

## I-10 鋼道路橋設計情報に関する AP203 と VRML のトランスレータの基礎的研究

A STUDY OF TRANSLATOR BETWEEN AP203 AND VRML  
FOR DESIGN INFORMATION OF STEEL HIGHWAY BRIDGES三上 市藏  
Ichizou MIKAMI田中 成典  
Shigenori TANAKA窪田 諭  
Satoshi KUBOTA

【抄録】 鋼桁橋のライフサイクルにわたる電子情報を標準化するため、STEP/AP203 を適用して製品モデルを構築した。ただし、現在、AP203 データを表示し閲覧できるブラウザが存在しない。そこで、VRML を用いて可視化し、同一の製品モデルを AP203 と VRML によって管理することを考えた。

本研究では、鋼道路橋の設計段階で発生する情報を交換・連携・共有する際には AP203 を利用し、製品モデルを三次元で可視化して表示する際には VRML を利用できる環境の実現を目指した。そこで、鋼桁橋構成部材の形状情報を対象として、AP203 と VRML におけるクロストランスレータを開発した。

【Abstract】 3D-Product Data Models (PDMs) have been constructed to standardize the electronic information over life cycle of steel highway bridges by using STEP/AP203. There are no browsers to represent AP203 data.

In the present paper, 3D-PDMs are visualized by using VRML. A translator between AP203 and VRML was developed with respect to shape information of steel highway bridge members. This translator was developed for exchanging and sharing the design information of bridges using AP203 and for visualizing the PDMs using VRML.

【キーワード】 鋼道路橋, 設計情報, 製品モデル, STEP/AP203, VRML

【Keywords】 steel highway bridges, design information, Product Data Model, STEP/AP203, VRML

## 1. まえがき

橋梁建設事業の調査, 計画, 設計, 積算, 施工, 維持管理の各業務段階で発生する情報を正確かつ円滑に交換・連携・共有し, 再利用するためには, ライフサイクル全般にわたって電子情報を標準化する必要がある。その情報は, 的確に伝達するために, 実際の構造物の形状である三次元のものでなければならない。三次元情報を標準化するためには, 各業務段階における情報を収集・分析し, 統一的な規格を策定し, 製品モデル<sup>1)6)</sup>を考案する必要がある。

著者らは, 設計技術者が三次元空間内で製品モデ

ルを用いて鋼道路橋鋼桁を設計できる環境を目指して, まず, 三次元製品モデルを構築<sup>7)9)</sup>した。その製品モデルが保持する設計情報は, 三次元形状情報, 部材の連携などの技術情報, 生産情報, 追加・修正・削除などの管理情報, 属性情報である。製品モデルの構築には, STEP<sup>10)15)</sup>の AP203 (ISO10303-203)<sup>16)17)</sup>を適用した。次に, 製品モデル群を VRML (ISO/IEC14772) によって可視化した。ここで必要な情報は三次元形状情報である。さらに, 予備設計段階での利用を目標に, 可視化された製品モデルから鋼桁橋を組み立てるシステム<sup>7)9)</sup>を開発した。こ

連絡先 関西大学 工学部 土木工学科

〒564-8680 大阪府吹田市山手町 3-3-35

TEL : 06-6368-1121 (内線 6521) FAX : 06-6368-0940 E-mail : GFH00126@nifty.ne.jp

のシステムが設計された鋼桁橋のデータを出力するファイルフォーマットは VRML 形式に限られている。すなわち、設計前の部材レベルでは AP203 と VRML の両方で管理されていた三次元形状情報が、設計後の鋼桁橋レベルでは VRML のみで管理される。したがって、AP203 データと VRML データの連携がなされていない。そこで、設計後の VRML データを AP203 データとしても利用できるようにするためには、VRML から AP203 へのトランスレータが必要になる。

一方、AP203 データを Web Page 上で表示し、閲覧できるブラウザは存在しない。その場合は、AP203 データの表示に VRML を利用すればよく、AP203 から VRML へのトランスレータが必要になる。土木分野よりも STEP の適用が先行している機械分野では、CAD データを AP203 データに変換するシステム<sup>19)・21)</sup>が開発されている。しかし、土木分野においては、CALS の実現のために STEP の適用が検討され始めた段階であり、AP203 や VRML は利用されていない。全産業分野においても、AP203 と VRML の間のトランスレータは未だ開発されていない。

本研究では、鋼桁橋の三次元形状情報のやり取りを双方向に可能にするために、AP203 データを VRML データに変換できるトランスレータと、逆に VRML データを AP203 データに変換できるトランスレータを開発する。鋼桁橋の設計情報のうち、部材を可視化して三次元で取り扱うために必要な形状情報を対象として、三次元情報の交換・共有には AP203 を利用し、AP203 データの表示・閲覧には VRML を利用できる環境の実現を目指す。

## 2. 既存システムの概要

### 2.1 AP203による製品モデルの構築

既論文<sup>7)9)</sup>では、鋼道路橋鋼桁の設計段階における情報を標準化するために STEP/AP203 を適用して製品モデルを構築した。AP203 は、製品の三次元形状情報と形態管理情報を取り扱うことができる。AP203 を適用することによって、鋼道路橋の設計情報を表現し管理できる。

製品モデルを統合的に管理するために、製品モデ

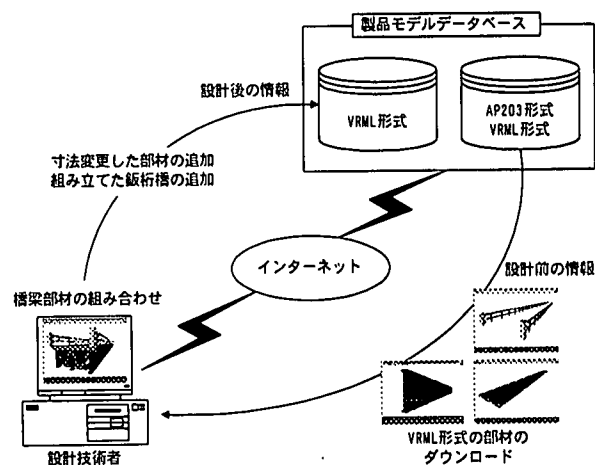


図-1 鋼桁橋組立システムの概要

ルデータベースを構築した。製品モデルデータベースは、多くの土木技術者が Web Page 上で利用できるように構築した。土木技術者が Web Page 上で必要な製品モデルを検索すると、サーバに保存されている AP203 ファイルが表示され、ダウンロードできる。

### 2.2 鋼桁橋組立システム

AP203 を用いて構築した鋼桁橋の製品モデルを VRML によって可視化した。さらに、予備設計段階において橋梁形状を確認することを目的として、可視化した三次元構成部材を用いて鋼桁橋を組み立てるシステムを開発した。製品モデルデータベースを利用した鋼桁橋組立システムの概要を図-1に示す。システムは、組み立てた鋼桁橋を VRML 形式で出力できるため、Web Page 上に VRML データを表示できる。

## 3. AP203とVRMLのトランスレータの開発

既論文<sup>7)9)</sup>では、鋼桁橋の設計情報が AP203 によって標準化して管理されている。しかし、現在、Web Page 上で、AP203 で表現された製品情報を表示し閲覧できるブラウザは存在しない。そのため、AP203 だけではなく VRML も利用して、同一の製品モデルを同時に管理することを考えた。橋梁のライフサイクルにわたって設計情報を交換・連携・共有する際には AP203 を利用し、製品モデルを三次元で可視化して表示する際には VRML を利用する。AP203 と VRML のデータの流れを図-2に示す。

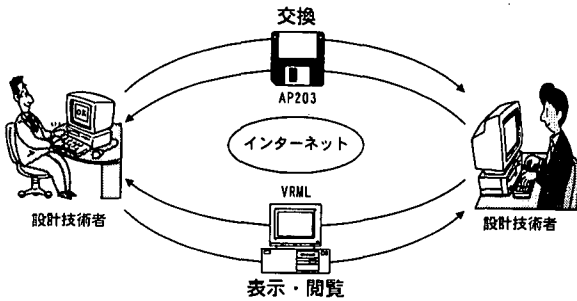


図-2 AP203とVRMLのデータのやり取り

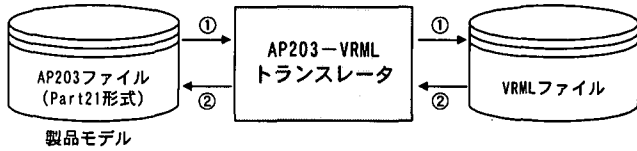


図-3 トランスレータの開発イメージ

### 3. 1 トランスレータの概要

本研究では、鋼道路橋鈹桁の形状情報を対象とする同一の製品モデルをAP203とVRMLによって表現し、管理できるようにする。同一の製品モデルを二種類のファイルフォーマットで管理するためには、各フォーマット間における連携が必要である。したがって、両者を容易に連携するために、AP203とVRMLにおけるトランスレータを開発する。トランスレータの開発イメージを図-3に示す。AP203-VRMLトランスレータは、AP203ファイルをVRMLファイルに変換するAP203 to VRML変換システム(図-3中①)と、VRMLファイルをAP203ファイルに変換するVRML to AP203変換システム(図-3中②)から構成される。

トランスレータのメインメニューを図-4に示す。技術者は、ここで、使用するシステムを選択し、実行する。トランスレータを利用してAP203ファイルをVRMLファイルに変換し、VRMLファイルをAP203ファイルに変換する流れを図-5に示す。設計技術者は、インターネットを利用して製品モデルデータベースにアクセスし、橋梁部材データベースから必要な製品モデル(AP203ファイル)を獲得する。この製品モデルは部品ライブラリとなっているため、形状を変更する必要がある。そこで、AP203-VRMLトランスレータを利用して製品モデルをVRMLファイルに変換し、鈹桁橋組立システムにおいて部材寸法を変更する。これによって、設計した部材を可視化できる。さらに、寸法変更後のVRML

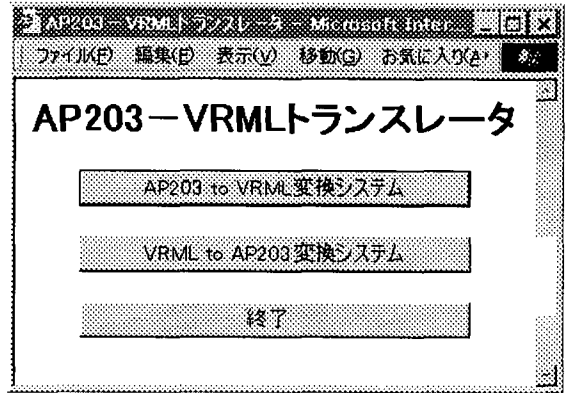


図-4 トランスレータのメインメニュー

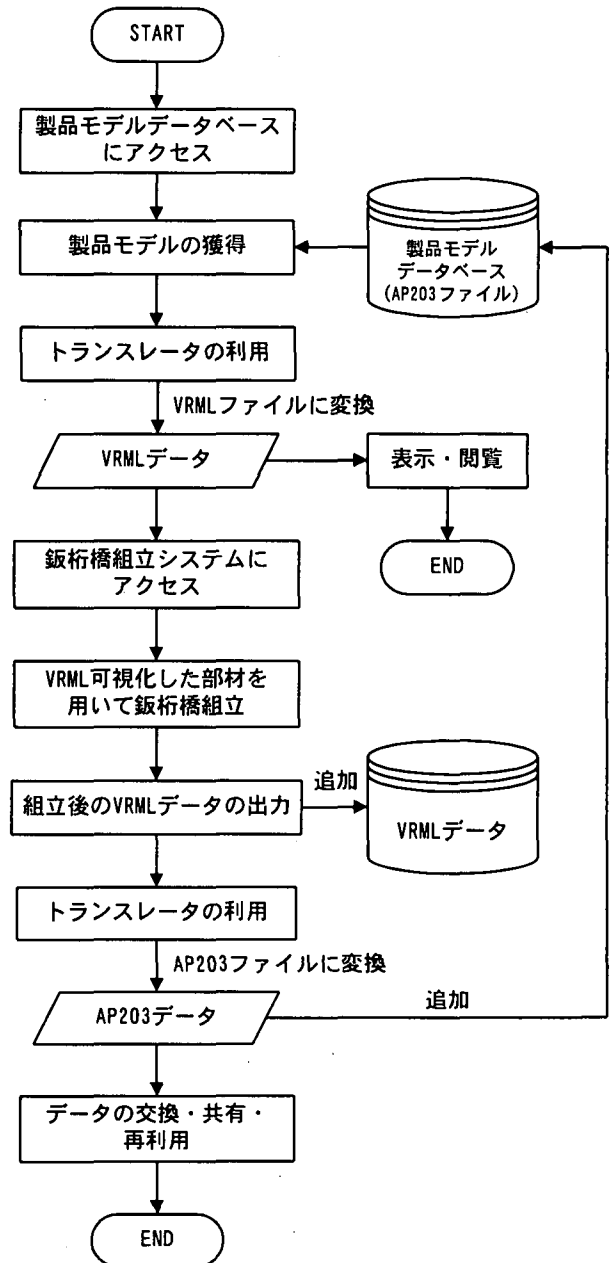


図-5 トランスレータを用いたデータ交換の手順

- CC1 : 構成管理情報のみ
- CC2 : 構成管理情報とトポロジーを含まないワイヤーフレームまたはサーフェス表現
- CC3 : 構成管理情報とトポロジーを含むワイヤーフレーム表現
- CC4 : 構成管理情報とトポロジーを含むマニホールドサーフェス表現
- CC5 : 構成管理情報と平面近似ソリッド表現
- CC6 : 構成管理情報と曲面を用いたソリッド表現

図-6 AP203 の適合性クラス

形式の部材をトランスレータによって AP203 ファイルに変更すれば、部材の形状情報を交換・連携・共有でき、再利用することが可能になる。

### 3.2 AP203 to VRML 変換システム

AP203 to VRML 変換システムは、鋳桁橋構成部材の AP203 ファイルを Web Page 上に可視化表示するために、VRML ファイルに変換する。土木技術者は、製品モデルとして表現した鋳桁橋部材の形状情報を閲覧できる。本節では、AP203 ファイルの特徴を分析し、VRML と対応させる方法について述べる。

#### 3.2.1 AP203 ファイルの特徴

AP203 の適用分野 (スコープ) は、構成管理に基づく三次元部材とアセンブリの設計であり、製品の形状情報と形態管理情報を扱える。形状情報は設計対象物の外形を表示でき、形態管理情報は製品のライフサイクル全般を対象とした情報を表現できる。

既論文<sup>7)9)</sup>および本研究では、製品モデルを作成するために、市販の CAD ソフトである Alias Studio 8.5 (Alias Wavefront 社製) を使用して鋳桁橋部材を描き、AP203 ファイルとして出力した。AP203 では、図-6 に示すように 6 段階の適合性クラス (Conformance Class : CC) が規定されている。現在、AP203 形式で出力できる CAD/CG ソフトが機械分野を中心として増加している。しかし、それらを取り扱える適合性クラスは、CC1 あるいは CC2 に限られている。Alias Studio 8.5 も CC2 を対象としているため、本研究では CC2 を取り扱う。

STEP は、ファイル交換のための実装方式として Part21 形式を規定している。Part21 ファイルのデータ節には、CAD データ群が STEP データ形式に変換され、STEP エンティティのインスタンス列として記述される。本システムでは、鋳桁橋構成部材

```

:
:
#470 = GEOMETRICALLY_BOUNDED_SURFACE_SHAPE_REPRESENTATION(
'Surface Model', (#490, #50);
#480 = SHAPE_REPRESENTATION_RELATIONSHIP('Mixed Model',
'Surface Relationship', #410, #470);
#490=GEOMETRIC_SET('Alias Surface
Model', (#500, #670, #840, #1010, #1180, #1350));
#500 = (BOUNDED_SURFACE())
B_SPLINE_SURFACE(3, 3, ((#510, #520, #530, #540), (#550, #560, #570, #580), (#
590, #600, #610, #620), (#630, #640, #650, #660)), UNSPECIFIED, . . U, . . U, . . U
)
B_SPLINE_SURFACE_WITH_KNOTS((4, 4), (4, 4), (-1, 0), (0, 1), UNSPECIFIED
)
GEOMETRIC_REPRESENTATION_ITEM()
RATIONAL_B_SPLINE_SURFACE(((1, 1, 1, 1), (1, 1, 1, 1), (1, 1, 1, 1)
, (1, 1, 1, 1))) REPRESENTATION_ITEM('surface') SURFACE();
#510 = CARTESIAN_POINT('CVs', (21, -1500, -1, 6));
#520 = CARTESIAN_POINT('CVs', (21, -1500, -0, 5333333333333333));
#530 = CARTESIAN_POINT('CVs', (21, -1500, 0, 5333333333333333));
#540 = CARTESIAN_POINT('CVs', (21, -1500, 1, 6));
#550 = CARTESIAN_POINT('CVs', (21, -500, -1, 6));
#560 = CARTESIAN_POINT('CVs', (21, -500, -0, 5333333333333333));
#570 = CARTESIAN_POINT('CVs', (21, -500, 0, 5333333333333333));
#580 = CARTESIAN_POINT('CVs', (21, -500, 1, 6));
#590 = CARTESIAN_POINT('CVs', (21, 500, -1, 6));
#600 = CARTESIAN_POINT('CVs', (21, 500, -0, 5333333333333333));
#610 = CARTESIAN_POINT('CVs', (21, 500, 0, 5333333333333333));
#620 = CARTESIAN_POINT('CVs', (21, 500, 1, 6));
#630 = CARTESIAN_POINT('CVs', (21, 1500, -1, 6));
#640 = CARTESIAN_POINT('CVs', (21, 1500, -0, 5333333333333333));
#650 = CARTESIAN_POINT('CVs', (21, 1500, 0, 5333333333333333));
#660 = CARTESIAN_POINT('CVs', (21, 1500, 1, 6));
#670 = (BOUNDED_SURFACE())
B_SPLINE_SURFACE(3, 3, ((#680, #690, #700, #710), (#720, #730, #740, #750), (#
760, #770, #780, #790), (#800, #810, #820, #830)), UNSPECIFIED, . . U, . . U, . . U
)
B_SPLINE_SURFACE_WITH_KNOTS((4, 4), (4, 4), (0, 1), (0, 1), UNSPECIFIED
)
GEOMETRIC_REPRESENTATION_ITEM()
RATIONAL_B_SPLINE_SURFACE(((1, 1, 1, 1), (1, 1, 1, 1), (1, 1, 1, 1)
, (1, 1, 1, 1))) REPRESENTATION_ITEM('surface') SURFACE();
#680 = CARTESIAN_POINT('CVs', (-21, 1500, 1, 6));
#690 = CARTESIAN_POINT('CVs', (-21, 500, 1, 6));
#700 = CARTESIAN_POINT('CVs', (-21, -500, 1, 6));
#710 = CARTESIAN_POINT('CVs', (-21, -1500, 1, 6));
#720 = CARTESIAN_POINT('CVs', (-21, 1500, 0, 5333333333333333));
#730 = CARTESIAN_POINT('CVs', (-21, 500, 0, 5333333333333333));
#740 = CARTESIAN_POINT('CVs', (-21, -500, 0, 5333333333333333));
#750 = CARTESIAN_POINT('CVs', (-21, -1500, 0, 5333333333333333));
#760 = CARTESIAN_POINT('CVs', (-21, 1500, -0, 5333333333333333));
#770 = CARTESIAN_POINT('CVs', (-21, 500, -0, 5333333333333333));
#780 = CARTESIAN_POINT('CVs', (-21, -500, -0, 5333333333333333));
#790 = CARTESIAN_POINT('CVs', (-21, -1500, -0, 5333333333333333));
#800 = CARTESIAN_POINT('CVs', (-21, 1500, -1, 6));
#810 = CARTESIAN_POINT('CVs', (-21, 500, -1, 6));
#820 = CARTESIAN_POINT('CVs', (-21, -500, -1, 6));
#830 = CARTESIAN_POINT('CVs', (-21, -1500, -1, 6));
:
:

```

図-7 上フランジの AP203 ファイルの一部

の形状情報に関して AP203 の表現方法を用いて作成された Part21 ファイルから VRML ファイルへの変換を行う。そのため、AP203 のエンティティと VRML のノードを対応させ VRML ファイルに変換できるようにする。

### 3. 2. 2 変換システムの開発

単純な上フランジの形状情報に関する AP203 ファイル (Part21 形式) の一部を図-7 に示す. 本項では, この上フランジの AP203 ファイルを例に用いて述べる.

図-7 では, #10 行から#460 行に CC1 に該当する製品の形態管理情報が, #470 行から#1510 行に三次元形状情報が記述されている. 本トランスレータは部材の形状情報を対象としているため, #470 行以降を使用して変換する.

形状情報が記述された#470 行から#1510 行に関して, 上フランジの形状を表現した AP203 のエンティティを VRML の Box ノードに変換する.

#470 行の `geometrically_bounded_surface_shape_representation` エンティティは, 位相を持たない `surface geometry` により製品形状あるいは製品部分形状を表現し, 一つまたは幾つかの `geometric_set` エンティティによって表現される. また, このエンティティは, 適合性クラスが CC2 であることを示している. そこで, トランスレータは, このエンティティによって, 対象ファイルが CC2 の AP203 ファイルであるかを検証する.

#490 行における `geometric_set` エンティティは, 幾何データの集合である. つまり, (#500, #670, #840, #1010, #1180, #1350) の部分は, 上フランジが 6 面から構成され, それらの面が連結していることを表現している. VRML には, `geometric_set` を直接変換できるノードが用意されていない. そこで, トランスレータは, `geometric_set` を読み込み, これら 6 行が連結していることを認識した上で, #500 行, #670 行, #840 行, #1010 行, #1180 行, #1350 行の各行へリンクできるように設計する.

#500 行は, 上フランジを構成する 6 面の中の 1 面を表現している. `bounded_surface` は境界を有する曲面を表すエンティティである. (#510, #520, #530, #540) がひとつの集合であり, 4 点を表している. #510 行の `cartesian_point` エンティティは, 直交座標点を表現している. トランスレータは, 面を構成する (#510, #520, #530, #540) 群と, (#550, #560, #570, #580) 群, (#590, #600, #610, #620) 群, そして (#630, #640, #650, #660) 群の中で, x, y, z 座標における距離をそれぞれ計算し, 直方体を

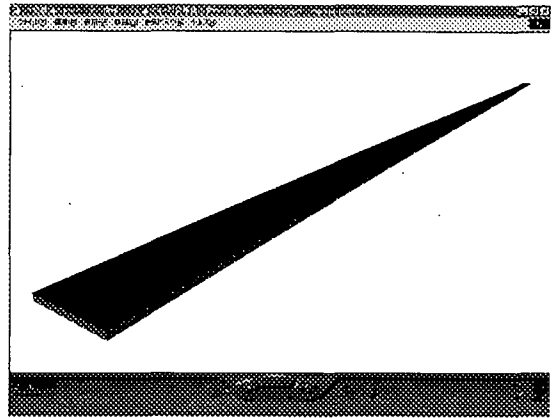


図-8 上フランジの VRML 表示

構成するために必要な点のみを抽出する. ここでは, yz 平面における#510 行, #630 行, #660 行の 3 点を選択する.

次に, Box ノードの構成に必要な x 方向の距離を計算するために, x 方向に関して#500 行の面と反対にある面を選択する. x 座標の符号を比較し, 対称面にある `cartesian_point` である#680 行を抽出する.

以上の 4 点を抽出した後, 各座標間における距離を計算する. 距離を計算すれば, Box ノードにおける幅, 高さ, 奥行きがわかり, 直方体を作成できる. ただし, Alias Studio 8.5 で出力された AP203 データと VRML データでは, x, y, z 軸が異なるため, トランスレータは軸方向を考慮し, Box ノードに変換する.

図-7 に示す上フランジの AP203 ファイルをトランスレータによって VRML ファイルに変換し, VRML ブラウザをプラグインした Web ブラウザ上に表示すると, 図-8 のようになる. 土木技術者は, 三次元で可視化した部材形状を閲覧できる.

### 3. 3 VRML to AP203 変換システム

VRML は, 三次元形状を表示するために利用されており, 設計情報を交換・連携・共有し再利用することが困難である. したがって, VRML ファイルを AP203 ファイル, つまり, 製品モデルに変換するシステムを開発する. AP203 ファイルに変換することによって, 部材の三次元形状情報を中心とした情報を円滑に交換・連携・共有できる環境を構築する. 本節では, VRML ファイルの構造を分析し, AP203 のエンティティと対応させる方法について述べる.

表-1 使用ノード

ノード・フィールド	説明
Shape	基本形状
Box	直方体の描画
Cone	円すいの描画
Cylinder	円柱の描画
Sphere	球の描画
Transform	座標軸の変換
translation	平行移動
rotation	回転
children	子ノード

表-2 使用エンティティ

エンティティ	説明
geometrically_bounded_surface_shape_representation	製品あるいは製品部分形状の表現
shape_representation_relationship	形状表現関係
geometric_set	幾何データの集合
bounded_surface	境界付けられた表面
b_spline_surface	B スプライン曲面
b_spline_surface_with_knots	ノット列付 B スプライン曲面
geometric_representation_item	幾何表現項目
rational_b_spline_surface_representation_item	有理式 B スプライン曲面表現項目
surface	曲面
cartesian_point	直交座標点

### 3. 3. 1 VRMLファイルの特徴

VRML は、ヘッダ、コメント、ノード・フィールド、プロトタイプ、ルートの5つの要素から構成されている。鋼桁橋構成部材の形状情報を AP203 データに変換するために必要となるのはノード・フィールドであり、図形や性質、色など三次元グラフィックスを実現するためのコードが表現される。VRML はノードの集合であり、システムは各ノードを AP203 のエンティティに変換する。

VRML ブラウザは、空白を無視し、物理的な改行に依存しない構造である。また、大文字と小文字を区別する。システムは、それらの構造を考慮し、AP203 に変換できるように開発する。

本研究では、単純な部材を対象としているため、幾何形状を表現するノードなど、使用するノードを限定する。本トランスレータが対象とする VRML のノードを表-1 に、AP203 のエンティティを表-2 に示す。したがって、あらかじめ使用できるノードを設定し AP203 と対応させるシステムを開発する。適合性クラスは、VRML to AP203 変換システムも AP203 to VRML 変換システムと同様に CC2 を対象とする。

### 3. 3. 2 変換システムの開発

鋼桁橋部材の VRML ファイルを AP203 ファイルに変換するシステムを開発する。本項では、図-9 および図-10 に示す主桁の VRML ファイルを図-11 に示す AP203 ファイルに変換する例を用いて説明する。

図-9 の1行目は、VRML ファイルであること、言語仕様が Version2.0 であることを宣言している。トランスレータは、1 行目によって、ファイルが VRML であるか、仕様が Ver2.0 であるかを検証す

```
#VRML V2.0 utf8
#上フランジ
Transform{
  translation 0.0 -0.216 0.0
  children[
    DEF TFLANGE Shape{
      appearance Appearance{
        material Material{
          diffuseColor 1 0 0
        }
      }
      geometry Box{ size 30.0 0.030 0.40 }
    }
  ]
}
#腹板
Transform{
  translation 0.0 -1.232 0.0
  children[
    DEF WEB Shape{
      appearance Appearance{
        material Material{
          diffuseColor 1 0 0
        }
      }
      geometry Box{ size 30.0 2.0 0.01 }
    }
  ]
}
#下フランジ
Transform{
  translation 0.0 -2.247 0.0
  children[
    DEF BFLANGE Shape{
      appearance Appearance{
        material Material{
          diffuseColor 1 0 0
        }
      }
      geometry Box{ size 30.0 0.032 0.42 }
    }
  ]
}
```

図-9 主桁の VRML ファイル

る。#記号は、コメント行であることを示す。トランスレータは、コメント行を無視する。

Transform ノードは、translation による平行移動、rotation による回転などをまとめて実行できるノード



## 参考文献

- 1) Herold, K. : Universal Building Language, *Journal of Computing in Civil Engineering*, ASCE, Vol.11, No.1, pp.1-3, 1997.1.
- 2) Baugh Jr., J.W., and Chadha., H.S. : Semantic Validation of Product and Process Models, *Journal of Computing in Civil Engineering*, ASCE, Vol.11, No.1, pp.26-36, 1997.1.
- 3) Hong, N.K., and Hong, S. : Entity-Based Models for Computer-Aided Design Systems, *Journal of Computing in Civil Engineering*, ASCE, Vol.12, No.1, pp.30-41, 1998.1.
- 4) 宮下泰, 岡橋昇, 塩見健, 櫻井勝好, 横屋進, 富永浩平, 日比野義博 : 橋梁プロダクトモデルの開発, 日立造船技報, Vol.58, No.4, pp.27-32, 1998.1.
- 5) Han, C.S., Kunz, J.C., and Law, K.H. : Internet-Based Computer-Aided Design - Leveraging Product Model, Distributed Object, and World Wide Web Standards, *Conference Proceeding of Structural Engineers World Wide 1998*, ASCE, T191-4, 1998.7.
- 6) 新井裕之 : 品質システムにおける橋梁製品モデルの役割, 土木学会第 53 回年次学術講演会講演概要集, VI-327, 1998.10.
- 7) 三上市藏, 田中成典, 窪田諭, 石井由美子 : 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, 構造工学論文集, 土木学会, Vol.45A, pp.511-522, 1999.3.
- 8) Mikami, I., Tanaka, S., Kubota, S., and Ishii, Y. : Visualization of Product Data Models for Highway Bridges Using VRML, *Proceedings of the Seventh East Asia-Pacific Conference on Structural Engineering & Construction*, Social System Institute, pp.584-589, 1999.8.
- 9) Mikami, I., Tanaka, S., Kubota, S., and Ishii, Y. : Database of Highway Bridges' Product Data Models Using STEP, *Proceedings of the Seventh East Asia-Pacific Conference on Structural Engineering & Construction*, Social System Institute, pp.590-595, 1999.8.
- 10) Fowler, J. : STEP for Data Management, Exchange and Sharing, 1995. (邦訳, プラン
- ト CALS 研究会 : STEP がわかる本 - 情報の管理・交換・共有のための世界標準 -, 工業調査会, 1997.10.)
- 11) 木村文彦, 小島俊雄 : 製品モデル表現とその利用技術 - STEP -, 日本規格協会, 1995.4.
- 12) 塚田幸広, 磯部猛也 : 土木分野における STEP AP 開発に関する基礎的研究, *CALS Expo International 1997 Proceedings Track 8*, pp.55-62, 1997.11.
- 13) 塚田幸広, 青山憲明, 光橋尚司 : 統合情報の活用による建設事業の高度化 - 建設 CALS/EC を中心とした動向 -, 土木学会論文集, No.581/VI-37, pp.1-15, 1997.12.
- 14) Rezgui, Y., Cooper, G., and Brandon, P. : Information Management in a Collaborative Multiactor Environment - the Commit Approach, *Journal of Computing in Civil Engineering*, ASCE, Vol.12, No.3, pp.136-144, 1998.7.
- 15) 青山憲明 : 橋梁維持管理のための STEP の開発と適用, 第 23 回土木情報システムシンポジウム講演集, 土木学会, pp.149-153, 1998.10.
- 16) ISO10303-203 : Industrial automation system and integration - Product data representation and exchange - Part 203 - Application Protocol : Configuration controlled design, *International Organization for Standardization*, 1994.12.
- 17) 日本情報処理開発協会 STEP 推進センター : AP203 解説書, 1998.3.
- 18) 小島俊雄, 中村伊知郎, 久貝穰, 木村文彦 : STEP を用いた CAD データ交換システムの定式化, 精密工学会誌, Vol.59, No.2, pp.61-66, 1993.2.
- 19) 小島俊雄, 久貝穰, 中村伊知郎, 木村文彦 : STEP を用いた境界表現ソリッドモデルデータ交換システムの試作と実験, 精密工学会誌, Vol.59, No.7, pp.135-141, 1993.7.
- 20) 小島俊雄 : STEP の利用とデータ交換システム, 精密工学会誌, Vol.59, No.12, pp.25-30, 1993.12.
- 21) 松崎幸一 : 21 世紀の 3 次元 CAD を展望する, 日経 CG, 日経 BP 社, pp.138-143, 1998.6.