

知的CAIシステム構築のための
インフラストラクチャー

吉川 成人
エスシーシー

本格的な知的CAIシステムの構築を目指す。ここで考えるシステムの構成は、(Ⅰ)ウィンドウ、(Ⅱ)背景基盤、(Ⅲ)インフラストラクチャー(下部構造)から成るとする。

(Ⅰ)は知的CAIの四要素から成り、機能も従来から言われているものと同様である。(Ⅱ)は(Ⅰ)(複数ウィンドウを想定)を機能させる環境となるものであり、(Ⅰ)のもつ四要素全てを含み、かつ該当システムの範囲での知識、データ、計算機ネットワーク等のリソースを持ち、分散DB、分散AIのイメージを含み、学習機能を持つことが特徴である。そして知的CAIの第五番目の要素でもある。(Ⅲ)は特定の該当システムに依存されない汎用の機能あるいはリソースであり、マルチメディアを含むデータおよび知識ベースにより、巨大(知識)DBや常識に相当するものが構築される。ここでは、非知識・知識の変換をはじめ、あらゆる種類と場所にあるメディアの有効利用を可能とすることを旨とする。

本報告は以上のコンセプトを中心に述べる。

THE INFRASTRUCTURE FOR
BUILDING INTELLIGENT
CAI SYSTEM

Shigeto Yoshikawa
S C C

We have the intension of building the ideal Intelligent CAI system. Our system is composed of
① windows, ② background fundementals and ③ infrastructure.

① are constructed by intelligent CAI's four elements and the function is similar to the former's.
② are the environment for ①, and are organized by ①'s all four elements, and by the resource like immediate system's knowledge or information or computer network, and by distributed DB or distributed AI. ② is also the intelligent CAI's fifth element.

③ is common function or resource like large DB or Common Sense by multi-media knowledge-base.
AT ③, we intend to compile between non knowledge and knowledge, and to use every types of media on every occasion effectively.

In this report we discuss the above concept mainly.

1. はじめに

本格的な知的CAIシステムの構築を目指した議論を行う。

本格的とは、特定の教科・領域に依存しない汎用性を持ち、空間的に広域に分散した多数(例えば1万人を想定)の学習者に対して、同時にいわゆる高度個別教育を中心とし、加えて多様な効果的学習法が行える事を意図している。そして知的CAIの機能としては、我々が従来[1], [2]で述べてきた機能のレベルを実現するものとする。即ち[1]の要素・基本技術を実現し、[2]のhumanおよびmachine learningを考慮したものである。さて、本格的な知的CAIシステムの構成は、(I)ウィンドウ、(II)背景基盤、(III)インフラストラクチャー(下部構造)から成ると考える。

ここで(I)は学習者と対面するコミュニケーションの装置であり、知的CAIの四要素、即ち、①教授すべき学習内容、②教授戦略知識、③学習者モデル、④柔軟なインタフェースからなり機能は従来の知的CAIとほぼ同様である。

(II)は(I)(複数のウィンドウを想定)のもつ四要素全てを含み、かつ該当システムの範囲での知識、データ、計算機NW等のリソースを持ち、これらを機能させるためのメカニズムとして分散DBおよび分散AIの機能を持ち、さらに学習機能を持つことが特徴である。そして(II)は知的CAIの第五番目の要素であるとする。

(III)は特定の該当システムに依存されない共通、汎用の機能あるいはリソースであり、マルチメディアを含むデータおよび知識ベースにより巨大DBや巨大知識ベース、そして常識に相当するものが構築される。さらにメタ知識およびメタ知識を学習する機能や非知識・知識の変換をはじめ、あらゆる種類と場所にあるメディアの有効利用を可能とする事を目指す。従って従来の知的CAIは(I)と(II)から成り、しかも(II)は(I)の多くを含む。また(II)の(I)にない固有の部分は(III)に多く含まれる。(III)は(II)を浮かばせる海のようなものである。システムの全体としての特徴は次のようになる。

- ①システムが学習機能を持つため、運用される度により気の利いた効率的な学習が行えるようになる。
- ②巨大知識ベースに相当する機能として、システム外にある多くの既存のDBに対する能動的アクセス及び知識(加工)化機能を持つ。

③マルチメディアについて近い将来の技術も考慮に入れているため、この方向からの巨大知識ベース及び柔軟なインタフェース環境の実現が可能となる。

④システム外部にあるDBと内部にあるDB(分散DB)情報に対して、システムの運用形態からみて最適な組織化、機能配置・実現が図られる。

⑤分散AIと学習機能を持つ事を考えているために、多様なシステム機能を多数のプロセッサノードに対して学習的に最適に配置・実現できる。

以上の本システムの特徴に関する議論に加えて、人間の知の基本的項目(存在する知識、知識の形態、学習、理解等)についてその疑似実現も含めた有効な議論も可能と思われる。

2. 全体システムの考え方

従来の知的CAIシステムのうち最も進んだものでも、多くの根本的な問題を抱え、行き詰まりの状態にある。例えば学習の形態が1(教師又はシステム)対1(学習者)を目指すとはいうものの1対nであり、双方向主導を目指すとはいうものの教師(又はシステム)主導である。またシステムの扱う範囲は狭く、かつ閉じている。知的CAIの四要素のうち三要素はいずれも固定的か、定型的なもので予め作られたものの中で閉じている。又、四番目要素インタフェースは最も進んだものでもキーボードによる自然言語ライクの形態程度であり、表現はひどく制限されている。このような問題のブレークスルーを考える必要がある。具体的には従来が教え込み型教育に片寄ったシステムであったのに対して、学習者主体で学習環境が提供されるという学習システムとする。学習の形態も1対1の高度個別を可能とするのに加えて、n:1、n:nも可能とする。即ちいかなるパターンや場面も可能とする。そしてシステムの扱う範囲を柔軟に広く、かつ開いたものとする。例えばシステム外の既存のDBにアクティブに目標を持って探索をし、生きた学習情報を取得する。そしてこれを繰り返すにつれてシステムが情報の探索や提供の仕方について賢くなる。即ち学習機能を持つ。上述の知的CAIの四要素に対しては①教材については外部まで探索し、加工して提供するのでシステムが開いており、中身も更新され、新鮮である。加工された教材の有効度・利用度も測られるため、真に役立つ教材と成り得る。②戦略については学習の状況、効果の測定からシステム自体が戦略を学ぶ

事により、自分で疑似的に作る事ができる。これも外に向けて開いている。③学習者モデルについては学習状況のモニタリングからシステムがモデルをつくる。①②③ともにAIの一つの成果である存在論に基づく知識(表現)の扱え方、すなわち文脈・状況・ストーリーに基づくモデルが有望であり、原因を因果的に探ったり、分析をして有効な情報を提供したり、ガイダンスを行う。④インタフェースは有効なメディアと効果的な会話の単位の選択および学習を行う。又入力、出力の多様化と工夫(表情、声、動作など)を行う。

次に全体システムについて見ると、空間的には衛星や光ファイバーにより広域化が可能であり、従来の学習形態を包含し、かつ新しい形態、様々なバリエーションが可能となる。例えば広域でゲーム、競争、会議形式で学習する事もできる。分かり易く言えば例えば1万人の広域分散した学生が同時に多様な教科内容を個別にあるいは相互連携を取りながら学習し、システムがその状態をモニターし、教材の探索・作成・評価・戦略のガイダンスや学習・学習者モデルの構築・更新などを行う。勿論学習者に対しては最適のインタフェースと環境をこと細かに提供する。この大量の事例・実行によるメリットは学習者(タイプ)と教材(単位)と効果(測定)とそれらの診断やそれに基づく指導、そしてその適切さが事例ベースで得られることであり、そこで得られたノウハウ情報を別の学習者の学習に生かしたり、新しい学習形態を得るなど、システム自体がグレードアップする、即ち学習能力を持つので、大量の事例により加速度的にシステムが賢くなり、より適切な指導が行える環境となる事である。以上に述べたシステムが我々の目指すものである。(表1参照)

3. 知的CAI第五要素 - 背景基盤 -

ここでは全体システムを簡単化のためにウィンドウと背景基盤に分けて考える。インフラストラクチャーは背景基盤に隠れているとする。まず扱う情報(学習情報)から説明する。学習情報には大きく二つある。

一つは教材となるべきものであり、必要に応じてシステム範囲外へもアクティブな探索を行い、収集・整理そして教材作成を行いウィンドウへとリンクする。もう一つは学習者に関する情報(主には学習者モデル)である。これはウィンドウで取得した学習者情報を加工・編集・整理して一般的・普遍的な形で保管・利用

するというものである。

背景基盤のイメージは分散AI、分散DBに近い。分散AIの観点からは分散した知能、例えばデータ探索エキスパートシステム(ES)、教材(単位)作成ES、コースウェア(シナリナ)作成ES、評価ES、学習者モデル作成ES、システム全体の最適制御ES、エキスパートのメタ機能ES等が連携して(ESネットワーク)、問題解決を行う(分散協調問題解決)。従ってメタ的機能、即ち自己学習、自己最適化の機能を持つことになる。

分散DBの観点からは空間的には広域に分散したシステム範囲外の学習に有効な情報と、不均一に分散した学習者ウィンドウへ学習情報を供給するシステム範囲内の情報とを考える必要がある。(図1参照)

(1) 背景基盤の内容詳細(1) - DBとオブジェクト単位 -

背景基盤の主要なコンセプトは学習能力を持つ分散したDB群である。このDBの基本単位はオブジェクト単位であり、その中身は①教材情報、②学習者情報、③メタ的あるいは学習の情報である。①は学習する教材そのもの又はそれを構成する単位からなる。学習は例えば1ストーリーというように認知科学や教育心理学から見ても合理的な単位、又は性格を持つものから構成される。これはAI分野では状況・文脈・ストーリーなどで把握される存在論的知識表現であるが、この考え方に基づくものである。具体的にはストーリーは起承転結がある物語であったり、因果的説明であったりする。そして人間の自然な学習や理解にフィットする性格を持ち、かつ程よい分量の単位である。これは教材作成者が作成する方針に加え、システムが外部のDBにアクティブセンシングして得た情報から自動的に作成する方式も取る。この中には電子回路図やその微分方程式あるいは問題解決単位である故障診断ESなど多様なものが含まれ、媒体もデータやプログラムに加えて静・動画・音声等によるマルチメディア、マルチ表現が可能である。

なお、ここでの教材情報は学習場面での有効度・利用度が測られており、更新されていくため、中身が新鮮である。このような情報は③に蓄えられる。なお人工現実感(AR)やCG、アニメ等もこの①では考慮される。

②は学習者モデルが中心である。基本的な考え方は、

従来の類型化・固定化されたバグモデルではなく、学習状況のモニタリングからシステムが学習者の理解およびバグのモデリングを行う。例えば良くできる学習者の学習する条件・状況を存在論的に考慮した学習者モデルを得る。同様に普通にできる学習者、よくできない学習者、それぞれのモデルを得て、その比較から成績差、理解の差の原因を因果的に探り、分析し、有効な情報を学習者に提供するなどの役割を果たす。

③は主に学習戦略が記述される。これも従来は固定的であったが、ここでは学習の状況・効果の測定からシステム自体が戦略を評価し学ぶ。この外部に向かって開いたシステムが作る戦略情報（ノウハウ）と①の教材情報の有効度や利用度などのメタ的あるいは学習的情報もこの③に蓄えられる。なお②、③は主には学習変化が可能で外部に開いた知識表現により記述される。具体的には論理プログラム表現や演繹DBを発展させる事になるだろう。

（２）背景基盤の内容詳細（２）－オブジェクト単位の動的メカニズム－

外部のDBにアクティブセンシングをし、有効な情報の収集・整理をし、教材作りの役割り、実行の過程でこのオブジェクト単体を内部のDB上に作成・更新するメカニズムを説明する。

全体システムのうち、ウィンドウ側からの要求、又は背景基盤自身のシステムメタ（ES）の要求に基づき、主にはデータ探索ESがそのノウハウを生かし、外部のDBにアクセスし、学習的に有効情報を取得する。ここではDBの存在情報、検索情報、利用情報、法規制情報、有効度評価情報を参照しながら、法と通信とDBに関するプロトコルを守ってデータの探索が成される。そして得られた情報を学習者側からの要求、又は教材作りのシステム側からの要求に基づき、教材を構築するという目的からみて有効な形に整理・加工される。この情報がオブジェクト単体のうち主に①の部分を作り上げる。そして学習実行に従って得られた学習者モニタリング情報から学習者モデルが作られ、これが主に②の部分をつくる。そして多数の学習者への適用から評価した教材に対する有効度、利用度等の情報が③の部分をつくる。

また、教材の上手な利用法、あるいは学習法についての情報は同じく③の部分に記録される。①、②、③は新たな情報、利用法、有効度に従い更新される。ま

た一度作られたオブジェクトは有効に幅広く利用される事も当然考慮される。これは①については考え易いが、これだけでなく②、③についても行われる。②は多人数の多くの条件・状況情報を包んだ学習者モデルを分析する事から、③は同じく有効な学習戦略を分析する事から可能であるという事が理解されるだろう。

（３）背景基盤の内容詳細（３）－分散AIと分散DB－

背景基盤のイメージは分散AIと分散DBに近いが、内容はこの章の冒頭で述べた通りである。ここでは課題を述べる事にする。まず分散AIはESネットワークで実現され、状況状況に応じて各ノードがESとしての役割りを交替し、即ちある場面ではほとんど全てのノードがデータ探索ESになったり、学習者支援ESになったりする。このシステム全体の状況を把握し、最適に制御し、全体としての問題解決を行うというメタ的機能を持つ必要がある。これを可能とする技術が分散AIであると考えられる。

次に、分散DBについてはデータ探索に関連しては上にも述べたが、法と通信とDBに関する幅広い意味内容を含むプロトコルを作る必要がある。システム内に配置するDBについては、最大公約数的に使われる内容や型式の研究を行い、データとして保存するか、システム内で変換、生成するかを切り分けし、全体および各要素機能の持つ目的と観点からみた最適分散配置を行う必要がある。

4. インフラストラクチャー（下部構造）

背景基盤と重複する所もあるが、特定の該当システムに依存しない機能、リソースであるインフラストラクチャーについて述べる。

（１）新しい考え方

知的CAIの5要素、①教授すべき知識、②戦略、③学習者モデル、④柔軟なインタフェース、⑤背景基盤のうち、⑤は学習情報（①②③の知識又は情報を含む）のDB、KB、およびNWを含み、⑤があるが故に高度な知的CAI機能が果せるという性格を持っている。

この⑤を素直に発展させるとインフラストラクチャーと呼ぶものに繋がる。この中には特に最近のAIの観点からは巨大DBや常識ベースそしてシステム全体の学習機能、成長、同じくその理論面からはシステムの

メタ機能、対象（存在）の認識・推論が含まれ、構成上はESネットワーク、考え方としては分散協調問題解決が入る。

情報・知識のレベルでみると、知識（表現）情報の世界と非知識（表現）情報の世界、およびその間の変換、即ち学習機能（システムの範囲を広げ深める）が入る。

(2)マルチメディア（双方向多種）とニューメディアによる高度なメディア環境の提供という考え方

メディア技術としては①示すと②取る方向および③送る④まとめる⑤分ける⑥幅広い意味で変換する⑦元に戻す等がある。①示すには文字、音声、静止画、動画、アニメ、ホログラフィー、CG、人工現実感等がある。②取るにはキーボード、マウス、手書き、視線、音声、動作、姿勢等がある。③送るには媒体の選択、変換方式、伝送能力、回線容量、中継点、ルート、タイミング、手順、バッファ、誤り防止、機密等の検討項目がある。④まとめるには複数媒体、複数のタイミング、複数ルート、複数発進地の情報をまとめる。あるいは不用部分をカットし、重要部分を抽出するなど含まれる。⑤分けるには論理的に分ける、物理的には媒体別に分ける、時間により分ける、役割り分担をさせる、あるいは要約と本体に分けるなどがあるだろう。⑥幅広く変換は、単なるデジタル変換だけではなく、媒体間の変換、例えば画像の意味を理解して音声に変換するとか、文字情報のキーとなる項目を音楽で示したり、動画や静止画で示す事も含む。知識表現だと表現方式を変換することも含まれる。あるいは映画のストーリーを読み取り、文字とする、要約を作るというも入る。⑦元に戻すとは上記のアクションのリアクションというものもあるが、それだけでなくオリジナルの復元も含まれるだろう。ホログラフィー、CGによる立体化などは①と重複するがここにも関係するだろう。

以上がマルチメディア（双方向多種）の簡単なイメージスケッチである。一方、ニューメディアとは光、衛星、あるいは移動体通信等をイメージすれば考えやすい。例えば移動する航空機からの映像をある場合はリアルタイム的に学習者ウィンドウに表示する。このウィンドウも自動車の中にあってもよいし、家庭のテレビが置き換わってもよい。あるいは音のない映像情報から音声による説明を聴いてもよい。この説明は自

動翻訳生成されるものである。このようにマルチメディアとニューメディアをその時の条件、環境に従って最適選択する。なおニューメディアについては積極的に通信手段を作り確保する、あるいは他の利用のものを借用する等の技術も考えられる。この分野もAIにより可能な項目は多い。画像や音声を用いた推論、知識を用いた画像伝送、自動的な暗号化、そして知能をもったプログラム単位（問題解決能力を持つ単位）の伝送等が考えられる。

以上のようなイメージに立脚する高度なメディア環境が構築できればこれは学習環境としても有効ということになる。

(3)データベース二種の考え方

既述と重複する面もあるが、もう一度整理する。

一つは内部のもの、一つは外部のものである。なおともに分散の概念を含む。データの種別として知識（KI）、非知識情報（NKI）、一般情報（GI）を考えると、現状で扱えるデータは内部にあるKI、NKIだけである。しかもKI、NKI間の相互変換や各KI間の共通化はまだ成されていない。扱う情報を広げる目的から大きく二つの方法を考える。一つは現状で扱えるデータ（KI、NKI）で外部に存在するもの、即ち外部DB、KBへアクセスしこれを利用する。

もう一つは現状では扱えないデータ（GI）を扱う技術を考えることである。そしてこの両者は異なるが、間接的に係るものとしてマルチメディアを扱う事が考えられる。扱う情報を広げるという観点から、当面は磁気化されたマルチメディアが主たる対象となる。そこではあらゆるマルチメディアを一括で扱う処理方式、技術等も検討が可能である。あるいは対象に最適な方式による記録方法、使用頻度を学習してあらかじめ加工用意しておくDB等も考えられるだろう。

同様に使用頻度、使われ方に対応して最適に分散配置されるDBというイメージも検討に値する。これらをウィンドウ（これも多数で構成）および背景基盤で効率的に集中あるいは分散させる必要がある。この最適配置の手法も大切な検討項目である。（図2参照）

(4)通信の考え方

予測に基づいて空き回線・時間を使って通信する。あるいはバッファや予備サーバーを指定のサイトに設

置して、予め大容量の通信をしておく。あるいは通信の総量を最小にする位置に自動的にデータファイルを設置・移動する方式を考える。最適の通信媒体とルートを自動的に選び、最適の時間配分や空間配分による通信(知的通信)を行う等が考えられる。特に動画像や、辞書又は類推・参照が容易と思われるような情報、たとえば美空ひばりの写真などは同一データを多くのサイトに持つておき、遠隔距離間は付加情報のみが送られ、身近な地点でサイトデータが加工・復元され、受信点に送られる方式が考えられる。

上とほとんど同じだが、常識(情報)を用いた(参照した)通信も興味深い。同報、逆同報、多地点双方向同時通信、あらゆる移動体通信、タイムラグ通信、予測によるメッセージ通信など様々なものが考えられる。

学習システムの場合、例、比喩、類似物、疑似体験、実体験情報を提供したり探索する必要がある。また学習者の表情を双方向に送りあうのも有効と考えられる。この様な方式を可能とする通信技術は重要なインフラストラクチャーとなる。

5. 要素および基本技術項目と評価

本格的な知的CAIシステムを構築するのに必要な要素、及び基本技術の項目を表2に示す。なお、4つのジャンル分けを行っている。

また試みとして実現の難易の評価値を加えている。ここでは位置について大きくウィンドウ:w、背景基盤:f、インフラストラクチャー:iという表示を使い、実現の難易度について

- a:現状をベースとして実現が十分に見込める-applied AIのレベルに相当、
- b:新たな技術開発が必要だが、見通しは立つ-week AIのレベルに相当、
- c:見通しは立たないが解決が予想される-これもweak AIのレベルに相当、
- d:技術的又は作業量的にかなりの困難が予想される-strong AIのレベルに相当
という表示を行う。

●ジャンル0 知的CAIの要素技術・基本技術項目 [1]でまとめたものであり、全てがi、いくつかはf項目である。iは省略する。

●ジャンル1 知的CAI第5要素-背景基盤構築技術項目 -

全てがf、ほとんどがiである。両記号ともに省略する。

なおここでの項目をもう一段階整理すると、以下のようになる。

④学習機能(主には3要素の学習)

⑤学習単位づくり(理解の単位、マルチメディアの単位化、AR、学習方法、ストーリー性、メディアMIX化等)

⑥基盤(DBとネットワーク)(知識・非知識あるいはESそのものの通信も含む。内、外DBも)

⑦ウィンドウ(学習者モデルとCW対面生成、双方入出力)

●ジャンル2-1 ウィンドウ上学習者モデル構築技術項目

全てがw故記号を省略

●ジャンル2-2 ウィンドウ上学習情報構築技術項目

全てがw故記号を省略

6. まとめ

大規模で内容的に見てもAIの限界にせまるほど本格的な知的CAIシステムの構築を目指して、システムの特徴、システムの体系・構成、要素・基本技術について説明した。ここではまず内容的に不足した部分として、人間の知の基本的項目(存在する知識、知識の形態、学習、理解等)とその疑似実現について述べる。AIシステムでは究極的に人間の知に代替する機能として大規模知識と理解機能、学習機能が求められる。大規模知識については従来からの論理中心の知識実現方法につながるものとして(巨大)テキストベースを介在させるのが自然と思われるが、それと並べか又はその前後に(巨大)マルチメディアベースを置いてみたい。すなわちマルチメディア表現をもとにした理解や学習の疑似実現に大きな可能性があると思われる。

さて、本報告ではAI技術を中心とした関連技術を網羅的に述べることになった。今後は内容をさらに発展させたいと思う。

参考文献

- [1] 吉川：知的CAIの要素技術についての一考察 電子情報通信学会技術研究報告 ET90-② (1990)
- [2] 吉川：知的CAIの2つのlearningに基づくシステム検討 CAI学会第15回研究発表大会論文集(1990)
- [3] 吉川：「状況」についての検討 CAI学会第29回研究会予稿 (1990)
- [4] Lenat, D.B.: Building Large Knowledge-Based Systems Addison-Wesley (1990)
- [5] Wenger, E.: Artificial Intelligence and Tutoring Systems Morgan Kaufmann(1987)
- [6] 情報処理学会：情報処理 特集マルチメディアデータベース vol28, No.6 (1987)
- [7] 情報処理学会：情報処理 特集分散処理技術 vol 28, No.4 (1987)
- [8] 情報処理学会：情報処理 特集演繹データベース vol 31, No.2 (1990)

表1. 従来の知的CAIと本格的知的CAIとの対比較表

目的	従来の知的CAI	本格的知的CAI (2-learning及びその拡張)
目的	「教育」システム 1:1の高度個別を目指す1:1の2方向主導とはいうもの教師(234)主導が主	「学習」システムが可能 1:1の高度個別に加えてn:1, n:nも可能 先生(234) : 生徒(123) : 教材(123) : 教師(234)主導も可能
234の範囲	閉じている	開いている (234)は教材を相対に行く 賢くなる情報の提供の仕方がよくなる)
教材(教材すべき知識)	固定 人が手で作る 閉じている	左に加えて 情報を加工して提供する 234が作る 更新され、新鮮 開いている
教授(学習)戦略	固定	左に加えて 学習の状況・効果の測定から234 自作が戦略を学ぶ。234が作る。開いている
学習者234	類型はあるか仕組み 定で作られている	学習状況の234から234が234を作る よくなる人間のある条件・状況での 学習者234を得る よくなる人間のある条件・状況での 学習者234を得る これらから問題を回路的に探ったり、分析を して情報を提供したりする234を行う。
234の2	1:1による自然言語234	左に加えて 動物的な234の選択・学習 的的な234の単位での234 出力の多様化と工夫(表情・動作 etc...)
234の大きさ(234)		234の234により広げられる 可能 例えば15人の学生が広域分散し、同時に多様な 教材内容を学習。学習環境に加え、体系的な 仕組みが出来上がるという所で評価
評価		例えば15人の学生が広域分散し、同時に多様な 教材内容を学習。学習環境に加え、体系的な 仕組みが出来上がるという所で評価
問題解決能力	教材(234)はあり、234	授業について、問題解決の知識としては学習 者234から得る
学習能力	234にはなし	ある程度は持つ
理解能力	なし	なし
知識の量	比較的狭く深い	広く、量も深い234による知識 量の事例実行による234が得られる。学習 者の234、種々の判断と指導が事例234で得ら れる
特性・性格		機械234で可能な範囲を最大限広げるもの (234) 従来の知的CAIの234を234するもの 234に学習機能

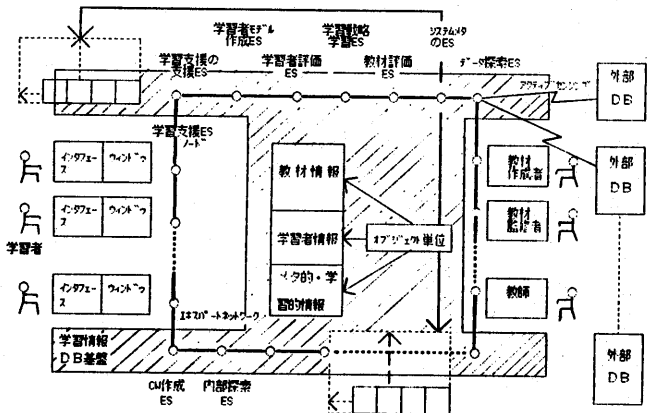


図1. 学習情報 DB基盤関連図

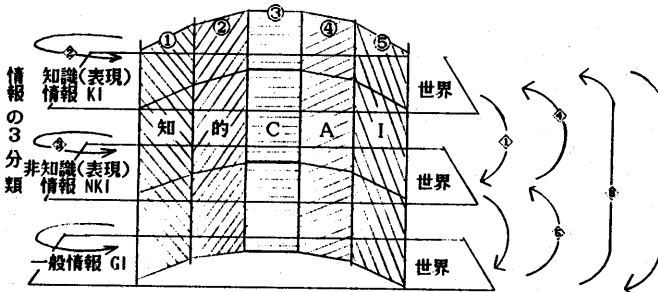


図2. 情報と世界とlearningと知的CAI

- 知的CAI5要素
- ① 学習内容
 - ② 戦略
 - ③ 学習者234
 - ④ インタフェース
 - ⑤ 背景基盤
- learning15
- ① KI→NKI
 - ② KI→KI
 - ③ NKI→NKI
 - ④ NKI→KI
 - ⑤ GI→NKI
 - ⑥ GI→KI

表2. 要素および基本技術項目と概要

(1) ジャンル0 知的CAIの要素技術・基本技術項目		難易度等
①複数計算機構成	協調してより高度な問題解決にあたる。7400構成、ES2ネットワーク、知的な分散DEと整合する。4700機能も実現する。	f, a
②7400の表現	対象についてのE7400を持ち学習機能によりその内容を更新する。対象のふるまいの判断、予測ができ、より上位からの対象の操作、E7400等の有効な情報の提供ができる。	f, b
③問題解決機能の実現 ：問題解決単位の表現	問題解決を基本の単位として把握し、理解や認識や存在のベースとしようというものである。アプローチとベース化を考える。	c
④学習・変化できる新しい知識表現	知識表現の中に学習・変化できる部分を加えておく考え方や学習変化する知識の一場面としての表現の考え方がある。	c
⑤対象E7400等の表現・記述	7400や定性ミュージックや7400指向など、もともと何らかの情報・形態があり、それを利用したE7400である。	b
⑥ユーロや学習の指定・4700機能まで記述できる新言語	学習する変数や構造、手法、E7400の記述ができ、操作しやすい言語	b
⑦従来型CAIや他の様々な教授法までを含める体系	分散配置させやすい結合を行う。OSで包み込む、4700機能を外から与える、内に与える等の考え方がある。	f, b
⑧常識ベースやマルチメディア(インタラクティブ)とそれと整合する体系	AIの流れにのり向き環境の整備があり、常識ベースはその中心、マルチメディアは人間とのより自然で多様な接点を得るためのもの	f, d
⑨状況ベース、述語(又は知識表現単位)ベース、ユーロベース	状況はある局面であり、それを登録、参照、修正して利用するのがベース。述語は問題解決単位の下位にあり機械上で実現するための要素。ユーロベースはユーロE7400のマルチメディアベース	f, b~d
(2) ジャンル1 知的CAI第5要素 - 学習基盤構築技術項目 -		
①7400の単位	学習情報を持つ。中身は教材情報、学習者情報、4700あるいは学習的・戦略的情報、マルチメディアと整合する。	b
②7400単位からなるDEの構築(内外DEへの探索機能を含む)	KB、DE、マルチメディア全ての性格を持つハイブリッドDE、分散形態をとる。	b
③上記関連学習機能の実現	教材の学習的取得、学習者E7400、戦略、名要素・部品の有効度・利用度の学習から自動的再配置、再構成も含む。知識化および最適化を含む。	b
④存在論的知識表現と学習単位の構築	自然言語の状況・文脈・ストーリーを適用した新しい知識表現	b
⑤マルチメディアでの実現	静・動画・音声・アニメ・CG・ARによる表現技術	b
⑥7400表現	別のメディアへの交換と複写のメディアによる表現	b
⑦論理アプローチ表現や演繹DEによる学習可能知識表現	外部の知識の融合、内部の整合性、学習・変化・成長できる	b
⑧法と通信DEに関するアプローチ	外部のDEを探索するに際しての取り決め	b
⑨分散AI	分散協調問題解決やインタラクティブの最適配置、又は遷移など	a
⑩ES2ネットワーク(名目的ES)の構築	ESの発現に基づく名P.S単位をベースとして連携、協調と分担・分散	a
⑪4700機能の実現	一つは7400/4700、7400/4700/7400の構築、7400/4700/ESの構築、OSのOS等。もう一つとしてlearningをもとにする。4700/4700/7400もこのジャンル。	b
⑫分散DE	集中の逆の概念。7400の最適配置、回線負荷のバランス、利用のバランス、データ分離、独立、重複、冗長、安全、コスト、操作性、制御性に有効性あり	a
⑬7400の7400探索	予測あるいは推論を行いつつながら、知的に、必要な7400を外部DBにまでとりに行く機能	b
⑭マルチメディア入力技術(キーボードからのものと学習者からのもの)	表情、声、動作、視線などの入力技術	b
⑮知識(表現)情報と非知識(表現)情報の交換、即ち知識獲得や学習	非知識情報から知識情報を得る。又は知識化する技術である。機械に使える形に知識化即ち知識表現化を行う。	c
⑯探索で得た知識・非知識情報の検証、DEやKBの認定制度	知識・非知識情報の正しきの検証と認定を機械支援で行う	b
⑰ユーロベースDE	学習者E7400や様々な学習機能に関連してユーロベースを生々として蓄積し参照、利用する。	b
⑱7400と通信の負荷の分散最適化とアプローチ	空間的な分散最適化と時間的な分散を加えて7400/4700的に最適な手法及び手順・規則を作る	b
⑲通信の体系・方式・最適化、自己増殖NW	通信負荷、予測に反応して学習者に自己の形態を変化させる方式	b
⑳エドベースベース、ワズ、フレンド、ユーロベース、暗号	通信回線を伝ってDE又は計算機上で内容を把握する方法及び防く方法	b
㉑分散協調	分散した7400が協調して一つ以上の問題解決をする	a
㉒契約7400	分散処理の一つの形態	a
㉓黒板E7400	上と同様	a
㉔知的メディア交換技術	メディアの意味を読み取り別のメディアに変換	b
㉕知的DB	知的な索引がついたDE	b
㉖知的NW	知識と学習機能を持つ事により、その形態を変える機能を持ちながら最適なサービスが行えるNW	b
㉗マルチメディア(双方向多様)技術	入・出力例えは音声(動画)表情、動作、視線、CG、立体表情、4700/7400など	b
㉘知的表現面での交換技術	例えば4700/7400/7400表現と7400表現との交換。知識や意味論に立脚した技術	c
(3) ジャンル2-1 ウィンドウ上学習者E7400構築技術項目		
①ユーロ表現でのE7400	階層型、マップフィールド型、4700/7400がある	c
②状況(情報)を用いた知識表現をベースにしたE7400	状況理論や存在論を用いた知識表現により記述力の高い学習者E7400が可能となるだろう。	c
③構造的推論によるE7400	7400のもの。AMSを組み合わせたもの。巨大知識ベースの存在を前提とした手法がある	c
④画像などの7400を反映させたE7400	E7400を構成する項目を一つの画像7400の形にして、そこで画像処理的手法、ユーロ的手法等を用いてE7400化する	c
⑤人との類似や差異を用いたE7400	典型的なE7400を多数持っておきこれとの類似や差異を用いる。典型的なものを持たずに任意の対象同志を絞り込んで類似や差異を示す方式も考えられる。	c
⑥学習者E7400の作り方、タイミング、更新、階層化、長期E7400等に関する理論、技術	名種の学習者E7400のうまい使い方の研究と考えればよい。効率のよいE7400を組み合せが得られる	c
(4) ジャンル2-2 ウィンドウ上学習情報構築技術項目		
①評価技術	分野・対象・目的により、評価に必要な内容項目、観点が大きく異なる。評価の評価を含む	b
②戦略についての研究	組み込みであれ、学習的取得であれ、有効な戦略の意味あいを把握する必要がある	b
③マルチメディア手法	従来のメディアに加えて、認識感、融合、多量化、最適化を考える	c
④学習単位の最適化	知識や問題解決の単位からのアプローチと人間が認知的に理解する側からのアプローチが考えられる。	b
⑤学習者との同期技術	3700時間/日と少し長い時間・期間/日での学習者の学習進捗過程との同期を考える	c
⑥7400と背景側との知識・情報の分担	DEとNWとCPUの負荷の分担。膨大な数の7400/7400構成の場合と数個/7400では必ず分担の仕方が変わる	b
⑦7400と背景側との機能の分担	名種の分担方式、具体的にはESをどこにおくかを考える。	c
⑧学習者7400各機能のモード	7400全体の運用の中でモード変化の把握が重要である。これにより最適化がはかれる。	b
⑨学習者から手書きや動作入力等も含めた7400/7400の機能	学習者からの自然な情報・感情・意図の取得を考える。手書き、動作、マルチメディア入力あるいは表現による確認など	c