

マルチエージェントとバーチャルリアリティを用いた 鋼橋の主桁設計システムの開発

Development of a Design System for Plate Girders of Steel Bridges Using Multi-Agents and Virtual Reality

室蘭工業大学工学部建設システム工学科

正会員 矢吹信喜 (Nobuyoshi Yabuki)

室蘭工業大学大学院工学研究科建設システム工学専攻 ○学生員 小谷隼 (Jun Kotani)

1. はじめに

我々はプロダクトモデルを利用した効率的な設計環境の開発に関する研究を行なっている。しかし、鋼橋の主桁や補剛材といった鋼部材の詳細設計を行なう際には、現状では、3次元 CAD システムを使用して、一旦全部材の寸法を仮定した後、構造物のデータをプロダクトモデルデータに変換し、さらに照査システムにデータを渡して照査(各種チェックを含む)を行なうという手続きが必要となる。照査の結果が不適となれば、ユーザは3次元 CAD データの修正を行なっては、再度照査システムで照査を行なう、というシステム間のデータ移動を繰り返さなくてはならず、現状の通常設計作業に比べれば格段に速いものの、時間と労力がかかる。

さらに、詳細設計レベルともなると、扱う部材の数が非常に多量となることが考えられる。これら多量の部材を、設計者が容易に認識するため、3次元 CAD システムを利用することは、2次元 CAD システム上に表現することに比べると、有効であると考えられる。しかし、現状の3次元 CAD システムは、3次元で描画された設計部材をディスプレイ上に平面的に投影した形で表現される。したがって、設計部材が多量になると、各部材間の奥行き等の直感的な把握や、体感評価が困難となる。

これらの問題を解決するためには、まず、プロダクトモデルを介するデータ相互運用機能を利用しつつ、詳細設計システムにおいて、部材の設計を行なっている最中に、ユーザが意識せずともシステムの背後で自律的に設計対象部材の力学的な照査や、施工性・経済性といった外部拘束条件に対する判断を行なうといった、ユーザの設計作業を多面的に支援するような知的なオブジェクト、すなわち「エージェント」¹⁾を構築し、利用することが有効であると考えられる。さらに、詳細設計システムを利用する際、多量の設計部材の位置関係などを容易に把握しながら、設計を行うことを可能にするためには、バーチャルリアリティ(以下 VR)技術の利用が考えられる。

そこで本研究の目的として、まず、鋼橋における鋼部材の設計を行う際、ユーザによる設計作業を多面的に支援してくれるような複数のエージェント、すなわちマル

チエージェントを構築する。次に、VR 技術を利用した詳細設計システムを構築し、最後に、構築したマルチエージェント及び詳細設計システムをプロトタイプシステムとして統合化することにより、その有効性を検証する。

2. 鋼部材 3次元プロダクトモデル

本研究では、鋼主桁や、主桁に伴う補剛材等の鋼部材そのものを3次元オブジェクトとして取り扱い、形状データだけでなく部材の持つ特性や性質も属性として取り扱えるようにするために、鋼部材3次元プロダクトモデルを開発した。

鋼部材3次元プロダクトモデルを構築するにあたり、IAI(International Alliance for Interoperability)²⁾のIFC(Industry Foundation Classes)のRelease 2x(IFC 2x)³⁾を参考とした。しかし、IFC 2xをそのまま土木構造物へ利用することは困難であるため、本研究ではIFC



図-1 プロダクトモデルのインスタンス(抜粋)

2x に、土木構造物を扱うクラスを拡張し、利用することとした。また、プロダクトモデルデータの実装には、プログラミングの容易性、格納データの信頼性等の観点から ifcXML⁴⁾ を用いて 3 次元プロダクトモデルを実装した。図-1 に本研究の 3 次元プロダクトモデルのインスタンスファイルの抜粋を示す。

3. 設計支援を行うエージェント

エージェントは、人間が細かく指示しなくても自律的、自発的に動作し、外部環境に適応しながら反応し、システム全体を知ることなく局所的な情報のみで動作する等の特徴を備えた知的なオブジェクトと考えられている。エージェントには単一のエージェントの中に知的機能を埋め込む知的エージェントと呼ばれるものから、複数のエージェントの相互作用によって、集団的振る舞いのレベルで知的な動作を見せるマルチエージェントと呼ばれるものまである¹⁾。設計のような複雑かつ高度な作業を支援する場合、単一のエージェントに複数の機能を持たせるよりも、機能毎に複数のエージェントが協調し、ユーザを支援する方が、ソフトウェアの開発、管理、拡張の観点から有利であると考えられる。そこで本研究で我々は、力学的照査エージェント及び設計状況判断エージェントの 2 つのマルチエージェントを開発した。

力学的照査エージェントは、ユーザが設計した、フランジやウェブ等の鋼部材で構成される、主桁の断面寸法が、荷重に対して適当な大きさであるかどうかをバックグラウンドで自律的に照査する機能を持つ。

設計状況判断エージェントは、単に力学的な照査のみならず、例えば、桁高がばらつき過ぎてはいないか、あるいは、設計した主桁の断面寸法が過大となっていないかといった、設計上の拘束条件をバックグラウンドで常に監視する機能を有する。主桁の位置や寸法を判断する際には、プロダクトモデルから主桁の位置関係及び断面形状に関するデータを読み取り、それらのデータをユーザによる設計断面データと照らし合わせることでより判断を行う。また、これらのマルチエージェントは、オブジェクト指向言語である Java により開発した。Java を用いることにより、エージェントをオブジェクトとして取り扱うことが出来、エージェント同士の相互作用を図ることが容易となる。また、Java 言語は特定のプラットフォームに依存しないため、開発したマルチエージェントは各種のコンピュータで動作することができる。

4. VR を用いた詳細設計システム

現在、詳細設計システムには 2 次元、もしくは 3 次元 CAD システムが多く利用されている。詳細設計を行う際、2 次元 CAD システムと比較し、3 次元 CAD システムのほうが、設計部材の位置関係などを直感的に把握し易く、設計データの正確性といった点でも有利である。

しかし、現状の 3 次元 CAD を利用しても、描画モデルは 3 次元として扱われるものの、実際にユーザが見るときにはディスプレイへの投影となってしまう、平面的に表現される。したがって、描画モデルから遠近感が失

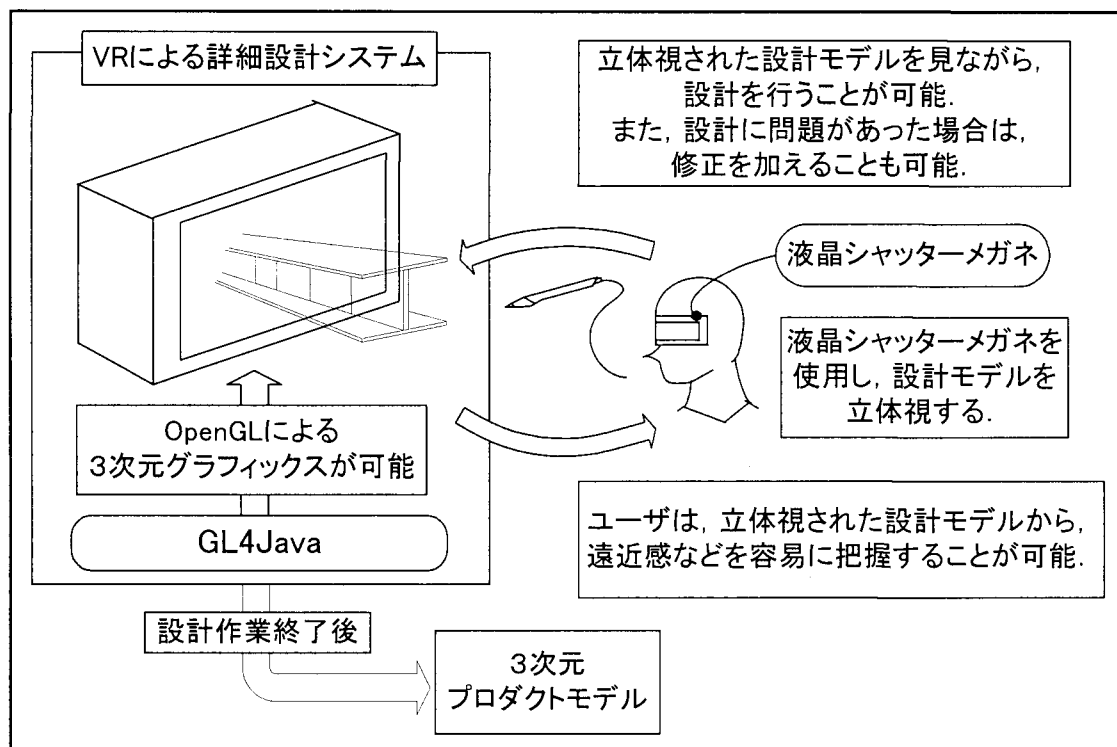


図-2 本研究で開発した詳細設計システム

われ、詳細設計時に、部材同士が多数重なっているといった場合には、各部材の位置関係を容易に把握することは困難である。そこで、この問題を解決するために、我々は VR 技術の利用を考え、図-2 のようなシステムを構築した。

Virtual Reality とは「仮想現実」と訳され、コンピュータグラフィックス等を利用して、人工的な現実感や仮想世界を作る技術をいう。作り出される仮想世界は、現実世界と同様、3次元の空間で表現される。したがって、仮想世界を視覚的に表現するためには、3次元グラフィックスが必要となる。

3次元グラフィックスとは3次元空間内で物体がどのように見えるかを計算するための描画手法の総称であり、代表的なものに OpenGL⁵⁾、DirectX⁶⁾等が挙げられる。ここで、OpenGL は特定のハードウェアや OS に依存しない利点があるため、本研究では、3次元グラフィックスの描画関数に OpenGL の利用を考えた。

一方、我々は、開発した詳細設計システムを、ネットワーク上の任意のユーザが利用可能とするため、ネットワークを介して動作することが可能な Java 言語により、システム開発を行った。しかし、OpenGL は本来 C 言語の API (Application Program Interface) であり、そのまま Java 言語で使用することは出来ない。そこで、本研究の3次元グラフィックスには、OpenGL を Java 言語で使用可能とした GL4Java⁷⁾ を利用することとした。これにより、Java 言語から OpenGL の API を呼び出し、利用することが可能となる。

実際に物体を立体的に見るには、右眼が見る画像、及び左眼が見る画像の両方がそれぞれ必要となる。しかし GL4Java を用いることにより、立体視を行うための右眼用と左眼用の画像は容易に作成することが出来る。さらに図-3 に示すような液晶シャッターメガネを用いることにより、右眼用画像と左眼用画像を区別しユーザに見せることも可能である。したがって、ユーザは意識せずとも、容易に設計モデルの立体視が可能となる。このことから、設計者は、設計対象部材を立体視しながら設計や設計変更を行うことが出来、また、部材間の距離感や、遠近感などを、これまでの3次元 CAD システムよりも容易に把握することが出来る。

さらに設計が終了した後は、本研究で構築した3次元の共通データフォーマットである3次元プロダクトモデルへ、自動的に設計データが書込まれる。

5. プロトタイプシステムの適用例

本研究で開発したプロトタイプシステム(図-4)の適用例を示す。設計対象は単純非合成桁橋(図-5)の鋼主桁とし、設計基準は道路橋仕方書に従った。

まずユーザは、構造解析システムで得られた鋼主桁の断面力(曲げモーメント、せん断力等)のデータや、座

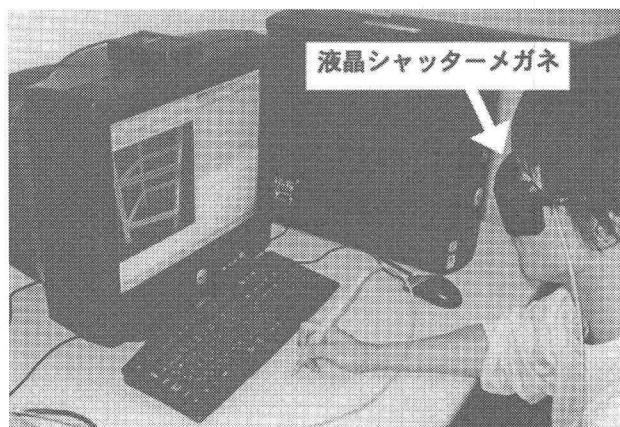


図-3 液晶シャッターメガネ

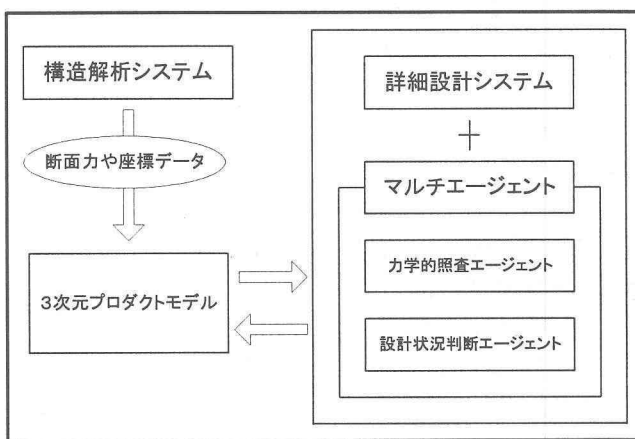


図-4 本研究で開発したプロトタイプシステム

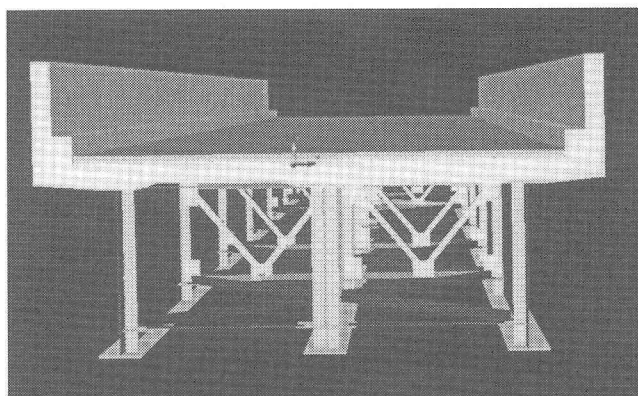


図-5 設計対象となる単純非合成桁橋

標データ等の各データをプロダクトモデル化したものを、本研究で開発した詳細設計システムに読み込ませる。次に、詳細設計システムにおいて、図-6 に示すような右眼用画像及び左眼用画像の両方を、液晶シャッターメガネを使用して見ることにより、ユーザはディスプレイ上に立体視された設計対象を見ながら、各主桁の詳細設計を行う。このことからユーザは、詳細設計時に扱う部材

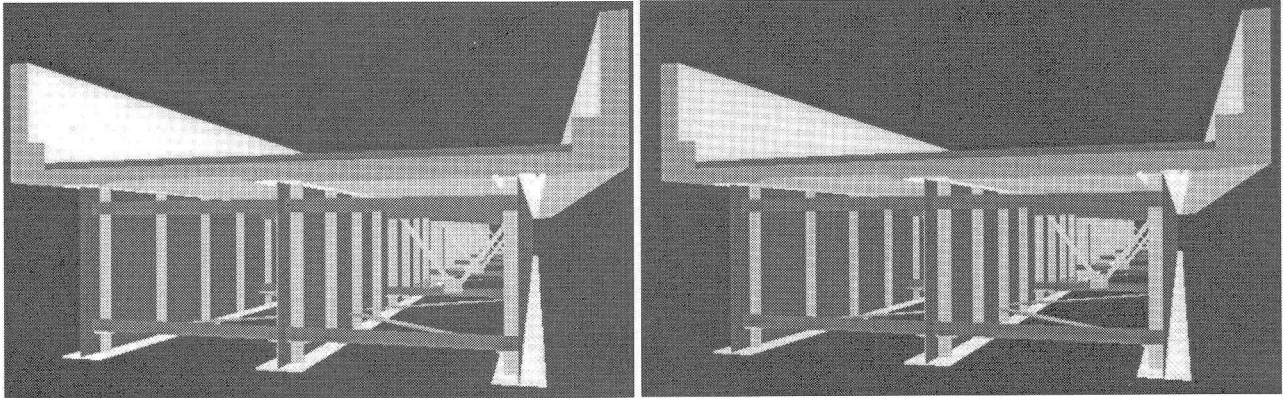


図-6 立体視に用いる左眼用画像（左側）及び右眼用画像（右側）

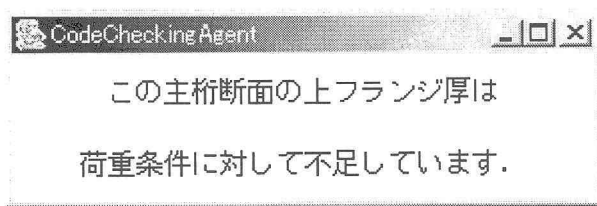


図-7 力学的照査エージェントによるコメント

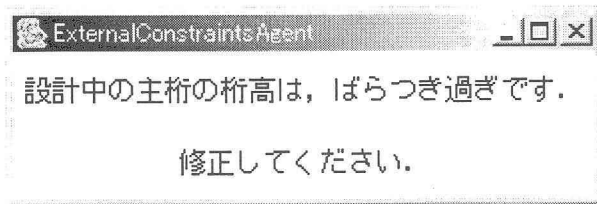


図-8 設計状況判断エージェントによるコメント

の間隔等を容易に把握しながら詳細設計を進めることが可能となる。さらに、力学的照査エージェントが、ユーザによる部材設計を常に監視しており、設計断面などが力学的な条件に対して危険な場合、図-7のように「この主桁断面の上フランジ厚は荷重条件に対して不足しています。」といった注意をユーザに促す。このように、ユーザは主桁の詳細設計を行なうのと同時に、設計した断面寸法等に問題がないかを判断することができるようになったため、何度も意識的に照査システムとの間でデータの移動を繰り返す必要がなく、効率的なプロダクトモデルの生成が可能となった。

さらに、主桁の断面設計を続けていくと、設計状況判断エージェントが、既に設計が終了した各断面の設計データ等から桁高のばらつき及び位置関係を判断し、設計した主桁に問題がないかをコメントとしてユーザに伝える。図-8は設計対象である主桁の桁高がばらつきすぎている場合のコメントを示す。

また、力学的照査エージェントも設計状況判断エージェントも、主桁の設計に関して問題がないときはユーザにコメントを伝えないことから、部材の設計が適切であ

った場合は、いちいち設計作業を中断することはない。ここで示した設計事例は単純なものであるが、本研究で開発したプロトタイプシステムが有効に動作し、設計作業を支援することが確認できた。

6. まとめ

本研究では、鋼橋における鋼部材の設計において、プロダクトモデルを介した詳細設計システムと、設計照査システムとの間のデータ相互運用機能を利用しながら、システムの背後で自律的に設計の照査を行ったり、拘束条件のチェックを行ない、ユーザを支援するマルチエージェントを開発した。次に、VR 技術を用い、設計モデルを立体視させることによって、設計部材の奥行きや位置を容易に把握できるような、詳細設計システムを構築した。最後に本研究で開発したマルチエージェント及び詳細設計システムを統合化したプロトタイプシステムを開発し、設計例題に適用してみたところ、その有効性が確認された。

今後は VR 環境の改善・拡張、さらには他の機能を持つエージェントの開発、構造解析システムとの統合化等を図っていきたいと考えている。

参考文献

- 1) 本位田真一, 飯島正, 大須賀昭彦: エージェント技術, 共立出版, 1999.
- 2) IAI, <http://iaiweb.lbl.gov/>
- 3) IFC2x, http://cic.vtt.fi/niai/technical/ifc_2x/
- 4) IfcXML, http://www.iai-international.org/iai-international/Technical_Documents/documentaion/IFCXML/ifcXML_language_binding_V1-02.pdf
- 5) OpenGL, <http://www.sgi.com/software/opengl/>
- 6) DirectX, <http://www.microsoft.com/windows/directx/default.aspx/>
- 7) GL4Java, <http://www.jausoft.com/gl4java.html>