

7 日仏橋梁プロダクトモデルの統合化による新 IFC-BRIDGE の 開発と CAD コンバータの改良

Development of New IFC-BRIDGE by Integrating Japanese and French Bridge Product Models and Modification of its CAD Converter System

矢吹信喜¹・李占涛²

Nobuyoshi Yabuki, Li Zhantao

抄録: 本研究では、以前より我々が開発してきた PC 橋梁を対象としたプロダクトモデル YLPC-BRIDGE と鋼桁橋を対象とした YLSG-BRIDGE を統合化した J-IFC-BRIDGE とフランスで開発された橋梁プロダクトモデル IFC-BRIDGE とを統合化することにより、新 IFC-BRIDGE を開発した。次に、新 IFC-BRIDGE を新しい ifcXML を用いて実装した。さらに、以前に開発した 3 次元 CAD システムと YLPC-BRIDGE とデータ入出力のためのコンバータプログラムを新 IFC-BRIDGE に対応するよう改良を実施した。

Abstract: In this research, new IFC-BRIDGE product model was developed by integrating J-IFC-BRIDGE, which is a combination of our previously developed prestressed concrete bridge product model, YLPC-BRIDGE, and steel girder bridge product model, YLSG-BRIDGE, and IFC-BRIDGE, which has been developed in France. Next, the new IFC-BRIDGE was implemented by using new ifcXML. Further, the converter program developed for data integration of 3D CAD systems and YLPC-BRIDGE was modified to correspond to the changes of the product models.

キーワード: 橋梁, プロダクトモデル, IFC-BRIDGE, XML, コンバータ

Keywords : bridge, product model, IFC-BRIDGE, XML, converter

1. はじめに

土木構造物のライフサイクルにおいて、各種アプリケーションシステム間のデータの相互運用を可能にすることを目的に、3 次元プロダクトモデルの研究開発が各方面で進められている(図-1)。

プロダクトモデルの開発に関しては、国際標準として ISO10303 の STEP¹⁾ (STandard for the Exchange of Product model data), 建築の業界標準としては、IAI (International Alliance for Interoperability) の IFC²⁾ (Industry Foundation Classes) がある。しかし IFC は、建築ビルディングを主対象としていることから、橋梁に直接応用することは困難である。

また、我が国の SXF³⁾ (Scadec eXchange Format) と JHDM⁴⁾ (Japan Highway Data Model) なども知られている。SXF は、属性付加機能を使用して、対象とする図面ファイルに部材の情報を属性として加えることは可能であるが、部材をオブジェクトとして扱うことは、現段階では困難な状況にあるといえる。JHDM は、今

後の高速道路事業の高度情報化を図ることを目的として開発されたライフサイクルを通じて利用可能なデータモデルである。旧日本道路公団が開発を行なったが、まだ実証段階へは進んでいないようである。

以前、我々は、IFC のバージョン 2x (IFC 2x) を拡張することにより、プレストレスト・コンクリート

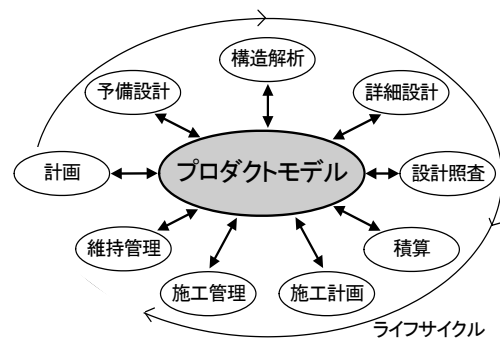


図-1 プロダクトモデルによるデータの相互運用

1 : 正会員 Ph.D. 室蘭工業大学 助教授 工学部建設システム工学科
(〒050-8585 北海道室蘭市水元町 27-1, Tel :0143-46-5219, E-mail : yabuki@news3.ce.muroran-it.ac.jp)
2 : 学生会員 室蘭工業大学大学院工学研究科建設システム工学専攻

(PC) 橋梁を対象としたプロダクトモデル YLPC-BRIDGE (Yabuki Laboratory Prestressed Concrete BRIDGE product model) をプレストレスト・コンクリート建設業協会の協力を得て開発した⁵⁾⁶⁾。次に、やはり IFC2x およびその後のバージョンである IFC2x2 を元に、鋼桁橋を対象としたプロダクトモデル YLSG-BRIDGE (Yabuki Laboratory Steel Girder BRIDGE product model) を開発した⁷⁾。これら2つのプロダクトモデルを統合したものとして J-IFC-BRIDGE (Japan IFC-BRIDGE) を開発してきている。しかし、J-IFC-BRIDGEはPC橋梁と鋼桁橋のプロダクトモデルであるから、他の橋梁形式を表現することは困難である。

同じ頃フランスでは、橋梁一般を対象としたプロダクトデータモデル IFC-BRIDGE⁸⁾が SETRA (Service d'Etudes Techniques des Routes et Autoroutes : 道路及び高速道路技術研究所) が中心となり、IAI フランス支部で、IFC に基づいて開発された。IFC-BRIDGE は、橋梁全般を対象としたプロダクトモデルだが、ボイド、シース、PC 鋼材定着装置等の部材を表現するクラスは存在しなかった。

以上の各プロダクトモデルにはそれぞれ問題点が存在する。そこで我々は、IFC に基づいて、IFC-BRIDGE と J-IFC-BRIDGE とを統合化し、相方の長所を生かし、短所を補う、橋梁全般を対象とした新 IFC-BRIDGE を開発した。新 IFC-BRIDGE は、ほぼ全ての橋梁形式に対応し、ほぼ全ての各橋梁上部工部材を表現するクラスが定義されている。そこで、本論では両モデルの統合化のプロセスをまず概説する。

さらに、以前我々は YLPC-BRIDGE を中心として、3次元 CAD システム、設計照査システム等を統合化することにより、PC 橋梁の設計施工システムを開発し、実際の設計事例に適用してプロダクトモデル及びシステムの検証を行った。その際、3次元 CAD システムとプロダクトモデルとのデータをやり取りするためのコンバータ CAD2PM (CAD to Product Model の略) と PM2CAD (Product Model to CAD の略) を開発した。

しかし、プロダクトモデルを大きく変更する際は、これを利用する各種ソフトウェアとのデータ入出力のためのコンバータシステムを大幅に修正する必要がある。そこで、本研究では先に述べた CAD2PM と PM2CAD を新 IFC-BRIDGE に対応させるとともに、使いにくかった点などを含めて大幅な改良を実施した。さらに、新 IFC-BRIDGE の実装に当たっては、IFC の一つの実装言語である ifcXML⁹⁾の最新版である Version 1.0 を利用するために、CAD2PM と PM2CAD に対して必要な修正も行なった。本論では、これらのコンバータの改良も言及する。

以下、既往の研究をレビューし、新 IFC-BRIDGE の

開発及び特徴について説明し、新 IFC-BRIDGE の実装方法と新 IFC-BRIDGE のための CAD コンバータの改良を解説する。

2. 既往の研究

(1) IAI の IFC

IFC とは、建設業界(元々に主に建築分野)での情報の共有のための方法を提供するために、建設プロジェクトで最小限必要とされるデータ(例えば、梁や柱等)をクラスとして定義し、そのクラスから実態となるオブジェクトの生成、各オブジェクトへのアクセスや演算を行うためのクラスライブラリである。すなわち、IFC は建築構造物の要素ならびに設計・施工・維持管理等の情報をまとめた業界ベースのオブジェクトを提供している。よって、施主、建築家、構造技術者、設備業者、施工業者等の各プレーヤーがプロジェクト・モデルを共有することが可能となると考えられ、ライフサイクルを通じた各種業務の大幅な効率化が期待されている¹⁰⁾。しかし、IFC2x2 は、建築ビルディングを主対象としていることから、橋梁に直接応用することは困難である。

(2) J-IFC-BRIDGE の開発

a) PC 橋梁プロダクトモデル YLPC-BRIDGE

本論では、これまでに開発してきた PC 橋梁のプロダクトモデル (YLPC-BRIDGE) の基本的な特徴についてまとめる。詳細については、文献 5), 6) を参照されたい。

本プロダクトモデルは、オブジェクト指向技術に基づいて、構造物の部材であるコンクリート、鉄筋、PC 鋼材、PC 鋼材定着装置、シース、ボイド等の 1 つ 1 つを 3 次元のオブジェクトとして表現しているため、コンピュータグラフィックス (CG) で現実に近い形で表現できる。また、設計段階において、2 次元 CAD 図面では困難であったかぶり計算や、部材の干渉を自動的にチェックすることが可能であり、施工性の検討が可能である。さらに、各部材に関する専用のプロパティセットを新たに定義したことにより、材料、強度、重量等の形状以外の幅広い属性データを実装することが可能である。

前述のように、我々は、コンバータプログラム CAD2PM と PM2CAD を開発した。CAD2PM とは、CAD システムで使用される 3 次元モデルを、プロダクトモデルの形式のデータに変換 (コンバート) することである。一方、PM2CAD は、プロダクトモデルデータを AutoCAD データに変換するコンバータプログラムである。これら 2 つのコンバータプログラムと、3 次元 CAD を統合化し、実際の橋梁の設計事例に適用して、プロダクトモデルの有効性を検証した⁶⁾ (図-2)。

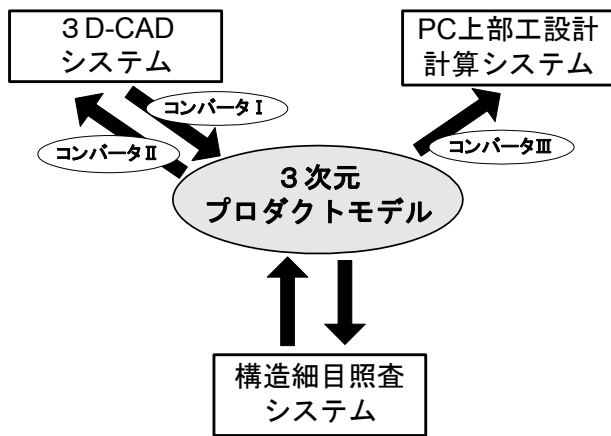


図-2 統合化システムモデル

b) 鋼桁橋プロダクトモデル YLSG-BRIDGE

我々は、PC 橋梁のみならず、IFC2x2 に基づいて鋼桁橋プロダクトモデル YLSG-BRIDGE の構築も行った⁷⁾。

本モデルでは、プレートガーダーを1つのオブジェクトとして定義するために PlateGirder クラスを構築した。また、鋼桁橋の構成部材でダイヤフラム等のプレートガーダー以外の部材を定義するために OtherSteel-BuiltupElement クラスを定義した。部材が何であるかを区別する為に BuiltupElementType という名前の属性を持たせることとした。詳細については、文献 7) を参照されたい。

以上、以前より開発されてきた IFC に基づいた PC 橋梁プロダクトモデル YLPC-BRIDGE と鋼桁橋プロダクトモデル YLSG-BRIDGE を統合化したものを、本論では、J-IFC-BRIDGE と呼ぶ。

(3) フランスの IFC-BRIDGE

フランスでは、1998 年に、SETRA において、建設会社、設計会社、仏国鉄 (SNCF) 等の協力を得て、フランスの橋梁データモデルである OA_EXPRESS (オア・エクスプレス) を構築した¹¹⁾。SETRA は、開発した OA_EXPRESS を国外にも広めるために、IAI に着目し、OA_EXPRESS の一部を IFC に変換し、2002 年 10 月に IFC-BRIDGE V1 として発表した¹²⁾。2005 年 9 月、最新版 IFC-BRIDGE Version2.0 (略称 IFC-BRIDGE V2) が発表された。IFC-BRIDGE V2 は、Ifc2x2 をベースとして開発されている。

IFC-BRIDGE では、新しい IfcBridgeSectionedSpine という形状クラスを提案し、定義している。多くの場合、コンクリートの桁や床版等を表現するには便利だと考えられる。また、クロソイド曲線を表現するクラス IfcBridgeClothoid が開発された。

しかし、鉄筋 (IfcBridgeReinforcingBar) や PC 鋼材 (IfcBridgeTendon) を表現するクラスは存在するが、ボイド、シース、PC 鋼材定着装置等の部材を表現する

クラスは存在しなかった。

IFC-BRIDGE の以前のバージョンである Version 1.0 では、橋梁用の部材クラスと、建築部材用のクラスが完全に区別されていたが、Version 2 では、両者が混在する形となっている。

3. 新 IFC-BRIDGE の開発

IFC-BRIDGE と我々のプロダクトモデルは、互いにその活動を知らずに開発が進められていたが、2004 年から、共同で開発していくことに合意し、2005 年からは、独立行政法人日本学術振興会の日仏二国間共同研究 SAKURA Project の支援により、両国間のプロダクトモデルを統合化し、新しい IFC-BRIDGE を構築するための活動を行なっている。2006 年 5 月現在では統合化した新 IFC-BRIDGE を、次期の IFC に統合化する最終作業を実施中である。新 IFC-BRIDGE のモデルの一部を図-3 に示す。

新 IFC-BRIDGE では、橋梁および部材の幾何形状は、通常の IFC2x の幾何形状要素を用いて定義することが可能であるが、一定 (あるいは漸変) 断面の要素部材 (Prismatic Element) に対しては、新しい IfcBridgeSectionedSpine という形状クラスを提案し、定義している。これは、橋梁基本線 (IfcBridgeReferenceLine) に沿って一定の断面あるいは漸次変化する断面を持つ延長の長い桁等の部材を表現するために、橋梁用に作られたものである (図-4)。この形状で、全ての桁や床版が表現できるものではなく、鋼桁のように補剛材が溶接されたり、穴が開いているような場合には、通常の IFC の形状クラスを用いることとなる。しかし、多くの場合、コンクリートの桁や床版等を表現するには IfcBridgeSectionedSpine を用いる方が便利だと考えられる。また、クロソイド曲線を表現するクラス IfcBridgeClothoid が開発された。

このプロダクトモデルでは、J-IFC-BRIDGE の鉄筋 (Reinforcing-Bar)、ボイド (Void)、シース (Sheath)、PC 鋼材 (PrestressingStrand)、PC 鋼材定着装置 (AnchoringDevice) のクラス、及び鋼板や形鋼を表すクラスが新たに定義された。

IfcBridgeElementComponent には、IfcBridgeSingularInternalPoint をオプションの属性として持たせた。これにより、IfcBridgeElementComponent のサブクラス (例えば、Rebar や PrestressingStrand 等) の形状の表現方法は、2 つとなる。一つは、IfcBridgeReferenceLine や IfcBridgeSingularInternalPoint 等のフランスの IFC-BRIDGE V1 及び V2 で開発されたクラスを利用する方法である (図-3 の WayPoints を参照)。もう一つは、既存の IFC2x2 のクラス (例えば、IfcExtrudedAreaSolid や IfcSectionedSpine 等) を利用する方法であ

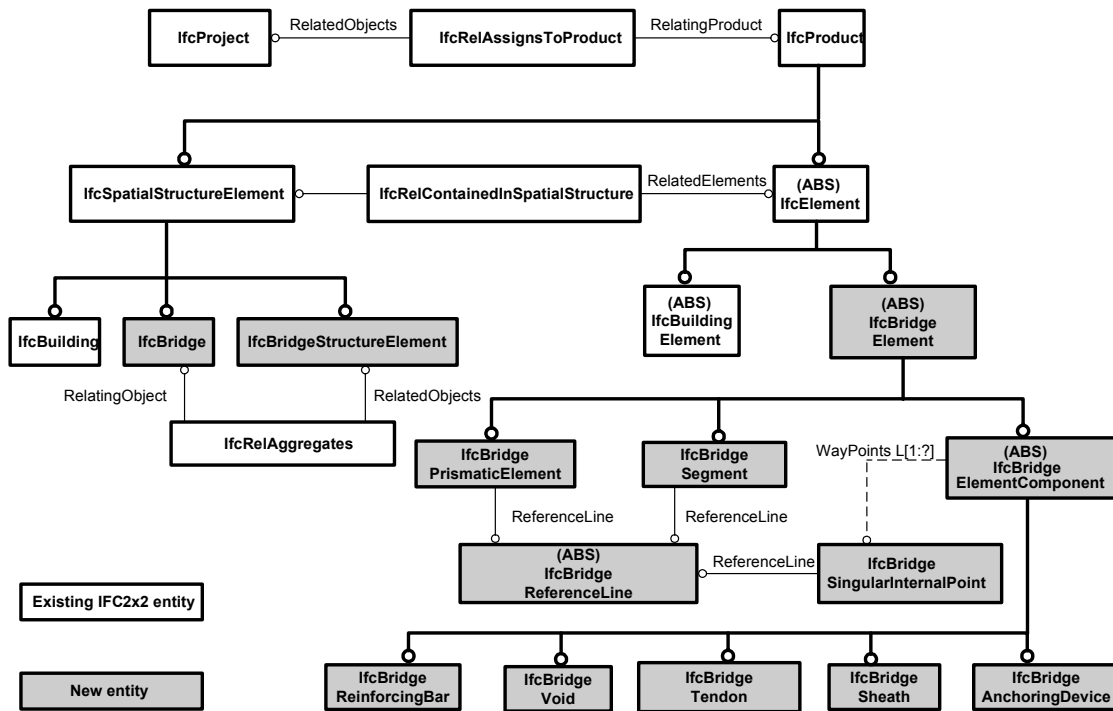


図-3 改良された新 IFC-BRIDGE (一部)

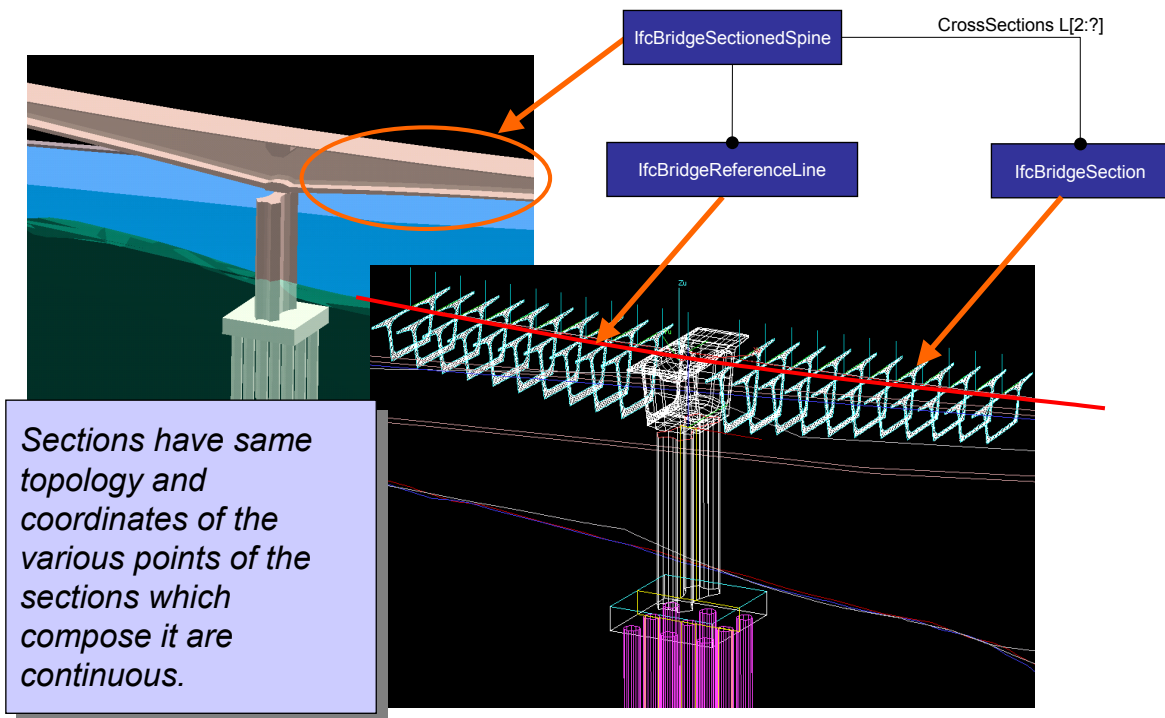


図-4 IFC-BRIDGE の IfcBridgeSectionedSpine クラス

(<http://www.iai-france.org/bridge/BRIDGE-Model/Model-V1/IFC-BRIDGE-V1-Model.pdf>)

る。ユーザーは、この2つの形状表現の方法を自由に選ぶことが可能である。

IFC-BRIDGE の最大の特徴である「押し出し」による形状表現法等に加えて、我々の提案する複数の面によるコンクリートの形状表現法等も利用可能とした。ユーザーやコンピュータにとって理解しやすいモデ

ルとするために、建築部材用のクラス (IfcBuildingElement) と橋梁用のクラス (IfcBridgeElement) が区別された (図-5)。

そこで、新 IFC-BRIDGE は、PC 橋梁や鋼桁橋など各種橋梁に応用することはできる。さらに、橋梁部材を一つ一つ表現するクラスが定義しているから、部材を

表-1 ifxXML の Version 0.7 と Version 1.0 の比較

	ifxXML Version 0.7	ifxXML Version 1.0
強制的なヘッダ	<pre><?xml version="1.0" encoding="UTF-8" ?> <IFCXML_2X_FINAL xmlns="..."></pre>	<pre><?xml version="1.0" encoding="UTF-8"?> <ex:iso_10303_28 version="2.0" ... > <ex:iso_10303_28_header> ... </ex:iso_10303_28_header> <ifc:uos id="uos_1" configuration="i-ifc2x2" xmlns="..." xsi:schemaLocation="..."></pre>
クラス	Ifc を付けない. <Axis2Placement3D>	Ifc を付ける. <IfcAxis2Placement3D>
属性	小文字で始める <globalId>	大文字で始める <GlobalId>
データ型 (座標を例とする)	座標が文字列である. <coordinates> 0 0 0 </coordinates>	座標が三つの IfcLengthMeasure 型のデータを組み合わせる. <Coordinates ex:cType="list"> <IfcLengthMeasure pos="0">0</IfcLengthMeasure> <IfcLengthMeasure pos="1">0</IfcLengthMeasure> <IfcLengthMeasure pos="2">0</IfcLengthMeasure> </Coordinates>
強制的な GlobalId	20 個の文字を組み合わせる. <globalId> abcdefghijklmnopqrst </globalId>	22 個の文字を組み合わせる. <GlobalId> abcdefghijklmnopqrst00 </GlobalId>

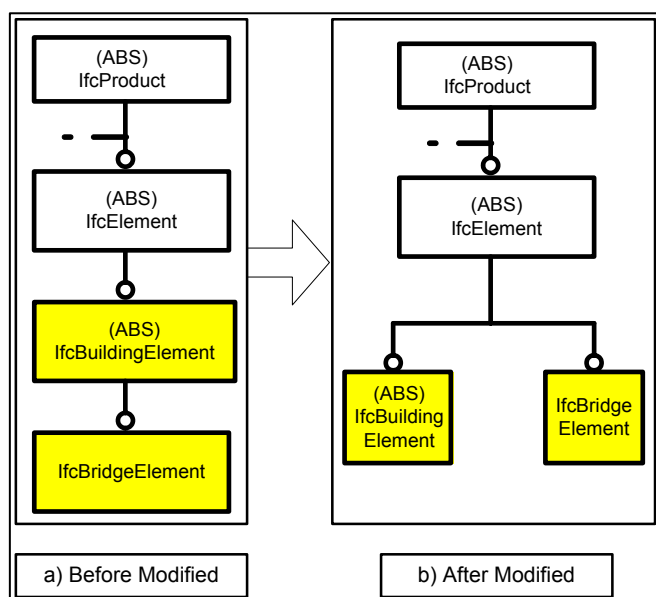


図-5 IfcBridgeElement の継承関係の改良

単位としてデータを扱うことはできる。橋梁のライフサイクルにおいて、各種アプリケーションシステム間のデータの相互運用が可能になった。特に、新 IFC-BRIDGE は国際標準を目指す IFC を拡張することにより開発したプロダクトモデルであり、今後は国際標準となることが期待される。

4. 新 IFC-BRIDGE の実装

プロダクトモデルの実装に関して、基本的に ISO の STEP では、スキーマを EXPRESS 言語により定義し、物理ファイルは Part21 ファイルを使用することとなっているが、実装言語として ifcXML が実務ではよく使用されている。IfcXML はインターネットで開発や処理がしやすく、インスタンスファイルは Part21 ファイルと等価である。YLPC-BRIDGE では、ifcXML を用いて実装することとした⁶⁾。

2005 年 1 月、ifcXML の最新のバージョン ifcXML Version 1.0 が発表された。以前のバージョンに比べて、下記の改良点がある⁹⁾。詳細については、表-1 を参照されたい。

- ルート要素は ifcXML ではなくて、ex:iso_10303_28 になった。
- 開発の背景や作者、バージョンなど詳細情報を持つヘッダがある。
- クラスの前に Ifc を付ける。
- 属性名が大文字で始まる。
- 座標や方向、日付などは文字列ではなくて、具体的なデータの型を定義している。
- GlobalId は必ず 22 個の文字を組み合わせ、ID 番号とする。

そこで、本研究では、ifcXML Version 1.0 を用いて新

IFC-BRIDGE を実装した。図-6の右下部では、鉄筋の ifcXML Version 1.0 で作成されたインスタンスファイルの一部を示す。

5. 新 IFC-BRIDGE のための CAD コンバータの改良

前述のように、以前に行なった YLPC-BRIDGE の研究では、コンバータプログラム CAD2PM と PM2CAD を開発した。本研究では、新 IFC-BRIDGE を有効活用するために、J-IFC-BRIDGE と AutoCAD のコンバータである CAD2PM と PM2CAD の改良を行った。図-7 に新 CAD2PM に生成された PC 橋梁の鉄筋のインスタンスファイルの一部を示す。図-8 に新 PM2CAD を用いてプロダクトモデルのインスタンスファイルから、AutoCAD で描画した鉄筋を示す。

(1) コンバータ CAD2PM の改良

本研究では、コンバータプログラム CAD2PM を次のように改良した。まず、YLPC-BRIDGE から新 IFC-BRIDGE データモデルを変換できるように修正した。次に、インスタンスファイルとしては、新しいバージョン ifcXML Version1.0 で書かれたものを使えるようにした。最後に、旧 CAD2PM では、画面上に順次表示される入力フォームに必要な値（座標値や鉄筋径、鉄筋の本数等）を入力することにより（図-9）、3次元モデリングを行うのと同時に、インスタンスファイル（ifcXML 形式）を生成する方法であった。しかし、これでは、形状データを予め計算により求めて、手で入力することになるので、エラーしやすく、時間もかかった。そこで、図-6 に示すように、AutoCAD の作図機能を利用して、DXF ファイルを生成し、DXF ファイルから、必要なデータを読み込み、新 IFC-BRIDGE のインスタンスファイル（ifcXML 形式）を作成するように改良した。これにより、DXF ファイルと AutoCAD の作図機能を利用することにより、マウス操作でインスタンスファイルを生成できるようになり、大幅に改善された。

図-10 に示すような鉄筋を例として、具体的なインスタンスの作成法について2種類のコンバータの機能を比較する。旧 CAD2PM では、鉄筋の名前、ID 番号、色、鉄筋径、鉄筋のセグメント数、各セグメントの開始及び終了点の座標、円弧部の半径、方向、中心等のデータを入力する必要があった⁶⁾。一方、新 CAD2PM では、AutoCAD のポリラインという作図機能を利用して、鉄筋の軸を容易に描画できる。入力するデータの個数は、大幅に減少した。例えば、図-10 の例の場合、旧 CAD2PM では48個の座標・角度などのデータを入力する必要があったが、新 CAD2PM では23個に減少した。さらに、AutoCAD の修正や複写、

削除、配列複写など多種多様な機能を自由に利用することができるので、操作が非常に楽になった。

DXF ファイルは、Autodesk 社の AutoCAD 用に開発されたファイル形式で、2次元または3次元形状のデータを保存するものである。現在、AutoCAD 以外の多くの3D-CAD ソフトも DXF ファイルの入出力をすることができる。さらに、他の CAD ソフトも、自動作図機能を持っているものが多い。従って、本コンバータの開発の考え方は、AutoCAD だけではなくて、他の3D-CAD ソフトに適用できると考えられる。

(2) コンバータ PM2CAD の改良

コンバータプログラム旧 PM2CAD は、プロダクトモデル YLPC-BRIDGE の形式のデータを、CAD システムで使用される3次元モデルに変換（コンバータ）するものである。本研究では、旧 PM2CAD を改良して、新 IFC-BRIDGE のデータモデルを CAD データに変換する新 PM2CAD を開発した（図-6 の下部）。旧 PM2CAD では、鉄筋やシース、PC 鋼材など部材に対して、一つ一つに ifcXML ファイルから形状や寸法などのデータを読み込んで、AutoCAD で3Dモデルを作成した。この処理方法は、時間がかかるため処理速度の改善が必要であった。新 PM2CAD では、形状と寸法が同じ部材に対して、原点で3Dモデリングを一回だけ構築し、各部材の各位置で複製する。図-8の鉄筋の3Dモデルを作るために、Intel(R), Pentium(R) 4, CPU 2.60GHz, 2.59GHz 1.00GB RAM のコンピュータで、260個部材を作成するのが、旧 PM2CAD では3分間であり、新 PM2CAD では50秒となり、処理時間は大幅に短くなった。

6. まとめ

以前我々は、PC 橋梁を対象としたプロダクトモデル YLPC-BRIDGE と鋼桁橋を対象としたプロダクトモデル YLSG-BRIDGE を開発した。この二つのモデルを統合化したものを J-IFC-BRIDGE と呼ぶ。本論では、日仏二国間共同研究により、J-IFC-BRIDGE と、フランスの IFC-BRIDGE を統合化することにより、新 IFC-BRIDGE を開発した。新 IFC-BRIDGE は、ほぼ全ての橋梁形式に対応し、ほぼ全ての各橋梁上部工部材を表現するクラスが定義されている。J-IFC-BRIDGE の鉄筋、ボイド、シース、PC 鋼材、PC 鋼材定着装置のクラス、及び鋼板や形鋼を表すクラスが新たに定義され、単位としてデータを扱うことはできる。橋梁のライフサイクルにおいて、各種アプリケーションシステム間のデータの相互運用が可能になった。特に、新 IFC-BRIDGE は国際標準を目指す IFC を拡張することにより開発したプロダクトモデルであり、今後は国際標準となることが期待される。IfcXML Version1.0 を用

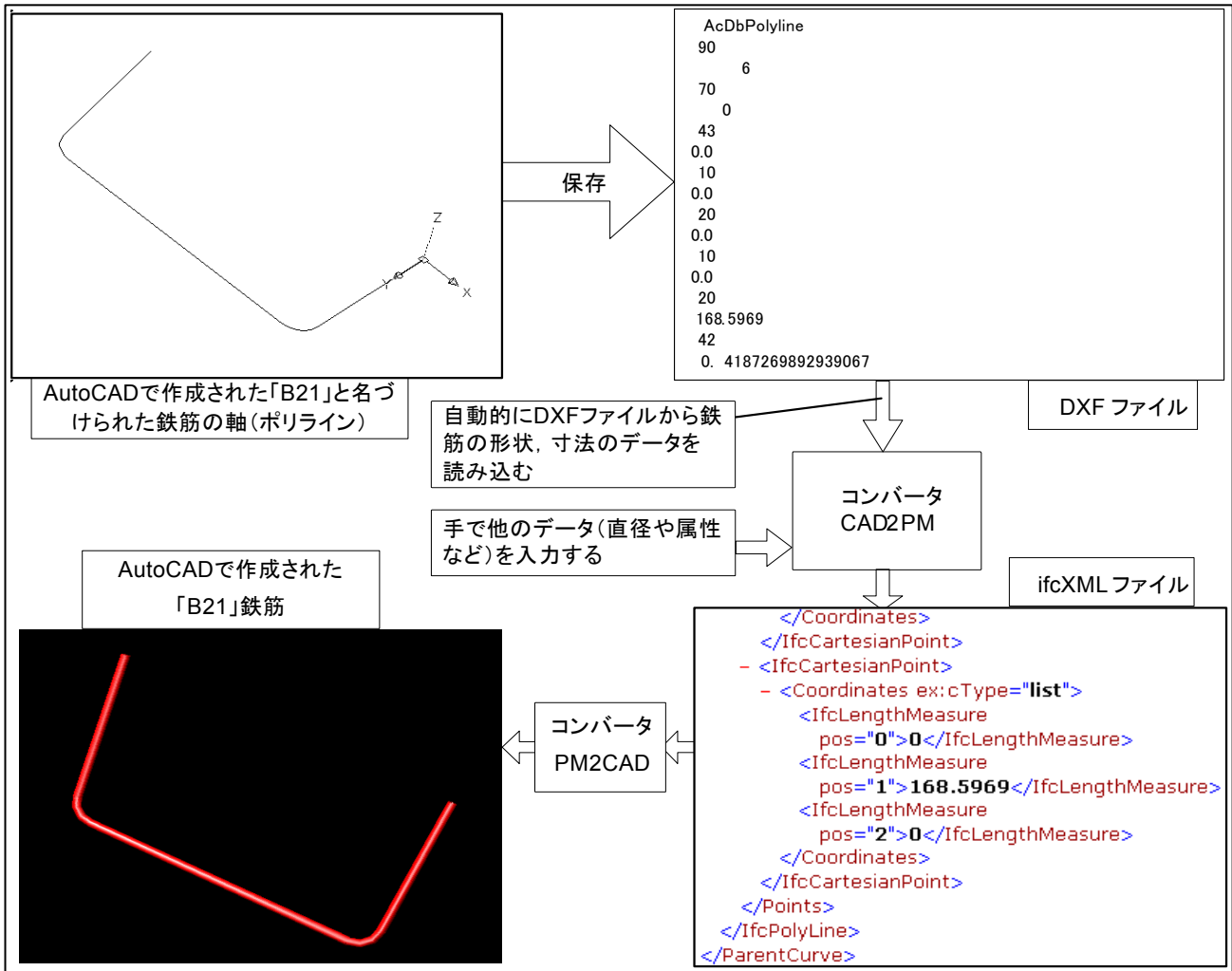


図-6 3D-CAD システムと新 IFC-BRIDGE のコンバータ

```

- <IfcBridgeReinforcingBar id="_Rebar3013002">
  <GlobalId>3jXakt2cDARebar3013002</GlobalId>
  <OwnerHistory>
    <IfcOwnerHistory xsi:nil="ture" href="H1001" />
  </OwnerHistory>
  <Name />
  <ObjectType>G6MAP</ObjectType>
  <ObjectPlacement>
    <IfcLocalPlacement>
      <RelativePlacement>
        <IfcAxis2Placement3D>
          <Location>
            <IfcCartesianPoint>
              <Coordinates ex:cType="list">
                <IfcLengthMeasure pos="0">0</IfcLengthMeasure>
                <IfcLengthMeasure pos="1">56.5</IfcLengthMeasure>
                <IfcLengthMeasure pos="2">310</IfcLengthMeasure>
              </Coordinates>
            </IfcCartesianPoint>
          </Location>
        </Axis2Placement3D>
      </RelativePlacement>
    </IfcLocalPlacement>
  </ObjectPlacement>
  <Axis>
    <IfcDirection>

```

図-7 PC 橋梁主桁配筋のインスタンスファイル(一部)

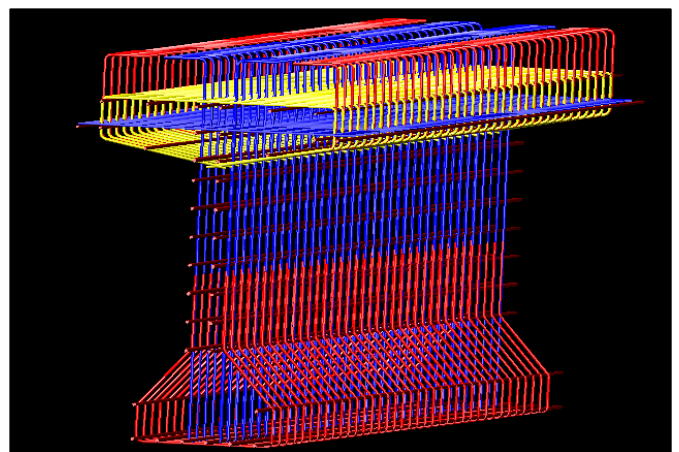


図-8 PC 橋梁主桁配筋の 3D モデル

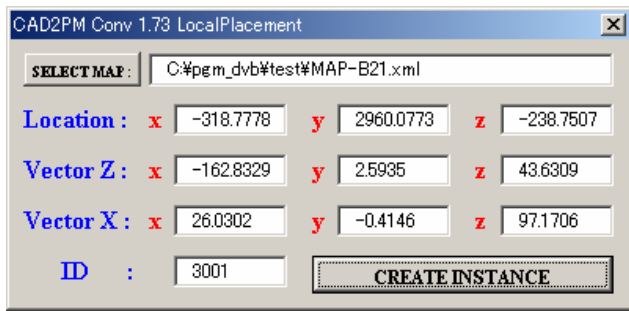


図-9 配置に関するデータ入力フォーム

いて、本プロダクトモデルを実装した。さらに、3次元CADアプリケーションシステムの作図機能とDXFファイルを利用して、コンバータプログラムCAD2PMとPM2CADの改良を行った。改良された新CAD2PMと新PM2CADの便利さが高まり、処理時間が大幅に短くなった。

今後はプロダクトモデルのさらなる有効利用について研究を継続していきたい。

謝辞：本研究を遂行するにあたり、独立行政法人日本学術振興会の二国間交流事業・日仏交流促進事業<SAKURA>共同研究の支援を受けた。ここに感謝の意を表す。

参考文献

- 1) ISO10303, Industrial Automation Systems and Integration – Product Data Representation and Exchange, 1994.
- 2) IFC : <<http://www.iai-international.org/index.html>>, (入手 2005.10.)
- 3) SXF : <<http://www.cals.jacic.or.jp/cad/developer/aboutSXF.htm>>, (入手 2005.8.)
- 4) 本郷廷悦, 石村久治: 橋梁鋼上部工を対象としたJHDM構築に関する研究, 土木情報利用技術論文集, Vol.12, pp.11-20, 2003.
- 5) 矢吹信喜, 志谷倫章: IFCに基づいたPC中空床版橋の3次元プロダクトモデルの開発, 土木情報システム論文集, Vol.11, pp.35-44, 2002.10.

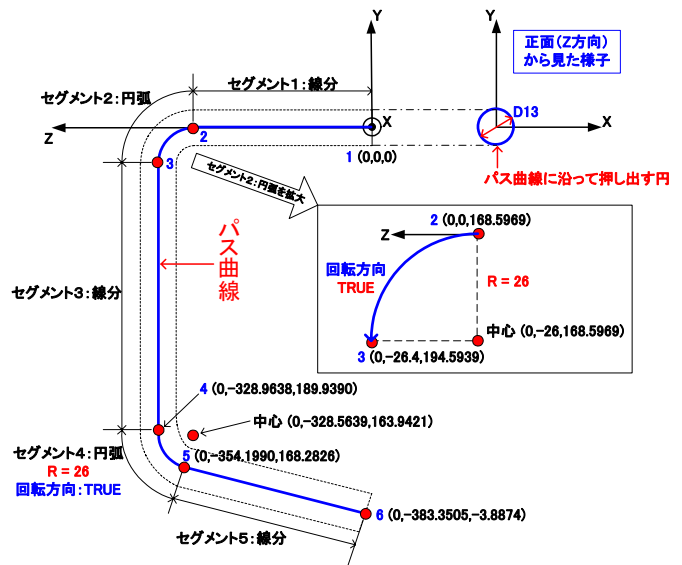


図-10 鉄筋を構成するセグメント群

- 6) 矢吹信喜, 志谷倫章: PC橋梁の3次元プロダクトモデルの開発と応用, 土木学会論文集, No.784/VI-66, pp.171-187, 2005.3.
- 7) 矢吹信喜, 町中啓樹: 鋼桁橋プロダクトモデルとVR-CADの開発及び立体視の有効性検討, 土木情報利用技術論文集, Vol.14, pp.87-94, 2005.10.
- 8) IFC-BRIDGE : <<http://www.iai-france.org/bridge/>>, (入手 2005.2.)
- 9) ifcXML : <http://www.iai-international.org/ifcXML2/RC2/IFC2X2_FINAL/ifcXML%20Implementation%20Guide%20v1-0.pdf>, (入手 2005.5.)
- 10) IAI 日本: <http://www.iai-japan.jp/mission/whats_ifc.html>, (入手 2003.5.)
- 11) 矢吹信喜: 橋梁 3次元プロダクトモデルの国際標準の構築—IAI 日本・土木分科会とIAI フランス支部のコラボレーション:IFC-BRIDGE—, 橋梁と基礎, Vol.39, No.7, pp.47-52, 2005.
- 12) IFC-BRIDGE Version1.0 : <http://www.iai-france.org/bridge/BRIDGE-Model/Model-V1/IFC-BRIDGE-V1-Model.pdf>, (入手 2004.10.)

(2006.5.19受付)