

1 はじめに

1996年4月に建設CALS基本構想が打ち出され、2003年現在では、CALS/EC(Continuous Acquisition and Life-Cycle Support /Electronic Commerce:公共事業支援統合情報システム)の呼び名が定着し、電子調達と電子納品の2つのアプリケーションが、国の直轄工事現場を中心に普及拡大しつつある。

競争の激化に伴い、リストラ、業務の効率化、顧客サービスの充実のため、情報化は民間企業では避けることのできない投資と位置づけられることが多い。

しかし、公共事業における情報化は、こうした民間の厳しい取り組みとはかなり異なり、旧来型の技術がまだまだ有効であり、取り組み実態の官民格差は大きくなるばかりである。発注者側が情報化に対する取り組みに積極的でないことは、建設事業の効率化の機会損失を発生させているともいえる。

とはいえ、新しい情報システムを既存の業務システムにやみくもに組み入れるのも、効果の高い情報化の取り組みとは決していえない。

本稿では、建設事業のうち公共工事の発注者の立場に立ち、電子納品を主な対象として、ツール開発の観点からのみでなく、業務改善のための情報の効率的な利用の観点から、情報に関する理論的な考察を加え、情報化の意義や必要性を明示する。さらに、現場での建設マネジメントの領域における具体的な問題解決の代替案を提示し、その有効性について述べる。

2 建設事業の情報化の意義

本章では、電子納品を中心とした建設事業の情報化の意義やその効果について、情報に関する理論的な補強を加えながら述べる。ここで整理された考え方は次章に述べる実際の取り組みに必要な仮定、前提、枠組みとなる。

2.1 CALS/ECの概念整理

CALS/ECは、公共工事の品質確保、建設コストの縮減、発注者側の業務執行の迅速化、受注者側の業務効率化や競争力強化を目的とし、電子情報の「交換」、「共有」、「連携」の概念を持つ。「交換」からは情報の交換方式の統一を目指した「標準化」を、「共有」からは情報の管理・蓄積の一貫性のための「データ基

盤の構築」を、また、「連携」からは新しい仕事の枠組みを実現するための「業務プロセスの見直し」を取り組みの方針としている。

電子調達には、電子入札とPPI(Public Works Procurement Information service:入札情報サービス)が大きな構成要素であり、会社に居ながらの入札参加、事務の簡素化、より多くの入札希望者の参加、競争原理によるより合理的な価格での入札実施に対する期待が高まるとともに、入札参加者を含む国民全般から一元的な調達情報の入手検索が可能となり、調達手続きの透明性が高まる効果がある。電子認証や電子入札コアシステムといった「標準化」、調達情報の「データ基盤の構築」、従来とは全く違う入札のプロセスを持つなどCALS/ECの概念に沿って整理することができる。

電子納品要領、CAD製図基準、CADデータ交換標準であるSXF Level2(SCADEC data eXchange Format)などの「標準化」を進めつつ、電子納品保管管理システムなどの「データ基盤の構築」、納品データの再利用による「業務プロセスの見直し」、業務の効率化を目指すというように電子納品も同じような概念が適用できる。

CALS/ECの展開にともない、多くの施策効果が現れつつある。まず、発注者、受注者ともにある程度の情報システムに関する設備投資が必要となり、この開発・整備に、建設産業だけでなくCADベンダーなどの情報産業が多数参加し、これら産業の技術力と競争力を高めることにも寄与している。CADフォーマットに関したISOの活動にも積極的に参加・貢献するなど、国際標準を含むより広い範囲の標準化活動の必要性が認められ、その活動が活発化してきた。また、地方整備局、事務所の職員においても、自発的なCAD講習会の実施、日常業務への情報技術の適用検討など、情報リテラシーの向上効果があった。

しかし、電子調達や電子納品に限らず、情報システムの導入初期段階では、既存の業務の進め方からの移行に相当の労力を必要とし、多くの現実的・具体的な課題が認識されるようになる。こうした課題を適切に解決しつつ、CALS/ECの効果的な推進のためには、このような概念に加え、情報化の目的とその具体的な取り組みを明確な共通意識として持つことが重要である。

2.2 業務改善と情報化

CALS/ECでは、ライフサイクルサポートとコンカレントエンジニアリングという2つの視点と並列させて「業務改善(BPR:Business Process Re-engineering)」という概念をとりあげることが多い。本稿では「業務改善」を一般に言われるような、抜本的な業務プロセスの見直しとはせず、軽微な業務の進め方の改善であっても、これまでの技術基準、因習、慣例には合致しないが(=現場では十分に抜本的あるいは斬新である)、現行法令の範囲内で実施可能なものという現実的なものに範囲を広げて用いる。

先に示した「業務プロセスの見直し」は業務改善そのものであり、CALS/ECの

取り組みの本質であるといえる。業務改善は情報技術の活用を必ずしも前提とはしていないが、トップのリーダーシップや組織的な意識改革が必要となる場合が多い。当然、「標準化」や「データ基盤の構築」はCALS/ECに必要であっても業務改善には十分ではない。

業務改善を否定すると、現在のCALS/ECの取り組みは、どうしても現状の業務を妨げるような印象が強くなってしまふ。新しい道具（「情報システム」または「ツール」のこと：本稿では人を構成要素とする場合だけ、単に「システム」を用い、使い分ける。）を一定の秩序で最適化された現在の業務の進め方に無理やりはめ込むことになり、現場で相当の混乱が生じるからである。

公共工事のおかれた現状は、かつてなく厳しい。ある程度の社会基盤が整備されつつあるが、国民のニーズの多様化、増大は衰えることはない。国土交通省をはじめとする社会基盤整備を担う組織体の職員を増やすことも事業費を増額することも今後ますます困難になるなかで、国民サービスの充実の使命を果たすには、そのリソースを既存業務から捻出する以外にない。既存業務の品質低下を伴わずにリソースを捻出するために、必然的に新たな技術や道具を駆使することになる。既存の業務を場合によっては抜本的に（現状の延長線上ではなく）見直し、効率化するのに最も効果的な技術や道具が情報技術（IT: Information Technology）となるのである。

端的に言うと情報技術は時間的、空間的に距離を縮める技術であり、効率化を求める際には有効な場合が多い。ただし、セキュリティが低下したり、大量のデータが一瞬で消滅したりと、必ず「脆弱化」という弊害を同時にもたらす。

効率化の手段で情報技術以外に期待できるものがないため、多少の苦労や脆弱化は承知でCALS/ECといった情報化に取り組みざるを得ないのである。

2.3 電子納品の現状

2001年度から調査・設計・工事などの各業務段階の最終成果を電子データで納品する電子納品が国土交通省直轄事業を対象に始まった。これまで段階的に適用対象を拡大してきており、2003年度は全ての調査設計業務と6千万円以上の工事が対象となっている。2004年度からは全部の工事が原則として電子納品の対象となる予定である。

一般的な2～3億円規模の工事から最終的に発生する、打合せ簿、品質管理シート、出来形管理図表、竣工図、写真その他の帳票類は押入れ衣装ケース2～3箱以上にもなる。膨大な紙の納品物は保管場所にも困るのであるが、電子納品ならばわずか数枚のCD-Rに収まり、保管場所削減と紙の節約が可能となる。また、情報検索の迅速化や伝達・輸送コストが大幅に改善され、受発注者間でのデータ共有が促進されることによる伝達ミス低減、データの再利用が容易になるなど、多くのメリットがある。

工事で取得される情報は電子納品を経ることで、最終的には共有統合データベ

ースの形に蓄積し、災害発生時などでのデータの有効活用を行うことまで想定されている。

1999年から、電子納品に関する基準・要領類を順次整備中である（表 - 1）。2003年7月には電気設備工事の要領が完成し、追加されている。2004年には機械設備工事の要領がまとまる予定である。これら標準の策定には、受発注者以外にもソフトベンダー、システム開発者など多くが参画しており、標準化活動が活性化したことは電子納品の成果のひとつでもある。

さて、ワープロでの文書作成が一般化し、デジタルカメラの普及、ほとんどの図面がCADで製図されるなど、多くの情報はすでに電子的に作成されており、電子納品の導入にはそれほどの課題が発生しないと予想されていたかもしれない。

しかし、建設マネジメントの多くのプロセスはいまだに紙が主流である。押印された書類を証拠として積み重ねていく仕事の進め方に対して、容易に書類の修正ができる電子データは原本性が低いとされ、また、A1版の図面を広げて行う出来形確認、書類検査も、狭いディスプレイや解像度の低いプロジェクタにとってかわることは困難である。

受注者の方も今までどおり紙で納品物を作成する方が確実であり、従来どおりの紙の書類検査が終了し、指摘事項を修正してから、それを一括してCD-ROMに焼付ける作業に回し、最終的な電子納品とする方法や、電子データに加え、検査用に従来どおり紙資料を提出するような、紙と電子の二重提出も見られた。

また、紙の情報に比べ、電子情報は、流動性やアクセシビリティが高まるため、検索や蓄積が迅速化するが、工事の竣工データを維持管理用に利用するといった再利用は、想定したほど進んでいない。

データは目的（サービス）に応じた項目と精度で取得され、他のサービスに再利用できないことがほとんどである。データの再利用を促進するにはデータ取得コストの増加にも留意しつつ、異なるサービスの要求定義を満たすよう納品データの定義を見直す必要があると考えられる。

さらに、目的のサービスに必要なデータ以外はいわば不純物である。原データに不純物が多ければそれだけ必要なデータを取り出すコストは増大する。このコストが再利用による価値を超えなければ、原データには再利用価値はない。

データの流動性の向上はデータを取り出すコストをも低下させるが、手書きの紙書類をスキャナで電子化したようなデータは紙状態と比較してもコストはあまり低減しない。やはり、ワープロ文書のようなコンピュータ可読形式の状態を基本とすべきである。

現在の電子納品は、衣装ケース3箱の書類データをそのまま、電子化した状態で

あり、データを取り出すコストも低減しにくいですが、それでも、工事完了後長期間経過したときの災害復旧と更新（これらは同じ工事サービスに属するため、維持管理とは異なり再利用の可能性は高いはず）のサービスには、再利用価値はあることがわかっている。

この目的のためだけなら、余計なコストをかけずに電子成果物を保管することが経済的に有利であるが、やはり、情報検索の迅速化や共有データ基盤の構築など、当初の電子納品の目的を目指すべきである。これには、データを取り出すコストを低減させ、多くのサービスに対して再利用価値が生じるように、必要なデータだけを取り出すためのリンクの整備や中間計算書類などの削減などによる成果物全体の減量化が必要であると考えられる。

2.4 道路維持管理業務の情報化

公共事業費の削減と、国民ニーズの増大・多様化傾向高まるにつれ、道路の維持管理フェーズは長期に渡って国民と接するためますます重要となる。

毎年、同じ場所で同時期に繰り返され、担当によって対応が食い違う苦情処理、地下構造物の管理の甘さに起因した光ケーブルの切断事故、工事申請処理の遅延をはじめ、道路維持管理業務には様々な課題解決、効率化が求められている。

道路維持管理業務のツールでまずレビューしておかねばならないのは、道路管理データベースである。このデータベースは直轄国道に関する様々な調査・統計分析業務を効率化することを目的に、1990年頃から設計、整備が始まった。全ての直轄国道について、車道や歩道の幅員、曲線半径、中央帯の設置の有無、道路照明の有無、橋梁の形式・架設年月日などの道路構造物データを道路のキロポストを位置参照として管理している。

様々な職員が多目的で使えるようにと、ニーズを聴き入れ、大量のデータ項目を保持するようになり、データ更新のための手間もかかった。

コンピュータの操作性も悪いうえ、データ更新は毎年定期的に2度ほどまとめて行われる程度では、データの鮮度が低く、統計的な調査以外では想定したほど利用が伸びなかった。

2001年になってデータ項目の大幅削減に着手し、工事竣工時に同時に更新データを取得する工夫を行うこと、データの表示もGISライクに2次元化するなどの抜本的な改善を行い、コスト低減、データ鮮度保持、操作性の向上に努めた結果、現在、新MACHIシステムとして整備され、日常の業務で広く活用されるようになってきた。

道路管理データベースから以下の多くの教訓を得た。

- a) ニーズ調査は情報システムの利用を確約したことにはならない。
- b) データ項目数を欲張ると、更新費用が大幅に上昇する。
- c) データは鮮度が低下しやすく、更新方法をしっかりと設計しておくべき。
- d) 事務所の業務に使われるようになるまで相当の時間経過が必要である

e) 旧来の業務手法と新しいツールを並存させると職員の混乱を招く
 また、データの更新コスト以外に、情報システム自体は一般に2年から3年経過時点で、維持管理、改造、陳腐化その他の要因によって、初期コストと同額の費用を支払うことになる。つまり、情報システムのライフサイクルは最長3年程度に抑えて償却すべきである。これと上

記のd)は特に重要である。MICH Iの場合は約10年も要していることになる。新しい初期システムは完全な実装を急がず、コストを徹底的に抑制し、プロトタイプングのつもりで基本設計を確立するのが経済的に有利といえる。

新MICH Iシステムと併行して2001年頃には道路GIS (Geographic Information System) の検討がほぼ終了した。GISはISO/TC211で国際標準が整備されつつあり、日本にはこれと整合した地理情報標準がある。空間スキーマや時間スキーマ、応用スキーマの規則、空間参照、品質原理、メタデータ、符号化などの標準化が進み、データの統合化が行いやすいなどの理由から、河川、公園、下水道、都市と多くの分野でGISの導入が試みられている。

道路GISではMICH Iの教訓からデータ項目を絞り込みつつ、サービスから情報を定義し、道路GISデータ (道路基盤データ) の応用スキーマ、取得基準等を策定した。

図-1に示すように、道路GISデータは

個々のアプリケーションから共通に利用されるデータだけをコアデータとして管理範囲に置くこと、

既存のネットワークデータ (DRM: デジタル道路地図) は改めて取得しないこと、

個別アプリケーションで必要とするデータは定義だけを行い、データ管理は行わない

などの方針が明瞭に示された。

GISはそもそも個々のデータを地物とその属性として地球に貼り付けて管理する情報システムであり、道路GISは、既存の住宅地図や国土地理院の2万5千分の1デジタル地図、オルソフォトなどと容易に重ね合わせることができるほか、河川と道路のように分野を越えたデータの重ね合わせも可能となる。

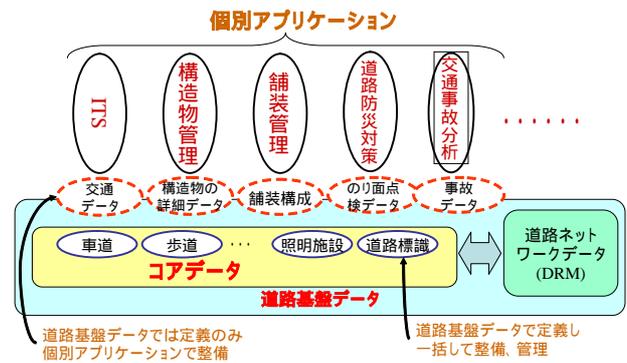


図-1 道路GISデータの範囲

道路GISは試行が始まってから2年が経過するが、実用化の状態には至っていない。具体的な維持管理サービスにおける効率化などの目的指向でないこと、新MICHIと競合するデータが多いこと、なによりも、データの新規取得費用が1kmあたり約200万円と比較的高額であり、毎年のデータ更新も1kmあたり100万円が必要であり、これだけのコストに納得できるだけのメリットを示しえなかったことによると考えられる。

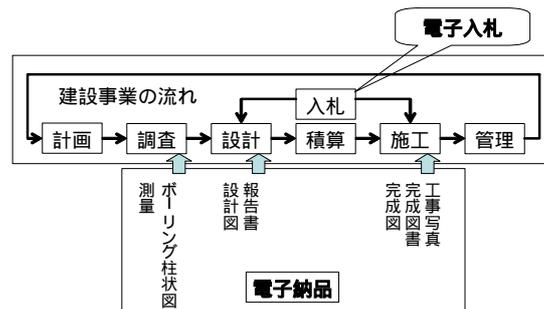


図-2 ライフサイクルサポートの概念図

道路維持管理の48サービスの分析結果を行い、苦情処理サービスをはじめ、効果の高い数サービスにGISを一括して適用すると、少なくとも1kmあたり30～数十万円程度の年間便益を得るといような大雑把な試算結果もある。しかし、この試算には実際の事務所への導入コストや他のサービスへのデータ再利用などの付加価値がうまく示しきれていない。

道路GISの検討過程で得た、図-1に示すような共通したデータ基盤の概念は、誰もが長期に渡り利用できるという、社会基盤（インフラ）の概念と酷似したものであるという点は重要である。道路、河川、公園、下水道、鉄道、電気、電話・・・といったインフラは有形でわかりやすいものだが、データ基盤や次節で述べる知識といった無形なインフラの整備が意識されることは非常に少ない。

データをより多くの者（アプリケーション）が利用することで便益は累加されていくが、それに要する費用の方は漸増するにとどまる。共通のデータ基盤はこうした利用者全体のコストを低減させる効果があるため、その範囲で投資が可能という考え方もできる。さらに、工事竣工時に納品される電子情報から維持管理に用いるデータを得るシステム（再注：情報システムではない）が構築できれば、このデータ基盤そのものの維持管理が効率化できると考えている。

2.5 データ・情報・知識とライフサイクルサポート

図-2に示すようにCALS/ECの電子納品は電子調達に比べてライフサイクルサポートと関連が強いが、現時点ではそれぞれの作業時点の情報の集合に過ぎない。これらの点的な情報は互いに参照しあったりすることはまれで、互いに独立したものとなっている。

しかし、サービス分析を行うと、情報を構成するデータ自体は類似している場合も多い。多くの情報の構成要素となるデータは、ライフサイクルに渡って情報を支える基盤的なデータとなりえる。「データ基盤の構築」の具体化は、この共通利用可能なデータを抽出する作業からはじめなければならない。

このように情報はデータで構成されるため、人の会話のアナロジーで考えると、

情報は文に対応づけでき、データは単語となる。通信とは情報を相手に伝えることで、データを転送するだけではその下位機能を達成したに過ぎない。同じ情報なら、なるべく少ないデータで記述できた方がよく、データ自体も出来る限り短いバイト数で表記できた方が効率は良い。

表-2 データ、情報、知識の概念整理

データ	地点の交通量、通過車両の走行速度
情報	渋滞状況、到達所要時間
知識	金曜日の午後は 地点の渋滞がひどいので を経由したほうが良い

情報技術の発展は、オブジェクト指向分析手法など、このような情報を効率良く分類、データ記述するための方法論も与えてくれた。

情報を時空間に管理することで偏り、特質、因果関係を見抜くことは、知識を形成するのに有効である。知識はデータから構成できる場合もできない場合もあるが、単体で一定の価値を持ち、解決の代替案を直接的に与えてくれる点が情報とは異なる。

こうした、データ、情報、知識の定義は、明瞭には行えないが、身近な例では表-2のようにおおまかな違いを理解することができる。

現場で得られる知識のいくつかは技術基準として全国の類似の現場へ活用されていく。このように知識を形式化した上でそれを組織内で共有し、業務の種々のリスク管理と効率化を目指す技術、すなわちなレッジマネジメントはライフサイクル全般にわたって適用場面が多く、将来のCALS/ECの重要な施策のひとつになると考えている。現時点においてナレッジマネジメントは、まだ事例調査、有効性の確認段階である。

知識を形成するために情報あるいはデータを活用するという考え方は、ナレッジマネジメントには至らなくとも、データの価値を見失わず、効果的にデータ基盤の構築を行うために、きわめて有効であると考えられる。

2.6 データとビュー

データの交換とそこから情報を得ることの違いを述べ、この章を閉じたい。

電子納品で収められる帳票類は、紙ベースで納品されていた頃には、整備局毎に微妙に様式が異なり、受注者は発注者毎に定められた帳票の様式を使い分けなければならなかった。電子納品を契機に直轄工事の帳票類は現在、全て統一され118種類の標準帳票として公開されている。もともと、300を超える帳票を集約統合したのであるからその作業量と要した時間は膨大なものであったと想像できる。これら、帳票類はまさに工事の監督検査業務に必要な情報のほとんど全てを有するといっても過言ではないくらい重要なものである。

ところで、これらの帳票類はデータ、情報、知識のいずれなのかということについては、それほど意識されていない。おそらくは情報に該当するのであろうが、

それならば、合理的なデータの組み合わせの議論とデータ辞書の作成に労力を割くのが時流である。実際に帳票の統一作業では、紙で印刷した場合の枠の大きさや項目の配置など見栄えの調整にも大変苦労したと聞く。

帳票に限らずこうしたデータの集合から情報を読み取るためのモデルを本稿ではビューと呼ぶ。ビューはデータから情報を作成するための雛形（テンプレート、情報の定義あるいはメッセージセット）とは全く異なり、データの集合から情報を判読するための表現手段を提供する。同じデータの集合であっても、数表で表現することも、グラフで表現することも可能であり、受注者のビューと発注者のビューが異なっているとしても、問題はない。

情報やデータは異なる情報システム間で正しく交換できるように正確に表現を統一する必要があるが、ビューは、利用者が情報を把握するための手段として、情報システムに実装されるもので、交換する必然性がなく、詳細に表現を統一する必要はないものと考えられる。

帳票の統一作業では、情報の定義とビューの両方を統一しようとしたことが作業労力の増大を招き、また、電子データの肥大化の原因のひとつになったものと考えられる。

データとビューの分離をしっかりと意識して電子納品要領を改訂すると、紙の帳票による納品に比べ、納品物の量を大幅に低減でき、複数のビューを用いてわかりやすく情報を伝えることが可能となると考えられる。

3 情報化施工

直営施工時代から直営管理時代を経て、現在の公共工事は全て請負で実施される。発注者には、実際のものづくりの技術を鍛錬する必要はなくなり、代って受注者が行うようになった。発注者の工事における主たる役割は、積算、入札契約、監督検査に限られ、これら手法は長い歴史上の経験の蓄積をもとにわずかずつ変化しながら今日にまで至っている。

これら手法は全体としてはおおむね妥当なものと評価できるが、それ以上に直営施工時代のものづくりに対する憧憬や愛着の念が深く刻み込まれている。

現場の技術者のこれら手法に対する価値観は、科学的で経済的な評価手法では説明がつかない場合も多いが、発注者に求められる技術がものづくりから経営や管理の技術、すなわち建設マネジメント領域に移行してきており、事業の効率性をさまざまな角度から説明し、評価し、改善していく信念もまた必要であろう。

本稿は積算、監督検査そのものの目的や必要性を否定する意図は持たないし、現在の建設マネジメントのプロセスを否定することに意義を求めない。むしろ、個々のプロセスの本来の目的を説き、目的を失って形式だけが残ったプロセスを改善するためのより具体的な業務改善の視点を述べる。

施工フェーズは建設事業のライフサイクルにおいて最も大量の情報を扱う。そもそも、建設事業は一品・屋外生産で、社会条件や経済条件の相違、特にものの考え方がそれぞれの現場で異なっていることが、建設マネジメントに著しい影響を与える。多種、複雑なサービスが存在し、この大量の情報を定型化する試みは思うように進んでおらず、現在の電子納品に代表されるように、情報化による効果も限定的となっている。現場の複雑な建設マネジメントや既存の膨大な伝統的基準類にできれば触れたくないという気持ちも強いのではないだろうか。

情報化施工という概念自体は、1997年度より設置された情報化施工促進検討委員会（委員長：大林成行 東京理科大教授）が検討し、2001年3月にまとめあげた「情報化施工のビジョン」に定義されているが、ビジョンが情報技術を用いた機械施工技術に関して多くの紙面が割かれている。本稿で用いる情報化施工は、このビジョンから建設マネジメントに少し距離があると感じられるものを整理して全て取り除き、これまで述べた課題に焦点を絞り再定義してみた。情報に特化した領域しか取り扱わないが、それでも建設マネジメントの重要な一部分であると考えている。

3.1 情報化施工のアーキテクチャ

問題解決型アプローチを取る場合、まずは、施工フェーズが一体どのようなプロセスやサービスから構成され、それぞれがどのような目的や行動原理から実施されるかについて、現場経験を持たない研究者やソフトウェア開発者でも利用できるモデルが必要である。

情報のモデルを作成するためのもっともオーソドックスな分析手法のひとつにオブジェクト指向分析法がある。この方法は情報システム設計やプログラミングテクニックの一種として発展してきたが、サービス分析、機能と情報、情報のデータ構造についてステージワイズに軽快に議論を進めていける特徴がある。

最終的にはシステム全体の個々の情報システムやそれを利用する人などの構成要素の全体像や構成要素間の情報のやりとりを示したシステムアーキテクチャを得ることができる。システムアーキテクチャは、個々の情報システムを開発、導入する際の参照モデルとなり、その設計の効率化と扱う情報の共通利用の可能性を明示してくれる。

また、サービス分析の段階で、どこにどのような課題とその解決の代替案があるのかをマッピングしていくため、ユーザの要求定義が明瞭となり、以後の作業の大幅な手戻を防止できる。通常は課題解決の代替案は様々あり、特にツール開発に近い領域にあっては、ユーザにとって正しい結果が得られるのであれば、解決手段（ツール）そのものはあまり重要ではない。システムアーキテクチャは具体的な解決案の設計を示すのではなく、むしろ、目的や課題とその解決案に対する費用や精度などの要求定義を作成することに重点を置いたモデル分析と言える。

現時点では情報化施工のアーキテクチャはサービス分析とユースケースの作成段階にある。構築方法は、一般的なオブジェクト指向分析手順や1999年に公表された日本のITSシステムアーキテクチャの作成手順を参考にしつつ、おおむね次のような手順とした。

サービス分類

ユースケース分析（機能と情報の抽出と要求定義）

論理モデル（機能と情報の全体構造の明示、共有度）

コンポーネント分析（機能を実現するための要素の抽出）

構築対象範囲の設定（ビジネスモデル、投資と効果の分析）

物理モデル（機能と物理要素へのマッピング）

こののち、具体的なシステムの基本設計、詳細設計、実装設計へと繋がってゆく。この一連のプロセスでは、論理モデルと物理モデルの構築方法を完全に分離する点がITSのアーキテクチャとは大きく異なると考えている。

論理モデルまでは、演繹的な手法を中心とした机上での構築が主である。彫刻がそうであるように、全体のバランスを保ちながらモデルを順次詳細化していく(iterative)手法が適している。机上検討であるため実現可能性は保障されないが、目的意識を失わず全体を見渡せるために必要なモデルである。

物理モデルは、実際の現場に必要な部品を抽出し、これらの部品を順次組みなおしていく(incremental)手法が適している。現地の仕事の実現可能性を失わないように注意し、部品を改良し、機能の割り当ての変更を行うために必要なモデルである。

情報化施工のサービスは、次の6つの分野から抽出した。

- a) 施工管理
- b) 監督検査
- c) 積算・契約および決裁
- d) 機械施工
- e) 資機材調達
- f) 安全と環境

発注者が関係するのは、a), b), c)の3つの分野であり、そのうち、分野a)は当然、受注者にも関係する。

表 - 3 に示すような資料を用いて、土工と舗装工の2つの工事を対象とし、これら6つの分野にわたる分析を行った結果、235サービスが抽出できた。

各サービスはそれを実現するための機能や情報、シーケンス（作業手順）を明示した、ユースケースと呼ばれる文章モデルにまとめた。このモデルには、現状のシーケンス（As-isモデル）、その課題と解決（効率化）を想定したシーケンス（To-Beモデル）が含まれる。

表 - 3 ユースケース作成に参照した資料

土工工事 共通仕様書	平成9年4月 中部地方建設局監修
監督技術マニュアル(案)	平成11年7月 近畿地方建設局監修
土工工事数量算出要領(案)	平成13年4月 近畿地方建設局監修
新土工工事積算体系の解説	平成12年度版 建設大臣官房技術調査室監修
土工工事検査テキスト	平成12年12月 関東地方整備局
工事関係書類	衣装ケース2箱分

サービスで扱う情報を整理していくと設計形状や出来形形状など多くのサービスで共通に用いられている情報やデータが抽出でき、業務改善の可能性をいくつか見出すことができた。次節以降、具体的に述べていく。

3.2 出来形管理

工事の竣工図が維持管理の図面に再利用できないことはすでに述べた。竣工図は出来高管理、出来形管理の最終段階で作成される。土工を例にとると、この出来高管理の手順は次のとおりとなる。

- a) 出来形計測
- b) 出来形管理図表の作成
- c) のり面展開図の作成
- d) のり面数量計算書の作成
- e) 盛土断面図の作成と面積計測
- f) 土量計算
- g) 出来高数量総括表の作成

このサービスは、監督者が積算と施工実績との差を求めることが目的である。実際に施工された工作物の計測値は図面に正確に転記されるが、形状は設計図と多少異なっても修正されず、出来形に関係のない地物や属性情報は取得されない。

a) 出来形計測には巻尺が使用され、読み上げた数字を野帳に記録するのが現状の方法で、トータルステーションは採用されていない。出来形を計測している記録写真がどこを測定しているかが明瞭にわかるのと、電子機器への不信感もあるようだ。この巻尺による計測は監督マニュアルに正式に記載されている。昭和40年代までは鋼製巻尺を使用するという記述あり、出来る限り正確に測定するという意図があったと考えられる。現在は写真でも値が確認しやすい幅の太いテープが用いられる。ちなみに、トータルステーションを用いた計測は巻尺に比べると計測時間で約1/3以下に短縮でき、緯度経度高さ情報を含む高精度な電子データを直接得ることができる。このような技術を用いると竣工図は現状の形状がすべて反映され、維持管理に再利用可能な精度が達成できる。

b) から g) の様式は標準的なものが採用されている。現在は、ワープロで記入されているものと手書き記入のものが混在した状態である。下図がCAD図面でも色鉛筆での着色がほとんどで、カラー印刷は行われていない。e) の盛土横断面図の作成と面積計測にあっては、プランメータで面積を3回計測して平均するような欄も見られる。

このような帳票は決められた手順、方法で行ったかを容易に確認するには便利であるが、設計データとa) の出来形計測数値があれば、一定の計算ロジックで瞬時に再現できる。すなわち、b) から g) までは、設計データとa) の計測データのビューであり、情報技術を用いれば交換する必要はなくなる。

g) の総括表1枚を得るために、数ページのa) の野帳データから数十枚のb) ~ f)

の途中計算帳票に増殖しており、これらが発注者に納品されているのである。

トータルステーション計測に、電子平板、定型の計算処理の自動化を含めると、出来形確認作業全体では、のり面1kmあたり従来方式で24人日要したものが3人日程度まで効率化できる試算となった。

このように出来形管理は、情報化の効果が大きく、将来の作業時間の短縮、納品データの減量化が期待できることが明らかとなった。

3.3 品質管理

盛土の品質管理に関する情報を分析したところ、材料品質管理資料と施工品質管理資料の2つがあり、これらから対象構造物（工事）の品質管理資料が作成されるという構造になっている。

さて、維持管理段階に移行した後にある箇所で不具合が生じたとする。その原因追求に施工時の品質を再度確認する必要性が生じることは十分想定できる。

しかし、材料品質管理資料、施工品質管理資料にはともに場所を示すデータが含まれておらず、その工事の監督職員以外の人には、例えばどの購入土をどこへ使用したかを短時間推測するのは困難である。この場合は、場所と工事内容を頼りに契約書類の中の施工計画資料をから作業の日付を求め、その日付近の各品質管理資料にあたりをつけるという方法しかない。

このように、監督職員の頭にのみ必要なデータがあり、書類から欠落しているような情報は、たとえ蓄積したとしても維持管理、特にアセットマネジメントといった目的にうまく利用できないと考えられる。

場所データを効率良く取得する方法、例えば、占め固め機械にGPSなどの位置特定技術を用いてリアルタイムに振動加速度と位置を記録するような方法で盛土品質管理を考えると、コスト的には現在の砂置換方法による密度管理には対抗できないが、維持管理へのデータ再利用の可能性がある。加えて、検査毎に現場作業を中断する必要もなく、作業進捗管理が行いやすくなる。

さらに、ISO9000による品質管理とこの全数検査を組み合わせることで、品質検査は性悪説に立つという原則を崩すことなく、検査を効率化できる可能性がある。これは品質の手抜きの問題に関して、工事中、完了後を問わず、発注者が必要に応じて、任意の施工場所について検査をすることができるというオプションをもつことで、受注者の手抜き工事を抑制できるからである。従前の検査が、確率モデルに基づくサンプリング数と一箇所あたりの検査コストの関係から求める検査コストとは全く異なり、全数検査は発注者が自分のコストで任意の場所の検査をすることのできる権利、すなわちプットオプションを取得すると考えることができる。このようなオプション価値を考慮すると、品質管理における情報化も十分な投資価値があるものと考えられる。

3.4 丁張り設置

丁張りは設計図に示した管理断面における形状を現場に木杭と木片で示したもので、建設機械のオペレータはこの丁張りを頼りに盛土や切土の作業を行う。この丁張りの設置位置が設計図に示された位置と万一異なって作業が進んだ場合は、作業に大幅な手戻りが生じる可能性もある。一般には、丁張りの設置位置は図面上に前もって計算して準備し、現地にその緯度経度と寸分違わないよう2人が1組となってトータルステーションで位置確認しながら慎重に設置する。図面の位置を現地に正確に求めるのにかなりの時間を割くことになり、慣れた組でも1箇所の設置に10分以上要する。

もし、あらかじめ計算しておいた設置場所に岩があつて木杭が全く打ち込めなかった場合は、設置位置を図面上で再計算する作業を行うため、その日の設置作業は中止となる。しかも、トータルステーションを用いていながら、図面上の位置を正確に現場に再現することしか行わず、丁張りの設置位置の電子データを記録することは行われていない。もし、設置位置を思い込みなどでうっかり間違っても、気づきにくい場合が多いと考えられる。

建設機械にRTK-GPSと姿勢センサーをとりつけて、電子的に設計上の掘削位置との差をオペレータにヘッドマウント型の小型ディスプレイを通じて表示するような、丁張りレス型の建設機械の開発も試行されているが、設備コストと仕上がり品質の観点から、現時点での利用場面は限定的である。

トータルステーションと小型計算機の組み合わせで、測量機器に設計図を持たせることで、丁張り作業の効率化の可能性がある。丁張りの設置位置を現地に中心線方向に自由にずらすなどの修正が可能であること、設置した位置を記録しているので3次元のビューで丁張りの設置間違いを防止できることなどである。

このように現地の測量機器に設計図を持ち込むことで、平均的な2車線の道路土工1kmあたりの丁張り設置が11人日と従来方式の42人日から大幅に効率化できる試算となった。

通常、工事では平面図、横断図、縦断図の3つの2次元情報を組み合わせて、3次元の施工を行っている。これら3種類の設計図は図面間の矛盾に気づきにくく、図面を見慣れた人であっても切土と盛土を勘違いするような場合もある。

丁張りの情報化には3次元化した設計データが必要であるが、この3次元設計データは平面、横断、縦断の矛盾が生じることがなく、任意断面の情報が取得可能であること、3次元ビューで形状把握と工事説明が容易となるなどの効果もある。

丁張りの情報化は出来高管理とのサービス連携や3次元設計の導入の可能性を考えると、相当の投資効果が期待できると考えられる。

3.5 情報化施工の実証実験

情報化施工は2001年度から土工、舗装を対象にアーキテクチャの作成にとりかかり、2002年には一部サービスについて実証に必要なツールの整備を行ってきた。

2003年度から、鳥取河川国道事務所（中国地方整備局）や常総国道事務所（関東地方整備局）などの直轄の工事現場と高地県伊野土木事務所の現場において、順次実証実験に入る予定である。実証対象は次のサービスを考えており、情報化を行った場合と従来型の場合との比較をおこなう。

- a) 3次元測量・設計表示
- b) 丁張り
- c) 出来形管理
- d) 盛土締固め管理（従来検査手法に位置付加のみ）
- e) GIS竣工データ作成、電子納品

情報化施工は前節までに述べたように既存の監督検査に関する基準類を変更する必要がある。この基準類の変更に関しては通常、現場の動機付けに乏しい。つまり、現地には、

- ・ 今までできていることは変えなくてもよい
 - ・ 受注者側の作業の効率化よりも、現場の品質、コスト、工期が大事
- と、というような意識が支配的だと思われる。

積算や性能発注、入札契約など建設マネジメントに関する新たなとりくみは、影響範囲が限定しにくく、これまでも試行までにかかなりの期間を要している。

これまでとりあげた情報技術の導入は、長期間をかけたのでは機会損失も大きいため、実証実験は、業務改善を強く意識すると同時に、現地に余計なストレスが生じず、早期に実行可能性を示していく点に留意している。

3.6 情報化施工のまとめ

情報化施工は工事の設計から竣工に至るまでのさまざまな作業で必要となる施工情報を統合的に作成、取得、管理、利活用することで施工管理の大幅な効率化をめざして建設工事を行うことである。

従来、作業毎にばらばらに作成されていた帳票類や縦断・横断・平面の2次元設計データを3次元の位置情報を持った施工情報の形に統合することにより、図面間や設計と施工の不整合の有無を容易に確認することができる。また、データとビューの完全分離によって、視覚的に把握しやすい資料を迅速に作成できるため、複雑な構造物の形状を把握する際や、地元への事業内容を説明する際にも役に立つ。

現在、CALS/ECの電子納品の適用が進んでいるが、3次元の施工情報は、品質及び出来形管理に係る資料の作成などの受注者側の作業を大幅に軽減させるとともに、竣工時にも十分な精度を保持するため、維持管理業務への電子納品情報の再利用も進むと考えられる。

情報化施工は、巻尺による計測をトータルステーションやGPSといった電子計測に置き換えることにより作業を効率化することをはじめ、ITを活用した業務改善を前提とするため、既存の監督検査要領などの技術基準類をIT導入が進

むようにこまめに改訂する必要がある。

4 結論

建設事業の高度情報化はそれ自体が目的ではない。国民サービスを充実させるためには、そのリソース確保のための業務改善が必要である。情報化はそのための有力な手段となる。

電子納品の取り組みの効果は、情報投資の促進、標準化の取り組みの活発化、発注者の情報リテラシーなどさまざまな形となって現れつつある。情報技術の進展は著しく、陳腐化を防止し、取り組み効果を一層高めるためにも、技術基準類のこまめな改訂が必要である。また、業務改善を意識しない、情報システムの開発・導入は、現地での摩擦を増大させ、想定した効果が長期間にわたり得られない恐れがある。

情報技術といえば、コンピュータ処理や通信技術などのシーズに注目しがちであるが、データの定義手法やオブジェクト分析手法などのソフトな技術の活用も行うべきである。情報はそれ自体重さも形もなく、有形物を築造する土木工学にあっては付帯物とみなされがちである。情報システムという形に結合して役立つツールを開発するということが主眼としてきたため、広大な建設マネジメント領域に踏み込んで適用するまでにはまだ十分に研究も至っていない。この、建設マネジメントを情報の目で見ると様々な具体的な課題が明らかとなり、効率化を中心とした解決方向に多くの議論ができることがわかった。

本稿では施工フェーズにおける取り組みである、情報化施工を紹介し、システムアーキテクチャの必要性、位置情報の重要性、3次元設計情報の効果について述べてきた。監督検査の手法は歴史に裏打ちされ、多くの受注者、発注者が確実に実施できる方式ではあるが、手間のかかる手法となっている。目的を変更することのない効率的な代替案に置き換えることは十分可能であることを述べた。

現時点では、建設マネジメントのほんの一部の領域でしか有効性を議論できていないし、現地の実証実験もようやく踏み出したばかりである。

また、サービス分析の必要性も示したが、まだ実証段階に達しておらず、今後とも継続的な研究が必要である。

安易に手をだしても、石橋をたたいて渡るという方法でも損失が発生するのが情報技術の特徴でもある。失敗を恐れず、しかし同じ失敗を繰り返さぬよう留意しつつ、いかに、業務改善を進めていかということこそが、建設マネジメント領域における情報化の課題であろう。官民一体となった今後の建設事業の高度情報化の発展を期待するものである。