

# 土木事業の建設生産システム高度化に向けた 次世代 CALS の展開 —国土技術政策総合研究所の取組み—

青山 憲明\*

## 1. はじめに

単品受注の現地生産、屋外での作業、工程ごとの分業生産で行うという性格の建設業は、工場内で生産する製造業に比べて労働生産性が低い。ロボット導入で自動化の進む製造業の生産性が年々向上していることから、製造業との差も年々拡大しつつある。また、労働力が高齢化する一方、経験をもつ熟練工のリタイアによって熟練工が不足する状況になっている。このような状況のもと、建設業においても、製造業と同様に、ICT（情報通信技術）を高度に駆使した建設生産システムの導入を図ることが必要と考えられる。すでに、土木工事ではマシンコントロール、マシンガイダンス、TS（トータルステーション）やGNSS（Global Navigation Satellite System）を用いた計測技術など、情報化施工技術が個別に開発され、現場に適用されている。しかし、施工段階に留まらず、調査、設計、施工、維持管理の建設プロセス全体に高度なICTを拡大させ、各段階で必要な情報が利用できるようにしていくことが重要である。

建設プロセス全体で高度なICTを導入するための情報基盤を「次世代CALS」と呼ぶことにし、本稿では、これまでの国土交通省のCALSの取組みを振り返り、今後の次世代CALSの展望と国土技術政策総合研究所の取組みを紹介する。

## 2. 公共事業でのCALS/ECの取組み

国土交通省では、事業プロセス全体で情報を電子化し、異なる組織間、事業段階間で情報の交換、共有、連携を実現するCALS/ECに取り組んできている。具体的には、事業段階を跨いだデータ連携のために業務成果や工事完成図書などを電子化して納品してもらう電子納品、受発注者間で工事関係書類等を共有する情報共有システムの活用などを実施してきている。これらの取組みによって、紙資料を受け渡した場合と比べて、データの修正変更や再

利用、成果品の保管や検索が容易になり、また工事施工中の情報共有により手戻りの防止や受発注者間のコミュニケーションの円滑化につながっている。

また、建設事業においては、図面が最も重要な情報であり、設計図、関係機関への説明図、発注図、施工計画図、工事完成図、維持管理の管理図など、事業段階で様々な図面の作成、利用が頻繁に行われる。図面の作成に当たっては、設計図など、前の事業段階で作成した図面を再利用して行うことから、電子化された図面の利用を促進するために、CADデータの作成方法やファイル形式を定めたCAD製図基準<sup>1)</sup>を策定して、データを電子納品し、再利用している。

このように、建設事業のCALS/ECは少なからず業務効率化に寄与しているものの、情報化施工やデータベースを活用した施設管理など、高度な建設生産システムへの寄与は、今のところ十分とはいえない。これは、あくまで紙資料を電子化したレベルでの業務改善であり、人間が情報を検索、閲覧し、意味を理解した上で再利用するといった従来の仕事のやり方を支援するレベルに留まっているためである。

## 3. 建設生産システムの高度化に寄与する次世代CALS

高度な建設生産システムを構築するためには、従来の紙資料に基づく仕事のやり方から、ICTを駆使した仕事のやり方に抜本的に変える必要がある。すなわち、単純作業はできるだけコンピュータで作業を行わせて、人間は知的労働に特化する。BPR（Business Process Reengineering）を伴うICTの利用で、業務は効率化される。各種データベース、3次元CAD、3次元解析、CG（コンピュータグラフィック）やVR（バーチャルリアリティ）、GIS、情報化施工、ICタグ、モバイル端末などの技術が急速に進展し、建設事業においても多くの業務でコンピュータ支援が得られるようになる。図-1に将来のコンピュータ支援による事業プロセスとシステムの利用、業務改善効果を整理した。この図は、国土技術政

\* あおやま・のりあき／国土交通省 国土技術政策総合研究所 高度情報化研究センター 情報基盤研究室 主任研究官

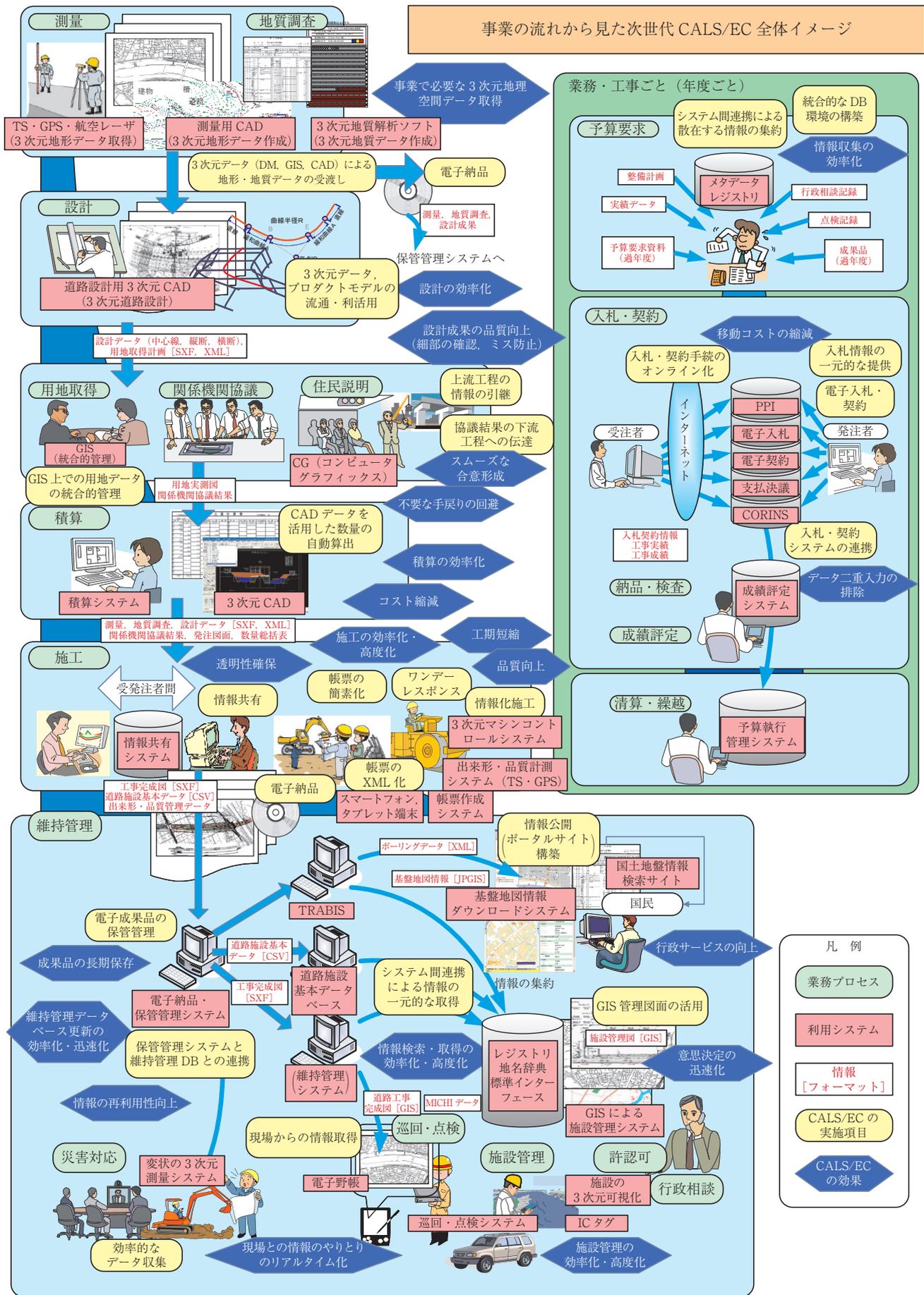


図-1 事業の流れから見た次世代 CALS/EC 全体イメージ

策総合研究所が調査研究した技術を、事業プロセス全体にマッピングしたものである。3次元設計、CGを利用した住民説明、GISを利用した用地や施設管理、情報化施工、維持管理で利用する情報の各業務段階でのデータ取得と統合管理等により、スムーズな合意形成、意志決定の迅速化、ミスの防止、作業効率化などの効果が発揮されることを示した。将来のシステムとして鍵となるシステムは3次元CAD、GIS、情報共有システム、情報化施工技術、各種維持管理システム、現場で利用するモバイル端末が考えられる。

現在、特に注目されているのは3次元CADである。建築分野では、BIM (Building Information Modeling) でも利用されているように、3次元設計、3次元情報の可視化、情報の統合管理を行うツールとして期待が大きい。土木分野でも、今後は3次元データの利用によって、生産性向上が期待される。

例えば、道路設計では、平面、縦断、横断設計は密接に関係しており、平面線形や縦断線形が変われば、地形に対応した横断形状も変わる。従来の2次元設計では、平面、縦断、横断設計を別々に実施することから、最適な設計になるまで試行を繰り返すことになり、大変な労力となる。道路設計用の3次元CADでは、道路設計の手順が組み込まれており、平面、縦断、横断設計が関連して行われる。このため、設計に要する作業は、従来に比べて短時間ですむ。また、構造物の設計に3次元CADを利用すると、平面、立面、横断面図をそれぞれ作成する従来の2次元設計に比べて、図面間の不整合が発生しないので設計ミスの防止につながる。空間的な把握も容易になり、構造比較や部材の干渉チェック等の細部の確認ができる。さらに、3次元CADデータからCGを作成することで、住民説明、関係機関協議に活用し、スムーズな合意形成、不要な手戻り回避ができる。情報化施工でも、コンピュータを搭載した建設機械の自動制御技術や施工支援技術、各種センサーを搭載した建設機械によ

る品質管理の自動化技術の開発が進められているが、これらの技術では、土構造物の3次元形状を把握する必要があるため、3次元データを作成している。

3次元データの利用が土木分野で広まる中で、BIMと同様の考え方で、土木のプロダクトモデルとしてCIM (Construction Information Modeling) が提唱されている<sup>2)</sup>。CIMは、土木の調査、設計、施工、維持管理の一連の建設プロセスのなかで関連する情報を統合・融合し、設計の効率化、品質向上、施工性の向上、維持管理の高度化といった新しい建設管理システムを構築する考え方である。以下に、国土技術政策総合研究所が実施している3次元プロダクトモデルの開発について述べる。

#### 4. 3次元プロダクトモデルの開発

3次元データの利活用は、建設生産システムの高度化にとって重要な技術となる。道路設計では、平面、縦断、横断設計が連動して行われるソフトウェアを説明したが、これが実現できるのはCADソフトウェアの内部で3次元のプロダクトモデルが存在しているからである。3次元CADで設計し、サーフェスやソリッド等の3次元CADデータを交換する場合は、受け渡された施工者が起工測量結果を踏まえて3次元CADデータを修正、変更しなければならず、不慣れた施工者の場合はデータ修正変更ができないおそれがある。一方、3次元CADデータの基になった道路中心線形、縦断線形、横断面等の設計データであれば、横断面の変更、修正があっても容易に可能であり、変更したデータを用いて3次元CADデータにすることができる。3次元CADデータの基になるデータを交換することはきわめて有効である。

国土技術政策総合研究所では、3次元形状を再現するデータモデルを3次元プロダクトモデルと呼び、その標準化を検討している。検討しているプロダクトモデルは、我が国の道路設計用ソフトウェアや情報化施工システムとの親和性を考慮したモデルであり、図-2に示すよう

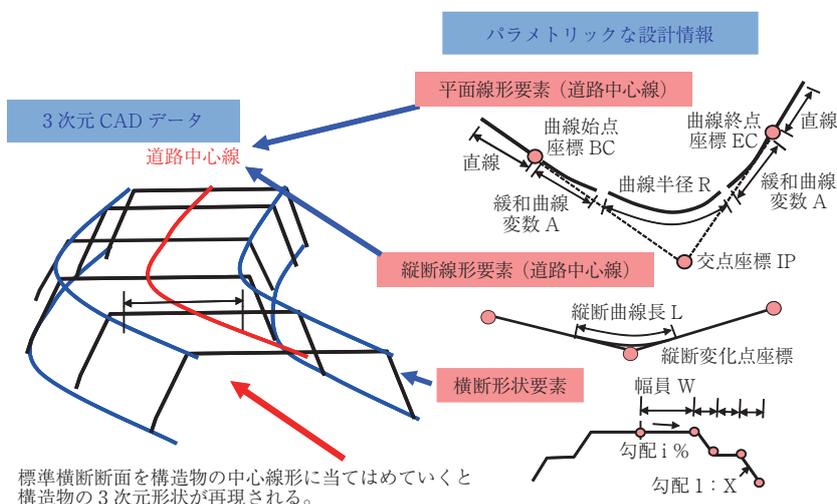


図-2 道路の3次元プロダクトモデル (道路中心線と横断形状の組み合わせ)

出来形管理用 TS のシステム構成

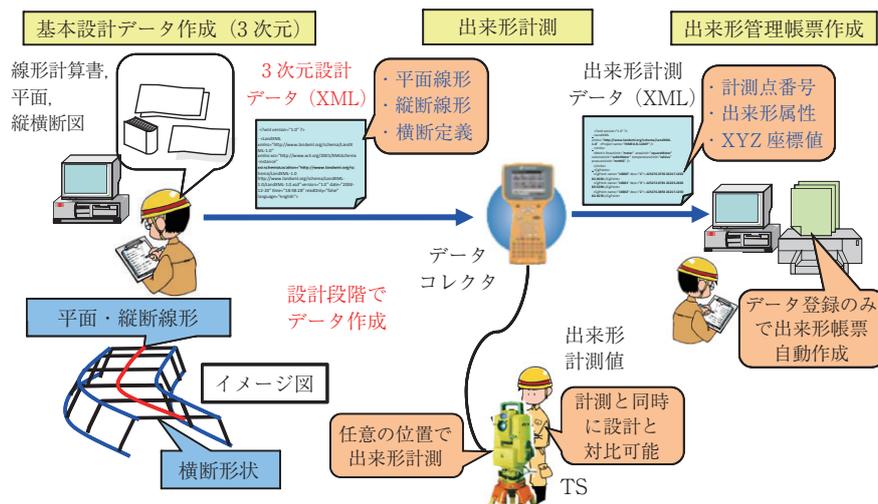


図-3 トータルステーション (TS) を用いた出来形管理

に、道路構造の骨格となす道路中心線形と道路横断形状を組み合わせることで、3次元形状を構築することができる。道路中心線は、平面線形と縦断線形の設計データをもつ3次元の線であり、平面線形の構成点や平面線形と縦断線形の設計パラメータをもつモデルである。横断形状は、横断構成要素の幅員、勾配、比高等の設計パラメータで形状をモデル化したものである。データモデルは、XMLスキーマで記述されており、データの意味、定義を明示したシステムに依存しないデータ形式となっている。このため、線形計算ソフト、3次元CAD、2次元CAD、情報化施工システム（TS出来形管理のソフトウェア）等の異なるシステムでのデータ交換、利用が可能であり、今後の建設生産システムの有力な情報基盤となり得ると考えている。

### 5. 情報化施工への3次元プロダクトモデルの利用

上記で検討している3次元プロダクトモデルの利用方法の1つとして、工事施工における情報化施工がある。国土交通省では、ICTを建設施工に積極的に活用して生産性と向上を実現する情報化施工を推進している。その1つとして、図-3に示すトータルステーションを利用した出来形管理技術がある。この技術は、盛土や切土、舗装を対象に、出来形計測点の測量を、従来の巻き尺やレベルに変わってトータルステーションを用いて測量するものであるが、測量機器に3次元設計データを入力しておくことで、出来形計測点へのプリズムの誘導や、現地での設計値と出来形計測値の確認ができる。現在は、施工業者が3次元設計データ（道路中心線形や横断形状データ）を入力しているが、2次元図面の数値を読み取ってシステムに入力することから、データ入力作業の負荷が大きい。このことが、中小規模の工事での情報化施工導入の課題となっている。

このため、設計段階で3次元プロダクトモデルを作成

し、そのデータを利用したのり面と地形とすり付け、現地合わせ等のデータ修正作業になれば、最初から3次元データを作成するのに比べて、大幅なデータ入力作業の軽減につながる。

### 6. おわりに

3次元データの利活用など、ICTを建設事業に導入することで建設生産システムの高度化、効率化が図られようとしているなかで、それを支える情報基盤の役割は非常に重要である。コンピュータが意味を理解し、異なるシステムで作成されたデータでも利用できるようにするために、オブジェクト指向をもつデータ交換、利用技術の開発が不可欠であり、次世代CALSを展望したとき、意味、定義が明示的に示されるデータモデルの構築は、次世代CALSの重要な役割であるといえる。本稿で紹介した道路等の3次元形状をモデル化した3次元プロダクトモデルは、設計データをモデル化したものであり、システムに依存せず、情報化施工など様々なシステムで利用可能なデータであるといえる。

国土技術政策総合研究所では、2次元から3次元への移行を確実にを行うために、3次元プロダクトモデルの研究を通じて3次元CADの利用環境を整備する取り組みを行っており、本稿で紹介した。現在、3次元プロダクトモデルの策定、公表に向け、関係機関と協議を進めている。今後は、ソフトウェアの開発支援、現場への適用確認等を通じて、早期の導入、普及に引き続き取り組んでいく予定である。

### 参考文献

- 1) 国土交通省：CAD製図基準（案）、平成20年5月、<http://www.cals-ed.go.jp/calsec/rule/cad5.pdf>
- 2) 佐藤直良：BIMからCIMへー建設生産システムのイノベーションに向けてー、土木学会 建設マネジメント委員会 2011年度公開調達シンポジウム、2011.11