

建設情報モデル小委員会報告

和泉 繁¹
Shigeru Izumi

飯嶋 淳²
Atushi Iizima

【抄録】建設情報モデル小委員会は、土木構造物のライフサイクルで情報流通を実現するため、情報モデルのあり方について研究を行うことを目的に設置された小委員会である。本稿では、平成 19～20 年度の 2 ヶ年の活動報告として、建設情報モデルに関する既存研究の調査結果、課題分析、解決策の検討結果について述べる。

1. 研究活動の概要

1.1. 活動の目的

近年、建設分野においても広く情報技術が用いられ、主に各事業段階の中での情報交換が急速に普及しつつある。また、土木構造物の計画、設計、施工、維持管理の事業段階を跨いだ利用を視野に入れた、新たなデータモデルの提案・構築も増えてきている。土木構造物のライフサイクル全体を更に効率化するためには、建設情報モデルが適切に事業段階を越えて流通できることが必要であるが、公共事業は長期にわたり多くの関係者が作成・利用するという特性がある。したがって、建設情報モデルを流通させるため、構成する要素の多様性・データ量とともに、作業プロセスの目的・手法とモデルの粒度・精度なども着目すべき課題と考えられる。

本小委員会では、土木分野における既存の情報モデルに関する研究論文を整理し、これらの課題を明確にする。また、課題の解決策を探るために、建設情報モデルの構築に向けた数年後に実現可能な段階として、設計情報を包括にモデル化するためのアーキテクチャの検討も行う。

1.2. 活動の範囲

平成 19～20 年度の 2 ヶ年は、道路構造物を対象に、主にフェーズを越えて流通する建設情報モデルの課題と解決策の検討および数年後に実現可能な包括的設計情報のモデル化のアーキテクチャについて、既存の研究成果を踏まえ、継続的に検討を行った。

1.3. 小委員会の開催等

研究活動として小委員会を 7 回開催し、委員が分担して既存の建設情報モデル調査を行い、その結果を集約および課題と解決策について検討を行った。また、作業成果のファイル等を共有するために、小委員会の専用 Web サイトを利用した。

2. 研究活動成果

2.1. 既存の建設情報モデルに関する調査

建設情報モデルに関する既存の研究論文 20 テーマを対象に調査を行い、策定期（適用時期）、利用目的（利用者）、適法手法、制度・粒度、利用状況、課題などに関して「表 1 道路構造物の建設情報モデルに関する調査研究論文一覧表」のとおり整理した。

1：小委員長；大日本コンサルタント（株）事業開発本部 情報技術室（〒170-0003 東京都豊島区駒込 3-23-1）

2：副小委員長；JIPテクノサイエンス（株）東京テクノセンタ システム開発部 開発第1グループ

（〒103-0025 東京都中央区日本橋茅場町 1-2-5）

表 1 道路構造物の建設情報モデルに関する調査研究論文一覧表

No.	名称	事業フェーズ(作成●、利用○)				対象 (構造物)	作業プロセス	実用化のレベル			モデルの種類
		調査測量	設計	工事	維持管理			概念	実験	実務	
1	バックホウ掘削工における情報化施工要領(案)			●○		土工	バックホウ掘削工		●		情報化施工モデル
2	道路中心線形データ交換標準(案)基本道路中心線形編		●○	○	○	道路	線形設計			●	形状モデル
3	道路基盤データ交換属性セット(案)			●○	○	道路	完成図		●		形状モデル
4	道路基盤データ製品仕様書(案)	●○	●○	●○	●○	道路	測量		●		形状モデル
5	HvBRIDGE、PRISM 鋼構造物設計～製作モデルおよびシステム		●○	●○		鋼橋	設計、製作			●	プロダクトモデル
6	道路完成図等作成要領			●○	○	道路	舗装工事			●	形状モデル
7	情報化施工を支援する施工プロファイルの枠組み			●○		道路土工	施工管理			●	プロダクトモデル
8	LCDMを利用した建設情報の活用モデル					メタデータ	情報管理	●			管理モデル
9	新IFC-BRIDGE(案)		●○	●○	●○	橋梁	解析、設計 積算、管理	●			プロダクトモデル
10	IFC-Shield Tunnel(案)		●○	●○	●○	トンネル	解析、設計 積算、管理	●			プロダクトモデル
11	道路線形の関数表現を用いた道路設計情報モデル		●○	○	○	道路	線形設計		●		形状モデル
12	ICタグを用いたデジタル写真および設計情報管理システム		●○	●○	○	鋼橋	点検、補修		●		管理モデル
13	コンクリート橋における維持管理業務のTo-Beモデル				●○	コンクリート橋	点検、補修	●			管理モデル
14	出来形管理用トータルステーション			●○		土工	出来形管理		●		管理モデル
15	土木工事で用いる帳票のXML化の取り組み			●○		工事帳票	文書の作成、管理	●			文書モデル
16	4次元CADによる切土盛土施工管理システム			●○		土工	施工管理	●			プロダクトモデル
17	遺伝的アルゴリズムによる高速道路線形最適化のための線型モデル		●○			道路	線形設計		●		形状モデル
18	属性情報付GIS管理システム				●○	道路	資産管理 事故分析	●			管理モデル
19	合意形成用感性プロダクトモデル				●○	橋梁	架替案の合意形成	●			プロダクトモデル
20	土工と舗装工の現場におけるデータフローの標準化			●○		路盤工 舗装工	施工管理	●			管理モデル

2.2. 建設情報モデルに関する課題の抽出

既存の建設情報モデルに関する調査結果等をもとに、道路構造物に関する建設情報モデルをフェーズを越えて流通し、ライフサイクル全体を効率化するための課題を次のとおり抽出した。

(1) モデルの種類および実用化レベルの考察

建設情報モデルは定義が確立されていないとの認識に立ち、建設情報モデルの範疇に入ると考えた既存の研究論文の調査を行った。その結果、モデルの種類をプロダクトモデル、形状モデル、管理モデル、情報化施工モデル、文書モデルに分類した。

プロダクトモデルは、JIS の CAD 用語(B3401)にて「製品を製造するために必要な、形状、機能及びその他のデータによって、その製品をコンピュータ内部に表現したモデル」と定義されている。道路構造物においては、アプリケーション個別のデータ形式として従来から実務適用が行われている。

形状モデルは、プロダクトモデルに内包される形状データに関するモデルであるが、道路構造物においては道路中心線や区域（車道、歩道など）を表現するモデルとして、国土交通省がデータ形式を規定し、近年、実務への適用が開始されている。

管理モデルは、データを管理するためのモデルであり、管理業務での利用を目的に開発されたモデルを含めた分類とした。

情報化施工モデルは、建設機械等のマシンコントロールを行うためのモデルであり、精力的に実験、実務適用が進められている。

文書モデルは、土木工事で用いられる帳票をシステム間で交換するためのモデルであり、検証段階にある。道路構造物等を直接表現するモデルではないが、将来、出来形の管理モデルとして利用される可能性がある。

モデルの種類とその実用化レベルを整理することにより、主な問題点を次のとおり考察した。

(2) 問題点 1：工事フェーズ内での限定的な実用化

工事フェーズは、投入コスト・ユーザ数が大きいことから、他のフェーズに比べて実用化のインセンティブが基本的に高い。実用化が進んでいる情報モ

デルは、工事の効率化、品質向上の価値を生むために作成・利用され、下流フェーズの維持管理で利用するための契約上の成果物に位置付けられていない。また、工事フェーズで利用したい材料情報等は、上流フェーズの設計段階で設定されるが、情報モデルでは提供されておらず、材料等を提供する業界とのデータ標準化も進んでいない。

【課題 1 の抽出】

一般的に製造業は、データ流通が進んでいると言われるが、系列トップ企業の主導による系列内でのデータ流通であり、産業全体として実務上のモデルデータが流通している訳ではない。公共事業は、設計／施工の分離等により、系列化のレベルは低いが、系列トップ企業以上に主導的な立場として発注者が存在する。

フェーズ内での情報モデルの標準化、実用化のフェーズの拡大を行うためには、発注者によるルール（技術標準）の策定と動機付け（制度施行）が不可欠である。

(3) 問題点 2：対象作業の多様性

モデルの種類を分類した結果により、建設情報モデルが対象とする業務作業として、次の利用場面が考えられる。

- プロダクトモデルを利用した積算、施工計画
- 形状モデルを利用した調査、計画、設計
- 管理モデルを利用した事業管理、維持管理
- 情報化施工モデルを利用した品質管理
- 文書モデルを利用した施工管理

モデルの種類は、今回の調査結果の整理のみから設定しており、分類の曖昧さや利用場面の重複があると考えられる。また、利用者の立場・役割から情報モデルに求める情報項目、精度、粒度（モデルの管理単位）が異なる。さらに、一覧表の事業フェーズに示すとおり、モデルの作成と利用のフェーズが異なる場合もあり、対象作業は多様である。

現状では、建設情報モデルを研究開発する対象の業務プロセスが、全体の効率化にどのように関連するかが不明確な状態にあると考えられる。

【課題 2 の抽出】

「国土交通省 CALS/EC アクションプログラム 2005」

にもあるとおり、業務プロセス（全体版）を関係者間で常に共有し、個々の研究開発による効果を業務プロセスモデル（全体版）へ反映することが必要である。

(4) 問題点 3：データの流通構造

現状において、建設情報は、民間企業が業務・工事の成果品・完成図書等として作成・納品し、発注者が検査・保管・編集及び後工程への貸与する、契約単位の流通構造となっている。設計業務等の成果品、工事完成図書を管理する仕組みとして、電子納品保管管理システムがあるが、事業計画、契約管理、維持管理の情報システムとの連携は、発注機関が個別に検討・整備が行われており、データ流通構造が標準化されない懸念がある。

また、モデルデータ管理は、契約単位ではなく事業単位で統合可能な流通構造求められる。

【課題 3 の抽出】

建設事業に関する共通のデータ流通構造として、LCDM が提唱するような流通基盤を実務的に運用する体制の整備検討が必要である。

2.3. 理想型のアーキテクチャ（基本構想）の検討

抽出した課題の解決策として、既存の研究等から理想型のアーキテクチャ（基本構想）を整理した。理想的なモデルは、対象とする範囲から①ライフサイクル全体をカバーするタイプ、②ライフサイクルの一部分をカバーするタイプの 2 種類が考えられる。また、理想的なモデルに関する最近の取組み事例を整理した。

(1) ライフサイクル全体をカバーするタイプ

前述した問題点 1～3 のとおり、ライフサイクル全体をカバーするタイプは、問題が山積している。全体最適化に必要なデータ定義および利用者と作成者の費用負担に関する共通認識が確立されていない現状においては、性急に多用途で完全なデータ定義をめざしても定義と普及は困難である。

データ定義の手法として、公的基準(デジュリ)としてトップダウンで定義する場合は、現場で有効な基準との乖離がおきる。一方、市場原理(デファクト)は現場の目的に近い。ただし、ユーザの囲い込みが

考慮されるため、基準が企業戦略にコントロールされる。具体的には、共通ライブラリや API が提供されない場合の互換性、利用時のロイヤリティなどの普及阻害要因が考えられる。

ライフサイクル全体をカバーするタイプの特徴として、詳細化のためにクラスの階層ごとに扱いが異なるモデルになることが挙げられる。このため、ハンドリングの問題として、必要な情報にたどり着く手順が分かりにくい、データの変化に弱い、融通が利かないなどの扱いにくさがある。

現時点では、企業グループ、製品グループ、研究レベルなどに対象範囲を限定した事例が多い。これらの事例の適用可能な範囲を明示することが、共通認識を確立するアプローチとして有効と考えられる。

(2) ライフサイクルの一部分をカバーするタイプ

別のアプローチとして、交換を意識したデータ形式とすることを主眼とし、特定の事業段階などライフサイクルの一部分をカバーしたデータ構造もある。

データモデルの各階層で扱いが異なる場合に比べ、一定のパターンを高頻度で繰り返す構造が適用できるため扱いやすい。基本的な構造のパターンには、リスト(順序を持つ同一の列構造に基づく複数の行構成)、ツリー(木構造)、グラフ(ノードにデータとして値、条件、別のデータ構造、別のツリーを持つ構造)がある。これらのデータ構造は半構造で表現可能であり、ハッセ図で表現できる。データ範囲の切り分けは、モデル構造の中に界(上界/下界、最大元/最小元)を定義することにより行う。

ノードの遷移は、そのデータ構造におけるスーパークラスで行えるよう配慮する。これだけでアドホックな処理が無視できるために扱いが容易になる。外部とのデータの交換はパターンを受け渡す。いわば伝票のように小さなデータの塊に切り分ける。よく知られた例として RSS や Atom がある。パターンは小さいがゆえに解析も容易であり、マイニング手法を使ったデータの利用ができる。

(3) 流通を意識したデータ形式

意味情報流通の試みとして、セマンティック Web のように非人間による認識を前提とした概念がある。

また REST の概念はデータ交換の容易さから広く使

われるようになった。REST では SOAP のようにノード同士のメッセージパターンの抽象化をしないため、データの利用が容易である。実装例として Amazon.com, Ruby on Rails, 公機関ではカナダ連邦政府の "Seniors Canada On-line" プロジェクト (年金や介護関連) の例がある。

このようなデータ交換を意識した上でのアプローチも次へつなげる意味で今後検討したい。

2.4. 数年後に実現可能なアーキテクチャの検討

理想型のアーキテクチャの問題を認識する一方で、土木構造物のライフサイクル全体を効率化する段階的アプローチとして、他分野の動向等を整理し、数年後に実現可能なアーキテクチャの参考とした。

(1) BIM (Building Information Modeling)

BIM は、建築分野における 1 プロジェクト単位でのライフサイクル全体で情報活用された、先行的事例と理解できる。BIM とは、設計者が 3D モデルを使用して必要な全てのプロジェクト図面および 3D ビューを生成し、さらに性能、コスト、スケジュールといった様々な属性を含んだオブジェクトの集合体として表現する概念であり、事業ライフサイクルの全体で生成、及び保持されながら情報の集合体として相互運用していくプロセス手法を指すものである。建設 CALS/EC の基本理念である“統合情報データベースと、そのデータをライフサイクルで利活用する方法”の意味と極似である。

また、建築分野における BIM の概念の一つに「オープンな BIM データ標準により……あらゆるソフト間でデータ連携」とあり、既存も含めた 2 次元、3 次元アプリケーション、解析ソフト、CAD システム、CG システムなどと、常に連携を行いながらプロジェクトを進行させることで、進捗に応じた情報更新のリアルタイム性と、3D ビューによるコミュニケーション性を確保できる環境である。

建築分野から、建設分野への今後の適用を考えると、現在、生産性向上の手段として 3 次元設計、情報化施工などの次世代手法の導入が考えられている。BIM では、それらから得られた情報をもとに維持管理段階での活用も視野に入れたものにする必要があるが、建設分野の維持管理主体にとっては現状との乖

離が大きく、具体の検討が容易にできる環境にない。技術的には、建設分野における設計や施工に必要な 3 次元でのデータ連携可能な解析ソフト等の開発が望まれている。運用及び制度についても課題を明確にしながら検討を行うべき段階にあると考えられる。

(2) 橋梁事業における 3 次元 CAD 適用の予備的検証

国土交通省は、CALS/EC アクションプログラム 2008 (平成 21 年 3 月 31 日公開) を策定し、我が国の建設生産システムの生産性向上に向けた目標を掲げている。その目標の一つとして「調査・計画・設計・施工・管理を通じて利用可能な電子データの利活用」が挙げている。この目標を実現するため、平成 21 年度より ICT を適用したモデル工事を実施することが計画されている。これら 3 次元データによる生産性向上に関する検討として、国内外の建設分野における ICT の動向として 3 次元データに着目し、既存の橋梁設計・施工成果を例に、現状の業務プロセスにおいて流通している情報を利活用することで得られる効果の予備的検証が行われている。

現状の業務プロセスとは、業務では土木設計業務等委託契約書並びに設計業務等共通仕様書などの規程、工事では工事請負契約書並びに土木工事共通仕様書などの規程に基づき実施する作業の流れを Unified Modeling Language ;UML を用いて表現しているものである。この業務プロセス分析の成果を用いることで、これまで一般的に定性的な評価になりがちであった 3 次元データに関する評価を国土交通省の直轄事業における各業務プロセスに併せた 3 次元データの遷移、さらには、3 次元データの有用性を定量的もしくは定性的に評価することが可能となってきた。

予備的検証では、現状の河川事業の橋梁設計・施工の業務プロセスにおいて、3 次元データの導入効果が期待できる適用場面の抽出条件を次のとおり設定している。

- 3 次元データを現状の業務プロセスの一連の流れとして、後続する作業に利用できること。
- 構造物の隅角部や取り合いなど従来の 2 次元設計では表現が困難な場面であること。
- 3 次元データを利活用することで業務プロセ

スの統廃合が図れる可能性があること。

これらの条件の基づき 10 の適用場面が選定されている。橋梁予備設計では、①設計条件の確認、②橋梁形式比較案の選定、③基本事項の検討、④景観検討。橋梁詳細設計では、⑤設計細部事項の検討、⑥仮設計画。橋梁上下部工の工事では、⑦施工計画、⑧橋脚躯体工、⑨仮組立、⑩桁架設工、がその適用場面として選定されている。

予備的検証の結果として、橋梁設計の最初の業務プロセスである、①設計条件の確認においては、従来作業に比べ約 2.6 倍の作業時間が必要という結果となった。しかしながら、継続する業務プロセスで 3 次元データが利用できるため、④景観検討では、従来作業が 32 時間であったのに対し 1 時間と大幅な業務効率化を実現している。設計段階における主たる業務プロセス（①～⑤の合計）としては、従来に比べ 26.8%の業務時間短縮効果を計測し、さらに、橋梁予備・詳細設計における現状の業務プロセスを統廃合に係る可能性を示すとともに、3 次元データの利活用に係る課題を抽出している。

2.5. アーキテクチャ実現に向けて

建設情報モデルのアーキテクチャを実現するために、今後検討すべき主な事項を述べる。

(1) 設計図から情報モデルへ

人が理解するための設計図の表現形式からシステム間で設計情報を流通する情報モデルへ移行するために実務的に追加すべき情報を列記する。

- ◆ 表形式表示、省略表示している構造物全体の形状等の情報
- ◆ 慣習上、表現していない許容限界の情報
- ◆ 許容限界を定義するための基準線の情報

- ◆ 文章領域に記述する来歴情報（訂正／修正に関する変更の全ての記録、図面の有効性に影響するような事実など）

(2) 情報モデルの責任所在

測量、調査、設計、施工の実施主体は、民間企業であり、その成果である情報モデルの責任を有する。一方、発注者は契約単位で成果の検査を行った上で、必要に応じて修正を加え、下流プロセスへインプットデータとして情報モデルを引き渡すことになる。このような成果の受け渡しは、現在と同様ではあるが、図面等に比べて高度で複雑な情報モデルを流通させる場合には、改めて責任の所在を明確にして、その確認方法を確立することが求められる。

2.6. 終わりに

本小委員会は、平成 13 年度（設計情報小委員会）から 8 年にわたり、建設情報モデルについて主に技術的検討を行ってきた。近年、ネットワーク・ハードウェア・ソフトウェアの高性能化、モデル化に関する研究等の進展、情報化施工等の実務適用検証の展開により、本小委員会の設立当初から技術的進歩には目覚ましいものがある。

平成 19～20 年度の本研究では、これらの動向の整理、課題の抽出、課題解決策の検討を行った。その結果、発注者によるルール（技術標準）の策定と動機付け（制度施行）が不可欠であり、そのためには業務プロセスモデルを関係者で共有し、技術的検討結果を業務プロセスモデルに反映させることおよび流通基盤体制の整備検討が必要であると考えている。

本研究の成果が、今後の研究開発と施策実施の参考となれば幸いである。

建設情報モデル小委員名簿（平成 21 年 6 月 1 日現在）

小委員長	和泉 繁（大日本コンサルタント(株)）	委 員	中嶋 一雄
副小委員長	飯嶋 淳（JIP テクノサイエンス(株)）		((株)オリエンタルコンサルタンツ)
委 員	田島 剛之（大日本コンサルタント(株)）	委 員	西垣 重臣（(株)キック）
委 員	影山 輝彰	委 員	蒔苗 耕司（宮城大学）
	((財)日本建設情報総合センター)	委 員	政木 英一（国際航業(株)）
委 員	千葉 洋一郎（(株)トリオン）	委 員	保田 敬一（(株)ニュージェック）
		委 員	矢吹 信喜（大阪大学大学院）