

Ⅱ-11 G I S を活用した精密施工支援システムの開発 ー開発コンセプトとシステムの全体構成ー

大前延夫¹ 建山和由² 沖政和³ 須田清隆⁴ 黒台昌弘⁵
Nobuo Omae Kazuyoshi Tateyama Masakazu Oki Kiyotaka Suda Masahiro Kurodai

【抄録】筆者らは、大規模土工事を対象として、既存の情報化施工技術ばかりでなく、それらを有機的に結合させた3次元GISをベースにした「精密施工支援システム」を開発した。これは、施工に関連する情報をリアルタイムに収集・管理し、その情報を目的に応じて迅速に加工すると共に、その加工された情報を判断して現場技術者が現場運営に対しての意志決定をし、工事を効率的に進めるといった施工法（精密施工）の実施を支援するシステムである。本論では、「精密施工支援システム」の開発コンセプト、情報管理の基本単位である「情報ユニット」の考え方、システムの全体構成について報告する。

キーワード：GIS 精密施工 情報ユニット 3次元化 情報化施工

1. はじめに

昨今のIT機器の普及により、施工や施工管理の効率化を目的とした工事現場のIT化が進んでいる。しかし、現実には、様々な施工情報が数多く収集されているにもかかわらず、現場技術者は必要な情報を取捨選択しきれない現象が表われてきている。

筆者の一人である建山は、生育管理や施肥管理を面的にしかも綿密に行う精密農法¹⁾にヒントを得て、「精密施工」なる新しい施工法を提唱している²⁾。これは、様々な情報化システムを有機的に結合させて、施工及び施工管理に関する種々の施工情報を効果的に収集・把握・分析すると同時に、その結果を施工に迅速にフィードバックさせることにより建設工事のプロセス全体の最適化を図ろうとする技術概念である。

また、この施工法では、経済性やエネルギー、安全、工程、労務等の工事の様々な要因を入力関数とすることにより、その要因に合致した効率的な施工法を組み立てることが可能となる。例えば、経済性を入力関数とすればコスト低減に対する最適化が、あるいは、消費エネルギーを考えれば環境負荷低減に対する施工の最適化が可能となる。

本論では、この精密施工の概念を、実際の建設工事を対象としてシステム化した事例を報告する。

2. システム開発の概要

(1) 現場概要

システム開発の対象となった現場は、主に関西国際空港建設用の採土を行っている現場であり、図-1に示すように地山の掘削、積込、運搬、破碎、栈橋での船積という一連の作業を連続的に行っている。

この現場は、土砂・軟岩・硬岩で構成される開発面積約150ha(採土量7000万m³)の広大な敷地を持ち、現在第2期工事の埋立てに向けて採土の最盛期を迎えている。土砂出荷に対する課題としては、所定土量の安定出荷及び均一な品質確保が挙げられており、土砂・軟岩・硬岩毎の残土量を的確に把握しながら採土するとともに、それらを適度な割合に配合した上で出荷する必要があるため、採土・運搬能力や岩破碎能力といった施工機械・設備の稼働限界値を考慮した施工及び施工計画が重要である。



図-1 採土現場の作業概要³⁾

¹正会員 ハザマ大阪支店 omae@hazama.co.jp

²正会員 工博 京都大学大学院工学研究科
tateyama@kiban.kuciv.kyoto-u.ac.jp

³正会員 ハザマ淡路島出張所 oki@hazama.co.jp

⁴正会員 (株)ジオスケープ suda@geoscape.co.jp

⁵正会員 博(工) (株)ジオスケープ
kurodai@geoscape.co.jp

(2) システム開発のコンセプト

採土から運搬、船積までの一連の工程の中で、いずれかの工程で作業遅延が生じると、すべての工程に影響を与え、予定されている土砂の出荷停止を余儀なくされる。このことをシステム開発側から見直してみると、予定される出荷量や重機・設備の作業能力等の制約条件の下で、様々な施工情報に基づいて、工程毎あるいは工程間における作業能力と作業時間に関する最適化問題を解決することに帰着される。

以上のことから、システム開発にあたっては、建設工事の各工程において極力情報化を推進し、現場管理における技術者の意志決定を効果的に支援できるような以下の機能を具備することを主たるコンセプトとした。図-2にこのコンセプトを模式化したものを示す。

機能1) マッピング機能を有し、採土地の地質構造や重機の稼働実績を3次元GIS上で展開できる機能（データベース機能）

機能2) ネットワーク利用による施工情報のリアルタイム更新が可能な情報管理システム（ネットワーク機能）

機能3) 施工過程で刻々と変化する現場の状況にリアルタイムで対応できる技術者支援機能（施工技術者の意思決定支援機能）

なお、本システムは、施工の効率的な推進のために技術者の判断を「支援する機能」を有するシステムであって、例えば、自動的に施工指示内容を分析して、それを発信するような人工知能型システムではないことも特徴の1つである。

(3) 施工情報管理の考え方

精密施工を実現するためには、施工情報の収集・共有・管理・分析・フィードバックが効果的に行える仕組みが必要である。そこで、本システムでは、まず、全ての工程で共有できる情報管理媒体として、図-3のように10m立方のサイコロ型の情報ユニットを設定した。次に、このユニットに施工情報を工程毎に記録し、全工程に関する施工情報を、位置情報を拠り所にして、図-4のようにGIS上で管理する方式を採用した。このことは、情報収集という最上流の工程から、技術者の意志決定支援といった最下流の工程までを、このユニットが連続的にネットワーク上を流れ下りて行くことを想像すると考えやすい。この考え方には、各工程で取得できる施工情報が明確になることやそのデータの記録過程が施工の工程に対応しているため、

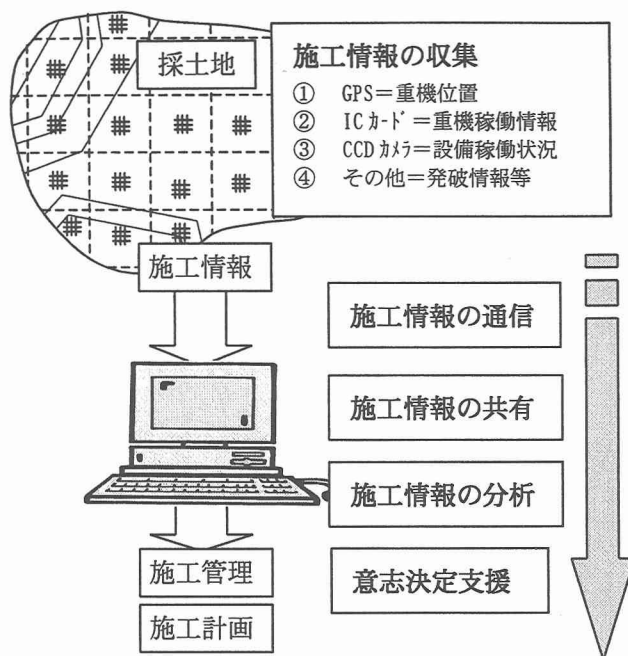


図-2 システムの全体像

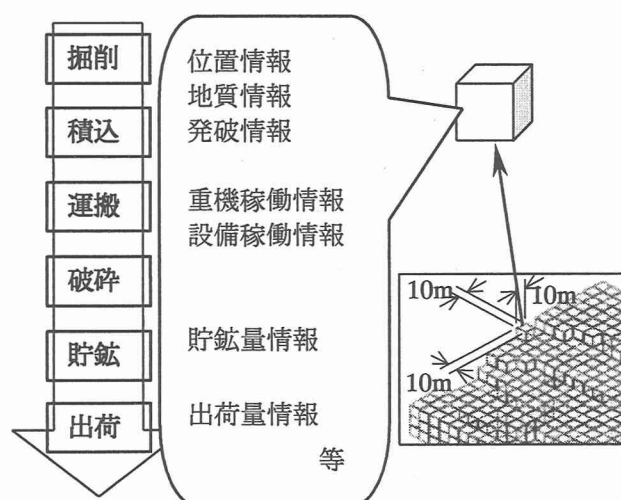


図-3 情報ユニットの概念と内部情報

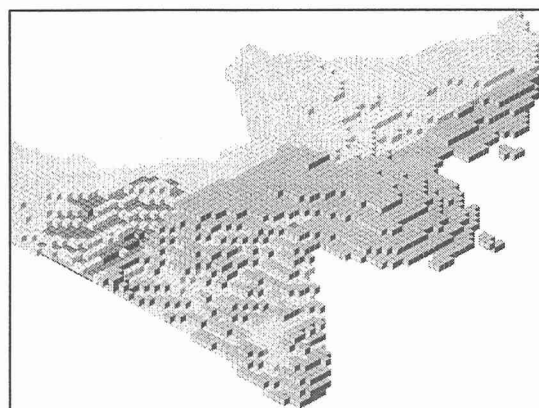


図-4 3次元GISを用いた施工情報管理

現場技術者にとって情報発信源の特定が容易になるといったメリットがある。

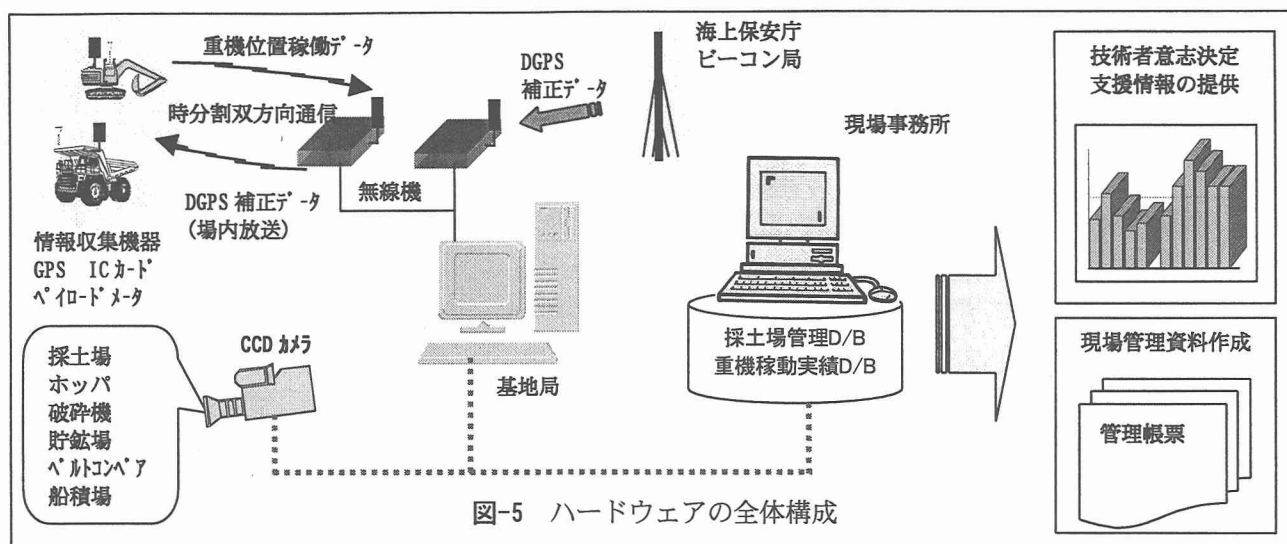


図-5 ハードウェアの全体構成

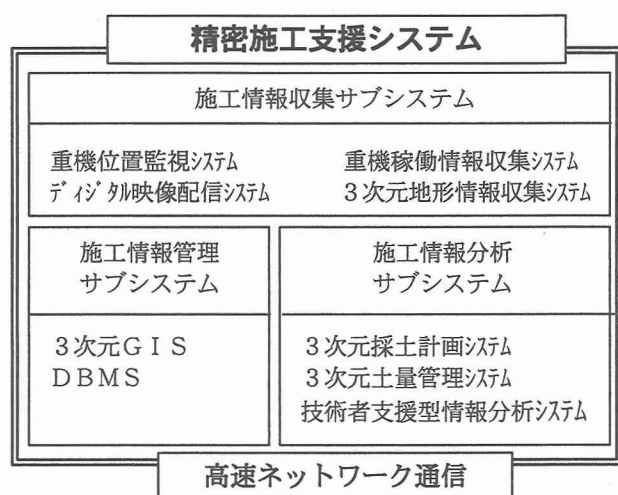


図-6 ソフトウェアの全体構成

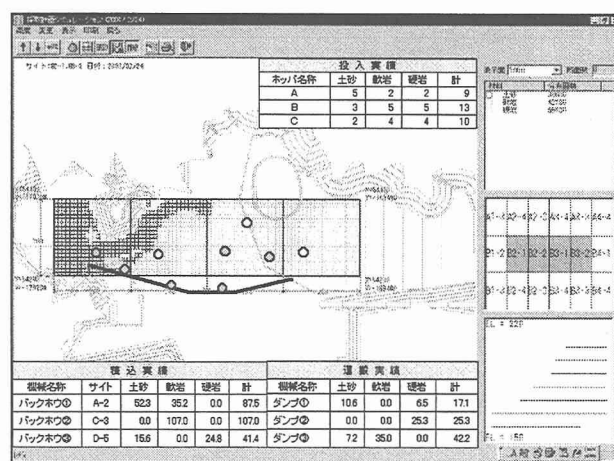


図-7 土砂生産量監視画面

3. 精密施工支援システム

(1) システムの全体構成

精密施工支援システムのうち、ハードウェアの構成を図-5に示す。本システム開発の対象現場である採土工事以外へのシステム展開を考慮して、汎用電子機器の利用に努めている。施工重機には、位置計測のためのGPS、積載情報を取得するペイロードメータ、これらの情報を通信する無線装置、重機稼働内容を記録するICカード等が搭載されている。また、約3km離れた採土場と現場事務所間は高速大容量通信を可能とする光ファイバー網で接続し、採土場内での情報通信には、スペクトラム拡散機能及び時分割制御機能を有する双方向無線通信システムを採用している。

このようにして取得された施工情報は、現場事務所に設置されたメインサーバーに一旦蓄積され、現場技術者の意思決定支援のための情報に加工されるとともに、施工管理に必要なデータはディスプレイ上にリアル

タイムで表示される。同時に、取得した情報は日常の施工管理のための帳票類に加工したり、将来の施工計画立案のための基礎データとしても利用される。

次に、ソフトウェア部分の全体構成は、図-6の通りである。前述した3つの機能を満足するために、施工情報収集サブシステム、施工情報管理サブシステム、施工情報分析サブシステムの3つのサブシステムが整備されている。各々のサブシステムを構成する個別のシステムについては、図に示す通りである。これらの内、主要なシステムについて次項に示す。

(2) 施工情報収集サブシステム

重機位置や運搬土量実績、機械稼働状況の映像等を現場技術者にリアルタイムで提供するためのシステムである。ここで得られたデータは、ネットワークを介して、現場事務所に設置した監視用コンピュータに、図-7に示すような「土砂生産量監視画面」として、リアルタイムに表示される。

(3) 施工情報管理サブシステム

本サブシステムは、情報ユニットに格納された施工情報の管理機能を具備している。図-3 に示したように、地山の特性・形状に関する情報に加えて、施工機械の稼働に関わる情報についても管理の対象としている。また、発破作業に関するデータも地山特性を示しているものであり、穿孔深さや穿孔間隔、装薬量等のデータも情報ユニットに記録し、事後の地山評価に用いている。

このようにして記録した情報は空間的な位置情報を有しているため、3次元GISを用いることにより効率的に管理することができる。さらに、位置情報を介して、登録された全ての情報が有機的に結合されていることから、様々な情報分析が容易である。

なお、本サブシステムは、データベース機能については汎用ソフトを利用し、GIS及び相互のリンク部分については専用のプログラムを開発した。

(4) 施工情報分析サブシステム

－技術者支援型情報分析システム－

これまでの情報化施工技術では、施工に関わる情報の収集・管理技術の開発に主眼がおかれていたが、本サブシステムでは、このような機能に加えて、施工情報をリアルタイムに分析する機能を付加した。

すなわち、収集されたデータを加工して施工ロスに直結する要因分析を行うための情報を提供する機能であり、情報ユニットに記録された施工情報を通じて、どの生産工程に問題があるのかを迅速に解明することが可能である。

一例として、図-8 に時間あたりホッパ投入量の経時グラフを、図-9 に運搬機械のサイクルタイムに関する経時グラフを示す。これらのグラフを提示することにより、施工ロスにつながる重機土工の作業性の悪化が即時に把握でき、機械配置や採土位置の変更といった是正措置を迅速に指示することが可能となる。さらに、材料別の採土量やホッパ投入量等の分析も可能であり、情報化技術の効果的な組み合わせにより、より緻密な施工を実現することができる。

すなわち、リアルタイムで精密に施工情報を収集し、情報ユニットと称する情報伝達記録媒体を介して、工程の上下流を自由に探索することによって、施工の精密化を図ることが可能であるといえる。

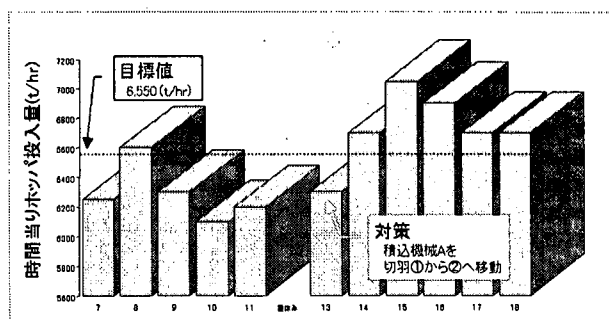


図-8 時間あたりホッパ投入量の経時グラフ

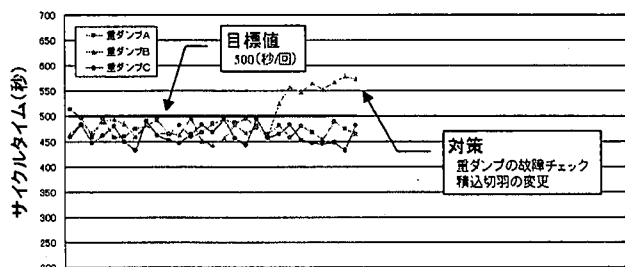


図-9 運搬機械のサイクルタイム

4. おわりに

本論では、「精密施工」という施工法を支援するシステムとして、精密施工支援システムの内容について解説すると共に、GISを用いて工事を管理する手法について述べた。具体的には、「情報ユニット」という情報媒体を介して、個別に展開されていたすべての情報化施工技術に関連性を持たせた上で、これらを有機的に結合させることにより1つの統合化システムとして実用化している。これまで、GISは行政データの管理等、都市計画や維持管理の分野で主に活用されてきたツールであるが、本稿で示したように、建設工事の施工管理においても十分利用が可能なものであり、ここで示した内容は先駆的な例でもある。

また、建設工事に関わる情報を精密に収集管理し、目的に応じたデータ分析を迅速に行い、それを施工にすぐさまフィードバックさせるというワークフローは、まさしく、建設CALSの目的に合致するものであり、ここで示した「精密施工」の概念が新しい時代の施工法として確立されていくことを期待したい。

参考文献

- 1) 澁澤栄：精密ほ場管理とテラメカニックス，テラメカニックス第18号，pp.107-112，1998.5
- 2) 建山：ITと建設施工－Precision Constructionの試み－，建設の機械化，pp.3-7，2002.3
- 3) 大前ほか：現場内ネットワークを用いた大規模重機土工の施工管理，建設の機械化，pp.23-28，2000.12