

3次元による設計と設計情報のあり方

土木 CAD 小委員会 蒔苗耕司*

1. はじめに

コンピュータグラフィックス技術の進歩とともに, CAD 技術も急速に進歩しつつある. 特に製造業を中心として普及しつつある 3 次元 CAD, そしてプログラムモデルの開発は, 設計から製造までの一貫したシステムの構築を実現しつつある. 土木分野においても 3 次元 CAD が設計に取り入れられつつあるが, 土木構造物が地形という自然物を対象としなければならないこと, そのスケールが大きいことなどがその普及における障害要因となっている.

本稿においては, 3 次元設計の現状と課題について述べるとともに, 今後の設計情報のあり方について述べる.

2. 3次元設計の必要性

2.1. 2次元設計の問題点

建築, 土木等の工学分野において, その対象物体は 3 次元物体である. その設計段階において, 設計者は設計物の 3 次元イメージを頭の中に思い描くが, それを何らかの方法で記録し, 伝える必要がある. 設計初期の段階では, そのイメージを透視的に描いたスケッチ等により, その紙上に記録することが行われる. しかし, より詳細に設計を進めていく段階ではその物体形状を明確に定義しなくてはならない. そのため一般的には, 設計物を平面, 側面, 立面に対する平行投影像として表現する三面図が設計図として用いられる.

紙上にこれらの設計図を描くことは, 設計者がイメージしていた 3 次元形状を 2 次元に変換する工程である. この変換は設計者の頭の中で行われる. そ

れを受け取った製作者は, 2 次的に表現された設計図から 3 次元イメージを復元し, それに基づいて製品を作り上げていく. つまりこの過程において, 3 次元 → 2 次元変換, 2 次元 → 3 次元変換という 2 回の変換工程が存在する. この変換は人間の頭の中で行われるものであり, 設計者の経験と能力に依存しており, 場合によっては, 元の 3 次元形状を再構成できなかつたり, 複雑な設計物の場合には, 設計図を描いた設計者自身がその 3 次元形状を把握していないなどの問題が生じる.

2.2. 3次元設計の必要性

設計物のイメージを 2 次元変換の工程を経ることなく, 直接的に 3 次元情報として伝達することが可能となれば 2.1 に述べたような問題は生じない. これを実現するひとつの手法として模型の利用がある. しかし設計という試行錯誤的作業において, 模型を作成していくことは容易ではなく, また製造工程への情報の伝達を考えた場合, 模型から採寸することにより数値情報を得なければならず効率的ではない.

このような問題に対し, コンピュータを用いた 3 次元設計システム (3 次元 CAD) が開発され, 特に機械工学分野を中心にその実用化が進みつつある¹⁾.

3 次元 CAD は設計者のもつ設計物の 3 次元イメージを, コンピュータ上に仮想的な 3 次元物体として定義する. 設計情報は, 3 次元のデジタル情報として一元的に管理され, それは任意の方向からの修正を許容する. 3 次元 CAD システムの多くは, 設計物に対して平面, 側面, 立面の三面図と透視図の 4 面で構成されるインターフェースをもつが, その

* 宮城大学事業構想学部デザイン情報学科 博士(情報科学)
〒981-3298 宮城県黒川郡大和町学苑 1-1 Phone/Fax 022-377-8368 E-mail:makanae@mail.sp.myu.ac.jp

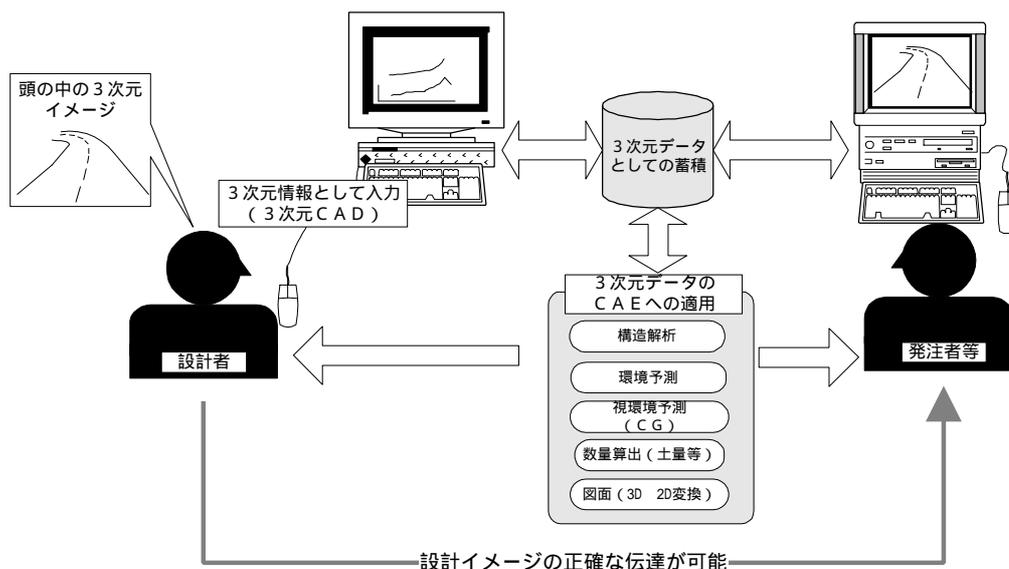


図-1 3次元CADの有効性(道路設計を例とした場合)

いずれの面から入力・編集も、一元的に管理された3次元の設計情報に対する操作として扱われる。また設計データは3次元のデジタル情報であるから、CAEやCAMのためのデータとして活用することができ、設計から製造までの一貫したシステムを実現することができる(図-1)。

3. 土木分野における3次元設計の適用

3.1. 3次元設計CAD普及における問題点

土木分野においても、1960年代にはCG技術を利用した道路透視図、アニメーション、フォトモンタージュ等の技法の適用が試みられた。しかし当時は、コンピュータが高価であったことにより、その商業的利用には至らなかった。1980年代に入って、他分野でのCAD利用の普及とコンピュータの低価格化に伴い、土木分野でのCAD利用が再び注目されるようになってきた。しかしながら、土木分野における3次元CAD利用は機械・建築工学分野に比較すれば、その普及が遅れている。その原因は文献²⁾において以下の通りまとめられている。

設計対象が自然と関わっているため、問題が複雑となり、取り扱うデータも複雑で大量となる。ま

た技術的、法規的データの量も大規模となる。土木設計は単品製品的な性格を有しており、機械設計のように部品を組み合わせで設計するという考え方がなじまない。

設計内容が多岐にわたっており、設計手順の標準化が進んでいない。

地形という膨大な情報量をもつデータ群を背景に作業を進める必要があり、これを実現するための3次元CADシステムの導入費用が高価である。土木工事では、計画・設計段階がコンサルタント業、施工が建設業と分かれているため、CAD利用の効果が表れにくい。

現状において、土木分野で3次元CADが最も普及しているのは、宅地造成やゴルフ場造成、ダム建設等の分野である。これらは道路等の線状構造物と比べ、対象とする範囲が限定でき、3次元CADで取り扱いやすいこと、また大手建設会社が設計・施工する場合が多く、積極的な技術開発が行われたことによる。

3.2. 3次元CADシステムの適用

- 道路線形設計を例として -

道路線形設計は,その地域における自然的あるいは社会的条件を考慮するとともに,自動車走行の安全性・快適性を確保した最適な線形を定める作業である.現行の設計手法においては,平面線形とそれに対する縦断線形を図面上で検討し,最終的に3次元の道路線形を得る.平面線形と縦断線形との調和は道路線形の視覚的問題として古くから問題とされ,透視図による評価が必要である.しかし実際の設計段階において,その評価が行われることは少ない.コンピュータを用いた3次元設計の適用は,設計段階における道路線形の視覚的評価を可能とし,自動車の走行性評価や景観評価を容易とする.また3次元データに基づけば,土工量の算出等が容易であり,その建設費に関する評価も容易となる.すなわち,設計段階において必要とされる評価技術の高度化が実現できることになる.

道路線形の3次元設計においては,地形情報をどのように3次元情報として取り扱うか,また道路線形をいかに3次元線形として構築するかが課題となる.

1 地形図をベースとしたシステム

地形図に描かれる等高線をデジタル化する際に,それぞれの等高線に対し高さの属性を付加したベクタ情報とすれば,地形情報をコンピュータ上で3次元情報として扱うことができる.この3次元地形情報上で平面線形の検討を行うことにより,常にその線形に対する地盤高度を得ることができるから,直ちに縦断線形の検討を行うことが可能となる.また設定した横断図を基に,自動的に3次元展開が可能であり,最終的に道路構造物の3次元形状データが得られる.これにより土量の算出,道路線形の視覚的評価,景観評価を容易に行うことができる(図-2).なお,本手法によるシステムは,既往の2次元設計手法を踏襲した2次元インターフェースが採用されており,2.5次元CADとも呼ばれる場合がある.

2 航空写真をベースとしたVR-CADシステム

図-3は,筆者らが開発した路線計画システム³⁾のインターフェースを示したものである.このシステムは,航空写真を立体視することにより得られる3次元仮想地形像に対し,パラメトリック曲線を用いて3次元の道路線形を設定するシステムである.こ

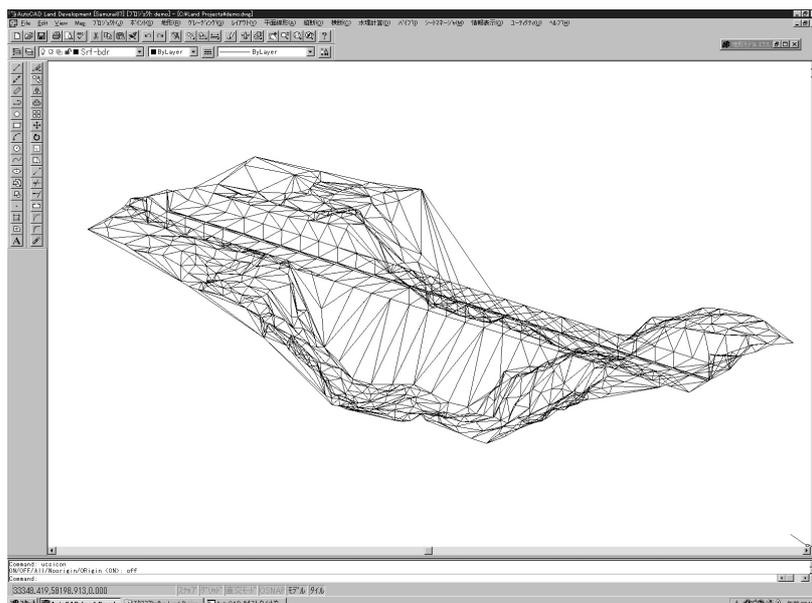


図-2 3次元CADの利用例
(AutoCAD Land Development を使用)

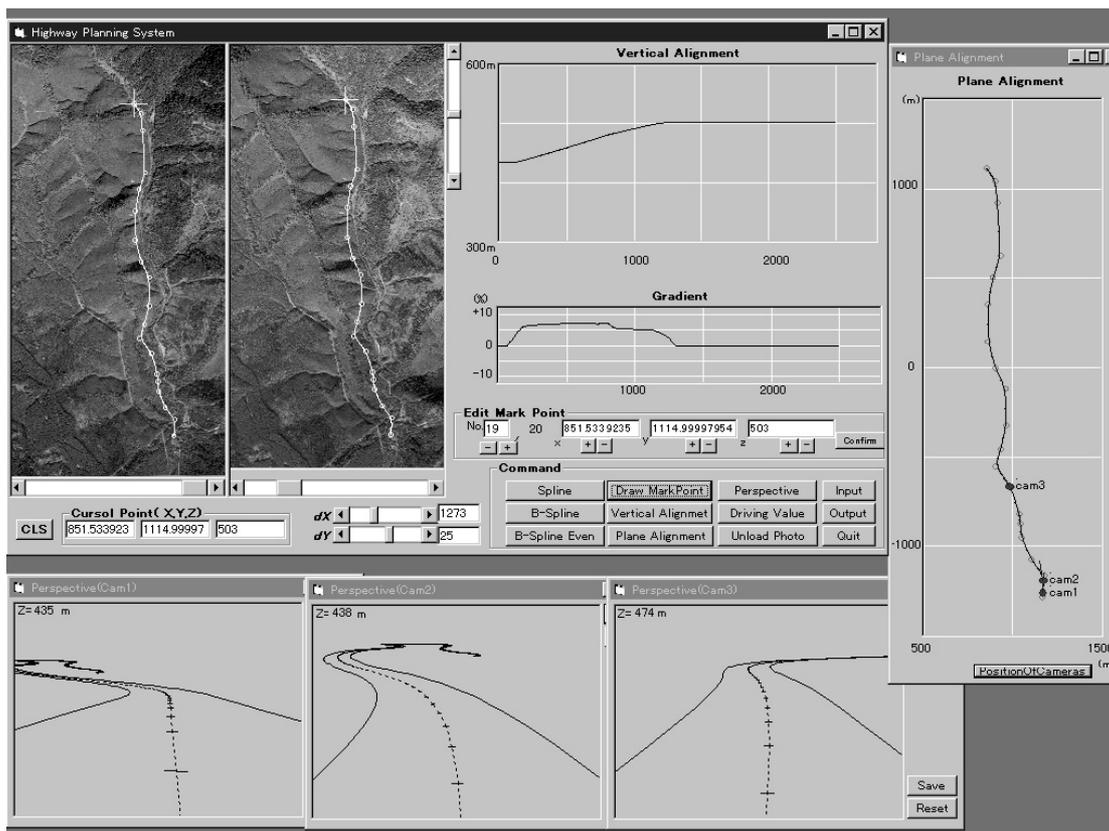


図-3 航空写真をベースとした VR-CAD システム³⁾

のシステムの利点は、航空写真に含まれる有用な情報（特に地すべり地形や崩壊地形等の地形的情報、植生に関する情報等）を活用できること、地形図の図化プロセスが不要であること、道路線形設計と視覚的評価が同時に行うことができる等の利点がある。

4. これからの設計情報のあり方

建設省が中心として進めている建設 CALS は、将来的に建設事業に関わるあらゆるデータを可能な限り電子化し、その利活用による迅速な事業推進やコスト縮減を目標としている。しかし、対象とするデータが膨大となるため、蓄積や流通を考えた効率的な設計情報の表現手法が求められる。CAD データの標準化の過程で生まれてきたプロダクトモデルは、これを実現する設計情報の表現手法として期待されている。

プロダクトモデルは、概念設計から詳細設計、製

造、サポートまでの製品のライフサイクルの中で必要な情報を総合的に記述することができるモデルである。これらの概念は、物体を構成する部品に対しそれぞれをオブジェクトとして扱い、それぞれのオブジェクトに形状や材質等の属性情報を持たせ、これらのオブジェクトを関連づけていくことにより、製品モデルを構築するものである。構築されたデータはソフトウェアに依存しない交換が可能である。

プロダクトモデルの代表例として STEP がある⁴⁾。STEP(Standard for the Exchange of Product Model Data)は、国際標準化機構(ISO)が標準化を進めている ISO 10303 の通称である。STEP の開発の目的は、「製品のライフサイクルのあらゆる時点で製品モデルの完全なデータ交換を実現する」ことであり、記述方式（データ記述の方式）、リソース定義（データ記述上の基礎的、応用データの資源）、アプリケーションプロトコル（データ交換のためのデータ

表現規約), 適合試験(適合性検証の規約), インプリメント方式(実装方法の規約)などが定められている。

これらのうち, アプリケーションプロトコルは「特定の応用分野における製品データを表現するための基準メカニズム」として定義されるものであり, 産業別に製品モデルの標準化が行われている。現在, AP が開発されているのは, 機械, 電気, プラント, 自動車, 造船, 鋳造, 建築等の分野であり, 土木に関する AP は存在しないが, 欧米ではそれに関連した研究開発が行われている。

一方, 国内においても STEP の規格を基づいた図面情報の交換フォーマットを定義しようという動きはあるが, プロダクトモデルの開発には着手していないのが現状である。

5. おわりに

特に製造業においては, 早くから CAD/CAE, CAM といったコンピュータ技術の導入が進んでおり, これに伴い, 設計から製造までのプロセスの見直し, すなわちリエンジニアリング(re-engineering)が求められるようになっている。一方, 土木分野においては, CAD が普及した現在でも, 既往の設計手法が踏襲されており, プロセス全体の変革にまで及んでいないのが現状である。また 4. で述べたプロダクトモデルの適用を考えた場合, 現状の 2 次元設計をベースとした設計手法の見直しが必要となろう。

これまでの設計手法では, あらかじめ定めた性能を確保できる部品を選び, それを組み合わせることにより設計を行うことが通常であった。これは個別の設計事例において, 必要十分な性能が確保できるか否かという評価が困難であったためである。しかし, CAD/CAE 技術に伴い, 設計物の性能評価が容易である場合も多い。この場合, 設計条件として設計対象物に必要な性能のみが与えられていれば, 設計者は試行錯誤的にコンピュータで解析しながら設計を進めていくことができる。CAD/CAE の適用は, これまでの設計の概念を大きく変える可能性があり, 今後の土木設計におけるコンピュータの高度

利用を促進する上でコンピュータ利用を前提とした設計プロセスの構築が求められるであろう。

参考文献

- 1) 坂井佐千穂: 3 次元 CAD の歴史と導入時の課題, 日経コンピュータグラフィックス, No.128, pp.167-171. 1997.
- 2) 土木学会 土木情報システム委員会 土木 CAD 小委員会: 平成 5・6 年度土木 CAD 小委員会研究報告書, 1995.
- 3) 蒔苗耕司・福田正: CG と航空写真を用いた 3 次元路線計画システム, 土木学会論文集, No.590/IV-39, pp.23-30, 1998.
- 4) 日経 CG 編著: CAD の基礎知識, 日経 BP 社, 1994.
- 5) 土木学会 土木情報システム委員会 土木 CAD 小委員会: 平成 8・9 年度土木 CAD 小委員会研究報告書, 1997.
- 6) 蒔苗耕司: CG を用いた道路線形の 3 次元設計に関する研究, 東北大学情報科学研究科学学位論文, 1998.
- 7) 蒔苗耕司: CG によるビジュアライゼーション, (社)建設コンサルタンツ協会近畿支部第 28 回業務研究発表会論文集, pp.91-95, 1995.