

(18) 建設事業における汎用 3 次元 CAD エンジンの調査研究

Research about versatile 3D-CAD engine for construction

田中成典¹・窪田 諭²・北川悦司³・物部寛太郎⁴・中村健二⁵

Tanaka Shigenori, Kubota Satoshi, Kitagawa Etsuji, Monobe Kantaro, and Nakamura Kenji

抄録: 我が国の建設事業においては、CALS/EC や情報化施工、生産性向上のために 3 次元データを利用する環境を構築することは重要な課題であるが、その要求を満たす 3 次元 CAD が存在しない。そのため、国産の 3 次元 CAD ソフトの開発を支援することを目的とした、汎用 3 次元 CAD エンジンの開発が求められている。

そこで本研究では、建設事業において 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ために、汎用 3 次元 CAD エンジンを設計するための調査研究を行った。ここでは、3 次元 CAD の利用場面、3 次元 CAD に付随するシーズ、標準化動向、既存製品、IT 要素技術について調査し、汎用 3 次元 CAD エンジンに対する要求を明らかにした。

キーワード: 3 次元 CAD, 3 次元データ, ISO 10303 (STEP)

Keywords: Three-dimensional Computer Aided Design, Three-dimensional Data, ISO 10303 (STEP)

1. はじめに

我が国の社会基盤である産業基盤（道路、港湾、空港、電機、ガスなど）、生活基盤（病院、福祉施設、公園、水道など）、国土保全（治山・治水、災害復旧、公害防止など）においては、社会基盤情報の整備・構築による電子国土の実現とその利活用が必要である¹⁾。建設業界においては、公共投資の減少と熟練技術者の不足という制約の中で、高度成長期に整備された社会資本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しなければならないという厳しい課題に直面している。さらに、各地で頻発する自然災害への対応、公共事業の透明性や品質確保など、複雑かつ広範囲な課題もあり、これらの解決には IT 技術の総合的な活用による生産性とサービスの向上が不可欠である。

建設分野の IT 活用については、CAD データ交換標準フォーマットである SXF²⁾が開発され、公共事業の電子納品での利用や各社の商用製品に実装されるなど、2 次元 CAD が主に利用されている。一方、国土交通省 CALS/EC アクションプログラム 2008 (案)³⁾では、目標③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」を目標に掲げている。その効果として、3 次元デー

タの利活用により、工事の一層の品質向上とコスト縮減及びスピードアップ化を図るなど建設生産システムの生産性向上が可能となる (CAD データの活用) としている。そのために、実施項目として、

- ・ 3 次元データへの交換標準の策定
- ・ 3 次元データを活用したモデル設計・施工の実施
- ・ 3 次元データを活用した維持管理情報の可視化を挙げている。これらの場面で 3 次元データを活用するためには、3 次元 CAD データが生成される必要があり、3 次元 CAD エンジンの果たす役割が大きい。また、目標④として「工事の一層の品質向上を図る情報化施工の普及促進」があり、3 次元データの活用可能性が高い情報化施工を対象としており、建設分野に特化した 3 次元 CAD エンジンの活用が望まれる。

しかし、現状では、安価な 3 次元 CAD エンジンが存在しないため、建設分野では未だ 3 次元 CAD データが十分に利活用されていない。建設事業のライフサイクルにおける様々な場面で利用可能な汎用 3 次元 CAD エンジンを迅速かつ低コストで普及させるために、汎用 3 次元 CAD エンジンの設計・開発を実施することが必要である。そこで本研究では、我が国の建設業界において 3 次元 CAD を迅速かつ低コストに普及させることを目的に、汎用 3 次元 CAD エンジンのプロトタイプを設計するための調

1 : 正会員 博(工) 関西大学 教授 総合情報学部

(〒569-1095 大阪府高槻市霊仙寺町 2-1-1, Tel :072-690-2404, E-mail : tanaka@res.kutc.kansai-u.ac.jp)

2 : 正会員 博(工) 岩手県立大学 講師 ソフトウェア情報学部 (〒020-0193 岩手県滝沢市滝沢字菓子 152-52)

3 : 正会員 博(情) 阪南大学 准教授 経営情報学部 (〒580-8502 大阪府松原市天美東 5-4-33)

4 : 正会員 博(情) 宮城大学 助教 事業構想学部デザイン情報学科 (〒981-3298 宮城県黒川郡大和町学苑 1)

5 : 正会員 博(情) 立命館大学 助手 情報理工学部情報システム学科 (〒525-8577 滋賀県草津市野路東 1-1-1)

査を行う。なお、本研究では、3次元データを汎用3次元CADエンジンにより生成される、プロダクトデータモデルとしてのデータと定義する。

2. 汎用3次元CADエンジンに纏わる調査

本章では、汎用3次元CADエンジンに関して、3次元CADの利用場面、3次元CADに付随するシーズ、標準化動向、既存製品、IT要素技術を調査した。

(1) 3次元CADの利用場面

現状の3次元CADと3次元データの利用場面を国土交通省による報告書、土木学会発行の学術論文、日本建設情報総合センター(JACIC)の報告書、Webページなど約50件を調査した。また、国土交通省国土技術政策総合研究所などの実務者へのヒアリングを実施した。調査対象は道路・橋梁の計画、調査、設計、施工、維持管理、河川、都市計画・景観に分類したものとした。現状では、道路や橋梁の設計、情報化施工で3次元データを利用した実務が行われているが、全体的には3次元CADや3次元データを利用した場面は少ない。道路・橋梁では今後の利用場面が幅広く、都市計画や景観の分野においても、関係者の合意形成や住民説明のために3次元データを活用できる場面が多いことがわかった。

(2) 3次元CADに付随するシーズ

汎用3次元CADエンジンを設計・開発するために必要となる、エンジンに付随するシーズを調査した。調査したシーズは、座標系、データ構造、3次元モデルの表現方法とモデリング手法、面の生成技術、3次元幾何要素の変換・操作・加工、データ品質、表示技術である。特に面の生成技術は、建設分野を対象とする汎用3次元CADエンジンにとって、地表面の表現などに必要であるため、ボロノイ領域やドロネー分割による3次元TINの生成のアルゴリズムを調査した。これらのシーズの内容とアルゴリズムを調査し、3次元CADの機能面や速度面などに優れた汎用3次元CADエンジンの設計に必要な要素技術を明確にした。

(3) 3次元CADの標準化動向

汎用3次元CADエンジンの設計にあたり、3次元CADデータを国際標準規格に準拠して表現し、異なるCADソフトウェア間で交換するための3次元モデルや汎用3次元CADエンジンの設計に係わる仕様STEP(Standard for the exchange of product model data: ISO10303 Part42, Part59, Part108, Part109, AP202, AP203)⁴⁾⁶⁾について調査した。具体的には、3次元モデルの幾何要素を表現するためにPart42(幾何および位相表現)、AP202(製品形状と関連した製図)、AP203(構成管理設計)に準拠することが

必要であり、その特徴を明らかにした。また、Part59(製品形状データ品質)は3次元モデルの形状データの品質を規定するために利用でき、Part108(明示的幾何製品モデルのパラメータ化および拘束)はパラメトリックモデリング、Part109(アセンブリモデルのための運動学的および幾何的制限)はアセンブリモデリングのデータ交換を円滑に行うために利用する必要がある。

(4) 3次元CADの既存製品

既存の汎用3次元CADの機能や取り扱い要素を整理し、建設分野だけでなく、電気や機械などの適用分野毎に製品(約50製品)の特長を調査した。既存の汎用3次元CADの機能や取り扱い要素を整理し、汎用3次元CADの機能の比較、建設分野に特化した汎用3次元CADに必要な機能や特徴の整理を行った。既存製品の調査により、汎用3次元CADエンジンの設計に向けて必要な機能として、3次元モデルの表現方法、座標系、曲線の表現方法、モデリング手法を把握した。また、建設分野に特化した汎用3次元CADに必要な機能や特徴を把握することができた。

(5) 3次元CADエンジンの開発に関するIT技術

汎用3次元CADの開発に必要なグラフィック描画ライブラリ、データベース、OS、開発言語、グラフィックボードに関する調査を行った。グラフィック描画ライブラリとしてOpenGLを採用することにより、これを用いたエンジン開発を円滑に行えるOS、開発言語を選定する必要がある。さらに、OpenGLを用いたエンジン開発が既存のIT技術によって実現可能であることをグラフィックボード調査によって確認した。

(6) 3次元CADエンジンの設計時の留意点

調査結果を踏まえ、建設分野を対象とする汎用3次元CADエンジンの機能要件を結論付け、設計時に留意すべき点を整理した。まず、建設事業を対象とする汎用3次元CADエンジンの機能として、座標系、3次元モデルの表現、要素の選定と表現方法、3次元モデリング、アセンブリモデリング、パラメトリックモデリング、属性情報、ファイルの入出力、3次元ビューア、データ品質、ドメインに依存した機能を設計することを明らかにした。また、設計時の留意点を以下の通り纏めた。

- ・汎用3次元CADエンジンは、3次元モデルを作成する「モデリング履歴(操作履歴)」とグラフィックライブラリを用いて3次元モデルを表示するための「形状データ」を持つ。
- ・3次元データは、ISO10303規格(STEP)のAP203に準拠して交換される。パラメトリックモデリングはPart108に、アセンブリモデリングはPart109

にそれぞれ準拠する。

- ・ 3 次元モデルには、位相付きサーフェスモデルを採用する。
- ・ 3 次元 CAD エンジンには、3 次元モデルの作成・編集およびモデリングを実現するための基本的な機能を装備する。

3. 汎用 3 次元 CAD エンジンの設計方針

(1) 設計方針の前提

汎用 3 次元 CAD エンジンの調査結果と留意点に基づいて、設計方針を纏める上での前提を以下に述べる。

建設分野では 2 次元 CAD を用いた製図が主流であり、作成したい形状を描画して製図する。2 次元図面データ交換仕様として SXF が開発され利用されている。一部に 3 次元 CAD ソフトが開発され、導入されている例があるが、ここでも作成したい形状を完成形状として立体化しており、2 次元 CAD の延長として利用されていると言える。ここで作成されたモデルは最終形状しか保持しないため、設計変更が発生した場合、設計者の意図を汲み取って形状を修正することが難しい。

一方、3 次元 CAD の導入が進んでいる自動車や機械分野では、3 次元 CAD にパラメトリックモデリングを採用している。ISO10303 (STEP) においても、3 次元形状の表現が国際標準規格となっている。以上より、本研究で開発する汎用 3 次元 CAD エンジンの設計方針は次の通りとする。

(2) 設計方針

汎用 3 次元 CAD エンジンは、パラメトリックモデリングによって 3 次元形状を作成する。パラメトリックモデリングでは「最終形状 (3 次元幾何形状)」と拘束条件 (形状を制約する条件)、および操作手順を「操作履歴」として保存する。本研究では、設計者のモデリング手順を操作履歴として記憶し、再実行機能により形状の再生成を行う方式とし、パラメータを変更し操作を再実行することにより、形状を再定義する。また、拘束条件を設定する対象はスケッチとする。

4. 汎用 3 次元 CAD エンジンの応用

(1) 各種ソフトウェアへの展開

本研究は、汎用 3 次元 CAD エンジンのプロトタイプ的设计が可能となるだけでなく、「各種アプリケーションシステムへの応用」、「汎用 4 次元 CAD エンジンの応用」や「ドメイン 3 次元 CAD の実用化」の基盤資料となる。そのため、本研究の成果を活用することにより、汎用 3 次元 CAD や 4 次元 CAD、ドメイン 3 次元 CAD 等の実現に繋がる。汎用 3 次元 CAD エンジンを用いた各種ソフトウェアへの技術展開を図-1 に示す。我が国の CAD/CG/GIS ベンダーが、建設分野に特化した 3 次元 CAD ソフト、例えば道路 CAD、橋梁 CAD、河川 CAD、ダム CAD などのソフトウェアを早期開発することに期待できる。そして、適用工事が拡大している情報化施工においては、汎用 3 次元 CAD エンジン为基础として、

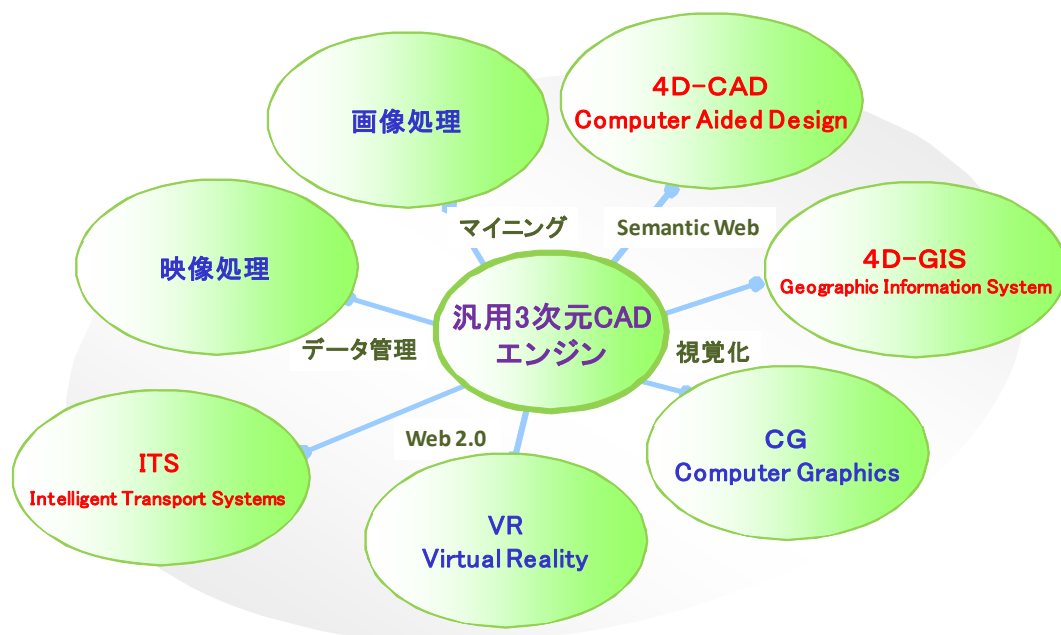


図-1 汎用 3 次元 CAD エンジンを用いた各種ソフトウェアへの展開



図-2 社会サービスに貢献するアプリケーションシステムの応用

時間軸を考慮した 4 次元 CAD へと発展させることができる。さらに、CG や VR のみならず、3 次元 GIS や 4 次元 GIS への開発、次世代 ITS に代表される社会基盤に関するソフトウェアへの展開開発に期待できる。

(2) アプリケーションシステムの応用

汎用 3 次元 CAD エンジンの開発により、社会サービスに貢献できる様々なアプリケーションシステム（図-2）が、3 次元のプロダクトモデルを介して連携でき、社会基盤情報の交換、連携、共有、再利用がスムーズに行われるメリットがある。また、建設事業における 3 次元設計、仮組立、情報化施工のアプリケーションシステムの設計に活かすことができる。

5. おわりに

本研究では、我が国の建設業界において 3 次元 CAD を迅速かつ低コストに普及させることを目的に、汎用 3 次元 CAD エンジンのプロトタイプを設計するための調査を行った。調査項目は、3 次元 CAD の利用場面、3 次元 CAD に付随するシーズ、標準化動向、既存製品、エンジン開発のための要素技術である。

調査の結果、開発する汎用 3 次元 CAD エンジンの国際分野での利用を考慮して、国際的な競争力を強化するため、国際標準規格 ISO/STEP に準拠する必要があることが分かった。そこで、関連する ISO/STEP の各 Part の位置付けを明らかにすることで、汎用 3 次元 CAD エンジンのデータモデルの構築に向けて有効な調査を行った。

汎用 3 次元 CAD エンジンの調査結果と留意点に

基づいて、設計方針を纏めた。今後、この設計方針に沿って、汎用 3 次元 CAD エンジンの開発を進めていく。本研究の調査では、ISO/STEP や土木分野での利用が考慮されているため、開発される汎用 3 次元 CAD エンジンは、国土交通省直轄事業のみならず地方公共団体の建設事業でも成果を活用可能であり、応用性が非常に高いと考える。

謝辞：本研究の一部は、国土交通省平成 20 年度建設技術研究開発助成制度の助成により行った。また、産学連携プロジェクト（関西大学カイザー・プロジェクト：時間項を考慮した 3 次元 CAD エンジンの研究開発）の参画企業のアイサンテクノロジー株式会社、江守商事株式会社、株式会社建設システム、株式会社フォーラムエイト、富士電機株式会社、三菱電機株式会社、株式会社建設技術研究所、日本工営株式会社、株式会社関西総合情報研究所には、ご協力を賜った。ここに記して、感謝の意を表します。

参考文献

- 1) 古田均，三上市藏，碓井照子，広兼道幸，田中成典：建設 CALS/EC に向けた電子国土の動向を探る－CAD/CG/GIS/GPS の統合－，山海堂，2001 年 5 月。
- 2) 建設情報標準化委員会，CAD データ交換標準小委員会：SXF フィーチャ仕様書，日本建設情報総合センター，2005 年 5 月。
- 3) 国土交通省，国土交通省 CALS/EC アクションプログラム 2008，国土交通省，2009 年 3 月。
- 4) 木村文彦，小島俊雄：製品モデル表現とその利用技術 STEP，日本規格協会，1995 年 4 月。
- 5) 財団法人日本情報処理開発協会 STEP 推進センター：AP203 解説書，1998 年 3 月。
- 6) 電子商取引推進センター：製品データ品質規格（ISO10303-59）の特徴とその活用法に関する調査研究報告書，2008 年 3 月。