

TM-0089

知識情報処理プロジェクトの動向
VLSI 配線設計エキスパートシステムについて

難波田 愈 (日本電気)

December, 1984

©1984, ICOT

ICOT

Mita Kokusai Bldg. 21F
4-28 Mita 1-Chome
Minato-ku Tokyo 108 Japan

(03) 456-3191~5
Telex ICOT J32964

Institute for New Generation Computer Technology

知識情報処理プロジェクトの動向

VLSI配線設計エクスポートシステムについて

日本電気(株) C&Cシステム研究所
応用システム研究部 部長

難波 貞 彦

- 数字はひとコマに1桁、英字ではふたつ、書いて下さい。
- 半角カタカナ、ローマ字で、半角は1コマに1つしか書けません。全角は2コマに入ります。
- 本文の開始、本文の終了はひとコマに1つ、半角の「<」と「>」で示して下さい。

- 字入して下さい。ただし小文字でも構いません。ひとコマに1字。
- 印刷数字は1コマに2字入れます。
- 長いエントリで、1コマは使用しないで下さい。
- 本文にはカンマをいれません。

59.7.30×300

機械部

1. はじめに

マイクロエレクトロニクス技術の進歩は目ざましく、VLSIの規模は急速に増大しており、その設計は非常に複雑な作業になっている。しかも装置の小型化、高信頼化を進めるために回路のVLSI化の要求は大きく、設計すべきVLSIの品種数は急増している。このためVLSI設計の専門家の絶対的不足が懸念されている。一方、最近になって知識情報処理技術の研究が活発に行われ、専門家の知識を偏し、専門家と同程度の仕事ができるエクスポートシステムが医療診断をはじめ、さまざまな分野で製作されており、一部のシステムは実用化されている。VLSIのCADにおいても、設計専門家の不足に対処するために専門家に代って高度で設計を行なう知識処理を応用したエクスポートシステムに大きな期待がかかる。

- 数字はひとコマに1桁、英字ではふたつ、書いて下さい。
- 半角カタカナ、ローマ字で、半角は1コマに1つしか書けません。全角は2コマに入ります。
- 本文の開始、本文の終了はひとコマに1つ、半角の「<」と「>」で示して下さい。

- 字入して下さい。ただし小文字でも構いません。ひとコマに1字。
- 印刷数字は1コマに2字入れます。
- 長いエントリで、1コマは使用しないで下さい。
- 本文にはカンマをいれません。

59.7.30×300

機械部

られている。

ここで紹介するシステムは、VLSI設計にあ
いて是れ時間と労力を要する回路設計を削っていき
しこの回路設計は複雑な最適組合せ問題であ
り、現状の計算機のサポートを考えると自動回路
プログラムだけで設計を完成させることは実際
には不可能である。そのため従来のCADシス
テムでは、自動回路プログラムが弱くてマダか、
信号線と回路を導くためにグラフィックデス
クトップで専門家が回路板に回路パターンを描き、修
正等の図形操作を行ってあり、この作業は設計者
にとって下ごしらえととなり、設計時間の多くを費
していた。本システムでは、設計者の経験を通し
て得られたヒューリスティックな問題解決の知識
を技法に応じて、実際のVLSIの回路設計に適用
するメカニズムを作り、より高度なマンマシン

- 回路設計の自動化、設計者の負担軽減、設計時間の短縮
- 回路設計の自動化、設計者の負担軽減、設計時間の短縮
- 回路設計の自動化、設計者の負担軽減、設計時間の短縮
- 回路設計の自動化、設計者の負担軽減、設計時間の短縮

59.7.30 - 200

院機出典

フレームワークを構築している。

- 回路設計の自動化、設計者の負担軽減、設計時間の短縮
- 回路設計の自動化、設計者の負担軽減、設計時間の短縮
- 回路設計の自動化、設計者の負担軽減、設計時間の短縮
- 回路設計の自動化、設計者の負担軽減、設計時間の短縮

- 回路設計の自動化、設計者の負担軽減、設計時間の短縮
- 回路設計の自動化、設計者の負担軽減、設計時間の短縮
- 回路設計の自動化、設計者の負担軽減、設計時間の短縮
- 回路設計の自動化、設計者の負担軽減、設計時間の短縮

59.7.30 - 300

院機出典

② WIREX システムの構成

前述設計書において CAD データを進めようとしており、すでに既存のプログラム管理から取り出され、整理されている。こうしたプログラム部は多岐な利用を許して開発されたものであり、その自在な知識の集まりと見なすことが出来る。実用的な知識ベースの CAD システムを構築するためには、従来の CAD システムで蓄積していた膨大なデータベースやプログラム管理を有効に活用することが必要である。

WIREX システムの構成を図 1 に示す。このシステムでは、知識ベースと CAD データベースの 2 種類のデータベースを積っている。CAD データベースには設計対象の物理的な情報 (LSI の設計データ) が格納されており、既存 CAD システムを通じてデータの読み書きが行われる。

- 設計対象の物理的な情報を格納するデータベース
- 設計対象の物理的な情報を格納するデータベース
- 設計対象の物理的な情報を格納するデータベース
- 設計対象の物理的な情報を格納するデータベース

22.1.30-300

機械工学

知識ベースには、問題解決のための設計者の知識ノウハウが格納されている。推論システムはこの知識を利用して、既存 CAD システムを通じて高度な設計を進める。

本システムは、NEC MS コンピュータで稼働し、グラフィック、ソフトウェア、ハードウェアに用いている。図 2 にハードウェアを示す。システムの構築に当たって、人間の知識を表現するのに適した人工知能向け言語である Prolog と、CAD システムの記述に広く用いられている FORTRAN とを融合した言語 CAD LOG を開発し、既存の CAD システムと統合して使用している。設計者の知識をルールとしてこの Prolog 型言語で記述する。

- 設計対象の物理的な情報を格納するデータベース
- 設計対象の物理的な情報を格納するデータベース
- 設計対象の物理的な情報を格納するデータベース
- 設計対象の物理的な情報を格納するデータベース

22.1.30-300

機械工学

3. CAD 向け Prolog を インタプリタ

述語論理型プログラミング言語 Prolog は柔軟なリスト処理と問題解決、推論のための高度機能と備えているため、エクスポートシステムの構築や知識を表現する言語として注目されている。しかし大規模問題を取扱うシステムを Prolog で扱うと表現するには、実行速度やメモリ使用量の点からみて問題がある。

一方、系統化が明確な問題に対しては、従来のアルゴリズムによって問題の解決をこなっており、これは FORTRAN 言語などにより、効率的なプログラムが作成されている。そこで、高度な知識処理を効率的に行なうための Prolog 言語の標準機能に、新たに FORTRAN 言語とのリンク機能を付け加えた CAD 向けの Prolog 型言語 CADLOG を開発した。

- 知識表現と推論の高速化
- 外部ファクションとの連携
- 大規模問題の取扱い

- 高度な知識処理の効率化
- 外部ファクションとの連携
- 大規模問題の取扱い

29.7.30-200

161-400

FORTRAN を書かれたプログラムのリンクは FORTRAN サブルーチンに示される CADLOG の述語によって行われる。この述語のことに外部ファクション述語と呼び、頭文字に '\$' を付けて表れる。例えば、\$CONNECT (*NET) は未接続ピンノードの接続を行なう外部ファクション述語で、変数 *NET は接続するべき未接続を表れる。\$DELETE (*NET) は既配線 *NET の削除を行なう外部ファクション述語である。

これらにより FORTRAN サブルーチンで CADLOG プログラムが実行されることになり、CAD サブルーチン 2 には FORTRAN サブルーチンによってアクセスし、効率的に操作される。

- 知識表現と推論の高速化
- 外部ファクションとの連携
- 大規模問題の取扱い

- 高度な知識処理の効率化
- 外部ファクションとの連携
- 大規模問題の取扱い

29.7.30-200

161-400

4 配線設計に関する知識

配線設計は、このような複雑な組合せ問題を知識間で解決する。そのためには、配線あるいは回路を通して得られたニューリスティックで問題解決の知識を状況に応じて適用することが必要である。そこで、このような設計過程に人工知能的手法を取り入れ、是設計者が判断して行なう、といった操作がシステムで実行できるようにすれば設計工程の大幅な削減が可能になると考えられる。自動配線回路の配線レイアウト完成の目的に設計者は経験に基づいた知識により、回路型レイアウトCADシステムを用いて既存配線パターンの変遷み、つまり配線の導線を、行なっているが、本システムでは、このような設計者が行なっている一連の手続きを知識と考え、ルールとして表現している。

例えば図3に示すような状況では、ネットBの

- ・この図は、配線設計の初期段階を示している。
- ・この図は、配線設計の中期段階を示している。
- ・この図は、配線設計の最終段階を示している。

- ・この図は、配線設計の初期段階を示している。
- ・この図は、配線設計の中期段階を示している。
- ・この図は、配線設計の最終段階を示している。

22: 30 - 304

配線設計

④3

既配線によってネットAの一方の端子が妨害されているため、ネットAの経路が見えない。この未配線状態は次のような一連の手続きで解決できる。

- (1) ネットAの経路を妨害する既配線Bを見える
- (2) ネットBを削除する
- (3) ネットAを配線する
- (4) 削除したネットBを配線する

この手順は図4に示すようにルールとしてCADのLOGで記述される。*で始まる文字列に変数であり、*NET-Aは未配線ネット、*NET-Bは未配線ネットを妨害しているネットを意味している。BとCとEとFは未配線ネットが具体的に与えられたときには妨害ネットを意味する処方を表わしている。一般には妨害ネットBの削除は複

- ・この図は、配線設計の初期段階を示している。
- ・この図は、配線設計の中期段階を示している。
- ・この図は、配線設計の最終段階を示している。

- ・この図は、配線設計の初期段階を示している。
- ・この図は、配線設計の中期段階を示している。
- ・この図は、配線設計の最終段階を示している。

22: 30 - 304

配線設計

④4

添ひり、上の (3) あるいは (4) のステップで
 失敗 (fail) したとすれば、フトラフカを二
 列の妨害ネットを試みる。このとき妨害網は前
 の前のデータに失敗したか必要となるが、FOR
 TRANで書かれたデータリカバリ用のルーチン
 を用意することによってこれを実現している。

既存の配線パターンを変更するためのルールとして図5に示すような系統的な知識がある。これを適切なディスプレイ表示を行うことは言語処理システムでは非常に簡単であるが、表示のための知識としてルール化させ、さらにこの表示が制御されている。

図6は運動方程式の形であり、この式に於て、
 エネルギーの量を証明する。全エネルギーは、
 系の状態をエントロピーで表している。上の(1)
 ～(4)で示した手続は各ステップで同じな手順

※新築費は、用いる1-1として、現在60年間の1-1が2.1

に与えるようにして、システムはこの状況に適用するルール群を評価し、最も適当と思われる最終解決のルールをオペレータに提示する。この場合には、図7の1で示す場所にある経路を修正可能であるという提案である。すなわちシステムは最終解決のための戦略をオペレータに提示し、承認が得られればそれを実行する。もし承認が得られなければ、その次に適当と判断した戦略を提案する。オペレータはシステムが提示してくる戦略を、より大局的な見地から適不適を判断してシステムに実行させる。またこの際、システムはオペレータが判断しやすいディスプレイ画面表示をルールにより制御している。従来の会話型CADシステムではディスプレイ画面設定はオペレータに任せていたが、適切な画面設定を制約に基づいてルール化して行うことは、適用

に大きな意味を添っている。図6の状況に対して
本戦略解決のルールを適用した結果を図7
に示す。ここで1は前述の1つは故障配線の回路で
あり、2は図6の矢印で示す本戦略に対する配線
回路である。3は故障配線の代替回路である。こ
れらの回路はルールによって自動的に発見される。
このように、従来のCADシステムでは修正回路
の指示、配線回路の指示を細かく与える必要があ
ったが、本システムでは配線指示をシステムが推
定し、オペレータがそれに対して承認を与えるこ
う形で設計が進行する。システムがレベルの高
リマンマシンインターフェースを提供しており、
オペレータは煩雑なシステム操作が解放されてい
る。これにより設計対象について詳しく知らずに
非専門設計者でも専門家並みの高度な設計を行な
うことが出来る。

- 本システムは、設計者の知識をデータベースに蓄え、利用できるようにしている。
- 本システムは、設計者の知識をデータベースに蓄え、利用できるようにしている。
- 本システムは、設計者の知識をデータベースに蓄え、利用できるようにしている。

- 本システムは、設計者の知識をデータベースに蓄え、利用できるようにしている。
- 本システムは、設計者の知識をデータベースに蓄え、利用できるようにしている。
- 本システムは、設計者の知識をデータベースに蓄え、利用できるようにしている。

22 161 352

25 151 400

5. システムの特長

本システムの特長をまとめると次の3つをあげ
ることが出来る。

(1) 専門家の設計ノウハウを知識ベースに蓄え、
利用できるように、非専門家でも専門家並みの高
度な設計が可能である。

(2) ソフトウェア開発の専門家であるLSI設
計者が、自分自身で設計ノウハウを知識ベースに
格納できるように、CADシステムのアドアティ
ブな構築・改良が容易に可能である。

(3) 実用規模の問題を高速に処理できるイマ
ポートシステムである。

本システムでは知識データベースの中には、各設
計局面に合った問題解決のための戦略ルールを
形で用意されているが、設計者が設計途中で新た
な戦略を思い付いた場合には、それをルールとし

- 本システムは、設計者の知識をデータベースに蓄え、利用できるようにしている。
- 本システムは、設計者の知識をデータベースに蓄え、利用できるようにしている。
- 本システムは、設計者の知識をデータベースに蓄え、利用できるようにしている。

- 本システムは、設計者の知識をデータベースに蓄え、利用できるようにしている。
- 本システムは、設計者の知識をデータベースに蓄え、利用できるようにしている。
- 本システムは、設計者の知識をデータベースに蓄え、利用できるようにしている。

22 161 352

25 151 400

て知識ベースに追加し、使用することによって、また設計すべき対象となるしきこす、サイズ、構造等コンピュータには負っている。このような相違にたいして配線設計の戦略は異なっているが、従来のCADでは、こいに加しあるかいは同意した制御パラメータの変更程度しかできず、融通のきかない固いシステムであった。本システムでは設計者自身が、システムが提供する外部フアンクション述語を用いてルールを生成することができ、このユーザごとにカスタマイズされたシステムを容易に構築し、設計環境の変化に追随できる柔軟性を有している。

- 本システムは、設計者の知識を、設計ルールとして、システムに組み込むことができる。
- 設計ルールは、設計者の知識を、設計ルールとして、システムに組み込むことができる。
- 設計ルールは、設計者の知識を、設計ルールとして、システムに組み込むことができる。

- 本システムは、設計者の知識を、設計ルールとして、システムに組み込むことができる。
- 設計ルールは、設計者の知識を、設計ルールとして、システムに組み込むことができる。
- 設計ルールは、設計者の知識を、設計ルールとして、システムに組み込むことができる。

59.7.30-20
機械部

6. おわりに
知的CADシステムへの取り組みの一つとして、LSI配線設計のような大規模問題を効率良く処理し、また既存のCADプログラム資産を有効に利用する知識ベースCADシステム WIRTEXを紹介した。本システムにより、例えば2100ポートのLSIの配線処理に専門設計者の半分の時間以上要していたものが、非専門家でも30分以下で処理できるようになった。

なお、本システムの開発は新世代コンピュータ技術開発機構（ECOT）の第5世代コンピュータプロジェクトの一環として進められているものである。

- 本システムは、設計者の知識を、設計ルールとして、システムに組み込むことができる。
- 設計ルールは、設計者の知識を、設計ルールとして、システムに組み込むことができる。
- 設計ルールは、設計者の知識を、設計ルールとして、システムに組み込むことができる。

- 本システムは、設計者の知識を、設計ルールとして、システムに組み込むことができる。
- 設計ルールは、設計者の知識を、設計ルールとして、システムに組み込むことができる。
- 設計ルールは、設計者の知識を、設計ルールとして、システムに組み込むことができる。

59.7.30-30
機械部

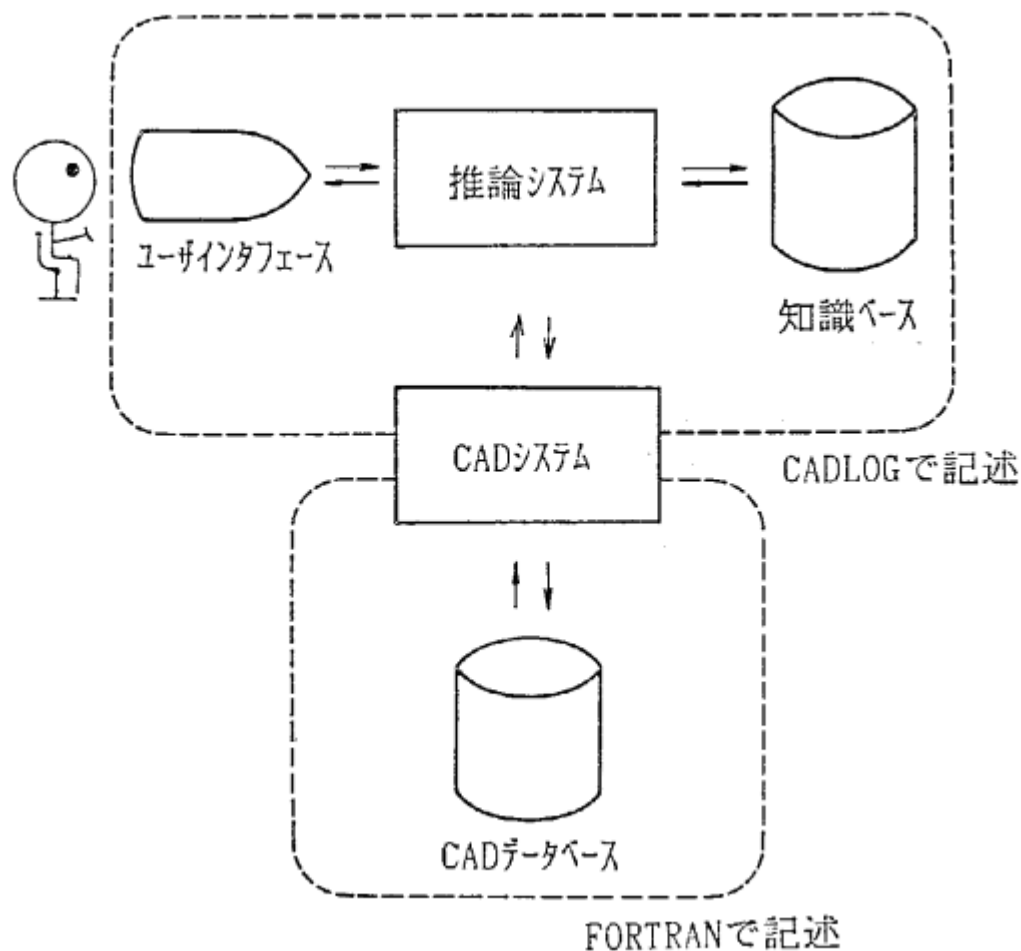
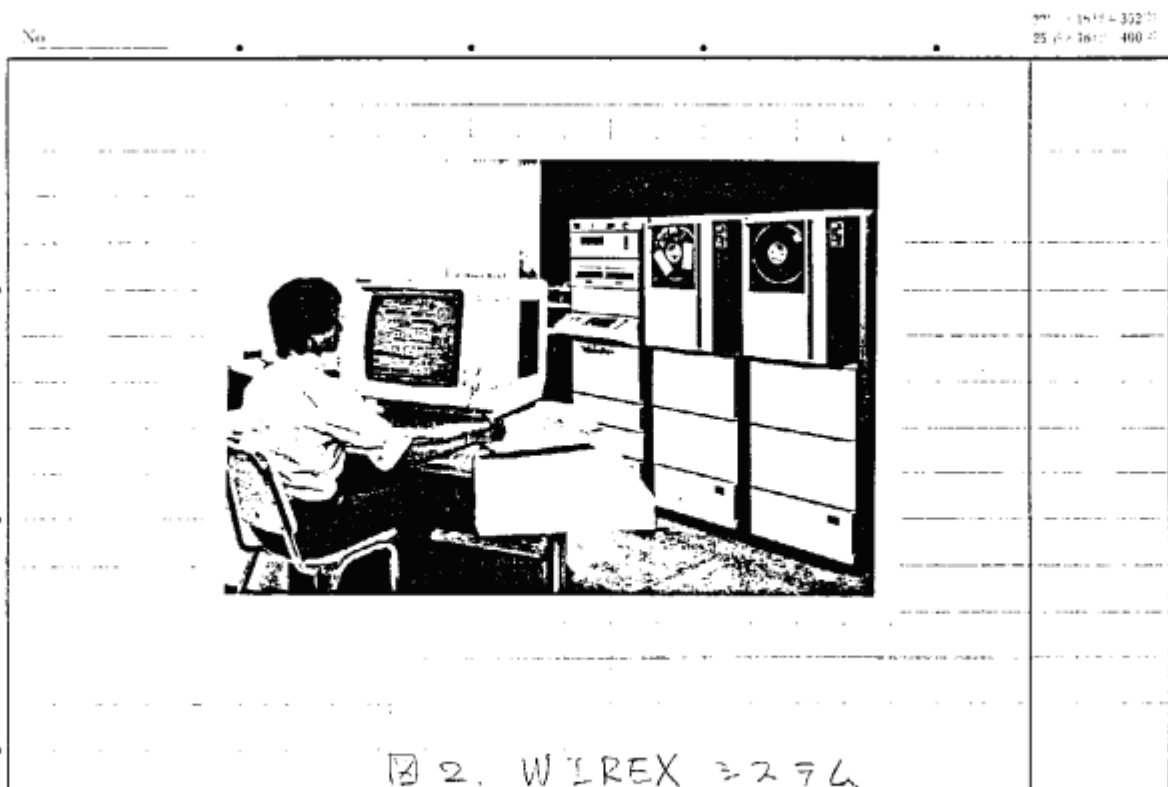


図1. システム構成



- 本システムは、主として、設計業務に利用される。
- 本システムは、設計業務に利用される。
- 本システムは、設計業務に利用される。

- 本システムは、設計業務に利用される。
- 本システムは、設計業務に利用される。
- 本システムは、設計業務に利用される。

