

# 3次元プロダクトモデルを用いた土工事施工支援システム

古屋 弘

CALS/ECの推進による設計データを中心とした電子化は急速に進み、設計図書や施工中の検討図にCADデータが多用されているが、このCADは施工を行ううえで中心的なデータであり、このデータを有効に活用することは施工の合理化を検討するうえで重要である。

本報文ではCADデータを基に3次元プロダクトデータを作成し、重機施工に利用するとともに、現場で発生する情報やデータを有効に管理する一つの試みとして、新しい施工支援システムを構築し現場適用を行った事例の報告を行うものである。システム導入により機械施工および施工管理において大きな効果が得られたが、運用上の課題も明らかとなった。

キーワード：CAD, GPS, 土工事, 重機施工, 情報化施工, 3次元プロダクトデータ, データベース

## 1. はじめに

土工事における情報化・電子化の中で、CADはCALS/ECの推進により急速に一般化されつつあり、単なる作図ツールの領域から思考支援のツールとして有効に使われ、作業の省力化と高品位化に寄与している。

特に近年、高性能PCの低価格化とソフトウェアの進歩によって、3次元データも建設分野の中で構造系を中心に設計に利用されるようになってきている。

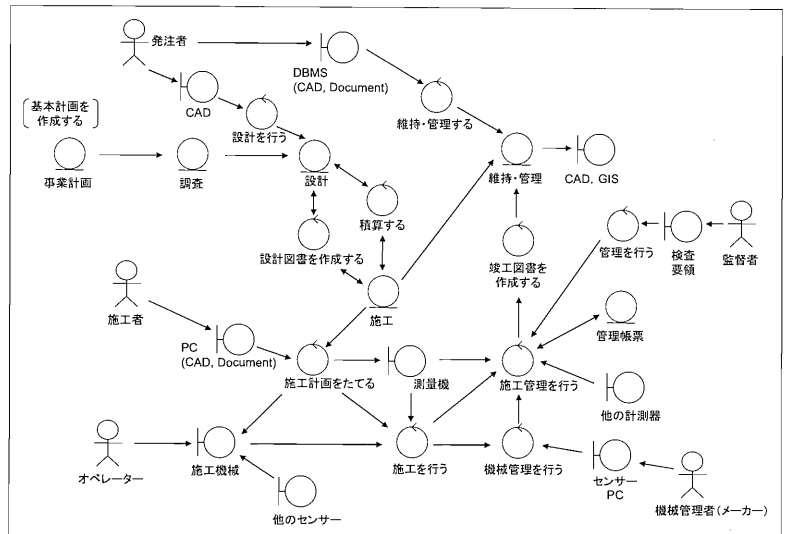
今回紹介する事例のように土工関連でも3次元データの利用に関する標準化作業も進みつつあり、道路等における設計や計画時のパースの出力、土工量計算、施工時における測量データの評価等利用され始めている。

設計データから3次元データを生成し、それを施工にそのまま利用することは、CADの持つ機能を十分活用することにより、上述のように業務における精度向上と省力化に寄与することが期待できる。これをさらにデータベースと組み合わせることにより、施工途上で発生する様々なデータをプロダクトデータという観点で位置情報とともに取扱う事は、施工中の様々なデータ管理、および竣工後の維持管理データの提供という観点からも有効な方法であると考えられる。

今回紹介するシステムは、上記のような観点から3次元データを施工に利用し、現場で発生する情報やデータを効率的に管理する一つの試みとして開発した「土工事向けの重機施工支援システム」であり、平成16年度国土交通省「公共工事において試行的に活用する技術」に採択されたものである。

## 2. プロダクトデータとは

プロダクトデータとは、従来は製品の設計から製造・使用・保守・廃棄に至るまでのライフサイクルの中で生じる様々な情報を統合的に記述したデータを意味す



図一 土工事における情報連携 (メタモデル)

る。従来は製造業での利用が中心であったが、建設分野でもその必要性和有用性が認識されつつある。

図-1にはこのような観点から土工事において流通する情報(設計・施工データ等)をロバストネス分析<sup>1),2)</sup>により表記したもので、道路関連ではLandXML<sup>3)</sup>等がスキーマの一つとしてデータ交換に利用されつつある。

今回開発したシステムにおいては、図-1の中から施工に係わる部分に着目し、図-2に示すユースケースを想定しシステム設計を行った。

設計データ(CAD)を基に施工中に発生する出来形・品質管理データ等を3次元空間データとともにデータベースで管理し、必要なデータを必要な人および機械(重機・測量機)が容易に利用できる環境を提供するものである。

### 3. システムの概要

このような観点からいわゆる「情報化施工」というものを見直し、図-3に示すようなシステム構築を行い神戸空港造成工事にて適用した<sup>4)</sup>。

システムは物理的にはサーバを中心とした事務所側の基幹システムと、重機側の移動体に搭載するシステムで構成され、現場に無線LANネットワークを構築し、リアルタイム通信の可能な環境を構築した。現場適用システム(アプリケーション)を構築するにあたり、今回はシステムの対象を以下の4項目とし、現場に適用した。

#### (1) 施工管理

工事における施工管理は、工程・品質管理をはじめ、種々の管理項目があり、この管理を行うための多くの情報が施工プロジェクトの中で発生し利用されている。

今回は大規模な土工現場における適用であり、土工重機はブルドーザと振動ローラが施工の主体となり、施工管理においては品質管理、出来形管理、および施工計画作成支援が重要である。

品質管理に関してはαシステム(加速度解析による締固め度管理:平成16年度国土交通省「公共工事において試行的に活用する技術」)<sup>5),6)</sup>で行うこととし、出来形管理は移動体に搭載するシステムにおいてGPSによる重機の軌跡管理システムを利用し、重機

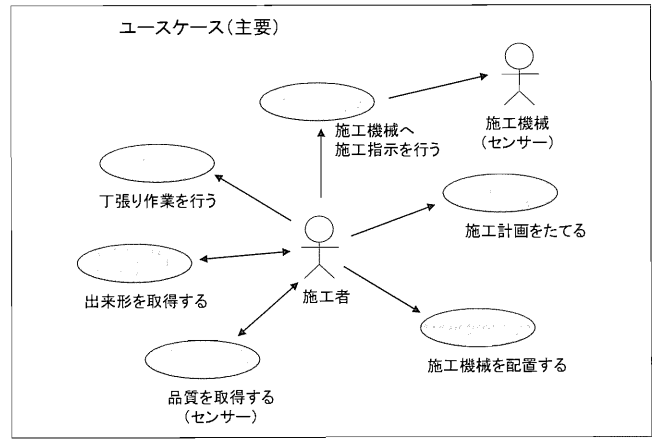


図-2 システムのユースケース

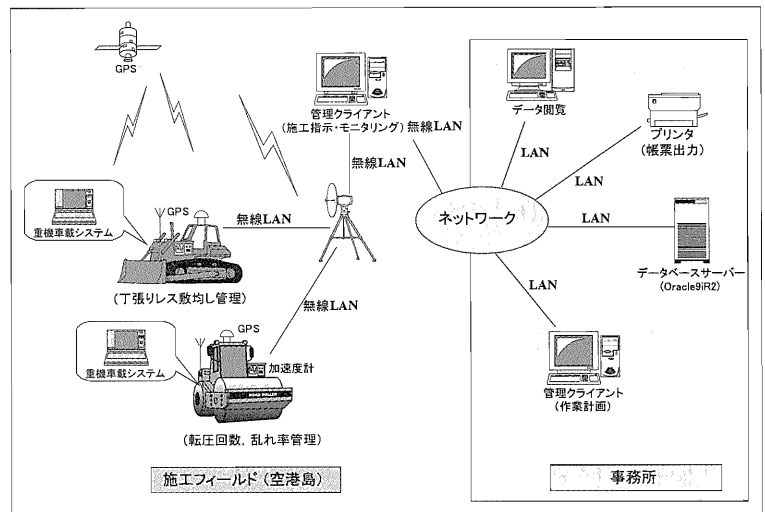


図-3 システム概要 (Physical Model)

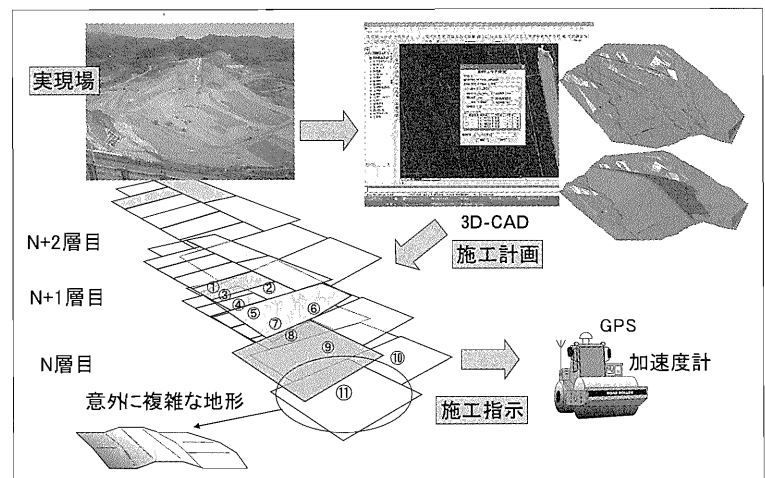


図-4 施工計画作成の概要

の施工結果から取得した空間情報を用いて、敷均し、転圧結果をデータベースに保存し利用した。

また、施工計画作成支援は図-4に示すように3Dデータを用いて各重機に対して施工エリア等の割当てを行うものであるが、データの作成・利用方法に関しては後述する。

### (2) 監督検査

施工者においては監督者（または発注者）に施工管理データ等を提出することが主体となる。基本的に本システムで扱う帳票は、品質管理・出来形データとなるが、それらのデータは施工中に取得されたデータをデータベースに格納後、必要なデータを取出し利用している。基本的に3Dのデータをデータベースに格納し、3D-CADをインターフェイスとして利用しているため、任意の帳票出力が可能であるが、図-5に示す出力例のように、ユーザーの負荷を減らすため、あらかじめ帳票のテンプレートを作成し、メニュー上から簡単な選択で出力が可能システムとした。

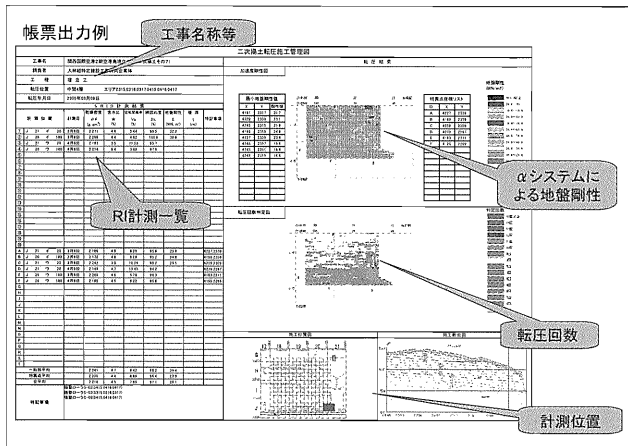


図-5 帳票出力例 (テンプレート)

### (3) 機械施工 (重機土工) 支援

本システムにおいては、施工計画作成支援サービスで作成したデータを、無線LANを用いて各重機に配信し、施工指示を行うものである。本システムにおいては対象とする重機をブルドーザと振動ローラとし、重機オペレータに対して以下に示す施工支援を行えるシステムとした。システムのオペレータ席でのモニター例を図-6に示す。

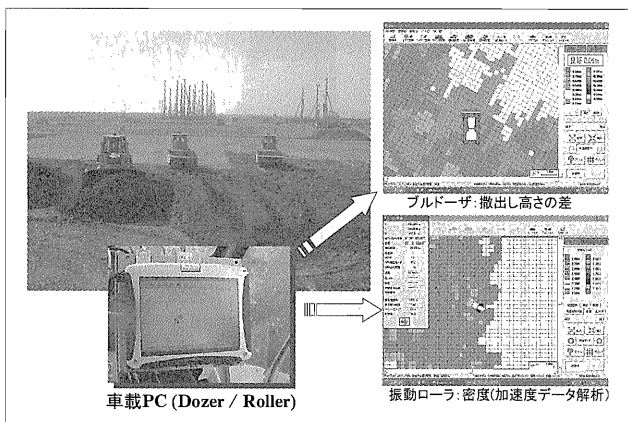


図-6 重機施工支援システム (オペレータのビュー)

### ① 無線LANを用いた重機土工のネットワーク化

- ② 3D-CADとデータベースを用いた重機連携管理
- ③ ブルドーザに対して敷均しデータを直接指示：施工エリアの指示と丁張りレス施工
- ④ 敷均しが終了したエリアをローラに引継ぎ所定の施工（工法規定）にて転圧支援（転圧エリア，転圧回数，加速度解析データによる品質管理）
- ⑤ 出来形の取得（概算出来形の自動取得）

### (4) 環境保全と安全

本システムでは直接的に対応はしていないが、重機の稼働状況のモニタリングが無線LANによりリアルタイムに行えることと、丁張りレス施工と加速度解析による品質の自動取得の結果、重機土工の作業中に測量や品質管理等の作業を行う必要がなくなり、安全管理に結果的に寄与する事となった。

## 4. システムにおける3Dデータの役割

近年はCALS/ECの普及により、設計図書は電子化され、特にCADの普及は著しい。このような電子化の進んだ環境を背景に、施工においてあらかじめ3次元データを生成し、それを施工にそのまま利用することは、情報化施工の中でそこに参加しているアクタ（監督員・現場職員・重機オペレータなど）に対する業務援助に大きく寄与することとなるものと考え本シ

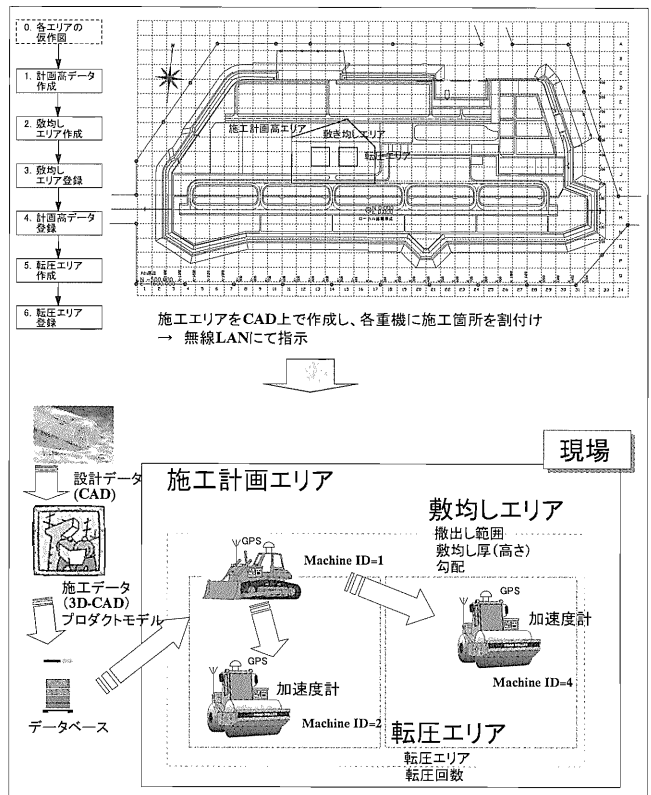


図-7 施工エリアの概念



質管理を行い、そのデータをデータベースに蓄積し3次元情報として活用することで、品質管理の高度化とともに竣工後の維持管理データとしての利用も可能となった。

各重機は自車に搭載されたシステムでサーバからの施工指示を取得し、その指示に従い整然と施工を行い、施工範囲の施工が終了すると施工完了の信号とともにデータを送り、新たに施工エリアを取得するという施工の繰返しを行うこととなる。

本システムは無線 LAN を採用したことにより、サーバと重機は常にデータ交換を行い、管理クライアント PC も施工現場にあることで、急な施工順序の変更や、重機の故障等による施工途中での重機間のデータ交換（重機の交代）も容易に行えるなど、柔軟な運用も可能なシステムとなった。

## 6. システム導入のメリット

今回の土工事施工支援システムは、3次元データを施工に利用し、施工支援を行うことを目的としているが、設計データ（CAD）の有効利用、および異なる重機間のデータ連携もシステム構築の上で大きな目的となっている。今回のシステムでは、これらを実現する一つの試みとして、データベースと3D-CADを用いた施工支援システムを構築した。システム導入および実際の運用において、設計、施工、品質・出来形管理データの共有と、丁張りレス施工やデータ指示の効率化、リアルタイム施工管理による品質管理の高度化等、施工の高品質化と省力化に一定の成果は認められた。

図10には従来の施工方法と今回のシステムによる施工データの流れの概念図を示す。今回のシステムは一見複雑に見えるが、施工中の情報伝達や施工結果はシンプルな形で管理できることがわかる。特に施工結果はリアルタイムに車載モニタに表示されるため、

従来は把握できなかった施工誤差等が瞬時に分かる。そのため、オペレータの施工に対する意識が高まり、ブルドーザでは不陸が小さくなり、振動ローラでは施工ラップを含め未転圧領域のない施工を行うといった、高品質な施工を行うことが可能となった。

しかし、システム運用等で以下のような課題も明らかとなった。

### （1）システム構築に伴うイニシャルコスト

システム構築に伴い相当の初期費用が発生するが、施工費用に対する通常管理費とシステム導入による費用低減効果がバランスすることが導入の前提条件となる。

大規模な現場であれば、施工管理も膨大なものになり、初期投資に対してランニングコストの低減で十分ペイするが、小規模な現場でのコストバランスは難しい面がある。この問題は将来的にはASPやWebサービスで解決できる可能性はあるものと考えられる。

### （2）無線 LAN システム

施工データの送受はメモリカード等による物理的な方法を用いることも可能であるが、今回紹介した事例のように無線 LAN を用いることが出来ればリアルタイムに管理も行える等メリットは大きい。しかし現状では土木現場では必ずしも利用できるものではなく、利用できたとしても地形的な制約による中継局の設置等も検討が必要で、メンテナンスの煩雑性も考えられる。

### （3）データのバックアップ

データベース本体のデータバックアップもさることながら、重機からリアルタイムに取得するデータをデータベースに確実に送るまでのデータ保持、およびバックアップは重要である。

今回紹介したシステムでは重機で取得した施工デー

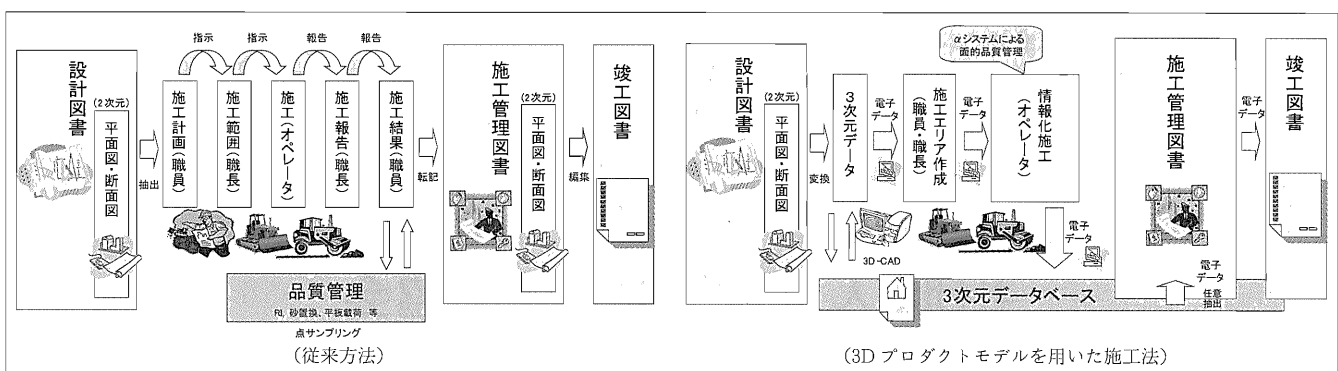


図10 従来方法と3Dプロダクトモデルを用いた施工法の対比（概念図）

タは重機 PC に搭載したデータベースを含め 3 重のバックアップを行っている。しかし、屋外で衝撃の大きい場所を使用するシステムであることから、車載 PC の突然のダウン等を考慮したデータ保持機構は十分に検討しておく必要がある。

## 7. ま と め

本システムは大規模土工事である空港島造成工事において 2 現場の実績を有し、フィルダム現場で現在稼働中である。今後は 3 次元データの有効な可視化の方法と CALS/EC を考慮しつつ XML をツールとしてのデータ交換、特に取得データの納品（効果的なビューの提供も含む）に関する検討を引続き行う予定である。今回の事例が、新しい施工管理の手法の一つとして参考になれば幸いである。

J C M A

### 《参考文献》

- 1) 土木学会土木情報ガイドブック制作特別小委員会編：土木情報ガイドブック，pp.184-190，2005 年。
- 2) ワークブック形式で学ぶ UML オブジェクトモデリング，ソフトバンクパブリッシング株式会社，2002 年。
- 3) 土木学会 土木情報ガイドブック制作特別小委員会編：土木情報ガイドブック，pp.113-117，2005 年。
- 4) 古屋 弘・千葉洋一郎：3D プロダクトデータを用いた土工事施工支援システムの開発と現場適用，第 29 回情報利用技術シンポジウム論文集，Vol.13，pp.243-250，2004.10。
- 5) 古屋 弘ほか：加速度計を利用した締固め管理システムにおける解析手法の比較，第 54 回土木学会年次学術講演会，1999 年。
- 6) 古屋 弘：α システム，土木施工単価 2005・秋，前文 1-5，2005.10。

### 【筆者紹介】

古屋 弘（ふるや ひろし）  
株式会社大林組  
東京本社  
土木技術本部第一部  
情報化施工グループ  
グループ長

# 建設機械用語集

- ・建設機械関係業務者一人一冊必携の辞典。
- ・建設機械関係基本用語約 2000 語（和・英）を収録。
- ・建設機械の設計・製造・運転・整備・工事・営業等業務担当者用辞書として好適。

B5判 200頁 定価 2,100 円（消費税込）：送料 600 円  
会員 1,890 円（消費税込）：送料 600 円

## 社団法人 日本建設機械化協会

〒105-0011 東京都港区芝公園 3-5-8（機械振興会館） Tel.03(3433)1501 Fax.03(3432)0289