

展 望



建築生産システム統合化のためのプロダクトモデルの研究と利用の展望†

下 平 丕 作 士††

1. はじめに

建築生産は基本的に一品受注生産であり、多数の組織・企業の分業による共同作業によって行われている。分業の形態には、設計、施工、維持管理・FM（ファシリティマネージメント）という生産フェーズごとの分業と、設計段階における意匠、構造、設備という専門分野ごとの分業がある。建設業の最近の顕著な動向として、深刻な人手不足、業務内容の国際化、FM 概念の浸透による建物の運用段階の重視などがあげられる。

近年、製造業における CIM (Computer Integrated Manufacturing) に対応して、建設業においても CIC (Computer Integrated Construction) という概念が提唱されている。CIC とは、コンピュータの助けによって建築の設計から施工、維持管理・FM に至るすべての生産活動における情報の流れを円滑にし、かつ、生産活動の自動化を促進しようとするものである。CIC の中核になるのは、図面に代わって建物を定義するとともに、情報伝達の手段となるプロダクトモデル（建築分野では建物モデルとよぶ）である。

本展望では、建物モデルとこれによる情報伝達に関する研究開発と利用の現状について、CIC という視点から整理して概説し、主観的な立場から今後の研究課題について述べる。

2. 建築生産におけるコンピュータ利用の現状と問題点

2.1 コンピュータ利用の現状

建築分野では、構造計算、日照計算などの技術計算については、ほとんどの企業がコンピュータ

を利用しているが、CAD が実務に定着し始めたのはここ数年のことである。用いられている CAD の多くは 2 次元の汎用的な作図 CAD であるが、建物モデルを用いて自動作図を行う専用 CAD も利用されている。最近では、複数の専門分野・生産フェーズにまたがった統合型システムも開発されつつある。

2.2 図面に基づいた建築生産の問題点^{1),2)}

図面の機能は、建物を定義・表現することであり、そのために、3次元物体である建物を 2次元化して表現している。図面の用途は、設計者の思考の手段であるとともに、設計者と施工、専門分野・生産フェーズ間の情報伝達の手段である。

図面の問題点として、第一に定義の重複があげられる。同一または異なった専門分野の各種設計図には重複した表現がかなりあり、図面の作成・修正にあたって二重・三重の手間を要している。第二の問題点として、定義と表現が不十分であることがあげられる。それは、3次元物体を 2次元化する際に情報が欠落してしまうことと、読む人の建築的知識を前提として、慣習による様式化した表現を用いていることに起因している。CAD により作成した図面でも、事情は同様である。図面は通常線分、文字などの集積であり、コンピュータが図面の表現内容を理解できるわけではない。このために、図面から 3 次元的データ (CG, 数量積算など) を作成する際には、建築的知識をもった人間の介入を必要とし、膨大な手間を要している。

2.3 データ共用の問題点

建築生産における情報の流れをみると、専門分野・生産フェーズ間で前工程の出力の一部が後工程の入力の一部になっている。後工程では、前工程の出力と追加データが入力されるが、前工程の出力を後工程で自動的に利用できる場合には、後

† Perspectives on Research and Utilization of Building Product Models for Computer Integrated Construction by Hisashi SHIMODAIRA (Building Engineering Development Office, Building Engineering Department, Nippon Telegraph and Telephone Corporation).

†† 日本電信電話(株)建築部建築技術開発室

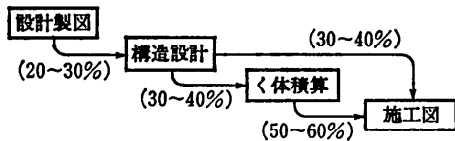


図-1 データの共用可能率の分析例¹⁾

者の入力においてデータの共用率に相当する省力化効果が得られる。データ共用可能率の分析例¹⁾を図-1に示す。ここで、く体とは、柱、梁などのような建物の構成要素をいう。

データ共用の問題点として、専門分野・生産フェーズ間の業務分担についての業界の慣習と、異なったCAD間のデータ交換という二つの側面がある。汎用作図CADを用いた場合、たとえば、設計段階で意匠設計の平面図が設備設計の下図として用いられる程度で、生産フェーズが異なると新たに図面を描き起こしており、データの共用はほとんどなされていない。また、専用CADでは各分野で都合のよいようなデータの表現を用いているため、データの互換性をとるのが難しく、データの共用の不十分なものが多い。

2.4 CAD データ交換の問題点^{4),5)}

今日、各専門分野・関連企業で異なったCADを用いていることが少なくなく、CADデータの交換は重要な問題になってきている。CADデータ交換の標準化は、1980年にアメリカNBS(商務省標準局)によって規格化されたIGES(Initial Graphics Exchange Specification)バージョン1.0が最初である。IGESは、異なるCAD間で図面データや形状データを交換するための中立的な仕様を決めたものである。その後、何回か機能拡張が行われたが、データを正しく受け渡せないことがある、仕様の規程が不十分であるなどの問題点があり、今後の体系的発展が困難であると判断され、次章で述べるSTEPの開発に重点が移されている。

パソコンCADのデータ交換には、AutoCADの外部ファイル形式であるDXFが事実上の標準として用いられつつある。しかし、日本ではアメリカのようにしっかりした検証体制がとられていないために、完全に互換性がとれる形で使われていないようである。

3. プロダクトモデルとSTEPによるデータ交換

3.1 プロダクトモデル^{4),6)~8)}

プロダクトモデルとは何か

プロダクトモデル(製品モデル)とは、広く製造業において、設計から解析、製造、検査、運用・保全に至る全ライフサイクルにわたって、プロダクトに関する情報を定義したモデルである。プロダクトを定義するデータは、幾何形状、属性、材料、公差などプロダクトを完全に定義するのに必要なすべてのデータをいう。

プロダクトモデルの必要性

建築以外の製造業においても、図面は設計者から生産技術者に製品についての情報を伝達する手段の一つである。これらの図面はCADによる図面であってもコンピュータが理解できるように明確に記述されている情報はきわめて少なく、生産技術者があらためて図面を解釈し、生産に必要なデータを再定義しているのが実状である。CIM実現のためには、設計者と生産者間の情報伝達を、人間の介在を避けていかに自動化するかがその鍵となる。このためには、図面に代わって、製品に関する情報をコンピュータが理解できるように明確に記述した「プロダクトモデル」によって、情報の伝達を行うことが不可欠である。この場合、図面はプロダクトモデルを人間が理解できるように紙上に映し出したものである。

3.2 STEPによるデータ交換^{4),6)~8)}

STEPとは何か

STEPについては、資料や論文を入手するのが難しいこともあって、あまり知られていないため(ことに、建築の分野では)、ここではやや詳細にその概要と現在の取組み状況について述べることにする。

STEPはプロダクトモデルデータの定義と交換に関するISOの標準案であり、Standard for the Exchange of Product model dataの略称である。STEPは単なる標準ではなく、進歩の著しいCIMの技術分野において、「プロダクトモデルとして何が必要であるか、それをどのようにして表現するか」を先導的に示していくとするもので、研究・開発活動の成果としての「先取り型標準」である。活動の中心は、アメリカ、ついで

ヨーロッパであり、数多くのグループによって行われている。

STEP は 1984 年から開発が始められた。1988 年に東京で開催された ISO/TC 184/SC 4 会議において最初の草案が発表され、各国の組織によるレビューが行われた。その結果を取り入れた STEP バージョン 1.0 の各種ドキュメントが、1990 年 6 月から発表され始めており、国際的な賛否の投票を経て、1991 年夏には国際標準案になる予定である。

STEP の開発目標と適用範囲

STEP は、類似の機能をもっているが、異なった内部データ構造をもった CAx (CAD, CAM など) システム間で、プロダクトデータを効率よく変換する手段を提供することを目的としている。データ交換においては、人間の解釈の介在なしに、データの配置やシンタックスだけでなく、データの意味も含めて完全に伝達することを目標としている。また、別の目標として、プロダクトデータに基づいた CAx システムの共用的なデータベースの定義に用いられることが期待されている。

作図データを扱う IGES では、一本の線分がシリンダなのかパイプなのかは明らかではなく、データを送る側から受け取る側に、その線分が表す意味についての情報を別途伝える必要がある。一方、STEP では、シリンダの作図上の表現である線分を交換の対象とするのではなく、シリンダの意味を含めてプロダクトとして定義し、そのデータを交換しようとするものである。

STEP はプロダクトデータを対象としているが、作図データなどのプレゼンテーション用データも適用範囲に含んでいる。対象とする分野は、機械、電気/電子、建築・土木 (AEC: Architecture, Engineering and Construction) である。

STEP の仕組み⁷⁾

STEP の仕組みを、図-2 に示す (文献 7) で明確でないところについては、筆者の解釈による)。STEP はこのような仕組みを実現するために、以下に述べる方法論から構成されている。

(1) 資源情報モデル

このモデルは、応用処理プロ

トコル開発の基礎となるデータ内容を定義する情報モデルであり、汎用的なモデルと個々の応用処理をサポートするモデルとがある。汎用的なモデルとしては、形状定義のための曲線、曲面、ソリッド、オブジェクト間の結合関係を表すトポロジなどのモデルがある。このモデルは EXPRESS という実装 (インプリメント) 独立な言語によって定義されている。

(2) 応用処理参照モデル

個々の応用分野において、必要な情報構造と拘束条件を標準的な表記法で記述した情報モデルであり、その分野の専門用語や規則を用いて表現される。この情報モデルは、NIAM (図-10 の例参照) または IDEF 1X という図形を用いた言語により表現される。建築分野を対象としたものとして、一般 AEC 参照モデルがある。

(3) 応用処理プロトコル

応用処理プロトコルは、実装のための包括的な要求条件を定義するもので、応用領域 (作図、有限要素解析など)、資源情報モデルから詳細化されるエンティティの解釈、エンティティに対して加えられる拘束条件、コンフォーマンステストの要求条件などを含む。応用処理プロトコルの一部は、情報資源モデルから写像 (データ変換) によって得られる。

(4) 応用処理翻訳モデル

応用処理参照モデルと応用処理プロトコルの情報要求条件に機能的に等価な STEP のデータ構造を、EXPRESS を用いて記述したモデルである。応用処理プロトコルに従って、応用処理参照モデルから写像して作成される。両モデルは等価であり、相互に変換できる。

(5) 実装方法

応用処理翻訳モデルなどは実装独立であり、システム間のデータ交換は物理ファイル (STEP 交

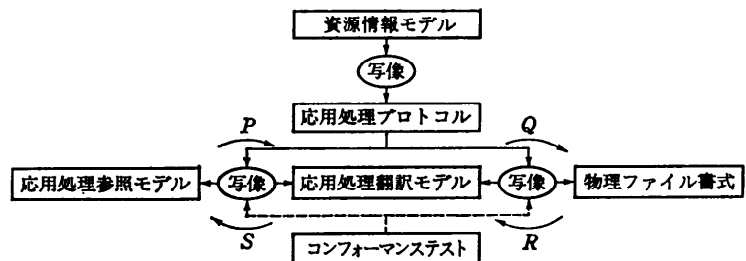


図-2 STEP の仕組み

換ファイル) によって行われる。物理ファイルはシーケンシャルファイルの実装方法である。EXPRESS から物理ファイルのシンタックスへの写像ルールが提供される。

(6) コンフォーマンステスト

コンフォーマンステストとは、対象となるプロダクトについて、それに基づいて実装されるべき応用処理プロトコルを満足しているかどうかをテストする方法論である。

STEP によるデータ交換

二つのシステム間でデータ交換をする場合には、図-3 のようになる。ここで、プリプロセッサとは、ある CAx システムの内部データベースのフォーマットから、標準的なプロダクトデータフォーマットにプロダクト情報を翻訳するシステムである。ポストプロセッサは、その逆を行うシステムである。図-2 に示すような仕組みによって、プリ・ポストプロセッサをどのようにして作成できるのかについては、文献7) では明確にされていないが、筆者の解釈を述べる。

プリプロセッサでは、A システムのデータ構造が与条件であり、これより A システムの応用処理参照モデルが導かれ、これを実装するための応用処理プロトコルが得られる。この応用処理プロトコルに基づいた、応用処理参照モデルから応用処理翻訳モデルへの写像を P 、応用処理翻訳モデルから STEP ファイルへの写像を Q とすれば、プリプロセッサは写像 P と Q を加え合わせたものとして求められる。

ポストプロセッサでは、B システムのデータ構造が与条件であり、これより B システムの応用処理参照モデルが導かれ、これを実装するための応用処理プロトコルが得られる。この応用処理プロトコルに基づいた、STEP ファイルから応用処理翻訳モデルへの写像を R 、応用処理翻訳モデルから応用処理参照モデルへの写像を S とすれば、ポストプロセッサは写像 R と S を加え合わ

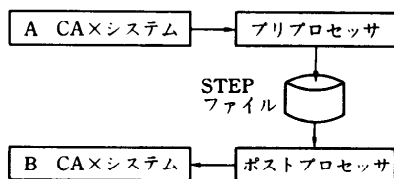


図-3 STEP によるデータ交換の仕組み

せたものとして求められる。

国内活動⁴⁾

通産省工業技術院の指導のもとに、1985 年に(社)日本コンピュータグラフィクス協会内に ISO/TC 184/SC 4 国内対策委員会が設けられ、STEP についての審議が行われている。また、1987 年に同協会内に会員制組織の STEP 委員会が設けられ、STEP の仕様や開発状況を広報するとともに、日本国内での経験や意見・要求を STEP の仕様に反映するための活動が行われている。1990 年には、同協会内に会員制組織の STEP センタが設けられ、STEP 交換処理システムを開発することとなっている。

4. 建物モデル

4.1 建物モデルと建築生産システムの統合化 建物モデル⁵⁾

建築分野のプロダクトモデルを建物モデルとよぶこととする。建物モデルとは、建物の設計から施工、維持管理・FM に至る全ライフサイクルにわたって、幾何形状、機能、構成要素間の関係などの建物に関するすべての情報を定義したものである。建物モデルが効率よく利用されるためには、構成要素や空間の機能、構成要素間の関係などのような建築的意味が表現されている必要がある。データの冗長性のうち、あるデータが他のデータから導かれる場合については問題がある。たとえば、床面積はまわりの壁の幾何形状から計算されるが、床面積をどのように扱うかである。

建物モデルの形状表現については、3次元モデルと誤って考える人がいるが、大部分が通り芯と柱、壁などの断面形状の組合せ及びシンボルによって表せるのであり、外部表現のために必要なソリッドモデルなどはこれから導けばよいと考えられる。

建築生産システムの統合化のイメージ

建物モデルによる建築生産システムの統合化についてのイメージを、図-4 に示す。建物モデルは、各生産フェーズで図面に代わって建物を定義する手段として用いられるとともに、フェーズ間の情報伝達手段として用いられる。建物モデルは図-5 に示すように、変換プロセスを経て各応用処理に必要なモデルに変換される。建物モデルに建築的意味を包含させることにより、応用処理モ

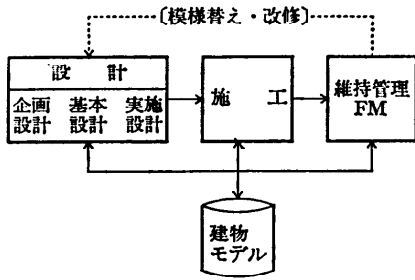


図-4 建築生産支援システムの統合化のイメージ

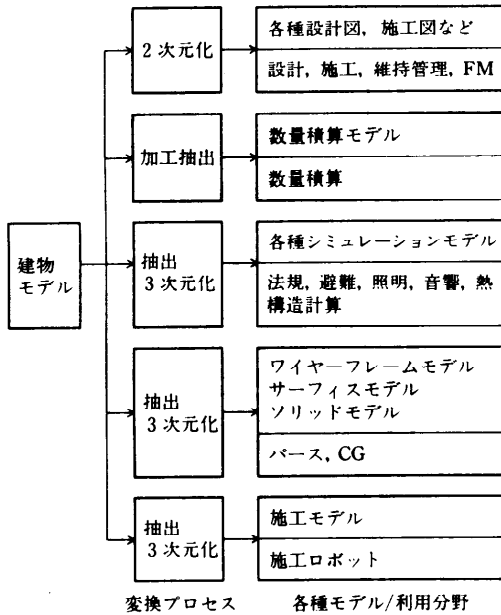


図-5 建物モデルの利用方法・利用分野

モデルへの変換の自動化が可能になる。このような枠組みの中では、建物の設計は、CG や音響シミュレーションなどによる感覚的・技術的評価に基づいて、建物モデルを作成していく行為となる。図面は、建物モデルを人間が理解しやすいように2次元化して表現したものとなる。

建物モデル利用のメリットとしては、データの共用による二重投入の排除、データ投入時の人為的ミス排除、設計変更時の修正の関連部分への自動的反映、及び各種応用処理モデル作成の自動化やロボットによる施工の自動化などがあげられる。結果として、省力化と作業時間の削減及び品質の向上が期待できる。

4.2 STEP における建物モデルの研究

STEP では、建物の概念モデルを作成し、これに基づいて、具体的な建物のトポロジカルなモデルを導き、ついでトポロジカルなモデルに構成要素の寸法・位置を与えて建物の幾何形状を表すことが想定されている。

抽象化¹⁰⁾

建物の概念モデルは、図-6 に示す三つの抽象化手法によって作成される。第一の抽象化は、一般化/特殊化であり、個々のエンティティは一般的なエンティティのサブタイプとして定義される。これらの間の関係は is-a 関係であり、特性が承継される。第二の抽象化は集合/分解であり、複雑なプロダクトをその構成要素に分解するために用いられる。これらの関係は is-part-of または contains である。第三の抽象化は特性表示であり、特性を定義するために用いられる。これは、is-aspect-of または is-characteristic-of という関係によってモデル化される。これらの三つの抽象化は、プロダクトのライフサイクルによって拡張される。

GARM^{10),11)}

GARM (The General AEC Reference Model) は、一般化/特殊化の軸の AEC レイヤに位置し、建築・土木・プラントなどのプロダクトデータの組織化のための一般的枠組みを与えるモデルである。個々のプロダクトタイプモデルは、GARM における一般的な概念を用い、その分野特有のエンティティやデータ構造を加えて作成さ

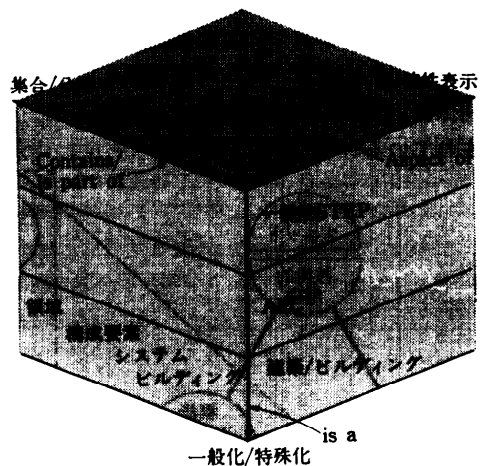


図-6 プロダクトモデルを定義するための三つの抽象化¹⁰⁾

れる。

このモデルは、プロダクトの分解を表す一般的なエンティティであるプロダクト定義ユニット(PDU)に基づいている。あらゆるオブジェクトまたはオブジェクトの部分はPDUである。PDUは他のより小さいPDUに分解することができる。PDUには、ライフサイクルの段階に応じて、設計要求をまとめる段階では機能ユニット(FU)、設計段階では技術的解決(TS)というサブタイプがある。

GARMにおけるプロダクトの分解や特殊化は、CI/Sfb, BIC などのようなコード体系に基づいた分類手法によって必要なレベルまで詳細にサブタイプを定義することによって行われる。

GARMでは、個々のプロダクトに対する分解を規定していない。PDUがどのように分解され、関係づけられるかは設計過程の一部であり、利用者によって行われる。

FUは設計対象に対する要求条件や拘束条件を集めたものであり、TSはこれらの要求条件に対する可能な解を記述する。一つのTSは、集合/分解という抽象化によりいくつかのFUに分解される(図-7)。結果としてプロダクトデータの構造はツリー状になる。ツリー構造だけでは実世界を表現できないため、図-8に示すように、FUに端子を設けてインタフェースによって相互の関係を表現する。このようにして作成されるモデルは、プロダクトを機能的な面から表したネットワークになる。

例として、図-9に示すデモ用家の第一レベルの分解についての概念モデルを、図-10に示す。FU, TSの相互の関係は、NIAMの表記法によって表現されている。

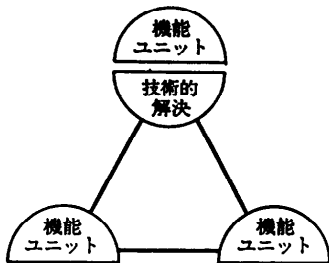


図-7 分解/集合の手法¹¹⁾

GARMでは、標準幾何形状とアスペクト指向幾何形状をサポートしている。標準幾何形状は、設計・製造過程で関係者間の情報伝達に用いられるものであり、ワイヤフレーム、サーフィスマデル、ソリッドモデルなどを用いることができる。特定の建物をモデル化するには、上記の方法で作成される機能ネットワークと標準幾何形状を結びつけることが必要である。アスペクト指向幾何形状は、用途に応じた形状の表現であり、たとえば、プロダクトの挙動のシミュレーションや解析に用いられる。

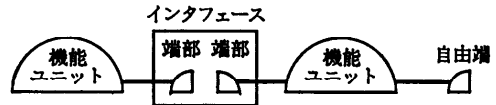


図-8 機能ユニット間の関係づけ¹¹⁾

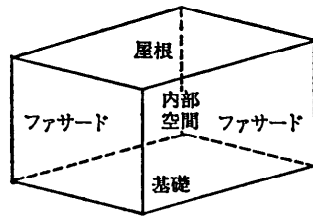


図-9 デモ用家のレベル1分解

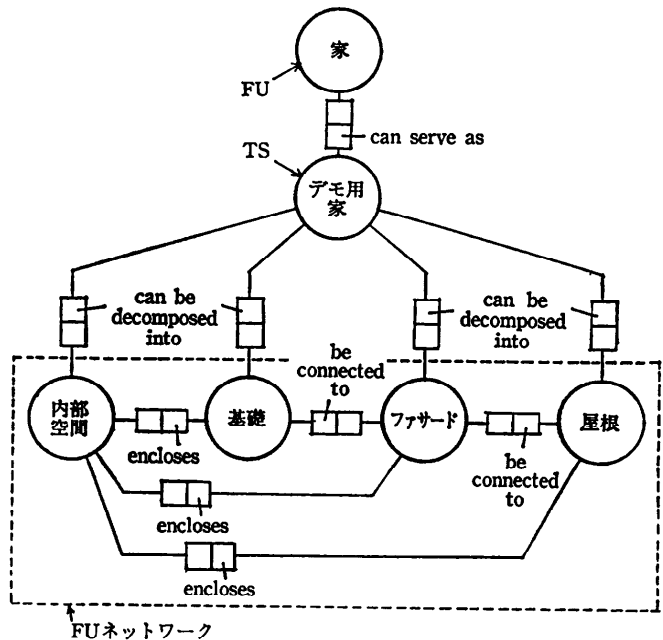


図-10 デモ用家の概念モデル (レベル1の分解)¹¹⁾

メタトポロジ¹²⁾

プロダクトのトポロジカルな意味をネットワークとして表現する手法であり、機能ネットワークとトポロジカルモデルを結びつけるために用いられる。メタトポロジでは、機能ユニットの端子は境界端子と領域端子として表され、インタフェースは、それぞれ境界インタフェース (bounds/is bounded by) と領域インタフェース (encloses/enclosed by) によって表される。例として、物掛けのメタトポロジカルな表現を図-11 に示す。ここで、BとDはそれぞれ境界インタフェースと領域インタフェースであり、矢印は次元が低下する方向を示している。

建築システムモデル¹³⁾

このモデルは、建物データの構造を標準的な手法で解析するための手法を示したものである。構成要素には共通のものが多いため、すべての属性を一般的な辞書のオブジェクトとし、個々の構成要素の属性は、これを組み合わせて表現することを提案している。これによって、個々の構成要素がどのような属性をもつかを標準として定める必要がなくなり、建物データの体系化と中立ファイルによる交換が可能になると述べている。

STEP のコンセプトの実証^{10),11)}

GARM に示されたコンセプトに従って、実験的なプロダクトモデラー ProMod が開発され、事務所建築、道路標識、陸橋に適用され、たとえば、事務所建築ではエネルギー計算や積算書の作成が行われている。また、各種 CAD システム (ProMod, Calma, AutoCAD など) について、STEP によるデータ交換システムが開発されている。

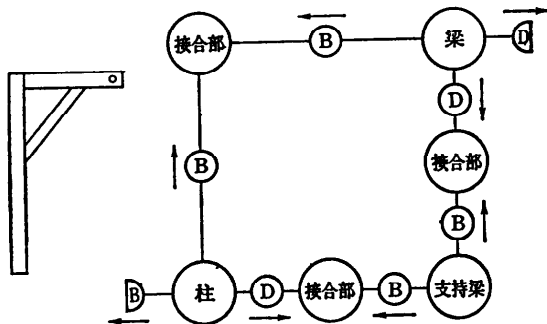


図-11 物掛けのメタトポロジレイヤ¹²⁾

4.3 建物モデルに関する既往の研究と建物モデルに基づいたシステムの開発例

データモデルとモデル化の手法

最近の建物モデルに関する研究開発例では、オブジェクト指向とデータ抽象化の概念に基づいているものが多い。オブジェクト指向データモデルは、物理的な系における構成要素に直接対応させたオブジェクトによってモデルを構成するもので、オブジェクトは抽象化されたクラスというテンプレートのインスタンス (実例) であると考えられる。クラスは、一般化/特殊化や集合/分解というデータ抽象化手法を用いて階層化され、下位のクラスは上位のクラスの属性などを承継する。オブジェクト間に種々の関係を設定することにより、意味を含めて実世界をネットワークとして表現することができる。

Fenves¹⁴⁾ は、オブジェクト指向データモデルは工学分野のデータモデルとして最も有用で強力であると述べている。Fenves はクラスとして、設計対象、関係、拘束などを定義しており、壁付骨組のモデル化の例を示している。

標準的建物モデルの構築

フィンランドでは、建設産業の国家的なプロジェクト (RATAS) において、建物モデルの枠組みの開発とプロトタイプによる実験を行っている¹⁵⁾。オブジェクト指向の概念に基づいており、抽象化の階層は5段階に分けられている。オブジェクト間の関係、幾何形状の表現などについては、標準的手法を規程していない。

オランダにおいても、政府が設立した独立した団体で、建設プロジェクトのデータを記述する一般的なデータモデルの開発を行い、関連業者間のデータ交換が可能な仕組みを提供しようとしている¹⁶⁾。

スウェーデンでは、国家的プロジェクトによって、建設業全体の情報交換のための中立的構造の建物モデルの開発を行っている。その概念モデルはオブジェクト指向に基づいており、クラスやその属性は BSAB コードによって分類され、コード付けが行われている。また、オブジェクト間の物理的・機能的関係も表現されている。現在、データベースの実装を行っており、1991年に完成の予定である¹⁷⁾。

建物モデルの例

Law¹⁸⁾は、建物設計データのモデリングのための一般的な階層構造を示している。モデルは、トポロジカルビュー、構造的ビュー、建築的ビューという三つの見方からなっている。トポロジカルビューは、頂点、稜線、面などの結合関係を表す空間的表現である。構造的ビューは、建築構造の物理的構成要素の表現である。建築的ビューは、空間的構成要素と建物の機能の表現である。これらのビューは、一つのモデルとして統合化されている。

長沢ら¹⁹⁾は、オブジェクト指向の概念に基づいた建物モデルにおいて、部材の移動、削除などに際して、従属する部材の移動、削除などを建物モデル自身に行わせるために、プラグとソケットという仕組みを工夫している。たとえば、柱のプラグには配置の基準となる基準線名を、基準線のソケットには配置される柱の名称が格納されており、基準線の移動にともなって柱と一緒に移動する。

中川ら²⁰⁾は、オブジェクト指向とフレームの考え方に基づいて、構造設計用の建物モデルを意味ネットワークとして表現している。建物を構成する物理的な部材要素だけでなく、通り芯、通り芯交点、階、平面などの機能的意味をもつ要素もオ

ブジェクトとして扱っている点に特徴がある。

横井²¹⁾は、住宅設計の実用システムの建物モデルを6階層からなる階層構造と、もの間の関係を表す網構造を組み合わせて表現している。上から2番目の階を表す階層と、最下位の階層の属性の位置・形状によって、建物の形状を表すようになっている。もの間の関係によって、形状や仕様の変更に対する修正を自動的に行わせるように工夫されている。

建物モデルに基づいたシステムの開発例

表-1に、建物モデルに基づいたシステムの開発例の主なものを示す。

4.4 分類とコード体系

分類とコードは、効率のよい情報伝達のための共通的な言語としての役割をもっているが、コンピュータ化の進展にともなって、その役割はますます重要になってきている。先に述べたように、建物モデルの構成要素は抽象化と分類の概念によって体系化され、データベースの実装時には、構成要素データの識別のために用いられる。今日広く用いられているコードとして、ヨーロッパにおける Sfb、アメリカにおける UCI がある。

スウェーデンでは、1972年以来 Sfb を改良した BSAB コードを使用しているが、現在、建設の全フェーズをカバーするような新たなコードを開

表-1 建物モデルを用いたシステムの開発例

名称	対象分野	概要・特徴
LORAN-T ²²⁾	意匠、構造、設備 統合システム	企画・基本・実施設計まで幅広く支援。3次元建築意味モデルを用いた共通DBにより、3次元立体表現、汎用図、積算、施工図作成システムと連動。
APLUS ²³⁾	意匠、構造、設備 統合システム	企画設計用。設計業務分野による建物認識法の相違を考慮し、分野ごとのDBを作成。意匠DBから構造DB・設備DBに必要なデータを自動的に変換。
IBDS ²⁴⁾	意匠、構造 統合システム	プロトタイプ。各分野共通の建物モデルを中心として、意匠設計・構造設計・積算支援モジュールを配置。建物モデル管理機構により一貫性管理。
COMPASS ²⁵⁾	意匠、構造、設備 統合システム	企画・基本・実施設計用。建物全体の3次元グリッド構造を各階単位に分割し2次元グリッド構造で表現。パース、汎用図、構造計算などのシステムと連動。
住宅設計システム ²⁶⁾	意匠、構造 統合システム	プレハブ住宅用。設計サブシステムでは3次元家モデルを、構造サブシステムでは3次元家モデルから構造モデルを自動作成。図面作成、積算を自動化。
DELTA ²⁷⁾	意匠、統合システムを指向	企画・基本・実施設計用。物としての建築の構成要素と建築空間を意味ネットワークで表現した建物モデル。部屋空間と部屋空間を構成する要素を自動認識。
Multicad ²⁸⁾	意匠	ユーザがインテリジェントな建物構成要素を定義できる。各構成要素にはコード、名称、材料などを定義できる。材料表・コスト、構成要素表などを自動作成。
CADMARC-S ²⁹⁾	構造	構造設計図作成用。3次元グリッド上に配置した柱、梁などの構成要素により建物モデルを表現。構造計算システムと連動。
SECODES ³⁰⁾	施工・統合システムを指向	施工図作成システム。3次元部材データからなるく対部材DB、く対部材DBから空間自動認識によって作成される仕上空間DBにより、施工図を自動作成。
ORBIC-1 ³¹⁾	施工	建設ロボット施工シミュレーション用。プロトタイプ。建物モデルに基づいて部材組立をシミュレーションし、干渉チェック、ロボット化工法の適否を評価。

発中である³¹⁾。

ノルウェーにおいては、独自の標準的なコードがある。それらは、ほとんどすべてのコンピュータプログラムでデータの表現に用いられており、組織・企業間の情報伝達を容易にしている³²⁾。

建設活動が国際的になってきているため、国際的な標準コード体系が必要になってきており、ISO では標準または参考となるコードテーブルを作成中である³³⁾。

日本の建築業界では、コードの標準化がなされていない。このため、建設省建築研究所が中心になって、コード標準化の枠組みについての提案を行っている³⁴⁾。

5. 今後の研究課題

(1) 建物モデルについては、現在、個別的・部分的な解決が図られている状況である。今後は、すべての専門分野・生産フェーズについて必要なデータとデータの変化について分析し、包括的な建物モデルを構築するための研究を行う必要がある。建物モデルに建築的意味を包含させるために、オブジェクト指向やフレーム表現による建物モデルの構成法の研究を行う必要がある。

(2) 建物のモデリングのためのインタフェースが重要であり、デザイナーが容易に操作でき、作図 CAD よりも能率がよい仕組みを実現する必要がある。

(3) 建物モデルを介して共同作業を円滑に行うための利用環境の研究が必要である³⁵⁾。また、専門分野ごとに業務の並列処理を行うためには、受け渡すデータの種類や時期の明確化などの組織的対応が必要である。

(4) STEP については、まだその全貌が明らかになっていない。現在のところ、概念的な枠組みが提案された段階であり、今後は、具体的・実証的な研究が必要である。建物モデルの表現には通り芯、柱、壁などのエンティティが必要であり、実際に建物の表現に EXPRESS を使用してその機能・表現能力について調査し、不十分な点については機能追加の要求をする必要がある。

(5) STEP 開発の関係者は、標準的な建物モデルの開発は現実的な時間内では達成できないと考えており、STEP で規定された概念的な枠組みの中で具体的に実装を行うベンダが現れることを

期待している³⁾。筆者は、標準的な建物モデルそのものを規定する必要はなく、これを構築するための具体的な枠組みと、次に述べるような標準的な分類とコード体系を規定することにより、これらを用いれば結果として標準的な建物モデルになるような仕組みにすればよいのではないかと考えている。

(6) 建物の構成要素の分類とコード体系は、標準的建物モデルを構成する手段となる機能をもたせる必要がある。たとえば、幾何形状を定義するための通り芯、通り芯交点などを項目に加え、通り芯と構成要素の位置関係を表現する手段を規定する。構成要素の分類の階層は標準的建物モデルと一致させる、構成要素間の物理的・機能的関係を表現する手段を規定するなどである。

6. むすび

日本は、STEP についての研究開発、標準的な建物モデルやコード体系の開発において、先進的な国に比べて立ち遅れている。これらは、業界全体の合理化と生産性の向上のために、また、建設業の国際化への対応という点からも避けて通れない重要な課題であり、官民一体となってその実現のために努力する必要がある。

筆者の力量不足のために、本展望に筆者の意図したことを十分に表現しえなかった点が多々あるが、この方面の発展のために、若干でも貢献できれば幸いである。

参 考 文 献

- 1) 金 東敏: 建築生産システムの未来像, 建築雑誌, Vol. 102, No. 1256, pp. 62-65 (1987).
- 2) Eastman, C. M.: Conceptual Modeling in Architectural Design, Proc. CIB W 74 + W 78 Seminar, Lund Sweden, pp. 79-93 (1988).
- 3) 広瀬忠孝他: 設計・施工一貫方式とデータの共有, 建築学会第 13 回情報システム利用技術シンポジウム, pp. 259-264 (1990).
- 4) 日本コンピュータ・グラフィックス協会 STEP 委員会: ISO 製品モデルデータ交換標準(案) STEP 概要, pp. 1-16 (1988).
- 5) 牧 登他: パソコン CAD のデータ交換 業界標準が徐々にかたまる, NIKKEI COMPUTER GRAPHICS, pp. 109-118 (1990年7月).
- 6) Owen, J.: Introduction, Scope and Definitions, ISO TC 184/SC 4/WG 1 Doc. No. 283, pp. 1-10 (1988).
- 7) Owen, J.: STEP Part 1 Overview and Funda-

- mental Principles, ISO TC 184/SC 4/WG 1 Doc. No. 494, pp. 1-25 (1990).
- 8) Warthen, B. D.: CAD/CAM データ交換標準化の動向, NICOGRAPH' 90 SEMINAR-1, pp. 1-54 (1990).
 - 9) Reed, K. A.: Product Modelling of Buildings for Data Exchange Standards: from IGES to PDES/STEP and Beyond, Proc. CIB W 74+W 78 Seminar, Lund Sweden, pp. 157-164 (1988).
 - 10) Gielingh, W.: General AEC Reference Model (GARM), Proc. CIB W 74+W 78 Seminar, Lund Sweden, pp. 165-178 (1988).
 - 11) Tolman, F. P. et al.: Product Modeling at Work, Proc. 2nd CIB W78+W74 Seminar, Tokyo Japan (1990).
 - 12) Willem, P.: A Meta-Topology for Product Modeling, Proc. CIB W 74+W 78 Seminar, Lund Sweden, pp. 213-221 (1988).
 - 13) Turner, J. A.: A Systems Approach to the Conceptual Modeling of Buildings, Proc. CIB W 74+W 78 Seminar, Lund Sweden, pp. 179-187 (1988).
 - 14) Fenves, G. L.: Object Oriented Models for Engineering Data, Proc. of ASCE Sixth Conference on Computing in Civil Engineering, pp. 564-571 (1989).
 - 15) Björk, B-C: Basic Structure of a Proposed Building Product Model, computer-aided design, Vol. 21, No. 2, pp. 71-78 (1989).
 - 16) Maliepaard, C. B. et al.: Conceptual Modelling of Building, Proc. CIB W 74+W 78 Seminar, Lund Sweden, pp. 45-50 (1988).
 - 17) Svensson, K.: Neutral Building Product Model for Computer Integrated Construction, Proc. 2nd CIB W 78+W 74 Seminar, Tokyo Japan (1990).
 - 18) Law, K. H.: Data Modelling for Building Design, Proc. of ASCE Fourth Conference on Computing in Civil Engineering, pp. 21-36 (1986).
 - 19) 長沢 勲他: IBDS 建築物の統合化設計支援システム, 情報処理学会論文誌, Vol. 30, No. 8, pp. 1058-1067 (1989).
 - 20) 中川哲也他: 統合化知的設計システムの開発 (構造編), 建築学会第 13 回情報システム利用技術シンポジウム, pp. 43-48 (1990).
 - 21) 横井時人: 住宅 CAD システムのデータベース構造と処理, 建築学会第 12 回情報システム利用技術シンポジウム, pp. 199-204 (1989).
 - 22) 加藤啓介他: 統合建築 CAD システム「LORAN-T」の開発・実用化, 建築学会第 13 回情報システム利用技術シンポジウム, pp. 97-108 (1990).
 - 23) 磯田健二他: 建築企画計画支援システム (その 1) APLUS の開発, 建築学会第 8 回電子計算機利用シンポジウム, pp. 271-282 (1986).
 - 24) 岩井正道他: 建築 CAE システム—COMPASS—, 建築学会第 8 回電子計算機利用シンポジウム, pp. 343-348 (1986).
 - 25) 渡辺 寛: 枠組壁工法住宅における構造の自動設計システム, UNIVAC TECHNOLOGY REVIEW, 第 16 号, pp. 43-60 (1988).
 - 26) 山田周平他: 建築設計支援システム DELTA (その 1 全体概要), 建築学会第 9 回電子計算機利用シンポジウム, pp. 199-204 (1987).
 - 27) Bergstrom, R.: Integrated CAD in Practice/Database in Practice, Proc. 2nd CIB W 78+W 74 Seminar, Tokyo Japan (1990).
 - 28) 下平丕作士: 建築構造設計システム (CADMARC-S) の開発, 建築学会第 9 回電子計算機利用シンポジウム, pp. 145-150 (1987).
 - 29) 高瀬 優: 建築生産における統合システムについて—建築モデリングと統合 DB の考え方—, 第 12 回情報システム利用技術シンポジウム, pp. 361-366 (1989).
 - 30) 坂口秋吉他: ロボット化工法開発のための建設ロボット施工シミュレーションプログラムの開発について, 建築学会第 10 回電子計算機利用シンポジウム, pp. 97-102 (1988).
 - 31) Karlson, H.: Classification and Coding, a Necessary Tool for Improving the Information Flow in the Building Process, Proc. CIB W 74+W 78 Seminar, Lund Sweden, pp. 21-32 (1988).
 - 32) Lyng, O. et al.: The Role of Norwegian Building Standardizing and the Use of Advanced Computer Methods in Building and Civil Work Design and Project Management, Proc. CIB W 74+W 78 Seminar, Lund Sweden, pp. 275-284 (1988).
 - 33) Karlson, H. et al.: Classification of Information in the Construction Process—Draft ISO Standard, Proc. 2nd CIB W 78+W 74 Seminar, Tokyo Japan (1990).
 - 34) 建設省建築研究所, 日本建築センタ: 建築生産情報の統合化に関する調査研究報告書 (昭和 63 年 3 月).
 - 35) Sriram, D.: Object Oriented Database for Co-operative Design, Proc. of ASCE Sixth Conference on Computing in Civil Engineering, pp. 548-555 (1989).

(平成 3 年 1 月 14 日受付)



下平丕作士 (正会員)

昭和 16 年生。昭和 44 年東京都立大学工学部建築工学科卒業。昭和 46 年同大学院修士課程修了。工学博士。同年日本電信電話公社(現株式会社)入社。現在までに、武蔵野電気通信研究所及び建築部建築技術開発室において、数値解析・CAD・データベースなどの基礎理論の研究とシステム開発に従事。現在、建築技術開発室情報システム技術グループリーダー。図形処理とデータ構造, CAD のインテリジェント化, CIM とプロダクトモデル・STEP に興味をもつ。日本建築学会会員。