

属性グラフ文法のブロック線図およびシグナルフロー線図への応用

3B-9

小林 卓† 安達 由洋† 安斉 公士† 土田 賢省†

† 東洋大学 † 関東学園大学

1 はじめに

多数の互いに影響し合う要素から構成されるシステムを見通しよく簡潔に図的表現する方法として、ブロック線図とシグナルフローグラフがある。これらの線図を用いると、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、構造と挙動に関する様々な情報を導出してシステムの評価・変更・改良に利用することができる。ところで、これらの線図の基本構成要素と線図例は制御の教科書などに記述されているが、形式的な生成規則(文法)を定義した研究はあまり報告されていない。特に、ブロック線図やシグナルフローグラフを用いてシステムの解析・設計を支援するツールには適格な線図を生成する機能と、構造を解析する機能が必要であり、これを実現するには理論的基礎となる線図の生成文法を定義することが不可欠である。

本研究では、ブロック線図およびシグナルフローグラフを形式的に生成するグラフ文法を定義した。この文法は、文脈依存のプロダクションの一部に含んでいるが簡潔なものである。

2 グラフ文法の定義

ブロック線図およびシグナルフローグラフの生成文法を記述するものになるグラフ文法を定義する。なお、この文法は Engelfrite *et al.*[1]を参考にしてしている。

定義1  $\Sigma$  (ノードアルファベット) と  $\Delta$  (リンクアルファベット) 上のグラフとは  $D = (V, E, \lambda)$  である。

ただし、

- (1)  $V$ : ノードの空でない有限集合
- (2)  $E \subseteq \{(v, \delta, w) \mid v, w \in V, v \neq w, \delta \in \Delta\}$ : エッジの集合
- (3)  $\lambda: V \rightarrow \Sigma$ , ノードラベリング関数

とする。このとき、 $G_{\Sigma, \Delta} = \{D \mid D \text{ は } \Sigma \text{ と } \Delta \text{ 上のグラフ}\}$  とすると、 $D \subseteq G_{\Sigma, \Delta}$  を  $\Sigma$  と  $\Delta$  上のグラフ言語という。□

定義2 グラフ文法を次の5項組  $G = (\Sigma_n, \Sigma_t, \Delta, S, P)$  で定義する。すなわち、

- (1)  $\Sigma_n$ : 非終端ノードアルファベット
- (2)  $\Sigma_t$ : 終端ノードアルファベット
- (3)  $\Delta$ : エッジアルファベット
- (4)  $S \in \Sigma_n$ : スタートラベル
- (5)  $P$ : プロダクションの空でない有限集合

とする。 $\Sigma_n, \Sigma_t, \Delta$  はそれぞれ空でない有限集合であり、互いに素である。

さらに、 $P$  の各々の要素を以下を満たす3項組  $p = (A, D, C)$  として定める。

- (1)  $A = (V_A, E_A, \lambda_A), \Sigma_n$  上のグラフ
- (2)  $D = (V_D, E_D, \lambda_D), \Sigma = \Sigma_n \cup \Sigma_t$  上のグラフ
- (3)  $C \subseteq V_A \times \Delta \times V_D \times \{\text{入力, 出力}\}$

今後  $p = (A, D, C)$  は、 $A \rightarrow (D, C)$  とも書くことにする。□

グラフの導出は次のように行なわれる。 $A \rightarrow (D, C) \in P$  のとき、まず元のグラフ  $H$  から  $A$  と同形の部分グラフを取り除き、接続されているエッジも取り除く。次に、 $A$  のかわりに  $D$  を置く。残りのグラフ  $H - A$  と  $D$  との間のエッジは次のように引く。 $(\alpha, \beta, \gamma, \delta) \in C$  ならば残りのグラフのノードと書き換える前のノード  $\alpha$  の間に  $\alpha$  についてラベル  $\beta$  の  $\delta$  エッジが存在すれば、それはノード  $\gamma$  についてのラベル  $\beta$  の  $\delta$  エッジとし、得られたグラフを  $H'$  とする。以下に形式的な定義を示す。

定義3  $G = (\Sigma_n, \Sigma_t, \Delta, S, P)$  をグラフ文法、 $H, H'$  を  $\Sigma_n$  上のグラフ、 $p = A \rightarrow (D, C) \in P$  を  $G$  のプロダクションコピー [1](ただし、 $D$  と  $H$  は互いに素) とする。このとき、 $H' = (V_{H'}, E_{H'}, \lambda_{H'})$  が次のように構成される場合、 $H$  と  $H'$  の関係を  $H \Rightarrow_p H'$  と書いて、 $H$  から  $H'$  への導出と定める。

$$V_{H'} = (V_H - V_A) \cup V_D$$

$$E_{H'} = \{(v, \delta, w) \in E_H \mid v, w \notin V_D\} \cup E_D \cup \{(a, d, b) \mid \exists a \in V_H - V_A, \exists d \in \Delta, (a, d, c) \in E_H, (c, d, b, \text{入力}) \in C\} \cup \{(b, d, a) \mid \exists a \in V_H - V_A, \exists d \in \Delta, (c, d, a) \in E_H, (c, d, b, \text{出力}) \in C\}$$

Application of an attribute graph grammar to block diagrams and signal flow graphs  
Suguru Kobayashi†, Yoshihiro Adachi†, Koushi Anzai†, Kensei Tsuchida†  
† Faculty of Engineering, Toyo University  
‡ Faculty of Economics, Kanto Gakuen University

$$\lambda_{H'} = \begin{cases} \lambda_H(x), & x \in V_H - V_A \\ \lambda_D(x), & x \in V_D \end{cases}$$

さらに,  $\Rightarrow_p$  ( $p \in P$ ) の推移的閉包を  $\Rightarrow^*$  と書き,  $\mathcal{L}(G) = \{D \in \mathcal{G}_{\Sigma, \Delta} \mid S \Rightarrow^* D\}$  を グラフ文法  $G$  によって生成されるグラフ言語 という。ただし,  $S$  はノードラベル  $S$  を持ち, 1点だけからなるグラフである。□

次に我々はグラフ文法を用いて, ブロック線図, シグナルフローグラフを定義する。

### 3 ブロック線図言語

ブロック線図文法のノードアルファベットの集合  $\Sigma_n, \Sigma_t$  を Fig.1 に, プロダクションの集合  $P$  を Fig.2 に示す。なお, Fig.2 ではエッジラベルは一部省略した。

定義 4 エッジラベルの集合を  $\Delta = \{1, -1, \delta\}$  とし, グラフ文法  $G_{Block} = (\Sigma_n, \Sigma_t, \Delta, [BD], P)$  によって生成されるグラフ言語  $\mathcal{L}(G_{Block})$  を ブロック線図言語, その要素を ブロック線図 と定義する。また,  $G_{Block}$  を ブロック線図文法 という。□

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
[D]: 分岐点と加算点の辺の接続の目印	○: 分岐点
[Elem]	●: 出力
○	○: 加算点
□	block: 伝達要素

Fig. 1. ブロック線図のノードアルファベット

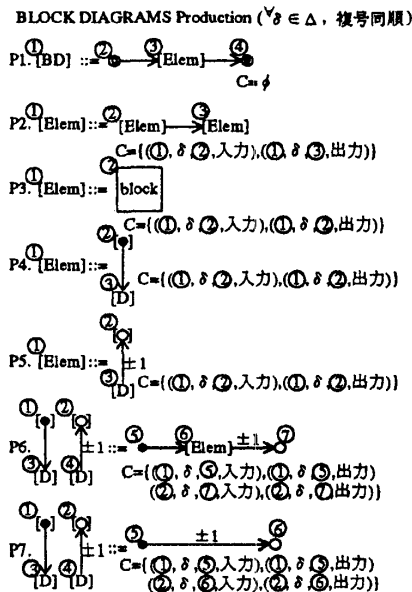


Fig. 2. ブロック線図のプロダクション

### 4 ブロック線図の生成例

グラフ文法  $G_{Block}$  を用いてブロック線図の生成例を Fig. 3 に示す。[BD] から始まり, プロダクションと用いてノードを書き換えブロック線図を自由に生成することができる。

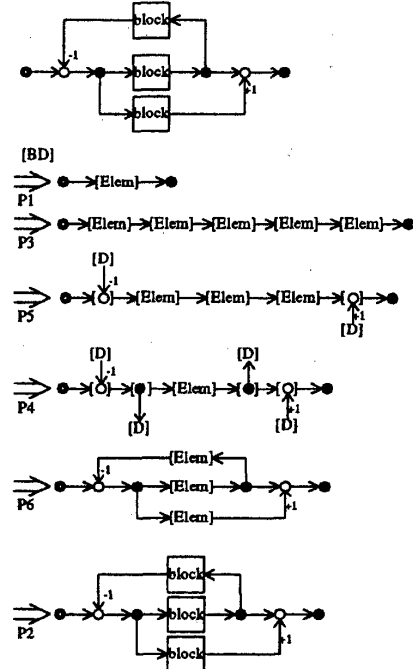


Fig. 3. ブロック線図の生成例

### 5 シグナルフローグラフ言語

シグナルフローグラフ文法(言語)もブロック線図文法(言語)と同様に定義することができる。シグナルフローグラフのプロダクションの一部を Fig 4 に示す。

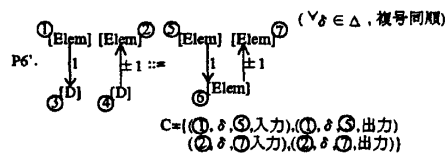


Fig. 4. シグナルフローグラフのプロダクション

### 6 おわりに

ブロック線図およびシグナルフローグラフを生成するグラフ文法を定義した。現在, このグラフ文法に基づいてブロック線図およびシグナルフローグラフの編集や解析を支援するシステムを開発している。

### 参考文献

[1] Joost Engelfrite and Vincent van Oostrom. *Regular Description of Context-Free Graph Languages*. Technical Report 95-34, Leiden University, 1995. Available by ftp from ftp-server ftp.wi.leidenuniv.nl, file /pub/CS/Technical Reports/1995/tr95-34.ps.gz.