

# 統合施工管理支援システムの開発

三井建設（株）技術研究所 正員 中川 良文  
三井建設（株）東京土木支店 正員 加藤 洋次  
三井建設（株）技術研究所 正員 高田 知典  
三井建設（株）技術研究所 正員 桜井 浩

## 1. はじめに

近年、高度化、複雑化する施工環境のなかで、いかに限られた投入資源（人、金、資機材）を効率的かつ安全に運用・展開させて施工生産活動の最適化を図ることができるか、すなわち施工および施工管理の合理化あるいは施工生産性の向上に向けた技術の開発が企業の生き残りをかけた重要な課題となってきた。また、“脱3K”に象徴されるように建設業全般において魅力的な作業環境の整備が強く望まれており、現場技術者にとってみれば真のエンジニアリングワークを遂行できるような業務支援システムの導入が望まれている。

このような建設業を取り巻く状況にあつて、情報処理技術の著しい進歩を背景に、建設現場にあつてもさまざまな分野においてコンピュータを利用したシステム化が進められてきた。特にパーソナルコンピュータが特殊な道具から、誰でもどこでも手軽に使える、まさに“パーソナル”な道具になるにつれてこの傾向はますます顕著となり、各方面で競ってコンピュータを利用した施工管理支援システムの構築が行われてきた。

この結果、システムによっては著しく業務が改善されて大幅な省力化が図られているものもあり、それぞれの業務における合理化といった点では向上が図られたといえる。しかしながら、これらのシステム化は個々の業務単位ごとに個別に開発あるいは導入されることが多かったため、施工に関する業務全体で考えると各システム間で情報の互換がとれない、ユーザインタフェースが多様で使いにくいといったことから、かえって管理負担が大きく必ずしも生産性の向上につながっていなかったのが現状である。すなわち、施工管理の合理化、生産性の向上を目指したシステムの構築にあつては、新たな展開に向けてのさらなる飛躍が望まれている。これはとりもなおさずシステムの“統合化”に他ならない。

一方、昨今の情報化技術の進歩には目をみはるものがある。すなわち、UNIXマシンを中心とするオープンシステムとダウンサイジングの波、マルチベンダーに対応したLANや公衆データ通信網の整備によるWANの促進といったネットワーク技術・環境の向上、分散データベースなどの構築を可能とするDBMSツールの整備、等々である。すなわち、今まさに、これらの情報化技術をじょうずに利用することで施工管理支援システムの統合化を実現できる環境が整いつつあるといえる。

このような背景のもと、造成工事やダム、道路工事等の大規模な土工事を対象に施工管理業務に係わる各支援システムを統合した統合施工管理支援システムの構築作業に着手したのでその内容および21世紀に向けての総合建設業としての土木情報のあり方とその管理手法について以下に述べる。

## 2. 統合化にあつての基本的な考え方

### (1) 統合化の目的

施工管理支援システムの統合化にあつて、その目的とする基本的な概念を説明すると、製造業における統合生産システム（CIM：Computer Integrated Manufacturing）の考え方に対比させて次のように定義することができる。すなわち、統合化の目的は、

『施工に関わる情報を、ネットワークを介してデータベースに統合・一元化し、施工管理情報としてコンピュータを用いて統括的に制御、管理することによって、施工生産活動の最適化、すなわち施工および施工管理の合理化、生産性の向上を目指す』

といった仕組みを実現するためといえる。

たとえば実際の施工管理にあつては、まず当該時点での工事実績を把握するために切盛土量等の出来形を求める。次にこの出来形情報をもとに工事の

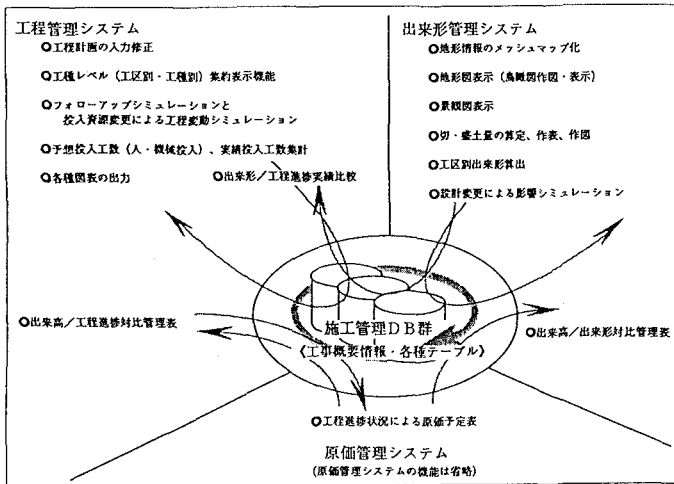


図-1 原価、工程、出来形管理のかかわり

量を変更して工程を引き直す作業を実施する。この場合にも当然、工程あるいは投入資源数量の変更に合わせて変動する予定の投資/出来高状況を確認しつつ、両者間で基本的な情報をやりとりして工程および原価が最適な状態になるように調整することになる。

このように、実際の施工管理では出来形、工程、原価といった管理が個々に無関係に独立して機能するのではなく、工事に関わる基本的な情報をベースに、お互いに密接に関連・影響し合いながら最適な解を求める作業となる(図-1)。これらの管理に対して、さらに労務や重機といった管理が関連し合うことになる。

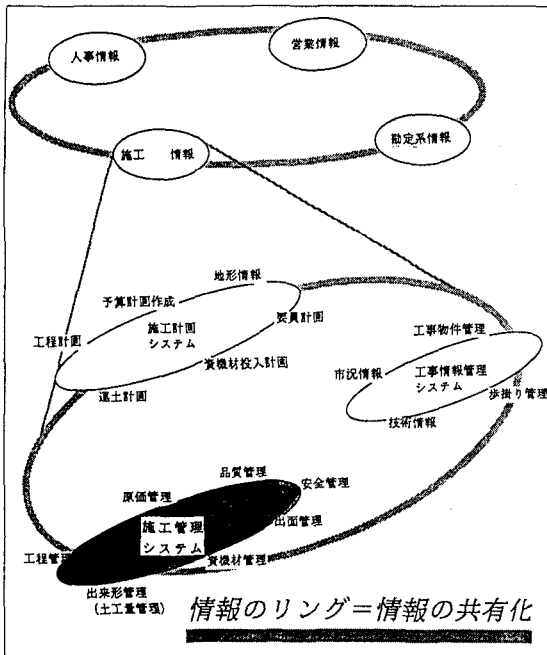


図-2 施工管理支援システムの位置づけ

実績出来高および進捗(進捗率)を把握し、これによって工事の工程上の現状分析を行う。一方、原価の実績投資を掴むことによって、実績出来高情報と合わせて投資/出来高の関係について、実績と予定を対比することで工事の原価上の現状分析を行う。工程あるいは原価の現状分析結果について満足のかない結果を得た場合には、今後予定されている作業工程の順序あるいは投入資源(人、機械等)の数

すなわち、施工および施工管理の合理化を目的とした施工管理システムの構築にあたっては、情報の共有化と円滑な流通性が満たされることが必要不可欠であり、このことはシステムの統合化に他ならない。

### (2) 統合化の手段

施工管理支援システムの統合化を実現するにあたっては、情報処理技術の面から次の4項目を”技術の鍵”として挙げた。

- 統合データベースの構築
- 施工管理業務のシステム化
- ネットワークの構築
- 使いやすいユーザインタフェースの実現

これらの技術の実現は、実務での利用を前提とした場合、数年前ではきわめて困難な課題として取り扱われていた。しかしながら製造・流通業やサービス業など他分野での情報化の波、およびダウンサイジング等の情報化技術を取りまく著しい環境の変化により、まさに今、システムの統合化に向けて、実際に利用可能な道具が用意されはじめたといえる。

なお、これらの情報化手段を用いた統合化に向けてのシステム開発については、次章以降にてその具体的な内容を述べる。

### (3) 他の情報システム系との位置づけ

さらに、施工管理支援システムは、施工計画、施工管理およびこれらの業務を円滑に遂行するための保守業務(工事実績情報の収集・整理等)といった各施工プロセスに対応したシステムの枠組みの中で、

また人事、営業、施工、勘定といった企業活動の各断面に対応した各情報系の枠組みの中で、それぞれに位置づけられるものである(図-2)。すなわち、ここで構築する統合施工管理支援システムは将来においては企業における戦略情報システム(SIS: Strategic Information System)の一構成要素として位置づけられることも十分に考慮しておく必要がある。

したがって、データベースをはじめとする統合施工管理支援システムの各構成システムの仕様設計にあたっては、この情報のリンクについても考慮に入れた上で、十分に情報の連動性が保証できるように検討する必要がある。

### 3. 統合化にあたってのシステム検討範囲

統合化を進めるにあたって、必要とされる施工管理支援システムの範囲を明確にするため、各施工管

理業務のつながり(情報の流れ)を明かにした(図-3)。この結果もとに、全体を大きく3つのシステムに分けることとした。すなわち、施工管理上で最も中心的な管理業務を支援する基幹システム、基幹システムにとって必要な情報を収集・編集し提供するサブシステム、さらにこれらの基幹システムあるいはサブシステムをサポートする周辺システムの3つである。

基幹システムとしては、原価管理、工程管理、出来形管理の3つの業務システムを位置づける。またサブシステムには、投入作業員と作業内容を収集・整理する労務管理システムや、重機のサイクルタイムや作業量の把握を目的とした重機管理システム、その他に資材管理、品質管理、防災環境管理といったシステムを考えている。

周辺システムとしては、基幹システムあるいはサブシステムと直接には情報のやりとりがないものの、

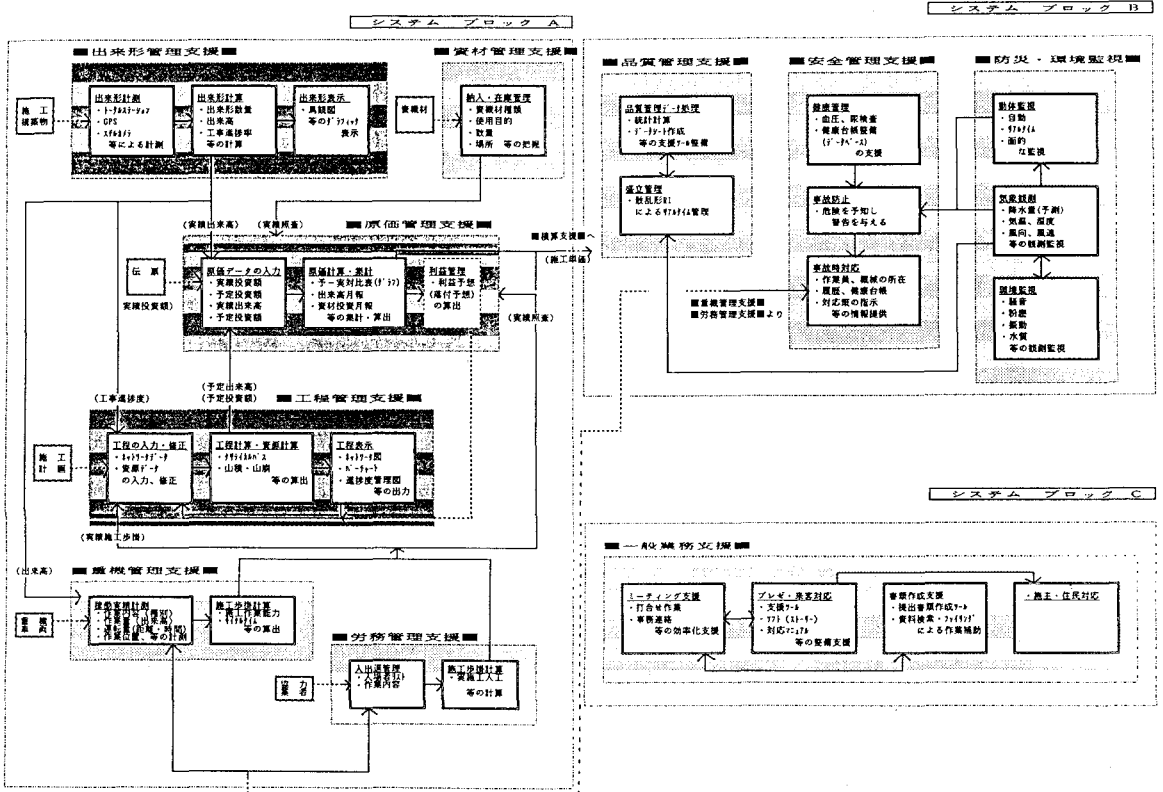


図-3 各管理システムのかかわりと情報の流れ

施工管理業務全体の効率化を考えた場合にはシステム化すべきもの（プレゼンテーション・ミーティング支援システム、書類作成支援システム等）、あるいは基幹システム、サブシステムにとっての基本モジュールとして必要なもの（人工衛星利用技術、ICカード利用技術等）、およびこれら一連のシステムが円滑に機能するためのインフラとしてのシステム（サイトネットワークシステム等）を考えた。そしてこれらの各システム群の中心に統括施工管理データベースを据えた構成とした（図-4）。したがって、これらのシステムに対して統合化を図ることになる。

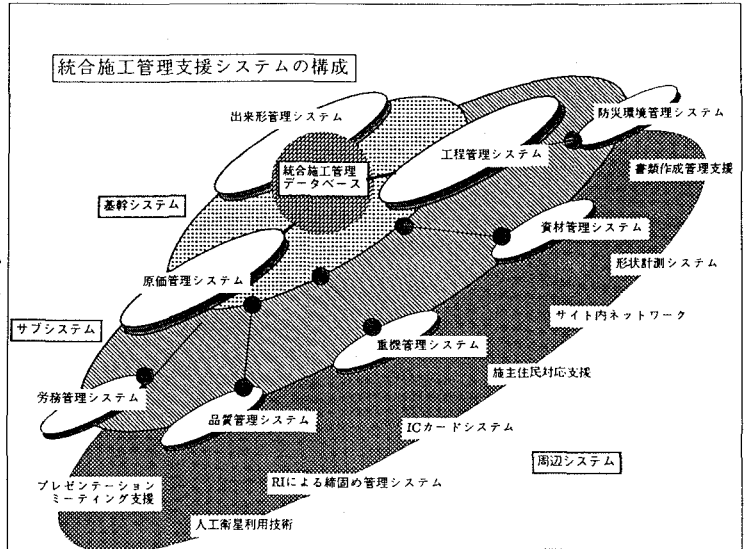


図-4 統合施工管理支援システムの構成

また、統合化を実現するにあたっての主マシンとしてEWSを、またデータベースとしてRDBMSを採用した。EWSはマルチタスクによるパフォーマンスの向上のみならず、UNIXをOSとすることからハードに依存しないオープンなシステムを構築できること、運用形態を含めた将来の展開から考えるとネットワーク機能およびサーバー/クライアント型の分散処理機能が重要視され、この点で優位にあること、マルチウインドウやGUI（グラフィカル・ユーザ・インタフェース）など、より使い易くヒューマンな操作環境を提供できる素地を持つこと、といった理由による。

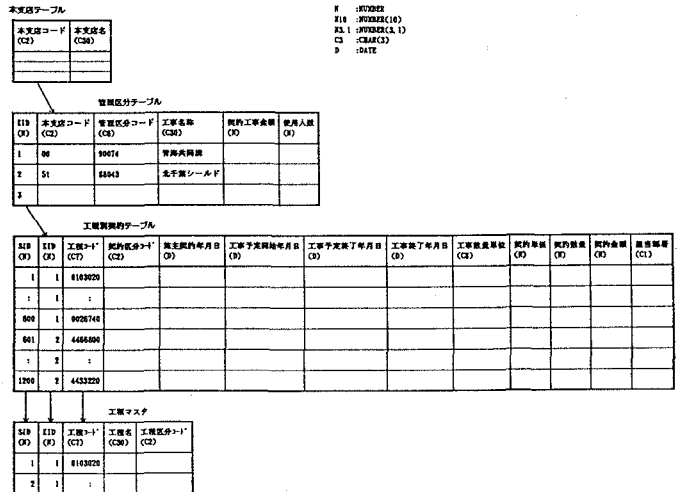


図-5 データベースのテーブル構造

また、RDBMSを用いる理由としては、従来からのネットワークデータベースとは異なって、モデルの平坦性、独立性ゆえに、データの関係、所在等をユーザー側が意識することなく必要な情報を欲しいかたちで自由に扱うことができるといったデータ操作の非手続き性、さらにこの特徴ゆえに分散型データベースへも適用できるといった点をあげることができる。

#### 4. 統合化に向けたシステム構築

施工管理支援システムを統合化するにあたっては、基本的な考え方で述べたように「技術の鍵」として

4つの情報化技術を課題として挙げた。ここでは、各課題について、統合化にあたってどのようにシステム化を図るかについて述べる。

##### (1) 統合データベースの構築

施工管理に係わる業務を洗い出し各業務間でのつながりを整理した結果（図-3）をもとに、各システムに共通な情報（共通工事情報）を抽出し、これをテーブルとしてまとめた。主なテーブルとして、

- ・工種テーブル：原価管理対象となる作業レベルにおける工事属性情報
- ・アクティビティテーブル：工程管理対象となる作業レベルに

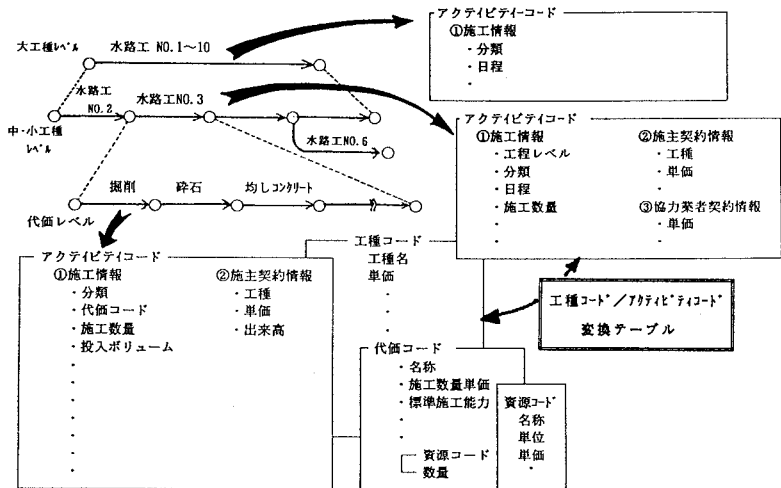


図-6 工程管理におけるデータ構造のイメージ

における工事属性情報

- ・代価テーブル：作業を構成する最小単位要素（代価）についての属性情報
- ・資源テーブル：資源（人・機材）に係わる属性情報

・歩掛かりテーブル：標準歩掛かり情報等があげられる。実際には、これらの主なテーブルを中心にさらに多くの関連するテーブルが用意される（図-5）。それぞれにコード付けを行い、これらのテーブル情報を統合施工管理データベース内に格納する。したがって、各管理システムごとにこれらのテーブル情報を参照して必要な情報項目にコードを割り付ける、あるいはコード番号をもとに情報相互間の関係（リレーション）を別途定義したテーブルを用意することによって、システムの連動性、すなわち統合化が保証されることになる。

たとえば原価管理と工程管理においては、それぞれ管理の対象となる作業レベルが異なる。すなわち、原価管理においては工事発注者の積算仕様に準じたレベルを基本に考えるため、必ずしも施工者側で必要とする工程管理レベルと一致しない。そこで、それぞれに工種テーブル、アクティビティテーブルを用意し、2つのテーブル間での対応関係を別にテーブルを用意して定義している（図-6）。

(2) 施工管理業務のシステム化

統合化される各システムについて、統合施工管理データベースに対して行われる共通工事情報のやりとり、必要な情報の流れについて意識しながらシ

テム化をはかる。すなわち、システム化に先だって実施された各管理システム間での情報の流れ（図-3）や、統合施工管理データベースの構造をもとにシステム設計にあたる必要がある。

1) 原価管理システム

原価管理システムは、基本機能として伝票データを中心とする実績投資情報の入力システムとしての機能と同時に、これを統合施工管理データベースに対して当該作業における実績投資情報として書き込む作業を担う。

このとき、工種コード（工種テーブルにおけるコード）をキーにしてデータベースを検索し、当該工種に対する労務実績情報、重機実績情報、資材実績情報を参照して伝票データの照査を行う。また、同様にデータベースを検索して該当する工事についての実績出来高情報、および予定投資情報、予定出来高情報を参照し、これらの情報をもとに担当者に対して以下の情報を提供する。さらに、積算情報あるいは利益管理情報については、該当するテーブルコードを付加したかたちでデータベースに格納する。

- ・工種別、要素別の原価集計、分析
  - ・工種レベルに応じた階層的原価把握
  - ・歩掛かりの算定（歩掛かり情報）
  - ・予算実績対比の計算及び視覚化表現
  - ・月報形式に対応した原価データの入力、および月報の自動作成
  - ・最終原価予想のための情報提供（利益管理情報）
- なお、統合化に対応した新しい原価管理システムは平成3年度に開発を概ね終了し、現在は実現場にて評価のための試験運用中である。

2) 工程管理支援システム

工程管理支援システムでは、統合施工管理データベースを介して該当する作業（アクティビティコードにてユニークに確定される）について工事実績情報を把握する。さらに、必要な労務および重機についての施工歩掛かり情報（代価コードにて確定される）を検索、参照する。これらの情報をもとに次の作業を実施することができる。

- ・ 工程計画の入力、編集、修正
- ・ 工種レベルに応じた集約表示
- ・ 実績進捗度に応じたフォローアップシュミレーション
- ・ 投入資源の変更による工程シミュレーション
- ・ 各種図表の出力

修正された工程情報は、当該作業（アクティビティ）ごとにデータベースに記録される。同時に別に定めた工種／アクティビティ対応テーブルを参照して、関係する工種に対して予定出来高情報、予定投資情報が自動編集、更新される。

### 3) 出来形管理支援システム

土工事にける出来形管理は、最も基本的かつ重要な管理である土量管理と、擁壁、水路等の構造物に対する出来形管理に分けて考える。土量管理については、測量データをもとに算出された土量計算結果についてアクティビティコードを付加した上で実績出来形情報として統括施工管理データベースへ格納される。また、アクティビティコードを構成する代価コードをキーにして単価情報を求め、これより実績出来高情報として同様に格納する。なお、土量管理に関わる出来形管理の主な特徴としては次のとおりである。

- ・ 地形情報のメッシュマップ化
- ・ 地形図表示（鳥瞰図作図・表示）
- ・ 切・盛土量算定、作表、作図
- ・ 土量配分、運土（経路）計画
- ・ 工区別、地層別出来形管理
- ・ 汎用的なデータ入力インターフェース

また、構造物等の土量以外の出来形については、担当者がアクティビティコードで作業を特定し、これに直接に別途算出された実績出来形数量（ボリュームまたはパーセント＝進捗率）を与え、これをデータベース上に格納することになる。実績出来高数量は土量と同様に、出来形数量と単価情報によって算出しデータベースに格納する。

### 4) 労務管理システム

各作業の内容（アクティビティコード）と実績投入人員（資源数）を計測・収集し、アクティビティコードとともに実績投入人員情報として統括施工管理データベースに格納する。さらに、データベース上より該当するアクティビティに対応する実績出来

形情報を検索し、これと実績投入人員情報とにより施工歩掛かりを算出する。

施工歩掛かり情報は、各アクティビティごとに再びデータベースに記録される。アクティビティの属性を示す代価コードをキーにして検索することにより、同じ作業内容種別（たとえば床掘作業）における施工歩掛かり実績情報の一覧を提示することができる。

さらに、システムの機能として入出退管理、あるいは健康管理と組み合わせることにより安全管理とも連動したシステムとする。ただし、データの計測・収集方法として、重機オペレータのように重機管理システムとの併用によって作業内容と投入資源数を把握することが可能なものもあるが、一般には土工作業員のように作業内容と投入人員の把握が難しいものが多く、この場合のデータ計測・収集方法については検討課題である。

### 5) 重機管理システム

労務管理と同様に、重機に関する稼働実績データ（作業内容＝アクティビティ、作業数量）を計測・収集し、実績作業数量情報あるいは施工歩掛かり情報として統括施工管理データベースに格納する。

また、稼働実績情報の収集にあたっては従来の方法（トラックスケールやトランスポンダ利用）だけでは、利用可能な有効データの収集が困難であった。そこで今回のシステム化にあたっては、GPS（汎地球測位システム）を利用することで、以下の<sup>4)</sup>ような機能を具備したシステムを構築中である。

- ・ 車両位置のリアルタイムな把握機能
- ・ 積載重量の把握機能
- ・ 作業量および作業効率の算定

### 6) 品質管理システム

土工事における品質管理の中心的管理業務である締め固め度の管理に重点をおいてシステムの構築にあっている。締め固め度は、当該アクティビティコードと合わせてデータベース上に書き込まれる。なお、計測器としては散乱型R I 測定器を利用する。

- ・ 締め固め度のリアルタイムな計測機能
- ・ 計測結果の評価分析機能
- ・ 報告書作成の補助機能

### (3) ネットワークの構築

システムが統合化されることにより、情報はデー

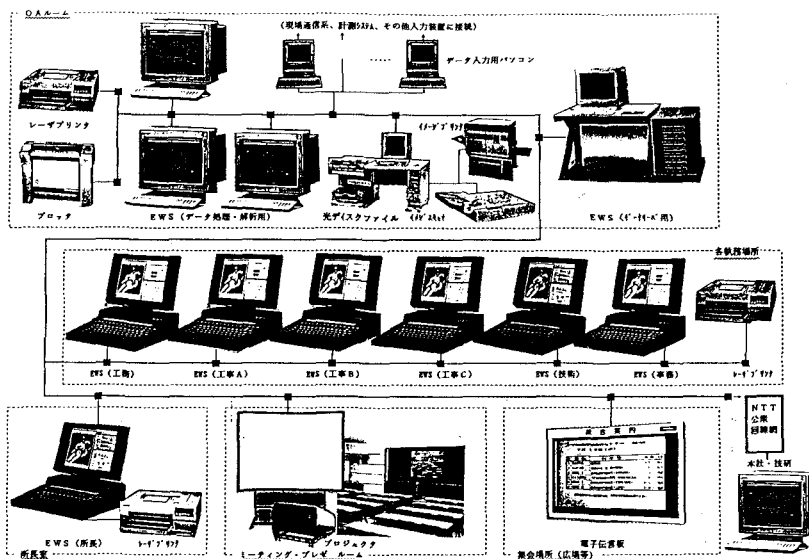


図-7 工事事務所内LANの一例

内のみならず施工現場とも何等かの方法で情報をやりとりするためのネットワークを構築する必要がある。そこで今回の統合化に向けたネットワークの構築にあたっては、ミリ波を利用した簡易無線及び多重化装置をベースとしたサイト内ネットワークシステムを実用化し、事務所内LANと結ぶことで上記課題<sup>5)</sup>の解決にあたった。

(4) 使い易いインターフェースの実現

UNIXマシンの特徴の

一つであるマルチウインドウ機能やGUI (グラフィカル・ユーザー・インタフェース) の機能を十二分に活用して、工事担当者のようにコンピュータの専門家ではない者も特に気構えることなく、あたかも”気が利く優秀な秘書”が提示してくれるデータをもとに”電卓”をたたくような気持ちでリラックスしてマシンと向き合えるようなユーザーインタフェースの実現を目標とする。

すなわち、当該管理業務に関連する複数の情報をわかり易く適宜提示するとともに、入力方法もマウスを使って選択する、あるいは手書き文字認識機能を有するペン入力タイプのコンピュータ (タブレット) から、”紙に書く”感覚でデータを入力するという方法の採用を検討している (図-8)。

統合化にあたっての重要な点として、各システムについてデータの選択方法、入力方法といったユーザーインタフェース仕様を共通な思想のもとに統一し、どのシステムについても同じ様な感覚で利用できるように心掛けている。

## 5. システムの運用と今後の展開

将来における統合施工管理システムの運用と展開については、EWSを中心とするサーバー/クライアント型の分散処理を基本とする。すなわち、統合データベースをはじめとするシステムの基本 (共通) 部分はサーバーに常駐させ、それぞれの業務独自の

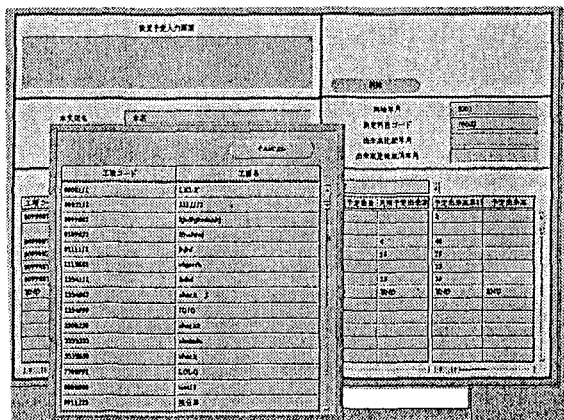


図-8 入力画面の一例 (原価管理システム)

データベースにて一元管理される。すなわち、当該施工管理に係わる管理情報は、唯一ひとつだけ存在し、他には存在しない。したがって、複数の管理業務がそれぞれの担当者によって同時平行的に実施されるような工事の場合にはネットワークの構築が不可欠といえる。

この場合、作業事務所内においては通常の方法によってLANを構築することで解決できる (図-7)。しかしながら、施工管理に関わる原データは現場から発生するものが多く、また管理の結果として生じる作業指示等の情報をリアルタイムに施工現場にフィードバックさせる必要もある。すなわち、事務所

情報および処理については各クライアント（端末）側に負担させる形態である。

これによって、1工事を1セットのシステムにて管理するといった考え方から、複数現場に対してクライアントを展開させることで複数工事を1セットのシステムにて管理する”群管理”への移行を意識したシステム展開となる。すなわち、支店エリアといった地域単位ごとにサーバーを中心とするローカルステーションを設置し、これと周辺の各現場事務所を公衆網（INS64等）を利用したネットワーク（WAN）にて結ぶことで、各現場事務所では特に大がかりなシステム・機器を用意することなく工事内容に応じた必要最小限のクライアント機器を用意することで、この統合施工管理支援システムを利用することが可能となる（図-9）。これによって、機動性、拡張性およびコストパフォーマンスの高いシステムを構築することが可能となり、システムの保守運用に係わる負担もローカルステーション単位での管理が基本となることから大幅に軽減させることが期待できる。

また、GPS、リモートセンシング技術、ロボット化技術をはじめとする最先端技術を利用して要素技術の高度化を図るとともに、周辺システムとしてモジュール化を進め、これによって基幹システムあるいはサブシステムに対して新技術の開発・導入を積極的に推進していくつもりである。

さらに、目的とする利用方法あるいは管理基準は異なるにしろ、労務管理や重機管理などによって収

集される情報は、協力業者においても必要な情報である。今後、情報の高度利用を図る上でも元請け、協力業者ともそれぞれの立場から共通の情報を有効活用する取り組みが必要となる。そこで、当該工事を担当する各企業ごとに分散化されたデータベースを保有し、工事全体としてはあたかも1つの統合化された施工管理データベースとして機能するような”分散データベース”の構築を検討している。

## 6. おわりに

現在、施工管理システムの統合化に向けた作業は統合化システムとしての評価、改善を目的に大規模造成現場に対して先行導入作業を行っており、部分的にはあるが稼働・運用を始めている。今後は引き続き残されたシステムの開発を実施し、統合化を進めていく予定である。さらに、広域ネットワークを介した他現場への水平展開に向けての利用環境の整備、および計画・設計支援や営業・勘定系といった他の情報系への垂直展開への分析・検討といった作業を鋭意進め、企業活動全体から見ても真に生産性の向上、効率化に寄与する情報システムとして展開していきたいと考えている。

なお、現場施工管理におけるコンピュータ利用としては、パーソナルコンピュータを対象としたものがようやく広く一般に普及し始めたといつてよい状況である。今回、要求される機能要件を満たすハードとしてEWSを選定し、本格的に現場導入しようとしている。この場合、将来にわたってUNIXマシンとパーソナルコンピュータとを共存させるか否か、また共存させる場合にはどのように機能分担させるかがきわめて重大な問題であり、今後の検討課題である。

### 【参考文献】

- 1) 矢田貝ほか: RDBMSによる原価管理システムの構築, 土木学会第47回年次学術講演会, 第6部, 1992
- 2) 渡辺ほか: GPSを用いた土量計測, 土木学会第47回年次学術講演会, 第6部, 1992
- 3) 森田ほか: 大規模土工事を対象としたマルチメディア対応無線通信ネットワークの構築, 土木学会第47回年次学術講演会, 第6部, 1992

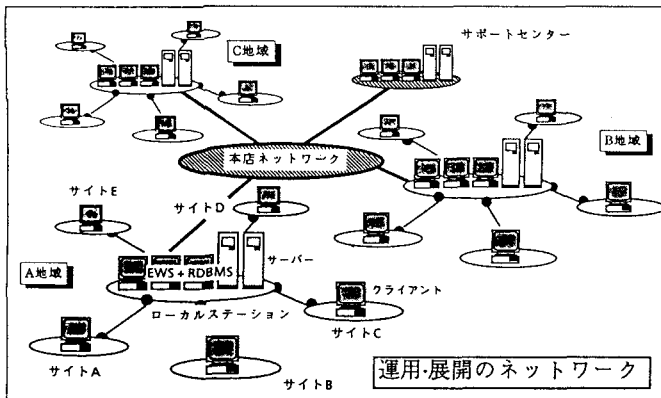


図-9 将来における運用・展開のイメージ