

グラフ書き換えによるブロック線図の構造認識とその応用\*

4 T-7

小林 卓† 安達 由洋† 安齊 公士‡ 土田 賢省†

† 東洋大学工学部

‡ 関東学園大学

1 はじめに

複雑なシステムの構造を見通しよく表現する図的モデルとしてブロック線図がある。ブロック線図を用いると、システムの構造を視覚的に容易に把握できるだけでなく、構造に付随する様々な情報を図上で定義し導出することができる。このようなことから、ブロック線図はシステムの解析および設計の道具として制御工学やアナログあるいはデジタルフィルタの設計などの様々な分野で使われている。我々は、ブロック線図に対する生成、変形、解析などの操作を数学的に扱えるようにするためにグラフ文法を用いてブロック線図文法を定義し、それに基づくブロック線図パーサを作成した。これは既に報告済みである [1, 2]。

本稿では、部分グラフの同形性に基づくグラフ書き換えを用いてシステムの構造を認識する機能の実現について述べる。この機能はボトムアップにブロック線図を書き換えて直列結合、並列結合、フィードバック結合など制御系の解析や設計でよく用いられる基本結合構造を認識するものである。さらに、伝達関数や誤差信号など認識した構造に付随する情報を導出する機能を実現する。

2 構造認識

グラフ書き換えによる構造認識の定式化の基礎となるブロック線図文法は次のように定義される。

定義(ブロック線図文法)[1, 2]  $G_{Block} = (\Sigma_n, \Sigma_t, [BD], P)$  をブロック線図文法という。ここで、終端ノードアルファベット  $\Sigma_t$  と非終端ノードアルファベット  $\Sigma_n$  は Fig. 1で、プロダクションの集合  $P$  は Fig. 2で与えられる。 □

ブロック線図パーサに、直列結合、並列結合、フィードバック結合などの制御系の解析や設計でよく用いられる基本結合構造を認識する機能を付加する。構造認識機能は、Fig. 4に示すボトムアップシリアル法を用いたグラフ書き換えアルゴリズムで実現される。Fig. 3に示すプロダクションの右辺と同形なグラフ(部分線図)を与え

られたブロック線図から見つけ出しそのプロダクションの左辺に書き換える。このアルゴリズムは以下のような性質をもつ。

- 必ず停止する(停止性)。
- インスタンス列をグラフに適用すると認識したブロック線図を得ることができる(正当性)。

Fig. 4のアルゴリズムは、認識した構造を一つのブロックとして書き換えているため再帰的に構造を認識することができる。この構造認識に用いるプロダクションの集合  $P_{Rec}$  は、認識したい構造を右辺に持つプロダクションから構成される。プロダクションの集合  $P_{Rec}$  は、データベースとして登録されているため認識したい構造をユーザが自由に追加することができる。ただし、ユーザがプロダクションを追加した場合、停止性については一般には保証されない。

非終端ノードアルファベット	終端ノードアルファベット
[BD]: スタートラベル	⊙ : 入力
[Elem]: 要素	⊙ : 出力
[Branch]: 分岐点	block : ブロック
[Add]: 加算点	● : 分岐点
[Add-]: 加算点-	⊙ : 加算点
[Sub]: 引き算点	⊙ : 加算点-
[Sub-]: 引き算点-	⊙ : 引き算点
	⊙ : 引き算点-

Fig. 1. ブロック線図のノードアルファベット

3 情報導出

構造を認識すると同時にその認識した構造に付随する情報を導出する機能を実現した。この機能は、プロダクションの集合  $P_{Rec}$  に登録されている構造に付随する解析・設計に必要な情報を導出するための知識をデータベースとして保存してあり、それをもとに導くものである。数値あるいは数式計算が必要な場合、ファイルを介して mathematica を利用して計算を行う。

Fig. 5に示すブロック線図を構造認識する。ブロック  $G1(s)$  と  $G2(s)$  の値は、それぞれ  $G1(s) = 1/(s^2 + 4s + 5)$ ,  $G2(s) = (s + 1)$  とする。その出力された結果を Fig. 6に示す。

4 まとめ

部分グラフの同形性に基づくグラフ書き換えを用いてシステムの構造を認識する機能と認識した構造に付随す

\*Structure Recognition of Block Diagrams Based on Graph Rewriting and Its Application

†Suguru KOBAYASHI, Yoshihiro ADACHI, Kensei TSUCHIDA, Department of Information and Computer Sciences, Toyo University

‡Koushi ANZAI, Faculty of Economics, Kanto Gakuen University

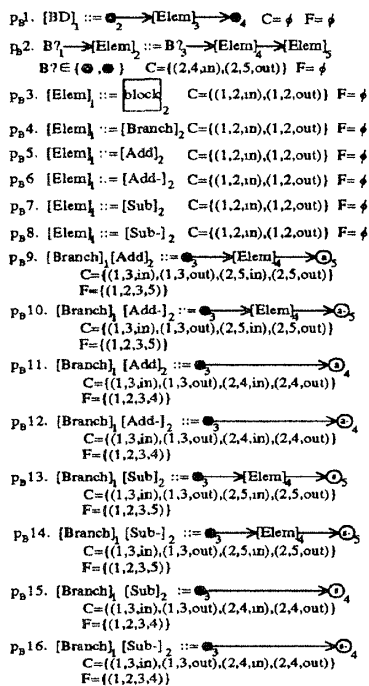


Fig. 2. ブロック線図のプロダクションの集合 P

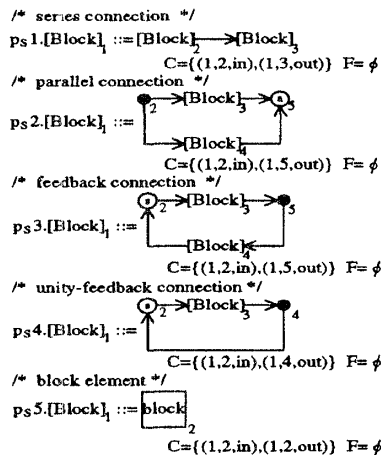


Fig. 3. 構造認識のプロダクションの集合 P<sub>Rec</sub>

る情報を導出する機能を実現した。これらの機能では、認識させたい構造や構造に付随する情報を導出するための知識をデータベースにユーザが自由に追加することができる。今後、導出した情報をもとにコントローラを含む制御システム全体の構成を知的に支援する機能やシグナルフローグラフとの相互変換の機能の実現を目指す。

参考文献

[1] 安達, 小林, 安斉, 土田, グラフ文法に基づくブロック線図の生成と解析, 数理モデルと問題解決-現場の実例-シンポジウム論文集 95-102 (1996).  
 [2] Y. Adachi, S. Kobayashi, K. Anzai, K. Tsuchida, Block Diagram Grammar and Structure Recognition Based on Graph Rewriting, IFAC CACSD'97 (to appear).

```

rewriting{
input
  PRec : プロダクションの集合
  D = (VD, ED, λD) : 変換するグラフ
output
  変換されたグラフ G
  インスタンス列
variable
  G' : グラフ
method
  グラフ D に記号 ⊥ を付随させる ;
  G ← D ;
  while ( ∃ pRec ∈ PRec, ∃ R = (VR, ER, λR) ⊆ ) do {
    G, n ∈ VR s.t. R は pRec の右辺の同
    形グラフ
    G' ← G ;
    (ただし, L = (VL, EL, λL) は pRec の左辺の同形グラフ)
    エッジは pRec の接続関係にしたがって引く ;
    G' にプロダクションインスタンス (記号
    (hl, pRec, hr) を付随させる ;
    G' に付随している記号から G に付随している記号へリンクを張る ;
    G ← G' ;
  }
  output (G) ;
  G に付随したプロダクションインスタンスから ⊥ に到達するまでリンクをたどりながらプロダクションインスタンスを出力する ;
}
    
```

Fig. 4. 構造認識のためのアルゴリズム

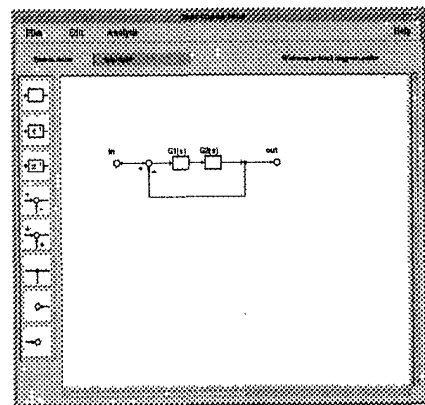


Fig. 5. ブロック線図例

```

instance sequence :
instance {0}, ps5, {4}
instance {10}, ps4, {2}
instance {11}, ps1, {0, 9}
instance {12}, ps4, {11, 5, 2}

The result of structure recognition:
series{[11]} : block{[10]}
              block{[9]}

transfer function : (1 + s)/(5 + 4*s + s^2)
unityfeedback{[12]} : series{[11]}
                    branches{[6]}
                    subtract{[2]}

transfer function : (1 + s)/(3 + 6*s + s^2)
characteristic polynomial :
6 + 6*s + s^2 = (2 + s)*(3 + s)
finish
    
```

Fig. 6. 解析実行結果