

情報通信分野の第3期総括的 フォローアップ取りまとめ (案)

情報通信 P T

平成23年3月2日

各領域ごとの記載（凡例）

（○○○○領域）

（１） 第３期の研究開発の成果等

- ・第３期（H18～22）の主要な成果目標とその成果
 - ・成果目標
 - ・対応する主な施策の成果
- ・「領域」、「重要な研究開発課題」の成果及び今後の課題
 - ・総括
 - ・主な委員意見等
 - ・施策の具体的課題等
- ・第４期（H23～27）の取組
 - ・H23 年度の主要予算要求項目

（２） 第４期に向けて：総括的コメント

目次

(ネットワーク領域)	4
(ユビキタス領域)	12
(デバイス・ディスプレイ等領域)	16
(セキュリティ領域)	26
(ソフトウェア領域)	31
(ヒューマンインタフェース及びコンテンツ領域)	35
(ロボット領域)	44
(研究開発基盤領域)	51
(参考) 情報通信分野の第3期科学技術政策目標と研究開発課題の関係	57

（ネットワーク領域）

（１）第３期の研究開発の成果等

第３期（H18～22）の主要な成果目標とその成果

第３期のネットワーク領域における重要な研究開発課題に対する各省の主要な成果目標とそれに係る主要施策の成果は以下の通り。

成果目標： ・2010 年までに、非常時や災害時においてもネットワークの自律再構成機能により、接続性や品質の確保を可能とする新しいネットワーク制御技術を開発する。【総務省】
・2008 年度までに、重要インフラにおける IT 障害の発生を限りなくゼロにする。【総務省】

対応する主な施策の成果：

- 「新世代ネットワーク基盤技術に関する研究開発」（総務省）
 - 新世代ネットワークのアーキテクチャを産官学の幅広い分野の人材からの様々なアイデアを検討し、概念設計書を取りまとめた。
 - 動的にトラフィックや経路を制御するダイナミックネットワーク技術に資する計測技術を開発し、この技術を用いて、ネットワーク品質の変動があってもストリーム品質が保障できる技術等を開発。
 - 10%程度のリンク障害が同時に発生するような状況においても、経路長をさほど変えず、障害発生後のネットワーク到達率を 41%から 97%に改善できるディペンダビリティ確保技術を開発。
 - 分散的にサービス処理を可能とするネットワーク内の物理資源を研究者等がソフト的に自由に確保し、ネットワークプロトコルの検証を行える環境を PC ベースで開発し、ネットワークテストベッド（JGN2plus）を利用して実証実験を実施した。
 - 国際連携の観点からは、欧米との連携体制を整えるとともに、米国 NSF とは共同研究プロジェクトを実施している。
 - 研究マネジメントの観点からは、産学官の連携により、（独）情報通信研究機構（NICT）内に新世代ネットワーク研究開発戦略本部を設置（平成 19 年 9 月）し、ネットワーク研究開発の社会的効果を明確化にし、研究を戦略的に推進した。また、民間組織である新世代ネットワーク推進フォーラムを通じて、情報共有と国際標準化戦略の策定等を実施。

成果目標： ・世界に先駆けて、未利用周波数帯の開拓や周波数有効利用技術の高度化を図り、いつでも、どこでもネットにつながるユビキタスネット環境を実現する。【総務省】

対応する主な施策の成果：

- 「移動通信システムにおける周波数の高度利用技術に向けた要素技術の研究開発」（総務省）
 - 第 3 世代携帯電話や PHS、その他の無線方式から電波利用状況に応じて最適な無線方式を選択することで、地域全体で最適な無線通信によるインターネット接続を実現する広域コグニティブ無線技術を世界で初めて開発。試作機 500 台を用いた大規模な実証実験を、2010 年 9 月 1 日～2012 年 3 月 31 日にかけて藤

沢市において実施。当該実証実験による検証等を経て、本年度内に広域コグニティブ無線ルータを商用化し、ベンチャー企業によるサービスも開始される予定。

- 本研究開発で開発された空間分割多重技術やセル境界のスループット向上技術（従来方式の2倍以上）については、第4世代携帯電話等の今後の移動通信基地局制御技術として採用される見込み。
- 国際標準化の観点からは、コグニティブ無線、第4世代携帯電話の研究成果に関して、国際電気通信連合（ITU）、米国電気電子学会（IEEE）の活動に寄与。

成果目標： ・2010年までに光技術やIP技術を導入すること等によってテラビット級のテストベッドネットワークを構築し、新しい技術を取り入れた新世代のネットワークの運用・管理技術を確立する。【総務省】

対応する主な施策の成果：

○ 「最先端の研究開発テストベッドネットワークの構築」（総務省）

- 国内及び海外（米国・タイ・韓国・中国・シンガポール）の複数の拠点間を接続し、ネットワークの計測・解析技術、運用管理技術等の実証・評価を実施。
- 広域 IPv6 マルチキャストの実証環境が構築され、実証評価を推進し、各社のマルチキャスト実装に貢献。現在は、IPv6 マルチキャストを用いた IP 多チャンネル放送がサービス提供されている。
- 光ファイバーによる高精度・高確度周波数信号の供給システムについて、テストベッドを活用して実証実験を実施。伝送中にうける攪乱を打ち消すための独自手法を確立するとともに発表当時世界最長となる距離 204km の高精度周波数信号伝送に成功。
- 光テストベッド環境を活用した安全性の高い暗号鍵配送技術の研究を実施。都市圏敷設ファイバーで世界最高速の量子暗号鍵配送に成功。（世界最長（97km）かつ最高速（従来比で 100 倍））。
- 国内機関と海外機関を JGN2plus で接続し、日本・欧州間での協調シミュレーション・データ共有を実現。10G でのデータ伝送速度世界記録（LSR）を 10 度にわたり更新し他を大きくリード。
- 光テストベッドにおいて、1.28Tbps の伝送実験に成功する等、テラビット級ネットワークの基盤技術を実証。
- 研究マネジメントの観点からは、新世代ネットワーク推進フォーラムテストベッドネットワーク推進ワーキンググループにおいて、新世代ネットワークの研究開発との連携を考慮し、ロードマップを策定するなど産学官連携により実証実験等を充実かつ円滑に推進することができた。

成果目標： ・2015年までにオール光通信を可能とし、ますます増大する通信トラフィックでも超低消費電力な安定したネットワークを実現する。【総務省】

対応する主な施策の成果：

○ 「フォトリックネットワーク技術に関する研究開発」（総務省）

- 100Tbps 級のスループット（処理能力）をもつ超大容量光スイッチノードを小型・低消費電力で実現する要素技術を確立し、それらを組み込んだ世界初の多階層光スイッチノードの実証実験により、スループット 10Tbps の光スイッチングに成功。また成果の一部である 4 値位相変調方式は、40Gbps DWDM 光伝送

システムに組み込まれ大容量商用基幹網へ実展開（北米の光 NW 機器部門別シェア第一位）。

- End-to-end 100Gbps 級の大容量通信実現に向け、1,000 ノード規模（従来の 10 倍）の光ネットワーク規模拡張性を持つ光パスの自動経路制御技術、世界初の偏波多重 4 値位相変調方式の集積化変調器、世界最速（従来の 3 倍）の軟判定 FEC（誤り訂正）技術、光網に 100Gbps（現在の 100 倍）で高速アクセスする技術などを開発し、広域 LAN 環境を試験的に実現。成果のうち、自動経路制御技術の障害回復機能は製品化され、学術情報ネットワーク SINET3 にも採用。また、得られた研究開発成果の国際標準化にも成功（自動経路制御技術 IETF RFC6007、光位相変調技術 ITU-T G. 696.1）。
- フォトニック結晶メモリを用いた 4 ビット光 RAM サブシステムを実現。さらに 40Gbps 級光パルス信号の光メモリへの書き込み、任意時間保持、読み出し動作を実現し、世界初の光 RAM サブシステムを実証。
- 光の多重性を利用した光ラベル処理技術と、その光通信システムへの応用研究に関して、処理可能なラベル数を最大で 2 の 50 乗にできる可能性を、世界に先駆け実験実証。
- 光符号処理技術を応用し、10Gbps イーサネットを複数ユーザ収容可能な世界初の光符号分割多重アクセス (OCDMA) システムプロトタイプを開発し、動態展示、フィールド伝送に成功。同システムは、ほぼ全ての面で世界最高性能を達成。
- 世界最速インタフェース速度（最速電気ルータの 32 倍）の、光バッファを有する 1.28Tbps/port 光パケットスイッチの試作に成功。
- 研究マネジメントの観点からは、プログラムコーディネータの指導等により、NICT 委託研究と NICT 自主研究との有機的な連携を図り、委託プロジェクト間、委託-自主研究間などで産学官連携を積極的に推進し、役割分担による開発の効率化や相互接続したシステム検証による成果の統合化などを行った。
- 関連する研究開発成果についても戦略的に国際標準化を実施。（10/40/100Gbps イーサネットの広域光転送に関して、符号変換・品質モニタ方式を日本提案で国際標準化（ITU-T G. 709 OTN 光転送網、40G は本研究成果）。本成果の一部を活用した国産の通信用 LSI は世界的にも普及。）

成果目標： ・企業が利用するに足る信頼性等を満たす新形態の IT 資源に関する、ソフトウェア部分の技術開発・実証を行う。【経済産業省】

対応する主な施策の成果：

- 「次世代高信頼・省エネ型 IT 基盤技術開発・実証事業」（経済産業省）
 - 平成 22 年度から開始した事業であり、現在成果をとりまとめているところ。
 - 研究マネジメントの観点からは、ソフトウェアベンダ、大学、公的研究機関、民間の基礎研究所等が密に連携して、研究開発を実施している。また、総務省がネットワークを通じた複数クラウド間での連携技術やネットワークのセキュア化技術の研究開発であるのに対し、当省の事業はデータセンター内を中心としたソフトウェア基盤の信頼性・相互運用性・エネルギー効率を高めるための技術開発・実証であるが、情報交換、連携等を適切に図っている。

成果目標： ・我が国が強みを有する光技術を活用し、爆発的に増大するネットワーク上の情報を省エネルギーかつ安定的に処理する光ネットワークを目指し、電子・光技術を活用した高効率なネットワーク機器・デバイス・機能部材を実現し、省

エネルギーな IT 利活用環境を実現する。【経済産業省】

対応する主な施策の成果：

- 「次世代高効率ネットワークデバイス技術開発」（経済産業省）
 - 25Gb/s × 4ch の、16mm 角小型光受信器を開発。
 - 20Gbps 直接変調 1.3 μm 帯量子ドットレーザ室温動作など世界初技術を実現。
 - 40Gbps シリアル、100Gbps イーサネットの標準化提案および国際標準化採用。
 - 大規模エッジルータの 40Gbps、4M フロー/秒に対応するトラフィック計測・分析技術を実現。
 - 非圧縮のスーパーハイビジョン信号 (Dual-Green 方式、24Gb/s) を 160Gbps-LAN にて伝送することに成功。
 - 標準化提案のタイミングに合わせた加速資金投入により、デモシステムを構築し、標準化採用を効果的にサポート。
 - 研究マネジメントの観点からは、標準化提案のタイミングに合わせて加速資金投入し、支援した。

「領域」、「重要な研究開発課題」の成果及び今後の課題

・総括

ネットワーク領域においては、ディペンダブル、省エネ、ユーザの要求に応じたサービスの提供等が可能な新世代ネットワーク環境の実現を目指して、要素技術の開発が進展した。特に、新世代ネットワークについては、欧米との連携を図りつつ、動的に経路等を制御可能なダイナミックネットワークやディペンダビリティ確保等の要素技術、フォトリックネットワークについては、超高速光バックボーン伝送技術、100Gbps およびそれを超える LAN/MAN 技術等の要素技術に成果があった。

今後は、新世代ネットワークのアーキテクチャ・プロトコル技術、フォトリック技術、ワイヤレス技術、実装等のデバイス技術等の要素技術のシステム化を視野に入れて、第3期の成果のうち有望な方式のプロトタイプを実装し、実証基盤であるネットワークテストベッドとの連携を密にして推進することが課題であると考ええる。新世代ネットワークなど、一定の成果が得られたが、同ネットワークを使用することで初めて得られるサービス提示など具体的にどのような利点があるかを説明する必要がある。

・主な委員意見等

第3期の成果及び今後の課題に関する情報通信 PT の委員の主な意見は、以下の通りである。

- 新世代ネットワークなど、ある程度の成果が得られたが、最終的に国民にわかりやすい報告書を書くにあたり、具体的にどのような利点があるかわかりやすい例があれば良いと思う。
- ネットワークに関係する無線技術、IP 技術の高度化などの個々の成果は世界的にみて誇るべきものと考えられるが、列記項目数が多いこともあって、総花的な記載となっている（そのため返って成果のインパクトが小さい）印象を受ける。
- NICT における NWGN 戦略推進室が発足し、本格的な研究推進体制が固まったことは評価したい。「新世代ネットワーク推進フォーラム」の活動とあわせ、世界をリードする研究推進を期待する。
- 国際的な標準化活動の中でイニシアティブが取れることが重要。
- ネットワーク領域の新世代ネットワークについては、この5年間、米国 NSF ファンドの Future Internet 関連プロジェクト群および EU FP7 の Future Network 領域の関連

プロジェクトと激しい競争と、いくつかの連携活動が進んできた。その中で日本勢が対等以上に研究を進めているプロジェクトもいくつか見られ、現時点ではほぼ対等に研究開発が進捗していると考えられる。第4期では第1フェーズが終わり、有望な方式のプロトタイプを実装し、ネットワークテストベッドでの実証実験、標準化を推進する第2フェーズに突入する。これまでの成果を実証するための NICT、企業、大学の連携プロジェクトへの予算獲得がより重要になると考えられる。

- フォトニックネットワークについては、NICT の自主研究と委託研究プロジェクトの推進によって、超高速光バックボーン伝送技術、100Gbps およびそれを超える LAN/MAN 技術、超高スループットフォトニックルータ技術において世界トップ乃至トップレベルの成果をあげている。第4期では次世代高効率ネットワークデバイス領域での成果も活用し、企業における実用化に向けた開発につなげることが重要である。一方、100Tbps 以上の光コヒーレント伝送技術、Pbps スループットの全光パス・パケット統合ノードの研究を重点的に推進し、世界を先導することが重要である。
- 最先端の研究開発テストベッドについては、いくつかの世界初の先端の実験が JGN2plus と欧米、アジアのネットワークを接続して行われるなど、ネットワーク領域は勿論、ユビキタス、セキュリティ、ヒューマンインターフェース・コンテンツ領域の研究推進に貢献してきており、その役割は大きいと考えられる。

・施策の具体的課題等

主要な施策に関する具体的な成果及び今後の課題は以下のとおりである。

- 新世代ネットワークのアーキテクチャに関して、設計目標と設計原理を取りまとめることで、概念設計を完了。利用者ニーズや通信環境に対応してダイナミックに最適なネットワークサービスを提供することを目標とした、「ダイナミックネットワークの構造設計・構築・制御に関わる課題」に関する研究開発や、障害や輻輳の検出やそれらを検出した場合にでも回線の持続性を確保することを目標とした、「ディペンダビリティ確保に関わる課題」に関する研究開発を終え、世界に先駆けてダイナミックネットワークの要素技術を確立。今後は、プロトコル実装も含めたアーキテクチャの具体化及び実証実験等を通じた当該アーキテクチャ及び各要素技術の統合化等が課題。
- 将来の移動通信システムに対する大容量化・高速化のニーズに対応するため、次世代移動通信を含めた移動通信システム全体の周波数利用効率を大幅に増大させる技術の研究開発を推進し、世界的な優位を確保する成果が得られた。さらなるトラヒックの急増に対応するためには、移動通信用の新たな周波数を確保する一方で、さらなる周波数有効利用技術の研究開発を続けていく必要がある。
- テストベッドネットワークについては、マルチキャリア・マルチベンダ環境のもとでコアネットワーク等の技術実証・評価を推進したことにより、ネットワーク機器の実用化・高度化や通信ネットワークの高度化をタイムリーに実現。今後は、2015 年度末までに、セキュリティ、エネルギー消費等の現在のネットワークが抱える問題を抜本的に解決する新世代ネットワークのシステム技術を確立することに寄与することが課題。
- フォトニックネットワークに関しては、超大容量光スイッチングや広域光ネットワークキングに世界で初めて成功し、また、光メモリ技術、光ラベル処理技術、光パケットスイッチ技術等の原理、要素技術を世界に先駆けて実証した。今後は、伝送容量のさらなる超大容量化を目指すとともに、光ネットワーク全体の超低消費電力化に向けた研究開発が課題。また、残された難易度の高い要素技術の研究開発と、それら新しい要素技術のシステム化に向けた研究も進める必要がある。
- 高信頼クラウドサービス制御基盤技術及び環境対応型ネットワーク構成シグナリング技術に関しては、クラウドシステム間におけるリソース再構成などの基本機能のプロ

トタイプ開発等を進めるとともに、クラウド連携のための高信頼・省電力なネットワーク自律最適制御技術等に係るアーキテクチャ設計などを行っている。今後、プロトタイプの機能拡張の検討、開発や技術検証環境の構築、検証実施のほか、各要素技術等を連携させる実証実験、総合評価等を行う必要がある。

- デバイス技術に関しては、高速低電力のデバイス開発と、それらデバイスを用いたシステム化技術を開発。今後は、デバイス・システムを完成させ当初目標である低電力化の実現が課題。

第4期（H23～27）の取組

・H23年度の主要予算要求項目

第3期の課題を踏まえた、平成23年度における各府省の主な予算要求項目は以下の通り。

- 「新世代ネットワーク基盤技術に関する研究開発」（総務省）
 - サービス品質・セキュリティ及び信頼性の飛躍的向上を目指して、新世代ネットワークの基本構造を構成する要素技術等をさらに発展させ、将来の利活用を想定した実証実験を通じて、仮想ネットワーク基盤技術や多種多様なネットワークサービスを収容する技術等の新世代ネットワーク基盤技術を確立することを目標とする。
 - 新世代ネットワークの実現に向け、将来の社会インフラとして求められるセキュリティ要件等を考慮し、アプリケーションレイヤを含めた新世代ネットワークの基本構造を構成する基盤技術を確立する。
 - 伝送速度や信頼性、端末の接続数など要求条件の異なるネットワークサービスを同時に提供可能とするため、新しい通信機能やサービスを複数同時に収容するための仮想ネットワークノードについて、ネットワークリソース（帯域等）分離を容易に実現できるパス・パケット統合ネットワーク上で新たに実現する。
 - 利用者ごとに異なる必要なリソース（ネットワーク帯域、ストレージ、演算能力等）をネットワーク上で動的に確保し、個々の利用者が要求するネットワークサービスを複合的に収容し運用管理を可能とするため、リソースの追加割当等の調整機能を有する複合サービス収容ネットワーク基盤について、将来の新世代ネットワークの利活用を想定した実証実験を行いつつ、その基盤技術の確立を図る。
 - 「次世代移動通信システムにおける周波数高度利用技術の研究開発、超高速移動通信システムの実現に向けた要素技術の研究開発、次世代移動通信システムにおけるスマート基地局に関する研究開発」（総務省）
 - 携帯電話等の通信量の急増に対応するため、移動通信システムに適した6GHz以下の周波数帯において、伝送速度や周波数利用効率の向上等、移動通信システムにおけるさらなる周波数高度利用技術を確立することを目標とする。
 - 超高速移動通信システムについては高周波数広帯域MIMO伝送技術、準見通し伝搬路を確保するための反射板の設計・開発等を実施し、研究開発の最終年度である2012年度までに、超高速移動通信システムについて10Gbpsの移動通信を可能とする要素技術を確立する。
 - 次世代移動通信システムにおいては、異なる大きさのセルが混在する環境下における複数基地局間協調制御技術、異種無線システム動的利用による信頼性向上技術、同一周波数帯における複数無線システム間無線リソース制御技術、異種無線システム協調制御による周波数有効利用技術、異種無線システム対応端末技術の研究開発を実施し、周波数利用効率を2倍に向上させる基地局の伝送技術及びエリア全体の自律制御技術を確立する。
- 2013年度以降についても、伝送速度や周波数利用効率の向上等、移動通信システ

ムにおけるさらなる周波数高度利用技術の研究開発を着実に進めていく。

○ 「新世代通信網テストベッド（JGN-X）構築事業」（総務省）

- セキュリティ、エネルギー消費等の現在のネットワークが抱える問題を抜本的に解決する「新世代ネットワーク」の実現に不可欠な要素技術を統合した大規模な試験ネットワークを構築し、実証・評価を通じ、新世代ネットワーク基盤技術確立する。
- 試験ネットワークを技術評価環境（テストベッド）として広く産学官に開放し、新しいアプリケーションのタイムリーな開発を促進。海外の研究機関との接続により、戦略的な国際共同研究・連携を推進する。
- ICT の国際競争力を左右する中核技術確立し、研究開発・標準化競争で主導権を確保し、経済成長を実現する。

○ 「フォトニックネットワーク技術に関する研究開発」（総務省）

- 様々なサービスニーズに応えつつ通信量の飛躍的増加に伴う消費エネルギーの増大を抑えるとともに、高信頼性も確保する光ネットワークの実現を目指し、基幹回線からアクセス回線にわたる光ネットワーク全体にわたってのアーキテクチャを確立する。また、光ネットワークの物理層における機能・容量・効率の各限界を打ち破る技術確立する。さらに、将来に向けて持続発展可能な光ネットワークを実現するため、光の波動性や高速電子・光デバイスを積極利用した基盤技術を開発する。

○ 「次世代高信頼・省エネ型 IT 基盤技術開発・実証事業」（経済産業省）

- クラウドコンピューティングを利活用した、新サービスの創出、産業の高次化を実現する実証事業を実施するとともに、必要となる信頼性向上技術等の基盤技術開発を実施する。また、得られる制度運用、技術の成果等について、中小企業のコミュニティ構築等による普及を行うことで、中小企業事業者におけるクラウドコンピューティング利活用を促進する。

○ 「超低消費電力型光電子ハイブリッド回路技術開発事業」（経済産業省）

- 情報量の飛躍的な増加に伴う消費電力の増大を抑制し、かつ高速大容量の情報処理能力に優れる情報通信ネットワーク機器を構成する光情報処理デバイス・回路の基盤技術を開発する。

（２）第４期に向けて：総括的コメント

第３期主要施策の成果及び今後の課題を踏まえ、情報通信 PT の委員の意見及び H23 年度の優先度判定での理由等を参考にし、第４期に向けての総括的コメントは以下のとおり。

新世代ネットワーク、フォトニックネットワーク技術、ワイヤレスネットワーク技術等のネットワーク基盤技術は、グリーンイノベーションの実現、我が国の産業競争力の強化、国家存立の基盤の保持のために必須の技術であり、第４期においても第３期の研究成果で有望となるものを絞り込み、それにリソースを集中し、引き続き強化を図る必要がある。

特に、ネットワーク基盤技術の研究開発における欧米との連携を一層強化し、仮想化ノードや光パス・パケット統合ノードなどの我が国の強みのある技術を欧米のプロジェクトでも採用するよう働きかけるとともに、逆に欧米の良い方式を我が国でも利用するなど、相互利用の関係を推進する体制を整えることが今後の我が国の国際標準化戦略の展開において有効であると考える。

また、ネットワークテストベッドは、新世代ネットワークの開発とその利活用推進に必要な研究開発プラットフォームとして極めて重要であり、第4期においても科学技術の共通的、基盤的な施設及び設備として、引き続き、広く利用しやすいものになるように推進すべきである。特に、有線・無線統合のネットワーク環境、仮想化されたネットワーク環境、さらに大規模なネットワークでの実証を可能にする高性能のシミュレータ・エミュレータ機能を組み合わせた先進的なテストベッド構築が必要である。

更に、第4期においては、新世代ネットワークの研究開発とともに、セキュアなクラウドネットワークの実現に係る施策を推進することが必要であり、総務省と経済産業省との具体的な連携の下、実用化に向けての全体構想を明確化し、かつ、これを共有して、具体的な研究連携体制を早急に構築すべきである。

ネットワーク技術の大容量・高速・省電力化に向けた技術開発は今後も必要であるが、得られた技術成果を国内外で活用しサービス事業の展開、イノベーション創出につなげる施策展開も並行して進めることが極めて重要である。

主な情報通信 PT の委員の意見及び H23 年度の優先度判定での理由等は、以下の通りである。

- 通信ネットワークの拡大・拡充は必要であるが、今後、少子高齢者化が進み全体的に人口が減ると、現在のニーズの挙動が変化する可能性がある。産学連携では、利用者の立場の人を積極的に活用して行なえば良いと思う。
- 科学技術イノベーション戦略協議会（仮称）において、ネットワーク領域の将来ビジョン、戦略ロードマップを策定し、重要課題達成のための戦略を策定することが期待される。
- 新世代ネットワークの研究開発は、平成 23 年度新規プロジェクトである新世代通信網テストベッド（JGN-X）との連携を密にして実施することが重要である。
- 新世代通信網テストベッド（JGN-X）の開発・研究については、新世代ネットワークを将来完成させるために不可欠なステップであり、来たるべき情報ネットワークのパラダイムシフトに対応するための研究開発プラットフォームとして極めて重要であることを踏まえ、国際共同研究・連携・標準化を戦略的に推進するとともに、ネットワーク利用がオープンで使いやすいものになるよう努力すべきである。
- フォトニックネットワーク技術は、次世代のオール光ネットワークのコアになる研究開発であり、総務省の新世代ネットワーク研究開発などの関連プロジェクトとの連携を強化すると共に、実用化に向けた全体構想を明確にした上で、経済産業省のネットワーク関係のデバイス関連施策との連携による製品化を視野に入れて、研究を推進すべきである。
- 第4期においては、各省のこれらの研究開発の成果の全体像を整理し、国民にわかりやすく、具体的にどのような利点があるかを説明することが必要である。
- ネットワークのイノベーションには、デバイスレベルでの研究と上位レイヤーとの研究を並行、一体的に進める必要がある。
- 今後のネットワークは消費電力削減が大きな競争力要因になるとと思われる。我が国の技術は世界トップレベルであると思うが、さらにレベルアップを図る必要がある。
- とくに、今後の発展が予想される BOP 市場では、低消費電力で動作する情報通信システム・端末機器が必要であり、その観点からもこの分野の技術を進めることが重要である。
- 第3期基本計画期間中に、ネットワーク領域での日本の状況は大きく変化した。あらゆる機会をとらえて研究成果などをアピールしていくことが必要で、第4期に向けてそのような問題意識と努力目標を明確にすべきである。

- 第４期は新世代ネットワークの研究開発がまさに第２フェーズの正念場を迎える時期であり、インターネットやNGNの現行IPネットワークを超える新世代ネットワークの具体的方式とそれによる新しいサービスのプロトタイプを実装し、第４期のネットワークテストベッドにより実証し、海外のテストベッドに接続してその有効性をアピールすることによって、日本発の新技术を海外でも使用できる環境を整備し、標準化も先導する開発体制とその予算整備が重要である。特に第３期の研究で提案されたアイデアの中で有望となるものを絞り込み、それにリソースを集中することが必要である。海外連携も従来行ってきた、米国NSFプロジェクト、EU FP7プロジェクトとの連携を一層強化し、日本発の例えば仮想化ノードや光パス・パケット統合ノードなどのシステムをそれらのプロジェクトでも採用するよう働きかけるとともに、Open Flow Systemのような米国発の良い方式を日本側で利用するなど、相互利用の関係を推進する体制を整えることが重要である。
- 第３期の最後でスタートしたクラウドの研究開発は第４期では中心課題の一つであり、様々なクラウドをネットワークで接続するインタークラウドの実現が我が国のクラウド研究開発戦略の一つの柱となる。インタークラウドでは、データセンタの設置されるサーバー、ストレージのリソースとネットワークのリソースを統合的に運用・制御する必要があり、新世代ネットワークの重要なアプリケーションとして一体的な体制で研究開発を推進する必要がある。
- 第４期ではネットワークテストベッドの重要性がますます重要であり、第３期の成果や第４期での試作システムを取り入れた、有線・無線統合のネットワーク環境、仮想化されたネットワーク環境、さらに大規模なネットワークでの実証を可能にするシミュレータ・エミュレータである高性能 StarBED を組み合わせた世界で最も先進的なテストベッド構築が必要である。そのテストベッド上で、インタークラウド、超高精細・3D映像配信、ネットワークロボットなどのアプリケーションの実証実験を推進できるリソースの確保と体制整備が必要である。

（ユビキタス領域）

（１）第３期の研究開発の成果等

第３期（H18～22）の主要な成果目標とその成果

第３期のユビキタス領域における重要な研究開発課題に対する各省の主要な成果目標とそれに係る主要施策の成果は以下の通り。

成果目標：・2010年までに、100億個以上の端末（電子タグ、センサー、情報家電等）の協調制御を実現し、モノとモノを情報でつなぎ便利に安心して利用する。【総務省】

対応する主な施策の成果：

- 「ユビキタスネットワーク技術の研究開発」（総務省）
 - 2007年度までに、100億個のモノにかかる属性情報、移動情報などの膨大な情報を分散して保管するとともに、モノに貼付された超小型ICチップに埋め込まれたIDを用いることで、どこからであっても当該モノにかかる情報を１秒以内に収集し、提示可能とする技術確立。
 - 研究マネジメントの観点からは、他のユビキタスネットワーク関連の研究機関を含めた民間フォーラムの場を活用して、産業界等からの意見を取り入れながら研究開発を進めた。

○ 「ユビキタス・プラットフォーム技術の研究開発」(総務省)

- 成果目標は、「ユビキタスネットワーク技術の研究開発」により達成済み。本研究開発では、電子タグシステムの利用拡大等を目的として、身近な端末である携帯電話端末に電子タグ読み書きモジュールを搭載するユビキタス端末技術等を確立。

成果目標：・自然環境モニタリング・人工環境モニタリング、情報セキュリティ、知的交通システム、食品流のトレーサビリティ、健康・医療システムなどの安全・安心な社会に役立つサービスを実現する上で不可欠なセンシング基盤技術を創出する。
【文部科学省】

対応する主な施策の成果：

○ 「JST 戦略的創造研究推進事業：先進的統合センシング技術」(文部科学省)

- マルチモーダルセンサデバイス・ユビキタスマイクロノードを開発。また無線電源回路機能の集積化技術及びオンチップアンテナ技術を構築。さらに、プローブ型の局所・多点・圧力センサアレイや刺入型マイクロチューブ電極を作成。これら研究成果を基に、豊橋技術科学大学内に新たな研究センター (EIRIS) が設立された。
- 屋内自立型測位システムを開発し、商業施設で実証実験を行い高性能化に取り組み、測位精度 1 ～数 m、信頼性向上、携帯電話処理能力での動作を達成。さらに人の運動状態を携帯型センサにてリアルタイムに計測し、遠隔地の家族や医療関係者が対象者の運動状態を把握できる「運動見守りシステム」を開発。
- センサ類を設置した実験居室において生活異変検知アルゴリズムを開発し、実証実験で有効性を確認。さらに、高齢者の安心な生活支援サービスコア、特に見守りサービスに焦点を絞り、異常検知法の複数並列化による頑健化、センサネットミドルウェアのセンサ最適配置機能を有する統括システム化、簡易センサデータの異変検知法の高齢者独居生活支援サービスデータへの適用等、社会実装を推進。
- 爆発物 (トリニトロトルエン：TNT、ジニトロトルエン：DNT、シクロトリメチレントリニトラミンまたはヘキソゲン：RDX) の匂いセンサについて、抜き取り式サンプリング方法により ppt レベルの目標とする感度の性能を有する表面プラズモン共鳴計測法によるコンパクトな計測装置システムを開発し、関税中央分析所にて実証実験に成功。社会実装が可能な見通しが得られた。
- 乳幼児の日常行動のセンシング、モデリング、事故予防について統合的に研究開発を実施。特に室内転倒、転落事故に焦点をあて、行動分析し。身体地図を含む事故情報 Web サービスを開始し、サービスの高度化を図った。またこれらのデータを事故予防に展開。
- 現場での迅速・簡便検知が可能な生物剤 (天然痘ウイルス、炭疽菌、ペスト菌など) センシングシステムについて 19 種類の生物剤への新規検出法を開発し、全自動装置を開発。H20 年 9 月末には研究を終了したが、H21 年には研究グループの民間企業により製品化に成功。
- 研究マネジメントの観点からは、研究総括 (P0) を所長して、様々な研究機関に所属する研究者を公募し、バーチャル研究所として研究を実施。実施段階においては、領域会議やサイトビジット等を通じて進捗状況の把握し、アドバイス、研究費の増減等の対応を実施した。

成果目標：・耐久性を有した国際標準に準拠した電子タグの普及を通じ、産業競争力の強化及びユビキタス社会の実現を図る。【経済産業省】

対応する主な施策の成果：

- 「UHF帯電子タグの製造技術及び実装技術の開発」（経済産業省）
 - 電子タグの価格低減に関しては、本事業が置かれた環境が大きく変動するなかで、ユーザ企業の要求を受け入れながら開発を推進。
 - 電子タグの実用可能性を広く国内外に示すとともに、産業界における電子タグ技術や利用の基盤の整備、電子タグの導入検討の促進、更には、新たな関連新規事業の創造など多くの派生効果を生み出した。

成果目標：・位置情報、地理情報、移動経路、交通手段、目的地等、安全かつ快適な暮らしに必要な情報を、いつでも、どこでも、だれでもが利用できる社会基盤としての「ユビキタス場所情報システム」の10年以内の普及を図る。【国土交通省】

対応する主な施策の成果：

- 「自律移動支援プロジェクトの推進」（国土交通省）
 - 自律移動支援プロジェクトで実施してきた検討や実証実験の結果を踏まえ、自律移動支援サービスを行うための基本的なルールを取りまとめた「自律移動支援システムに関する技術仕様」を策定。

「領域」、「重要な研究開発課題」の成果及び今後の課題

・総括

ユビキタスネットワーク領域においては、ユビキタスネットワーク基盤となる要素技術の開発は個別の目標は概ね達成した。特に、ユビキタスネットワークは、平成17年度～平成20年度にかけて総合科学技術会議の科学技術連携施策群の対象テーマとして選定し、府省間の連携活動を促進し、対象施策の成果から生み出された技術要素を他の施策等でも使える技術要素とするためにモジュール化するとともに、モジュールの活用実績などを紹介したモジュール・カタログを作成し、情報通信技術関連の学会等に配布した。

今後は、これまで開発されてきた要素技術をベースに、実用化のニーズを把握している民間企業の取り組みを通じて社会的課題に対応した応用実証のための開発などその適用範囲の拡大を支援していくとともに、センサやRFIDなどのデバイス技術を積極的に活用したユビキタスアプリケーションの実用化については阻害している課題を明らかにし官民の適切な役割分担により、推進することが課題である。

・主な委員意見等

第3期の成果及び今後の課題に関する情報通信PTの委員の主な意見は、以下の通りである。

- 第3期のユビキタス領域における委託研究群により、センサやRFIDをネットワークで接続して利用する基盤技術の研究開発や、それらを利用してセンサやRFIDのデータを収集し、それらのデータを活用する多くのアプリケーションの研究開発が推進され、物流、交通、医療、環境、農業などの様々な分野で応用が始まっている、あるいは始まる直前の段階に来ていると考えられる。世界ではユビキタスという概念的な名称からIoT(Internet Of Things)やM2M(Machine to Machine)などの名称で大きなプロジェクトが推進されている。例えば中国ではIoTが国家の重要な研究目標として掲げられ、研究開発が加速しつつある。一方我が国では「ユビキタス」という名称が当たり前に

なり、かつての興味や熱意が薄れてきつつあることが懸念される。

- 第3期で多くのユビキタス系の助成プロジェクトは終了するので、この傾向が一層強まる恐れがある。本分野は第3期まで国が関与し、今後は民間に任せればよいと考えるのは誤りである。日本はセンサやRFIDなどのデバイス技術は高いレベルにあり、それを積極的に活用したユビキタスアプリケーションの実用化が第4期の課題と考えられる。

・施策の具体的課題等

主要な施策に関する具体的な成果及び今後の課題は以下のとおりである。

- ユビキタスネットワーク技術に関しては、第3期の取組を通じて、いつでも・どこでも・誰でも、身近な端末で容易に又は意識せずに、状況に応じて最適な情報通信サービスが利用できる「ユビキタスネットワーク社会」を実現するための中核となる技術を確立。今後は、民間企業等の取組により、確立された技術が実社会により広く展開されていくことを期待。
- 先進的統合センシング技術では、化学物質、生物剤、人間や動物の健康や行動に関する情報をセンシングする高度なセンサ技術や情報処理技術を開発し、実証実験により有効性を示した。いくつかの成果については、研究期間終了後に民間企業による製品化、拠点大学等における高度化・実用化研究に結びついた。なお、本施策において現在進行中の人の健康状態や行動をセンシングして健康維持や様々な活動を支援する技術の研究開発は継続して実施。
- 電子タグの製造技術及び実装技術では以下の成果及び課題が挙げられている。
 - 電子タグの価格低減に関しては、本事業が置かれた環境が大きく変動するなかで、ユーザ企業の要求を受け入れながら開発を推進し、 μ -chip等で実用化された。
 - 電子タグの実用可能性を広く国内外に示すとともに、産業界における電子タグ技術や利用の基盤の整備、電子タグの導入検討の促進、更には、新たな関連新規事業の創造など多くの派生効果を生み出した。
 - 各業界における実証実験等の成果をもとにした企業・業界間の情報連携のツールの整備、消費者レベルでのツールとしての電子タグの利活用など、実証活動を通して実利用空間における電子タグの適用範囲を拡大していくことが望まれる。
 - 化学物質管理や製品安全等の社会的課題への対応などに適用分野を拡大し、企業内のみではなく企業、消費者間での相互運用を実現が望まれる。
 - 海外の消費者、ユーザ企業等が常に見学することが可能な電子タグの大規模実運用空間を設営。
 - ISO等の国際標準規格に対応した技術開発は、国際協調の中で同時に競争が推進されるという周辺環境の変動が大きな条件下における開発事業であり、受託事業者のマネジメントのみではなく、周辺環境の変動に対応した柔軟性ある持続的な政策支援が必要。
- 自律移動支援プロジェクトでは、自律移動支援システムの普及展開を図る。

第4期（H23～27）の取組

・H23年度の主要予算要求項目

第3期の課題を踏まえた、平成23年度における各府省の主な予算要求項目は以下の通り。

- 「JST 戦略的創造研究推進事業：先進的統合センシング技術」（文部科学省）
 - 高度なセンサ技術や情報処理技術など、これまでの研究開発の実績と成果を適切に活用しつつ、安心・安全で豊かな社会、インフラが最適制御され効率的な社会を実現する基盤となる要素技術について、研究開発を推進。

(2) 第4期に向けて：総括的コメント

第3期主要施策の成果及び今後の課題を踏まえ、情報通信 PT の委員の意見等を参考にし、第4期に向けての総括的コメントは以下のとおり。

ユビキタスネットワーク基盤となる要素技術は概ね確立されていることから、特定利用分野の利用技術開発・実証実験の必要性はあるものの、今後は、技術の利活用をサービス振興施策とともに進めることが肝腎であり、その後普及展開の促進を図っていくことが重要である。信頼性確保や低コスト化に加えて社会の規制緩和、国際展開など広い視野での実用化、普及に向けた推進が必要である。

なお、ユビキタスネットワークのサービスは、新世代ネットワークの重要な機能の一つとして考慮することが必要不可欠であるとともに、クラウドを含めた共通プラットフォームを横串で構築する部分とそれらを各分野の応用に適用する部分とを明確にし、共通部分の開発促進と各分野での利活用の開発推進を平行して行う必要がある。

主な情報通信 PT の委員の意見及び H23 年度の優先度判定での理由等は、以下のとおり。

- 特に、電子タグの省電力化や、環境問題へ適用（二酸化炭素の濃度測定など）、地震など災害への対応、人体に装着する場合の快適性の検証など行なう必要がある。
- アンビエントな情報環境が実現されると、人々の生活が便利になったり、安全安心が得られたりと、プラスの影響が得られることはもちろんであるが、一方では必ずしも人々が求めているサービスの押し売りになったり、プライバシーの侵害が起きたりと、マイナスの影響も同時に考えられる。したがって、技術の社会受容性、倫理問題など、情報の社会的側面も併せて検討することが重要である。
- 第4期では第3期の成果である色々な要素技術を組み合わせた応用技術の開発が中心となる。ユビキタスあるいは IoT、M2M では多数のセンサ、RFID、あるいはそれらを搭載した携帯、スマートフォン、ロボット、自動車、などをネットワークで接続したプラットフォームとそれらから収集したデータを格納し、処理するクラウド、そしてそれらの共通基盤の上に物流、交通、医療、環境、農業などの分野で利活用するアプリケーションという構造が考えられる。現在では各分野での応用が個別に研究されており、またそれらを活用する場合の制度、規制、法律などの構築・改変が必須である。したがって、クラウドを含めた共通プラットフォームを横串で構築する部分とそれらを各分野の応用に適用する部分とを明確にし、共通部分の開発促進と各分野での利活用の開発推進を平行して行う必要がある。それらを推進するための新しい分野名称も考案する必要があると考えられる。

(デバイス・ディスプレイ等領域)

(1) 第3期の研究開発の成果等

第3期（H18～22）の主要な成果目標とその成果

第3期のデバイス・ディスプレイ等領域における重要な研究開発課題に対する各省の主要な成果目標とそれに係る主要施策の成果は以下の通り。

成果目標：・2020 年頃までに、バーチャルとリアルの境目のない超臨場感システムを開発し、立体映像コミュニケーションを実現する。【総務省】

対応する主な施策の成果：

- 「革新的な 3 次元映像技術による超臨場感コミュニケーション技術の研究開発」

(総務省)

- 究極の立体映像である電子ホログラフィの研究開発に取り組み、画面サイズ対角 4cm、視域角 15 度の世界最高性能を実現した。
- 多視差方式に基づく裸眼立体映像技術の研究開発に取り組み、視差数 70 を達成するとともに、大画面 (200 インチ)、テーブルトップ型、手持ち箱型など今までにない新しいディスプレイを実現した。
- 立体映像、立体音響、触覚、香りの 4 つの感覚情報の統合提示技術の研究開発に取り組み、ユーザの種々の操作にもリアルタイムに反応できる多感覚インタラクションシステムを実現した。
- 人間が感じる臨場感の計測評価技術の研究開発に取り組み、立体映像の提示効果 (例えば、光沢感の向上など) 等について定量的に示した。
- 研究マネジメントの観点からは、100 社程度の企業が参加する超臨場感コミュニケーションフォーラム (URCF) 設立し、産業界からの意見を取り入れながら研究開発を進めた。

成果目標 : ・超低消費電力化技術を開発することにより、携帯情報端末やスーパーコンピュータ等の幅広い情報通信機器の高性能化・高機能化が実現するとともに、新しい情報通信機器の応用分野を切り開く。【文部科学省】

対応する主な施策の成果 :

- 「高機能・超低消費電力コンピューティングのためのデバイス・システム基盤技術の研究開発」 (文部科学省)
 - スピントロニクス技術を基に、ストレージシステムの大容量化・低消費電力化に向けた次世代垂直記録ヘッド・媒体の要素技術として世界初の L1₁ 型新材料による媒体用ドットアレイの試作に成功するなど研究は着実に進捗。
 - 研究マネジメントの観点からは、東北大学電気通信研究所において、大手企業が参画した集中研方式を採用し、製造技術も視野に入れ、量産設備を用いた試作等が行える共同研究体制を構築した。
- 「JST 戦略的創造研究推進事業：情報システムの超低消費電力化を目指した技術革新と統合化技術」 (文部科学省)
 - 極限ゲート構造 TFT システムディスプレイについては、硝酸酸化法を用いて TFT 素子の低電圧化により低消費電力化 (1/144) を達成した。さらにシステム・アーキテクチャ技術開発との組み合わせにより最終目標を大幅に上回る低消費電力化 (1/250) を達成出来る目処を付けた。
 - 単一磁束回路による低消費電力プロセッサについては、算術演算ユニットの乗算器の 25GHz 動作を確認し、論理回路設計では高速動作を実証した。さらに、プロセッサの面積を最適化する RDP 構成を決定し、算術演算ユニットおよび回路コンポーネントを設計した。論理回路設計技術および SFQ 回路プロセスに関しては、8 層から変更した 9 層デバイス構造に基づいて接合寸法 1 μ m 多層配線プロセスを改善するとともに、論理セルライブラリのフルセットをほぼ完成した。また、本プロセス向け自動概略配置ツールを開発した。
 - 組込システムの超低消費電力化については、ハード、ソフト、コンパイラの各要素を統合/協調することにより、消費エネルギーを最適化することに主眼をおいて取り組んだ。マルチパフォーマンスプロセッサ、超低消費電力ソフトウェア開発環境、総合評価システムを開発した。

- 磁気結合チャネルを用い、超低消費電力デバイスを開発した。ワイヤレスネットワーク接続による短距離データ無線通信を従来の 1/1000 の電力で実現。チップ間通信の場合は 10Tbps/100mW , 至近距離の端末間通信の場合は 10Gbps/10mW で、短距離の場合は 100Mbps/1mW を達成した。
- 研究マネジメントの観点からは、研究総括（P0）を所長して、様々な研究機関に所属する研究者を公募し、バーチャル研究所として研究を実施。実施段階においては、領域会議やサイトビジット等を通じて進捗状況の把握し、アドバイス、研究費の増減等の対応を実施した。

成果目標：・自然環境モニタリング・人工環境モニタリング、情報セキュリティ、知的交通システム、食品流のトレーサビリティ、健康・医療システムなどの安全・安心な社会に役立つサービスを実現する上で不可欠なセンシング基盤技術を創出する。【文部科学省】

対応する主な施策の成果：

- 「JST 戦略的創造研究推進事業：先進的統合センシング技術」（文部科学省）
 - マルチモーダルセンサデバイス・ユビキタスマイクロノードを開発した。また無線電源回路機能の集積化技術及びオンチップアンテナ技術の構築をした。さらに、プローブ型の局所・多点・圧力センサアレイや刺入型マイクロチューブ電極を作成した。これら研究成果を基に、豊橋技術科学大学内に新たな研究センター（EIRIS）が設立された。
 - 屋内自立型測位システムを開発し、商業施設で実証実験を行い高性能化に取り組み、測位精度 1～数 m、信頼性向上、携帯電話処理能力での動作を達成した。さらに人の運動状態を携帯型センサにてリアルタイムに計測し、遠隔地の家族や医療関係者が対象者の運動状態を把握できる「運動見守りシステム」を開発した。
 - センサ類を設置した実験居室において生活異常検知アルゴリズムを開発し、実証実験で有効性を確認した。
 - 爆発物の匂いセンサについて、抜き取り式サンプリング方法により ppt レベルの目標とする感度の性能を有する表面プラズモン共鳴計測法によるコンパクトな計測装置システムを開発し、関税中央分析所にて実証実験に成功し、社会実装が可能な見通しが得られた。
 - 現場での迅速・簡便検知が可能な生物剤センシングシステムについて 19 種類の生物剤への新規検出法を開発し、全自動装置を開発した。H20 年 9 月末には研究を終了したが、H21 年には研究グループの民間企業により製品化に成功した。
 - 研究マネジメントの観点からは、研究総括（P0）を所長して、様々な研究機関に所属する研究者を公募し、バーチャル研究所として研究を実施。実施段階においては、領域会議やサイトビジット等を通じて進捗状況の把握し、アドバイス、研究費の増減等の対応を実施した。

成果目標：・2011 年頃までに、パワーデバイス・高周波デバイス・超電導デバイス・高性能プロセッサチップなどの高効率機能性デバイス及び設計技術を実現し、様々な局面において省エネルギーな IT 利活用を実現する。【経済産業省】

対応する主な施策の成果：

- 「立体構造新機能集積回路(ドリームチップ)技術開発」 (経済産業省)
 - 次世代三次元集積化設計技術として、最終目標となる市販ツールの 1000 倍を実現する電気系シミュレーション技術を前倒して開発完了。
 - 次世代三次元集積化のための評価解析技術として、最終目標となる 30 万端子を有し、高速デジタル信号テスト端子において 15Gbps 以上の信号に対応可能な 300mm ウェハ一括プローブ方式の基盤技術を前倒して開発完了。
 - 複数周波数対応通信三次元デバイス技術として、700MHz～6GHz に含まれる周波数帯域において、MEMS デバイスを組み合わせた可変アンテナ等の動作を実証。
 - 三次元回路再構成可能デバイス技術として、二次元構成に比較して、消費電力当たりの性能が 1.25 倍以上となるハイブリッドアーキテクチャの設計を完了。
 - 研究マネジメントの観点からは、中間評価の結果等を踏まえた優先度見直しによる開発効率化・加速資金の投入により研究開発の拡充を行った。

成果目標：・2010 年までに、45 ナノ m レベル以細の微細化を可能とする半導体プロセス・材料技術を確立するとともに、その後の更なる微細化技術の進展も見据えつつ、世界最先端の省エネルギーな IT 利活用社会の基盤となる高速度・低消費電力デバイスを実現する。【文部科学省・経済産業省（連名）】

対応する主な施策の成果：

- 「次世代半導体材料・プロセス基盤プロジェクト (MIRAI)」 (経済産業省)
 - 新構造極限 CMOS トランジスタ技術として、32 ナノ m レベル以細の微細化に対応し、目標の 20% を大きく上回る 39% の消費電力低減が可能なトランジスタ技術の開発に成功。
 - Cu 配線に代わるカーボン配線技術として、目標の電流密度 $1\text{E}7\text{A}/\text{cm}^2$ 以上となる $4\text{E}7\text{A}/\text{cm}^2$ で 1000 時間耐えうる高い電流破壊耐性を有するカーボンナノチューブ配線を実現。
 - 光配線技術として、目標とする低消費電力 LSI チップ光配線に必要な 10GHz 動作が可能な小型電気光変調器を実現。
 - 耐外部擾乱デバイス技術として、LSI の正常な動作を妨げる中性子線入射によるソフトエラー発生率を目標値の 1～10FIT に低減するパルスフィルタリング技術を開発。
 - 研究マネジメントの観点からは、中間評価の結果等を踏まえ、加速資金の投入により研究開発の拡充を行った。
- 「次世代低消費電力半導体基盤技術開発 (MIRAI)」 (経済産業省)
 - マスク技術については、EUV 露光による 32 ナノ m レベルに対応したマスク欠陥検査・修正技術、及びマスクハンドリング技術を確立。
 - 今後の微細化技術の進展も見据え、22 ナノ m レベルでの課題を抽出した。
 - 光源高信頼化については、露光機へ流出する汚染物質の計測技術を確立し、汚染防止用シールド装置の開発により、出力 100W という高出力光源下において、集光光学系の寿命を 1 年程度まで伸ばす技術に目処をつけた。
 - 研究マネジメントの観点からは、中間評価の結果等を踏まえ、目覚ましい成果が得られているテーマに加速資金を投入するとともに、研究項目の追加をするなど、研究開発の進捗状況に応じた柔軟な研究計画の変更と開発資金の集中化を進めた。

- 成果目標：①2012 年頃までに、大容量・高速・低消費電力のギガビット級メモリ・テラビット級ストレージを実現し、種々の環境において増大する情報量に対応した高効率な情報の蓄積を実現する。【経済産業省】
- ②我が国が強みを有する光技術を活用し、爆発的に増大するネットワーク上の情報を省エネルギーかつ安定的に処理する光ネットワークを目指し、電子・光技術を活用した高効率なネットワーク機器・デバイス・機能部材を実現し、省エネルギーな IT 利活用環境を実現する。【経済産業省】
- ③2011 年頃までに、高効率機能性デバイス及び設計技術を実現し、省エネルギーな IT 利活用を実現する。【経済産業省】
- ④2011 年までに、革新的材料などによる高効率な表示・発光デバイスを用いた次世代ディスプレイを実現し、大画面・高精細なコンテンツ視聴を可能とするなど省エネルギーで豊かな社会を実現する。【経済産業省】

対応する主な施策の成果：

- 「スピントロニクス不揮発性機能技術開発」（経済産業省：①）
 - 垂直磁化材料を利用したトンネル磁気抵抗（TMR）素子を開発することにより、ギガビット級スピン RAM の実現可能性を世界に広く認識させた。
 - 研究マネジメントの観点からは、総合科学技術会議が革新的技術推進費によりスピンを用いたメモリ開発を加速するための資金投入を行い、その成果をスピンの論理回路への適用に関する研究との連携が図れるようにした。
- 「グリーン IT プロジェクト」（経済産業省：①②③④）
 - データセンター内のサーバ省エネ化技術については、空調・冷却効率を 50% 以上改善可能な高効率冷却システム、IT 機器全体の消費電力を 20% 以上削減可能な電源システムの基本技術の確立、転送性能を 1ms 以下で 4 段階に変化させて省電力化を図るルータ性能制御の基本技術の確立などの成果があった。
 - 超高密度ナノビット磁気記録技術については、2.5Tb/in² の密度の HDD を実現に必要な媒体のサブナノメートルレベルの微細加工技術の位置精度、HDD 媒体表面凹凸精度を達成するなどの成果があった。
 - 大型有機 EL ディスプレイ技術については、電極形成技術（10 型基板での膜厚均一性を確保。ダメージ評価方法確立）、封止技術（10 型基板において、可視光透過率および膜厚均一性の設定目標値をクリア）、有機層製膜技術（G4 基板サイズまで面内均一性の目標値（±3% 以内）をクリア）についての成果があった。
 - 省エネデバイス開発については、ロジックとメモリ技術において、従来技術に比べて消費電力 3/10 を達成、電源回路は、入力電圧 0.5V でのレギュレータ動作に成功、低電力無線／チップ間ワイアレス技術において、120GHz CMOS 送信機を実現するなどの成果があった。
 - 高効率パワーデバイス技術については、JFET については最終目標 40A に対して、20A までの大容量化を実証、MOSFET についてはプロセス及びデバイス構造の高度化によりオン抵抗率 3.3mΩcm²（@V_{gs}=15V）、空冷 All-SiC インバータ 1 次試作を実施（出力：出力電圧 400V、容量 10kW、サイズ：500cc）などの成果があった。
 - 研究マネジメントの観点からは、中間評価の結果等を踏まえ、目覚ましい成果が得られているテーマへの加速資金の投入や研究開発項目の追加、一部の項目では、ステージゲート方式を導入し複数の技術アプローチの優劣を明確化し

て開発技術内容の絞り込みを行うなど、研究開発の進捗状況に応じた柔軟な研究計画の変更と開発資金の集中化を進めた。

「領域」、「重要な研究開発課題」の成果及び今後の課題

・総括

デバイス・ディスプレイ等領域においては、微細化、スピントロニクス、不揮発素子、3次元化、メニーコア、MEMS、パワーデバイス等の要素技術の開発が進展するとともに、臨場感コミュニケーションなどのディスプレイ関連技術やデータセンターなどの省エネ化に貢献するデバイス関連技術の進展が見られた。

特に、世界初、あるいは世界から注目される技術成果は、たとえば、スピントロニクス、EUV露光基盤技術、微細CMOS技術およびそのバラツキに関する研究、CNT（カーボンナノチューブ）や光を用いた配線技術、マイクロ波アシスト磁気ヘッド技術、などにみられる。これらの技術は、必要な時のみ電力を必要とする携帯電話やコンピュータの実現等に応用され、情報通信機器や情報家電の低消費電力化、バッテリーによる稼働時間の延長、製品の小型化、高機能化に寄与することが期待される。

今後は、グリーンイノベーションとしてエネルギーの効率化に寄与するとともに、国際競争が激化し、特にアジア諸国の追い上げが顕著なこの領域において、我が国の産業競争力の強化を図るため、優位性のある研究開発課題への重点化に加え、産業界との連携を密にした研究開発の拠点化、研究開発の進捗状況、諸外国の情勢等を踏まえた柔軟な研究計画の変更や加速資金の投入などにより世界最先端の成果が継続して得られるよう研究マネジメントのより一層の工夫等が課題であると考えられる。なお、研究マネジメントの観点では、MIRAI等に見られるような産学官による集中研方式は、適切であったと思われる。

・主な委員意見等

第3期の成果及び今後の課題に関する情報通信PTの委員の主な意見は、以下のとおりである。

- 取り上げられた具体的な研究課題は、全体として時期を得たものであったと考えられる。世界初、あるいは世界からリスペクトされる技術成果は、たとえば、スピントロニクス、EUVリソ基礎技術、微細CMOS技術およびそのバラツキに関する研究、CNTや光を用いた配線技術、マイクロ波アシスト磁気ヘッド技術、などの技術課題にみられる。
- 研究推進のマネジメント体制として、JSTの研究総括（PO）を所長とするバーチャル研究所、MIRAIに見られるような産学官による集中研方式は、共に適切であったと思われる。
- 技術競争力の観点では欧米にほぼ拮抗していると考えられるが、アジア諸国の追い上げが顕著になっている。
- デバイス分野は国際的に見て、レベルは高いが、国際競争力が地盤沈下している状況であることは否めない。その中で、第3期で、復活にかけて新しい切り口で重要案件に着手ができ、成果が得られている。着手された領域は、継続的な強化をし、国際競争力の強化に資する必要がある。
- 低消費電力技術の研究開発が各省で行われた。それぞれに良い成果が得られているので、それらを一度整理して、時間軸上で今後どのように産業化に結びつけていくか、シナリオを描くべきである。
- 第3期基本計画の期間中にデバイス領域での状況は大きく変化した。グローバル競争が激化すると共に、国内民間企業の提携が進み、得意分野に集中することで生き残りを図る動きが加速している。このような状況変化に伴って、国のファンドによる研究開発を

どのように考えるかを、再度整理する必要がある。

・施策の具体的課題等

主要な施策に関する具体的な成果及び今後の課題は以下のとおりである。

- 超臨場感コミュニケーション技術については、究極の立体映像技術である電子ホログラフィで世界最高性能を実現しただけでなく、今までにない全く新しいシステムや人が感じる臨場感の評価技術を開発。今までは主にディスプレイ技術を中心に研究開発を進めており、今後はディスプレイ技術の高度化だけでなく、多視点立体映像等大容量データを効率的に取得・伝送する技術等への取り組みが必要である。
- スピントロニクス技術を用いたストレージ技術については、情報通信機器の高機能・低消費電力化を両立するデバイス・システム実現に向けて、スピントロニクス技術を利用した超高速・低消費電力で動作する新たな集積回路及びそのための材料開発、ならびに、テラビット級次世代垂直記録技術及び新規省電力超高速サブシステムの技術を開発した。今後は、ストレージシステムの記憶容量あたりの消費電力を研究開始時点の20分の1を実現する要素技術の研究開発を引き続き行う。なお、超高速・低消費電力で動作する新たな集積回路及びそのための材料開発については、平成22年度より、内閣府の最先端研究開発支援プログラム「省エネルギー・スピントロニクス論理集積回路の研究開発」に移行し、より高度な集積回路の実現に向けた研究開発が推進されている。
- ドリームチップについては、3次元集積化のための要素技術を早期に確立し、2012年以降本格化すると予想される世界的な3次元積層化への動きに遅れないことが課題である。
- MIRAI プロジェクトにおける半導体材料・プロセス基盤技術では、32ナノmレベル以細の微細化に対応したCMOSトランジスタ技術の開発等を完了した。今後は、開発したデバイス技術についての、信頼性・歩留まり・コスト等に関する検証が課題。更に、マスク技術の実用化に向けては、32ナノmレベルに対応したマスク欠陥検査・修正技術等を確立した。今後は、22ナノmレベルでのマスク無欠陥化の技術開発、光源高信頼化の実用化に向けて高出力時の信頼性向上の技術開発が課題である。
- スピントロニクス不揮発性機能技術開発については、垂直磁化材料を利用したトンネル磁気抵抗（TMR）素子を開発することにより、ギガビット級スピンRAMの実現可能性を世界に広く認識させた。今後の課題として、スピンRAMのような不揮発性デバイスの活用技術（アーキテクチャ、制御用ソフトウェア等）開発が重要。
- グリーンITプロジェクトについては、データセンター等の省エネ化への寄与を視野に入れて、様々な要素技術の開発を行っているところであるが、それぞれの要素技術については、以下のような課題がある。
 - ・ 超高密度ナノビット磁気記録技術について、今後、5Tb/in² 対応可能な高S/N再生ヘッドの開発、マイクロ波アシスト素子の周波数向上、5Tb/in² を実現するHDDシステムとしての検討が課題。
 - ・ データセンター内のサーバ省エネ化技術について、最終目標達成に向けて、モデル実証を含めた各基盤技術や要素技術のレベルアップに取り組むことが課題。
 - ・ 有機ELディスプレイ技術開発については、今後、40インチ及びG6基板（1500mm×1850）クラスへの大型展開、プロセス適応性の検証が課題。
 - ・ 省エネデバイス開発について、今後は、ロジックとメモリで、各々従来技術に比べて消費電力1/10の実証、0.5Vで安定動作するPLLと電源の実証、極低電力LSIチップ統合最適化技術において、要素回路を統合して消費電力1/10の実証、低電力無線／チップ間ワイアレス技術において、50pJ/bit以下の低消費電力通

信技術が実用レベルであることを示すことが課題。

- ・ 高効率パワーデバイス技術について、今後は、JFET については 40A までの大容量化、及び低オン抵抗化が課題。MOSFET については低オン抵抗化構造の試作検証、信頼性の基礎評価が課題。インバータについては、40kW/L までの高パワー密度化が課題。

第 4 期（H23～27）の取組

・ H23 年度の主要予算要求項目

第 3 期の課題を踏まえた、平成 23 年度における各府省の主な予算要求項目は以下の通り。

- 「革新的な 3 次元映像技術による超臨場感コミュニケーション技術の研究開発」（総務省）
 - あたかも同じ場所を共有しているがごとく距離と時間を超えて遠隔地の人と容易に意思疎通を図ることのできる新たなテレコミュニケーションを実現すべく、近年、表示技術が急速に発展を遂げている立体映像について、効率的な送受信を可能とするとともに、人が臨場感を感じる仕組みの解明を図り、臨場感を定量的・客観的に評価することを可能とする。また、究極の立体映像表示方式である「電子ホログラフィ」について、取得・提示技術の実現に向け、研究開発を行う。
 - 視差を利用した立体映像技術については、同時に提示する視差数に比例して伝送すべき情報量が増加することから、視差間の類似性などに着目した圧縮方式を開発するとともに、多様な提示方式が存在することを念頭に置いた効率的な伝送方式の開発を行う。また、人が臨場感を感じる仕組みの解明を目指し、臨場感を定量的・客観的に評価するための技術開発を行う。これに併せ、上記研究開発に必要な情報取得・提示用装置のうち、市販品が存在しないものについては、当該装置の製作も行う。また、究極の立体映像表示方式である「電子ホログラフィ」については、その実現に向け、表示サイズ及び視野角の拡大を図るとともに、撮像技術の研究開発にも取り組む。
- 「高機能・超低消費電力コンピューティングのためのデバイス・システム基盤技術の研究開発」（文部科学省）
 - 情報システムの低消費電力化は、安心・安全で豊かな社会、インフラが最適制御され効率的な社会の実現の基盤となる技術であり、将来の大幅な低消費電力化に結びつく基礎研究を引き続き重点化して推進する。
- 「JST 戦略的創造研究推進事業：情報システムの超低消費電力化を目指した技術革新と統合化技術」（文部科学省）
 - 情報システムの低消費電力化は、安心・安全で豊かな社会、インフラが最適制御され効率的な社会の実現の基盤となる技術であり、将来の大幅な低消費電力化に結びつく基礎研究を引き続き重点化して推進する。
- 「JST 戦略的創造研究推進事業：先進的統合センシング技術」（文部科学省）
 - 高度なセンサ技術や情報処理技術など、これまでの研究開発の実績と成果を適切に活用しつつ、安心・安全で豊かな社会、インフラが最適制御され効率的な社会を実現する基盤となる要素技術について、研究開発を重点的に推進していく。
- 「低炭素社会を実現する超低電力デバイスプロジェクト」（経済産業省）
 - EUV 露光システムに必要な評価基盤技術を構築し、最先端の 10nm 台の半導体製造

技術を確立する。また、新構造・新材料からなるデバイス技術を確立し、超低電圧化（動作電圧 0.4V 以下）を通じた低電力化を実現する。

○ 「ノーマリーオフコンピューティング基盤技術開発」（経済産業省）

- 今後更なる増大が予測される情報機器のエネルギー消費量を格段に低く抑えることを可能とするため、不揮発性素子を前提とした抜本的な新方式である「ノーマリーオフコンピューティング」の基盤となる技術を確立することを目的とする。

○ 「立体構造新機能集積回路（ドリームチップ）技術開発」（経済産業省）

- 低電圧化・低消費電力化への寄与度が大きい TSV、積層接合周りの要素技術等の三次元集積化技術のプロセス要素技術の開発を重点化して実施する。これにより、異なる分野のキーデバイス（あるいは要素技術）を有機的に集積化することを可能とし、その効果として新たな機能の発揮と飛躍的な性能向上を実現しうる立体構造新機能集積回路技術を確立することを目指す。

○ 「グリーン IT プロジェクト」（経済産業省）

- 超高密度ナノビット磁気記録技術については、媒体技術の完成。エネルギーアシスト記録ヘッド、再生ヘッドの開発。システム化技術の開発。5Tb/in² への適用検討。
- データセンター内のサーバ省エネ化技術については、H22 年度までの研究成果をベースに研究を継続推進し、省電力特性と実用性を実証しつつ、年間消費電力量を 30% 以上削減する基盤技術や要素技術を確立する。
- 有機 EL ディスプレイ技術開発については、実用化を加速、促進させるために大型基板での試作検証の強化、高生産性の検証（タクトタイム向上）を実施。
- 省エネデバイス開発については、極低電圧要素回路技術：ロジックとメモリで、各々従来技術に比べて消費電力 1/10 を実証。0.5V で安定動作する PLL と電源を実証。極低電力 LSI チップ統合最適化技術：要素回路を統合して消費電力 1/10 を実証。低電力無線／チップ間ワイアレス技術：50pJ/bit 以下の低消費電力通信技術が実用レベルであることを示す。メニーコア用アーキテクチャとコンパイラ技術：低消費電力メニーコア用アーキテクチャのあるべき姿を提案し、開発するコンパイラ技術を用いて既存技術と比べて処理性能 2 倍を達成。かつ、メニーコア・プロセッサ上で組込み向けアプリケーションプログラム実行時の電力消費量を 1/10 以下にする。
- 高効率パワーデバイス技術については、太陽光発電用パワーコンディショナ・サーバー電源の小型化・高効率化を実証して事業化フェーズに移行。40kW/L とさらなる小型化の可能性を示し新たな用途を拓く。

（２）第４期に向けて：総括的コメント

第３期主要施策の成果及び今後の課題を踏まえ、情報通信 PT の委員の意見及び H23 年度の優先度判定での理由等を参考にし、第４期に向けての総括的コメントは以下のとおり。

EUV 技術による微細化、スピントロニクス、不揮発素子などの先端半導体デバイスの研究開発は、グリーンイノベーションの実現だけでなく、我が国の産業競争力の強化を図るために必須の技術であり、これまでの成果の実用化への展開を促進し、顕在化する課題解決にむけた取り組みを行うことで第４期においても引き続き強化を図る必要がある。

特に、本来機能に加えて抜本的な省電力化技術は、国際競争を踏まえ戦略的展開が重要

である。

なおこの分野での技術は、情報通信分野のみでの展開にとどまらず、社会の様々な課題解決に結びつく基盤技術としての役割も大きいことから技術の適用先を広角に捉えておくことが重要である。

主な情報通信 PT の委員の意見及び H23 年度の優先度判定での理由等は、以下のとおり。

- エネルギー負荷の少ない、高効率なデバイス開発の推進が必要と考える。例としては、高性能ではあるが低消費電力であるモバイル端末等向け各種デバイス、利用形態に合わせてアダプティブに消費電力を変えられる無線デバイス、性能は必要最小限であるが超低消費電力な各種センシングデバイス、社会インフラ向けの高電圧・大電流を制御する高効率パワーデバイスなどの開発が重要である。
- 最近の 3 次元 TV の勃興に見られるように、将来技術と目されていたものが、何時産業化で必要とされるか判断しにくくなっている。また、最先端の CMOS 技術や高密度不揮発メモリにみられるように、現在の動作原理では物理限界が見え始めているものも多い。そのため、国策レベルでは、長期的な、より基礎的でリスクな研究開発の比率を上げる必要性を感じる。
- 基礎的な研究が重要になる一方で、企業における最先端デバイス技術の研究開発費は重荷になっており、国際的なコンソーシアム化、アライアンス化が進んでいる。国益を優先することは必要であるが、全てを抱え込む研究開発はガラパゴス化する危険性もある。国内に残すべき技術を明確にした上での、戦略的な国際協調を実行するプロジェクトマネジメント体制が必要と考える。
- デバイス研究者だけで具体的な課題設定をすると、理想のデバイスのみを追求しがちになる。しかし、それが、研究開発しようとするデバイスの価値につながるとは限らない。デバイスを利用する立場のアプリケーションやシステム側の研究者・技術者と、緊密な連携・議論を行い、具体的な研究課題のブレークダウンが不可欠と考える。とくに、産学連携を行う場合に不足しているように思われる。
- 研究マネジメントに関しては、関連企業などの成果に対するアンケートを実施するなど、より具体的に産業競争力に資するよう研究の方向性に、定期的に配慮し、軌道修正するメカニズムを導入することが望まれる。また、国外や国内の他のプロジェクトと連携することにより、将来の標準化などの際に力を発揮できるような全体を見た指導も必要となる。
- 産学連携に関しては、大学などが主導であっても、産業界が方向性や出口を明確化させるなど、産学が連携で提案し遂行するような要素技術確立を目指すプロジェクトの制度設計が望まれる。
- センサや素材、アクチュエータなど、異分野融合で我が国の強みを生かして国際競争力を高められる集積デバイス分野を強化することが望ましい。また、通信情報をより効率的に、どこでも利用することが可能にするために、自然エネルギーの利活用や無線給電など通信情報システムへのエネルギー供給インフラを整備するデバイスや、今後の人口減少社会で通信情報インフラを支えられるよう、安全で信頼性が高いデバイス、一気にすべてのシステムを更新せずとも一部分だけでも変更できるような代謝型のハードウェアの基礎技術などの構築が望まれる。
- 超臨場感コミュニケーション技術のライフイノベーションへの利用については、医療用には小型化、3D、ハイビジョン等の課題解決が必要だが、プロトタイプ 1 号機試作を目指す計画を確実に進めるべきである。また、「リアルタイム性」が臨床的に重要である。また、経済産業省の「がん超早期診断・治療機器総合研究開発プロジェクト」との連携がまだ十分とは言えない。他府省、病院との連携が必須である。

- 文部科学省が進めている高機能・超低消費電力コンピューティングのためのデバイス・システム基盤技術の研究開発については、経済産業省のグリーン IT プロジェクト（超高密度ナノビット磁気記録技術）と連携し、推進すると共に、目的基礎研究としてブレークスルーする課題を明確にすべきである。
- グリーン IT プロジェクトにおいては、革新的省エネデバイス開発、次世代パワーデバイス開発及び高密度ストレージ開発については、関連施策間の棲み分けに基づいて、必要に応じて連携や成果の利用を行い、相互補完的に推進し、統合システムとしての研究開発を行うことが重要である。また、省エネの進んだデータセンターを国内に設置した場合に、ナショナルセキュリティおよび産業振興の観点から政策での後押しも重要である。
- 国のファンドによるデバイス研究は、産業界の現状を見ると、どこを狙うのかのターゲット設定が難しい。IMEC、CNSE などに研究開発リソースが集中している現状で、日本としてどう対応していくか、問題意識として捉えるべきである。
- 研究の成果は企業における製品に活かされるのはもちろんであるが、100%産業化に直結しない場合でも、新技術や人材の育成の意味も大きい。

（セキュリティ領域）

（１）第３期の研究開発の成果等

第３期（H18～22）の主要な成果目標とその成果

成果目標：①2008 年度までに、「IT 利用に不安を感じる」とする個人を限りなくゼロにする。【総務省・経済産業省 連名】
 ②2008 年度までに、重要インフラにおける IT 障害の発生を限りなくゼロにする。【総務省・経済産業省（連名）】

対応する主な施策の成果：

- 「スパムメールやフィッシング等サイバー攻撃の停止に向けた試行」（総務省：①）
 - 国内のボットウイルス感染率を、5 年間で世界最高水準まで下げることができた。（約 2.5%から 0.6%）
 - 本施策の取り組みは、海外でも高い評価を受けており、在日米国商工会議所（ACCJ）が、「インターネット・エコノミー白書 2009 年」の中で、本施策の実施に際して組織したサイバークリーンセンター（CCC）の取り組みにより日本のコンピュータによるサイバー攻撃が激減していることを掲載、また、マイクロソフト社が「Microsoft Security Intelligence Report Volume7(2009 年)」の中で、日本のウイルス感染率が他国に比べ低い理由に、CCC の取り組みがあることを掲載している。
 - 同施策の一環として、経済産業省と連携して、サイバークリーンセンター（CCC）を立ち上げた。同センターでは、ボットウイルス感染 PC を検出し、ISP76 社の協力を得て感染 PC 所有者へ注意喚起及びボットウイルス削除ツールの提供を行う活動を実施し、国際的にも高い評価を得ている。
 - 研究マネジメントの観点からは、経済産業省と連携してサイバークリーンセンター（CCC）を立ち上げ、両省の研究成果を基にサイバー攻撃対策の具体的活動を実施し、多大の効果があつた。
- 「情報漏えい対策技術の研究開発」（総務省：①）

- 情報の流通経路を把握可能とし、情報漏えい行為の抑止および適切な情報流通の促進を図るため、高度な来歴管理機能（誰が、いつ、どこで、どの情報に何をしたかを管理する機能）を有した基盤技術確立した。
 - すべてのトラヒックの中から、ファイル共有ソフトのトラヒックのみを検出し、分散環境にある通信機器の設定を適切に変更して特定の通信経路を経由するなどのトラヒック制御を行う技術確立した。
 - ファイル共有ソフトにより交換される情報のトラヒックの中から、特定のファイル及びそれに関連するファイルのみを検出、削除する技術確立した。
 - 研究マネジメントの観点からは、安心・安全インターネット推進協議会に本研究開発に係る WG を設立し、有識者や関連する事業者などの意見を取り入れながら研究開発を実施した。
- 「大規模仮想化サーバ環境における情報セキュリティ対策技術の研究開発」（総務省：①）
- 大規模仮想化環境（クラウド等）で実行される主要アプリケーション（データベース等）での「検索」、「推薦処理」、「統計演算」、「頻度分布計算」において、利用者の情報を暗号化したまま処理を行うため、これら利用シーンに応じ、高処理性共通鍵暗号、準同型性公開鍵暗号、撮動、ミックスネット等を応用する技術及び利用者端末処理技術の基本設計を実施。
 - セキュリティレベル可視化技術として、セキュリティ対策状況の可視化技術、認証に関するセキュリティ対策状況可視化技術、データ重要度可視化技術、仮想化サーバ選択・データ保護に関する制御技術の基本設計を実施。
 - 研究マネジメントの観点からは、安心・安全インターネット推進協議会に本研究開発に係る WG を設立し、有識者や関連する事業者などの意見を取り入れながら研究開発を実施した。
- 「コンピュータセキュリティ早期警戒体制の整備事業」（経済産業省：①②）
- 感染すると PC を外部から操作し、サイバー攻撃の踏み台として感染 PC を利用することができるボットプログラムについて、4 年間（H18 年度～H21 年度）で 23,964 件の未知のボット検体を駆除ツールに反映させ、サイバー攻撃の未然防止に貢献した。
 - サイバー攻撃の被害拡大・未然防止を図るため、サイバー攻撃の発信元やサイバー攻撃に利用するツールを配布するウェブサイトの停止等、4 年間（H18 年度～H21 年度）で 7,539 件の対応を行った。
 - インターネット定点観測システムを開発し、センサ設置場所をアジア太平洋地域（17 カ国・地域）に拡大するとともに参加国間で脅威情報の共有交換を可能にすることにより国境を越えて発生するインシデントの動向分析やインシデント対応支援、脅威情報の発信活動に活用した。
 - 研究マネジメントの観点からは、ボットプログラム対策の一環として、総務省と連携して、サイバークリーンセンター（CCC）を立ち上げた。同センターでは、ボットプログラム感染 PC を検出し、ISP の協力を得て感染 PC 所有者へ注意喚起及びボットウイルス駆除ツールの提供、独立行政法人情報処理推進機構を通じたウイルス対策ベンダへのボットプログラム検体の提供を実施し、国際的にも高い評価を得ている。

成果目標：①2008 年度までに、企業における情報セキュリティ対策の実施状況を世界トッ

プクラスの水準にする。【総務省・経済産業省（連名）】

②2008 年度までに、全ての政府機関において、「政府機関統一基準」が求める水準の対策を実施する。

対応する主な施策の成果：

○ 「企業・個人のセキュリティ対策促進事業」（経済産業省：①②）

- 適正な情報セキュリティガバナンスを確立するために、経営陣が行うべき役割と効果について提示した「情報セキュリティガバナンス導入ガイダンス」等を策定し、国際標準化へ向けた取組を行った。
- 暗号をモジュールに組込んだ際、セキュリティ性能を評価するための評価ツール「SASEB0」を開発し、国内外の約 100 の機関等で利用されている。
- 研究開発マネジメントの観点からは、同施策の一環として、策定した「情報セキュリティガバナンス導入ガイダンス」については、有識者から構成される「情報セキュリティガバナンス研究会」において素案を策定した。その上で、産業構造審議会情報経済分科会情報セキュリティ基本問題委員会において、審議を図り、取りまとめた。

「領域」、「重要な研究開発課題」の成果及び今後の課題

・総括

セキュリティ領域においては、ボットウィルス、コンピュータウイルス、情報漏えい等に対する対策技術が進展した他、被害の抑制・未然防止を図る早期警戒体制が整備された。セキュリティ領域の研究開発では、通信ネットワーク、情報システム、産業システムに関わる複合システムであり、その実施は必然的に省庁横断の取組が必要となる。第三期においては、総務省、経済産業省が協働して取り組むテーマが設定され、成果が創出されたことは高く評価することができる。

今後はクラウドなどの新しい ICT 技術に対応した対策技術や海外からのサイバー攻撃に備えた国際連携が課題であると考えられる。欧米各国が情報セキュリティ分野を国家安全保障のための重要な政策課題と位置づけていることを踏まえると、国際連携の観点からも、我が国の研究開発投資を拡大し、内閣官房情報セキュリティセンター(NISC)の調整の下で、総務省、文部科学省、経済産業省等が連携を一層密にして取り組むことが必要である。

・主な委員意見等

第 3 期の成果及び今後の課題に関する情報通信 PT の委員の主な意見は、以下のとおりである。

- 欧米各国における情報セキュリティ関連研究への投資は、より大規模、広範囲に行われるようになってきている。これは、インターネット基盤環境、情報システムが社会の中核機能を担うようになり、従来のマルウェア対策を中心にしたセキュリティ技術への投資だけでなく、いわゆる信頼性確保、事業継続性に資する技術開発、産業制御システムの高度化、マルウェア解析技術、暗号技術の高度化などへの研究投資を広げつつある。さらには、人材育成にも積極的投資をしている状況にある。そのような状況と日本における取組を比較すると、政府による研究投資不足は明らかと言える。
- 経営論、組織論などの非技術領域における取り組みの拡大も期待された。第三期においては、標準化活動において取り組みがあったものの、より実証的な組織解析や事例解析に基づいた研究活動の広がりには少なかったことは残念である。
- 研究開発成果の政府による積極的活用については、制度面からの見直しと取組が必要

である。情報セキュリティ技術の多くは、公的部門が第一義的なユーザと考えられることが多く、その意味でも研究開発実施後の成果利用について、制度面も含めた検討と実施が必須であった。第三期においては、成果利用の拡大についての検討が必要であるとの意見付与が何度も行われたが、政府における検討が進まなかったことは残念としか言いようがない。

- 攻撃技術研究については、今後の cyber warfare のリスク増大に応じた取組が必要となるのは明らかである。しかしながら、政府として取り組むスキームが明確化されていないことから、攻撃技術研究への着手について消極的にならざるを得なかったは残念である。
- 今後 10 年を俯瞰した時に、社会変化、技術変化を考慮したシナリオ開発を行い、その中で必要な研究開発を検討するというような手法も必要となる。実際に、米国、欧州では、このような取組が行われており、着実な成果を出してきている。各省庁に研究開発を任せるだけでなく、政府として、将来予想を含めた研究ロードマップの検討を行うことが求められる。
- セキュリティ領域は、個別のセキュリティ技術も重要であるが、社会の中での法制度、運用と重なる部分が非常に重要である。

・施策の具体的課題等

主要な施策に関する具体的な成果及び今後の課題は以下のとおりである。

- スパムメールやフィッシング等サイバー攻撃の停止に向けた試行については、ボットウイルス検体収集・解析に関する基盤技術等の確立により、国内のボットウイルス感染率を、5 年間で世界最高水準まで下げるといった一定の成果を出して終了するが、海外からのサイバー攻撃への対処等の課題が残っている。次期の施策で、国際連携して、海外からのサイバー攻撃を予知・即応する研究開発を行っていく。その際に、本施策での開発技術や組織の枠組みを有効活用して行く。
- 情報漏えい対策技術については、情報漏えいの検知技術、及び当該漏えい情報の自動流通停止技術および情報の流通経路を正確かつ容易に把握可能とする技術を確立した。今後においては、要素技術の国際標準化により信頼性を向上させる必要があるとともに、セキュリティモジュールとしてあるいは総合セキュリティソリューションとしての事業展開に注視する必要がある。加えて、新たな課題として、クラウド環境に対応するための新たな対策の実現が必要である。
- 大規模仮想化サーバ環境における情報セキュリティ対策技術については、平成 22 年度から実施しており、今期は要素技術の基本設計を実施中。また、今後は次期に向けた着実な実施を行う必要がある。
- 経済産業省の施策については、第 2 次情報セキュリティ基本計画（H21 年 2 月情報セキュリティ政策会議決定）における、「『IT を安心して利用可能な環境』の構築」を目標とし、①コンピュータウイルス等による被害の抑制・未然防止を図る早期警戒体制の整備、②普及啓発、③企業等の情報セキュリティ対策に関する組織的対策、④新たな脅威等に対応するための技術的対策を実施。昨今のサイバー攻撃・情報漏えいでは、知的財産や産業用制御システムを狙った事案や企業等の機密情報の漏えいが多発している。このため、経済成長・経済安全保障の観点から、必要な情報セキュリティ政策についてまとめることを目的に、「サイバーセキュリティと経済 研究会」を開催（第 1 回は H22 年 12 月開催）している。今後は、この研究会での議論を踏まえ、上記①～④を引き続き実施する。

第 4 期（H23～27）の取組

・ H23 年度の主要予算要求項目

第3期の課題を踏まえた、平成23年度における各府省の主な予算要求項目は以下の通り。

- 「国際連携によるサイバー攻撃予知・即応技術の研究開発」（総務省）
「クラウド対応型セキュリティ技術の研究開発」（総務省）
 - 日本におけるサイバー攻撃等のリスクを最小限に抑え、クラウド等のネットワークサービスの安心・安全な利用が可能な環境を実現すると共に、クラウドの実用化に関する課題を整理し、実用化の目途を付ける。
 - 第3期の取り組みである「情報漏えい対策技術の研究開発」で課題に挙げられたクラウド環境に関する技術を開発すると共に、有識者WG等を積極活用し、様々な観点から課題抽出し、その対策を検討する。
- 「企業・個人のセキュリティ対策促進事業」（経済産業省）
「コンピュータセキュリティ早期警戒体制の整備事業」（経済産業省）
 - 国民を守る情報セキュリティ戦略（H22年5月情報セキュリティ政策会議決定）における「世界最先端の『情報セキュリティ先進国』」の実現を目指す。
 - これを実現する一環として、経済成長・経済安全保障の観点から、必要な情報セキュリティ政策についてまとめることを目的に、「サイバーセキュリティと経済 研究会」を開催（第1回はH22年12月開催）している。具体的には、①標的型サイバー攻撃への対応、②制御システムの安全性確保、③企業等の機密情報漏えい対策、④サイバーセキュリティ産業の強化等について、検討を予定。この検討を踏まえ、目標達成に向けた対応を実施していく。

（2）第4期に向けて：総括的コメント

第3期主要施策の成果及び今後の課題を踏まえ、情報通信PTの委員の意見及びH23年度の優先度判定での理由等を参考にし、第4期に向けての総括的コメントは以下のとおり。

最近の情報セキュリティを巡る環境変化に的確に対応するため、第4期における国家安全保障・基幹技術の強化の一環として、情報セキュリティに関する重要な研究開発課題については積極的な推進が必要である。同時に成果の活用状況についてわかり易く国民へ提示し、当該技術の意義について国民理解を促進すべきである。

今後はクラウドなどの新しいICT技術に対応した対策技術や海外からのサイバー攻撃に備えた国際連携が課題であると考えられる。欧米各国が情報セキュリティ分野を国家安全保障のための重要な政策課題と位置づけていることを踏まえると、国際連携の観点からも、我が国の研究開発投資を拡大し、総務省、文部科学省、経済産業省等が連携を一層密にして取り組むことが必要である。

なお、情報セキュリティ分野の研究開発の実施に際しては、情報セキュリティ政策会議で策定中である「情報セキュリティ研究開発戦略」を踏まえ、内閣官房情報セキュリティセンター（NISC）の調整の下で関係府省が適切な役割分担の下で連携することが不可欠である。

主な情報通信PTの委員の意見及びH23年度の優先度判定での理由等は、以下のとおり。

- 今後10年間の社会変化、技術変化についてのシナリオ開発を行い、そこで必要となる研究開発を特定して研究開発を進める方法を実施すべきである。これは米国、EUでも行われている方法であり、継続的にシナリオの点検をすることで、必要な技術開発をタイムリーに行うことが可能になる。