

非線形擬似ブール代数解法による 三面図からの物体の自動合成

Non-linear Pseudo Boolean Algebraic Solution
for Solid Generation from Orthographic Views

佐々木康仁*, 伊藤 深**, 鈴木誠道*

Yasuhito Sasaki, Kiyoshi Itoh and Shigemichi Suzuki

*: 上智大学理工学部機械工学科

** : 上智大学理工学部一般科学(情報科学)研究室

Faculty of Science and Technology, Sophia University

あらまし 三面図からの物体自動合成において、三面図に矛盾しないことのみを条件として、ストレートフォワードに、所望の多面体構成の候補となる物体要素(頂点, 稜線, 面)を列挙すると、この候補物体要素群中には真の物体要素と偽の物体要素とが混在する。本稿では、この候補物体要素の真偽を適切に見極めるための真偽決定規則を与え、さらに、その規則を非線形擬似ブール式で定式化する。そして、候補物体要素群に対する真偽決定規則の適用を、その候補物体要素群に対応する変数からなる連立非線形擬似ブール式を解くことに帰着させる手法(非線形擬似ブール代数解法)を提案する。我々がすでに提案した手法(線形擬似ブール代数解法)とは、定式化の際、非線形項を導入したという点で異なり、真偽決定規則の比較的自由的な記述が可能となったため、擬似ブール代数解法の適用範囲を拡張された。

Abstract In reconstructing a solid from its orthographic views, a set of candidate elements (vertices, edges and faces) can be obtained in straight forward fashion. Such a set may include ghost elements. We propose the rules to be applied to the set for finding ghosts, and formalize the rules with non-linear pseudo boolean expressions. Our method, instead of applying the rules directly to the set of candidate elements, solves a simultaneous system of such expressions. As we can formalize more complex rules by introducing non-linear terms, the method proposed in this paper is better than Linear Pseudo Boolean Algebraic Solution we have previously proposed.

1. はじめに

三面図からの物体自動合成において、三面図に矛盾しないことをのみ条件として、ストレートフォワードに、所望の多面体の構成の候補となる物体要素群を列挙すると、この候補物体要素群には、所望の多面体の真の構成要素となるものの他に、偽のものも含まれる。三面図からの物体自動合成に関する研究は、この候

補物体要素の真偽決定に主眼をおくものが多い。出沢らは、候補物体要素として、候補頂点、候補稜線を列挙し、これに対する真偽決定規則を与えた[IDB72]。Markowskyらは、候補物体要素として、プリミティブソリッドを列挙し、その真偽決定のための規則を与えた[MAR80][MAR81]。我々は、候補物体要素として、候補頂点、候補稜線、候補面を列挙し、これに

対する真偽決定規則を与えた [IT086].

我々の研究の目的は、この規則を擬似ブール式で定式化し、規則の適用を定式化により得られる連立式を解くことに帰着させることにある。これにより、規則の変更や追加の際、規則適用の優先順位など改めて考える必要のない、拡張性のあるシステムの構築が可能になると思われる。

我々は、これまで、この定式化を線形項のみの擬似ブール式で行ってきた [SAS87]。それゆえ、複雑な規則の定式化は難しかったが、本稿では、非線形擬似ブール式による定式化を導入し、比較的複雑な規則の定式化を可能にして、擬似ブール解法の適用範囲を広げる。

2. 多面体の構成

2.1 多面体構成規則

三面図に矛盾しないことのみを条件に、候補となる物体要素を列挙すると、候補物体要素群中には、所望の多面体の構成要素となる真の物体要素の他に、そうではない偽の物体要素も含まれる。この方法により得られる候補物体要素群は、図1の三面図に対しては、図2の通りになる。所望の多面体を得るためには、このように、真偽入り混った候補物体要素群から真のもののみを見い出さねばならない。

この節では、候補物体要素の真偽を適切に決定するための規則を提案する。まず、真の物体要素群は多面体を構成しなければならないので、次のような真偽決定規則が必要である。

(1) 候補稜線 e が真ならば、 e を構成する候補面群 F_e のうち、coplanarでない2つが真である。候補稜線 e が偽ならば、 e を構成する候補面群 F_e のうち、すべてが偽であるか、coplanarな2面が真である。

(2) 交線なくある1箇所で交差する候補面群 F_x のうち、たかだか1つが真である。

規則中の”構成する”の意味を図1に示す。(1),(2)とも明快な規則であると思われる。例として、図3の

物体要素群に対し、規則(1)を適用してみると、候補物体要素がとりうる真偽の組合せとして、図4の4通りあることがわかる。また、規則(2)は、交線なく面が交差することを禁ずる式で、図6のような、候補面群 F_x のうち、2つ以上が真となることを防ぐものである。

2.2 多面体構成規則の定式化

ここで、候補物体要素の各々に対し、0-1変数を割り当てる。変数値1は対応する候補物体要素が真であることを意味し、変数値0は対応する候補物体要素が偽であることを意味する。本研究の特徴は、この変数を用いて、真偽決定規則を擬似ブール式で定式化することにある。多面体構成規則の定式化は以下の通りである。

多面体構成規則(1),(2)は、それぞれ、

$$(1)' e \text{ が真} \rightarrow \text{「} F_e \text{ のうち、2つが真」}$$

$$\text{「} e \text{ が偽} \rightarrow \text{「} F_e \text{ のうち、coplanar な組が真」}$$

$$\text{「} e \text{ が真} \rightarrow \text{「} F_e \text{ のうち、coplanar な組は、0組以下が真」}$$

$$\text{「} e \text{ が偽} \rightarrow \text{「} F_e \text{ のうち、coplanar な組は、1組以下が真」}$$

$$(2)' F_x \text{ のうち、1つ以下が真}$$

と書き換えられる。これを、上の0-1変数で表すと、それぞれ、

(1)''

$$(1-1) \quad \text{「} e = 1 \text{」} \rightarrow \text{「} \sum_{f \in F_e} f = 2 \text{」}$$

$$(1-2) \quad \text{「} e = 0 \text{」} \rightarrow \text{「} \sum_{f \in F_e} f = 2 \cdot \sum_{\substack{f_i, f_j \in F_e, \\ \{f_i, f_j\} \text{は} \\ \text{coplanar}}} (f_i \cdot f_j) \text{」}$$

$$(1-3) \quad \lceil e = 1 \rceil \rightarrow \lceil \sum_{f_i, f_j \in F_e, \{f_i, f_j\} \text{はcoplanar}} (f_i \cdot f_j) \leq 0 \rceil$$

$$(1-4) \quad \lceil e = 0 \rceil \rightarrow \lceil \sum_{f_i, f_j \in F_e, \{f_i, f_j\} \text{はcoplanar}} (f_i \cdot f_j) \leq 1 \rceil$$

$$(2)'' \quad \lceil \sum_{f \in F_e} f \leq 1 \rceil$$

となる。ここで、擬ブール式による定式化の手法として、

$$(a) \quad A = 1 \rightarrow B = C \quad \Leftrightarrow \quad A \cdot B = A \cdot C$$

$$(b) \quad A = 1 \rightarrow B = C \\ \text{and} \quad A = 0 \rightarrow D = E \quad \Leftrightarrow \quad A \cdot B + \bar{A} \cdot D \\ = A \cdot C + \bar{A} \cdot E$$

が使える。これを用いて、(1)''は、非線形擬ブール式で、次のように表せる。(1-1), (1-2)より、

$$e \cdot \sum_{f \in F_e} f + \bar{e} \cdot \sum_{f \in F_e} f = 2 \cdot e + 2 \cdot \bar{e} \cdot \sum_{f_i, f_j \in F_e, \{f_i, f_j\} \text{はcoplanar}} (f_i \cdot f_j)$$

$$(e + \bar{e}) \cdot \sum_{f \in F_e} f = 2 \cdot e + 2 \cdot \bar{e} \cdot \sum_{f_i, f_j \in F_e, \{f_i, f_j\} \text{はcoplanar}} (f_i \cdot f_j)$$

$$\sum_{f \in F_e} f = 2 \cdot e + 2 \cdot \bar{e} \cdot \sum_{f_i, f_j \in F_e, \{f_i, f_j\} \text{はcoplanar}} (f_i \cdot f_j) \quad \dots (1.1)$$

(1-3), (1-4)より、

$$e \cdot \sum_{f_i, f_j \in F_e, \{f_i, f_j\} \text{はcoplanar}} (f_i \cdot f_j) + \bar{e} \cdot \sum_{f_i, f_j \in F_e, \{f_i, f_j\} \text{はcoplanar}} (f_i \cdot f_j) \leq 0 \cdot e + 1 \cdot \bar{e}$$

$$(e + \bar{e}) \cdot \sum_{f_i, f_j \in F_e, \{f_i, f_j\} \text{はcoplanar}} (f_i \cdot f_j) \leq \bar{e}$$

$$\sum_{f_i, f_j \in F_e, \{f_i, f_j\} \text{はcoplanar}} (f_i \cdot f_j) \leq \bar{e} \quad \dots (1.2)$$

以上より、多面体構成規則(1), (2)の擬ブール式による定式化として、

規則(1)

for all $e \in E$,

$$\sum_{f \in F_e} f = 2 \cdot e + 2 \cdot \bar{e} \cdot \sum_{f_i, f_j \in F_e, \{f_i, f_j\} \text{はcoplanar}} (f_i \cdot f_j) \quad \dots (1.1)$$

$$\sum_{f_i, f_j \in F_e, \{f_i, f_j\} \text{はcoplanar}} (f_i \cdot f_j) \leq \bar{e} \quad \dots (1.2)$$

規則(2)

for all $F_x \in F_{\text{cross}}$,

$$\sum_{f \in F_x} f \leq 1 \quad \dots (2)$$

を得る。

ただし、 E は全候補稜線集合、 F_{cross} は F_x の集合。

例として、図4の候補物体要素群に対し、上式に沿って立式してみると、

by (1.1),

$$f_1 + f_2 + f_3 = 2 \cdot e + 2 \cdot \bar{e} \cdot f_1 \cdot f_2$$

by (1.2),

$$f_1 \cdot f_2 \leq \bar{e}$$

by (2), nothing.

となり、これを解くと、解(1) $e = f_2 = f_3 = 1, f_1 = 0$ 、解(2) $e = f_1 = f_2 = 1, f_3 = 0$ 、解(3) $e = f_1 = f_2 = f_3 = 0$ 、解(4) $f_1 = f_3 = 1, e = f_2 = 0$ の4つの解が得られ、多面体構成規則を適用して得られる真偽の組合せ(図5)に合致する。

2. 3 多面体構成規則式の適用

図1の三面図に対して、得られる候補物体要素群は

図2に示されている。この例に対し、多面体構成規則式(1.1), (1.2), (2)を適用してみる。候補物体要素の各々に対し、図7のように変数を割り当て、多面体構成式にしたがい立式すると、図8のような連立擬似ブール式が得られる。すなわち、多面体構成規則の適用は、この連立式を解くことに帰着される。連立擬似ブール式を効率良く解くには、Hammer [HAM68]の解法が利用できる。図8に示した連立式を解けば、解は図9の3つの解が得られ、この解は、それぞれ、図10の物体を表している。図10からもわかるように、多面体構成規則式(1.1), (1.2), (2)の連立により得られる解は、候補物体要素群から構成される可能性のある多面体をすべて与える(ただし、空も含まれる)。ここで、多面体構成規則式の連立により得られる解は、多面体を構成するが、必ずしもその多面体は、三面図に合致しないことに注意せねばならない。

3. 三面図との合致

3.1 三面図合致規則

2.3節で述べたように、多面体構成規則式の連立により得られる解は、多面体を構成するが、必ずしもその多面体は、三面図に合致しない。したがって、所望の多面体を得るには、多面体構成規則の他に、さらに、真の物体要素群を三面図に合致させるための真偽決定規則を追加せねばならない。三面図合致規則を次に挙げる。

面図A上のある線分sに投影される候補稜線群をEsで表し、面図A上で線分sを含む面に投影される候補面群をFsと表す。Esのある要素eを考えると、このeよりも面図A視点に近い(すなわち、前にある)Esの要素をEs front eで表し、Es front eを構成する候補面、および、eより前にあるFsの要素をFs front eで表す。また、eとeの次に面図A視点に近いFsの要素をFs behind eで表す。Es, Fs, Es front e, Fs front e, Fs front e, Fs behind eを図11に示す。このとき、

$$(3) \text{「} E s \text{のうち、1つ以上が真」}$$

(4) sが実線のとき、

$$(4-1) \text{「} E s \text{ front } e = \phi \text{ (すなわち、} e \text{が一番前の稜線)」} \rightarrow \text{「} F s \text{ front } e \text{がすべて偽」,}$$

$$(4-2) \text{「} E s \text{ front } e \text{がすべて偽」かつ「} e \text{が偽」} \rightarrow \text{「} F e \text{はすべて偽」かつ「} F s \text{ behind } e \text{はすべて偽」}$$

(5) sが破線のとき、

$$\text{「} e \text{が真」} \rightarrow \text{「} F s \text{ front } e \text{のうち、1つ以上が真」}$$

3.2 三面図合致規則の定式化

3.1節に示した三面図合致規則の定式化を考える。三面図合致規則(3), (4), (5)は、0-1変数を用いて、それぞれ、

$$(3) \text{「} \sum_{e \in E s} e \geq 1 \text{」}$$

$$(4-1) \text{「for } e \text{ s.t. } E s \text{ front } e = \phi, \sum_{f \in F s \text{ front } e} f = 0 \text{」}$$

$$(4-2) \text{「} \bar{e} \cdot \prod_{e \in E s \text{ front } e} \bar{e} = 1 \text{」} \rightarrow \text{「} \prod_{f \in F e} \bar{f} \cdot \prod_{f \in F s \text{ behind } e} \bar{f} = 1 \text{」}$$

$$(5) \text{「} e = 1 \text{」} \rightarrow \text{「} \prod_{f \in F s \text{ front } e} \bar{f} = 0 \text{」}$$

ここで、2.2節の定式化の手法を用いれば、(4-2)'は、

$$\bar{e} \cdot \prod_{e \in E s \text{ front } e} \bar{e} \cdot \prod_{f \in F e} \bar{f} \cdot \prod_{f \in F s \text{ behind } e} \bar{f} = \bar{e} \cdot \prod_{e \in E s \text{ front } e} \bar{e} \dots (4.2)$$

(5)'は、

$$e \cdot \prod_{f \in F s \text{ front } e} \bar{f} = 0 \dots (5)$$

と表せる。かくして、三面図合致規則の擬似ブール式による定式化として、

規則 (3)

for all $s \in S$,

$$\sum_{e \in E_s} e \geq 1. \quad \dots (3)$$

規則 (4)

for all $s \in S_{\text{real}}$,

for $e \in E_s$ s.t. $E_s \text{ front } e = \phi$,

$$\sum_{f \in F_s \text{ front } e} f = 0. \quad \dots (4.1)$$

for all $s \in S_{\text{real}}$,

$$\begin{aligned} \bar{e} \cdot \prod_{e \in E_s \text{ front } e} \bar{e} \cdot \prod_{f \in F_e} \bar{f} \cdot \prod_{f \in F_s \text{ behind } e} \bar{f} \\ = \bar{e} \cdot \prod_{e \in E_s \text{ front } e} \bar{e}. \quad \dots (4.2) \end{aligned}$$

規則 (5)

for all $s \in S_{\text{hidden}}$,

$$e \cdot \prod_{f \in F_s \text{ front } e} \bar{f} = 0. \quad \dots (5)$$

を得る。ただし、 S は三面図上の全線分集合、 S_{real} は S のうち、実線のものの集合、 S_{hidden} は S のうち、破線のものの集合。

例として、図 11 の候補物体要素群に対し、上式に沿って立式してみると、

by (3),

$$e_1 + e_2 + e_3 + e_4 \geq 1.$$

s が実線のとき、

by (4.1),

$$f_1 = 0.$$

by (4.2),

$$\bar{e}_1 \cdot \bar{f}_{11} \cdot \bar{f}_{12} \cdot \bar{f}_{13} \cdot \bar{f}_2 \cdot \bar{f}_3 = \bar{e}_1,$$

$$\bar{e}_2 \cdot \bar{e}_1 \cdot \bar{f}_{21} \cdot \bar{f}_{22} \cdot \bar{f}_4.$$

s が破線のとき、

by (5),

$$e_1 \cdot \bar{f}_1 = 0,$$

$$e_2 \cdot \bar{f}_{11} \cdot \bar{f}_{12} \cdot \bar{f}_{13} \cdot \bar{f}_1 \cdot \bar{f}_2 = 0,$$

$$e_3 \cdot \bar{f}_{11} \cdot \bar{f}_{12} \cdot \bar{f}_{13} \cdot \bar{f}_{21} \cdot \bar{f}_{22} \cdot \bar{f}_1 \cdot \bar{f}_2 \cdot$$

$$\bar{f}_3 \cdot \bar{f}_4 = 0.$$

となる。

3. 3 三面図合致式の適用

多面体構成規則式と三面図合致規則式を連立させて解けば、その解は、多面体を構成し、かつ、三面図に合致した物体を表すので、所望の物体を得る。

図 7 の例に対し、三面図合致規則式 (3), (4), (5) にしたがって立式すると、図 12 に示すような式が得られる。これと、多面体構成規則式を適用して得られる式 (図 8) とを連立させて解けば、その解は、図 9 の解 (3) のみとなり、確かに、所望の多面体を得る。

4. 非線形擬似ブール代数解法の適用例

三面図からの物体自動合成において、真偽決定規則の記述を、線形擬似ブール式のみで定式化できる範囲に限定して解く手法を線形擬似ブール代数解法と呼ぶのに対し、本稿で述べた真偽決定規則、定式化によって解く手法を非線形擬似ブール代数解法と呼ぶ。

非線形擬似ブール代数解法の適用例を図 13 に示す。図中の (a), (b), (c) は、それぞれ、三面図、候補物体要素群、非線形擬似ブール代数解法による解 (ただし、ワイヤフレーム表示) である。

5. おわりに

三面図からの物体自動合成において、偽の要素を含む候補物体要素群に対する真偽決定規則を与え、これを擬似ブール式で定式化し、規則の適用を定式化により得られる連立式を解くことに帰着させる手法 (擬似ブール解法代数) を提案した。この手法によれば、規則の変更、あるいは、追加などの際、その規則を定式化し、連立式に加えて解くことで即応できる。また、定式化の手法についても述べた。

我々はこれまで、定式化が線形擬似ブール式のみで

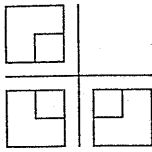
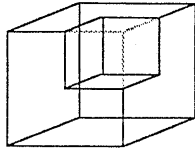
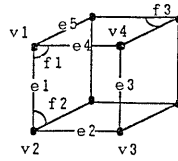


図1. 三面図



灰色で示した稜線、および、それを構成する面も偽

図2. 図1の三面図に対する候補物体要素群



稜線e1, e4, e5は頂点v1を構成する面f1, f2, f3は頂点v1を構成する頂点v1, v4は稜線e4を構成する面f1, f3は稜線e4を構成する頂点v1, v2, v3, v4は面f1を構成する稜線e1, e2, e3, e4は面f1を構成する

図3. “構成する”の意味

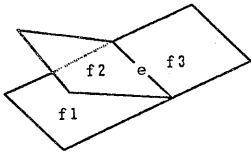
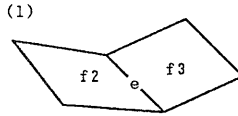


図4. 候補物体要素群

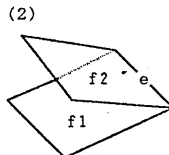


e, f2, f3: 真
f1: 偽

(3)

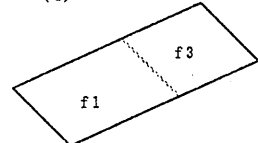
(空)

e, f1, f2, f3: 偽



e, f1, f2: 真
f3: 偽

(4)



f1, f3: 真
e, f2: 偽

図5. 図4の候補物体要素群に対する、真偽の組合せの可能性

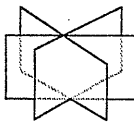


図6. 交線なく交差する面

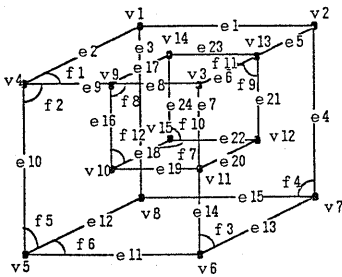


図7. 候補物体要素群に対する0-1変数の割り当て

by (i.1),
 $f1 + f4 = 2e1$,
 $f4 + f5 = 2e2$,
 ...,
 $f10 + f12 = 2e24$.
 by (1.2),
 $f2 \cdot f8 = e16$,
 $f1 \cdot f11 = 2e17$,
 ...,
 $f1 \cdot f11 = 2e24$.
 by (2),
 nothing.

図8. 多面体構成規則の連立擬似ブール式による表現

解(1)
 $v_1=0, v_2=0, v_3=0, v_4=0, v_5=0, v_6=0, v_7=0, v_8=0, v_9=0, v_{10}=0, v_{11}=0, v_{12}=0,$
 $v_{13}=0, v_{14}=0, v_{15}=0$
 $e_1=0, e_2=0, e_3=0, e_4=0, e_5=0, e_6=0, e_7=0, e_8=0, e_9=0, e_{10}=0, e_{11}=0, e_{12}=0,$
 $e_{13}=0, e_{14}=0, e_{15}=0, e_{16}=0, e_{17}=0, e_{18}=0, e_{19}=0, e_{20}=0, e_{21}=0, e_{22}=0, e_{23}$
 $=0, e_{24}=0$
 $f_1=0, f_2=0, f_3=0, f_4=0, f_5=0, f_6=0, f_7=0, f_8=0, f_9=0, f_{10}=0, f_{11}=0, f_{12}=0$
 (注: すべて0である)

解(2)
 $v_1=0, v_2=0, v_3=1, v_4=0, v_5=0, v_6=0, v_7=0, v_8=0, v_9=1, v_{10}=1, v_{11}=1, v_{12}=1,$
 $v_{13}=1, v_{14}=1, v_{15}=1$
 $e_1=0, e_2=0, e_3=0, e_4=0, e_5=0, e_6=1, e_7=1, e_8=1, e_9=0, e_{10}=0, e_{11}=0, e_{12}=0,$
 $e_{13}=0, e_{14}=0, e_{15}=0, e_{16}=1, e_{17}=1, e_{18}=1, e_{19}=1, e_{20}=1, e_{21}=1, e_{22}=1, e_{23}$
 $=1, e_{24}=1$
 $f_1=0, f_2=0, f_3=0, f_4=0, f_5=0, f_6=0, f_7=1, f_8=1, f_9=1, f_{10}=1, f_{11}=1, f_{12}=1$

解(3)
 $v_1=1, v_2=1, v_3=0, v_4=1, v_5=1, v_6=1, v_7=1, v_8=1, v_9=1, v_{10}=1, v_{11}=1, v_{12}=1,$
 $v_{13}=1, v_{14}=1, v_{15}=1$
 $e_1=1, e_2=1, e_3=1, e_4=1, e_5=1, e_6=0, e_7=0, e_8=0, e_9=1, e_{10}=1, e_{11}=1, e_{12}=1,$
 $e_{13}=1, e_{14}=1, e_{15}=1, e_{16}=1, e_{17}=1, e_{18}=1, e_{19}=1, e_{20}=1, e_{21}=1, e_{22}=1, e_{23}$
 $=1, e_{24}=1$
 $f_1=1, f_2=1, f_3=1, f_4=1, f_5=1, f_6=1, f_7=1, f_8=0, f_9=0, f_{10}=1, f_{11}=0, f_{12}=1$

図9. 図8に示す遠立仮似ブール式の解

解(1)

解(2)

解(3)

(空)

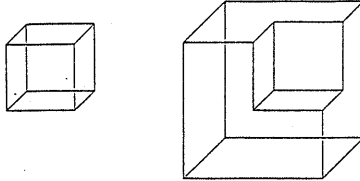


図10. 図9の解が示す物体

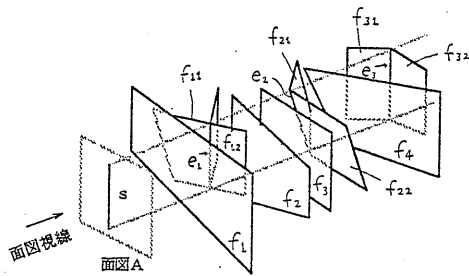
by (3),
 for front view,
 $e_7 + e_{21} + e_4 \geq 1,$
 $e_{14} + e_4 \geq 1,$
 ...,
 $e_{11} + e_{15} \geq 1.$
 for top view,
 ...,
 for side view,

by (4.1),
 nothing.

by (4.2),
 $\ominus 7 \cdot \overline{\ominus 8} \cdot \overline{\ominus 9} = \ominus 7,$
 $\ominus 7 \cdot \ominus 21 \cdot \overline{\ominus 3} \cdot \overline{\ominus 9} \cdot \overline{\ominus 10} = \ominus 7 \cdot \ominus 21,$
 $\ominus 14 \cdot \overline{\ominus 2} \cdot \overline{\ominus 3} = \ominus 14,$
 ...,
 $\ominus 11 \cdot \overline{\ominus 2} \cdot \overline{\ominus 6} = \ominus 11.$

by (5),
 nothing.

図12. 多面体合致規則の遠立仮似ブール式による表現



$E_s = \{e_1, e_2, e_3\}$
 $F_s = \{f_1, f_2, f_3, f_4\}$
 $F_{e_1} = \{f_{11}, f_{12}, f_{13}\}$
 $F_{e_2} = \{f_{21}, f_{22}\}$
 $F_{e_3} = \{f_{31}, f_{32}\}$
 $E_s \text{ front } e_2 = \{e_1\}$
 $E_s \text{ front } e_3 = \{e_1, e_2\}$
 $F_s \text{ front } e_1 = \{f_1\}$
 $F_s \text{ front } e_2 = \{f_1, f_{11}, f_{12}, f_{13}, f_2, f_3\}$
 $F_s \text{ front } e_3 = \{f_1, f_{11}, f_{12}, f_{13}, f_2, f_3, f_{21}, f_{22}, f_4\}$
 $F_s \text{ behind } e_1 = \{f_2, f_3\}$
 $F_s \text{ behind } e_2 = \{f_4\}$

図11. $E_s, F_s, E_s \text{ front } e, F_s \text{ front } e, F_s \text{ behind } e$ の例

行える範囲で真偽決定規則を記述せねばならなかった。それゆえ、線形擬似ブール代数解法の適用範囲は限定され、所望の多面体を得るためには、線形擬似ブール代数解法の適用後、いくつかの後処理を要した[SAS87]。本稿では、非線形擬似ブール式による定式化の手法を与え、真偽決定規則の比較的自由的な記述を許した。これにより、非線形擬似ブール代数解法は、擬似ブール代数解法の適用範囲を拡張し、線形擬似ブール代数解法において要した後処理なども必要としない。

参考文献

[IDB72] 出沢正徳：三面図からの物体形成のためのシステム，日本機械学会論文集，Vol.38，No.310，pp. 1267-1276(June 1972)。

[MAR80] Markowsky, M.A. et al. : Fleshing Out Wire Frame, IBM J. Res. Develop., Vol.24, No.5, pp. 532-592(Sep. 1980)。

[MAR81] Markowsky, M.A. et al. : Fleshing Out Projections, IBM J. Res. Develop., Vol.25, No.6, pp. 934-954(Nov. 1981)。

[HAM68] Hammer, P.L. et al. : Boolean Methods in Operations Research, Springer-Verlag, New York (1986)。

[SAS87] 佐々木康仁：三面図からの物体自動合成のための線形擬似ブール代数解法，情報処理学会論文誌，Vol.28，No.12，pp. 1288-1297(Dec. 1987)。

[ITO86] ITO, K., Ishikawa, M., Fujiu, T. and Suzuki, S. : A Method for Solid Construction from Engineering Draft in Orthographic Views, Proc. of JSST Conference on Recent Advances in Simulation of Complex Systems, pp. 204-211 (July 1986)。

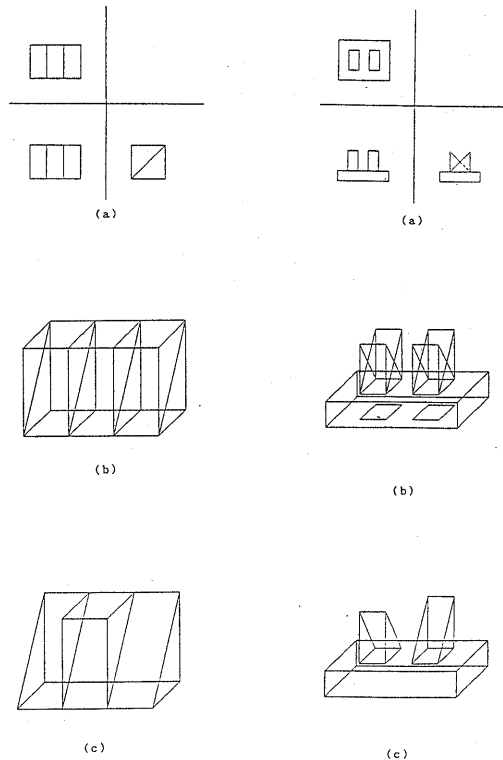


図13. 非線形擬似ブール代数解法の適用例