

属性ブロック線図文法*

4 G-8

小林 卓† 安達 由洋† 土田 賢省†

† 東洋大学工学部

1 はじめに

ブロック線図は、制御システムやフィルタなどの構造を簡潔にかつ分かりやすく表現することができる図的モデルであり、線図上で構造に付随するさまざまな情報を定義してシステムの動作や特性の解析を可能にする道具である。我々は、ブロック線図の生成規則を定式化したブロック線図文法と、その文法に基づいてブロック線図を解析するパーサを報告した[1, 2]。

制御システムなどの解析や設計を支援するにはブロック線図の構文規則だけでなく、構造に付随するさまざまな情報、すなわち意味を形式的に定義し、計算するためのモデルが不可欠である。

本研究では、まずブロック線図に付随するさまざまな情報を導出するためのモデルとして（文脈依存型）属性グラフ文法を定式化し、これに基づいた属性ブロック線図文法を定義する。次に、属性ブロック線図文法に基づいてブロック線図を構文解析し、各ノードに流れる信号の入力と出力の関係式を意味規則に基づいて導出するブロック線図パーサ属性評価器を実現する。さらに、グラフ書き換えによりブロック線図の部分構造を認識するための書き換え規則に意味規則を付加する。これにより認識した部分構造の情報も属性として導出できるようになる。

2 属性ブロック線図文法

定義 1 (グラフ文法) [1, 2] グラフ文法とは 4 組

$G = (\Sigma_n, \Sigma_t, S, P)$ である。ただし、

- (1) Σ_n は 非終端ノードアルファベット である。
- (2) Σ_t は 終端ノードアルファベット である。
 Σ_n, Σ_t は、それぞれ空でない有限集合であり、互いに素である、 $\Sigma = \Sigma_n \cup \Sigma_t$ は、ノードアルファベットである。
- (3) $S \in \Sigma_n$ はスタートラベルである。
- (4) P は プロダクション p の空でない有限集合である。
 さらに、プロダクション p は 4 組
 $p = ((A, X), (B, Y), C, M)$ で表される。ただし、
 (a) $A = (V_A, E_A, \lambda_A)$ は Σ 上のグラフ。
 $X = (V_X, E_X, \lambda_X)$ は Σ_n 上のグラフであ

り、 $X \subseteq A$ である。

$B = (V_B, E_B, \lambda_B)$ は Σ 上のグラフ。さらに、 $|V_A| \leq |V_B|$ 。 $Y = (V_Y, E_Y, \lambda_Y)$ は Σ 上のグラフであり、 $Y \subseteq B$ 。

- (b) 4 つのグラフ A, X, B, Y は、 $A = X, B = Y$ 、または、 $K = A - X = B - Y$ を満たす。 K を 文脈部分グラフ と呼ぶ。
- (c) $C \subseteq V_X \times V_Y \times \{\text{in}, \text{out}\}$ は 接続関係。
- (d) $M \subseteq (V_X \times V_X) \times (V_Y \times V_Y)$ は 対応関係。

ここで、 (A, X) は p の 左辺、 (B, Y) は p の 右辺 と呼ぶ。 C の各要素 (x, y, α) は p の 接続命令 であり、 M の各要素 (v, w, v_f, w_f) は p の 対応命令 である。 □

この文脈依存グラフ文法の各ノードに属性を付加し、各プロダクションに属性値を計算をするための意味規則を付随させた（文脈依存型）属性グラフ文法を定義する。

定義 2 (属性グラフ文法) 属性グラフ文法 (AGG) は次の条件を満たす 3 項組 $AGG = (G, A, F)$ である。

- (1) $G = (\Sigma_n, \Sigma_t, S, P)$ は AGG の基底グラフ文法と呼ばれる。 $\Sigma = \Sigma_n \cup \Sigma_t$ 上のグラフ $D = (V, E, \lambda)$ に対し、 $Lab(D) = \{\lambda(n) | n \in V\}$ とする。
- (2) G の各ノードアルファベット $X \in \Sigma$ に対して、互いに素な 2 つの有限集合である継承属性の集合 $I(X)$ と合成属性の集合 $S(X)$ が付随している。 X の属性全体の集合を $A(X) = I(X) \cup S(X)$ で表す。 $A = \bigcup_{X \in \Sigma} A(X)$ を AGG の属性集合という。ただし、 $I(S) = \phi$ とする。また、 X の属性 a を $a(X)$ 、 a が取りうる値全体の集合を $V(a)$ で表す。
- (3) P の各プロダクション $p = ((A, X), (B, Y), C, M)$ に対して、 $\bigcup_{R \in Lab(A)} S(R) \cup \bigcup_{W \in Lab(B)} I(W)$ の属性のみをすべて定義する意味規則の集合 F_p が付随している。属性 $a_0(Z_{i_0})$ を定義する意味規則は、 $a_0(Z_{i_0}) := f(a_1(Z_{i_1}), \dots, a_m(Z_{i_m}))$ 、 $Z_{i_j} \in Lab(A) \cup Lab(B)$ 、 $0 \leq j \leq m$ という形をしている。 f は $V(a_1(Z_{i_1})) \times \dots \times V(a_m(Z_{i_m}))$ から $V(a_0(Z_{i_0}))$ への写像である。このとき、 $a_0(Z_{i_0})$ は p において $a_j(Z_{i_j}) (1 \leq j \leq m)$ に依存するという。集合 $F = \bigcup_{p \in P} F_p$ を G の意味規則集合という。 □

次に、この属性グラフ文法により属性ブロック線図文法を定義する。

*Attribute Block Diagram Grammar

†Suguru Kobayashi, Yoshihiro Adachi, Kensei Tsuchida, Department of Information and Computer Sciences, Toyo University

定義 3 (属性ブロック線図文法) 属性ブロック線図文法 AGG_{Block} とは 3 項組 (G_{Block}, A, F) のことをいう。ここで、 $G_{Block} = (\Sigma_{n_{Block}}, \Sigma_{t_{Block}}, [BD], P)$ は基底ブロック線図文法、 A は属性の集合、 F は意味規則の集合である。ブロック線図文法のノードアルファベットを Fig.1 に、属性の一部を Fig.2 に、全部で 16 個ある規則のうちの一部分を Fig.3 に示す。

Nonterminal node alphabet $\Sigma_{n_{Block}}$	Terminal node alphabet $\Sigma_{t_{Block}}$
[BD]: start label	●: input
[Elem]: element	●: output
[Branch]: nonterminal branch	□: block
[Add]: nonterminal add	●: branch
[Add-]: nonterminal add-	⊕: add
[Sub]: nonterminal subtract	⊖: add-
[Sub-]: nonterminal subtract-	⊗: subtract
	⊙: subtract-

Fig. 1. ノードアルファベットの集合

Synthesized attribute:

signal(X): ノードに流れる信号の入力と出力の関係式の集合
 number(X): 変数名の集合
 structure(X): 構造情報の集合

Fig. 2. 属性集合の一部

Production

P_B^2 . $B_1 \rightarrow [Elem]_2 ::= B_2 \rightarrow [Elem]_4 \rightarrow [Elem]_5$
 $B_2 \in \{\oplus, \odot\}$ $C = \{(2,4,in), (2,5,out)\}$ $M = \phi$

Semantic Rules

number(2) = number(4) $\cup$ number(5)
 signal(2) = {signal_in(5) $\leftarrow$ signal_out(4)} $\cup$
 signal(4) $\cup$ signal(5)
 structure(2) = structure(4) $\cup$ structure(5)

Fig. 3. 属性ブロック線図文法の規則の一部

この文法では属性および意味規則としてブロック線図上の各信号と信号間の関係および部分構造の情報を扱っているが、属性および意味規則を適切に定義をすることにより、他のさまざまな情報も扱うことができる。

3 構造認識規則への意味規則の付加

直列結合、並列結合、フィードバック結合など制御システムの解析および設計に重要な部分構造に関する情報を属性として返すために構造認識規則 [1] に意味規則を付加する。意味規則を付加した構造認識規則の一部を Fig.4 に示す。この構造認識は、ブロック線図の構文解析前に実行され、導出した情報は属性ブロック線図文法のプロダクションに引き継がれる。

4 ブロック線図パーサ属性評価器

属性ブロック線図に基づいて構文解析すると同時に属性評価を行うブロック線図パーサ属性評価器を Prolog

```
/* series connection */
p3 1. [Elem]1 ::= [Elem]2 → [Elem]3,
C = {(1,2,in), (1,3,out)} M =  $\phi$ 
structure(1) = {series(structure(2), structure(3))}
signal(1) = {signal_in(3)  $\leftarrow$  signal_out(2)}  $\cup$  signal(2)  $\cup$  signal(3)
number(1) = number(2)  $\cup$  number(3)

/* block element */
p3 5. [Elem]1 ::= block2
C = {(1,2,in), (1,2,out)} M =  $\phi$ 
structure(1) = {block(block_name(2))}
signal(1) = {signal_out(2)  $\leftarrow$  block(block_name(2))  $\leftarrow$  signal_in(2)}
number(1) = {signal_in(2), signal_out(2)}
```

Fig. 4. 構造認識規則の一部

を用いて実現した。このシステムは属性ブロック線図文法に基づいているので、適格な線図にはそれを生成するインスタンス列、各ノードに流れる信号の入力と出力の関係式、および与えられたブロック線図がもつ構造情報を出力することが保証される。Fig.5 に、ブロック線図パーサ属性評価器の実行例を示す。

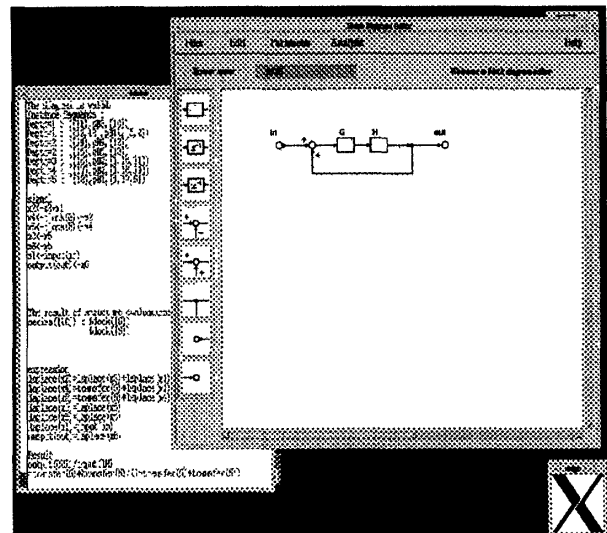


Fig. 5. ブロック線図解析システム

5 おわりに

ブロック線図に付随するさまざまな情報を導出するためのモデルとして属性ブロック線図文法を定義し、これに基づいたブロック線図パーサ属性評価器を実現した。

今後、ブロック線図に基づいてシステムの解析、設計を支援するために必要となるさまざまな情報を属性および意味規則として定義して、それに基づいた処理システムを開発する。

参考文献

- [1] Y. Adachi, S. Kobayashi, K. Anzai, K. Tsuchida, Block Diagram Grammar and Structure Recognition Based on Graph Rewriting, IFAC CACSD'97 pp.257-262(1997).
- [2] K. Anzai, Y. Adachi, S. Kobayashi, K. Tsuchida, Block Diagram Generation and Parsing Based on Graph Grammar, IEEE ISCAS'97 pp.1970-1973(1997).