

情報工学研究連絡委員会報告

「知識工学の体系化に向けて」

……中間報告……

Towards Systematization of Knowledge Engineering

……An Interim Report……

平成7年3月27日  
日本学術会議  
情報工学研究連絡委員会

本報告書は、第16期日本学術会議情報工学研究連絡委員会の審議結果を取りまとめて発表するものである。

委員長 萩原 宏（日本学術会議第5部会員、龍谷大学理工学部教授）  
幹事 大須賀 節雄（東京大学先端科学技術研究センター教授）  
堂下修司（京都大学工学部教授）  
委員 戸田 巍（日本学術会議第5部会員、富士通株常務取締役）  
土居範久（日本学術会議第4部会員、慶應義塾大学理工学部教授）  
稻垣康善（名古屋大学工学部教授）  
牛島和夫（九州大学工学部教授）  
柴山潔（京都工芸繊維大学工芸学部教授）  
志村正道（東京工业大学工学部教授）  
寺田浩詔（大阪大学工学部教授）  
渕 一博（東京大学工学部教授）  
細谷僚一（日本電信電話(株)ソフトウェア研究所長）

## 1 まえがき

日本学術会議・情報工学研究連絡委員会は、第14期（1988年7月～1991年6月）の活動として情報工学の体系化を主要な課題として取り上げた〔1〕。本報告は、それに次いで第15期（1991年7月～1994年6月）にスタートした知識工学の体系化に関する中間報告である〔2〕。

### 1・1 コンピュータサイエンスからインフォメーションシステムへ

第14期の体系化において情報工学は、「人間の心理や生理など生命科学の諸分野のみならず、人間の感性、知性、思想等に関連するところが多く、広く経済、政治、文化など社会科学や人文科学の諸分野をも基盤としてしている---」という認識に立ってはいるものの、直接的にはコンピュータのハードウェア、ソフトウェアおよびその応用に関する学問、即ちコンピュータサイエンスとして議論が展開されている。

近年になって、情報に関する見方は大きく変化し始めた。情報は本来人間活動のあらゆる側面に付随し、コンピュータの出現以前にも、意識的あるいは無意識的に人は情報を利用してきた。直接目に見え、肌で感じられる物質やエネルギーといった概念と異なり、情報は直接五感で感じにくいことと、情報の広がりがあまりに大きく、全貌を捉えにくいくなどの理由で、情報の明確な概念化が遅れた。しかしこれを促進させたのがコンピュータの出現であった。情報の明確な意識なしには、コンピュータは利用できないからである。コンピュータはこのように新しい概念の確立という意味で重要な貢献を果たしたが、一方では、科学技術の対象としての情報の範囲をコンピュータ周辺に限定するという結果をもたらした。即ち情報工学として技術的対象とされる情報と、社会内に流通し、今や人々もそれを意識していながら用いている一般情報が区別され、学校における教育も主としてコンピュータ教育に偏するという結果になった。本来、このような状態は不自然なものであるが、コンピュータソフトウェアの技術レベルが十分に高くないため、やむを得ないものとして今日まで続いてきたばかりでなく、その範囲が学問領域として固定化してきた。

しかし、情報工学の体系化を論じる立場からは、前回の報告書も指摘しているようにこの範囲を拡大し、生命科学、社会科学、人文科学などにまたがる本来の情報の体系、いわゆるインフォメーションシステムに近づけることは避けて通れないものとなってきており。なぜなら学問分野は、相互に関連の強い諸概念をすべて内包することによって一つの「緩く閉じた系」を形成すべきであり、重要な概念を欠いた領域は体系化を困難にするからである。ここで緩く閉じた系とは、その内部にある諸概念間の関係が外部の概念との関係より強く、その全体が他の専門分野から見て識別しやすい範囲、といった意味合いである。このような系は関連概念のすべてを含むことによって、（重要な概念を欠いた構造よりも）概念の全体構造が単純になるという意味で、体系化しやすい領域といつても

よい。今日、このような議論が強くなってきたのは、情報そのものに関する知見が充実してきたこと、それに基づいて新しいソフトウェア技術も確実に成長したことなどによる。

### 1・2 インフォメーションシステムの基本概念—知識

情報に関する新しい知見が得られてきたとはいえるが、現状では情報の全体系を見通すことは未だ十分とは言えない。一つ言えることは、コンピュータハードウエアに直接関連付けられてきた（それによって拘束されてきた）従来の情報の世界（範囲）を越えて新しい情報の世界が出来上がりつつある、ということである。この広がりは従来の情報工学の範囲を内包すると同時に、新しく開拓された部分を含むより大きな領域を形成することによって、上述の緩く閉じた系に近づいている。将来、考察対象とする情報範囲は一層広がるかもしれないし、それに対応して体系化のためのさらに新らしい方針が必要になるかもしれないが、今日、得られている知見に基づいて新しい情報世界を定義し、体系化しておくことは、その領域内の情報現象とそれを扱う情報技術を確定し、それをさらに発展させる上でも重要なことである。

広域にわたる情報技術を体系化するには、基本的な概念を中心に置き、それとの関連で他の概念を位置付けてゆくのが最も分かりやすい方法である。この基本概念を知識とすることには、今日多くの研究者、技術者の同意が得られるであろう。知識は、もとより知能の振る舞いの基本であるが、特に記号的あるいは非記号的に表現された知識を処理する知識工学は、従来の情報技術とは一線を画すものとして発展し、既に実用的な意味での効果も挙げ始めている。当面、この技術を完成させ、確実なものとして定着させるためにも、この技術を、従来技術を内包する形で体系化しておくことは重要な課題である。これによって研究あるいは技術の対象とする情報分野がより自然で本来的な情報の世界に近づき、さらには教育におけるカリキュラムがより体系的な根拠の下に作成できよう。

### 1・3 作業グループの設置

本報告書は、前記情報工学の体系化に続き、日本学術会議・情報工学研究連絡委員会が第15期の主要な活動の一環として取り上げた、「知識処理工学の体系化とカリキュラム作成」の検討に基づくものである。この検討は1993年7月、福村晃夫（中京大学）を委員長とする知識処理工学小委員会に付託され、志村正道（東京工業大学）と大須賀節雄（東京大学）が主としてその計画に関わった。この目的は、近年急速に発展した当該分野について、カリキュラム編成の指針というべきものがなく、教育・研究上支障の生じることが懸念されるため、適切なカリキュラム案を検討することにあった。当初は1年間の作業予定で知識処理関連のカリキュラム作成が目的とされたが、上述したように、カリキュラムが前提とすべき分野の体系化自体がなされていないため、まずそこから着手することが必要と判断された。

本来、体系化はその学問分野を整備するという意味合いを含むため、困難を伴う作業である。そこで、体系化のための作業グループの構成から開始し、その委員長を、岡田直之（九州工業大学）が務めた。幸い、この分野で今日最も活発に研究活動を行っている第一線のメンバーに委員を依頼することができたが、当初予定は2年に延長せざるを得なかった。従って、第15期の活動期間中には終了せず、中間報告が作成された。本報告はこの中間報告に基づくものである。この活動は第16期の活動に引き継がれ、最終報告は第2年次終了後に行われる予定である。

本作業グループでは、まず体系化の指針とすべき全体構想について議論し、次いで、技術要素毎に上位一下位の関係ならびに技術要素間の内容的関連を挙げることによって、まず知識処理技術全体をカバーする構造を作ることを目指した。またこれに基づいて、基本的なカリキュラムの考え方と例を挙げることとした。この考え方は、各大学の学部、研究科等が基本的にはまずこのカリキュラム案に沿って、以後はそれぞれの実情に合わせて実際のカリキュラムを作成する上で便宜を図る、というものである。

知識処理に関する本格的な体系化は初めての試みといってよいが、それだけにこの成果も、試案として考えられるべきものである。今後、さまざまな意見を聴取し、これをより良いものに育ててゆくことが重要であり、この報告書が今後そのような検討を進めるための一石となることを心より期待するものである。

なお本報告書の作成に努力した作業グループの委員の方々の氏名を別に付し、その御努力に感謝する。

## 2 知識工学の枠組み

「知識工学」について考察した上で、トップダウンで三つの枠組みを提案しよう。

### 2・1 体系化の方針

知識工学の体系を議論するにあたってまず取り組まねばならない課題は、「知識工学」のカバーする範囲を具体的に示すことである。そこで人間の知能の振る舞いを参照して、その視点から知識工学のカバーする範囲を明かにしよう。

#### 知識工学とは

図1に知能の図式化を試みている[3]。人は、現実世界と関わりながら知的に振る舞う。与えられた入力、例えば情景や言葉は、まず「認識」されその内容が理解される。次に入力に対応するため、プランニングなどの「思考」が行われる。そして反応として行動や発話などの「表出」が行われる。これらと対比して重要な心理活動に「情緒」がある。情緒は、時として客観的な知的判断をまどわすもの、などの理由で、知能を追求する立場からは主要な対象でなかった。しかし知的処理が高度なものになるにつれ、相補的な関係にある情緒処理も重要な課題になっている。

知的処理や情緒処理をデータの面から支援するものとして、「記憶」がある。記憶は学

習と密接に結びついており、ここでは両者を一体のものとみなす。

「言語」には、知能の振る舞い、即ち内的な心理活動を記述する機能がある。記述するためにはまず心の中を観察することが必要である。また記述する過程では観察した内容を一列に整理しなければならない。そして記述した結果、通信や記録が可能になる。このように言語は、知能の振る舞いの中でも、特に抽象度の高い部分で重要な役割を果たす。

以上、人間の知能の振る舞いを6つの成分（構成要素）でとらえた。本作業グループでは、これらの成分に直接あるいは間接に関連する工学分野を「知識工学」の対象と考えよう。

### 三つのアプローチ

体系化へのアプローチにはいくつか有り得るが、とりわけ次の三つは重要と考える。

#### (1) 知識工学の成り立ち

知能の振る舞いやデータに関する項目を洗い出し、それらを構成する要素に分解する。学問体系を考えるときの標準的な手法で、カリキュラムを作るときに整合が取り易い。

#### (2) 知識工学による問題解決

知識処理システムの構築を目指して構成要素を配列する。専門技術者がシステムを構築したり、専門ではないが関連する技術者が知識処理を導入したりするさい、指針になる。

#### (3) 知識工学の展開

知識工学の構成要素のある線に沿って展開し、変する側面を把握する。知識が生成、加工、利用される過程を分析したり、あるいは現在の技術に基づいて新しい知識処理／データに関する課題を発見したりするのに役立つ。

## 2・2 知識工学の成り立ち

図1に基づいて、知識工学がどのような構成要素から成るかを考察しよう。

### 1) 知識工学の成分

#### 1・1) 認識

この成分に関係の深い具体的な研究項目を挙げると、例えば以下のようなものがある。

センサー処理、画像処理、パターン理解、音声理解など

#### 1・2) 思考

プランニング、発見アルゴリズム、創造性支援など

#### 1・3) 表出

音声発話、知能ロボット、知的CG、表情処理など

#### 1・4) 情緒

意図把握、感情生起、価値評価など

#### 1・5) 記憶

エピソードデータ、常識データ、概念分析、記憶構造、学習機械など

#### 1・6) 言語

理解、生成、辞書、文法など

#### 2) 知識工学の要素

上記6つの成分は、知能全体から眺めると構成要素であるが、いずれの成分も、さらに詳細な要素技術でとらえることができる。これはちょうど化学において、「物質の性質を損なわない」で構造をとらえるときは分子を要素と見るが、さらに細かい構造をとらえるときは原子を要素と見るのに対比される。

要素技術をとらえる視点として、理論とインプリメンテーションの二つを考える必要がある。

#### 2・1) 理論

##### 2・1・1) 推論

推論、探索、検索、パターン照合など

##### 2・1・2) 知識ベース

概念、常識、知識獲得、大規模KBなど

##### 2・1・3) 表現

知識表現、モデリングなど

#### 2・2) インプリメンテーション

##### 2・2・1) AIソフトウェア

AI言語、分散・並列処理など

##### 2・2・2) AIアーキテクチャ

各種マシン、分散共用メモリなど

#### 2・3) その他

従来から人文、社会系や生物系で認知科学、言語科学、社会科学、生命科学など人間の知能や社会的営み、あるいは生理機構の解明がなされてきた。それらの理論や手法が大いに参考とされよう。

#### 3) 情報工学としての基礎

知識工学は、歴史的に眺めた場合、情報工学から派生した一部門である。そこで上記の要素に対し、情報工学の立場から基礎を与えるものを考えよう。情報工学の体系化については、まえがきで述べたように既に学術会議から報告がなされている[1]。詳細はそちらに委ねるとして、知識工学の立場からは、以下の項目が大切である。

#### 3・1) 理論

アルゴリズム、データベース、モデリング

#### 3・2) インプリメンテーション

ソフトウェア、アーキテクチャ

#### 4) 工学としての基礎

さらなる基礎分野として、論理学や計算論など情報数理と数学や物理など工学基礎とに注目する。

### 5) 知識工学の応用

上記1)～4)の階層からすると、本来は0)のレベルに位置する。具体的な研究項目としては、以下のようなものがある。

機械翻訳、エキスパートシステム、知的CAI、ヒューマンインターフェイス、自然言語インターフェイス、マルチメディアなど

以上により、知識工学の成り立ちとして図2の枠組みを得る。

## 2・3 知識工学による問題解決

人工知能では、問題解決という考え方が一つの重要な柱である。本節では、システム構築の視点からこの考え方沿って構成要素をとらえよう[4]。

### 1) ヒューマンインターフェイス

利用者は、人にやさしいマルチメディア／モードによって、システムと対話し、問題を提示する。

#### 1・1) マルチメディア

テキストや対話といった自然言語、情景、図、表などの画像、発話や擬態音といった音声・音響は、人にとって親しみ易い。

#### 1・2) 処理機能

対話には次の機能が求められよう。

説明、指示、依頼、質問、回答、示唆、表示など

#### 1・3) 知識ベース

常識概念、ルールベース、メディア固有知識など

### 2) 問題記述

提示された問題を記述し、要求仕様書を作成する。

#### 2・1) 領域

例えば、次のような領域が対象となり得よう。

設計、計画、創作、診断、予測、制御、管理など

#### 2・2) 表現変換

利用者の立場で記述された問題を、システム固有の表現形式に変換する。

#### 2・3) 知識ベース

領域固有の語彙(プリミティブ)と表層構造の規則

### 3) 分析と合成

#### 3・1) 問題分割

まず、与えられた問題をいくつかの部分的な問題に分割する。例えば飛行機の設計の場合、まず機体とエンジンに、さらに機体は胴体と翼に、というように細かく分割して

いく。

特徴抽出、取捨選択、比較、分類など

### 3・2) 分析

次に、部分問題毎に分析を行う。要求仕様に応じて、蓄積された経験に基づく基本パターンの適用、未経験な手法の新規採用、あるいはそれらの組み合わせなど、分析の仕方が異なる。

推論、探索、検索、パターン照合など

### 3・3) モデル構築

部分問題毎に個別モデルを作成し、最後に全体モデルを合成する。

配列、関係付け、整合、評価など

これら三つを縦断的に支配するものとして、手法の選択がある。

### 3・4) 処理手法

数学：解析的、代数的、確率統計的など

物理：デジタル／アナログ、直列／並列、集中／分散など

### 3・5) 知識ベース

領域固有の語彙（プリミティブ）概念、深層構造の規則や関係概念、多数の事例データなど

4) インプリメンテーション

5) 実行

以上により、知識工学による問題解決として図3の枠組みを得る。

## 2・4 知識工学の展開

知識工学は、現在も大きく進歩、発展している。ここでは、人間によって知識が生成され、かつ受理されるという「知識のライフサイクル」と、情報を中心におき6本の軸による放射上の展開とを考え、変化の側面から体系化を試みる。

### 2・4・1 知識のライフサイクル

これまでの人工知能研究は基礎と応用に2分割され、例えば知識表現は基礎、エキスパートシステムは応用という解釈が一般に受け入れられてきた。しかしこの解釈では、従来の情報工学の発展形としての側面を捉えることはできても、知識工学に固有の動的な性質を捉えにくい。知識には、人間の活動によって生まれ、システムとの相互作用で新たな知識が生成され、再び人間に戻る、というサイクルがある。このlife (re)cycleを明示的に捉えてみよう。

サイクルは、知識の「生成、獲得、学習、組織化、表現、蓄積、問題解決、推論、および出力」という9つの要素から構成される。これらの要素は図4・1のように楕円上に配置され、それぞれを支える基礎的な研究項目は円柱構造の下方に配置される。

### 1) 人間活動--- 生成

現実世界における人間の活動によって、データや知識が生成される。

### 2) 獲得と学習

システムがデータや知識を抽出する「獲得」のフェーズに、データから知識を生成する「学習」のフェーズがつながる。

### 3) 組織化

対象のモデリング、情報のモデリング等のモデル構築が行われる。

### 4) 表現

これまでの人工知能基礎研究の、中心的課題の一つである。

### 5) 蓄積

蓄積の対象は、場合によっては、生データや事例も有り得る。システムの持つデータベースはそれを人間が直接利用することによって、人間の活動と直接関わりを持つ（図4・1 破線参照）。蓄積は検索を考慮した構造化、再利用性への配慮等様々な課題を持っている。

### 6) 問題解決と理論

「問題解決」のフェーズに「推論」機構がつながる。

### 7) 出力

問題解決の結果が「出力」される。

### 8) 人間活動--- 受容

出力によって人間の活動に有用な情報を提供し、刺激を与え、新たな活動を産み出す。

## 2・4・2 情報中心の知識工学

人工知能研究の目的は、知能の理解とその人工システムによる実現であるとされてきた。従来の研究では、情報の処理を中心としてシステム設計が行なわれてきた。この考え方では、エンドユーザに关心のある情報や知識そのものの分析、モデル化は二義的となる。そこで、情報そのものの分析、モデル化、構造化を中心とする枠組みを図4・2に示す[5]。情報を中心に6つの軸が設定されている。それぞれの軸に沿って中心に行けば行くほど基礎的な話題になる。一方、外に行けば行くほど派生的、応用的な色彩が濃くなる。

### 1) 情報の分析とモデリング

情報そのものを分析する。

情報の意味・量・価値・認識、情報と制御、自然情報系・半人工情報系・人工情報系、言語の構文・意味・語用論、システムの分析とモデリング

### 2) 推論

問題の定式化や、推論エンジン、新しい情報の導出に関与する。

論理型、非論理型、アーキテクチャ、推論方式の統合としてのエキスパートシステムシ

エル、構築技術、高速化技術

### 3) 知識ベースシステム

知識を主体とした問題解決。知識の獲得、共有と再利用も問題となる。

知識の獲得、推論方式、共有と再利用、知識の集積

### 4) 情報の創出

人間、機械を問わず、新しい情報を創出することを第一義とする。

規則性・法則の発見、情報の構造化、自律的体系形成、発想支援

### 5) 実世界との相互作用

情報の獲得、音声・画像・センサー、認識技術、実世界のモデリング、実世界の理解、

アクチュエータ、リアクティブプランニング、

### 6) 人間との相互作用

対話の公準、インターフェース、言語理解と対話、情報の提示、可視化、マルチメディア、人工現実感

図4・2は、人間による行為と情報処理システムによる行為が混在でき、それぞれ得意な仕事を分担する上でとらえ易い、という利点がある。

## 3 知識工学の項目

前章の枠組みに対して、ボトムアップで「肉付け」を行おう。

### 3・1 項目のとらえ方

2・2節では知能全体を成分に分け、さらに成分を要素に分け、というように知識工学を構成要素に分解する操作を行った。それに対し、具体的で詳細な研究対象（これを「小項目」とよぼう）をいくつか集めて「中項目」を作り、さらにいくつかの中項目をまとめて「大項目」を作る、というボトムアップの整理作業を行おう。小さな項目を大きな項目でまとめるとき、やはり中心になるのは ISAや PART-OFの関係である。その際三つのことが問題になる。

#### (1) 視点

例えば探索は「方向性」という視点からは前向きと後ろ向きから成り、「直並列」という視点からは縦型と横型から成る。そこで項目をまとめる際は、可能な限り視点を明確化しよう。

#### (2) 粒度

どの程度細かい項目をボトムにするか、という問題である。これについては、大学での講義回数を参考にしよう。即ち一つの大項目を授業科目に見立て、半期で十数回授業するとき、1回の内容が中項目になる程度を目安としよう。

#### (3) 参照

一つの項目は、視点によって異なった上位項目にまとめられることがしばしばある。即

ちISA やPART-OF の階層は、一般にはネットワークである。体系化においては、このような関係が重要なので、ポインターによってできる限り明確化しよう。

以下では知識工学の成り立ちの枠組みに沿ってまとめ作業を行うが、中項目あるいは大項目の組み合わせを変えることによって他の枠組みについても類似の整理が可能であろう。

### 3・2 基礎部門

基礎部門については、情報工学の体系化に詳細を委ね、知識工学からみた要点のみ2・2節でふれた。以下では、大項目としての「アルゴリズム」を構成する中項目と、一部については小項目とを例示しよう。( ) は、ポインターを表す。

AL アルゴリズム

AL1 計算機モデル(-> 計算論)

AL2 計算量理論(-> 計算論)

AL3 設計技法

3.1 分割統治法

3.2 再帰法

3.3 動的プログラミング

3.4 グリーデフィ法

3.5 ハッシュ法

3.6 分岐限定法

----

AL4 データ構造(-> データモデル)

AL5 諸概念

### 3・3 要素部門

理論、インプリメンテーションおよび人文、社会、生物系の関連理論について、大項目および一部の中項目、さらには小項目を例示しよう。

#### 理論

RP 知識表現

KB 知識ベース

KB1 知識編集

KB2 知識獲得

2.1 インタビュー

2.2 インタビューシステム例

2.3 タスクモデル

2.4 データからの学習(->学習)

KB3 V&V

KB4 大規模知識ベース

KB5 標準化

KB6 知識の共有と再利用

KB7 知識ベース構築論

KB8 SOAR

RS 推論

RS1 常識推論

1.1 plausible reasoning

1.2 知識についての推論

1.3 信念についての推論

---

RS2 単調推論

RS3 非単調推論

RS4 因果推論

RS5 定性推論

5.1 定性モデル化言語

5.2 因果解析

5.3 qualitative simulation envisioning

---

RS6 時間推論

RS7 空間推論

RS8 不確定性についての推論

SC 探索

### インプリメンテーション

[AI ソフトウェア]

AG AI言語

PP 並列処理

PP1 並行プログラムモデル

PP2 排他と同期

PP3 並行処理制御

PP4 記述言語

PP5 並列化

PP6 並列化コンパイラ

PP7 オペレーティングシステム

PP8 応用

[AIアーキテクチャ]

AM AIマシン

DA 分散AI

DA1 エージェントモデリング

DA2 通信

DA3 coordination and coherency

DA4 交渉

DA5 マルチエージェントプランニング

DA6 組織化と社会

関連理論

CS 認知科学

LS 言語科学

BS 行動科学

SS 社会科学

FS 生命科学

3・4 成分部門

知能を構成する6つの成分について、大項目と一部の中項目、さらには小項目を示そう。

[認識]

VS ビジョン

SP 音声

[情緒]

[思考]

CR 創出

CR1 創出の源

1.1 データベース(-> データベースシステム)

1.2 大規模知識ベース(-> 知識ベース)

1.3 形式言語(-> 計算論)

1.4 メンタルワールド

1.5 ヒューマン・ヒューマンコミュニケーション

1.6 ヒューマン・マシンインタラクション (-> ヒューマンインターフェイス )

CR2 創出の方法・支援

CR3 応用

CR4 背景理論

PL プランニング

[ 表出 ]

IR 知能ロボット

IR1 基本概念

IR2 センサー情報処理

2.1 信号処理の基礎

2.2 視覚情報処理(-> ビジョン)

2.3 音声情報処理(-> 音声)

2.4 触覚情報処理

2.5 センサー情報の統合・融合

IR3 ロボットの運動学・動力学

IR4 プランニングとプログラミング(-> プランニング)

IR5 マシンインタフェイス (-> ヒューマンインタフェイス )

IR6 ロボットの行動獲得

IR7 応用例

IC 知的CG

SU 音声発話

[ 広義の記憶 ]

LN 学習

LN1 基本概念

1.1 学習対象

1.2 学習方法

1.3 学習環境

---

MM 狹義の記憶

[ 言語 ]

NL 自然言語

NL1 導入

NL2 文法(-> 言語科学)

2.1 チョムスキーのアプローチ

2.2 文脈自由文法

2.3 確定節文法

2.4 格文法

2.5 語彙機能文法

2.6 単一化文法

2.7 GPSG

2.8 HPSG, JPSG

NL3 構文解析アルゴリズム(→ アルゴリズム、探索)

NL4 意味論と語用論

NL5 意味表現(→ 知識表現)

---

## LX 辞書

### 3・5 応用部門

いくつかの大項目を示そう。

MT 機械翻訳

EX エキスパートシステム

IC 知的CAI

HM ヒューマンインターフェイス

ML マルチメディア

---

## 4 知識工学のカリキュラム

「知識工学の成り立ち」の枠組みに沿って、学部と大学院に一貫したカリキュラムを考えよう。

### 4・1 作成の方針

まず考えなければならないことは、教育目的、即ちどのような人材を養成しようとするのか、という点である。知識工学に関する技術者や研究者といっても、

- 1) 知識工学を専攻する最先端の研究者
- 2) 最新の知識処理技術によってシステムを開発す

る高級技術者

- 3) 知識工学の専門技術者
- 4) 知識工学を参照する情報処理技術者
- 5) 知識工学を参照する非情報系技術者

----

のように、いくつものカテゴリがある。いずれを目指すかによって、育った人材が産業界とりわけ情報産業界で活躍する舞台が変わってくる。例えば1) であれば大学や研究機関のような所に限られてこようし、4) であればシステムエンジニアなどとして幅広く情報処理部門に従事することができよう。

次に教育対象、則ちどのような人々に教育するのか、という点である。一方において小、中、高、大学、という年齢に応じた教育課程、他方において理工系知識学科、理工系情報学科、理工系非情報学科、文系学科など知識工学との関わりの度合いに応じた教育

課程もあり、一様ではない。

以下では、2・2節で示した知識工学の成り立ちに沿って、カテゴリ1)～4)の技術者の養成を目指した、学部から大学院への一貫カリキュラムを議論しよう。図5にその骨子を示す。工学基礎から情報工学基礎のレベルまでが、理工系情報学科と共通ないしはその圧縮版となっている。知識工学要素以上のレベルが知識工学に特徴的である。特に、教育的見地からは、知識工学要素がコア部分となり、成分はそれを取り巻くことになる。なお図5では、理工系知識学科・専攻の専門カリキュラムを考えているが、情報系や非情報系にも配慮する。

#### 4・2 学部

情報工学基礎、知識工学要素から知識工学成分のレベルにかけての要点を図6に示す。ソフトウェア系では、「習うより慣れろ」に従って1年前期に「AIプログラミングI」、「プログラミング演習I」などにおいてとにかくプログラム作りに取り組む。そして2年前期の「プログラム設計」で少しプログラム作りを整理する。アーキテクチャ系では、ソフトウェア系と並行して論理回路の動作やハードウェアシステムの構成、振る舞いを教える。

実践的なソフトウェア系やアーキテクチャ系に対し、理論系は情報数理系（省略）とともに理論的基礎を与える。プログラミングによりアルゴリズム的思考にある程度なじんだ段階で、まず「アルゴリズム論」を教える。そして次第に知識工学の核心部分に進む。重ねて述べるが、知識工学要素の科目群（図6の強調文字）は、カリキュラムのコア部分を成す。

3年後期から4年前期にかけての成分系は、学問分野として比較的成熟した「パターン理解」や「自然言語理解」などをあげている。（「感性」や「思考」は未成熟なため、学部で教えるには無理がある。）これら成分系と機械翻訳など応用系は、学部で卒業する学生に対し常識を培うことと、進学する学生に対し予備知識を与えることが狙いである。コアカリキュラム部分は必須的であるが、成分系や応用系は学科の事情に応じてある程度自由度をもって構成できよう。

以上に対し理工系情報学科では、情報数理など共通の基盤があるので、「人工知能入門」、要素系、成分系、応用系の優先順位で、コマの許す範囲、図6の科目を取り入れることも一つのやり方ではなかろうか。非情報系学科では、情報数理など理論的背景とプログラミングなど演習の背景が弱くなるので、概論的な内容にとどまろう。

#### 4・3 大学院

図7に大学院博士前期（修士）課程および後期課程のカリキュラムを示す。コアカリキュラム以外の部分はメニュー的で、すべてを取り込むことを考えているものではない。適当な選択により、各専攻毎にかなりの自由度で独自色を出せよう。

## 5 今後の課題

1年間の作業により、知識工学の体系化とそれに基づくカリキュラムの作成に関し、一応骨組みができあがった。残されたいくつかの課題を述べておこう。

### 体系化

#### (1) 知識工学の名称

「知識工学」という名称についてもう少し議論が必要である。人工知能、知能工学、知能情報学などと対比して議論してみたい。

#### (2) 項目の充実と整備

大項目に関しては、本作業グループのメンバーでカバーできる範囲に留まっており、例えば人文、社会系や知識工学応用系など重要な項目の欠落している部分がある。また項目の粒度やポインターに統一的でない点もあり、これらの充実、整備が必要である。

### カリキュラム

#### (3) 新しい視点

体系化については、複数の視点から枠組みが議論できた。カリキュラムについても、型にはまらない、新しい枠組みの考察が欲しい。

#### (4) アンケート調査

既に知識系の学科や専攻がいくつも設置されている。批判を仰いで改善に努めたい。

## 6 むすび

本報告は日本学術会議・情報工学研究連絡委員会の活動の一環として行われた知識工学の体系化に関する活動の中間報告に基づいてなされている。本来、このような報告は最終結果をまとめて行われるのが普通であるが、審議内容の充実を期したため、同委員会第15期の活動期間内で終了せず、中間報告という形をとった。しかし体系化に関しては一応の審議をすませたことと、人工知能の在り方について体系化案を早い時期に示し広く意見を聞くことが重要である、との判断に基づいて、あえて報告書として発表することにしたものである。体系化に関しては、内容のみならずその方法についてもさまざまな意見があるであろう。多くの方々の御意見を頂ければ幸いである。

## 文 献

- [1] 日本学術会議情報工学研究連絡委員会：情報工学の体系化に向けて、電子情報通信学会誌、第75巻、第5号、pp. 443-449 (1992)。
- [2] 知識処理工学体系化作業部会（編）：知識処理工学の体系とカリキュラム---中間報告、p. 104 (平成6年3月)。
- [3] 岡田直之：心と言語、BME（医用電子と生体工学）、第7巻、第8号、pp. 67-76(199

3)。

- [4] Setsuo Ohsuga: A Way of Designing Knowledge Based Systems, Knowledge Based Sysrems, Vol 7 (To appear).
- [5] Nishida, Toyoaki and Takeda, Hideaki: Towards the Knowledge Community in: Proc. Int'l Conf. Build. Shar. VLSKB '93, pp. 157-166 (1993).

#### 「付 記」

本報告書の作成にあたっては、第15期情報工学研究連絡委員会「知識処理小委員会」委員を含む「知識処理工学体系化」作業グループの方々に御協力を得た。ここに感謝する次第である。

#### 委員長

岡田直之（九州工業大学）

#### 幹事

堀浩一\*（東京大学）

馬被健次郎\*（九州工業大学）

#### メンバー

浅田稔（大阪大学）、安部憲宏（九州工業大学）、石田享（京都大学）、石塚満（東京大学）、石崎俊\*（慶應義塾大学）、河原英紀（A T R人間情報通信研究所）、後藤滋樹（NTTソフトウェア研究所）、小林重信（東京工業大学）、佐藤理史（北陸先端科学技術大学院大学）、佐藤雅彦\*（東北大學）、田中譲（北海道大学）、中島秀之（電子技術総合研究所）、寺野隆雄（筑波大学）、西尾章治郎\*（大阪大学）、西田豊明\*（奈良先端科学技術大学院大学）、原島博（東京大学）、橋田浩一（電子技術総合研究所）、広瀬啓吉（東京大学）、松原仁（電子技術総合研究所）、松本祐治（奈良先端科学技術大学院）、溝口理一郎\*（大阪大学）、宮野悟（九州大学）、村岡洋一（早稲田大学）、元田浩（日立製作所）

注。\*印は小委員会委員

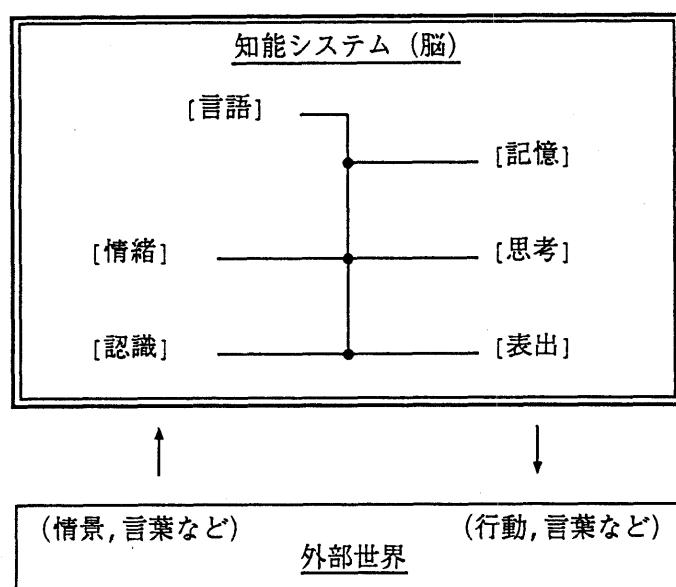


図 1 知識科学の成分 (構成要素)

知識科学  
応用

知識科学  
成分

知識科学  
要素

情報工学  
基礎

機械翻訳, エキスパートシステム, 知的C A I,  
ヒューマンインターフェイス, マルチメディアシステム,  
知能ロボット, 知的C G, コンピュータミュージック, ---

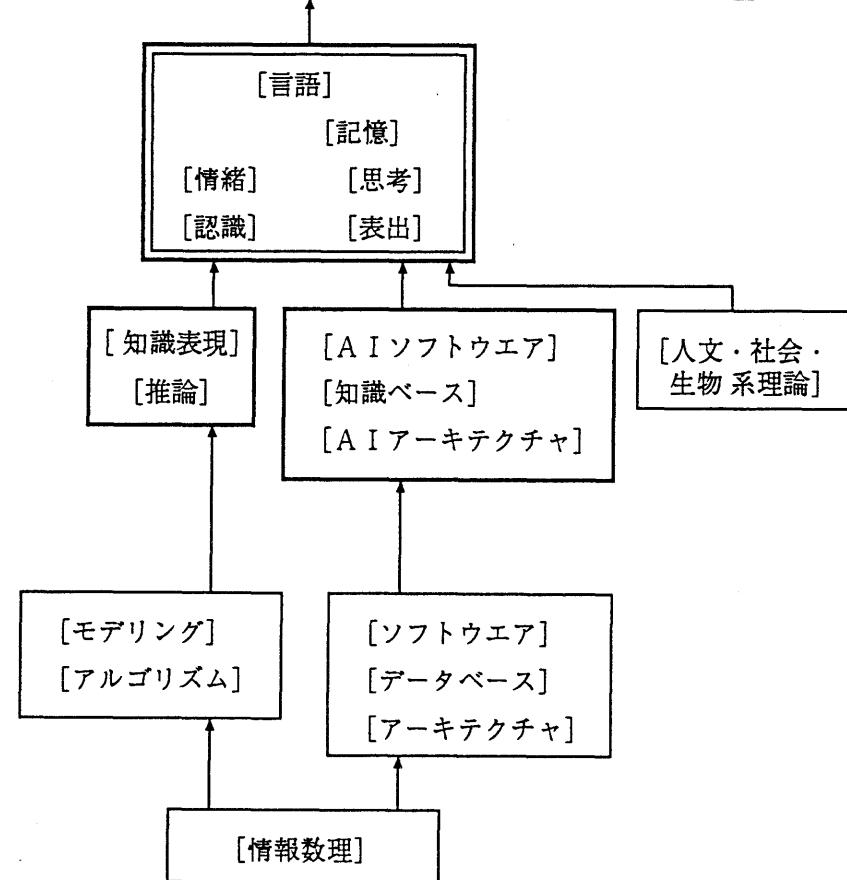


図 2 知識科学の成り立ち

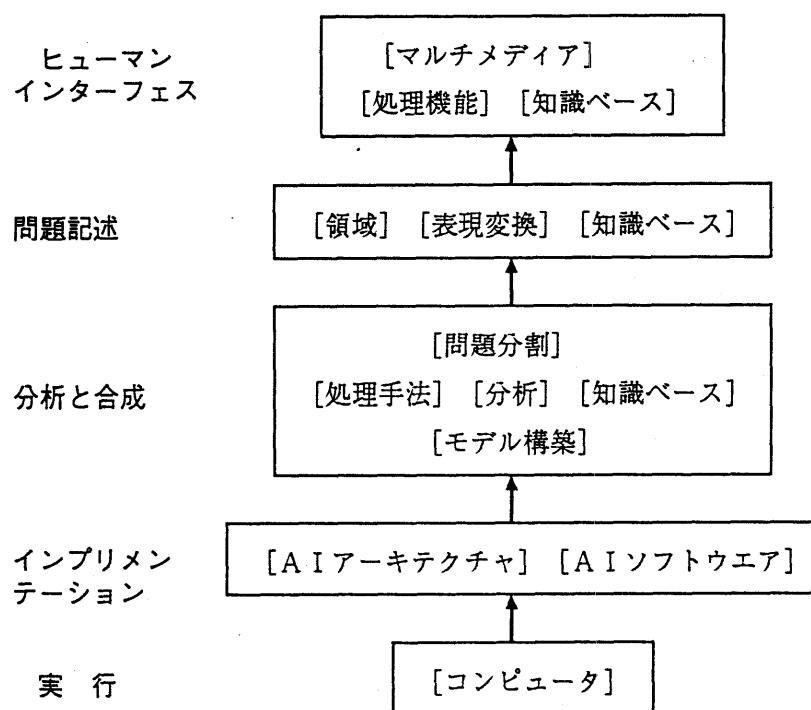


図 3 問題解決の階層

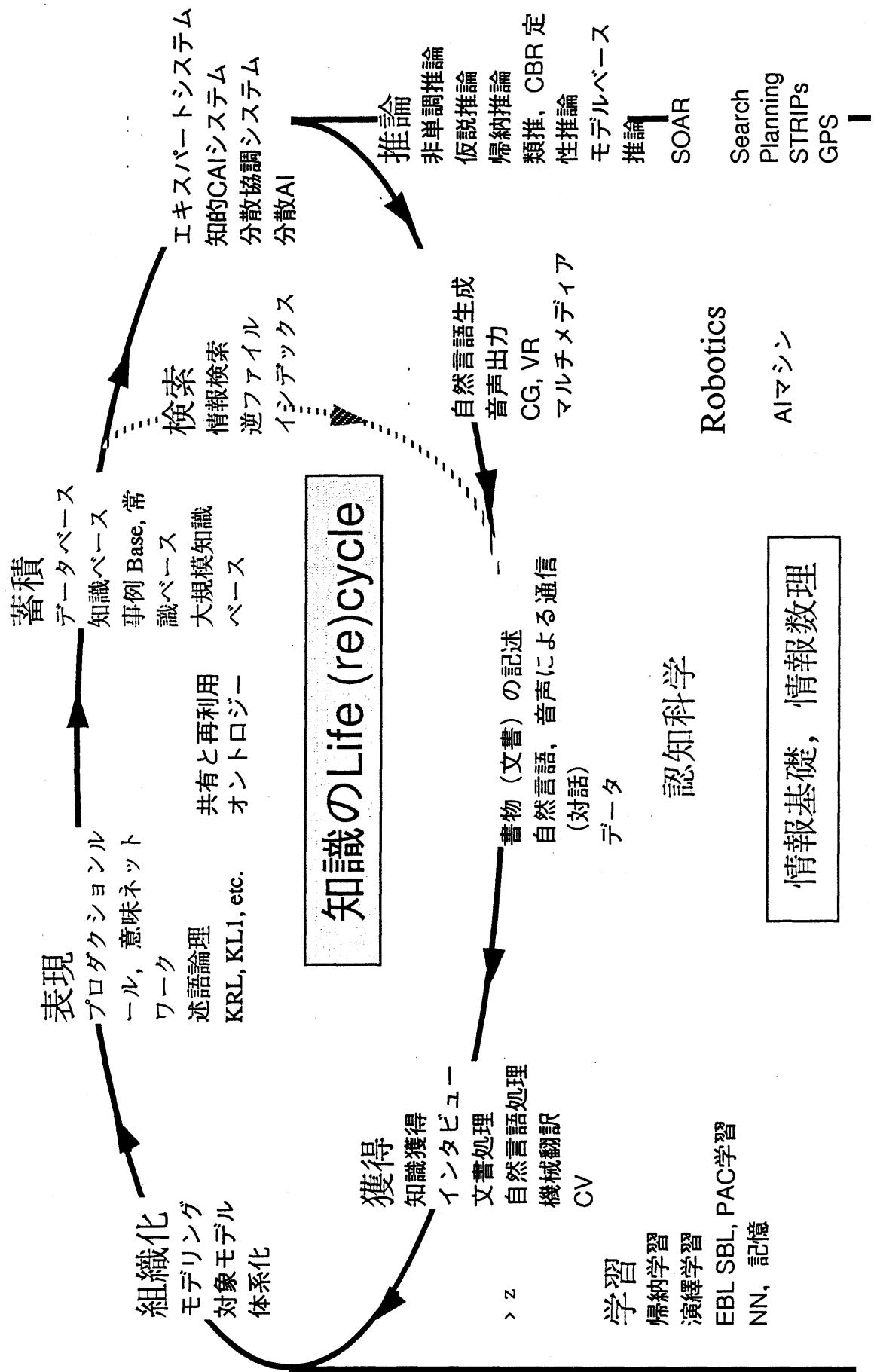


図 4.1 知識のライフサイクル

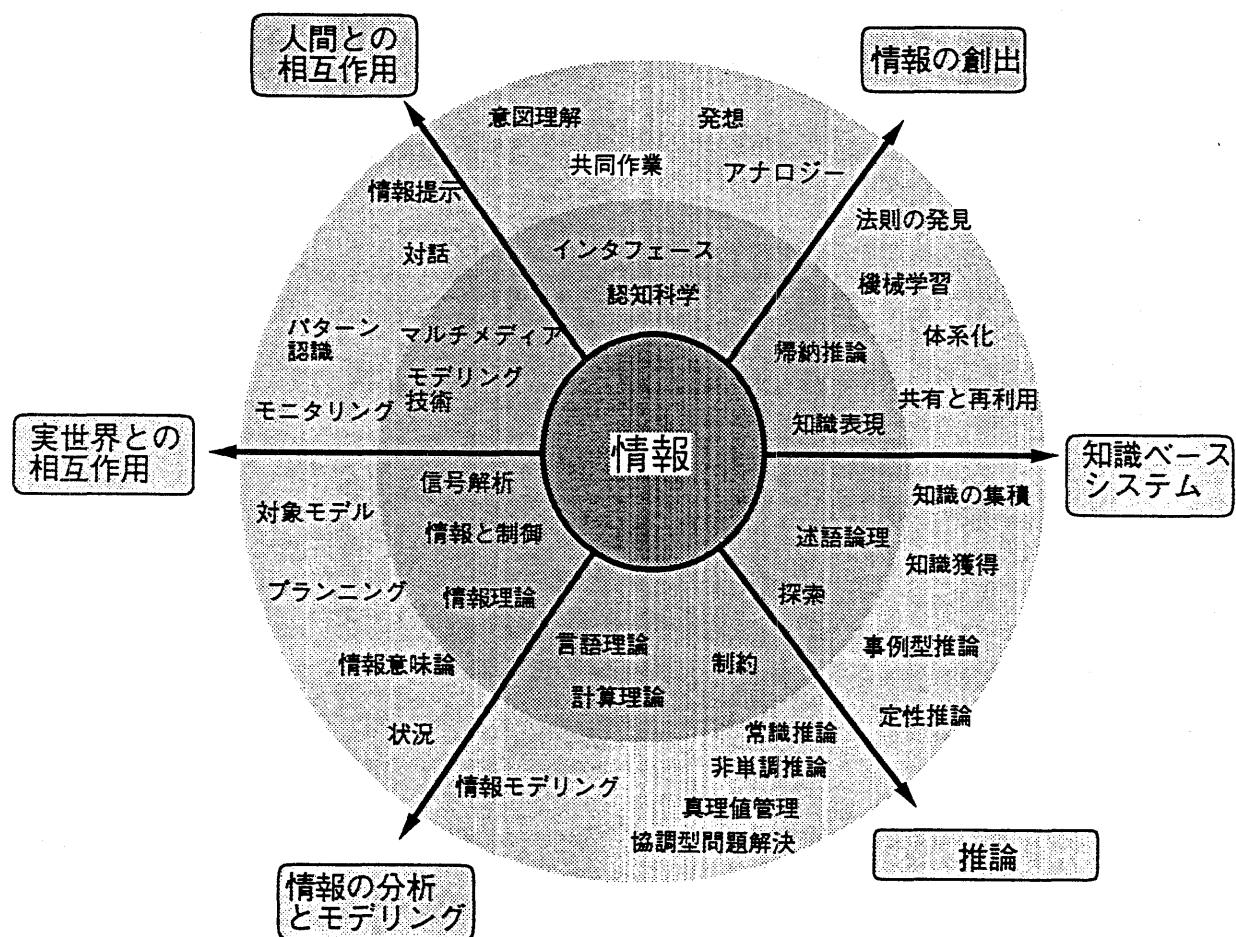


図 4.2 情報中心の知識科学

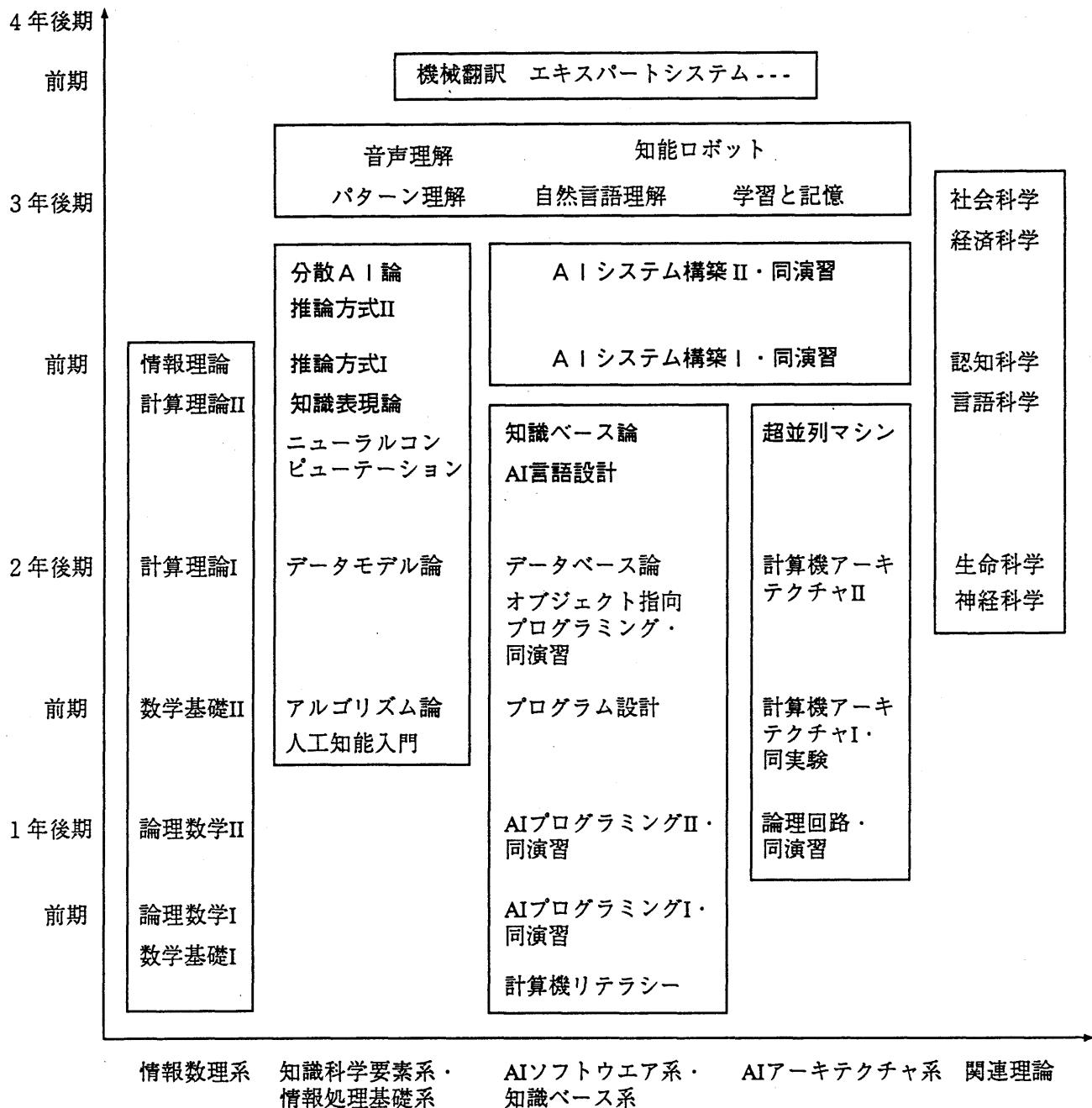


図5 学部カリキュラム

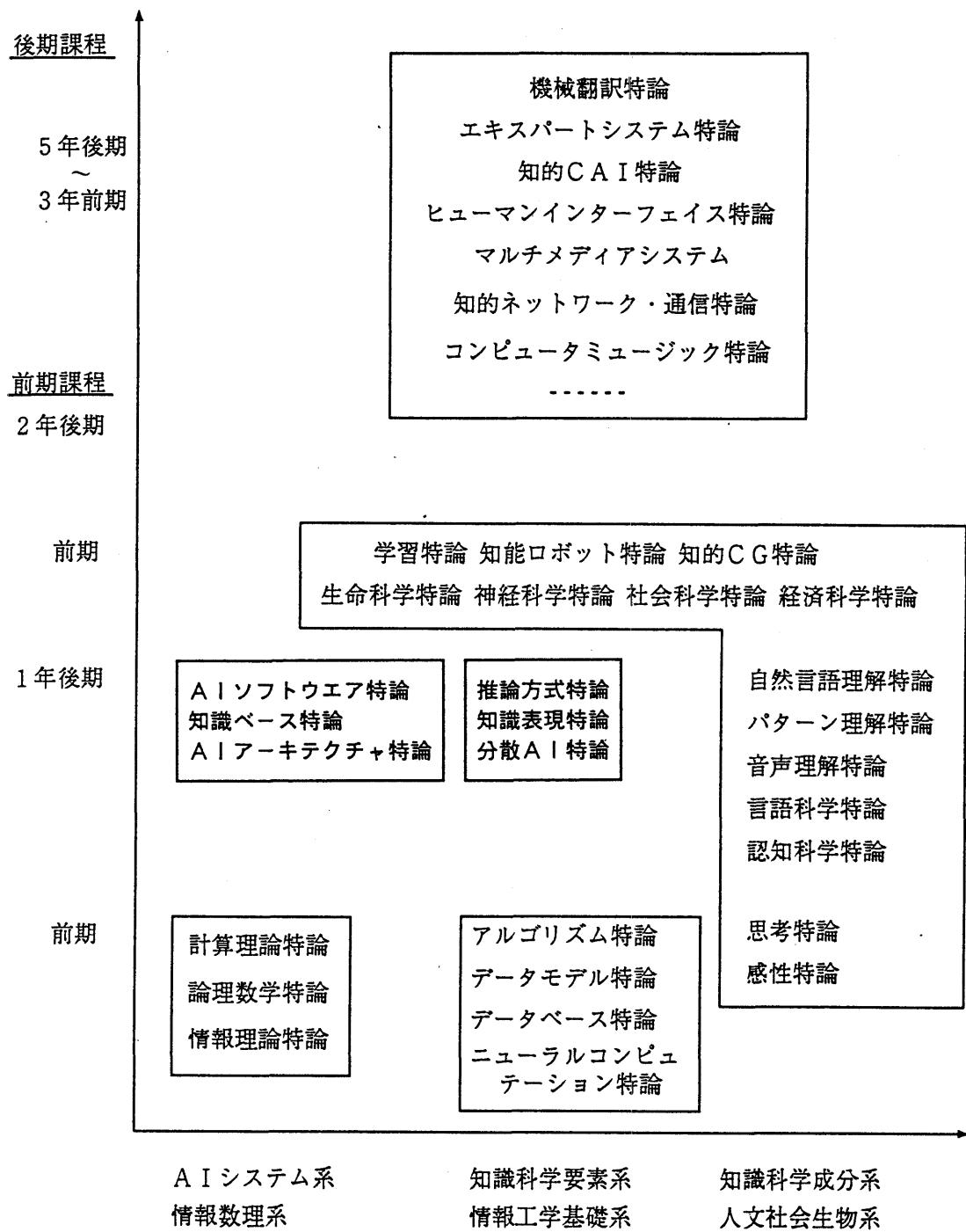


図 6 大学院カリキュラム

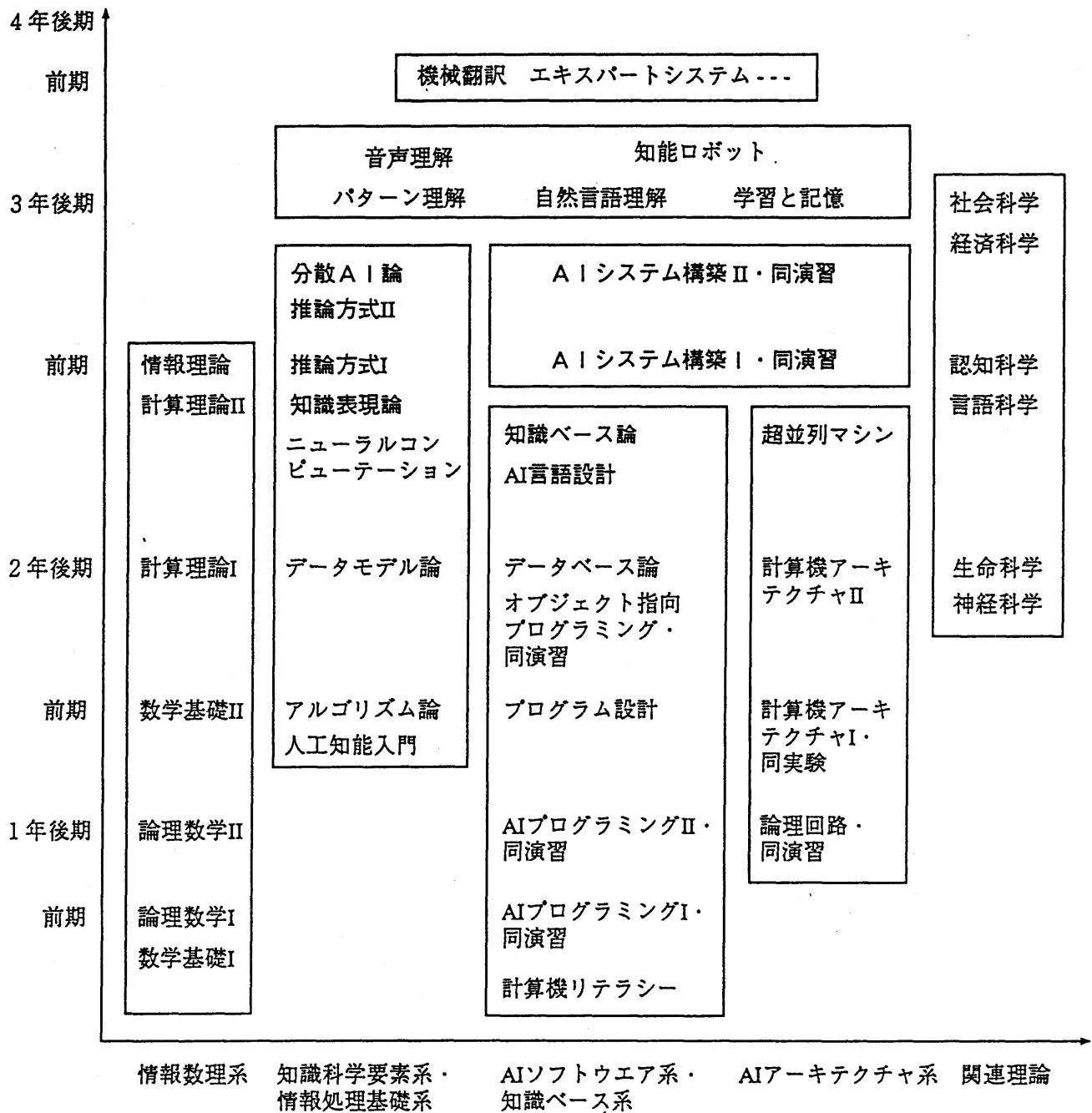


図 6 学部カリキュラム

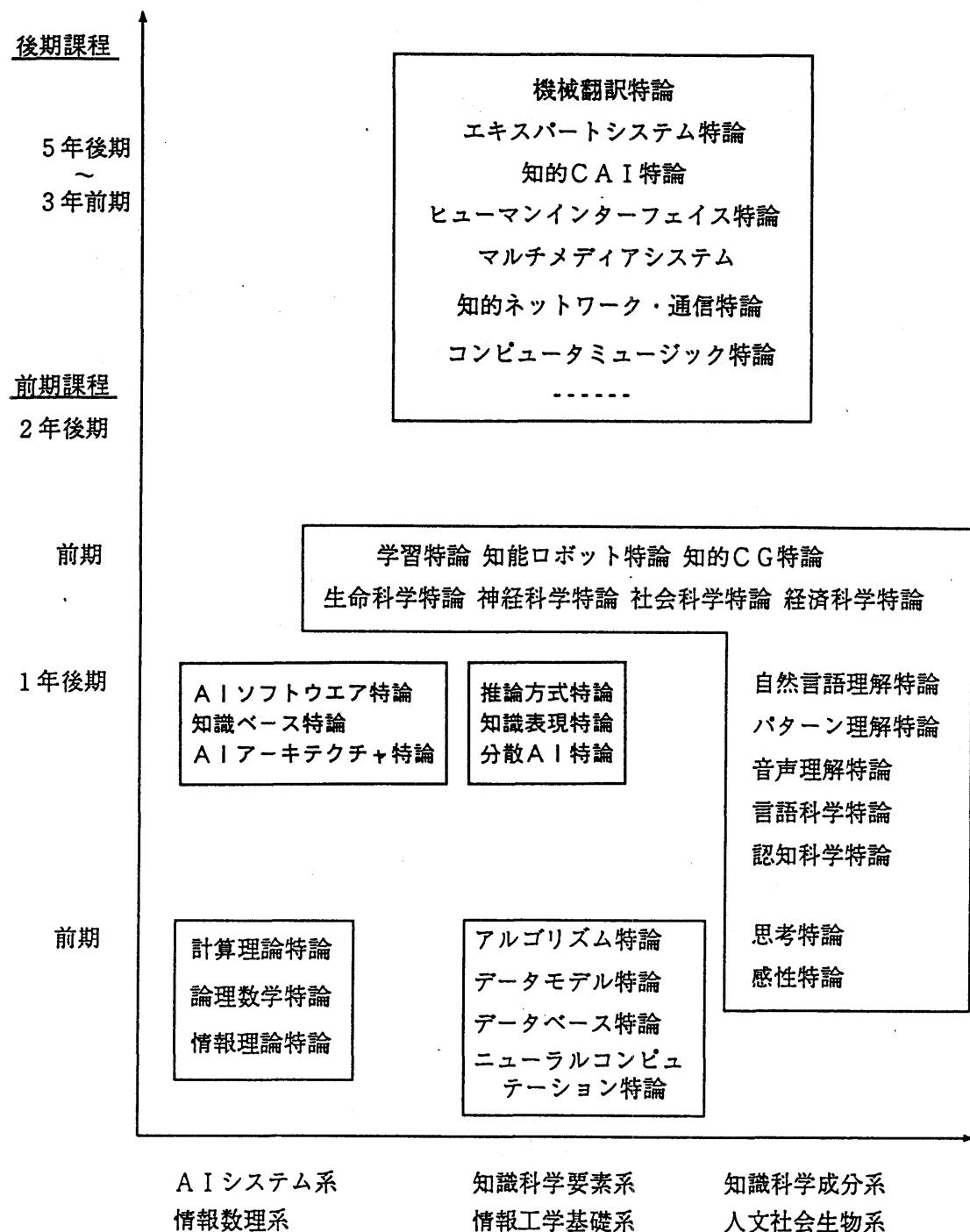


図 7 大学院カリキュラム