

インターネット技術を用いた橋梁の製品モデルデータベースの構築

Construction of Database of Highway Bridges' Product Data Model using Internet Technology

三上市蔵*, 田中成典**, 窪田 諭***, 石井由美子****

Ichizou MIKAMI, Shigenori TANAKA, Satoshi KUBOTA and Yumiko ISHII

* 工博, 関西大学教授, 工学部土木工学科 (〒564-8680 大阪府吹田市山手町 3 丁目 3 番 35 号)

** 工博, 関西大学助教授, 総合情報学部 (〒569-1095 大阪府高槻市霊仙寺町 2 丁目 1 番 1 号)

*** 関西大学大学院博士課程前期課程 (〒564-8680 大阪府吹田市山手町 3 丁目 3 番 35 号)

**** 関西大学工学部土木工学科 (〒564-8680 大阪府吹田市山手町 3 丁目 3 番 35 号)

Electronic exchanging and standardizing information of the bridges in life cycle is important, and needs the definition of Product Data Models (PDMs), representing all information of the bridges over life cycle. In this study, we apply STEP of ISO to represent PDM of the bridges. As there are no Application Protocol of the bridges, AP203 is used. We represent PDMs of the bridges with Part21 file format, which use the representation method of AP203.

We construct a database of PDMs by using the technology of internet. For some civil engineers who can't understand STEP, the models are visualized using VRML. Using the database, civil engineers can get PDM and VRML files, and can design the bridges by referring PDMs on VRML interface.

Key Words : Highway Bridges, Product Data Model, STEP, VRML

1. まえがき

橋梁などの建設事業においては、調査・計画・設計・積算・施工・維持管理という製品のライフサイクルが非常に長く、そのライフサイクルの各段階において、発注者と受注者である設計者・施工者・下請・資材納入業など、多くの関係者が業務に携わる。その業務を遂行する上で、文書・図面・設計計算書など、多種多様な内容の多量な情報が発注者と受注者の間で交換される。

近年、建設業界では、業務の高度化、効率化を図るために、コンピュータを導入するなど情報化が推進されている。しかし、情報化は設計や施工という各業務段階では行われているが、業務間の情報のやり取りには、依然として「紙」が媒体として使用されることが多い。このため、ライフサイクル全般にわたって電子情報が合理的、効率的に連携されておらず、各業務段階で情報の不整合という問題が生じている。事業を効率的に進めるためには、これらの電子情報をライフサイクルのすべての段階で交換および共有できるようにする必要がある。そのためには、情報の標準化

が必須となる。

近年、建設業界では、土木構造物に関する情報の電子化と標準化を実現するために、建設 CALS/EC (Continuous Acquisition and Life-cycle Support / Electronic Commerce : 公共事業支援統合情報システム) の導入の試みが広がっている。建設省は直轄事業において、建設 CALS/EC を実現するために「建設 CALS/EC アクションプログラム」を策定^{1)・2)}した。日本建設情報総合センター (JACIC) は建設省の直轄事業で電子調達を実施するための技術³⁾を開発し、実証フィールド実験⁴⁾を行っている。日本道路公団は CAD による図面作成の要領⁵⁾をまとめ、図面の作成方法およびデータの定義方法を規定している。通産省管轄である情報処理振興事業協会の建設 CAD データ交換コンソーシアムは、STEP の規格開発に取り組み、実証実験⁶⁾を実施している。土木学会では、土木情報システム委員会情報共有技術小委員会において、情報インフラによって交換される情報の標準化に関する研究が、建設マネジメント委員会マネジメント技術小委員会において、CALS を考慮した建設マネジメントや情報共有化技術に

関する研究が行われている。日本土木工業協会の CALS 検討 WG は、CALS 技術を用いて土木分野における情報の電子化・共有化に関する研究⁹⁾を行っている。建設コンサルタント協会の CALS/EC 委員会は、CALS におけるコンサルタント業のあり方について議論¹⁰⁾している。情報のやり取りにおいて「紙」が主流であるきらいのある建設事業においては、業務の効率化、品質確保、適切な維持管理、情報の再利用を図る上で、建設 CALS/EC の導入は極めて有効であると考えられている。

橋梁のライフサイクルにおいては、様々な設計変更や修正がともなうため、時間や経費の節減、作業効率の向上、品質の確保を図る上で製品の構成管理に対する認識が不可欠である。橋梁のライフサイクルを考える上で、最も重要となるのが製品の設計・製造データである。設計・製造データをはじめとする橋梁のライフサイクルに関するすべての情報を表現するためには、橋梁の製品モデルを規定することが必要である。現在、製品モデルを規定する方法として国際標準化機構 (ISO : International Organization for Standardization) が作成している STEP (Standard for the Exchange of Product model data) と IAI (International Alliance for Interoperability) が開発している IFC (Industry Foundation Classes) がある。STEP は、ライフサイクルにおける製品の情報すべてをネットワーク上で交換・共有するための国際標準である。IFC は、構造物を構成するすべての要素を共有、相互運用するための表現方法の仕様である。STEP と IFC は、ともに構造物の構成要素をオブジェクトとして表現することを目指す点では同じである。ただし、STEP は、あらゆる業界における製品情報すべてを共有し、交換することを目指すのに対し、IAI は、建設業界における CAD データを中心とした情報を共有することを目指している。さらに、世界貿易機関 (WTO) が「政府調達協定」および「貿易の技術的障害に関する協定 (TBT 協定)」を発行したことにともない、日本の建設業界全体が ISO 規格を遵守する必要に迫られている。国際的な規格化の流れを考慮すると、建設業界のみを対象とした IAI よりも、ISO に基づいて技術仕様を標準化する必要があるといえる。したがって、本研究では、橋梁のライフサイクル全般にわたる製品情報を表現・交換するための製品モデルを、ISO の規格 STEP を適用して構築する。

製品モデルの表現媒体の重要な要素の一つである電子図面においては、現在、二次元による表現が主流となっている。しかし、実際は三次元である構造物を二次元で表現しようとする、製品モデルとして必要な情報が欠落してしまう。また、三次元として表現しなければならない場合には、三次元モデルが必然である。ライフサイクル全般にわたって製品情報を的確、効率的に伝達するためには、実

際の構造物の形状である三次元で設計を行い、電子データとして伝達しなければならない。設計データを三次元で伝達すると、施工段階でのシミュレーションに利用できるなど、データを受け取った側で新たな展開ができる。プレゼンテーションをしたり、プロジェクト参加者の構造物に対するイメージを統一するためにも、三次元で表現した方が理解が得られやすい。さらに、実際の構造物で生じる問題点を発見し解明するためには、三次元によるシミュレーションを行う必要がある。今後、建設業界において、プレゼンテーションの分野だけでなく設計・解析の分野でも三次元による表現が広まっていくと考えられる。したがって、製品モデルは三次元を対象として構築する必要がある。

本研究では、橋梁のライフサイクル全般にわたる製品情報を STEP によって標準化した三次元製品モデルとして構築する。それには、既設橋梁の全体図とそのデータを参考にして作成した橋梁構成部品を対象とする。そして、製品モデルデータベースを構築し、インターネットの WWW Page から利用できるようにする。さらに、最近注目されている三次元空間記述言語である VRML (Virtual Reality Modeling Language) を用いて可視化する。

製品モデルデータベースをインターネット対応にすることによって、建設技術者の誰もが、製品モデルを何時でも何処でも利用することが可能となる。そして、インターネットにおける三次元の標準記述言語である VRML を用いることによって、データベースに蓄積された製品モデルの形状を、STEP で表現された製品モデルを直接理解できない建設技術者でも理解できるようになる。

ライフサイクル全般の情報を盛り込んだ製品モデルデータベースを用いることによって、橋梁の建設事業に携わる建設技術者が設計、施工、維持管理などの業務を円滑に遂行できることを考察し、検証する。

2. 橋梁の製品モデルの表現

調査・計画・設計・積算・施工・維持管理という橋梁のライフサイクル全般にわたる情報を円滑に伝達するためには、製品モデルを構築する必要がある。本章では、橋梁の製品モデルを表現し、交換できるようにするための標準化手法を検討する。

2. 1 STEP の適用

製品モデルは、製品の形状情報の他に、構成部品の技術情報、部品の加工や検査のための生産情報、追加・修正・削除といった管理情報、部品の組立情報などの属性情報を併せ持つモデルであると定義できる。現在、製品モデルを規定するために、ISO が STEP を規格化し、IAI が IFC を定義している。STEP は、個々の独立したシステムに依

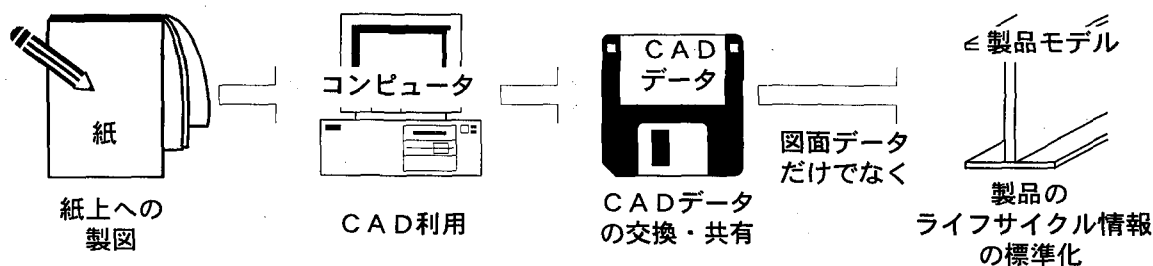


図-1 図面交換の歴史

存しない形式で、ライフサイクル全般にわたる製品の情報データと図面データの表現方法と、その交換・共有を実現する方法を規定している。IFCは、構造物を構成するすべてのオブジェクト（ドア、窓、壁など）をオブジェクト指向に基づくクラス・ライブラリとして定義し、データの共有化と相互運用を可能にしている。

STEPとIFCは、図面データに関してはCAD部品の互換性向上と、構造物の構成要素のオブジェクト化を目指している点では同じである。しかしながら、IFCがCADデータを中心として定義を行っているのに対して、STEPは製品のライフサイクル全般にわたる情報を対象として規格を作成している。本研究では、橋梁のライフサイクル全般にわたる製品モデルを構築するのでSTEPを適用する。

一方、図面データに着目すると、製品モデルの表現媒体として重要な要素の一つである図面データの交換規格としては、これまでIGES (Initial Graphics Exchange Specification) やDXF (Drawing Interchange Format) が普及してきた。IGESはANSI (American National Standards Institute) が規格しているが、図面データの交換に特化した規格であるため、製品のライフサイクル全般のデータ管理を支援するための機能が不足している。また、IGESは英語で記述されているため、IGES規格に基づいてシステムを作成する際、開発者によって仕様の解釈が異なる可能性があり、完全な交換が保証されない。一方、DXFは、Autodesk社のAutoCAD独自の中間ファイルで、現在、デファクトスタンダードとして多くのCADソフトやCGソフトで用いられている。しかし、DXFを中間ファイルフォーマットとして異なったCAD間でデータ交換を行うと、線の欠落や文字化けなど互換性に関する問題が発生する。また、AutoCADのバージョンアップにともない仕様にばらつきが生じている。さらに、製品モデルを表現するためには、実際の構造物の形状である三次元を対象としないといけないが、IGESやDXFは、二次元CADデータの交換ファイルとして発展してきたため、橋梁の三次元情報を表現するには問題がある。STEPは、ワイヤフレーム、サーフェス、ソリッドという三次元の形状モデルを表現することができる。このことから、STEPを適用する意義がある。

製品モデルによって製品情報を一元化することとは、現状の図面管理に関する業務が製品情報の管理業務へ移行するということである。つまり、図面情報を扱うことの多い建設分野では、STEPを適用することの意義が大きいといえる。部品の材質、機能から、半製品や完成製品の部品構成、設計変更のバージョンや変更日付、担当企業に関する情報など、設計・製造・施工・維持管理に関するあらゆるデータを扱うためにもSTEPを適用する必要がある。

2. 2 既存CADと製品モデル

土木分野における図面交換の歴史を図-1に示す。従来は、紙の上に製図を行っていたが、そこからコンピュータによるCADの利用へ進み、さらに現在では、そのCADデータの正確な交換を目指している。この交換の歴史の最終目標が、図面も含めた製品モデルによる構造物の製品情報の標準化である。

近年、土木分野ではCADの利用が広まってきており、建設技術者の要望が、図-1の第3段階である「CAD図面データを精度良く正確に交換できること」へと変化している。しかし、CADソフトが異なる場合、縮尺、線種、文字などの情報が正確に交換できないことが多い。この問題を解決するためにも、STEPの適用が効果的である。

現状の市販されている汎用CADソフトにおける図面情報は点、直線、面などであり、それらがCAD図面上に配置されて主桁、対傾構、横桁などを形成している。そのため、図形がどのような機能を持った構造物を表現しているかは、CADソフトは認識することができない。部品間の連携を認識できないため、ある部品をマウスで移動させても、その部品が動くだけであり、連携している部品も手動で移動させなければならない。しかし、図-1の第4段階である製品モデルは、幾何学的な寸法や形状の他に、材質や機能、履歴など実際のモデルを表現するためのあらゆるデータを含んでいるので、部品としての意味を持つオブジェクトとして認識することができる。従来のCAD図面と製品モデルによる図面との比較の一例を図-2に示す。図面を点と線の集合として表現するのではなく、部品として認識することができる製品モデルを使って表現するこ

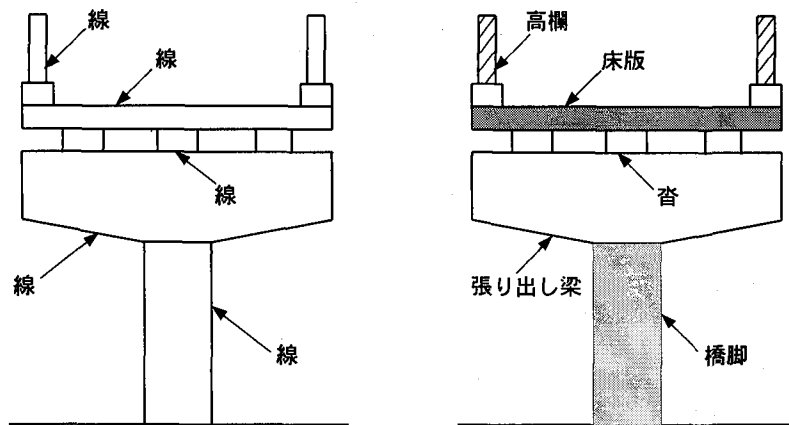
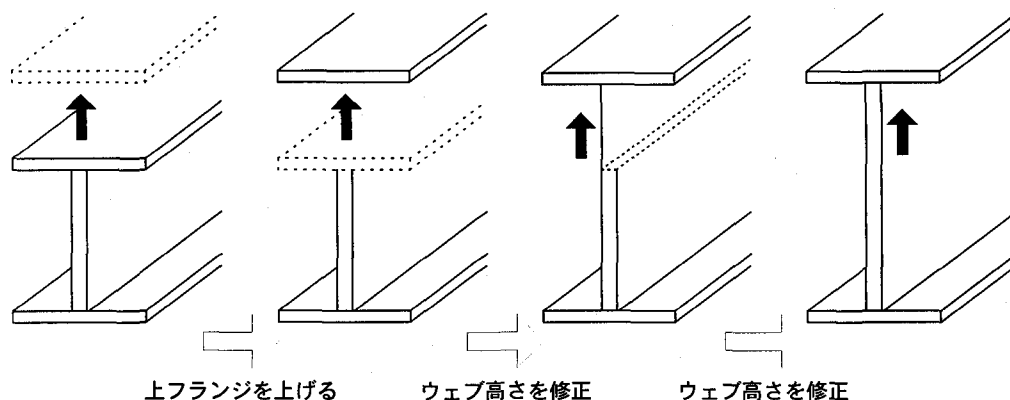
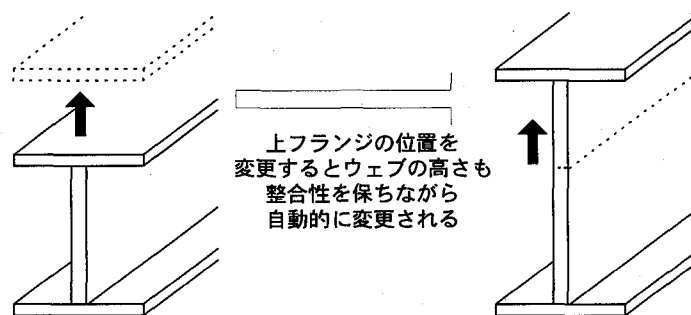


図-2 従来の CAD と製品モデルの比較



(a)従来の CAD における形状変更



(b)製品モデルにおける形状変更

図-3 CAD と製品モデルの形状変更における比較

とによって、部品間の連携を表現することができる。

図-3 に従来の CAD と製品モデルにおける形状変更の比較を示す。従来の CAD では技術者らが手動で部材をすべて変更しなければならなかったが、製品モデルでは、部材の位置を変更すると関連するすべての部材が整合性を保ったまま自動的に変更される。製品モデルを用いることによって、図面を描画・変更する際の負担が軽減され、数量計算も自動的に行うことができるため、設計の能率が向上するなどの効果がある。

2. 3 AP203による表現

STEP では、応用分野の製品モデルを表現するために、Part200 番台で応用規格 (アプリケーションプロトコル: AP) を規定している。AP201 は製図の図面表現を、AP202 は三次元モデルと関連した製図の図面表現を、AP203 は三次元設計の構成管理を、AP204 は機械分野における境界表現を、AP205 は機械分野におけるサーフェスモデルの表現を、AP214 は自動車分野における設計を、AP217 は造船分野における配管設計を、AP225 は建築要素の三次元形状表現を、AP228 は建築分野における空調などの設備を、AP230 は建築分野における鉄骨構造に関する表

現をそれぞれ規定している。これらの中で、AP201、AP202 および AP203 は、全産業に共通するアプリケーションプロトコルである。

土木分野に関しては、道路の構成情報を対象としたスウェーデンの RoadAP が規定されている。ただし、RoadAP は、まだ IS (International Standard) のレベルに達しておらず、STEP のアプリケーションプロトコルとして規格化されていない。橋梁を対象としたアプリケーションプロトコルも規格化されていないため、橋梁の製品モデルを構築することができない。

AP203^{10),11)}は、「構成管理設計」であり、製品のバージョン、部品の三次元形状表現と階層構造、製図に関する管理情報の表現と交換を規定している。本研究では、全産業に共通するアプリケーションプロトコルである AP203 を用いる。

AP203 の表現方法を用いて、STEP のファイル交換規格である Part21 ファイルフォーマットによって橋梁の製品モデル情報の交換を行う。図-4 に示す単純トラス橋を Part21 ファイルフォーマットで表現した一例を図-5 に示す。Part21 ファイルフォーマットは、ヘッダー節とデータ節から構成されている。ヘッダー節には、ファイルのヘッダー情報が記述される。データ節には、CAD のデータ群が STEP のデータ形式に変換されて並んでおり、ここに形態管理情報も記述されている。既設橋梁の全体図とそのデータを参考にした橋梁構成部品を描き、Part21 ファイルとして保存する。

本研究では、橋梁の三次元データを作成し、AP203 形式で出力するために、ハードウェアとして、Silicon Graphics 社製の O2 を使用し、ソフトウェアとして、Alias Wavefront 社の Alias 8.5 を使用した。

3. 製品モデルデータベースの構築

橋梁のライフサイクル全般にわたる情報を AP203 を用いて Part21 ファイルフォーマットによって表現したが、統合的に管理し、実際の業務における使用の際の利便性を高めるために、製品モデルをデータベースとして蓄積する方法を考案する。

3. 1 製品モデルデータベースの構想

製品モデルデータベースの構想を図-6 に示す。既設橋梁の全体図とそのデータを参考にして作成した橋梁構成部品を対象とし、STEP の AP203 を用いて Part21 ファイルフォーマットで表現したものをデータベースに蓄積する。

(1) 既設橋梁データベース

既設橋梁の製品モデルもデータベース化する。これに

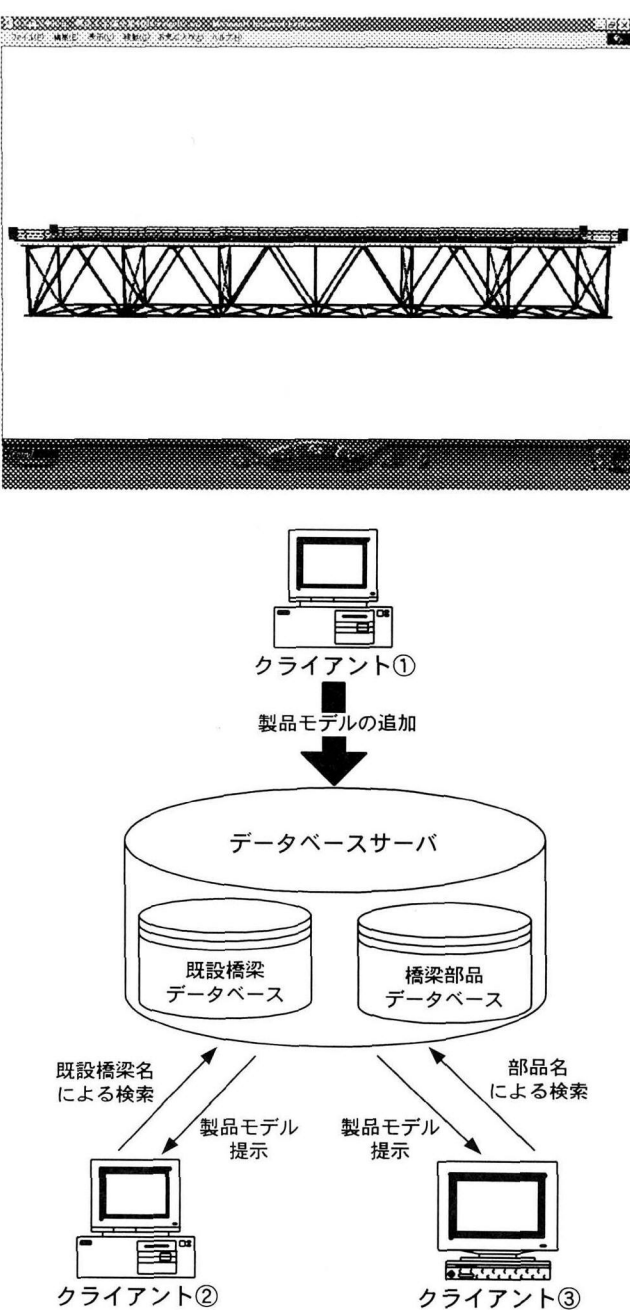


図-6 データベースの利用形態

よって、維持管理・補修を行う際、製品モデルデータベースから当該橋梁を検索し、その製品モデルを参考にすることができる。橋梁がどのように設計され、管理されてきたかを知ることによって、最適な維持管理・補修方法を選択することができる。既設橋梁はデータベース内で橋梁形式別に分類する。ユーザが情報を得たい橋梁の名称を入力すれば、その橋梁の製品モデルが WWW Page 上に表示され、同時に Part21 ファイルをダウンロードできるようにする。

(2) 橋梁部品データベース

橋梁を構成する部品のデータベースを構築し、部品をライブラリ化する。橋梁部品データベースの構成要素を図-

```

ISO-10303-21;
HEADER;
/* Exchange file generated using ST-DEVELOPER v1.5 */
/* OPTION: using custom schema-name function */
FILE_DESCRIPTION(
/* description */ ('Generated from Alias Stage'),
/* implementation_level */ ('2;1');
FILE_NAME(
/* name */ ('bridge00'),
/* time_stamp */ ('1998-08-31T03:06:10+09:00'),
/* author */ (''),
/* organization */ ('Alias|Wavefront'),
/* preprocessor_version */ ('ST-DEVELOPER v1.5'),
/* originating_system */ ('Alias Studio 8.5'),
/* authorisation */ ('');
FILE_SCHEMA (('CONFIG_CONTROL_DESIGN'));
ENDSEC;

DATA;
#10 = (
LENGTH_UNIT()
NAMED_UNIT(*)
SI_UNIT(.CENTI.,.METRE.)
);
#20 = (
NAMED_UNIT(*)
PLANE_ANGLE_UNIT()
SI_UNIT($,.RADIAN.)
);
#30 = (
NAMED_UNIT(*)
SI_UNIT($,.STERADIAN.)
SOLID_ANGLE_UNIT()
);
#40 =
UNCERTAINTY_MEASURE_WITH_UNIT(LENGTH_MEASURE(0.0099999997
7648258),
#10,'distance_accuracy_value',
'Maximum model space distance between geometric entities
that will make
up a surface model or shell');
#50 = (
GEOMETRIC_REPRESENTATION_CONTEXT(3)
GLOBAL_UNCERTAINTY_ASSIGNED_CONTEXT((#40))
GLOBAL_UNIT_ASSIGNED_CONTEXT((#10,#20,#30))
REPRESENTATION_CONTEXT('Alias Stage','Top Level Node')
);
#60 = APPLICATION_CONTEXT(
'Configuration controlled 3D designs of mechanical parts
and assemblies
');
#70 = APPLICATION_PROTOCOL_DEFINITION('International
Standard',
'config_control_design',1994,#60);
#80 = DESIGN_CONTEXT('Industrial Design',#60,'design');
#90 = MECHANICAL_CONTEXT('Industrial
Design',#60,'mechanical');
#100 = PRODUCT('bridge021','bridge021','The Alias
Stage',(#90));
#110 =
PRODUCT_DEFINITION_FORMATION_WITH_SPECIFIED_SOURCE('1',
'Latest Version',#100,.MADE.);
#120 = PRODUCT_DEFINITION('design','A Studio
part',#110,#80);
#130 = PRODUCT_DEFINITION_SHAPE('','Shape for Alias Stage
Part',#120);
#140 = COORDINATED_UNIVERSAL_TIME_OFFSET(5,0,.BEHIND.);
.
.
.
#9730 =
CARTESIAN_POINT('CVs',(-0.0286225402504472,1.,4.155361564544
93));
#9740 =
CARTESIAN_POINT('CVs',(3.05724508050089,1.,3.48687897605401)
);
#9750 =
CARTESIAN_POINT('CVs',(3.05724508050089,1.,3.38687897456389)
);
#9760 = CARTESIAN_POINT('CVs',(6.,1.,2.));
#9770 = CARTESIAN_POINT('CVs',(6.,1.,1.89999999850988));
#9780 = CARTESIAN_POINT('CVs',(7.,1.,0.));
#9790 = CARTESIAN_POINT('CVs',(7.,1.,-0.100000001490116));
#9800 = (
BOUNDED_SURFACE()
B_SPLINE_SURFACE(3,1,((#9810,#9820),(#9830,#9840),(#9850,#98
60),(#9870,#9880),
(#9890,#9900),(#9910,#9920),(#9930,#9940)),.UNSPECIFIED,..U
..U,..U.)
B_SPLINE_SURFACE_WITH_KNOTS((4,1,1,1,4),(2,2),(0,1,2,3,4
.),
(0,0,100000001490116),
.UNSPECIFIED.)
GEOMETRIC_REPRESENTATION_ITEM()
RATIONAL_B_SPLINE_SURFACE(((1.,1.),
(1.,1.),
(1.,1.),
(1.,1.),
(1.,1.)))
REPRESENTATION_ITEM('surface')
SURFACE()
);
#9810 = CARTESIAN_POINT('CVs',(-7.,1.10000000149012,0.));
#9820 =
CARTESIAN_POINT('CVs',(-7.,1.10000000149012,-0.1000000014901
16));
#9830 = CARTESIAN_POINT('CVs',(-6.,1.10000000149012,2.));
#9840 =
CARTESIAN_POINT('CVs',(-6.,1.10000000149012,1.89999999850988
));
#9850 =
CARTESIAN_POINT('CVs',(-2.94275491949911,1.10000000149012,3.
48687897605401));
#9860 =
CARTESIAN_POINT('CVs',(-2.94275491949911,1.10000000149012,3.
38687897456389));
#9870 =
CARTESIAN_POINT('CVs',(-0.0286225402504472,1.10000000149012,
4.25536156603505));
#9880 =
CARTESIAN_POINT('CVs',(-0.0286225402504472,1.10000000149012,
4.15536156454493));
#9890 =
CARTESIAN_POINT('CVs',(3.05724508050089,1.10000000149012,3.4
8687897605401));
#9900 =
CARTESIAN_POINT('CVs',(3.05724508050089,1.10000000149012,3.3
8687897456389));
#9910 = CARTESIAN_POINT('CVs',(6.,1.10000000149012,2.));
#9920 =
CARTESIAN_POINT('CVs',(6.,1.10000000149012,1.89999999850988)
);
#9930 = CARTESIAN_POINT('CVs',(7.,1.10000000149012,0.));
#9940 =
CARTESIAN_POINT('CVs',(7.,1.10000000149012,-0.10000000149011
6));
ENDSEC;
END-ISO-10303-21;

```

図-5 単純トラス橋の製品情報のPart21 表現

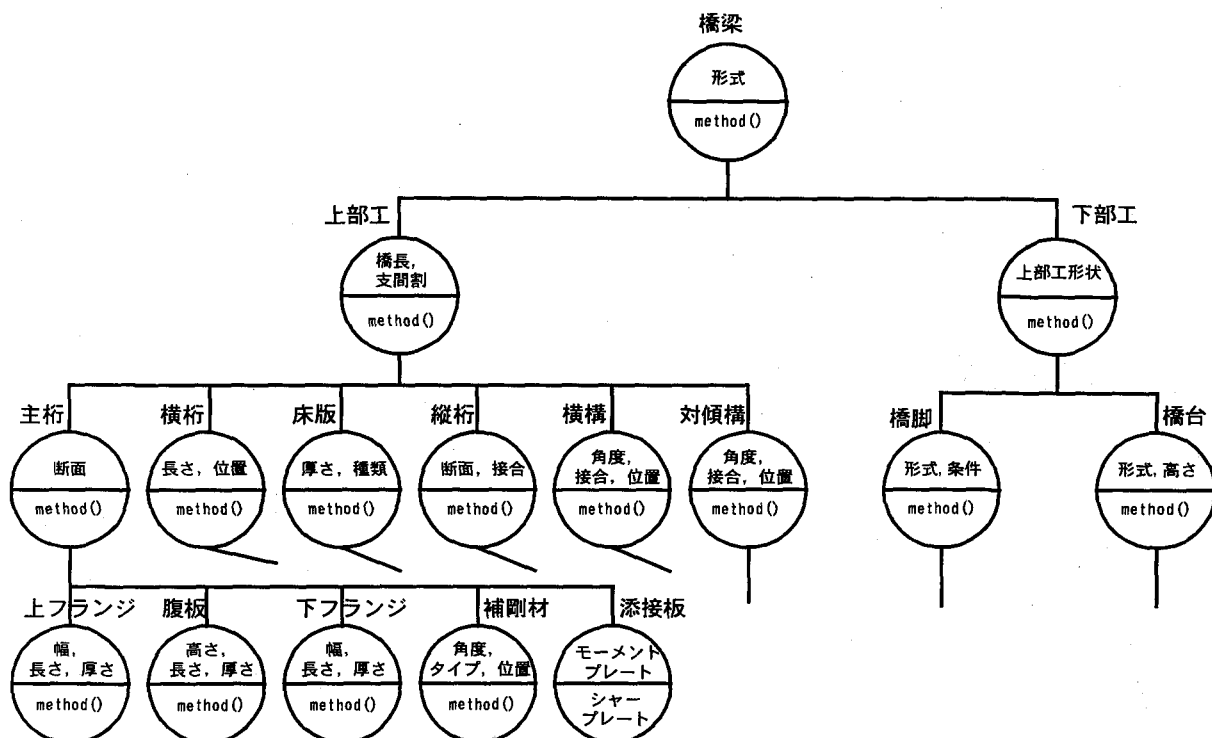


図-7 橋梁部品データベースの構成要素

7に示す。このような部品をデータベースに蓄える。部品は、既設橋梁の全体図のデータを参考にしながら、Alias 8.5で描く。Part21形式で出力し、橋梁形式・部品別にデータベースに蓄積する。このデータベースによって、新設橋梁を計画・設計する際、設計技術者自ら製品モデルを定義することが可能になる。

3. 2 インターネットへの対応

建設事業に携わる建設技術者が何時でも何処でもデータベースを利用できるようにするために、インターネット技術を利用する。

システムをインターネット対応とすることによって、設計技術者は、自分のパソコンあるいはワークステーションからインターネットを通じてデータベースサーバにアクセスし、WWW Pageから欲しい製品モデル(Part21ファイル)をダウンロードすることができるようにする。技術者は、この製品モデルを再利用できる。WWW Pageを通じて多くの建設技術者に利用してもらうため、ユーザインターフェイスをフレンドリーなものにする。

また、技術者が、データベースから製品モデルを獲得するだけでなく、インターネットを通じて新しい製品モデルをデータベースに追加できる機能も付加する。この機能を使って追加できるのは、既設橋梁の製品モデルと橋梁構成部品の製品モデルである。多くの技術者から製品モデルを追加してもらうことによって、データベースが洗練される。

3. 3 データベースの利用方法

データベースを使って製品モデルを獲得する利用例を図-8に示す。ユーザはWWW Pageにアクセスした後、既設橋梁と橋梁部品の2種類のデータベースのうちどちらを利用するか選択する。

既設橋梁のデータベースでは、橋梁名、地域名、形式名あるいはキーワードを入力すれば、検索が実行され、橋梁名が表示された後、製品モデルがWWW Page上に表示される。同時に、Part21ファイルがダウンロードされる。

橋梁部品のデータベースでは、各部品を使用すると考えられる橋梁形式によって分類しており、まず橋梁形式を選択する。橋梁の基本計画業務においては、道路計画条件、自然条件などを考慮することによって、橋梁形式が前もって数種類に絞られる。ユーザは形式を選択した後に必要な部品の名称を入力し、検索が実行され部品の製品モデルを獲得する。

既設橋梁と橋梁部品の2種類のデータベースによって、橋梁建設事業の各段階において製品モデルを利用することが可能となる。

4. VRMLによる可視化

本研究では、橋梁の三次元情報をSTEPのAP203によって表現している。STEPはコンピュータ処理することを前提としてEXPRESS言語で記述されているため、曖昧さを排除して厳密な製品モデルを定義することができる。し

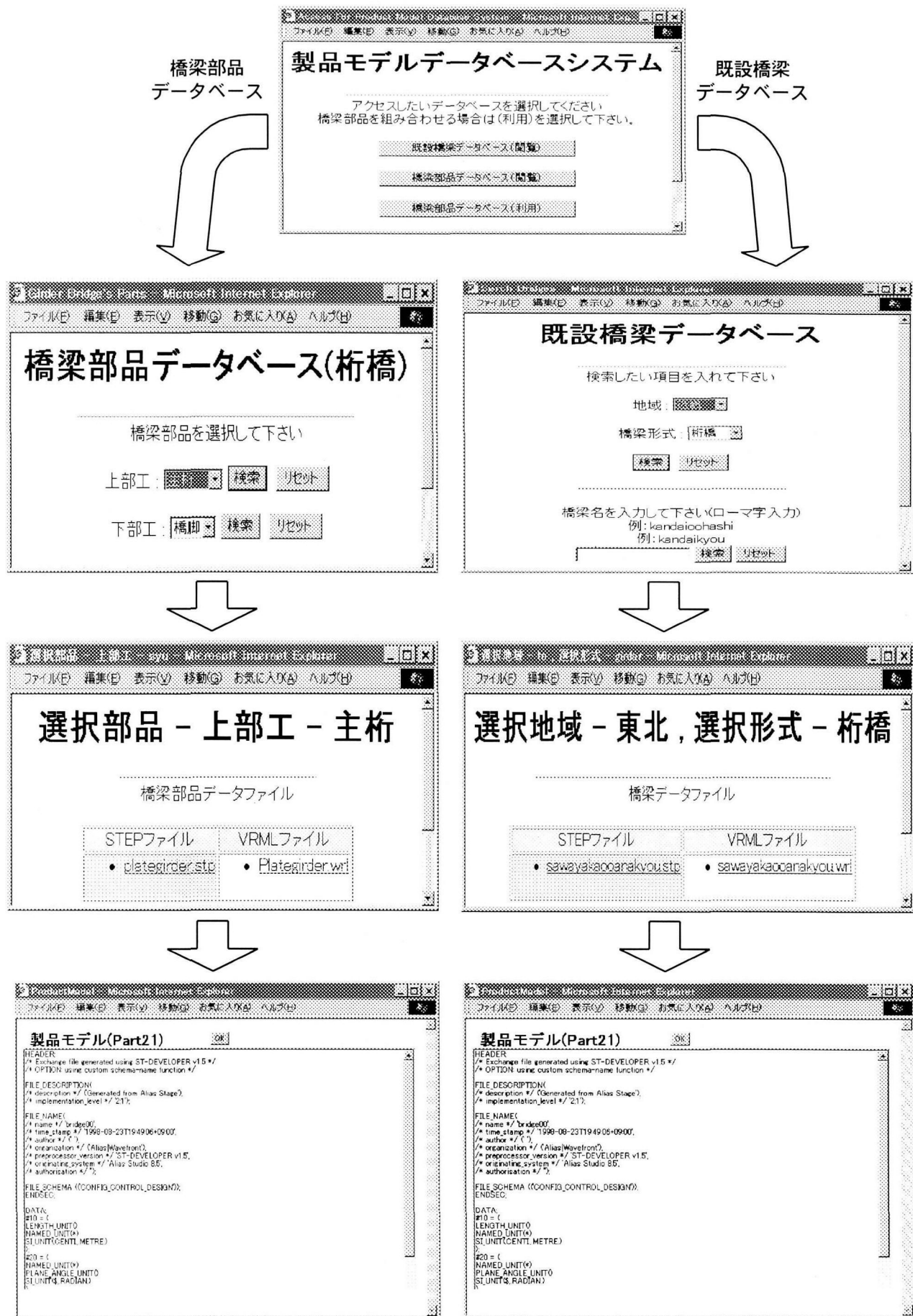


図-8 データベースの利用例

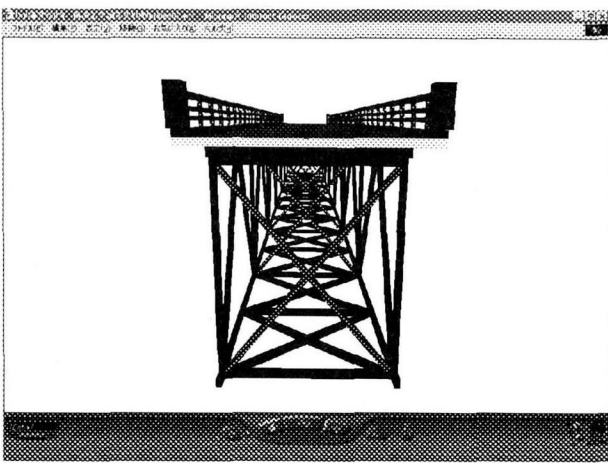
かし、STEP の EXPRESS に関する知識のない人が Part21 ファイルを見た場合、何を表現しているのか理解できない。建設技術者の中には、STEP や EXPRESS に関する知識のない人が多いと考えられるため、技術者が誰でも理解できるように形態をとる必要がある。現在、STEP 形式で入出力することができる CAD および CG ソフトには、Alias 8.5、I-DEAS (SDRC 社)、Mechanical Desktop (Autodesk 社)、MicroStation (ベントレー・システムズ社)、SOLID EDGE (ユニグラフィックス・ソリューションズ社)、SolidWorks (ソリッドワークス社) などがある。ただし、これらのソフトを使用するためには、ハード、ソフトとも高価であるため、建設技術者に新たな経済的負担を強いることになる。そこで、橋梁の三次元情報を表現した製品モデルを、三次元 CG の標準データ記述言語であり、誰もが利用することができる VRML によって可視化することを考える。

4. 1 VRML の利用

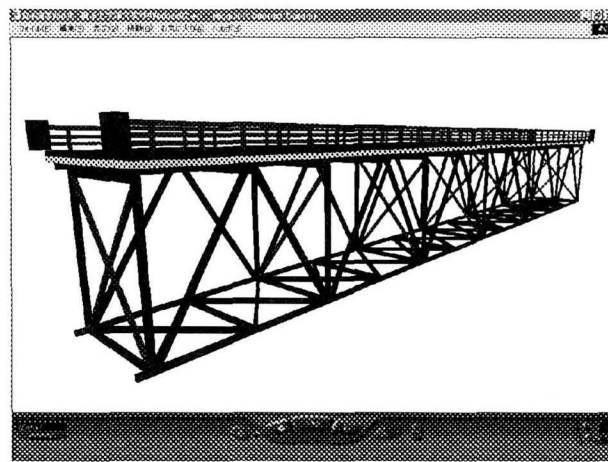
近年、インターネットが急速に発達し普及する中で、インターネット上に三次元形状を構築するためにデータ記述言語 VRML が登場した。VRML は、プラットフォームに依存しない構造であり、WWW ブラウザに VRML ブラウザをプラグインするだけであらゆる人が三次元 CG を任意の視点から任意の大きさで観察・評価することが可能となる。ユーザが、マウスを使って三次元空間内をウォークスルーするなど、自由に移動することができる。VRML は現在、ISO で認定された VRML97 (ISO14772) によって標準化されており、三次元世界を記述するための国際標準言語になった。

土木分野への VRML の適用に関する研究として、文献 12)~18)がある。文献 12)、13)では、橋梁環境デザインにおいて WWW 上に橋梁の仮想空間を構築するために VRML を利用している。文献 14)では、VRML を利用して道路の線形設計を支援する設計システムを開発している。文献 15)~17)では、情報公開・情報共有のための分散型景観シミュレーションの開発において、景観データの作成に VRML を適用している。文献 18)では、ネットワーク対応型の数値解析システムの開発に VRML を利用している。

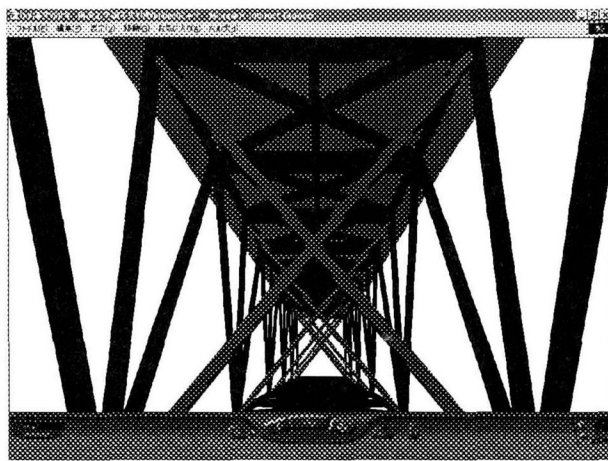
製品モデルデータベースはインターネット対応であり、インターネット上での利用を想定して開発された VRML は、製品モデルを可視化するのに最適である。本研究では、VRML を利用して Part21 ファイルフォーマットで表現された製品モデルを可視化し、誰もが形状を視覚的に理解しながらデータベースを利用できるようにする。



(a) 前面から見た VRML 画像



(b) 斜めから見た VRML 画像



(c) トラスの中から見た VRML 画像

図-9 単純トラス橋の可視化

4. 2 三次元可視化

AP203 の表現方法を用いた既設橋梁と構成部品の三次元情報を VRML によって可視化する。ユーザは自由な視点から既設橋梁や構成部品を観察・評価することができる。

図-5のPart21ファイルフォーマットで表現された橋梁をVRMLによって可視化すると図-9のようになる。図-9(a)は単純トラス橋を前面から見た図、図-9(b)は斜めから見た図、図-9(c)はトラスの中から上部を見た図である。このように、VRMLを用いると、橋梁を回転させたり、橋梁内を自由にウォークスルーすることができる。

製品モデルデータベースに蓄積されたPart21ファイルをVRMLによって可視化することによって、建設技術者は、製品モデルとVRMLファイルの両方をデータベースから獲得したとき、その橋梁の特徴を視覚的に捉えることができる。データベースとしての価値が高まり、すべての建設技術者に利用してもらうことが可能となる。

なお、本システムの実行環境として、クライアント側はPCとしてDOS/V機、WWWブラウザとしてInternet Explorer(4.01以上)あるいはNetscape Navigator(4.06以上)、VRMLビューワとしてSilicon Graphics社のCosmo Player2.0を利用した。これらの環境が実現されていれば、ハードウェアには依存することなく、システムを実行できる。操作の快適性は、PCの性能、特に、三次元表示能力に依存するが、安価なグラフィックアクセラレータを搭載したPCであれば、十分にシステムを実行でき、VRMLによる可視化は数秒で行うことができる。

4.3 システムの利用方法

データベース化した製品モデルを実際の橋梁設計業務に利用する局面として、次に示すような3種類が考えられる。

- ① データベース中の製品モデルをVRMLによって可視化し、VRMLブラウザ上で、部品を組み合わせることによって橋梁を視覚的に作成し、その形状を評価する。
- ② VRML可視化した橋梁部品を用いて橋梁を作成し、全体像が完成した後、製品モデル、つまり、Part21ファイルとして出力する。
- ③ VRMLブラウザ上で、橋梁部品を組み合わせると同時に、Part21ファイルが整合性を保ちながら統合される。VRMLの形状を修正するだけでなく、設計情報も付加する。

製品モデルを用いて設計業務を行えば、設計、製作、架設、維持管理の各段階において、設計データをはじめとする形態管理情報を扱えるとともに、可視化した三次元モデルとして視覚的に認識することができる。

本研究では、まず、局面①を対象としてシステムを開発した。システムは、橋梁形状の確認、部材干渉の検出、景観シミュレーションを行うことを目的として開発された。そのため、本システム上では構造計算を行うことはできず、設計技術者自らが、構造計算を行う必要がある。ただし、Part21ファイルから構造計算に必要なデータを抽出し、

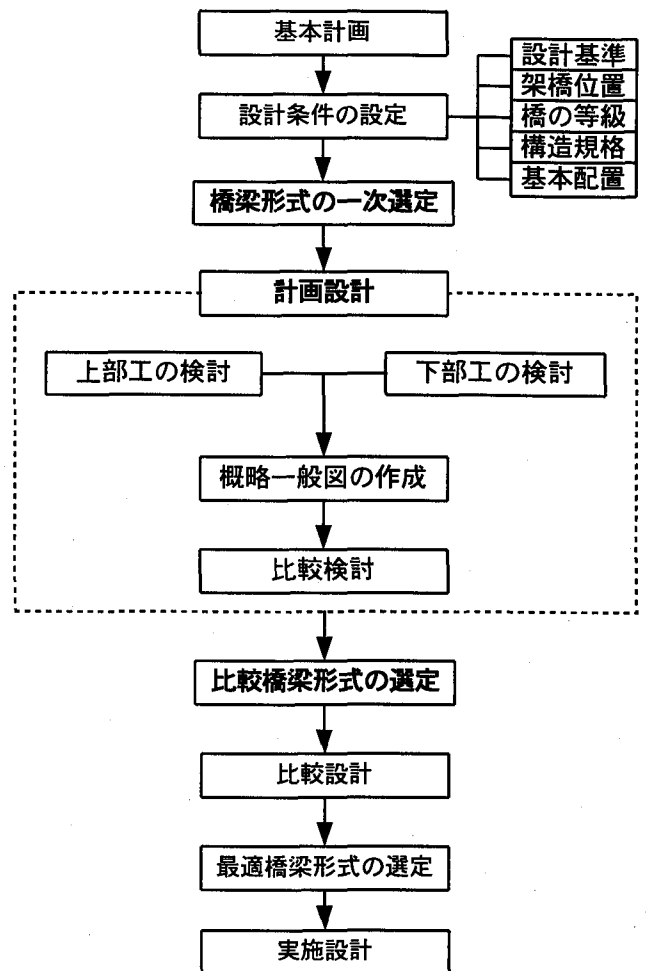


図-10 橋梁予備設計業務の流れ

解析ソフトに入力できるようになれば、システムとしての完成度が高まると考える。

本データベースシステムを適用する箇所として、橋梁の予備設計業務を考える。図-10に予備設計業務の流れを示す。予備設計業務のうち、橋梁形式の一次選定では、設定された設計条件に基づいて、架橋条件に適合する橋梁上部工、下部工、基礎工を数多く抽出し、比較対象案を選定する。計画設計では、上部工・下部工の基本形状・寸法を仮定し、概略一般図を作成する。比較橋梁形式の選定では、比較設計の対象となる橋梁形式を比較資料を基に上部工は3種類、下部工は2種類程度選定する。これらの橋梁形式の一次選定、計画設計、比較橋梁形式の選定では、設計条件を考慮しながら最適な橋梁形式を選定している。

そこで、橋梁部品データベースを利用して、橋梁形式選定を視覚的に行えるように設計技術者を支援する。橋梁部品データベースのライブラリを検索し、欲しい部品のVRMLファイルを数種類ダウンロードする。システム側は、検索用インターフェイスと作図用インターフェイスを用意し、設計技術者が獲得したVRML画像をマウスで選択すれば、作図用インターフェイスに表示される。必要な

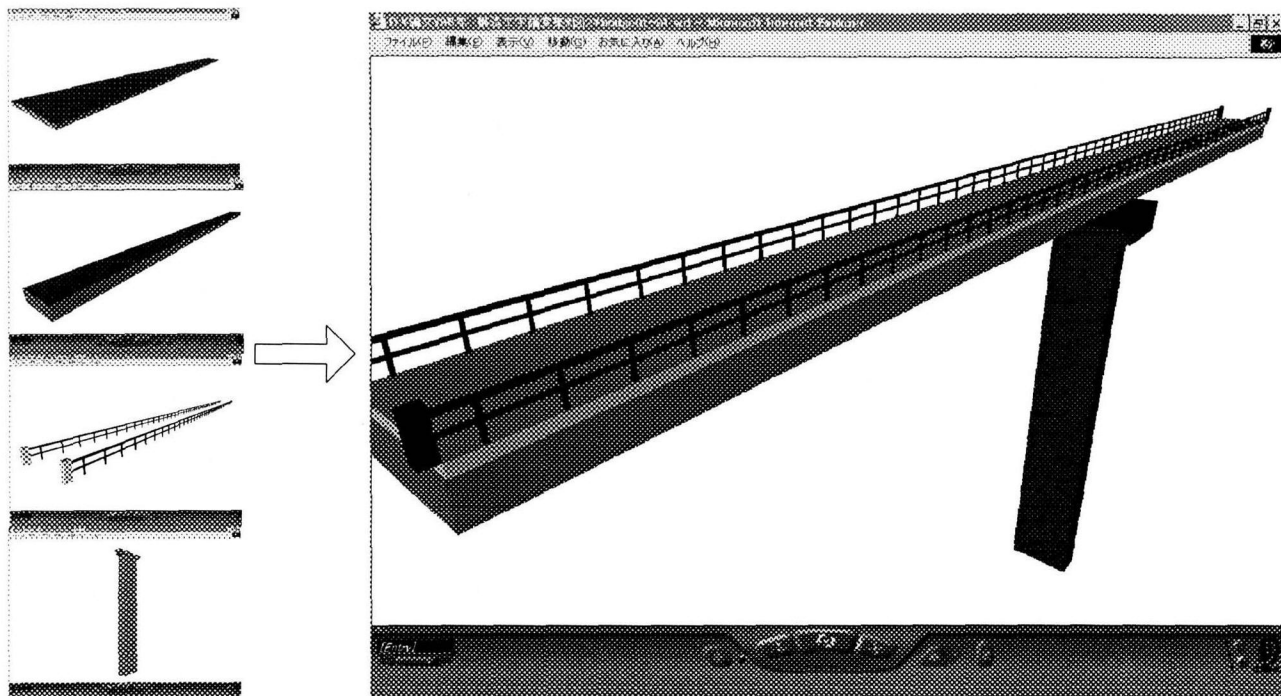


図-11 部品の組合せによる橋梁作成

だけの部品を作図用インターフェイスに収集する。収集後、作図用画面内で三次元形状を確認しながら部品を組み合わせる。部品を組み合わせることで橋梁を作成する図を図-11に示す。そして、数種類の橋梁パターンを作成し、比較検討を行うことができる。橋梁形式全体の比較を行ったり、上部工と下部工のバランスを検討できる。また、作図画面内を自由にウォークスルーしながら景観シミュレーションを行うことも可能である。

橋梁形式全体の比較を行うだけでなく、ディテール部分の部材の干渉を検出することもできる。これは、ユーザがマウスを操作し、ディテール部分に到達するか、Cosmo Player の「接近」ボタンを選択し、ディテール部分をクリックすれば実行できる。

本システムでは、部品の VRML ファイルと同時に Part21 ファイルも獲得している。製品モデルは部材の連携を認識できるため、Part21 ファイルにおいて部材の寸法を変更した場合、その部材だけでなく、関連するすべての部材の寸法も整合性を保ちながら変更することができる。

三次元データの作成には、かなりの労力と時間が必要となる。しかし、データベースに部品ライブラリを蓄積しておくことによって、必要な情報を獲得するだけで、橋梁全体の形状を視覚的に捉えながらオブジェクト指向的に組み立てることが可能になる。

5. あとがき

設計・製造データをはじめとする製品のライフサイクル全般にわたる情報を表現・交換するためには、製品モデルを規定する必要がある。本研究では、橋梁の製品モデルを構築するために、国際標準 STEP を使用した。ただし、STEP において、橋梁のアプリケーションプロトコルはまだ開発されていないため、全産業に共通するアプリケーションプロトコルである AP203 を用いた。

製品モデルを統合的に管理するために、既設橋梁の全体図とそのデータを参考にした橋梁構成部品の製品モデルのデータベースを構築した。これをインターネット技術を用いて、何時でも何処でも誰でも利用できるようにした。維持管理を行う際には、既設橋梁データベースを、橋梁の計画・設計を行う際には、橋梁部品データベースを使用できる。

AP203 の表現方法を用いた Part21 ファイルフォーマットを直接理解できない建設技術者のために、インターネット上の三次元空間の国際標準記述言語である VRML を用いて可視化した。

本システムでは、部品をデータベースから検索し、製品モデルと VRML ファイルを同時に獲得することができる。建設技術者は、VRML 形式の部品を作図用画面内に配置していくことによって、橋梁を建造することができる。システムは、橋梁の予備設計業務に有効であり、景観シミュレーションを行うこともできる。獲得した Part21 ファイル中の部材寸法を変更した場合、製品モデルが部材間の連

携を認識していることから、すべての関連する部材の寸法も変更でき、部材の形状の変化を VRML によって視覚的に認識することも可能になる。

本システムを用いることによって、ライフサイクルの非常に長い橋梁建設事業の各段階において、業務の効率化、コストの縮減、品質の確保・向上、情報の再利用に効果をもたらす。

参考文献

- 1) 明野和彦：建設 CALS/EC アクションプログラムの策定、橋梁と基礎、建設図書、Vol.31, pp.180-182, 1997.8.
- 2) 明野和彦：建設 CALS/EC アクションプログラムの策定について、橋梁、橋梁編纂委員会、pp.7-9, 1997.9
- 3) 明野和彦：建設 CALS/EC アクションプログラム、*CALS Expo INTERNATIONAL 1997 Proceedings Track 1*, pp.9-13, 1997.11.
- 4) 日本建設情報総合センター 建設 CALS/EC センター：建設 CALS/EC の推進における JACIC の役割について、橋梁、橋梁編纂委員会、pp.13-19, 1997.9.
- 5) 増田正弘：建設 CALS 実証フィールド実験、*CALS Expo International 1997 Proceedings Track 2*, pp.85-88, 1997.11.
- 6) 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、1997.11.
- 7) 山下純一：建設 STEP の実証実験、*CALS Expo International 1997 Proceedings Track 2*, pp.171-173, 1997.11.
- 8) 平岡成明、本多昭：日本土木工業協会における CALS の推進、*CALS Expo INTERNATIONAL 1997 Proceedings Track 8*, pp.55-62, 1997.11.
- 9) 広瀬典昭：CALS/EC の現状と委員会の活動、明日への JCCA, No.197, pp.78-81, 1997.12.
- 10) ISO 10303-203 : Industrial automation system and integration - Product data representation and exchange - Part203 : Application protocol : Configuration controlled design, *International Organization for Standardization*, 1994.12.
- 11) 日本情報処理開発協会 STEP 推進センター：AP203 解説書、1998.3.
- 12) 草間晴幸、福田知弘、李銀珠、笹田剛史：NODE のコンセプトと橋梁環境デザインへの適用、土木情報システム論文集、土木学会、Vol.5, pp.83-90, 1996.10.
- 13) 禹成浩、福田知弘、草間晴幸、笹田剛史：橋梁環境デザインにおける VRML の利用、土木情報システム論文集、土木学会、Vol.5, pp.91-98, 1996.10.
- 14) 蔣苗耕司、藤井章博：VRML を利用した道路の線形設計、第 19 回土木情報システム講演集、土木学会、pp.31-34, 1995.10.
- 15) 萩原豊、渡辺成子、榎良人：VRML と JAVA による分散景観シミュレーション、第 22 回土木情報システム講演集、土木学会、pp.167-170, 1997.10.
- 16) 萩原豊、渡辺成子、榎良人：VRML と HORB による分散景観シミュレーション、*2nd HORB Symposium*, 1998.5.
- 17) 萩原豊：情報公開と情報共有のための分散型シミュレーションシステムの開発、電力中央研究所報告、U97084, 1998.3.
- 18) 石倉正英、エリック・クルーズ、青野利夫：Java, VRML を利用したリモート数値解析システムの開発、第 22 回土木情報システム講演集、土木学会、pp.187-190, 1997.10.

(1998 年 9 月 18 日受付)