AI 技術を応用した船用動力プラントの エキスパート CAD システムの研究*

赤木新介**, 田中敏幸***, 窪西英俊***
島本幸次郎****, 榎本隆一****

An Expert CAD System for Marine Power Plants Using Artificial Intelligence

Shinsuke AKAGI, Toshiyuki TANAKA, Hidetoshi KUBONISHI,
Kohjiro SHIMAMOTO, and Ryuichi ENOMOTO

An expert CAD system is developed for the design of a marine power plant using the "Artificial Intelligence" concept. Firstly, a discussion is given to understand the general design process and to apply the methodology using computers based on knowledge engineering. It was found that the knowledge base can support most effectively the conceptual design process in which the design solutions are searched using the "design knowledge". Then, an expert CAD system was built for a marine plant design. The CAD system architecture consists of the knowledge base for the design rules of the plant design and the frame type database in which various types of ship's main engines and machineries are stored. The system runs interactively to assist a designer in the synthesis phase of the design. The optimal candidate of an engine and machineries can be determined, selecting trade-offs, selecting candidate solutions and performing design tasks. The expert CAD system developed might also advise an inexperienced designer on the appropriate procedures to solve a design problem.

Key Words: Design Engineering, CAD, Design Automation, Artificial Intelligence, Knowledge Engineering, Expert CAD System, Marine Power Plant

1. 緒 言

最近, AI (Artificial Intelligence) 技術の応用に関する研究がさかんで, これを CAD システムに適用するための研究も試みられ始めている⁽¹⁾. ことに現在の CAD が図形処理や数値計算の領域に限られていることから, これを超える設計シンセシスを支援する知的 CAD のための Tool として AI 技術の一分野である知識工学の応用に期待がかけられている。

しかし, この分野は現在やっと緒についたところである. AI 技術は決して万能な Tool ではなく, これを設計に有効に生かすには, 設計という作業の内容についても地道な研究がぜひ必要である. これに対する一つのアプローチとして設計で行われる情報処理の内容を一般的に説明しようとする試みがなされている⁽²⁾. その意図は重要であるが, 一方で設計には必ず具体的な対象が存在することを考えると, 具体的な設計対象にアプローチすることによって, 逆に設計にひそむ一

般法則を見出す研究もまた大切である. 設計のもつ複雑さと具体的性格を考えると, 上記の両面からの研究が不可欠なように思われる。

本研究は後者の立場に立つものであり, 船用動力プラントの基本設計を対象にエキスパート CAD システムの開発を試みるとともに, これを通じて設計における AI 技術の有効性を検証し, より一般的な CAD システムの開発への足がかりとする。

2. 設計の特質と AI 技術の関連

AI 技術を CAD に有効に生かすには, 設計過程を分析してどの部分に適するかを解明する必要がある. 設計者が行う設計過程は情報処理的に極めて多様で, 明確なアルゴリズムも存在せず, いわゆる Ill-Structured Problem⁽³⁾の典型である. そこで, このような設計問題を分析するために次のように扱う。

まず, 設計過程を設計の進行(プロセス)に従っていくつかの段階に分け, さらにこれらの各段階ごとに対応すると思われる設計手法を対比してみると図1のようになる. すなわち設計過程は, (1)必要機能(Design Needs)の把握, (2)設計案(Design Candidates)の策定, (3)好適案(Acceptable Design)⁽⁴⁾の決定, (4)設計最適化(Design Optimization)のようになる. つ

* 昭和61年11月23日 関西支部第246回講演会において講演, 原稿受付 昭和61年3月24日.

** 正員, 大阪大学工学部 (〒565 吹田市山田丘2-1).

*** 学生員, 大阪大学大学院.

**** 正員, 三菱重工業(株)神戸造船所 (〒662 神戸市兵庫区和田崎町1丁目1-1).

まり設計過程は「要求を満たすいくつかの設計案を策定し、その中からなんらかの評価基準をもとに好適案⁽⁵⁾を決定し、さらに要目や寸法などを最適化する過程である」と定義できる⁽⁴⁾。この中で特に(2)の設計案の策定は、「設計知識」をもとに要求に合う「候補」を選定するところであり、知識工学のもつ「推論と探索」の機能に該当している。さらに(3)の好適案の決定はある評価をもとに好適な案を絞り込む過程で、(2)の中に含めて処理することも可能である。(4)の設計最適化は最終候補の要目や寸法などを適当な設計目標に対して最適化する過程である。この過程は、モデルの構造が明確に定まる場合には数理計画法による最適化

計算が可能であり、構造が定まりにくい場合や非数値的なモデルの場合には知識工学的手法が有効である。

以上のような設計過程の分割は、設計対象によって重点の置きどころは異なるものの一般的に定められるものである。このような分析によって AI 技術(知識工学)に期待できる領域がおのずから明らかになった。

本研究では、特に上記(2)、(3)の過程を支援する柔軟な知識工学的手法の開発を試みるとともに、(4)の過程の最適設計手法とを統合した総合的 CAD システムへの足がかりとする。

3. 船用動力プラントの構成と設計過程

以上の考え方に基づき、具体的なシステムとして船用動力プラントの CAD システムを開発する。

図2に船用動力プラントの構成を示す。これは船の推進の役割を担う主機関(ディーゼル機関、蒸気タービンなど)と軸系・プロペラ、および主機関に付随して船内電力を供給する発電装置(ディーゼル発電機、ターボ発電機など)、さらに船内の熱源となる蒸気発生装置(主機関排ガスエコノマイザ、補助ボイラ)などから構成される複雑なプラントである。

このようなプラントの基本設計過程を図3に示す。まず与条件として船体部の仕様から「船の種類」「船速」「プロペラ回転数」「所要推進動力」「電力および熱需要」などが与えられ、これらをもとに設計が進められる。図の第一段(1)では所要動力を満たす主機関の種類、

図1 設計プロセスと設計支援技術

図2 船用動力プラントの構成

図3 船用動力プラントの基本設計過程

台数、要目などが検索・選定される。これらはすべて設計者の有する「設計知識」をもとに行われている。第二段(2)の主機要目の最適化では燃料消費量と初期価格(主機価格)の総コストの最適化が行われる。第三段(3)では、プロペラ・軸系計画が行われ、推進効率をもとに主機出力と推進力(プロペラ)とが関連づけられる。軸系についてはアライメントの決定、ねじり振動のチェックなどが行われる。第四段(4)では、船内の電力・熱供給プラントの計画における構成機器の選定が行われ、さらに第五段(5)では、これらの機器の組合せに対してコストなどの経済性を最適化する機器要目の決定が行われる。以上の設計過程は、構成機器の選定と最適化を含む複雑な過程であるが、基本的には図1のような探索と最適化から成立している。このようなプラントのうち電力・熱供給プラントの個所の最適化については、すでに数理計画法の適用をはかってきたが⁽⁶⁾、本研究では、図3の過程の中、第一段の主機関計画を主体にエキスパートCADシステムを研究する。

船の基本設計では、船主の要求に応じて短期間に数多くの船の設計案が検討されるが、その都度、対応する船用動力プラントの計画を並行して迅速に進める必要があり、ここに設計経験者のもつ知識を導入してタイミングよく計画を行うことのできるエキスパートCADシステムの開発の強いニーズが存在する。

4. エキスパートCADシステムの内容

4.1 システムの構成と機能 図3に示した設計過程に対応するエキスパートCADシステムを図4のように構成する。このシステムは、全体の流れを制御する「①デザインエンジン」、設計の過程を随時把握する「②プロセスメモリ」、設計知識を貯える「③知識ベース」およびプラントを構成する主機関や機器の候補のデータを作成、保持するための「④データベース」からなる。知識ベースに貯える設計知識は、プラントの設計者のもつ専門知識をルールとして記述したもので、よく知られた「If-then」形式をとっている。また「デザインエンジン」という名称は、一般のエキスパートシステムの推論エンジンにちなんで名付けたものであり、設計のプロセスを制御する。これによってプロセスメモリとルールのIf部(条件部)のパターンマッチングが調べられ、マッチするとそのルールのthen部(処理部)が実行される。ルールの処理部は主にLISP関数によって構成されている。処理部の主な内容はプロセスメモリの更新、データベースに対する検索、更新、計算、設計者に対するメッセージの表示、設計者の入力する値のとり込みなどである。設計プロセスの進行に伴ってプロセスメモリが更新され、これによりマッチングするルールが換わり、データベース内に主機関などの標準データをもとに候補となる機器の

図4 船用動力プラントのCADシステムの構成

データが逐次作成されてゆく。これらのデータはすべて次節に述べるようにフレーム形式で表現される。

以上のようにルール部が推論を、データベース部がルールに基づいて検索される内容をそれぞれ受け持っている。このようなシステムの構成は通常のプロダクションシステムに類似しているが、「診断」などのシステムの場合に比べると処理の手順がデザインエンジンによって明確に定められている。また、以上のような処理内容は、2章に述べたように一般に「設計案の策定」の過程を支援するものであるが、本設計対象の場合は、比較的設計プロセスが明確な問題であり、特にこの過程に重点のある種類の設計であるといえる。これは一般にプラントなどの基本設計によくあてはまると思われる。

4.2 設計知識（ルール）および各データの表現

主機関の選定に関するルールの一部を示しておく。ほとんど If, then 形式で表現が可能である。

「船の種類がタンカーまたは LNG 船で、所要動力が 55 000 PS 以上の場合のみ主機関の種類をタービンとし、それ以外はすべてディーゼルとする。」

「船の種類がフェリーならば中速ディーゼル、それ以外ならば低速ディーゼルとする。」

「所要動力が 55 000 PS 未満ならば主機関の台数は 1 台とし、55 000 PS 以上ならば 2 台とする。」

「所要動力とプロペラ回転数に見合う主機関の候補が四つ以上あれば、燃料消費量と初期コストの観点から各ベスト 3 の候補を設計者に推奨する。」

「主機関が選定されると主機関の振動対策を検討し、

```
[RULE2-4 (REQ-POWER $P)
  (!SMALLER-THAN $P 55000.0)
  (!ABSENT (KIND-OF-M*E #))
  --> (!POPUP-PM (KIND-OF-M*E DIESEL)))]

[RULE3-1 (KIND-OF-M*E DIESEL)
  (KIND-OF-SHIP $X)
  --> (!POPUP-PM (KIND-OF-M*E DIESEL-MIDSPEED)))]

[RULE3-2 (KIND-OF-M*E DIESEL)
  (KIND-OF-SHIP $X)
  (!NOTEQUAL $X FERRY)
  --> (!POPUP-PM (KIND-OF-M*E DIESEL-LOWSPEED)))]

[RULE4-1 (KIND-OF-M*E DIESEL-LOWSPEED)
  (REQ-POWER $P)
  (!GREATER-THAN $P 55000.0)
  --> (!POPUP-PM (NUMBER-OF-M*E TWO)))]

[RULE4-2 (KIND-OF-M*E DIESEL-MIDSPEED)
  (REQ-POWER $P)
  (!GREATER-THAN $P 55000.0)
  --> (!POPUP-PM (NUMBER-OF-M*E TWO)))]
```

図 5 プロダクションルール（設計知識表現）の一部

バランス等の要否を設計者に知らせる。」など、……。

以上のようなルールを記号化し、LISP の処理に乗るようにしたもの例を図 5 に示す。一つのルールは〈ルール名〉〈条件部〉→〈処理部〉の形式をとる。

次に各機器等のデータは図 6 に示すようにフレームの表現をとる。主機関の例では、シリンダあたりの出力、回転数、主要寸法などがスロットになっている。このような標準要目データをもとに作成される主機候補データは図 4 のように AKO (A-Kind-Of) スロットでつながっている⁽⁷⁾。これより標準データ（上位レベル）から作成された候補データ（下位レベル）は、標準データのもつ情報を伝承することができ、前者から後者を自動的に検索し参照することを可能にしている。

4.3 CAD による処理の過程

知識をもとに主機関の選定が進められる過程は次のようである。一般の知識処理がそうであるように⁽⁸⁾、設計プロセスでも始め漠然とした内容から次第に具体化が進む。この場合にも主機選定の過程として、非数値的な設計知識からスタートして次第に内容が絞られ最後には数値的処理に至る。つまり知識工学でいうルール形知識から手続き形知識へと進む。4.2 節に記したルールの例でも「ルール形」知識から次第に「手続き形」知識へと進んでいる。図 7 はシステム中の処理の例として「標準主機関データ（フレーム）から、所要動力 P とプロペラ回転数 n によって主機関候補を選定する」プロセスを説明したものである。主機関の使用可能範囲は各機関の種類ごとに図 (a) の台形のように定められており、要

Standard Data (Main Engine)

```
(ENGINE (TYPE (VALUE (UEC60LA)))
  (BURE (VALUE (1600.0)))
  (STRONE (VALUE (1900.0)))
  (SPEED (VALUE ((R1 110.0) ((R2 110.0) ((R3 96.0) ((R4 82.5))))))
  (FUEL-CONSUM (VALUE ((R1 122.0) ((R2 117.0) ((R3 122.0) ((R4 117.0))))))
  (FUEL-CONSUM (VALUE ((R1 119.0) ((R2 117.0) ((R3 119.0) ((R4 117.0))))))
  (HEIGHT (VALUE (10830.0)))
  (LENGTH (VALUE (3450.0)))
  (LENGTH (VALUE (3450.0)))
  (LENGTH (VALUE (3450.0)))
  (PLUS 6100.0 (TIMES 1110.0 (*0.1F H 4))))))
  (POWER-PER-ONECYLINDER (VALUE ((R1 2100.0) ((R2 1518.3) ((R3 1848.0) ((R4 1134.0))))))
  (CYLINDER (RANGE (4 8))))
```

Candidate Data (Main Engine)

```
(ENGINE (AKO (VALUE (UEC60LA)))
  (REQ-POWER (VALUE (11000)))
  (REQ-RPM (VALUE (0.85403077E+02)))
  (DRAFT (VALUE (10)))
  (HEIGHT (VALUE (0.1083E+04)))
  (LENGTH (VALUE (0.345E+04)))
  (LENGTH (VALUE (0.345E+04)))
  (CYLINDER (VALUE (7)))
  (POWER (VALUE ((R1 0.147E+03)
    ((R2 0.10628E+03)
    ((R3 0.12936E+03)
    ((R4 0.7938E+03))))))
```

Selected Main Engine Data

```
(ENGINE (AKO (VALUE (UEC60LA)))
  (REQ-POWER (VALUE (11000)))
  (REQ-RPM (VALUE (0.85403077E+02)))
  (REQ-SPEED-OF-SHIP (VALUE (18)))
  (FUEL-CONSUMPTION (VALUE (0.12127634E+03)))
  (PRICE (VALUE (0.441E+09)))
  (MAX-POWER (VALUE (0.147E+03)))
  (HEIGHT (VALUE (0.1083E+04)))
  (LENGTH (VALUE (0.345E+04)))
  (LENGTH (VALUE (0.345E+04)))
```

図 6 主機関の要目データ（フレーム表現）

図 7 主機関選定プロセスの例

```

##### EXPERT DESIGN SYSTEM #####
=== INITIALIZATION ===          CADシステムの初期化

>>> INPUT RULE-BASE FILE NAME.  ルールの登録
RE15

## NOW YOUR GOAL IS CHANGED! PLANNING ->
                                SELECTING-MAIN-ENGINE
*** CURRENT PROCESS MEMORY ***
(GOAL SELECTING-MAIN-ENGINE)   目標を"主機関選定"に設定する。
(OBJECT POWER-PLANT-OF-SHIP)

!!!! MATCHED : RULE = RULE1

>>> WE REFER TO THE RESULT OF HULL-DESIGN.
>>> INPUT KIND OF SHIP.
(EX. CONTAINER-SHIP, TANKER, LNG, FERRY, CARGO-SHIP, ...ETC)
CONTAINER-SHIP                船舶種類の入力。

>>> INPUT REQUIRED SPEED OF SHIP [KNOT]
21.0                          船速の入力

>>> INPUT REQUIRED POWER [PS]
20000.0                       所要出力の入力

>>> INPUT DIMENSION OF DRAFT (KISSUI) [M]
11.2                          吃水の入力

*** KIND OF SHIP = CONTAINER-SHIP

!!!! MATCHED : RULE = RULE2-3

## KIND-OF-M*E IS DECIDED AS DIESEL 主機関の種類が
                                   "ディーゼル"に決定された。

*** CURRENT PROCESS MEMORY ***
(KIND-OF-M*E DIESEL)
(DRAFT 0.112E+02)
(REQ-POWER 0.2E+05)
(SPEED-OF-SHIP 0.21E+02)
(KIND-OF-SHIP CONTAINER-SHIP)
(GOAL SELECTING-MAIN-ENGINE)
(OBJECT POWER-PLANT-OF-SHIP)

>>> DO YOU WANT TO KNOW DETAIL OF THE RULE ?
Y
***** RULE2-3 *****
IF KIND-OF-SHIP IS SX
AND KIND-OF-M*E IS NOT DEFINED
AND SX IS NOT EQUAL TO TANKER
AND SX IS NOT EQUAL TO LNG
THEN SET KIND-OF-M*E -> DIESEL
*****

```

```

!!!! MATCHED : RULE = RULE6

## NOW M*E-CANDIDATES WILL BE DECIDED.

>>> OK! I FOUND CANDIDATE OF MAIN-ENGINE.
4 ENGINES SATISFY THE REQUIREMENT.
*** CANDIDATE-OF-ENGINE ***
#1 -- 8RTA84
#2 -- 7RTA84
#3 -- 6RTA84
#4 -- 5RTA84
#5 -- 9RTA76
#6 -- 8RTA76
#7 -- 7RTA76
#8 -- 6RTA76
#9 -- 9RTA68
*****

ルールによって選ばれた9台の主機関候補。
この時点でこれら9候補のフレームデータが
データベース内に作成されている。

*** CURRENT PROCESS MEMORY ***
(M*E-CANDIDATES (/8RTA84 /7RTA84 /6RTA84 /5RTA84 /9RTA76 /8RTA76 /7RTA76 /6RTA76 /9RTA68))

!!!! MATCHED : RULE = RULE10

## NOW MAIN-ENGINE WILL BE DECIDED.
>>> I RECOMMEND NEXT 3 CANDIDATES
FROM POINT OF FUEL-CONSUMPTION. [GRAM/PS/HOUR]
(/8RTA84 : 0.12E+03) 燃費率のよいものから
(/7RTA84 : 0.12065942E+03) 3候補を表示
(/9RTA76 : 0.12153998E+03)

>>> AND I RECOMMEND NEXT 3 CANDIDATES
FROM POINT OF CHEEPER PRICE. [YEN]
(/6RTA76 : 0.61824E+09) 本体価格の安いものから
(/5RTA84 : 0.637E+09) 3候補を表示。
(/7RTA76 : 0.72128E+09)

>>> THERE IS NO CANDIDATE WHICH BOTH OF
FUEL-CONSUMPTION AND PRICE ARE GOOD.
>>> THEREFORE I CALCULATE TOTAL-COST. 燃費面、本体価格面の
                                        両方共経済的な
                                        候補が存在しないので、
                                        総コストを計算する。

>>> INPUT FUEL PRICE [YEN/KG]
50.0 燃料単価の入力

>>> INPUT VOYAGE-TIME [HOUR/YEAR]
5000.0 年間航行時間の入力

>>> INPUT THE RATE OF INTEREST
0.1 利率の入力

>>> INPUT CAPITAL RECOVERY YEARS [YEAR]
10.0 償却期間の入力

>>> I RECOMMEND NEXT 3 CANDIDATES
FROM POINT OF TOTAL-COST. [YEN]
(ENGINE TYPE : TOTAL COST)
(/5RTA84 : 0.72189213E+09)
(/6RTA84 : 0.73256549E+09) 総コストの良好な3候補を表示。
(/6RTA76 : 0.73561571E+09)

>>> CONSIDER ABOVE, AND SELECT MAIN-ENGINE.
>>> INPUT NAME OF MAIN-ENGINE.
5RTA84 設計者による主機関選定

!!!! MATCHED : RULE = RULE13

## VIBRATION-CHECK IS DECIDED AS OK
>>> 1ST-ORDER VERTICAL UNBALANCE WILL BE
GENERATED WITH 10 % AMPLITUDE
OF THAT OF 4 CYLINDER TYPE ENGINE.
>>> 1ST-ORDER HORIZONTAL UNBALANCE WILL BE
GENERATED WITH 10 % AMPLITUDE OF 1ST-ORDER VERTICAL
UNBALANCE'S AMPLITUDE OF 4 CYLINDER TYPE ENGINE.
>>> 2ND-ORDER VERTICAL UNBALANCE WILL BE
NECESSARILY GENERATED WITH GREATEST AMPLITUDE
OF ALL THIS TYPE OF ENGINE.

*** CURRENT PROCESS MEMORY ***
(VIBRATION-CHECK OK)
(CYLINDER 5)
(PRICE-OF-M*E 0.637E+09)
(GOAL SHAFTING)
(MAXPOWER-OF-M*E 0.2275E+05)
(MAIN-ENGINE /5RTA84)
(MAKER-OF-M*E NOT-DESIGNATED)

1次振動は大きくないが、
2次振動についてはこの
型式のものうち不均衡
偶力が、最大となる。
振動チェックが終わった。

!!!! MATCHED : RULE = RULE16

## NOW PRICE-OF-M*E WILL BE DECIDED.
## EXTERNAL-COUPLES-CHECK IS DECIDED AS OK
>>> 2ND ORDER BALANCER IS NEEDED.
>>> YOU SHOULD EQUIP BALANCERS FOR IT.
(STANDARD EQUIPMENT)
>>> THE PRICE OF MAIN-ENGINE INCLUDING
BALANCERS IS INCREASED TO 0.667E+09 [YEN]

*** CURRENT PROCESS MEMORY ***
(EXTERNAL-COUPLES-CHECK OK)
(PRICE-OF-M*E 0.667E+09)
(LATERAL-ROCKING-CHECK OK)
(VIBRATION-CHECK OK)

2次振動対策として、
バルancerを装着せねばならず、
そのため主機関の価格を上昇
させている。

```

図 8 CAD システムの実行例

求される P と n の値をその範囲に含む種類が選定される。同じ機関でも P, n の位置により図(b)のように燃料消費率が異なるので⁽⁹⁾、複数の対象候補があれば各々の燃料消費率が計算され、さらに機関自体の初期価格を総合的に判断して(総コストを算出)、最終的な機関が選ばれる。

5. CAD システムの実行例

本システムは探索を基本とする一種のプロダクションシステムである。CAD プロセスは“目標”が定められて各ステップごとに対話形式で進行する。必要な時にはシステムが設計者にメッセージを出力して値の入力を促し、その値をプロセスメモリにとり込む。そして最終的にデータベース内に作られた機器データをもとにプラントが構成される。新たな標準機器データを入手すると、その都度データベースに登録し、新しいタイプの船の設計を経験すれば設計知識の内容がふえる。システムへの知識の登録はベテラン設計者が行う。

図8は実行例である。対話式に進められ、>>>がシステムからの応答、その直後の下線部がユーザ入力、!!!!は適用されたルール名の表示である。ルール(設計知識)の内容が知りたい場合は、要求に従い簡単な英文に変換して表示する。このような機能はシステムを本来の設計コンサルティングのほか、設計教育にも利用する目的から考えたものである。初心者はシステムを繰返し使用することによって体験的に知識を把握できる。これは今後のエキスパートCADシステムの利用に関して一つの方向を示すものである。

図8の最初の部分はシステムの起動部で、設計対象が船用プラントに定められる。次に船体部の仕様をもとに船の種類、船速、所要馬力、吃水などが入力される。プロセスが進むと主機関の種類がディーゼルに決定される。ルールの内容は要求により英語で表示されている。さらに進み、主機関の候補が8種類出力されている。次にこれらの中から燃費のよいもの3候補、価格の安いものから3候補が示される。この中に共通するものがなければ総コストが計算され(重油単価、年利率、回収年数を入力)、安いものから順番に表示される。これらの結果をもとにユーザが最終候補を決定する。決定した主機データはフレームから見やすい形で出力される。さらに後のプロセスでは、主機の振動特性の経験値を入れたデータベースが調べられる。ここでは1次の不均衡(振動)は起こらないが、2次の不均衡偶力が大きくなることを教え、さらに2次振動対

策としてバランスの装着の必要を示している。

なお、以上のシステムの構成はACOS 1000上で動くLISP 1.9をベースにしている。

6. 結 言

船用動力プラントの基本設計を対象にAI技術を応用したCADシステムを開発し、その有効性を示した。

(1) 船用動力プラントの設計を船の仕様に合う主機関選定の過程としてとらえ、CADシステムを構成した。設計知識をルールベースで、また各種の機関の標準データをフレームで表現した。両者のマッチングから対話式に主機候補が選定され最終的に一つの種類に絞られてプラントの計画が完了する。

(2) 本システムは本来の設計コンサルティングの機能のほかに設計教育用としても有効である。

(3) AI技術をCADシステムへ応用する際の一つの着眼点は、設計過程において各種の機器等を要求に合わせて検索選定する過程に生かすことである。この種の“検索形設計”は、他に各種システムへの応用が多い。

(4) 検索形設計過程に続く設計最適化では数理計画法が適用できるが、今回のようなエキスパートCADとの複合化により数理計画法を補完するより柔軟なCADシステムの構成が可能になる。

設計プロセスは極めて複雑な情報処理であり、AI技術を有効にCADの中に生かすには具体的なシステムの開発をさらに実施してゆく必要がある。終わりに臨み本研究は文部省科学研究費(一般B)の援助を受けたことを付記し謝意を表したい。

文 献

- (1) 例, Gero, J. S. 編, "Knowledge engineering in Computer-Aided-Design", IFIP WG 5.2 (1984-9), North-Holland.
- (2) 吉川, 第2回設計自動化学講論, (昭59-6), 19.
- (3) Dixon, J. R. and Simons, M. K., CIME (ASME), (1983-11), 10.
- (4) 赤木, 機械学会関西支部133回講習会資料, (昭60), 49.
- (5) 赤木, エンジニアリングシステム設計工学, (昭57), 共立出版.
- (6) 赤木・ほか2名, 機論, 50-449, C (昭59), 222.
- (7) 例えば, Winston, P. H. and Horn, B. K. P., LISP, (1981), Addison-Wesley.
- (8) Simon, H. A., The Science of the Artificial, 2nd. ed. (1982), MIT.
- (9) 三菱・スルザー RTA 機関カタログ(H 400-0390), (昭60), 三菱重工.