

「次世代情報処理基盤技術開発」
プロジェクト評価（事後）報告書

平成14年2月

産業構造審議会 産業技術分科会 評価小委員会
次世代情報処理基盤技術開発評価ワーキンググループ

はじめに

経済産業省において実施された「次世代情報処理基盤技術開発」プロジェクトは、実世界環境において人と共存し協調できる能力を持つコンピュータ開発のための要素技術開発を目的とし、平成4年より開始された。本プロジェクトは、前期5年（平成4年度～平成8年度）実施し、その後内容を見直し、後期5年（平成9年度～平成13年度）延べ10年計画で実施されているものである。

今回の評価は、事後評価として、平成13年度に、産業構造審議会産業技術分科会評価小委員会「次世代情報処理基盤技術開発評価ワーキンググループ」（座長：小柳義夫 東京大学大学院情報理工学系研究科 教授）において実施されたものである。

本ワーキンググループでは、当該分野に係わる国内外の研究開発動向や社会情勢の変化も踏まえつつ、プロジェクトの目的・政策的位置付け、研究開発目標・計画、研究開発実施者の事業体制・運営、計画と比較した達成度・成果の意義、成果の実用化可能性・波及効果、今後の研究開発の方向等について評価を実施した。

本書は、これらの評価結果を取りまとめたものである。

平成14年2月

産業構造審議会 産業技術分科会 評価小委員会
次世代情報処理基盤技術開発評価ワーキンググループ

産業構造審議会 産業技術分科会 評価小委員会
次世代情報処理基盤技術開発評価ワーキンググループ
委員名簿

(平成14年2月現在)

座長	小柳 義夫	東京大学大学院情報理工学系研究科 コンピュータ科学専攻 教授
評価メンバー	荒川 泰彦	東京大学先端科学技術研究センター 物質デバイス大部門 教授
"	金子 弘正	科学技術振興事業団情報事業本部 データベース開発部 部長
"	上岡 義雄	日本経済新聞社日経産業消費研究所 理事・事務局長
"	亀岡 秋男	北陸先端科学技術大学院大学 知識科学研究科 教授
"	新田 恒雄	豊橋技術科学大学大学院工学研究科 知識情報工学専攻 教授
"	堀 浩一	東京大学先端科学技術研究センター 先端学際工学専攻 教授

(敬称略、50音順)

事務局：経済産業省 産業技術環境局 技術評価調査課

評価企画調査官 竹中啓恭

技術評価専門職 永井裕司

産業構造審議会 産業技術分科会 評価小委員会

次世代情報処理基盤技術研究開発評価ワーキンググループ等

審 議 経 過

評価ワーキンググループ（平成 14 年 1 月 29 日）

評価報告書（案）の審議

- ・評価（案）の審議及び確定
- ・評価全般に対する提言 等

評価検討会

第 1 回評価検討会（平成 13 年 10 月 25 日）

- ・評価制度、評価のあり方、評価項目、評価の手順等について
- ・評価の分担、評価コメント、評点法等について
- ・プロジェクトの概要説明について
- ・質疑応答
- ・メンバーによる意見交換

第 2 回評価検討会（平成 13 年 11 月 8 日）

- ・プロジェクトの詳細説明（実世界分野）
- ・質疑応答
- ・メンバーによる意見交換

第 3 回評価検討会（平成 13 年 11 月 20 日）

- ・プロジェクトの詳細説明（並列分野）
- ・質疑応答
- ・メンバーによる意見交換

目 次

はじめに

評価ワーキンググループメンバー名簿

評価ワーキンググループ等審議経過

評価概要

第1章 評価の実施方法	1
1. 評価目的	1
2. 評価者	1
3. 評価対象	2
4. 評価方法	2
5. 評価項目、評価基準	3
第2章 プロジェクトの概要	6
1. 基本計画	6
2. 関連資料	10
第3章 評価	24
1. 事業の目的・政策的位置付け	24
2. 研究開発目標、計画の妥当性	25
3. 研究開発実施者の事業体制、運営の妥当性	26
4. 計画と比較した達成度、成果の意義	27
5. 成果の実用化可能性、波及効果	28
6. 要素に関する評価	31
7. 総合評価	38
8. 今後の研究開発の方向等に関する提言	39
第4章 評点法による評点結果	41
参考資料	
A. 経済産業省技術評価指針(平成13年5月28日)	49
B. 研究実施者提供資料	68
C. プロジェクトの周辺状況	118

評 価 概 要

評価概要

1．事業の目的・政策的位置付け

本プロジェクトは、情報処理の新たな基盤技術の確立を目的として、リアルワールドコンピューティングの先導的、先進的な研究開発に着手したものである。

次世代の新たな情報処理基盤技術開発は、公共財的性格を強く持ち、その社会的重要性がある半面、多分野の総合技術であることの不確実性が高いため、長期的な視野に立った研究開発が民間のみでは実現しないことから、国が関与して、本プロジェクトを着手したことは妥当である。

リアルワールドコンピューティングの挑戦的技術の自主開発は、企業、国立研究所、大学間の共同、及び国際的連携が不可欠であって、国の関与を必要とする緊急かつ重要な事業であったと言える。

2．研究開発目標、計画の妥当性

研究開発目標については、プロジェクト前期では、10年後をめざした基盤技術の開発という大目標のためのリアルワールドコンピューティングの探索的研究と位置付け、具体的かつ明確な目標が設定されなかった。中間見直しにより、それらの成果を絞り込み、プロジェクト後期では、個別要素研究に数値目標を設定するなど適正な目標が設定されたことは妥当であった。

プロジェクト後期の研究計画については、評価推進委員会の中間評価を受けて、研究資源の集約を図り、実世界知能技術分野及び並列分散コンピューティング技術分野の2つの分野に分け、それぞれ5領域並びに3領域を設けて、53テーマの具体的な研究開発に絞ったことは妥当な対応であった。

また、情勢変化の対応として、前期プロジェクトから後期プロジェクトに移行するにあたって、技術動向や社会・市場ニーズの変化等に対応して、個々の研究テーマの見直しが行ったことは妥当である。

3．研究開発実施者の事業体制、運営の妥当性

本プロジェクトで取り上げた実世界知能技術分野及び並列分散コンピューティング技術分野の8領域、53研究テーマは、国研、民間企業、大学の三者の相互連携による多くの技術的知見を集める研究体制の下、適切な事業体制、事業運営により実施された。

4．計画と比較した達成度、成果の意義

研究成果の達成度については、次世代の情報技術の根幹をなす斬新な要素技術を研究開発するという全体的な目標は、多くのテーマで当初目標を達成していることから、概ね達成したと言える。

実世界知能技術分野では、マルチモーダル機能や自律学習機能の研究において、研究当初の想定以上の成果を挙げ、自己組織化情報ベースや理論アルゴリズムの研究においては、世界最高水準の研究結果が得られたと評価した他、実世界適応デバイスの研究において、実用化レベルでの製品化を行った意義も大きい。

並列分散コンピューティング技術分野では、シームレス並列分散コンピューティング技術の研究において、世界的に高い水準の成果を達成し、今後のコンピュータ技術の方向を示した他、並列アプリケーション技術の研究における異種シミュレーションの統合技術の研究や光インターコネクションの研究におけるキーデバイスの開発等、重要な注目すべき成果を出しており、今後の光情報処理への可能性を示したことの意義は大きい。

また、成果の普及、広報について、論文の発表は、質・量ともに十分にあり、特許も適切に取得しており、また、オープンソフトウェアの公開、国際標準の規格化、成果発表会など積極的に対応したことは妥当である。

5．成果の実用化可能性、波及効果

本プロジェクトの多くの研究成果は、基盤研究的要素が強く、市場で直ちに実用化されるものではない。既に実用化の段階に入っているものもあるが、本プロジェクトの大半の成果は、将来の産業技術の基盤となるものであり、今後の発展に資することが期待される。

実世界知能技術分野では、マルチモーダル機能の研究等各参加企業で製品化に取り組んでおり、実用化の可能性は高いものがある。実世界適応デバイスの研究については、国立研究所の理論的研究と民間の実用化要求が、高いレベルでうまく融合した好例である。ベンチャー企業という新しい形で実用化を試みたことも、今後の国家プロジェクトの成果を生かしていく新しい道を示す先駆けとして、高く評価できる。

並列分散コンピューティング技術分野では、シームレス並列分散コンピューティング技術の研究において、その標準化が進みつつあることなど実用化の段階に

あり、

並列アプリケーション技術の研究において、各企業でソフトウェアやサービスとしての実用化を検討中である。

本プロジェクトの波及効果については、実世界知能技術の研究成果によって、DB整備により日本のマルチモーダル研究開発を加速したこと、個別メディアを用いた様々な検索・探索技術と、異種メディアにまたがる情報検索等の成功を基に、マルチメディア処理技術に対する応用範囲を大きく広げたことから、今後、様々な分野に波及していくことが期待される。

6．総合評価

以上より、本研究プロジェクトは、ほぼ適切に実施され、その研究成果として世界的にも評価される研究成果が得られたことから、研究開発プロジェクトとして、総じて成功を収めたと総括する。

7．今後の研究開発の方向等に関する提言

今後の提言として、事前評価、要素研究指向の問題、集中研と分散研の関係等本プロジェクトの経験を踏まえた提言の他、プロジェクト目標の設定と軌道修正のあり方、新たな人材の育成等プロジェクト全般に関する提言を示した。

第 1 章 評価の実施方法

第1章 評価の実施方法

本プロジェクト評価は、「経済産業省技術評価指針」(平成13年5月28日経済産業省告示第428号、以下「評価指針」という。)に基づき、以下により行われた。

1. 評価目的

評価指針においては、評価の基本的考え方として、評価実施する目的として(1)研究開発に対する経済的・社会的ニーズの反映、(2)より効率的・効果的な研究開発の実施、(3)国民への制度(施策)・事業の展開、(4)資源の重点的・効率的配分への反映等を定めるとともに、評価の実施にあたっては(1)透明性の確保、(2)中立性の確保、(3)継続性の確保、(4)実効性の確保を基本理念としている。(参考資料A. 経済産業省技術評価指針参照)

これらの趣旨を踏まえ、「次世代情報処理基盤技術開発」の研究開発の事業終了時点において、「研究開発事業評価における標準的な評価項目・評価基準」に基づき、プロジェクト評価(事後)を行うこととした。

2. 評価者

本プロジェクトの評価を実施するにあたっては、評価指針に定められた「評価を行う場合には、被評価者に直接利害を有しない中立的な者である外部評価者の導入等により、中立性の確保に努めること」との規定に基づき、外部の有識者・専門家で構成する委員会を設置し、評価を行うこととした。

これに基づき、評価検討会と評価WGとを設置し、委員として評価ワーキンググループ(以下「評価WG」)委員名簿にある7名(メンバーは同じ)が選任された。

(注) 評価検討会：評価制度説明、プロジェクトの概要・詳細説明、委員による意見交換等のために、技術評価調査課内に設置された委員会。

産業技術審議会評価WG：評価報告書(案)の審議、承認等を行うための委員会。

なお、評価担当事務局については、本事業が研究開発資金規模や研究開発の内容等から、より中立な立場からの厳正な評価が必要と認められる事業と位置づけられるため、評価指針に基づき技術評価調査課が担当することとした。

3 . 評価対象

「次世代情報処理基盤技術開発」(事業期間：平成4～13年度期)を評価対象として、プロジェクト推進部署(商務情報政策局情報政策課)及び以下の研究開発実施者から提出されたプロジェクトの内容・成果等に関する資料、説明に基づき評価した。

研究開発実施者：

(運営機関) 技術研究組合新情報処理開発機構(RWCP)

沖電気工業株式会社、三洋電機株式会社、シャープ株式会社、住友金属工業株式会社、住友電気工業株式会社、株式会社東芝、日本板硝子株式会社、日本電気株式会社、株式会社フジクラ、日本電信電話株式会社、株式会社日立製作所、富士通株式会社、古河電気工業株式会社、松下技研株式会社、三菱電機株式会社、松下電器産業株式会社、株式会社三菱総合研究所、社団法人日本鉄鋼連盟、ドイツ国立情報処理研究所、シンガポール大学、ケントリッジ・デジタル研究所、ニューラル・ネットワーク協会、スウェーデン・コンピュータ・サイエンス研究所
(以上23組合参加企業)

(再委託先)

大阪大学、岡山大学、九州工業大学、九州大学、京都大学、慶応大学、神戸大学、金沢工業大学、東京農工大学、東京大学、東京工業大学、筑波大学、豊橋技術科学大学、玉川大学、千葉大学、統計数理研究所、東邦大学、名古屋大学、北海道大学、奈良先端科学技術大学院大学、北陸先端科学技術大学院大学、横浜国立大学、早稲田大学、IRST(イタリア)、RISC-LINZ(オーストリア)、シドニ・大学(オーストラリア)、マンチェスタ大学(英国)、エルランゲン大学(ドイツ)、ベルギ・自由大学(ベルギ)、オーストラリア国立大学(オーストラリア)、スイス連邦工科大学(スイス)

(共同研究先) 独立行政法人産業技術総合研究所

4 . 評価方法

評価検討会において、研究開発実施者からの資料提供、説明及び質疑応答、並びに委員による意見交換が行われた。それらを踏まえて「研究開発事業評価における標準的評価項目・評価基準」及び要素技術、総合評価、今後の研究開発の方向等に関する提言等について評価を実施し、併せて5段階による評点法を実施し、評価WGにおいて評価報告書(案)を審議、確定した。

なお、評価の透明性確保の観点から、知的財産保護の上で支障が生じると認められる場合等を除き評価検討会と評価WGを公開とし、評価指針に基づき委員と研究開発実施者が対等の立場で意見を交換する形で審議が実施された。

さらに、評価報告書を公開することとした

5 . 研究開発事業評価における標準的な評価項目・評価基準

事業の目的・政策的位置付け

(1)国の事業として妥当であるか

- ・ 国の関与が必要とされるテーマか。(民間のみでは改善できないものであって、以下のような「市場の失敗」に該当しうるテーマか(政策立案・評価ガイドライン参照))
 - * 公共財的性格を持つ財・サービスの供給
 - * 環境問題等市場原理が働かない外部性
 - * 不確実性(リスクの高さ)や情報の偏在などに基づく市場の不完全性 等
- ・ なお、特定の研究開発制度に属する事業として実施されているものについては、当該制度の趣旨、目的(選定基準)への適合性を問うこととする。
- ・ 上記以外で民間のみでは改善できない問題に対応するために、国の関与に公共性が認められるものか。
- ・ 緊急性、重要性が高く優先して実施すべき事業か

(2)事業目的・政策的位置付けは、妥当なものであるか

- ・ 事前評価は妥当なものであったか。
- ・ 政策課題(問題)の解決に十分資するものであるか。
- ・ 評価時点においても、事業の目的は妥当で、政策的位置づけは明確か。

研究開発目標、計画の妥当性

(1)研究開発目標は妥当か

- ・ 目標達成のために、具体的かつ明確な開発目標、目標水準を設定しているか。
- ・ 目標達成度を測定・判断するための適切な指標が設定されているか。

(2)研究開発計画は妥当か

- ・ 目標達成のために妥当なスケジュール、予算(各個別研究テーマ毎の配分を含む)となっているか。
- ・ 目標達成に必要な要素技術を過不足なく取り上げているか。
- ・ 要素技術間の関係がプラスに働いているか。

(3)情勢変化への対応は妥当か

- ・ 技術動向や社会・市場ニーズの変化等に対応して、計画を適切に見直したか。

研究開発実施者の事業体制・運営の妥当性

(1)研究開発実施者の事業体制は妥当か

- ・ 目標を達成する上で、事業体制は適切なものか。

- ・各研究開発実施者の選定等は適切に行われたか。
 - ・関係者間の連携／競争が十分行われるような体制となっているか。
- (2)研究開発実施者の運営は妥当か
(推進部署(国)及び実施部署の事業全体の運営・管理を評価の対象とする。)
- ・意思決定、進捗状況、計画見直し等の検討が適切に行われているか。
 - ・プロジェクトリーダー(サブテーマのリーダーを含む)が有効に機能しているか。
 - ・プロジェクト開始後の情勢変化(目標未達が明らかになった場合を含む)への対応は適切であったか。

計画と比較した達成度、成果の意義

- (1)計画と比較した目標の達成度
- ・成果は目標値をクリアしているか。
 - ・全体としての目標達成はどの程度か。
 - ・事業は研究開発として成功したといえるか。
- (2)要素技術から見た成果の意義
- ・世界最高水準、世界で初めてといった成果があるか。
 - ・新たな市場創造につながるような新規性、先進性が認められるか。
 - ・汎用性のある(応用分野の広い)技術が開発されているか。
 - ・当初予想していなかったような成果(派生技術等)はあるか。
- (3)成果の普及、広報
- ・論文の発表は、質・量ともに十分か。
 - ・特許は適切に取得されているか。
 - ・必要に応じ、成果の規格化に向けた対応がとられているか。
 - ・広報は一般向けを含め十分に行われているか。

成果の実用化可能性、波及効果

- (1)成果の実用化可能性
- ・産業技術としての見極め(適用可能性の明確化)ができているか。
 - ・実用化の見通し(コストダウン、導入普及、事業化等)は立っているか。
- (2)波及効果
- ・成果は関連分野へのインパクトを期待できるものか。
 - ・当初想定していなかった波及的な成果はあるか。
 - ・プロジェクトの実施自体が当該分野の研究開発を促進するなどの波及効果を生じているか。

(平成13年8月27日 産業構造審議会産業技術分科会評価小委員会 決定)

(参考資料)

政策立案・評価ガイドライン(抜粋)

・評価事項

1. 事前評価

(1) 施策・制度の必要性「どのような問題が存在するのか、なぜその問題を改善する上で行政の関与が必要なのか」

民間活動のみでは改善できない問題であって、かつ、行政が関与することにより改善できるものが存在することを論証しなければならない。

行政の関与の必要性については、「**市場の失敗**」と関連付けて説明すべきことを原則とする。「**市場の失敗**」については以下に概要を示すが、より詳しくは、行政改革委員会「行政関与の在り方に関する基準」(平成8年12月16日)の「行政関与の可否に関する基準」による。

行政の関与の必要性の説明として「**市場の失敗**」に該当しないものも許容するが、その場合には、上述した問題の存在することの説明や公共性が高いことの根拠はできる限り客観的に明らかにしなければならない。

<市場の失敗> ...行政改革委員会「行政関与の在り方に関する基準」(平成8年12月)による

(a) 公共財的性格を持つ財・サービスの供給(経済安全保障、市場の整備、情報の生産、文化的価値を含む)

複数の人が同時に消費できたり、対価の支払いなしに(まま)消費を制限することが困難である財・サービスのことをいう。

例：市場ルールの形成

(b) 外部性

ある個人・企業の活動が、市場を経ずに他の個人・企業の経済環境に影響することをいう。好ましいものを正の外部性、好ましくないものを負の外部性という。

例：負の外部性の例として地球環境問題(正の外部性については、解釈に幅があるとされる)

(c) 市場の不完全性

不確実性や情報の偏在(財や価格について取引の当事者間で情報量にばらつきがあること)などがあるために市場取引が成立しないこと。

例：技術開発(不確実性)、製品事故(情報の偏在)

(d) 独占力

独占力は、一般には、市場におけるマーケット・シェアやライバル企業と異なる品質の製品を提供することによって生まれる価格設定力である。市場参加者が大きな独占力を持っている場合には、行政の関与が許容される場合があるとされる。

(e) 自然独占

平均生産費が、市場で需要される産出量を超えても遞減するため、新規参入が利潤をもたらさず、また1社だけ存在することが効率的になるため生ずる独占のことをいう。

(f) 公平の確保

公平の確保を図るための施策については、機会の均等を図ることを第一とし、事後的な公平については、所得・資産の多寡を基準とした再分配に原則として限定し、それ以外の施策からは原則として撤退する、とされている。

第2章 プロジェクトの概要

第2章 プロジェクトの概要

1. 基本計画

本プロジェクトは、21世紀の高度情報社会において必要とされる情報技術の基盤を確立することを目的とし、平成4～8年度（前期）の探索的研究としての「リアルワールドコンピューティング」と、中間モニタリング評価を踏まえての平成9年～13年（後期）の「次世代情報処理基盤技術開発」の2つのプロジェクトより構成されている。

1.1 「リアルワールドコンピューティング」基本計画

1. 研究開発の目的・内容及び目標

(1) 研究開発の目的

リアルワールドコンピューティングプログラムは、21世紀の高度情報社会において必要とされる情報技術の基盤を確立することを目的とする。

コンピュータは急速に発展し、大きな計算パワーを提供するようになった。しかしながら、例えば、パターン認識、不完全情報に基づいた問題解決、学習能力といった多くの分野において、コンピュータによる情報処理は依然として柔軟性に欠け、人間の足元にも及ばない。

21世紀の高度情報化社会においては、人間とコンピュータの高度な協調関係を生み出し、革新的かつ包括的な技術の創造を支援するために、人間の情報処理能力により近く、実世界の多種多様な情報を処理出来るようなものでなければならない。

本研究プログラムの目指すものは、そのような先進的で柔軟な情報処理技術の基盤の確立である。

(2) 内容及び目標

リアルワールドコンピューティングプログラムにおける研究開発の主要部分は、相互に関連し合う次の3つのカテゴリーに分けられる。

柔らかな情報処理の基本原理の探求による革新的技術の理論基盤の確立

システム基盤としての超並列システムの開発および運用

広範な現実の応用システムを構築するための新しい要素機能の具体化

これらのカテゴリー分けに対応して、(a) 応用のための新機能、(b) その理論基盤としての基礎理論、(c) (a) 及び (b) を支えるシステム基盤、という3層構造が、本研究のプログラムの基本的な枠組みとなる。

2. 研究開発実施体制

(1) 基本方針

本研究プログラムの主目的は、単一のマシンを開発することでなく、重要でありながら未だ確立されていない要素技術の可能性を探求することである。この戦略的かつきわめて基礎的な目的を達成するために、プログラムは下記のような方針で推進した。

(2) 研究開発実施方針

・柔軟な実施体制：

本研究の推進に当たっては、統合性、象徴性、共通性の高い研究を集中研において、個別性、要素性の高い研究を分散研において行うという研究課題の適切な配分を行い、両者間の有機的柔軟な連携を確保する。

・競争原理の導入：

研究開発の前期では、競争原理（様々なアプローチ間の競合による研究の効果的な進展）を導入し、中間評価時にはその結果に基づいて研究開発課題を絞り込む。

・学際性、国際性：

本研究開発の基礎的かつ挑戦的な目標を達成するため、学際的、国際的な連携を促進する。そのため、電総研や大学等の研究機関との共同研究を積極的に行い、また、国内外の大学等の研究機関に対し再委託の公募等を行う。

・研究成果の公開性：

研究成果の公開性を保つため、研究開発の進捗状況及び成果を国内外の会議等で報告、公開し、また、シンポジウムやワークショップ等を積極的に開催する。

・研究インフラの整備

以上の柔軟な実施体制と研究成果の公開性を支えるために、世界的な規模の分散研究基盤として、高速ネットワーク環境の整備を行う。

3. 研究開発の実施期間

平成4年度～平成8年度

1.2 「次世代情報処理基盤技術開発事業」の基本計画

1. 事業の背景・目的

(1) 背景

現実社会の情報をそのまま処理し得る革新的な情報処理技術体系の確立を掲げ、10ヶ年を予定したリアルワールドコンピューティング(RWC)事業が平成4年度から開始された。平成4～8年度の5ヶ年間は探索的研究の期間として位置付けられ、新機能、並列システム、光技術等の分野において研究が実施された。

RWC事業の後期のあり方については、平成8年3月の評価推進委員会、各準備委員会等を通じ検討が行われた。その結果、実世界知能分野及び並列分散コンピューティング技術という2つの分野に研究資源を集約し、研究活動の一層の先鋭化を図ることが望ましいとされ、平成9年度からの後期5ヶ年間は、RWC事業の枠組みを継承しつつ次世代情報処理基盤技術の開発を行うとして、各分野における重要な要素技術確立を図るとの方向が確認された。

RWC事業の基本計画では前期から後期への移行にあたり、研究開発課題の絞込みを行うこととされている。本基本計画は、これを受けてRWC事業の基本計画の変更を行うものである。

(2) 基本方針

柔軟な実施体制、競争原理の導入等、RWC基本計画の基本方針を原則として継承するとともに、実世界知能技術、並列分散コンピューティング技術分野ごとに適切な方法、体制によって研究開発を実施する。また、重要な次世代の情報処理基盤技術の確立を効果的、効率的に図るとの観点から研究資源の配分等、両分野の調整・連携を行う。

実世界技術分野においては、情報技術の新たな領域を開拓し産業への展開を図るための新しい技術基盤が求められている。かかる基盤は産学官が有機的な連携により各々の役割を果たすことで初めて得られるものである。このような連携を可能とするために、研究開発の詳細な内容の策定、実施(研究資源の配分を含む)等において電子技術総合研究所が具体的な枠組みの下で先導的役割を担い、実世界知能技術分野における研究開発を推進する。

2. 事業の目標

後期における「次世代情報処理基盤技術開発(RWC-RWI/PDC)事業」においては、実世界知能技術分野と並列分散処理コンピューティング技術分野の2領域に分けて、重要な要素技術の確立を図る方向で研究開発を進める。

(1) 実世界知能技術分野

従来の情報処理技術に情報統合・学習型情報処理能力（実世界知能）を付加するための基盤技術等を開発し、情報処理の応用分野の拡大を図ることを目的とし、実世界の情報をそのままの形で受けとり、環境や状況を認識または推測し、自律的に応答する事ができる情報統合・学習型情報処理システムに必要な次の要素技術等の開発を行う。

情報統合技術

実世界における曖昧さ・不確かさを含む不完全な画像・音声などの情報を統合的に処理し、認識・理解や総合的判断、行為の決定に利用するための技術。

学習・自己組織化技術

実世界との相互作用を通してシステムが自律的に情報を収集し、自らの機能を適応させるための技術。

(2) 並列分散処理コンピューティング技術分野

変化する多様な計算処理の需要に応じて最適な並列計算能力を得ることができる次世代並列分散環境（シームレス並列分散コンピューティング環境）の実現に必要な基盤技術等を開発するとともに、次々世代コンピューティングアーキテクチャの開発能力の向上を図ることを目的とし、マルチプロセッサシステムのハードウェア性能を効果的に利用するための並列化ソフトウェア技術（マルチプロセッサコンピューティング技術）を確立するとともに、様々なアーキテクチャの計算資源を、それらのアーキテクチャの相違を意識することなく利用することができる並列計算環境に必要な基盤技術（シームレス並列分散コンピューティング技術）を確立する。また、先端的な並列アプリケーションの実証的な開発を行う。

1 . 2 . 3 事業の実施期間

平成9年度～平成13年度

2 . 関連資料

2 . 1 社会的・技術的な背景

リアルワールドコンピューティングプロジェクトが開始した10年前において、情報化の波は社会の到るところに浸透しつつあった。産業の場へのコンピュータの進出はもちろん、家庭においても、ワードプロセッサやパーソナルコンピュータの普及が急激に進展していた。また、こうした目に見える情報機器のみならず、家庭電気製品、自動車、など多数の製品に組み込まれているマイクロコンピュータという存在もあった。そして、社会に浸透したコンピュータは相互に結合されてネットワークを形づくり、情報に対して誰もが自由にアクセスでき、必要とする情報やサービスを容易に入手し、また、他人に伝えたい情報を自在に発信することが可能となる、情報ネットワーク社会をもたらしつつあった。

このような状況において、処理されるべき情報は量的に増加するのみならず、情報の質すなわち、種類も多種多様なものになっていった。そして、高度な情報ネットワーク社会の基盤として、あらゆる人が実世界もしくはネットワーク上の大量で多様な情報を、より高度で容易に利用できるようになるための技術が強く求められた。

しかし、情報技術の観点からコンピュータには克服すべき極めて重要な技術課題が存在する。人間が日常的に行っている情報処理技術には、論理的情報処理と直観的情報処理の二つの側面がある。コンピュータの誕生以来、それまで人間が行ってきた論理的情報処理機能をコンピュータによって代替する営為が行われてきた。コンピュータの高速かつ大規模な論理的情報処理能力は、情報化社会の基盤を支えており、産業的意味のみならず文化的にも社会にとって不可欠の存在となっている。しかしながら、直観的情報処理については、現在に至るまで技術的発展が著しく遅れている。コンピュータは高速計算能力、データの直接的な記憶能力において人間をはるかに越えている。しかし、限られた時間内に、不完全なあるいは曖昧な情報をもとに状況を認識・理解する能力、総合的に判断してそれなりに適切な行動を起こす能力、そして最初は下手でも繰り返しているうちに次第に上手になるという学習能力などの、人間にとっては日常的ないわば「柔らかな情報処理」能力において、コンピュータは著しく人間に劣っている。今後の高度情報化社会においては、この「柔らかな情報処理」が新しい情報処理技術として求められている。

一方、「柔らかな情報処理」の実現には、多形態（マルチモーダル）情報を分散的に表現し、並列分散的に実時間で処理することが要求される。人間の感覚系、記憶、思考の階層の中では、様々なモジュールが殆どランダム（非同期）に動作し相互作用する中で、ある集団的処理が起こる。この処理は極めて無駄が多い上に、常に完全な論理が展開されるわけでもない。しかし、ある程度型にはまった処理（統合処理）が独立的に進行し、そのいずれかが選ばれるという「競合と協調」のイメ

ージである。柔らかな情報処理機能の実現には膨大な計算量が必要であり、並列システム上での実現が求められている。そして、この並列処理技術はコンピュータアーキテクチャの立場からも素子速度の限界を打ち破る技術として注目されており、今後の情報処理技術を支えるシステム基盤として、極めて重要である。

以上のような背景のもと、本プロジェクトの開始にあたっては、
柔らかな情報処理の基本原理の探求による革新的技術の理論基盤の確立および応用システムを構築するための新しい要素機能の具体化、
システム基盤としての超並列システムの開発および運用、
光の持つ原理的な超並列性超高速性に注目をした、柔らかな情報処理の実現への1つのアプローチとしての光情報処理の要素技術、
の3つの階層での研究開発を行うことにより、21世紀の高度情報化社会において必要とされる情報技術の基盤を確立することを目的とした。

プロジェクトの開始から10年が経過をし、インターネット、携帯電話が急速に普及をするなど、情報化の波は激しさを増している。そして、あらゆる人がネットワーク上の大量で多様な情報を、より高度で容易に利用できるよという要求はその間も変わることなく存在している。本プロジェクトでは、平成9年度に評価推進委員会による中間評価をもとに事業の見直しを行い、実世界知能技術分野と並列分散コンピューティング技術分野の2分野に重点をおいた。情報技術の高機能化および高速化という社会的要求により近い研究開発体制を組み、当初からの目的である21世紀の情報技術の基盤確立を目指すこととしたのである。

情報化社会は新たな財・サービスの提供、生産流通の合理化などの産業活動のみならず、国民生活水準の質的向上、地域の振興、さらには教育や文化の面など、国民生活全般に革新的な変化をもたらす。このための基盤技術を確立することは、我が国にとって極めて重要であり、この面で諸外国に立ち遅れることは、産業界のみならず、文化や教育などを含んだ国の根幹となる社会基盤の立ち後れをも意味することとなる。よって、このための基盤技術を確立することは、我が国にとって極めて重要な政策課題である。

2.2 研究開発スケジュール及び予算推移

図2.1に全体スケジュール及び予算推移を示す。

図 2・1 前期から後期への研究の流れおよび予算推移

期 年 度	前期					後期					特記事項
	H 4	H 5	H 6	H 7	H 8	H 9	H 10	H 11	H 12	H 13	
	要素技術の探索的研究					前期成果を踏まえた重点的課題					
	理論・新機能					実世界知能技術					
	超並列システム					並列分散コンピューテ ィング技術					
	光システム										
	合計										
総額	861	3,380	4,902	5,762	5,770	5,791	5,637	5,713	5,550	4,588	47,954
一般会計	152	1,060	1,064	1,064	911	912	784	825	823	641	8,236
工技院一般会計*	80	80	83	75	75	68	68	66	66	70	731
電特電源多様化	629	2,214	3,729	4,597	4,754	3,374	2,710	2,514	1,512	1,213	27,246
工技院評価費*	0	26	26	26	30	94	128	134	131	104	699
石特エネ高	0	0	0	0	0	1,343	1,947	2,174	3,018	2,560	11,042

注) 予算詳細節約後平成 4 年度? 1 1 年度

*電子技術総合研究所 R W I センター

単位 (百万円)

2.3 研究実施者の事業体制・運営

2.3.1 研究開発体制

本事業は、国（電子技術総合研究所実世界知能研究推進センター）が行う研究開発等（特に実世界知能技術分野）及び技術研究組合新情報処理開発機構への委託により実施する研究開発により構成される。組合員メンバーについては表2.1に示す。

研究開発体制を図2.2に示す。経済産業省より研究委託を受けた技術研究組合新情報処理開発機構（RWCP, Real World Computing Partnership）と産業技術総合研究所内に設けられた実世界知能研究班（RWIC, Real World Intelligence Center）とで研究が行われてきた。RWCPでは研究所長が、RWICでは研究班長（旧センター長）がプロジェクトリーダーとしての役割を果たしてきた。RWCPと電子技術研究所は共同研究契約を結び、電総研からRWCPへの研究者の派遣や研究交流などを行って密接な連携を図っている。また、テーマによっては、研究の一部について、海外を含めた大学に再委託しているものもある。実世界では、連携会議の下、領域毎のWGを設け、RWCPとRWICを含む領域全体の連携を図ってきた（主査はRWIC）。

図2.3に研究開発グループの全体像を示す。

RWCPの研究室には、集中研（RWCPつくば研究センター）と分散研がある。集中研は、成果を直接的に社会に還元し、分散研は成果を企業を通じて社会に還元するという役割がある。

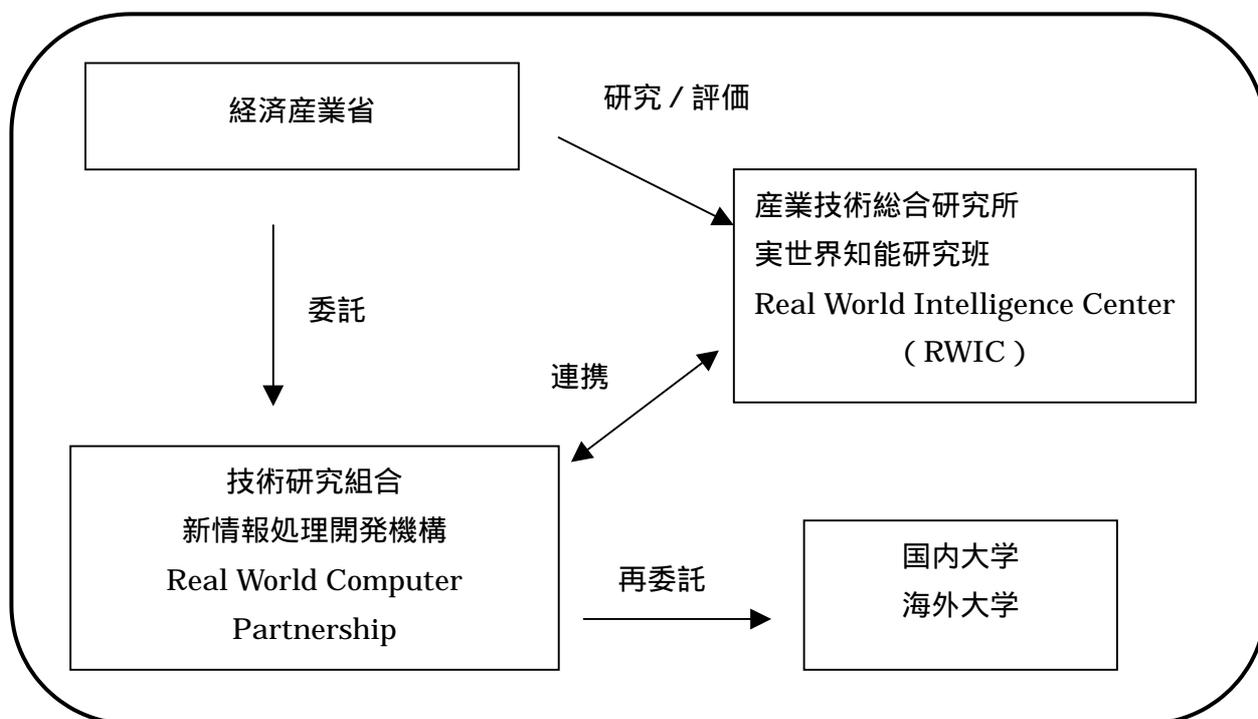


図2 - 2 研究開発体制

集中研を設けたメリットとしては、次の事項が挙げられる。

- ・開かれた情報環境を推進力として研究を推進できる。
- ・研究資源（研究者、施設、資金）の集中化により効率的に研究開発を行うことができる。
- ・中立的立場から成果を世の中に広く普及できる（例えば、フリーソフト化）。
- ・集中研が核となり、分散研間の研究協力ができる。

この結果、集中研として目立った成果 (SCore, Omni OpenMP, RHiNET, CrossMediator 等) を挙げることができた。

一方、デメリットとしては、事業部門が無いために、成果の実用化に多大の努力を要したことがあげられる。

分散研のメリットとしては、企業インセンティブに基づいて研究を推進できるが、その一方で、閉ざされた情報環境に置かれがちであるというデメリットもある。

また産業技術総合研究所 実世界知能研究班（RWIC、旧電子技術総合研究所 実世界知能研究推進センター）は、国立研究所という立場から、自由な立場で基礎的研究を実施すると共に、実世界研究分野では、各領域のまとめを行いリーダーシップをとるという役目を果たしてきた。

2.3.2 研究開発実施者の運営

本事業の後期の実施体制を図2.4に示す。局長の諮問機関として、推進委員会（委員長：田中英彦東大教授）を設け、プロジェクト推進指針や計画見直しなどプロジェクトの重要事項の審議を行う。研究所長の諮問機関である研究会議は、その推進委員会の提言を受けて、研究の進め方を審議する。さらに、各研究テーマ間のすりあわせは、実世界知能研究開発連携会議及び並列分散コンピューティング研究開発会議という枠組みで複数のワーキンググループを設定し、随時審議を行った。

推進委員会の構成は、学識経験者、民間のトップレベルの研究者などからなっており、基礎研究、実用化研究との偏りの少ない議論がなされた。また、本委員会は、組合とは独立した会議であり、事業の進め方について多くの注文がなされた。しかしながら、本委員会の開催は、準備等の都合上、年一度が限界であり、臨機応変な対応が困難であった。

研究会議の構成は、組合員企業の研究管理者が主体であり、年約4回の頻度で実施された。そのため、本会議の主目的である推進委員会の方針を具体化するだけでなく、日々研究に携わっている研究管理者の提言を研究所長に提言することができ、対応策が早急になされた。

実世界知能研究開発連携会議及び並列分散コンピューティング研究開発会議により、研究者間の相互連携が円滑に進み、また研究者間の競争も生まれた。

図 2 - 3 研究開発グループの全体像

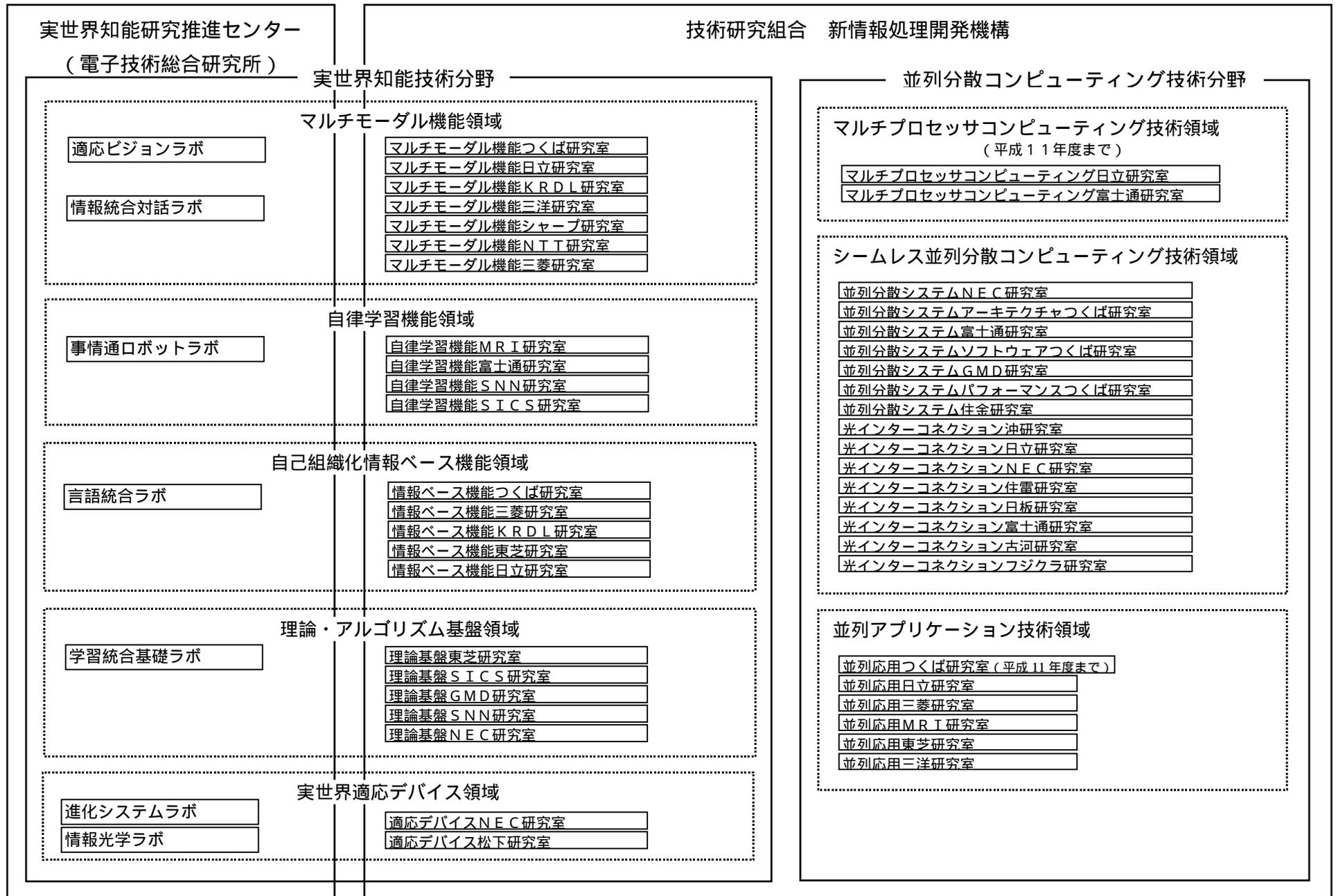


表2-1 技術研究組合新情報処理開発機構組合員メンバー一覧

組合員名	H4	H5	H6	H7	H8	H9	H10	H11	H12	H13
沖電気工業株式会社										
三洋電機株式会社										
シャープ株式会社										
住友金属工業株式会社										
住友電気工業株式会社										
株式会社東芝										
日本板硝子株式会社										
日本電気株式会社										
日本電信電話株式会社										
株式会社日立製作所										
株式会社フジクラ										
古河電気工業株式会社										
富士通株式会社										
松下技研株式会社										
松下電器産業株式会社										
株式会社三菱総合研究所										
三菱電機株式会社										
社団法人日本鉄鋼連盟										
シンガポール大学 システム・サイエンス研究所(ISS,NUS)										
ケントリッジ・デジタル研究所(KRDLD)										
スウェーデン・コンピュータ・サイエンス研究所(SICS)										
ドイツ国立情報処理研究所(GMD)										
ニューラル・ネットワーク協会(SNN)										

■ 組合員メンバーとしての加盟期間

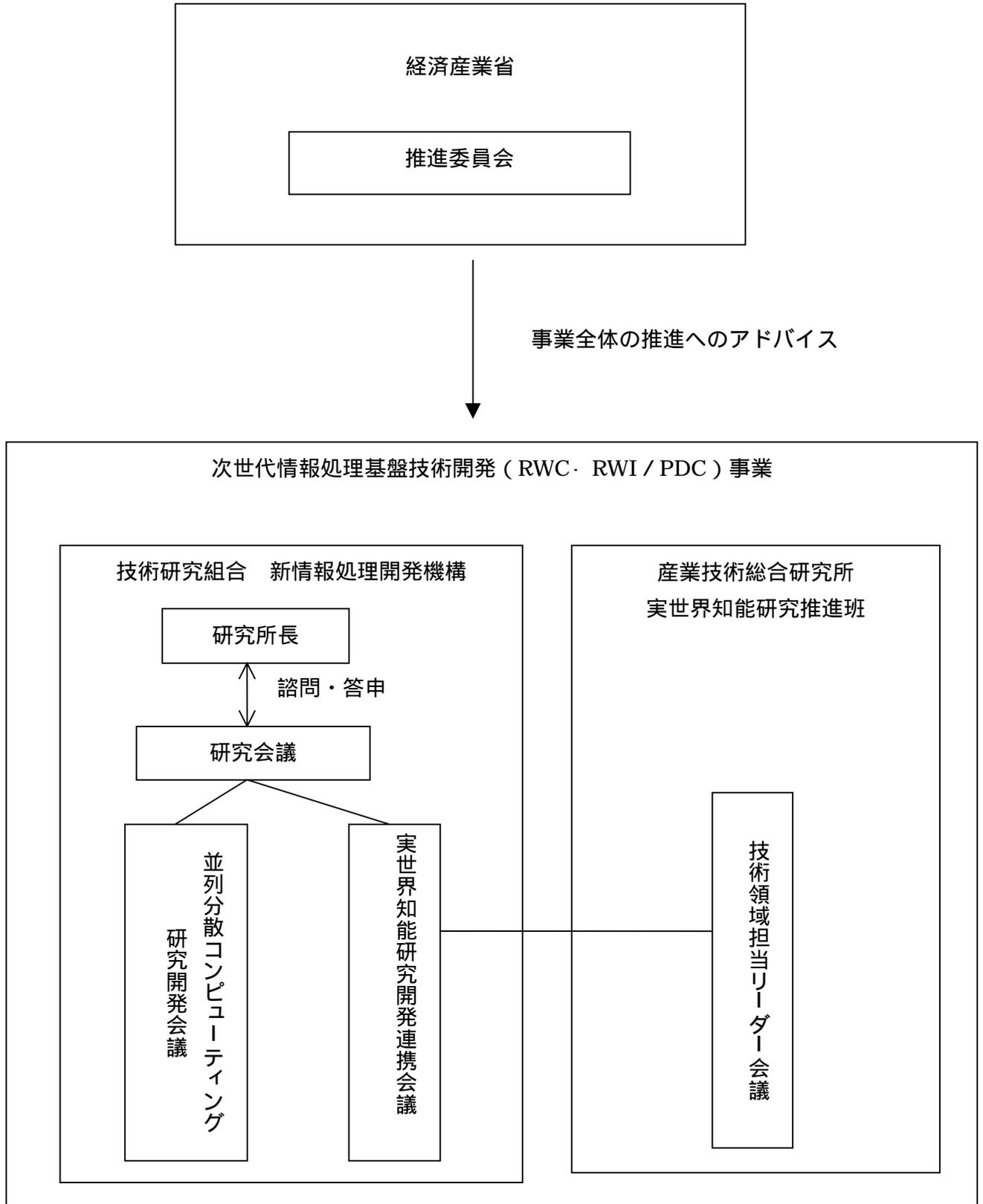


図 2 - 4 関連組織における委員会等

2.4 研究開発目標

【事業の全体目標】

21世紀の高度情報社会において必要とされる情報技術の基盤を確立することを目的とする。

コンピュータは急速に発展し、大きな計算パワーを提供するようになった。しかしながら、例えば、パターン認識、不完全情報に基づいた問題解決、学習能力といった多くの分野において、コンピュータによる情報処理は依然として柔軟性に欠け、人間の足元にも及ばない。

21世紀の情報化社会においては、コンピュータの利用範囲の拡大や多様化が予測される。このような状況で、人間とコンピュータの高度な協調関係を生み出し、革新的かつ包括的な技術の創造を支援するために、人間の情報処理能力により近く、実世界の多様な情報を処理する、先進的で柔軟な情報処理基盤の確立を目指す。

21世紀の情報システムは、単一の技術ではなく、多くのキーテクノロジーに支えられて初めて実現すると予測される。これらの基盤技術の開発と統合、実世界問題への適用を試みるとともに、得られた知見を広く世界に公開することを目指す。この基礎的、挑戦的目標を達成するためには、国際的・学際的連携の促進も重要である。

【プロジェクト前期】

この目標達成のために平成4～8年度の前期においては、次の3つの方向で探索的研究を行った。

理論・新機能：人間のような柔らかな情報処理を実現するための基礎となる理論および新機能

これを支える計算基盤としての超並列システム

光技術の開発

【プロジェクト後期】

前期における研究の評価については、評価推進委員会や各準備委員会などによる見直しを行い、結果をリアルワールドコンピューティング研究開発中間報告書としてまとめた。これを踏まえて、後期においては、研究資源を集約し、2つの分野、実世界知能技術分野と並列分散コンピューティング技術分野に研究を分け、各分野を更にいくつかの領域に分けて、重要な要素技術の確立を図る方向で研究を進めた。

以下、プロジェクト後期における実世界知能技術分野及び並列分散コンピューティング技術分野に関する研究目標及び研究計画の概要を示す。

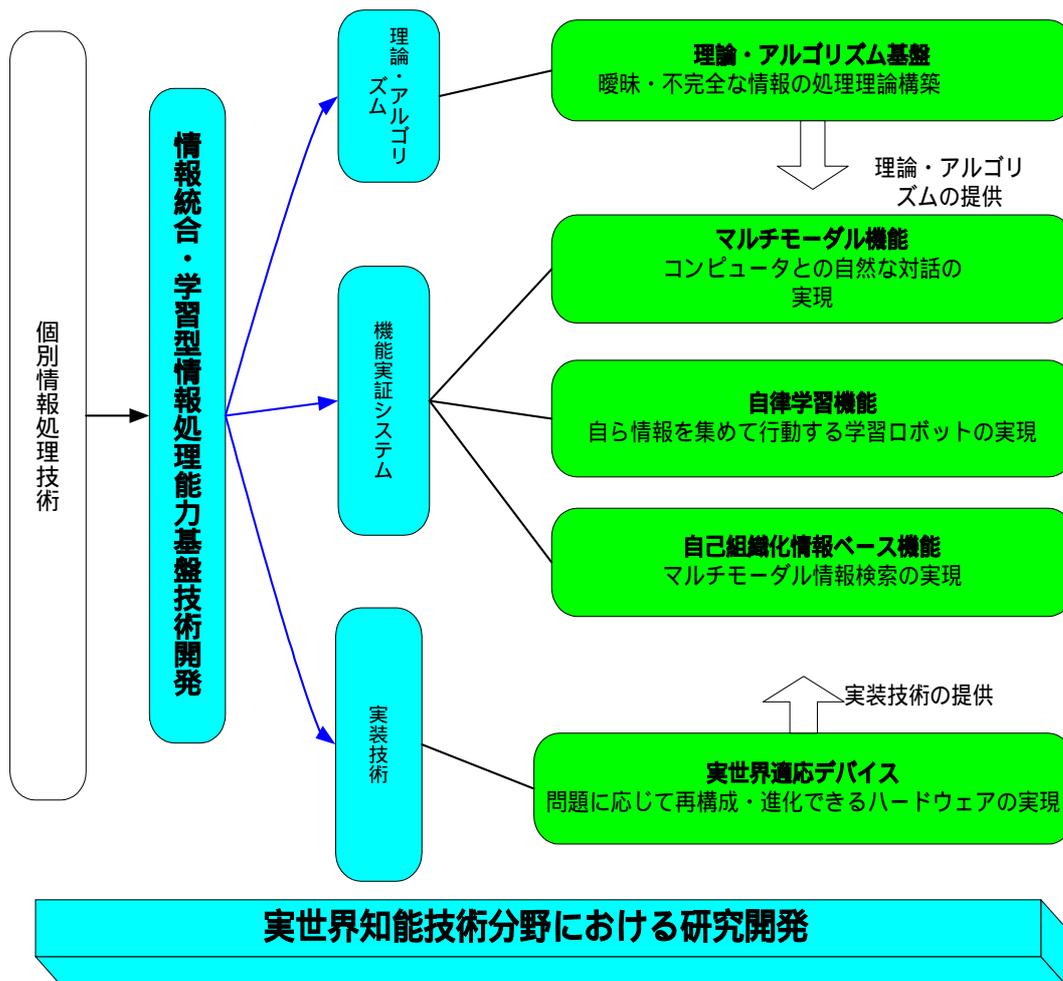


図 2.5 実世界知能技術分野における研究開発

(1) 実世界知能技術分野

認識・理解、対話、問題解決、制御等の要素的機能を含む3種類の機能実証システムの構築を並行研究方式によって行い、理論・アルゴリズム基盤研究との連携によって情報統合技術、学習・自己組織化技術等の確立を図る。同時に、これらの技術の実現に有用な実時間・適応処理が可能なデバイスを開発する。また、研究開発に必要な実世界情報データベース、ベンチマークとなる課題、ソフトウェアライブラリ等の整備を行う。

機能実証システム：マルチモーダル機能

情報システムを、音声や画像等を組み合わせた様式で利用するためのエージェント型のヒューマンインタフェース技術の研究。

人間が通常使用している音声や画像などを合わせた自然な対話様式でコンピュータの利用を可能にする次世代ヒューマンインタフェースの研究開発である。これに

より、計算機が著しく簡単に使用できて、利用者層を拡大すると共に新しい適用分野を開拓する技術を開発する。

機能実証システム：自律学習機能

実環境内を自律的に移動し、センシングや対話等を通じて環境と自らをとりまく情報を収集、学習し行動することのできるエージェントシステムを開発する。

すなわち、実世界の多様な情報（音声、環境音、人の動きなど）をロボット（計算機）が能動的、自動的に把握し（従来技術では人間が入力する必要がある）、把握した実世界の情報を利用して、ロボット（計算機）が人と共存し、自然なコミュニケーションを行うことが可能な技術を開発することを目標とする。

機能実証システム：自己組織化情報ベース機能

実世界あるいは情報ネットワーク上の多様な情報を自己組織的に整理、要約、検索、提示することのできるエージェントシステムを開発する。

ネットワークの発展に伴い、情報DBの大規模な分散化が進んでいる。また、その情報のメディアも従来の文章主体のものから、動画、音声など多様なメディアが普及しつつある。このようなマルチモーダルデータのデジタル・アーカイブの著しい増大の中で利用者が真に望む情報に効率的にアクセスできるよう、大量かつ多様な情報を自動的に組織化し、相互に検索する機能を実現することにより、従来のようなキーワードのみによる検索や関係DBによるテキスト主体の検索よりも検索の方法、対象、機能、使い勝手などを格段に向上できることが期待される基盤技術。

理論・アルゴリズム基盤

情報統合、学習・自己組織化、最適化手法などの基礎理論や共通手法の研究を行う。

すなわち、現実の世界の不確実な情報や複雑な知識を扱うことのできる情報統合・学習型情報処理の汎用的で実効効率の高い基本アルゴリズムを、確率・統計的手法に基づき開発する。

実世界適応デバイス

実時間処理を行うための高速性及び適応性を備えた次世代フィールドプログラマブルゲートアレイ等の適応デバイスの開発。実世界知能技術の確立には、音声や画像など大量の実世界情報を実時間内で高速に処理する必要がある。計算機を用いたソフトウェアによる処理は柔軟性に富む反面、処理速度が遅い。一方、応用アルゴリズム毎に専用のハードウェアを作成する方式では、処理速度は速くなる反面、開発・製造コストが高く、柔軟性に乏しいという欠点がある。応用ごとのアルゴリズムに最適な構造にハードウェアレベルで再構成可能で高速処理を実現できる次世代FPGA（Field Programmable Gate Array）、及び、超高速画像処理等を実現す

る並列光入出力を有する処理システムを開発し、実世界の多様な情報を実時間で高速かつ柔軟に処理する事を可能とする技術開発を行う。

(2) 並列分散コンピューティング技術分野

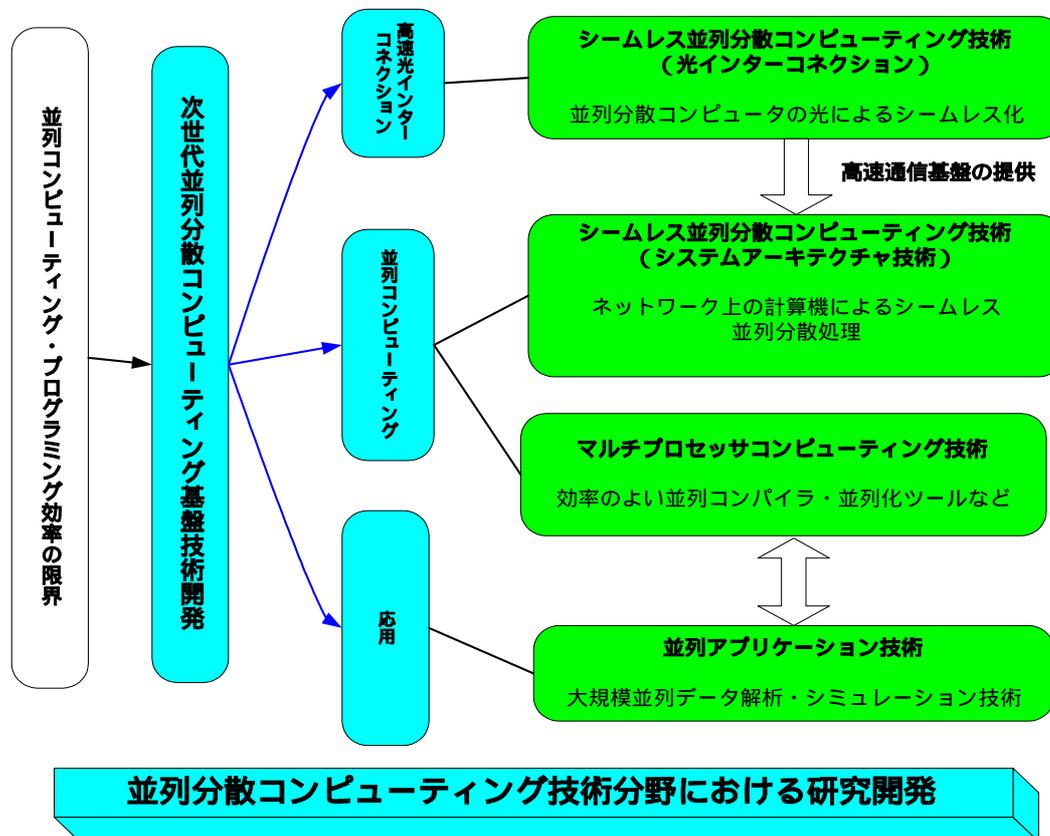


図2・6 並列分散コンピューティング技術分野における研究開発

マルチプロセッサコンピューティング技術 [注]平成11年度まで次世代高性能マルチプロセッサシステムやシングルチップマルチプロセッサ (SCM) 開発のキーテクノロジーとなる並列性抽出・利用技術、スケジューリング技術に代表される並列化要素技術の研究開発を次の2項目を柱として、ソフトウェア面からのアプローチにより行う。

a) 並列性抽出・利用技術

プログラムに内在する、命令レベル、ループレベル、プロシージャレベル等、複数の粒度に渡る並列性を利用するためのプログラム解析基盤技術及び性能評価技術等。

b) スケジューリング技術

得られた並列性を効率よくハードウェア上にマッピングし、かつ処理とデータ転送のオーバラッピングを可能とするスケジューリング技術等。また、開発された並

列化要素技術の効果的な適応を支援するプロセッサアーキテクチャ、メモリアーキテクチャ等の基盤アーキテクチャの検討を行う。

シームレス並列分散コンピューティング技術

代表的な形態の分散システムをプラットフォームとして、変化する多様な計算処理の需要に応じて最適な並列計算能力を得ることのできるシステムに必要な技術の研究開発。

本プロジェクトでいうシームレス並列分散コンピューティングとは、利用者が分散環境を意識することなく、単一計算機のイメージでネットワーク上に存在する分散計算機から必要に応じたコンピューティングパワーを引き出すという新しい計算パラダイムの提唱である。

現在、高速計算サーバ、大規模データベースサーバなどは、専用のネットワークで単一筐体内、あるいは、隣接した複数の筐体間で計算機を結合している。これらは、高価であり、電力消費も大きい。これらのサーバ類を収容するため大容量の電力・空調能力を備えた計算機室が必要である。また、計算機も同一機種、同一OSの同一バージョンで動作するのが通常であり、収容できる計算機数も限られる。これに対して、ネットワークに接続された種々のパソコンやWSを単一計算機のイメージで利用でき、スーパーコンピューティング、各種サーバ類を低コストで実現し、HPCの新たな応用領域の開拓が期待できるとともに、省エネルギーに貢献できる。

a) システムアーキテクチャ技術（並列分散コンピューティング技術）

異機種分散環境において並列実行性能の向上及び性能スケーラビリティを実現するための通信/メモリアーキテクチャ、プログラミング、ライブラリ及び利用環境等。

b) 光インターコネクション技術

計算処理に関わるデータを超高速で並列に伝送することを可能とする光電送モジュール及び光/電気インターフェース並びにそれらを構成するデバイス等の開発。

並列分散コンピューティングを実現する上でボトルネックとなるのはプロセッサ間の通信速度である。現在は専用のスイッチを用いてプロセッサ間を電氣的配線で結合する方式が主流であるが、転送速度、距離が大きな問題となっている。これが光の大容量転送能力によって解決され、高速かつ低消費電力のプロセッサ間結合が可能となる基盤技術を開発する。

並列アプリケーション技術

先端的な並列アプリケーション開発の基盤となる研究開発の枠組みのあり方を検討するとともに、情報技術以外の産業分野への波及効果が最も期待される次の研究分野を中心に、実証的なアプローチによって研究開発を行う。

構造解析や流体力学シミュレーションなどは、従来から使用され、計算手法も確立されつつある。本領域においては、計算生物学、データマイニングなど今後の新

しい応用分野をとりあげ、並列応用技術を開発する。また、取り扱う系が複雑になると共に、応用プログラムの開発コストも並列応用のボトルネックとなる。このため、既存のシミュレーションプログラムの融合技術を研究することにより、複雑なシステムの解析を容易にする技術開発を行う。分野として次のものを取り上げる。

a) 計算化学・計算生物学分野

分子動力学法、蛋白質構造予測、遺伝子発見、遺伝子解析等。

b) 大規模システム分野

大規模システム（社会インフラ等）を対象としたシステム解析及び大規模な情報検索等。

2.5 研究開発成果

本プロジェクトの研究開発成果は、参考資料 B「 . プロジェクトの成果」に示す。

第3章 評価

第3章 評価

1. 事業の目的・政策的位置付け

本プロジェクトは、情報処理の新たな基盤技術の確立を目的として、リアルワールドコンピューティングの先導的、先進的な研究開発に着手したものである。

情報通信技術は21世紀の知識情報社会の基盤であり、あらゆる産業の発展の基盤として極めて重要である。本プロジェクトの目的とする情報分野の基盤技術開発は、公共財の創出、提供等公共財的性格を強く持ち、その社会的重要性にもかかわらず、多分野の総合技術であることの不確実性が高いこともあり、市場原理だけでは長期的な視野に立った研究開発が民間のみでは実現しないことから、国が関与し、本プロジェクトを実施したことは妥当であった。

また、本プロジェクトが開始された平成4年当時の我が国の経済情勢は、景気の後退期に入っていたが、依然として高い水準にあり、我が国は欧米各国から基礎・基盤技術ただ乗り批判を受けていた。このような状況下において、基礎・基盤的情報処理技術、中でもリアルワールドコンピューティングの挑戦的技術の自主開発は、企業、国立研究所、大学間の共同、及び国際的連携が不可欠であって、国の関与を必要とする緊急かつ重要な事業であったと言える。

また、事前評価の妥当性については、プロジェクト全体では、領域設定及びテーマ設定に関する事前評価が政策目的に沿って行われたとする評価と、10年前の最初の計画とした場合、当初想定した分野の一部に、現時点から見れば異なる事前評価があったのではないかとする評価に分かれた。

なお、一部の評価意見として、近年、情報処理分野の発展は、コンピュータとその周辺技術だけでなく、社会インフラや利用者嗜好などの幅広い要因から影響を受けるようになってきていることから、中間時点でもう少し大胆な目標を再設定してもよかったとの指摘があった。

2. 研究開発目標、計画の妥当性

(1) 研究開発目標の妥当性

プロジェクト前期では、具体的かつ明確な研究開発目標が設定されていないが、当時の技術的環境において、10年後をめざした基盤技術の開発という大目標のためには、リアルワールドコンピューティングの探索的研究期間としての位置付けから見れば、この研究開発目標、計画の具体化の程度は十分妥当であった、むしろ、それは自然なことであった。

また、研究計画を変更したプロジェクト後期では、多くの個別要素研究について数値目標が設定されたことから、その研究開発目標は妥当であった。

(2) 研究開発計画の妥当性

プロジェクト前期の研究開発においては、情報処理基盤技術の広範な研究計画が策定されたが、十分な取舍選択がなされた予算配分であったとは言い難い。しかし、それは有望な研究開発の種を探し出すための段階の措置であり、やむを得ない面もある。

プロジェクト後期の研究計画については、評価推進委員会の中間評価を受けて、研究資源の集約を図り、実世界知能技術分野及び並列分散コンピューティング技術分野の2つの分野に分け、それぞれ5領域並びに3領域を設けて、53テーマの具体的な研究開発に絞ったことは妥当な対応であった。

なお、一部の評価意見として、個々の要素研究に関しては、それらの連携がうまく機能したものと、しなかったものが混在しているとの指摘があった。

(3) 情勢変化への対応

プロジェクト後期では、前期プロジェクトから後期プロジェクトに移行するにあたって、技術動向や社会・市場ニーズの変化等に対応して、個々の研究テーマの見直しが行われ、幅広い基礎研究テーマの中から有望なものを選択する作業を行い、その時点の重要課題をとらえ、国の政策課題に十分資する研究開発計画に変更したことは評価できる。

なお、一部の評価意見として、次世代の対話技術として重要となるマルチモーダル対話の中で、21世紀に実現されるインターネットサービスのシームレス化に取り組む等、中間時点で研究開発目標を再設定することも必要ではなかったかとの指摘があった。

3 . 研究開発実施者の事業体制、運営の妥当性

(1) 事業体制の妥当性

研究実施者の事業体制については、国内・国外の企業・研究機関にひろく跨り、おおくの技術的知見を集める研究体制であり、国家プロジェクトにおける国研、民間企業、大学の三者の相互連携の新しいあり方を示したことから、概ね妥当である。

実世界知能技術分野においては、産官学が有機的な連携により各々の役割を果たすことが必要であり、研究開発の詳細内容の策定、実施等において産業技術総合研究所 RWI 研究班（旧電子技術総合研究所）が先導的役割をになって分散研と連携し、並列分散コンピューティング技術分野においては、RWCP の集中研が中心的役割を果たして分散研と連携するという事業体制は、産業技術総合研究所による統率・連携と民間の技術力を最大限に引き出して具体的成果をあげる上で適切であった。

実施者の選定においては、それぞれの領域の目的に沿って RWCP 研究所長、産業技術総合研究所 RWI 研究班長等の指導力、統率力が発揮された。

並列分散分野においては、前半の超並列計算機 RWC-1 に代えて、当時未知数であった PC クラスタを中心とする技術、特に高速光ネットワークによるシームレス並列分散という目標を設定とした先見の明は高く評価される。SCore、OpenMP などは実用化され、SCore についてはコンソーシアムも発足した。日本発の基本ソフトが少ない中で極めて意義深い。人数を適正に絞り、計画初期段階で優れた要素技術を開発し、2、3年目から集中研、分散研が協力して実用ソフトとしての成果を出していることは評価できる。また、RHiNET という 10Gbps クラスのスイッチと NIC を開発するという計画も、つくば研究室が企業、大学と連携を取って進めたものであり、研究開発を効果的に進めたと同時に、わが国のレベルの向上に貢献しており、事業体制・運営も適切であった。光インターコネクションのテーマが基礎的開発の段階にあったため、その実用化としての並列分散システムという形にならなかったことは残念であるが、技術的な困難さを考えると理解できる。

(2) 運営の妥当性

プロジェクト後期においては、中間評価に基づき、意志決定、進捗状況の把握計画見直しの検討が適切に行われ、プロジェクトリーダーのリーダーシップの下、本事業の基本理念として実世界知能分野においては情報統合、並列分散コンピューティングではシームレス並列分散の基本思想が後期の事業に適切に反映され、目的、目標の設定及び目標達成に成果があったことから、目標に向

けた的確な運営管理がなされたことは評価できる。

並列アプリケーションのテーマについては、分野の広さのため個別テーマ間の有機的連携は必ずしも有効に働かなかったが、それぞれ実用的な大規模問題を取り上げて、並列分散処理により問題解決するという典型例を示したと言える。

4．計画と比較した達成度、成果の意義

次世代の情報技術の根幹をなす斬新な要素技術を研究開発するという全体的な目標は、多くのテーマで当初目標を達成していることから、概ね達成したと言える。

(1) 実世界知能技術分野

マルチモーダル機能の研究については、言語、音声、画像等の情報統合化という研究テーマに世界に先駆けて取り組み、研究当初の想定以上の成果を挙げたことの意義は大きい。

自己組織化情報ベースの研究については、テキスト、音、映像等個別メディアについて有効な検索方法を多数見出すことができ、世界最高水準の研究結果が得られたと評価する。

理論アルゴリズムの研究については、理論研究の各テーマにおいて、世界でトップレベルの研究成果が得られている。各研究成果の間関係を整理し、全体として統合していくことは、今後の課題として残っている。

自律学習機能の研究については、自律ロボットという目に見える形で統合したことから、当初の想定以上の研究成果を挙げることができたと評価できる。

実世界適応デバイスの研究については、GAを活用した進化システムをハードウェア化し、多様な分野でその有効性を実証したことは高く評価され、進化計算の理論的な研究が、ハードウェアの設計に利用できることを示し、当初の想定を越えたその実用レベルでの製品化を行った意義は大きい。

(2) 並列分散コンピューティング技術分野

シームレス並列分散コンピューティング技術の研究については、RHINETやSCoreクラスタシステムソフトウェアなど、世界的に見ても高い水準の成果が達成されたことは意義深く、今後のコンピュータ技術の方向を示すことが出来たと評価する。

並列アプリケーション技術の研究については、異種シミュレーションの統合

技術を研究し、タンパク質の構造を統計予測とシミュレーションとを結合して予測することを可能にした。

光インターコネクションの研究については、並列分散コンピュータの光によるシームレス化を目指して、キーデバイスの開発を行い、世界トップのレーザを開発するなど重要な注目すべき成果を出しており、今後の光情報処理への可能性を示したことの意義は大きい。

(3) 成果の普及、広報

論文の発表は、質・量ともに十分であり、特許は適切に取得されている。オープンソフトウェアの公開、MPEG7等の規格化等、必要に応じ成果の規格化に向けた対応も十分な努力がなされた。情報処理分野では国際標準化への寄与、あるいはデファクトスタンダードとなることで成果を達したと認められるものが多い。この意味で今後とも、成果物を国際標準等に寄与させる活動が望まれる。

また、成果の広報については、成果発表会、シンポジウムの開催、メディアによる発表等が積極的になされた。

なお、一部の評価意見として、海外分散研の活動が、その設置国内でどの程度広報されているかについては、必ずしも十分とは言えないとの指摘があった。

5 . 成果の実用化可能性、波及効果

5 . 1 成果の実用化可能性

本プロジェクトの多くの研究成果は、基盤研究的要素が強く、市場で直ちに実用化されるものではない。既に実用化の段階に入っているものもあるが、本プロジェクトの大半の成果は、将来の産業技術の基盤となるものであり、今後の発展に資することが期待される。

(1) 実世界知能技術分野

マルチモーダル機能の研究については、各参加企業で製品化に取り組んでおり、実用化の可能性は高く、国際的なデファクトスタンダードとして確立することが期待される。

自己組織化情報ベースの研究については、携帯コンピュータでも実現できるアルゴリズムの研究がなされ、実用化に十分に近づくことができた。今後は、実用システムに組み込んだでのテストが必要と考える。

理論アルゴリズムの研究については、理論研究の成果をすぐに実用化に結び付けることは難しいかもしれないが、長期的な視点で見れば、将来の実用化に向けて、有望な研究成果が得られていると評価する。

自律学習機能の研究については、完成した自律ロボットをそのままの形で実用化することは考えにくいですが、研究開発の過程で得られた要素技術の成果は、いろいろと異なる形で実用化に結び付いていくものと期待される。

実世界適応デバイスの研究については、国立研究所の理論的研究と民間の実用化要求が、高いレベルでうまく融合した好例である。ベンチャー企業という新しい形で実用化を試みたことも、今後の国家プロジェクトの成果を生かしていく新しい道を示す先駆けとして、高く評価できる。

(2) 並列分散コンピューティング技術分野

シームレス並列分散コンピューティング技術の研究については、SCoreやOmni OpenMPコンパイラがSCoreクラスタシステムソフトウェアを機軸とした標準化が進みつつあることなど実用化の段階にある。特にSCoreは海外にも移植され、PCクラスタの標準的ソフトとして実用に供されていることは大きな成果である。また、今後の対応として、PCクラスタコンソーシアムを発足させたことも高く評価される。

並列アプリケーション技術の研究については、各企業でソフトウェアやサービスとしての実用化を検討中であり、今後の実用化が期待される。また、PAPI Aは、既に世界中からアクセスされ新薬の開発などの実用目的のために利用されており、これは大きな成果と言える。

光インターコネクションの研究については、GaAsSb面発光レーザやGaInNAs半導体レーザは、安価なGaAs基板上へのレーザの生産を可能とするものであり、実用化への見通しは明るい。また、ファイバ格子レーザモジュールおよび極低スキューファイバリボンモジュールは、実用の可能性が高く、今後関係企業で商品化に向けて努力がなされるものと期待している。

5.2 波及効果

(1) 実世界知能技術分野

実世界知能技術の研究成果は、DB 整備により日本のマルチモーダル研究開発を加速したこと、個別メディアを用いた様々な検索・探索技術と、異種メディアにまたがる情報検索等の成功を基に、マルチメディア処理技術に対する応

用範囲を大きく広げたことから、今後、様々な分野に波及していくことが期待される。例えば、身近なところでは、次世代携帯電話の新しいサービスを支える技術として適用することなどが可能である。自律学習機能分野における自律ロボットの研究成果の一部は、携帯電話の位置情報に基づく高度なサービス提供のために利用することができる。画像と音声と文字をうまく組み合わせた携帯電話での新しいサービスの構築に、マルチモーダル機能分野の成果を応用することができよう。大規模なデータベースを用いたサービス提供のために、自己組織化情報ベースの研究成果を生かすことができる。このように、本研究プロジェクトの研究成果は、表面上はめだたないとしても、いろいろな情報サービスを裏で支えるための基本技術として波及していくことが期待されよう。

また、近年重要な課題となっているバリアフリー社会の実現のための基本技術などとしても波及させるための努力に期待したい。目の見えない人、耳の聞こえない人などに、情報を適切に提供するための基本技術として、マルチモーダル機能や自己組織化情報ベース機能の研究成果に期待される場所は大きい。更に、当初予想していなかった波及効果として、遺伝的アルゴリズムをフェムト秒レーザーの精密調整ほかに応用し、多大な波及成果を得ている。

(2) 並列分散コンピューティング技術分野

シームレス並列分散コンピューティング技術領域において、さらに当初予定していなかった SCore のリアルタイムへの応用が開けたことは予定外の成果である。さらに、NEDO のアドバンスト並列化コンパイラのプロジェクトも本プロジェクトから移行、発展したものである。

また、SCore、Omni OpenMP コンパイラ、RHiNET等並列分散コンピューティング技術の成果により、高並列PCによる遺伝子解析及び蛋白質構造解析への応用が可能となった。

6．要素に関する評価（各要素研究毎）

6．1 実世界知能技術分野

（1）マルチモーダル機能

【成果に対する評価】

研究当初においては十分に理解されていなかったマルチモーダル機能の研究を先導的に推進し、研究（インターモーダル学習，音声補完等），DB構築（マルチモーダル対話DB），システム構築（ウェアラブルビジョンシステム等）と各レベルで注目される成果を出し、最終的に世界をリードする研究成果を挙げたと評価できる。言語、音声、画像等のいろいろな情報のモードを統合して利用することは、自然な要求であるが、技術的には多くの難題をかかえていた。本研究開発プロジェクトにおいては、着実にそれらの課題を克服していったと言える。研究開始当初においては理解者の少なかった情報統合という研究テーマに世界に先駆けて取り組み、当初の想定以上の成果を挙げたことの意義は大きい。

文法規則を用いて手話を認識する手話認識システム、連続動作からの動作認識の可能なGesture Interfaceなどにおいて、世界最高水準の研究成果が得られている。

【実用化の見通しに関する評価】

各参加企業も製品化に取り組んでおり、実用化の可能性は高い。今後は、ユーザにとって最も使いやすい機能をできるだけ早く実用レベルで実現し、世界のデファクトスタンダードとして確立することが期待される。

なお、マルチモーダル対話DBは配布が既に進んでいる。マルチモーダル対話プラットフォームについても、配布を是非考えて頂きたい。また、要素技術については再利用可能な形で整備し、公開・配布を行うことを検討されたい。

（2）自己組織化情報ベース機能

【成果に対する評価】

所期の目標を達成したと評価できる。

テキスト、音、映像といった個別メディアについて、有効な検索方法を多数見出した。また、メディア間にまたがる検索という意欲的なテーマに対しても一つの方向を示した他、音声認識、多次元情報クラスタリングなどにおいて、学問的にも意義のある研究成果を挙げるとともに、それらの実用化へ向けての道筋を示すことができている。

索引なしでマルチメディア相互検索を可能としたCrossMediatorや言語の意味構造を利用するインタラクティブマルチモーダルプレゼンテーションシステムなどで世界最高水準の成果が得られている。

【実用化の見通しに関する評価】

研究当初においては、大規模なスーパーコンピュータを用いても実現が困難であった技術を、携帯コンピュータにおいても実現できるようなアルゴリズムの改善がなされ、実用化に十分に近づくことができた。

マルチメディアを対象とする検索は今日的なテーマで、実用化への期待が大きい分野である。今回の成果の範囲では実用化の可否は判定できないものが多い。今後、実用システムに組み込んでのテストが必要と考える。

各参加企業において製品化されるだけでなく、基盤技術は、今後、広く公開されて利用可能となることが期待される。

索引なしでマルチメディア相互検索を可能としたCrossMediatorなどで世界最高水準の成果が得られている。

（３）理論アルゴリズム基盤

【成果に対する評価】

日本語の係り受け関係解析における曖昧性解消で世界最高水準の精度を達成した分散能動学習方式等、理論研究の各テーマにおいて、世界でトップレベルの研究成果が得られている。

対象分野毎に適した学習・推論アルゴリズムを考案し、確率的振る舞いを解析する方法を提案した、あるいは未解決の問題を解決した等、今後の発展が楽しみな成果が得られている。

なお、各研究成果の間関係を整理し、全体として統合していくことは、今後の課題として残っている。

【実用化の見通しに関する評価】

自然言語処理、遺伝子情報処理、医療診断、大都市交通シミュレーション、および研究開発支援ツールなど、実用の場面に近い設定で理論研究がなされ、将来の実用化に向けて、有望な成果が得られたと評価できる。理論研究の成果を実用化に直結させることは困難であるが、今回達成した成果を課題別マップといった形でまとめると共に、ソフトウェアについても研究開発ツール群として整備し、実用化のための開発研究を加速することが望まれる。

（４）自律学習機能

【成果に対する評価】

高い目標を掲げた基礎研究を、最終的には、実環境音声対話学習システムを備えた事情通口ロボットと称する自律ロボットとして、目に見える形で統合してみせることができ、当初の想定以上の研究成果を挙げることができたと評価できる。

【実用化の見通しに関する評価】

完成した自律ロボットをそのままの形で実用化することは考えにくいですが、研究開発の過程で得られた要素技術の成果は、いろいろと異なる形で実用化に結び付いていくものと期待される。

なお、個別の自律学習機能には実用化の芽が認められることから、今回の成果に関しては、複合化した機能を含めて応用マップを作成し、実用化の方向を示しておくことを望む。

（５）実世界適応デバイス

【成果に対する評価】

本研究開発プロジェクトにおいて、予想と異なる形での大きな成果を挙げた代表的なサブテーマであると評価できる。GAを活用した進化システムをハードウェア化し、多様な分野でその有効性を実証したことは高く評価されてよく、進化計算の理論的な研究が、ハードウェアの設計に利用できることを示し、そ

の実用レベルでの製品化を行った意義は大きい。

国立研究所の理論的研究と民間の実用化要求が、高いレベルでうまく融合した好例である。ベンチャー企業という新しい形で実用化を試みたことも、今後の国家プロジェクトの成果を生かしていく新しい道を示す先駆けとして、高く評価できる。

また、開発成果の国際標準化やマーケット側への積極的PRに見られる成功ストーリーは、情報処理分野における研究開発・事業化モデルの模範の一つを提示した。

【実用化の見通しに関する評価】

国家プロジェクトの研究成果がベンチャー企業として実用化に成功した貴重な例である。研究成果そのものが優秀であっても、実用化にあたる開発者の実用化のための問題意識が低ければ、実用化はうまくいかない。国立研究所の研究者と、民間の開発者の、高いレベルでの知恵のぶつかりあいとうまく機能した好例である。

6.2 並列分散コンピューティング技術分野

(1) シームレス並列分散コンピューティング技術領域

【成果に対する評価】

コンピュータの高性能化、ネットワークの高度化、ユビキタス化、大量マルチメディアデータ処理に対応できる、並列分散コンピューティングの基盤技術を確立することが、この技術分野の目標であった。特に、利用者が分散環境を意識することなく、単一計算機のイメージでネットワーク上に分散した計算機を利用できるシームレス環境の実現を目指した。そのため、ハード的には光を利用した高速インターコネクション、ソフト的には、並列化のためのコンパイラ、ミドルウェア、応用的には実用的なシミュレーション技術を開発した。

RHiNETやSCoreクラスタシステムソフトウェアなど、世界的に見ても高い水準の成果が達成されたことは意義深く、今後のコンピュータ技術の方向を示すことが出来ていると評価する。

光インターコネクションでは、10Gb/sのRHiNETの稼働、ソフトとしては、SCoreの開発と普及、Omni OpenMPコンパイラの開発と普及、データ並列プログラミング環境PROMISEなどが顕著な成果であり、さらに当初予定していなかったSCoreのリアルタイムへの応用が開けたことは予定外の成果である。さらに、NEDOのアドバンスト並列化コンパイラプロジェクトも本プロジェクトからの移行と見ることができる。

【実用化の見通しに関する評価】

上記の顕著な成果は、本プロジェクトの終了前に実用化の段階に移り、とくにSCoreやOmni OpenMPコンパイラは、SCoreクラスタシステムソフトウェアを機軸とした標準化が進みつつあることなど、すでに産業界の技術移転が行われ、またPCクラスタコンソーシアムを発足させたことは高く評価される。特にSCoreは海外にも移植され、PCクラスタの標準的ソフトとして実用に供されていることは大きな成果である。

(2) 並列アプリケーション技術領域

【成果に対する評価】

このサブテーマでは、今後の実世界シミュレーションの基本技術である異種シミュレーションの統合技術を研究した。基礎的な面では、異種シミュレーションの統合技術そのものを研究し、応用分野では、5件の応用分野について実際にシミュレーションを行った。

基礎的な面では、異なるプログラム間の結合を容易化する通信ミドルウェアを開発し、タンパク質の構造を統計予測とシミュレーションとを結合して予測することを可能にした。また、応用としては、電力潮流、マルチメディア、データマイニング、計算化学、生命科学などにおいて種々の成果を上げた。

しかし、分野の広さのため個別テーマ間の有機的連携が必ずしも有効に働かなかった。異種シミュレーション統合技術にも多くの側面があり、本プロジェクトでその全体像を示すには至らなかったが、いくつかの問題についてそれを並列分散処理によって解決するというケーススタディを示したといえる。

また、それぞれ高いレベルを達成しているように見受けられるが、世の中の他のアプリケーションとの差別化がより明確になっていることが望ましい。

【実用化の見通しに関する評価】

分散研究室における並列応用技術は、それぞれの企業においてソフトウェアとして、またサービスとして実用化を検討しているとのことであり、今後の実用化が期待される。

つくば研究室のPAPIAは、すでに世界中からアクセスされ新薬の開発などの実用目的のために利用されている。これは大きな成果である。このプロジェクトは、途中で経済省の別のプロジェクトに引き継がれたことは大きな成功である。

PAPIA以外は実用化は今後の課題であるが、このサブテーマが探索的な性格をもっていることを考えると、おおむね妥当な成果であると考えられる。

(3) 光インターコネクション

【成果に対する評価】

本サブテーマにおいては、並列分散コンピュータの光によるシームレス化を目指して、光ファイバ、波長多重レーザ、面発光レーザ、光接続技術などを主として分散研究室において行った。

光インターコネクション実現に向けたキーデバイスの開発を行い、重要な注目すべき成果を達成している。今回の目玉は、面発光によるチップからの直接の送出であり、4社が目標とした。3種類のデバイス、GaAsSb、InGaAs、GaN NAsについて研究を進め、GaAsSbでは世界トップのレーザを開発したことから、GaAsSb面発光レーザの実現およびGaInNAs半導体レーザの先駆的な提案・結晶成長技術開発を高く評価したい。

まだ実用的な段階には至っていないが、今後の技術の道筋をつけるような発展が見られたことは高く評価される。これは、当初の目標を超える成果である。

RHiNETレーザは、低遅延の高速スイッチを開発し、高速光インターコネクションとなるOIPを開発した。

また、波長多重用レーザ技術、ファイバ格子レーザモジュール、極低スキューファイバリボンモジュールアラインメント技術、2次元コネクション3元基板混晶上の面発光レーザの基礎技術開発なども重要な成果を挙げている。

【実用化の見通しに関する評価】

面発光レーザについては、現段階では実用的とは言えないが、高速の相互結合や、CPUとメモリなどを直接光で結合することは今後の大きな方向性であり、その方向に成果を出したことは大きな意味がある。

GaAsSb面発光レーザやGaInNAs半導体レーザは、安価なGaAs基板上へのレーザの生産を可能とするものであり、実用化への見通しは明るく、今後も国家的な施策による支援をなんらかの形で進めることが望ましい。

RHiNETについては、実際にコンピュータ間を接続して実用性を示した。今後、広帯域、低レイテンシーのインターコネクションのde facto標準として認められるような活動が望まれる。

また、今回開発した半導体レーザは、今後の高速光通信の時代の中心技術として標準化されるよう努力することが期待される。

更に、ファイバ格子レーザモジュールおよび極低スキューファイバリボンモジュールは、実用の可能性が高く、今後関係企業で商品化に向けて努力がなされるものと期待している。

7. 総合評価

次世代の新たな情報処理基盤技術開発は、公共財的性格を強く持ち、その社会的重要性がある半面、多分野の総合技術であることの不確実性が高いため、長期的な視野に立った研究開発が民間のみでは実現しないことから、国が関与して、本プロジェクトを着手したことは妥当である。

研究開発目標及び研究開発計画については、プロジェクト前期では、探索的研究と位置付け、具体的かつ明確な目標が設定されなかった。中間見直しにより、それらの成果を絞り込み、プロジェクト後期では、個別要素研究に数値目標を設定するなど適正な目標や計画が設定されたことは妥当であった。

本プロジェクトで取り上げた実世界知能技術分野及び並列分散コンピューティング技術分野の8領域、53研究テーマは、国研、民間企業と海外研究機関により構成される技術研究組合、再委託先である国内外の大学による多くの技術的知見を集める研究体制の下、適切な事業体制、事業運営により実施された。

研究成果の達成度については、次世代の情報技術の根幹をなす斬新な要素技術を研究開発するという全体的な目標は、多くのテーマで当初目標を達成していることから、概ね達成したと言える。

また、成果の普及、広報について、論文の発表は、質・量ともに十分にあり、特許も適切に取得しており、また、オープンソフトウェアの公開、国際標準の規格化、成果発表会など積極的に対応したことは妥当である。

研究成果の実用化は、既に実用化の段階に入っている研究もあり、産業技術として実用化の可能性が高い研究成果も数多くあることから、本プロジェクトは大きな成果を上げたと言える。一部の研究成果がベンチャー企業設立の形で結実したことは、これまでの国家プロジェクトに見られなかった新しい形として、高く評価できる。

なお、評価委員から指摘があった今後の検討事項、課題、問題点等は、『8. 今後の研究開発の方向等に関する提言』に示した。

以上より、本プロジェクトは、ほぼ適切に実施され、その研究成果として世界的にも評価される研究成果が得られたことから、研究開発プロジェクトとして、総じて成功を収めたと総括する。

8．今後の研究開発の方向等に関する提言

(1) 本プロジェクトに関する今後の提言

事前評価

体制、運営については、評価委員会による分散研におけるテーマの選考等がもっと積極的に行われれば、事前評価において競争的要素のさらなる強化が図られるのではないかと思われる。

要素研究指向の問題

このプロジェクトは、一つの大きな目標に向かって全体が結集していくという形ではなく、大枠の方向性のもとに、戦略的に新規性のある要素技術を開発するという計画であった。このような要素研究指向のプログラム方式のプロジェクトを、統一ある一つのプロジェクトとしてまとめ上げることは容易ではない。要素研究だから、全体の方向性など考えなくてもよいという誤解も生じうる。プロジェクトの成果についても、一つ一つは優れたものであっても、全体の戦略の中での位置付けという視点が必要とされる。こうしたプロジェクトを、統一あるものとしていかにまとめるかということは、今後の課題となるであろう。

集中研と分散研の関係

分散研というやり方は、各企業にとってこのプロジェクトへの参加の障壁を少なくし、既存の設備や技術を活用できる点で多くの利点を持つが、他方、研究者の意識がプロジェクトではなく単なる研究補助金のようにとらえられてしまう危険がある。集中研のマネージャーが強力に調整・助言したところはプロジェクトとしての一体性が保たれているが、そうでないと企業内の研究開発の付録になってしまう可能性がないとはいえない。

したがって、「分散研」方式を採用の場合は、全体を統合するリーダーシップが重要である。

(2) その他

プロジェクト目標の設定と修正の在り方

将来ビジョンを描きそれを実現する技術課題をあげ、これを解決するための技術（要素技術を含む）を研究し、必要技術を統合していくデマンド・プル方式の方が従来の技術プッシュ方式よりイノベーションの成功確率が高くなって

いる。これはクラインの市場志向の「連鎖モデル」でも指摘されていることで、リニアモデルは再考の余地がある。無論、リニアモデルによる新技術追求型のアプローチも必要であるが、RWCのような現実社会への応用を目的とするものについては、デマンドサイドから技術課題にブレークダウンするのが有効である。本プロジェクトは、このようなアプローチを試行した点で先駆的であるが、さらに人文社会科学的側面からもさらに深く研究し、時代の変化に即したニーズを的確に捉えダイナミックに目標修正することも重要である。

プロジェクトにおける新たな人材の育成

ミッション指向の研究開発では、目的達成への明確な戦略目標設定とそこへ至る現実的な実行計画および実施管理が必要である。そのためには、幅広い社会ニーズと先端研究領域を正しく理解するプロジェクトリーダーの育成と支援環境整備が不可欠である。本プロジェクトでもこのようなニーズ指向のアプローチが窺えるが、研究・技術者の想定範囲にとどまり十分なものとは言えないように思われる。今後の目的志向研究のあり方としては、技術シーズ先行に偏ることなく社会ニーズをより重視することが研究効率を向上させる上で大切である。

複雑多岐にしかもダイナミックに環境が変化する現代社会では、潜在的な社会ニーズの把握や技術動向の予測が非常に難しく、従来型の研究者や技術者では、これに対応することが難しい。キャッチアップ型からフロントランナー型へのパラダイムシフトに対応して、マネジメントスタイルも転換しなければならない。広い視野と見識を持ち、かつ技術と経営の分かる創造的な大型技術者、つまり、技術イノベーターとしてのタレントを持つ技術家、いわば「テクノプロデューサー(Techno-producer)」の育成と活動環境の整備が必要である。このような新しいタイプのイノベーター(プロフェッショナル)の育成は、科学技術創造立国を目指す今後の日本の重要課題である。

第4章 評点法による評点結果

第4章 評点法による評点結果

「次世代情報処理基盤技術開発」に係るプロジェクト評価の実施に併せて、下記に基づき、本評価ワーキンググループ委員による「評点法による評価」を実施した。その結果は「3. 評点結果」のとおりである。

記

1. 趣旨

評点法による評価については、産業技術審議会評価部会の下で平成11年度に評価を行った研究開発事業（39プロジェクト）について「試行」を行い、本格的導入の是非について評価部会において検討を行ってきたところである。その結果、第9回評価部会（平成12年5月12日開催）において、評価手法としての評点法について、

(1)数値での提示は評価結果の全体的傾向の把握に有効である、
(2)個々のプロジェクト毎に評価者は異なっても相対評価はある程度可能である、との判断がなされ、これを受けて今後のプロジェクト評価において評点法による評価を行っていくことが確認されている。

また、平成12年5月11日に改訂された「通商産業省技術評価指針」においても、課題（事業）評価の実施にあたって外部評価者を活用した評点法による相対的評価を適宜行うことが規定されている。

上記を受け、課題（事業）の中間・事後プロジェクト評価においては、

(1)評価結果をできる限りわかりやすく提示すること、
(2)プロジェクト間の相対評価がある程度可能となるようにすること、を目的として、評価委員全員による評点法による評価を実施することとする。

本評点法は、各評価委員の概括的な判断に基づき点数による評価を行うもので、評価報告書を取りまとめる際の議論の参考に供するとともに、それ自体評価報告書を補足する資料とする。また、評点結果は分野別評価、制度評価にも活用する。

2. 評価方法

- ・別紙「評点法による評価シート」により、各評価項目について5段階（1～5）で評価する。
- ・評価シートの記入にあたっては、評価シートの《判定基準》に示された5、3、1の基準を参照し、妥当と思われる点数に をつける。
5よりは低いが3よりも高いと考えられる場合は4に をつける。
3よりは低いが1よりも高いと考えられる場合は2に をつける。
- ・総合点の算出にあたっては、評価項目の各点数に、表に記載された重み付けの数値を掛けあわせた後、合算することとする。

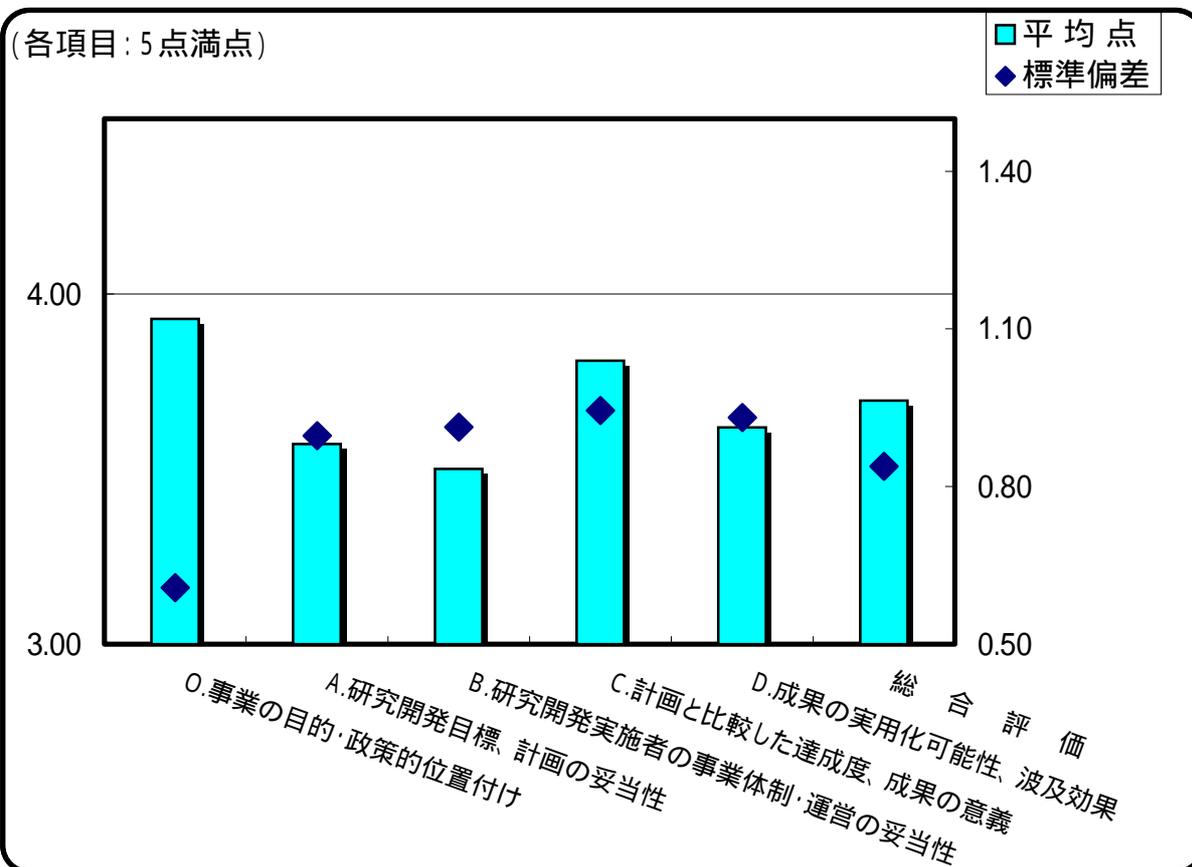
3. 評点結果

評点法による評点結果 次世代情報処理基盤技術

(各項目：5点満点)

評 価 項 目	平 均 点	標 準 偏 差
0.事業の目的・政策的位置付け	3.93	0.61
A.研究開発目標、計画の妥当性	3.57	0.90
B.研究開発実施者の事業体制・運営の妥当性	3.50	0.91
C.計画と比較した達成度、成果の意義	3.81	0.94
D.成果の実用化可能性、波及効果	3.62	0.93
総 合 評 価	3.70	0.84

(各項目：5点満点)



評点法による評価シート

プロジェクト名	次世代情報処理基盤技術開発
評価委員名	

○ 事業の目的・政策的位置付け

(1) 国の事業としての妥当性

5 4 3 2 1

- ・ 研究開発制度の趣旨、目的（選定基準）に適合しているか
- ・ 特定の制度に基づく事業でない場合、以下のような「市場の失敗」に該当し、国の関与が必要とされるテーマか（政策立案・評価ガイドライン参照）
 - * 公共財的性格を持つ財・サービスの供給
 - * 環境問題等市場原理が働かない外部性
 - * 不確実性（リスクの高さ）や情報の偏在などに基づく市場の不完全性等
- ・ 上記には該当しないものの、民間のみでは改善できない問題に対応するために国の関与に公共性が認められるものか
- ・ 上記を踏まえた上で、緊急性、重要性が高く優先して実施すべき研究開発と判断されるか。（緊要性は高いか）

《判定基準》

上記の項目に照らし、

- ・ 民間のみでは問題解決が図られず、国の事業として実施する緊要性が極めて高い 5
- ・ 国の事業実施は妥当 3
- ・ 国の関与がなくとも民間による取り組みで問題解決が可能 1

(2) 事業の目的・政策的位置づけ

5 4 3 2 1

- ・ 事前評価は妥当なものであったか
- ・ 政策課題（問題）の解決に十分資するものであるか
- ・ 評価時点においても、事業の目的は妥当で、政策的位置づけも明確か

《判定基準》

- ・ 事業の目的は非常に重要で、政策的位置づけも明確 5
- ・ 事業の目的は妥当であり、政策的位置づけも大まかにはなされている 3
- ・ 事業目的の妥当性は失われており、政策的位置づけも不明確 1

A . 研究開発目標、計画の妥当性

(1)研究開発目標の妥当性

5	4	3	2	1
---	---	---	---	---

- ・ 目的達成のために、具体的かつ明確な開発目標、目標水準を設定しているか
- ・ 目標達成度を測定、判断するための適切な指標が設定されているか

《判定基準》

- ・ 世界最高水準の目標や事業の目的に応じた目標が具体的に設定され、指標設定も適切 5
- ・ 目標等が概ね過不足なく設定されているが、必ずしも具体的ではない 3
- ・ 指標が十分に設定されておらず、目標水準も曖昧 1

(2)研究開発計画の妥当性

5	4	3	2	1
---	---	---	---	---

- ・ 目的達成のために妥当なスケジュール、予算（各個別研究テーマ毎の配分を含む）となっているか
- ・ 目標達成に必要な要素技術を過不足なく取り上げているか
- ・ 要素技術間の有機的関係が存在しているか

《判定基準》

- ・ 計画は、予算、スケジュール、要素技術の設定と的確であり、予算配分も適切に行われている 5
- ・ 計画は概ね妥当で、予算配分も概ね適切である 3
- ・ 計画はスケジュール、予算とも不適切である 1

(3)情勢変化への対応の妥当性

5	4	3	2	1
---	---	---	---	---

- ・ 技術動向や社会・市場ニーズの変化等に対応して、計画を適切に見直したか
(特段の情勢変化はなかったと考えられる場合は空欄とする)

《判定基準》

- ・ 変化を的確に把握し、計画を適切に見直している 5
- ・ 変化を概ね把握し、計画の見直しも行っている 3
- ・ 変化を把握せず、計画の見直しも行っていない 1

B . 研究開発実施者の事業体制、運営の妥当性

(1) 研究開発実施者の事業体制の妥当性

5	4	3	2	1
---	---	---	---	---

- ・ 目標を達成する上で、事業体制は適切なものか
- ・ 各研究開発実施者の選定等は適切に行われたか
- ・ 関係者間の連携 / 競争が十分行われるような体制となっているか

《判定基準》

- ・ 適切な事業体制が構築され、関係者間の連携 / 競争も十分行われている 5
- ・ 概ね妥当な事業体制が構築されている 3
- ・ 事業体制が適切に構築されていない 1

(2) 研究開発実施者の運営の妥当性

5	4	3	2	1
---	---	---	---	---

(モニタリング 事業の場合はNEDO以下の運営管理を、重要モニタリング 事業の場合は工業技術院以下の事業全体の運営・管理を評価の対象とする)

- ・ 意志決定、進捗状況の把握、計画見直しの検討等が、適切に行われているか
- ・ プロジェクトリーダー (サブテーマのリーダーを含む) が有効に機能しているか
- ・ プロジェクト開始後の情勢変化 (目標未達が明らかになった場合を含む) への対応は適切か

《判定基準》

- ・ 運営上の課題に対し迅速な意志決定と柔軟な対応がなされ、適切なプロジェクト管理が行われている 5
- ・ 概ね妥当な運営管理がなされている 3
- ・ 運営管理は適切とは言えず、情勢変化にも対応していない 1

C . 計画と比較した達成度、成果の意義

(1) 計画と比較した目標の達成度

5	4	3	2	1
---	---	---	---	---

- ・ 成果は、目標値をクリアしているか
- ・ 全体として目標の達成度はどの程度か
- ・ 事業は研究開発として成功したといえるか

《判定基準》

- ・ 目標水準を大きく上回る成果をあげて、研究開発として成功した 5
- ・ 目標は概ね達成され、研究開発としては成功したと言っても良い 3
- ・ 目標にはかなり遠く、研究開発としては失敗した 1

(2) 要素技術から見た成果の意義

5	4	3	2	1
---	---	---	---	---

- ・ 世界最高水準、世界初、又は国際水準から見て優れた成果があるか
- ・ 新たな市場創造につながるような新規性、先進性があるか
- ・ 汎用性のある（応用分野の広い）技術が開発されているか
- ・ 当初想定していなかったような成果（派生技術等）はあるか

《判定基準》

- ・ 要素技術として特筆すべき成果が多く見られる 5
- ・ 要素技術として意義のある成果が多く見られる 3
- ・ 要素技術として意義のある成果はほとんどない 1

(3) 成果の普及、広報

5	4	3	2	1
---	---	---	---	---

- ・ 論文の発表は、質・量ともに十分か
- ・ 特許は適切に取得されているか
- ・ 必要に応じ成果の規格化に向けた対応がとられているか
- ・ 広報は一般向けを含め十分に行われているか

《判定基準》

- ・ 重要な特許が取得され、論文の質、量とも十分で、広報も十分 5
- ・ 論文、特許ともほどほどに出ており、広報も適宜行われている 3
- ・ 論文、特許とも少なく、広報もほとんど行われていない 1

D . 成果の実用化可能性、波及効果

(1) 成果の実用化可能性

5	4	3	2	1
---	---	---	---	---

- ・ 産業技術としての見極め（適用可能性の明確化）ができているか
- ・ 実用化の見通し（コスト、導入普及、実用化までの期間、事業化とそれに伴う経済効果等）は立っているか

《判定基準》

- ・ 成果の産業応用について参加企業等が意欲的で実用化へ向けた課題解決に向けて自主的な取り組みが期待できる 5
- ・ 実用化に向けての課題は明らかであるが、具体的な道筋等はずしも明確ではない 3
- ・ 具体的に産業応用が可能であるか否かを含め実用化に向けた道筋が描けていない 1

(2) 波及効果

5	4	3	2	1
---	---	---	---	---

- ・ 成果は、関連分野へのイノベーションを期待できるものか
- ・ 当初想定していなかった波及的な成果が得られているか
- ・ プロジェクトの実施自体が当該分野の研究開発を促進するなどの波及効果を生じているか

《判定基準》

- ・ 成果について当初想定されていた分野を越えて広範な応用が考えられ、当該分野の研究開発を触発する効果を有する 5
- ・ 成果の応用、波及が当初の想定程度には期待できる 3
- ・ 成果の波及はほとんど期待できない 1

(別紙)

評点項目毎の重み付け

評点項目	O		A			B		C			D	
	目的・位置づけ		目標・計画			体制・運営		達成度・成果の意義			実用化・波及	
	0.15		0.2			0.15		0.3			0.2	
各項目配分	(1)	(2)	(1)	(2)	(3)	(1)	(2)	(1)	(2)	(3)	(1)	(2)
	1/2	1/2	1/3	1/3	1/3	1/2	1/2	1/2	1/3	1/6	2/3	1/3

上記重み付けに基づく貴委員の総合点（計算値）	
------------------------	--

評価委員全体の総合点の平均点	
----------------	--

（自由コメント欄）

参 考 资 料

參考資料 A

經濟産業省技術評価指針

經濟產業省技術評価指針

平成13年5月28日
經濟產業省告示第428号

目次

経済産業省技術評価指針の位置付け	5 1
・ 評価の基本的考え方	5 4
1 . 評価目的	
2 . 評価の基本理念	
3 . 本指針の適用範囲	
4 . 評価の類型・階層構造及びリンケージ等	
5 . 評価方法等	
6 . 評価結果等の取扱い及び公開の在り方	
7 . 評価システムの不断の見直し	
8 . 評価体制の充実	
9 . 評価データベース等の整備	
10 . 評価における留意事項	
・ 評価の類型と実施方法	5 9
. 1 制度（施策）評価	5 9
1 . 事前評価	
2 . 事前・事後評価	
3 . 制度構造評価	
. 2 課題（事業）評価	6 1
1 . 競争的資金による研究課題に関する評価	
2 . プロジェクトに関する評価	
3 . プログラムに関する評価	
4 . 分野別評価	
5 . 追跡評価	
6 . 研究開発以外の技術に関する事業	
. 3 機関評価	6 7
1 . 評価者	
2 . 被評価者	
3 . 評価事務局	
4 . 評価手順・評価手法	
5 . 評価項目・評価基準	
6 . 評価結果の活用	

経済産業省技術評価指針の位置付け

経済産業省技術評価指針（以下、「本指針」という。）は、経済産業省が自ら行う又は支援する研究開発、経済産業省における技術に関する制度（施策）・事業の評価を行うに当たって配慮しなければならない事項を取りまとめたガイドラインである。

本指針は、産業技術力強化法（平成12年法律第44号）第10条の規定、科学技術基本計画（平成13年3月30日閣議決定）、経済構造の変革と創造のための行動計画（第3回フォローアップ）（平成12年12月1日閣議決定）及び国の研究開発全般に共通する評価の実施方法の在り方についての大綱的指針（平成9年8月7日閣議決定）に沿った適切な評価を遂行するための方法を示す。技術評価は政策評価の一環としての位置付けを有することから、また本指針は、研究開発等技術関連制度（施策）・事業の成果や実績等を厳正に評価し、それを後の制度（施策）・事業の企画立案に反映させる政策サイクルの一角としての評価の在り方について定めるものである。

ただし、研究開発等技術関連制度（施策）・事業に係る評価は、競争的資金による研究課題、プロジェクト、プログラムといった研究開発の内容や性格、実施体制等の態様に応じた評価方法に拠るべきであるとともに、評価の厳正さと効率性を両立するためには、評価をとりまく様々な状況に応じた臨機応変な評価手順を設定する必要がある。さらに、評価手法は日進月歩であり、今後よりよい評価手法が提案されることも十分考えられる。したがって、本指針では共通的なルール及び配慮事項を取り上げることとし、より詳細な実施の Protokol は評価マニュアルの作成等により記述することで、機動的な実施を図ることとする。

なお、本指針においては、以下のような用語の使い分けをする。

- ・ エフォート：一研究員の全研究活動時間のうち当該競争的資金による研究活動に当てる時間の割合。
- ・ 競争的資金：資金を配分する主体が、広く一般の研究者（研究開発に従事している者又はそれらの者から構成されるグループをいう。）、企業等又は特定の研究者、企業等を対象に、特定の研究開発領域を定め、又は特定の研究開発領域を定めずに研究開発課題を募り、研究者、企業等から提案された研究開発課題の中から、当該課題が属する分野の専門家（当該分野での研究開発に従事した経験を有する者をいう。）を含む複数の者による、研究開発の着想の独創性、研究開発成果の先導性、研究開発手法の斬新性その他の科学的・技術評価または経済的・社会的評価に基づき、実施する課題を採択し、当該課題の研究開発を実施する研究者等又は研究者等が属する組織若しくは企業等にそのための資金を配分する制度。
- ・ 研究開発運営管理機関：国からの出資や補助等を受けて研究開発の運営管理を行う機関（NEDO（新エネルギー・産業技術総合開発機構）等）
- ・ 研究開発実施機関：国や研究開発運営管理機関からの出資や補助等を受けて研究開発を実施する機関（技術研究組合等）
- ・ 制度（施策）・事業：ある行政課題に対応するための基本方針たる「政策」を実現するための具体的な方法ないしツール。本指針においては、制度（施策）とは研究開発等の技術関連制度、事業とは個別委託事業や個別補助事業等をいう。
- ・ 政策サイクル：政策の計画・実行・評価（plan-do-see）の循環過程
- ・ 評価システム：評価目的、評価時期、評価対象、評価方法等、評価に係るあらゆる概念、要素を包含した評価制度、体制の全体
- ・ 評価方法：研究開発制度（施策）・事業、試験研究機関を評価するための具体的な方法（評価項目、評価基準、評価手続、評価手法）
- ・ 専門家：評価対象の研究開発に関する知見を有する者
- ・ 実施者：研究開発等技術関連事業を受託又は補助金交付等を受けて行う個人、機関等
- ・ 推進部署：研究開発等技術関連制度（施策）・事業を推進する省内の部署（研究開発担当課室、研究開発運営管理機関所管課、研究開発実施機関所管課等）
- ・ 査定部署：予算等の査定を行う省内の部署（大臣官房会計課、資源エネルギー庁総合政策課等）
- ・ 外部評価：経済産業省における評価にあつては経済産業省内の部署を評価者とせず、外部の有識者・専門家等を評価者として実施する評価、研究開発運営管理機関及び研究開発実施機関における評価にあつては当該機関内の者を評価者とせず、外部の有識者・専門家等を評価者として実施する評価
- ・ 外部評価者：経済産業省における評価にあつては経済産業省に属さない外部の有識者・専門家であつて、制度や施策の推進に携わっていない者（評価のために任命された経済産業省の審議会等に属する者を含む。）、研究開発運営管理機関における評価にあつては当該機関に属さない外部の有識者・専門家

あって、制度や施策の推進に携わっていない者（評価のために任命された、当該機関の委員会等に属する者を含む。）

- ・ 評価事務局：研究開発の評価の事務局となる部署であり、評価者と異なり、評価の責任は負わない。
- ・ 評価者：評価の責任主体をいう。なお、評価の中立性・透明性を確保するために、外部の専門家及び有識者による評価を行う場合には、外部の専門家及び有識者が評価の責任主体となる（外部評価者からなる委員会を設置する場合（パネルレビューの場合）には同委員会が責任主体となる）。また、評価の結果を踏まえて、資源配分の停止や変更、制度（施策）・事業の内容の変更に責任を有するのは企画立案部門である制度（施策）・事業の所管部署（推進部署）又は研究開発運営機関である。
- ・ 被評価者：被評価者は制度（施策）・事業の推進部署、研究開発運営管理機関及び事業の実施者等であり、評価の種類により異なる。
- ・ パネルレビュー：外部評価者からなる委員会を設置し、必要に応じて被評価者を参加させて行う評価形態。（インターネット等を利用した電子会議を含む）
- ・ メールレビュー：外部評価者に対して郵便・FAX・電子メール等の手段を利用して情報を提供し評価結果を受けとる評価形態。

．評価の基本的考え方

1．評価目的

(1)研究開発に対する経済的・社会的ニーズの反映

研究開発の経済社会的な目標や経済産業政策上の位置付けを明確にすること等により、研究開発に対して確実に経済的・社会的ニーズを反映させること。

(2)より効率的・効果的な研究開発の実施

評価をする者（評価者）と評価を受ける者（被評価者）が意見交換を通じ研究開発の意義、内容、達成状況、今後の方向性等について検討し、競争的な研究開発環境を実現し、より効率的・効果的な研究開発を実施していくこと。

(3)国民への制度（施策）・事業の開示

高度かつ専門的な内容を含む研究開発等技術関連制度（施策）・事業の意義や内容について、一般国民にわかりやすく開示していくこと。

(4)資源の重点的・効率的配分への反映

評価の結果を制度（施策）・事業の継続、拡大・縮小・中止など資源の配分へ反映させることにより産業技術戦略に沿った形で資源の重点化および効率化を促進していくこと。

(5)研究開発運営管理機関、研究開発実施機関の自己改革の促進

研究開発運営管理機関、研究開発実施機関自らが、評価を自己改革のための契機ととらえて、評価に評価システムをビルドインした自律的なシステムを構築すること。

2．評価の基本理念

評価の実施にあたっては、以下の考え方を基本理念とする。

(1)透明性の確保

推進部署、研究開発運営管理機関及び実施者においては、積極的に成果を公開し、その内容について広く学識者、成果の応用分野の有識者等の意見を聴くこと。評価事務局においては、透明で公正な評価システムの形成、定着を図るため、評価手続、評価項目・評価基準を含めた評価システム全般について予め明確に定め、これを公開することにより、評価システム自体を誰にも分かるものとするとともに、評価結果のみならず評価の過程について可能な限り公開すること。

(2)中立性の確保

評価を行う場合には、被評価者に直接利害を有しない中立的な者である外部評価の導入等により、中立性の確保に努めること。

(3)継続性の確保

研究開発等技術関連制度（施策）・事業においては、個々の評価がそれ自体意義を持つだけでなく、評価とそれを反映した制度（施策）・事業の推進というプロセスを繰り返していく時系列のつながりにも意義がある。したがって、推進部署にとって評価結果を後の施策等の企画立案に反映させ易い、継続性のある評価方法で評価を行うこと。

(4)実効性の確保

政策目的に照らし、効果的な制度（施策）・事業が行われているか判断するための効率的評価が行われるよう、明快で実効性のある評価システムを確立・維持するとと

もに、制度（施策）・事業の運営に支障が生じたり、評価者及び被評価者双方に過重な負担をかけることのない費用対効果の高い評価を行うこと。

3．本指針の適用範囲

本指針においては、多面的・階層的な評価を実施するため、経済産業省における予算措置、政策金融、税制措置及び法律に基づく研究開発等の技術関連制度（以下、「制度（施策）」という。）、予算措置を伴う研究開発等の技術関連事業（研究開発要素のない調査研究は含まない。以下、「事業」という。）、研究開発運営管理機関及び実施者を対象とする。したがって、評価の種類としては、制度を対象とする制度（施策）評価、事業を対象とする課題（事業）評価及び機関を対象とする機関評価の3つに大別される。

なお、評価の種類としてはこの他に研究者評価が存在するが、これは研究機関の長が評価のためのルールを整備した上で、責任を持って実施することが基本であり、本指針では取り上げない。

4．評価の種類・階層構造及びリンケージ等

(1)実施時期による類型

制度評価はその実施時期により、事前評価及び中間・事後評価に類型化される。課題評価は事前評価、中間・事後評価及び追跡評価に類型化される。

(2)評価の階層構造

制度評価では、個別制度を評価する制度評価と、複数の制度のバランス、相互の関係の妥当性等を評価する制度構造評価を行うものとする。また、中間・事後評価段階における課題評価では、事業の目標達成度の把握や社会経済情勢の変化を踏まえた改善・見通しのための評価（中間・事後評価）と複数の事業を産業技術戦略に基づく分野ごとにまとめて俯瞰的視点から事業分布の妥当性等を判断する評価（分野別評価）の二階層に分けて実施する。

(3)各評価類型間のリンケージ

中間・事後評価は当該制度（施策）・事業の達成状況や社会経済情勢の変化を判断し、計画の見直しや後継事業等への展開の是非を判断するものである。また、事前評価での予想が実際にどのような結果となったか、予算措置は妥当であったか等を確認することにより、事前評価の方法を検証し得るものである。

したがって、中間・事後評価等の結果を産業技術政策・戦略の立案や、より効果的な事前評価の評価手法の確立に反映させるよう努めるものとする。

なお、中間・事後評価も同様に追跡評価にて検証されるものである。

5．評価方法等

厳正な評価を行うためには、評価方法、評価項目等に一貫性を持たせることが必要であることから、本指針の策定をはじめ評価実施に係る諸規程等を整備のうえ、公開するものとする。

技術評価調査課は本指針を踏まえ、指針細則を策定するとともに、省内における円滑な評価の実施のための指導及び評価システムの維持管理を行う。

(1)制度・事業原簿

正確な情報に基づく評価を行うべく、制度・事業に関する情報の文書化と文書の保存、整理（ドキュメンテーション）を徹底する。このため、推進部署又は研究開発運営管理機関は、制度（施策）・事業開始時に実施の決定した制度・事業毎に原簿を作成する。これは、制度・事業開始時にあらかじめ定めた目標設定値等を、中間・事後評価時に実績と照合してその適否の判断が可能となるよう、具体的に明記するものである。原簿には、制度・事業の進捗に応じ、進捗状況、中間・事後段階の評価等を追加していくものとする。

制度・事業原簿を作成・改定した場合は、速やかに写しを技術評価調査課へ、作成・改定主体が研究開発運営管理機関である場合は、技術評価調査課及び推進部署へそれぞれ提出する。制度・事業原簿において記述すべき標準的項目は別途定める。

(2) 評価項目・評価基準

評価の類型及び制度（施策）・事業の態様等に応じて標準的な評価項目、評価基準を別途定めることとする。

また、制度・事業原簿作成時点において、推進部署または研究開発運営管理機関は原簿の記載事項として標準的な評価項目等を踏まえ、中間・事後評価の評価項目・評価基準を策定しておくものとする。

(3) 評価手続・評価手法

評価の類型に応じて適切な評価手法を用いるものとする。なお、複数の事業間の相対的評価を行う場合等においては、評点法の活用が有効と考えられ、評価の類型及び対象案件の態様に応じ適宜活用することが望ましい。

6. 評価結果等の取扱い及び公開の在り方

(1) 評価結果等の取扱いについて

評価事務局は、評価終了後速やかに評価書の写しを技術評価調査課に提出する。技術評価調査課は全ての評価結果について、これまでに実施された関連調査及び評価の結果、評価の実施状況等を踏まえつつ意見をまとめ、査定部署等及び政策評価広報課に報告できることとする。

(2) 予算査定との関係

査定部署（制度の評価等の場合は「査定部署等及び政策評価広報課」）は、技術評価調査課から事前評価等の評価書の提出を受けた場合は、技術評価調査課の意見を踏まえつつ制度（施策）・事業の評価等を行う。事前評価に関しては査定部署の評価を終えた事前評価書に記載された制度（施策）・事業の内容をもって、推進部署と査定部署との間の合意事項と見なし、査定部署はこれを踏まえて予算査定等を行う。ただし、研究開発運営管理機関において行われる事業に関する事前評価についてはこの限りでない。

(3) 評価結果等の公開の在り方

評価結果及びこれに基づいて講ずる又は講じた措置については、機密の保持が必要な場合を除き、個人情報や企業秘密の保護、知的財産権の取得等に配慮しつつ、一般に公開することとする。なお、事前評価については、政策立案過程の透明化を図る観点から、評価事務局は経済産業省の案として確定した後及び国会の審議を経て確定した後に、それぞれ公開するものとする。委員会を組織して評価を行う場合、議事録の公開、委員会の公開等については、「審議会等の透明化、見直し等につい

て」(平成7年9月29日閣議決定)に準じて行うものとする。

7. 評価システムの不断の見直し

いかなる評価システムにおいても、評価は評価者の主観的判断によってなされるものであり、その限りにおいては、完璧な客観性、公平性を求めることは困難である。したがって、評価作業が終了する度ごとにその評価方法を点検、より精度の高いものとしていく努力が必要である。また、本指針については、こうした一連の作業を踏まえ、原則として毎年度、見直しの要否を検討(意見聴取)する。

8. 評価体制の充実

評価体制の充実を図るため、研究者の評価者としての活用などにより評価業務に携わる人材を育成・確保するとともに、研究開発費の一部を評価費用に充てるなど評価に必要な資源を確保する。

9. 評価データベース等の整備

技術評価調査課は、国内外の適切な評価者を選任できるようにするため、及び個々の評価において普遍性・信頼性の高い評価を実現するため、個々の研究開発等技術関連事業についての研究者、資金、成果、評価者、評価結果をまとめたデータベースを整備する。

また、競争的資金による研究課題に対する評価など、審査業務等を高度化・効率化するために必要な電子システムの導入も促進する。

10. 評価における留意事項

(1) 評価者と被評価者の対等性

評価者と被評価者の関係

評価作業を効果的に機能させるためには、評価者と被評価者の双方が積極的にその知見と情報を提供し合うという協調的関係と、評価者もその評価能力を評価されるという意味で相互に相手进行评估するという緊張関係を構築し、この中で、討論を行い、評価を確定していく必要がある。この際、評価者は、不利な成果等被評価者が自ら進んで提示しない事実があるかどうかを見極める能力が要求される。こうした討論の過程で被評価者が評価対象制度(施策)・事業について全体の中での位置付けを明確に認識するとともに、評価結果を正確に理解し、評価結果を確実にその後の制度(施策)・事業の創設、運営等に反映させていくものとする。

評価者に係る留意事項

研究者が評価者となる場合、評価者は、評価作業を評価者自らの研究を妨げるものとして捉えるべきではなく、自らの研究の刺激になる行為として、積極的に取り組むことが必要である。

被評価者に係る留意事項

被評価者は、評価を事業の質をより高めるものとして積極的に捉え、評価は評価者、被評価者両者の共同作業であるとの認識の下、真摯な対応を図ることが必要である。

(2) 評価の不確実性

評価時点では見通し得なかった技術、社会情勢の変化が将来的に発生し得るという点で評価作業は常に不確実性を伴うものである。したがって、評価者はその精度の向上には、必然的に限界があることを認識した上で、評価時点で最良と考えられる評価手法をとるよう努めることが必要である。係る観点からは、厳正さを追求するあまりネガティブな面のみを過度に減点法で評価することとなると、将来大きな発展をもたらす技術を阻害するおそれがある点にも留意する必要がある。

また、研究開発にはしばしば当初目的としていなかった成果が生じることがあるが、こうした成果も積極的に評価することが必要である。ただし、これはあくまでも副次的効果であり、本来目指していた成果が十分得られなかったことを補償するものとして位置付けるべきではない。

(3) その他の留意事項

外国人、外国機関の活用

評価者として、外国人、外国シンクタンクを活用することは、被評価制度（施策）・事業又は被評価機関と利害関係のない高い中立性を有した人材を求める上で有効であり、また、研究風土、経済社会環境の異なる立場からの意見を求め得る点でも有益と考えられる。ただし、一方で、これらに当該制度（施策）・事業または機関の政策的意義等を含めた評価に必要な情報を十分に移転、説明することには時間的、資金的な制約が伴う点にも十分留意する必要がある。

所期の成果を上げられなかった研究開発

研究開発は必ずしも成功するとは限らず、また、失敗から貴重な教訓が得られることもある。したがって、失敗した場合には、まずその原因を究明し、今後の研究開発にこれを生かすことが重要であり、成果を上げられなかったことをもって短絡的に従事した研究者や組織、機関を否定的に評価すべきものではない。また、評価が野心的な研究開発の実施の阻害要因とならないよう留意しなければならない。

数値的指標の活用

論文の被引用度数、特許の申請状況等による成果の定量的評価は一定の客観性を有するが、研究開発制度（施策）・事業においては研究分野や内容により、その意味は大きく異なり得るものであり、必ずしも研究開発成果の価値を一義的に表すものではない。したがって、これらを参考資料として有効に活用しつつも、偏重しないよう留意すべきである。

計量標準等に関する評価

各種観測調査や遺伝子資源の収集・利用、計量標準の維持、安全性等に関する試験調査等については、それぞれの業務の性格にかんがみると、本指針における評価手法をそのまま適用することは必ずしも適切ではない。したがって、これらについては、それぞれに応じた適切な手法を用いる配慮が必要である。

． 評価の種類と実施方法

． 1 制度（施策）評価

制度評価は、研究開発を始めとする技術に関する制度そのものについての評価であり、個々にその目的・意義、設計、成果、効率性等について評価する。個別制度の事前評価及び中間・事後評価並びに複数の制度の制度構造評価を行う。

1．事前評価

新規制度の創設に当たって行う評価

(1)評価者

推進部署

(2)被評価者

推進部署

(3)評価事務局

推進部署

(4)評価手続・評価手法

可能な限り外部の専門家や、経済的・社会的ニーズについて指摘できる有識者等の知見を活用しつつ評価を行う。

(5)評価項目

評価事務局は、別途定める標準的な評価項目・評価基準、産業技術戦略及びこれまでの関連する評価結果等を踏まえ評価項目・評価基準を策定する。

全ての制度について制度実施予定期間の妥当性に関して評価する。

2．中間・事後評価

制度創設後、一定期間継続的に実施しているものについて、個別制度ごとに中間・事後評価を実施する。大幅な制度改正を行う場合には、新たな制度の事前評価として実施する。

(1)評価者

制度の目的や態様に則した専門家や、経済的・社会的ニーズについて指摘できる有識者等の外部評価者。

(2)被評価者

推進部署

(3)評価事務局

推進部署。但し、必要に応じて技術評価調査課が行うこともできる。

(4)評価手続・評価手法

外部評価者が制度原簿、制度から得られた成果、制度の運営状況等を基に、パネルレビューにより評価を実施する。

(5)評価項目・評価基準

特段の情勢変化がない限り、事前評価の結果を反映した制度原簿策定時の評価項目・評価基準とする。情勢変化に応じて評価者が追加・修正するものとする。

(6)実施時期

事前評価段階であらかじめ決定された時点及び社会情勢の変化を踏まえ、緊急に評価する必要が生じた時点に実施。

3. 制度構造評価

複数の制度間の整合性や施策効果の相対比較、バランスの妥当性等を評価し、経済産業省における制度全体について今後の方向性等を検討する上での知見を提供する。

(1) 評価者

経済産業省における制度の目的や態様に則した専門家や、経済的・社会的ニーズについて指摘できる有識者等の外部評価者。

(2) 被評価者

推進部署

(3) 評価事務局

関連する推進部署が合同で行う。但し、必要に応じて技術評価調査課が行うこともできる。

(4) 評価手続・評価手法

外部評価者が各制度の制度原簿、これまでに実施された各種評価の結果、関連部署・機関及びその他関係者等からの聞き取り調査等をもとに、パネルレビューにより評価を行う。

(5) 評価項目・評価基準

評価項目・評価基準は別途定める。

(6) 実施時期

推進部署または技術評価調査課の判断により適宜実施する。

2 課題（事業）評価

課題評価は、事業についての評価であり、競争的資金による研究課題、プロジェクト、プログラムといった研究開発等の事業の内容や性格、評価の実施時期等から以下のように分類する。

1 競争的資金による研究課題に関する評価

(1) 事前評価

新規事業の選定時に行う評価。

評価者

事業の目的や様態に則した専門家や、経済的・社会的ニーズについて指摘できる有識者。その際、被評価者と同じ機関に所属する等の専門家は排除するため、例えば評価事務局は予め全評価者名を公表し、被評価者に対して申請時に利害関係者の存在を併せて書面にて宣誓することを求める等の措置を講ずる。また、評価者には秘密保持を義務づける。

被評価者

事業の提案者

評価事務局

推進部署又は研究開発運営管理機関

評価手続・評価手法

評価に当たっては、研究目標、エフォート(企業等法人を対象にする場合を除く)の明記を原則求める。被評価者と利害関係のない事業の専門家によるメールレビュー又はパネルレビューによる評価を行う。採択に当たっては、他の競争的資金による研究課題等との重複が生じないようにする。評価事務局は事業の提案者へ不採択の結果を通知する場合には、原則として評価項目別に詳細な評価内容を提示するとともに、不採択となった提案者からの問い合わせに応じるための環境を整備する。

評価項目・評価基準

評価事務局は、別途定める標準的な評価項目・評価基準を基に評価項目・評価基準を策定する。その際、原則として、国際的な視点で見た新規性、革新性を最重要の評価基準の一つとするとともに、質を重視した評価を行う。全ての事業について実施予定期間の妥当性に関して評価する。

(2) 中間・事後評価

事業の目標達成度の把握とともに事業の継続、拡大・縮小、中止等の資源配分の判断を行うための評価。

評価者

事業の目的や態様に則した専門家や、経済的・社会的ニーズについて指摘できる有識者。

被評価者

事業の実施者

評価事務局

推進部署又は研究開発運営管理機関。但し、必要に応じて技術評価調査課が行うこともできる。

評価手続・評価手法

競争的資金による継続的な研究の必要性や、また、主として技術シーズの創造を目的とする研究の場合には、プロジェクトおよびプログラムへの発展の可能性の有無が判断できる手法により評価を行う。

評価項目・評価基準

事業原簿に記された評価項目・評価基準とする。

実施時期

全事業について、原則事業期間中及び事業終了直後に実施する。事業期間が3年を超える場合には、事業期間中に中間評価を実施する。

2. プロジェクトに関する評価（3.に係るプロジェクトは除く）

(1) 事前評価

新規事業の創設に当たり、当該事業の予算要求前に行う評価

評価者

推進部署

被評価者

推進部署

評価事務局

推進部署

評価手続・評価手法

可能な限り外部専門家や、経済的・社会的ニーズについて指摘できる有識者等の知見を活用しつつ評価を行う。

評価項目・評価基準

評価事務局は、別途定める標準的な評価項目・評価基準、評価時点における産業技術戦略及びこれまでの関連事業等の中間・事後評価結果等を基に評価項目・評価基準を策定する。

全ての事業について実施予定期間及び中間・事後評価の時期及び評価項目の妥当性に関して評価する。

(2) 中間・事後評価

事業の目標達成度の把握や社会経済情勢等の変化を踏まえた改善・見直しのための評価。

評価者

事業の目的や態様に則した専門家や、経済的・社会的ニーズについて指摘できる有識者等の外部評価者

被評価者

実施者及び研究開発運営管理機関

評価事務局

研究開発運営管理機関内の評価担当部署。但し、より客観的かつ厳格な評価が必要と認められる場合には、推進部署。但し、必要に応じて技術評価調査課が行うこともできる。

評価手続・評価手法

事業原簿、成果報告及び運営状況報告等を基に、外部評価者からなるパネルレビューにより評価を行う。また、必要に応じ、評点法の活用による評価の定量化を行うこととする。

評価項目・評価基準

事業原簿に記された評価項目・評価基準とする。情勢変化に応じて評価者が追加・修正するものとする。

実施時期

全事業について、原則、事業終了直後に事後評価を実施する。事業期間が5年以上の場合及び後継事業の提案を予定する場合には、事業期間中に中間評価を実施する。後継事業が実施されることとなった事業については、事後評価を省略し、後継事業終了時にあわせて評価を実施することができることとする。

3. プログラムに関する評価

経済産業省が、政策目標の達成のため、統一的な体系の下、関連諸施策との連携を保ちながら一貫性を持って複数のプロジェクト等の研究開発事業を実施するプログラムについての評価を行う。ただし、プログラムに位置付けられた競争的資金による研究課題についての評価は競争的資金による研究課題に関する評価によるものとする。

(1) 事前評価

新規プログラムの創設に当たり、予算要求前に当該プログラム全体について事前に評価を行った上で、プログラムの事前評価終了後、プログラムを構成する各プロジェクト毎に事前評価を行う。

評価者

プログラム全体については推進部署。各プロジェクトについては研究開発運営管理機関。

被評価者

プログラム全体については推進部署。各プロジェクトについては研究開発運営管理機関。

評価事務局

プログラム全体については推進部署。プログラムを構成する各プロジェクトについては研究開発管理運営機関。

評価手続・評価手法

事業の目的や態様に則した専門家や、経済的・社会的ニーズについて指摘できる有識者等の知見を活用しつつ評価を行う。プログラムを構成する各プロジェクトについては研究開発運営管理機関が、可能な限り外部評価者等の知見を活用しつつ評価を行う。

評価項目・評価基準

評価事務局は、別途定める標準的な評価項目・評価基準、評価時点における産業技

術戦略及びこれまでの関連事業等の中間・事後評価結果等を基に評価項目・評価基準を策定する。

全ての事業について実施予定期間及び中間・事後評価の時期及び評価項目の妥当性に関して評価する。

(2) 中間・事後評価

事業の目標達成度の把握や社会経済情勢等の変化を踏まえた改善・見直しのための評価。事業期間中、中間評価を実施するとともに事業終了直後に事後評価を実施する。その際、プログラム全体の評価とプログラムを構成する各プロジェクトの評価とを同じ時期に行うことを原則とする。

評価者

事業の目的や態様に則した専門家や、経済的・社会的ニーズについて指摘できる有識者等の外部評価者

被評価者

プログラム全体については、推進部署。プログラムを構成する各プロジェクトについては、実施者及び研究開発運営管理機関。但し、研究開発以外の関連諸施策については推進部署

評価事務局

プログラム全体については推進部署。但し、必要に応じて技術評価調査課が行うこともできる。プログラムを構成する各プロジェクトについては研究開発運営管理機関

評価手続・評価手法

事業原簿、成果報告及び運営状況報告等を基に、外部評価者からなるパネルレビューにより評価を行う。また、必要に応じ、評点法の活用による評価の定量化を行うこととする。

評価項目・評価基準

事業原簿に記された評価項目・評価基準とする。情勢変化に応じて評価者が追加・修正するものとする。

実施時期

全事業について、原則、研究開発終了直後に事後評価を実施する。

事業期間が5年以上の場合及び後継事業の提案を予定する場合には、事業期間中に中間評価を実施する。

後継事業が実施されることとなった事業については、事後評価を省略し、後継事業終了時にあわせて事後評価を実施することができることとする。

また、研究開発終了後一定期間経た時点で、研究開発以外の関連諸施策について事後評価を実施する。

4. 分野別評価

対象となる複数の事業を産業技術戦略に基づく分野ごとにまとめて俯瞰的視点から事業分布の妥当性を評価するとともに、中間・事後評価結果等を踏まえ、これら事業の相対的位置付けや今後の方向性等に関する評価を行う。

評価者

評価対象分野に知見のある専門家や、経済的・社会的ニーズについて指摘できる有識者等の外部評価者。

被評価者

評価対象となる事業の推進部署

評価事務局

技術評価調査課又は技術評価調査課及び直接事業を担当しない部署との合同事務局

評価手続・評価手法

事業原簿、成果内容及び運営状況報告等を基に外部評価者からなるパネルレビューにより評価を行う。複数の事業をまとめて分野別に俯瞰的観点から整理・分析するとともに、評点法を適宜活用しつつ相対的評価を実施し、各事業ごとの今後の方向性等について提言する。

評価項目・評価基準

複数事業の分布バランス、相対的位置付け、各事業の方向性等の他、必要に応じて研究開発の態様等を踏まえ評価事務局が設定する。

5. 追跡評価

既に終了して数年から十数年経った事業を対象に、その研究開発活動や研究開発成果が産業、社会に及ぼした効果について調査し、その調査結果を基に現在の視点から総合的に評価を行う。

評価者

分野の専門性をバックグラウンドに持つ専門家、経済社会のニーズ、研究開発の波及等について指摘できる有識者等の外部評価者

被評価者

対象となる事業及び関連する事業等に携わった省内部署、研究開発運営管理機関及び実施者

評価事務局

技術評価調査課

評価手続・評価手法

パネルレビュー又は第三者機関への委託による外部評価を原則とする。

過去の事業原簿等の文献データ、関連部署・機関及びその他関係者等からの聞き取り調査等による情報を基に評価を行う。

評価項目・評価基準

事業の波及効果等を中心に別途定める。

実施時期

事業終了後、成果の産業社会への波及が進展したと考えられる時点

6. 研究開発以外の技術に関する事業

経済産業省における研究開発以外の技術に関する事業についての評価を行う。

(1) 事前評価

新規事業の創設に当たり、当該事業の予算要求前に行う評価。

評価者

推進部署

被評価者

推進部署

評価事務局

推進部署又は制度運営機関

評価手続・評価手法

可能な限り外部専門家、有識者等の知見を活用しつつ評価を行う。

評価項目・評価基準

評価項目・評価基準は別途定める。

全ての事業について事業実施予定期間の妥当性に関して評価する。

(2) 中間・事後評価

事業の目標達成度の把握や社会経済情勢の変化を踏まえた改善・見直しのための評価。事業期間中、中間評価を実施するとともに事業終了直後に事後評価を実施する。

評価者

事業の目的や態様に則した専門家、有識者等の外部評価者

被評価者

推進部署又は制度運営機関

評価事務局

推進部署又は制度運営機関。但し必要に応じて技術評価調査課が行うこともできる

評価手続・評価手法

事業原簿、成果報告及び運営状況報告等を基に、外部評価者からなるパネルレビューにより評価を行う。

評価項目・評価基準

事業原簿に記された評価項目・評価基準とする。情勢変化に応じて評価者が追加・修正するものとする。

実施時期

全事業について、原則、事業終了直後に事後評価を実施する。

事業期間が長期にわたる場合には、事業期間中に中間評価を実施する。

3 機関評価

研究開発運営管理機関又は研究開発実施機関として国の資金が投入されているNEDO等の特殊法人、特別認可法人、公益法人、技術研究組合などの機関に対する評価を行う。なお、機関が独立行政法人の場合には本指針に基づく機関評価を行わず、独立行政法人通則法の規定に基づく評価体系の下で実施される独立行政法人評価委員会による評価に委ねることとする。

1. 評価者

機関の目的や様態に則した専門家、有識者等の外部評価者。なお、評価事務局が機関自らとなる場合には、推進部署の助言を得て評価者を選定する。

2. 被評価者

研究開発運営管理機関又は研究開発実施機関

3. 評価事務局

推進部署、研究開発運営管理機関又は研究開発実施機関

4. 評価手順・評価手法

各機関は、機関毎の中長期計画の期間にあわせて、例えば5年程度毎に機関の役割、位置付け等を含めて評価内容全般にわたって総合的に評価する。

研究開発の実施・運営に関しては、機関によっては多様な範囲にわたる制度・事業が存在する。これらを一律に評価することは適切ではないため制度・事業の性格に応じて、例えば、制度・事業のまとめり毎に、短期的に（例えば毎年）評価を実施することにより機関全体の評価に資する。なお、研究開発の実施・運営面以外の点に関する評価（例えば、組織運営、会計等に関する評価）についても短期的に評価を行うことは妨げられない。

5. 評価項目、評価基準

評価事務局は、別途定める標準的な評価項目の評価基準を基に評価項目・評価基準を策定する。

6. 評価結果の活用

評価結果は公表するとともに機関自らが自己改革の契機ととらえ、積極的に活用する。また、評価結果への対応状況は次回の機関評価の評価項目とする。

さらに、機関評価の結果は、運営責任者たる機関長の評価につなげる。

参 考 资 料 B

研究实施者提供资料

B 研究実施者提出資料

本内容は評価に際してプロジェクト推進部署から提出された資料の要約である。

．プロジェクトの概要

1．事業の目的・政策的位置付け

リアルワールドコンピューティングプロジェクトが開始した10年前において、情報化の波は社会の到るところに浸透しつつあった。産業の場へのコンピュータの進出はもちろん、家庭においても、ワードプロセッサやパーソナルコンピュータの普及が急激に進展していた。また、こうした目に見える情報機器のみならず、家庭電気製品、自動車、など多数の製品に組み込まれているマイクロコンピュータという存在もあった。そして、社会に浸透したコンピュータは相互に結合されてネットワークを形づくり、情報に対して誰もが自由にアクセスでき、必要とする情報やサービスを容易に入手し、また、他人に伝えたい情報を自在に発信することが可能となる、情報ネットワーク社会をもたらしつつあった。

このような状況において、処理されるべき情報は量的に増加するのみならず、情報の質すなわち、種類も多種多様なものになっていった。そして、高度な情報ネットワーク社会の基盤として、あらゆる人が実世界もしくはネットワーク上の大量で多様な情報を、より高度で容易に利用できるようになるための技術が強く求められた。

しかし、情報技術の観点からコンピュータには克服すべき極めて重要な技術課題が存在する。人間が日常的に行っている情報処理技術には、論理的情報処理と直観的情報処理の二つの側面がある。コンピュータの誕生以来、それまで人間が行ってきた論理的情報処理機能をコンピュータによって代替する営為が行われてきた。コンピュータの高速かつ大規模な論理的情報処理能力は、情報化社会の基盤を支えており、産業的意味のみならず文化的にも社会にとって不可欠の存在となっている。しかしながら、直観的情報処理については、現在に至るまで技術的発展が著しく遅れている。コンピュータは高速計算能力、データの直接的な記憶能力において人間をはるかに越えている。しかし、限られた時間内に、不完全なあるいは曖昧な情報をもとに状況を認識・理解する能力、総合的に判断してそれなりに適切な行動を起こす能力、そして最初は下手でも繰り返しているうちに次第に上手になるという学習能力などの、人間にとっては日常的ないわば「柔らかな情報処理」能力において、コンピュータは著しく人間に劣っている。今後の高度情報化社会においては、この

「柔らかな情報処理」が新しい情報処理技術として求められている。

一方、「柔らかな情報処理」の実現には、多形態（マルチモーダル）情報を分散的に表現し、並列分散的に実時間で処理することが要求される。人間の感覚系、記憶、思考の階層の中では、様々なモジュールが殆どランダム（非同期）に動作し相互作用する中で、ある集団的処理が起こる。この処理は極めて無駄が多い上に、常に完全な論理が展開されるわけでもない。しかし、ある程度型にはまった処理（統合処理）が独立的に進行し、そのいずれかが選ばれるという「競合と協調」のイメージである。柔らかな情報処理機能の実現には膨大な計算量が必要であり、並列システム上での実現が求められている。そして、この並列処理技術はコンピュータアーキテクチャの立場からも素子速度の限界を打ち破る技術として注目されており、今後の情報処理技術を支えるシステム基盤として、極めて重要である。

以上のような背景のもと、本プロジェクトの開始にあたっては、
柔らかな情報処理の基本原理の探求による革新的技術の理論基盤の確立および応用システムを構築するための新しい要素機能の具体化、
システム基盤としての超並列システムの開発および運用、
光の持つ原理的な超並列性超高速性に注目をした、柔らかな情報処理の実現への
1つのアプローチとしての光情報処理の要素技術、
の3つの階層での研究開発を行うことにより、21世紀の高度情報化社会において必要とされる情報技術の基盤を確立することを目的とした。

プロジェクトの開始から10年が経過をし、インターネット、携帯電話が急速に普及をするなど、情報化の波は激しさを増している。そして、あらゆる人がネットワーク上の大量で多様な情報を、より高度で容易に利用できるようなという要求はその間も変わることなく存在している。本プロジェクトでは、平成9年度に評価推進委員会による中間評価をもとに事業の見直しを行い、実世界知能技術分野と並列分散コンピューティング技術分野の2分野に重点をおいた。情報技術の高機能化および高速化という社会的要求により近い研究開発体制を組み、当初からの目的である21世紀の情報技術の基盤確立を目指すこととしたのである。

情報化社会は新たな財・サービスの提供、生産流通の合理化などの産業活動のみならず、国民生活水準の質的向上、地域の振興、さらには教育や文化の面など、国民生活全般に革新的な変化をもたらす。このための基盤技術を確立することは、我が国にとって極めて重要であり、この面で諸外国に立ち遅れることは、産業界のみならず、文化や教育などを含んだ国の根幹となる社会基盤の立ち後れをも意味することとなる。よって、このための基盤技術を確立することは、我が国にとって極めて重要な政策課題である。

2. 研究開発目標

2.1 事業の全体目標

21世紀の高度情報社会において必要とされる情報技術の基盤を確立することを目的とする。

コンピュータは急速に発展し、大きな計算パワーを提供するようになった。しかしながら、例えば、パターン認識、不完全情報に基づいた問題解決、学習能力といった多くの分野において、コンピュータによる情報処理は依然として柔軟性に欠け、人間の足元にも及ばない。

21世紀の情報化社会においては、コンピュータの利用範囲の拡大や多様化が予測される。このような状況で、人間とコンピュータの高度な協調関係を生み出し、革新的かつ包括的な技術の創造を支援するために、人間の情報処理能力により近く、実世界の多様な情報を処理する、先進的で柔軟な情報処理基盤の確立を目指す。

21世紀の情報システムは、単一の技術ではなく、多くのキーテクノロジーに支えられて初めて実現すると予測される。これらの基盤技術の開発と統合、実世界問題への適用を試みるとともに、得られた知見を広く世界に公開することを目指す。この基礎的、挑戦的目標を達成するためには、国際的・学際的連携の促進も重要である。

[前期]

この目標達成のために平成4～8年度の前期においては、次の3つの方向で探索的研究を行った。

理論・新機能：人間のような柔らかな情報処理を実現するための基礎となる理論および新機能

これを支える計算基盤としての超並列システム

光技術の開発

[後期]

前期における研究の評価については、評価推進委員会や各準備委員会などによる見直しを行い、結果をリアルワールドコンピューティング研究開発中間報告書としてまとめた。これを踏まえて、後期においては、研究資源を集約し、2つの分野、実世界知能技術分野と並列分散コンピューティング技術分野に研究を分け、各分野を更にいくつかの領域に分けて、重要な要素技術の確立を図る方向で研究を進めた。

以下にそれぞれの基本理念を示す。

2.2 実世界知能技術分野

(1) 背景

現在の情報処理技術は、論理・手続型情報処理を柱としており、予め定められたアルゴリズムに従って、効率良く処理を行うアプリケーションに適する。しかしながら、実世界における情報の多くは、時空間的に広がりを持つパターン情報であり、莫大な多様性と曖昧性を特徴とする。このようなパターン情報が対象となる場合は、例えば人物の認識や人との対話のように、予めあらゆる状況を想定してアルゴリズムを用意しておくことは不可能であって、アルゴリズム自体が不明であることも多い。人間の脳は、パターン情報を並列・統合的に処理するとともに、経験によって神経回路の結線を自ら変える学習・自己組織化機能によって、未知の状況や環境の変化への適応能力を高めていると考えられている。情報処理技術の適用や応用範囲の拡大を図るためには、このような情報統合・学習型情報処理能力を、現在の情報処理技術に新たに付加することが不可欠である。

(2) 目的

従来の情報処理技術に情報統合・学習型情報処理能力（実世界知能）を付加するための基盤技術等を開発し、情報処理の応用分野の拡大を図る。

(3) 目標

実世界の情報をそのままの形で受けとり、環境や状況を認識または推測し、自律的に応答する事ができる情報統合・学習型情報処理システムに必要な次の要素技術等の確立を行う。

情報統合技術

実世界における曖昧さ・不確かさを含む不完全な画像・音声などの情報を統合的に処理し、認識・理解や総合的判断、行為の決定に利用するための技術。（従来は、画像・音声などのマルチモーダル情報は別々に扱われてきた。これに対して、これらを総合的に扱う技術を開発する。）

学習・自己組織化技術

実世界との相互作用を通してシステムが自律的に情報を収集し、自らの機能を適応させるための技術。（従来は情報の収集・データベース（DB）化などは人手によって行われてきた。また、マルチメディアDBといっても本質的にはテキストDBであった。これに対して、生データを人手を介さずに格納し、テキスト以外の方法でも探索できる技術を開発する。）

(4) 概要

認識・理解、対話、問題解決、制御等の要素的機能を含む3種類の機能実証システムの構築を並行研究方式によって行い、理論・アルゴリズム基盤研究との連携によって情報統合技術、学習・自己組織化技術等の確立を図る。同時に、これらの技術の実現に有用な実時間・適応処理が可能なデバイスを開発する。また、研究開発に必要な実世界情報データベース、ベンチマークとなる課題、ソフトウェアライブラリ等の整備を行う。

機能実証システム：マルチモーダル機能

情報システムを、音声や画像等を組み合わせた様式で利用するためのエージェント型のヒューマンインタフェース技術の研究。

人間が通常使用している音声や画像などを合わせた自然な対話様式でコンピュータの利用を可能にする次世代ヒューマンインタフェースの研究開発である。これにより、計算機が著しく簡単に使用できて、利用者層を拡大すると共に新しい適用分野を開拓する技術を開発する。

機能実証システム：自律学習機能

実環境内を自律的に移動し、センシングや対話等を通じて環境と自らをとりまく情報を収集、学習し行動することのできるエージェントシステムを開発する。

すなわち、実世界の多様な情報（音声、環境音、人の動きなど）をロボット（計算機）が能動的、自動的に把握し（従来技術では人間が入力する必要がある）、把握した実世界の情報を利用して、ロボット（計算機）が人と共存し、自然なコミュニケーションを行うことが可能な技術を開発することを目標とする。

機能実証システム：自己組織化情報ベース機能

実世界あるいは情報ネットワーク上の多様な情報を自己組織的に整理、要約、検索、提示することのできるエージェントシステムを開発する。

ネットワークの発展に伴い、情報DBの大規模な分散化が進んでいる。また、その情報のメディアも従来の文章主体のものから、動画、音声など多様なメディアが普及しつつある。このようなマルチモーダルデータのデジタル・アーカイブの著しい増大の中で利用者が真に望む情報に効率的にアクセスできるよう、大量かつ多様な情報を自動的に組織化し、相互に検索する機能を実現することにより、従来のようなキーワードのみによる検索や関係DBによるテキスト主体の検索よりも検索の方法、対象、機能、使い勝手などを格段に向上できることが期待される基盤技術。

理論・アルゴリズム基盤

情報統合、学習・自己組織化、最適化手法などの基礎理論や共通手法の研究を行う。すなわち、現実の世界の不確実な情報や複雑な知識を扱うことのできる情報統

合・学習型情報処理の汎用的で実効効率の高い基本アルゴリズムを、確率・統計的手法に基づき開発する。

実世界適応デバイス

実時間処理を行うための高速性及び適応性を備えた次世代フィールドプログラマブルゲートアレイ等の適応デバイスの開発。実世界知能技術の確立には、音声や画像など大量の実世界情報を実時間内で高速に処理する必要がある。計算機を用いたソフトウェアによる処理は柔軟性に富む反面、処理速度が遅い。一方、応用アルゴリズム毎に専用のハードウェアを作成する方式では、処理速度は速くなる反面、開発・製造コストが高く、柔軟性に乏しいという欠点がある。応用ごとのアルゴリズムに最適な構造にハードウェアレベルで再構成可能で高速処理を実現できる次世代FPGA (Field Programmable Gate Array)、及び、超高速画像処理等を実現する並列光入出力を有する処理システムを開発し、実世界の多様な情報を実時間で高速かつ柔軟に処理する事を可能とする技術開発を行う。

2.3 並列分散コンピューティング技術分野

(1) 背景

21世紀の初頭にはデバイス技術による高速化が物理的な限界に達することが予測されており、コンピュータシステムの高性能化には様々なレベルでの並列分散技術が柱となると考えられる。技術的アプローチとしては、チップへの集積化を念頭においたマルチプロセッサシステム上で高速な処理を実現する技術及び多様化する計算需要に応え、分散システム上に存在する異機種 of 計算資源を動的に構成し、最適な並列処理環境を提供する並列分散処理技術が期待されている。また、並列環境上で効率良く動作する並列アプリケーションの実証的な開発も課題となっている。

(2) 目的

変化する多様な計算処理の需要に応じて最適な並列計算能力を得ることができる次世代並列分散環境(シームレス並列分散コンピューティング環境)の実現に必要な基盤技術等を開発するとともに、次々世代コンピューティングアーキテクチャの開発能力の向上を図る。

(3) 目標

マルチプロセッサシステムのハードウェア性能を効果的に利用するための並列化ソフトウェア技術(マルチプロセッサコンピューティング技術)を確立するとともに、様々なアーキテクチャの計算資源を、それらのアーキテクチャの相違を意識することなく利用することができる並列計算環境に必要な基盤技術(シームレス並列分散コンピューティング技術)を確立する。また、先端的な並列アプリケーション

の実証的な開発を行う。

(4) 概要

マルチプロセッサコンピューティング技術 [注]平成11年度まで
次世代高性能マルチプロセッサシステムやシングルチップマルチプロセッサ
(SCM) 開発のキーテクノロジーとなる並列性抽出・利用技術、スケジューリング技
術に代表される並列化要素技術の研究開発を次の2項目を柱として、ソフトウェア面
からのアプローチにより行う。

() 並列性抽出・利用技術

プログラムに内在する、命令レベル、ループレベル、プロシージャレベル等、
複数の粒度に渡る並列性を利用するためのプログラム解析基盤技術及び性能評
価技術等。

() スケジューリング技術

得られた並列性を効率よくハードウェア上にマッピングし、かつ処理とデータ
転送のオーバラッピングを可能とするスケジューリング技術等。また、開発さ
れた並列化要素技術の効果的な適応を支援するプロセッサアーキテクチャ、メ
モリアーキテクチャ等の基盤アーキテクチャの検討を行う。

シームレス並列分散コンピューティング技術

代表的な形態の分散システムをプラットフォームとして、変化する多様な計算処
理の需要に応じて最適な並列計算能力を得ることのできるシステムに必要な技術の
研究開発。

本プロジェクトでいうシームレス並列分散コンピューティングとは、利用者が分
散環境を意識することなく、単一計算機のイメージでネットワーク上に存在する分
散計算機から必要に応じたコンピューティングパワーを引き出すという新しい計算
パラダイムの提唱である。

現在、高速計算サーバ、大規模データベースサーバなどは、専用のネットワーク
で単一筐体内、あるいは、隣接した複数の筐体間で計算機を結合している。これら
は、高価であり、電力消費も大きい。これらのサーバ類を収容するため大容量の電
力・空調能力を備えた計算機室が必要である。また、計算機も同一機種、同一OSの
同一バージョンで動作するのが通常であり、収容できる計算機数も限られる。これ
に対して、ネットワークに接続された種々のパソコンやWSを単一計算機のイメージ
で利用でき、スーパーコンピューティング、各種サーバ類を低コストで実現し、HPC
の新たな応用領域の開拓が期待できるとともに、省エネルギーに貢献できる。

() システムアーキテクチャ技術(並列分散コンピューティング技術)

異機種分散環境において並列実行性能の向上及び性能スケーラビリティを実現
するための通信/メモリアーキテクチャ、プログラミング、ライブラリ及び利
用環境等。

() 光インターコネクション技術

計算処理に関わるデータを超高速で並列に伝送することを可能とする光電送モジュール及び光 / 電気インターフェース並びにそれらを構成するデバイス等の開発。

並列分散コンピューティングを実現する上でボトルネックとなるのはプロセッサ間の通信速度である。現在は専用のスイッチを用いてプロセッサ間を電氣的配線で結合する方式が主流であるが、転送速度、距離が大きな問題となっている。これが光の大容量転送能力によって解決され、高速かつ低消費電力のプロセッサ間結合が可能となる基盤技術を開発する。

並列アプリケーション技術

先端的な並列アプリケーション開発の基盤となる研究開発の枠組みのあり方を検討するとともに、情報技術以外の産業分野への波及効果が最も期待される次の研究分野を中心に、実証的なアプローチによって研究開発を行う。

構造解析や流体力学シミュレーションなどは、従来から使用され、計算手法も確立されつつある。本領域においては、計算生物学、データマイニングなど今後の新しい応用分野をとりあげ、並列応用技術を開発する。また、取り扱う系が複雑になると共に、応用プログラムの開発コストも並列応用のボトルネックとなる。このため、既存のシミュレーションプログラムの融合技術を研究することにより、複雑なシステムの解析を容易にする技術開発を行う。分野として次のものを取り上げる。

() 計算化学・計算生物学分野

分子動力学法、蛋白質構造予測、遺伝子発見、遺伝子解析等。

() 大規模システム分野

大規模システム（社会インフラ等）を対象としたシステム解析及び大規模な情報検索等。

2.4 目標設定の理由

本事業は、システム構築を目指すプロジェクトではない。このため、事業全体としての数値目標は無いが、個別テーマにおいては、定性的な目標や、目標達成のための目安となる数値目標を設けている。目標、領域内での位置付け、アプローチ、目標（水準）を測定・判断するための指標は、2章（2.4 研究開発項目別の各期目標）に示した通りである。

3. 情勢変化への対応

3.1 前期から後期への見直し

RWC 事業の基本計画では前期から後期への移行にあたり、研究開発課題の絞り込みを行うこととされている。これを受けて RWC 事業の基本計画の更新を行い、後期基本計画を策定した。

本プロジェクトでは、実世界の情報をそのまま処理し得る革新的な情報処理技術体系の確立という目標を掲げ、10 年を予定したリアルワールドコンピューティング (RWC) 事業を平成 4 年度から開始した。平成 4 ~ 8 年度の 5 ケ年間は探索的研究の期間と位置付けられ、新機能、並列システム、光技術等の分野において研究が実施された。

RWC 事業の後期のあり方については、平成 8 年 3 月の評価推進委員会、各準備委員会等を通じ検討が行われた。その結果、実世界知能技術及び並列分散コンピューティング技術という 2 つの分野に研究資源を集約し、研究活動の一層の先鋭化を図ることが望ましいとされ、平成 9 年度からの後期 5 ケ年間は、中間評価の結果を踏まえ、RWC 事業の枠組みを継承しつつ次世代情報処理基盤技術の開発を行うとして、各分野における重要な要素技術の確立を図るとの方向が確認された。

予想を超えて情勢が変化した事項としては、ネットワークの爆発的普及、パソコンの高性能化の普及などがある。これらについては、個々のテーマのレベルで対応している。

3.2 中間評価の概要、指摘事項について

平成 8 年度にリアルワールドコンピューティングプログラム評価推進委員会 (委員長甘利俊一東大教授) は通商産業局長の諮問を受け、約 1 年間にわたり、計画の進捗状況の調査と成果の評価を行い、「リアルワールドコンピューティング研究開発中間評価報告書」にまとめている。その総合的所見は以下の通りである。

(1) 結論・所見

数々の Awards や Invited Papers があり、成果が着々とあがっていると言える。

空間光伝搬による光インターコネクションシステムの有用性については不明確なままであるが、実際に RWC-1 に実装される光インターコネクションモジュール、個々の半導体光デバイス等については十分な成果が得られた。

RWC-1 並列コンピュータにおける光インターコネクションの利用は一つの成果であり、完成を見なかったのが残念である。残りの時間を有効に使い、優れた結果が得られることを期待する。

一方、各研究テーマ間のつながりが希薄でインパクトが弱いものになった事も指摘できる。また、具体的課題に対して展開あるいは開発された技術や知見が、このプロジェクトの終了後も、確固とした要素技術としてあるいは基盤技術開発の口火として、多方面から関心を持たれ、長く生き残っていくことが望ましい。そのためにも各研究を基盤技術たらしめることをもっと強く認識すべきではないか。

(2) 次世代事業への展開

RWCP の本来の仕事は最終アプリケーションシステムを仕上げるのではなく、真のRWC(「遠ターゲット」)の実現を阻んでいる問題点とそれを打開する基盤技術・理論基盤(「近ターゲット」)の構築であろう。したがって、遠ターゲットとしては可能性・効用の両面において凄みのある情報処理を具体的な仕様付きで想定すべきであり、近ターゲットでは研究によって明らかにされるべき具体的内容が設定されるべきである。遠ターゲットと近ターゲットがかなり明確に色分けされていくことが望ましい。また、玩具世界から実世界に進むためには実世界のデータが必要で、実世界を反映する大規模データベースの整備と利用が必要である。

次世代情報システムを目指した、光・電子複合型情報システムの基礎的研究が必要である。光を利用した時空間・多次元情報システムは、これからの高度情報化社会では必ず必要となると思われる。

光インターコネクションでは、ファイバーバンドルによる光伝送の実装研究を続けると共に、将来に向けてのデバイス開発も同時に進める必要がある。光コンピューティング分野では画像入力インターフェイスとしての必要性と必然性が明確になりつつあり、この方面での研究の展開が望まれる。

(3) 指摘を踏まえた研究計画等の変更点、改善点について

上記指摘を踏まえ、評価推進委員会において後期研究計画を策定した。具体的には、前期には新機能応用技術、光技術、超並列の3つのグループに階層構造化していた研究を実世界知能技術分野と並列分散コンピューティングの2分野に特化し、更にそれぞれの分野を領域に分けた。

- ・新機能応用技術の流れを汲む実世界知能技術分野においては、対象を明確にし、実世界データの処理という挑戦的なものとした。更に、大きな柱として、情報統合と学習・自己組織化を掲げた。この分野を5つの領域に分け、将来の情報化社会に必要なヒューマンインタフェース、大量マルチメディアデータの処理、人と共存するロボットに関する研究を行う領域とこれらをバックアップする、理論および柔軟で高速の処理を実現するハードウェア技術の研究を進めることとした。
- ・光技術・超並列については、これを一つの分野とし、並列分散コンピューティング技術分野とした。ここでは、前期のような専用の並列処理システムから、LAN環境での汎用PC等を使用したシームレス並列分散処理システムを開発することとし、そのために必要なソフトウェア、光インターコネクション等のデバイスを研究するとともに並列処理の応用技術に関する領域も設けた。

テーマ毎にみると、後期においては、

研究内容を絞り、継続したものが32テーマ

終了させたもの11テーマ

新規に発足させたもの11テーマ

である。

3.3 中間モニタリング評価による見直し

平成12年度に通商産業省による本事業の中間モニタリング評価が実施された。評価の要点は以下の通りである。

- ・国が次世代情報処理技術の研究を実施したことは妥当。
- ・テーマの絞り込みを行う方がより一層の飛躍が望まれたと考える。
- ・独自の技術を促進させることを望む。
- ・いくつかの主要な要素技術がシンボルとなり、インパクトを持つ成果に育っていることが要請されよう。
- ・期間として10年は長い。
- ・プロジェクトマネージャーに十分な権限が与えられていない状況で、研究開発を実施した形態は結果として適切でなかった。
- ・海外研究機関の成果については、国内のカウンターパートが満足できるとの印象は持てなかった。

これらの指摘について、関係者で検討し、出来る限り取り入れるべく努めた。総合評価と合わせて各研究室ごとにも提言をうけており、要素技術について、平成13年度の計画策定にあたり、実行できる範囲内で指摘事項を考慮した。「5.2.波及効果」に記述しているように、波及効果のある有望な要素技術が本プロジェクトから生まれているが、社会・産業界に対してさらに大きなインパクトを与えられるよう、各研究室には成果の実用化およびその普及・広報に向けた努力を要請した。また、2001年10月に開催したRWC2001においては、成果の利用者に判り易い展示と利用者へのPRに努めた結果予想以上の参加者を集めた。SCoreに関しては、PCクラスタに関するコンソーシアムが結成され、プロジェクト終了後も引き続き成果の普及・開発を行える体制が整えられた。

ただし、プロジェクト終了まで一年未満であり、採用が困難な事項もあった。また、本プロジェクトは実施計画ヒアリングを有識者（推進委員）を交えて行い、これに基づく評価点に応じて予算配分を行っており、研究者間の競争を促し、重要なテーマへの資金の重点化を図る仕組みとなっているのだが、それとは反する指摘もあった。

4 . 研究開発実施者の事業体制・運営

本事業体制は、国（電子技術総合研究所実世界知能研究推進センター）が行う研究開発等（特に実世界知能技術分野）及び技術研究組合新情報処理開発機構（RWCP）への委託により実施する研究開発により構成されている。さらに、RWCPからは、国内外の大学に再委託されている。各研究室と担当研究テーマ、再委託先との関係は表1の通りである。

運営においては、推進委員会を設け、プロジェクト推進指針や計画見直しなどプロジェクトの重要事項の審議を行っている。研究所長の諮問機関である研究会議は、その推進委員会の提言を受けて、研究の進め方を審議する。推進委員会は、表2に示すように学識経験者、民間のトップレベルの研究者などからの構成されている。また、研究会議構成は、表3の通り組合員企業の研究管理者が主体となっている。

表1 研究再委託・受託研究依頼先一覧

分野	研究領域	関係分散研	再委託者連絡先		H9	H10	H11	H12
実	マルチモーダル機能	三洋(北村)	大田 友一	筑波大学 機能工学系 画像情報研究室 e-mail: ohta@image.is.tsukuba.ac.jp				
		三洋(北村)	横矢 直和	奈良先端科学技術大学院大学 横矢研究室 e-mail: yokoya@is.aist-nara.ac.jp				
世	自律学習機能	富士通(毛利)	稲葉 雅幸	東京大学大学院 情報工学情報システム工学研究室 e-mail: inaba@jsk.t.u-tokyo.ac.jp				
		富士通(毛利)	小笠原 司	奈良先端科学技術大学院大学 情報科学研究科 e-mail: ogasawara@is.aist-nara.ac.jp				
		富士通(毛利)	浅田 稔	大阪大学大学院 工学研究科 創発ロボット工学講座 e-mail: asada@ams.eng.osaka-u.ac.jp				
		富士通(毛利)	油田 信一	筑波大学 機能工学系 知能ロボット研究室 e-mail: yuta@roboken.esys.tsukuba.ac.jp				
		富士通(毛利)	Alexandar Zelinsky	オーストラリア国立大学 情報工学研究所 e-mail: alex@syseng.anu.edu.au				
		富士通(毛利)						
界	自己組織化情報ベース機能	日立(杉本)	有澤 博	横浜国立大学 有澤研究室 e-mail: arisawa@arislslab.dnj.ynu.ac.jp				
		富士通(毛利)	大森 隆司	東京農工大学 大森研究室 e-mail: omori@cc.tuat.ac.jp				
		MRI(比屋根)	中村 哲	奈良先端科学技術大学院大学 中村研究室 e-mail: nakamura@is.aist-nara.ac.jp				
知	理論・アルゴリズム基盤	東芝(月本)	古森 雄一	千葉大学 理学部 数学情報数理学科 e-mail: komori@math.s.chiba-u.ac.jp				
		東芝(月本)	小野 寛晰	北陸先端科学技術大学院大学 情報科学研究科 e-mail: ono@jaist.ac.jp				
		東芝(月本)	石川 眞澄	九州工業大学 情報工学部 e-mail: ishikawa@ces.kyutech.ac.jp				
		NEC(安倍)	伊庭 幸人	統計数理研究所 予測制御系 e-mail: iba@ism.ac.jp				
		NEC(安倍)	宇高 恵子	京都大学大学院理学研究科生物物理学教室 e-mail: keiko@molbio.biophys.kyoto-u.ac.jp				
術	実世界適応デバイス	NEC(梶原)	嘉数 侑昇	北海道大学 嘉数研究室 e-mail: kakazu@complex.hokudai.ac.jp				
		NEC(梶原)	柳澤 政生	早稲田大学 柳澤研究室 e-mail: yanagi@yanagi.comm.waseda.ac.jp				
		NEC(梶原)	古谷 立美	東邦大学 古谷研究室 e-mail: furuya@is.sci.toho-u.ac.jp				
		NEC(梶原)	Daniel Mange	スイス連邦工科大学 マンジュ研究室 e-mail: daniel.mange@di.epfl.ch				
		NEC(梶原)	Bernard Manderick	ベルギー自由大学 マンデリック研究室 e-mail: bernard@arti.vub.ac.be				
		松下技研(武内)	石川 正俊	東京大学 工学部 石川研究室 e-mail: ishikawa@k2.t.u-tokyo.ac.jp				
		松下技研(武内)						
並列分散コンピューティング技術	シームレス並列分散コンピューティング技術	集中研(工藤)	天野 英晴	慶應義塾大学 理工学部 e-mail: hunga@aa.cs.keio.ac.jp				
		集中研(工藤)	中條 拓伯	東京農工大学 工学部 e-mail: nakajo@cc.tuat.ac.jp				
		集中研(石川)	松岡 聡	東京工業大学大学院 情報理工学研究科 e-mail: matsu@is.titech.ac.jp				
		集中研(石川)	平木 敬	東京大学 理学部 情報科学科 e-mail: hiraki@is.s.u-tokyo.ac.jp				
		集中研(佐藤)	朴 泰祐	筑波大学 電子・情報工学系 e-mail: taisuke@is.tsukuba.ac.jp				
		富士通(陣崎)	村井 純	慶應義塾大学 環境情報学部 e-mail: junsec@wide.ad.jp				
	並列アプリケーション技術	集中研(秋山)	高木 利久	東京大学 医科学研究所 ヒトゲノム解析センター e-mail: takagi@ims.u-tokyo.ac.jp				
		集中研(秋山)	高橋 勝利	北陸先端科学技術大学院大学 知識科学研究科 e-mail: sltaka@jaist.ac.jp				
	マルチプロセスコンピューティング技術	富士通(木村)	笠原 博徳	早稲田大学 理工学部 電気電子情報工学科 e-mail: kasahara@oscar.elec.waseda.ac.jp				

研究委託期間

表 2 次世代情報処理基盤技術開発事業推進委員在任期間

大学名/企業名	委員	所属・役職	H 9	H 1 0	H 1 1	H 1 2
東京大学	田中 英彦	工学系研究科 電気工学専攻 教授				
東京大学	井上 博允	工学部機械情報工学科 教授				
東京大学	米澤 明憲	理学系研究科 情報科学専攻 教授				
東京理科大学	上坂 吉則	理工学部 情報科学科 教授				
早稲田大学	村岡 洋一	理工学部 情報学科 教授				
日本電気株式会社	石黒 辰雄	取締役 常務				
沖電気工業株式会社	榊 靖夫	取締役 研究開発本部 本部長				
	牛尾真太郎	常務取締役				
	小西 博	常務取締役				
	畑 和徳	常務取締役				
株式会社日立製作所	武田 康嗣	専務取締役				
	浅井彰二郎	常務 研究開発本部長				
三菱電機株式会社	野間口 有	常務取締役 開発本部長				
シャープ株式会社	御手洗 顕	取締役 技術本部 副本部長				
	橋本 伸太郎	取締役 情報家電開発本部長				
富士通株式会社	宮沢 達士	常務取締役 コンピュータ事業本部長				
株式会社東芝	柳父 悟	理事 技術企画部長				
	笠見 昭信	取締役 副社長				
電子技術総合研究所	大津 展之	知能情報部 部長				
技術研究組合 新情報処理開発機構	島田 潤一	常務理事 研究所長				

 在任期間

表3 研究会議 委員名簿

敬称略・順不同・議長

会社名	氏名	H9	H10	H11	H12
沖電気工業 株式会社	上條 健	→	→	→	→
三洋電機 株式会社	鈴木 治	→	→		
	虎沢 研示			→	→
シャープ 株式会社	中島 隆之	→	→	→	→
住友金属工業 株式会社	新井 三鉦		→	→7	
	坂本 隆秀			7→	→
住友電気工業 株式会社	石田 晶	→7			
	林 秀樹	7→	→	→	→
株式会社 東芝	相川 健	→ 12	12 →	→	
	増淵 美生				→
日本板硝子 株式会社	三橋 慶喜	→	→	→7	
	吉川 恵治			7→	→
日本電気 株式会社	後藤 敏	→	→	→	→
日本電信電話 株式会社	石井健一郎	→	→	→	→
株式会社 日立製作所	杉江 衛	→8			
	稲上 泰弘	8→	→	→	→
株式会社 フジクラ	山内 良三	→	→	→	→
古河電気工業 株式会社	柏 享	→9			
	小粥 幹夫	9→1			
	城川 潤二郎	1→	→	→	→
富士通 株式会社	戸田 光彦	→5			
	林 弘	12 5→	→	→	→
松下電器産業 株式会社	武内 喜則	→	→	→	→
株式会社 三菱総合研究所	小林 慎一	→	→	→	→
三菱電機株式会社	武田 捷一	→	→	→	→
シンガポール大学システム・サイエンス研究所	ジャン・カン・ウー	→			
ケントリッジ・デジタル研究所			→	→	→
スウェーデン・コンピュータ・サイエンス研究所	マーチン・ニルソン	→	→	→	→
ドイツ国立情報処理研究所	クリストフリート ヴェーバース	→	→11		
	ナワビ ファヒム		11→	→	→
ニューラル・ネットワーク協会	H.J. カッペン	→	→	→	→
社団法人 日本鐵鋼連盟	内田 靖人	→			

(年度:4月1日~3月31日)

．プロジェクトの成果

1．研究開発成果の概要

1．1 全体に係る成果概要

リアルワールドコンピューティングプログラムは、21世紀の高度情報化社会において必要とされる情報技術の基盤を確立することを目的とする。この目的のため、実世界知能技術分野と並列分散コンピューティング分野における多くのキーテクノロジーを開発した。後期においては、実世界知能技術分野における情報統合と学習・自己組織化、並列分散コンピューティング技術分野におけるシームレス並列分散コンピューティングというパラダイムを提唱し、その実証システムを開発した。

以下では、このプロジェクトの柱とした、情報統合、学習・自己組織化、シームレス並列分散コンピューティングという見地からの成果を述べる。

(1) 情報統合

これまでに別々に扱われてきたマルチモーダル情報を統合して扱うという試みを実際に手がけたのは、当プロジェクトが最初である。当プロジェクト研究者が中心となって人工知能学会に「情報統合研究会」が設置され、この方面の研究者にも大きなインパクトを与えた。情報統合を明白に取り上げた研究会・学会は世界でも例を見ない。具体的な成果としては、次の事項が挙げられる。

- ・ 音声・動画・静止画・テキストなどのマルチモーダル情報を相互検索する CrossMediator の開発、
- ・ 手指のみならず頭部の動きなども加えて、総合的な判断をする手話認識システムの開発、
- ・ 対話・視覚情報などを総合的に扱う事情通口ボットの開発
- ・ 音声と画像の統合によるインターモーダル学習の実現
- ・ マルチモーダル情報を統合的に扱うための標準フォーマットを研究し、MPEG-7 の中に取り入れるべく国際標準化活動中。
- ・ 視覚と聴覚情報を同時処理時に活動する脳部位の解明。

上記の研究は、現段階では世界でも最高のレベルと言え、所期の目標は達したと言える。但し、理想的な情報統合は人工知能などと同じく深遠なテーマであり、その理想的目標の実現には更なる研究開発が必要と考える。

(2) 学習・自己組織化

学習・自己組織化は、基礎的研究であり、実世界での多くのテーマが直接・間接に関わっている。特に関連の深い成果としては、次の事項が挙げられる。

(学習)

- ・分散能動学習理論において、学習の新しい理論的フレームを構築し、世界最高のかかり受け推定精度を実証。
- ・組み合わせ構造をもつ確率分布モデルに対する学習・推論システムの開発
- ・事前学習による新しい自律学習機能の枠組みを開発

(自己組織化)

- ・CrossMediator の開発においては、「Galaxy Clustering」なる手法を開発し、大量語彙集合に対して、連想関係が自己組織的に定義できる方法を開発。
- ・文書集合の自己組織化アルゴリズム「多項ベクトル空間モデル」を開発。
- ・適応的状況認知のための自己組織化アーキテクチャについては、データの解釈・索引づけを自己組織的にデータベースに付与する技術を開発。

(3) シームレス並列分散コンピューティング

シームレス並列分散コンピューティングシステムとは、LAN 環境で接続された多数の計算機を単一計算機のイメージで使用できるシステムである。この技術により、

- ・安価で高性能なパソコンと高速光ネットワークによるスーパーコンピューティング、
- ・大量情報に対するデータマイニングサーバなどの高性能のネットワークサーバなどが実現できる。更に、異種計算機上で動作するため、旧・新機種の混在やベクトルとスカラー計算機など性質の異なる計算機の協調も許される。これにより、今後のネットワーク社会でますます重要となる高性能、高信頼かつ経済性に富んだサーバ類の構築・利用技術を提供できる。

これに関しては、次の要素技術を研究すると共に、これらを統合した実証機を開発した。

- ・ソフトウェア上の核となるグローバル OS (SCore)
- ・並列コンパイラ (Omni OpenMP)
- ・低遅延高速通信機構 RHiNET

SCore や Omni OpenMP はフリーソフトとして提供されており、普及が期待できるとともに、フリーソフトビジネスの新たなレパートリを創るものとして期待できる。これらは、国内外の多くの機関で既に実用に供されていて、既に完成度の高いものとなっている。更に、

- ・異機種環境での開発システム

を作成し、異機種での実行の優位性を示した。

また、並列分散コンピューティングにおいて重要となる光インターコネクションについては、世界最高の伝送能力を持つ大容量光スイッチング・インタフェースシステムを開発した。更に、100Gbps 以上の伝送を可能とする将来の光インターコネクション技術として、高密度並列情報転送を可能とする面発光デバイスの試作などに成功した。

1.2 個別要素技術に係る研究開発成果

個別要素技術に係る研究開発成果に関し、各要素研究の主な成果を領域別に以下に示す(表4~11)。

実施者からみての評価で、特筆すべきと思われる成果を次に示す。

1.2.1 並列分散コンピューティング技術分野における研究開発成果

(1) 世界最高水準 / 世界で初めてのもの

- ・ SCore Cluster System Software
(通信性能が世界最高、世界最高性能のPCクラスタを開発)
- ・ RHiNET・PC ネットワーク用高速スイッチ(最高レベルの低遅延、高速ネットワーク)
- ・ GaAsSb 長波長面発光レーザー(世界トップ性能の波長 1.3mm で発振する面発光レーザー)
- ・ GaInNAs 長波長半導体レーザー(素材の提案が世界で初めて)
- ・ InGaAs 基板長波長半導体レーザー(世界で初めて3元基板を提案)
- ・ 並列コンパイラ Omni OpenMP(分散メモリにも使用可能)
- ・ ファイバ格子レーザーモジュール(波長安定性を有する波長多重用レーザーを開発)
- ・ 極低スキューファイバリボン(スキューが世界最小)
- ・ 異機種並列分散コンピューティング
(異機種を対象とした開発システムは世界で初めて)

(2) 新たな市場創造につながるような新規性が認められるもの

- ・ SCore Cluster System Software・並列コンパイラ Omni OpenMP
(PCクラスタの市場を創造)
- ・ RHiNET(シームレス並列分散コンピューティング)
- ・ 長波長半導体レーザー(光インターコネクション、10ギガイーサ等の高速ネットワーク)

(3) 汎用性のある(応用分野の広い)もの

- ・ 連成シミュレーション開発支援ツール(大規模シミュレーションに応用可能)
- ・ SCore Cluster System Software・並列コンパイラ Omni OpenMP

(4) 当初予想しなかったような成果(派生技術があるもの)

- ・ SCoreの実用化とリアルタイムシミュレーションなどの実時間応用
- ・ Cometにおけるセキュリティ機能の組み込み
- ・ 当プロジェクトで提案したGaInNAsの他機関での研究・製品化の活発化

1.2.2 実世界知能技術分野における研究開発成果

(1) 世界最高水準 / 世界で初めてのもの

- ・ CrossMediator (索引無し、マルチメディア相互検索)
- ・ 進化型ハードウェア (ハードウェアレベルでの進化技術)
- ・ 分散能動学習方式
- (係り受け関係解析における曖昧性解消で世界最高水準の精度を達成)
- ・ 手話認識システム (文法規則による手話認識)
- ・ Gesture Interface (連続動作からの動作認識)
- ・ 適応ビジョン (実時間動作ウェアラブルコンピュータビジョン)
- ・ 情報統合対話システム (音声と画像の統合・音声補完技術)
- ・ インタラクティブなマルチモーダル対話システム (言語の意味構造を利用)
- ・ 事情通口ボット (実環境音声対話学習システム)

(2) 新たな市場創造につながるような新規性が認められるもの

- ・ CrossMediator (各種メディアのデータベースやWeb検索)
- ・ 進化ハードウェア・再構成可能適応デバイス
- (広くハードウェアレベルでの適応進化、自動最適化)
- ・ 手話認識方式 (福祉分野市場)

(3) 汎用性のある (応用分野の広い) もの

- ・ 統計的知識表現と能動決定 (ベイジアンネットワーク推論ツール)
- ・ 意味的情報検索 (高度な大量情報の検索)
- ・ 学習統合型情報処理の理論基盤 (BAYONET、多変量情報量解析)
- ・ CITY-TRAFFIC (Flip-Tick アーキテクチャによる大規模シミュレーションに適用可能)

(4) 当初想定していなかったような成果 (派生技術があるもの)

- ・ 適応ビジョンシステム (フルデジタルで実時間動作する無線接続型のウェアラブルビジョンシステムの開発)

1.2.3 各領域における研究開発成果

(1) マルチモーダル機能領域

マルチモーダル機能領域においては、人間の発するいろいろな情報を統合的に把握する要素技術として、言語・非言語の統合 (声・顔の動きの利用によるリズムカルな対話システム)、手指・非手指の統合 (動画像利用による手話認識システム)、声・

ジェスチャの統合（キーボードやマウスの代替となるジェスチャインタフェース）技術を開発した（表4）。また、単モード情報の有効利用技術として、人間と見しよに見る技術（ウェアラブルビジョン）、人間を見守る技術（人物追跡、手指動作、行動理解）、人間の忘れっぽさをアシストする音声認識システム（音声補完）を開発した。さらに、基礎・共通技術として、インターモーダル学習技術、顔・表情認識技術、視覚・聴覚パターン同時認知時の脳活動推定技術を確立した。さらに、プロジェクト途中で手話認識システムでは長崎県諫早市で試験運用を行い、また中期見直し時には想定できなかったウェアラブルコンピュータへも機敏に対応している。これらは、当初の目標を超える成果である。

表4 マルチモーダル機能領域における主な成果

研究室名	研究成果名	概要（成果の内容）
マルチモーダル機能 日立	手話認識システム	文法規則を利用した手話認識システム
マルチモーダル機能 シャープ	おしゃべりができる コンピュータ	声や身振りによるコンピュータとの対話を可能にする技術
マルチモーダル機能 NTT	視覚・聴覚パターン同時 認知時の脳活動	視覚・聴覚情報を同時に処理する時に活動する脳部位を明らかにした
マルチモーダル機能 三菱	Video Surveillance	映像から実時間で人の動きを追跡するシステム
マルチモーダル機能 三洋	Cyber Showcase	手指のジェスチャによる立体モデル操作技術
マルチモーダル機能 KRDL	顔と表情の認識	頑健で高速な顔認識と人に応じた表情認識
マルチモーダル機能 つくば	Gesture Interface	ユーザの身体表現に応えるコンピュータ
RWI 適応ビジョンラボ	適応ビジョンシステム	賢い視覚情報処理で人をアシストするシステム
RWI 情報統合対話ラボ	情報統合対話システム	音声と画像の統合によるインターモーダル学習技術、言い淀みを補完する音声補完技術

（2）自律学習機能領域

表5に示すように、実環境において人間とインタラクションしながら自律的に学習する自律学習システムの要素技術の開発に成功したのみならず、これらの一部を統合することにより、実世界知能プロトタイプとして、オフィスでの情報サービスを行う事情通口ロボットの開発にも成功し、当初の目標を達成した。

表5 自律学習機能領域における主な成果

研究室名	研究成果名	概要（成果の内容）
自律学習機能 富士通	自律学習機能	事前学習による新しい自律学習の枠組み
自律学習機能 MRI	非音声認識システム	ノイズ環境の中から人の声以外のいわゆる『物音』の発生方向と音源種類を認識する技術
自律学習機能 SNN	自律的環境学習	視覚情報により環境モデルを学習し、位置の判定と経路選択を行う自走ロボット
自律学習機能 SICS	自己再構成を行う学習ロボット	人工意識を用いて自己再構成を行うロボット
RWI 事情通口ロボットラボ	オフィスロボット「事情通」	来訪者やオフィスメンバへの情報サービスを行うオフィス移動ロボット

(3) 自己組織化情報ベース領域

動画像、静止画像、音声、テキストなどの実世界やインターネット上の生データの集合を検索する新しい手法を開発した(表4・3)。CrossMediator においては、索引を作ることなしにマルチメディアデータを相互検索する手法を開発し、商品化された。また、画像と音声を利用したプレゼンテーション技術、膨大なテキストや遺伝子データベースを効率的に検索する技術などを開発した。音楽データベースについては、一部のハミング入力だけで検索する技術や音符化を行う技術を開発したが、これらは当初計画していなかった派生技術でもある。

表6 自己組織化情報ベース領域における主な成

研究室名	研究成果名	概要(成果の内容)
情報ベース機能 日立	大規模画像群のための検索ブラウザ	大規模(数10万件規模)画像データ検索とそのビジュアルなブラウジング
情報ベース機能 三菱	意味的情報検索	「ヒットしない」、「ヒットしすぎる」という問題を解決する意味的情報検索システム
情報ベース機能 東芝	CM分析システム	好感度やブランド種別の観点から効果的なCM分析
情報ベース機能 KRDL	マルチモーダル情報検索	Object Probe 及び Visual Keyword 技術によるマルチメディア(写真、音声、音楽)検索技術
情報ベース機能 つくば	CrossMediator	索引なしマルチメディア(動画、静止画、音声、音楽、テキスト)検索統合ソフトウェアパッケージ
RWI 言語統合ラボ	インタラクティブなマルチモーダルプレゼンテーション	言語の意味構造を利用した対話的マルチモーダル(画像と音声)プレゼンテーション技術

(4) 理論アルゴリズム基盤領域

表7に示すように、情報統合・学習型の情報処理のための汎用的で効率良い基本アルゴリズムを開発するという当初目標を達成した。成果の一部は、CSLI 出版から出版された論文集“Foundation of Real World Intelligence”としてまとめられたほか、ベイジアンネットワーク構築ツール BAYONET などのソフトウェアツールも開発され、内外で試用されている。さらに、開発された技術を学習型自然言語処理、免疫ペプチド特性同定などの遺伝子情報処理、都市交通シミュレーション、貧血症の医療診断などの実世界課題や実世界知能プロトタイプシステムに適用し、世界最高水準の性能を含む多くの成果を得た。これは、当初の目標を超えた成果といえる。

表7 理論・アルゴリズム基盤領域における主な成果

研究室名	研究成果名	概要(成果の内容)
理論基盤 NEC	分散能動学習方式	データから自動的に規則性を発見する機械学習のための理論
理論基盤 東芝	記号としてのニューラルネットワーク	ニューラルネットワークを論理命題と同一枠組みで扱う技術
理論基盤 GMD	CITY-TRAFFIC	都市交通の実時間シミュレーション技術
理論基盤 SNN	統計的知識表現と能動決定	ベイジアンネットワークによる学習・推論アルゴリズム
理論基盤 SICS	統計的パターンコンピューティング	異言語間でテキストを検索するために連想機能によって適切な意味の単語を選ぶモデル
RWI 学習統合基礎ラボ	学習統合型情報処理の理論基盤	各種組み合わせ構造をもつ確率分布モデルに対する学習・推論技術

(5) 適応デバイス領域

動的適応デバイスとしては、進化型ハードウェアと呼ぶ新しい適応デバイスの領域を新規開発し、ISO 化中のデータ圧縮、大手携帯電話で搭載されるアナログ進化型 LSI の商用化、自動調整型フェムト秒レーザのベンチャー企業化筋電制御義手などの成果をあげた。また、光ニューラルネットにより高速な画像認識を実現した。静的適応デバイスとしては、再構成可能デバイスは論理合成も含めて、性能は既存の FPGA を大きく上回り、低コスト高性能の計算サーバの市場創造に寄与している。またデジタルスマートピクセルは世界最高水準の実装技術を達成し、光並列処理システムを構築してその能力を実証した。以上のように、既存の方法では十分な処理能力が発揮し得ない分野に対して、革新的なデバイスを発明、開発することによって領域目標を十二分に達成できたと考えている。(表 8)

表 8 実世界適応デバイス領域における主な成果

研究室名	研究成果名	概要(成果の内容)
適応デバイス NEC	再構成可能適応型デバイス	演算性能を強化したプログラム可能ハードウェア
適応デバイス 松下	デジタル・スマートピクセル	全画素に演算機能と光入出力機能を備えた多段接続高速並列画像処理デバイス
RWI 進化システムラボ	進化型ハードウェア	ハードウェア構成を使用環境に応じて動的に適応させる進化型ハードウェア
EWI 情報光学ラボ	光ニューラルネットワーク	数ミリ秒で画像処理を行う光ニューラルネットワーク

(6) シームレス並列分散コンピューティング領域(並列分散)

前述のように、ネットワークに接続された多数の計算機をあたかも一つの計算機として並列動作させてスーパーコンピューティングや大量データの検索などを可能とするシームレス並列分散コンピューティングのための諸技術(グローバル OS , 並列コンパイラ、異機種開発環境、サーバ応用技術) を開発した(表 9)。更にこれらを統合した実証機や世界のスーパーコンピュータを比較した TOP500 で PC クラスタ計算機として一位にランクされる 1000 台システムも開発した。グローバル OS と並列コンパイラは WWW など公開され、内外の多くの機関において科学技術計算目的などで実用に供されている。これらは目標を超える成果である。

表9 シームレス並列分散コンピューティング領域（並列分散）における主な成果

研究室名	研究成果名	概要（成果の内容）
並列分散システム 富士通	高速通信処理技術 Comet	高速、柔軟な通信プロセッサ Comet NP
並列分散システム NEC	異機種並列分散コンピ ューティング	並列分散システムの異機種性を意識せずにプログ ラム開発・実行を行えるプログラミングシステム
並列分散システム 住金	SORB による類似文書 検索システム	サーバアプリケーションのクラスタ化を支援する ミドルウェア SORB と類似文書検索システム
並列分散システム GMD	PROMISE データ並列 プログラミング環境	高度な並列プログラムを容易に記述できるプログ ラミング環境
並列分散システム アーキテクチャつくば	RHiNET	フロア内、ビル内の計算機間をつなぐ低レイテン シ、広バンド幅で信頼性のあるネットワーク
並列分散システム ソフトウェアつくば	SCore Cluster System Software	PC と高速ネットワークによるパーソナルスーパー コンピュータを実現するシステムソフトウェア
並列分散システム パフォーマンスつくば	並列コンパイラ Omni OpenMP	逐次プログラムを OpenMP プログラムに変換し、 様々な共有メモリ型並列機で高速実行できるシ ステム

（7）シームレス並列分散コンピューティング領域（光インターコネクション）

高速の光インターコネクションとしては、低遅延・世界最高速の RHiNET 用ス
イッチを開発した。面発光レーザでは、3種類のデバイスについて開発を進めい
ずれも高いレベルの成果を得た。特に、本プロジェクトで新たに提案した GaInNAs
は、その後国内外の機関（数 10 ヶ所）で研究され、次世代 LAN となる 10 ギガピ
ットイーサの光源として米国 Cielo 社より市販された。GaInNAs を主テーマとする
国際学会 Low Bandgap Nitride Workshop も創設され、オプトエレクトロニクス分
野で1つの潮流を創ったといえる。これは当初の目標を超えた成果である。他にも、
高密度波長多重用レーザ、極低スキューファイバリボンなど世界でトップ性能の
ものを開発した（表 10）。

表 10 シームレス並列分散コンピューティング領域（光インターコネクション）における主な成果

研究室名	研究成果名	概要（成果の内容）
光インターコネクション 日立	PC ネットワーク用高速 スイッチ	PC ネットワーク用小型・世界最速 64～80Gbps(8～ 10Gbps × 8 ポート)の光ネットワークスイッチ (RHiNET-2, 3/SW) を実現
	GaInNAs 長波長半導体 レーザ	世界に先駆けて提案・開発した GaInNAs による高速 変調 1.3 μm 帯半導体レーザ
光インターコネクション 富士通	InGaAs 基板長波長半導 体レーザ	優れた温度特性の 1.3 μm 帯端面発光レーザと 1.3 μ m 帯面発光レーザの要素技術
光インターコネクション NEC	GaAsSb 長波長面発光 レーザ	量産性に富む方法による世界トップ性能の波長 1.3 μ m で発振する面発光レーザ
	オプティカル IP (OIP)	世界で初めてのシステム LSI 用 IP として使える高速 光 I/O(OIP)
光インターコネクション 沖	チップ間光インターコ ネクション	ボード上のチップ間を光で結ぶ技術
光インターコネクション 住電	ファイバ回折格子レー ザモジュール	波長安定性を約 1 桁改善したファイバ回折格子による 波長多重用半導体レーザ
光インターコネクション フジクラ	極低スキューファイバ リボン	スキューが非常に小さく、また外力に対するスキュー 変動がほとんどないファイバリボン
光インターコネクション 古河	パッシブアライメント 面発光レーザアレイモ ジュール	0.98 μm 帯面発光レーザ (VCSEL) アレイとテーブ ファイバを無調芯で直接光結合するモジュール
光インターコネクション 日板	マイクロホールアレイ	0.25mm 間隔平板マイクロホールアレイを使用した二 次元光インターコネクション

(8) 並列アプリケーション技術領域

大規模のシミュレーションを可能とする方式として、連成シミュレーションと物理と統計手法の融合方式を提案し、その効果を実証した。また、並列電力潮流解析、データマイニング、商標検出システムを開発した(表11)。PAPIAでは、並列処理による蛋白質情報解析システムを開発し、WWWを通じて、世界中から利用可能として多くの利用者からアクセスされている。

表11 並列アプリケーション技術領域における主な成果

研究室名	研究成果名	概要(成果の内容)
並列応用 日立	連成シミュレーション開発支援ツール	マクロとミクロレベルのシミュレーションを連結、マルチスケールな解析を行うソフトウェア
並列応用 三菱	タンパク質立体構造予測	並列処理の特性を活用し物理法則と既知構造情報を併用したタンパク質立体構造予測技術
並列応用 MRI	並列電力潮流解析システム	汎用並列計算機による大規模電力系統のオンライン解析・制御技術
並列応用 東芝	並列分散データマイニングシステム	PCクラスタ上で大規模データから隠された知識を発見するシステム
並列応用 三洋	商標検出システム	動画像から商標や標識等の形状パターンを高速に抽出するシステム
並列応用 つくば	PAPIA: Parallel Protein Information Analysis system	並列処理によるタンパク質情報解析システム

2. 計画と比較した目標の達成度

2.1 事業全体としての目標達成度

当プロジェクトは全体としての明確な目標レベルは存在しない。従って、その目標達成度は個々の要素技術の達成度に依存する。

後期のマクロな目標としては、実世界知能分野では情報統合と学習・自己組織化を、並列分散コンピューティング分野ではシームレス並列分散コンピューティングを掲げた。これらについては前述のような成果をあげ、所期の目標はほぼ達成した。

目標水準を上回る成果としては、プロジェクトの途中で既にユーザがついて実用化されているものがいくつかあることが挙げられる。特に、

実世界知能技術分野における

- ・ CrossMediator,
- ・ 進化システム

並列分散コンピューティングにおける

- ・ グローバル OS (SCore)
- ・ Omni OpenMP

等については、既に事業化がなされていて、夫々の分野での高い評価を得ている。

2.2 要素技術の目標(水準)に対する成果の達成度

個別要素技術の目標に対する成果の達成度については添付資料に示す。研究の性質におうじて、具体的な数値目標があるテーマと定性的目標をたてたテーマがあるが、全体として、所期の目的は概ね達成したといえる。

2.3 事業の成否

事業は次の観点からみて、目標水準を上回って達成したと言える。

- ・ 成果のレベル：多くのものは世界的に見て高いレベルにあり、世界初の成果も少なからず存在する。
- ・ 達成度：大部分の要素技術開発が所期の目的を達成している。
- ・ 国内外の関連周辺技術の開発動向と社会的・経済的動向：本プロジェクトはネットワークの普及と計算機の利用層・利用範囲の普及の見込みを背景として発足している。現在はまさにこの予測通り進展していて、現在の情報処理技術開発動向やパソコン・ネットワークを中心とした情報化社会が到来しつつある。

実世界知能技術関連では、人にとって自然な計算機システム、音声・画像などを含んだマルチモーダル情報取扱いの普及、人と共存するロボット、マルチモーダル情報を取り扱うための高速処理技術など現在極めて重要視され、研究開発も盛んとなっている。

並列分散コンピューティング分野では、スーパーコンピューティングの主流はベクトル計算機主体から、WS に基づくスカラー並列計算機へ、更に高性能化するパソコン CPU を主体としたクラスタシステムへと移りつつある。シームレス並列分散

コンピューティングシステムはこの傾向に先鞭をつけ、更に、既に世の中で実用に供されつつある。更に、ネットワーク時代に必須となる高性能のネットワークサーバや実時間シミュレーションシステム、パーソナルスーパーコンピュータなど従来のスーパーコンピュータではコスト・スペースの関係から実現不可能であった応用分野を開きつつある。

- ・ 実用化・普及の可能性、ユーザの存在：前述のように既にユーザがついて実用化されている実証システムが約2割存在する。この値は国家プロジェクトとしては、予測を超えたものとする。また、プロジェクト終了後2年以内に実用化見込みのものが約4割、5年以内に実用化見込みのものは約8割である。
- ・ コスト：本プロジェクトは、高性能化するパソコンによる処理や進化システムのように汎用的なLSIを主体として開発している。従って、コスト面からも、普及の可能性は大と考える。

なお、この判断は推進部署及び実施者の意見に基づく。

2.4 要素技術から見た成果の意義

個別要素から見た成果の意義は、以下の通りである。

(1) 実世界知能技術分野

表12～16に示す。

(2) 並列分散コンピューティング技術分野

表17～18に示す。

表1.2 実世界知能技術分野：マルチモーダル機能領域

テーマ名	要素技術から見た成果の意義
1.1 言語的ジェスチャ把握 (マルチモーダル機能日立研究室)	手話の言語的な特徴、特に手以外の動作による文法機能を利用した手話認識システムの実現は世界初といえる。記号処理レベルで、手以外の動作を利用した処理方式は提案されているが、機能的が限定されている。このため認識処理系を含めたシステムでの実装は行われていない。なお、口話を伴う手話に対応した認識方式は提案されているが、このタイプの手話を日常使用する人は皆無であり、実用上問題が残る。
1.2 非言語情報マルチモーダルインタフェース (マルチモーダル機能シャープ研究室)	非言語情報を扱うための対話処理モデルは、ユーザからの働き掛けだけでなく、システム自身のリズム（周期性）をも定式化していることが特徴である。このモデルを実装した「相づち応答システム」は、その相づちの打ち方のリアリティの高さに、多くのデモ見学者に驚嘆を与えた。現在は相づち生成にのみ利用しているが、この技術は対話ロボットなど、今後出現するであろう新しい応用分野にも有効な要素技術であると考えられる。 マルチモーダル対話データベースは、従来の対話コーパスにみられるような音声・画像データだけでなく、モーションキャプチャシステムを使って得られた、身体各部位の動き情報を持つことが特徴である。従って、従来は不可能であった、対話中における動作の客観的な分析が可能になり、対話研究のコミュニティにおいて貴重な研究リソースとなるであろう。現に人文系の研究者からの利用希望の声が寄せられている。
1.3 人間のマルチモーダル情報処理 (マルチモーダル機能NTT研究室)	研究成果の項目でも解説したが、視覚・聴覚認知共に、国際会議での招待講演など、世界最高水準、最先端の研究成果である。また、視覚・聴覚同時認知でも、前頭の関与を指摘するなど、世界でも最先端の研究成果である。基礎的な研究なので、直接、市場創造に結びつくことはない。しかし、複数個視覚パターン認知など新しいパターン認知メカニズムの発想に貢献できそうな研究も進めており、さらに、音節認知に関する研究が更に進めば、より良い語学教育の方式開発へも発展するので、そのような派生技術が生まれる可能性は含んでいる。
1.4 動的画像応答 (マルチモーダル機能三菱研究室)	人物トラッキングのための技術として、複数ターゲットでターゲットの遮蔽に対してもロバストな技術という点ではユニークな位置づけにあるといえる。人物トラッキングの実用例は特殊な事情からロンドンある区域が有名であるが、本技術を基に、より安価で性能の高いシステムを構築することができれば、より一般的な店舗や老人のいる家庭や施設に普及すると予測される。
1.5 実世界モデル生成 (マルチモーダル機能三洋研究室)	(1) 手指の位置・姿勢の認識技術の開発 一般的な統計処理による認識手法と異なり、対象の構造情報に基づく独自の認識手法であり、小規模かつ定性的な記述により個体差を吸収でき、一部の隠れにも対応可能な点で、従来手法より優れている。 (2) 手指の運動追跡技術の開発 当分散研の提案手法は、特徴点を用いず、初期値として追跡開始点を与える必要もない点で、従来技術より優れた独自技術である。 特定の人を対象とせず、また、特別な装置を装着することなく、手指の動きを認識できるため、応用範囲の広い基盤技術である。

テーマ名	要素技術から見た成果の意義
1.6 H9 ジェスチャベース 対話システム / H10 マルチモーダル対話 パソコンネットシス テム / H 11-13Cross Mediator におけるマ ルチモーダル対話シ ステム (マルチモーダル機 能つくば研究室)	<p>ジェスチャと音声を実時間で認識し、さらに対話によるタスクの実行状況をCGで表示し、また合成音声で示すなどの機能をもつ本システムは、ノートPC上での実時間で動作するものとして実現されているが、このようなシステムの実現は世界的にみて例をみないものである。</p>
1.7 顔と表情の頑健な認 識 (マルチモーダル機 能KRD L研究室)	<p>(1)A real time head detection and tracking system is completed. It uses stereo information and head-shoulder contour to locate a head-like object. It will can track 3 people walking in different directions at the same time. It performs at very high accuracy of 98% and speed of 7 frames/second. We will try other stereo system to further improve the image capturing speed and the overall system speed.</p> <p>(2)We have developed a robust face detection and eyes location module. It comprises both structural model and statistical model to balance the speed and accuracy requirement. It is a real time face detection method with high enough accuracy at 95 %, which is comparable to most of the face detection system in accuracy and much faster.</p> <p>(3)A subpixellic eye location method is used for precise eyes detection, which, tested against a video database, performed 100% eye detection and, test against a photo database, performed 98% eye detection. Since eye position plays a critical role for normalization and face recognition, an accurate detection will improve the final face recognition result.</p> <p>(4)To compensate the lighting changing that will affect the face recognition performance, a lighting model and lighting changing simulation is investigated. More intensive experiments are in progress to test the effectiveness.</p> <p>(5)In order to characterize the facial expression, a mouth detection method developed to detect mouth corners and then performs mouth boundary extraction[10,12]. The experimental results show that the proposed method is very robust to variation of mouth shape, facial expression and lighting condition. It achieved 95% for mouth corners and 92% for lip contour detection.</p> <p>(6)To improve the face recognition performance, a face wrapping and glasses detection technologies are developed to reduce the variance of face appearance. It is the most accurate method that achieves 100% of the glasses detection and only 2 false alarms.</p> <p>(7)Face recognition is done through two steps. Firstly, a very fast face pre-selector is used. It reached 99% recall rate of the requested face within the 31 best among 1180 faces on the XM2VTS database. Secondly, a precise face recognition method is used to identify the face input. Our novel way does not require large amount of face samples from the same person, and its equal error is as low as 4% on the XM2VTS database [30]. The performance is among the top comparing with a recent international benchmark test at ICPR'2000. In a video context, a novel probabilistic recognition system has been designed [5,8,17]. It accumulates evidences on a person and decides after few frames. After 5 frames, we obtained 100% on ORL (40 persons, 10 images per person).</p> <p>(8)We have integrated main parts of our face recognition into the JIJO-2 robot. Also</p>

テーマ名	要素技術から見た成果の意義
	<p>modified the system for a new camera (image quality is lower than the previous one). The face recognition module is working now, found by AIST(ETL). We fixed a video capturing driver resulting in 5 times in capture speed. We also improved the recognition accuracy by building a lighting model with more lighting changes. We are working on improving the efficiency of the code to work in a multitasking environment of the JIJO-2 robot, which will be completed in the middle of Sept, 2001.</p> <p>(9)We also developed a new method for automatic facial expression recognition (FER). Multiple motion patterns in human expressions are categorized using a novel method based on VQ-HMM (Vector Quantitization - Hidden Markov Models). The representation of facial expression is achieved by extracting the motion vectors using a new approach called Facial Motion Graph (FMG). Experiments showed that our method achieved high performance on our video database, on which the video data are captured under various conditions, and with multiple motion patterns. However, the accuracy is obtained in the cost of the speed since the motion tracking of facial components is time consuming. We are working on the system to improve its speed.</p>
<p>1.8 適応ビジョンシステムに関する研究 (RWIセンター適応ビジョンラボ)</p>	<p>特に、ウェアラブルビジョンシステムについては、ウェアラブルコンピュータの研究は企業でも盛んになってきているが、本システムのような画像処理システム自体をウェアラブルにするという発想は世界的に見ても非常に珍しく、フルデジタルで実装したのは本システムが世界で最初であると考えられている。また、それが実環境で実時間安定動作することも非常に評価されており、1999年度人工知能学会全国大会（第13回）ベストプレゼンテーション賞を受賞した。国際的にもISWC2001というウェアラブルコンピュータに関する国際会議の口頭発表として採録され、さらに、IEEE PCM2001 Special Session on Wearable Media にも招待され、高臨場感ディスプレイフォーラム2001での招待講演も依頼されている。</p>
<p>1.9 音声と画像の統合による対話の研究 (RWIセンター情報統合対話ラボ)</p>	<p>音声と画像の統合による学習の研究は、世界的に初めて行われた研究であり、その後、MITなどで類似の研究が行われるようになったが、先進性が高い。音声補完の提案は、世界的に他に例がなく極めて独創的な研究である。開発されたマルチモーダル対話システムは、世界的にも早い段階から実現されており、新規性、先進性が高い。これらの研究開発は、人間とシステムとの情報交換を含むアプリケーションにおけるユーザインタフェースとして、さまざまな分野に適応可能であり、応用分野が広いものと考えられる。</p>

表 1 3 実世界知能技術分野：自律学習機能領域

テーマ名	要素技術から見た成果の意義
<p>1 移動エージェントを用いた自律学習機能 (自律学習機能富士通研究室)</p>	<p>複雑で多様な状況をもつ実世界情報に適応可能な学習システムを自動的に構築することができる技術は従来には存在しなかった。 提案する分散知能アーキテクチャのように複数のエージェントが協調して動作決定を行う他機関の技術としては、例えばマルチモジュール強化学習などがあるがこれにおいては、エージェントの作成は人間が設計しており自動的にエージェント得られたエージェントを用いて従来の単一エージェントアーキテクチャよりもタスク実行性能を示したものは世界的に見て例を見ない。 また、情報構造化技術である状況分解に類似した技術としてはIBMで開発が進められている相関ルールが有名である。相関ルールでは共起的関係のみの抽出しか行えないのに対して、状況分解技術においては共変関係（例えば身長と体重という二つの変数が変化する関係）を取り出せる点が優れている。</p>
<p>2 自律学習移動ロボットのための音響環境理解 (自律学習機能MRI研究室)</p>	<p>非音声認識技術はそれ自体が他の研究機関で研究されておらず独自性の高い技術である。さらにビームフォーマ技術と組み合わせること、および、小型実装技術を開発することで、多様なアプリケーションに利用できる実用的な技術となった。 実環境音声・音響データベースは非音声およびマイクロホンアレイ研究に利用できる世界唯一の評価用データベースである。</p>
<p>3 分散型実時間自律行動系 (自律学習機能SICS研究室)</p>	<p>The “self-awareness” learning paradigm is a simple and useful basis. It can be applied to many learning problems in a straightforward manner. The second step is to understand how robot systems need to be designed in order to allow efficient learning by simulation. This is more profound problem, and our results on required properties of joints and connectors are at the research frontier. The proof of existence and design of structures satisfying the strict requirements are, we believe, pioneering. As far as we know, we are the first to present this result, which has been targeted by several outstanding research institutes in the field.</p>
<p>4 能動的地図獲得とセンサー情報表現 (自律学習機能SNN研究室)</p>	<p>We use an omnidirectional vision system as sensory input. Such a system has been used before for autonomous robot navigation. Our method which incorporates this vision system in a probabilistic setting where we implemented the probability density functions with Monte Carlo methods is new. The method which derives spatial information from a series of omnidirectional images is world-first technology.</p>
<p>5 オフィスロボット Jijo-2 の学習・統合型情報処理の研究 (RWIセンター事情通口ポットラボ)</p>	<ul style="list-style-type: none"> ・実環境移動技術は、多くの研究機関で研究されているが、本グループの技術の特色は、確率的な推論技術に基づく統合的な情報の利用にある。特に、センサ情報に加えて人間との対話から得られる情報も利用するという技術は、世界で初めてのものである。 ・実環境音声対話技術は、まだ研究の立ち上がり時期であり、本研究は、マイクロフォンアレイや音声対話制御技術を総合して一つのプロトタイプシステムに仕上げた例としては世界で初めてのものである。また、扱える対話の複雑さや性能についても、世界最高水準にある。

表 1 4 実世界知能技術分野：自己組織化情報ベース機能領域

テーマ名	要素技術から見た成果の意義
3.1 画像情報の計量化と可視化 (情報ベース機能日立研究室)	類似性に基づく画像検索システムは、他社、他研究機関でも、多数発表されている。本研究室の成果の最大の特徴は、可視化ユーザインタフェース技術にある。本技術は、世界的に見ても独自のものであり、学術的価値、産業的価値ともに高い水準にある。また、フリーキーワードと用いた統計的学習技術の応用も、他の機関のシステムには無い特徴の一つである。
3.2 文書情報空間の自己組織化 (情報ベース機能三菱研究室)	意味的情報検索技術は、情報空間を気軽な気持ちで散策する“情報散策”といった「知的時間消費型」の市場創造につながると思われる。
3.3 H10-13 適応的状況認知のための自己組織化アーキテクチャの開発 (情報ベース機能東芝研究室)	要素技術としては、従来の主成分分析や数量化技法に比べて空間の意味付けを保ったままで適応させられる点が優れている。共通データを用いた実験によれば、帰納学習の前処理としては世界最高レベルの性能である。さらに、実証システムに関していえば、CM製作は最も創造的な作業のひとつであり、それをIT技術により支援できることは画期的である。従来も、データベース技術は用いられていたが、本実証システムのデモ効果により、知的支援へのニーズを発掘できる可能性がある。
3.4 H9-10 検索要約システム / H11-13 Cross Mediator の構築 (情報ベース機能つくば研究室)	本システムは、世界で始めて開発された実時間動画検索、音楽信号検索、実世界音声検索、実世界音響検索などの諸機能からなるマルチメディア統合ソフトであり、その一部は世界標準OSのひとつといわれるものに向けての応用ソフトとして推奨される評価もうけている。また、このようなマルチメディア含まれるほとんどの種類のデータベースを総合的に扱える検索ソフトの開発は世界的になされていないものである。今後の展開は、個人の利用によるものと、業務用に分かれ、それぞれのデータベースの規模に応じた製品として社会に提供されることが予想される。
3.5 H9 ユーザ依存自己組織化 / H10-13 ユーザ依存の自己組織化マルチメディア情報ベース (情報ベース機能KRDL研究室)	The use of a specially tuned detector or probes is attractive for domain-specific image retrieval applications. Kak from Purdue University had used a set of manually selected features to perform the detection of various types of lung diseases. We have demonstrated the effectiveness of the object probes approach to handle the description of some of the scenes found in home photographs. We had successfully demonstrated the usefulness of using structured speech to annotate photographs and combine them with image-based approaches to handle a larger instances of indexing capability. So far we have only encountered research activities focusing one either one of the indexing modality (e.g. ShoeBox developed by AT&T Laboratories Cambridge take advantage of audio annotations with home photograph collections for text-based retrieval).
3.6 能動知能システムの評価 (RWIセンター言語統合ラボ)	本研究は、研究用データと一般用コンテンツのを融合することによって知能情報処理技術と一般用の情報サービスを結び付け、知能情報処理技術に関する研究開発を基礎と応用の両面にわたって推進する、世界に先がけた試みである。MMCFは言語データの構造化およびテキストデータと他のメディアのデータの関係を記述する一般的な手法として世間で唯一の標準である。また、コンテンツの深い意味内容に基づいてインタラクティブにマルチモーダルプレゼンテーションの内容を変化させる技術も他に例を見ない。

表 1 5 実世界知能技術分野：理論・アルゴリズム基盤領域

テーマ名	要素技術から見た成果の意義
4.1 分散能動学習方式 (理論基盤NEC研究室)	計算論的学習理論を分散協調環境に拡張し、統合的な分散能動学習方式の理論を構築した例としては、世界はじめての業績といえる。特に、分散協調ベイズ学習方式、オンライン能動学習方式、集団質問学習による実験計画法は、全く新しい学習アルゴリズムの設計と解析の枠組みを構築している。学習型自然言語処理への応用では、単語共起データに基づく単語クラスタリングによって係り受けの曖昧性解消を実現しており、正解率を従来の82%から90%までに引き上げ、世界最高水準を達成している。また、遺伝子情報処理への応用では、能動学習による世界初の実験計画法を提案し、これによって約5000億(20の9乗)の薬剤候補の中から動物実験に適した候補を70~80%の精度で選び出せる予測ルールを、従来の3分の1という約200回の試験管実験結果から生成することができた。このような実験回数激減の結果は世界初のものである。
4.2 記号パターン統合 (理論基盤東芝研究室)	パターンデータで論理処理を行う試みは他にない。パターンデータを扱う産業界への波及効果は高い。しかしながら、現状での成果は理論が主であるため、実装上で発生する問題の解決が今後も必要になる。
4.3 H9 実世界における能動学習と情報統合 / H10-13 開かれた環境における能動学習と情報統合 (理論基盤GMD研究室)	Our theoretical research in population-based optimization has lead to a new approach to optimization based on the estimation of search distributions. This approach, called the Estimation of Distribution Algorithm, is getting more and more popular. The FTA architecture is a new design paradigm for implementing fine-grained agent networks. It is used by a number of projects within GMD. City-Traffic will be the first Artificial Reality system in the area of multi-modal traffic in cities. The project started at 1.9.2001. It will cost about 15,000,000 DM (hardware and software).
4.4 統計的パターンコンピューティング (理論基盤SICS研究室)	Our research on computing with large random patterns is leading-edge research in the world, and SICS has the main research group working on these ideas, although the basic principles are more widely known. Natural-language systems based on high-dimensional semantic vectors are more common, and here our contribution is comparable to random projections, providing a method for building very large systems. For more details, please see corresponding item in Interim Evaluation Answersheet.
4.5 確率的知識表現および能動的意識決定 (理論基盤SNN研究室)	Probabilistic knowledge representation The current availability of computers and networks has led to an explosion of available electronic information. However, despite this abundance, it is very difficult for humans to find the information that they need. Whereas traditional computers are good at dealing with certain (true or false) information, they fail to deal appropriately with uncertainty. The probabilistic approach is the provably the only correct way to model uncertainty and is currently the main approach to uncertainty in AI worldwide. Within this approach, the methods that have been developed in the RWC project are among the best in the field. They are of key importance to develop computer based reasoning with uncertainty. Statistical embedding of learning methods Neural networks provide very flexible solutions for many types of problems. A commonly heard disadvantage is the lack of any statistical measure to assess the reliability of the neural network prediction. The tools that we have developed

テーマ名	要素技術から見た成果の意義
	<p>provide a solution for this problem and list among the best world wide. A distinguishing feature that these methods have been proven of significant practical value on a number of concrete 'real world' company problems.</p> <p>Medical diagnosis Our demonstration system for internal medicine which is currently under development is, as far as we know, the largest in its type. Other well known large systems are either rule based (MYCIN, DXPlain) or omit many crucial details (QMR). A well-known shortcoming of the rule based approach is that it is too difficult to implement and maintain medical knowledge. Both of these reasons have prevented the use of computers for medical diagnosis so far.</p> <p>The system that we are developing overcomes these shortcomings and will generate an enormously large new market, Computer-aided diagnosis will improve the quality and the efficiency of health care. In particular less experienced physicians will make better diagnoses using less (costly) laboratory measurements.</p> <p>Automatic Music Transcriber Our approach to use probabilistic methods for music transcription was a world first. This technology could be used for a number of fun consumer products, such as play-along systems and composition tools.</p>
<p>4.6 学習統合型情報処理の理論基盤の研究 (RWIセンター学習統合基礎ラボ)</p>	<p>組み合わせ構造を持つ確率分布モデルに対する推論・学習アルゴリズムの研究で開発した、Java による Bayesian Network シミュレータは、世界に先駆けて実装されたもので、その後も成長を続けている。特に、汎用データベースとの接続機能やグラフ構造の選択機能は先進性が高い。このソフトウェアには、情報技術やバイオインフォマティクス技術をはじめとした分野で試験的なユーザが付きはじめており、注目度も高まっている。また、多変量情報量解析の研究は、世界ではじめて、情報量基準によるデータ解析手法を fMRI 画像の解析に適用した点で先進性が高い。確率制約プログラムについては、世の中に先駆けてその重要性を提唱した。混合分布や遺伝的アルゴリズムの理論解析も、ユニークな視点からのものであり、他に類似研究は少ない。これらの実績を背景として、我々のグループは国内では主導的な位置にある。</p> <p>実世界知能システムに適した新規な学習の枠組みの研究は、まだ他の機関においてはほとんど研究が始められておらず、先進性が非常に高い。特に、対話ベースの学習のようなアイデアを、実際に稼動しているロボットに組み込んだ例は他になく、知能ロボットに対する将来の有効な学習法として、国内外で評価が高いことは IEEE Intelligent Systems への論文の採録にも示されている。</p>

表 1 6 実世界知能技術分野：実世界適応デバイス領域

テーマ名	要素技術から見た成果の意義
5.1 再構成可能適応型 デバイス (適応デバイスNEC 研究室)	<ul style="list-style-type: none"> ・実証用LSIは、米国Xilinx社のFPGA(Virtexシリーズ)と比較して、3倍以上の演算器集積度、2倍の速度を持つ。 ・自律的にニューラルネットのトポロジー、基底関数を変更できるLSIを世界ではじめて開発。 ・ISO化中の、印刷データに特化したデータ圧縮方式を開発。 ・ゲートレベル動的適応LSIは、動的適応の成功例として、学会をはじめ内外で高く評価されており、商用化が強く福祉関係者から望まれている。
5.2 デジタル・スマートピ クセルと光実装 (適応デバイス松下 研究室)	<ol style="list-style-type: none"> 1. プログラマブルな準汎用光並列処理システムでは、世界初の実動作するシステムである。16×16の規模で発光素子を実装し、実動作システムに組込んだ例はこれまでない。プロトタイプデバイスによって光並列多段接続による並列処理の実動作を示すことによって、潜在的ポテンシャルが高い光情報処理技術分野の研究開発に刺激を与え発展を促す。 2. ビジュアル・フィードバックシステムを実現する高速画像処理デバイスが実現されたことにより、この種のデバイスを核とした、高速機器制御の新たな領域における新規画像処理アルゴリズムの創出を誘うことが期待できる。
5.3 高並列大容量演算 システムの評価 (RWIセンター情報 光学ラボ)	<p>世界ではじめて光電子ファジー推論システムおよび、並列光電子素子を用いた学習型光ニューラルネットワークを開発した。また、光情報処理システムとしてみた場合、本研究の光ニューラルネットワークは世界最高水準の性能を示した。さらに、2001年10月までに完成予定のデジタルスマートピクセルを用いた光ニューラルネットワークは、スマートピクセルを用いた世界初の情報処理システムであり、カメラを用いたシステムに優位性を示し、今後の汎用画像処理システムへの実用化が期待できる。</p>
5.4 進化システムアーキ テクチャの評価 (RWIセンター進化 システムラボ)	<p>以下の研究成果は、自律移動ロボットを除いて、実用化中、あるいは実用化見込みであり、それらは移動体通信LSIや超短パルスレーザや光通信など、最先端のハイテク分野に属するものばかりである。このような競争の激しい分野での実用化が見込めたり、あるいはISO化が進行中ということは、本研究開発の技術レベルが高いことの証左であると考えられる。</p> <p>自律移動ロボットで実現した実時間での適応的制御技術は、やや時代に早すぎたという感があるが、今後の技術の進展次第で登場の場は充分にあると考える。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・筋電制御型義手とその制御用進化型LSIの開発 ・自律移動型ロボットEvolver ・印刷データ用データ圧縮アルゴリズムとそのLSI化 ・携帯電話用アナログ進化LSI ・高周波通信用アナログ進化LSI ・進化型フェムト秒レーザ ・進化型光インターコネクション ・盲人ナビゲーションシステム

表17 並列分散コンピューティング技術分野：シームレス並列分散コンピューティング技術領域

テーマ名	要素技術から見た成果の意義
<p>6.1 並列ネットワークサーバ (並列分散システム 富士通研究室)</p>	<p>プロトコル処理プロセッサ： 2000年度に発売が開始されたIBM、Intel、Motorola等のネットワークプロセッサと比較して、同程度の世界最高水準の処理性能を有する。ただし、他社製品の内部構造や性能評価根拠はNDAを結ばねば詳細は判らず、精密な評価は難しい。 上記主要チップメーカーはいずれも専用化した複数のマイクロプロセッサでプロトコル処理をソフトウェアで処理しており、プロセッサやメモリを結合するバス等のボトルネックにより性能が大きく左右され、LSI技術の向上があっても内蔵するプロセッサの個数を増やすことによる性能向上に限度があるが、当研究室の方式ではLSI技術の向上に伴って性能を向上することが可能である。</p> <p>ドライバソフトウェア プロトコル処理プロセッサFPGA試作版で1GbpsのUDP/IP性能を実現しており、他社のシステムと比較して同程度の性能を持つ。現在プロトコル処理プロセッサLSI版を使用してプログラムとのデータ転送をより効率化したものを開発中である。</p> <p>Comet DV インターネットを使用して高品質ストリーミングを1998年に世界初で実現した。また1999年にオペラ「LIFE」で実用された。医療、教育など次世代のインターネット応用に必要不可欠な技術を確立できた。</p> <p>高速セキュリティ通信 暗号処理方式DESの評価で、従来のソフトウェア処理（Pentium III 500MHzクラス）の20倍の性能、300Mbpsを達成した。これは現在の世界最高水準の専用ハードウェア処理性能と同等である。上記の高品質ストリーミングComet DVを8本実時間処理できる能力であり、金融、行政利用の他、有料コンテンツ放送、プライバシーを保持した医療画像転送など大容量データを安全に通信することが可能である。</p> <p>インターネットによる並列分散クラスタシステム 長距離キャリア回線でも使用される高速回線SONET/SDH OC48c（2.5Gbpsx2）を使用して、クラスタシステムを構築したのは世界初。展示を行ったSC2000でも多くの評価を得た。上記のネットワーク処理プロセッサ、ドライバソフトウェア、高速セキュリティ通信を統合して、実際のインターネットで高速かつ安全にデータをやりとりして並列分散処理が実現可能である。</p>

テーマ名	要素技術から見た成果の意義
<p>6.2 高性能並列分散計算機システム (並列分散システム NEC研究室)</p>	<p>a)並列分散ライブラリ 異なる計算機間でMPIの通信を実現する通信ライブラリは他にも報告されているが、本成果の特長は、異機種計算機システム内でプロセッサ間の通信が発生した場合に、並列計算機システム内でのプロセッサの通信と、各並列計算機システム内での通信を自動的に判別し、システム内での通信には、システム固有に実装された通信ライブラリを、システム間に渡る通信にはTCP/IPなどシステム間で利用可能な通信プロトコルを利用したライブラリを選択する最適化を実現したことによる。こうすることにより、システム内での通信性能を最大限に活用することが可能となる。また、本通信ライブラリは、スカラ型並列コンピュータCenju-4やベクトル型スーパーコンピュータSXの他、MPIが実装されているコンピュータならば移植可能であるため、極めて可搬性・汎用性が高い。</p> <p>b)自動並列分散化コンパイラ 本コンパイラの主な機能は以下の通りである。 ・データ並列言語をベースとしたプログラミングインターフェースの一元化 データ並列言語HPF (High Performance Fortran) の拡張により、容易で一元的な並列分散処理インタフェースを実現し、従来、個々の計算機毎に必要であったプログラム記述方法を並列分散システム向けに一元化することに初めて成功した。 ・自動並列化機能、自動通信生成機能の実現 本コンパイラは、入力言語としてHPF (High Performance Fortran) 第2版の基本部分、公認拡張部分(一部)、さらに異機種並列性を統一的に記述できる独自拡張を受理し、これを並列化し必要となる通信コードを生成する機能を持つ。自動並列化機能、自動通信生成機能は生成される並列分散プログラムの性能を大きく左右する重要な機能であるが、本コンパイラにおいては、最高レベルの最適化技術を実現している。</p> <p>c)プログラム並列分散化ツール 本ツールの主な機能は以下のとおりである。いずれも最高レベルの機能を実現した。更に、静的性能予測機能、実行時再コンパイル機能、動的負荷分散機能、実時間情報の採取機能に関しては、異機種計算機環境を対象としたプログラミングシステムで実現したのは初めてである。 ・プログラム情報のビジュアル表示 / 並列分散化チューニング指示のビジュアル操作 プログラムの論理構造、配列の分散状態、コードの並列化状態、通信の発生個所などのプログラム情報をビジュアルに表示し、ユーザによるプログラムの理解とチューニング操作を補助する機能である。ドラッグ&ドロップ等の平易な操作による配列の分散指示など、直感的な操作によりプログラムの並列分散化を進めることができる。また、遠隔地からでも利用可能なように、Webブラウザを用いたユーザインターフェースも開発した。 ・自動データレイアウト機能 / 自動処理マッピング機能 プログラム中のすべてのデータや処理の並列プロセッサへの割り当てを、自動的に決定することができる機能である。これにより、利用者は異機種並列分散システムを意識することなく、シームレスに並列分散プログラミングを行えるようになる。利用者がプログラムやシステムに関する知識を利用して、主要なデータの分散を適切に指示すれば、それに合わせる形でより最適なレイアウトを決定することもできるようにする。</p>

テーマ名	要素技術から見た成果の意義
	<ul style="list-style-type: none"> ・ 静的性能予測表示機能 並列化チューニング作業の途中で、おおよその性能見積もりをすることができる機能である。これにより利用者は並列化作業の方向性の正しさを確認することができる。予測精度の向上と予測にかかる計算コストの低減が研究課題となる。 ・ 実行時情報の採取・利用機能 プログラム実行時の情報を採取し、それを様々な形で利用する機能である。プログラムの実行中に、その進捗状況や負荷バランスの状態を実時間モニタリングし、それをビジュアル表示したり、何らかのアクション（計算機資源の動的な再割り当てのためのプログラム再コンパイル等）を起こす手がかりとする機能、静的なプログラム解析ではわからないプログラムの挙動に関する情報を実行時に収集する機能である。 ・ 並列分散システム向け動的プログラム最適化（実行時再コンパイル機能、動的負荷分散機能） 並列分散システムにおいては、通常の並列システムと比較して実行時の環境の変化が著しい。この並列分散環境の変化に動的に適應するための方策として、変数値などのプログラム情報やシステム状況などの様々な情報を実行時に採取し、これを利用してプログラム最適化を進める動的プログラム最適化機能を実現した。具体的には、プログラム実行中にその一部分をコンパイルし直し、実行を続けながらコンパイルされた部分を置き換える「実行時再コンパイル機能」、およびシステム負荷状況の変化に応じて、実行時に計算処理のマッピング方法を変更し、各プロセッサの負荷を均一化することでプログラムを高速化する「動的負荷分散機能」を実現した。
<p>6.3 H10-13 サーバアプリケーションへの並列分散技術の応用研究 (並列分散システム住金研究室)</p>	<p>従来、クラスタシステムのプログラミングは、PVM や MPI などのメッセージ通信や RPC や ORB などのリモート呼出しで記述するのが主流である。今日、移動エージェントや永続的なオブジェクト空間による並列分散環境も実用化されつつある。しかし、これらには集団実行と耐故障の両機能をアプリケーションから透過的に記述できる機能がなく、既存アプリケーションのクラスタ化には多大な労力が必要であった。</p> <p>一方、Java 言語は、汎用のプログラミング言語としても高い評価を受けており、分散プログラミングに利用できるリモート呼出し機能 Java RMI を持つことから、サーバアプリケーションのソフトウェア開発に広く利用されている。</p> <p>そこで Java RMI インターフェースを拡張して、クラスタ化に必要される集団実行や耐故障の両機能をアプリケーションから透過的に記述できるミドルウェア SORB を開発した。SORB は、データパラレルに実行できる既存アプリケーションのクラスタ化を短納期 / 低コストで可能にし、サーバアプリケーションに必要な耐故障に対応している。SORB は、Java RMI ライクなインターフェースとしたことでサーバアプリケーション開発者に受入れやすく、また、既存アプリケーションが豊富に存在し中小の企業で広く利用されている Windows NT をはじめ各種 OS で動作する。汎用性のある応用分野の広いミドルウェアと考える。</p>

テーマ名	要素技術から見た成果の意義
<p>6.4 H9-11 並列分散システムソフトウェア / H10-13 コンピュータクラスタ上の基本ソフトウェア (並列分散システムソフトウェアつくば研究室)</p>	<p>クラスタ技術は、従来のスーパーコンピュータ市場に留まらず、インターネットサーバ、データマイニング、ゲノム情報処理など大量のデータ処理を必要とするハイエンドコンピューティング市場を創出した。クラスタのためのシステムソフトウェアである。高性能通信ライブラリとしてはAM, FM等があるが、マルチユーザTSS環境を含めたトータルシステムとして設計されたクラスタシステムソフトウェアはSCoreしかない。多くの高性能通信ライブラリは通信ハードウェアに特別化したものがほとんどである。SCoreシステムが持つPM通信ライブラリはMyrinet、Ethernet、UDPプロトコルを有するネットワーク上で高性能通信を実現している。このように、SCoreは、処理能力および使い勝手のいずれをとっても他に類をみない。低遅延通信ライブラリにより今まで高価な専用コンピュータでしか実現できなかった実時間処理にも使用されている。</p>
<p>6.5 並列分散システムでの高性能計算及び性能特性の研究 / 並列アプリケーションの探索的技術開発及び性能解析 (並列分散システムパフォーマンスつくば研究室)</p>	<p>クラスタにおいて、OpenMPを利用できるコンパイラは米Rice大学のTreadMarks上で実験的な結果が示されているだけであるが、最近になり、米KAI社がこのコンパイラを商用化することを計画している段階である。現実に利用可能であるのは、我々のSCASH上のOmni OpenMPコンパイラのみである。性能に関しても、プログラムによるが、16ノード程度の中規模なクラスタでは実用レベルにあると考える。また、現在、フリーで利用できるOpenMPコンパイラは、Omni OpenMPコンパイラしかなく、Linux等フリーな環境で多く使われている。</p> <p>広域ネットワークを利用したグローバルコンピューティングはこれからの並列分散環境であるが、国内でもこの分野のひとつの研究拠点として認知されていた。次第にこの分野への注目が集まって、本研究室で研究が先導的な役割を果たすと考える。</p>
<p>6.6 大規模応用のための高機能データ並列プログラミング (並列分散システムGMD研究室)</p>	<p>There have been many efforts to simplify the development process of parallel applications. Most of these efforts, however, focused on regular or simple irregular applications. PROMISE, on the other hand, provides a unified approach that can efficiently handle both regular and irregular parallel scientific applications. The achievements of the PROMISE project are twofold. The PROMISE library, on the one hand, is frequently downloaded from the project's web page and used at several research facilities. The conceptual framework of PROMISE has also influenced several research projects in the field of scientific computing. A particular striking example is the new proposal to enable irregular applications in the CACTUS framework that uses domains and relations in the sense of PROMISE to represent general spatial structures.</p> <p>This proposal was discussed during a CACTUS workshop (San Francisco, USA, 2000) with active participation of a PROMISE member. (Technically a direct use of the PROMISE software within the CACTUS project is not possible as this software is to be run in environments without any C++ support).</p>
<p>6.7 H9-11 並列分散基本システムアーキテクチャ / H10-13 省電力型高速光転送向インタフェース技術 (並列分散システムアーキテクチャつく</p>	<p>コンセプト：SAN(System Area Network)とLAN(Local Area Network)の利点を併せ持つネットワークのクラスLASN(Local Area System Network)のコンセプトを提案し、その実現法を示した。</p> <p>システムについて：Hop-by-hop retransmissionをハードウェアで実装した世界初の1-chipスイッチを開発。ネットワークのリンクバンド幅は、LAN, SANの世界最高水準(LANとしては現在10Gbit Ethernetの規格が制定の最終段階にある)。</p>

テーマ名	要素技術から見た成果の意義
ば研究室)	
<p>6.8 大容量データバス用 光インターコネクション (光インターコネクション 日立研究室)</p>	<p>RHiNETに搭載したスイッチシステムは世界最高速の通信性能を実現している。</p> <p>システムエリアネットワークの標準技術であるMyrinet (米国・Myricom社製) は2Gbit/sリンクの通信速度であり、RHiNETの1/4から1/5の通信速度である。またMyrinetは通信トポロジーの制約が厳しく、RHiNETでは実現可能なループ構造などの使用を許さない構造となっている。同様に計算機内の専用ネットワーク用に富士通が開発したSynfinityは、総通信容量はRHiNETと同等の78.6Gbit/sを実現しているが、本チップは搭載メモリが小さくサポート出来る通信距離が2m前後と非常に短い (RHiNETは100m-1km)。</p> <p>さらにRHiNETシステムは、並列計算機が必要とする低遅延接続 (250ns) と自由なトポロジー後続 (ループも可能) が実現可能であり、従来の内外の関連技術 (EthernetやHIPPI-6400等) と比較しても非常に優れた性能を有する。さらに、この優れた性能を実機システムにて実証している。</p> <p>RWCPで生まれたGalnNAsは、次世代半導体レーザの有力材料技術と見なされており、現在40-50ヶ所の国内外の研究機関で研究開発されている。</p>
<p>6.9 光インタコネクション 用低電圧動作面型 レーザの研究 (光インターコネクション 富士通研究室)</p>	<p>従来、半導体レーザはInP、もしくはGaAs基板上に作製するが、本研究では新しいInGaAs基板を用いている。InGaAs基板の技術自体当研究室独自の研究であり、基板の格子定数による材料の制限を打破できる優れた技術である。技術の優位性は、本プロジェクトにおける研究成果の国内外の学会における論文賞の受賞により、その新規性・先進性が認められたと考える。さらに、レーザの温度特性についての長年の課題に答えを与え、学術的にも大変意義のある成果である。</p>
<p>6.10 低消費電力光インター コネクション (光インターコネクション NEC研究室)</p>	<p>OIPは世界ではじめて実用的なレベルでLSI間光インターコネクションを実現したものである。DARPAのphotonic-VLSIプロジェクトにはHoneywell、HPなど多くの企業・大学が参加しているが、空間結合を行うため、非実用的である。日本ではASETが同じく光・電気混載実装をかねてスタートした。発表当初からのコンセプト、目標設定、実用化への見通しの点で他に類はない。</p> <p>長波VCSELに関しては、現在世界中で熾烈な特性改善競争が進められており、トップデータが数ヶ月後には更新されるといった状況にある。その中で量産可能な一括成長1.3μm-VCSELとして、現在世界で3社 (Cielo (米), Infineon (独), RWC (NEC (日))) が波長1.3μmでの50以上の連続発振を実現しており世界トップレベルにある。</p> <p>1.3μm-VCSELは、10GEthernetといった、2004年頃から世界的に立ち上がると予想されている新市場において、その高性能、低コスト性からキーデバイスとなる技術である。現状この市場に向けて、従来型のDFB?LD開発が進められているが、VCSELより10倍程度高コスト、高消費電力になると予想されており、1.3μm-VCSELの完成度が高まればこれが支配的になると予測されている。</p>
<p>6.11 高密度光バス (光インターコネクション 沖研究室)</p>	<p>回折光学素子を用いた自由空間チップ間光インターコネクションとして世界初。導波路系を用いた研究開発が多い当該分野で、並列性に高い自由度が実現できる同方法は、チップ間光インターコネクション分野において、大きなインパクトを与える。</p> <p>また、光通信波長を用い、シリコン基板を透過させることで、裏面レンズとの精度の高いアライメントが、基板直接説合法により達成できることも、アライメント精度の最も厳しい部分におけるソリューションを提供し、デファクト技術となりうる可能性がある。</p>

テーマ名	要素技術から見た成果の意義
6.12 波長多重型光 LAN (光インターコネクション住電研究室)	<p>実験レベルでは、プリティシユテレコムによるFGLを用いた2.5Gbps波長多重データ伝送実験の報告があるのみで、本研究は、世界的に見て最高水準である。FGLのモジュール化まで実現している研究機関は無く、最も実用に近い水準に本研究レベルはある。FGLの特徴を活かした高密度波長多重(0.1nmから0.2nm波長間隔)伝送実験は、世界初の成果である。そして、無温調FGLモジュールの開発例は無く、このモジュール化は、世界初の成果。この成果は、データコム、アクセス系のWDMシステムにおいて、低コストで高波長密度化が可能になることを示し、広い応用分野を期待させるものである。</p>
6.13 スキュー低減型多芯 高速伝送路 (光インターコネクションフジクラ研究室)	<p>成果の意義の項でも述べたとおり、通常ファイバリボン構造での低スキュー化の例はあるが、実用化レベルでは、スキューは0.8~2.0ps/mかつ外力による変動がある。当研究の成果は最先端のものである。</p>
6.14 無調芯型面発光 LD モジュール (光インターコネクション古河研究室)	<p>面発光LDアレーモジュールで、面発光LDとファイバとの無調芯直接光結合、プラスチックを用いたファイバフェルールの適用、樹脂固定等、低コスト化を目指した設計に加え、2.5Gbps/chの動作実現等、他研究機関のモジュールと比較しても、レベルの高い成果が得られた。</p>
6.15 空間分割多重光イン ターコネクション (光インターコネクション日板研究室)	<p>本研究は、従来空間光学系による光インターコネクションを構成する場合に課題であった、受発光素子とマイクロレンズアレイと光ファイバの3素子を空間中でアクティブ調心しなければならないという問題点をパッシブ調心と自己調心機構により抜本的に解決し、小型高密度な二次元配列が可能で光学系の自由度の大きい長所を活かすとともに、耐候性、温度特性に優れたオールガラスの部材で構成した光インターコネクションパッケージであるという点において、また構成素子も耐候性と量産性を考慮した新しい作製プロセスと新しい光学ガラス材料をもって開発し、先例のない独自のパッシブ調心用素子を開発したという点において、新規性・先行性がある。</p> <p>また、現時点では各構成素子のパッシブ調心のコンセプトや接着固定材料については、従来技術を適用しているものの、今後量産性が高く大規模な空間多重化にも対応可能な新しい調心固定方法を開発していくことで、1000チャンネルを越える大規模な空間多重化においても、温度変化などに対して光接続特性の安定した二次元配列の空間光学系による光インターコネクションパッケージが実現できると考える。</p>

表18 並列分散コンピューティング技術分野：並列アプリケーション技術領域

テーマ名	要素技術から見た成果の意義(成果のレベル)
<p>7.1 ヘテロジニアスコンピューティング共通インターフェースソフト(並列応用日立研究室)</p>	<p>計算手法の異なるシミュレーション間で離散点の相関関係を設定する連成解析ミドルウェアを開発した。その共通プラットフォーム上で、バイオ分野では世界最高水準の高精度な蛋白質構造・機能相関解析、半導体分野では極短ゲート素子の欠陥生成の経時変化予測を世界に先駆け実現した点が本研究開発の成果である。</p> <p>近年、学際的な領域の重要性が認識され始めているが、ミドルウェア階層の学派とアプリケーション階層の学派は十分なコミュニケーションが図られているとは言いがたい。特に、科学技術計算分野では、共通プラットフォームに載せるためにプログラムを再構築することは時間的な制限から有り得ない。一刻を惜しみ新しい物理モデルの開発とソフト機能の拡張に専念しなければ製品開発競争に勝てない。CCAフォーラムで議論されているが、CORBAに代表されるリモートプロシージャークール型に代わり、科学技術計算のハイパフォーマンスな並列計算に適し、再構築を必要としない共通プラットフォームのニーズが高まっている。</p> <p>連成解析ミドルウェアでは、これらの課題を意識し新規なアプローチとして、ベンダー開発プログラムやレガシープログラムに専用ライブラリを用いて簡便にコンポーネント化することができる。コンポーネントの繋ぎ目を離散点の相関関係を選択し自由に連結する。共通プラットフォームを高速並列計算に優位なメッセージパッシング型の標準ライブラリMPIやPVM上に開発し、エージェントを介して煩わしいデータの通信・変換を自動化する点が優位技術である。</p> <p>連成解析の新しいアプローチの有効性を実証するため、単一プログラムでは不可能であった複雑な物理現象を高精度且つ高速に解析可能でなることを示すことが、成果ソフトの普及と新たな市場創出に向けて最も重要と考え、ナノテクノロジー分野の問題に応用した。</p> <p>蛋白質の構造・機能相関解析は、蛋白質のどの構造部位が機能として重要であるかを探るテーマであり、ドラッグデザインやテーラーメイド医療の基盤技術となる。新規手法の有効性を示すため、風邪薬の成分の一つであり、卵白中に存在するHEWLを解析対象とした。HEWLは、世界で初めて三次元構造が見出された蛋白質でありながら、表2に示すように機能の指標である水素解離エネルギーを従来手法では解析することができなかった。今回、蛋白質の誘電率を算出する新しい物理モデルに基づき、連成解析ミドルウェアを用いて、ユーザ数が非常に多いベンダー開発ソフトと半導体分野で従来から活用していたソフトを融合し、世界最高水準の高精度な解析を実現した。</p> <p>半導体デバイス特性の経時変化として、欠陥生成数と電圧印加時間の間に累乗則が存在することは、'80年前半に発見された経験則である。しかし、その物理的なメカニズムが不明であるため、実際にデバイスを試作し測定するほか経時劣化や信頼度を推測することができなかった。ナノメートルデバイスの設計が進むにつれ、原子レベルの制御が必須となり、デバイスの試作に膨大な時間とコストを要する。物理的な因果に基づきシミュレーションを用いて経時変化を予測することは極めて重要な課題である。高速電子と水素原子が衝突し欠陥が生成する新しいモデルに基づき、連成解析ミドルウェアを用いて電子デバイスシミュレーションに原子レベルの材料シミュレーションを融合した。欠陥生成数の累乗則を物理的な因果から世界に先駆け見出すことができるようになり、ナノスケールデバイスの高信頼化設計に応用することができる。</p> <p>連成解析ミドルウェアは、科学技術計算ソフトの共通プラットフォームとし</p>

テーマ名	要素技術から見た成果の意義(成果のレベル)
	て、ベンダー開発ソフトの機能拡張ツールやSE向けのソフト機能開発ツールとなる。パッケージソフトとしての販売と共に、事業規模の拡大に向けて、顧客ニーズに合わせて科学技術計算分野ソフトをインテグレーションしたり、カスタマイズするサービス事業への展開が有望である。知の事業化とソリューションビジネスの一貫として、シミュレーションプログラムを独自に組み合わせた連成解析ソフトを活用し、ASP(Application Service Provider)的な付加価値の高い設計データベースを構築する解析サービスに発展させたい。
7.2 物理・統計融合型シミュレーション (並列応用三菱研究室)	並列最適化方式として開発した直交計画法による局所探索法は、多変数関数の最適化方式として世界で初めて統計的手法(実験計画法)をとり入れたものであり、従来法であるSimulated Annealing 法等に比べ、変数が多いほど良い結果が得られるというユニークな特徴を持つ手法である。並列時系列事象予測技術の一部である対角共分散混合正規分布インデクス法は、確率分布を多数の対角共分散正規分布で近似するものであり、本来は分類のための技術を事例インデクスとして用いるという点に新規性があり、世界でも他に例を見ない。
7.3 H9 電力分野およびゲノム情報処理分野における並列情報処理技術 / H10-13 電力分野における並列情報処理技術の研究 (並列応用MRI研究室)	先に述べたように単CPUの逐次計算型計算機に一般的に利用されている直接法の並列計算化研究がこれまでの主流であった。これらのアプローチでは専用計算機ハードと一体の製品が多く、汎用性が少ない。また、10倍を超える並列効果が出にくいのがこれまでの課題であった。今回の研究では、対象の並列計算機を選ばない汎用並列計算用アルゴリズム開発として差別化でき、かつ分散メモリー機で10倍を超える並列効果が出せるめどを立てた。並列機を導入して10倍の高速化が図れるということは、電力系統の世界では、例えば潮流解析を超高压系統から分散電源が導入される周辺の負荷系統や配電系統にモデルを拡張しやすくなるという点できわめて価値が高い。
7.4 並列分散データマイニング (並列応用東芝研究室)	テラバイト級データをマイニングするシステムは既に存在するが、PCクラスタを用いたことにより価格性能比では当研究成果は高い水準にある。
7.5 マルチメディアデータベースの並列分散処理(並列応用三洋研究室)	(1) 画像内容検索技術の開発 独自の形状特徴を用いた定性的な認識手法により検索を行なうため、認識対象の位置、サイズや撮影角度に起因するゆがみに頑健であるという、他にない特徴を有しており優れている。 (2) 並列処理手法の開発 PCクラスタを用いる並列処理手法をベースとし、画像内容による動的負荷を効率よく処理する手法を開発した。PCクラスタを用いて、安価で、かつ容易に並列度を増減できるため、実用面で優れている。形状認識をベースとしており、様々な検索対象に適應できるため、応用展開の広い基盤技術である。

2.5 成果の普及、広報

(1) 成果の活用

成果を活用した国際標準化については次のものが挙げられる。

マルチモーダルフォーマット

マルチモーダル標準フォーマットを設計し、ISO/IEC JTC1 の MPEG7 に関する国際標準化グループに参加して、MPEG7 に組み入れるべく活動している。

印刷用データ圧縮アルゴリズムとデータフォーマットの標準化

圧縮するデータの性質に合わせた予測関数を進化ハードウェアで実現することによる印刷用データ圧縮アルゴリズムを開発し、現行方式の2倍の効率が得られることを実証した。これが認められ、現在 ISO で標準化作業中である(TC130 及び SC29)。更に、印刷データフォーマットを ISO の TC130 で標準化予定である。

マイクロレンズアレイに関する標準化

ISO/TC 172/SC 9/WG7 においてマイクロレンズアレイの標準化がなされ、その中で本プロジェクトで実施した評価方法が日本案の叩き台となっている。

また、デファクトスタンダードを目指したものとしては、下記が挙げられる。

SCore, Omni OpenMP

現在フリーソフトとして公開され、多くのサイトからダウンロードされて使用されている。これらの成果は、当機構の組合員である NEC、富士通、三菱電機などが中心となって設立された PC クラスタコンソーシアムによって成果の普及と開発が続けられる予定であり、PC クラスタの業界標準ソフトを目指している。

その他

その他、WWW などによって公開し、普及を計画しているものとしては、「連成解析ミドルウェア」が挙げられる。

(2) 成果普及広報体制

RWCP においては、成果普及を実施するために普及部を設けて、RWIC と連携して次の普及活動を行ってきた。

成果発表会の開催

1～2年間隔で、研究成果の展示・発表を行ってきた。特に最終の成果展示発表会である RWC 2001 においては、約2千人の参加者に対し、プロジェクトの今後の成果利用も踏まえた展示を行った。

- ・ IJCNN'93 国際会議 / RWC 特別セッション (RWC プログラム) : 1993年10月25日～29日 (5日間) 名古屋市コングレセンター
- ・ 1994 RWC Joint Symposium (関係研究者内部討論会) : 1994年6月13日～16日 (4日間) シェーンバッハ・サボー・電総研・工業技術院講堂、参加登録者 500 名
- ・ 1995 RWC Symposium (関係研究者内部討論会) : 1995年6月12日～15日 (4日間) TEPIA、参加登録者 282 名

- ・1997 RWC シンポジウム (RWC プロジェクトの前期報告及び後期計画概要): 1997年1月29日～31日(3日間) ホテルニューオータニ、参加登録者 625名
- ・1998 RWC シンポジウム (RWC プロジェクトの後期初年度報告): 1998年9月9日～10日(2日間) シェンバツハ・サポー、参加登録者 382名
- ・2000 RWC シンポジウム (RWC プロジェクトの後期中間報告): 2000年1月17日～19日(3日間) 日本都市センター会館、参加登録者 420名
- ・RWC2001 最終成果展示発表会 2001年10月3日～5日(3日間) 東京ファッションタウン (TFT、東京・有明) 参加登録者 2064名

機関誌の発行

- ・1995年4月に創刊号を発刊以来、毎年度四半期をベースとして発行している。最新版では第19号(2001年9月発行)に至っている。
- ・主な掲載内容:当初は主として、RWC トピックスをはじめ、研究活動概況、内外研究者の紹介等を行ってきた。1995年度からは、WWW 掲載に伴い、RWC プロジェクトの多様な研究成果および普及活動状況等について、より具体的に紹介する方向で編集している。
- ・主な配布先は、次のとおり。
 組合員関係先(20社):300部(組合員企業及び分散研究室、大学等再委託先、関係会議・委員会、研究WG及びWS:150部
 関連機関:100部(産総研等研究機関、関係団体・大学・ユーザ企業等)
 RWCP 訪問者、学会関係先等:約50部

WWW による情報発信

RWCP の WWW について

- ・1993年度～1997年度までは、RWC 研究者向けサイトを構築し、相互の情報交流を行った。
- ・1998年5月以来、RWC プロジェクトの一般公開用 RWCP ホームページを作成し、研究活動状況を紹介している。URL: <http://www.rwcp.or.jp/>
- ・また、RWCP の組合員(各研究室) 関係大学、関係研究機関及び企業等については内部用 URL: <http://intra.rwcp.or.jp/>を作成し、研究業務の相互連絡、情報交換等を積極的に図っている。

主な内容

- ・RWC プロジェクト (METI 委託研究) の目的
- ・技術研究組合 新情報処理開発機構 (RWCP) の設立、主な事業、組織体制等
- ・研究活動の紹介(各研究室、研究成果、研究業績、成果の仕上がりイメージ等)
- ・機関誌 RWC NEWS の記事内容
- ・研究成果のプレス発表(テーマ、発表年月、掲載新聞等、発表研究室)

- ・ RWCP 活動の歩み
- ・ 調査情報
- ・ 最新トピックス
- ・ 最新の行事案内等

以上の他に本 WWW の特徴としては、開発したソフトウェア等を公開し、世界中から多数の利用者を得て評価・成果普及を行っていることが挙げられる。現在次のソフトウェア等を公開している。

- ・ SCore Software System: シームレスコンピューティングのためのグローバル OS SCore を含み、日本はもとより、世界中からダウンロードされている。
- ・ Omni OpenMP: 並列言語 OpenMP コンパイラ。我が国で一般に使用可能な初めての OpenMP コンパイラであり、多数のサイトからダウンロードされている。
- ・ 並列タンパク質情報解析システム (PAPIA): RWCP で開発したタンパク質解析に有用なソフトウェア・データベースライブラリをインターネット経由で利用できるシステム。タンパク質の構造検索、配列相同性検索など 10 種類を公開。アクセス数は年毎に増加傾向にあり、現在月あたり約 3 万件台であり、製薬などの開発に用いられている。

新聞・商業誌への発表

平成 9 年度～13 年度において、新聞・商業誌に積極的に発表している。(下記項目を参照)

学会・コンファレンスにおける成果の展示

本プロジェクトでは、学会やコンファレンスへの出展により、成果を体験的に示す事を重視していて、学会などで積極的に成果のデモンストレーションを行ってきた。特に、HPC 分野で世界的に著名なコンファレンスである SC (SuperComputer Conference) には 1996 年から 2000 年の 5 年間にわたり、RWCP のシームレス並列分散シームレス計算機関連の試作システムを展示し、その完成度をアピールしてきた。年毎の出展システムを以下に示す。

- ・ 1996 年 PC Cluster 1 号機、SCore1.0 システムソフトウェア (つくば研)
- ・ 1997 年 PC Cluster 2 号機、SCore2.0、Femflow, PAPIA (つくば研)
- ・ 1998 年 PC Cluster 2 号機改良型、SCore2 CD-ROM 配布、NetCFD、PAPIA、MolTrec, (以上つくば研)、RHiNET (つくば研、日立研) SPST(NEC)、Comet(富士通研) PROMOTOR(GMD 研) Real-Time Power System Simulator (三菱電機)
- ・ 1999 年 SCore Cluster 1 号機、SCore2.5Pre & SCore 3.0pre CD-ROM 配布、COMPaS SMP Cluster、PAPIA、MolTrec (以上つくば研)、RHiNET(つくば研、日立研) 並列コンパイラ DMP(富士通研) SPST 並列化支援ツール (NEC 研) 並列化ソフトウェア WPP (日立研) PROMOTOR(GMD 研)
- ・ 2000 年 SCore Cluster System, Omni OpenMP (以上つくば研) RHiNET

(つくば研、日立研) Promise (GMD 研) 異機種システム用プログラミング環境 (NEC 研) Comet(富士通研)、並列データマイニングシステム (東芝研)

・ 2001年 (予定) SCore Cluster System、RHiNET (つくば研)

学会発表等

表19に年度別論文(原著、その他)、特許、著作物、その他報道などの件数一覧を示す。

表19 年度別論文(原著、その他)、特許、著作物、その他報道の件数一覧

年度	H9	H10	H11	H12	H13	合計
原著論文数	149	172	199	209	76	805
その他論文数	139	182	196	160	88	765
特許出願数	34	28	40	55	8	165
著作物数	44	45	57	30	6	182
新聞報道等数	15	31	42	34	7	129

3. 成果の実用化可能性、波及効果

3.1 成果の実用化可能性

本プロジェクトは基盤技術・要素技術の確立を主目的とするものであるが、プロジェクト途中で既に約2割（14件）の成果が実用化されている（商品化されているか実際の業務に使われている）成果が出ている。これは、国家プロジェクトとしては、数少ない例といえよう。表と図1にプロジェクト終了時、2年後、終了後5年以内の実用化・事業化の件数と比率の推移を示す。ここでの件数とは、各研究における実証システムの数である。

表20 実証（プロトタイプ）システムの実用化・事業化推移（件数）

	プロジェクト終了時	終了後2年以内	終了後5年以内
実用化・商品化レベル	14	29	62
研究室外試用レベル	20	31	6
研究室内試用レベル	31	8	2
基礎研究	8	1	0

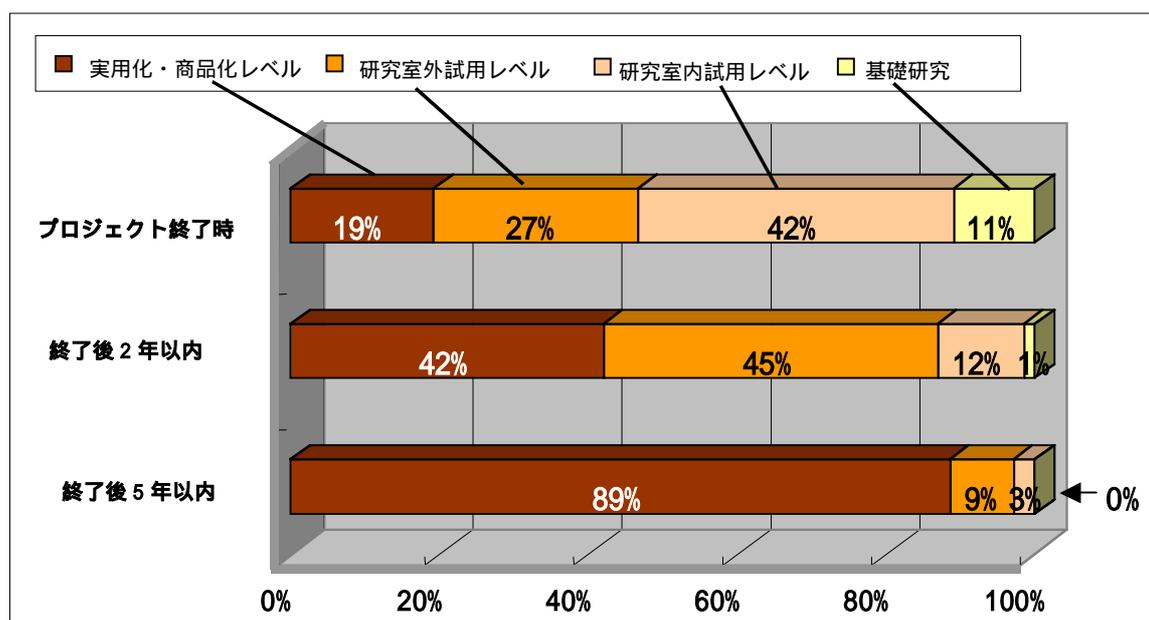


図1 研究成果の実用化状況

3.2 波及効果

個々の研究成果の波及効果については、添付資料5に示す。ここでは、主なものを抜粋して示す。

(1) 実世界知能技術分野

Cross Mediator の構築（情報ベース機能つくば研究室）

マルチメディア情報の検索システムは、インターネットにおける情報の種類の拡大に伴い最も重要な開発課題となっている。このとき、インデックスによるラベル付けを行ったデータとしてマルチメディアデータを作成するのか、ラベルをつけないままの生データをデータとして作成するのかが、システム設計上で大きく異なるものとなる。本システムはインデックスなしでマルチメディアを統合的に扱えるパッケージソフトを世界に先駆けていち早く社会に提供するもので、その影響は極めて大きいものと考えられる。

音声と画像の統合による対話の研究（RWI センター情報統合対話ラボ）

音声と画像の統合による学習の研究は、世界的に初めて行われた研究であり、その後、MIT などでも類似の研究が行われるようになり、近年、関心を高めている。音声補完の提案は、世界的に他に例がなく極めて独創的な研究である。当初は、多様な情報を用いた対話技術の研究として、自由発話音声における言い淀みの分析などにより、言語的な現象の解析を行うことを想定していたが、こうした研究の中から、当初は予想していなかった「音声補完」という新しい音声入力インタフェースの提案が生まれ、従来なかった新しいインタフェースの提案として大きなインパクトを与えた。

能動知能システムの評価（RWI センター言語統合ラボ）

情報技術が現在直面している最大の課題はグラウンディング(デジタル情報を人間の生活世界に適合させること)であり、この課題の解決には、高精度の位置測定や近距離の通信技術に加え、情報コンテンツの意味構造化に基づく社会情報インフラによって、情報処理装置が人間と意味を共有できるようにする必要がある。この目標に向けたプロジェクトを行なうため、産業技術総合研究所サイバーアシスト研究センターが設立された。本研究の成果は同センターの技術的な基盤のひとつとなる。

分散能動学習方式（理論基盤 NEC 研究室）

分散能動学習方式の理論的成果は、国際学会、論文誌を通じて国際的に認知され、学習理論の分野において多大な影響力を与えている。能動学習を用いた実験計画による免疫ペプチド免疫特性の同定実験の結果は、新薬開発において薬剤候補を従来より少ない実験回数で絞り込むことがわかり、生物学会、製薬業界にもインパクトを与えている。具体的には、本研究結果を新聞発表したところ、製薬会社からの多

くの問い合わせがきた。

学習統合型情報処理の理論基盤の研究（RWI センター学習統合基礎ラボ）

構造をもった確率分布に対する関心はプロジェクト開始時よりも高まってきている。たとえば、2001年7月にグループメンバーの本村らの主導で開催されたベイジアンネットワークのチュートリアルには200名を越える研究者の参加があった。開発したソフトウェア BAYONET に対しても、e-commerce やバイオインフォマティクスなどを含むさまざまな分野の企業から試用のコンタクトがある。

進化システム（RWI センター進化システムラボ）

筋電制御義手についてはイギリスのBBCでの放送の効果が予想以上で、実用化の要求が極めて根強い。RWC終了後も研究を継続すべき社会的な責任を感じている。携帯電話でのアナログLSIの実用化は、人工知能以外の分野の人への関心を呼び、進化型ハードウェアという新奇なアイデアが単なるアイデアでないことを実証できた点が重要であると考えられる。その結果、次世代半導体プロジェクトであるMIRAI計画に、本アイデアは受け継がれることになった（回路システム技術グループ）。またベンチャー企業ERI社を設立し、本研究開発の成果を事業化しているが、国内のみならず、欧米メーカーも強い関心を示しており、本研究開発の方向性の正しさを実感している。その理由の一つはこの10年で工業製品はますますハイテク化し、設計どおりにシステムがなかなか動かず、どうしても「適応」させることが必要になってきており、その「適応」には従来技術ではなかなか対処できないということが明らかになってきているからだと考えている。

（2）並列分散コンピューティング分野

SCore Cluster System Software （並列分散システムソフトウェアつくば研究室）

クラスタ技術により、従来のスーパーコンピュータ市場に留まらず、インターネットサーバ、データマイニング、ゲノム情報処理など大量のデータ処理を必要とするハイエンドコンピューティング市場が拡大してきた。SCoreにより使い勝手が良くかつ高性能なクラスタを提供することが可能となり、さらに今後ハイエンドコンピューティング市場が拡大していくだろう。さらにSCoreの持つ低遅延通信ライブラリ機能により、次のような波及効果が起こっている。

・三菱電機 実時間電力シミュレータ

本シミュレータには遮断機等の電力設備が接続される。接続されている設備からの交流データをシミュレータに入力し、シミュレータ側で電力システムを模擬して、その結果を設備にフィードバックする。この一連の処理を50マイクロ秒以下の間隔で模擬することによりシステムの過渡解析を行う。今まで専用並列計算機でしかでき

なかったことがSCoreによってPCでも可能となり、コストが1/10以下になった。現在、工場に設置して試験運用されている。

・神戸市高度医療センタ MRI画像分析用PCクラスタ

神戸市の高度医療センタ内に設置されるPCクラスタ上でSCoreが使われている。MRIによる画像の分析処理に使用されている。

大容量データベース用光インターコネクション（光インターコネクション日立研究室）

GaInNAsは、次世代半導体レーザの有力材料技術と見なされており、現在40-50ヶ所の国内外の研究機関で研究開発され、製品化もされている。GaInNAsを主テーマとする国際学会Low Bandgap Nitride Workshopも創設され、オプトエレクトロニクス分野で1つの潮流を創ったといえる。

低消費電力光インターコネクション（光インターコネクション NEC 研究室）

光インターコネクションはシームレスコンピューティングを支える装置間・装置内・ボード内データ伝送の大容量化に必須の技術である。これに対して、OIPはLSIに光インターフェースを持ち込むソリューションを提供し、その結果、汎用LSIに大容量・高密度の光接続をもたらして大容量かつコンパクトなネットワーク機器市場を創出するとともに、新しい入出力形態をもつLSIの市場を創出するものと考えられる。

また、長波VCSEL技術は上記の光インターコネクションを実現する大容量、低価格なキーデバイスを提供し、関連する機器市場を創出するものと考えられる。これらは、新しいネットワーク社会を支えるキー技術となり、今後の社会発展上、重要な社会的意義を持つものと考えられる。日本ではASETが同じく光・電気混載実装をにかけてスタートした。

基礎研究フェーズでは、長波VCSELの新しい光半導体を提案して以来、世界の主要な研究機関がこの材料系の研究を進めてきており、成果に大きな波及効果があったと考えられる。

参 考 資 料 C
プロジェクトの周辺状況

C.プロジェクトの周辺状況

本内容は、今回の評価に際して、評価の事務局である経済産業省産業技術環境局技術評価調査課から川鉄テクノロジー株式会社へ関連技術の周辺調査を依頼したものである。

1. はじめに

コンピュータと通信技術の発達により、処理される情報は大量でかつ多種多様なものになってきている。また、高度情報ネットワーク社会の基盤として、あらゆる人がネットワーク上や実世界の大量で多様な情報を、より高度で容易に利用できるための技術が求められてきている。このような背景のもと、柔軟な情報処理技術、並列コンピューティング技術、光技術などを開発することにより、21世紀における高度情報社会において必要とされる情報技術の基盤を確立することを目的として、「次世代情報処理基盤技術開発」(RWC: Real World Computing)プロジェクトが推進された。本プロジェクトは、平成4年～平成13年の10年間プロジェクトとして、総額約480億円の研究開発費が投入されている。

ここでは、「次世代情報処理基盤技術開発」の周辺動向調査として、電子情報産業における市場、スーパーコンピュータの技術動向を概観し、日本における「次世代情報処理基盤技術開発」関連プロジェクト及び諸外国における情報化施策について調査するとともに、情報技術に関する技術動向についてまとめたものである。

2. 電子情報産業における市場

2.1 コンピュータの国内出荷推移

(社)電子情報技術産業協会によると、1996年～2000年におけるコンピュータの国内出荷金額は図1の通りであり、1996年の2兆171億円が2000年には1兆3334億円と大きく減少してきている。内容的には、メインフレームコンピュータとワークステーションの減少が大きくなっている。ここで、メインフレームコンピュータとミッドレンジコンピュータの出荷台数は図2及び図3の通りである。メインフレームコンピュータにおいては、2000年の出荷台数は1996年比で半減しており、特に、大型及び中型の落ち込みが大きい。一方、ミッドレンジコンピュータにおいては、出荷台数は1996年以降漸増している。内容的には、NOS(Network Operating System)サーバ及びUNIXサーバが増加している中で、独自OSサーバ(サーバ機以外を含む)が大幅に減少している。

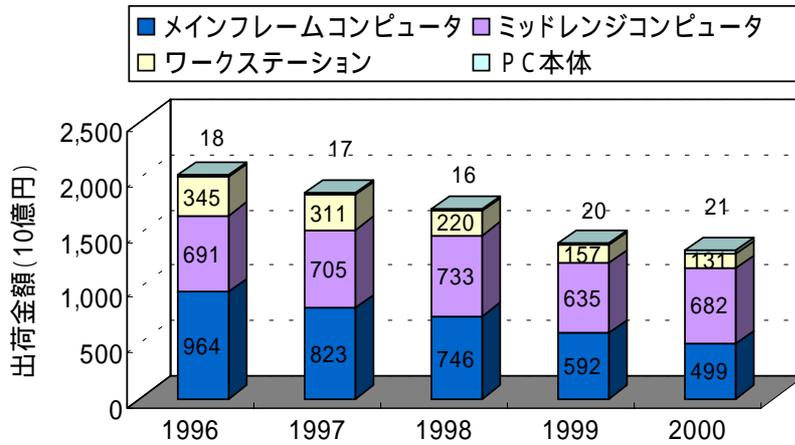


図1 コンピュータの国内出荷推移（金額）

（社）電子情報技術産業協会：2001 日本の電子技術産業

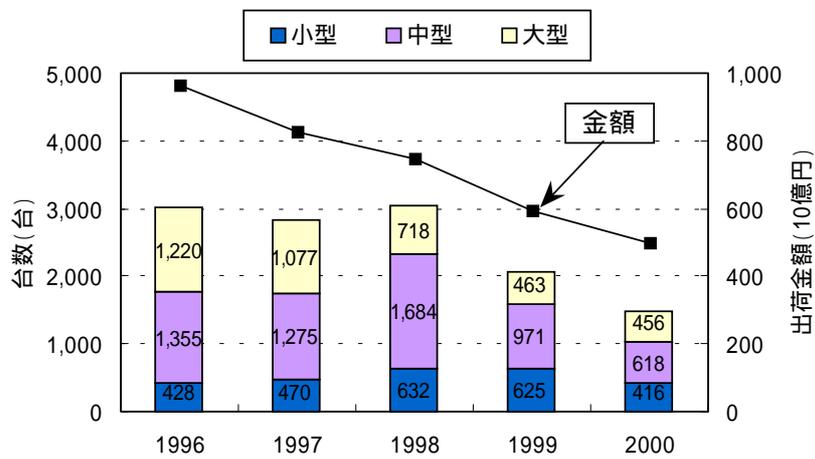


図2 メインフレームコンピュータの出荷推移

（社）電子情報技術産業協会：2001 日本の電子技術産業

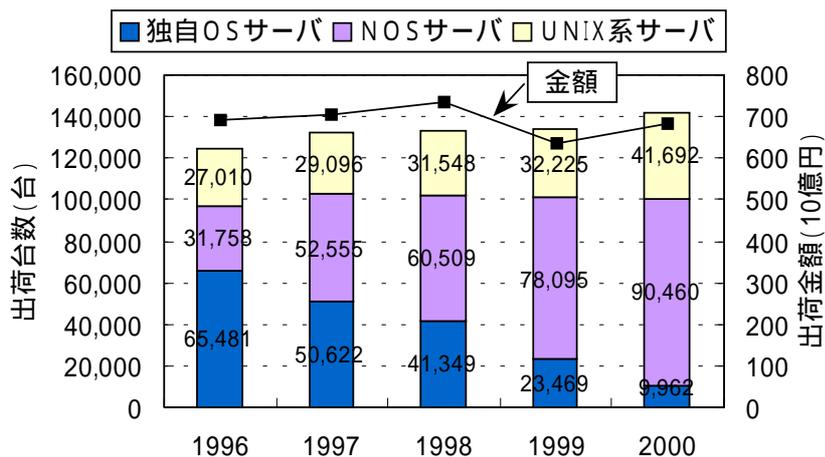


図3 ミッドレンジコンピュータの出荷推移

(社)電子情報技術産業協会：2001日本の電子技術産業

注1：メインフレームコンピュータは金額で以下の通り分類

大型：250百万円以上

中型：40百万～250百万円

小型：40百万円未満

注2：ミッドレンジコンピュータとは、メインフレームコンピュータ、ワークステーション及びPC以外のコンピュータである。NOSサーバとは、UNIXを除くオープンアーキテクチャのネットワークOS環境下で使用されるミッドレンジコンピュータであり、独自OSサーバとはベンダー独自のOS環境下で使用されるミッドレンジコンピュータをいう。尚、便宜上サーバ機以外も独自OSサーバの分類に含めている。

2.2 電子情報産業の品目別需要予測

(社)電子情報技術産業協会によると、日本の電子情報産業の品目別需要予測は、表1の通りである。ここで、2010年における需要予測をみると、電子機器が19兆8080億円(2000年度比では131%)、電子部品が9兆8990億円(同148%)及び情報ソフトウェア・サービスが16兆4780億円(同191%)で、情報ソフトウェア・サービスの伸びが大きいと予測されている。尚、合計では46兆1860億円(同152%)となっている。

ここで、コンピュータ及び情報ソフトウェアの需要予測を見てみると、図4の通り、2010年におけるコンピュータは7兆7620億円(同124%)、情報ソフトウェア7兆3780億円(同164%)であり、情報ソフトウェアの伸びの予測が大きくなっている。

表1 日本の電子情報産業の品目別需要予測

(単位:10億円)

年	1990	1995	1998	2000	2003	2005	2010
電子機器	14,511	13,727	14,501	15,110	16,515	17,384	19,808
AV機器	2,354	1,995	1,937	1,803	1,871	1,929	2,118
通信機器	2,326	2,860	3,646	3,895	4,348	4,732	5,858
コンピュータ	5,964	5,821	6,019	6,270	6,626	6,894	7,762
事務機	612	590	442	436	444	453	477
計測器	687	514	652	769	944	974	1,076
その他応用機器	2,567	1,946	1,805	1,936	2,281	2,401	2,518
電子部品	5,917	4,750	5,688	6,681	7,073	8,247	9,899
電子デバイス	3,136	2,238	3,107	4,017	4,263	5,334	6,808
一般電子部品	2,781	2,513	2,581	2,664	2,810	2,912	3,091
情報ソフトウェア・サービス	7,043	7,094	8,609	8,626	9,324	10,796	16,478
情報ソフトウェア	4,226	4,418	4,845	4,509	4,594	5,104	7,378
情報サービス	2,817	2,676	3,764	4,117	4,729	5,692	9,100
合計	27,470	25,571	28,797	30,416	32,912	36,427	46,186

(情報化白書2001 (社)電子情報技術産業協会資料「2010年の電子情報産業ビジョン」)

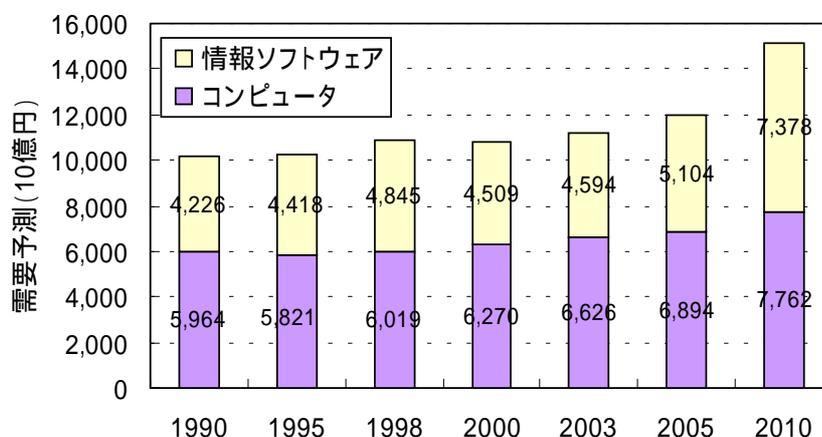


図4 日本のコンピュータ・情報ソフトウェア需要予測

(情報化白書2001 (社)電子情報技術産業協会資料「2010年の電子情報産業ビジョン」)

一方、世界の電子情報産業の品目別需要予測は、表2の通りである。ここで、2010年予測は、電子機器が1兆2061億ドル(2000年度比では157%)、電子部品が6996億ドル(同191%)及び情報ソフトウェア・サービスが1兆5554億ドル(同274%)で、何れも日本における伸びよりも大きくなっている。この中で、日本と同様に、情報ソフトウェア・サービスの伸びが大きいと予測されている。尚、合計では3兆4611億ドル(同203%)となっている。

ここで、コンピュータ及び情報ソフトウェアの需要予測を見てみると、図5の通り、2010年におけるコンピュータは5106億ドル(同164%)、情報ソフトウェア5911億ドル(同256%)であり、情報ソフトウェアの伸びの予測が大きくなっている。

表2 世界の電子情報産業の品目別需要予測

(単位:10億ドル)

年	1990	1995	1998	2000	2003	2005	2010
電子機器	494.28	668.38	711.33	769.23	862.15	961.42	1,206.07
AV機器	76.34	92.06	82.97	86.99	92.15	99.60	114.85
通信機器	116.19	167.77	195.08	208.00	239.93	247.76	363.65
コンピュータ	184.04	259.62	287.86	317.60	355.84	402.29	510.58
事務機	19.70	22.62	18.91	19.48	20.29	21.09	22.73
計測器	56.60	74.50	76.82	80.95	89.95	96.06	113.48
その他応用機器	41.41	51.81	49.69	56.21	63.99	67.62	80.78
電子部品	174.81	316.59	312.16	365.57	437.96	513.03	699.58
電子デバイス	71.01	164.00	160.16	197.45	245.87	294.28	419.82
一般電子部品	103.80	152.59	152.00	168.12	192.09	218.75	279.76
情報ソフトウェア・サービス	184.34	346.49	461.47	567.08	750.93	916.33	1,555.43
情報ソフトウェア	88.08	156.26	193.08	230.79	296.44	355.54	591.05
情報サービス	96.26	190.23	268.39	336.29	454.49	560.79	964.38
合計	853.43	1,331.46	1,484.96	1,701.88	2,051.04	2,390.78	3,461.08

(注)1ドル=109.42円(2000年)

(情報化白書2001 (社)電子情報技術産業協会資料「2010年の電子情報産業ビジョン」)

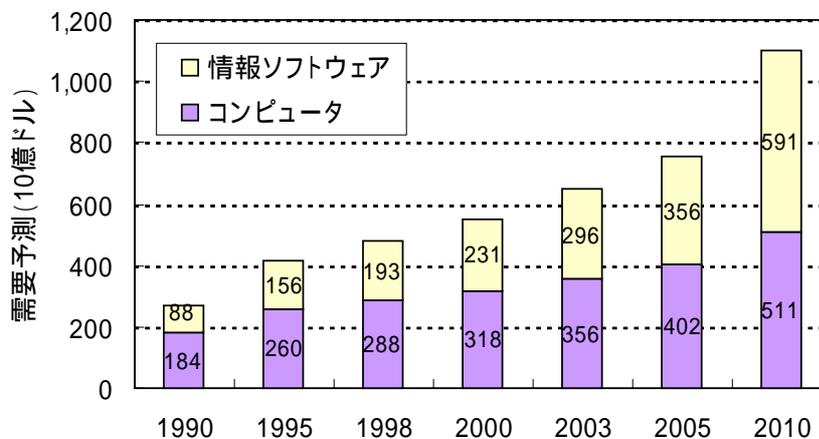


図5 世界のコンピュータ・情報ソフトウェア需要予測

(情報化白書2001 (社)電子情報技術産業協会資料「2010年の電子情報産業ビジョン」)

3 . スーパーコンピュータの技術動向

スーパーコンピュータとは、専用のハードウェアあるいはソフトウェアによって超高速演算を実現した計算システムである。伝統的にはベクトル計算機と同義語として使われていたが、近年、ベクトル化が困難なアプリケーションを扱えるスカラ並列計算機が注目され、またソフトウェアとの協調による高速化を前提とした計算機が登場し、広く定義されることとなった。

ここで、スーパーコンピュータの技術動向を示す指標の一つに TOP500 がある。これは連立一次方程式の直接解法を基本とした Linpack ベンチマークの公式結果から、世界の高性能コンピュータの上位 500 位をリストアップしたもので、1993 年 6 月以降の毎年 2 回、6 月及び 11 月に公開されている。TOP500 について、プロセッサ分類、コンピュータ分類及び国別での状況を概観する。

3 . 1 プロセッサ分類 (Processor Types) からみた技術動向

1993 年～2001 年 6 月において、プロセッサ分類でのスーパーコンピュータの動向は図 6 の通りである。スカラ (Scalar) 計算機は、1994 年において一時期 TOP500 に位置する台数も減少したが、それ以降は増加してきており 2001 年 6 月では 453 台と全体の 90% を占めるまでに至っている。これに反して、ベクトル (Vektor) 計算機は 1994 年において増加するも、その後は大きく後退し、現在では 50 台以下になってきている。尚、2001 年 6 月におけるベクトル計算機は全て日本オリジンとなっている。空間並列形の SIMD (Single Instruction Stream/Multiple Data Stream : 単一命令流複数データ流) 並列計算機は、1997 年 11 月以降は TOP500 のリストか

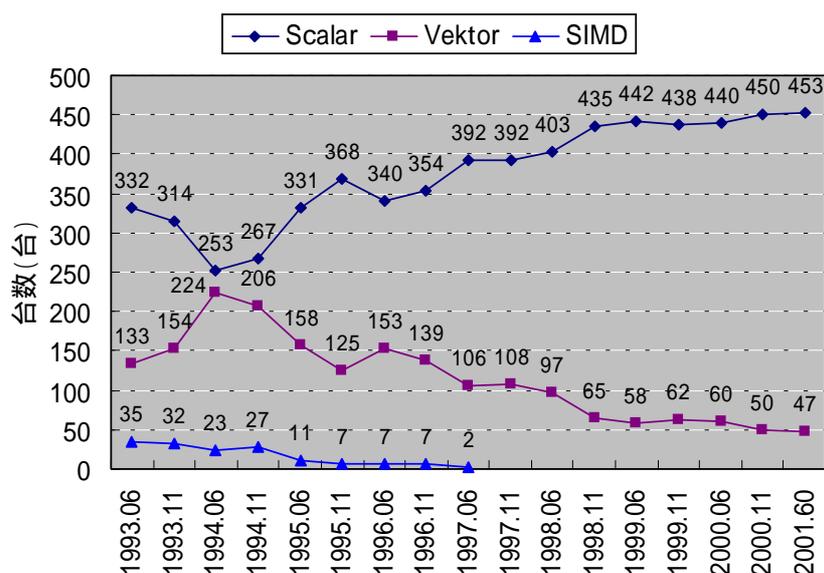


図 6 プロセッサ分類でのスーパーコンピュータの動向
(TOP500 より作成)

ら外れている。

ベクトル計算機は、演算パイプライン方式を用いてベクトル演算を高速実行する計算機である。科学技術計算分野では、中心となる計算のほとんどが配列やベクトルに対する定型的な演算で表現されるベクトル計算であり、多くの科学技術計算において、ベクトル計算機は並列スカラ計算機よりも処理効率が良いという特徴を有している。

ここで、SIMD 並列計算機は、複数のコンピュータに同一命令を実行させるもので、その際加工されるデータはコンピュータごとに異なっているが、実行される命令は全コンピュータで同じである。

3.2 コンピュータ分類 (Computer Classifications) からみた技術動向

図7に示す通り、1994年6月～1996年6月時点では、SMP (Symmetrical Multi-Processor) と MPP (Massively Parallel Processing) 並列計算機は何れも主流であったが、1996年以降はMPPが大幅に増加する中でSMPは激減しており、最近の1年間では30台前後となっている。また、Single Processor と上述したSIMD 計算機は1996年～1997年以降何れもTOP500のリストからは外れている。一方、Constellations と Cluster は1998年以降漸増してきている。

ここで、SMPは並列計算機の一つであり、全てのメモリやI/Oが、どのプロセッサからも同等に見えるという特徴を持っている。共有バスでプロセッサを結合した密結合並列計算機や、スイッチによってプロセッサ群とメモリ群を統合した並列計算機などがある。SMPは構造が単純なため構成するのが容易であり、現在市場に出

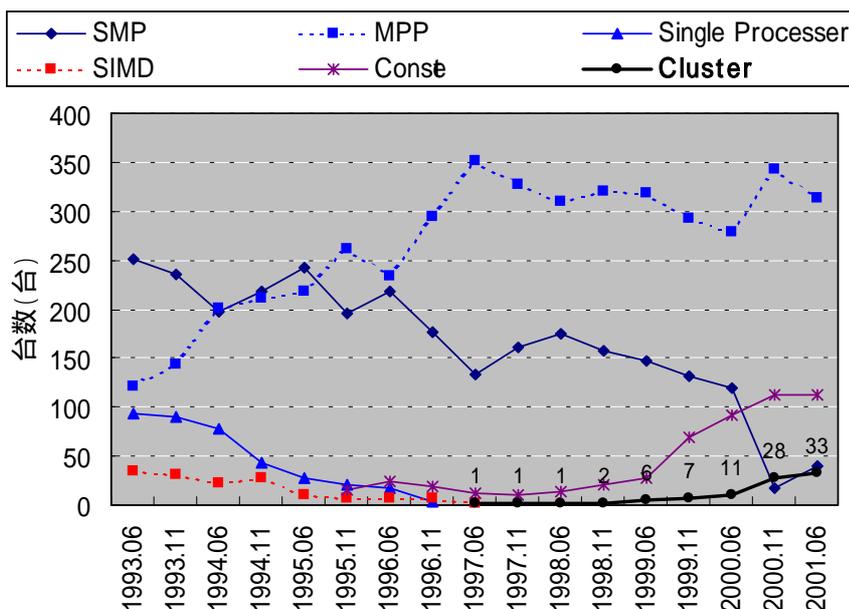


図7 コンピュータ分類からみた技術動向

(TOP500より作成)

ている小規模なマルチプロセッサ型のワークステーション（WS）/パーソナルコンピュータ（PC）のほとんどが、このSMPの構成をとっている。しかしながら、SMPは大規模なものになるとプロセッサとメモリの接続が複雑になり性能が低下する欠点がある。このため、一般にSMPで構成されるのは16プロセッサ程度までである。

MPPは、科学技術計算を代表とする莫大な計算パワーを必要とする問題を解くために創出された計算機であり、1,000台規模にわたる多数の汎用マイクロプロセッサを接続したシステム構成をとることが多い。少数の超高速な専用プロセッサを接続するベクトル計算機とは異なり、安価なマイクロプロセッサの高性能化を享受し、大規模なシステム構成を現実化している。

クラスタ形コンピュータとは、一般に分散型コンピュータの中でグループ化したコンピュータ群を相互結合する階層的な接続を持つものをさしている。スケーラブルな高速マルチプロセッサシステムを構成するために、密結合形のマルチプロセッサシステムを高速ネットワークで接続したシステムに用いられた名称である。現在では、ハードウェア的な構成だけでなく、ソフトウェア的にグループ化したシステムを相互接続するものもクラスタ形と呼ばれる。

Constellationsはクラスタ形コンピュータに分類されるものであり、1個のSMPに16以上のプロセッサを有する大型SMPで構成される。

3.3 スーパーコンピュータの性能

TOP500における計算機性能のランク付けはRmax（Maximal LINPACK performance achieved、1GFlopsとは、一秒間に10億回の浮動小数点演算）で行っている。LSI技術の進展に伴いマイクロプロセッサ（MPU）も飛躍的に向上し、それを多数、並列動作させた高性能な高並列型スーパーコンピュータが実現していることから、1993年以降、計算機性能も向上している。ここで、TOP500における上位3機種種のRmax推移は図8に示す通りであり、特にRank 1に位置付けられる計算機性能は、2000年以降飛躍的に向上している。ちなみに、1997年以降Rank 1に

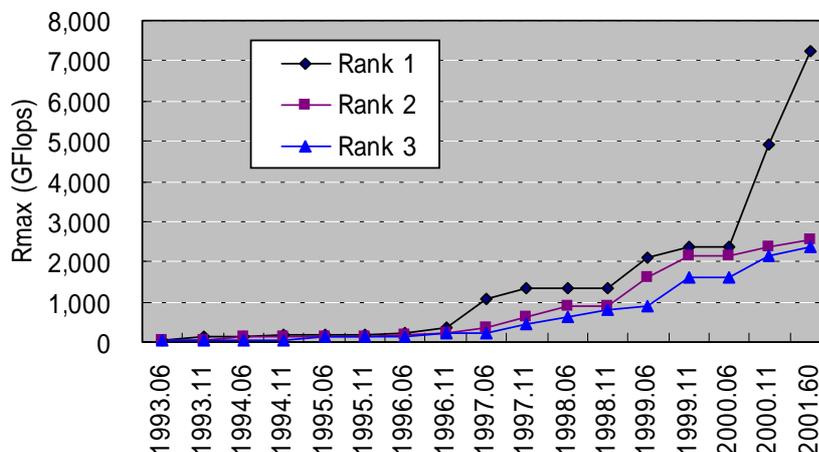


図8. スーパーコンピュータの性能（Rmax）

（TOP500より作成）

位置付けられているスーパーコンピュータは、ASCI Red 及び ASCI White であり、米国 ASCI 計画（後述）のもとで開発されたものである。

3.4 スーパーコンピュータにおける日本の位置付け

図 9 は、スーパーコンピュータが設置された国別の状況を示したものである。TOP500 に位置付けられる高性能コンピュータの半分が米国に設置されている。日本においては、1993 年当時では 100 台強のコンピュータが設置されていたが、最近では 50～60 台レベルであり、1999 年以降ドイツにおける台数よりも少なくなっている。ここで、2001 年 6 月時点でのコンピュータ設置国とコンピュータメーカ

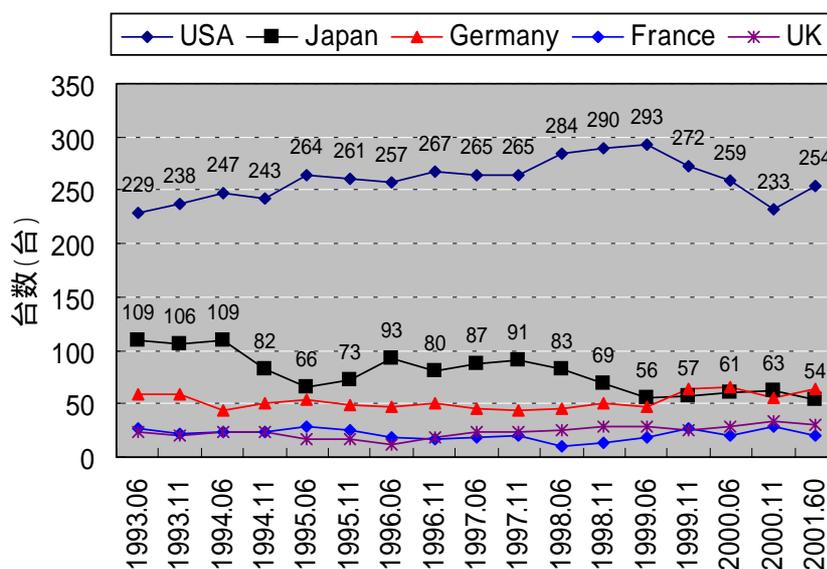


図 9 スーパーコンピュータにおける日本の位置付け
(TOP500 より作成)

表 3 コンピュータ設置国とコンピュータメーカ

TOP500 Statics - Number of Systems Installed					
	USA/Canada	Europe	Japan	others	Total
IBM	114	74	6	7	201
Sun	43	27	6	5	81
SGI	38	16	8	1	63
Cray.Inc.	26	15	2	2	45
Hewlett-Packard	29	9		3	41
NEC	2	5	9	2	18
Hitachi		2	14		16
Fujitsu		7	7	1	15
Compaq	6	2		2	10
others	5	3	2		10
Total	263	160	54	23	500

(TOP500 Supercomputer Sites 17th Edition)

との関係は表3の通りである。日本に設置された高性能コンピュータ54台の内、30台がNEC、日立、富士通の国産であり、その他は外国製となっている。一方、国内メーカ3社の納入実績を見ると、米国向けはNEC製の2台のみであるが、欧州向けは14台となっている。

4. 日本における「次世代情報処理基盤技術開発」関連プロジェクト

日本における「次世代情報処理基盤技術開発」関連の主なプロジェクトは表4の通りである。

通商産業省（経済産業省）における主要プロジェクトとしては、1966年の「超高性能電子計算機」プロジェクトがスタートといえる。その後、科学技術用高速計算システム、第5世代コンピュータ、あるいはパターン情報処理システム、電子計

表4 日本における「次世代情報処理基盤技術開発」関連プロジェクト一覧

	プロジェクト	開始	終了	1965	1970	1980	1990	2000
通商産業省 主要 プロジェクト	超高性能電子計算機	1966	1971	◆	◆			
	パターン情報処理システム	1971	1980		◆	◆		
	科学技術用高速計算システム	1981	1989			◆	◆	
	第5世代コンピュータ	1982	1992			◆	◆	
	第5世代コンピュータの研究基盤化	1993	1994				◆◆	
	電子計算機相互運用データベースシステム	1985	1991			◆	◆	
	新ソフトウェア構造化モデル	1990	1997				◆	◆
	量子化機能素子	1991	2000				◆	◆
	次世代情報処理基盤技術(RWC)	1992	2001				◆	◆
	フェムト秒テクノロジー	1995	2004				◆	◆
	ヒューマンメディア	1997	2001				◆	◆
	人間協調・共存型ロボットシステム技術	1998	2002				◆	◆
	超高密度電子SI技術	1999	2003				◆	◆
アドバンスト並列化コンパイラ技術	2000	2002					◆◆	
科学技術庁 関連 科学技術振興 調整費	ファジシステムとその人間・自然系への適用	1992	1993				◆◆	
	センサフージョンの基礎的技術の開発に関する研究	1994	1995				◆◆	
	高精度の地球変動予測のための並列ソフトウェア開発	1998	2000				◆	◆
	人間支援のための分散リアルタイムネットワーク基盤技術	2000	2002					◆◆
	科学技術計算専用ロジック組み込み型プラットフォームアーキテクチャ	2000	2004					◆◆
	並列化コンパイラ向け共通インフラストラクチャ	2000	2004					◆◆
	地球シュミレータ	1997	2002				◆	◆
PRESTO(個人研究推進事業)・「情報と知」	1998	2003				◆	◆	
文部省関連 日本学術振興 会未来開拓学 術 研究推進事業	知能情報・高度情報処理	1996	2002				◆	◆
	マルチメディア高度情報通信システム	1996	2002				◆	◆
	計算科学	1997	2003				◆	◆
	知的で動的なインターネットワーキング	1999	2004				◆	◆
	感性的ヒューマンインターフェース	1999	2004				◆	◆

(新規産業創出型産業科学技術研究開発制度：2000、各ホームページ等より作成)

算機相互運用データベースシステム、新ソフトウェア構造化モデル等のプロジェクトにおいて、計算機としてのハード・システム及びソフト両面での開発が進められてきている。1990年代になると、高度情報化社会への対応として、大容量の情報を高速度に処理するための基盤技術・システム開発、さらには人間との協調を狙った情報処理基盤技術・システム開発等が進められている。また、科学技術庁・文部省（文部科学省）においては、1990年以降、「地球シミュレータ」プロジェクトを除き、ソフトウェアを中心とした研究開発プロジェクトが推進されている。ここで、通商産業省（経済産業省）における主なプロジェクトの概要を表5に示す。

表 5 通商産業省（経済産業省）における主要プロジェクトの概要

プロジェクト	開始 終了	概要・目的	主な成果・研究開発内容
超高性能電子計算機	1966 1971	第 1 世代 (IC) から第 3.5 世代 (LSI) 時代に向けての高性能電子計算機の開発	電子計算機とともにそれを効率的に使うためのソフトウェアや入力装置、半導体素子等を開発
パターン情報処理システム	1971 1980	電子計算機が不得意としていた文字、図形、音声等のパターン情報を入力でき、認識できる情報処理システムの研究開発	パターン情報処理に必要な入力素子、入力装置、認識のためのソフトウェア等の研究開発の成果により光学文字読取装置、画像処理装置が実用化
科学技術用高速計算システム	1981 1989	科学技術分野において膨大なデータ処理を実用的な時間内で処理しうる計算システムの開発を目的として、高速素子や並列処理を効率良く実行するためのアーキテクチャ、ソフトウェアの開発	ジョセフソン接合素子やガリウム砒素素子等を開発し、分散処理用高速並列処理装置や大容量高速記憶装置等が実用化され、人工衛星から送られてくる画像データ処理、気象予測、各種シミュレーション等、科学技術分野の発展に貢献
第 5 世代コンピュータ	1982 1992	知能情報処理、大規模並列技術というコンピュータ科学を代表する重要な新技術を、並列論理型言語という新しいプログラミング・パラダイスを用いて結び付けることで生み出される革新的なコンピュータ・システムとその技術体系の開発	1,000 台規模の並列推論マシン (PIM) と並列論理型言語 (KL1) を核とする第 5 世代コンピュータ・プロトタイプ・システムの開発と第 5 世代コンピュータ技術の確立。 プロトタイプシステムは、知識処理に適したコンピュータで世界最速であり、PIM と呼ばれる大規模な並列ハードウェアを有する。 また、PIM 上に、KL1 のための極めて生産性の高いプログラミング環境を構築。
第 5 世代コンピュータの研究基盤化	1993 1994	KL1 プログラミング環境、および主要なソフトウェアシステムを UNIX ベースの逐次型、及び並列型のマシンに移植し、広く普及させて、第 5 世代コンピュータ技術を将来の先進的なコンピュータ開発の、新たなインフラストラクチャとする	汎用機用 KLI 処理系 (KL1C) システムの検討、PIM 及び PIM 上の KLI 処理系の評価研究、並列非正規関係データベース管理システムの検討。 並列定理証明、知識表現言語、遺伝子情報処理、法的論理システム等の検討。
電子計算機相互運用データベースシステム	1985 1991	高度情報化社会の基盤技術として、異機種 of 計算機を相互に運用する技術と、ネットワーク上にマルチメディア対応の信頼性の高いシステムを構築するために必要な技術を開発	国際標準化機構 (ISO) の開放型システム間相互接続 (OSI) に準拠した通信手段の約束 (実装規約) を開発し、JIS として集約。その結果は、地方自治体や民間でのシステムに構築に活用されている
新ソフトウェア構造化モデル	1990 1997	計算機システムの運用形態や利用方法など、計算機を取り巻く環境の変化に対して、ソフトウェア自身がそのプログラムの構造や記憶内容を変化させて、柔軟かつ臨機応変に対応していけるような革新的なソフトウェアの基本概念とそのメカニズムを創出する事を目的とした研究開発	巨大ソフトウェアの設計開発や、メンテナンスに関する問題の解決に一つの可能性を示唆する「協調アーキテクチャ」を構築し、そのアーキテクチャに基づく言語やツール群を開発し公開した
量子化機能素子	1991 2000	情報処理の高度化・多様化への対応のため、超高速化、高機能化及び低消費電力化の電子素子が養成される。半導体素子の極微小化への限界をブレークスルーするために、半導体でのトンネル効果、電子の波動性、量子準位間の遷移など様々な量子現象を精密に制御し、高機能な素子を開発	量子現象を利用して、新しい素子機能を創出するとともに、新しい集積システムを実現するための基盤技術の確立。 現在まで、走査トンネル顕微鏡微細加工による室温動作単一電子素子の実証、各種量子効果トランジスタの提案と基本動作の確認等の成果を得ている。

プロジェクト	開始 終了	概要・目的	主な成果・研究開発内容
次世代情報処理基盤技術 (RWC)	1992 2001	本プロジェクト	
フェムト秒テクノロジー	1995 2004	高度情報社会を支える新たな産業基盤技術の創出を目指して、光と電子の状態をフェムト秒時間領域で制御する技術の研究開発を行い、今日の光エレクトロニクス技術の限界を超え、かつ新機能性を包含する超高速光エレクトロニクス技術の基盤を確立	フェムト秒時間領域での物理現象や化学現象に基づく新しいデバイス原理の創出や各種要素技術の開発と応用技術の開発 ・超短パルス光エレクトロニクス技術の研究開発 ・超短パルス光応用計測技術の研究開発
ヒューマンメディア	1997 2001	情報機器・ネットワーク・機械など広義の情報システムと人間との間で、人間の視野に立って情報処理するための基盤技術の確立	知識メディア技術、感性メディア技術、仮想メディア技術の3つの要素技術高度化と融合化によって以下の実問題を対象に研究開発 ・次世代プラント用ヒューマンインタフェース ・感性エージェントとヒューマンメディアデータベース ・都市環境ヒューマンメディア
人間協調・共存型ロボットシステム技術	1998 2002	人間の作業・生活空間において、人間と協調・共存して複雑な作業を行うことが可能な、高い安全性と信頼性を有するロボットシステムを実現	産官学が有する各種要素技術を統合し、最先端の技術を集約して、人間と同じ2足2腕を有する人間協調・共存ロボットのプラットフォーム及び遠隔操作装置を製作。 プラットフォームの基本動作ソフトウェアから構成される仮想ロボットプラットフォーム、ハードウェアと同一の動きを予測・提示できるシミュレータを開発。
超高密度電子SI技術	1999 2003	高度情報化社会における高性能電子機器・装置の実現に向けた技術開発として、電気・光技術を融合した新しい超高密度電子SI技術の実用化に向けた基盤技術の開発	LSIチップを3次的に石相した超高密度キューブ技術、光の高速・広帯域性を活かしたチップ間、機器・装置内の超高速信号伝送及びその実装技術、電磁干渉を低減する配線構造設計技術の電子SI技術の開発
アドバンスト並列化コンパイラ技術	2000 2002	High Performance Computingの代名詞ともなっているマルチプロセッサシステムの高い価格性能比と使い易さを達成するソフトウェア技術の実現の向け、プログラム全体から複数粒度の並列性を階層的に抽出できるプラットフォームフリーな自動並列化ソフトウェアの確立	アドバンスト化コンパイラ技術開発、並列化コンパイラの性能評価技術の研究開発を実施し、次世代PC、WS、HPCの主要構成要素となるマルチプロセッサの使い易さを向上させるとともに、アプリケーションを実行した時の実行性能を倍増

(新規産業創出型産業科学技術研究開発制度：2000、各ホームページ等より作成)

4.1 第5世代コンピュータプロジェクト

表5に、「次世代情報処理技術開発」関連プロジェクトとして、通商産業省（経済産業省）における主要プロジェクトの概要を示したが、「次世代情報処理技術開発」プロジェクトに匹敵するプロジェクトとしては、第5世代コンピュータプロジェクト及び後継の第5世代コンピュータの研究基盤化プロジェクトがある。その概要を表6に示す。

第5世代コンピュータプロジェクトは、1982年～1992年の11年間のプロジェクトであり、研究開発費総額は542億円となっている。その後の後継プロジェクトである第5世代コンピュータの研究基盤化プロジェクトを通して、第5世代コンピュータ技術と既存コンピュータ技術の融合及び世界への普及が図られている。

ここで、第5世代コンピュータ技術は、知識情報処理を指向した新しいコンピュータの技術体系（KIPS）であり、ソフト・ハード面の中核メカニズムを、知識ベースを用いる推論と高度並列処理による実現としている。

技術的枠組みとしては、知能情報処理技術、高度並列処理技術（並列ソフトウェア技術、並列ハードウェア技術）という新技術を、並列論理型言語という新しいプログラミング・パラダイス（論理プログラミング技術）を用いて結び付けることとしている。

第5世代コンピュータプロトタイプの開発過程は図10の通り、逐次推論の技術と並列推論の技術の両面からの検討を進めている。最終的には図11に示すように、並列推論マシン（PIM）として、記号処理や知識処理では、汎用逐次型マシンに比べ約100倍の高速化を図っている。

なお、第5世代コンピュータ技術の普及振興のために、1995年以降、公開されてきたICOTソフトウェアを維持改良し公開を続行するとともに、新たな知的ソフトウェア資源を創造するため、（財）日本情報処理開発協会（JIPDEC）に先端情報研究所（AITEC）を設置している。AITECでは事業の一部として、ICOTフリーソフトウェア（IFS）の普及・公開や知的ソフトウェア資源の拡充といった第5世代コンピュータ技術の普及・育成を行ってきている。

表6 第5世代コンピュータプロジェクトの計画概要

プロジェクト	開発期間	各期の目標	予算額（億円）	
第5世代コンピュータ	1982～1984	前期： 要素技術とソフト開発ツールの開発	83	542
	1985～1988	中期： 実験的中規模サブシステムの開発	216	
	1989～1992	後期： 総合的プロトタイプシステムの開発	243	
第5世代コンピュータの研究基盤	1993～1994	第5世代コンピュータ技術と既存コンピュータ技術の融合、及び世界への普及（ICOT無償公開ソフトウェア）	28	

（第5世代コンピュータシステム博物館ホームページ）

第五世代コンピュータプロトタイプの開発過程

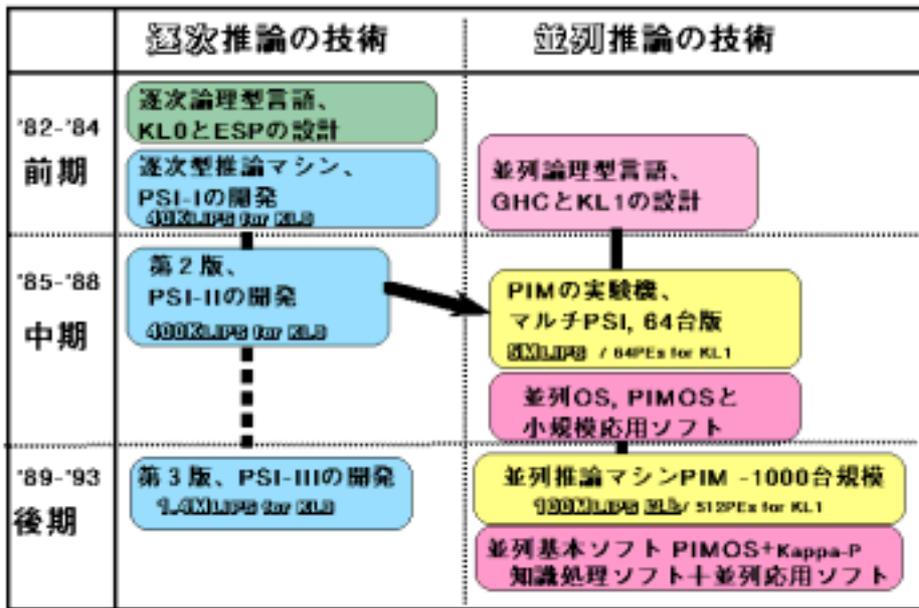


図 10 第5世代コンピュータプロトタイプの開発過程
(第5世代コンピュータシステム博物館ホームページ)

5Gプロトタイプシステムの特徴

知識処理 (非定型的な処理)の高速化

プロセッサ台数にほぼ比例した高速化を達成

並列推論マシン(PIM) 100-200 MLIPS (256 - 512 PEs) 5G - 10G IPS	汎用逐次型マシン 1 - 2 MLIPS (1 PE) 50M - 100M IPS
---	--

記号処理や知識処理では、約100倍高速
LIPS: Logical Inference Per Second, 1 LIPS = 50 - 100 IPS

応用における量的な変化 → 質的な変化をもたらす。

図 11 第5世代コンピュータプロトタイプシステムの特徴
(第5世代コンピュータシステム博物館ホームページ)

4.2 地球シミュレータ計画

科学技術庁(文部科学省)における関連プロジェクトの中で、大規模プロジェクトとしては、1997年~2002年で進められている地球シミュレータ計画がある。この計画は、スーパーコンピュータを用いたシミュレーションにより、未来の地球

の姿を映し出す「仮想地球」を作る計画であり、地球変動予想の実現と情報科学技術の高度化を推進するものである。地球科学技術のシミュレーションにおいて、世界最高基準のシミュレーションを実現することとしている。目標は、1996年当時のスーパーコンピュータの1,000倍の速度処理で超高速数値シミュレーションを達成することである。本計画における情報科学技術分野における具体的目標を表7に示す。

地球シミュレータの全体構成は図12の通りであり、8台のスーパーコンピュータからなる計算ノードを、高速のネットワークで640台つないだもので、総計5,120台のスーパーコンピュータから構成されている。完成時には世界最速のコンピュータになると予想されている。

表7 地球シミュレータ計画における情報科学技術分野の目標

超高速並列計算システムの開発	高度並列ソフトウェアの開発
「地球シミュレータ」の開発	大気・海洋変動予測のための並列ソフトウェア開発
ピーク処理速度：40 テラフロップス	地震の発生メカニズムの解明
主記憶容量：10 テラバイト	地層中の地下水や物質の移行
注1) テラフロップス：1秒間に1兆回の浮動小数点演算を行う処理速度	
注2) テラバイト：1兆バイト	

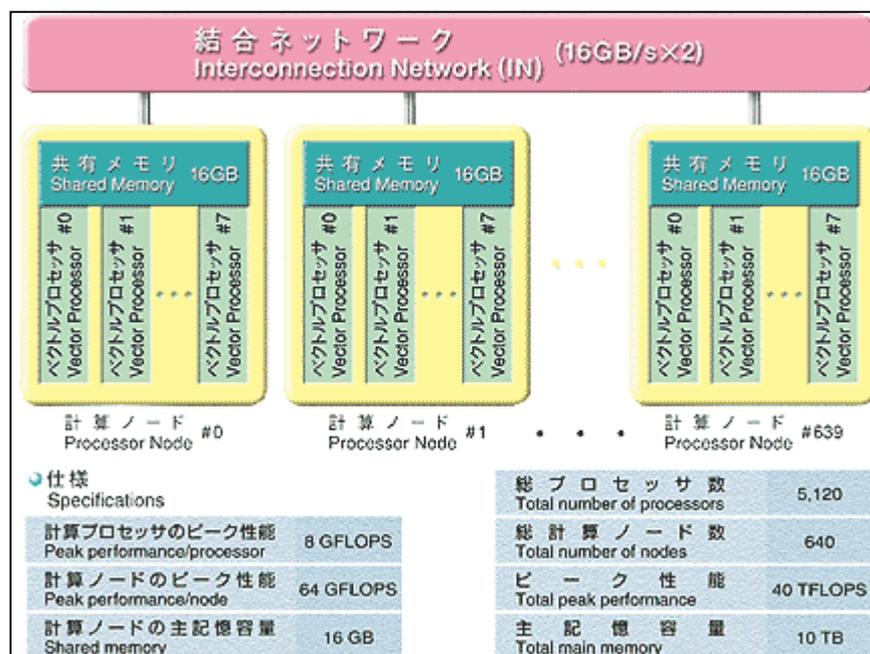


図12 地球シミュレータの全体構成図

(地球シミュレータ研究開発センター：地球シミュレータ計画)

5．諸外国における情報化政策・プロジェクト

(財)日本情報処理開発協会・先端情報技術研究所において、毎年、情報先進国の情報化政策の調査・フォローアップを実施している。先端情報技術研究所における報告書を含め、欧米における情報技術政策の概要を以下に示す。

5．1 米国における情報化政策

5．1．1 米国における産業政策・情報技術政策に関する主な出来事

米国では、1980年代初めから政財界や科学技術者の間では、先進コンピュータ通信技術はアメリカ経済に広く恩恵を与えることになると考えられており、1990年より積極的な情報化政策が推進されている(表8)。

1991年に高性能コンピューティング(HPC)法案が時限立法ではあるが成立し、HPCC計画としての「高性能コンピューティングシステム」、「研究・教育ネットワーク」、「先進ソフトウェア技術とアルゴリズム」及び「基礎研究と人材育成」が推進された。1993年にはクリントン・ゴア政権の誕生を受けてNII(National Information Infrastructure Layers)構想が発表され、HPCC計画に反映されている。この際にHPCCに追加された項目は、「情報技術基盤とアプリケーション」である。1996年には、HPCC計画が成功を収めたのを受け、後継プロジェクトとしてCIC計画が開始されている。CIC計画は、高性能コンピュータ通信(HECC)、大規模ネットワーク(LSN)、高信頼性システム(HCS)、人間との親和性を考慮したコンピュータシステム(HuCS)、人材育成(ETHR)で構成されている。

1998年には、NGIプロジェクトの予算化もされ、NGI研究チームが発足している。NGIにおいては、先端ネットワーク技術の試験研究、次世代ネットワークのテストベッド、革新的アプリケーションの3目標が掲げられた。

1999年には、前年の1997年に設置された大統領情報技術諮問委員会(PITAC: President's Information Technology Advisory Committee)の勧告「21世紀に向けた情報技術:IT²」を受け、CIC計画を拡張している。IT²では、重点項目として、長期的な情報技術研究、科学・工学・国家のための先進コンピューティング、情報革命の経済的・社会的影響に関する研究を上げるとともに、様々な角度からHPCC計画を分析し提言を行っている。

2000年には、予算案の中で情報技術研究開発計画が示され、その中で21世紀基礎研究ファンドを強調している。ファンドの狙いは、コンピュータ、通信、エネルギー、環境分野等で基礎と応用の相互に関連する研究開発を組合せ、成果を増幅するようなバランスの取れた資源の投資を行うことである。情報技術に関しては、過去10年間に実施されてきたHPCC計画と、2000年予算から盛り込まれたIT²計画を合併し、情報技術研究開発(IT R&D: Information Technology Research and

Development) と新しい計画名称となっている。2001 年度の重点分野として 11 テーマがリストアップされている。

さらに、同年においては、IT² 計画の強化継続策として、5 年間のスパンで計画的に情報技術分野への政府支援を行うことを目的とした「ネットワーキング及び情報技術研究開発法(NITRD: Networking and Information Technology Research and Development Act) 法案が認可されている。

表 8 米国における産業政策・情報技術政策に関する主な出来事

年月	主な出来事
1991.12	・ HPC (High Performance Computing Act of 1991) 法成立。5 年間の時限立法。 ・ HPCC (High Performance Computer and Communication) 計画開始
1996.12	・ HPCC 計画終了 ・ 後継プロジェクトとして、CIC (Computing, Information and Communications) 計画開始
1998.10	・ CIC 計画に NGI (Next Generation Internet) 法が追加
1999.2	・ PITAC 勧告 (Information Technology Research : Investing in Our Future)
1999.6	・ PITAC 勧告を受け IT ² 計画による HPCC (CIC) 計画を拡張
2000.2	・ HPCC 計画と IT ² 計画を合併し IT R&D 計画に改称 ・ IT ² 計画の強化版である NITRD (Network and IT R&D) 法案が下院認可
2001.8	・ FY2002 Blue Book の公開。NITRD 計画に改称

(AITEC 調査研究報告会 2001 : 米国 IT R&D 計画進捗報告書にみる研究開発戦略)

5 . 1 . 2 米国 IT R&D 計画の推進体制と IT R&D プログラム

IT R&D 計画の推進体制は、図 13 に示す通りであり、HEC(High-End Computing Coordinating Group)、LSN (Large Scale Networking Coordinating Group)、HCI&IM (High Confidence Software and Systems Coordinating Group)、HCSS (Human Computer Interaction & Information Management Coordinating Group)、SDP (Software Design and Productivity Coordinating Group)、SEW (Social, Economic and Workforce Implications of IT Coordinating Group) の 6 つの Program Component Area (PCA) で開発が推進されている。

PCA における IT R&D プログラムの概要は表 9 の通り、HECC (ハイエンドコンピューティング・コンピューション)、LSN(大規模ネットワーク技術)、HCI&IM (ヒューマンインターフェース及び情報処理) を始め、非常に広い分野での研究開発を推進している。

また、研究開発テーマについては、インターネット時代のコンピュータ技術分野の分類を、プラットフォーム (基本機能である情報処理と通信を提供)、コンテンツ (情報、知識管理技術を含む)、インターフェース (人間と IT の接点) としており、それぞれの分野毎に重点要素技術を定めている。各分野での重点要素技術・プロジェクト例は表 10 に示す通りであり、プラットフォーム分野は、超並列、超分散

アーキテクチャを機軸に 21 世紀もトップランナーの位置を守るとしている。コンテンツ分野においては、エージェント処理を筆頭に情報管理を重視し、AI 処理を見据えた研究開発となっている。また、インターフェース分野は、ユビキタス社会を見据えて、マルチモーダルで自然言語でアクセス可能な世界を目指し、ネットワーク基盤に支えられた遠隔操作にも先行投資を行うとしている。さらに、ソフトウェアエンジニアリングに注力し、複雑化したソフトウェアの高信頼性、高生産性を目指している。全ての分野において、ソフトウェア重視の戦略といえる。

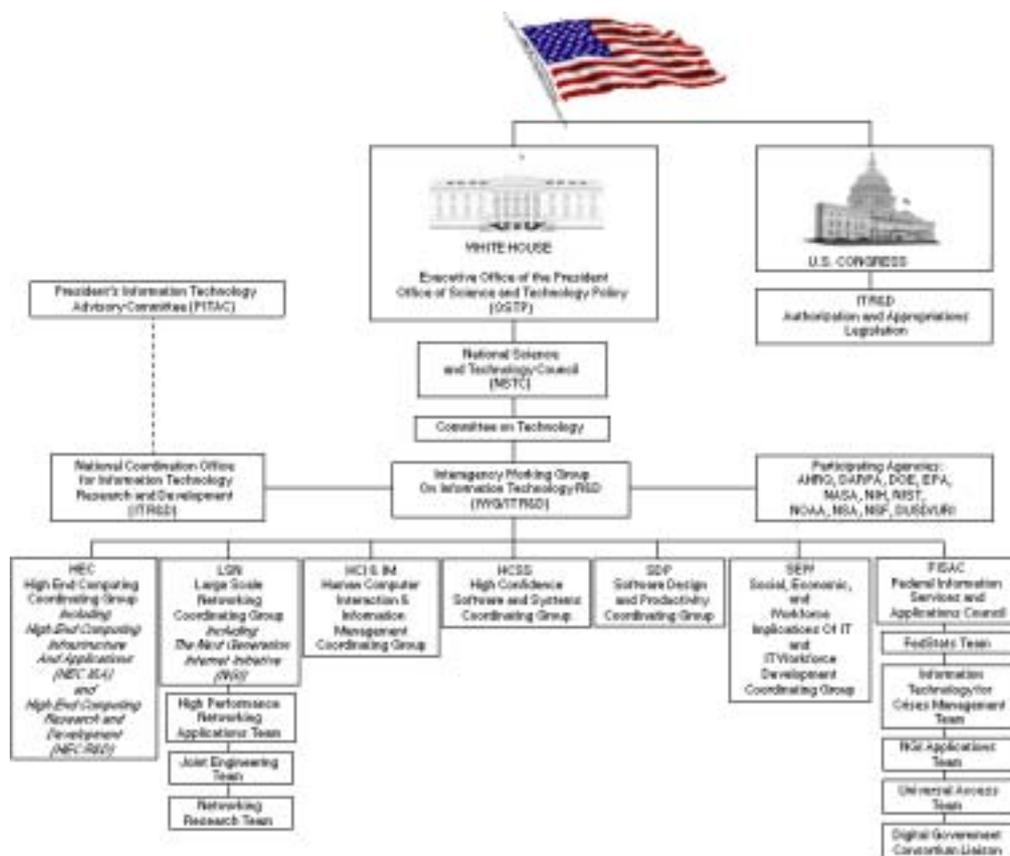


図 13 米国における IT R&D 計画の推進体制
(NTO IT R&D ホームページ)

表 9 米国における IT R&D プログラムの概要

		概要
HECC	HEC I&A	政府の研究開発用アプリケーション開発、コンピューティング基盤の研究（生物医学、航空科学、地球・宇宙科学・気象予測と気候モデル、計算結果の分析・表示ツール研究等）
	HEC R&D	・ハイブリッド技術並列処理、WS ネットワーク、大容量記憶装置、コンピュータ Grid ・量子コンピュータ、超伝導、分子、光、ナノ技術等
LSN		光、無線、衛星通信によるネットワーキングについての政府機関の研究開発支援、調整 ・ジョイントエンジニアリングチーム（高性能研究ネットワーク間の接続、連携の調整） ・ネットワーキング研究チーム（ネットワーキング関連技術プログラムの調整） ・インターネットセキュリティチーム
	NGI	ギガビット級テストベッドを用いた次世代ネットワーク技術（通信品質、信頼性、安全向上等）の開発・実証、100Mbps 級テストベッドを用いた革新的アプリケーションの開発
	SII	利用者が聞きの種類や形態/無線等を意識せずに、機能拡張等を可能とするツール・技術の開発（テストベッドを含む）
HCI&IM		戦場用自律型ロボット、宇宙船用遠隔/自律エージェント
		共同研究システム、可視化、仮想現実（バーチャルリアリティ）
		音声認識、視覚装置、認知科学を用いた人工知能
		多言語翻訳
HCSS		ネットワーク及びデータの安全性、暗号化、情報の生存可能性、システムの高負荷対策
SDP		複雑系のソフトウェア工学、アクティブソフトウェア、自律システム用ソフトウェア、ソフトウェアの構造化設計・開発、プログラミング・ツール等
SEW		IT が社会、教育、技術に及ぼす影響、技術者人材育成、デジタルデバイド等

(AITEC 調査研究報告会 2001：米国 IT R&D 計画進捗報告書にみる研究開発戦略)

表 10 米国 IT R&D の研究開発テーマ（重点要素技術・プロジェクト例）

	PCA	要素技術	プロジェクト例
プラットフォーム分野	HECC	超並列システム クラスタシステム	ASCI ベオウルフ・クラスタ
	HECC	超分散システム グローバルコンピューティング	Computational Grid Access DC
	LSN	スケーラブルネットワーク 超高速ネットワーク	SII vBNS
	LSN	ネットワークセキュリティ QoS（ネットワーク品質保証）	NGI SuperNet
	HECC	量子コンピュータ 超伝導テクノロジー	量子コンピュータ HTMT
コンテンツ分野	IM	グローバル知識データベース 情報エージェント（データ収集／分析）	デジタルライブラリ計画（フェーズ2） （ビデオ情報コラージュ） 電子政府
	IM LSN	コンテンツ記述言語（XML、VRML） マルチメディア	可視化とバーチャルリアリティ ビデオネットワーク
	LSN IM	データベースマイニング Web ベースの情報資源	イリノイ大 CAVER 計画 バイオインフォマティクス・データベース
インターフェイス分野	HCI LSN	マルチモーダル・インタラクション 遠隔／自律エージェント	スマートスペース NASA 遠隔探査
	HECC LSN	遠隔コラボレーション 情報の可視化 バーチャルリアリティ	Access Grid ImmersaDesk
	HCI	音声認識、自然言語 画像認識	デジタルライブラリ計画
	IM	多言語翻訳 認知科学	TIDES 計画（DARPA） 知識及び認識システム（NSF）
ソフトウェア製造技術分野	SDP	複雑系のソフトウェア工学 組み込み型ソフトウェア	DARPA ソフトウェア開発技術 センサーの大規模化ネットワーク
	SDP	動的アップデート及び適合 自律ソフトウェア	アクティブソフトウェア エージェントベースの交渉
	SDP	コンポーネントウェア エンドユーザプログラミング	NOAA モデリングシステム ドメイン特有開発ツール
	HCSS	高信頼性ソフトウェア 自動テスト	DARPA の正規方式プログラム 仕様から生成されるテストプログラム
	HCSS	安全性、暗号化 頑健性	NSA のセキュリティ管理基盤 フォルトトレラント・ネットワーク・ プロトコル

（AITEC 調査研究報告会 2001：米国 IT R&D 計画進捗報告書にみる研究開発戦略）

5.1.3 ASCI 計画

米国 IT R&D における重要プロジェクトの一つに ASCI (Accelerated Strategic Computing Initiative : 戦略的コンピューティング加速構想) がある。ASCI は、米国の核兵器の性能、安全および信頼性の維持管理を、物理的な核実験なしで、コンピュータシミュレーションを用いて行うことを目的としたものである。1996 年に、DOE の 3 研究所 (Los Alamos、Sandia、Lawrence Livermore) の共同推進という形で開始されている。DOE の 3 研究所の他に、IBM、SGI、Intel、Compaq 社と米国の主力コンピュータメーカーが参画し、戦略的学術アライアンス計画による大学との連携の下で進められている。

ASCI におけるプラットフォーム計画は、世界で最高性能のハイエンドコンピュータを開発・利用することであり、2004 年に、ピーク演算性能で 100TeraFlops を、市販のチップ COTS (Commercial Off The Shelf) を利用して実現しようとするものである。なお、ASCI 計画のロードマップは図 14 に示す通りである。

先述した通り、1997 年以降 TOP500 で 1 位にランクされているスーパーコンピュータは、ASCI 関連のスーパーコンピュータとなっている。ここで、2001 年 6 月のランク 1 位である ASCI White は、2000 年に Lawrence Livermore に設置されたもので、その概要は表 11 の通りである。ASCI White のピーク演算性能は 12.3TeraFlops とランク 2 位の IBM/SP Power3 の 3.8TeraFlops をはるかに凌ぐ性能となっている。参考までに、表 11 に NEC のスーパーコンピュータ性能を併記した。

ASCI Computing Systems Roadmap

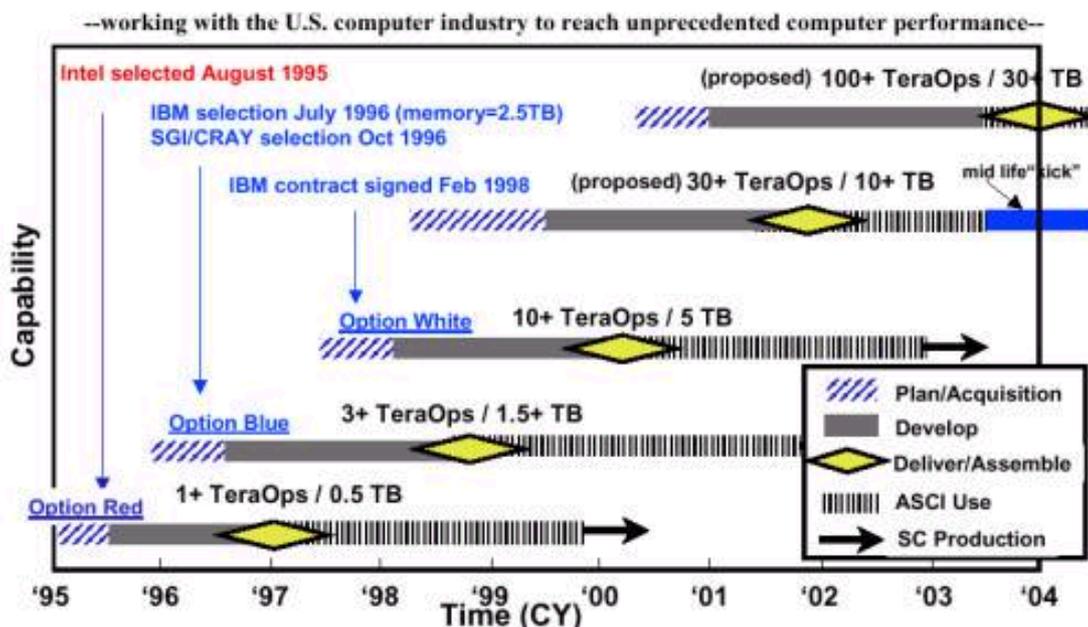


図 14 ASCI 計画ロードマップ (ASCI ホームページ)

表 11 ASCI White の概要

機種	ASCI White IBM RS6000/SP	NECSX-5/128M8	性能比 (倍)
ノード数	512	8	64
プロセッサ数	8,192	128	64
駆動周波数 (MHz)	375	312.5	1.2
ピーク演算性能 (GFLOPS)	総合	12,288	9.6
	ノード毎	24	1/6.7
	単体プロセッサ	1.5	1/6.7
主記憶容量 (GB)	総合	6,144	6
	ノード毎	12	1/10.7
プロセッサへの データ供給能力 (GB/s)	総合	14,549	2.84
	ノード毎	28.4	1/22.5
	単体プロセッサ	1.78	1/22.5
ストレージ容量 (TB)	総合	160	7.3

(サイバメディアセンター：次期スーパーコンピュータシステム)

5.1.4 ベオウルフ・プロジェクト (Beowulf Project)

ベオウルフ・プロジェクトは、1993年、NASAにおける“Gflopsのワークステーションを5万ドル以下とする”というコンセプトで目標が設定された。その基本的考え方は、市販(COTS: Commercial Off The Shelf)のハードウェアとソフトウェアを利用するもので、ネットワークに繋がったパソコンを束ねTCP/IPを用いて並列環境を実現したオープンソースを使って並列コンピュータ環境を実現する、いわゆるクラスター形コンピュータを実現しようとするものである。翌年の1994年には、ESS(Earth and Space Science Project)に、Intel 486コンピュータで16ノードのクラスターが4万ドルで設置されており、2001年6月のTOP500では、合計28のBeowulf Clusterがランクインしている。

Beowulf Clusterは、汎用のマイクロプロセッサを使用し、オペレーティングシステムとしてLinux/GNUやWindows 2000を利用したdo-it-yourself cluster computingと言えるもので、現在では、高等学校でもBeowulfを購入しアセンブルできるような状況になっている。経済性の面からも非常に優位であることから、数千台が普及しているものと思われる。

Beowulf Clusterにおける問題点としては、大規模なメモリー分散が要求されるようなアプリケーションでは実効性能で劣ることである。また、RWCによると、Beowulf Clusterの問題点として、低性能通信ライブラリ(インターネットプロトコルであるTCP/IPを使って通信ライブラリを実現しているために商用コンピュ

ータに比べて通信性能で 1/10 以下の性能しか出ない) 非効率なコンピュータ管理 (全てのコンピュータを管理するオペレーティングシステムが無いために、並列プログラムを効率良く実行することが困難) ユーザビリティ・アベイラビリティの欠如 (商用並列コンピュータと違い、オペレーティングシステムによるシングルユーザモード、TSS モード等の便利性に欠ける) 等が上げられている。

5.1.5 Grid によるグローバルコンピューティング

1997 年、国立研究所や大学を中心とし 50 以上の組織よりなる National Computational Science Alliance (NCSA) が設立され、Grid (グリッド) によるグローバルコンピューティングプログラムがスタートしている。

Grid とは、分散した情報資源を統一的に扱うアクセス手段である。高速なネットワークの発展は、これまで Web という HTML 文書へのアクセス手段を提供してきたが、どちらかというとも静的に与えられたデータに対するアクセス技術である。これに対し、Grid はネットワーク上の情報資源に対する高性能かつ柔軟なアクセスを提供することを目指している。ネットワーク上の情報資源とは、高性能コンピュータ、データアーカイブ、大規模センサや観測装置、多種多様なソフトウェアを加え、遠隔地にいる仲間たちを含んでいる。これらの情報資源を必要なときに必要な資源にアクセスし、自分の手元の端末を通して自由に操ることが出来るものである。Grid によりできることの例示として、以下が上げられる。

世界中のスーパーコンピュータを同時に複数台使用することで、これまで実現できなかった超大規模計算を行うこと (Metacomputing)

世界中の PC などの余剰時間を使ってこれまでできなかった発見的計算を行うこと (Throughout computing : Seti@Home)

席にいながらにして、遠隔地の協同研究者と同じ画面イメージ、同じ計算結果等を共有して高度なコラボレーションを行うこと (Access Grid)

高エネルギー実験装置、実大規模 3 次元振動台、高感度望遠鏡等の超大型実験施設から得られるデータを、遠隔地からアクセス処理を行うことで大規模科学を遂行すること (Data Grid)

ここで、NCSA においては、Computation Grid と Access Grid の 2 つのコンポーネントがある。Computation Grid は、広域ネットワーク上に分散した計算リソースや情報リソースを活用して、大規模な科学技術計算を行うための基盤を構築するものであり、実証用テストヘッドとして、スーパーノードがある。一方、Access Grid は、遠隔ロケーションにいるユーザ同志が、広域ネットワークを通じてリソースをシェアし共同作業を行うための環境を構築するもので、実証用テストヘッドとして、Access Grid ノードと Access DC がある。

以上、Grid によるグローバルコンピューティングにおいては、超高速ネットワークで接続される多様な情報資源を統一的なユーザーインタフェースで扱うために、

共通的なミドルウェアが必須の技術であり、Globus（アルゴンヌ国立研究所と南カリフォルニア大学の協同プロジェクト）や Legion（バージニア大学によるプロジェクト）のように、グローバルコンピューティング支援ミドルウェア研究プロジェクトが発足し、開発を推進している。

5.2 欧州における情報化政策

EU（欧州連合）レベルでの研究開発政策は、長期でのフレームワークプログラムとして実施されており、現在は、1998年に始まった第5次フレームワークプログラムが実施されている。

情報関連では、市民のためのシステムとサービス、新しい業務方法と電子商取引、マルチメディア関連等のプログラムが設定され、公募プロジェクト等を通して展開されている。

2000年には、EUレベルのIT政策として、ヨーロッパが最も競争力を持ち、ダイナミックな経済を実現するため、よりITを活用することを目的としたアクションプラン「eEurope 2002」が欧州委員会から打ち出されている。その概要は表12の通りである。

表12 「eEurope 2002」の概要

「eEurope 2002」の目標
より安く、より高速、より安全なインターネット環境の構築 人材育成とスキル向上のための投資 インターネットの活用
「eEurope 2002」のアプローチ
法規制整備の加速 インフラとサービスの構築のための投資 オープンな方法による協同とベンチマーキング
「eEurope 2002」のアクションプラン
より安く、より速いインターネットへのアクセス 研究者と学生に対するより高速なインターネットの提供 安全なネットワークとスマートカード ヨーロッパの若者をデジタル世界へ 知識ベース経済の中の仕事 知識ベース経済への全員参加 電子商取引の加速 電子政府：インターネットによる公共サービスへのアクセス 保健と医療 ヨーロッパのグローバルネットワークコンテンツ 高速な処理能力をもつ交通システム

((財)日本情報処理開発協会・先端情報技術研究所報告書：平成13年3月より抜粋)

5.3 シンガポールにおける情報化政策

シンガポール政府は、情報技術を比較優位を持てる分野に育成するために、長期的な戦略的投資を行っており、1991年には、情報化国家をビジョンとして掲げた「IT2000」を作成している。1996年には、その実現を加速するためにシンガポール・ワン計画を策定している。この計画は、シンガポール全土に広帯域の通信インフラを整備し、対話型マルチメディアのアプリケーションとサービスを家庭、学校、オフィスに提供しようと言うものである。現在、「IT2000」のビジョンはほぼ実現しており、シンガポールは既に20ヶ国以上と高速な情報通信接続が出来ているとともに、各方面から高い評価を受けている。

1999年には「IT2000」の次の国家計画策定に着手しており、2000年末に「Infocomm 21」(Information and Communication Technology 21)が発表されている。「Infocomm 21」は、シンガポールのニューエコノミーにおける情報通信の5年戦略計画であり、技術、ビジネス環境と社会の変化につれて、更新されていく産業戦略のフレームワークと指針である。

5.4 マレーシアにおける情報化政策

マレーシアもシンガポールと同様に、情報産業を国の戦略産業と位置付けており、1991年には、2020年までに同国を先進国にするという国家目標 Vision2020 が打ち出されている。その一環として、情報産業を戦略的に育成することを推進しており、それを実現するための開発計画が Multimedia Super Corridor (MSC) である。

MPC 計画の中で重要な事業がフラグシップアプリケーションと呼ばれる応用開発は、政府が主導し、公共セクター、国民が活用する「マルチメディア開発」と、民間企業の活力を利用し、民間企業の活性化を図る「マルチメディア環境」の2つに分かれている。

マルチメディア開発フラグシップアプリケーションには、電子政府(首相官邸)、多目的カード(Bank Negara)、スマートスクール(教育省)、遠隔医療(厚生省)が組み込まれ、また、マルチメディア環境フラグシップアプリケーションには、研究開発クラスター(科学技術環境省)、ワールドワイド製造ウェブ(通商産業省)、ボーダレス・マーケティングが組み込まれている。

6. 情報技術に関する技術動向

(財)日本情報処理開発協会・先端情報技術研究所において、「情報先進国の情報化政策とわが国の情報技術開発における重点分野の選択指針」(平成12/13年3月)をまとめている。報告書においては、米国IT R&Dの研究開発テーマと同様に、

新しい情報技術の構成領域をプラットフォーム、コンテンツ、ユーザーインタフェースとし、各領域における技術開発分野・技術開発動向を整理している。先端情報技術研究所の報告書を含め、情報技術に関する技術動向の概要を以下に示す。

6.1 プラットフォーム領域

プラットフォーム領域では、図 15、17～18 に示すように、高速化、広域分散化、高セキュリティ化への方向の発展が求められ、それらを実現する技術も現在急速に発展している。より高速な計算機の構築を目指す計算システムの研究、現状のインターネットの 100～1,000 倍以上のバンド幅を持つ広域高速ネットワークインフラの構築が進んでいる。また、計算・データベースと広域ネットワークが融合したグローバルコンピューティングや電子図書館といった新しい研究分野が生まれており、現在の電力網や公共サービスのインフラに匹敵する、計算インフラ、情報インフラの実現を目指すものとなっている。

6.1.1 アーキテクチャと新計算機モデルの階層

「アーキテクチャと新計算機モデルの階層」領域における技術動向の概要を図 15 及び表 13 に示す。

ここで、ハイエンドコンピューティング開発の位置付けは図 16 に示す通りであ

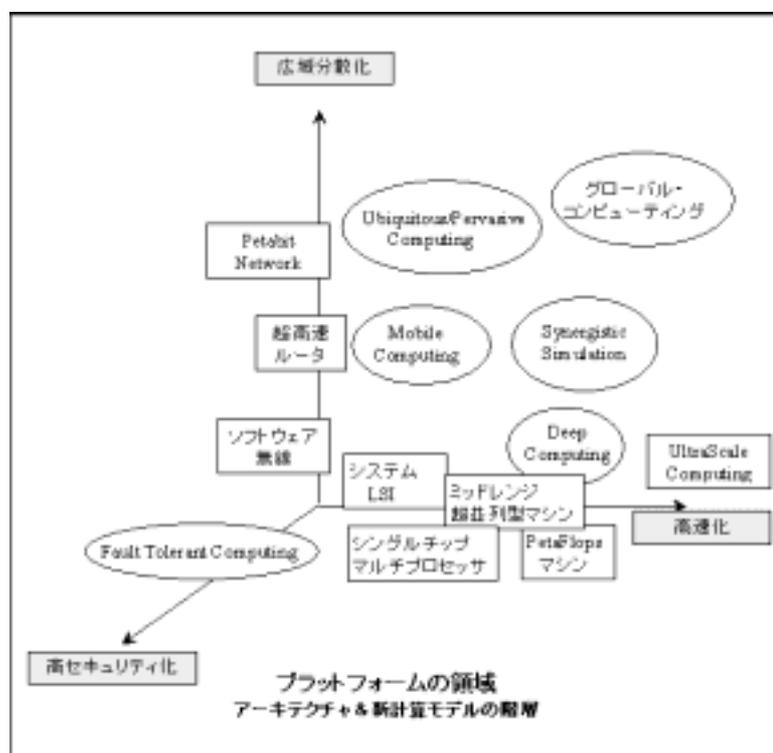


図 15 プラットフォーム領域・アーキテクチャと新計算機モデルの階層の技術動向

((財)日本情報処理開発協会・先端情報技術研究所報告書：平成 12 年 3 月)

る。

ASCI 計画ロードマップでも示した通り、2000 年の ASCI White によりピーク演算性能で 12.3TFlops を達成している。2001 年～2002 年には 30 TFlops を、また 2004 年には 100 TFlops を達成する予定であり、現在その計画も順調に進捗している。

一方、PetaFLOPS マシンの開発を目指し、1991 年に PetaFLOPS イニシアチブが作られ、ASCI 計画と連動しながら進められてきている。更により高度の技術レベルを目指し、1994 年より実施されてきた PetaFLOPS を 1999 年には PetaFLOPS に再構築している。PetaFLOPS では、2007 年までには、ペタフロップスでの持続的な処理を達成するとしている。PetaFLOPS マシンを実現するものとして、COTS クラスタ、超並列システムアーキテクチャ (MPP)、ハイブリッドテクノロジーカスタムアーキテクチャ (HTMT: Hybrid Technology Multithreaded Architecture) の 3 方式を実現技術候補として検討が進められている。

表 13 プラットフォーム領域・アーキテクチャと新計算機モデルの階層における技術動向

項目	概要
超並列計算システム	<ul style="list-style-type: none"> ・現状では不可能な大規模な科学技術計算を現実的な時間内で実行できる超並列計算システムの開発 ・日本：地球シミュレータ用超並列ベクトル型計算機（ピーク 40TFlops、実行 5TFlops） ・米国：DOE による核実験なしに核兵器の爆発を計算機シミュレーションすることを目的とした ASCI 計画（2001 年：30 TFlops、2004 年：100 TFlops 何れもピーク性能）。大量生産される民生品をベースとしたシステム開発を基本。
PetaFlops マシン	<ul style="list-style-type: none"> ・PetaFlops マシンの開発。2010 年頃の実現を想定していたが、最近では HTMT (Hybrid Technology Multi-Threaded Architecture) という新 CPU アーキテクチャが提唱され、技術実現可能時期を 2004 年に前倒しの予想。
PC クラスタ	<ul style="list-style-type: none"> ・安価で高性能なパソコンと高速 LAN、フリーな基本ソフト (OS、通信ライブラリ) による PC クラスタが普及。コストパフォーマンスに優れる。 ・米国 NASA における Beowulf 型クラスタ、日本 RWC プロジェクトの SCore システム、Window NT ベース PC クラスタ
ミッドレンジ超並列型マシン	<ul style="list-style-type: none"> ・半導体の集積度上昇により、1 筐体に数千のプロセッサを収めたミッドレンジ超並列型マシンが可能となる。超並列のプログラミング支援ツール他様々なパッケージングソフトやコンポーネント市場が発生
新しい CPU チップのアーキテクチャ	<ul style="list-style-type: none"> ・半導体の集積度上昇により、1 チップ上に複数の CPU ないし複数の CPU とメモリを搭載するシングルマルチプロセッサの実現
システム LSI	<ul style="list-style-type: none"> ・半導体の集積度上昇により、1 チップ上にまとまったシステム機能を実現 (システム LSI)
ソフトウェア無線	<ul style="list-style-type: none"> ・一つの無線通信機器において、複数の無線通信プロトコルをソフトウェアによって実現。状況に応じ複数の通信方式を使い分けることに応用。
フォルト・トレラント計算	<ul style="list-style-type: none"> ・ネットワーク利用において、一部の障害が機能の障害に直結しないフォルト・トレランスによる高信頼性システムを構築
PetaBit ネットワーク	<ul style="list-style-type: none"> ・単一の光ファイバで Tera ビット / 秒のバンド幅は研究的に実現。G ビット / 秒クラスのチャンネルを数万本処理できる数百 Tera ビット / 秒クラスのパケット処理性能を持つ中継装置が実用化されつつある。将来は、PetaBit クラスの基幹ネットワークの実現。
Mobile Computing	<ul style="list-style-type: none"> ・情報通信機器が小型化し携帯 (Mobile) して情報処理を行う (Computing) ことが普及。今後は、さらなる高性能化、外部との通信の高速化により、グローバルな情報インフラの窓と予想。

項目	概要
Ubiquitous/Pervasive Computing (遍在的分散処理)	・ 情報通信装置の小型化、高性能化により携帯機器として各自が持ち歩いたり、家電などに組み込まれ、社会の隅々に計算機が行き渡る Ubiquitous/Pervasive Computing。「いつでも、どこでも」必要な情報を入手することが可能。
新しい計算原理に基づくコンピュータ	<ul style="list-style-type: none"> ・ 現在のシリコン半導体技術は今後 10 年～20 年後に物理的限界に到達すると予想され、さらに高い計算能力を実現するためには、量子コンピュータ、分子コンピュータあるいは単純・低機能なセルによる新しい計算方法などの、新しい計算原理に基づくコンピュータアーキテクチャが必要。 ・ 米国 DARPA でのエクサ Flops(1000 ペタ Flops)以上の Ultrascale Computing ・ 超超並列な計算機構による Swarm コンピューティング ・ 量子状態の重ね合わせ原理に基づいて組合せ問題を解く量子コンピューティング ・ DNA のハイブリダイズ機能を利用した DNA コンピューティング ・ 細胞工学による計算機能を持った細胞の合成
グローバルコンピューティング	<ul style="list-style-type: none"> ・ 地理的に分散した高速計算システムや大規模データを高速ネットワークで結合して科学技術計算を行うグローバルコンピューティング。 ・ 米 国 NPACI (National Partnership for Advanced Computing Infrastructure) で推進中。

((財) 日本情報処理開発協会・先端情報技術研究所報告書：平成 12 年 3 月より抜粋)

また、IMB においても、PetaFLOPS マシン開発に向け Blue Gene 開発プロジェクトを進行させている。IBM によると、1 億ドルを投資し、今後 10 年以内に PetaFLOPS のコンピュータを開発し、ハードウェアと並行してソフトウェアを開発するとしている。Blue Gene には、SMASH (Simple、Many and Self-Healing) と

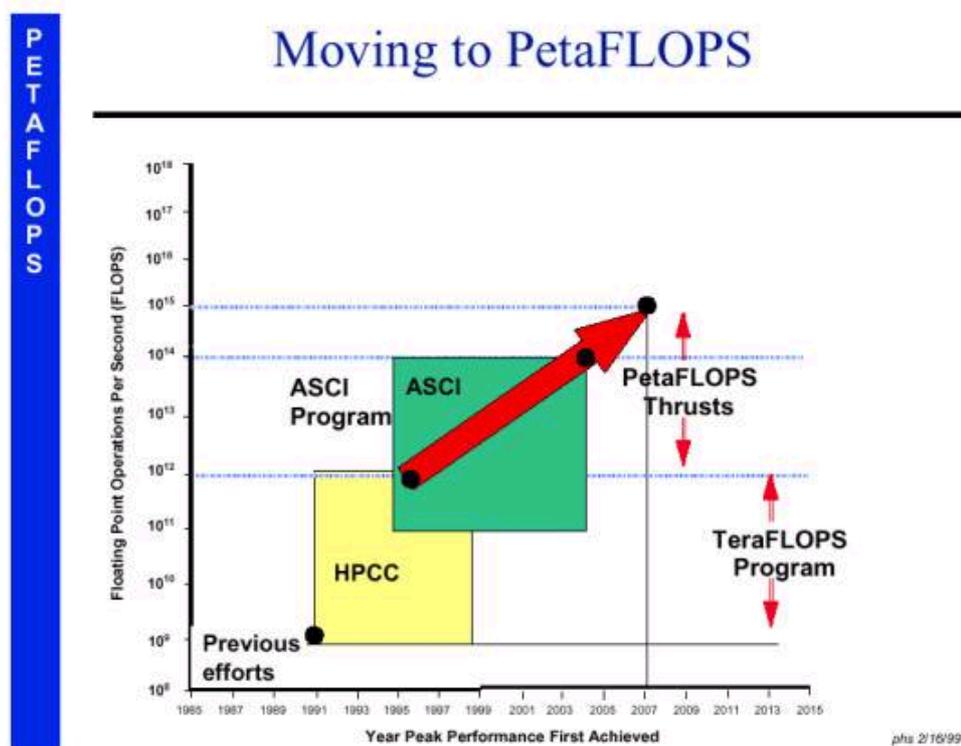


図 16 ハイエンドコンピューティング開発の位置付け
(P. H. Smith : PetaFLOPS Initiative Feb.1999)

呼ばれる新しいアーキテクチャを採用し、1個で最大性能 1GFlops に達するプロセッサ 32 個を 1 チップに集積し、1 つの基盤に 64 チップを搭載すると、基盤の最大性能は 2TFlops となる。基盤 8 枚で 1 ラックを構成し 64 ラックで 1 つのマシンとなると、合計で 1PetaFlops を達成するとしている。この Blue Gene は、蛋白質の折りたたみシミュレーション等に使用する、特別な科学分野に絞ったコンピュータとして位置付けられている。

Grid によるグローバルコンピューティングの面から見ると、Seti@Homeは、Linpack での性能評価を実施していないため、TOP500 にランク付けされていないが、13TFlops を達成しており TOP500 の Top3 を凌ぐマシンとなっている。このような意味から、Internet を使用した Grid や peer-to-peer コンピューティングは将来的にも最も強力なスーパーコンピュータとして位置付けられることと考えられる。更に、次世代においては、Beowulf と Grid 技術が統合することにより、Grid は Beowulf に、LAN ベースの PC は Beowulf になるとともに Grid を形成するとの見方もある。

6.1.2 基本ソフトウェアとミドルウェアの階層

「基本ソフトウェアとミドルウェアの階層」領域における技術動向の概要を図 17 及び表 5 に示す。

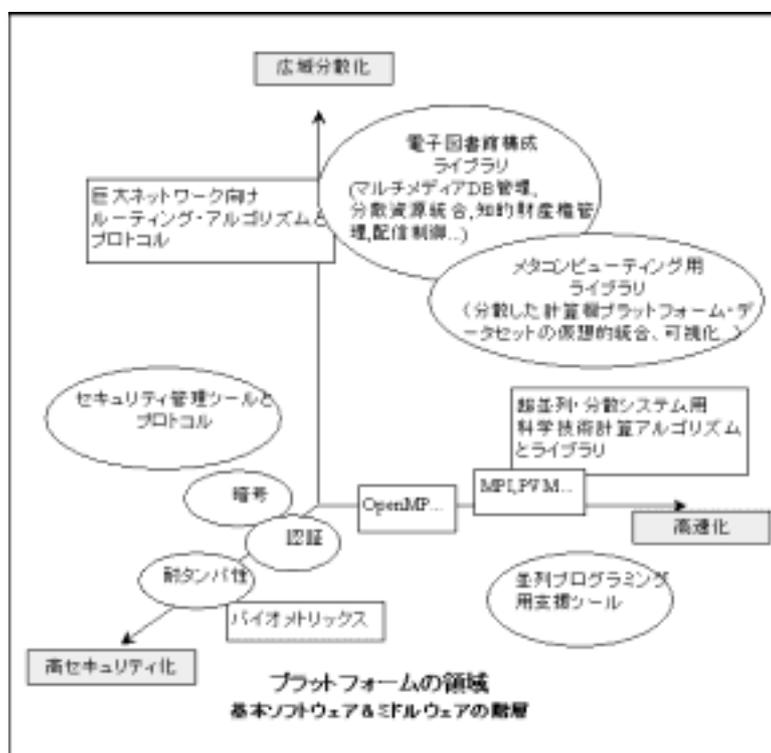


図 17 プラットフォーム領域・基本ソフトウェアとミドルウェアの階層の技術動向

((財)日本情報処理開発協会・先端情報技術研究所報告書：平成 12 年 3 月)

表 14 プラットフォーム領域・基本ソフトウェアとミドルウェアの階層における技術動向

項目	概要
並列処理用基本言語とプログラミング環境	<ul style="list-style-type: none"> ・現状における並列プログラミング方法（下記）の改良 ・従来型のプログラミング言語にコンパイラ指示文を挿入する方法：ループレベルの並列化に留まり、小規模並列マシン向けの手法 ・従来型のプログラミング言語において標準的通信ライブラリ（PVM、MPI など）を用いてプロセッサ間のデータ受渡し、同期を行う方法：大規模なメッシュを領域分割して、それぞれの領域をプロセッサに割り当てる並列化手法などで用いられ、分散メモリ型の大規模並列の性能を引き出す事ができるが、プログラミングが難しく、正しく動作することの検証が容易でない。 ・並列処理向けの様々な言語を用いる方法：並列計算モデルを反映した言語を用いてプログラミングする手法であり、プログラム理論の正しい並列動作が処理系によって保証されているが、並列処理の細かい部分をプログラマが指示できないため、現状では動作するプログラムの性能が不十分。
超並列・分散システム用科学技術計算ライブラリ	<ul style="list-style-type: none"> ・米国において、BLAS（基本線形計算ライブラリ）、ScaLAPACK（スケーラブルな線形計算ライブラリ）、PETSc（偏微分方程式解法などに現れる粗行列演算）、Aztec（超並列向け反復解法ライブラリ）などが開発され、無償で公開されている。 ・上記の多くが MPI（Message Passing Interface）通信ライブラリを採用し、MPI 対応の並列計算機で稼動する。
MPI、PVM、OpenMP	<ul style="list-style-type: none"> ・分散メモリ型並列計算機の通信ライブラリの標準化：P4、PVM（Parallel Virtual Machine）、MPI の仕様 ・現状では、MPI が通信ライブラリのデファクトスタンダード ・共有メモリ型並列計算機向けプログラムの標準化で OpenMP の仕様決定、公開。
電子図書館（デジタルライブラリ）構成ライブラリ	<ul style="list-style-type: none"> ・現状電子化されていない過去の蔵書の電子化・データベース化により瞬時アクセスを可能とするシステム ・様々なコンテンツの収録、ユビキタスなネットワークに繋がった計算機や形態情報機器から、電子化されたあらゆる知識・データにアクセスできる電子図書館。 ・米国で NSF、DARPA、NASA などのスポンサーによりデジタルライブラリイニシアチブ（DLI）を推進中。

((財)日本情報処理開発協会・先端情報技術研究所報告書：平成 12 年 3 月より抜粋)

6.1.3 応用システムと応用分野の階層

「応用システムと応用分野の階層」領域における技術動向の概要を図 18 及び表 15 に示す。

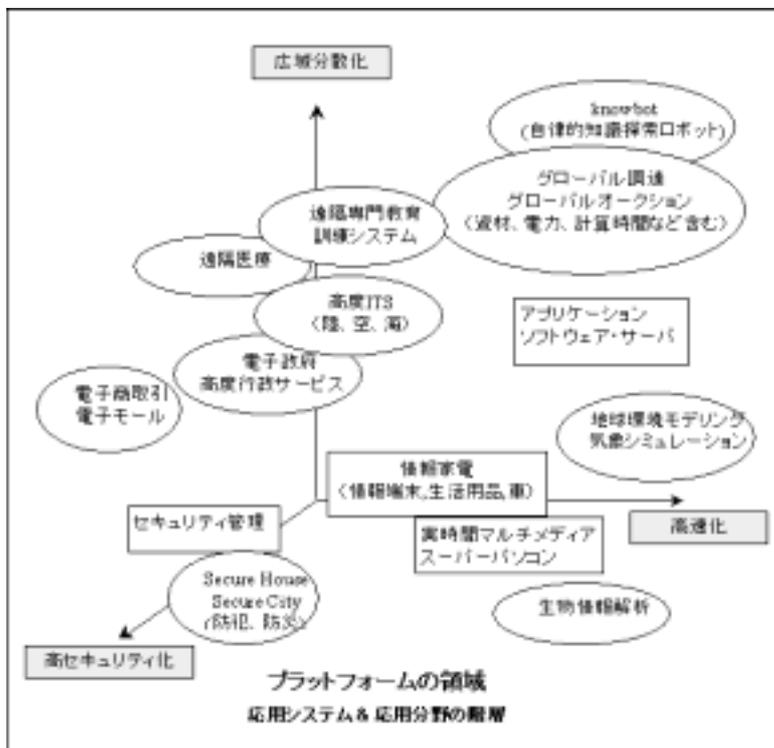


図 18 プラットフォーム領域・応用システムと応用分野の階層の技術動向

((財)日本情報処理開発協会・先端情報技術研究所報告書：平成 12 年 3 月)

表 15 プラットフォーム領域・応用システムと応用分野の階層における技術動向

項目	概要
先進的計算の民生分野への適用	<ul style="list-style-type: none"> ・ 計算手法の開発や計算プラットフォームの高速化により、シミュレーション計算や組合せ最適化問題の解法計算等の先進的計算が、民生分野での重要な意思決定に持ちいられることが期待される。 ・ IMB では Deep Computing Institute を設立し、超高速ハードウェアの開発 (Blue Gene と呼ばれるペタ Flops 性能の専用計算機を 2004 年に開発) 蛋白質の立体構造予測、事故時・悪天候時の迅速に最適フライト・スケジュールの組み直し計算、メソスケール気象予測、バイオメトリックス(音声による人の識別など)などの研究を実施している。
精度の高い短期・局地的気象予測	<ul style="list-style-type: none"> ・ 気象現象はカオス性があるため、数週間後の天候を精密に予測することは不可能であるが、精密な観測データがあれば 1 日程度の短期間の気象予測は可能である。精度の高い短期・局地的気象予測(メソスケール気象予測)により、翌日の天気は確実に予想できるようになれば、個人や企業における屋外活動の選択、災害予防、有利な電力売買のための発電施設の稼働計画の決定、飛行機のフライトスケジュールの修正、等々、大きな経済効果を生む。
アプリケーション・ソフトウェア・サーバ	<ul style="list-style-type: none"> ・ 高速大容量ネットワークにより、企業内の情報管理等の業務をネットワーク経由で提供することが可能になりつつある。アプリケーションサーバによる社外向けに情報処理サービス等が可能。

項目	概要
生物情報解析	<ul style="list-style-type: none"> ・ ヒトを含む様々な生物のシーケンシングプロジェクトにより DNA 配列データが日増しに蓄積され、DNA チップ、マイクロアレイなどの新技術により遺伝子の変異、遺伝子の発現レベルといったデータが大量に得られるようになってきている。 ・ 米国では 1988 年に国立医学図書館内に国立バイオテクノロジー情報センター(NCBI)が設置され、GenBank と呼ばれるデータベースに世界中から DNA 配列データを収集し、現在、30 億塩基を超えるデータがインターネット上に公開されている。また、生物学的に類似した配列を高速に検索するホモロジー検索エンジンを開発し、無償公開している。その他、タンパク質のアミノ酸配列データベースや立体構造データベースが欧米の研究機関から公開されている。 ・ 生物情報解析は、これら大量の基礎データの蓄積・整理・公開、遺伝子機能解析、タンパク質立体構造予測などを対象とする分野である。ヒトゲノムのシーケンシングプロジェクト完了後に、特に期待されているのは、遺伝子の変異データと疾病との関連性の分析による疾病原因遺伝子の同定であり、これによりターゲットを絞った効率の良い創薬研究が可能となる。既に米国では大学や国研による基礎研究から、実用化・商用化を目指すベンチャーが生まれている。
社会システムの電子化	<ul style="list-style-type: none"> ・ 従来のような様々な経済活動・商行為がインターネット上に移植され、電子商取引、インターネット・ショッピング、娯楽などのコンテンツ配信、エンドユーザ向け情報提供などが生まれている。これらには、時間と場所を選ばず瞬時に取り引きが行われるというインターネットの特徴が加わり、また、関連情報やサービスへのリンクなどの付加価値が容易に実現される。 ・ 今後さらに多くの経済活動がインターネット上に移り、さらには、社会システムや産業インフラの機能もインターネット上に実現されて行き、高度行政サービス、電子政府、高度 ITS、遠隔医療、遠隔専門教育訓練システムなどが生まれると予想される。効率が良く、信頼性のある社会システムや産業インフラを早期に実現した国が、産業、文化、社会などで優位になる。

((財)日本情報処理開発協会・先端情報技術研究所報告書：平成 12 年 3 月より抜粋)

6.1.4 ソフトウェア開発技術

ユビキタス・コンピューティングとデジタル世界経済の世界では、データセンター、中継装置、末端機器のそれぞれの機能を司る多数のソフトウェアの開発が必要となるとともに、社会システム機能を担う巨大・複雑なソフトウェアが構築され、大きな社会的インパクトを持つと予想される。

そのような巨大・複雑なソフトウェアでは、高い信頼性を保証することが大きな課題となっている。コンポーネント技術やソフトウェア設計のパターン化などが一つの方向を示しているが、まだ決定的な解決策とは言えない。

また、コアコンピテンスに集中する企業向けに企業活動の一部をネットワーク経由で提供する ASP (Application Service Provider) が登場し、将来的には、コアコンピテンスを相互にネットワーク経由で組み合わせるネットワーク型で動的な企業形態が普及する可能性もある。

既に、Java のように必要に応じて情報処理機器に伝達され実行されるソフトウェアが生まれており、それに基づいた動的な情報処理機器間の連携方式が提唱されて

いる。目的を持ってネットワーク中を移動するエージェントも研究されている。
ここで、ソフトウェア開発技術における技術動向を表7に示す。

表 16 プラットフォーム領域・ソフトウェア開発技術における技術動向

項目	概要
コンポーネントウェア	<ul style="list-style-type: none"> ・大規模で複雑で信頼性の高いソフトウェアを開発する手法として、構造化プログラミング、オブジェクト指向プログラミングが提唱されてきた。最近では、コンポーネント指向のプログラミングが普及しつつある。 ・コンポーネント指向プログラミングでは、一定のまとまりをもった機能を持つコンポーネントがあり、それらの提供するサービスを利用し、組合せ、新たなプログラミングを加えて希望する機能を持つプログラムを実現する。 ・従来のオブジェクト指向プログラミングでは、プログラムは利用するソフトウェア部品と固定的に結合されなければならなかったが、コンポーネント指向プログラミングでは、アプリケーションとサービスを提供するコンポーネントが実行時に仲介サービスを通じ結合される。このような仕組みは分散環境における機能分散にも適している。
デザインパターン	<ul style="list-style-type: none"> ・オブジェクト指向ソフトウェアの設計開発経験が積まれるにつれ、繰り返し現われる設計パターンがあることが分かってきた。典型的で優れた設計部品を「デザインパターン」として記録し、再利用できるようにするというアイデアが提唱され、従来、分野非依存的だったソフトウェア工学における新しいアプローチとして注目を集め、研究がなされている。
エンドユーザプログラミング	<ul style="list-style-type: none"> ・家庭内や仕事場での活動が電子化・ネットワーク化されて行った場合、プログラミング経験のないエンドユーザが家事のルーチン作業や買い物等のための情報収集をプログラム化できればより便利になる。そのためには、日常生活での活動や操作の表現、危険な組合せでないことのチェックなどの機能を持ったエンドユーザプログラミングのための技術が必要である。
ロボットとノウボット (knowbot)	<ul style="list-style-type: none"> ・画像や音声・音響による実世界の認識や動作・操作の動的合成の技術が進歩すれば、周辺の状況を判断し自律的に行動できるロボットが生まれてくるであろう。 ・また、ミッションを与えられてインターネット内を自律的に動き回る知的エージェント(ノウボット)も実現するであろう。ノウボットは電子データを扱うため、センサーやアクチュエータは不要だが、コンテンツを認識・評価したり、オークションへの参加、悪意ある環境での動作など、ロボットとは違った知能や自己保護などが必要になると考えられる。

((財)日本情報処理開発協会・先端情報技術研究所報告書：平成12年3月より抜粋)

6.2 コンテンツ領域

従来、情報技術の扱う対象は科学・工学分野のデータや産業分野のデータが中心であったが、書籍の電子化、娯楽メディアの電子化など、その対象が急速に広がりにつつある。しかも、従来のように孤立した計算機上で処理されるのではなく、インターネットを通して、必要に応じてやりとりされるようになってきている。「データ」という計算機処理の視点からの捉え方よりも、「コンテンツ」というユーザにとっての意味の視点からの捉えの方が、この事情をより良く表現している。

今後、情報技術があらゆる経済活動を把握し、管理・分析・効率化等に関わることを目指すとすれば、経済活動の対象となる実世界のあらゆるものの仕様、性質などの電子的表現が必要となる。また、著作物などの知的財産、ひいては文化資産全

般の電子化にまで、ニーズは広がり、実現技術が開発されるであろう。

インフラ整備としては、商品・製品の電子的表現などの標準化、国土の詳細な地理情報、各国語に対応した電子辞書、概念の辞書、さらには知識を集大成したエンサイクロペディアなどの基礎的コンテンツ（インフラコンテンツ）が重要となる。これらインフラが整備され、その上に様々な用途向けインフラ（ミドルウェア・コンテンツ）、応用（アプリケーション・コンテンツ）が発展すると予想される。コンテンツには人類共有財産もあり、また文化的財産もあり、後者についてはそれぞれの文化圏において整備が必要である。それは文化圏間のコンテンツ電子化の競争であり、また、各文化圏が固有性を確保するための重要な政治社会的な手段ともなる。

このようなコンテンツをベースとして、現在、新聞や雑誌、ラジオやテレビが供給している文字情報、音楽情報、映像情報などがデジタル化され、仮想現実などと結びついて新しいコンテンツ・ビジネスの世界を作り出すことが考えられる。

コンテンツのカバー範囲が拡大して行くためには、知識表現、情緒表現の基礎研究が必要である。また、実世界の事物の電子化のためには、紙媒体の書物・資料のデジタル化技術（画像レベル、文字情報レベル）、三次元物体のデジタル化技術など様々な観測技術の研究開発や、衛星画像からの地理情報の作成などの認識技術などの研究開発も重要となる。

コンテンツは表現技術で終るのでなく、表現されたコンテンツを活用する際に、コンテンツに関する財産権、プライバシーなどの問題が生じる。それらに関する法的な取り決め、権利関係を処理する機関ないしインフラの整備等を行うことが、コンテンツ作成・利用に関する経済社会活動を可能にすることにも注意が必要である。

コンテンツの領域の有力な研究分野及びインフラ整備課題と考えられるものを図19に示す。

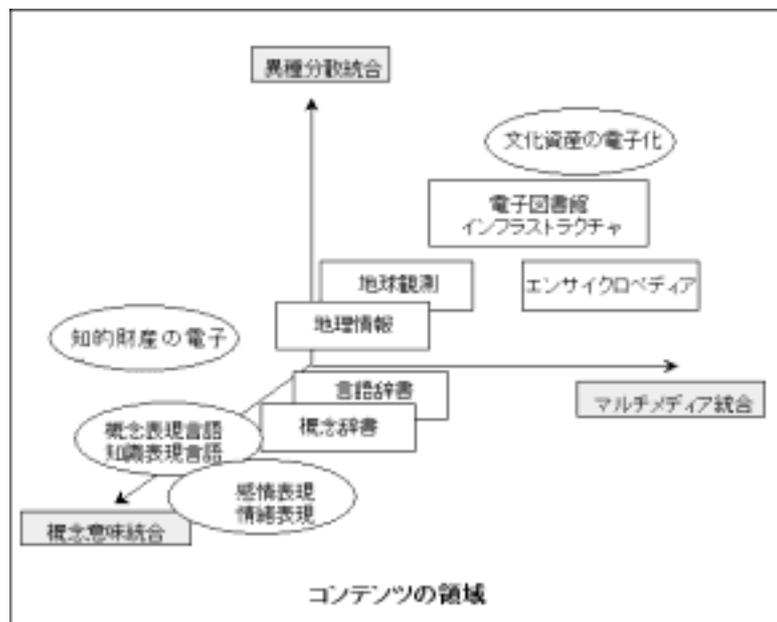


図19 コンテンツ領域の技術動向

((財)日本情報処理開発協会・先端情報技術研究所報告書：平成12年3月)

6.3 ユーザインタフェース領域

従来、計算機は専門の要員やプログラマー、限られた技術者・研究者が運用・利用してきたが、1980年代からは、徐々にオフィス等でのエンドユーザの作業用途に広がってきた。その際、グラフィカルなユーザインタフェースが操作を容易にし初心者でも使えるツールとなった。現状、健常者がデスクトップで操作するインタフェースとしては成熟しているが、今後、インターネット化する社会インフラへの窓口として全ての人が様々な環境で使えるようなユーザインタフェースが求められる。例えば、子どもやコンピュータ・キーボードに習熟していない人々による利用、身体障害者や視聴覚障害者による利用、移動中・作業中など机に向かっていない状態での利用などに向けたユーザインタフェースが求められる。

ユーザインタフェースの目指す方向は、人間に密着し、人間の意図を理解し、個人の活動を支援すること、さらには個人の活動を増幅することである。また、その延長として、グループワークにおけるコミュニケーションや協働の支援を行うことや、環境との相互作用を仲介することも、ユーザインタフェースの目的に含まれるであろう。

また、理性的な活動のアシストだけでなく、快適さを与えたり技能を訓練する等、物理的存在としての人間の状態を安定化させたり向上させたりするためのユーザインタフェースも社会経済的な重要性を持つだろう。活動支援のためには意図を正確に理解することが必要だが、環境としてのユーザインタフェースではそのような正確性は求められず、また環境側からの働きかけが主になるため、アシストのためのユーザインタフェースよりも、むしろ実用化は早いと考えられる。

なお、組み込み機器、自動制御・観測、極限作業ロボットなどでの物理世界とのインタフェースは、ユーザインタフェースとはまた違った条件と目的のもとでの研

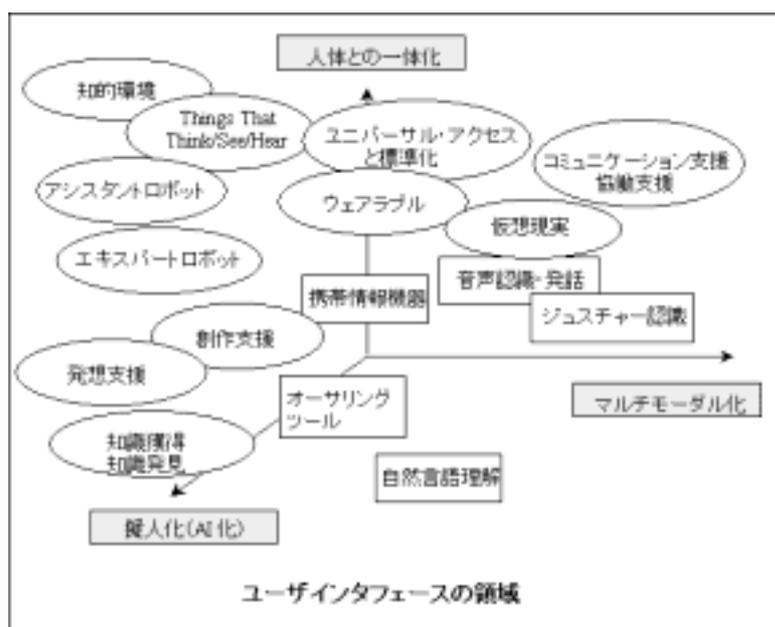


図 20 ユーザインタフェース領域の技術動向

((財)日本情報処理開発協会・先端情報技術研究所報告書：平成 12 年 3 月)

究が必要であろう。

ユーザインタフェースの領域の有力な研究分野及びインフラ整備課題と考えられるものを図 20 及び表 17 に示す。

表 17 ユーザインタフェース領域における技術動向

項目	概要
STIMULATE プロジェクト	<ul style="list-style-type: none"> ・ 米国における基礎研究として、STIMULATE (Speech, Text, Image, and Multimedia Advanced Technology Effort) プロジェクトがあり、NSF、DARPA、NASA が支援の下で、1997 年から 3 年にわたり、大学の 15 の研究グループで、音声、ジェスチャ、表情、筆跡、イメージ、ビデオなどの様々なモードによる、マンマシンインタフェースの研究が助成された。 ・ 地球観測などのデータや科学工学シミュレーション結果のデータは、多くの場合 3 次元空間に分布し時系列変化する膨大な量のデータとなる。それらを、様々な視点で眺め、理解、分析できるように、分かりやすい可視化をする技術が重要である。 ・ また、シミュレーション結果の可視化に留まらず、大量のデータ/情報を人間に分かりやすく伝達し、さらには効果的な探索を可能にするための、情報の可視化の研究がなされている。
ユニバーサル・アクセス	<ul style="list-style-type: none"> ・ 情報技術が真の社会インフラとなるためには、限られた技術取得者だけでなく広く一般の人々や障害を持った人々が利用できるようになる必要がある、その入口であるユーザインタフェースが特に重要である。ユニバーサル・アクセスとは、技術や施設などが、高齢者や身体上の障害を持った人々にも使える(そして、それによって社会参加の程度が向上する)という性質を言うが、新しい情報技術にはその考え方が必要である。 ・ World Wide Web Consortium (W3C) では、1997 年から Web Accessibility Initiative (WAI) という活動で、Web のユニバーサル・アクセスに向けた指針作りをしており、既に政府機関で WAI 指針に従った Web ページを作成し始めているところもある。NSF は 1999 年度に、Human-Computer Interaction (HCI) プログラムと Knowledge and Cognitive Systems (KCS) プログラムの合同で、ユニバーサル・アクセスの研究を開始した。研究課題には、従来型デスクトップ・インタフェースの代替、聴覚障害を持つユーザ向けの聴覚情報へのテキスト形式によるアクセス、運動障害を持つユーザのための入出力技術、視覚障害を持つユーザのための図形・画像情報への触知アクセスなどが含まれる。このように米国では、Web を社会参加への基本インフラと捉え、必要な措置を取りつつある。

((財)日本情報処理開発協会・先端情報技術研究所報告書：平成 12 年 3 月より抜粋)

7. 文献調査

「次世代情報処理基盤技術開発」関連の文献について、JOIS による検索を実施した。ここで、分類は、「次世代情報処理基盤技術開発」での実世界知能技術分野の 5 領域（マルチモーダル機能、自己組織化情報ベース機能、実世界適応デバイス、自律学習機能、理論・アルゴリズム）と、並列分散コンピューティング技術分野の 3 領域（シームレス並列分散コンピューティング技術、光インターコネクション、並列アプリケーション技術）の合計 8 領域としている。図 21 及び図 22 に、1991 年～2000 年における各分野毎の論分数の推移を示す。

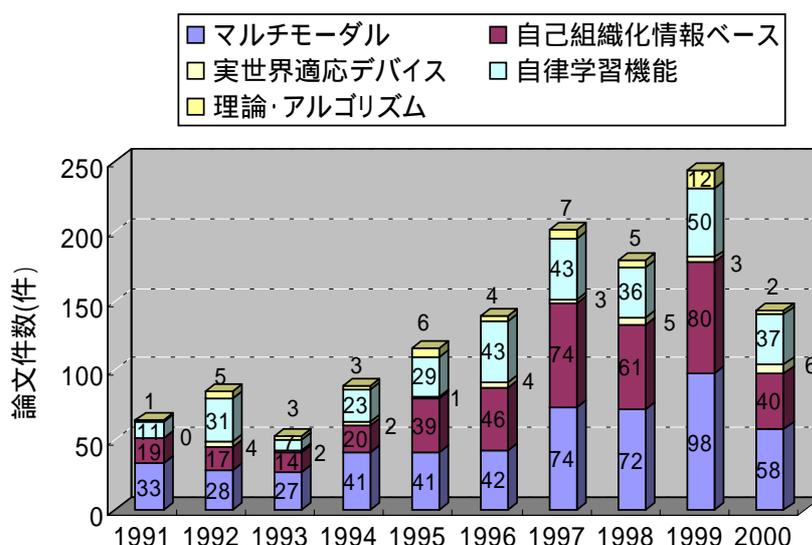


図 21 実世界知能技術分野における論文

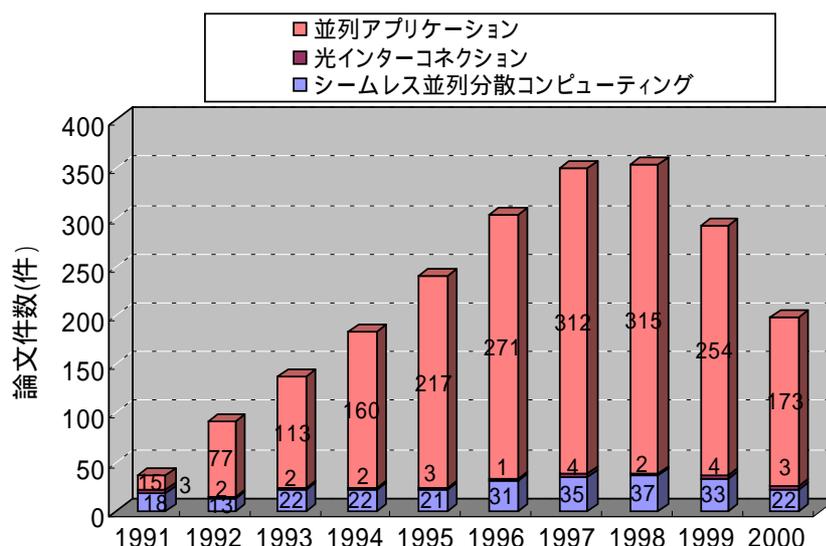


図 22 並列分散コンピューティング技術分野に関連する論文

なお、検索でのキーワードは以下の通りである。

マルチモーダル機能

(マルチモーダル + 手話認識 + 音声合成 + 音声認識 + 表情認識 + ジェスチャー認識) * 統合 # (交通 + 輸送)

自己組織化情報ベース機能

(自己組織化 + 静止画 + 動画 + 音声 + 音楽 + 音響 + テキスト) * 検索 * 情報

実世界適応デバイス

適応 * デバイス * (情報 + 計算 + 通信 + 電子 + 次世代 FPGA + 光 + 並列光処理)

自律学習機能

(自律学習 + (自律移動 + 対話) ロボット + 非音声認識 + 音声対話 + 自律的環境学習) * 情報

理論・アルゴリズム

アルゴリズム * (理論 + 推論) * 情報 * 統合

シームレス並列分散コンピューティング技術

(システム + コンピューティング + ネットワーク + ソフトウェア + コンパイラ) * 並列 * 分散

光インターコネクション

光 * (インターコネクション + インターコネクト)

並列アプリケーション技術

(計算科学 + 計算化学 + 生命科学 + 生命化学 + マルチメディア + データマイニング) * アプリケーション

参考文献

- 1) (社) 電子情報技術産業協会：2001 日本の電子情報技術産業 (2001年7月)
- 2) (財) 日本情報処理開発協会：情報化白書 (2001年6月)
- 3) 山田 博：スーパーコンピュータ (2000年5月)
- 4) 電子情報通信学会：電子情報通信ハンドブック (平成10年11月)
- 5) TOP500 ホームページ：TOP500 Supercomputer Sites
- 6) 通商産業省工業技術院：新規産業創出型産業科学技術研究開発制度 (2000年)
- 7) 通商産業省工業技術院：産業科学技術研究開発レポート (1997年)
- 8) 科学技術振興事業団ホームページ：科学技術振興調整費
- 9) 日本学術振興会ホームページ：未来開拓学術研究推進事業
- 10) 第5世代コンピュータシステム博物館ホームページ：第5世代コンピュータ技術
- 11) 地球シミュレータ研究開発センターホームページ：地球シミュレータ計画
- 12) (財) 日本情報処理開発協会・先端情報技術研究所：調査資料 平成12年3月
「情報先進国の情報化政策とわが国の情報技術開発における重点分野の選択指
針」
- 13) (財) 日本情報処理開発協会・先端情報技術研究所：調査資料 平成13年3月
「情報先進国の情報化政策とわが国の情報技術開発における重点分野の選択指
針」
- 14) 若杉 康仁：AITEC 調査研究報告会2001 (2001年8月)
「米国 IT R&D 計画進捗状況報告書 (Blue Book) にみる研究開発戦略」
- 15) (財) 日本情報処理開発協会・先端情報技術研究所：調査資料 平成12年3月
「ハイエンドコンピューティング技術に関する調査研究」
- 16) (財) 日本情報処理開発協会・先端情報技術研究所：調査資料 平成13年3月
「ハイエンドコンピューティング技術に関する調査研究」
- 17) P. H. Smith：PetaFLOPS Initiative (Feb. 1999)
- 18) T. Sterling：Challenges to Petaflops (Feb. 1999)
- 19) Gordon Bell ら：Technical Report MSR-TR-2001-76 (2001年8月)
- 20) U Harms ら：SX World (Autumn 2000 No.26)
- 21) サイバーメディアセンター：次期スーパーコンピュータ・システム (2000年10
月)
- 22) ASCI ホームページ
- 23) Beowulf ホームページ
- 24) RWC：SCore Cluster カタログ