

## 5Q-03 物理的な構造の構文解析とそれを実現する部品<sup>1</sup>

山之上 卓<sup>+</sup>, 筒井保博<sup>\*</sup>, 筒井隆夫<sup>\*</sup>

<sup>+</sup>九州工業大学情報科学センター, <sup>\*</sup>産業医科大学産業生態科学研究所

### 1. はじめに

結合機構を持った部品に、部品間結合情報の認識機能と、部品間通信機能を持たせることにより、この部品を使って構成された構造物の構造を自己解析させることができる。このとき、外部からは見ることができない内部の構造や状態も知ることができる。構造物の自己解析は、一種の構文解析の手法を使って行うことができる。この構文解析法、応用例などについて述べる。

### 2. 構造を構成する規格化された部品

部品として大きさが同じ正6面体のブロックを取り上げる。ブロックの各面は図1のような結合機構と結合向き認識のための素子を、対称軸に対して相補的に配置する。この素子はブロック間通信にも利用する。このような配置を行うことにより、面が重なる向きであればどの向きでもブロックを結合することができ、また、どの向きで面が結合されたかを知ることができる[6]。

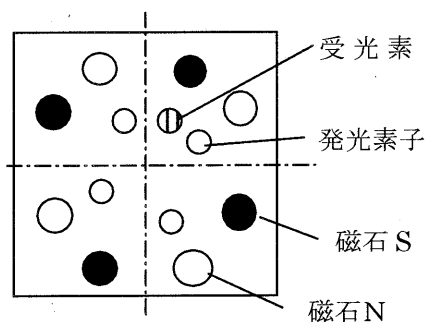


図1 ブロックの面

このブロックを使って組み立てられた構造物は、ブロックの面と同じように構成されたプローブによってコンピュータと接続され、この構造物の構造や内部状態をコンピュータに取りこむ。図2に例を示す。

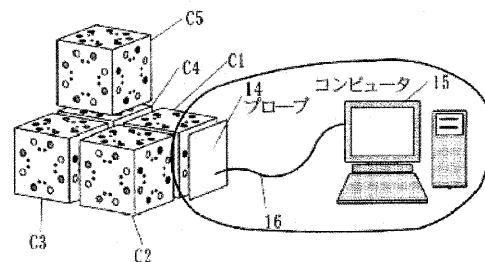


図2 構造物とプローブの接続例

### 3. 構造の文法と意味付け

構造を解析するために、ブロックを生成規則として解釈する。ブロック  $l$  の面  $m$  を非終端記号  $F(l,m)$  または  $G(l,m)$  ( $0 \leq l < \text{ブロックの個数}, 0 \leq m \leq 5$ ) で表すことにする。 $F(l,m)$  は面が結合したとき、構文木上で根の側にある面を表し、 $G(l,m)$  は葉の側にある面を表す。終端記号  $\epsilon$  は、ある面が他のどの面とも結合していないことなどを表す。開始記号  $S$  はプローブを表す。

$$G(l,m_0) \rightarrow F(l,m_1)F(l,m_2)F(l,m_3)F(l,m_4)F(l,m_5) \quad (\text{生成規則 1})$$

はブロック  $l$  がこの構造物の一部であることを表し、解析木上に高々1度出現することにする。 $F(l,m_0)$  はブロック  $l$  の  $G(l,m_0)$  ではない面を表す。

$$G(l,m) \rightarrow \epsilon \quad (\text{生成規則 2})$$

は、ある面が、ブロック  $l$  の面  $m$  と結合しており、かつ、構文解析上の他の場所でブロック  $l$  に関する生成規則1が使用されていることを表す。

$$F(l,m) \rightarrow G(k,n) \quad (\text{生成規則 3})$$

はブロック  $l$  の面  $m$  がブロック  $k$  の面  $n$  と結合していることを表す。

$$F(l,m) \rightarrow \epsilon \quad (\text{生成規則 4})$$

はブロック  $l$  の面  $m$  が他のブロックと結合していないことを表す。

$$S \rightarrow G(l,m) \quad (\text{生成規則 5})$$

<sup>1</sup> Parsing Physical Structures and its Parts, T.Yamanoue, Kyushu Institute of Technology, Tobata, Kitakyushu, Japan, Y.Tsutsui, T.Tsutsui, University of Occupational and Environmental Health, Yahata-nishi, Kitakyushu Japan

はプローブ  $S$  がブロック  $l$  の面  $m$  と結合していることを表す。

必要な情報得るために、以上の生成規則に対して、属性文法[1]を使って意味付けを行う。生成規則1において、 $G(l, m)$ の合成属性値は、リスト

(“ブロック情報”,  $l$ ,  
 $F(l, m_1)$ の合成属性値, ...,  $F(l, m_s)$ の合成属性値,  
 ブロック  $l$  の内部状態)

とする。またブロック  $l$  の内部状態は、この合成属性値そのものを含まないこととする。生成規則3において、 $F(l, m)$ の合成属性値は、リスト

(“結合情報”,  $l, m, k, n$ ,  
 面  $F(l, m)$  と面  $G(k, n)$  の結合の向き,  
 $G(k, n)$  の合成属性値)

とする。生成規則5において  $S$  の合成属性値は  $G(l, m)$  の合成属性値とする。これ以外の生成規則の、左辺の合成属性値は  $nil$  とする。

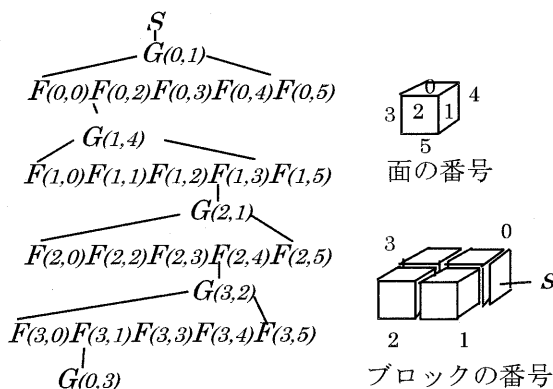


図3 構造物の解析木の例

#### 4. 構造の構文解析

構造物の1箇所にプローブ  $S$  を取り付け、 $S$  から生成規則1~5を下向きに適応していくことによって、構文木が構成され、これに意味規則を適用していくことによって、この構造物の構造（どこがどのように結合しているか？）と、この構造物を構成するすべてのブロックの内部状態の情報が、プローブ  $S$  の合成属性値として得られる。各生成規則の適用や意味解析は、対応するブロック自身が行う。この情報を使って、コンピュータ上で構造物の表示を行ったり、各構成部品の状態をモニターしたりすることができる。図3に本手法を使って得られた構造物の構文木の例を示す。

#### 5. 応用例

ここで示した技法は、立体構造のコンピュータ入力のほか、各ブロックの各面にストレンゲージなどのセンサーを取り付けることによって、構造物の応力解析に応用することができる。また構文解析の結果得られた情報に基づいて、遠隔地点で同じものを自動的に組み立てる受信システムなどを加えて、一種の teleportation システムを構成することができる。また、この受信システムそのものが、このブロックにセンサーやアクチュエータなどを加えたもので構成されていれば、一種の self-reproduction (self-replication) システムを構成することができる。

#### 6. 関連研究

福田らは、ロボットを複数の小さなロボット（セル）で構成したセルロボットの研究を行っている[2]。システムワットはブロックを接続することによって、一種の LAN を構成しブロック間の通信を行う玩具を開発している[3]。中野は、相補的な構造による部品の結合や、進化するロボットなどについて述べている[4]。コンパイラの自己生成は日常的に行われており、本論文における Self-reproduction はこれと同様のことを行う[5]。

#### 7. おわりに

構文解析の手法を用いて物理的な構造を自己認識させる方法および、その応用例などについて述べた。今後、様々な拡張や改良を行う予定である。

#### 謝辞

本研究はテクノサロン What How For 北九州の議論の中で生まれました。関係者に感謝します。

#### 参考文献

- [1] D.E.Knuth, "Semantics of context-free languages", *Mathematical Systems Theory*, 2, 2, pp.127-146, 1968.
- [2] T.Fukuda and T.Ueyama, "CELLULAR ROBOTICS AND MICRO ROBOTICS SYSTEMS", World Scientific, 1994.
- [3] システムワット, "組立ブロック及び組立式玩具システム", 公開特許広報(A), 特開平 10-108985, 1998.
- [4] 中野馨, "脳を作る", 共立出版, 1995.
- [5] 中田育夫, "コンパイラ", 産業図書, 1981.
- [6] 筒井他, "自己構造解析を行う機構", 情報処理学会第 61 回全国大会論文集, デ-10, 2000.