

## 2F-5

仮説推論による回路設計システムにおける  
制約式に基づく効率的推論法牧野俊朗 石塚満  
東京大学

## 1. はじめに

我々は仮説推論<sup>[1]</sup>の設計問題への応用の一つとして、回路の動作仕様から機能ブロック図を設計するシステムを作成している。<sup>[2]</sup>この際、使用可能な部品の種類が増え、回路規模が大きくなってくると、解の探索空間が大きくなって速度が遅くなる。設計問題では、動作仕様を満たす回路をすべて見つける必要はなく、よい回路を早く見つけることが重要である。本稿では、回路を評価するための式を利用して、解の探索空間を制限することによって、高速に解を求める方法について述べる。

## 2. 仮説推論による設計

## 2.1 論理に基づく仮説推論

論理に基づく仮説推論システムは、知識ベース中に事実の知識(対象世界で常に成り立つ知識)の集合Fと仮説の知識(対象世界で常に成り立つとは限らない知識)の集合Hをもつ。ユーザから証明すべき対象Oが与えられたとき、

$$h \subseteq H$$

$$F \cup h \vdash O$$

$F \cup h$ は無矛盾

なる仮説の集合hを求めるのが、仮説推論の目的である。

## 2.2 設計への応用

知識ベースには、事実の知識として各部品の動作や一般的な設計用の知識を持たせる。また、仮説の知識として使用する部品の候補や部品間の接続法の候補に関する知識を持たせる。ユーザは設計したい回路の動作仕様を、証明すべき対象として与える。システムは、仕様から出発して後向きに推論を進め、推論過程で仮説として、どの部品をどの様に接続していくかを決めていく。推論が終わった時点で、それまでにシステムが使用した仮説の集合が、設計結果となる。

## 3. 仮説採用の際の制約式の利用

## 3.1 制約式の利用による探索空間の限定

回路の評価に使う制約としては、使用する部品の数、その面積、コスト、遅延時間などが考えられる。これらの値は、部品をつないで行くに連れて単調に増加していく。そこで、これらの値がある値以下であると言う制約式を考える。そして仮説採用の際に(部品を使用する際に)、制約式が満たされているかどうかをチェックして、満たされていない場合は、そこでバックトラックをかける。こうすることによって、設計者の期待する基準に満たない回路をシステムが作りに行くのを早期に防ぐことができる。

## 3.2 制約の緩和機能による探索経路の制御

制約を満たす解が得られなかった場合は、制約条件を緩和して解の探索を続行する。制約条件にレベルを設け、はじめにきつい条件の制約によって探索空間を制限し、解が得られなかった場合に、レベルの低い制約条件を外して行って探索空間を徐々に広げていく。これによって、解の探索経路を制御することができる。(図1)

## 4. 設計システムにおける制約式評価機構

本システムは、図2に示すような構成から成っている。制約評価機構、制約知識ベース、バックトラック情報知識ベースが制約式を利用するために拡張した部分である。以下に、本システムにおける制約知識の記述法と、制約式の利用による解探索経路制御のアルゴリズムについて述べる。

## 4.1 制約知識の記述法

本システムにおいては、制約は次のように表記される。

constraint (制約レベル, 制約式)

- 制約レベル: 制約式の重要度を指定する  
(正数値によって指定。数が大きいほど)

重要度が高い。)

●制約式：グローバル変数を用いた数式

グローバル変数は

? 変数名

の形で表し、変数への再代入は： $=$ により行う。

例： $?a:=?a+1$

また、グローバル変数への初期値の設定は述語global(初期値リスト)を用いる。

#### 4. 2 制約評価による解探索経路制御の

##### アルゴリズム

- ①後向き推論の途中でグローバル変数への代入が行われた場合には②へ。それ以外は④へ
- ②現在設定している制約評価レベル(最初は0)よりも高い制約レベルを持つ制約式をレベルの高いものから順に評価。全ての制約式が満たされていれば④へ。それ以外は③へ。
- ③満たされなかった制約式の制約レベル、その時点における情報(それまでに採用した仮説の集合、どこまで推論が進んでいるか等)を記録してバックトラック。

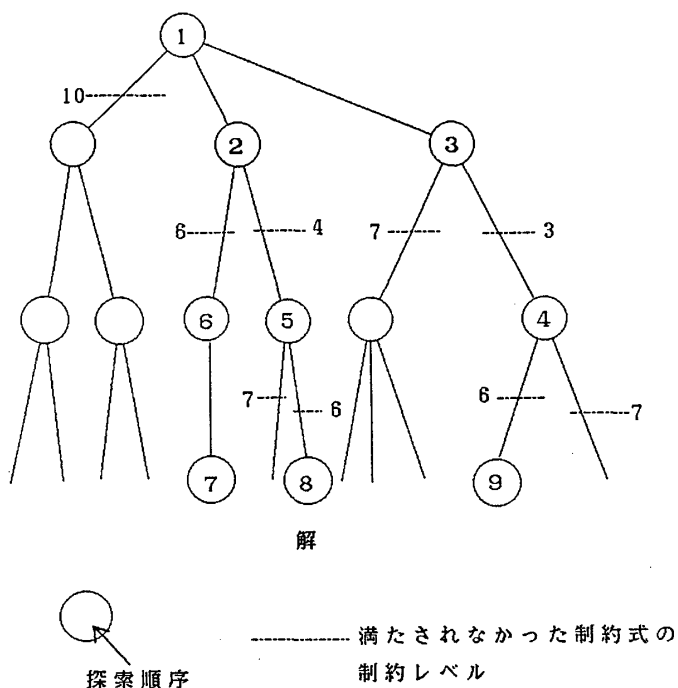


図1 解の探索順序

④推論が終了していなければ①へ。終了していれば⑤へ。

⑤解が得られたら終了。

得られなかった場合は、記録されているバックトラックポイントの中で最もレベルが低いものを見つけ、そのレベルを評価レベルとする。そして、バックトラックポイントの情報を利用して、その点から先の推論を①～④の様に行う。この際、同じレベルのバックトラックポイントが複数ある場合は、全てのバックトラックポイントから先の推論が終わった時点で、推論が終了したと考える。

#### 5. おわりに

仮説推論による回路設計システムにおける制約式の利用法について述べた。解を高速に求めるためには、無駄な探索を行わないことと可能性の高いところから探索を行うことが大切である。可能性の低い所の枝を刈るための制約式のレベルを高く設定しておけば、制約の緩和機能により、可能性の高いところから探索を行うようにすることができる。

#### 参考文献

- [1]石塚：“不完全な知識の操作による次世代知識ベース・システムへのアプローチ”，人工知能学会誌 Vol.3 No.5 (1988)
- [2]牧野、石塚：“仮説推論による機能ブロック図設計システム”，情報処理学会第37回全国大会 (1988)

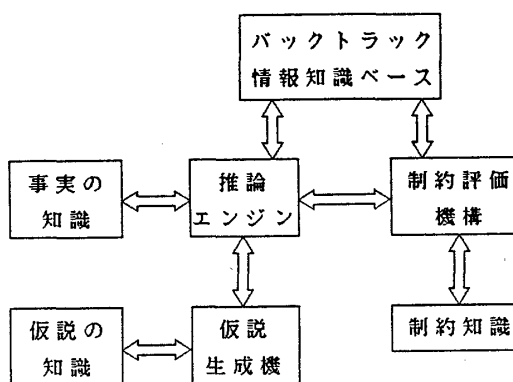


図2 システム構成図