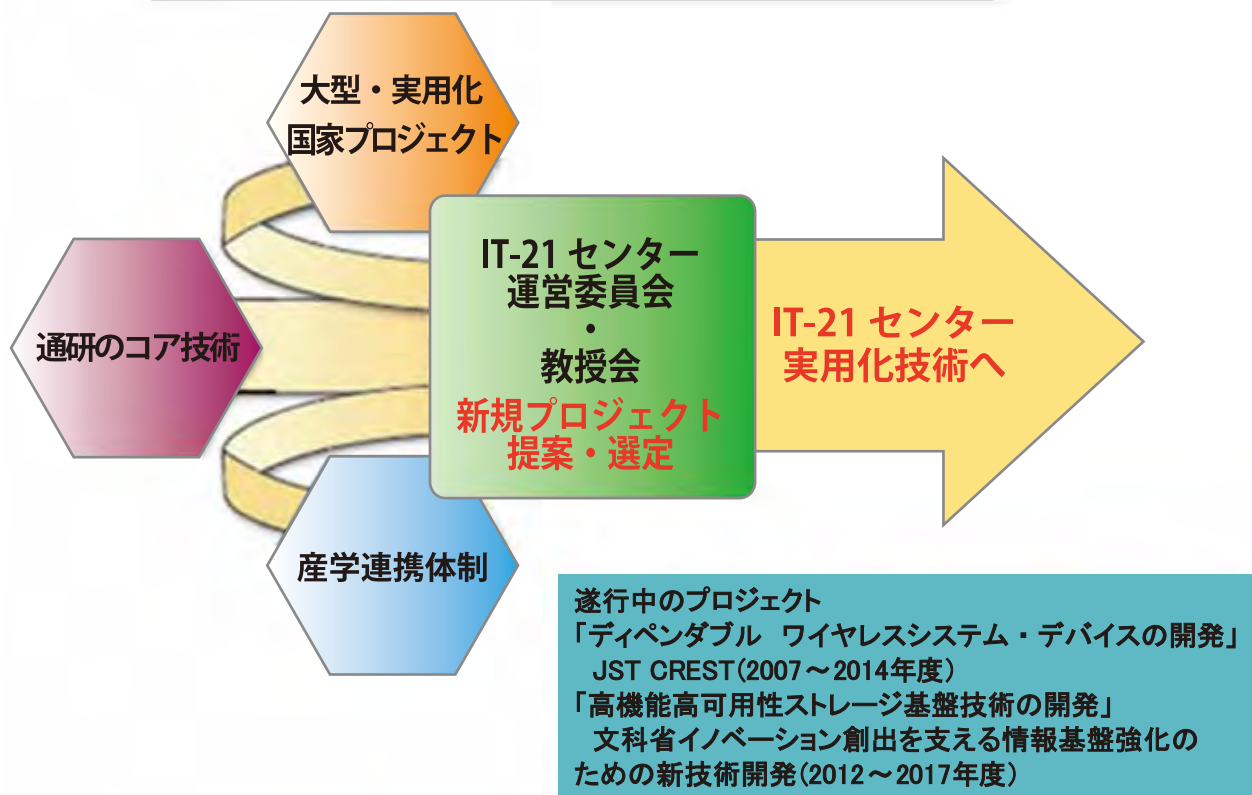
ブレインウェア研究領域では、このような設計思想に基づく知能ロボット設計や、回路設計の有用性を実用レベルで素早くかつ的確に実証・評価し、システムの階層全体を通じた設計変革を可能にする新奇なハードウェアプラットフォームの研究、高次脳機能実現に関する先駆的な研究を行っている。さらにこれらを有機的に連関させることで、既存技術では決して到達し得ない、新方式のスーパーレジリエントシステムの構築を推進し、将来的にこれらのソフト・ハード融合を目指していく。下図に、この領域の関連分野と本研究所が推進すべき研究課題を実現時期とともに示す。



先端実用化研究領域

本研究所は、その目標にうたわれているように、本学の伝統である実学精神を活かし、学理の追求はもとより直接的な社会貢献をも果たすことを目指している。そのためには、研究成果の早期実用化により、成果を社会に移転することが最も直接的かつ重要な任務である。世界的に学術分野の技術移転の動向をみると、例えば米国では 1980 年からバイ・ドール法が施行され、政府の資金によって大学が研究開発を行った場合にも特許権が大学側や研究者に帰属させるようになった。一方、日本国内では、日本版バイ・ドール法が 1999 年に施行されたものの、いまだに制度が有効に活用されておらず、研究成果の社会還元が必ずしも十分とは言えない状況にある。本研究所は、知的財産の効果的な活用を目指す先端実用化領域の研究開発には、年限を限った産学密結合の共同研究が最も効率的かつ効果的であると考え、5 年間を目途とした短期間産学協同研究を推進するため、21 世紀情報通信研究開発センターを平成 14 年に設置した。当初 5 ヶ年間は、我が国の「eJapan 戦略」を推進するために文部科学省が選定した「世界最先端 IT 国家実現重点研究開発プロジェクト」6 課題の内、「次世代モバイルインターネット端末の開発」及び「超小型大容量ハードディスクの開発」の 2 つを受託し、産学連携の研究開発を推進し、世界に誇る成果を挙げている。その後、平成 19 年度に「三次元 SiP によるオール CMOS ユニバーサル無線端末の開発」と「超高速大容量ストレージシステムの開発」の 2 課題を学内公募により選定、5 ヶ年の計画でプロジェクトを遂行した。現在はこれらが発展的に継続した「ディペンダブルワイヤレスシステム・デバイスの開発」並びに「高機能高可用性ストレージ基盤技術の研究開発」に取り組んでいる。今後、重点課題を戦略的に随時設定し、その実用化に機動的に取り組んでいく。また、実用化までに 5 年より長い研究期間が必要な課題は、基礎的な研究とともに産業化への応用につなぐ研究を重視した課題設定と計画を策定し、概ね 10 年先を見越して研究開発の実施を図る。また、この推進にあたっては、必要に応じて、本研究所の持つ幅広い専門性を活用した産学の包括的連携を積極的に利用し、効率的な推進を目指す。

5 年間で社会貢献・実用化技術の実現



〔 今後の展開 〕

前述のように、人間性豊かなコミュニケーションシステム実現という目的実現には、材料と情報の基礎科学から、情報を生成・認識・伝送・蓄積・処理・制御するためのデバイス、回路、アーキテクチャ、ソフトウェアまでを一体化システムとしてとらえることが必要である。このような研究の推進には、所内外の研究者との有機的連携のもとに総合的に進める必要があると共に、研究成果の他分野への展開や異種分野の融合にも果敢に取り組む必要がある。

その際、本研究所は、本学の伝統である実学精神を活かし学理の追求はもとより、直接的な社会貢献をも果たす。すなわち基礎研究においても社会的有用性を常に意識するとともに、新産業創成につながる基盤技術の創造やその実用化研究に積極的に取り組むことで、社会及び経済の活性化に貢献したいと考える。

今後は、以上の点に留意し、研究の進展や研究者コミュニティの意向をくみ取りながら、今回設定した 7 重点領域への領域の追加や更新作業と、それに合わせた学術ロードマップの改訂を進めていく。



東北大学電気通信研究所

Research Institute of Electrical Communication Tohoku University

〒980-8577 仙台市青葉区片平二丁目1-1

TEL: 022-217-5420 FAX: 022-217-5426

<http://www.riec.tohoku.ac.jp>