設計図書管理システムの理論と実装に関する研究

部品概念に立脚した建築生産の情報操作理論研究 その2

ON THE THEORY AND THE DEVELOPMENT OF
DRAWING VERSION CONTROL SYSTEM

平沢 岳人*, 片岡 誠**

Gakuhito HIRASAWA and Makoto KATAOKA

Besides a lot of reports about CAD data exchange between participants in a building engineering process, there are few papers on CAD data management of the many various drawings made by different participants in a project.

Drawings often have some relationships with each other, e.g. 'reference', therefore you must appropriately control the relationships between them to check the assembly consistency with superimposing heterogeneous drawings.

The authors have developed an integrated system at the practical level, which provides the control of the relationships between drawings. The system is composed of CAD clients and a database server connected to a LAN.

Keywords: Building Element, Version Control, RDBMS, CAD, Client/Server

部品, 履歴管理, 関係データベース, CAD, クライアント/サーバ

1 緒言

前論文「図面作成手法に着目した施工図の部品概念的分析」(参考文献¹⁾)では, 現実のプロジェクトにおける施工図作成において, 単なる図形のやりとりではない意図¹を含む総合的な設計情報を伝達するための試みがなされていることを, 実施図面を解析することにより証明した。また, そこでは多種多様な「部品」が図面作成において活用されている事実を具体例により示した²。これらの成果を補強する論文として, やや一般論的な記述ではあるものの, 参考文献³⁾をあげることができる。

建築生産のシステム化³を目的とする場合, 新しい体系の構築を直接的に指向するトップダウンな手法⁴とは異なり, 関係する技術あるいは知識を再利用可能な状態におく環境の創造を指向することがより多くの技術および知識を管理下におくことを可能にし, かつ, 従来システム化対象領域から除外せざるを得なかった部分が解消され, 結果としてシステム化の進展を図ることが出来ると筆者らは考える。そして, このようなボトムアップ的な手法を実現するための基本的な考え方の枠組みを部品概念と称して研究を続けてきた。

我々の定義では, 部品を「ある建築工学的意味のまとまり」としている⁵。この定義は多分に抽象的であり, 現実の応用に強く依存

する。したがって, それぞれの局面の特殊性に対応する形でその現われ方は異なるであろう。たとえば参考文献¹⁾では, 利用者の組織的な工夫による部品概念の初期的な具現化をみることができたが⁶, これは旧来の CAD においても一般的であった機能⁷のみを利用して実現されていた。今回開発したシステムにおいては, 部品の単位として「図面」を採用し, 部品相互の関係をデータベースに記録することで, 部品概念の具現化をより進んだ領域へと展開した。これにより, 多くの対象を部品とみなしうることを示し, 部品概念の有益性を示したいと思う。

前論文(参考文献¹⁾)において, 次の二点を継続研究項目として以後の報告を約束した。

- ・ 部品の知識表現に関する研究
- ・ 図面管理システムの構成および実装に関する研究

これらのうち, 本論文では「図面管理システムの構成および実装に関する研究」に関して報告する⁸。

2 部品概念における「場」の考え方

参考文献³⁾において筆者は, パラメトリックな表現による半具体状態⁹⁾にある部品を, 図面上に配置することを機に具体化する技術

* 建設省建築研究所第四研究部 工博

** 清水建設株式会社 工修

Building Production Department, Building Research Institute, Ministry of Construction, Dr. Eng.
Building Construction Division, Shimizu Corporation, M. Eng.

を解説した。この技術は、複数の部品が同一の図面に配置されることで相互に通信し、互いの可変部分に対し具体的な数値等を決定するという手続きで実現した。各部品の内部構成および他の部品とのインターフェイスの定義、これらの記述が十分になされれば、ほぼ筆者が目的とする機能の実現は可能であると思われた。しかしながら、この方法では部品相互の関係は同一の図面内に存在する部品間のみ依存し、その図面の外部にはなんら関係しない。このため、複数の図面間で成立する関係を表現することができないことから、十分な機能を提供することができず次のような問題が顕在化した¹⁰。

- ・プロジェクトには複数の図面が存在し、前後の関係など、相互に関係を有しているにも関わらず、これを記録できない。
- ・図面内でモデルが閉じてしまうために、他の図面において技術的検討がすでになされた部品を参照するという方法で新たな図面を構成できない。

これらの機能的不足により、総合図などの作成、標準類の引用、および設計の同時並行性を確保する場合等に不具合が生じた。これらの不具合において根本的原因は共通しており、それは図面を部品とは別概念である「場」であるとしてしまったことによる¹¹。これを見直し、図面を部品であるとみなす¹²ことでシステムを再設計した。

3 施工図書管理システムが支援すべき機能

図1は¹³、あるプロジェクトにおける施工図全体の構成をシステム化した場合のモデルを示しており、実施設計から竣工に至る過程において各種の図面が制作されるフローを示している。この図における矢印の意味は、片矢印は図面の時間的変化を、両矢印は図面が参照関係にあることを示している。片矢印においても、図面間では一方が他方の内容を部分的に継承していることから、一種の参照関係の存在を含意する。本論文では、これらの矢印で表される図面間関係を管理する統一的な手法を提案する。また、図中ライブラリとあるのは参考文献¹⁴における標準類と同意である。

図1で示される施工図作成フローモデルにおいて、図面作成を情報処理システムで支援する場合、次のような行為への支援が望まれ

図2 図面管理システムの論理モデル

るであろう。

- ・図面をライブラリ化すること
- ・ライブラリ化された部品を引用すること
- ・複数図面の重ね合せにより総合図等を作成すること
- ・意思決定の記録を残すこと

これらの支援機能が実際の施工現場においても要求されていることは、参考文献¹⁴5 図面の再構成の試みにおいて詳説したが、これらの機能はCADシステム内部で実現されているわけではなく、CADを利用する際の運用ルールという形で実現されていた。したがって、運用ルールの設計および実践を完全に実行すれば、支援システムが介在せずとも、これらの機能は実現可能であるともいえる。しかしながら、管理者の負担は相当大きく、結果として、要求される機能への充足の程度は部分的なものにとどまるのが実際である。

これらの機能を、CADを統合した情報処理システム内部に可能な限り取り入れることで、管理者および利用者に過度な負担を強いることなしに、図1の図面作成フローを実現する環境が構築できるであろう。また、これにより情報授受の精度も向上する。本研究では、このような環境を実現する情報処理システムの開発を研究の中心に置いている。

4 図面管理システム(BDMS)の機能構成

図面を部品概念で捉え直し、これを基礎として前節の機能を実現したシステムが図面管理システム (Building Data Management System : 以降 BDMS) である。その論理モデルを図2に示す¹⁴。

図1 施工図作成フローのモデル例

図7 連絡・警告

補助機能として実装したが、BDMS 管理外にデータ（図面）が置かれる状況下では不整合の発生は避けられない事象であり、これに対処する必要がある。

BDMS ではこの問題に対し、公開図面の属性を定期的に検査して、公開図面に改変の疑いがある場合、これを管理者に警告する機能を実装している。図7は、公開後の図面の改変による再公開までのプロセスと、BDMS の管理領域との関係を表している。このプロセスの BDMS 管理外にある部分に関しては、データベースの一貫性制約のみでは実現できないが、そこで生じた障害の記録に関しては BDMS で管理し、一貫性の維持を図っている。

5 システムの構成

最後に BDMS のシステム構成を示す。図8に示すように、BDMS は LAN 環境における Client/Server システムとして実現されている。クライアント側での CAD ソフトとして AutoCAD R14 を採用し、これをカスタマイズすることにより、サーバ側データベースへのアクセスを可能としている。これは、ユーザの特定の操作（イベント）を感知して BDMS 独自の関数（データベースへのアクセス）を呼び出すようになっている。他の CAD ソフトをクライアントとする場合は、CAD ソフト毎にこれらの機能を実装する必要がある。また、総合図の作成などで必要となる重ね合せ機能なども、個別の CAD ソフトに強く依存する部分でもあり、条件を満たす CAD はそれほど多くないであろう²⁵。

6 結語

総合図等による整合性の確認はひろくおこなわれ、図面の重ね合せによりこれを実現するために様々な工夫（レイヤの標準化、共通データ交換フォーマットの構築）が多方面で研究されている。これらの取り組みにおいては、図面の構造（CAD データフォーマット）内部へ踏み込んで検討をおこなっている。

それに対し筆者らは、図面内部の構造には踏み込まず、システムにおける取り扱い単位を図面として、図面間の関係を保存するシ

図8 システムの構成

ステムを提案した。これにより、プロジェクトにおける図面作成フローの理想的な構成（図1）をほぼサポートすることが可能となった。このシステムは、STEP などのデータ交換技術が一般化した場合も、スムーズにこれを取り入れることが可能である。なぜならば、BDMS は図面内部の構造および状態には一切関与しないので、図面内部の構造の変化には全く無関係であるからである²⁶。

一方、課題も残る。BDMS の総合図作成支援機能は、図面間の複合的な関係を管理することで実現されている。現段階の BDMS は図面引用に関係する部分を除き、図面内部の構造に関しては管理対象外としているので、図面の合成において重要な属性、たとえばプロジェクトで共通する基準座標など、を管理できていない。これは、図面が合成されているという事実は管理しているが、合成がどのようになされているかという事実までは管理していないことを意味しており、運用上のルールでこれを解消する必要がある。CAD ソフトが内部的に実現しているデータ構造がファイル単位で「閉じている」²⁷ことが大きく影響している。

続編においてはこの問題も含め、残された課題、「部品の知識表現に関する研究」について論じたい。

謝辞

本研究は、建設省建築研究所において実施された「統合情報システムを活用した建築生産の高度化技術の開発」（建設省総合技術開発プロジェクト平成8～10年度）での研究成果を一部含んでいる。

参考文献

- 1) 平沢岳人, 松村秀一, 山崎雄介, 片岡誠:「図面作成手法に着目した施工図の部品概念的解析 部品概念に立脚した建築生産の情報操作理論研究 その1」, 日本建築学会計画系論文集 第461号, pp.193-198, 1994年7月
- 2) 峰政克義, 他:「建築プロジェクトにおける生産情報の共有と整

合のしくみ」, 日本建築学会計画系論文集 第 504 号, pp.179-186, 1998 年 2 月

- 3) 平沢岳人, 山崎雄介:「部品概念とその知識表現に関する研究」, 日本建築学会 第 16 回情報システム利用技術シンポジウム論文集, 1993 年 12 月
- 4) 平沢岳人:「部品概念に立脚した建築設計生産情報の管理手法研究」, 東京大学学位論文, 1993
- 5) 三浦孝夫:「データモデルとデータベース I, II」, サイエンス社, 1997
- 6) 松本聡:「IDEF1X リレーショナル・データモデルの新しい表現法」, 日経 B P 社, 1996

注

- ¹ 設計意図。その段階までにすでに十分検討された内容など。
- ² 参考文献¹⁾図 3 を参照のこと。
- ³ 計画から最終的な生産物までを一つの体系のもとに管理することを, 建築生産のシステム化, と定義する。
- ⁴ 建築の構成や機能を部分に分解しそれらの部分の集合体として建築を構成する, このような発想にもつぎおこなわれた試みを用いる。例えばオープンシステム, システムズビルディングなどの概念がこれに該当するであろう。
- ⁵ 「部品」などの定義に関する説明は参考文献¹⁾「1 緒言」あるいは参考文献²⁾を参照。
- ⁶ 参考文献¹⁾「4.5 図面の再構成の試み」参照。
- ⁷ Cut & Paste。
- ⁸ 「部品の知識表現に関する研究」についてはさらに続編にて議論することとするが, 内容は若干古いものの, 参考文献³⁾にて若干の議論はなされている。また, 本論文で開発したシステムの実用性などの評価も続編にて報告する。
- ⁹ パラメトリックな表現を採用すると, 例えば「幅」のような属性の場合その値を未定とするかあるいはデフォルト値を代入しておくことが可能である。ここでは, この状態のことを「半具体」と呼んでいる。拘束条件などから再計算した結果を与えた段階で, 「具体」となる。
- ¹⁰ これら以外にも問題はあろう。現実の問題として「部品」内部の構成や外部インターフェイス定義の双方を, 建築を構成する膨大な部分に対して実施することはほとんど不可能に近い作業となるであろう。全社会的な取り組みにより, これが段階的に実現されていく可能性までも否定はしないが, 現段階では楽観視するに足る好材料もない。関係する議論, 例えば建築プロダクトモデルを構築するに必要なコスト予想あるいは評価などに関する報告の類は, 現在のところみあたらない。
- ¹¹ 参考文献¹⁾(pp.41-43) において部品定義の再帰性について詳しく論じているので参照願いたい。部品概念では, 部品を再帰的に扱うことを前提としており, このことが部品概念の汎用性を高めている。部品に對立関係にある「場」の概念の導入には慎重であるべきであった。
- ¹² 一般に, 設計施工の一連のプロセスにおいて, 情報の粒度 (扱う情報の大きさ) は処理の各ステップで大きく異なる。例えば, 要求性能, 仕様, 実現 (施工) 各レベルの記述 (モデル) を検討してみると, その内容の粒度は極端に異なるであろう。

左右とも, 部品概念を具現化した結果であるといえる。ただし, 粒度はかなり異なることに注意。システム化にともなう第一の障害は, 粒度の違い (この例では概念レベルがそもそも異なる) をいかに吸収するかであろう。多くの市販 CAD が右のような構成をあらわすツリー構造を内部的に保有するが, BDMS の開発においてはこれらに関しては管理の対象としなかった。今後, このようなセマンティック・ギャップの解消が重要な研究課題となるとと思われる。

このように各レベルで粒度の極端な差がある場合, 各レベル間をシームレスに連結させるためには, そのギャップを埋め合わせる仕組みが不可欠である。しかしながら, これを技術的に解決したとしても, 各レベルにおいて前もって情報内容の分類基準を決定することはほとんど不可能と考えられ, さらに建築生産固有の一回性を考慮すると, 分類の変更も不可避な事象であるだろう。

ところで, 分類基準が変更されればそのデータベースのスキーマも変更されねばならない (参考文献⁵⁾ 第 14 章)。すなわち, 生産分野にデータベースを活用する場合, 頻繁にスキーマ変更が要請されるというおそれがある。設計のような創造的行為には定式化が馴染まないという事実を考えると, 「設計」をも包含する「生産」に関して全般的に支援可能なデータベースを想定することは, 現時点ではほとんど意味がないだろう。分類基準とデータベーススキーマが不可分である以上, いずれか一方のみを議論の対象としてモデルを考察することに, 価値を見出すことは難しい。本論文でデータベースのスキーマを逐一記載したのは, 具体的なスキーマに言及せずに議論をすすめることに無理があると判断したからである。データベースを便利なブラックボックスとして扱うことは慎みたい。

当然, 本論文で示したデータベーススキーマも例外ではなく, 新たな機能などへの対応のため, 将来の更新は不可避である。

¹³ 本図は, 清水建設・大戸寛氏らによる原因図を筆者らの責任において簡略化したものである。

¹⁴ IDEF1 は情報システムが取り扱って情報を分析するための, 情報をモデル化する, 情報モデルの手法である。IDEF1x はリレーショナル・データベースの論理設計を行うために特化したデータモデルの手法である。IDEF1x による表記は, 表現力および実用性ともに大変優れていることから, 本論文では全面的に採用した。IDEF1x の仕様等に関しては参考文献⁶⁾ に詳しい。

¹⁵ Client/Server 環境においてリレーショナルデータベースと CAD を統合したシステムであるが, 全体を理解するにはそれぞれに対し技術的な理解が必要である。図 2 のみでは, データベース内部のスキーマを理解することは難しいし, さらに, ユーザのアプリケーションへの操作とその副作用としてのデータベースへの命令の関連はまったく表現されていない。これらの実装上の諸技術に関しては, 機会があれば紹介したいと考えている。

¹⁶ URL(<http://brisoft.kenken.go.jp/BDMS/>)。

¹⁷ Version Control。類似の表現として History Management がある。

¹⁸ 従来同様の CAD の使い方にさらに多くの手間を掛けなくて総合図の作成が可能となることから, 自動化した, としている。当然, 総合図を作成するという管理者の行為がなければ総合図はできない。

¹⁹ 「標準化」は BDMS 固有の機能名。

²⁰ 現段階で, 承認の種類として, プロジェクト標準, 管理者標準, 監理者標準, を用意している。総合図の作成において重要となるのはプロジェクト標準である。その他は, これらが決定された後はその決定を取り消さない限り図面の修正をおこなえない, ことを意味する。

²¹ ISO/STEP = International Organization for Standardization / Standard for the Exchange of Product model data.

²² BDMS で採用した CAD ソフトには AutoCAD R14.01 を使用している。

BDMS の開発では Autodesk 社が提供するユーザカスタム用インターフェイス ObjectARX を利用して AutoCAD をカスタマイズしている。

²³ データベース理論における一貫性制約に関しては参考文献⁵⁾ I 巻, 20 頁を参照されたい。商用データベースに依存して, 用語等の表現が異なることがある。

²⁴ 引用機能を利用する場合, CAD ソフトから「到達可能」な場所に公開されている必要がある。これは即ち, 各ユーザからみて透過な位置にその図面が置かれることを意味しており, BDMS 管理外でこれを編集することを可能とする。整合性維持を優先するのであれば, このような機能を省くべきであるが, 総合図等の作成支援の有用性を考慮し, 管理者への警告を補助機能として追加する形式で実装した。注 12 で述べたセマンティックギャップの解消がなされれば, ここでの問題も解消する可能性がある。

²⁵ Autodesk 社の AutoCAD LT では, BDMS は使用できない。その理由は, AutoCAD に比しカスタマイズの自由度が著しく劣ることによる。

²⁶ もし, 複数の図面 (CAD データファイル) の関係を記録可能な CAD ソフトウェアあるいはデータフォーマットが出現すれば, BDMS と機能は競合する。しかし, 本論文が示すように, 図面相互の関係を保持するのはかなり複雑でこれを CAD 内部の機能として実装するのは困難であろう。また, 複合化された図面 (ファイル) がそのままの形式で「交換」される状況を想定するのも現実的でない。

²⁷ 観念的にいえば, 生産対象である建築物のすべての属性から, ある目的をもって部分を選択し構成したものが「図面」である。この考えを徹底し完全な建築モデルを実現すれば, 「図面」はそのモデル内に存在する「ビュー」となる。つまり, このモデルにおいて「図面」は原始な存在 (atom) ではない。当然, 「図面」と OS のファイルが一対一に対応する (「閉じている」) ようなことはなくなる。

(1998 年 10 月 21 日原稿受理, 1999 年 5 月 24 日採用決定)