

特集③

“知的コンピューティング”に向けた研究動向
—認知科学と人工知能の複合領域研究の推進—

情報・通信ユニット 巨理 誠夫

1. はじめに

日本ではブロードバンド加入者が1,500万人になり、世界一速くて安い環境ができ、ユビキタス社会がすぐ目の前に来ていると言われている。しかし、従来IT機器は専門家が使用することを前提に設計されてきており、広く普及した現在も、まだ一般の人には使いにくい設計が多い。さらに、インターネットの拡大により、多くの情報が容易に入手できるようになったが、情報が氾濫し膨大なデータから意味のある情報を取り出すのは簡単ではない。コンピュータを自然に使えると親和性の高いコンピュータが望まれており、それが実現できれば、人とコンピュータの共同作業がスムーズに進み、知的生産性を向上させることができる。

人間の知的活動を支援する能力と、人間との自然なインターフェースを持つ、“知的コンピューティング”を実現する研究は、人工知能分野で進められてきた。コン

ピュータ上に知能を創ろうとする人工知能の研究はコンピュータが作られて間もない1950年代後半から開始されているが、その人工知能の知的能力はなかなか向上せず、研究に対する非難の声もあった。しかし、コンピュータの処理速度が向上するとともに、実現される知的処理の性能も向上し、その研究成果は人工知能としては見えにくい形であるが断片的に多くの情報システムに組み込まれ実用化されている。最近では、機械学習アルゴリズムを取り入れたデータマイニング研究が盛んになり、セキュリティ技術の発展に大きく貢献している。

しかし、現在の“知的コンピューティング”の知的処理レベルは人間と比べまだ劣り、その向上が望まれている。そこには、人間の本質解明に迫る困難な研究を含め、多くの研究課題が残されている。特に、人間の認知機能を解明しようとする認知科学の研究

から、“知的コンピューティング”の新しいアイデアが創出されてくることが期待されている。

この“知的コンピューティング”の実現を目標に、人工知能と認知科学の複合領域の研究を推進するプロジェクトが最近米国を中心に盛んになっている。一方、日本では、脳研究が進められてきており、その中で認知科学の成果も一部出てきている。しかし、日本のプロジェクトは基礎研究が中心で、人工知能などの応用への展開は米国に比べ遅くれている。

以下に、人工知能と認知科学の最近の研究動向を述べ、ITのハードウェアの急速な進展に比較し、進展が遅く見えるこの“知的コンピューティング”研究を促進するための方策を探る。本稿での人工知能研究は、広義に捉え、コンピュータにて知的処理を実現する研究全般を含んでいる。

2. 人工知能の研究動向

2-1

人工知能の歩み

人工知能研究は、1950年代後半に「コンピュータ上に知能を創る」ことを目標に開始されている。数学・心理学・哲学の研究者がコン

ピュータを使って人間の知的活動を表現しようとしたのが始まりである。1970年代には、専門家（エキスパート）の知識をルールとしてコンピュータ上に記述し、推論処理により専門家なしでも問題解決ができることを示した。簡単な医療診断や製造工程故障診断のた

めのエキスパートシステムが作られ実用化された。しかし、知識ルールの前提条件を完全に記述しようとするれば、その条件は無限に増大してしまうという問題（フレーム問題）が指摘され、ルールベースのエキスパートシステムは人間の専門家並みの性能を得るまでに

図表1 人工知能研究の歴史上のトピックス

			コンピュータの歴史 (参考)	
			1947年	ENIAC コンピュータ
1950年代後半～60年代 [人工知能研究の始まり]	1956年	“Artificial Intelligence (人工知能)” の提唱 (J.McCarthy)	1951年	UNIVAC・I 商用コンピュータ
	1965年	人間と会話するコンピュータプログラム Eliza の開発	1964年	IBM360 メインフレーム コンピュータ
	1967年	知識ベースのチェスプログラム MacHack を制作		
1970年代 [エキスパートシステム (知識の工学的表現)]	1974年	エキスパートシステム MYCIN(医療診断)	1972年	i4004 マイクロプロセッサ
	1974年	プランニング生成プログラム ABSTRIPS	1976年	パソコン Apple
	1970年代半ば	グラフィカル・ユーザーインターフェース		
1980年代後半 [ニューラルネットワークの隆盛]	1982年	Hopfield ニューラルネット計算特性	1981年	パソコン IBM PC
	1986年	日本人工知能学会の設立		
1990年代 [エージェント(分散処理の試み)]	1990年	遺伝的プログラミングの開始	1991年	Windows3.1
	1995年	状況依存エージェント (Russell)	1993年	Web ブラウザ Mosaic
	1995年	知識発見とデータマイニング国際会議始まる	1993年	クライアント・サーバーモデル
1990年代後半～ [データマイニング (機械学習の再来)]	1997年	チェスプログラム DeepBlue がチェスチャンピオンに勝利		
	1999年	セマンティック Web 提唱		
	1999年	ペットロボットの出現		

至っていない。1980年代には、それまでの記号・シンボル処理の研究からニューラルネットワークを代表とするデータ処理の研究に活路を見出そうとした。このニューラルネットワーク研究はその後、脳の神経網の機能研究につながっている。1990年代には、コンピュータネットワーク上を自走し簡単な機能を実行するエージェントの研究が盛んになった。この研究は、コンピュータが人間の代用機能を果たす擬人化エージェントや個人の要望に沿って情報収集する個人化エージェント（パーソナリゼーション）として発展している。さ

らに、社会の中の個人の挙動を1つのエージェントに実行させ、多数のエージェントをネットワーク上で動作させることで、社会や経済システムをシミュレートする研究も行われている。

コンピュータのデータ処理能力は、人間を遥かに超えている。従って、人工知能の研究の目標も、コンピュータ上に知能を創ることによる「人間の代用としての人工知能の実現」ではなく、単純かつ膨大なデータ処理や巨大なデータから意味あるデータを抽出するなど人間には不得意な処理をコンピュータに任せ、人間本来の知的活動の生産

性を向上させる「知的活動の支援」が目標となってきている。

2 - 2

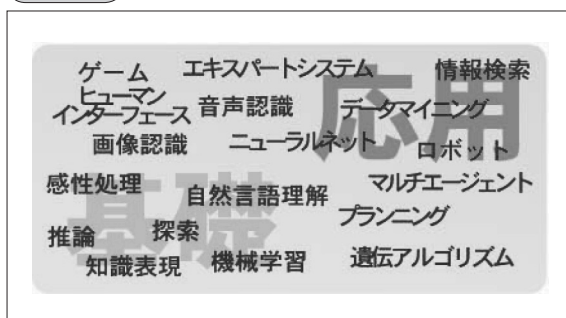
最近の人工知能研究の成果

人工知能研究のテーマは、図表2に示すように多岐にわたっているが、最近の研究の動向として推論・思考としてのゲーム、エージェント、データマイニング、視覚・聴覚、ロボットの研究成果を述べる。

(1)ゲーム

推論・思考の人工知能研究として、チェッカー、チェス、オセロ、将棋などのゲームにおいて人間に勝てるコンピュータソフトウェアを作ろうとするゲーム研究がある。米国では1970年代に国際コンピュータチェス協会が組織され、コンピュータチェス選手権が開催された。1994年にはチェッカーで、1997年にはオセロとチェスで、コンピュータはワールドチャンピオンを負かした。将棋では、アマチュア5段のレベルに達して

図表2 人工知能研究の研究テーマ



情報源：人工知能学会ホームページより

いると言われる。

これらのゲーム・ソフトウェアは、大量の定石と名人の打った手を知識データベースとして持ち、あらかじめ決められた戦略を用いて推論し、次の一手を計算する。すなわち、膨大なデータと高速処理を武器にさらに推論を加えることによって、コンピュータは比較的簡単なゲームでは人間に勝ったのである。今後は、名人の戦略を解明して、より複雑なゲームである将棋や碁での挑戦が続く。

(2) エージェント

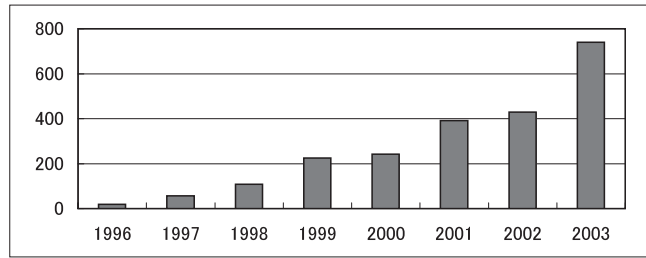
人間のアシスタントとしてネットワーク内のサイトを廻り自律的に行動をする「エージェント研究」が1990年代から盛んになった。エージェントはコミュニケーション能力と簡単な処理機能を持ち、ネットワーク内を自走してある目的の処理を実施する。パーソナリゼーション、擬人化エージェントの研究が行われ、スケジューラー、Webナビゲーターに応用されている。

さらに、多数のエージェントをネットワーク上で自律的に行動させる「マルチエージェント研究」があり、その応用としては社会システム、経済システムのシミュレーションがある。社会や経済活動の個別要素をエージェントとして記述し、社会や経済全体をネットワークとして記述して、エージェントをネットワーク上で動作させてその挙動を解析する。エージェントの記述が実際の社会や経済の個別要素を表現できているか、個々のエージェントの相互作用が記述できているかなど困難で未解決な課題が多くある。

(3) データマイニング

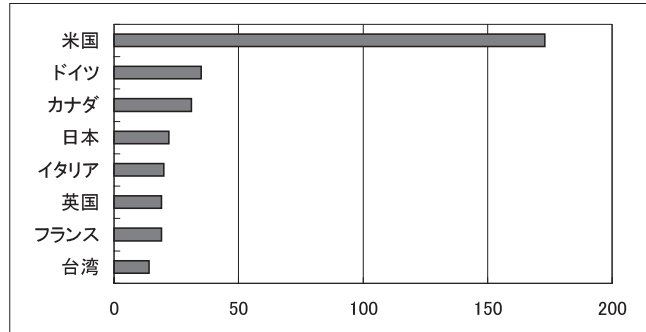
データマイニングとは、大量のデータから意味のある情報を見つける技術であり、1990年代後半から盛んになってきた。データマ

図表3 データマイニング論文数推移



ISI DB から Data Mining を検索

図表4 データマイニング国別論文数 (2002年分)



ISI DB から Data Mining を検索

イニングには古くから研究されてきた機械学習のアルゴリズムが使われ、応用分野に応じて改良や新しいアルゴリズムが提案されている。データマイニング技術は、文書解析、情報検索、セキュリティなど多くの応用が進展している。

従来、コンピュータのセキュリティを守るウィルス検出や不正侵入検知の方法では、事前に登録したウィルスパターンや不正侵入元をチェックしている。しかし、この方法では、事前に登録されていないパターンに対しては検出ができない。新ウィルスの出現とパターン登録更新との時間差があるところで被害が発生している。これに対応できる学習法が研究され、変動するデータに追従するパターンを適応的に求めることで、新ウィルスの検出性能を向上している。また、この学習手法は、ネットワーク不正侵入・攻撃の検出、コンピュータ異常動作検知などでも威力を発揮している¹⁾。

データマイニング技術と自然言語処理技術とが結びついたテキストマイニングの研究も盛んである。この研究では、アンケート文

の分類、評判分析、メールの自動分類、購買履歴の分類などが行われ、マーケティングのツールとして利用されている。

このようなデータマイニング研究は、図表3、4に見るように、1990年代後半から盛んになり、米国が強い。そのきっかけの1つに、米国の数理学者 V.Vapnik が1995年に提案した識別手法であるサポート・ベクター・マシンがある。この識別手法は、未学習データに対しても識別能力が高く機械学習の一つの手法として現在多用されている。1997年から米国ではデータマイニングコンテストが開かれ、理論をいち早く応用へ展開させる努力をしている。日本では米国に3年遅れて2000年に人工知能学会によって「共通データからの知識発見」コンテストが行われている。さらに、米国では、基礎研究を推進している NSF も学習の基礎理論から実証研究まで統合研究する拠点 Science of Learning Center (図表7) を計画しており、応用への出口を意識した基礎研究を推進している。

(4)視覚・聴覚

文字認識、音声認識、物体認識などは、条件の揃った環境では実用化されている。しかし、利用場をを広げようとする、情報そのものが曖昧で前後の状況から判断しなければならなかったり、周りの音が入り込んだり、照明条件が変わるなど利用状況の変化がある。実用化されている手法は、主に大量のデータを用いた統計的な手法である。環境・状況の変化に対するすべてのデータを集めることは不可能であり、性能に限界がある。複数の情報から判断するマルチモーダル研究や状況変化に適応できる方式の研究が求められている。

(5)ロボット

最近盛んになっているロボットの研究では、ロボットに視聴覚機能を持たせる研究が行われている。ここでは、認識機能の前段階

で、認識のための情報をどのように環境の中から切り出してくるかが課題となる。環境の中から人間の声または目的の物体を抽出しそれを追従することなど、新しい多くのテーマがある。

また、二足歩行のロボットや介護ロボットの研究が盛んになるにつれて、人間とロボットとの対話、生活環境での行動が求められるようになってきた。ロボットが人間と自然にコミュニケーションをとるために、表情、ジェスチャなどの非言語的な手段を持たせる研究も開始されている。現在のロボットの頭脳は未熟であり、人工知能研究の大きな進展に期待が寄せられている。

2 - 3

人工知能研究の今後の課題

人工知能研究の成果は、エキスパートシステム、文字認識、音声

認識、機械翻訳、データマイニング、情報検索などで実用化されているものも多くある。また、パーソナリゼーション、分散エージェントなど人工知能研究の成果が、情報システムのソフトウェアの一部に組み込まれ、外見上は人工知能とは見えない形で利用されているものも数多くある。

しかし、実用化された手法にもその発展に限界もある。例えば、データベースに依存する統計的手法では、取得したデータと同様な状況ではその性能を発揮するが、利用状況の変化に対して頑健ではない。現在の人工知能は、人間のように多様な情報から判断する能力は持っておらず、人間の能力に近づこうと研究が継続されている。ゲームの研究で見たように、大量のデータのみで攻める機械的アプローチには限界があり、人間の戦略を取り入れた、人間に学ぶアプローチとの融合が重要である。

3. 認知科学の研究動向

前章で説明した人工知能研究では、人間に学ぶアプローチとして認知科学の知見が利用されてきている。また、数理的機械的アプローチにも性能向上の限界があり、認知科学がその限界を打破する新しいアイデアを提供するとの期待が高い。以下に認知科学の動向と“知的コンピューティング”に向けた認知科学研究の課題を述べる。

3 - 1

認知科学の歩み

認知科学は、人間の認知メカニズムを解明しようとする研究で、認知心理学とコンピュータが結びついて1970年代に始まった。心理学、情報科学、神経科学、言語学、文化人類学の研究者が集まった。認知心理学は、1950年代に心理学の中で、知的行動を心的状態

モデルから機能的に説明する研究として盛んになった研究分野である。1980年代には、脳の非侵襲計測技術が進展し、さらに1990年代には観測データの可視化技術が進み、脳活動の観測データが数多く得られるようになった。この技術を用いて、認知活動が脳内のどここの部位で行われどのような関係にあるか研究され、脳内マッピング研究が盛んになった。この研究は認知神経科学 (Cognitive Neuroscience) とも呼ばれている。これまでに、脳の可塑性、脳内部位間の双方向結合性などが判明してきている。また、人工知能研究で使われたニューラルネットワークの方法論を、脳神経回路網のシミュレーションに使用して、脳の情報処理モデルを推定しようとする研究も盛んである。

一方、1980年代後半に、認知心

理学を工学へ応用しようと認知工学 (Cognitive Engineering) が提唱された。工学的装置の設計にユーザーのニーズの視点が欠けていたため、インターフェース、コミュニケーション、インタラクションなど人とモノ (装置) の相互作用の研究が進められた。インターフェースの存在を意識せずスムーズに使用できるインターフェースの実現を目指した。

3 - 2

最近の認知科学研究の成果

認知科学の研究テーマは、図表6に示すように多岐にわたっている。中枢系は、人間の心の高度な働きのメカニズムを解明しようとする研究である。脳の活動を観測できるようになったとは言え、まだ個々の認知機能の断片的な活動

しか分かっていない。言語系では、言語の理解、言語の生成、コミュニケーションなどの研究がある。感覚系である視覚などでは、外部刺激がどのように脳内の活動につながるかを脳内活動の観察や心理学実験などから解明する研究が進んでいる。行動系では心理学実験を中心に外部に現れる行動を観測し認知行動を推定する。中枢系、感覚系での脳活動観測に比較して、行動の外部観察が比較的容易でデータも多い。

(1)視覚・聴覚・運動の相互作用

物を認識する視覚認知機能の研究では脳の視覚野の活動だけでなく、運動野も連動して活動することが観測されている。このことから、人間が物を認識する過程では、身体の記憶情報を利用していることが判明してきており、最近では、「身体化による認知」として研究が推進されている。この視覚と運動の相互作用は、現在のコンピュータにおけるパターン認識メカニズムにはない。視覚情報のみならず、聴覚情報、身体情報など複数の情報を利用したマルチモーダルな認識方法への示唆を与えている。今後更なる相互作用のメカニズムの解明が望まれる。

(2)認知特性の機器への応用

情報機器のヒューマンインターフェースの設計では、ユーザーの行動を観測してその結果を反映させてきた。また、情報機器が普及するにしたがって、誰もがアクセスできるようにするユニバーサルデザインの考え方も広がってきた。しかし、経済性が先に立ち、人間の認知特性を取り入れた設計が十分されているとは限らない。例えば、アクセスビリティを確保するため、音声ガイダンスがつけられている情報機器があるが、この音声ユーザーに対して不愉快さを与え、エラーを引き起こすこ

図表5 認知科学研究の歴史上のトピックス

1950年代後半 心理学における認知革命	1956年	短期記憶構造 (Miller)
	1956年	概念形成における認知過程 (Brunner)
	1957年	言語文法理論 (Chomsky)
	1958年	認知フィルター (Broadbent)
1970年代 認知科学の出現	1972年	問題解決理論 (Newell&Simon)
	1979年	米国認知科学学会の設立
	1980年	認知科学の12の主題 (Norman)
1980年代 非侵襲脳計測技術の発展	1983年	日本認知科学学会の設立
	1986年	心の社会 (Minsky)
	1986年	認知工学の提唱 (Norman)
1990年代 認知神経科学の進展	1995年	神経の可塑性を考慮した神経回路網モデル
	1996年	イメージ生成における神経の双方向作用
	1990年代後半	コンピュータグラフィックスによる脳活動イメージングの進展

ともある。使用状況や個別ユーザーに適応する柔軟なシステムが必要であり、認知科学者と情報機器技術者の共同研究が進展することが求められている。

また、TV会議システムは、情報機器技術者が先端技術を駆使したシステムとして作られているが、使い勝手の評価がされていない製品が多い。臨場感が乏しいと感じる原因は、通話者同士に限られた空間情報しか共有できない点にあることが認知科学研究²⁾から指摘されている。視線やジェスチャが小さな画面や1つの画面では有効に働かないためである。この知見は、TV会議のみならず、遠隔操作システムの使いやすい設計に応用できる。

一方、自動車において、安全な操作性は重要であり、人間の認知特性を考慮した設計が検討されてきた。例えば、視覚における「注意」という認知メカニズムが、認知心理実験により研究され、注意の深さと広さの相反関係や、視覚の遠近の切り替え特性が判明している³⁾。注意の深さと広さの関係は、自動車の安全運転の指針となっている。さらに、視覚特性は、近から遠の方が遠から近への切り替えより遅いことか

図表6 認知科学の研究テーマ

中枢系	思考、学習、概念、記憶
言語系	言語、コミュニケーション
感覚系	視覚、アフォーダンス (環境と認知)
行動系	行動、相互作用

ら、カーナビの使い方によっては危険性があることが指摘されている。情報機器設計においても、使用環境に応じた安全性設計が求められている。

(3)認知特性を反映させたデザイン

建築、自動車などの分野ではデザイナーが重要な役割を担っているように、情報機器でもデザイナーが必要となってきた。これは、数多くの情報機器が生活の中に入り込み多用するようになり、それを快適に使用する要求が高くなったためである。例えば、Web上に情報を配置するデザインでは、見栄えのみならず、ユーザー動作の機能性、インタラクティブ性など認知科学的知見を取り入れたデザインが必要である⁴⁾。

情報機器のデザイン過程には、ユーザーニーズの選定、デザイン仕様、使いやすさのテスト・評価が必要であり、これら全体を管理するのが情報機器デザイナーの役割である。現在の情報機器は、見

栄えはよくても使い勝手が悪かったり、個々の要素は魅力的であっても全体としてのデザインがなくちぐはぐな製品が多い。情報機器のデザイン、特にインターフェース・デザイン分野は、心理学、認知科学、人間工学、ソフトウェア工学、プロダクトデザイン、グラフィックデザインが関連する複合領域であり、これらの総合化が求められている。

3 - 3

認知科学研究の今後の課題

認知科学を“知的コンピューティング”へ応用する側面から見ると、認知科学研究で得られた知見は一部利用されて始めているが、

まだ不十分である。

行動系認知機能として、人間の行動・認知メカニズムの研究で得られた知見は、一部情報機器のヒューマンインターフェース・デザインに反映されている。しかし、その設計は、経験の積み上げに頼っており、今後は認知科学において汎用性のある成果が出て、認知特性のさらなる体系化が進むことが望まれる。その実現のためには、認知科学研究者と情報技術研究者の交流・連携・共同研究を進める中で、情報機器設計に必要な認知特性の本質を解き明かすことが必要である。

また、中枢系認知機能や感覚系認知機能のメカニズムはミクロ

的、断片的にしか分かってきていない。従来、この分野は、基礎研究として進められ、応用は積極的ではなかった。しかし、“知的コンピューティング”研究には、数理的機械的処理の限界を超える、新しいアイデアの導入が期待されている。認知科学研究には、その成果が“知的コンピューティング”研究に使えるように、応用への出口を意識した研究が望まれる。それとともに、“知的コンピューティング”研究において、認知科学研究の成果を試用し、その可能性と問題点を認知科学にフィードバックする、両分野間の交流・連携・共同研究が必要である。

4. “知的コンピューティング”研究の課題

人間の知的活動を支援する能力と人間との自然なインターフェースを持つ“知的コンピューティング”を創ろうとする研究には、認知科学の進展を人工知能研究に

反映させる必要があり、各国とも認知科学と人工知能との複合領域の研究のプロジェクトを推進させている。米国では図表7、8に示すように、NSF（国立科学財

団）と DARPA（国防高等研究計画局）が積極的にプロジェクトを進めている。NSFは基礎的研究に広く研究資金を提供し支援をしており、その研究テーマ数も多いが、共同研究や複合領域の研究を推奨している。さらに、最近では、基礎研究から応用研究までを統合する研究拠点形成にも力を入れ始めている。一方、DARPAでは、基礎的研究であってもシステム開発やデモンストレーションを求めており、成果の出口を明確にしている。個々のプロジェクトの規模は比較的大きく、プログラムマネジャーが管理し、最終成果も厳しく問われる。例えば、Cognitive Information Processing Technologyの中のあるプロジェクトでは、20の異なる組織からメンバーが集まっており地理的には分散しているが、プロジェクトリーダーの下で1つの仮想的な研究所のように運営されている。

欧州では、ECの第6フレームワーク・プログラムの中でCognitive Systemsとして取り上

図表7 NSFの認知科学・人工知能関連プロジェクトの例

時期	プロジェクト名	内容
2001年～	Cognitive Neuroscience	認知神経科学
2003年～	Collaborative Research in Computational Neuroscience	計算論的神経科学の共同研究
2003年～	Artificial Intelligence and Cognitive Science	人工知能と認知科学の複合領域研究
2003年～	Human-Computer Interaction	ヒューマン・マシン・インターフェースの研究
2003年～	Human Language and Communication	自然言語とコミュニケーションの新しい計算モデルの研究
2004年～	Science of Learning Center	機械学習、教育・心理学からの学習、生理学からの学習の研究拠点

図表8 DARPAの認知コンピューティング関連プロジェクトの例

時期	プロジェクト名	内容
2001年～	Augmented Cognition	ストレス環境下での人間の認知能力を拡大するシステムの開発
2003年～	Cognitive Information Processing Technology	人間活動を認知し支援するシステムの開発
2003年～	Real-World Reasoning	実用的な自動推論エンジンの開発
2003年～	Architectures for Cognitive Information Processing	認知コンピューティングに適したアーキテクチャの開発

げられている。また、英国、ドイツでは、技術予測のテーマとして認知科学が取り上げられ、具体的な推進計画への検討が始まっている。昨年11月に発表された英国貿易産業省科学技術局(DTI OST)による技術予測報告⁵⁾では、認知科学は興味深い芽がでつつあり、人工知能研究と協力し合うことにより、情報通信分野やライフサイエンス分野の応用へつなげる成果が期待でき、広く社会に貢献できるであろうとしている。

日本でも図表9に示すように、複合領域研究プロジェクトが実施されている。これらのプロジェクトでは多くの研究者が参加しその研究テーマ数も大きい。研究領域間の相互交流は進むが、プロジェクトが終了すると研究チームは解散してしまい、新組織形成にまで発展するものは少ない。2002年度から世界最高水準の研究教育拠点を形成することを目的に21世紀COEプログラムが実施されており、認知科学関連で図表10に示す6つのプロジェクトが選定されている。これらのプロジェクトの目的には、複合領域の研究の推進だけでなく、創造的な人材育成がある。プロジェクトによって研究

図表9 日本の競争的資金による認知科学関連プロジェクトの例

時期		プロジェクト名	内容
1997年～2003年	戦略的創造研究推進事業	「脳を創る」「脳を知る」の一部	脳型デバイス・アーキテクチャ、認知処理システム、脳の高次機能の機構の解明
1997年度～2000年度	特定領域研究	心の発達：認知的成長の機構	概念の発達、言語の発達、認知発達の障害
2001年度～2005年度	特定領域研究	ITの深化の基盤を拓く情報学研究：A03人間の情報処理の理解とその応用に関する研究	知覚と行動の動的相互作用の解明と統合システムの実現、マルチモーダルなマン・マシン・インタラクション
2002年度～2006年度	萌芽・融合開発プログラム	動的インタラクションによるコミュニケーションの創発機構の構成と解明	動作・表情の認知の神経機構、コミュニケーションモデル、神経回路の自己組織化原理

者が育成され、プロジェクト終了後研究がさらに発展し体系化され、将来的には新組織として研究チームが存続していくことが期待される。また、日本では、脳研究のプロジェクトも理化学研究所脳科学総合研究センターを中心に推進されている。この研究の中に一部、認知科学研究も含まれているが、脳を中心とした基礎的な研究である。

しかし、米国では、認知科学と人工知能の複合領域の研究から応用へつなげる成果が期待できるとして、基礎研究の推進とともにその応用への出口をも求めている。このようなプロジェクトが終了した後は、産学連携により実用化への動きが加速される。一方、日

本のプロジェクトは基礎研究の推進が中心であり、基礎研究としてよい芽が得られているが、それがなかなか大きく発展していかない。終了したプロジェクトの研究資産を次のプロジェクトへ旨く継承できるような運営が必要であろう。基礎研究でも応用への出口を意識して次に来るべき産学協同研究へ発展させる努力も必要であろう。産業界もよい芽を実用化させるため、共同研究の提案など積極的に大学に働きかけることも必要である。情報通信分野の研究速度は非常に速く、基礎研究でよい結果が得られるとすぐそれを応用へむすびつける動きが世界中で起きている。

図表10 認知科学関連21世紀COEプログラム拠点の例

COE名称	大学	学科	専攻または学問領域
言語・認知総合科学戦略研究教育拠点	東北大学	国際文化研究科、未来科学技術共同研究センター、情報科学研究科、医学系研究科、医学部附属病院、工学研究科、文学研究科	認知言語学、認知心理学、脳機能イメージング学、自然言語処理学、言語学、生成文法、音声言語情報処理学、音声学、音韻論、神経心理学、神経内科学、社会言語学、言語地理学、学習心理学、言語人類学、計算言語学
心とことば—進化認知科学的展開	東京大学	総合文化研究科、理学系研究科、人文社会系研究科、農学生命科学研究科、医学部附属病院、総合研究博物館、情報基盤センター	人間進化学、心理言語学、統合言語科学、計算言語科学、認知発達臨床科学
心の解明に向けての統合的方法論構築	慶應義塾大学	文学研究科、社会学研究科、言語文化研究所	哲学・倫理学専攻、美学美術史学専攻、史学専攻、国文学専攻、中国文学専攻、英米文学専攻、独文学専攻、仏文学専攻、図書館・情報学専攻、心理学専攻、教育学専攻、言語文化研究所
全人的人間科学プログラム(脳の学習・記憶・推論・思考のメカニズムの究明とその教育技術への応用)	玉川大学	学術研究所、工学研究科、農学研究科、文学研究科	脳科学研究施設、言語情報文化研究施設
こころを解明する感性科学の推進	筑波大学	人間総合科学研究科	システム脳科学、神経分子機能学、行動神経科学、心理学、精神機能障害学、脳型情報処理機構学、感性情報学、芸術学
生物とロボットが織りなす脳情報工学の世界	九州工業大学	生命体工学研究科	神経生理学、電気化学、心理学、人類動態学、数理科学、言語科学、デバイス、ロボティクス

5. おわりに

人間の知的活動を支援する能力と、人間との自然なインターフェースを持つ“知的コンピューティング”に向けた研究は、人工知能分野で進められてきた。その知的処理の性能は、コンピュータの処理性能が向上するとともに実現される性能を向上させ、人工知能としては見えにくい形であるが断片的に多くの情報システムに組み込まれ実用化されている。しかし、コンピュータの処理性能にのみに依存する数理的機械的アプローチでは、知的処理能力の向上には限界が見える。

一方、人間の認知機能メカニズムの解明する認知科学研究では、1990年代から脳の非侵襲観測技術の進歩により、認知機能と脳内活動とのマッピング研究が大きく進展し、認知活動における視覚・聴覚・運動などの相互作用が一部解明されてきた。思考・推論など中枢系の認知機能のメカニズムはまだ断片的にしか解明されていないが、数理的機械的アプローチの限界を乗り越える新しいアイデア提供への期待が高い。

従来、認知科学研究は、基礎研究として成果を出すのが、その応用への展開には積極的ではなかった。情報通信技術者は、認知科学の知見を利用するのみで、相互の連携は少なかった。しかし、情報通信における課題を認知科学研究へ持ち込み認知科学の立場から解明する努力により、新しい展開が拓ける。また、この研究は複合領域であり、かつ、応用への出口へ

道をつける研究でもある。そのためには、単なる複合領域研究プロジェクトでは、プロジェクト終了後成果が分散し蓄積できず、クリティカルマスに達せず、その進展スピードも遅い。認知科学と人工知能の複合領域で、ある程度の数の研究者を集め、基礎研究から応用研究までを狙った研究拠点も必要であろう。

最近米国では、認知科学と人工知能の複合領域の研究を推進させるプロジェクトを積極的に進めている。応用への出口を意識した基礎研究とそれをフォローする応用研究が積極的に進められ、そのための研究拠点計画も進められている。この分野では先頭を走っている。情報通信分野の研究速度は非常に速く、基礎研究のよい結果をすぐ応用へ結び付ける動きが起きている。

日本にも優れた基礎研究の芽はあるが、それがなかなか大きく育たず応用へも結びつきにくい状況にある。複合領域の研究もプロジェクトが終了すると研究チームは解散し、その後大きく発展して行きにくい。出てきた芽を大きく育てられるように、研究拠点を作るプログラムの検討や、大学では、研究組織のスクラップ・アンド・ビルドをも含む柔軟な運営が望まれる。また、基礎研究を応用研究に結びつける努力も少ない。基礎と応用の交流のインセンティブを増やし、応用の出口を意識した基礎研究を推進することと、また、産業界もよい芽を実用化させるため共同研究の提案

など積極的に大学に働きかけることが必要である。

謝 辞

本稿をまとめるに当たり、東京大学先端科学技術研究センター中小路久美代教授、法政大学社会学部原田悦子教授、大阪大学人間科学研究科三浦利章教授、京都大学情報学研究科松山隆司教授、乾俊郎教授、東京大学情報理工学系研究科國吉康夫助教授、産業総合技術研究所橋田浩一サイバーアシスト研究センター長、NEC インターネットシステム研究所山西健司主席研究員のご意見を参考にさせて頂きました。ここに深く感謝いたします。

参考文献

- 1) K.Yamanishi, J.Takeuchi, G.Williams, and P. Milne: "On-line Unsupervised Outliner detection using finite mixtures with discounting learning algorithms," KDD2000, ACM, (2000年8月)
- 2) 原田悦子他, "「使いやすさ」の認知科学", 共立出版, (2003年7月)
- 3) 三浦利章, "注意の限界を以下に捉えるか", 法と心理, (2001年10月)
- 4) 中小路久美代, "デザイン再考", ヒューマンインターフェース学会誌, Vol.5, No.3, (2003年8月)
- 5) Foresight Cognitive Systems Project, DTI, OST, UK (2003年11月)