

最近の技術から

レンズ設計エキスパートシステム

浅野 俊昭

キャノン(株)情報システム研究所 〒243-01 厚木市森の里若宮 5-1

1. ま え が き

レンズ設計はコンピュータの実用化と同時にこれを取り入れた代表的領域である。これはレンズの性能が光線追跡という数値計算シミュレーションにより厳密に把握されるためである。したがって日本の光学メーカー各社は早くから“レンズ設計 CAD”¹⁾の開発に着手し、1970年代半ばにはほぼ今日の CAD の機能が実現されていた。ところでこのような CAD は設計者の必須の道具として実用に供しているものの、ここ数十年の間、設計作業の効率化、スピードの向上はもっぱらコンピュータパワーの向上に頼ってきたのも事実である。これは、シミュレーションで行なえる機能はすでにあらかじめ実現されており、CAD の機能のさらなる向上はその対象が設計者が行なっているノウハウに基づいた非定型な作業そのものに移行することを意味し、これを効率よく実現するプログラミングの方法論がなかったためである。

一方、スタンフォード大学で開発された“MYCIN”^{2,3)}(感染症診断システム)の成功以来、知識工学に対する期待は今日の AI ブームの中心を形成しているが、その人気の理由はこれが知識に基づく非定型な処理を対象にしているからであると思われる。レンズ設計 CAD の抱えている問題点を解決し、これを次なる飛躍のステップへ導くキーテクノロジーとして“知識工学”が位置づけられるゆえんである。このような背景から筆者らは設計者の一部代行を主たる機能にもつレンズ設計エキスパートシステムの開発を推進しているが、ここではその概要について紹介する。

2. システムコンセプト

キャノンにおいては、約 500 本ほどのプログラム群より構成される 30~40 万 FORTRAN ステップの規模のレンズ設計 CAD が自社開発され、これが大型コンピュータ ('87 現在 IBM 3090) 上に実装されている。設計者はレンズ系の改造や評価など設計作業のほとんどを、この大型コンピュータと専用回線につながれている端末

上で直接 CAD を操作することにより行なっている。さて、このような設計者の作業は直感、連想、発想あるいは学習などといった人間の高度な情報処理機能の上に成り立っている。他方知識工学は、演算や検索といったコンピュータのもつ従来の情報処理機能にさらに記号処理に基づく演繹推論機能が加わることを基礎にしている。したがって、人間が行なっていることとコンピュータが出来ることの間にはまだ相当のギャップが存在し、レンズ設計過程に知識工学を適用するからといって設計の完全自動化など現在の段階では望むべくもない。それゆえエキスパートシステムの開発に際してはその役割を明確にしておく必要がある。筆者らが設計作業の分析を通して確立したシステムコンセプトは“部下のような役割が担えるシステム”というものである。

たとえばベテランの設計者に新人の部下がついたとすると、その部下は CAD の使い方(すなわち CAD が内蔵している 500 本ほどあるプログラムの意味、および各プログラムを正しく稼働させるために必要な CAD コマンドの生成方法など)や、設計を進めていく上での設計者としての常識的な知識は一通りマスターしているとしよう。ところで経験を積んだ設計者ともなると、性能改善の対象となっているレンズ系に対してそれを改造していくための試してみたいプランをいくつかもっているのが普通である。もしこのような設計者に今述べたような部下がいれば、設計者は考えているプランのアウトラインを部下に示ささえすればよく、そのプランの詳細な具体化は彼が代行してくれるはずである。ちょうどこの部下に相当する役割を担うのが、レンズ設計エキスパートシステムなのである。

3. エキスパートシステム実装の概要^{4,5)}

以上のような機能をもつエキスパートシステムの開発に際しては、先程述べた大型コンピュータと専用回線につながれている端末をリスプマシン (Symbolics 社製) に置き換え、この上に設計者の部下として設計作業の代行を行なうために必要な知識を知識ベースとして実装し

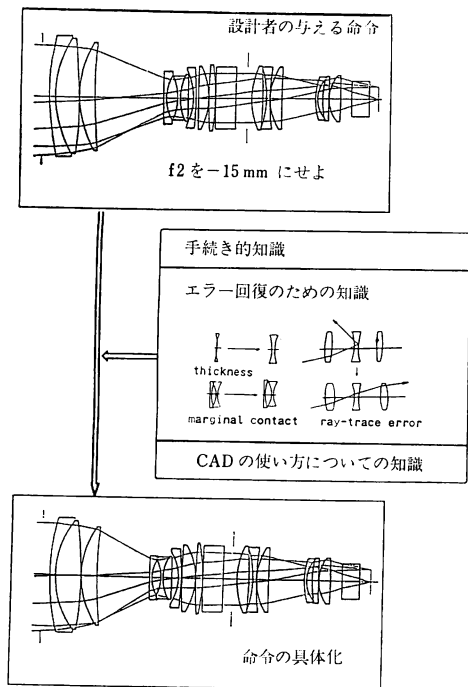


図1 設計者代行の仕組み

た。エキスパートシステムが行なう代行の例およびそのために必要な知識ベースの内容を図1に従って概説する。

まず図の上部の断面図に示されるズームレンズがCAD上に定義されているとする。このズームレンズに対して“ f_2 を -15mm にせよ (f_2 はvariatorの焦点距離)”が設計者のエキスパートシステムに与える概念的命令である。エキスパートシステムがこの命令の具体化を設計者になり代わって実行できるためには、次のようなカテゴリーの知識からなる知識ベースが必要となる。

(1) 手続的知識：上記のような命令を具体化するための大まかな作業手順を記述したもの。プログラム開発用語でいうと“概略フロー”に相当する。

(2) エラー回復のための知識：改造の対象となっているレンズ系が物理的に製作不可能なレンズを含んでいたり、光線追跡というシミュレーションができない状態にあるときなど、レンズ系の形状をダイナミックに変更してこのような状態を回復させるための知識。

(3) CADの使い方についての知識：レンズ系につ

いての改造方法や収集したい性能データと、それをCAD上で実行ないしシミュレーションするためのCADコマンドへの変換規則。上記(1)、(2)のいずれの知識もそれが活性化された場合この規則を用い複数のCADコマンド群へと変換される。

これらの知識を知識ベースとしてリスマシン上に実装するに際して、設計対象物であるレンズ系階層構造の知識表現法として“フレーム”⁶⁾を、また動的な手続きの表現法として“プロダクション・ルール”⁶⁾を採用した。プロダクション・ルールを採用したのはその表現法のもつモジュラリティー、一様性と、専門家の知識の説明法に適合する点に着目したからである。

本エキスパートシステムは現在設計現場でのフィールドテストの段階にあるが、VTR用ズームレンズ初期設計での試用実験において作業効率を6倍程向上させる効果が得られている。

4. おわりに

ハードウェアの進歩により記号処理に基づく知識情報処理がさまざまな分野で実用的に展開されているが、このような動きは今後ますます加速されコンピュータ能力を飛躍的に向上させる一翼を担っていくだろう。このようななかであってレンズ設計エキスパートシステムも知識獲得、知識ベース管理などまだ解決すべき問題は残されているが、CAD開発がぶつかっていた従来技術の壁を打破し、設計効率の飛躍的向上を実現する次世代CADへと成長していくものと確信している。

文献

- 1) 仲本正紀：“対話型光学設計システム (SMILE) の概要”，HITAC ユーザ研究会第15回大会論文集 (1978)。
- 2) E. H. Shortliffe: *Computer-Based Medical Consultation, MYCIN* (American Elsevier, New York, 1976)。
- 3) 浅野俊昭，ほか：“知識情報処理システムのツール EMYCIN と UNITS の概要”，電子技術総合研究所集報，49，No. 7 (1985)。
- 4) 浅野俊昭，ほか：“レンズ設計エキスパートシステム”，昭和60年度電子通信学会情報・システム部門全国大会予稿集 (1985)。
- 5) 溝口文雄編：AIテクノロジー (オーム社，東京，1986) pp. 25-47。
- 6) Avron Barr，ほか：人工知能ハンドブック，第1巻 (共立出版，東京，1983)。

(1987年5月8日受理)