

土工統合管理システムの開発と実証実験

Development and Pilot Trial for Integrated Earthwork Management System

飯塚 元輔* 緒方 正剛**
Motosuke Iiduka Seigo Ogata
吉田 貴***
Takashi Yoshida

要 約

大規模土取工事にあたっては、全工期無災害の実現のための安全管理、品質の確保やコスト縮減のための土工管理の在り方が問われることとなる。これらを解決するために情報技術（IT）を活用した総合的な土工管理システムである土工統合管理システムの開発を試み、感田東土地地区画整理事業において適用、システムの実用化を目指した。

本システムの内、今回導入したのは、次の二つのサブシステムから構成されている。①GPSと3次元CADを連携した出来形管理システム、②GPSとPDAを用いた危険箇所警報装置によるダンプ管理システムと3次元CADを利用した安全管理および出来高管理システムの二つである。本稿では、この二つのサブシステムの概要を述べるとともに本工事における適用例を紹介し、考察を加えるものである。

目 次

- § 1. はじめに
- § 2. 工事概要
- § 3. GPS測量と3次元CADを連携した土工管理の構築
- § 4. GPSとPDAを用いたダンプ運行管理と出来高管理
- § 5. おわりに

§ 1. はじめに

福岡県直方市における本造成工事においては、約5年間の工期で約1,100,000m³の搬出土量が発生し、施工範囲が約350,000m²と広範囲に渡る。そのため、品質の確保やコスト縮減のための土工管理の在り方が極めて重要となる。この解決にあたり情報技術（IT）を活用した土工管理システムの開発を試みた。GPS測量と3次元CADを連携することで、迅速かつ容易な出来高管理が可能となる。

また、2年半に渡り10tダンプトラックが延べ200,000台稼働する。そのため、ダンプの運行管理を効率的に行うことが安全管理、出来高管理上、重要な要素となる。本工事では従来、ICカードを利用して行っていた土量

管理機能に加え、GPSとPDAを利用し、運行中の安全運転促進のための機能を付加した新システムの開発を試みた。

本稿では、これらのシステムの概要を述べるとともに本工事における適用例を紹介し、考察を加える。

§ 2. 工事概要

工 事 名：感田東土地地区画整理事業

発 注 者：感田東土地地区画整理組合

施 工 者：西松建設(株)

工 期：自)平成14年2月21日

至)平成19年3月31日

工事場所：直方市感田地内

工事内容：

開発面積	349,000m ²
防 災 工 (仮設沈砂)	一式
(暗渠排水管)	1,500m
整 地 工 (伐採)	292,000m ²
(切土)	1,550,000m ³
(盛土)	292,000m ³
(残土搬出)	1,029,000m ³
擁 壁 工 (コンクリート擁壁)	4,900m
(ブロック積)	5,800m ²
道 路 工 (都市計画道)	1,700m
(区画道路)	5,200m

* 九州（支）月隈（出）

** 九州（支）感田（出）

*** 機材部機電課

§ 3. GPS 測量と 3 次元 CAD を連携した土工管理の構築

3-1 システムの概要

本システムは、GPS 測量で得られた実測データを 3 次元 CAD で取り込み、出来形、出来高管理に適用し、従来手法に比べて、より正確な品質管理手法を確立したものである。本システムでは次の特徴を有する。

- ・GPS 測量により測量時間を大幅に短縮する。
- ・測量で取得した 3 次元データを後の工程で活用する。
- ・市販ソフトの組み合わせのため汎用性が高い。
- ・短時間で緻密な品質管理を実施できる。

以下、システムの具体的内容及び適用結果について説明する。

3-2 システム構成

本システムは、施工ヤードで実施する GPS 測量と現場事務所において測量の実測データを 3 次元 CAD で処理を行うフローで進められる。

GPS 測量は、現場内の既知点にアンテナや受信機を設置する基地局と、そこからの情報及び GPS 衛星からの信号を受信しながら実際測量を行う移動局からなる。移動局はアンテナ、受信機及び測量結果の記録媒体（パソコンコンピュータや PDA）で構成される。

現場事務所では、測量から得られるデータと 3 次元 CAD との連携を、一般的な表計算ソフトであるマイクロソフト社のエクセルを介することで実施し、3 次元 CAD にて横断面図、平面図の作製や土量を算出する。本システムでは、GPS 測量のソフトはアカサカテック社の GP メイト、3 次元 CAD は、オートデスク社の AutoCAD Land Desktop 3 と、いずれも市販のソフトを使用した。図-1 に、本システムのフローを示す。

3-3 GPS 測量による 3 次元データの取得

施工ヤードにおける GPS 測量は、測位方式によりいくつかに分れる。本システムでは、誤差要因が少なく、かつ測定方法の容易さからリアルタイムキネマティック（RTK）方式を採用した。これは、2 台以上の受信機を用いて、衛星から送信される位置や時刻情報を 4 機以上の衛星から観測するものである。そのため、各種の誤差要因が他の方式に比べ少なくなり、数 cm の誤差で位置を決定することができる。測量時に x, y の位置情報に加え、地盤高 z を表示でき、そこで得られた結果を電子データとして出力も可能である。通常の光波やレベルを用いた測量方法が、最低 2 人を必要とするのに対し、1 人で十分実施可能で、人員の技量や経験などに測定結果が左右されないという特徴を有する。（写真-1 GPS 測量状況）

1 測点あたりの測量時間は 2 秒程度であり、1 回で数

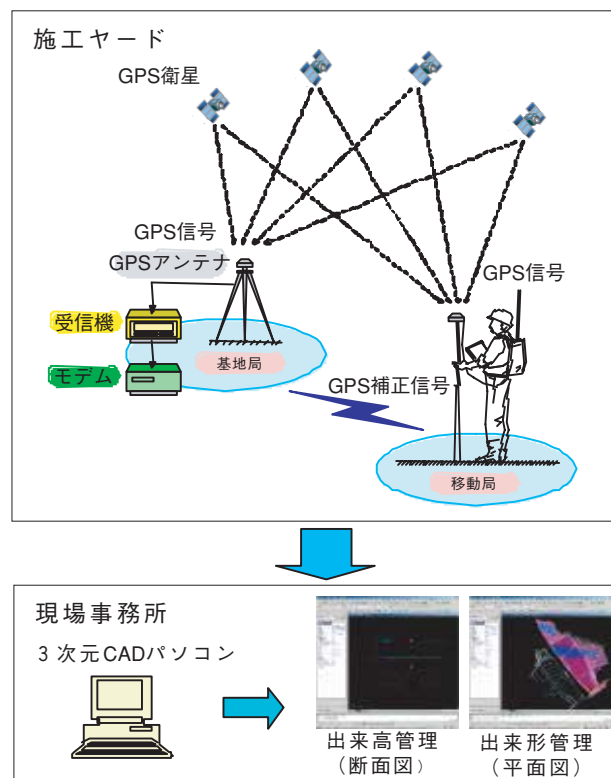


図-1 システムフロー

表-1 出来高管理：数量集計表

平成15年度 土工管理（出来高） 数量集計表										西松建設(株)九州支店 豊田出張所	
日付	3次元CAD算出土量				ダンプ搬出土量				係数別搬出土量		備考
	一工区	南公園	ダンプ車両	台	日計	月計	累計	ダンプ台数累計	ダンプ台数累計	搬出土量累計	
先月まで	400418	134203	266216	265539	669	5489	6610	56410	291926	282050	310255
4.1											雨天中止
4.2	432945	159716	273229	276978	40	40	5529	434	56844	294096	312642
4.3					41	81	5570	883	57293	296341	315112
4.4											雨天中止
4.5											雨天中止
4.6											全体日
4.7					41	122	5611	1307	57717	298461	317444
4.8											雨天中止
4.9					40	162	5651	1701	58111	300431	319611



写真-1 GPS 測量状況

百点の測量を行うことができる。また、測量値の整合性がすぐに判断可能であり、測量結果も電子データとして保存されるため、野帳への記入ミスや計算ミスなどの人的ミスを防止でき、全体としても作業の均一化、効率化を図ることができる。

3-4 3次元CADによるデータの処理

昨今、建設CALS/ECに代表されるように建設業界の情報化が進んでおり、併せて、国土交通省も3次元CADデータの標準化を行っている。これまで必要とされていた2次元の図面データも3次元のものが要求されることになり、施工毎に作成するのではなく全プロセス間にわたる利用が前提となる。

本システムは、GPS測量と3次元CADの連携を図ることで、出来高管理および出来形管理を迅速かつスムーズに、そしてビジュアルに行うことが目的である。ここで扱う図面は、GPS測量より得られた実測のデータに基づいて作成され、図面内にある各オブジェクトはx, y, zの座標値を持っている。そのため、図面から土工数量を拾うことで、出来高管理ができる。また、図面の3次元化により出来形管理、さらには構造物の比較検討、景観シミュレーションも可能である。

現場事務所において、GPS測量により得られたデータを3次元CADに取り込み、地形モデルを作成する。求めたい範囲を指定すれば、容易に土量が算出できる。また、算出方法もメッシュ法と断面法があり、必要に応じた使い分けが可能であり、短時間で土量を求めることができる。土量算出（出来高管理）に加え、断面図や平面図の出力、3次元での現況の出来形管理が表現でき、現場の状況や工事の進捗を効率的に把握、管理することが可能となる。

3-5 造成工事での適用

従来、ダンプトラックによる土運搬を行う場合、その運搬台数によって土工管理を行ってきた。土量を管理する方法としては、ICカードによりダンプの運搬回数をカウントし、それに係数を掛けることで土工数量を算出する『Mr.マンボ』と言う既存のシステムもある。しかし、場内のすべての土工と連動しているわけではなく、ダンプ運搬したものだけを管理しているため、場内の切盛土量については管理が困難である。

これに対し本システムでは、決められた日毎にGPS測量を土取場と土捨場の双方で実施する。土取場においては、土工が行われた箇所が測量の対象範囲となる。そのため、搬出土量のみだけでなく、場内での切盛土量の管理も可能となる。土捨場においては、施工ヤードが土取場に比べ狭いため、より正確な数値が得やすく、土取場より搬入された土量の管理が可能である。

実際の測量では、のちに3次元化することを念頭に置きながら、施工した箇所の法尻/法肩の変化点を順に結



写真-2 基地局設置状況

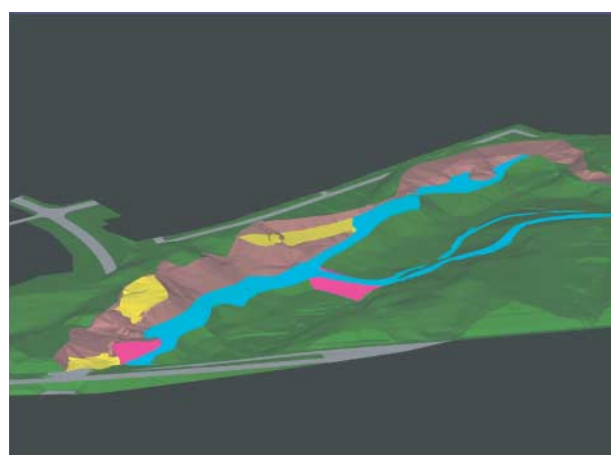


図-2 平成14年9月度 鳥瞰図

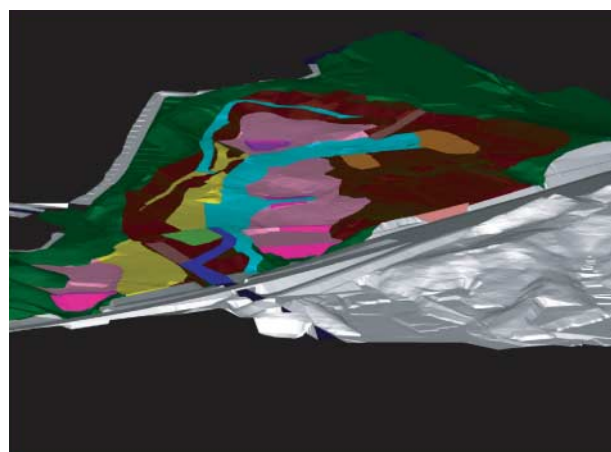


図-3 平成15年3月度 鳥瞰図

んで計測する。測量データは3次元データとしてPDAなどに記録されるため、野帳に書き写す必要がなくデータの記入ミスも起こらない。測量の所要時間は、土取場で約4時間、土捨場で約2時間程である。

3次元CADで行うそのデータ処理については、それぞれの対象場所で各々1, 2時間が目安である。本事例

では、平成 14 年 7 月 23 日から平成 16 年 1 月現在まで実証実験を行っている。本現場での適用が初めてであることから、従来の手法と併用して土工管理を行っている（表－1）。本システムで算出する土量は、土取場の数量（搬出土量）と土捨場の数量（搬入土量）が、ほぼ同様の値となる。また、土捨場での数量に転圧分を考慮して、ある係数を掛けると従来の手法とほぼ同様の値が得られる。出来形管理（図－2～図－6）においても、切土部、盛土部、仮設道路など色分けすることで視覚的に施工場所、進捗状況が把握出来る形で出力をしており、理事会や定例報告会など、対象者が技術者でない場合に効果が高く、図面だけの説明よりもわかりやすいとの評価を得ている。

3－6 課題及び将来展望

GPS 測量から 3 次元 CAD による土量の算出まで、ほぼ問題なく行える。一方で GPS 測量の進め方や仮切盛土量の管理の仕方など管理面に関しての検討課題はある。しかし、3 次元 CAD は豊富な機能を有しているが、操作に慣れないうちは、測量データを取り込んで、現況地形の図化と施工箇所の土量算出を行うだけでも、十分に利用価値があった。

また、取得した 3 次元データをビジュアル化して住民への説明や日々の打ち合わせに利用することで円滑なコミュニケーションが図れたほか、現況地形データは後工程の設計データや施工計画にも反映できた。

今後、それらの管理面の問題を解決することやノウハウを蓄積することが重要であり、次現場での利用に大きく寄与するものと考ええる。

§ 4. GPS と PDA を用いたダンプ運用管理と出来高管理

4－1 システムの概要

通常、建設工事においては多数の工事用車両が現場の出入りを行う。特にダンプトラックなどにより、残土運搬を伴う場合、現場と土捨場間を運行することになり、一般道での交通事故などが懸念される。

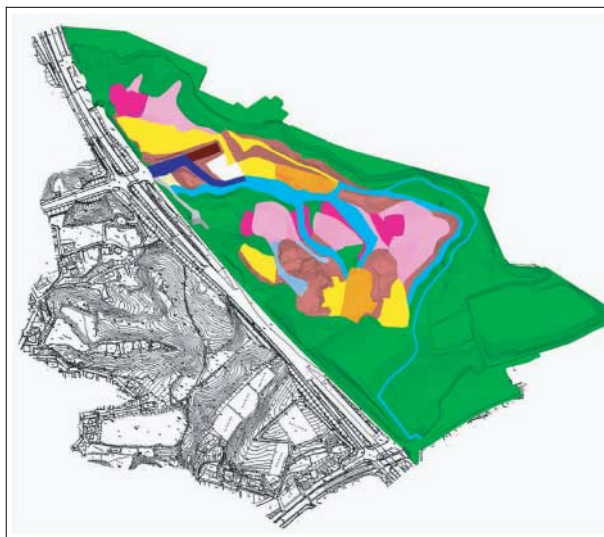
本システムは、PDA と GPS を連携した機器をダンプトラックに搭載することにより、運行上の安全性向上を図り、同時に運行回数を収集して出来高管理を行うものである。本システムは次の特徴を有する。

- ・安全管理と出来高管理の 2 つの機能を併せ持っている。
- ・PDA と GPS カードという安価な機器の組み合わせで構成している。
- ・他現場への適用が容易である。

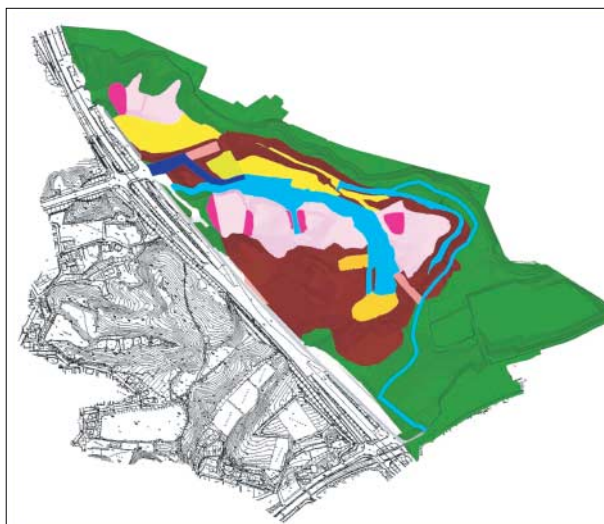
以下、システムの具体的内容及び適用結果について説明する。



図－4 平成 14 年 9 月度 平面図



図－5 平成 14 年 12 月度 平面図



図－6 平成 15 年 3 月度 平面図

4－2 システムの構成

本システムは、①運転手への危険箇所、規制などの情

報伝達，②音声警告による交通事故防止，③各車両の運搬時間，回数の記録，④土運搬台数，運搬土量の算出，⑤各データの出力を目的としている。

システム自体は比較的少ない機器で構成されており，工事用車両の車内の狭いスペースにも容易に設置可能である。危険箇所の設定や，そこで発生させる音声など任意に設定可能であるため，適用現場に応じた使用ができる。本システムの構築に当たっては，主として現場担当者が要件定義を行った。そのため各帳票の出力に関しては，現場担当者の意見が反映されており，現場のニーズに適合したデータだけを出力することができる。表-2に，本システムで出力可能な帳票の一覧を示す。

管理は大きく運搬回数管理と運搬時間管理の二つに分け，数値的に把握でき，なおかつ時間に関しては，視覚的にその流れを把握できるようにグラフ化も行った。(図-7，図-8)

また，運用面に関しては，工事が長期に渡る場合，あるいは同ルートでの運搬になる場合，運転手がマンネリ化してしまう恐れがあり，それに伴って運転手の注意力が散漫になり，ヒューマンエラーによる交通事故の発生が懸念される。つまり，本システムにおいてはマンネリ化防止が重要なキーワードのひとつとなるため，音声は適宜変更可能ようにし，音声だけでなく音楽なども追加できるようにした。

4-3 安全管理機能

安全管理に関しては，運転中にダンプトラックが危険箇所差し掛かった際，音声で注意を促す機能を有する危険箇所音声アナウンスシステムを導入することで交通事故の防止に努めることとした。

4-4 出来高管理機能

従来，ダンプトラックによる場外搬出を行う場合，その運搬台数によって出来高の管理を行ってきた。その管理には，ICカードによりダンプの運搬回数を管理し，それに係数を掛けることで土量管理する『Mr.マンボ』と言う既存のシステムを利用してきた。

ダンプトラックを効率よく管理するためには，安全管理と出来高管理の両方が可能なシステムの構築が必要であり，当現場では「ダンプ運行管理支援システム」と称する新たなシステムを構築した。(写真-3)

本システムでは，ダンプトラックにPDAを搭載し，(写真-4)，危険箇所音声発生し，注意を喚起することで，交通安全に対する意識の向上を図り，また危険箇所の設定の中に土取場および土捨場の出入口を追加し，そこでのダンプ通過時間と位置情報をPDAに記録することで，各車両の運搬の所要時間，回数および土量の算出を可能とした。

本システムは，ダンプトラックと管理用パソコンをPDAで介して，ダンプ運行中に安全管理を実施し，運

表-2 出力帳票一覧

ダンプ運行管理支援システム	
運搬回数管理	運搬時間管理
運搬日報	車両別タイムサイクル表
車両別日報	タイムサイクル日報
運搬集計表	タイムサイクル月報
運搬月報	タイムサイクルグラフ

運搬集計表															2003/12/22 恵田出場所		
No.	車番	氏名	7時	8時	9時	10時	11時	12時	13時	14時	15時	16時	17時	18時	合計	台数	m ³
1	1	0788	小坂哲夫	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	5	5.0
2	2	0797	三保谷俊彦	0	1	1	1	2	0	1	1	2	0	0	10	50.0	
3	5	0480	長野達	0	2	1	1	2	0	1	1	2	0	0	10	50.0	
4	6	9111	中山裕二	0	2	1	1	2	0	1	1	1	0	0	9	45.0	
5	8	0196	形山和雄	0	2	1	1	1	0	2	1	2	0	0	10	50.0	
6	9	2003	広重剛	0	2	1	1	1	0	2	1	2	0	0	10	50.0	
7	10	0825	田尾高広	0	2	1	1	1	0	0	0	0	0	0	5	25.0	
8	11	0823	山野真佳	0	1	2	1	1	0	2	1	2	0	0	10	50.0	
9	12	2839	河野保	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	10.0	
10	13	0774	木村精一	0	0	0	0	0	1	2	1	2	0	0	6	30.0	
11	19	3152	小松潤一	0	1	2	1	1	0	2	1	2	0	0	10	50.0	
12	21	2928	大野繁良	0	1	2	1	1	0	2	1	2	0	0	10	50.0	
13	22	0737	吉田直夫	0	2	1	1	2	0	0	0	0	0	0	6	30.0	
14	25	1885	吉丸孝行	0	2	1	1	2	0	1	1	2	0	0	10	50.0	
15	27	2499	野田哲也	0	2	1	1	2	0	0	0	0	0	0	6	30.0	
16	29	0744	山野竜子	0	2	1	1	2	0	0	0	0	0	0	6	30.0	
17	33	5582	渡辺健	0	2	1	1	2	0	1	1	2	0	0	10	50.0	
18	36	0025	日比生洋一	0	1	2	1	1	0	1	2	1	0	0	9	45.0	
計(台数)			0	26	19	16	23	1	18	13	22	0	0	0	140		
計(m ³)			0.00	136.00	95.00	88.00	115.00	5.00	90.00	65.00	116.00	0.00	0.00	0.00	700.0		

図-7 運搬集計表

タイムサイクルグラフ															2003/12/22 恵田出場所 1/1	
No.	車番	氏名	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	平均時間 (分)	運搬土量 (m ³)	
1	0180	増田隆雄	34.8	40.51	44.22	36.53	40.21	44.14	83.4	38.08	45.14	34.81	40.36	40.03	12	
2	0325	中村建雄	34.11	40.30	42.05	36.16	41.30	41.36	81.88	38.20	45.53	35.3	38.45	40.31	13	
3	1150	豊田達雄	37.25	39.23	39.68	39.71	39.58	34.73	84.42	46.88	37.1	42.2	38.47	38.82	13	
4	1885	有田直幸	39.02	38	40.46	38.25	38.34	38.3	87.94	42.24	38.63	41.97	38.5	37.87	13	
5	0320	山田清樹	36.82	38.87	38.83	38.41	38.4	38.45	83.45	38.82	37.58	41.84	40.06	38.26	13	
6	0582	豊永達樹	37.74	41.41	40.47	39.51	42.58	42.78	150.18	42.32	38.9	38.38	41.83	40.83	11	
7	0111	山田清樹	38.8	38.5	40.13	38.13	38.36	38.37	83.27	40.03	34.87	38.13	38.18	38.08	13	
8	0700	渡田直幸	36.38	38.53	34.83	40.1	38.13	38.15	81.88	38.05	38.34	42.28	38.46	37.53	13	
9	0125	渡田直幸	42.21	38.58	42.81	42.34								40.75	8	
10	0140	中村建雄	34.1	38.37	42.58	37.35	42.25	44	83.26	37.02	40.85	38.38	41.42	40.40	12	
11	0303	中村建雄	37.18	38.53	40.54	39.38	42.37	40.37	83.26					41.18	7	
															39.38	11.38

図-8 タイムサイクルグラフ



写真-3 ダンプ運行管理システム一式

行後、出来高管理として土量など運行に関するデータを収集するというものである（図-9）。これまで、運転手やガードマンが手作業で記録していた運搬台数を機械的に処理するため、データの客観性の欠如や集計ミスといった問題を解決することができる。また、管理面においても、機械の管理と管理用パソコンの操作のみで可能になることから、人的、時間的省力化にも繋がると考えられる。

4-5 造成工事での適用

本工事では現場に入っている10tダンプ計40台に本システムを設置した。現場から土捨場までの運搬ルート（片道12.5km）は国道200号バイパスおよび工業団地内の運行となり、その間に交差点、学校など歩行者の多い区間、S字カーブと言った見通しの悪い箇所、大型車両との離合箇所など運行に際し予め危険が予想される箇所、さらに出来高管理のために土取場および土捨場の出入口を加えた片道16ヵ所、計32ヵ所の危険箇所を設定した。

本システムの運用は平成14年7月に開始し、これまで1年半にわたり、約560,000m³の残土運搬を行ったが、交通事故は発生していない。また、運用開始後、半年経ってから運転手に対してアンケートを実施し、その結果から交通安全に対する意識とマナーが向上していることが判明した。その点で、本システムは、安全管理面での効果が特に大きいように思われる。

一方、出来高管理に関しても従来の紙による手集計でなく、管理用パソコンとPDAをリンクすることで、現場に入場したダンプとその運搬土量を集計でき、パソコン上で運行および土量データの一元管理を実現できた。

また、本システムから得られた出来高のデータとGPS測量より得られた出来高のデータの相違は、ダンプ1台当たりの運搬土量の設定を調整することで、ほぼ等しい値を得ることができた。

4-6 課題及び将来展望

上記の結果が得られた反面、幾つか問題点もあり、部品の欠損など機械的なトラブルが少なからず見受けられている。今後、運用面で改善可能な点については改善を行い、また機械的なトラブルについてはメーカーと相談することで対策・改善を図ることとした。

§ 5. おわりに

本稿は、効率的な土工管理システム構築を試み、造成工事において適用した例を紹介した。本適用事例のように統合管理システムを導入したことで、品質、工程、安全、省力化などの面で高い効果がえられることが実証された。

今後は適用現場を増やし、システム改善を行い、さら



写真-4 工事用車両へのシステム設置例

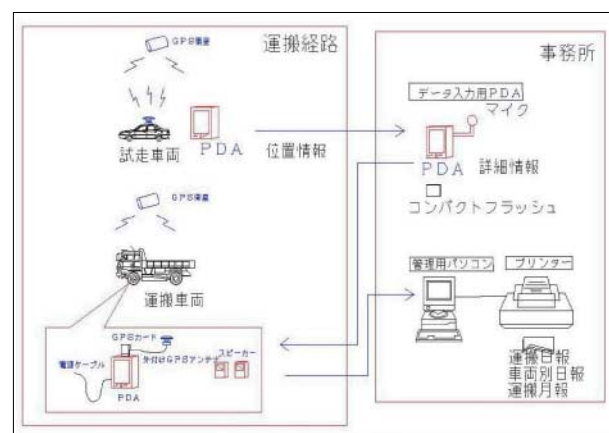


図-9 システムの運用状況（イメージ）

には労務の管理システムなどの機能も盛り込むことで総合的なシステムへの発展が望まれる。

本システムは、少人数でも高度な土工管理を実現可能なものにする将来的な建設現場の在り方を示した一つのよい例となるのではないだろうか。

最後に、ご指導、ご協力いただいた関係各位に厚く御礼申し上げます。

【参考文献】

- 1) アカサカテック HP: www.akasakatec.com, 平成15年4月現在。
- 2) 飯塚他: GPSとPDAを用いたダンプ運行管理と出来高管理, 平成14年度土木学会西部支部研究発表会講演概要集, pp. 590-591, 平成15年3月。
- 3) CALS/EC公共事業支援統合情報システム HP: www.mlit.go.jp/tec/cals, 平成15年4月現在。
- 4) オートデスク HP: www.autodesk.co.jp, 平成15年4月現在。
- 5) 緒方他: GPS測量と3次元CADを連携した土工管理システムの構築, 平成14年度土木学会西部支部研究発表会講演概要集, pp. 588-589, 平成15年3月。