

## ◆ 21世紀の新技術特集 ◆

# 土木分野におけるIT革命

苗村正三\*

## 1. はじめに

IT革命は、21世紀の我々の生活にとって産業革命に匹敵する、あるいはそれ以上の影響と変革をもたらすといわれている。この改革は、単に情報機器が普及して生活が便利に豊かになるといった変化のみならず、「ビジネスモデル」という言葉に象徴されるように仕事の形態も変化し、これによって従来の旧い産業や組織が淘汰されて、新しい産業や組織が創出されると予測されている。

一方、建設事業の情報化をみると、ワープロ、表計算ソフト、CAD、各種解析ソフト、データベース等の個別情報システムの導入は図られているものの、情報の流通が「紙」で行われるために、ペーパーレスの情報化は進んでいなかった。

このため、建設省では1995年よりコスト縮減、品質の向上、入札契約の透明性確保を掲げて建設CALS/EC(公共事業支援統合情報システム)をスタートし、電子情報の流通、共有化に取り組んでいるところである。しかしながら、現状における建設CALS/ECは、受発注者間の電子情報の交換、共有、連携を主な対象としており、現状の仕事の手法を大きく変化するまでには至っていない。

ITの進歩はドッグイヤーと言われているとおり、技術進歩や普及は極めて早く、我々の業務に役立つツールとしての情報技術の応用も遠い先の話ではない。また、これらのツールによって仕事のやり方や体制も、便利で効率的な方向に変わっていくと考えられる。ここで強調したいのが、ITはそれを導入することが目的ではなく、仕事のやり方を効率的に行って生産性を上げること、21世紀に直面する建設事業の様々な課題、例えば住民参加のもとでの建設事業の推進、維持管理・運用における効率化、国土の適正な管理などを解決することが目的であり、ITはそれを支援するツールにすぎないということである。建設CALS/ECは建設事業全体の情報化の第一歩であるが、IT革命は情報技術を活用した建設事業の新しいビジネ

スモデルを構築する事業改革であるといえる。

本報文では、IT導入による建設事業のビジネスモデルやプロセスの再構築を想定して、建設CALS/ECアクションプログラムが達成される(2004年)以降、2030年頃の将来のビジネスモデル、業務プロセスとITの導入、利用に関して未来像を予測してみた。

## 2. IT革命実現のイメージ

### 2.1 計画・調査・設計

公共事業は限られた予算の中で必要な事業を効率的に実施していくことが強く求められる。そこで、事業者は公共事業に対する国民の多様なニーズに答えるとともに、財政投入効果の高い事業を重点的に実施していかざるを得ないと予測される。このため、事業の効率性から建設、運用・維持管理、廃棄に至るまでの直接的なコストと環境などに及ぼす外部コストを分析し、社会资本整備によって得られる多様な効果と前述のコストを検討、評価する事業評価システムの導入を一般化させることが必要となる。ここで、国民の多様なニーズを広く収集・調査する方法として、インターネットやデジタル放送等の双方向メディアを利用した国民との直接的な対話システムを導入することが考えられる。また、事業評価システムについても、これまでの社会资本整備にかかる建設、運用・維持管理における様々な情報や環境への影響の情報など、これまで蓄積されたデータをもとに客観的に分析し、評価する高度な建設マネジメントシステムがCALSや知識共有技術などのITによって行なうことが考えられる。また、事業に関する様々な情報が電子データとして蓄積され、広くオープンにされることで、事業評価の精度、信頼性が大幅に向かうと思われる。

21世紀において公共事業を円滑に執行するためには、更なる国民との合意形成が重要な課題となると予測される。合意形成は、国民に対して事業の構想、計画段階から十分な説明を行っていくアカウンタビリティ、国民の意見や要望を反映させ

ながら合意形成を図るパブリックインボルブメント (PI) が一般化されつつあるが、21世紀になると住民参加による事業推進がより一層進むと予測される。それは、デジタル放送、多チャンネル化の普及、家庭用テレビジョンの情報ターミナル化によって、情報の双方向性が一段と進み、事業者と国民とが情報を通じてより密接になると予測されるからである。さらに、国民に事業計画を理解してもらうために、3次元CADによって作成されたCGによる仮想空間が、事業計画をより一層理解するためのツールとして広く利用されるべきであろう。また、PIで寄せられた様々な意見、要望を記録し、意見、要望とともにその対応について情報をオープンにすることで、意見の集約を図っていく合意形成方法が考えられる。このときの情報の記録、あるいは国民との情報共有のツールとして、情報を一元的に蓄積管理する統合情報データベースが広く活用される。

21世紀における設計は、構造物の建設、運用・維持管理、廃棄までのライフサイクルコストを考慮した完全な性能規定型設計に移行されつつある。性能規定化によって、標準工法以外の新技術、新工法が積極的に提案されるものと思われるが、これらの採用にあたっては性能を評価する発注者の技術力が要求される。性能評価力を支援するために、これまでの設計、施工、維持管理のデータ蓄積から、性能を評価する上で必要な情報をネット上で検索し、これらの情報をもとにコンピュータで分析、評価するシステムの導入が必要とされる。また、限界状態設計法の導入により、従来の許容応力度設計法だけでなく、使用限界、修復限界といった構造物の変形性能なども高度に分析することが必要となってくる。これらの分析ツールとし

てより詳細な3次元FEM解析などが一般化されなければならない。これらの解析に用いる物性値なども、これまでの解析結果と情報化施工のデータから見直しを行い、より信頼性の高いデータ入力が可能となることが必要であろう。さらに、性能規定化によって設計、施工一体による発注形態が一般化すると予想され、設計コンサルタントと施工会社とが設計・施工における情報共有で、コンカレントな業務体制が構築されると考えられる。

## 2.2 積算

積算とは「施工計画に基づき施工を行うために必要な資材、機械等の所要量や必要な工期の把握およびこれに基づく請負工事費の算定」のことであり、現在一般に行われている積算の手順を示すと次のようになる。

- ① 設計図面からの数量の拾い出し。
- ② 現場条件による工程、工法の決定。
- ③ 積算システムへの入力。

これらが将来的には次のように考えられる。数量の拾い出しにおいて、担当者が自ら図面と照らし合わせて数量のチェックをすることはなくなる。「範囲を決める。分類する。数える。足す。引く。掛ける。割る。」担当者が自らの手と脳とペンと電卓と表計算ソフトを駆使して行っていたものが、CAD上の図面において範囲を設定するだけで、すべてコンピュータが行ってくれるようになるだろう。工程や工法は、現場条件を設定すれば過去の実績や論理的な計算式からコンピュータが最適解を算出する。積算システムへの入力は改めて手で入力する必要はなく、設計段階でのCAD図面に積算に必要な情報は埋め込まれていて、その情報を電子データのままシームレスに受け渡しが可能となる。積算の基礎となる歩掛

も大きく変わる。工事現場に投入される人、機械には全てセンサーが取り付けられその工事に含まれる全ての工種の歩掛データが自動的に収集される。現状の歩掛と相違があれば即座に本格的な調査へと移行し、改訂までの期間は大幅に短縮される。解析結果は工種毎、構造物毎、工事毎などあらゆる形でデータベース化され、積算時には最も適した形で使用が可能となろう。

すなわち、今まで積算として行っていることのほとんどが自動化されると

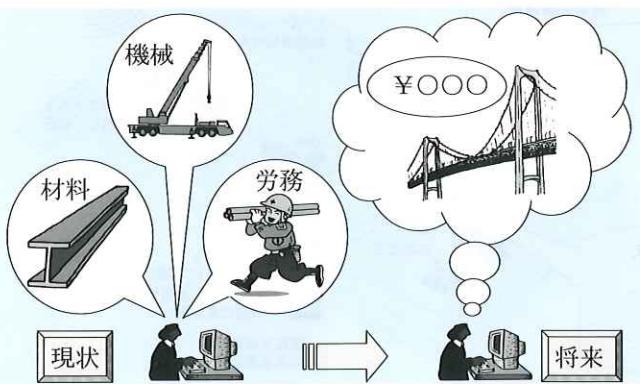


図-1 積算の高度化イメージ

ともに、設計の段階で大部分が終了してしまうということである。今まで積算に費やしていた多くの労力が省かれるだけでなく、設計段階においても工事費の把握が容易かつ正確となり、適切な予算処置も可能となる。

### 2.3 施工

施工では、施工計画立案、計画に合わせた作業員や資機材の手配、日々の現場管理などに多くの時間が費やされている。例えば、作業後の品質記録や出来形記録は別々に記録しているために相互の情報に関係がなく、確認事項が増えるといった問題がある。また、オペレータが紙上の施工計画をみて各個別の機械の運転コースや作業内容を判断しているために、作業方法の十分な理解が得にくいといった問題がある。

2030年頃には、設計図面や構造計算書をもとに施工計画作成、現場施工、施工記録の整理をコンピュータによって切れ目なく行うことになると予測される。

このうち、施工計画を検討、作成するシステムとして施工計画シミュレーションシステム(Construction Simulation System)が準備される。施工計画シミュレーションシステムは、3

次元 CAD と CG によって施工をバーチャルシミュレーションする技術であり、視覚化によって施工全体がわかりやすくなることから、関係者の理解が深まるとともに、様々なシミュレーションによって施工を多角的に検討し、効率的な施工計画を立案できるようになる。施工計画シミュレーションシステムでは、設計図面の代わりに土木部材や部材のパーツが組み合わされた3次元 CAD が施工者に渡されることから、パーツを組み立てる感覚で全体の施工計画、日々の施工計画をシミュレートしながら作成することができる。また必要な資機材の調達、建設機械の配置や運行、作業員の配置計画などがシミュレーション結果に基づいて計画することができる。

現場の施工システムとしては、現場内の建設機械および各作業員がネットワークで構成された施工現場支援システムが準備される。施工計画シミュレーションで計画した各作業日の作業内容や各車両の移動方法が、ネットワークで建設機械と各作業員に伝達され、各作業員は現場全体の状態を把握しながら各自の作業を行うことが可能となる。また、建設機械は自車の施工量や他車の施工内容や位置を考慮した自動的な運転が可能となる。

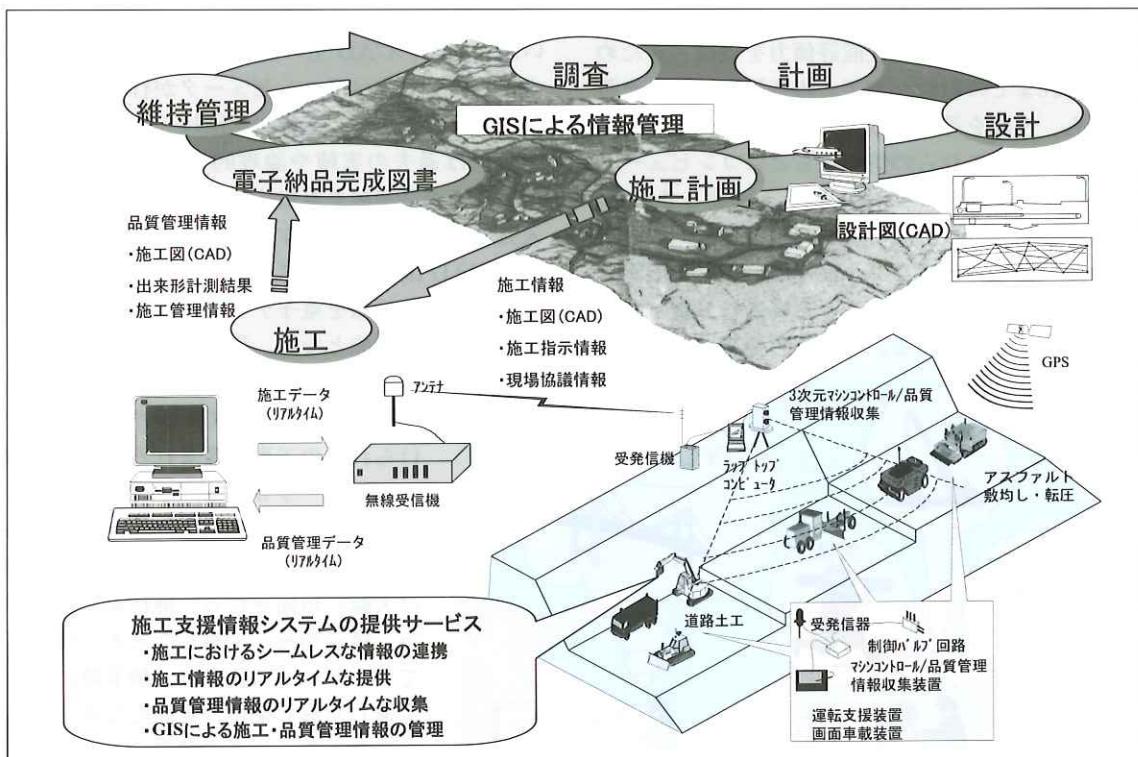


図-2 将来的な施工のイメージ

さらに、品質管理の自動化技術によって品質管理者は勿論、発注者への提出資料作成がコンピュータによって自動的に行われ、資料作成といった単純作業から解放される。

施工シミュレーションシステムと施工現場支援システムによって施工に関する多様で多角的な検討が可能となることから、これらの情報を施工業者と発注者とで共有することで、設計変更などの対応もスムーズになると考えられる。

#### 2.4 維持管理

建設事業を円滑に進めるためには、これまでの経緯や類似事例を知ることが大変重要である。構造物の維持管理は長期におよぶことから、地域住民との協議、管理施設のこれまでの変遷、施工時・維持管理時に発生した課題、その対応方法などが重要な情報として挙げられる。しかしながら現状では、担当者の交代や記録散逸のため、苦情や災害が発生した際に、各種台帳や過去事例の検索に時間がかかる、これまでの経緯を十分に把握していないなど、対応策を検討するのに時間がかかっている。

このため、今後は維持管理に必要な情報を有効に利用するためには、電子的なDBに加えて、紙

の台帳類、個人的なメモや思考なども自由に登録したり、検索する統合情報環境 (IDE : Integrated Data Environment) が準備されると予測される。統合情報環境は、

- ・施設管理に必要な情報を、いろいろなDBから収集する機能
- ・収集したデータを分かりやすく加工する機能
- ・加工したデータを現場作業員へ送信する機能
- ・現場で発生した情報を、DBへ一括登録する機能

を有するシステムであり、管理者は情報収集や整理のための手間が不要となる。

日常の点検等の維持管理作業も先端の情報機器の活用によって大幅に効率化されると予測される。例えば、将来の道路の維持管理について、舗装に穴が空いた場合(ポットホール発生時)の現場と出張所での対応方法のイメージを図-3に示す。現場ではハンズフリーで状況を口述するだけで、ヘルメット内蔵のGPSセンサやCCTVで位置計測や写真撮影を行い、瞬時に維持管理者のもとへ送信される。維持管理者はその場所における過去のポットホール発生履歴や舗装工事履歴をもとにした最適な対応策を決定し、作業のための人員配置、

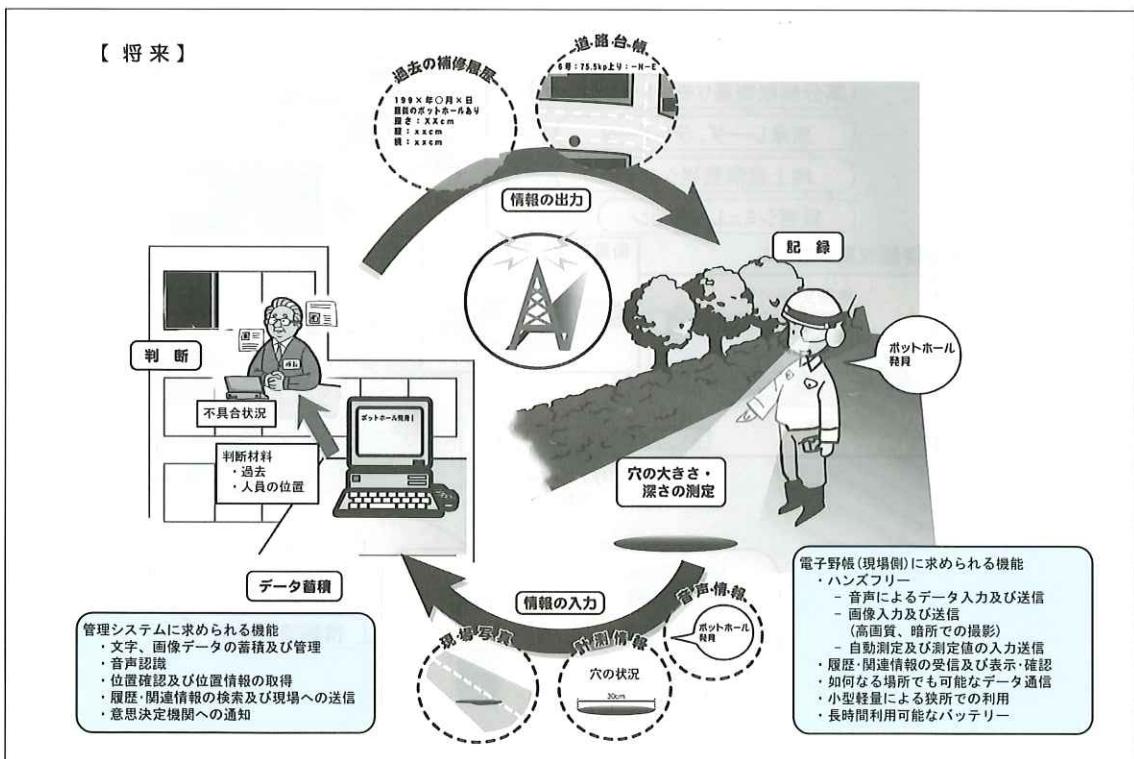


図-3 将来的な維持管理のイメージ

資機材情報などとともに現場へ指示を出すことが可能になる。

また、20世紀後半に建設された構造物の老朽化が進み、21世紀には社会資本ストックの維持管理がますます重要となる。限られた予算の中で増大する社会資本ストックを適切に維持管理するためには、定期的な構造物の点検調査やモニタリングによって構造物の健全度を評価し、劣化の早い段階で予防保全をしていくことが提案されている。このために、非破壊探査技術など先端点検技術を用いた診断とともに、診断された情報を蓄積して劣化状況や今後の推移を予測し、適切な時期に適切な方法で補修することが求められる。各種探査技術では膨大なデータが収集されることから、これを解析して健全度を判定するための解析技術や解析結果をビジュアルに表現するための画像技術、点検データの履歴として蓄積するDB、構造物の点検結果か健全度を判断して補修計画を作成する構造物マネジメントシステム等の準備が必要とされる。これによって、維持管理コストの低減が図られると期待される。

## 2.5 國土管理

21世紀は、「防災」から災害を最小限にとどめる「減災」へ、健康な暮らしのための「環境保全

や創造」へと総合的な国土マネジメントへの施策の転換が図られようとしている。

例えば、土砂災害では土砂災害防止工事などによるハード対策重視から、ハザードマップの作成による住民への啓蒙、住民を素早く避難させるための情報提供や警戒避難措置、危険性のある区域での住宅立地の制限などのソフト対策重視への方向転換の方針が、河川審議会より平成12年2月に答申として出されている。具体的には、行政の保有している防災情報を積極的に住民に提供して住民の防災意識を向上させ、防災活動を支援とともに、災害時にはリアルタイムに状況を監視し、収集した情報を分析して、住民が素早く避難できるように情報を提供することが考えられている。このため、災害の予兆や災害情報を広く収集する衛星リモートセンシングや成層圏プラットフォーム、ビデオカメラや自動計測等による遠隔監視システム、情報の蓄積、管理方法としてGISを基盤とした統合情報DBシステム、災害の予測のためのリアルタイム災害予測システム、情報を関係機関や一般に提供するためのコンピュータや携帯電話からのインターネット接続サービスなど、幅広いITの活用が考えられる(図-4)。

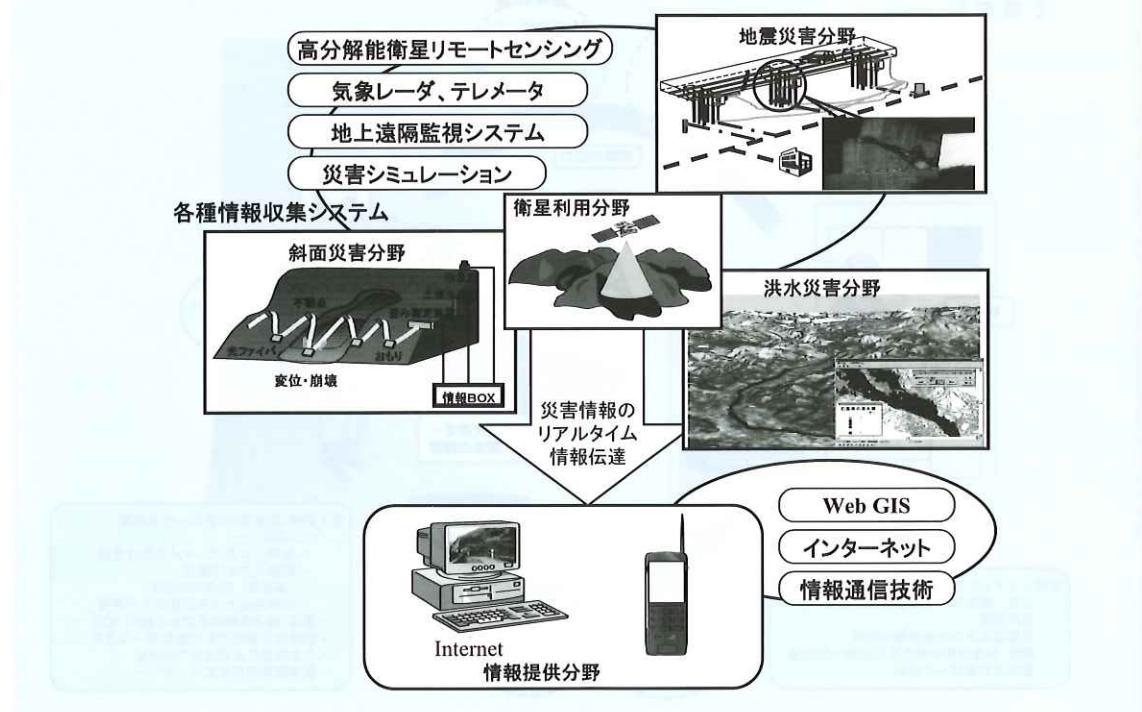


図-4 リアルタイム災害情報提供システムのイメージ

国土管理のための情報収集について従来は、道路、河川、砂防、都市等の防災システムが個々に構築された結果、共通的に利用される基盤的情報もそれぞれのシステムに応じて作成されている。国土管理情報は多くの利用者で共有できることから、データの収集、作成のための重複投資の無駄を省き、コスト負担を軽減することが重要であり、このための情報ネットワークによる国土管理情報の管理、運用の仕組みの確立や情報の標準化が必要となっている。国土管理における情報の蓄積、管理のプラットフォームとして GIS 上で統一のとれた統合情報 DB を準備し、これにリモートセンシングや地上における監視情報、河川、道路、防災、自然環境等の基本的情報に関わる情報について標準を定めて蓄積、管理し、ネットワークを通じてそれぞれの業務で利用できるシステムの導入が期待される。

### 3. IT 革命実現のための技術開発事例

#### -三次元 CAD

建設事業に係る各種情報の中でも図面は最も大きな比重を占める。建設省は図面データの流通・再利用によって効率的に事業を実施するため、2001 年度から設計業務及び工事の納品図面を二次元 CAD (Computer Aided Design) データで受け付けることとしているが、最近では景観設計や積算における数量拾い出しの自動化、施工の自動化等へのニーズが高まりつつあり、CAD データはそれらの基盤情報としてより高度な機能を備えることが求められている。

これらの背景から、2001 年度から三次元 CAD の標準化とそれを利用した支援システムの開発を開始する予定である。三次元 CAD を利用した支援システムを使った設計、積算、施工のイメージは、次のようなものである。

設計者は、三次元で取得した測量データや国土地理院や民間会社が発行する地図データのほか、地中埋設物を表現した三次元 GIS データを CAD 上に展開することによって、予め構造物同士が干渉しないよう確認したり施工計画を立案することができる。これらの結果は景観設計にも活用され、様々な角度から景観を検証できる三次元の動画によって、地域の方々が公共構造物の完成イメージを容易に理解できるようになっている。また、積算では、資材価格のデータベースと連携すること

によって、建設に必要な材料のボリュームや調達費用価格を算出することができる。さらに、施工者は、施工機械の現在位置を正確に把握する高精度な GPS と、原地形を表現する測量データ、出来形を正確に表現した三次元 CAD データを利用して、施工機械を自動制御し、施工の安全化・省力化を実現することができる。ここで作成されたデータは維持管理段階にフィードバックされる。

ここに示すように、三次元 CAD は地形データの活用が不可欠であり、今後三次元地形データの整備と、CAD と GIS をシームレスに連携する手法を確立することが重要な研究開発課題となってくる。

土木研究所では、公共土木事業に活用でき、GIS の国内標準である「地理情報標準」に準拠した測量成果の作製方法を国土地理院と共同で検討しており、2003 年度からの適用を目指している。

### 4. おわりに

2001 年度から着手する重点研究プロジェクト「IT 技術の活用による建設事業の高度化に関する研究」では、建設 CALS/EC アクションプログラムの第 3 フェーズを実現するとともに、第 4 フェーズ以降の IT の円滑かつ効率的な導入に資するため、以下の項目を実施する予定である。本稿で述べた未来像が近い将来実現することを目指して、今後とも関係各位の御理解と御助言をお寄せいただきたい。

- ① 設計・施工等の各業務内・間でのシームレスな情報の共有のための標準仕様の提案
- ② 現場の情報に基づく合理的な事業執行方法の提案
- ③ 電子情報の業務への応用手法の提案
- ④ IT および IT 関連技術の導入計画の策定

#### 参考文献

- 1) 建設省編：建設白書 2000, 2000.8.1

苗村正三\*



建設省土木研究所材料施工部長  
Shozo NAEMURA