

## II-42 部材 CG ライブラリを用いた橋梁設計 CG システムに関する基礎的研究

三上 市藏  
Ichizou MIKAMI田中 成典  
Shigenori TANAKA石井 由美子  
Yumiko ISHII

【抄録】本研究では、土木構造物において最もディテールが複雑で定義しにくい鋼桁橋をターゲットにして、設計技術者が、視覚的に鋼桁橋の上部工形状を確認しながら、構成している部材を三次元モデルで表現するために、CG を用いて可視化し、同時に、鋼桁橋構成部材の CG ライブラリ化を行った。そのライブラリ化した鋼桁橋構成部材を設計業務で有効に利用できるようにするために、部材の寸法を変更させたり、組み合わせたりすることによって設計を支援するシステム開発し、部材をオブジェクトとして認識しながら、干渉や取り扱い具合を検出できる CG システムの構想を考えた。

【キーワード】CG, ライブラリ化, オブジェクト指向, VRML

## 1. まえがき

近年、建設事業において、業務の高度化、効率化を図るために、情報の電子化、標準化が推進されてきている<sup>1), 2)</sup>。さらに、土木構造物を三次元で表現し、その情報を標準化しようとする試みがなされてきている<sup>3)</sup>。本来、土木構造物は三次元のものであるが、二次元図面で表現しているため、技術者は二次元図面から三次元形状を想定しなければならない。したがって、設計した構造物の明確なイメージを二次元図面を通して複数の技術者に伝えることは困難であり、しかも、構造物の形状情報を正確に伝達するには、膨大な設計書類を必要とする。そのため、土木構造物を三次元で表現することは有効な手段であると言える。

三次元表現を行う手法として、三次元 CAD や CG があげられる。近年、土木分野において、構造物を表現する手法として、三次元 CAD が利用されつつある<sup>4), 5)</sup>。しかしながら、現在の三次元 CAD は構造物を点や線で表現しているため、オブジェクト指向型と言われる CAD システムであっても部材の中身までは定義できない。一方、CG は視覚的に構造物を表現できる上に、ソリッドモデルを用いれば、部材を中身の詰まった物体として定義できる。しかし、CG 画像を描く既存のアプリケーションでは、部材同士が重なり合っている場合、そのまま部材が貫通した状態で表示されるといった問題が生じる。オブジェクト思考的に部材を表現できないような CG システムの状態では、形状表現のみにしか利用できない。このため、土木分野において、CG は景観評

価やプレゼンテーションを行う手段として利用されている<sup>6), 7)</sup>。CG を橋梁の設計業務で利用できるようにするためには、橋梁構成部材をオブジェクトとして定義でき、その寸法を変更させたり、組み合わせたりすることによって橋梁を表現できる CG システムが必要である。さらに、部材が干渉し合う場合は警告表示され、最適な部材寸法値が表示される機能がシステム上に実装されることが望まれる。

近年、機械分野や建築分野においては、部材をオブジェクトとして定義し、組み合わせるシステムが開発されつつある<sup>8), 9)</sup>。しかし、土木分野においては、構造物は1つ1つが全て異なった形状であり、ディテールが複雑であるため、構成部材をライブラリ化することは非常に困難である。したがって、橋梁の数値仮組などを行うシミュレーションシステムは存在する<sup>10), 11)</sup>が、設計段階において、オブジェクトとして定義されライブラリ化された橋梁の構成部材を利用して可視化を行うシステムはまだ存在しない。橋梁の三次元構成部材をオブジェクトとして認識しながら寸法を変更し、その寸法変更した部材を組み合わせ、さらに、部材の干渉を検出するためには、部材 CG ライブラリは必須条件である。

本研究では、鋼桁橋構成部材をオブジェクトとして利用できる CG システムの開発を目指す。まず、土木構造物で最もディテールが複雑な鋼桁橋をターゲットにおいて、構成している部材を CG を用いて可視化した後ライブラリ化する。この CG ライブラリを閲覧するのみでなく、設計業務において利用できるようにするために、部材の寸法値を入力して、寸法を変更させ、

組み合わせることにより設計を支援するシステムを開発する。次に、部材をオブジェクトとして認識しながら干渉や取り合い具合を検出するシステムの構想と実現技術について検討する。

## 2. 鋼桁橋構成部材のライブラリ化と可視化

鋼桁橋の上部工構成部材を三次元形状で視覚的に取り扱えるようにするために、CG 技術を用いて可視化し、ライブラリ化する必要がある。そこで、鋼桁橋構成部材を可視化するための CG 技術として VRML (Virtual Reality Modeling Language) が考えられる。VRML はソリッドモデルを採用した三次元世界を構築するための国際標準言語 (ISO/IEC14772) であり、スクリプト言語であるため、インターネットの Web ページ上で稼働する。この結果、CG ライブラリを第 3 者に提供しやすく、データの交換、連携、共有を推進させることが可能である。設計技術者は、VRML ブラウザを Web ブラウザにプラグインすることで、鋼桁橋構成部材の三次元形状をインターネットの Web ページ上で視覚的に確認できるようになる。

本研究では、鋼桁橋の上部工構成部材を VRML を用いて可視化した後、ライブラリ化して分類した。VRML で可視化しライブラリ化した鋼桁橋構成部材 CG ライブラリは、I 型鋼、H 型鋼など 7 種類の鋼材や床版、支承、補剛材などの部材と添接板、ガセット、スラブ止め、ケーブルラック、高欄、配水管、検査路を含む付属物合わせて 23 部材であり、土木製図基準を参照して基本形状を表現している。VRML で可視化した鋼桁橋の構成部材の一例を図-1 に示す。

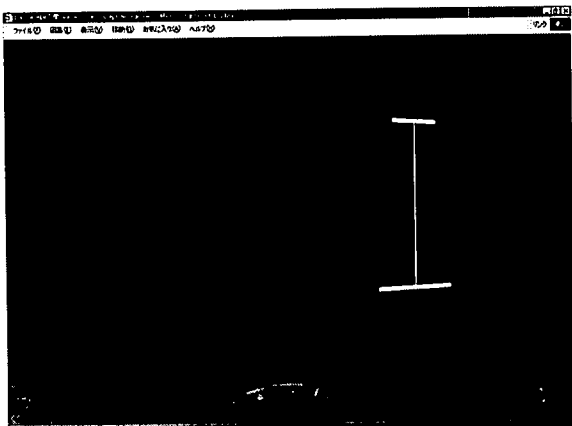


図-1 鋼桁橋構成部材の可視化例

この CG ライブラリをオブジェクトとして容易に取り扱えるようにするために、Java を用いて保存した。Java を用いることによって、各部材の相互関係などの情報を部材 CG ライブラリに与えることが可能となるため、各部材をオブジェクトとして定義できる。そして、この CG ライブラリをオブジェクトとして閲覧できるように、Java3D を用いて閲覧用のインターフェースを構築した。

## 3. 鋼桁橋構成部材の寸法変更と組み立てシステム

本研究では、CG ライブラリを設計業務で利用できるように部材の寸法を変更させるシステムを開発する。そして、寸法を変更した CG ライブラリを利用して、コンピューターの三次元空間内で鋼桁橋を組み立て、可視化するシステムを開発する。そこで、設計技術者が利用しやすいようなインターフェイスにするために、部材を選択する画面とノード階層表示を行う画面と寸法変更と組み立てを行う画面の 3 つの画面を Java を用いて表示させた。別に、数値入力欄を表示させて数値を入力できるようにした。

### 3. 1 寸法変更システム

寸法変更システムを構築するために、まず、部材選択画面では鋼桁橋を構成する部材の CG ライブラリ群をリストとアイコンにより表示させ、ノード階層表示画面では、部材の構成情報をノード階層図により表示させた。次に、設計画面では VRML ロードを通して VRML による CG ライブラリを、JAVA3D モデルへと変換させ、表示させた。Java3D はノード階層構造を使用しているため、VRML と親和性が高いうえに、マウスで部材をドラッグしたりして操作が行えるインターフェイスを構築することが可能である。寸法変更システムの一例を図-2 に示す。

### 3. 2 組み立てシステム

組み立てシステムを構築するために、本研究では、寸法を変更させた鋼桁橋構成部材の形状確認を行った後、その部材を他の部材と組み合わせて鋼桁橋を組み立ててゆく機能を Java と Java3D を用いて開発することを考えた。そこで、Java プログラムにより、CG ライブラリが参照され、寸法の変更された Java3D モデルとなり、設計画面内で他のモデルと組み合わせられるようにした。組み立てシステムの一例を図-3 に示す。

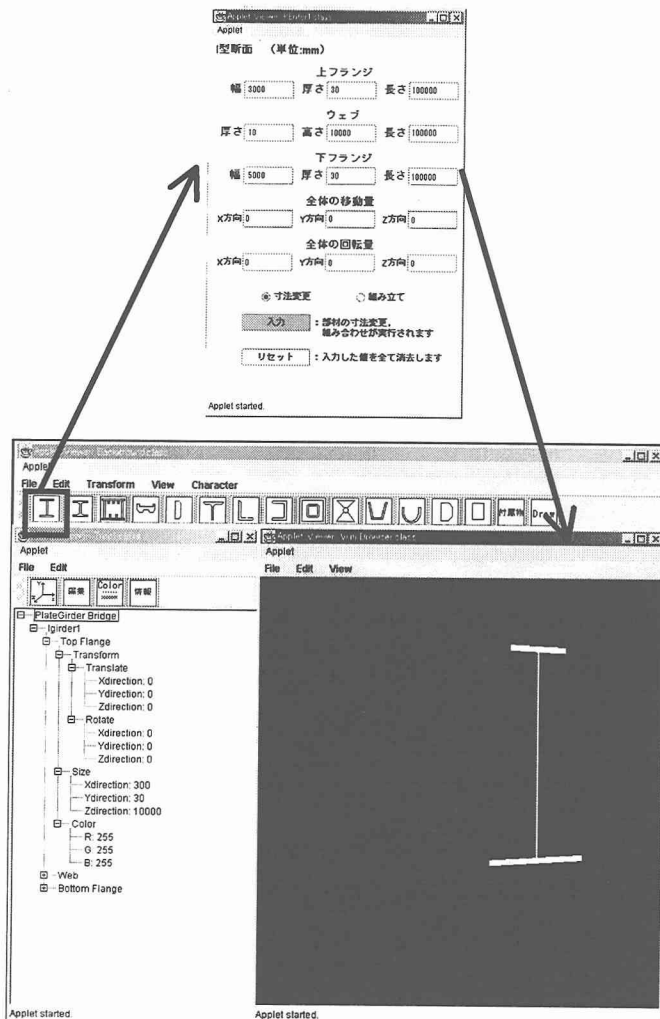


図-2 部材の寸法変更

本システムを利用することにより、設計技術者はウェブ上で視覚的に形状を確認しながら鋼桁橋を三次元表現できる。

#### 4. 組み立てシステムで考慮すべき事項

組み立て画面におけるCGモデルは、ソリッドモデルとして定義されるが、構成情報、部品情報、形状情報などの属性情報をもったオブジェクトとしては定義されない。CGモデル同士が重なり合った場合、そのまま貫通した状態で表示されてしまうため、部材の取り合い具合や干渉を起こしているかどうかを設計技術者が自ら設計画面内で操作して確認しなければならない。また、部材同士がわずかに干渉

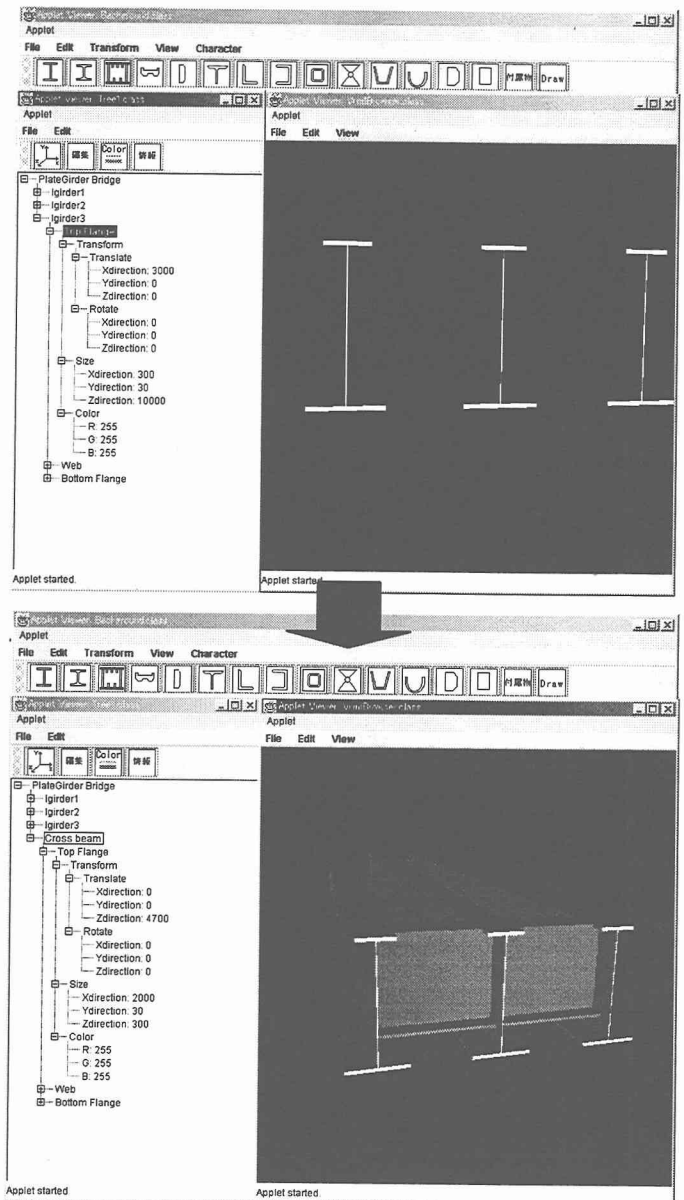


図-3 部材の組み立て

し合っている場合は、設計画面内において、目視で確認することは困難である。実際には、CG画像のように部材が重なり合うことはないため、部材が重なり合わないよう設計画面内でオブジェクトとして扱えるようにする必要がある。そこで、組み立てシステムにおいて、部材同士が重なり合った場合、部材が貫通せずに組み立てることが不可能であると表示される機能を考える。

##### 4. 1 部材の取り合い・干渉チェック機能

組み立てシステムにおいて、鋼桁橋構成部材の寸法を変更させ、他の部材と組み合わせるべく際に、部材の取り合い・干渉チェック機能により、干渉が起きた

場合、組み合わせることが不可能であると表示させる。部材が他の部材と重なり合う場合は、警告とともに重なり合う長さの値と最適な寸法値を表示させる。一方、部材の長さが短く他の部材に到達しない場合は、確認表示と空間の大きさの値を表示させる。これにより、技術者は、オブジェクト指向的に鋼桁橋を組み立てることが可能となる。さらに、自ら CG 画像を操作して確認を行うことなく、自動的に部材干渉検出が行われる。

#### 4. 2 視点のナビゲート機能

VRML を用いることで、設計技術者はリアルタイムに三次元空間内を操作し、鋼桁橋構成部材の CG モデルや組み立てられた鋼桁橋の形状を確認したり、ウォークスルーすることができるが、視点が部材にぶつかった場合そのまま通り抜けてしまう。そこで、寸法変更や組み合わせが終わった部材や鋼桁橋の形状確認をスムーズに行えるナビゲート機能を付け加えることを考える。

寸法変更や組み合わせを終了した部材や鋼桁橋を確認する際に、Java3D によりオブジェクトを通り抜けないようにしながらディテールの確認を行うナビゲート機能を開発する。この機能によって、付属物などが狭くて取り付けにくい部分を確認し、不具合を発見することができる。

#### 5. あとがき

本研究では、土木構造物において最もディテールの複雑な鋼桁橋に注目し、その構成部材をコンピュータ上の三次元空間内で表現できるようにするため、CG 技術を用いて可視化した。そこで、部材を中身の詰まったソリッドモデルとして定義するために、CG 技術として VRML を用いた。可視化した鋼桁橋構成部材を容易に取り扱えるようにするために、ライブラリ化して保存した。その CG ライブラリを利用して、設計技術者が鋼桁橋をコンピュータの三次元空間内で組み立てるシステムを開発した。鋼桁橋の組み立てシステム上で、オブジェクトとして部材を取り扱えるようにするため、部材同士が重なり合った場合、警告を表示させる方法を提案した。また、組み合わせが終了した後、設計技術者が詳細な形状などの確認を行えるようにするために、ナビゲート機能を付加することについても構想した。

本システムを利用することによって、設計技術者は鋼桁橋の構成部材を設計画面内で視覚的に利用できる上に、この構成部材を組み合わせることによって、鋼桁橋の三次元表現が可能となる。さらに、CG 技術を用いているので、プレゼンテーションや、景観設計において利用することも可能となる。

#### 参考文献

- 1) 増田正弘：建設 CALS 実証フィールド実験, *CALS Expo International 1997 Proceeding Track 2*, pp.85-88, 1997.11.
- 2) 日本道路公団試験研究所：CAD による図面作成要領（暫定案）共通編・道路土工設計編, 1977.11.
- 3) 山下純一：建設 STEP の実証実験, *CALS Expo International 1997 Proceeding Track 2*, pp.171-173, 1997.11.
- 4) 上村道夫, 橋本幹司, 飯島淳, 内山正, 浜津郁也：複雑な鋼橋上部工での幾何情報の取り扱いと設計・製図での利用, 第 22 回土木情報システム講演集, 土木学会, pp.199-202, 1997.10.
- 5) 野水清, 興石洋, 山本俊雄：土木事業における三次元 CAD システム活用例, 第 22 回土木情報システム講演集, 土木学会, pp.231-234, 1997.10.
- 6) 新井伸博, 吉田茂喜, 岡林隆敏：パソコンによる CG と道路設計の視覚化への応用, 土木情報システム論文集, 土木学会, Vol.6, pp.133-140, 1997.10.
- 7) 緒方正剛, 小林一郎, 福地良彦：建設プロジェクトにおける合意形成のためのバーチャルモデル利用, 土木情報システム論文集, 土木学会, Vol.7, pp.81-88, 1998.10.
- 8) 田中和明, 和田敦, 鄭降宇, 阿部憲広, 何守杰：仮想空間における機械部品の組み立て可能性と可視化による機構の検証システム. 情報処理学会論文誌, 情報処理学会, Vol.38, No.10, 1977.10.
- 9) 長濱龍一郎, 柴野伸之, 福田知弘：CG/VR を利用した設計提案, 松下電工技報, No.63, 1997.7.
- 10) 島津宗明, 白石典之, 辰巳裕一：普及版 CATS の構築, 横河ブリッジグループ技報, No.27, pp.55-64, 1998.1.
- 11) 宮下泰, 塩見健, 大塚良雄, 川上敬詞, 山口勲, 嶋宗和：橋梁仮組立シミュレーションシステム, 日立造船技報, Vol.57, No.1, 1996.