

## 各方面の取組み

# 建設生産システムの高度化のための 情報基盤の役割と展望

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 室長 **重高 浩一**  
SHIGETAKA Kouichi

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 **青山 憲明**  
AOYAMA Noriaki

### 1 はじめに

単品受注の現地生産、屋外での作業、工程毎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、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。

このような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CALSの取組みを振り返り、今後の次世代CALSの展望を考察してみたい。

### 2 これまでのCALSを建設生産システムの観点から振り返る

次世代CALSを展望する前に、これまでのCALSの取組みを振り返ってみる。

わが国での建設生産システムにおける情報利用技術の開発では、情報化施工に関する技術開発が盛んに行われた。一例として、国土交通省（旧建設省）総合技術開発プロジェクト（以下、総プロという）の研究課題のうちICT活用に関連する課題を表-1に整理してみた。これによると、建設CALS/ECが始まる平成8年以前の総プロの研究課題は、情報化施工の個別の技術開発の研究テーマが多く、急速に発展した各種センサーや機械制御技術に基づいた技術開発が積極的に進められてきたことがわかる。しかし、個別にシステムを開発すると、データはシステムに依存する固有形式となる。このため、調査設計段階で作成されるデータが直ちに利用できない、異なる組織間で情報共有する場合に双方で同じシステムを持たないとデータ共有ができないなど、データの連携に課題があった。

1990年代に入ると、パーソナルコンピュータ、インターネットの急速な普及があり、電子データの作成、流通が一般化するようになった。そして、異なる組織間でネットワークを介した情報の交換及び共有を実現する概念であるCALSが米国で始まると、瞬く間にブームになった。日本では通産省が中心となって「CALS推進協議会」と「CALS技術研究組合」が発足し、各産業分野ごとにCALS導入のための精力的な活動に取組んだ。また、建設省においても「公共事業統合情報システム研究会」を組織し、建設CALS整備基本構想、建設CALS/ECアクションプログラムを策定し、建設事業へのCALSの導入普及に取組んだ。こうした中で、表-1に示すように、平成8年（1996年）度より総プロ「統合

表-1 国土交通省総合技術開発プロジェクトでのICTを利用した建設技術の研究課題

研究課題名	エレクトロニクス利用による建設技術高度化システムの開発	研究期間	S58～S62
主な研究成果	盛土の密度をリアルタイムに測定することを可能とするRIを活用した測定器 レーザー光を利用したブルドーザの排土板制御技術 ロボットによる自動化施工に適した建築構法		
研究課題名	建設事業における施工新技術の開発	研究期間	H2～H6
主な研究成果	自動化オープンケーソン工法、自動化フィニシャーなどの施工の自動化技術 工場生産の部材を活用した鉄筋コンクリート構造物の施工合理化技術 墜落事故を予防するユニット化した仮設足場組立・解体技術 接触事故をセンサーにより未然に防止する技術		
研究課題名	社会資本の維持更新・機能向上技術の開発	研究期間	H3～H7
主な研究成果	施設の診断技術、耐久化、メンテナンスフリー化等の技術 トンネル壁面清掃自動化技術 ミニマムメンテナンス橋の提案、維持管理のための橋梁マネージメントシステム		
研究課題名	統合情報システム活用による建設事業の高度化技術の開発	研究期間	H8～H10
主な研究成果	地形・地質・測量・設計・施工情報の交換基本ルール提案 図面情報を活用するためにCAD製図基準(案)作成 電子データを納品する際のフォルダ構成を定めた納品ガイド(案)作成 情報共有システムの構築マニュアル(案)作成 建設事業の設計から施工、維持管理にわたる一貫したプロセスモデル提案		
研究課題名	GISを活用した次世代情報基盤の活用推進に関する研究	研究期間	H12～H14
主な研究成果	建設行政空間データ基盤 航空レーザスキャナの利用技術 高分解能衛星画像の利用技術 河川・道路事業におけるGISデータの連携活用 都市計画業務におけるGISの活用		
研究課題名	建設ITの高度化に向けたCAD標準技術の開発	研究期間	H13～H14
主な研究成果	CADデータ高度利用のTo-be業務モデル作成 CADデータ高度利用による業務改善の効果算定 優先的に開発すべきプロダクトモデルの要求仕様作成		
研究課題名	ロボット等によるIT施工システムの開発	研究期間	H15～H19
主な研究成果	3次元情報を用いた施工管理技術(3次元情報に対応した出来形管理・完成検査技術) 建設機械のIT施工技術(IT施工の操作システム、施工状況の3次元情報の計測システム、建設機械の自動制御システム)		

参考資料:国土交通省「技術調査関係」総合技術開発プロジェクト公表サイト(<http://www.mlit.go.jp/tec/gjitu/kaihatu/soupro.html>)

情報システム活用による建設事業の高度化技術の開発」を立ち上げ、データ交換・共有に関する様々な技術基準や、CALSを導入した業務プロセス改善といったCALS/ECの技術開発に取り組んできた。その成果が、電子納品要領、CAD製図基準といったデータ交換の基準類となって、業務や工事の最終成果を電子化した電子納品としてデータを受け渡し、事業段階の間でデータ連携が行える仕組みが確立した。

従来の電子納品による事業段階のデータ連携がど

のように建設生産システムに寄与しているかをみると、紙の資料や図面の電子化が図られたことにより、データの修正変更や後工程で再利用するといったことが容易となった。また、電子納品された成果品の検索が容易となり、維持管理段階でデータを取り出しやすくなった。このように、少なからず業務の効率化に寄与しているが、総プロで技術開発しているような情報化施工やデータベース活用した施設管理などの高度な建設生産システムへの寄与は、いまの

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

ICTにより仕事のやり方を抜本的に変えていくためには、単純作業はできるだけコンピュータに行わせて、人間は知的労働に特化する。BPR (Business Process Reengineering) を伴うICTの利用で、業務の効率化につながる。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かなり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、国土技術政策総合研究所と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。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、情報化施工技术、各種維持管理システム、モバイル端末が考えられる。

3次元CADは、建築の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。例えば、道路設計を例にすると、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。

GISは、地図に関連づけて、用地データや施設データ等の様々なデータを統合的に管理するツールとして期待されている。GISを利用することにより、様々な情報が地図上で一元管理できる。それらを各組織で利用することで、施設管理の高度化、意志決定の迅速化、行政サービスの向上が期待できる。

情報共有システムは、工事施工中の受発注者でやり取りする情報を共有し、書類の授受や管理を効率化するとともに、透明性確保やコミュニケーションの円滑化をめざしたシステムである。

これらのシステムを導入するにあたっては、情報基盤の役割が重要となる。すなわち、CALS以前の情報化施工にあったような個別開発による部分最適化が行われると、システムに依存したデータが作成されるので、異なるシステム間のデータ交換が課題となる。これは、次世代CALSで鍵となる3次元CAD、GIS、情報共有システム等で、異なるシステム間で連携する場合にも同じ課題である。これまでのCALSが文字・図形等の情報の単純な電子化であったが、将来は、人間がその都度その意味を判断して処理を行わせるという状況から、データそのものに意味を持たせてコンピュータが処理できる状況に変わっていく。このようにデータそのものに意味を持たせ、利用システムの違いにも自立的に対応できるようにすることが、次世代CALSの情報基盤の役割と考える。図-2は、次世代CALSにおいて、データ単位での交換、共有、利用のイメージを示したものである。従来は、図面や文字をファイル単位でデータを作成し利用していたが、次世代は、データ単位で交換、共有、利用を行っていく。

この考え方は、オブジェクト指向のデータ交換、利用技術と呼ばれるものである。電子データに属性情報を付与し再利用・有効利用する技術である「XML」や「SOAP」などがあるが、XMLは、システムに依存しないデータ形式として、建設事業においても電子納品の管理情報や工事帳票様式、道路工



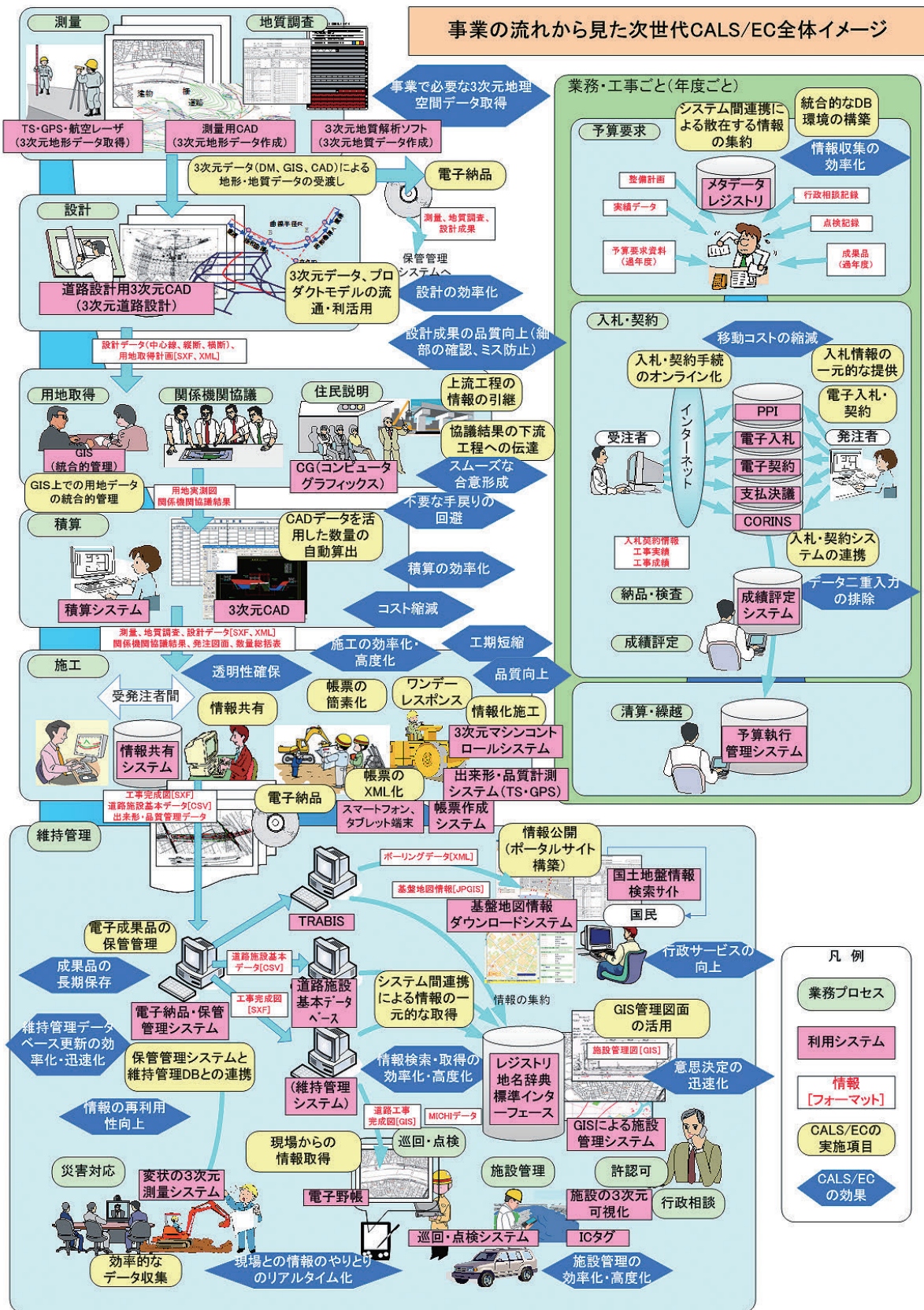


図-1 事業の流れから見た次世代CALs/ECの全体イメージ

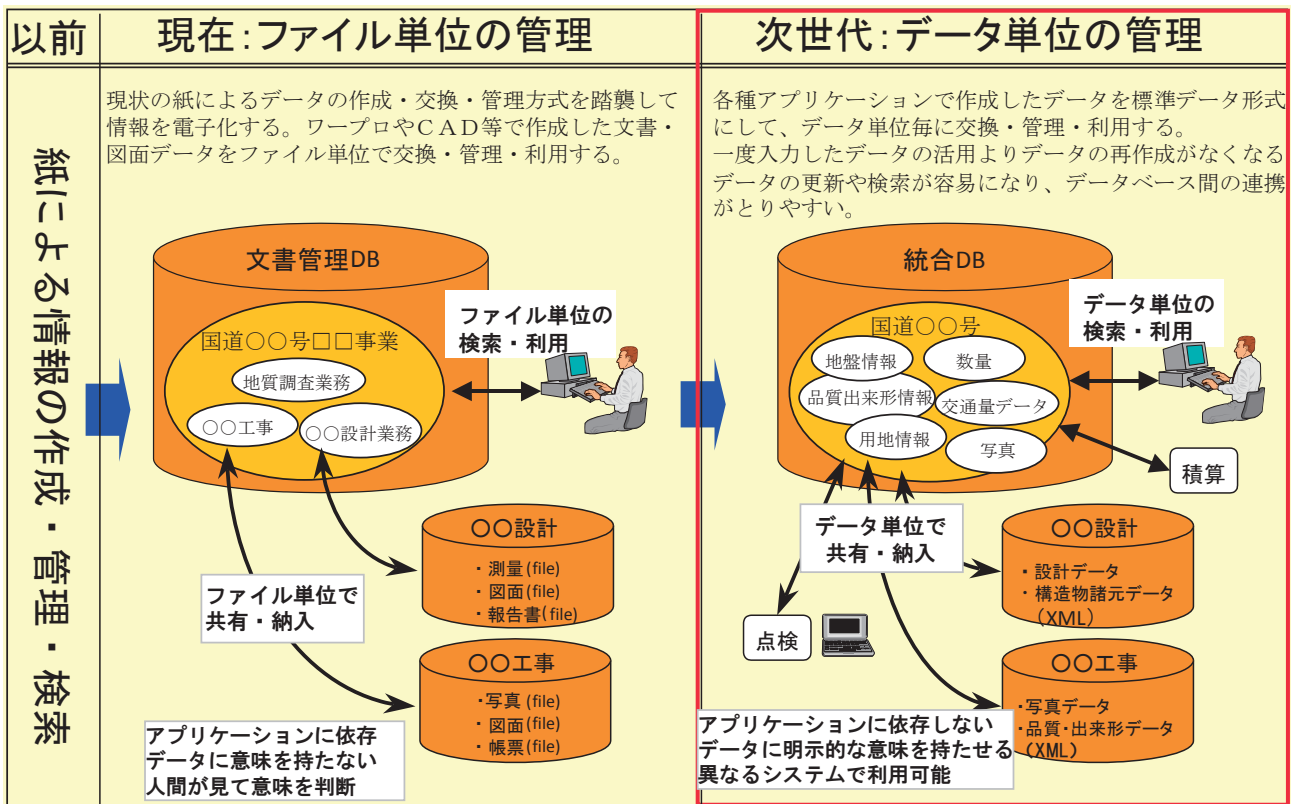


図-2 公共事業における情報管理の方向性

事完成図の道路基盤地図属性情報、TS出来形管理データ交換標準、ボーリングデータ等に利用されている。

## 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、これを実現するのは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でデータを修正、変更しなければならない。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も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、わ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-3に示すように、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

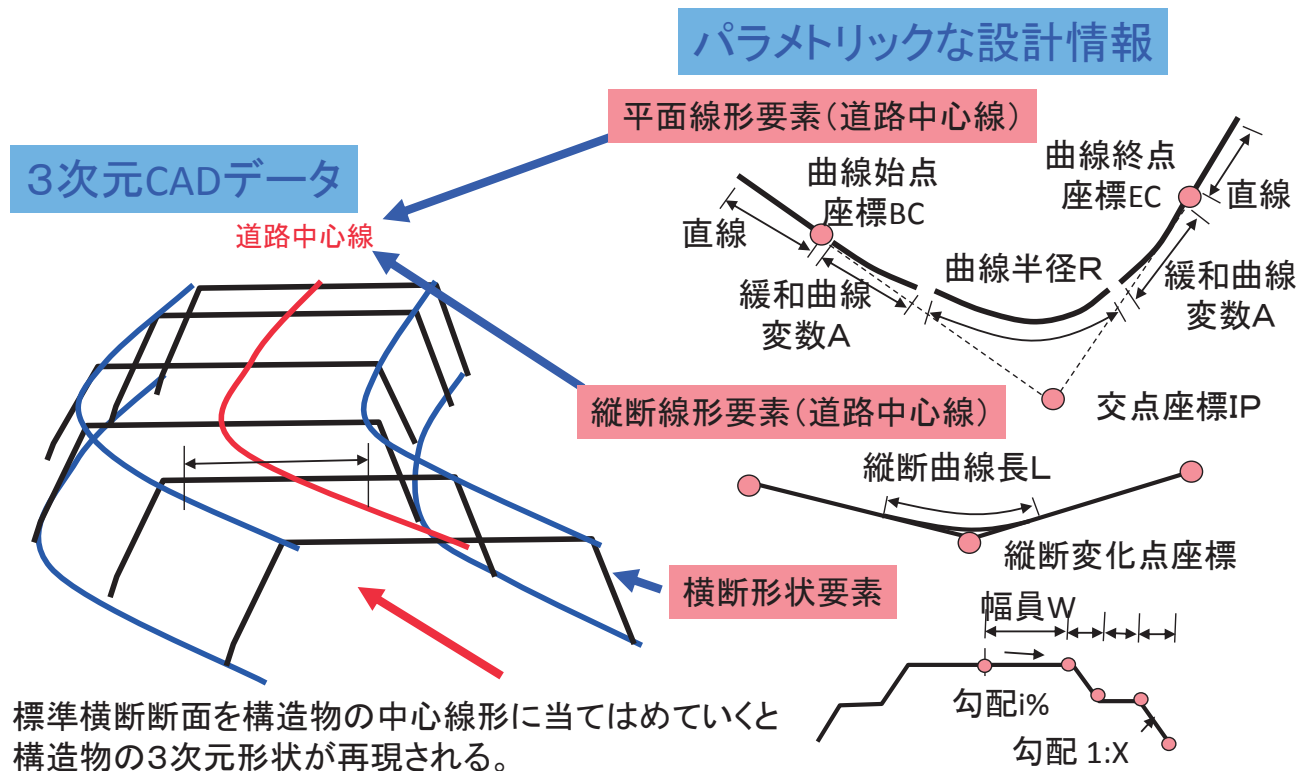


図-3 道路の3次元プロダクトモデル(道路中心線と横断形状の組み合わせ)

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 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。

建築ではBIMが注目されている中で、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。これは、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つた新しい建設管理システムを構築する考え方であるが、3次元プロダクトモデルやオブジェクト指向に基づいて作成された建設情報のXMLデータは、CIMの一部となっている。CIMの構築に向けて、今後とも引き続き次世代CALsの情報基盤の研究を進めていく予定である。