

推進戦略について（2）

（重点領域のあり方）

第1章 重点領域について

1. 情報通信分野の重点領域についての従来の議論

情報科学技術先導プログラム（H.11.7）（科学技術会議情報科学技術委員会）では、「社会のニーズを明確に指向した情報科学技術の基礎・基盤の強化」の観点から、重点領域を以下のとおりとしている。

- ・ 安全で豊かなネット社会の構築【フレキシブル・ネットワーク技術、モバイル・コンピューティング技術、セキュア・ネットワーク技術、ネットワーク・サービスプラットフォーム基盤技術、先導的ネットワークアプリケーション、ネットの経済社会への影響】
- ・ 人に優しい情報システムの実現【バリアフリー情報システム技術、人間重視ヒューマンインターフェース技術、人に優しいソフトウェア開発技術】
- ・ 先端的計算によるフロンティアの開拓【統合シミュレーション技術、可視化技術、並列分散ソフトウェア技術、アーキテクチャ技術】

ここで、「社会のニーズを明確に指向した情報科学技術」、すなわち実用を強く意識した情報科学技術の中で、「安全で豊かなネット社会」及び「人に優しい情報システム」は、共に社会経済活動や個人生活に密着した情報通信の利用を念頭においており、産業競争力の強化と個人生活の向上を直接的に促進する領域である。一方、「先端的計算によるフロンティアの開拓」は、より技術指向性が強く、様々な研究開発の基盤となる領域である。

2. 重点領域のあり方

- 社会経済に大きな影響を与える技術ブレークスルー
 - ・国民生活向上と競争力強化のため、日本の優位な技術等を核に基盤的技術のブレークスルーを実現
 - ・我が国が先行的な実験場としてシステム構想を提案・構築し、国際的な標準の確立を目指す
 - ・ネットワークでつながることが不可欠な情報通信システムでは、システム全体の中で必要なブレークスルーをバランス良く実現する必要
 - ・国として、セキュリティ、高齢者・障害者向け技術等を推進
 - ・実用を念頭においた研究開発の推進
- 実用を念頭においた基礎研究の推進

(1) 社会経済に大きな影響を与える技術ブレークスルー

情報通信は、既に産業として大きく成長し我が国の経済の牽引力として期待されている。また、研究開発活動とその成果の実用化が渾然一体となってダイナミックに進展しており、国民の社会参加等の促進なども含めて社会及び経済に対する影響力は非常に大きい。我が国が世界最先端のIT国家となっていくためには、情報通信分野の最新技術をできるだけ早く社会・経済に取り入れていくことが重要である。

そうした最新の情報通信技術は、それが最初に実用化され社会に普及した国において、いち早くその恩恵を受けることが可能になる。このため、特に情報通信技術のように変化の激しい分野においては、我が国が技術開発のポテンシャルを有し、かつ社会・経済に大きく普及すると考えられる技術については、積極的に研究開発を推進することが必要である。

ア. 今後想定される課題

携帯電話やインターネットの急速な普及などのように、情報通信分野の技術はとりわけ急激に変化するため、今後の情報通信技術の発展について正確に見通すことは困難であるが、ADSL、CATV、光ファイバ（FTTH）、次世代携帯電話等の高速アクセス接続の普及、様々な機器・システムが高速化・高機能化が進展するにつれ、社会に流通する情報量が爆発的に増大し、以下のような課題が生じていくものと考えられる。

① ネットワーク

アクセス回線が高速化され、高速通信の利用が急速に普及した場合、大容量のAV信号がネットワークの中に溢れ、基幹（バックボーン）回線の更なる高速化と、端末間の総経路伝送速度の高速化が大きな課題となる。

また、あらゆる場所からいつでもネットワークの種類を気にせず利用できるよう、ネットワークのシームレス化に対する要求は強まっていく。

② コンピューティング（情報処理・検索）

今後、コンテンツの容量が動画を含めて激増するため、ハードディスクや光メモリなどの記憶装置は、将来の情報家電の心臓部となり、容量拡大、小型化、低消費電力化等が強く要求される。

それとともに、誰でも簡単にネットワークに情報を発信できるようになり、ネットワーク上の情報量が爆発的に増加する。一方で、人が情報を扱うために利用できる時間は大きく変わらない。世界中で急激に増殖していく情報データベースの中から本当に必要な情報／知識を短時間で選択・抽出することは、ますます困難となっていき、モバイル端末からでも簡単にデータベースの検索を行う技術等の向上がより重要となっていく。このため、情報の意味理解、検索エンジンの高速化を含めた情報検索技術の大幅な能力向上が必要である。

③ 高齢者、初心者、障害者のためのバリアフリーな入出力技術

キーボードを使う習慣がなく、世界でも先端的な高齢社会に突入している日本において、特に高齢者、初心者、障害者のためのユニバーサル・デザインやヒューマン・インターフェースが重要であり、さらに端末の小型化に伴い、高度な機能を簡単に利用できる操作性が厳しく要求されていく。特にウェアラブルコンピュータにおいては、キーボードは利用できないため、これに代わる入力システムの実現が不可避である。

しかしながら、パソコンのヒューマン・インターフェースを見ると、アイコンやマウスの採用、WWWやブラウザの開発以降、画期的な変化が見られない。PDAを初めとして手書文字認識が用いられているが、パソコンでは普及しておらず、キーボードに変わる入力装置には育っていない。音声認識も同様である。

さらに、日本特有の社会・文化的状況を踏まえ、日本語に関係する音声認識、文字認識、自動翻訳といった技術を成熟させることが望まれる。

④ 基盤的技術（デバイス、ソフトウェア）

現在のコンピュータは、将来的にはその概念を越えて AV 機器などの家庭用機器や様々な業務用機器との融合が進展していくと考えられる。また、AV 機能も搭載した携帯端末（PDA）や携帯電話については、その普及が進み情報通信が生活の一部になっていくと思われる。そのためには、デバイスの高速化・高集積化への対応を始め、社会全体の情報通信機器によるエネルギー消費を低減し携帯機器の長時間使用を可能とする低消費電力技術が重要となってくる。また、そうした機器の技術開発を高信頼で容易に可能とするシステム LSI 関連技術が重要である。

ソフトウェアについては、信頼性、ソフトウェア間のインターフェース、開発効率などの面で依然として大きなボトルネックとなっている。

⑤ 安全性、信頼性、拡張性、継続性

携帯電話や常時接続によるインターネットの利用が普及するにつれ、セキュリティや安全性に対する脅威も大きくなる。これは、わが国の安全保障にも関わる技術である。また、高齢者、初心者を含めて誰でも安心して利用できるようにするため、システムの信頼性、機能の拡張性、技術が変化した場合のデータ等の継続利用性などに対する要求も厳しくなっていくものと思われる。

イ．重点領域について考慮すべき項目

情報通信分野における重点領域を検討する際に考慮すべき項目は、以下のとおりと考えられる。

① 日本の優位な技術等を核に基盤的技術のブレークスルーを実現

国際競争力の観点からは、今後、情報通信の全ての分野で我が国がリーダーシップを確保することは非現実的である。我が国の競争力を効率的・効果的に向上させるためには、市場としての成長領域を考慮しつつ、日本が優位性やポテンシャルを持つと考えられるモバイル技術、光技術、家電、人型ロボット等を核とし、これらを念頭においたデバイスやソフトを含めた基盤技術を一層磨き上げることが望ましい。

② システム構想の提案・構築と国際的な標準の確立を重視

日本は、前述のように要素技術については優位なものもあるが、特にシステム構想（アーキテクチャやコンセプト）を提案し実際にシステムとして構築することについては極めて弱い。しかも、最近ではシステム構想

力によって産業競争力が左右され、要素技術についてもその影響が大きくなってきているといわれる。

情報通信においては、制度的あるいは実質的を問わず国際的な標準が確立されてネットワークでつながることに価値がある。優れた技術でもつながらないものは利用されず、世界で用いられるアーキテクチャは実質的に一つまたは極めて少数に収斂する傾向がある。特に複数の技術やハード・ソフトの組合せを含むシステムでは、ネットワーク化の進展に伴い他の機器との接続等の必要性を踏まえて独占的なシェアを持つ製品が生まれやすく、産業競争力は単純に技術の優劣や製品の品質・価格だけでは決まらない。特にシステムに近い分野で産業競争力を強化するためには、基本的技術の研究開発だけではなく、民間を中心としつつ、産官学の協力の下で、新たなシステムを構想し提案・構築する力や国際的な標準の地位を獲得する総合的な力（国際的な標準の確立や企業連合等の仲間作りなど世界との連携）を育成していくことが重要である。

なお、前述したようにどのような技術が将来において市場に受け入れられるかを予測することが困難となってきたため、現在は、各国が、情報通信システムの在り方について様々な試行錯誤を実施している状況にある。したがって、新たなシステムの構想においては、我が国がもつ競争力優位の技術と我が国の文化として受け入れられやすい活用方法を念頭におきながら、情報家電を含めて我が国が市場を創造できる可能性のある独自のシステムについて、先行的な実験場として提案・構築しリーダーシップを確立すると同時に、日本の独自性に閉じこもること無く、国際的な標準の確立も目指しながら世界の市場に受け入れられるよう展開していくことが必要である。

③ バランスのとれたブレークスルーの実現

全てがネットワークを介してつながることによって利用価値が高まる情報通信においては、どこかに隘路（ボトルネック）が生じれば情報通信全体が十分に活用されないことになる。このため、端末、ネットワーク、センター等で要求されるブレークスルーをバランス良く実現していく必要がある。

④ 国として不可欠な研究開発

産業競争力強化のための研究開発だけでなく、セキュリティ技術や高齢者・障害者が情報通信を使いこなすための技術といった、市場メカニズムに任せては普及が見込めず、かつ、社会的に必要性の高いものについても、国として取り組む必要がある。

(2) 実用を目指した研究開発と実用を念頭においた基礎研究のバランス

パソコンや PDA を作るためには、IC やコンピュータのような基礎的な技術が開発されることが必要であるが、特に経済環境が厳しい現在のような時期には民間企業の研究開発は製品開発に集中し、技術的なブレークスルーが生まれる可能性が一層減少する。このため、計算科学等（計算科学及び計算機科学）によるシミュレーションを用いた自然現象の解明などの融合領域、量子情報通信などの萌芽的なテーマも含め、基礎的な研究開発も重視する必要がある。

なお、我が国においては、かつての米国のように基礎研究の成果が実用や産業に結びついていない、という問題が指摘されている。

社会・経済への影響力の大きな情報通信分野においては、基礎的な研究といえども最終的に実用に結びつけることが強く望まれており、将来的な実用を念頭におき、ニーズを十分踏まえて推進する必要がある。特に情報通信分野は、従来の基礎から応用、開発へと発展していくモデルが必ずしも当てはまらないケースがあると言われており、基礎的な段階であっても、実際に技術を社会に広める役割を担う民間との連携強化にも配慮する必要がある。

(注 1) 1985 年、日本を研究したヤングレポート（大統領産業競争力委員会報告）が「製造技術の改善と新技術の商品化」を勧告した。またクリントン陣営も大統領選挙中の文書「技術－経済成長のエンジン」において、米国では基礎研究が重視され応用研究が軽視されてきたために産業競争力が低下したとして、「基礎研究から応用研究への転換」及び「国防から民生への移行」を訴えた。その結果、米国の政府及び民間の研究開発は、ともに応用研究に大きく転換していった。

(注 2) 米国においても、応用研究への行き過ぎには、見直しが行われた。国及び民間の研究開発があまりにも応用重視に偏ったことを反省した P I T A C レポート（1999 年）は、以下の勧告を行った。

- ・ 国家の将来にとって重要な情報技術に関する長期的な研究に対して、政府の投資が少なすぎる
- ・ 1990 年代における米国の官民の研究開発があまりにもニーズオリエントで産業化指向が強いことを反省し、基礎情報技術研究、科学・工学・国家のための先進的計算、情報技術の社会的・経済的・労働的影響と情報技術労働者の育成などを加えること
- ・ 情報技術の急速な進歩が米国民に与える社会的経済的な影響を明確にし、理解し、予想し、処理するための研究を行うことなど

これを踏まえて、従来の「HPCC」プログラムに加えて「IT²」プログラムが開始され、ニーズオリエントな研究開発と基礎的研究開発のバランスのとれた一層包括的な「IT R&D」プログラムへと統合、拡充された。

3. 具体的な重点領域（案）

- ・産官学を含め国としてシステム構想を設定・構築する領域
- ・萌芽的な研究開発；量子情報通信等
- ・融合領域の研究開発；バイオ、ナノ、環境、ITS、宇宙通信等
- ・研究開発のインフラとしての情報通信；研究開発の情報化
- ・情報通信が引き起こす社会的・経済的影響

（1）産官学を含め国としてシステム構想を設定・構築する領域

モバイル技術、光技術など我が国が比較的の優位な技術を核として産業競争力を高めることが期待され、かつ国民生活の向上に不可欠で我が国から新しいシステムを提案し市場を創造できる可能性のある領域を対象とする。

具体的には、誰にも使いやすい高機能の携帯端末等から、高速ネットワークを介していつでもどこでも安心して世界中の情報・知識を自由に活用できる情報通信システム（いつでもどこでも頼れるデジタルパートナー）の実現を目指す。このため、以下の課題を中心にデバイス、ソフトウェア（注）を含むシステム構築のための基盤的技術の研究開発を推進する。

- どこでもオフィスや自宅と同じ IT 環境の実現
 - ・メディアを問わないシームレスな高速ネットワーク
高速接続のニーズに対応するための移動通信を含めたシームレスなアクセス回線とその一層の高速化、並びに、高速アクセス及び常時接続の普及に対応するための全光高速ネットワーク、次世代インターネットの実現
 - ・AV 機能等も含む高機能で小型・長時間使用可能なモバイル端末
デバイスの高速大容量化・高集積化・低消費電力化など
- 安心して使い易いシステム
 - ・初心者、高齢者、障害者も簡単に使える入出力技術（直感的入出力、音声認識、自動翻訳、人間とコミュニケーションできるロボットなど）
 - ・地球規模で分散し急速に増大する巨大なデータベースから必要な情報・知識を簡単、的確に探せる検索エンジン、情報エージェント等
 - ・自宅の情報家電や会社にも安心してアクセスできる安全性、システムの高信頼化、拡張性・継続性の確保

（注）ソフトウェアについては、人材育成が最も重要で効果的である。

なお、これらの領域の技術を重点的に強化することにより、これを梃子として、その成果が広く他の領域にも波及していくことを期待する。

このシステム構想を実現することにより、情報通信システムが一人一人の秘書あるいはパートナーとして十分頼ることのできるものになっていく。また、将来的にはコミュニケーション機能の充実したロボットも人間のパートナーになりうる可能性がある。

（２）萌芽的な研究開発

将来に向けた大きなブレークスルーを実現するための種として、絶対に解読されない究極の暗号方式、通常の光通信やコンピュータよりもけた違いに高速の量子通信及び量子コンピュータに関する量子情報通信技術が注目されている。現在は欧米に大きな遅れをとっているが、将来の情報通信技術の鍵となる可能性も秘めており、また、長期的な課題であるために挽回は十分可能と考えられる。この他、有機分子あるいは DNA を活用したコンピュータなど、新しい原理に基づく情報通信システム、デバイス等も可能性を見極める必要がある。

このような研究開発の結果として生まれた技術の中から、日本のコアコンピタンスとなるものを柔軟に支援していくことが必要である。

（３）融合領域の研究開発

例えばバイオ・インフォマティクスは、最先端のライフ分野と計算科学等（計算機科学及び計算科学）分野の能力を要求される融合領域であり、ライフ分野の研究者がコンピュータ・シミュレーションについて理解を深め、一方で計算科学等の研究者が生物についての知識を深めながら共同で研究を進める必要がある。生物の網膜、脳神経網などの構造をコンピュータや半導体で実現する分野も、同様に両分野の研究者の協力が不可欠であり、環境問題を計算科学で解き明かすことも、ナノ・デバイスの原理の解明や設計も、同様である。逆にナノ技術等の発展により情報通信の新しいデバイスが開発されることも期待される。

ITS や宇宙通信においても、通信、データベース、リモートセンシングなど、情報通信技術の研究開発が不可欠である。

情報通信と他分野との融合領域については、将来の情報通信分野において新しい発見と発明を導き出す芽が含まれており、様々な分野の多様な最先端の知識・アイデアを取り入れていくことが重要である。

(4) 研究開発のインフラとしての情報通信（研究開発の情報化）

ライフ、環境、材料、フロンティアなどの分野で高速コンピューティングに対する期待は大きい。このため、国内に散在するスーパーコンピュータのネットワーク化について、文部科学省が国立研究所を結ぶIMnet及び大学を結ぶ10 GbpsクラスのスーパーSINETを構築しようとしており、100 Gbpsの伝送速度におけるインターフェースについては総務省、経済産業省及び農林水産省の連携プロジェクトとして実験が行われようとしている。さらに、様々な分野における高度なシミュレーション等のための高度なソフトウェアを開発し、既存の計算プログラムやデータベースも含めて大容量ネットワークを介して共有する仮想研究環境の構築も開始される。

時間・空間・研究組織・分野という制約を超えた新しい研究スタイルの構築や新しい融合領域を創生することを目指し、これら高速の研究情報ネットワーク、高性能のスーパーコンピュータの整備、それらを活用した複雑な自然現象や工学分野などのシミュレーションなどにより、研究開発の情報化をさらに進めていくことが必要である。そのためには、シミュレーション技術、可視化技術といった要素技術の研究開発も重要である。

なお、超高速スーパーコンピュータについては、ライフ、材料、環境、フロンティアなどの具体的ニーズ、既存のスーパーコンピュータ・ネットワークや専用計算機の動向などとの関係を十分考慮して検討することが必要である。

(5) 情報通信が引き起こす社会的・経済的影響

従来、科学技術の進歩がもたらす社会的影響への社会的対応は後手にまわっても十分であると考えられてきた。しかし情報通信技術は、その技術が個人とその他（見ず知らずの他人を含む個人、企業、政府、社会）を直接結び付けると同時に世界的に開かれたシステムであるため、あまりにも容易に「問題」と遭遇してしまう危険性を孕んでいる。

また、あまりにも急速な技術の進歩とシステムの普及は、その社会的影響の発生も拡大もまたきわめて急速である。このため、常に技術の現状と萌芽を見渡し、将来のリスクを想定して、社会的な対応策の検討と技術的な対策の研究開発を開始する必要がある。

（IT革命の社会的課題例）

デジタル・ディバイド、情報セキュリティ、個人のプライバシー
違法・有害情報など

第2章 重点領域における研究開発の目標

(1) 技術の現状

① ネットワーク関連技術

- ・ モバイルネットワーク（低速移動時）；数十 Mbps 級（実用レベル）
（高速移動時）；384kbps（実用レベル）
- ・ 基幹系（一芯あたり、注）；10Tbps（実験レベル）、300Gbps（実用レベル）
- ・ 次世代インターネット；IPv6 仕様策定、伝送品質 QoS 制御技術（実験レベル）

（注）有線アクセス系で数百 Mb/s 級（事業所）、3～15Mb/s 級（家庭）を想定

② 高度コンピューティング関連技術

- ・ コンピュータ（1システムの計算能力）；40Tflops（実用レベル）
 - ・ 外部記憶装置（ドライブ当たり）；100GB（実用レベル）
 - ・ データベース；テラバイト級～の規模？、300Kトランザクション/分級の処理速度
- 1万冊の電子図書館、1万人規模のアクセス可能なデータベース

③ ヒューマンインターフェース関連技術

- ・ 特定用途向けで数千の単語・文節のリアルタイム認識（実用レベル）
- ・ 携帯情報機器等で簡単な音声認識による入力を実現？
- ・ 限定された画像の認識、指紋・虹彩認識、限定された顔貌認識（実用化レベル）

④ 共通基盤技術

[ソフトウェア技術]

- ・ 我が国からの独創的なソフトウェア・コンテンツの発信が困難な状況
- ・ ソフトウェアの信頼性・安定性が不足
- ・ ソフトウェア・オブジェクト技術、コンポーネント技術等によるソフトウェア開発の試行

[デバイス技術]

- ・ システムオンチップ集積度；100MTr 級（実験レベル）、60MTr 級（実用レベル）
- ・ 液晶ディスプレイ；解像度 200ppi で処理速度 10MHz
- ・ 消費電力；モバイル端末は数時間で充電が必要

(2) 2006 年の研究開発目標

以下の技術を開発し、デジタルパートナーを実現。

いつでもどこでもオフィスや自宅と同じ IT 環境の実現

○メディアを問わないシームレスな高速ネットワークのための要素技術例

家庭への映像配信、モバイル機器によるインターネット動画受信が可能な技術水準

- ・ 移動体通信 ; (低速移動時) 数百 Mbps 級 (実用レベル)
数十 Mbps 級 (実用レベル)、100Mbps 級 (デモレベル)
- ・ 基幹系 (注) ; (1 芯当り) 10Tbps (実用レベル) 、
1 Pbps 級 (基礎技術)
(光ルータ) 10Tbps 級ルータ (実用レベル) 、
数百 Tbps 級ルータ (基礎技術)
数百 Tbps ~ 数 Pbps ルータ (基礎技術)
- ・ 次世代インターネット ; IPv6 を備えたインターネット網 (実用レベル)
高品質リアルタイム伝送 (実用レベル)

○高機能で小型・長時間使用可能なモバイル端末等のための要素技術例

- ・ 小型軽量化 (SoC) ; 1 チップで TV 符号化、音声認識・合成機能付家電の実現
300M トランジスタ級 (実用レベル)
800M トランジスタ級 (実験レベル) 、
- ・ 高速化 (SoC) ; 0.9GHz 級 (実用レベル) 、1.2GHz 級 (実験レベル)
- ・ 大容量化 (SRAM) ;
- ・ 低消費電力化等 ; モバイル端末は 5 日間充電不要に。
消費電力 1/7 程度 (実用レベル) 、1/10 程度 (実験レベル)

カレ

安心して使い易いシステムの実現

○初心者、高齢者、障害者も簡単に使える入出力のための技術例

- ・直感的入出力；ネットワーク時代の次世代情報通信プラットフォーム上で
の GUI 等の実現？
- ・音声認識； 雑音環境で数万の単語・文節のリアルタイム認識
ウェアラブル機器等で音声認識を実現（実用レベル）
複数話者を認識し、数百万の単語・文節のリアルタイム
認識（実験レベル）
- ・自動翻訳 ；
- ・人間との意思疎通；人間の自然な意思表示の意味理解（実験レベル）
感覚情報を用いたコミュニケーション（実験レベル）

その他

○地球規模で分散し急速に増大する巨大なデータベースから必要な情報・知識 を簡単、的確に探せる検索エンジン、情報エージェント等の技術例

5 万冊の電子図書館、10 万人規模のアクセス可能なデータベース
外部記憶装置；ドライブ 当たり 500GB
データベース；テラバイト級～の規模、3 MTPC 級の処理速度

○自宅の情報家電や会社にも安心してアクセスできる安全性、システムの高信 頼化、拡張性・継続性の確保のための技術例

- ・安全性； 顔貌認識による不正使用からの保護？
不正アクセス対策技術、不適正利用防止、ウィルス防止、暗号技術、
認証技術の高度化
模擬攻撃診断、攻撃追跡（実用レベル）
- ・高信頼化；分単位復帰（実用レベル）、秒単位復帰（実験レベル）、
小規模ネットワーク信頼性管理（実用レベル）
大規模ネットワーク信頼性管理（実験レベル）、
ソフトウェア開発の生産性、信頼性向上技術（実用レベル）
オープンソフトウェア検査方法（実用レベル）
結合システム検証（実験レベル）、

- ・拡張性・継続性

その他