

基礎ソフトウェア実証システム

ICOT 第五研究室 藤井裕一

課題と活動概要

- **知識システム構築技術の研究開発**

次世代エキスパートシステムの構築に必要な基本技術／ツールの研究開発

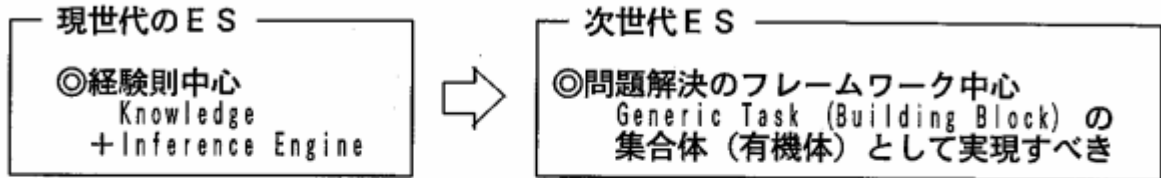
○次世代ツール要素技術の調査・研究開発

- **ICOT 成果の実証研究**

○実験的エキスパートシステムの開発

次世代ツールの研究

●イメージ



●動向： 解析型問題 → 合成型問題

○解析型問題： 診断、制御

Given: システムの構造、サブシステムの特徴→システム全体の特性を推測

○合成型問題： 設計、計画

Given: システムの特性→システムの構造とサブシステムの特徴を決定
基本的には組合せ問題 →組合せ的爆発の回避

次世代ツールへの期待 → 知的な推論制御技術の確立

●要素技術の検討

- ① 設計型エキスパートシステム
- ② 仮説推論
- ③ 分散協調型問題解決
- ④ 深い知識の利用/定性推論
- ⑤ 知識獲得支援

●WG/SWG

[62年度]

KSS-WG (知識システムソフトウェアWG) : 石塚満 (東大)

- ・設計型エキスパートシステムSWG : 長澤勲 (九大)
- ・仮説推論SWG : 石塚満 (東大)
- ・分散協調型問題解決SWG : 小川均 (阪大)
- ・問題解決モデルと知識表現SWG : 小林重信 (東工大)
- ・知識獲得支援SWG : 溝口理一郎 (阪大)

[63年度]

KSSA-WG (知識システムソフトウェアアーキテクチャWG) : 石塚満 (東大)

- ・設計問題のための知識獲得支援SWG : 溝口理一郎 (阪大)
- ・分散協調型問題解決と並列処理SWG : 小川均 (立命館大)

設計型エキスパートシステム

●目標： 設計問題を対象としたアーキテクチャの明確化と構築支援ツールの実現

○所要技術：
・設計プランを考慮したシステムアーキテクチャ
・設計過程における対象の階層的な概念関係の表現方法

○アプローチ

・設計過程モデルの明確化→ 設計対象の分類、基本となる設計タスク
→ 機能・機構
・設計対象モデルの明確化→ 設計型ESの位置付け→対象モデル記述言語

●設計の分類

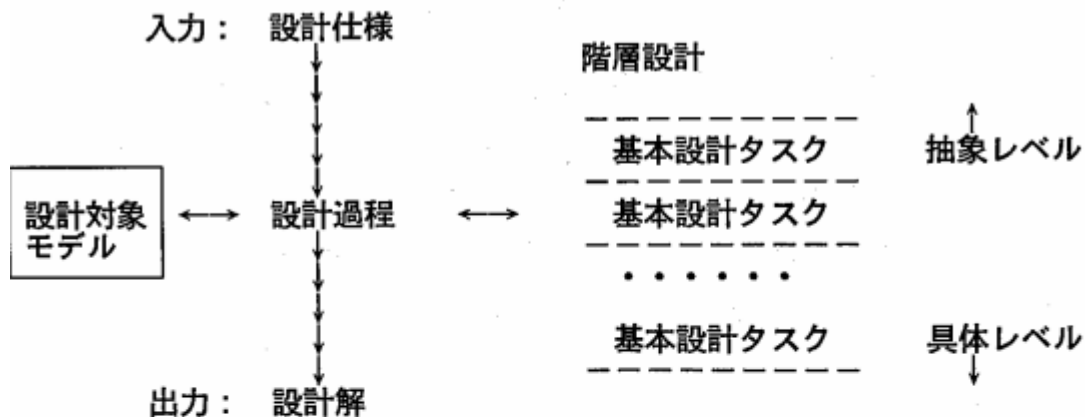
○新規設計： 創造的設計、設計過程の様式化がなされていない
○組合せ設計： 過去の設計結果の組合せ
○パラメトリック設計： 機能/性能仕様 → 構成要素の詳細化

●ルーチン設計の定義

問題分割法や詳細化法などが明確であり設計プランを設定しうるタイプの設計

ルーチン設計 = 組合せ設計 + パラメトリック設計

●設計過程モデルと基本設計タスク



○基本設計タスク

・各設計レベル： プランニング、問題分割、詳細化、最適化、解析・評価
・各設計レベル間/部分問題間： 制約処理タスク

●ルーチン設計における問題解決機構

制約表現を新たな知識表現パラダイムとした設計問題向け E S アーキテクチャ

●制約の分類

- ①生成方式： 静的な制約／動的な制約
- ②重要性： 必須の制約／弱い制約
- ③適用範囲： ローカルな制約／グローバルな制約
- ④変数情報： 値を伝播する制約／値を区間として伝播する制約

- 概念設計： 仕様記述から得られる制約（性能やコストなど）
- 基本設計： 機能記述を実世界に写象するための物理法則や幾何法則など
- 詳細設計： 形状や構造などの決定に関する知識

●所要機能

- ①（階層化）生成・検査法
- ②制約伝播機構
- ③部分問題間の制約のインタラクションの最小化と制約の最小拘束原理
- ④FRH（失敗回復）処理とその説明機能
- ⑤制約の緩和と選択
- ⑥依存関係の保持と管理機能
- ⑦制約評価のモニタリング機構

●設計対象モデル

- 概念：
 - ・設計対象に関する情報や知識を表現したもの。
 - ・設計におけるマルチエキスパートの中心的存在
→設計とはモデルの取捨選択、修正、詳細化等の繰返し
- 性質：
 - ・対象によりモデルの表現方法が異なる
 - ・設計段階のレベルによるモデルの変化
 - ・設計観点の相違による異なるモデル表現
 - ・様々な部品の構造的組合せによる制約条件の存在
- 所要機能：
 - ・表現力の高いモデリング機能
 - ・ビュー変換機能

●対象モデル記述言語

- ・オブジェクト指向の枠組みを基本 + 制約の満足化機構等の付加

○機能

- ・物理的構成以外に概念的構成の表現をサポート
- ・構造や属性を頻繁に変更・修正する動的変更のための機能
- ・制約満足化処理の自動化
- ・ビュー変換機能

仮説推論を用いた問題解決

●仮説推論とは： 不明であり不足しているデータ／知識をとりあえず真として
(仮説と見たてて) 推論を進める推論形式

●検討課題： ①仮説推論システム・アーキテクチャ

②仮説推論の論理的枠組み

③仮説探索アルゴリズム

●仮説推論システム・アーキテクチャ

○従来の仮説推論 (広義の解釈) の研究

(1) 不確実性の扱い

(2) TMSs (Truth Maintenance Systems)

JTMS (Justification-based TMS) / ATMS (Assumption-based TMS)

(3) 論理的推論による仮説選定

(4) 非単調推論

○目標： 仮説推論の統一的枠組みの構築 ← (2) ~ (4) の関係の明確化

●APRICOT

(Assumption-based PROblem solving Interface for COnsistent Theories、又は
Assumption-based PROblem solver in ICOT)

○目標システム／留意点：

①深い知識 (構造や機能)、常識 (物理法則など)、及び制約知識などの
問題領域に固有の知識を利用することにより仮説の生成・列挙を自動的に行い、
従来のヒューリスティックルールを重視した問題解決よりも知的であること。

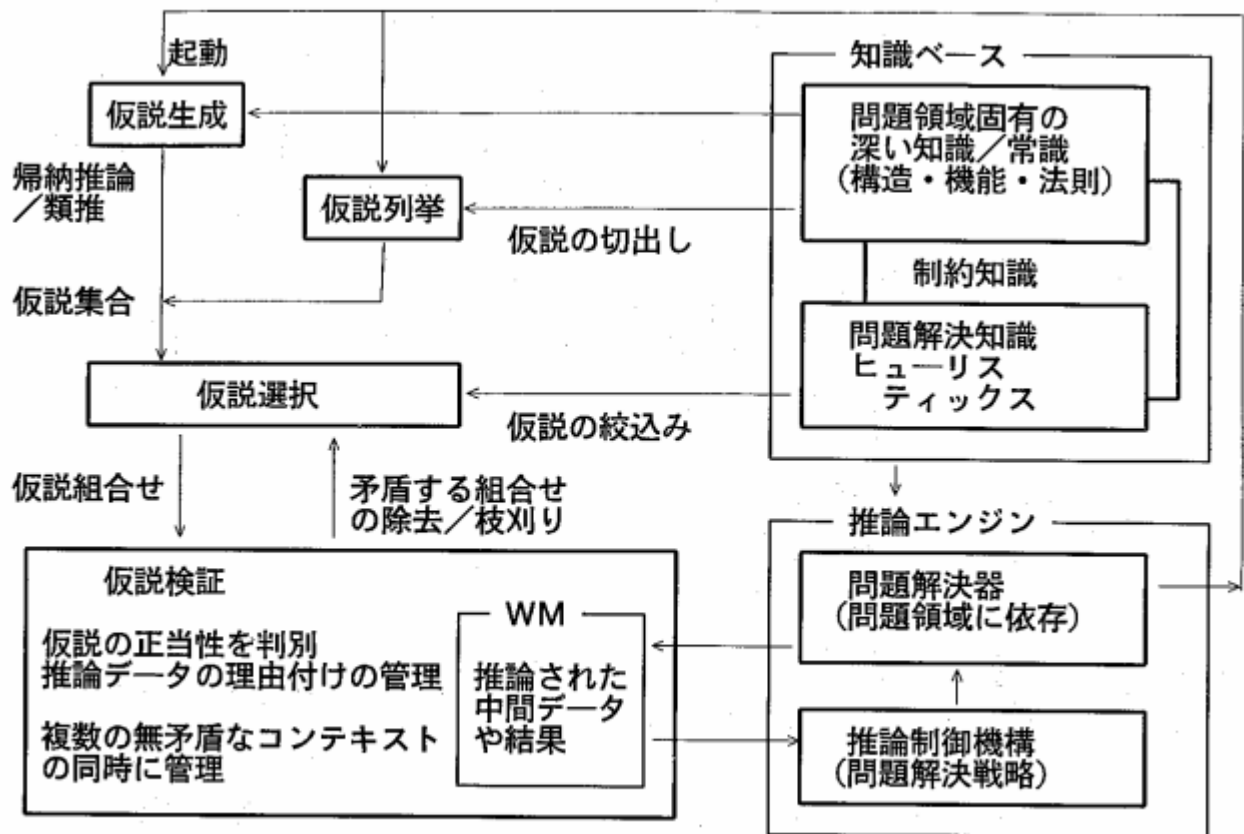
②推論制御のためのメカニズムを、仮説推論機構と領域に依存した問題解決器の
中間に位置づけることにより効率面での改善を図る。

○応用

・診断： 観測や目標を説明するための無矛盾なコンテキストを
目標指向的に仮説を追加しながら形成。

・計画： 制約を満足するパラメータ値を仮説として無矛盾なコンテキストを形成。

・設計： 階層構造を持つ複数の設計モデルをコンテキストとして管理。



APRICOTの概念構成

分散協調型問題解決

●活動概要

- 概念的イメージの明確化
- 技術課題の洗出しと解決手法の方向づけ

●概念的イメージ

- 自律的なエージェント (Problem solver)
 - 制御及び知識の分散
- 動的なエージェントネットワーク
 - エージェント間の一時的な契約関係による動的な組織化
- エージェント間の協調活動
 - タスクシェアリング/リザルトシェアリング
 - コーペレイティブ/コーディネイト

●期待される効果

- マルチプル・ディシジョンによる問題解決能力の向上
- タスク分割の可能性

●技術課題

- コヒーレンシーの保証
 - ・各エージェントの行動戦略
 - ・エージェント集団内での共通知識
- エージェント間の動的な組織化を実現するための
ネゴシエーション・メカニズム／プロトコル
- 解の妥当性保証、停止性
- 処理性能、並列処理、同期処理
- 実現環境、アーキテクチャ

深い知識の利用／定性推論

●深い知識の定義

相対的により普遍的な原理・原則に近い基本的な知識、
もしくは対象の構造や機能の記述に近い一般性のある知識

●効果： ○浅い知識の自動生成／知識の完全性

1つの知識のカバーレンジの拡大／予期出来ない状況への対処

○因果性の理解・説明： 優れた推論説明機能の実現

●定性推論

- ・深い知識の利用を目的とした推論機能の実現手段
- ・量に関する情報を定性的に表現し、システムの振舞いを解析する

○挙動推論指向： 定性微分方程式による系の挙動のシミュレーション

- ・代表例： QSIM、Confluenceに基づく定性推論
- ・ICOT： サブシステムへの分割・階層化の検討

○因果理解指向： 系の状態とその遷移の表現・理解に重点をおく

- ・代表例： QPT
- ・ICOT： Qupras (ICOT) の試作・評価

● Q u p r a s (Q u a l i t a t i v e P h y s i c a l R e A s o n i n g S y s t e m)

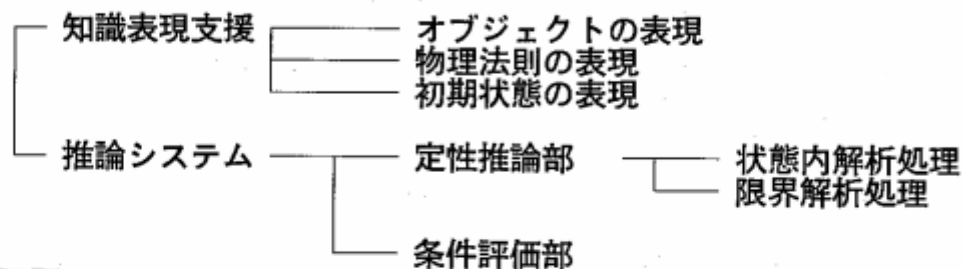
物理法則レベルの知識を基本知識として、系を記述する連立微分方程式を作りながら以下を推測する。

- ①物理システムを構成するオブジェクト間の関係
- ②次の時刻に系全体として何が起るかの状態の遷移

○特徴

- ①物理法則に相当する知識を統一的に扱う
- ②物理法則の式を定性化せずにそのまま記述できる
- ③量空間のような宣言不要
- ④物理量が変化している状況での推論・表現が可能

○構成



○今後の課題

- ①物理法則を記述するためのより良いプリミティブ
- ②連立不等式を解くより良いアルゴリズムの導入
- ③階層化オブジェクトの導入による物理法則定義の一般化

●物理系のサブシステムへの分割・階層化による定性推論

○大規模・複雑な物理系の定性推論システムに対する最重要課題

○系の分割の種類

①定性挙動の時間スケールによる階層化

- ・遅い変化を中心に扱う系： 収束の速い微分方程式を平衡方程式に近似
- ・急な変化を中心に扱う系： 変化の遅い変数を定数に近似

②構成要素・部品への分割・階層化

- ・各部分系で推論された挙動の定性的時間の同時性の整合

③物理現象別の分割

- ・複数の物理現象から構成されている機械・装置
EX. サーモスタット： 電気回路、機械系、熱伝導系から成る

知識獲得支援システム

- 知識獲得： 知識源（人間の専門家など）から効率良く知識を収集・整理し知識システムの知識ベースを構築すること。
- 基本要素：
 - ・知識源に接し情報を集めるインタフェース
 - ・獲得のための知識表現
 - ・知識を連想させる方法とインタビュー戦略
 - ・獲得した知識のリファイン方法
 - ・知識表現の変換
 - ・知識ベースの管理（矛盾や冗長の除去、不足の検出）

●システムの形態

○能動的（対話型）知識獲得支援システム

- ・インタビューを通して対話的にシステム主導で行う
- ・EPSILON/EM、CTAS

○受動的（解釈型）知識獲得支援システム

- ・プロトコル解析、テキスト解析

●EPSILON/EM

専門家モデルに基づく知識獲得支援システム

○KEの知識獲得過程 → 一種の知識表現モデルの構築とみなす

- ①目的とするESのイメージを形成 → 知識構造のモデリング
- ②イメージを具体化し知識ベースを構築 → モデルの具体化

○専門家のタスク： 基本知識（対象知識）、メタ知識（戦略的知識）

○ジェネリックオペレーション

- ・選択、分類、ソート、組合せ、変換、入力、出力

- ・構成：

ソース要素グループ	(評価対象)
エバリュエータ	(評価機構)
デスティネーション要素グループ	(評価結果)

・オペレーション属性

- ・同一作業目的のオペレーション集合情報
- ・エバリュエータ/要素グループ情報
- ・メタスクリプト情報：

<input type="checkbox"/>	プリポストオペレーション情報
<input type="checkbox"/>	推論エンジンに与える推論制御情報

● プリポスト法

専門家モデルに基づく知識獲得法

○プリポスト法の戦略：

あるオペレーションに関係する前後（プリポスト）のオペレーションの連想を専門家に促す。

○プリポスト法による知識獲得過程

- [1] 専門家作業のオペレーションの収集
- [2] プリポストオペレーションの抽出
- [3] プリポスト関係のチェック
- [4] ジェネリックオペレーションとの対応づけ
- [5] オペレーションの融合
- [6] エバリュエータの決定
- [7] ソース要素グループの決定
- [8] 要素の属性と値の決定
- [9] オペレーションのブロック化
- [10] 推論方法の決定

● 今後の課題

- ・ EPSILON / EM の試作・評価
- ・ 対象知識について類型構造のサポート
- ・ オペレーションの階層構造の表現 / 獲得方法
- ・ オペレーション間のコンストレイントの表現 / 獲得方法

実験的エキスパートシステム

	[テーマ]	[技術課題]
合成型問題 (設計/計画)	論理設計 (VLSI)	協調問題解決、仮説推論
	機械設計	制約指向問題解決、仮説推論、 設計対象モデル表現
	電子計算機レイアウト	並列問題解決
	ポートフォリオ	分散協調問題解決
	配送計画	分散協調問題解決
	知的秘書	知識獲得支援
	地図案内	協調問題解決、 ユーザインタフェース
解析型問題 (診断/制御)	電子交換機故障診断	仮説推論
	プラント診断	知識獲得支援
	プラント制御	深い知識に基づく推論