空調・衛生設備部材の IFC による表現手法の明確化

CLARIFICATION OF IMPLEMENTATION METHOD OF AIR-CONDITIONING AND PLUMBING FACILITY ELEMENT BY IFC

三木秀樹 ——— * 1 一ノ瀬雅之 ——— * 2
須永修通 ——— * 3 中野民雄 ——— * 4
市川憲良 ——— * 5

Hideki MIKI ——— * 1 Masayuki ICHINOSE — * 2
Nobuyuki SUNAGA — * 3 Tamio NAKANO — * 4
Noriyoshi ICHIKAWA — * 5

キーワード：
空調設備, 衛生設備, 設計施工, CAD, BIM, IFC

Keywords:
Air conditioning equipment, Plumbing equipment, Design and build, CAD, BIM, IFC

BIM attracts attention as the technology of improving the productivity of the construction industry and IFC contributes to realize BIM. However, there is little information about implementation method by IFC. This report is going to clarify the implementation method of the air-conditioning and sanitary facilities element by IFC.

1. はじめに

政府統計によると、2008 年の建設業の労働生産性は、1990 年当時と比較して 30%ほど下落しており、産業全体平均の約 60%、製造業全体平均の約 50%にとどまる状況となっていた¹⁾。建設業の生産性を向上させるには、新技術や新分野への取り組みが不可欠であるが、その一つとして、2009 年頃から BIM^{注1)}が注目されるようになり、現在では実際のプロジェクトで導入される事例も報告されている²⁾。

ASHRAE^{注2)}によると、BIM は「施設の物理的、機能的特性のデジタルな表現であり、施設情報の知識資源として共有され、施設のライフサイクルを通して、意思決定のための信頼性の基盤を形成するもの」である³⁾。BIM は 3 次元形状と属性を併せ持ち、意匠・構造・設備の異なる専門分野、及び施工者・発注者・利用者の異なる立場において、建物の企画・設計・施工・維持管理に渡る時間的な進行段階の共通の情報として扱われる。BIM の導入によって、建築物に関するあらゆる情報が一元化されることにより、情報の重複入力による手間や不整合が削減される共に可視性が高まり、とりわけ建築生産における品質の向上、工期の短縮、費用の低減、さらには適正な維持管理の実現などに対する効果が期待されている。

このような BIM の機能を実現するために、建築物の 3 次元情報モデルを定義した国際仕様である IFC^{注3)}の利用が進みつつある。IFC は IAI^{注4)}によって策定され、ISO 10303s^{注5)} 通称 STEP^{注6)}に準拠し、2005 年には ISO/PAS^{注7)} 16739 の認証を取得し、さらに 2015 年頃までに ISO/IS^{注8)} の認証を取得することが計画されている⁴⁾。アメリカ、デンマーク、フィンランド、ノルウェーの公共建築工事の発注においても IFC による共通規格が採用されており、実質的にも標準規格となりつつある⁵⁾。

しかし、BIM の導入は発展途上段階にあり、実用化に向けて種々の開発・試行が続いている状況である。IFC についても、各種の建築モデリングや解析ソフトウェアにおける実装も増えつつあるが、例えば建築設備分野における種々の要素の表現手法は明確にされた

とは言えず、普及の制約となっている。IFC に代わるものとして、C-CADEC^{注9)}において経路部材(ダクトや配管など)に対する BE-Bridge^{注10)}及び機器部材に対する Stem^{注11)}が整備され、実務で利用されているが、これらは建築全般を対象としたものではないため、BIM への利用は限定的にならざるを得ない。そこで、筆者らは IFC を用いて建築設備要素を表現する手法を長年開発してきた。本報ではその結果を報告する。

2. 建築設備分野における既往の研究

1996 年に IAI の日本支部が設立され、現在まで IFC の普及を目指す活動が続けられてきた。この活動の一環として、1999 年に設備 FM 分科会が、建物モデルと空調熱負荷計算、及び機器選定計算の連携を試行した⁶⁾。また、2007 年には研究助成を受けて、許が建物モデルと空調熱負荷計算、CO2 計算、及びリサイクル性評価といった環境設計アプリケーションとの連携を試行した⁷⁾。一方、2009 年から、空調調和・衛生工学会の BIM・CFD^{注12)} パーツ化小委員会が、建物モデルと空調熱負荷計算、さらに CFD との連携を試行した⁸⁾。

これらの研究では、IFC で構築された建物モデルから、空調熱負荷計算などに必要な情報、例えば壁や窓の面積や方位などが取得され、再入力の削減・正確さの向上が示されていた。また、IFC を扱うために、ミドルウェアである IFCsvr コンポーネント(以下 IFCsvr)⁹⁾が利用されたことが示されていた。しかし、これらの研究は建物モデルと空調熱負荷計算や CFD 計算などの連携による効果の検証に重点をおいたものであり、IFC を用いて建築設備要素を表現するための手法は、モデルの構築方法や IFCsvr を利用した実装方法を含め明確にされていない。

また、米国ローレンスバークレー研究所は、EnergyPlus と IFC の連携について検討¹⁰⁾するとともに、建築環境・設備に関わる中間データフォーマットである SimModel を提案している¹¹⁾が、上記と同様に建築設備要素の表現については明確にされていない。

¹⁾ 須賀工業 工修
(〒110-0005 東京都台東区上野 5-18-10)
²⁾ 首都大学東京 助教・博士(工学)
³⁾ 首都大学東京 教授・博士(工学)
⁴⁾ 福井工業大学 講師・博士(工学)
⁵⁾ 首都大学東京 教授・博士(工学)

¹⁾ Suga Co., Ltd., M. Eng.

²⁾ Assistant Prof., Dept. of Architecture, Tokyo Metropolitan Univ., Dr. Eng.
³⁾ Prof., Dept. of Architecture, Tokyo Metropolitan Univ., Dr. Eng.
⁴⁾ Lecturer, Dept. of Architecture, Fukui Univ. of Technology, Dr. Eng.
⁵⁾ Prof., Dept. of Architecture, Tokyo Metropolitan Univ., Dr. Eng.

IfcFlowSegment のインスタンスを生成するために作成したコードを表 1 に示す。なお、コードはマイクロソフト社の Excel 上で実行できる VBA 注 15) により記述している。

ここに、表 1 の第 2 行は IFCsvr を使用できるように設定するもので、以降は IFCsvr の機能を用いることにより、第 3 行は IFC データを生成するもの、第 4 行はデータに IfcFlowSegment のインスタンスを追加するもの、第 5 行はデータをファイルに保存するものである。

表 1 IfcFlowSegment を作るコード例(要部のみ)

```
str_file = "C:\sample.ifc" ' 適当なパス名及びファイル名
Set obj_IFCsvr = CreateObject("IFCsvr.R300")
Set obj_design = obj_IFCsvr.NewDesign(str_file)
Set obj_entity = obj_design.Add("IfcFlowSegment")
obj_design.Save()
```

このコードを実行することにより、IfcFlowSegment のインスタンスが含まれたデータが生成されるが、このデータにはあまり利用価値がない。なぜなら、図 1 に示すように IfcFlowSegment は、GlobalId、OwnerHistory、Name、Description、ObjectType、ObjectPlacement、Representation 及び Tag のアトリビュートを持つが、この段階ではこれらのアトリビュートが具体的に設定されていないからである。利用価値のあるデータを生成するには、アトリビュートを設定する必要がある。

アトリビュートには必須のものと任意のものがあり、必須のものは当然として、任意のものでも利用上必要なものは設定する。IfcFlowSegment の場合、GlobalId と OwnerHistory は必須であり、他は任意である。任意であるもののうち、ObjectPlacement と Representation は位置や形状を表すために必要と考えられるものである。実際、これらが設定されていないデータを、DDS IFC Viewer 注 16) のようなビューワで表示するとエラーになることを確認した。

アトリビュートの値は、単数あるいは複数の数値あるいは文字及び他のインスタンスへの参照である。例えば、IfcFlowSegment の必須のアトリビュートの内、GlobalId は文字であり、OwnerHistory はインスタンスへの参照である。

生成したインスタンスにアトリビュートを設定するために作成したコードを表 2 に示す。

ここに、表 2 の第 4 行が数値または文字の場合、第 6 行がインスタンスへの参照の場合である。

表 2 アトリビュートを設定するコード例(要部のみ)

```
Set obj_entity = obj_design.Add("IfcFlowSegment")
With obj_entity
    ' ↓ 数値あるいは文字の場合
    .Attributes.Item(属性名).Value = 数値または文字
    ' ↓ インスタンスへの参照の場合
    .Attributes.Item(属性名).Value = objDesign.Add(クラス名)
End With
```

(3) アトリビュートに関連するインスタンスの生成

必要なアトリビュートが他のインスタンスへの参照であれば、そのインスタンスも生成する必要がある。そのインスタンスも必要なアトリビュートを持ち、それが他のインスタンスへの参照であれば、さらに生成を繰り返す。この結果、多くのインスタンスが生成されるであろうことが想定される。

そこで、IfcFlowSegment のアトリビュートに関連して生成すべきインスタンスの全体像を把握するため、仕様書をもとに、最小限のクラスを抽出したものを表 3 に示す。なお、クラスが抽象クラスの場合、適切な下位クラスを選択した。

ここに、IfcFlowSegment の場合、必要なアトリビュートを設定するためには、表 3 に示すように少なくとも 16 種類(重複を除く)のクラスのインスタンスを生成する必要があることが分かる。生成すべきインスタンスが多いため、これらを効率的に生成するには、このように事前にインスタンスの全体像を把握することが重要と考えられる。

表 3 アトリビュートに関連するクラス

```
IfcFlowSegment /OwnerHistory >IfcOwnerHistory
IfcFlowSegment /ObjectPlacement >IfcObjectPlacement
                                     =IfcLocalPlacement
IfcFlowSegment /Representation >IfcProductRepresentation
                                     =IfcProductDefinitionShape
IfcOwnerHistory /OwningUser >IfcPersonAndOrganization
IfcOwnerHistory /OwningApplication >IfcApplication
IfcPersonAndOrganization /ThePerson >IfcPerson
IfcPersonAndOrganization /TheOrganization >IfcOrganization
IfcApplication /ApplicationDeveloper >IfcOrganization
IfcLocalPlacement /PlacementRelTo >IfcObjectPlacement
IfcLocalPlacement /RelativePlacement >IfcAxis2Placement
                                     =IfcAxis2Placement3D
IfcAxis2Placement3D /Location >IfcCartesianPoint
IfcAxis2Placement3D /Axis >IfcDirection
IfcAxis2Placement3D /RefDirection >IfcDirection
IfcProductDefinitionShape /Representations
                             >IfcRepresentation =IfcShapeRepresentation
IfcShapeRepresentation /ContextOfItems
                             >IfcRepresentationContext
                             =IfcGeometricRepresentationContext
IfcShapeRepresentation /Items >IfcRepresentationItem
                             =IfcCartesianPoint
```

(注) クラス /アトリビュート > 参照クラス = 選択クラス

(4) 要素への関連付けに係るインスタンスの生成

IFC では要素間の関連付けをおこなうことができる。代表的なものは、案件に敷地、敷地に建物、建物に階、階に各種の部材をそれぞれ図 2 のように関連付けるものである。

図 2 要素の関連付け(案件、敷地、建物、階及び部材)

ここに、部材を階に関連付けると、部材の位置を階の座標系における相対座標で表現することができ、また存在する全ての部材の中から特定の階に存在するものだけを容易に選別することができるな

ど、利便性が高まる。なお、図2に示すように、関連付けのクラスは関連付ける要素のクラスによって細分化されている。

そこで、階にダクト直管を、建物に階を関連付けるため、仕様書をもとに、これらの関連付けに係る最小限のクラスを抽出したものを表4に示す。

ここに、少なくとも9種類のクラスのインスタンスを生成する必要があることが分かる。

表4 建築要素への関連付けのクラス

IfcProject	
IfcProject /UnitsInContext	>IfcUnitAssignment
IfcUnitAssignment /Units	>IfcUnit =IfcSIUnit
IfcSIUnit / Dimensions	>IfcDimensionalExponents
IfcSite	
IfcBuilding	
IfcBuildingStorey	
IfcRelAggregates	
IfcRelContainedInSpatialStructure	
(注)クラス /アトリビュート >参照クラス =選択クラス	
(注)既述のクラスは除く	

関連付けのインスタンスにより要素同士を関連付けるには、関連付けのインスタンスを生成し、そのアトリビュートとして関連付ける要素のインスタンスを設定する。

生成したインスタンスに関連付けを設定するために作成したコードを表5に示す。

ここに、表5の第3行が関連付けのインスタンスを生成するもの、第5～6行が関連付けを設定するものである。

表5 関連付けを設定するコード例(要部のみ)

Set obj_entity1 = obj_design.Add("IfcProject")
Set obj_entity2 = obj_design.Add("IfcSite ")
Set obj_entity3 = obj_design.Add("IfcRelAggregates")
With obj_entity3
.Attributes.Item("RelatedObjects").Value = obj_entity1
.Attributes.Item("RelatingObjects").Value = obj_entity2
End With

(5) プロパティセットに関連するインスタンスの生成

IFCでは要素にプロパティセットを持たせることができる。要素とプロパティセットを関連付けのインスタンスによって図3のように関連付けるものである。

図3 要素の関連付け(部材とプロパティセット)

プロパティセットはBIMにおけるデータ連携において、各種情報の主たる格納場所としての利用が想定される。そのため、特定したダクト直管の属性はプロパティセットに持たせることとした。

仕様書をもとに、プロパティセットに係る最小限のクラスを抽出したものを表6に示す。

ここに、少なくとも3種類のクラスのインスタンスを生成する必要があることが分かる。

要素にプロパティセットを持たせるには、まず、プロパティのイ

ンスタンスを生成して、属性名と属性値をアトリビュートとして設定する。次に、プロパティセットのインスタンスを生成して、個々のプロパティのインスタンスをアトリビュートとして設定する。最後に、関連付けのインスタンスを生成して、関連付ける要素とプロパティセットのインスタンスをアトリビュートとして設定する。

表6 プロパティセットに関連したクラス

IfcPropertySet	
IfcPropertySet / HasProperties	
>IfcProperty =IfcPropertySingleValue	
IfcRelDefinesByProperties	← 関連付けのクラス
(注)クラス /アトリビュート >参照クラス =選択クラス	
(注)既述のクラスは除く	

プロパティセットを設定するために作成したコードを表7に示す。

ここに、第4～5行はプロパティに属性値を設定するもの、第8行はプロパティをプロパティセットに設定するものである。

表7 プロパティを設定するコード例(要部のみ)

Set obj_entity1 = obj_design.Add("IfcPropertySet")
Set obj_entity2 = obj_design.Add("IfcPropertySingleValue")
With obj_entity2
.Attributes.Item("Name").Value = 属性名
.Attributes.Item("NominalValue").Value = 属性値
End With
With obj_entity1
.Attributes.Item("HasProperties").Value = obj_entity2
End With

(6) プロパティセットの定義

プロパティセットはユーザーによる定義ができる一方で、汎用性の低下を招くおそれがある。そのため、プロパティセットを利用するにあたり、既存の属性定義を活用することを考えた。空調・衛生設備分野では、C-CADECが設備CAD間でのデータ交換を目的として、ダクトや配管などの属性を定義するBE-Bridgeを策定しており、主たる設備CADがこれを実装し、実務で利用されている。BE-Bridgeは、特定したダクト直管の属性を全て含み、それ以外にも属性を持つ。BE-Bridgeを利用すると、定義された属性名、単位、データ型などを利用できるだけでなく、それらの意味が明確であるため、関係者間で共通の理解を得ることが容易になり、汎用性が高まる。なお、BE-Bridgeを利用するにあたり、日本語に対応していないIFCビューワもあることから、日本語表記に対応した英語表記を検討してC-CADECに提案し、採用された¹³⁾。これを表8に示す。

ここに、表8の右覧の属性名をプロパティの属性名として使用し、また、属性値にはBE-Bridgeに定義された値を使用する。

表8 BE-Bridgeの属性表記(抜粋)

属性名(日本語表記)	属性名(英語表記)	
データ種別	data_class	ダクト・配管などの区分クラス
系統名	system_name	
パターン No. 大分類	large_pattern_number	直管・継手などの区分
パターン No. 小分類	small_pattern_number	
ダクト形状寸法データ	shape_size	
用途	use	呼び寸法など
風量	air_volume	

これはまた、日本の標準であるBE-Bridgeを国際標準であるIFCに連携させることができることを示している。IFCに対して、日本

の特性を反映した既存の標準、あるいは今後策定される標準が、排斥されことなく連携できる枠組みがあることは、BIMの試行を進める上で、非常に重要である。

(7) タイプに関連するインスタンスの生成

前述のように IfcFlowSegment にはダクト直管だけでなく配管の直管も該当するため、両者を区別する必要がある。ここでは、表 8 に示す「パターン No.」を用いても区別はできるが、より明示的に区分の属性を持たせることとした。

仕様書をもとに、区分に係る最小限のクラスを抽出したものを表 9 に示す。

ここに、少なくとも 2 種類のクラスのインスタンスを生成する必要があることが分かる。

表 9 区分に関連したクラス

IfcDuctSegmentType IfcRelDefinesByType	← 関連付けの クラス
(注) クラス /アトリビュート >参照クラス =選択クラス (注) 既述のクラスは除く	

区分を設定するには、区分のインスタンス及び関連付けのインスタンスを生成して、要素への関連付けを設定する。

区分を設定するために作成したコードを表 10 に示す。

ここに、表 10 の第 2 行がダクト直管の区分のインスタンスを生成するものである。

表 10 区分を設定するコード例(要部のみ)

```
Set obj_entity1 = obj_design.Add("IfcFlowSegment")
Set obj_entity2 = obj_design.Add("IfcDuctSegmentType")
Set obj_entity3 = obj_design.Add("IfcRelDefinesByType ")
With obj_entity3
    .Attributes.Item("RelatedObjects").Value = obj_entity1
    .Attributes.Item("RelatingType").Value = obj_entity2
End With
```

4. 結果

以上の検討を統合することにより、IFC を用いてダクト直管を表現した。生成すべきインスタンスは下記に分類される。インスタンスの属性を設定する際に、別のインスタンスへの参照となる場合はそのインスタンスも生成する。

- ・ IfcFlowSegment
- ・ IfcSpatailStructure および関連付けインスタンス
- ・ IfcPropertySet および関連付けインスタンス
- ・ IfcDuctSegmentType および関連付けインスタンス

表 3、4、6 に示すように関連するクラスの全体像を把握すれば、表 1、2、5、7 に示すような簡易なコードでインスタンスの生成とアトリビュートの設定をおこない、目的のモデルを生成できる。

DDS IFC Viewer を用いて、生成した IFC データの形状を表示したものを図 4 に示す。

ここに、モデルに必要なとしたダクト直管の形状が想定通り生成されていることが確認できた。

同じく、DDS IFC Viewer を用いて、生成した IFC データの属性を表示したものを図 5 に示す。

ここに、モデルに必要なとしたダクト直管の属性が想定通り生成されていることが確認できた。

図 4 IFC による IfcFlowSegment の形状表現

図 5 IFC による IfcFlowSegment の属性表現

建築設備要素が IFC で表現されることにより、同じく IFC で表現された建築要素との統合が可能になり、例えば部材の干渉確認や点検空間の確認などに利用できる。干渉確認により干渉箇所を減らすことができれば、施工における手戻りが減り、工期の短縮、費用の低減に寄与する。また、点検空間の確認により、点検空間を適切に確保できれば、点検作業を行ない易くなり、建物の使い勝手つまりは品質の向上に寄与する。

5. 情報の取得

このように生成した IFC ファイルからは情報を取得できる。例えば、上記で生成した IFC ファイルから特定の階にある IfcFlowSegment のインスタンスを選別し、そのプロパティセットのプロパティを取得することが考えられる。

特定の階にある IfcFlowSegment のインスタンスを選別するために作成したコードを表 11 に示す。

ここに、表 11 の第 2～3 行は関連付けのインスタンスを取得するもの、第 5～8 行は特定の階にあるインスタンスを取得するもの、第 12 行はそこから IfcFlowSegment を選別するものである。

表 11 階から IfcFlowSegment を選別するコード例(要部のみ)

```
str_name_b=" 3F" 適当な階数
Set obj_entities_r = objDesign.FindObjects _
    ("IfcRelContainedInSpatialStructure")
For Each obj_entity_r In obj_entities_r
    Set obj_entity_b=obj_entity_r.Attributes.Item _
        ("RelatingStructure") 関連先
    If obj_entity_b.type =" IfcBuildingStorey" And _
        obj_entity_b.Item("Name") = str_name_b Then
        Set obj_entities_f = obj_entity_r.Attributes.Item _
            ("RelatedObjects") 関連元
        For Each obj_entity_f In obj_entities_f
            If obj_entity_f.type ="IfcFlowSegment" Then
                'obj_entity_f は階に関連する IfcFlowSegment
            End If
        Next obj_entity_o
    End If
End If
Next obj_entity_r
```

同様に、インスタンスのプロパティセットを取得するために作成したコードを表 12 に示す。

ここに、表 1～2 行はプロパティセットを持つ要素を選別するもの、第 4～5 行はプロパティのインスタンスを取得するもの、第 7～8 行は特定の属性名の属性値を取得するものである。

表 12 プロパティセットを取得するコード例(要部のみ)

```
Set obj_entities_ps = obj_entity_f.GetUsedIn _
    ("IfcRelDefinesByProperties", "RelatedObject")
For Each obj_entity_ps In obj_entities_ps
    Set obj_entities_p = obj_entity_ps.Attributes.Item _
        ("HasProperties")
    For Each obj_entity_p In obj_entities_p
        If Attributes.Item("Name").Value = 属性名 then
            属性値=.Attributes.Item("NominalValue").Value
        End If
    Next obj_entity_p
Next obj_entity_ps
```

6. まとめ

ダクト直管を例として、モデルに必要な情報を特定し、IFC を用いて実装することにより、建築設備要素を IFC を用いて表現する方法を明確にした。

現状では、主として施工段階における設備要素と建築要素あるいは設備要素同士の干渉確認が BIM の主たる目的となっているが、今後は、設備設計における熱負荷計算や気流計算などのシミュレーション、積算、工程管理、さらにはファシリティーマネージメントにおける性能検証や運用管理などの側面でも建物価値向上に貢献すると考えられる。

建築要素と設備要素が一体的に機能するようなプロジェクトにおいては、建築要素と設備要素の両方を扱うことができ、また仕様が公開されているため多くの関係者が利用しやすい IFC が用いられることが増えると考えられるため、本検討で提示した設備要素の記述手法が参考になるものと考えられる。また、本検討ではダクト直管を例としたが、それ以外のダクト部材や配管部材、機器部材、さらには建築部材についても、ダクト直管に対して検討した手順・方法が応用できるとも考えられる。これにより、BIM が IFC で構築される場合において、データ連携の試行がスムーズになされることが期待される。

設備システムは建物の用途や規模で多様性を有するため、今後は、複数の典型的なシステムについて今回と同様な検討を行って、汎用化を進めていくことが必要であると考えられる。

【謝辞】

本検討の一部は、IAI 日本 設備 FM 分科会における活動内容の一部を踏まえている。分科会関係各位に対して、ここに記して謝意を表する。

【注記】

- 注1) Building Information Model または Modeling
- 注2) American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers, 米国暖房冷凍空調学会
- 注3) Industry Foundation Classes
- 注4) International Alliance for Interoperability, 現 buildingSMART International
- 注5) Industrial automation systems and integration Product data representation and exchange, 産業用オートメーションシステム及びその結合—製品データの表現及び交換。-s は series すなわち複数の規格群であることを示す。
- 注6) Standard for Exchange of Product Model Data
- 注7) Publicly Available Specification
- 注8) International Standard
- 注9) 'Construction - CAD and Electronic Commerce' Council, 一般財団法人 建設業振興基金 設計製造情報化評議会
- 注10) Building Equipment - Brief Integrated Format for Data Exchange, 設備 CAD データ交換仕様
- 注11) Standard for Exchange of Mechanical equipment library data, 設備機器ライブラリデータ交換仕様
- 注12) Computational Fluid Dynamics, 数値流体力学
- 注13) 実在する物体等についてのシステムの表現方法の仕様
- 注14) 2013 年 2 月現在の最新版は 2x3。前の版は 2x2。
- 注15) Visual Basic for Application
- 注16) Data Design System, DDS Viewer for IFC Version 6.34

【参考文献】

- 1) 建設通信新聞, 2011.4.1
- 2) 藤咲雅美, いま BIM のメリットが最も発揮できる設備設計, Archi Future 2011 セミナー, 2011.10
- 3) BIM Steering Committee, An Introduction To Building Information Modeling (BIM), ASHRAE, 2009.10
- 4) IFC Roadmap Summery, buildingSMART HP, 2012.4
- 5) 足達嘉信, BIM を実現する標準データモデル IFC 及びその国際的な活用動向, 建築コスト研究 17(2), pp.5-17, 2009.4
- 6) 今野一富ほか, 建物モデルと熱負荷計算の連携, IAI 日本, 1999
- 7) 許雷, 国際仕様 IFC による建築デジタル環境設計ツールの開発に関する研究, IAI 日本, 2007
- 8) 河野良坪, 石崎陽児, 一ノ瀬雅之ほか, 建築環境 CAE ツールにおける BIM 連携化と CFD パーツ化に関する研究, 空気調和衛生工学会論文集 No.174, pp.15-21, 2010.9
- 9) 足達嘉信, SECOM, IFCsvr, <http://groups.yahoo.co.jp/group/ifcsvr-forum/>
- 10) V. Bazjanac, T. Maile, IFC HVAC INTERFACE TO ENERGYPLUS - A CASE OF EXPANDED INTEROPERABILITY FOR ENERGY SIMULATION, SimBuild 2004, IBPSA-USA National Conference Boulder, CO, August 4-6, 2004
- 11) James O'Donnell, Richard See, Cody Rose, Tobias Maile, Vladimir Bazjanac and Phil Haves, SIMMODEL: A DOMAIN DATA MODEL FOR WHOLE BUILDING ENERGY SIMULATION, proceedings of Building Simulation 2011, pp.382-389
- 12) buildingSMART International, <http://www.buildingsmart.org/>
- 13) 空調衛生設備属性セット (案), C-CADEC, 2005.03

[2013 年 2 月 20 日原稿受理 2013 年 6 月 5 日採用決定]