

3U-10

## 制約指向パラダイムによる AT 油圧回路ロジック検証システム\*

高田 修<sup>†</sup> 尾口 健太郎<sup>‡</sup> 長屋 隆之<sup>‡</sup> 山崎 知彦<sup>‡</sup> 渡邊 豊英<sup>‡</sup>  
 {takata, oguchi, nagaya, yamazaki}@kis.tytlabs.co.jp, watanabe@nuie.nagoya-u.ac.jp

(株)豊田中央研究所<sup>‡</sup> 名古屋大学大学院 工学研究科<sup>‡</sup>

### 1 はじめに

AT(Automatic Transmission)油圧回路の基本設計において、制御ロジックなどについて回路の解析・評価を行うシステムが求められている。制御ロジックの評価には様々なパターンでの解析が必要である、新規部品に対応してプログラムを個別に作成しなければならない、といった問題点があるためシステム化が困難であった。本研究では上記問題点を解決するために、知識処理の手法と制約指向のパラダイムを応用した解析・評価支援システムを開発する。

### 2 システムの概要

AT油圧回路の論理設計では、回路の通常時の論理的な基本機能の確認の他に、部品の故障を想定した様々なパターンでの機能の検証が必要であり、ベテランでも多くの試行錯誤を繰り返す。

本システムでは、ベテランのこのプロセスを図1のようにモデル化した。まず、ルール化された部品の故障に関するノウハウを用いて、故障パターン(テストパターン)を生成する。次に、生成されたテストパターンにおける回路の挙動を解析する。さらに、解析して得られた回路の挙動について、ルール化された検証のためのノウハウを用いて、回路の状態を検証する。

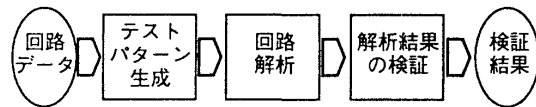


図1: 油圧回路設計作業のモデル

### 3 実現手法

本システムは、3つのモジュール(データ管理、パラメータ導出、設計案検証)およびユーザインタフェース部から構成される(図2)。各モジュールは、設計パラメータ間の関係で記述される機能部品設計向けの汎用的なツールとして設計されている。

**データ管理** システム内で利用されるデータ(回路情報、制約条件、ルール)をオブジェクトとして管理する。

**パラメータ導出** 制約条件として与えられた回路の挙動をパラメータ決定問題として導出する。

**設計案検証** 故障に関するルールを用いて、テストパターンを生成し、パラメータ導出モジュールで得られた挙動解析結果を基に回路の診断を行なう。

**インタフェース部** 回路定義、検証項目設定を入力として、診断結果を出力する。

次に、本システムで中心となるパラメータ導出モジュールについて、説明する。油圧回路の構成要素の特性とその接続関係を制約条件として与え、それらの条件を満足する各構成要素の状態(パラメータ値)を求める。本モジュールは、制約指向のパラダイムの手法を用いて開発した[1]。

\*Hydraulic Logic Circuit Verification System for Automatic Transmission Using Constraint Paradigm

<sup>†</sup>Osamu TAKATA, Kentaro OGUCHI, Takayuki NAGAYA, Tomohiko YAMAZAKI, Toyota Central R&D Labs., Inc.

<sup>‡</sup>Toyohide WATANABE, Graduate School of Engineering, Nagoya University

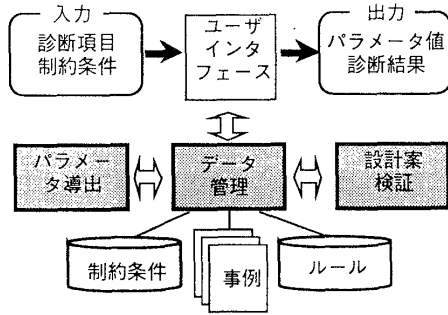


図 2: システム構成

本モジュールは、制約条件を満足する解が複数ある場合、それらを全て求めることができる。また、制約条件が不足している場合には、それらを満たすパラメータの値を列挙することができる。

本モジュールが扱う制約条件は、数式、不等式、テーブル(データベース)参照、および、ルールである。制御ロジック検証における制約条件としては、構成要素(バルブ、ドレーン、油圧源など)の特性および要素間の接続関係がある。図3にシフトバルブの制約条件を示す。また、図4に簡単な回路の接続に関する制約条件を示す。今回対象とする実際のAT油圧回路の場合、構成要素数は約30個、接続関係は約100個程度である。

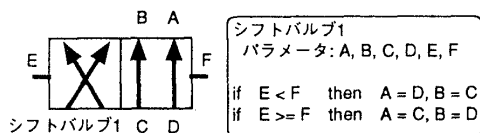


図 3: シフトバルブの定義例

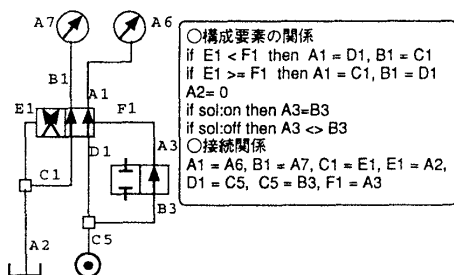


図 4: 簡単な回路全体の接続関係

## 4 実行例

実際のAT油圧回路を例として、システムの実行例を示す\*。図5は、ソレノイド、バルブなどの故障を想定したときの検証結果の一例を表している。

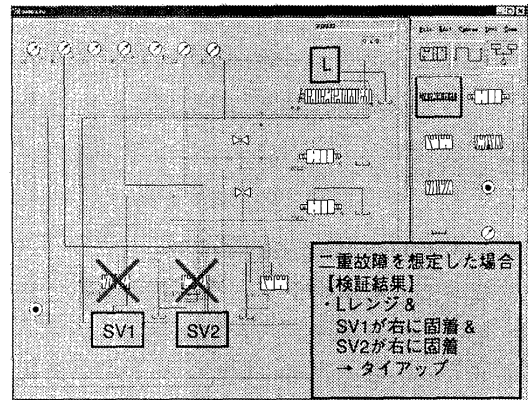


図 5: 検証結果の例

## 5 まとめ

AT油圧回路のロジック検証において、知識処理の手法と制約指向のパラダイムを導入した支援システムを開発し、実際のAT油圧回路に適用した。

本システムを利用することにより、半日から1日かかっていた解析・評価作業を数十分に短縮することができる。また、新規製品への対応やノウハウの組み込みが可能となり、設計品質の向上の見通しが得られた。

今後の課題として、パラメータ導出モジュールは制約を満たす案を同時に複数出力できるが実行効率が悪い。冗長な探索を行わない手法を組み込む。また、それと共に、設計パラメータ間の制約として表現できる機能部品設計に本システムを適用していく。

## 参考文献

[1] 淵一博, 溝口文雄他: “制約論理プログラミング”, 共立出版 (1989).

\*実際の回路を一部修正および簡略化している。