

特集 IT と建設の機械化

大量土岩工事における統合管理
システムを用いた施工管理

— 関空 2 期工事 加太土取り事業 —

吉田 功・藤田 眞司

和歌山市の加太^{かた}土砂採取事業は関西国際空港 2 期工事に必要な埋立て用土砂、2 億 5 千万 m^3 のうち 3 分の 1 にあたる 8 千 5 百万 m^3 を約 5 年間で供給する事業で、和歌山市加太地区から土砂を採取して、大川港にある積出し棧橋まで搬送し、船積みするものである。当事業所では事業面積の広さ、重機・設備の規模と台数は通常の現場と比べて数十倍の規模となり、このような急速大量土岩工事を施工するにあたり、山側から海側に至るまで設備、重機、作業員等を効率よく統括的に一元管理し、大命題となる土砂の安定供給を図るため、統合管理システムを構築した。

キーワード：土工，土岩工事，重機土工，破碎搬送設備，重機稼働管理，IT

1. はじめに

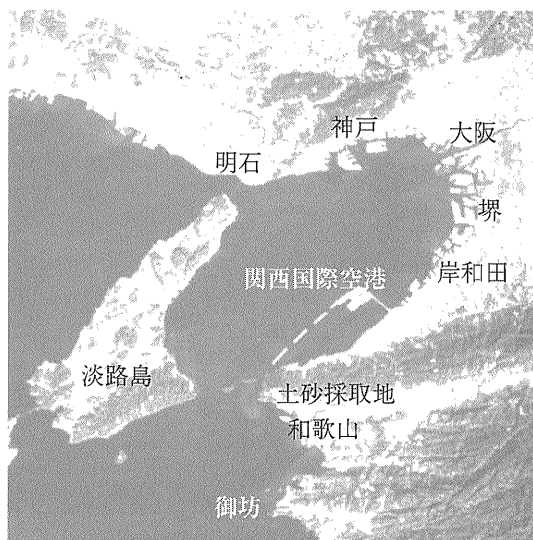
関西国際空港に 2 本目の滑走路をつくる 2 期事業が、2007 年の供用開始を目指して進められている。

青木建設・鹿島建設共同企業体による事業所では、その関西国際空港 2 期事業の埋立て用土砂、2 億 5 千万 m^3 のうち 3 分の 1 にあたる 8 千 5 百万 m^3 の土砂を日当り 7~8 万 m^3 、月当り 170~200 万 m^3 、年間最大 2,000 万 m^3 のペースで和歌山市加太地区より供給している（写真—1 参照）。

現在、写真—2 の加太土砂採取事業は、2004 年度土砂採取完了に向けて大型重機土工、岩石破碎、搬送工事の最盛期にあり、本報文ではその施工管理における IT を用いた統合管理システムについて報告する。

2. 工事概要

加太^{かた}土砂採取事業は、和歌山県北部から大阪府



写真—1 加太土砂採取地

南部にかかる和泉山脈の西端に位置し、関西国際空港より直線で約 20 km 離れた和歌山県和歌山市加太・深山地区の丘陵地で土砂採取事業を展開しており、土砂採取後の跡地は、造成森林として植樹し自然の復元に努める計画である（写真—3



写真-2 加太土砂採取事業全景写真



写真-3 2001年9月現在の土砂採取状況

参照)。

地質は白亜紀の和泉層群に属し、良質な砂岩、頁岩の互層を成している。

- ・事業面積：186 ha (採土面積：140 ha)
- ・採土量：85,000,000 m³ (ほぐし土量)
- ・事業期間：2000年3月～2007年3月

(採土工事 2000年12月～2005年8月)

土砂採取方法は、ベンチカット工法(発破併用)を主体とし、表-1に示す大型重機によりショベル・ダンプ工法にて土岩を投入口へ投入し、超大型破碎機破碎(ジャイレトリクラッシャ3基、破碎能力15,000 t/hr)により岩石を破碎し、トンネル内のベルトコンベヤ(延長約3,600 m)により搬出し積出し栈橋にてバージ船に土砂を積込むものである(写真-4)。

表-1 主要大型重機

機 種	規 格	種 別	台 数
ブルドーザ	100 t級	D 11 R	5 台
	100 t級	D 475 A	3 台
	70 t級	D 10 N	1 台
	32 t級	D 8 N	1 台
	計		10 台
油圧ショベル	20.6 m ³	EX 3600	1 台
	13.0 m ³	PC 1600	3 台
	13.0 m ³	EX 1800	1 台
	11.0 m ³	PC 1600	2 台
	計		7 台
ホイールローダ	13.0 m ³	WA 900	2 台
	13.0 m ³	992 G	1 台
	計		3 台
ダンプトラック	90 t級	777 D	24 台
	90 t級	HD 785-5	14 台
	計		38 台
グ レ ー ダ	ブレード4.9 m	16 H	2 台
油圧クローラドリル	15 t級	HCR 15	2 台
	15 t級	Pantera 1100	2 台
	15 t級	CDH 952 C	1 台
	15 t級	CDH 951	1 台
	15 t級	XL 660	1 台
	計		7 台
	12 t級	HCR 12	2 台
12 t級	Ranger 700	1 台	
計		3 台	

採土工事の進捗率は2001年12月末現在で約22%、1,860万m³を搬出し終えている。

3. システム構築に至った経緯

加太土砂採取事業は、写真-2に示すような広大な事業用地の基に総量8,500万m³の土砂を日当り7～8万m³のペースで、約5年間で搬出するものであり、採土工事に係わる大型重機は最大70台、破碎・搬送設備は総重量約8,500tという超大型工事である。



写真一4 積出橋橋船積み状況

この超大型工事において土砂の安定供給を図るために工事全体を効率的、統一的に管理することが重要である。そのためには、従来のように重機管理、設備管理、通信設備、コンピューター等が独立した形態で存在しては非効率である。本事業では少人数で効果的に事業全体を管理するた

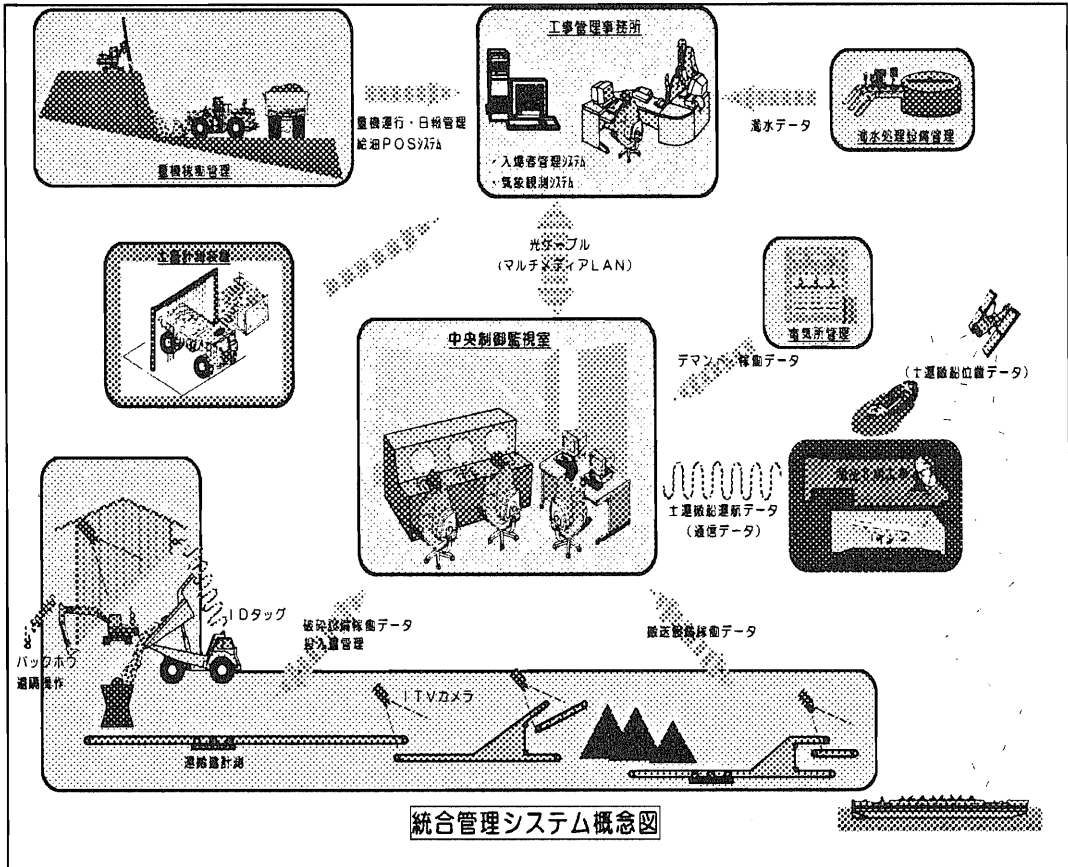
めに土砂採取から土運船の運航までを一元的に管理することが肝要と考えシステムの開発を図った。

開発に当たっては以下の3点を基本とした。

- ① 各機械及び各設備の稼働率の向上を目指す。
- ② 事業管理効率の向上を目指す（管理人員の低減と有効利用）。
- ③ データの即時性と共有化。

4. 統合管理システム

本統合管理システム（Auto Total Operating System；ATOS）は、所内職員の各パソコンからイーサネットを介していつでも各システム情報がアウトプットでき、しかも各機械、機器の稼働・計測状況がリアルタイムで参照できる。またインターネット（メール含む）とも常時接続されており容易に情報交換が出来るようになっている



図一1 統合管理システム概念図

(図—1 参照)。

- この統合管理システムは、
- ① 土砂採取用大型重機の稼働状況を把握するシステム (重機稼働管理システム)、
 - ② 破碎搬送設備を制御・監視するシステム (破碎搬送設備管理システム)、
 - ③ 事業の推進をバックアップするサブシステム (気象観測システム, 作業員管理システム)、
 - ④ 各重機間, 各設備間及び事務所等の通信システム, これら各システムを有機的に一元化するための所内 LAN 基盤設備、

から構成されている。

本論文では、本システムの中核をなす、

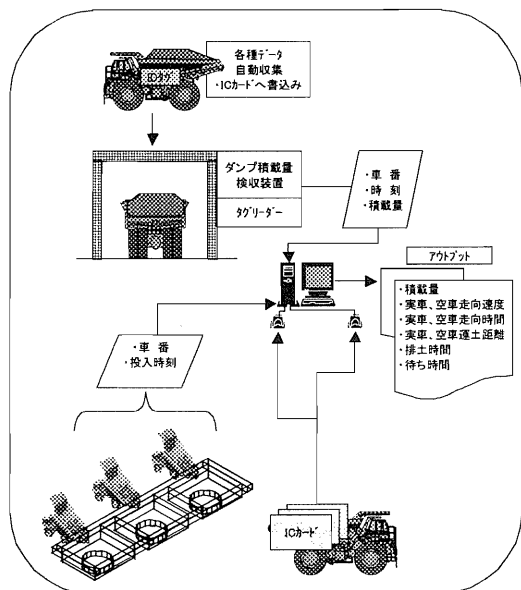
- ① 重機稼働管理システム、
- ② 破碎搬送設備管理システム、

について概要を記す。

(1) 重機稼働管理システム (図—2 参照)

採土工事の施工量管理及び生産性の向上を図るためには、日々重機土工の生産性を把握し、重機の適正配車を行うことが重要である。

重機稼働管理システムは、この適正配車を検討・評価するうえで必要となる重ダンプトラック・積込み機稼働状況を把握・分析するため、重ダンプトラックの施工量 (投入量) と稼働データ

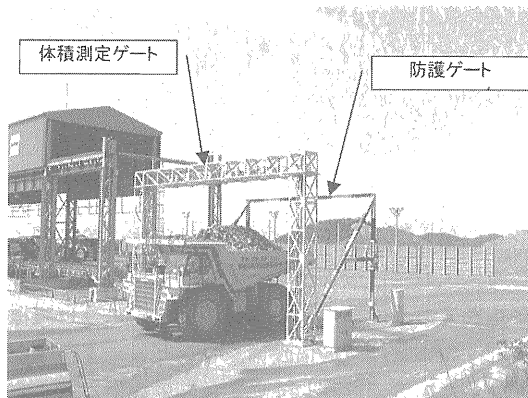


図—2 重機稼働管理システム概念図

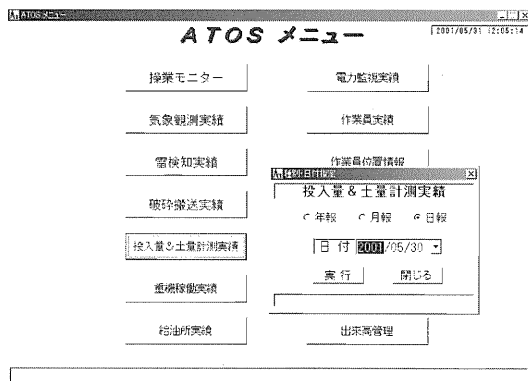
を自動収集・解析するものであり、

- ① 投入量管理システムと、重ダンプトラックの各種稼働データを管理する、
 - ② 重機稼働管理システム、
- の2つのシステムから構成されている。

(a) 投入量管理システム (写真—5, 図—3, 図—4 参照)



写真—5 光波式ダンプトラック積載量計測装置全景



図—3 投入量管理システム操作画面

日付	車番	積載量	...
2001/05/30	01	14	...
2001/05/30	02	18	...
2001/05/30	03	19	...
2001/05/30	04	11	...
2001/05/30	05	11	...
2001/05/30	06	22	...
2001/05/30	07	42	...
2001/05/30	08	24	...
2001/05/30	09	18	...
2001/05/30	10	32	...
2001/05/30	11	48	...
2001/05/30	12	24	...
2001/05/30	13	31	...
2001/05/30	14	32	...
2001/05/30	15	41	...
2001/05/30	16	33	...
2001/05/30	17	33	...
2001/05/30	18	33	...
2001/05/30	19	33	...
2001/05/30	20	33	...
2001/05/30	21	33	...
2001/05/30	22	33	...
2001/05/30	23	33	...
2001/05/30	24	33	...
2001/05/30	25	33	...
2001/05/30	26	33	...
2001/05/30	27	33	...
2001/05/30	28	33	...
2001/05/30	29	33	...
2001/05/30	30	33	...
2001/05/30	31	33	...
2001/05/30	32	33	...
2001/05/30	33	33	...
2001/05/30	34	33	...
2001/05/30	35	33	...
2001/05/30	36	33	...
2001/05/30	37	33	...
2001/05/30	38	33	...
2001/05/30	39	33	...
2001/05/30	40	33	...
2001/05/30	41	33	...
2001/05/30	42	33	...
2001/05/30	43	33	...
2001/05/30	44	33	...
2001/05/30	45	33	...
2001/05/30	46	33	...
2001/05/30	47	33	...
2001/05/30	48	33	...
2001/05/30	49	33	...
2001/05/30	50	33	...
2001/05/30	51	33	...
2001/05/30	52	33	...
2001/05/30	53	33	...
2001/05/30	54	33	...
2001/05/30	55	33	...
2001/05/30	56	33	...
2001/05/30	57	33	...
2001/05/30	58	33	...
2001/05/30	59	33	...
2001/05/30	60	33	...
2001/05/30	61	33	...
2001/05/30	62	33	...
2001/05/30	63	33	...
2001/05/30	64	33	...
2001/05/30	65	33	...
2001/05/30	66	33	...
2001/05/30	67	33	...
2001/05/30	68	33	...
2001/05/30	69	33	...
2001/05/30	70	33	...
2001/05/30	71	33	...
2001/05/30	72	33	...
2001/05/30	73	33	...
2001/05/30	74	33	...
2001/05/30	75	33	...
2001/05/30	76	33	...
2001/05/30	77	33	...
2001/05/30	78	33	...
2001/05/30	79	33	...
2001/05/30	80	33	...
2001/05/30	81	33	...
2001/05/30	82	33	...
2001/05/30	83	33	...
2001/05/30	84	33	...
2001/05/30	85	33	...
2001/05/30	86	33	...
2001/05/30	87	33	...
2001/05/30	88	33	...
2001/05/30	89	33	...
2001/05/30	90	33	...
2001/05/30	91	33	...
2001/05/30	92	33	...
2001/05/30	93	33	...
2001/05/30	94	33	...
2001/05/30	95	33	...
2001/05/30	96	33	...
2001/05/30	97	33	...
2001/05/30	98	33	...
2001/05/30	99	33	...
2001/05/30	100	33	...

図—4 投入量管理システム出力例

このシステムは、ノンプリズム型光波計測装置により、走行中の重ダンプトラックの積載土量(L m³)を停車することなく連続して計測するシステムである(計測時ダンプ走行速度は30 km/hr以下)。

また個々の重ダンプを識別するために、各重ダンプトラックにIDタグを取付け、タグリーダ(マイクロ波)により各重ダンプトラックを識別している。

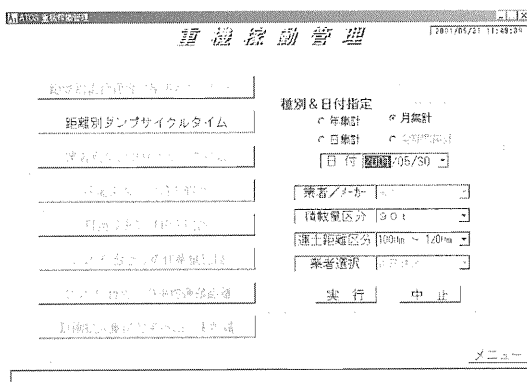
なお、タグリーダは積載土量計測ゲート部及び投入口排土部に取付けており、この投入量管理システムにより、各重ダンプトラック1台ごとの投入口へのダンプアップ土量、投入回数、稼働時間等のデータを即座に得ることができ、日々採土工事の生産性を把握することができる。

(b) 重機稼働管理システム(写真—6、図—5参照)

重機稼働管理システムは、重ダンプトラックに



写真—6 ICカードシステム(左:コマツ, 右:CAT)



図—5 重機稼働管理システム操作画面

搭載しているダンプペイロードシステムで得られるダンプトラックの基本稼働データ(積載トン数、走行距離データ、時間データ、他)をICカードに書き込み、カードリーダを用い、パソコンに基本データをダウンロードして、集計・解析プログラムを介して重ダンプトラックの稼働状況を自動解析するものである。

なお、上記ペイロードシステム自体は、重機メーカーの既存システムであるが、従来はノートパソコンを用い、各重ダンプトラックの運転席にてケーブル接続し、データを取得するものであり、非常に手間がかかる。

そこで当事業所では、重機稼働管理システムを構築するにあたり、最盛期約40台の重ダンプトラックが稼働する状況の中で、データ取得方法の簡素化を目指し、コマツ及び新キャタピラー三菱の2社にデータ取得方法としてICカード化を提案し、両社の協力を得、実現化して頂いた。これにより約40台分の重ダンプトラック稼働データを、専用パソコン2台を用い、約10分程度でパソコンに取込むことが可能となった。

重機稼働管理システムでは前述のダンプトラックデータ解析により、

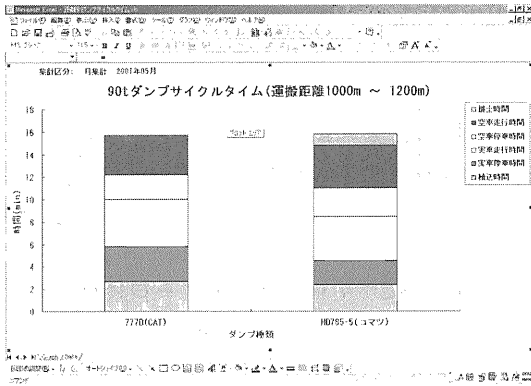
1. 運搬距離別走行速度,
2. 運搬距離別ダンプサイクルタイム,
3. ダンプ待ち時間,
4. 日当りダンプ投入回数,
5. 所属別ダンプ作業量比較,
6. ダンプ1台当りの平均運搬距離,
7. 投入量出来高管理,

の7項目を出力することができ、採土工事の施工量管理及び生産性向上を図るための重機適正配車計画を検討する際、有効なデータを取得することが可能となった。

図—6以下に、重機稼働管理システムの出力例の一部を示す。

(2) 破碎搬送設備管理システム

土砂採取工事の生命線となる破碎搬送設備は15,000 t/hrの能力を有しており、設備の稼働状況をリアルタイムに把握し、投入口から船積み設備まで一元管理するため破碎搬送設備管理システムを構築している。本システムは、



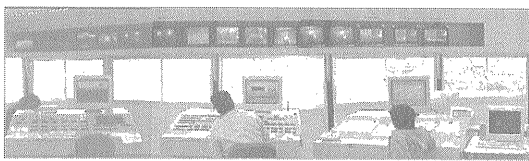
図—6 機種別ダンプサイクルタイム

- ① 中央制御監視システム,
- ② データベースシステム,
- ③ 土運船運航管理システム,
- ④ 電気所管理システム

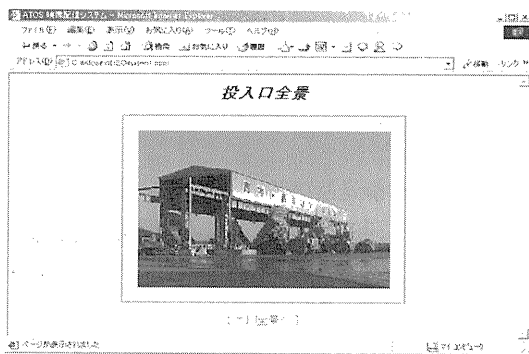
の4つのシステムから構成されている。
以下にこれらシステムの概要を記す。

(a) 中央制御監視システム

写真—7に示す中央制御監視システムは、破碎搬送設備を1箇所(中央制御室)で集中的に制御・監視し、設備を運転するうえで要となるシステムであり、制御・監視を支援するため、ITVを各所に配置し、設備の稼働状況をリアルタイムで目視出来るようにしており、ITV画像の一部(投入口全景及び船積み状況; 図—7参照)は各人のパソコンにも配信している。



写真—7 中央制御室

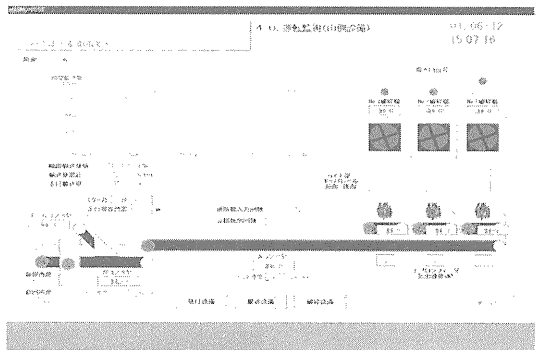


図—7 ITV 配信画像

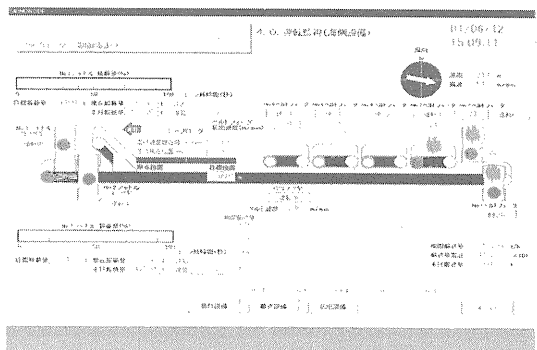
本システムにより、破碎机、ベルトコンベヤ、スタッカ、シップローダ等全設備の運転制御、稼働状況監視を行っている。

(b) データベースシステム

データベースシステムは、中央制御監視システムの各データを蓄積し、さらに山側設備(投入口～ストックパイル; 図—8参照)及び海側設備(ストックパイル～シップローダ; 図—9参照)の土砂搬送量を事業所、事務所の各パソコンにリアルタイムで配信するシステムである。



図—8 山側設備監視モニタ画面



図—9 海側設備監視モニタ画面

(c) 土運船運航管理システム (図—10参照)

土運船運行管理システムは、土砂船積み作業において重要となる土運船の運航状況(位置、方位、速度、予想到着時刻等)、海象等の情報を、GPSを利用してパソコン画面上において、リアルタイムで把握できるシステムであり、土運船管理を行ううえで有効なシステムである(なお、本システムは、関西国際空港用地造成株式会社、関西国際空港株式会社、古野電気株式会社の3社が関西国際空港2期用地造成工事向けに共同開発したシステムである)。

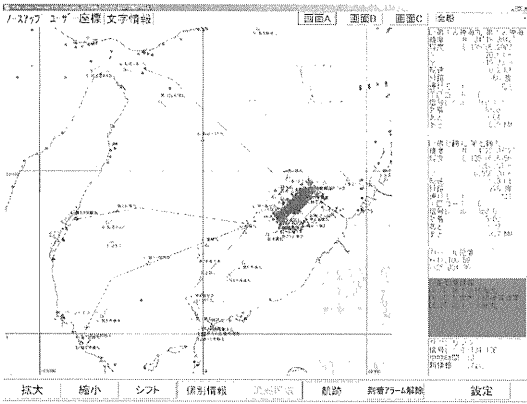


図-10 土運船運航管理システム

(d) 電気所管理システム

受電変電所の送電状況（電流，電圧，デマンド等）をリアルタイムでデータ配信，蓄積するシステムである。

以上，代表的なシステムの概要について述べてきたが，これらすべてのシステムは所内 LAN 基盤設備により，各システムから得られるリアルタイムなデータを統合管理することが可能となっている。

これまで述べてきたように本システムから得ら

れるデータは事業所職員のパソコンで閲覧することができ，特に操業モニタ画面（図-11 参照）により土砂採取工事（山側土砂投入～船積み）の進捗状況に関する代表的なデータをリアルタイムで監視できる。

5. おわりに

和歌山市の加太土砂採取事業における大型重機土工，岩石破碎・搬送工事の施工管理における IT を用いた統合管理システムの概要について述べてきた。

このシステムを構築したことにより，大量土工事を効率のかつ総合的に管理することが可能となり，同時に管理工数の省力化も図れ，さらに各種貴重なデータを日々蓄積している。

当事業所における土砂搬出工事の進捗率は，2001年12月末時点において，まだ22%であるが，今後も本システムを最大限に活用し，トータルボリューム 8,500 万 m³ の土砂安定供給を図っていきたく考えている。

J C M A

【筆者紹介】

吉田 功（よしだ いさお）

株式会社青木建設
大阪本店土木部
青木建設・鹿島建設共同企業体
加太事業所
工事主任



藤田 眞司（ふじた しんじ）

株式会社青木建設
大阪本店土木部
青木建設・鹿島建設共同企業体
加太事業所
機電主任

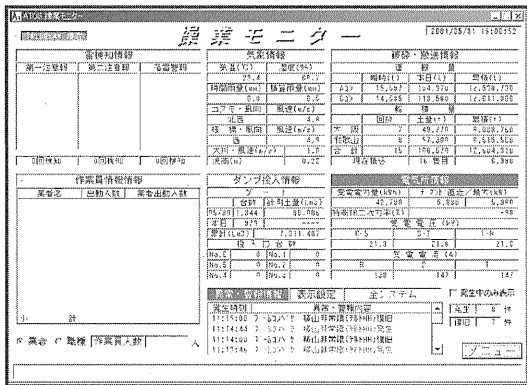


図-11 工事進捗状況監視画面