

実世界情報処理とベイジアンアプローチ

Real World Computing and Bayesian Approaches

大津 展之*

産業技術総合研究所（フェロー） / 東京大学（情報理工学研究科）

Abstract: 情報技術は広く社会および個人に浸透し、革新的な変化をもたらしつつある。新しい応用の拡大、各種センサ技術の発達により、処理すべき情報は単に量の増大のみならず、質と多様性の増大を伴い、これまでの切り出された閉じた情報の世界を越えて、開かれてダイナミックに変化する情報の世界、いわば情報の「実世界化」ともいえる状況をもたらしつつある。そして、そうした情報を容易に有効に利用する技術の発展が強く望まれている。こうした社会的背景とニーズは、情報技術の根底となる枠組からの変革、新たなパラダイムを要求しつつある。これまでのように固い論理のコンピュータに人間が合わせて近づきつつ利用するのではなく、コンピュータが人間に近づき、実世界の多様な情報環境において人間と共存し協調できる、これまでよりもはるかに柔軟な情報処理技術が必要とされている。本稿では、こうした背景と問題意識を踏まえて、実世界情報処理にむけてのこれまでの筆者らの取組みと、知能情報処理の変遷、その中で明かになった柔軟な情報処理技術の有望な方法論の一つであるベイジアンアプローチの重要性について概説する。

1 はじめに

コンピュータと通信技術の驚異的な発達に支えられて、情報技術は産業活動のみならず広く社会および個人の生活様式にも浸透し、革新的な変化をもたらしつつある。21 世紀の高度情報化社会へ向けて、マルチメディア指向、そして様々な分野への新しい応用の拡大、各種センサ技術の発達により、処理すべき情報は益々増大することが見込まれる。それは単に量の増大のみではなく、情報の質と多様性の増大を伴う。これまでの切り出されて閉じた情報の世界を越えて、開かれてダイナミックに変化する情報の世界、いわば情報の「実世界化」ともいえる状況をもたらしつつある。いわゆるインフラとしての IT（情報技術）の目覚ましい発達は、多様な情報の生成と流通を飛躍的に可能としたが、そうした情報を容易に有効に利用する技術（スーパ）の発展が遅れている。

こうした社会的背景と技術的ニーズは、単に従来の情報処理技術の直線的な延長というのではなく、その根底となる枠組からの新たな変革、新たなパラダイムを要求しつつある。これまでのように、固い論理のコンピュータに人間が合わせて近づき利用するのではなく、人間が日常扱う実世界の多種多様な情報（画像・音声・自然言語など）を人間同様に柔軟に処理する能力（実世界知能）

をコンピュータに持たせることにより、コンピュータが人間に近づき、実世界の多様な情報環境において人間と親しく共存し、協調して人間の活動を支援する次世代の新しい情報処理技術の基盤構築が望まれている。実世界における柔軟な知的情報処理（実世界知能）の実現、それは各種パターン情報処理、大規模知識情報処理、マンマシンインタフェース、知能ロボットといった様々な応用分野において、今後の更なる質的展開を図る上で共通に重要な研究開発課題となっている。

こうした背景と問題意識を踏まえて、「リアルワールドコンピューティング（RWC）計画」が、第五世代コンピュータプロジェクトに続く通産省（現 経済産業省）の新情報処理プロジェクトとして、1992 年（平成 4 年）にスタートした。これは 10 年計画の大型プロジェクトであり、国内外の多くの研究者を集結し、多くの基盤的な研究成果をあげて 2001 年度を持って終了した。

本稿では、まず、知能情報処理の歴史的変遷を概観し、実世界情報処理の重要性を述べ、次に RWC 計画の概要、すなわち、その狙い、研究開発の体制、成果の概要について述べる（個別の詳細については、人工知能学会誌の特集号 [1] を参照されたい）。そしてその中でも理論的な基盤となったベイジアンアプローチの重要性と今後の展望を述べる。

* 〒 305-8568 茨城県つくば市梅園 1-1-1 つくば中央第二, tel: 0298-61-5415, e-mail: otsu.n@aist.go.jp,

2 知能情報処理の歴史的変遷

知能の工学的解明と実現を目指す「知能情報処理」のこれまでの研究の歴史は、アプローチや方法論（知能の階層レベル、定式化の抽象度）の違いによって、およそ3つの方向の研究：A. 狭義 AI の研究（主に推論などの高次知能）、B. ニューラルネットワークの研究（主に学習）、C. パターン認識の研究（主に認識）に分極化した変遷をたどっている。以下、それぞれの研究の変遷を簡単に見てみよう。

2.1 狭義 AI の研究

記号と論理を主体とした逐次手順のアプローチは、推論といった高次レベルの知能へのアプローチとして、またコンピュータ・プログラミングとの相性からも、急速に立ち上がっていった。1956年には、A. Newell 達が最初の AI プログラム「Logic Theorist」のデモを行い、その後、チェッカーゲームを行うプログラムや幾何的な定理証明を行うプログラムの作成など、野心的な試みがなされた。60年代には、機械翻訳や自然言語理解の試みもなされ、対話が出来るプログラム ELIZA が作られ（1965）、精神科医を真似たバージョンは人気を集めた。しかし、1966年には機械翻訳に対する否定的なピアス勧告が出て、1969年には人工知能最大の難問である「フレーム問題」が指摘され（J. McCarthy, P. Hayes）、また1972年には、NP 完全性の概念が考案され、巡回セールスマン問題の様な計算問題の多くが組み合わせ爆発で解答不能であることが明らかになった。そして、これらを契機に、狭義 AI（人工知能）の研究は「古き良き時代」を終焉していった。

フレーム問題とは（記号と論理で表される）有限の情報処理能力しかない AI には限界があって、全ての場合を処理することは出来ない、言い換えれば、想定世界（枠）を越えて多様な状況が存在し、全ての場合を予め想定して有限の手順としてプログラム出来ないことを言っている。しかし、応用領域を限定し適切に問題設定し、必要な知識データベースと推論機構を持てれば、AI の手法は実際的な手法として有効に応用できるとの考えから、70年代には応用 AI としての各種「エキスパートシステム」（MYCIN や DENDRAL）がスタンフォード大学の E. Feigenbaum のグループを中心に試みられ、ある程度の成功を収めた。「知識工学」とも呼ばれた時代である。これらの知識ベース AI の成果は、研究から実応用と言うこともあって、80年代にかけての、特に日本での、いわゆる人工知能ブームを引き起こしたが、80年代は、米欧で特に大きな研究上の成果は見られない。むしろ冬の時代を迎えた。ただ日本では、1982年

に、通産省（現、経済産業省）の10年プロジェクトである「第五世代コンピュータ・プロジェクト」がスタートして、内外の大きな注目を浴びることになった。このプロジェクトは、AI 言語である Prolog を基礎にして、新しいアーキテクチャの並列推論マシンを開発し、法律推論や自然言語処理などの応用を通して AI 応用の底上げを狙ったものであった。AI 実用化の機運を促すが、残念ながら、あまり実用化されなかった。論理プログラミング分野の研究者や技術者を育てた功績は大きい。

知識ベース AI では、その知識をエキスパート（専門家）に聞くとされるが、多くの実問題への応用では専門家も明示的なプロダクション・ルール（If A, then B）の形で答えられないことがしばしばであり、いわゆる知識獲得のボトルネックが問題となっていた。このことが、応用 AI が下火になっていった原因の一つである。

2.2 ニューラルネットワークの研究

閾値論理素子としてのニューロン・モデルの提案（1943, W. McCulloch, W. Pitts）とシナプス学習則の提案（1949, D. Hebb）は、工学者の興味を引くこととなり、学習や認識へのボトムアップなアプローチとしてのニューラルネットワークの研究が始った。実際、Minsky 達は40個のニューロンシミュレータ（SNARC）を製作している（1951）。さらに、認識学習機械としての Perceptron の提案（1957, F. Rosenblatt）は、その方向を加速した（第一次ブーム）。しかしながら、非線形ネットワークの学習過程は解析も困難であり、その後の研究はその理論的な解析に費やされた。1960年には、B. Widrow と M. Hoff は最小2乗線形判別関数の学習の視点から、ニューラルネットの学習則を拡張、さらに甘利は、確率的緩和法の視点から、ニューラルネットの学習を一般的な場合に拡張した（1967）。また、1968年に M. Minsky と S. Papert は Perceptrons を出版し、論理命題計算としてのニューラルネットの可能性と限界を明らかにしたが、これがその後の研究に水を差すことにもなって、ニューラルネットの研究は下火になった。

80年代に入ると、物理学者や認知科学者の参入によって再びニューラルネットワークの研究が活発となった。ボルツマン・マシンの提案（1984, G. Hinton）、組合せ最適化問題への応用（1985, J. Hopfield）、そして階層型ニューラルネットの誤差逆伝播学習アルゴリズムの開発（1986, D. Rumelhart 達）を契機に、再びニューロブームが起きた。これは、限界を見せていた記号論理的な知能へのアプローチ（狭義 AI）に対するアンチテーゼとして、コネクショニズムや PDP（Parallel Distributed Processing）の標語のもと、認知科学としても大いに盛

り上がりを見せた。多くのパターン認識や学習、制御への応用が行なわれ成果を上げたが、上位の記号レベルへの統合は難しく、ブームは徐々に下火となって行った。

しかし、信念ネットワークの定式化 (1988, J. Pearl) を契機に、90 年代に入ると、理論的な研究としては、ベイジアンネットワークなど、確率統計的なパラダイムへと統合されて行った。

2.3 パターン認識の研究

「認識と理解」の原型としてのパターン認識の研究においては、確率・統計はその初期の理論において重要な役割を担ったが、それは誤り最小識別 (ベイズ識別) のための理論としての統計的決定理論の応用としてであった (1957, C. Chow)。従って本来、論理の問題意識は少ない。その後、パターン認識の研究は、文字、画像、音声などメディアごとに個別専門化して、実地的な手法、特に特徴抽出の技法と実験的な評価が中心となり、パターン認識全体としての理論的枠組の意識は希薄となっていく。近年、知識の利用など、人工知能の手法との結合も試みられたが、なかなかしっくりとは行かないでいる。

日本では、1971 年に通産省 (現、経済産業省) の 10 年プロジェクトとして「パターン情報処理システム」の研究開発が行なわれ、その成果は郵便番号読み取り装置やプリント基板の黙視検査の自動化など、実用化に繋がっていて、パターン認識分野の日本の優位性に寄与している。

理論的な研究としては、1966 年に、Widrow-Hoff の学習則と Fisher の線形判別関数との関係やベイズ識別との関係が明らかにされた。さらに大津は、Fisher の線形判別関数および最小 2 乗線形判別関数を一般の非線形の場合に拡張し (1972, 1982)、統計的特徴抽出とベイズ推定との密接な関係を示した [2]。後者は、階層型ニューラルネットが誤差逆伝播学習で収束近似する先がベイズの事後確率であることをいち早く示している。

3 実世界情報処理へ

3.1 パラダイムシフト

以上、人工知能に関連する知能情報処理研究の変遷を概観したが、80 年代を境に、それまでの記号と論理を主体としたトップダウンな狭義の AI 研究から、生体に学びパターン情報や学習を主体としたボトムアップな知能へのアプローチへと大きくパラダイムをシフトしたことがわかる。それは、言わば、想定世界から「実世界」へのパラダイムシフトである。思考の形式化としての狭

義 AI の研究は、問題解決での演繹的論理の側面と知識表現の一部に成功をおさめたものの、その下部を支える曖昧な帰納的側面 (いわばパターン認識の問題) の形式化に方法論としての限界を示したとも言える。実際、コンピュータの知能 (実は人間の知能をプログラムの形で仕組んだもの) と異なり、人間や他の生物は、多様な実世界において適応的に働く極めて柔軟な知能を発達させた。脳はそのような「実世界知能」を、パターン情報を介した実世界とのインタラクションにより獲得している。そしてパターン認識をベースに、記号的な高次の知識や知能が発現する。また、脳は情報を並列・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重みを自ら変える学習・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。80 年代以降の人工知能関連の研究は、こうした実際の知能の持つ実世界性に視点を移すものであり、

標語的には、

- 固い枠組から柔軟な枠組へ
- 定型 (Well-defined) から不定形 (Ill-defined) へ
- 単純 (Toy world) から複雑 (Real world) へ
- 個別から統合 (総合) へ
- 実世界性: 曖昧性、開放性、頑健性への対処

と言えよう。そして人工知能のパラダイムシフトは、以下に示すように、語呂合わせではないが、アルファベット順の弁証法的発展を遂げているとも言える。

- Artificial Intelligence (狭義 AI) [’70-] 記号と論理に基づき、高次知能の実現を目指した研究 < 演繹主体のトップダウンなアプローチの限界 >
- Biological Intelligence [’80-] ニューロコンピューティングなど生体に学ぶアプローチ < パターン情報、帰納的側面 (学習・自己組織化) の重視 >
- Cognitive / Computational Intelligence [’90-] 柔軟な知能の実現 (実世界知能) < ベイズ推定など、計算原理の究明と方式の実装 >

3.2 アプローチと手法

手法としては、ニューラルネットワークの研究を始め、進化アルゴリズム (GA)、隠れマルコフモデル (HMM) やベイジアンネットワークなどの各種の確率統計的手法が開発されて、新しい方法として様々な場面で応用されて来ている。また、ファジィ推論も、柔軟で実際的なルールベース手法として応用されていて、近年は上記の

手法を包含し「Soft Computing」として提唱されている。筆者もパターン認識の再認識の立場から、ベイズ推定を基礎とする「柔らかな論理」や「柔らかな情報処理」を提唱してきたが [2], 90 年代になって、知能の背後の計算原理としてのベイズ推定の枠組がだんだんと認識され、柔軟で知的なシステムの新しい手法として様々に用いられるようになってきている。

実世界知能の実現のためには、曖昧さや不確かさを伴う多様な実世界の情報を統合し、総合的な判断に利用する「情報統合」機能と、実世界のもつ開放性に対処すべく自らのシステムの開放性としての「学習・自己組織化」機能が基本的な機能として重要である。そして、システムの適応性や自律性のためには、それらの機能が陽な形で、処理や統合の在り方それ自体を対象とするメタレベルの処理としての「評価と最適化」のフィードバックループの枠組の中に組み込まれ、認識や推論と言った機能と一体化して扱われる枠組が重要である。そのための方式としても、また不完全さや不確かさを伴う実世界情報への対処としても、確率統計的な定式化と手法の強化が望まれる。

4 RWC プロジェクト

これらを背景に、第五世代コンピュータプロジェクトの後の新しい情報処理の 10 年プロジェクトとして、1992 年に「リアルワールド・コンピューティング (RWC) 計画」がスタートした。中間見直しを経て、後期 5 年は、「並列分散コンピューティング (PDC) 技術分野」と「実世界知能 (RWI) 技術分野」の 2 つの分野に研究資源を集約し、前者については技術組合 RWCP「つくば研究センタ (TRC)」, 後者については電総研 (現、産総研)「実世界知能研究センター (RWIC)」が主導する形で、より具体的な研究開発の目標に向かってプロジェクトを推進することとなった。

4.1 目標

実世界知能分野の研究開発の目標は、実世界での柔軟な知的情報処理「実世界知能」の基盤技術の確立を目指すとともに、具体的なプロトタイプシステムにおいて、その可能性を示すことである。すなわち、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を開発し、情報処理の応用分野の質的な拡大を図ることである。

従来の情報処理技術は、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

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り、アルゴリズム自体が不明であることも多い。従来の記号と論理を主体としたトップダウンないわゆる「人工知能」のアプローチでは、実世界の多様な情報環境において破綻なく実働する知的システムの構築は難しい。従って、実世界の様々な問題に対処し、情報処理技術の適用や応用範囲の拡大を図るためには、実世界で支配的な多様なパターン情報を主体に据えて、情報統合機能と学習・自己組織化機能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り、これらの機能を柱として、ボトムアップに人間に近い柔軟な知能の工学的実現を図り、応用の地平を拓くことが重要である。

4.2 研究開発の体制

実世界知能分野では、情報統合と学習・自己組織化の機能を共通の柱として、理論基盤の研究と実際の応用場面に即した研究開発とが密に連携する体制が重要である。そこで、実世界知能の応用場面を大きく情報、対話、行動の 3 つ、すなわち知的システムがインタラクションする世界を情報世界、人間 (ユーザ)、さらに実環境の 3 つの領域に分けて、それぞれ自己組織化情報ベース機能領域、マルチモーダル機能領域、自律学習機能領域を設定した。そして、それぞれ具体的なプロトタイプシステムに即して研究開発を進め、実世界知能の本質的な問題の解決と機能実証を行うことにした。さらに、これらの研究開発をハードウェアおよびソフトウェアの両側面から支援し、加速、評価するために、進化チップや光チップといった実時間・適応処理が可能な新しい適応デバイスの開発や、各種の実世界情報データベース、ベンチマーク、ソフトウェアライブラリといった知的資源の整備も重要であり、図に示すような研究開発体制となっている (図 1)。

4.3 成果の概要

このような体制のもと、産官学一体となって研究開発が進められ、多くの顕著な成果が得られた。実環境での対話音声の認識や、それを視覚と統合した、次世代ヒューマン・コンピュータ・インタフェースとしてのマルチモーダル対話システム、さらにそれらをセンサ情報と統合した対話学習型の移動ロボット、また膨大な言語情報ベースの自己組織化やインターモーダルな検索、光を含む適応・進化ハードウェアデバイスの開発と応用など、多くの成果を得て 2001 年度に終了した。詳細は他

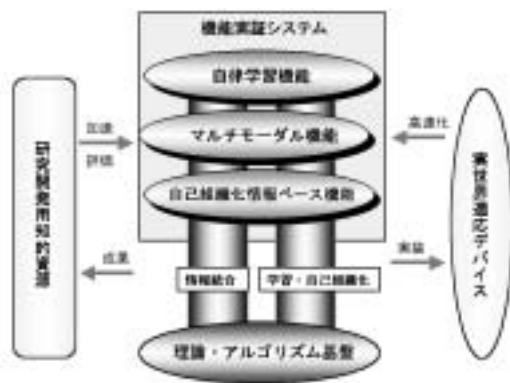


図 1: 実世界知能技術分野の研究開発体制

誌の特集 [1] を参照されたい。

4.4 アプローチと方法論

実世界知能の基本的な機能は、情報統合と学習・自己組織化である。すなわち、

情報統合： 実世界における曖昧さ・不確かさを含む画像や音声などのパターン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機能。

学習・自己組織化： 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、発達、進化させる機能。

情報統合と学習・自己組織化については、これまでも個別的な研究はなされてきたが、実世界知能の基礎としての新規性と課題は、これらの機能の一体的で総合的な実現にある。認識や推論と言った機能と一体化して扱う必要がある。

4.4.1 情報統合

情報統合には、垂直と水平の 2 つの側面がある。垂直的な「パターンと記号の（情報）統合」は、昔からパターン情報処理と人工知能研究との間のギャップに位置する重要な課題であり、これまでいろいろと議論されてきた難しい課題ある。安易な妥協に基づくこれらの統合アルゴリズムは、これまでの研究でもあまり実りある成果となっていない。一方、水平的な情報統合としては、「マルチメディア情報の統合」がある。これまでメディア毎に個別に研究が行なわれてきた画像や音声などの認識・理解の問題を、より高次の総合的理解や判断のために、また対話における意図の理解や表現のモードとして統合する必要がある。ただしこれも、突き詰めるとメディア表現の背後の意味の問題に至る本質的な課題を含んでいて、安易な（従来の手続き的な）技法や、単に曖

昧性解消のための異なるメディア情報の相補的な利用では済まない問題である。これらの情報統合は、実世界の認識と総合的な判断に係わる問題であり、パターン認識の理論的枠組からのより深い考察が必要であり、情報表現、とりわけパターンと記号の中間表現（しかも普遍的な表現）としての特徴表現が重要と思われる。そして、これらの表現を（表現の間を）より自由に統合（連合・連想）する枠組に関する、理論的かつ計算論的な原理の究明とモデル化を含めた深い研究が必要である。

4.4.2 学習・自己組織化

情報統合が主に「曖昧性」への対処とすれば、学習・自己組織化は主に「開放性」への対処として重要なもう 1 つの基本機能であり、これも合わせて研究することが重要である。むしろ開放性への対処こそが、生体における生きた情報処理の根源的な柔らかさとも言え、実世界知能の中心をなすべき新機能とも言える。実は、この観点が無くしては、真の情報統合や機能統合の在り方も議論できないと思われる。情報統合を含め、生体の持つ柔軟な情報処理や知能は、進化の過程において、実世界のもつ開放性に対処すべく自らのシステムの開放性として、学習と自己組織機能によって獲得されたものだと考えられるからである。

4.4.3 統一的枠組

このように、情報統合や機能統合の機能は、学習・自己組織化の機能と密接に関係していて、それらはボトムアップに与えられると言うよりも、より上位の「評価と最適化」の枠組からの帰結としてトップダウンに導かれるべきものに思われる。従って、実世界知能の理論と新機能の研究開発においては、処理や統合の在り方それ自体を対象とするメタレベルの処理としての「評価と最適化」の枠組の研究が重要である。

そのための方式として、また不完全さや不確かさを伴う実世界情報への対処としても、確率統計的な定式化と手法の強化が望まれる。さらに言えば、情報表現の統合と表現間の対応関係の学習を含めて、確率的推論としてのベイズ推定や、リスクや効用の評価を加えた最適化としてのベイズ決定理論の枠組が重要であり、このベジアンアプローチこそが、実世界知能の研究開発の真のポイントであり求心力となるものである。それなくしては、従来の個別手法の延長や個別のヒューリスティックなアルゴリズムにバラけて、新しい情報処理の基盤体系と成りにくく、「柔軟かな情報処理」の真の柔らかさや機能の新規性も出てこないと思われる。

5 ベイジアンアプローチの展望

従来の情報処理方式は、チューリングやフォン・ノイマン以来のコンピュータの論理、すなわち手続型逐次処理に基づいている。完全な入力情報は、アルゴリズム（プログラム）に従って出力情報に処理・変換される。これは固い枠組での直接方式であり、良設定問題を効率良く処理するのに向いている。しかし、この方式は柔軟性を欠き、実世界問題を取り扱う場合にはしばしば破綻する。

対照的に、多層ニューラルワークや多変量解析手法は、処理方式にパラメータを含み、評価によってこれらを最適化するフィードバックループを持つ。これにより、例から適応的に最適な処理を学習することができる。これらは前方向適応化方式と言える。一方、モデルフィッティングや正則化理論は後方向適応化方式と見なせる。つまり、理想出力情報をパラメータ化されたモデルとして表し、そのモデルと入力情報との違いを評価しモデルを更新することによって、最適な処理を陰に達成する。

実世界知能の実現のための理論的な手法としては、これらの適応・学習方式を考慮に入れる必要がある。要は、評価の仕組みと最適化のフィードバックループであり、システムの適応性や自律性のためには、これらを陽にシステムに組み込む必要がある。

また、実世界のパターン情報を扱う以上、パターン認識の再認識が必要である。パターン認識は知能の基礎として重要であり、学習や推論の基礎でもある。パターン認識は知能の先端に位置し、実世界と接してパターンと記号の世界を繋ぐ役割を持つ。論理の視点からも、パターン認識は帰納的側面としての学習過程と、演繹的側面としての識別過程を備えている。また、本来、総合判定としての並列的な処理を特徴としている。

こうしたパターン認識やニューラルコンピューティング、正則化理論、そして確率的推論などの柔軟な知的情報処理の背後には、実は、ベイズ推定の枠組がある（図2）。多変量解析手法はその最も簡単な場合の線形近似であり、ある種の非線形モデルで近似したのがニューラルネットワークであり、究極の非線形の場合がベイズ推定である。

このように、実世界の不確かな情報を扱う意味でも、情報統合と学習・自己組織化機能を一体化して扱う実世界知能の理論的な枠組や方法としては、多様な事象間の共起頻度や相関、ベイジアンネットをはじめとするベイジアンアプローチが重要であり、これによって包括的な表現、モデル化を行った後で、問題に即した事前知識や情報構造によって、それを簡略化した具体的な手法を考えることが重要である。

RWC プロジェクトを終えた今、そのための各手法や



図 2: Bayesian Framework

個々の問題の性質がかなり掘り下げられ、明らかになった。それらの成果も踏まえて、また、統計力学や情報理論とも相まって、今新たに統一的・体系的な枠組としてのベイジアンアプローチを洗練させ、包括的な展開を図ることが、次のブレークスルーに向けて必要な段階であろう。情報インフラの発達により、高速なコンピュータで大量のデータを容易に利用し処理できる環境となつて、ベイジアンアプローチは今後ますます有望な手法として、多岐の実世界情報処理に応用されると思われる。

6 おわりに

以上、知能情報処理の歴史的な変遷を概観し、RWCプロジェクトにおける実世界知能の研究開発の概要を述べ、そこで明らかになったベイジアンアプローチの重要性と展望について述べた。

昨今、IT（情報技術）の重要性が叫ばれている。その指す所は、インターネットに代表される、ネットワーク・コンピュータ/コンピューティングなど、いわゆるインフラとしての狭義の情報処理・通信の技術である。サイバーバブルも沈静化しつつある現在、そうしたインフラの上で実際にどのような知的情報処理の実応用を展開していくかが重要となってきた。いわば、インフラから「スープラ」への移行である。

実応用の基盤技術として、人間の持つ柔軟な知能の工学的実現とその柔軟な情報処理を実現する一つの有力な手段としてのベイジアンアプローチは、今後ますます重要性を増すものと思われる。その意味で、本セミナーのような研究活動に期待したい。

参考文献

- [1] 大津展之 他: 特集「RWC-実世界知能」, 人工知能学会誌, vol.17, No.2 (2002).
- [2] 大津展之: 認識と理解のための柔らかな論理, 電子情報通信学会誌, Vol. 71, No. 11, pp. 1231-1240 (1988).