

Title	機能構造に基づく油圧回路の合成手法に関する研究 (第1報 : 回路事例の適合化による回路合成)
Author(s)	藤田, 喜久雄; 赤木, 新介; 佐々木, 誠
Citation	日本機械学会論文集 C編. 62(593) P.375-P.382
Issue Date	1996-01
Text Version	publisher
URL	http://hdl.handle.net/11094/2885
DOI	
rights	
Note	

Osaka University Knowledge Archive : OUKA

<https://ir.library.osaka-u.ac.jp/>

Osaka University

機能構造に基づく油圧回路の合成手法に関する研究 (第 1 報 : 回路事例の適合化による回路合成)*

藤田 喜久雄[†], 赤木 新介[†], 佐々木 誠[‡]

Hydraulic Circuit Synthesis based on Functional Structure (1st Report: Adaptive Synthesis Method from Design Cases)

Kikuo FUJITA, Shinsuke AKAGI and Makoto SASAKI

An adaptive synthesis method for hydraulic circuits is proposed using a case-based reasoning technique based on their functional structure. Since synthesis of hydraulic circuits is a typical problem of conceptual design and is expertise-oriented and combinatorial, it is difficult to declaratively represent useful design knowledge. In our design method, past design cases are stored in the case base, and then a circuit is generated by arranging suitable past cases which are retrieved from the case base in accordance with the required functional structure. In order to measure such functional structure, design specifications are represented by labels. Design cases are adaptively manipulated into a target design using three synthesis strategies, decomposition, series combination and parallel combination, based on surplus or deficit of labels. This synthesis method is applied to some design problems in order to show its effectiveness and validity. Moreover, it is integrated with a logical simulation method based on symbol manipulation, which will be presented in the second report, in order to verify arranged circuits.

Key Words : Design Engineering, Hydraulic Circuits, Conceptual Design, Functional Structure, Adaptive Synthesis, Artificial Intelligence, Case-Based Reasoning

1 緒言

油圧回路は、シリンダ、ポンプ、方向切換弁・流量制御弁・圧力制御弁などの様々な制御弁から構成されるシステムである。そのような回路の機能は構成要素とそれらの接続関係に関する構造に従って実現されるものであり、適切な回路を構成するためには、作動油の流れについての流量や圧力を調整するように、必要な機器を選択するとともに、それらを回路中の適当な箇所に組み込む必要がある。このような設計問題は、典型的な組合せ型の概念設計問題であり、効率的に優れた設計を行なうためには、適切な設計知識を用いることが不可欠であるものの、具体的な知識の内容は、経験的なものであったり、個別の回路に特定のものであったりすることから、設計の方法を明示的に記述して自動化を行なうことは困難であるとされている。

本研究では、以上の内容に対して、回路事例を設計仕様に対して適合化させることによる油圧回路の合成方法を提案する。本手法は、人工知能における事例

ベース推論 (Case-Based Reasoning, CBR)^{(1)~(3)}の枠組に従うものであり、設計仕様と回路事例との機能構造に関する差異に従って、適合化の処理を行ない、回路合成を効率的に行なおうとするものである。なお、本手法は、別報⁽⁴⁾に示す記号ベース論理シミュレータによる検証処理との統合化により、回路の概念設計に対する統括的な設計システムを構成するものでもある。

2 油圧回路の設計問題

2.1 油圧回路の設計知識 油圧回路は、緒言でも述べたように、典型的な様々な要素から構成されるシステムであり、個々の機能を実現する要素やモジュールを回路に組み込むことにより設計が行なわれる。このような回路の設計問題は、構成要素である機器の種類や組み込み位置に関する組合せ的な探索問題としてとらえることができる。その際に用いられる設計知識は、大きく、(1) 個別機器の機能や振舞に関する知識、(2) そのような機器が回路に組み込まれた場合のシステムとしての振舞に関する知識、(3) 個々の要求機能に対して、どのような機器を選択し、それらを回路としてどのように組み上げていくかに関する知

*原稿受付 1995 年 5 月 31 日。

[†]正員, 大阪大学工学部 (〒 565 吹田市山田丘 2-1)。

[‡]学生員, 大阪大学大学院工学研究科 (現在, コマツ)。

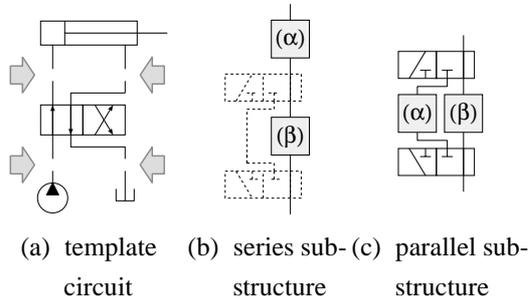


Fig. 1 Topological structure of hydraulic circuits

識の3つに分類することができる。これらの知識のうち、前2者は、回路の振舞に関するものであり、後者は設計シンセシスに関する本質的なものである。

油圧回路のシステムとしてのシンセシスに関する知識は、単純ではあるものの本質的ないくつかの「基本回路」に分けて説明され、それらは回路中における個別機器の振舞を説明する目的で引用される。それらの内容は、設計問題と個別機器との関係を説明する上では非常に効果的なものであるものの、個別機器が回路中において達成し得る機能の可能性を示しているにすぎず、そのみでは回路全体の構造に関する設計シンセシスのための知識としては不十分である。

2.2 油圧回路の構造と振舞 油圧回路の構造は、回路の全体構造を表すクラスについての「回路テンプレート」と、個別の機能モジュールである機器や機器集合の回路テンプレートへの「組み込み構造」とに大別することができる。

テンプレート回路は、“往復運動であるか回転運動であるか”、“いくつのシリンダを動作させるか”、“開回路であるか閉回路であるか”などの基準に従って類別される回路クラスにしたがって定義することができる。図1の(a)は、なかでも“1シリンダ開回路”における回路テンプレートを示したものであり、油圧ポンプ、往復シリンダ、2位置4ポート方向切換弁、タンクから構成されている。このようなクラスに属する回路はそれらの機器によって4つのモジュール部に分割されており、回路テンプレートにおいては各モジュールは単にパイプとなっているが、様々な回路のパリエーションは、そのような4つのモジュール部のそれぞれに機能的なモジュールを組み込み、さらにそれらを各部分内でいかに組み合わせるかによって生成されているものとして理解することができる。

一方、モジュール部内の構造は、“直列構造”と“並列構造”の二つに分類することができ、それらが重ね合わせられることにより複雑な回路も構成されているものとする事ができる。図1において、(b)は二つ

の機器があるライン上に置かれた直列構造を示しており、両機器の機能を同時に発現させるものである。なお、特定の動作プロセスにおいて片方の機器の機能を発現しないようにするために、図中に破線で示す迂回路を設ける場合もある。一方、(c)は、二つの切換弁を同時に切り換えることにより、二つの機器を排他的に動作させる並列構造を示している。なお、組み込まれる機器の種類によっては、一方の切換弁を省略できる場合がある。

油圧回路の全体としての振舞に関しては、個別の動作プロセスにおけるそれぞれの振舞から構成されており、それらは、切換弁の位置と回路の構造によって相互に切り換えられている。そのような切り換えを行なった場合、回路のアクティブな部分が個々の動作プロセスに対して入れ替わっており、個々の制御弁は、作動油の経路や個別部分の状態に依存して、“設定”と“非設定”のいずれかの状態にある。上記の直列構造や並列構造において、どの部分がアクティブになっているかは、これらの内容に従って制御されている。

以上のような「切り換えの構造」を形成することは、「基本回路」によって示される個別の機能に対して必要となる機器の種類を定めることと並んで、回路シンセシスにおける本質的な内容の一つである。

3 油圧回路の合成手法における基本概念

3.1 回路事例からの適合によるシンセシス

本研究では、前節で述べたような油圧回路の機能的な構造に着目し、事例ベース推論(CBR)^{(1)~(3)}の考え方に従った、回路事例からの適合化による回路合成の手法を提案する。CBRの本質的な考え方は、問題解決における過去の解決事例は効果的な知識の一形態であり、それらは全く同一の問題に対しては直ちに解として採用することができるほか、類似の問題に対しても若干の修正処理を施すことにより優れた解を導出することができるという点にある。なお、工学設計の問題は問題解決事例を比較的容易に用意できることから、CBRが有効な分野であるとして期待が持たれている^{(5)~(7)}。

3.2 設計仕様のラベル表現 CBRの枠組を油圧回路の合成処理に適用しようとする場合、目標となる設計仕様と回路事例の実現している機能との差異をどのように把握するかが重要となる。

油圧回路の設計仕様はサイクル線図、すなわち、個別の動作プロセスにおけるシリンダでの負荷(回路における圧力に対応する)と速度(回路における流量に対応する)として表現され、具体的には、負荷と速度の

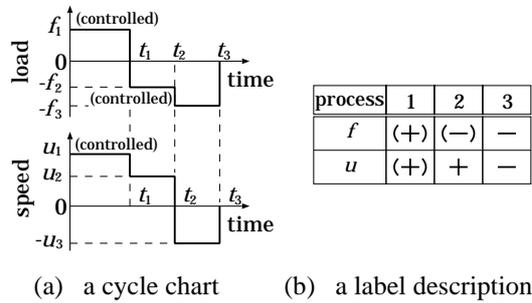


Fig. 2 A cycle chart and a label description

量がどの程度であるか、また、そのような内容が特定の設定値に対して制御されているものであるかどうかによって表現できる。具体的な機器を選定するためには、それらの定量的な内容が不可欠であるものの、回路構造の合成においては定性的な内容が重要である。本研究では、そのような定性的な内容を、それぞれの動作プロセスにおける個々の状態量が“正であるか負であるか”また“制御されているかどうか”に対応する「ラベル」を用いてインデックス化することにより表現するようにする。

図2は、サイクル線図(左部)のラベル(右部)への変換の一例を示したものである。この例は3つの動作プロセスから構成されるものであり、シリンダ負荷(f)と速度(u)の個々の状態が、状態量の符合‘+’・‘-’と、それらが設定値に対して制御されているかされていないかを表す括弧‘()’によって表現されている。なお、本論文では、完全な回路の全体としての動作を表すラベルの集合を「ラベル表現」と称し、個別のラベルとは区別する。

このようなラベル表現は、個々のラベルが流れや負荷の方向や制御の有無によく対応していることから、回路合成において設計仕様を表現したり、分解した上で数え挙げたりする上で効率的であると考えられる。

3.3 適合化の戦略 設計仕様を上述したラベル表現により記述した場合、CBRの枠組においては、それによって設計仕様と回路事例の類似と差異の程度をどのようにに区別するかが重要であり、以下の二つの状況に大別できる。

- 過剰 (*Surplus*) … 設計仕様のラベル表現がある回路事例のラベル表現の部分集合になっている場合。この場合、回路事例のラベルの一部が過剰であり、それに対応する機器を回路事例から削除することにより目的とする回路を合成できる可能性がある。
- 不足 (*Deficit*) … 逆に、ある回路事例のラベル表現が設計仕様のラベル表現の部分集合になっている

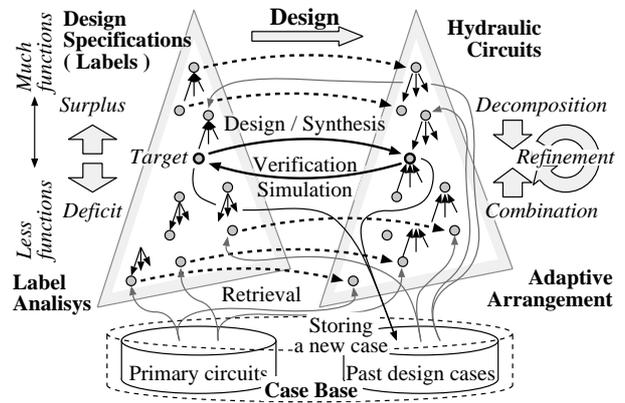


Fig. 3 Outline of adaptive circuit synthesis from design cases

場合。この場合、回路事例において設計仕様に対して不足する部分を他の回路事例から補う必要がある。すなわち、2つの回路事例を考え、設計仕様は両者のラベル表現の和集合に対する部分集合になっており、一方、その双方のラベル表現のそれぞれが設計仕様の部分集合になっている場合、両者の回路事例を組み合わせることで目的とする回路を合成できる可能性がある。

このような状況に対応して、回路合成を行なおうとする場合、過剰な機能を持った回路事例の「分割 (*decomposition*)」と機能的に不足する回路事例の対の「組合せ (*combination*)」の二つの戦略を想定することができる。また、後者については、前述した回路構造における直列構造と並列構造に対応して、「直列組合せ (*series combination*)」と「並列組合せ (*parallel combination*)」の二つを想定することができる。

以下の節では、以上のようなラベル表現と適合化戦略を用いた回路合成手法の詳細について述べる。

4 機能構造に基づく油圧回路の合成手法

4.1 合成手法の手順 図3は本合成手法の概略と手順を示したものである。図中の破線は設計仕様であるラベル表現から油圧回路への対応関係を示したものであり、二つの三角形はそのような対についての階層的な関係を示している。回路事例からの適合化は、以下に述べる手順でこれらの階層関係と対応関係をトレースすることによって行う。

まず、設計仕様をラベル表現に変換した上で、事例ベース中に保存している回路事例を参照しつつ適合化を行なう際の参照事例を検索する。次に、設計目標の回路を生成すべく、上記の三つの戦略のもと、ラベル表現の差異に基づいてそれらを適応的に組み合わせた

り分解したりする。さらに、事例からの機械的な適合化により生じた冗長な部分を除去したりするなどの修正操作が必要な場合には、生成された回路に対してそのような処置を施す。最後に、別報⁽⁴⁾に示す記号ベース論理シミュレータにより、生成された回路が設計仕様に対して正常に動作するかを検証する。以上により、設計仕様を満足する回路が生成できれば、それが設計解であり、この解も有効な回路事例であると考えられることから、事例ベース中に新しい回路の一つとして登録する。一方、設計仕様を満足する回路が生成できなければ、さらに、別の適合化処理を試みられることになる。

なお、図3にも示すように、事例ベースには、過去の設計事例のみならず、いわゆる基本回路と呼ばれる何らかの最小単位の機能を実現している回路を含めるものとする。それにより、事例ベース中に適切な回路事例が存在しない場合においても、そのような基本回路を組み合わせていくことにより回路合成を行なえるようになる。一方、このような適合化による合成手法は、得られた設計解を事例ベースに記録していくことで、手法そのものの合成能力、特に効率性を徐々に高めていくことができるものとしても期待できる。

以下に、個々の処理の具体的な内容を示す。

4.2 回路事例の表現 本適合化手法においては、前節で述べたようにラベル表現と回路構造との対応関係が重要であり、事例ベース中の回路事例についてもそのような対応関係を明示的に付加させて記述しておく。すなわち、回路構造そのものは構成機器の種類やそれらの間の接続関係により表現でき、また、回路の振舞や機能もサイクル線図や対応するラベル表現として表現できるが、それらに加えて、両者間の関係である、個々の動作プロセスにおいて各方向切換弁がどの位置にあるか、回路中のどの部分がアクティブであるかアクティブでないか、作動油はどのように流れるか、などの情報を相互に関連付けながら、保存しておくようにする。

4.3 回路事例の検索と適合化 まず、設計すべき仕様が与えられると、それに対するラベル表現が生成され、同一のラベル表現を持つ回路事例が存在するかどうかを調べる。そのような回路事例が存在した場合には、直ちにそれが設計解となるが、そうでない場合には、類似の回路事例を検索し、それらをもとに適合化処理を行なって回路を合成する。このような類似回路の検索方法は、まず、設計目標のラベル表現から回路事例のそれと一致すると期待されるものを仮定し、生成検査的に事例の検索を行なう。具体的にどの

ようなラベル表現を仮定すべきかは、検索された類似回路をどのように組み合わせたり分解したりするかに依存するため、後述の「分割合成」・「組合せ合成」の項で述べる。

なお、適合化処理の詳細は個々に異なるものの、おおよそ、以下の二つの段階から構成される。

- (1) まず、回路事例を検索するためのラベル表現の候補を仮定する。この仮定操作は、比較的類似度の高いものから低いものへと順に行なう。
- (2) 次に、検索された回路事例をそのラベル表現が設計目標のラベル表現から仮定された過程を逆方向に辿っていきながら、回路事例の適合化を行なう。

4.4 回路の分割による合成 分割戦略のもとでは、設計仕様のラベル表現に対して、制御機能を付加する、すなわち、'()'なるラベルを付加することにより、あるいは、仮想的な動作プロセスを付与することにより、事例の検索を行ない、その後、以下のようにして、追加した余剰機能に対応する部分を回路事例から削除することにより回路合成を行なう。

分割を行なうべき回路事例が余分な制御機能を含んでいる場合は、そのような機能に対応する流量制御弁やリリーフ弁などの機器を削除する。ここで言う削除とは、対応する機器やモジュールの部分を単なるパイプで置き換えることであり、どの機器を削除すべきかは、事例回路に付与されているラベルと回路の振舞との間の対応関係に基づいて判別することができる。

分割を行なうべき回路事例が仮想的な動作プロセスを含んでいる場合は、回路中のそのようなプロセスにおいてのみアクティブになっている部分を削除する。ここで言う削除とは、それらの部分を単なるパイプで置き換え、さらに、方向切換弁のそのようなプロセスに対応する位置を取り除くことを意味している。なお、方向切換弁がそのような位置を削除することにより唯一の位置を持つようになった場合には、さらに、パイプや終端への置換えを行なう。

4.5 回路の組合せによる合成

4.5.1 直列組合せによる合成 図4の(a)は、1シリンダ開回路に対する直列組合せによる合成方法を示したものであり、この戦略のもとでは、4つのモジュール部をそれぞれに独立ではあるものの相互に対応付けて直列に組み合わせる。前節で述べたように、直列構造は同一のプロセスにおいて構造に含まれるすべての機器の機能を同時に実現するものであるため、回路事例を検索するために用いられるラベル表現の候補は、単一のプロセス内において実現されるべき機能

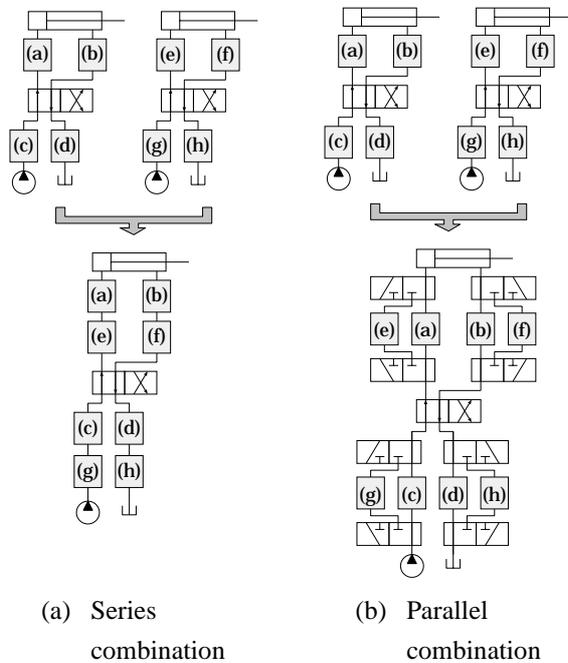


Fig. 4 Combination models

集合を2つの部分集合に分割することにより仮定することができる。このとき、分割されたラベル表現はいずれかの正常に動作する回路のものである必要があり、そのような点を考慮すると、直列組合せによる合成のためのラベル表現の候補は、以下のようにして仮定することができる。

- 制御機能によるラベル分割 … 設計目標がいくつかの制御機能を内在しているとき、それらの機能を独立な二つの部分集合に分割することにより、事例検索のためのラベル表現候補を仮定する。
- プロセスによるラベル分割 … 動作プロセスを基準としてラベル表現を二つの部分に分割し、それぞれのプロセスを省いた部分に、同じ動作方向の制御機能を含まない仮想的なプロセスを付与することにより、事例検索のためのラベル表現候補を仮定する。なお、ラベル表現候補の一方が元々のラベル表現と同一になる場合には、そのような分割を候補から除外するものとする。

以上のようにして検索された回路事例は図4の(a)に示すようにして組み合わせる。直列構造においていずれの回路事例のモジュールをどのような順序に組み合わせるかについては、個々のモジュールに含まれる機器の元来の機能により決定することができる。例えば、流量制御弁は圧力制御弁の後方に組み込まれるべきである。また、二つの流量調整弁を直列に組み合わせたり、二つの圧力調整弁を直列に組み合わせたりする場

合には、その部分に図1の(b)に示したような切換弁と迂回路が必要となる。なお、これらの内容はあらかじめ記述されたルールに従って行なうことができる。

4.5.2 並列組合せによる合成 図4の(b)は、1シリンダ開回路に対する並列組合せによる合成方法を示したものであり、この戦略のもとでは、4つのモジュール部をそれぞれ並列に組み合わせ、計8個の方向切換弁の同期的な操作によりそれぞれのサブモジュールを切り換えるようになっている。回路事例を検索するためのラベル表現候補の対は、設計目標のラベル表現を動作プロセスにより2つの部分ラベルに分割することにより、仮定することができる。このとき、往復プロセスのそれぞれの数が複数でない場合には、そのようなプロセスを分割後のラベル表現の両方に含むようにする。検索された回路事例の対は図4の(b)に示すように組み合わせるが、個別に組み合わせられるサブモジュールの部分が構造的にも機能的にも同一である場合には、方向切換弁を用いて並列に組み合わせる必要はなく、一方のモジュールを回路に組み込むようにする。

4.6 再帰的合成処理 以上のような合成処理は、最終的に事例ベース中から適当な回路が得られるまで、再帰的に繰り返してラベルを分割していくようにする。過去の設計事例の中に適切なものが存在しない場合、この再帰的な分割処理は最終的には基本回路のラベル表現に行き着くことになるが、それにより、より多くの計算処理を必要とするものの、最悪の場合でも何らかの回路を合成することが期待できる。

4.7 合成された回路の修正 上記の3つの戦略に基づいて合成された回路は設計仕様に対して正常に動作することが期待できるものの、以上の合成処理がラベル表現と機器要素との対応関係に従ってのみ行なわれていることに起因して、冗長な部分や常にアクティブでない部分を含んでいる場合があり得る。

そのような部分に対する修正操作は回路構造における部分的な構造に関するものであり、あらかじめ記述されたルールに従って、修正操作を実現することができる。図5は、そのようなルールの例を示したものである。(a)は、チェック弁の両端が直接継っているため、それを省くことができることを示している。(b)は、同様に閉鎖弁の両端が直接継っているため、それを省くことができることを示している。(c)は、あるモジュールとチェック弁との対が直接に継っているため、二つのチェック弁を一つにまとめることができることを示している。(d)は、あるモジュールが方向性を持っているために、ある方向切換弁を省くことがで

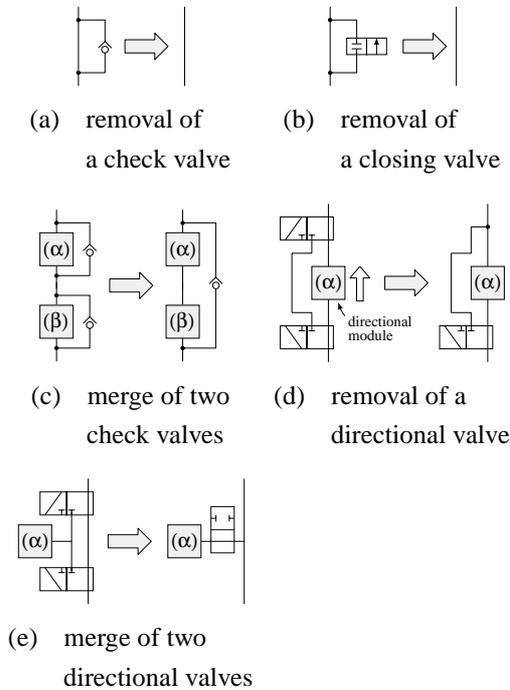


Fig. 5 Refinement patterns

きることを示している。(e)は、二つの方向切換弁を一つにまとめることができる場合を示している。

4.8 合成された回路の検証 以上の合成処理と修正操作により生成された回路も場合によっては正常に動作しないことがあるため、何らかのシミュレーション処理により回路の動作を検証する必要がある。このような目的のために別報⁽⁴⁾に示すような記号処理に基づいた論理シミュレーションを適用するようになる。それによって、生成された回路が正常に動作すると判断できる場合、それを回路合成における設計解とすることができる。

以上の様々な処理を再帰的かつ繰り返しの行なっていくことにより、設計仕様に対する回路を生成することができる。なお、上記の論理シミュレーションの方法と全体のシステムの計算機への実装の方法については、別報⁽⁴⁾に報告する。

5 適用事例

本合成手法の妥当性と有効性を示すために、以下にある回路の合成を行なった結果を示す。

図6は、ある設計仕様のラベル表現を再帰的に分割していき、その過程を逆にトレースしつつ回路事例を組み合わせていくことにより、回路を合成した場合を示している¹。図中では、図2の(a)に示したサイクル

¹ この適用事例は組合せ合成によるものであり、分割合成の事例については別報⁽⁴⁾を参照されたい。

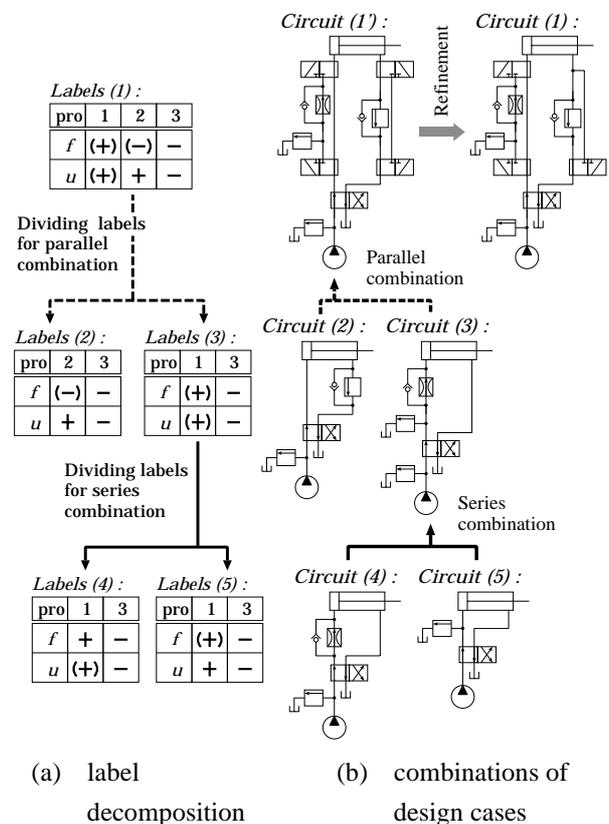


Fig. 6 An example of circuit synthesis

線図の動作を実現する回路が生成されており、まず、そのようなサイクル線図が、図6の上左部(図2の(b)と同じ)に示すようなラベル表現 *Labels (1)* に変換され、それを出発点として合成処理が行なわれる。この合成処理には、いくつかのパスが存在するが、図6は、そのようなパスのうち最終的に正常に動作する回路を生成し得るものの一つを示したものであり、以下の手順で回路が合成されている。

まず、設計仕様に対応するラベル表現を並列組合せの戦略に従って *Labels (2)* と *Labels (3)* の二つのラベル表現に分割する。これらのうち、前者については、*Circuit (2)* なる回路事例を事例ベースから検索することができる。この回路は、負荷制御に関する基本回路の一つであり、背圧弁・チェック弁・リリーフ弁から構成されている。さらに、*Labels (3)* を直列組合せの戦略に従って *Labels (4)* と *Labels (5)* の二つのラベル表現に分割する。これらのラベル表現に基づいて、それぞれ、基本回路に対応する *Circuit (4)* と *Circuit (5)* の回路事例が検索される。次に、*Circuit (4)* と *Circuit (5)* とを直列に組み合わせることにより、*Circuit (3)* が生成され、続いて、*Circuit (2)* と *Circuit (3)* とを並列に組み合わせ、*Labels (1)* に対して正常に動作する

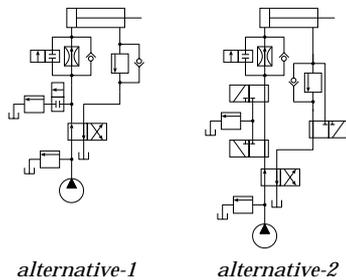


Fig. 7 Alternatives for the circuit shown in Fig. 6

回路 *Circuit (1')* が合成される。最後に、それが冗長な方向切換弁を含んでいる(図5の(d)に対応する)ことから、*Circuit (1)* へと修正される。

図7は、図6に示したようにして合成される回路に対して、別の合成パスにより生成される二つの代替案を示したものである。記号ベース論理シミュレータによる検証処理⁽⁴⁾により、これら計3個の回路が与えられた設計仕様を満たすことも確認することができる。なお、以上の回路合成処理は、8個の基本回路のみが回路事例ベースに保存してある状況のもとで行なったものである。

以上の合成例のほか、本手法を他のいくつかの回路に対しても適用した結果、正常に動作する回路を得ることができることを確認できた。

6 関連研究

最後に、本手法の特徴を明確にするために、油圧回路の合成に関する従来の研究についてまとめる。

油圧回路の設計問題に対するコンピュータの利用は、解析やシミュレーションの機能を中心として、古くから行なわれてきており⁽⁸⁾、さらに、人工知能技術やエキスパートシステムの手法により回路合成などのシンセシスに対する支援が行なわれるようになってきている。例えば、Westmanらは、油圧回路をモジュールから構成されるブロック線図により表現し、それらを数多くのルールによって操作する手法を示している⁽⁹⁾。また、Congxinらは、機器要素間の接続関係をグラフとして表現し、サブ回路をルールに基づいて選択した上で、それらを接続していくことにより、回路を設計する手法を記述している⁽¹⁰⁾。KotaとLeeも知識ベースを用いた油圧回路設計手法について検討を行っており、機器の一般的な記述に対して回路の機能レベルでの抽象的な取り扱いの重要性を強調している⁽¹¹⁾⁽¹²⁾。これらの研究は、それぞれに回路設計における重要な概念を含んで入るものの、なお数多くの個別的なルールを必要としている。

以上の知識ベース手法に対して、中島らはOHCSと呼ばれる油圧回路設計のためのインテリジェントCADシステムを構築しており、設計された回路の振舞を解析するために定性推論の技術を用いるとともに、油圧機器を選択するための実際的な知識ベースを統合化している⁽¹³⁾。このシステムの特徴的な点は、解析を中心とする部分と膨大な知識を必要とするルーチン設計の部分に、システムの機能を限定していることにある。また、松田らは油圧回路設計における設計知識をインタビューを通じて獲得するシステムを構築しており⁽¹⁴⁾、回路の振舞を記号処理による代数的なシミュレーションと領域知識から説明して、そのような説明を一般化することにより有用な知識を獲得することができる。

本研究における回路合成の手法は、回路事例からの適合化を行なうという点で上記の各システムとは異なっており、油圧回路の合成を含めた概念設計において設計知識をどのように記述し利用するかについての一方法を示そうとするものでもある。事例からの適合化が期待できる理由の一つは、設計ルールのような直接的な知識を記述する必要がなく、比較的容易に獲得できる設計事例そのものを知識源として利用するという点にあるが、その一方では、適合化の処理は、いわゆる深い知識である適合化過程を制御するための知識が必要であり、本合成手法では3つの適合化戦略をそのような内容のものとして用いている。

7 結 言

本研究では、事例ベース推論の手法に基づいて事例回路からの適合化による油圧回路の合成手法を提案し、簡単な合成問題に適用してその有効性を検証した。本合成手法の基本となる概念は、既存の設計事例を適合的に修正していくことにより、設計対象物の構造的な構成を生成しようとする点にある。油圧回路の合成問題は、システムを構成する要素の種類を選択し、それらの接続による構造を定める典型的な組合せ型の概念設計の問題であり、このようなクラスの問題においては、設計を行なうための知識内容を明示的に記述することが困難であるとされている。これに対して、本研究における内容は、油圧回路という限定された比較的小規模の問題を対象としたものであるものの、本質的に悪構造で組合せ的な内容を含んでいる工学設計の問題において期待できる手法であると考えられる。

文 献

- (1) Riesbeck, C. K. and Schank, R. C., *Inside Case-based Reasoning*, (1989), Lawrence Erlbaum Associates.

- (2) Slade, S., Case-Based Reasoning: A Research Paradigm, *AI Magazine*, 12-1, (1991), 42-55.
- (3) 特集:「事例ベース推論」, 人工知能学会誌, 7-4, (1992), 558-607.
- (4) 藤田・赤木・上平・佐々木, 機能構造に基づく油圧回路の合成手法に関する研究(第2報:記号ベース制約伝播による回路検証とシステム構築), 機論, 62-593, C (1996), 383-390.
- (5) 服部・田中・末田, 事例ベース推論による機械設計, 人工知能学会誌, 7-4, (1992), 597-602.
- (6) Pearce, M., et al., Case-Based Design Support – A Case Study in Architectural Design, *IEEE Expert*, 7-5, (1992), 14-20.
- (7) Pu, P. (ed.), Special Issue: Cased based reasoning in design, *Artificial Intelligence for Engineering Design, Analysis and Manufacturing*, 7-2, (1993), 79-143.
- (8) Kinoglu, F. , Riley, D. , Donath, M. and Torok, D., Streamlining Hydraulic Circuit Designs With Computer Aid, *Computers in Mechanical Engineering*, (Oct. 1982), ASME, 21-25.
- (9) Westman, R. , Sargent, C. and Burton, R., A Knowledge-based Modular Approach to Hydraulic Circuit Design, *Computers in Engineering*, 1, (1987), 37-41, ASME.
- (10) Congxin, L., Shuhuai, H. and Yungan, W., An Expert System for Designing Hydraulic Schemes, *Artificial Intelligence in Design*, Pham, D. T.(ed.), Chapter 16, (1991), Springer-Verlag, 391-413.
- (11) Kota, S. and Lee, C., A look at an expert system for hydraulic design, Part 1, *Hydraulics & Pneumatics*, (May 1990), 48-51, 71.
- (12) Kota, S. and Lee, C., A look at an expert system for hydraulic design, Part 2, *Hydraulics & Pneumatics*, (July 1990), 41-44.
- (13) Nakajima, Y. and Baba, T., OHCS: hydraulic circuit design assistant, *Proceeding of the First Annual Conference on Innovative Applications on Artificial Intelligence*, 1, (1989), AAAI, 225-236.
- (14) 松田・新名・溝口, 設計例の理解に基づく知識獲得インタビュースystem, 人工知能学会誌, 7-6, (1992), 1038-1048.