

建設情報モデル小委員会活動報告

蒔苗 耕司¹ 政木 英一²

Koji Makanae Hidekazu Masaki

【抄録】建設情報モデル小委員会（旧：設計情報小委員会）の活動目的及び活動の範囲を示すとともに、平成 13～16 年度までの設計情報小委員会における研究活動のまとめとして、土木プロダクトモデルの概念、道路・橋梁の設計情報モデル、建設情報のスパイラルモデル、品質勘定を取り入れた建設情報概念モデル、観測システム等について述べた。また今後の課題として、高度なコンピュータ利用実現の基盤としての建設情報モデルのあり方について、その効果的な運用のための社会システムのあり方を含めて、広い観点から検討を進める必要があることを述べた。

1. 研究活動の目的と範囲

1.1 活動の目的

近年の急速な情報ネットワーク技術の進歩に伴い、建設分野においても広く情報技術が用いられるとともに、情報ネットワークを介した情報交換も急速に普及しつつある。しかし、現状の情報交換は、それぞれのフェーズの中での個別の情報交換が主となっており、計画・設計・施工・維持管理と続く土木構造物のライフサイクルの中で情報共有については十分に考慮されていない。このような全てのフェーズにおける情報の流通を実現するためには、建設とその管理のために必要な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確立が不可欠である。

このような背景から、土木学会情報利用技術委員会設計情報小委員会では、土木構造物のライフサイクルの中で必要とされる建設事業モデルのあり方について、研究を進めてきた。近年は土木分野においても「情報モデル」の認知度が高くなってきたことから、平成 17 年度から小委員会名称を「建設情報モデル小委員会」に改称し、小委員会の活動内容をより明確にするとともに、新しい研究ステージへと入っている。

本稿では、設計情報小委員会（平成 13～16 年度）として研究内容をとりまとめるとともに、「建設情報モデル小委員会」としての新たな活動に向けての課題について述べる。

1.2 研究活動の範囲

本小委員会の活動範囲は、以下の通りである。

- ・設計情報モデルの検討
- ・海外動向等の把握
- ・国内他機関との連携
- ・研究成果の公開、研究支援委員会活動への協力等

1.3 活動期間と活動体制

設計情報小委員会・建設情報モデル小委員会の活動期間については、以下の通りである。

設計情報小委員会

第 1 期：平成 13～14 年度（2 年間）

第 2 期：平成 15～16 年度（2 年間）

建設情報モデル小委員会

第 1 期：平成 17～18 年度（2 年間）

設計情報委員会の第 1 期においては小委員会を 2 つの WG（道路/地盤、橋梁）に分け、それぞれの分野におけるプロダクトモデルのあり方について研究を行なってきた¹⁾。第 2 期以降は WG 形式を取らず、小委員会全体での研究活動を行なっている。

小委員会では、2 ヶ月に 1 回程度の頻度では会合を開催し、研究内容等に関する議論を行い、最終的には報告書等の取りまとめを行なっている。また、「土木情報モデリングセミナー」等の開催により、学会員への情報提供を行なっている。

1: 小委員長；宮城大学事業構想学部デザイン情報学科 教授（〒981-3298 宮城県黒川郡大和町学苑 1）

2: 副小委員長；国際航業（株）国土空間情報事業部 国土情報基盤推進部 部長（〒102-0085 東京都千代田区六番町 2）

2. 設計情報としてのプロダクトモデル

2.1 土木プロダクトモデルの概念

土木プロダクトモデルに関する概念整理を行い、その定義の明確化を行なった（表-1）。

表-1 土木プロダクトモデルの概念

- (1)建設プロセスは、計画・設計・施工・維持管理に大分類される。
- (2)建設プロセスの中で流れる情報は、設計情報と管理情報とに分けられる。
- (3)設計情報には地形・地質、地物、構造物等に関する技術的な情報が含まれる。
- (4)管理情報は建設事業を管理するための情報である。
- (5)プロダクトモデルは、コンピュータ上に構築された仮想的な土木構造物の具体的なモデルである。
- (6)プロダクトモデルに基づき、設計物はコンピュータ上で3次元的に再現される。
- (7)プロダクトモデルは仮想的な物体形状をコンピュータ上に定義する。
- (8)プロダクトモデルは設計物の抽象化である。
- (9)プロダクトモデルの形状情報は3次元情報であり、必要に応じたビューを得ることができる。
- (10)プロダクトモデルに基づき、解析・数量計算等に必要データを取得することができる。
- (11)プロダクトモデルは一元的な情報であり、ビューには依存しない。
- (12)プロダクトモデルの基本は形状モデルであり、属性情報はそれに付随する。
- (13)プロダクトモデルは、管理情報とリンクすることができる。
- (14)形状情報は部品化（オブジェクト化）されることが必要である。
- (15)部品形状は極力、パラメトリックに定義されるべきである。
- (16)プロダクトモデルの対象は、「建設事業」そのものである。
- (17)計画・設計という段階を経るに従い、設計情報量は増加し、プロダクトモデルのオブジェクト構造は多重構造となる。
- (18)施工はプロダクトモデルを現実の世界に投影する段階である。
- (19)現実から得られたプロダクトモデルの乖離は修正されなければならない。
- (20)プロダクトモデルは、竣工後は維持管理情報のデータベースとしての利用が可能である。
- (21)施工後、プロダクトモデルと現実との乖離を見出す作業が維持管理の一つである。
- (22)現実の物体は老朽化等により竣工時点とのプロダクトモデルとの乖離を引き起こす。
- (23)プロダクトモデルは時間の概念を有し、その老朽化を予測し、補修スケジュールの立案を実現する。

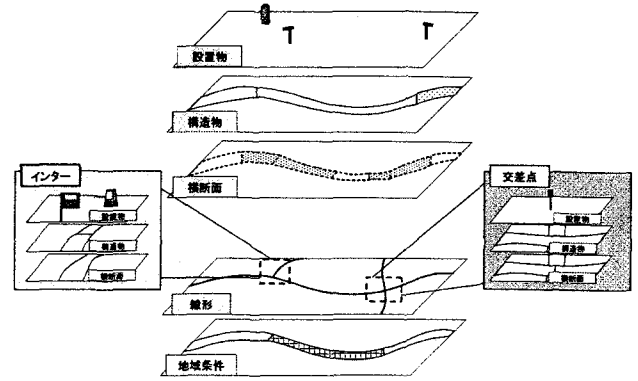


図-1 概念構成図

2.2 道路設計情報モデルの構築

特に道路の「設計者」という立場に限定し、①設計目的の整理、②目的達成のために実行される事項の整理、の2項目について検討を行い、これを階層構造としての整理を行なった。さらにこれらの中から、サービス対象者（受益者）を「自動車利用者」に限定し、サービスを実現するために必要な情報項目（入力、出力）の整理を行なった。これらの検討内容に基づき、「設計者」の立場から、「自動車利用者」に対するサービスについて精査し、それを実現するために必要な情報項目のモデル化を行なった。さらに、構築したモデルに基づき、設計情報の流通プロセスに関する検討を行なった。検討による道路設計情報モデルの概念構成を図-1に示す。

2.3 橋梁設計情報モデルの構築

鋼橋を対象とした設計情報モデルとして、橋梁の鋼橋上部工を対象としたモデルの検討を行なった。モデルの構築を行うにあたって、まず国内外の設計情報モデルに関する調査を行なった。次に鋼橋の上部工データをモデル化するにあたって、部材や形状、取り付けなどを表現するためのいくつかの定義方法について検討を行い、面構造を意識した設計情報モデルの構築を行なった。モデルの実装はXMLを用い、それに基づく3次元表現によりモデルの有効性を検証した（図-2）。

3. 建設情報モデルに関する検討

—維持管理を考慮した建設情報モデルの考え方—

3.1 建設情報のスパイラルモデル

一般に土木構造物のライフサイクルモデルは、計画か

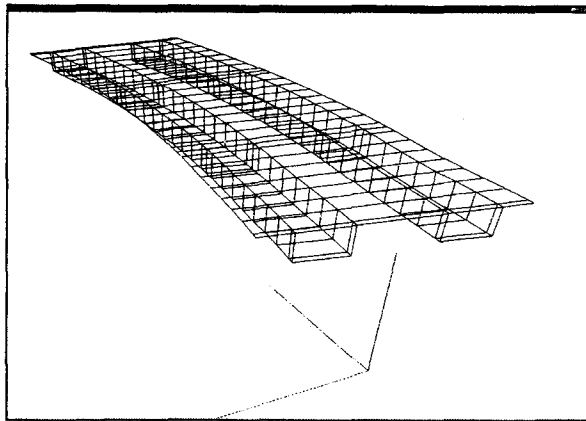


図-2 鋼橋設計情報モデルの表示例

ら設計、施工、維持管理というプロセスを経て、再び計画（改修）に戻るというモデルである。改修による施設代替は旧施設の撤去と新施設の設置であり、同一空間に新旧両世代の施設が存在することは無い。建設情報においても同様の取り扱いがなされ、実存する施設に対する同一サイクル上の情報のみが保存され、過去のサイクルにおける建設情報は破棄され、それを参照することはできない。一方、電子情報化による情報保存の容易性と持続性のある適切な情報モデルの構築は、過去のサイクル情報の保存とその参照を可能とする。従って、サイクルを経る毎に情報が蓄積されるモデルが構築される。これをモデル化し、図示したものが図3-1であり、ここで建設情報のスパイラルモデルと呼ぶ。

図3-1に示す円錐は情報の増加を示し、また点線で示されるスパイラルは、よりミクロなスパイラルが存在することを示す。このモデルにより、次のスパイラルにおいても以前のサイクルにおける情報が継承され、有効に活用し得る。例えば、過去に利用した地形や地質等の基盤情報や過去の設計上の工夫が次サイクル以降にも継承・利用できるということである。

3.2 既存の施設情報との整合性

現在、土木構造物にかかるプロダクトモデルの構築に関する取り組みがいくつかの機関等で行われている。今後、新規に建設（あるいは改修）される施設の情報はプロダクトモデルに基づけば、それは有効に機能し得る。一方、紙やマイクロフィルム、あるいは既往の2次元CAD等により記録された図面、台帳等の情報をベース

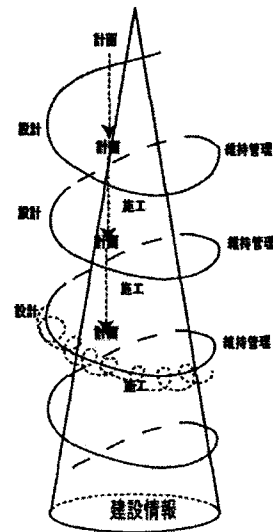


図-3 建設情報のライフスパイラルモデル

とした既存の情報を如何に統一的なシステム上で扱うかが大きな課題となる。維持管理システムの構築においては、プロダクトモデルを扱うのみではなく、既存の図面情報やCAD情報を適切にラッピングし、システム上で扱う仕組みの構築が必要である。

3.3 建設情報モデルの構築

ここで示す建設情報モデルは、社会基盤施設とその事業段階、特に維持管理段階における概念的な関係を表現しようと試みた一つの例である。よって、各要素（クラス）の粒度レベルはかなり粗なものとなっている。維持管理には、様々の要素が存在するが、ここでは土木構造物の品質維持という側面に着目し、モデル化を行う。

概念モデルを図4に示す。本モデルでは、土木構造物の品質を管理するために「品質勘定」という概念を導入した。これは、土木構造物が一旦、完成した後は、自然的に発生する品質を低下させる要素とその低下を補う要素とが発生し、そのバランスにより土木構造物のその時点で品質が決まる考え方である。この考え方に基づけば、

その時点での品質 =

初期値 + Σ (劣化要素 + 品質増加要素)

と単純化できる。

また土木構造物は、数十年に亘り存在することになるため、これらの履歴を保持し、管理者はこれを監視することにより維持管理業務の行うことが可能となる。この予測値を勘定に参入することにより、将来のある時点における状態も知ることができる。勘定の基本データであ

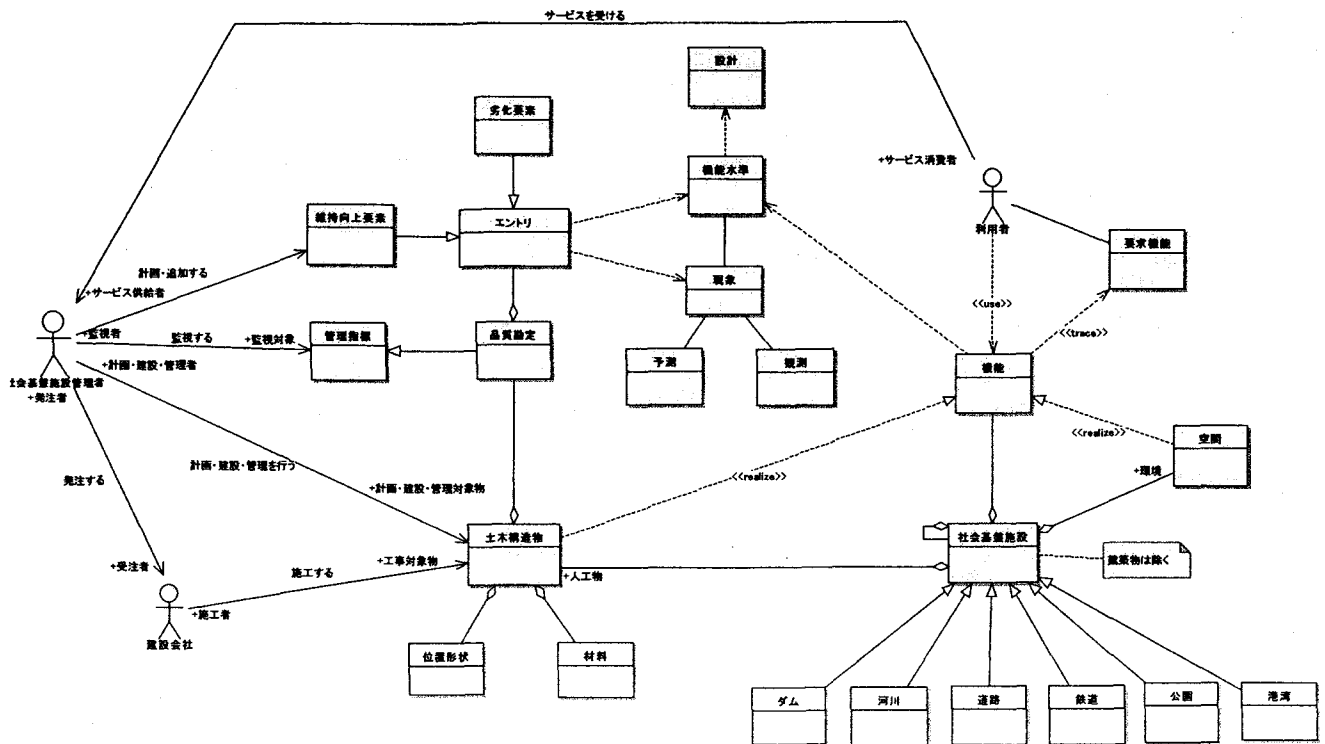


図4 社会基盤施設における維持管理の概念モデル

る劣化要素及び品質増加要素としては様々の要素が存在するが、それらの詳細については今後、検討を行う必要がある。

3.4 情報取得・運用技術

4.4 のモデルにおける品質勘定のためのデータ取得には、その自動観測による情報の自動取得が実現しつつある。道路、橋梁、トンネル等の健全度（損傷状況）を把握するためには、一般的には点検を実施しており、内容と目的に応じ、通常点検、定期点検、異常時点検、追跡調査、詳細調査に分類される。点検の基本は、目視及び簡易な測定器具による変状調査であるが、詳細調査では、特殊な点検機械・器具を利用する。また、継続監視が必要な場合は、モニタリング手法を採用する場合もある。近年では、モニタリング（常時観測）を点検の代替とする手法の研究・開発も実施されている。以下は、調査方法の中から、新技術の一例を紹介する。

a) 交通量計測装置

道路に埋設した小型センサユニットの上を通過した車両・1台毎の「通過時間」・「速度」・「大小区分」を、リアルタイムで計測・自動記録する。路面凍結や渋

滞の判断、道路計画、都市計画、ITS、工事・災害時、観光地周辺の交通量調査や工場、駐車場の車両動向調査等に適用できる。

b) 損傷写真から損傷度を判定する技術

国土交通省の中部地方整備局では、塗膜の残存寿命予測する技術を開発している。

c) 振動から損傷度を判定する技術

衝撃振動試験から構造物の健全度を評価する技術が研究されている。鉄道関係は調査実績が多く、評価手法の一つとして実用化されている。例えば、橋梁では、高所作業車に吊るした重錘を橋脚に衝突させ、その衝撃を桁、橋脚の天端・中部・下部に速度計を配した測定システムにより読み取り、試験を行うシステムの例が示されている²⁾。

d) 構造物変位計測センサ

オートマテリアル（知能材料）を利用した計測センサの一つとして、TRIP 鋼の最大歪記憶特性をピーク記憶素子として利用したセンサ等が開発されている。また光ファイバーによる構造物モニタリング・システムは、光ファイバー3本をよった光学ストランド（より線）を活用し、対象構造物全体の挙動を、連続的に計測する。光

学ストランドを通過する光は、曲がり部（マイクロベンディング）があると、その部位で外部に光が漏れ、光の強度が減少する原理を応用し、構造物の変形や歪みを測定している³⁾。

e) 事故検出システム

トンネル内に複数設置した CCD カメラで安全監視を自動化し、交通流計測や路上障害物検出に加え、炎、煙等の検出による火災検知、煤煙透過率や路面、壁面の輝度等の視環境計測を自動的に行うシステム（小糸工業）や事故の衝突音を自動検出し交通事故を記録するシステム（三菱電機エンジニアリング）等、ITS に関連した技術として開発が進んでいる。

4. まとめと今後の課題

設計情報小委員会では、平成 13・14 年度の第 1 期には、設計情報としてのプロダクトモデルのあり方、平成 15・16 年度の第 2 期には、維持管理を考慮した建設情報モデルのあり方について検討を行い、建設情報のスパイラルモデル及び概念モデルを提案した。今後はこれらの提案したモデルについて、より詳細な検討を行い、実装可能なモデルへと発展させていく必要がある。また既に存在する膨大な情報と新たな建設情報モデルとをどのように整合していくべきか、本報告書で提案した既存情報のインデックス化を含め、検討する必要がある。

近年は XML や UML 等のオブジェクト指向のモデリング言語・手法の急速な普及に伴い、建設分野における情報モデルの必要性に関する認識が急速に高まりつつある。本小委員会はこれまで「設計情報小委員会」として、主に計画・設計段階における「設計情報」をターゲットにして、情報の整理とモデル化を進めてきたが、その適用範囲は計画・設計の範囲を超えて、施工、そして維持管理、さらにはライフサイクル（ライフスパイラル）全体をその対象としつつある。このようなことから、今後は建設事業全体を対象にした情報モデル（「建設情報モデル」）のあり方について検討が強く望まれる。また情報モデルの構築は、コンピュータソフトウェアとしての情報システムの利用が前提である。インターネットの普及以来、建設 CALS として情報の電子化とその共有化が進められてきたが、コンピュータ利用技術の高度化を阻害してきた側面も無いわけではない。今後は、高度なコンピュータ利用実現の基盤としての建設情報モデルのあり方について、その効果的な運用のための社会シス

テムのあり方を含めて、広い観点から検討を進める必要がある。

また建設情報モデルの必要性に対する認識が高まる一方で、建設技術者自身が、それがどのように構築されているのか、またどのように構築すればよいのかといった理解を得るのが難しい状況にある。設計情報小委員会においても、「土木情報モデリングセミナー」や「土木情報ガイドブック」等を通じて、一般の建設技術者を対象とした教育活動に着手しているが、今後もこのような活動を継続的に行うことにより、建設分野での情報技術のレベルアップを図り、実空間のみならずサイバー空間での建設に携わることができる技術者の育成が望まれる。

これらの課題は、平成 17 年度からの「建設情報モデル小委員会」において取り組んでいく必要があると考えている。

参考文献

- 1) 蒔苗耕司・政木英一：設計情報小委員会活動報告，土木学会土木情報利用技術講演集，Vol.28，pp.91-98，2003.
- 2) 建設省土木研究所：橋梁基礎構造の形状および損傷調査マニュアル(案)，1999.
- 3) (株) 計測リサーチコンサルタント：
<http://www.krcnet.co.jp/>.

建設情報モデル小委員会委員名簿 (平成 17 年 9 月 30 日現在)

小委員長	蒔苗 耕司	宮城大学
副小委員長	政木 英一	国際航業株式会社
委員	飯嶋 淳	JIP テクノサイエンス株式会社
委員	和泉 繁	大日本コンサルタント株式会社
委員	川崎 康	株式会社建設技術研究所
委員	高山 義生	富士通エフ・アイ・ピー株式会社
委員	田島 剛之	大日本コンサルタント株式会社
委員	田部 成寿	株式会社横河技術情報
委員	千葉 洋一郎	株式会社トリオン
委員	中嶋 一雄	株式会社オリエンタルコンサルタンツ
委員	永富 大亮	日本技術開発株式会社
委員	保田 敬一	株式会社ニュージェック
委員	矢吹 信喜	室蘭工業大学