

# 新情報処理パラダイムに基づく技術分野

(H8年度～17年度、H13予算額：40百万円(3.5億円))

研究機関名：産業技術総合研究所(旧：通産省工技院 電子技術総合研究所)

## 研究の概要・目的

### 1. 目標

巨大なネットワーク上につながれた多様な計算機、多様な利用者、および多様なデータをスムーズに接続するための技術の開発

### 2. 内容

世界規模のネットワークをセキュリティを確保しつつシームレスに接続するためのソフトウェア技術とハードウェア技術、および状況に応じて振舞いを変える系の性質解明のための理論研究

### 3. 新規性

種々のセキュリティのポリシーに対して簡便に設定ができるソフトウェア、実時間応答性に優れたCPUチップ、さらに状況依存の理論については従来ないものを開発している。

## 諸外国の現状等

### 1. 現状

計算機ネットワークの分野は主として米国において研究開発が行なわれている。また理論研究については主にヨーロッパにて行なわれている。

### 2. 我が国の水準

総じて米国からの技術移入に頼っているのが実情である。しかしながら、幾つかのネットワークソフトウェアは当研究所及び大学などから発信されつつある。またCPUチップはほぼ米国に押えられているが、システムLSIの分野についてはまだ可能性がある。理論研究については欧米のグループとの交流により水準を維持できている。

## 研究進展・成果がもたらす利点

### 1. 世界との水準の関係

インターネット関連のソフトウェアで本COEで開発されたものの幾つかは世界で使われ始めており、世界レベルに達していると考えている。ただすべてではないので、今後も研究開発を続けなければならない。

### 2. 波及効果

インターネット社会におけるわが国の力量を示すことができる。また国内に対しても世界に通用するソフトウェアを自分達でも作れると示すことにより情報特にソフトウェアの分野において遅れを取り戻すきっかけになる。

# 新情報処理パラダイムに基づく技術分野の研究

## 1. COE 育成機関名

独立行政法人 産業技術総合研究所 電子技術総合研究所

## 2. 目的、意義、必要性

現在のインターネットの先にある巨大ネットワーク社会の基盤構造を健全に発展させるために本研究開発では、(1)膨大な数のコンピュータをネットワークで結合し、多様な計算機を統一的に利用し、多様なデータを効率的に共有・利用し、さらに、(2)多様な利用者が容易に入出力できるようにするための技術について研究を行う。

## 3. 研究概要

調整費充当領域名：大域情報処理技術

自己努力領域名：知的ヒューマンインターフェース技術、遠在型ロボット技術、複雑系

本研究では(1)を調整費充当領域として、また(2)を自己努力領域として研究開発を行う。そして調整費充当研究（大域情報処理技術）においては、次の3つのサブテーマについて研究を行う。

i) ワールドワイドプログラミングの研究：ソフトウェアのレベルで、世界規模のネットワークを、セキュリティを確保しつつシームレスに接続し、その上のソフトウェア資源などを有効に活用するための技術の確立を目指す。現在のインターネットの世界でも実証的に使われるソフトウェアを発信する機関となる。

ii) インタラクティブ・アーキテクチャの研究：シームレスなハードウェア環境について技術基盤の確立を目指し、IP コアを発信する機関となる。

iii) 大域情報学：分散協調ソフトウェアアーキテクチャの開発とそうしたソフトウェアが正しく動作することを保証するための理論の確立を目指す。

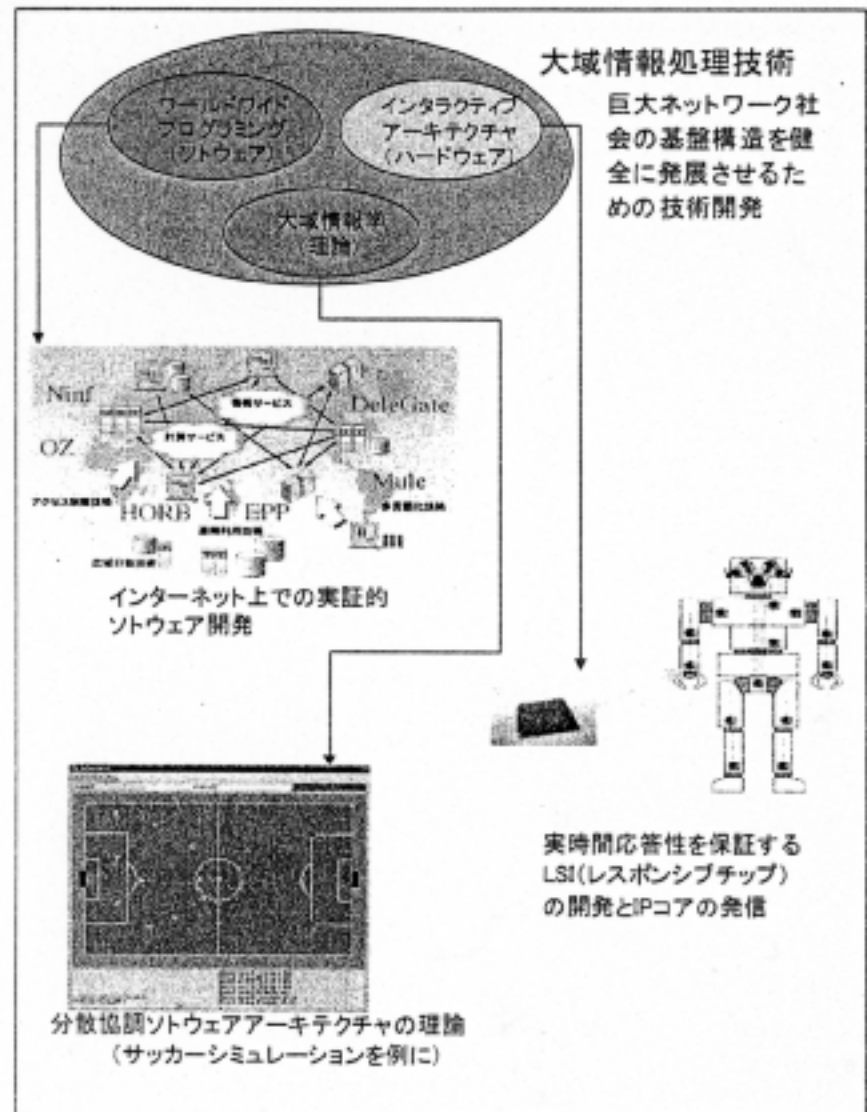
自己努力領域においては、多様な利用者が容易に入出力できる技術開発を目的として、知的ヒューマンインターフェース技術、遠在型ロボット技術、複雑系の3つのサブテーマについて研究を実施する。

## 4. 研究総括責任者

大蒔 和仁（産業技術総合研究所 情報処理研究部門長）

## 5. 研究期間

平成8年度～平成17年度



## 所用経費

### (1) 研究費の配分一覧 (サブテーマ毎)

(単位：千円)

サブテーマ名	サブテーマリーダー	11年度 予算	12年度 予算	13年度 予算
1. ワールドワイドプログラミングの研究	戸村 哲	103,400	93,804	8,634
2. インタラクティブ・アーキテクチャの研究	関口 智嗣	107,161	97,830	9,467
3. 大域情報学の研究	中島 秀之	129,963	154,258	22,150
合計額		340,524	345,892	40,251

## 研究成果の概要

各研究グループについてそれぞれ次のような成果を上げた。

### (1) 大域情報処理技術の研究 (調整費充当研究)

- 1) ワールドワイドプログラミング: インターネットの世界で主としてオープンソースソフトウェアの考え方に基づいた開発手法により、実際に使われるソフトウェアを生み出す研究拠点となった。例えば Mule, HORB, DeleGate, EPP など、インターネットの世界で広く使われるソフトを我々の研究グループから生み出すことが出来た。Mule は広く普及している GNU/Linux のライブラリとして採用されており、多言語処理環境のソフトウェアとして GNU/Linux を利用している内外の利用者に広く普及している。HORB は分散オブジェクト機構として CORBA の機能も包含し、携帯電話の i-mode への応用を目指したベンチャー企業に技術移転されている。また DeleGate はファイアウォールに使われるソフトウェアとして内外 20,000 機関以上に配布され利用されている。また、科学技術庁長官賞を受賞している。EPP は Java に代表される言語機能を拡張するソフトウェアとして開発され、ソフトウェア企業に技術移転され、Java プログラムの複雑さを計測するソフトウェアとして商用化されている。
- 2) インタラクティブアーキテクチャ: グローバルコンピューティングの拠点となった。現在 Grid (ネットワークコンピューティング) と呼ばれ世界の 100 以上の組織が参加して計算資源 (データだけでなく計算処理を含む) の共有・流通のための標準となるミドルウェア開発を行っている。我々はネットワークを越えて効率よく RPC (遠隔プロセス呼び出し) を行うことが出来るミドルソフトウェア Ninf を開発した。これが Grid に採用され、アジアパシフィックにおける Grid の拠点として認知され、グローバルな分野でリーダーシップをとることができた。
- 3) 大域情報学: 多層システムのプログラミングの研究においてロボットサッカーシミュレーションのサーバの構築を行い、実世界に近い問題としてのレスキューシミュレーションが広く利用されるに至った。このシミュレーションソフトウェアは協調動作する系のベンチマーク用ソフトとして RoboCup という国際的なソフトウェアの競技会の標準として使われている。米国の AT&T 研究所など 8 組織以上、ドイツのブレーメン大学など 9 組織以上、オーストラリアの CSIRO など 5 組織以上など、100 組織以上に配布され利用されている。またこのソフトウェアを元に情報処理教育用に学部・修士レベルでの授業に使われまた、教科書も作られている。なお、このグループが母体となって平成 13 年度の産業技術総合研究所設立時においてサイバースタディ研究センターとして立ち上がった。

研究成果を総括すれば、2) によって環太平洋を含む世界規模の Grid コンピューティングの構築の一翼を担うことができ、1) によってその応用技術として多言語利用環境の構築や移動体通信におけるミドルウェアプラットフォームの開発に成功した。また 3) によって、将来のマルチエージェントシステム環境におけるコラボレーション能力の評価のための標準的プラットフォームの開発に成功した。

### (2) 知的ヒューマンインターフェース技術の研究

その基盤となる、画像や音声の認識理解、実言語データに基づく自然言語処理方式の研究を行うとともに、これらを統合したシステムとしてマルチモーダル対話システムの研究、自律移動ロボットの学習・統合情報処理の研究をおこなった。特に GDA タグ付き言語の自然言語翻訳システムの

開発、自律移動ロボットのナビゲーションシステムの開発などが主要な成果である。

(3) 遍在型ロボット技術の研究

物理世界の中で相互作用を行う基本的なモジュールとして高度な自律性をもつビジョンおよびマニピュレーション技術、ならびに人間とロボットが人にとって自然な形で協調できるようにするための知的・感性的相互作用メカニズムと利用法の開発をおこなった。特に時系列ステレオ画像を蓄積する大容量メモリを利用したの実時間運動認識システムの開発、および指モーショントラッキングのキャリブレーションアルゴリズムの開発などが主要な成果である。

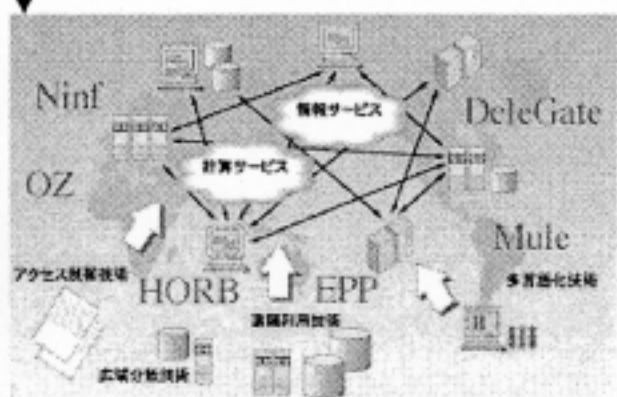
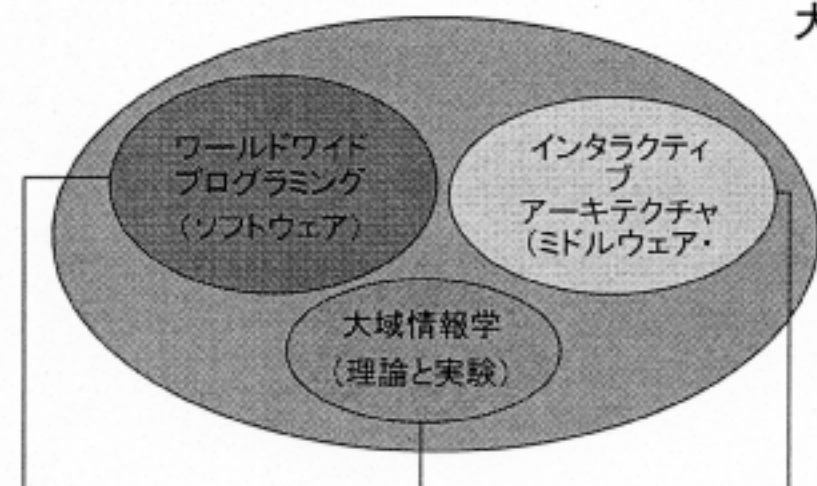
(4) 複雑系の研究

非線形データ解析を使った独立成分分析の研究をすすめ、また認知能力の発達過程における情報の相互作用の解明を進めている。顕著な成果としては、独立成分分析の研究での拡散・鏡面反射成分の分離についての理論的基礎を提案し、また、認知発達過程の研究での乳幼児の計算モデルの構築と解析を行ったことが主要な成果である。

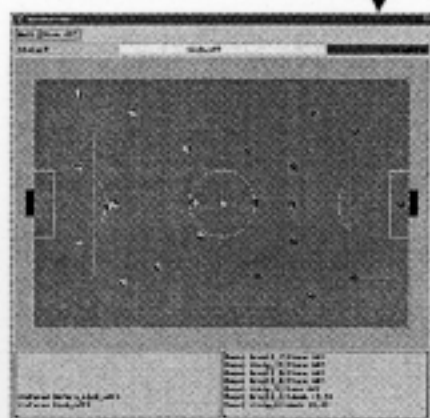


## 大域情報処理技術

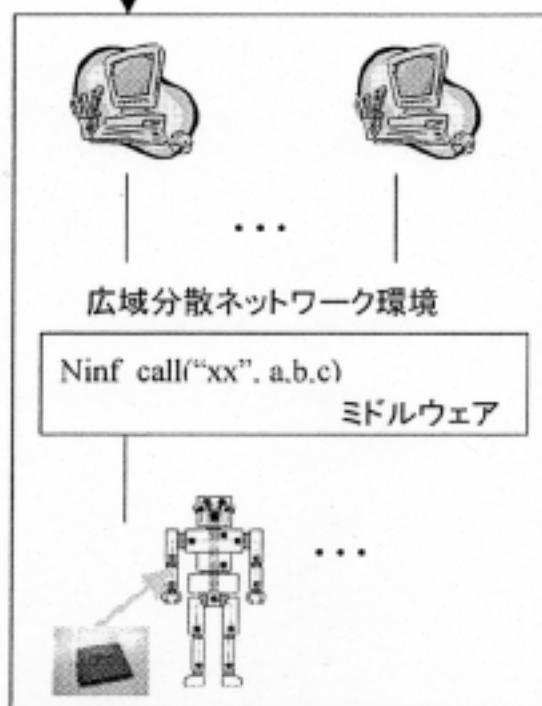
巨大ネットワーク社会の基盤構造を健全に発展させるための技術開発



インターネット上でのオープンソースに揺る実証的ソフトウェア開発



多層プログラミングソフトウェアアーキテクチャ開発(サッカーゲームの例)



## 研究成果公表等の状況<課題全体>

### 【研究成果発表等】

	原著論文による発表	左記以外の誌上発表	口頭発表	合計
国内	78件	61件	287件	426件
国外	119件	2件	148件	269件
合計	197件	63件	435件	695件

### 【特許出願等】63件（国内48件、国外15件）

### 【受賞等】12件（国内11件、国外1件）

- ・ 電子情報通信学会 第12回 回路とシステム(軽井沢)ワークショップ奨励賞 “プロセス代数における最小不動点”、磯部 祥尚、H12.4.24
- ・ インターネットコンファレンス論文賞 “Globus を用いたグローバルコンピューティング環境の構築とその評価”、田中 良夫、佐藤 三久、中田 秀基、関口 智嗣、H11.12.16
- ・ 社団法人 人工知能学会研究奨励賞 “事情通ロボットによるオフィス環境における知的作業支援”、本村 陽一、松井 俊浩、麻生 英樹、浅野 太、原 功、H11.6.16
- ・ (社)人工知能学会 RoboCup ジャパンオープン99JSAI 優秀賞 “サッカーサーバの開発と機能拡張・維持”、野田 五十樹、H11.5.3
- ・ 電気関係学会関西支部奨励賞 “S12 音楽音響信号を対象としたリアルタイムビートトラッキング”、後藤 真孝、H11.4.9
- ・ 日本ソフトウェア科学会 WISS2000 発表賞 “音声補完: 音声入力インタフェースへの新しいモダリティの導入”、後藤 真孝、伊藤 克亘、秋葉 友良、速水 悟、H12.12.8
- ・ (社)人工知能学会ベストプレゼンテーション賞 “ウェアラブルカメラを用いた高速でロバストな対象物体の3次元復元”、蔵田 武志、坂上 勝彦、H11.12.17
- ・ (社)日本ロボット学会第14回日本ロボット学会研究奨励賞 “取り巻きセンサシステムによる人の体動の生理的意味理解”、西田 佳史、H11.9.10
- ・ (社)日本ロボット学会研究奨励賞 “人間型全身行動ロボットシステムの発展的構成法と移動行動の発達”、金広 文男、H12.9.1、
- ・ International Neural Network Society & IEEE/Neural Network Council, Best presentation award “MICA: Multimodal Independent Component Analysis”、赤穂 昭太郎、H11.7.16
- ・ MIRU2000 実行委員会画像の認識・理解シンポジウム (MIRU2000) 優秀論文賞 “移動物体検出のためのロバスト統計を用いた適応的な背景推定法”、栗田 多喜夫、梅山 伸二、H12.7.19
- ・ (財)茨城県科学技術振興財団つくば奨励賞(若手研究者部門) “進化型アナログ LSI の研究開発”、村川 正宏、H13.2.5

## 【主要雑誌への研究成果発表】

Journal	Impact Factor	サブテーマ 1	サブテーマ 2	サブテーマ 3	合計
IEICE Transactions on Fundamentals of Electronics, Communications and Computer Sciences	0.189	0.189			0.378
Future Generation Computing Systems	0.083	0.083	0.083		0.249
Lecture Notes in Computer Science	0.872		0.872		1.744
Acta Informatica	0.321			0.642	0.963
主要雑誌小計		0.272	0.955	0.642	3.334
発表論文合計		0.272	0.955	0.642	3.334



## COE化の推進状況 <課題全体>

### 【COE化対象領域における研究マネジメントの概要】

#### ア 優秀な人材の育成・確保

国立研究機関として旧電子技術総合研究所（現産業技術総合研究所の一部）は公募により広く人材を集めてきた。平成10年度、11年度、12年度はそれぞれ次のようになっている。公募採用は、前職が国立大学教員など一部の例外を除いてほとんどが任期つき採用である。産業技術総合研究所は人材の流動性を高めるため積極的に任期つき任用を行なっている。

	平成10年度	平成11年度	平成12年度
機関新規採用者数	20	11	22
内公募採用	10	2	16
内任期つき任用	9	7	15
内COE化設定領域	7	3	8

その他、機関（旧電子技術総合研究所）全体での各種制度による招聘者数の推移を次に示す。

	平成10年度	平成11年度	平成12年度
流動研究員	48	43	33
フェロー	58	67	59
連携大学院	33	31	38

#### イ 優れた研究基盤の整備

平成10年度には、旧工業技術院情報計算センター（RIPS、現先端情報計算研究センターTACC）にピーク性能256ギガFLOPS以上の演算能力をもつベクトル型スーパーコンピュータ納入、平成11年度にはサブテラビット級ネットワークの敷設、平成12年度にはオープンスペースラボラトリと呼ばれる情報系の研究分野を含む共同プロジェクトを主体とした研究棟を新築した。

#### ウ 開放性と流動性の確保

平成9年度に旧電子技術総合研究所は従来の研究室制に代わり、研究グループの分離融合をダイナミックに行うことができるよう、国立研究機関として初めて「ラボ制」を導入した。また招聘の数字は前記したが海外への派遣も流動性の指針となる。機関全体として、平成10年度は13名の研究者を中長期（6ヶ月以上）に海外の研究機関に派遣した。また平成11年度は18名、平成12年度は17名であった。独立行政法人に移行して、運営費交付金が招聘費に対しても柔軟に使えるようになり、今後一層派遣を推進できると考える。

#### エ 研究評価機能の充実

平成10年度にはCOE化設定領域に対し、外部の学識経験者10名による第I期中間評価委員会を開催した。また一般公開のCOEシンポジウムを開催し、その中で20名程度の内外の研究者を招待し、研究の評価を行った。この第I期中間評価結果に基づいて平成11年8月には第I期後期に向けての推進委員会を開催し、研究方向の修正を行った。平成12年度には各研究グループにシンポジウムの実施を課し、そこに内外の著名な研究者を招聘し、研究評価を受けた。また独立行政法人に移行した平成13年度当初にはブレ評価委員会と称して企業を含む3人の外部研究者に研究グループの評価を受けた。研究所全体としての評価部が設けられ評価機能が一層充実するものと考えられる。

#### オ 研究運営の弾力化

「ウ、開放性と流動制」の項でも述べたように国立研究機関として初めて研究室制を廃止しダイナミックに研究グループを改廃できる「ラボ制」を導入した。さらに独立行政法人以降は研究部門（平均 50 人から 80 人規模）の中の研究グループの改廃は研究部門長の裁量で自由に行えるようになった。

#### カ 研究成果の発信

機関全体（旧電子技術総合研究所全体）論文の発表件数、国際会議参加数の推移を次に示す。

	平成 10 年度	平成 11 年度	平成 12 年度
国内論文発表件数	1,316	1,244	1,074
海外発表件数	1,014	1,113	863
国際会議参加件数	286	322	273

また COE 制度の調整費を充当し、シンポジウムを頻繁に開催している。平成 10 年度、11 年度、12 年度にそれぞれは 3 件ずつ開催した。情報処理の特にソフトウェアの研究においては論文発表もさることながら、インターネットを通じたプログラム配布などのほうが有効であることが多い。Web による参照回数などにより旧来の「論文数」に匹敵する評価指標の確立を行うべきであると考えている。

#### 【調整費充当領域研究の状況の概要】

(COE 化対象領域における調整費充当研究の位置付け等)

調整費充当領域以外の COE 化対象領域は、知的ヒューマンインタフェース技術の研究、遍在型ロボット技術の研究および複雑系の研究の 3 つである。それぞれ、音声や画像などのパターン認識技術、ロボット技術、人工知能技術である。それらの中にあつて、調整費充当領域は昨今のインターネット社会を支えるソフトウェア技術、ミドルウェア・ハードウェア技術、理論開発などの基盤技術に特化して実施している。しかしながらこのようなインターネットの基盤技術に関わる技術は、その利用者あるいは応用技術としてパターン認識技術やロボット技術あるいは情報検索技術に代表される人工知能技術と無縁で進められるはずが無い。また、バイオ情報技術や計算科学技術など他の分野とも共同研究体性をとらなければ健全な発展はありえない。

従つて調整費充当領域としては基盤技術に集中投資する。そして他の領域とは研究の連携を図る。

#### 【COE 化推進の機関への影響】

本 COE 育成プログラムにより、情報処理技術（特にインターネットに関わるソフトウェア・ミドルウェア）に関する研究を行なう公的研究機関として、特にオープンソースソフトウェアの拠点、ネットワークコンピューティングの拠点として海外も含め広く外部に認知されるに至った。平成 13 年度に産業技術総合研究所が設立されたとき、COE 化推進により、調整費充当領域の 3 研究グループが母体となつて、情報処理研究部門の他、サイバーアシスト研究センター、情報科学連携研究体が設立された。このように機関の内外に対して大きな影響を与えている。

#### 【所轄省庁による支援状況】

通商産業省（現経済産業省）は、平成 12 年度開始でミレニアム予算を「デジタル・ネットワーク基盤技術の研究開発」として 340,000 千円を 5 年計画で計上し COE を遂行しているワールドワイドプログラミングとインタラクティブアーキテクチャの 2 つの研究グループの支援を行っている。さらに平成 12 年度には補正予算の一部を投入するなど、COE に対して積極的な支援を行っている。

#### 【3 年目評価をふまえた取り組み】

平成 10 年度には前期 3 年目の中間評価を行なった。平成 8 年度開始当初は 20 件程度の項目について探索的研究を行った。平成 10 年 8 月に行われた第 I 期中間評価委員会およびこれを受けて行われ

た推進委員会において、これらの中から平成 12 年度までに実用に近い形で実証できるテーマ 8 件程度に絞り研究を推進してきた。平成 13 年度には 10 月 18 日に情報処理研究部門の公開を行うことを予定しており、その一環としてデモを含む COE の成果発表を行う予定である。

**【6 年目以降、今後の方針の概要】**

第 II 期は、テーマはさらに絞りたい。そのために国際的に見てリーディングポジションをとれているものに集中投資する。具体的には

- (1) ワールドワイドプログラミング：Mule, HORB, DeleGate, EPP の研究に重点化する。
- (2) インタラクティブアーキテクチャ：LSI 開発などのハードウェア開発よりもむしろ Ninf などのミドルウェア開発に重点化する。そのためにグループ全体の名称も再考したい。
- (3) 大域情報学：ロボカップソフトおよびソフトウェア検証に重点化する。

これらに対する予算充当項目としては、成果の発信と人的交流に力点をおいて研究費を充当したい。すなわちシンポジウム開催、COE 特別研究員の招聘などに充当したい。物品の購入などには当てない予定である。さらに独立行政法人となったこともあり、この COE の研究領域に対して外部資金の獲得になお一層努力をする。現に Ninf の研究グループは日本電気、富士通などとの研究協力体制を組みつつある。

## 機関評価結果<課題全体>

### 総合評価

#### COE 化の進捗状況 A

ドッグイヤーと呼ばれる足の速い IT の分野において、国際的なリーディングプロジェクトを推進し、その結果として、3つの研究テーマそれぞれで世界の標準となっているような成果が出されていることは高く評価してよい。情報の分野とりわけソフトウェアの分野においてわが国はともすれば欧米に比べて後追い研究をしていると言われているが、当該機関における COE の成果が、わが国発のソフトウェア、特にスーパーコンピュータネットワークや多言語情報処理技術等に関する技術が世界の標準として広く利用されている点は極めて高く評価してよい。

#### 今後の進め方 A

平成8年度開始当初は探索的研究を目的として20程度のテーマを立ち上げたが、3年目に行ったI期中間評価においてテーマの絞込みを行った。その結果に基づいてI期5年目を終えた。しかしながら絞り込んだテーマの中でも必ずしもすべてが成功したわけではない。こうした点を踏まえ、II期に移行するに当たり、さらにテーマを絞るように今後の計画を見直してある。絞られたテーマはCOEで開発されたもののうち、国際的なリーディングプロジェクトを推進し、世界で標準的な技術として使われつつあるものである。そして予算の充当方法として、成果の発信と人的交流に力点を置こうとしている。これは適切な方針である。さらに外部資金の導入を積極的に図るような具体的な施策を推進したいとしていることが評価できる。

#### 1. COE 化対象領域における研究マネジメントについて B

特に、国立研究所としてはじめて従来の研究室制を廃止して柔軟なグループの改変を行うことができるようにした「ラボ制」を導入できたことは「研究運営の弾力化」という観点で高く評価したい。また国立研究機関として任期付き任用を多人数にわたり本格的に導入したのも当該研究機関であり「優秀な人材の育成・確保」の観点から評価できる。また、サブテラビット級のネットワークの敷設や高性能のスーパーコンピュータを(旧)工業技術院として導入、情報処理に関する新研究棟の整備など、情報処理に関する国立研究機関として研究インフラも「優れた研究基盤の整備」の観点から高く評価できる。ただし、特にCOEの成果の発信について、技術移転、企業化、標準化への支援を行うべきであり、従来の論文偏重の研究所とは違うマネジメントが必要となる。この点は新法人になったということと絡めてなお一層の改善が必要である。

#### 2. COE 化対象領域における研究成果について A

総合評価でも述べたが、ソフトウェアの研究において国際的なリーディングプロジェクトを推進し色々な意味での世界の標準を取れる研究成果を出している点を高く評価する。もちろん研究一般にいえることだが、最初に計画した研究テーマすべてがうまくいくとは限らず、その点ではI期だけで終了すべきテーマはあることは事実である。

#### 3. COE 化対象領域における調整費充当研究の位置付け A

COE 化設定領域としてはより広くロボット、パターン認識、人工知能など、当該研究機関がポテンシャルを有する分野を設定している。調整費充当領域として設定している大域情報処理技術のコンセ



プトの上でこれら3つを統一的にまとめて、その上で重点配分する計画を立てている点を評価する。これらが研究協力しながら新しい情報処理のパラダイムが醸成されていくものと考えられる。

#### 4. COE化推進の機関への影響（波及効果） A

「情報処理、特にソフトウェアに関する国立研究機関」という評価を定着させることが出来ていると考えてよい。そしてソフトウェアをベースにして、ロボットやパターン認識はもちろん、当該研究所の有する他の計算科学、計算化学など広い研究分野に与える影響は大きいと考えられる。

#### 5. 所轄省庁の指導・支援の状況 A

経済産業省としてもミレニアム予算や補正予算等、COE以外の予算を投入して指導・支援していると考えられる。今後も定員増も含めて一層の支援を期待したい。国立の研究機関で情報処理とりわけソフトウェアの基盤技術の研究を遂行している機関は他にないのでなお一層の強化が必要である。

#### 6. 3年目評価の結果の反映状況 B

3年目にテーマを絞り込んでI期の後期に臨んだはずである。もちろんその結果に基づいてテーマを取捨選択したはずであるが、ソフトウェアについては顕著な成果があると認められるが特にハードウェア関連の研究および理論研究について、論文は出されているものの、期待した（目に見える）具体的成果が上がっているとは言いがたい。II期以降の方針として再構築を考える必要がある。

#### 7. 後期5年間の取り組み方針 A

上記6.で指摘した点を踏まえてソフトウェアの（広い意味での）標準化に的を絞ってテーマを選択する、という点を評価したい。後期5年では世界で使われる標準的ソフトウェアという観点では是非頑張ってもらいたい。3年目および5年目の評価はCOE推進においてテーマの適切な選択という意味で極めて有効であった。今後もこの評価制度を国内外の有能な人材によって強化すべきであると考えられる。