

都市空間の3次元化～CIM (Construction Information Modeling) と3次元CAD～

著者	窪田 諭
雑誌名	理工学と技術 : 関西大学理工学会誌 = Engineering & technology
巻	20
ページ	53-56
発行年	2013-11-15
その他のタイトル	Three-dimensional Modeling for Civil Infrastructure -Construction Information Modeling and 3D CAD
URL	http://hdl.handle.net/10112/8012

都市空間の3次元化

～ CIM (Construction Information Modeling) と3次元CAD ～

窪田 論*

Three-dimensional Modeling for Civil Infrastructure — Construction Information Modeling and 3D CAD

Satoshi KUBOTA

1. はじめに

道路、港湾、鉄道、電力、ガスなどで構成される都市空間は、計画、調査、設計、施工、維持管理の流れで建設事業によって構築され、発注者である国や地方公共団体など、および受注者である設計者、施工者、維持管理者など多くの関係者が事業に携わる。建設事業においては、事業投資の減少と熟練技術者の不足という制約の中で、高度経済成長期に整備された構造物が更新期を迎えつつあり、限られた予算で増大する維持管理需要を賄いつつ、公共サービスの水準を維持するという課題に直面している。建設事業においては業務の効率化と高度化が喫緊の課題となっており、国土交通省ではCALS/EC (Continuous Acquisition and Lifecycle Support/Electronic Commerce: 公共事業支援統合情報システム) を推進してきた。本稿では、CALS/ECの歴史と目的・意義を概説し、近年、建設事業で話題の中心となっているBIM (Building Information Modeling) およびCIM (Construction Information Modeling) について解説する。そして、筆者らが取り組んでいる3次元CADによる都市空間の可視化に関する研究を紹介する。

2. 建設事業の電子化～CALS/EC～

建設事業におけるデータの流れを図1に示す。計画・調査では構造物の建設計画と地質や環境などの調査を行う。設計では構造物の構造計算や数量計算などを行う。積算では設計計算結果をもとに、施工費用を

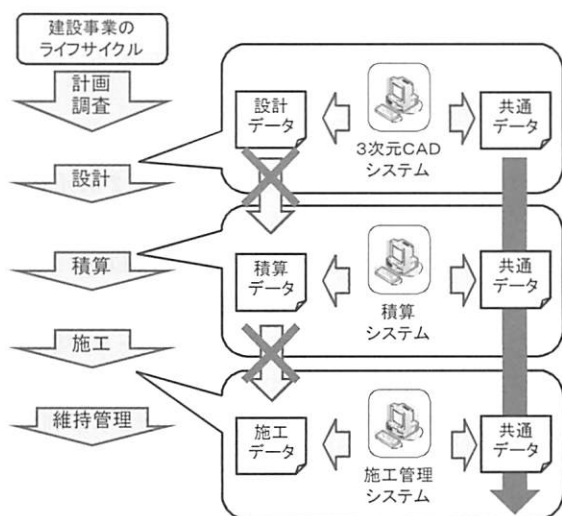


図1 建設事業におけるデータの流れ

計算する。施工では構造物を現地に建設する工事を行う。維持管理では構造物を住民に安全に供用するために必要な点検、補修などを行う。従来までは各業務段階の成果は紙で受け渡されてきた。また、各段階で情報システムが導入されても共通データフォーマットがなく、正確な受け渡しができなかった。CALS/ECは、従来は紙で交換されていた建設情報を電子化し、通信ネットワークを利用して公共事業の様々な業務間で必要な情報を交換、連携、共有、再利用することにより、公共事業の透明性の確保や生産性の向上、コスト縮減などを実現しようとする取り組みである(図2)。1997年には建設省(現:国土交通省)によって建設CALS/ECアクションプログラムが、2001年にはCALS/EC地方展開アクションプログラム(全国版)が策定され、電子納品や電子入札に国土交通省による

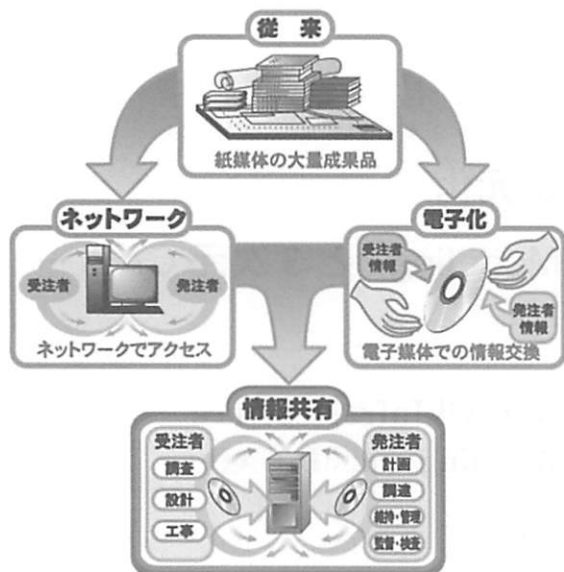


図2 CALS/ECの概要¹⁾

直轄事業だけでなく、地方公共団体も積極的に取り組むこととなった。

CALS/ECにより、受注者が発注者に納品する図面や設計図書などを電子化する電子納品や2次元CAD製図とその交換データの標準化には成果があった。国土交通省としてのCALS/ECは、CALS/ECアクションプログラム2008が2010年度に完了したことに伴い終了した。CALS/ECの実現のためにはデータが事業および事業者間で円滑に流通することが重要であるが、現状では各事業段階で異なるソフトウェアが利用されることが多い。そのため、設計段階で生成されたデータが施工段階で利用できず再度描画し直す作業が発生するという課題があった。電子データをいかに利活用し、業務を効率化、高度化するかというレベルには至っていないのが実状であった。そこで、計画あるいは設計段階から構造物に関する3次元データを生成し、これを施工や維持管理段階で活用することで解決しようとするBIMやCIMが取り込まれるようになった。

3. 建設事業における3次元データの活用 ～BIMとCIM～

BIMは、建築物の3次元モデルをコンピュータ上に作成し、それに室などの名称、コストや仕上げ、材料・部材の仕様や性能、管理情報などの属性情報を追加したデータベースを設計、施工、維持管理の工程で活用する²⁾ものである。国土交通省では、官庁営繕事業において、設計における3次元データの活用としてBIMを用いた設計を実施することを決め、2010年度の事業から試行を行ってきた。CIMは、BIMの対象を社会基盤構造物に拡大し、建設生産プロセスの高

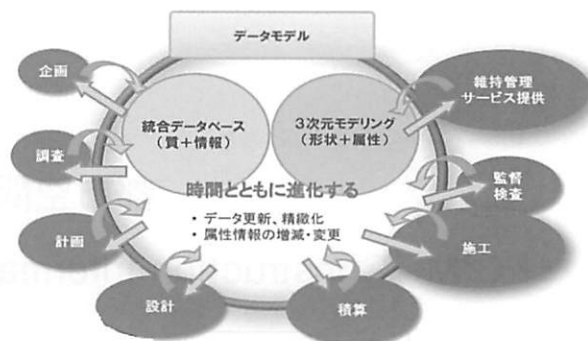


図3 CIMの概要と目指すもの³⁾

度化を図ろうとするものである。CIMの導入にあたっては、対象物の3次元空間形状、時間・コストの基本情報と対象物の属性情報、維持管理を考慮した計測機器の組み込みなどによる高度化の3つが重要な要素³⁾とされる(図3)。文献3)ではCIMの実現による技術的目標として、我が国の全ての社会基盤を情報として定義し、構成し、3次元モデルの仮想空間に仮想日本を創り、様々な目的で利活用することを検討する、としている。

従来までの建設事業では、設計の道具として「2次元図面」が用いられてきた。建物などの構造物は、平面図、正面図、側面図、断面図などの2次元図面によって表現され、技術者はそれらを見て構造物の形状や寸法、材料などを判断してきた。図面を電子的に描くための道具がCADであり、我が国でも2次元CADの歴史は長い。2次元CADであっても属性情報を付与することは可能で、異なるソフトウェア間でのデータ交換も国土交通省のSXF (Scadec Exchange Format) 仕様により可能である。ただし、2次元CADは基本的には単なる直線、円、曲線、文字などの集合であり、橋梁の桁や橋脚などといった部材の意味をコンピュータに認識させることは困難である。一方、3次元CADで橋梁の3次元モデルを作成し、それに属性情報を付与することによって、コンピュータは桁や橋脚などを理解し、設計計算やコスト計算を行えるようになる。つまり、BIMとCIMを有効かつ確実に実現するためには、社会インフラに係わる3次元データを流通し、事業関係者が利用できる環境が必要である。筆者は、文献4)において、道路事業を対象として3次元データを活用するための施策および研究課題を整理した(表1)。3次元CADや属性などのデータ交換標準の策定やプロダクトデータモデルの構築など技術的な課題、関連制度の改定や地方展開などの政策的な課題が存在している。これらの課題を解決するための取り組みは緒に就いたばかりであり、産学官が一体となって課題解決に取り組むであろう。

表1 3次元データ活用のための施策および研究課題（文献4）を一部改変

実施項目	検討内容
3次元データ交換標準の策定	<ul style="list-style-type: none"> ・3次元データ交換標準 ・3次元データ作成要領の整備 ・ISOとの整合
関連制度の改訂	<ul style="list-style-type: none"> ・設計業務等共通仕様書の改訂 ・土木工事施工管理基準の改訂
構造物のプロダクトデータモデルの構築	<ul style="list-style-type: none"> ・構造物のモデル構築 ・幾何・位相フィーチャ仕様の作成 ・属性情報の定義
業務プロセスモデルの実現	<ul style="list-style-type: none"> ・あるべき業務プロセスモデルの検討 ・業務プロセスモデルの効果検証 ・業務プロセスモデルの普及
3次元CADエンジンの開発と普及	<ul style="list-style-type: none"> ・3次元CADエンジンの開発 ・ドメイン3次元CADソフトの開発 ・エンジンとソフトの効果検証 ・ドメイン3次元CADソフトの普及
3次元データ利用環境の整備	<ul style="list-style-type: none"> ・3次元ビューワの開発 ・地方公共団体への普及と展開

4. 3次元CADの設計と開発

筆者らは、建設事業において3次元データを生成し流通するために、3次元CADソフトを迅速かつ低コストに導入し、これを活用できる環境を構築することを考え、国産初の汎用3次元CADエンジンを設計し開発した^{5,6)}。設計にあたっては、パラメトリックモデリングの採用、ISO10303 (International Organization for Standardization, 通称STEP: Standard for the exchange of product model data) に準拠したデータモデルの構築、時間項の考慮という方針を定めた。そして、パラメトリックモデリングの実現方法、3次元モデルの作成・編集機能などを設計した。設計方針を満たす3次元CADエンジンの構成を図4に示す。3

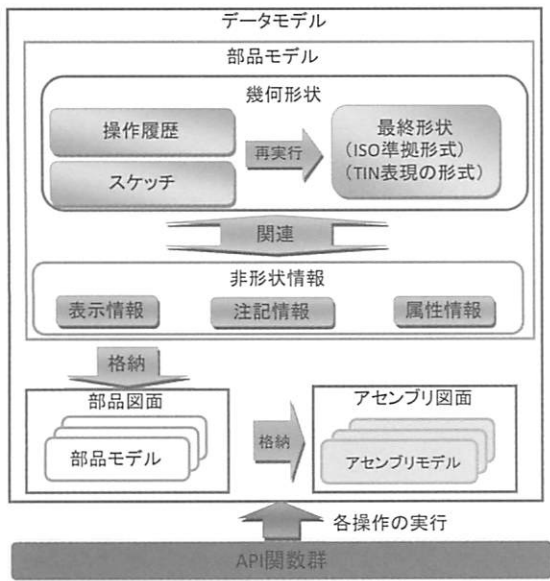


図4 3次元CADエンジンの全体像

次元CADエンジンは、各機能を実現する上で扱う情報を管理するデータモデルとそれら进行操作するためのAPI関数群によって構成される。API関数群は道路や橋梁、河川など特定分野向けのドメインCADで利用される。3次元CADエンジンのデータモデルは、個々の3次元モデルを管理する「部品モデル」、その集合によって表現される図面情報を管理する「部品図面」、アセンブリモデルの集合によって表現される図面情報を管理する「アセンブリ図面」によって構成される。

建設事業における構造物の3次元モデルを作成できることを検証するために、次の構造物を作成した。

- ・押し出しを用いた鉄筋コンクリートスラブ (図5)
- ・スイープを用いた道路線形 (図6)
- ・橋脚の面取り処理
- ・橋脚のフィレット処理

これらの3次元モデルによって、3次元CADエンジンの作成・編集のモデリング機能の妥当性と基本的な構造物を作成できることを検証した。

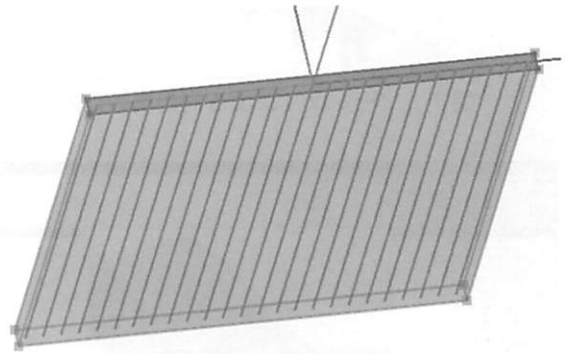


図5 押し出しによる鉄筋コンクリートスラブの作成

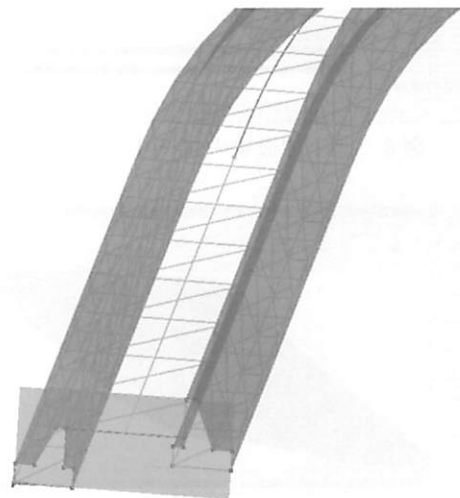


図6 スイープによる道路線形の作成

さらに、以下のより複雑な構造物の3次元モデルも作成した。これらの3次元モデルによって、3次元CADエンジンの拘束評価とアセンブリ機能の妥当性を検証するとともに、ブーリアン処理や点群データといった複雑な構造物に適用できることを検証した。これらのように、3次元CADエンジンが有効であることを検証できた。

- ・アセンブリを用いて上部工と下部工を連結した高架橋（図7）
- ・人孔と下水道管の接続におけるブーリアン処理（図8）
- ・点群データを読み込み、道路と橋梁を配置したモデル（図9）

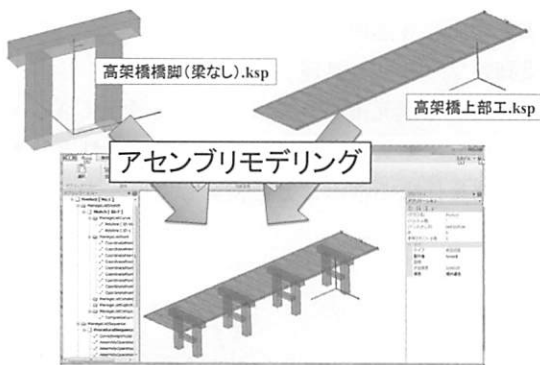


図7 アセンブリによる高架橋の作成

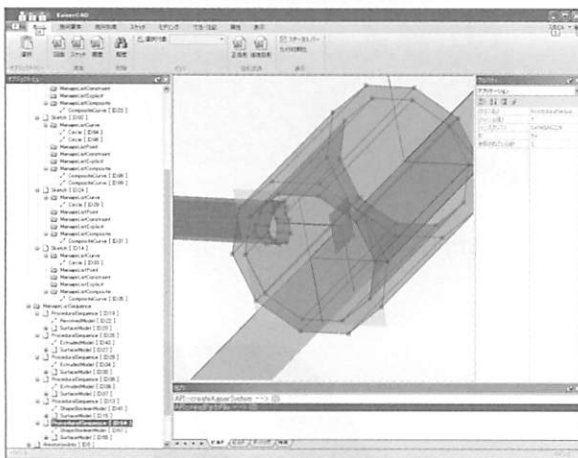


図8 地下埋設物のブーリアン処理

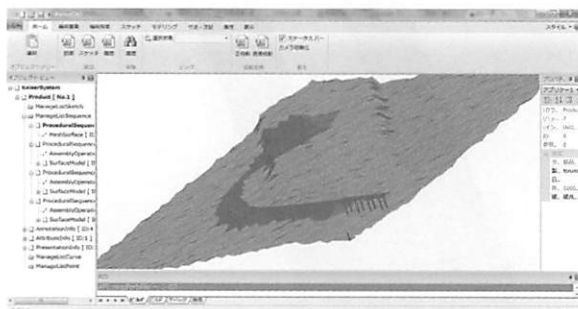


図9 点群データによる地形上の道路の作成

5. おわりに

本稿では、都市空間を構成する道路、河川などの建設事業に関する3次元化の取り組みとして、これまでのCALS/EC、現在建設業界の共通認識として急速に取り組みが行われているBIMとCIMについて概説した。そして、都市空間の3次元化に寄与する3次元CADエンジンの設計と開発について述べた。今後は、3次元CADエンジンを基にした簡易3次元CADソフトを教育機関に配布し、3次元データの利活用に関する教育面からの底上げを図る考えである。

参考文献

- 1) 日本建設情報総合センター CALS/EC ページ：
<http://www.cals.jacic.or.jp/calsec/>
- 2) 家入龍太：よくわかる最新BIMの基本と仕組み、秀和システム、237p., 2012.
- 3) CIM 技術検討会：CIM 技術検討会平成24年度報告、日本建設情報総合センター、2013.
- 4) 窪田 諭：道路事業を対象とした3次元データの活用に関する検討、土木学会論文集 D3 (土木計画学), Vol.68, No.1, pp.43-48, 2012.
- 5) 田中成典, 窪田 諭, 北川悦司, 物部寛太郎, 中村健二：建設事業における汎用3次元CADエンジンの調査と設計、土木学会論文集 F3 (土木情報学), Vol.67, No.2, pp.Ⅱ_41-Ⅱ_50, 2012.
- 6) 田中成典, 窪田 諭, 北川悦司, 物部寛太郎, 中村健二：ISO10303に準拠した汎用3次元CADエンジンの設計とその検証、土木学会論文集 F3 (土木情報学), Vol.68, No.2, pp.Ⅱ_43-Ⅱ_50, 2013.