設計図書管理における履歴, 編集権限, 承認についての考察

設計図書管理の要素技術に関する議論 その1

VERSION, PRIVILEGE AND APPROVAL CONTROL OF DESIGN DOCUMENT MANAGEMENT

Key information technologies for design document management Part 1

平沢 岳人*, 片岡 誠**

Gakuhito HIRASAWA and Makoto KATAOKA

It is very difficult to manage a construction project without a well-managed document set. Some new technologies help us to manage information among a lot of project participants, which are highly segmented and specialized in the construction industry. Building Data Management System we developed — BDMS for short — is one of the solutions to keep consistency of information. BDMS is already used in a couple of real projects. In this paper we discuss some theories of important issues for design document management: version control, privilege control and approval control of design documents.

Keywords: Document Management, Version Control, Privilege Control, Approval Control, Digital Sign

図書管理, 履歴管理, 権限管理, 承認管理, 電子署名

1 緒言

論文「設計図書管理システムの理論と実装に関する研究」(参考文献¹⁾)では, 筆者らによる「設計図書履歴管理システム」(Building Data Management System 以後 BDMS¹⁾)の基本的な概念と開発において得られた知見を説明した。この論文執筆(1998 年)以後, BDMS を実用化し, 適用現場からの要望などを取り入れながら, 機能の見直しや追加などを継続的に実施してきた。

本論文は, 設計図書管理を実現する上で必要な要素技術に関して, 類似研究との比較を交えながら, 理論的に述べるものである。なお, 実用面における評価などは本論文には含まない²⁾。

2 BDMS について

BDMS を簡単に紹介しておく。BDMS が提供する機能は, 1. 代替案等の設計分岐履歴の管理, 2. 最新図書への的確かつ迅速なアクセス, 3. 不正編集・改ざんの防止, 4. 部門間整合性の確保, 5. 進捗管理であり, これらの機能を組み合わせることにより, 建築プロジェクトにおける図書管理の効率を向上させる。BDMS の最終的な目標は, 図書の品質を向上させることで施工時の不具合を未然に防止し, 間接的であるが効果的に建築物の質の向上に寄与することである。

なお, 本論文中, BDMS のスキーマ(設計)におけるエンティティ

名称などを特に断り無く使用している。紙面の都合上, これらを再度解説することは困難であるので, BDMS の構成などに関する詳細な情報については参考文献¹⁾を参照されたい。また, 設計図書管理の実現に必要な要素技術の仔細についても同文献を参照されたい。ただし, 一般の文書管理システムには含まれない部門間整合性の確保などの機能も BDMS には含まれていることに注意が必要である。

3 図書管理における編集権限とその制御

図書管理を実行する上で最も重要な機能は, 図書の編集行為を適切に制御することである。編集行為は行為者である編集者と対象である図書の組み合わせからなるため, 図書管理システムは編集者と図書の組み合わせを一意とする編集権限を設定可能でなければならない。また, 図書が被編集状態など特別な状況下におかれれば, その状態に依存して他の編集行為が制限されることもある。つまり, 編集者, 図書, 図書の状態, これら三要因により図書への編集行為の可/不可が制御されることになる。さらに, 専門化の進んだ現在の建築生産では, 編集者の所属による分類なども多様になり, これらの分類が権限の制御に有効である場合は, これらを積極的に応用する必要もある。本節では, 編集権限の制御を中心に議論する。

なお, 現 BDMS は筆者らの図書管理モデルの部分的な実装にす

* 独立行政法人建築研究所建築生産研究グループ 工博

** 清水建設㈱建築本部 工修

Production Engineering Division, Building Research Institute, JAPAN, Dr. Eng.
Building Construction Division, Shimizu Corporation, M. Eng.

ぎず、いわゆる設計図書すべての管理を実現しているわけではない。仮に、図書＝図面＋文書、であるとすれば、現 BDMS は図面のみを対象としているに過ぎないが、理論上はこれを図書とみなしてもまったく支障はない。本論文では図書という表現で統一する。

3. 1 権限設定の考えかた

BDMS では編集者と図書の組み合わせにおいて、権限なし、閲覧可、編集可のいずれかの権限を設定可能である。これは理論上最小単位での権限の設定であり、機能的には十分である。しかし、実運用においては、作業所などで建築 JV と設備 JV が分かれている場合や、監理者も同じ仕組みで図書作成の進捗状況を把握したい場合などには、すべての編集者が単調に並べられているだけでは権限管理上扱いにくいこともある。JV 間で図面を受け渡す際に作図労務費の振替等が発生する場合などは特に、組織単位での閲覧制限を設けることも検討せねばならない。また、編集者のみでなく図書においても、個々の図書単位で権限を設定するのではなく、何らかのカテゴリに分類し、そのカテゴリに属する図書すべてに対して権限を設定する機能も考えられる。これにより、設備 JV に所属するユーザは建築 JV の施工図を見ることはできないが、設計図については閲覧を許可するなどの設定が簡便に実行できるようになる。

このように、図書管理を実行する上できめ細かい権限設定が必要とされる場面は多々ある。一方、権限管理はプロジェクト固有で運用サイトの性格に強く影響される可能性があり、単純かつ普遍的な手法を一般解として提示することは困難である³⁾。したがって、基本的な考え方を列挙し、これらを取捨選択し組み合わせることで個別の要求に対応することになる。つまり、本節で示される基本的な考え方は、権限設定を制御する上での指針的な役割を担うものである。

3. 1. 1 基本とする権限

原則として、ある図書に対する編集権限は、それを必要とする特定の編集者にのみ与えられるべきである。BDMS では、新規に図書を生成した直後は、全ての編集者に閲覧権限が与えられる⁴⁾。したがって、編集権限を与える対象かあるいは閲覧権限を剥奪する対象となる特定の編集者に対して、明示的にこれらの権限設定を変更する必要がある。また、版の更新の進行に伴い、権限の設定変更が要請される可能性があるが、図書の新規作成時に十分吟味し適切な権限を設定しておけば混乱も少なく、また、次に述べる他の保護機構の活用においても見通しが立てやすい。このように、基本となる権限を中心に、権限変更は必要なものだけに限定すると管理が容易となる。

3. 1. 2 保護機能について

図書管理において、編集の排他制御は必須の機能である。BDMS では、同一の図書に対し複数の編集者が編集権限を持っている場合、編集中の図書は排他制御下にあるため特別な配慮がなくとも保護（ロック）される⁵⁾。一方、編集中でさえなければ、各編集者によるチェックアウトは可能であり保護されていない状態にある。これによる事故⁶⁾を防止するため、すでに与えてある図書への編集権限を閲覧権限等へと変更することにより、管理者はこれに対応することになる。しかし、権限の変更は注意深くなされなければならないうえに対象となる編集者の集まりも同時に把握せねばならないため、一時的に編集を禁止したいような場合には負荷が高い。そのため、他の保護機能の活用も考えるべきである。

BDMS では、図書の保護機能として3つのタイプの「承認」が用意されている。図書にこれらの属性(値)を与えると、チェックアウト機能が無効となり新しい版の生成が抑制される。この機能により、運用サイトの性格に応じて一つ以上の承認を保護機能として利用することが可能である。承認のタイプは「プロジェクト標準」、「管理者標準」、「監理者承認」である。これらの承認を図書に設定することで、その図書を保護することが可能になる。たとえば、管理者標準を利用して複数の図書に対し同時にロックを施し、外部の協力業者による修正を経た後、再び図書を BDMS に戻す。その後ロックとして使用した承認を解除する。これにより、BDMS 管理外に一時的に出さざるを得ない図書に対しても、排他制御が可能となる。プロジェクト標準も管理者標準と同様に利用することができる。

実装上はこれらの承認タイプ間には差異はなく、理論上も図書の保護を提供する抽象化された単一の機能に統一することが出来る。一方、BDMS のように現場での使用を前提としたシステムの場合、現実の業務に可能な限り則した形態が望まれることから、これがスキーマ設計に影響を与えることもありうる。もちろん、理論の純粋な実装を優先するかどうかは、恣意的な選択となるだろう⁷⁾。

なお、監理者承認も同様の機能として暫定的に使用することは可能であるが、現 BDMS の監理者承認は、監理者による承認がなされた図書（紙媒体）に対応する電子データをそのまま保存することを目的とする。監理者による法的に有効な水準にある承認に関しては、後節 4 承認について改めて考察する。

3. 1. 3 編集者のグループ化

編集者および図書のそれぞれを一意に区別する identification を組み合わせれば、その組み合わせも一意のため、この組み合わせに対して権限を設定すれば、それは理論上十分である⁸⁾。ただし、現実の使用に際しては、より高次の表現が要請されることもある。たとえば、編集者に対しグループの概念を適用することで権限のデータ構造を複合化し、各グループに属する図書あるいは編集者に対して一括して権限を設定できれば、それは実世界のより忠実なモデル化であり、かつ、手続きも簡略化される。

現 BDMS のスキーマでは、グループに関係する特別なエンティティを用意していない。それは、編集者あるいは図書と、グループとの対応が現時点で明確に体系化されていないことによる。たとえば、ある編集者が複数のグループに所属する場合、いずれのグループに設定されている権限を優先的に適用させるべきか単純には判断できない。同様の問題がグループと図書の組み合わせにおいて定義される権限と現行の編集者と図書の組み合わせによる権限定義との間においても発生する。このように、本来一意でなければならない権限の管理を曖昧かつ複雑にしてしまう可能性がある段階では、理論的にはグループ概念の導入は避けたほうが良い。

しかしながら、権限管理を運用する上では、所属毎に編集者を一括抽出できるならば、その権限の設定が所属グループ内の全編集者に成立する場合などは有効である。これにはグループ名称などの属性を編集者に与えることで実現できる⁹⁾。ユーザの視点ではグループと図書の組み合わせに対して権限を設定する手続きそのものであるが、内部的には、この手続きによったとしても図書と編集者の組み合わせに対して権限を付与していることにはかわりはない。このような仮想的なグループによる権限の一括設定の後、この仮想グループ

に属する一部の編集者のみから権限を剥奪することは可能であり、その他の編集者に対する一括設定の効果はそのまま継続する。ただし、これらの仮想グループを用いた権限設定手続きも、断続的に使用すれば不注意などにより権限管理の混乱を誘発するおそれがある。

なお、ここでの議論は、図書管理システムが一般化した際の異システム間におけるデータ交換が問題となる場合のデータの原子性を強く意識している。繰り返しになるが、編集者と図書の組み合わせは一意なため、これに対する権限設定は理論上十分である。したがって、敢えて編集者のグループを原始的（アトミック）に表現する必要が生ずるとしたら、それは今後の運用から得られる知見を集約することにより体系化することになる¹⁰。

3. 2 図書の履歴と権限の管理

代替案を同時平行的に検討する必要があるとき、図書を版分岐させそれらの進捗を管理する機能が図書管理システムに求められる。また、任意の時点に戻って設計をやり直す必要が生じたときも版分岐は有効な機能である¹¹。

3. 2. 1 版の更新と権限の関係

図書の版を更新すると、生成された新版の図書はその親である旧版の図書の属性を全て継承する¹²。権限も同時に継承されることから、3.1.1で述べたように、新規作成時（履歴ツリーでは最上位ノード、図1ではN1）の権限設定が不適切であると、版の更新にともなって不適切な設定が全ての子図書に継承されてしまうので注意が必要である。

3. 2. 2 図書の履歴ツリー上の権限変更

版分岐により図書の履歴ツリーは成長するが、これらの履歴ツリーの総体が一つの図書を表現しており、履歴ツリーにおける各ノードはその時点での状態を保持していると考えられることもできる。したがって、管理者の立場からは、履歴ツリー全体を論理的に一つの図書とみなして処理したい場合もあれば、単一のノードを一つの図書として処理したい場合もあることになる。

たとえば、代替案の検討が終了した後、採用案を除いて他を無効にする場合¹³を考えると、この場合、無効とするサブ履歴ツリーに含まれる全ての図書を一括して選択し権限を変更する必要がある。

具体例を示せば、図1

N5のノード以下により表される案を無効にする場合は、N5ノードを頂点とする部分木に含まれる全ての図書

（網掛け部分）に関し

図1 論理図書と版分岐ツリー

てその編集権限を不可とする必要がある。このような手続きを実現させるためには、権限設定の適用範囲をそのノードの図書のみに限定するか、あるいは、そのノード以後の全ての子図書を全て含めるかのいずれかが選択可能になっていればよい¹⁴。

3. 3 まとめ

本節では、図書の編集を適切に制御するために、編集権限の設定技術に関して詳述した。BDMSにはこれらの機能はすべて実装されているが、技術を正しく理解していなければ、機能を実際に使いこなすことは難しい。管理者はこれらの技術をすべて理解した上で、必要な機能を取捨選択することになる。

4 承認について

承認では、承認をおこなう人物の同一性（以後、認証¹⁵という）および承認対象の内容の同一性、これら二つの同一性を担保せねばならない。旧来の紙面への署名・押印は、インターネット上での商取引等でも不具合が指摘され、電子承認のための基礎技術や社会的機構の研究整備が進められている¹⁶。

現 BDMS では、監理者が承認した図書へのその後の編集の一切を禁止することで、内容の不変性（同一性）の維持を試みるが、これを法的に有効な水準の承認であるとみなすことはできない。BDMSの管理者でさえあれば、保存されているデータへのアクセスに制限はないからである。紙面への署名がなされた図書のその出力元であるデータを保存するに過ぎないと考えた方が良く、また、その保存も完全ではない。そのため、図書管理上重要と思われる承認の記録が不完全な形でしか管理されず、旧来の紙面上の署名による承認を別途管理せねばならないため、手間も掛かる。

技術的には、承認情報のより完全な取り扱いが可能であり、本節ではこれを論じる。ただし、認証に関しては、法律や認証機関などの社会的な環境整備が待たれており、これらについては議論しない。

4. 1 図書の同一性の保証

図書管理システムは、電子的に記録された図書を管理するもので、図書の同一性を担保するためには、電子的に記録された図書に固有な値を生成し、これを記録すればよい。図書に変更が生じた場合は、変更後の図書に固有な値と編集前の図書のそれを比較することで、変更を検知することができる。このような図書毎に一意な値を生成する技術は既に普及しており¹⁷、この技術を図書管理システムに応用する。

電子署名は、承認者のみが保有する秘密鍵を利用して、図書のデータに対応する値¹⁸を生成したものである。秘密鍵を持たない者がこの値を偽造することは不可能であり、これにより図書の同一性を確認することが出来る。承認を必要とする全ての主体による電子署名を保存することで、承認情報を図書管理システム内部で管理することが可能になる。管理者は、管理者自身による電子署名との照合で図書の改変の有無を確認でき、一方、承認側も各自の電子署名を用いて承認後の改変の有無を独自に確認することが出来る。

図2 「承認」スキーマ

図2は、この手法による承認情報管理スキーマであるが、承認が独立エンティティとして定義してある。これは、図書の承認が複数の編集者によりなされるためであり、3.1.2で示した現 BDMSにおける実装とはまったく異なることに注意が必要である。

4. 2 まとめ

図書管理システムでの承認情報管理に関して議論した。電子署名による承認は認証と対でなければ成立しないため、ここで述べた技術は研究段階にある。また、電子データへの承認の特殊性にも注意を払う必要がある。本節の方法では、承認はアプリケーションのファイル単位でなされるが、アプリケーションによってはファイル内部に構築された単一のモデルに対し複数の出力構成の情報を保有する場合がある。現スキーマにおける最小の処理単位はファイル（図書）

なので、ここで示した方法では、承認の対象を個々の出力単位で指定しその記録を管理することはできない。この特性は、従来からの紙面上の承認行為と完全には整合しない点であり、電子署名による承認行為において運用上問題となる可能性がある。

5 関連研究等

図書管理システムを構成する技術のうち、図書の編集と権限の管理および承認に関して議論してきた。最後に、これらの技術に関連する国際規格(IS)等に関してその仕様を述べ、また図書管理技術との相関を示す。本節で示す IS 等は、建築生産における図書管理を直接的に扱っていないが、外部の図書管理システムの存在を想定して設計されている部分も含まれるため、ここで紹介する。

5.1 ISO10303

ISO10303 は通称 STEP¹⁹として知られ、その応用規格として建築分野を対象とするものも一部含まれている。本研究と関連すると思われる応用規格は AP201 と同 202 である²⁰。これらは本節の議論の範囲内では同等であるとみなせるので、AP201 を代表してとりあげる。

5.1.1 版情報について

AP201 には、その図書のバージョンを保持するエンティティが複数定義されているが²¹、これらは外部の何らかのシステムで管理されている版情報を記録するものである。EXPRESS による定義ではこれらは string_type²²である。応用システムはこのエンティティを介して図書の版情報を取得する。ただし AP201 では履歴情報の交換そのものはモデル化の対象としないことを規格書で明記しており、ここに設定された値が意味を持つには、送受信側双方での取り決めが必須の条件となる。

5.1.2 承認情報について

AP201 では承認エンティティが定義されている。承認エンティティには、承認者(組織)、承認期日、承認水準、承認状態などが定義されている²³。承認水準の考え方は、筆者らの研究には存在しないが、これが取りうる値に関しては規格書にも定義されていない。この AP で定義されている承認は、前節で言及した法的に厳密な意味での承認よりも緩やかな、たとえば組織内の決裁などを含めて記録することを目的としたものと解釈すべきである。型は string_type である。

5.1.3 まとめ

AP201 は単一の図書を取り扱う規約であり、CAD データ交換時の応用を目的としたものである。したがって、論理的な図書の版分岐情報の管理などを目的とした本研究とは直接比較の対象となるものではない。ただし、図書管理システムに蓄積した版情報や承認情報を AP201 の相当するエンティティとして出力することは可能であり、これらの概念がすでに IS となっていることは注意したい。図書管理システムでこれらの属性を利用できる。

なお、STEP の物理ファイルは平文のテキストファイルにすぎないため、版情報および承認情報いずれに関しても改ざんを防止する機能はない。別途、図書管理システムによる管理を前提にせねば厳密には機能しないことにも注意が必要である。

5.2 PDMSchema

Product Data Management System は製造業向けの製品情報管

理システムで、その管理対象には CAD 図面等のいわゆる図書も含まれる。企業内で完結するシステムがほとんどであるが、企業の枠を超えた連携を模索する動きが出てきている。PDMSchema は PDM システムベンダを中心に開発され、異種 PDM システム間の製品データ交換を目指すものである。PDM システムには、図書の版管理機能が含まれることも多く、PDMSchema にもこれらのスキーマが含まれている。PDMSchema は広範囲に及ぶ規格のため、本節では論点を絞って検討する。なお、PDMSchema は EXPRESS で定義されている²⁴。

5.2.1 関係を表すエンティティ

EXPRESS の情報モデルは、本研究の実装で使用している関係モデルと若干異なるため、エンティティ間に何らかの関係を定義する場合は、その関係を表現するエンティティを定義し、その関係エンティティの属性(値)として元のエンティティを定義(代入)する方法が一般的である²⁵。

図3 EXPRESSにおける
関係 ENTITY の定義の例

5.2.3 版構造の表現

図3に EXPRESS モデルでの関係の表現手法を例示する。PDMSchema でもこの方法により図書の版の前後関係を定義している²⁶。このエンティティのインスタンスを複数生成することで、複雑な版構成を表現できる。

5.2.4 承認情報について

承認を表現するエンティティに関しては AP201 などの既存の IS と同水準の定義を有する。

5.3 まとめ

PDMSchema では、筆者らの図書管理モデルの情報を記述するために不可欠な図書間関係を表現するエンティティが定義されているため、BDMS の履歴管理情報の PDMSchema へのマッピングは可能である。また、PDMSchema は図書管理システム間における情報の交換を目的としているが、当然、そのスキーマは交換されるべき情報の元々の構造を反映していることであろう。このことから、汎用 PDM システム上に本研究での図書管理モデルを構築することも可能と類推される²⁷。

6 結語

図書管理を実現する上で必要となる技術に関する議論を試みた。技術的な観点からいえば、図書管理の本質は図書の適切な保護をいかにして実現するかである。筆者らとは異なる理論を基盤とする図書管理システムもありえ、さらに、図書管理技術が多様化するならば、PDMSchema に類する試みが建築分野でも必要となってくる。STEP にも外部の図書管理システムの存在を想定したエンティティ定義が不完全ではあるがすでに存在していることは注目に値する。

承認記録管理では、個人認証に関連する社会的な環境整備がなされないと実現は難しいことを指摘した。さらに、このような、社会基盤に位置付けられる技術の普及のみだけでなく、技術と直接関係しない社会的要請が図書管理モデルと深く関わってくる可能性がある。たとえば、建築の品質を保証するために保険システム等の社会

制度の充実を図るには、根拠としての設計図書役割は極めて重要である。また、継続的な図書管理システムの運用により、副産物として設計図書アーカイブが構築されると予想されるが、これの潜在的な可能性にも注目すべきである²⁸。

このように、設計図書管理技術は、設計者・施工者の立場からの要求のみではなく、発注者や保険システムなどの要求を取り入れて発展していく可能性が高い。

謝辞

本論文は、科学技術振興調整費二国間型国際共同研究（「施工図書の作成及び管理システムの国際比較研究」平成 11 年度）および同重点基礎研究（「建築生産における情報授受の精度向上に関する研究」平成 10,11 年度）それぞれの成果を一部含んでいる。

参考文献

- 1) 平沢岳人, 片岡誠:「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」, 日本建築学会計画系論文集 第524号, pp.259-264, 1999.10
- 2) 片岡誠, 平沢岳人:「図面履歴管理システムの開発」, 日本建築学会技術報告集, 第8号, 1999.6
- 3) HIRASAWA, Gakuhiro and KATAOKA, Makoto: "Development of a Drawing Version Control System, used to support alternative designs and ensure the integrity of external references," CONCURRENT ENGINEERING IN CONSTRUCTION: CHALLENGES FOR THE NEW MILLENNIUM, CIB Publication 236, pp.161-166, 1999.8
- 4) KATAOKA, Makoto and HIRASAWA, Gakuhiro: "A Drawing Version Control System for the Japanese Construction Industry", the 7th ISPE International Conference on Concurrent Engineering, 2000.7
- 5) International Standard, ISO10303 Industrial automation systems and integration - Product data representation and exchange - Part21, 22, 201, 202.
- 6) PDM Implementor Forum: "Usage Guide for the STEP PDM Schema Release 4.1", 2000.2

¹ URL <http://brisoft.kenken.go.jp/bdms> に BDMS に関する情報を提供している。論文および報告書の一部などもここから入手できる。

² 現場からのフィードバックおよび評価などに関しては、参考文献4)を参照。
³ 一般に、資源共有を管理する場面では常にこのような状況が生じる。基本的なルールの集合から、運用サイトの性格に応じて要素を選択組み合わせて運用する。

⁴ このような初期値（ここでは「閲覧可」）をデフォルトという。デフォルトをその他の値とすることも可能であり、効率を優先するならばプロジェクト毎にこれらの構成の最適化を図ることも必要である。過去の導入事例では、初期値を編集可としたこともあるが、これは導入前に導入サイトの性格を評価した上での初期設定の変更である。

⁵ これらの動作の詳細については、参考文献1)「4.2 図面と作業者間の編集権限の管理について」を参照のこと。

⁶ 誤った編集行為や局所的なデッドロックの発生など。

⁷ ユーザ指向（ユーザ本位）であるためには、メニューやコマンドの名称も、可能な限りユーザの感覚に反しない構成をとる必要がある。ユーザ指向は理論的な純粋さとときに干渉するため、トレードオフが生ずる。参考までに、理論を忠実に実装した場合にどのようなスキーマとなるかその概略を示す。ここで問題とされているのは、チェックアウトにより実現される排他制御とは別の図書の保護機能をいかに設計するか、ということである。まず、このエンティティを「ロック」として定義する。また、保護目的を「ロック目的」エンティティとして定義する。「ロック」の属性には、図書ID(FK)、目的ID(FK)、日付を用意する。目的IDは「ロック目的」の主キーである。このスキーマにより、保護機能を抽象化することが可能である。当然、これらを操作するユーザインタフェースが別途必要になるが、ここでは省略する。ところで、このようにして新しいスキーマを定義すれば、これまでの運用により蓄積された実データも新スキーマにあわせて変換されねばならない。こ

のような変換は常に容易であるとは限らないため、データ変換の発生を避けることを優先して抽象度の高いスキーマ設計とするか、あるいは実務に対応したシンプルなスキーマ設計とすることが問題となる。先に述べたトレードオフにはこのような問題も含まれる。

⁸ 参考文献1)図2のスキーマを参照。

⁹ 混乱を避けるため、スキーマ例を示す。「グループ」エンティティを導入する場合のスキーマ（スキーマ1）、「所属グループ」属性を「編集者」エンティティに与える場合のスキーマ（スキーマ2）である。スキーマ1では、「図書ID」および「編集者ID」の特定の組み合わせに関する問い合わせにおいて、複数のレコードが返される、つまり権限が複数定義されている場合が生じる。一方、スキーマ2では同様の問い合わせに対し常に単一のレコードのみを返し、また、「所属グループ属性」によりそのグループに属する「編集者」を一括して返す。

¹⁰ 現 BDMS（第3版）では上注スキーマ2の形式で本手続きを実装。

¹¹ さらに、部門別に同時並行的に進行する図書の作成に関しては、各部門間の相互調整機能なども重要である。参考文献2)を参照。

¹² 属性を選択して継承する、あるいはまったく継承しないなど、他の仕様も考えうるが、図書作成の履歴を管理する目的からは、これらの仕様が要請されることはほとんどないであろう。たとえば、まったく継承しないのであれば、図書を新規作成（最上位ノードを新たに定義）する方が自然である。

¹³ 却下案を非表示にするなどして却下案の履歴ツリーに所属する図書の編集を抑制する場合など。

¹⁴ さらに複雑な範囲指定も考えられなくもないが、ここでは省略する。

¹⁵ authentication.

¹⁶ 米国では連邦レベルでのデジタル署名法が成立している。

¹⁷ 一般にはデジタル署名(digital sign)と呼ばれる技術である。この技術が可能にする否認不能性(non-repudiability)を利用する。

¹⁸ 512~2048 ビット程度の値が一般的である。

¹⁹ "Industrial automation systems and integration - Product data representation and exchange"が正式名称。

²⁰ 応用規格の名称はそれぞれ、Part201 "Explicite draughting", Part202 "Associative draughting"である。

²¹ エンティティ drawing_revision, drawing_sheet_revision を参照。

²² ISO10303 Part22 SDAI 6.4.24 を参照。

²³ AP201には次のエンティティが定義されている。approval, approval_assignment, approval_date_time, approval_person_organization, approval_role, approval_status.

²⁴ 参考文献6)がEXPRESSによるスキーマ定義を含めた規格書である。

²⁵ ただし、このような関係を表現するエンティティはEXPRESSに特有なわけではなく関係モデルでも同様の手法が使われる。例えば、参考文献1)図2における、「参照・引用」がこれに該当する。

²⁶ product_definition_formation_relationship が該当するエンティティ。

²⁷ 本研究では商用のPDMシステムを採用していない。これらの市販システムは、基本となるデータベースシステムを核に構築された応用システムであり、位置付けとしてはBDMSと同等である。本研究では、関係データベースが提供する一貫性制約などの諸理論を直接評価し、市販システムによる独自のモデルの影響を排した。

²⁸ フランスでは、設計者でも施工者でもない第三者組織（コントロール・テクニック）が、図書による確認に現場検査を交えた方法により、工事検査報告を施主におこなう制度が普及している。保険会社は、この報告書をもとに保険料率などを決定する。また、このような検査組織内では過去の検査記録を保存している（図書を含む）。これらの記録は、現在のところ改築工事時に再利用される程度であるが、パトロジスト（病理学者）の充実やデータベース化などが伴えば、建築技術の総合的な体系化への道も開けよう。なお、パトロジーあるいはパトロジストという用語はコントロール・テクニック自身が用いている。