

## II-12 トンネル建設現場における携帯情報端末の活用

西松建設(株) 技術研究所 正会員 ○稲葉 力, 平野 享, 岩井 敦子  
 (株) 東亜測器 正会員 藤田 清一, 遠藤 太嘉志  
 (株) 富士総合研究所 関 一弘, 桑嶋 隆夫, 瓜生 暢哉

### 1. はじめに

建設現場における作業に於いては、近年の OA 機器の発達を背景に現場作業の安全性の向上と合理的な施工を目的として、パソコンを中心とする OA 機器の利用が盛んになってきた。屋外の建設作業現場では特に作業形態にまで大きな影響をもたらすのは携帯型の OA 機器である。本報告では、建設現場の中で例としてトンネル現場を取り上げ、携帯情報端末の活用について事例をあげて説明する。

### 2. トンネル建設現場の業務支援システム

トンネル建設に限らないが建設現場には、屋外の現場での外業と室内での内業がある。主として若手の職員が担当する外業の合理化における問題点は、外業の成果を事務所に戻ってワープロあるいは、パソコンを用いて改めて書き直すといった、いわゆるデジタル化のための入力時間が最大のものであろう。例えば作業量は、歩掛りを現場で野帳に記入した後で事務所でパソコンに入力する、あるいは、切羽の観察記録を野帳に記入し、事務所でまた別の書類に綺麗に書き直すといった作業である。トンネル建設作業全般に於けるこのような無駄を改善するため、表-1 に示すトンネル管理業務合理化支援システムを現在構築中である。本システムは、大きく4つのサブシステムから構成されている<sup>1)</sup>。

筆者らはサブシステムとして(1)の②には LAMOS と称する自動化計測サブシステムを開発済みであり、(1)の③、④には多機能計測ロボットサブシステムを開発中である。(2)～(5)については、本報告の電子手帳を用いたサブシステムを構築中である<sup>2)</sup>。なお、西松建設では NIC システムと称する情報化施工システムがあり、LAMOS はその中のサブシステムという位置付けでもある。LAMOS サブシステムは、公衆回線で本社の土木設計部と接続されており、MO (光磁気ディスク) に現場毎にデータを記録している。

表-1 に記した支援システムによって得られる効果の定量的な評価は難しいと考えられるが、単純作業の軽減、記録性の向上と入力の手間軽減だけでも効果は大きいと考えられる。本報告では、表-1 に記した電子野帳システムのうち、(2)に関して述べる。

表-1 トンネル管理業務合理化支援システム

| 省力化対象作業               |              | サブシステム    |
|-----------------------|--------------|-----------|
| (1) 測量および計測           | ① センター測量     | 多機能計測ロボット |
|                       | ② A、B 計測     | LAMOS     |
|                       | ③ 切羽のマーキング   | 多機能計測ロボット |
|                       | ④ 断面、切羽の形状計測 | 多機能計測ロボット |
| (2) 切羽を含む岩盤観察         | —            | 電子野帳システム  |
| (3) 資材の管理<br>(発注管理業務) | —            | 電子野帳システム  |
| (4) 工程管理<br>(歩掛り等)    | —            | 電子野帳システム  |
| (5) 施工記録<br>(写真等)     | —            | デジタルカメラ   |

### 3. トンネル切羽観察用電子野帳システム

トンネル坑内の切羽観察作業は、主に切羽の写真撮影と切羽状況を観察記録表に記入することである。この作業はトンネル掘削作業の進捗状況によって変化し、昼夜を問わず発生する。また、切羽の観察記録作業は、掘削行程と支保建込み行程の合間に行われるため、作業も迅速かつ、的確に行う必要がある。そこで筆者らは、ひとつの試みとして携帯情報端末を用いたトンネル切羽の観察記録用のシステムを開発した。

#### 3.1 システム構成

本システムの構成を図-1に示す。本システムは、大きく2つのシステムに分かれおり、一つは携帯情報端末を用いた電子野帳システムであり、もう一つはパーソナルコンピュータ上のMS-Windows上で稼働する切羽観察記録支援システムである。

これら2つのシステムは、図-2に示す作業手順で切羽観察情報を作成・蓄積していく。基本操作としては、携帯情報端末に電子野帳システムの記憶してあるBasicカードを差し込み、電源を入れると自動的に立ち上がる。あとの操作は、携帯情報端末の特徴であるペンタッチ入力力でトンネル坑内の切羽スケッチを手書き入力し、画面表示される観察項目を選択入力する。その後、現場事務所に戻り、携帯情報端末とパソコンをレベルコンバータを用いて接続（光通信も可能）し、切羽観察記録支援システムを起動し、携帯情報端末内のデータをパソコンに転送する。転送後は、切羽観察記録支援システムでデータを編集し、データベースに再登録する。

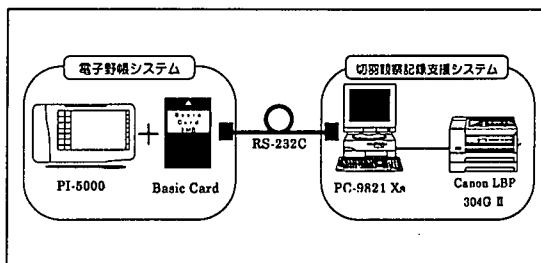


図-1 システム構成

#### 3.2 電子野帳システム

携帯情報端末を用いた電子野帳システムは、トンネル坑内の切羽面の観察作業として行う切羽スケッチと観察記録表を作成するものである。

本システムは、図-3に示すように今回開発した「工事情報入力機能」、「観察記録表入力機能」および「データ転送機能」と、携帯情報端末が独自に持つ機能である「手書きメモ機能」と「レポート機能」を利用した「切羽スケッチ入力機能」と「記事欄記入機能」から構成されている。

本システムは、携帯情報端末が本来持っている機能を損なわないように、システムはBasicカードで動くように設計している。1MBの容量を持つBasicカードを用いた場合、システムだけではカードの容量にかなり余裕があるため、観察記録データも最大で100切羽分まで登録可能であり、更にBasicカ

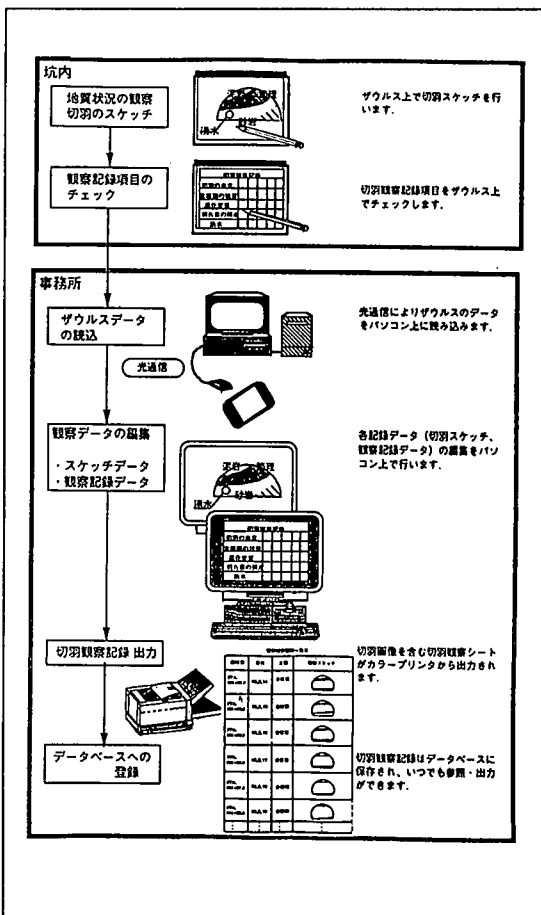


図-2 作業手順

ードに他のシステムの導入も可能である。

操作性の面では、「施工現場で利用する」との理由から切羽の観察項目のうち、図-4に示すようなポップアップのメニュー形式を利用し、複数項目からの選択を可能にしている。また、手書き入力項目については、対象となる文字を辞書に登録することで対応した。携帯情報端末が独自に持つ機能である「レポート機能」および、「手書きメモ機能」は、それぞれ記事欄と切羽スケッチとして利用しているため、これらの機能へ移行するには、固有アプリケーションが稼働時でも割り込むことが可能にされており、記事欄もしくは、切羽スケッチの入力作業が完了した後、固有アプリケーションに再び戻ることを可能にしている。

### 3.3 切羽観察記録支援システム

本システムは、携帯情報端末上の電子野帳システムで入力されたトンネル坑内の切羽観察項目、切羽スケッチ、記事欄の全データを登録・編集・管理するシステムであり、図-5に示すように「データ受信機能」、「形状データ入力機能」、「観察記録表管理機能」、「切羽スケッチ管理機能」そして「記事欄管理機能」から構成されている。

本システムのOSは、図-6に示すように、使い勝手の良いユーザーインターフェイスを持つOSあるMS-Windowsを採用しており、開発にはVisual Basicを利用しており、システムの操作はすべてマウスで行うことが可能となっている。

「データ受信機能」は、電子野帳システムから転送されてくる観察記録情報を、携帯情報端末専用の通信ソフトと固有アプリケーション専用の通信ソフトの両方で行われる。両方を用いる理由は、切羽スケッチと記事欄のデータは、携帯情報端末の持つ手書きメモ機能とレポート機能を利用して作成しているため、固有アプリケーションのデータと共有して、データを転送することが困難であったことが挙げられる。そこで本システムでは、一度、パソコン上に転送された切羽スケッチと記事欄のデータを、MS-Windows固有の操作を経ることで取り込み、データの編集・格納・管理を可能にしている。

「形状登録機能」は、携帯情報端末上で行う切羽スケッチで用いるトンネル形状を作成するものであ

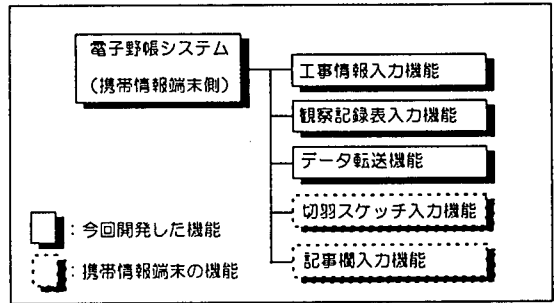


図-3 機能構成（携帯情報端末側）

(多項目から選択)

| 観察情報入力         |                   | 新規変更 |
|----------------|-------------------|------|
| (工事名)          | 大分自動車道            |      |
| 日時             | 1995年07月09日16時00分 |      |
| 土被り            | 39.5m             |      |
| 総合判定           | C.1               |      |
| 岩種             | C                 |      |
| 岩石名            | 凝灰岩               |      |
| 特殊条件           |                   |      |
| ●観察による地山の状態と性状 |                   | 終了   |

(手入力機能)

| 位置情報入力 |       | 新規変更     |
|--------|-------|----------|
| 距離     | [入力欄] |          |
| 全長     | [矢印]  | 文字 記号 数字 |
| ...    | 切羽    | 形状 記事    |
| ...    | 形状    | 記事       |
| ...    | 記事    | 入力       |

図-4 メニュー表示例（携帯情報端末側）

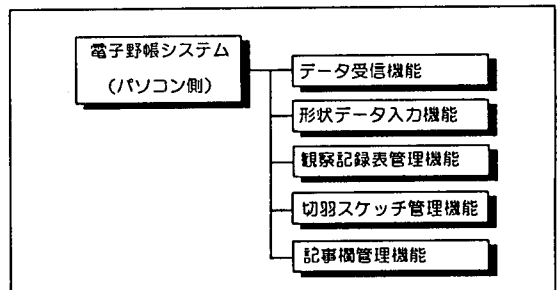


図-5 機能構成（パソコン側）

り、画面で所定の寸法を入力することで形状データを作成し、その後 MS-Windows が持つ固有機能を利用して Bitmap 形式データに変換し、「データ転送機能」で携帯情報端末側へ転送することで「手書きメモ機能」で利用できるようにするものである。

また、「観察記録表管理機能」、「切羽スケッチ管理機能」および「記事欄管理機能」は、各データを登録・編集する機能であり、編集には MS-Windows が持つ機能を利用し、可能としている。

#### 4. おわりに

電子野帳システムの概略を中心に述べたが、以下に検討項目および、改善点についてまとめる。

- (1) 携帯情報端末は、電力消費を極力抑えるため、バックライト機構を持たない。そのため、トンネル坑内の照明では非常に暗く、操作上やや難はあるが、小型の懐中電灯等を利用することで解決できる。
- (2) 電子野帳システムは、切羽の岩盤観察に十分利用できることがわかった。
- (3) 携帯情報端末とパソコン間のデータ転送機能は、転送機能自体が2機能に分割されているため、使い勝手にやや難があり、今後、データの統一を計ることで、データ転送機能を改善し、使い勝手の向上を計る必要がある。
- (4) 切羽スケッチ機能で入力したデータは、パソコン上に転送すると Bitmap 形式に変換される。このデータ形式は、拡大表示した場合にピクセルそのものを拡大するため、表示状態が粗くなり、視認できる最大倍率は取り込み時の2~2.5倍程度が限界だと思われる。今後は、幾何的に情報を持つなどの新たな手法を検討する必要がある。

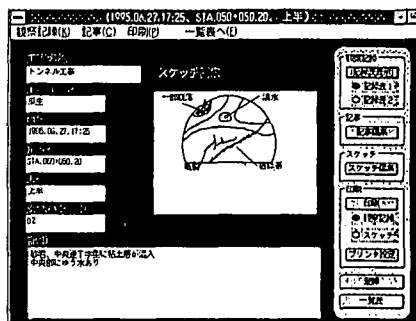
以上のように、電子野帳システムは、トンネル管理業務合理化支援システムの一環のひとつの試みとして開発し、一部の管理業務の合理化に効果があることがわかった。しかし、トンネル建設現場では、これ以外の管理業務も多数あり、更なる合理化を行う必要性を感じた。ここで最後に今後想定できる支援システムについて列記する。

- (1) 支援システムのサブシステムとして、多機能計測ロボットおよび、デジタルスチルカメラを用いた画像処理システムおよび、電子野帳等が考えられる。
- (2) 施工記録としては、デジタルスチルカメラは実用に耐えられる段階にあるが、亀裂の抽出などを考慮したシステムを開発するには、先を見た開発が必要である。また、電子野帳との連動も必要である。

#### 参考文献

- 1) 田隆三郎、山中勇樹、足立宗三郎、江湖正喜：ICカードによる施工情報システムの開発（その2）—山岳トンネルの事例研究—、土木学会、第49回年次学術講演会講演 概要集 第6部、164-165P、1994
- 2) 稲葉 力、平野 亨、岩井敦子、藤田清一：トンネル現場における情報の効率化土木学会、第50回年次学術講演会講演概要集 第6部、300-301P、1995

(観察記録表管理メニュー)



(形状データ入力機能)

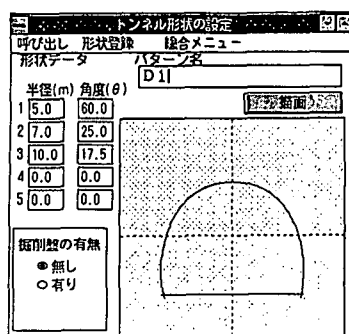


図-6 メニュー表示例（パソコン側）