

## 制約充足に基づく三面図理解

2M-1

蒔田 尚子 内野 寛治 梅澤 顕 狩野 均 西原 清一  
筑波大学 電子・情報工学系

### 1 はじめに

三面図は、二次元データの設計・保管・修正が容易であることから、機械部品や製品の設計などに従来から用いられてきた。これらの図面を計算機に入力して解釈させ、三次元物体を計算機内のデータとして再現することは、三次元CADの形状定義や入力方法が複雑であるという問題点を解消できる。以上のような背景から、取り扱いの容易な二次元上の三面図データから構造化した三次元データを生成する手法（ここでは三面図理解と呼ぶ）が検討されている [1,2]。

本稿では制約充足問題（CSP）[3,4]の一般的解法を用いた三面図理解の手法とこの手法によるシステムの実行例について述べる。

## 2 本手法の概要

### 2.1 処理手順

本手法の処理手順を図1に示す。まず、二次元CADで作成した三面図データを入力する。次に各面図間の対応関係から三次元要素として頂点、稜線、面をすべて生成する。さらに面間の局所的な制約からCSPとして制約を記述し、一般的なCSPの解法

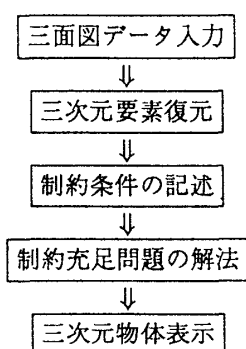


図1: 三面図理解手順

Understanding of Three Orthographic Views Using  
Constraint Satisfaction  
Naoko MAKITA, Kanji UCHINO, Ken UMEZAWA,  
Hitoshi KANO, Seiichi NISHIHARA  
Inst. Inf. Sci. & Electr., University of TSUKUBA

によって解を求める。最後に得られた三次元物体をグラフィックス表示して処理を終了する。

### 2.2 本手法の特徴

三面図理解をCSPとして定式化することにより、制約の追加・削除及びヒューリスティクスの導入が容易となる。また、制約の適用頻度及び各制約の特徴を知ることができる。現実の機械部品などは、使用分野によって加工方法や形状が似ており、一部の制約のみで図面理解可能な場合もある。そこで、用途別に制約を限定することにより、高速なシステムが構築される可能性がある。

## 3 制約充足に基づく三面図理解

### 3.1 三面図理解における制約

三面図理解における制約の例を以下に示す。ただし、本稿で扱う対象物体は多面体、または制限付きの曲面を含む物体とし、多様体に限定する。

- (1) 稜線を共有する面は、0個または2個が真。
- (2) 各単純領域の対応面は領域が境界を含む場合は2以上の偶数個、含まない場合は0以上の偶数個が真。
- (3) 交差面のうち高々1つの面が真。
- (4) 実線を解する隣接領域の最前面が滑接する場合、2つの最前面のうち高々1つの面が真。

### 3.2 制約充足に基づく制約表現

三面図の例を図2(a)に示す。以下、この例を用いて3.1節で述べた制約を一般的なCSPの形式で記述する方法を示す。

CSPは4つ組  $(U, L, R, \text{dom})$  で定義される。Uはユニット集合で、問題の構成要素を示す。ここでは候補面集合  $\{f_1, f_2, \dots, f_{10}\}$  である。Lはラベル集合で、Uのとり得る値を示す。ここでは真 (T)、偽 (F) の2つである。  $T = \{t_1, \dots, t_N\}$  はユニット制約関係で、Uの部分集合である要素が局所的な制約関係の下にあることを示す。  $R = \{R_1, \dots, R_N\}$  はラベル制

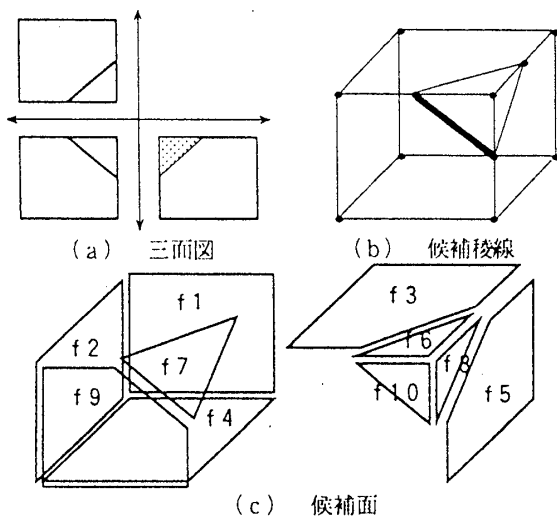


図 2: 三面図から生成される稜線と面の例

約関係で、 $t_i$  が取り得る L の組合せ集合を示す。つまり、 $(t_i, R_i)$  のペアで一つの制約を表すことになる。この  $(t_i, R_i)$  を制約条件ペアと呼ぶ。以下、制約条件ペアを 3.1 節で述べた制約から生成する。

図 2(b) において太線で示した稜線に接続する面は  $f_9, f_7, f_{10}$  の 3 個である。制約 (1) よりこのうち 0 個または 2 個の面が真となるので、制約条件ペアは次のようになる。

$$t_1: (f_9 f_7 f_{10})$$

$$R_1: |(F F F)(F T T)(T F T)(F T T)|$$

同様にして、図 2(a) の点線表示された領域は境界を含んでおり、対応面は  $f_8, f_7, f_2$  の 3 個である。従って制約 (2) より対応面の中で 2 以上の偶数個の面が真となるので制約条件ペアは

$$t_2: (f_8 f_7 f_2)$$

$$R_2: |(F T T)(T F T)(F T T)|$$

となる。さらに、 $f_9$  と  $f_{10}$  は実線を介する隣接領域の最前面であるので、制約 (4) より制約条件ペアは

$$t_3: (f_9 f_{10})$$

$$R_3: |(F T)(T F)(F F)|$$

となる。

#### 4 実験結果

本手法の有効性を確認するため、10 種類の制約条件ペアを生成し、実際の三面図に適用した。さらに一般的な CSP の解法である併合法 [3] を用いて解を求めた。併合法は局所的な制約を満たしながら、全ての制約条件ペアを満たすラベル組を求める操作

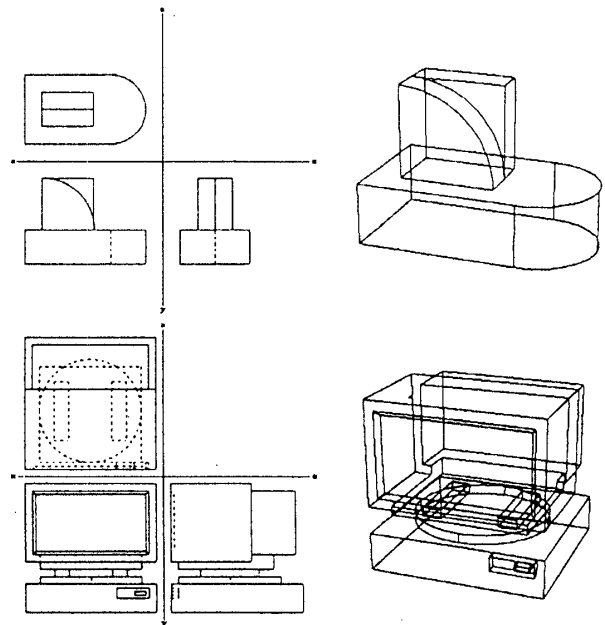


図 3: 実行例

である。

図 3 に三面図と復元した三次元物体の例を示す。実験により三面図理解問題を CSP で表現可能であり、正しい解が求められることが確認できた。

#### 5 おわりに

制約充足に基づく三面図理解手法を提案し、実験によりその有効性を確認した。

今後はさらに処理の効率化をはかるとともに、矛盾のある三面図からの立体復元について検討する予定である。

#### 参考文献

- [1] 西原: 図面理解による 3 次元形状モデリング, Computer Today 1993/7 No.56.
- [2] 井上, 金, 西原: 代数曲面を含む三面図の解釈, グラフィクスと CAD 研究会, 情報処理学会 93-CG-61,93,14 (1993).
- [3] 西原: 制約充足問題の高速解法, 知識ベースシステムにおける高速推論技術チュートリアル資料, 情報処理学会 (1992).
- [4] 内野, 窪田, 狩野, 西原: 制約条件の構造に注目した CSP の分類方法, 情報処理学会第 48 回全国大会 (1994).