

## I-540 歩道橋設計を例にとった制約に基づくオブジェクト指向設計支援システムの開発

東芝 正員 ○馬淵 誠司  
名古屋大学工学部 正員 伊藤 義人

## 1. まえがき

近年、自動設計・製図等のCAD/CAMシステムが普及し、土木構造物の設計、製図段階においても、ますますコンピュータ化が進められている。スパン長の比較的短い一般的な橋梁形式の一次選定の段階では、現在、自動設計プログラムを用いることが可能であり、設計者が、一般的なCADの図形エディタを橋梁設計で用いることはほとんどない。というのも、一般的なCADの図形エディタは描画されている図形に関する知識、例えば、寸法の相互的な関係や要素の位置的な関係に関する知識<sup>1)2)</sup>などを一切所有しておらず、どんな図形でも自由に描けてしまうことが、逆に、全ての責任が利用者に委ねられてしまい非現実的なデザインを生み出すことにもなりかねないからである。

そこで、エディタに図形に関する知識を持たせ、描き出す図形の寸法、位置を自動的に管理し、ユーザーが最小限の知識と操作でイメージに近く、かつ矛盾のないデザインを得られるようなインテリジェント型の図形エディタの開発を試みる。特に今回の対象は歩道橋設計に限定し、オブジェクト指向専用図形エディタの開発によって、その可能性を検討することを目的とする。また、図形を描画するのみでなく、作画された図形に関する解析用データの出力と、解析プログラムとのインターフェイス及び景観評価のためのフォトモンタージュを可能とする統合型システムの作成を試みた。

## 2. システムの概要

システムの全体構成を示すと図-1のようになる。システムの処理手順は、あくまでもユーザーの設計作業支援というコンセプトに基づいて、メニュー形式による、対話的操作を中心としている。また、メニュー項目には、文字のみでなくグラフィカルなイメージを同時に表示させることによって操作の曖昧性を解消している。

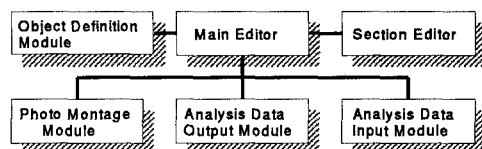


図1 システムの全体構成

開発はSUN Sparc Station 2上でC++言語を用いて行った。また、グラフィックライブラリーにはInterViews<sup>3)</sup>を使用している。図形の構築方法の大まかな手順は、システムに周辺環境などの外部的制約条件を入力することから始まり、任意の側面を作図し(図-2)、その後断面を作成していく(図-3)。使用する部材などはシステムに登録されているものを編集して用いる。システムが提供している部材オブジェクトは知識として、寸法関係、位置関係などが記述されており、

それらは市場性(鋼板厚など)、施工性などを考慮して、ある程度のレンジを持っているが、ユーザーはそのようなオブジェクトに対して、拡大、移動などの編集操作が可能であるが、レンジを越えてしまうような編集操作はシステムによって禁止される。

## 3. 制約処理手法

部材間の寸法関係は独立したオブジェクトとそれに従属するオブジェクトの内部データの依存度をマトリックスで表現したものを用いた。

例えば、2つの部材を考えたとき、マスター側の内部データの幅、板厚、長さをそれぞれ $b, t, l$ とし、従属側のそれをそれぞれ $b', t', l'$ とすると、内部データの依存関係は次のように記述できる。

$$\begin{pmatrix} b' \\ t' \\ l' \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} a_{11} & a_{12} & a_{13} \\ a_{21} & a_{22} & a_{23} \\ a_{31} & a_{32} & a_{33} \end{pmatrix} \begin{pmatrix} b \\ t \\ l \end{pmatrix} = A \begin{pmatrix} b \\ t \\ l \end{pmatrix} \dots\dots\dots (1)$$

式中の  $A$  を依存関係マトリックスとする。ここで  $a_{ij}$  は従属側オブジェクト  $i$  番目の内部データのマスター側オブジェクト  $j$  番目内部データに対する依存度を示している。依存度係数が 0 の場合、相互の変数は無関係であることになる。システムはこの依存関係マトリックスを常に参照しながら処理を行う。

#### 4. 設計支援のための機能

外部構造解析プログラムモジュールに対してデータを出力できることは、幾何学的制約に基づいた図形エディタが力学的な制約に対して十分でない点を補うことができるという点で非常に有利である。そこで、システムで描いた図から自動的に外部の解析プログラムモジュールに対する入力データを生成する機能を付け加えた。外部の解析プログラムが出力した解析結果を取り込み、システムで描いたデザインを自動的に修正する機能も考えられるが、現段階では、解析結果をシステムが受け取り、変更すべきと考えられる点を表示するのみである。（図-4）また、景観性を評価することが出来るように側面図に対して現場写真を合成するモジュールも作成した。（図-5）

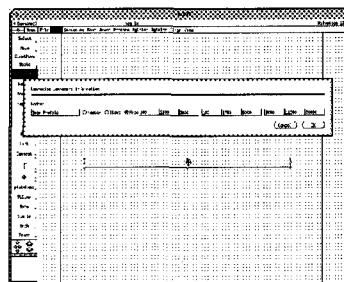


図 2 システムの実行画面の例

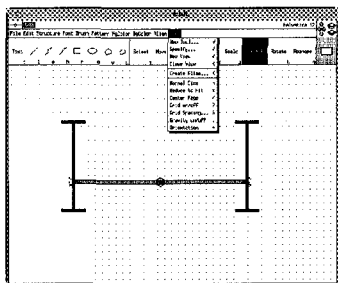


図 3 断面の作成例

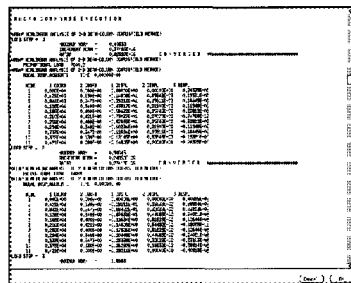


図 4 解析結果のフィードバック

#### 5. おわりに

図面作成、構造解析、フォトモンタージュといった統合的な設計環境を提供することによって、予備設計の段階において、種々な形状を持つ自由度の高い橋梁を、景観にいたるまで統合的に検討できるシステムを提案した。また、従来型の作図システムに比べ制約処理を適用したシステムは設計者が経験によって決定している部材寸法を、コンピュータによって支援されながら決定する事ができ、幾何学的な制約条件の矛盾を解消することが可能である。

#### 参考文献

- 1) 日本道路協会：道路橋示方書・同解説，1990.
- 2) 日本道路協会：立体横断施設技術基準・同解説，1979.
- 3) Mark A.Linton, Paul R.Calder, and Vlissdes John M : InterViews - A C++ Graphical Interface Toolkit, Technical Report CSL-TR-88-358, Stanford University, July 1988.

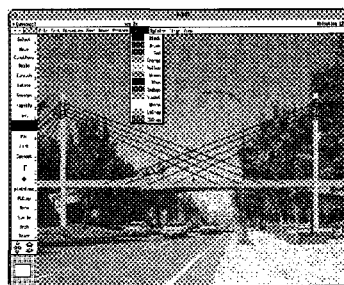


図 5 フォトモンタージュの例