

## I-33 情報化施工を支援する施工プロファイルの枠組みに関する研究

## Study on Framework of Construction Profile for Collaborative and Intelligent Construction

西垣重臣<sup>1</sup>・杉浦仁志<sup>2</sup>・高村禎二<sup>3</sup>・小倉弘<sup>4</sup>・羽鳥佳二<sup>5</sup>

Shigeomi Nishigaki, Hitoshi Sugiura, Teiji Takamura, Hiroshi Ogura and Keiji Hatori

**抄録:** 情報化施工とは、情報化技術を建設施工に適用して、多様な情報の活用を図ることにより、施工の合理化を図る生産システムである。本論文では、情報化施工を支援する施工プロファイルの枠組みに関する研究のうち、事前調査研究、データ利活用を図るための表現可能な枠組み、施工プロファイル評価のための汎用的な情報管理と処理の枠組み、施工情報管理システムの試作について述べる。

**Abstract:** Collaborative and intelligent construction means production system that rationalizes construction by applying information technology to utilize a great variety of information. This paper presents pre-survey, framework of representation being possible to utilize data, general framework of processing data and managing information to assess construction profile, and development of prototype of construction information management system, which are included in study on framework of construction profile to support the collaborative and intelligent construction system.

**キーワード:** 情報化施工、施工プロファイルの枠組み、施工プロファイル評価、XML

**Keywords:** Collaborative and intelligent construction, framework of construction profile, construction profile assessment, XML

## 1. 問題意識

情報化施工とは、情報化技術を建設施工に適用して、多様な情報の活用を図ることにより、施工の合理化を図る生産システムである。本研究が想定する情報化施工は、道路建設工事のうち土工事を対象とし、使用する施工機械として油圧ショベル、ダンプトラック、ブルドーザ、振動ローラ等を想定している。本研究で想定している情報化施工のイメージを図-1に示す。ここでは、施工に関わるデータを収集・保存し管理情報を生成すること、並びに発注者や施工者の作業所および管理部門のユーザがいつでもデータや管理情報を引き出して利用することができるエクストラネットが求められる。しかし、つぎの問題点がある。

- ・施工機械に装着される計測アプリケーションは、施工機械の位置、稼動時間などを計測する。しかし、それぞれのアプリケーションごとに異なった形式のデータが生成され、データの利活用を難しくしている。
- ・施工情報管理システムが、施工に伴って生成されるデータや作成される文書を、ファイルとして保存管理する。これらのファイルはメタデータの下で保存管理される。個々の作業状況について、例えば、施工機械の稼動時間やダンプの配車台数などは運転日報ファイルのデータをみれば理解でき

る。しかし、施工状況に関する多様なファイルが存在することとなり、これらのファイル群から全体としての施工状況を把握することは困難である。

本研究の目的は、全体としての施工状況を示す施工プロファイルの表現、施工プロファイルを評価するための情報管理と処理、データ利活用を図るための情報管理と検索などに関する枠組みを構築することである。本研究では、施工に伴って発生する事象の特徴、その特徴のパターンを示す指標などに関するデータ項目の集合を施工プロファイルという。

本研究は、図-2に示すように、つぎの3つのフェーズで構成される。

フェーズⅠ：異なったシステムまたは組織間でのデータ利活用を図るとともに、施工プロファイルを表現するための枠組みを構築する。

フェーズⅡ：施工プロファイルを評価するための汎用的な情報管理と処理の枠組みを構築する。

フェーズⅢ：異なったシステム、異なった場所で生成されるデータと情報を知的財産として利活用するために、有機的な情報管理と検索の枠組みを構築する。

1：正会員 工修 (株)キック  
(〒780-0945 高知県高知市本宮町 105-25 Tel :088-840-7333, E-mail : sleepingbear@c2mp.com)

2：非会員 工修 (株)キック

3：非会員 理博 高知工科大学

4：非会員 日立建機(株) 技術開発センタ

5：非会員 日立建機(株) 技術開発センタ

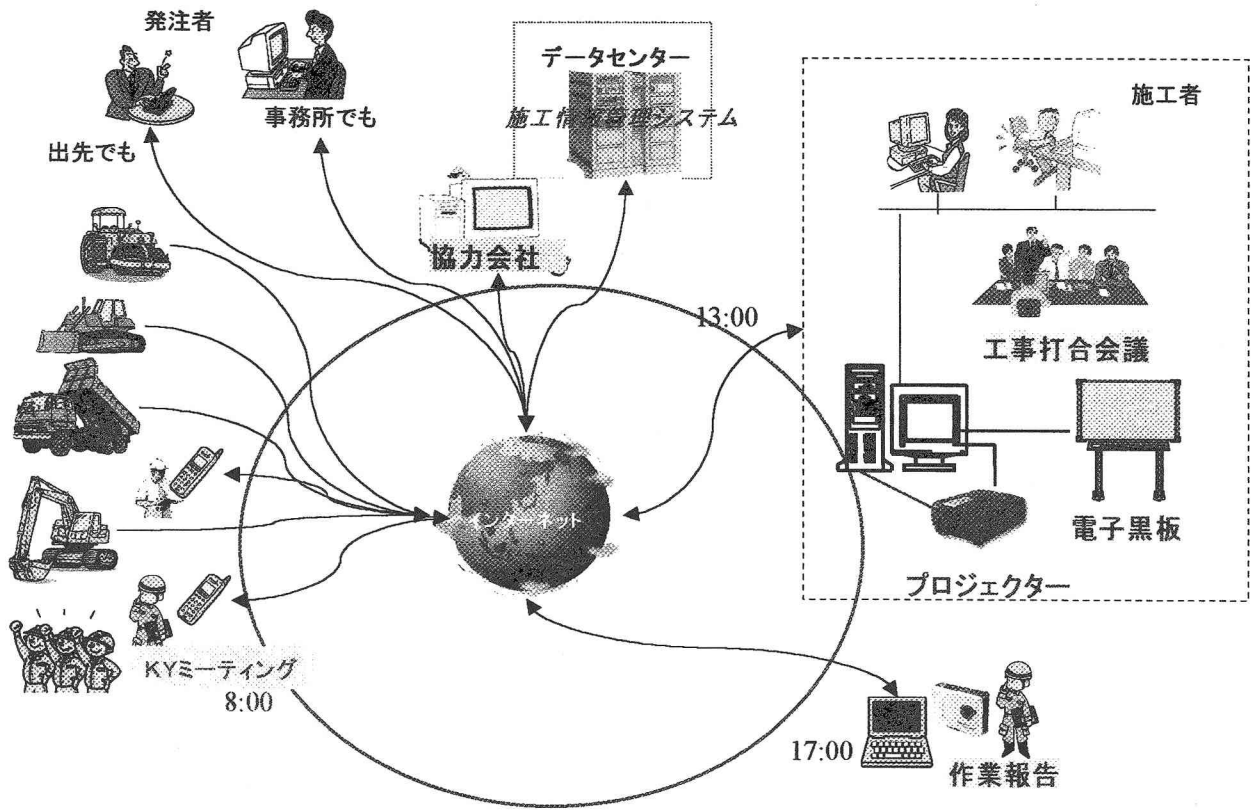


図-1 本研究が想定する情報化施工のイメージ

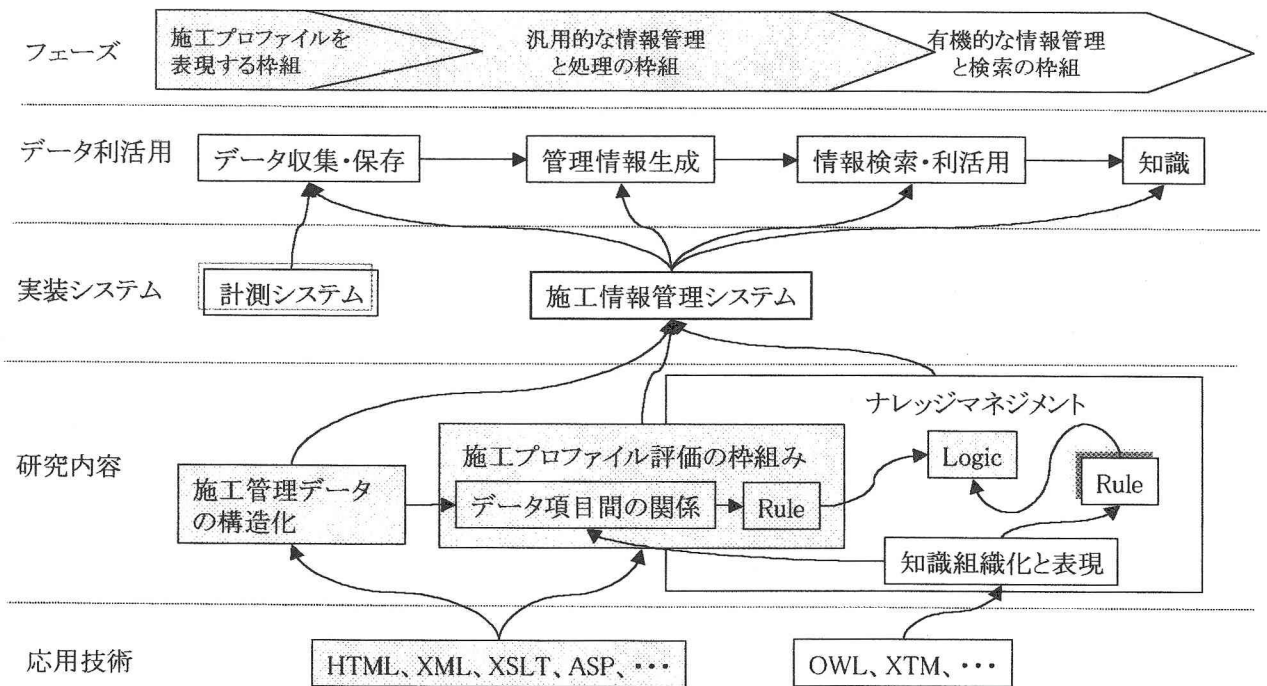


図-2 本研究のフェーズ

図-2中の網掛け部分が本研究の対象範囲である。まず、施工プロファイルを表現するための枠組みを探るために実施した事前調査研究について報告する。つぎに、データ利活用を図るための施工プロファイルの構成要素について述べる。そして、施工プロファイルを評価し、原因の診断および不具合事象の予測を行うための汎用的な情報管理と処理の枠組みについて述べる。

## 2. 関連する研究

本研究に関連する研究開発について以下に述べる。機械施工支援システム間のデータ交換技術について独立行政法人土木研究所、(株)大林組、日立建機(株)、(株)キックが、平成15年6月より共同研究を実施している。平成16年度は道路建設現場における実証実験を予定している。

西垣らは、建設現場の不安全行動の兆候(symptom)を記述し、ヒヤリハットの体験率を予測するテンプレートを開発した<sup>1)</sup>。さらに、施工文書を保管・共有するための機能に加えて、作業打合せを支援し、作業計画データを保存・再利用する施工管理システム c2mP (collaborative construction management Professional の略称)の研究開発を行っている<sup>2)</sup>。

日立建機(株)は、GPS、携帯通信等を利用した機械情報管理システム e-Service の研究開発を行っている。本システムは、建設機械の稼動位置、稼動時間、燃料残量等のデータをリアルタイムに収集し、稼動時間分析情報、点検情報等をインターネット経由でユーザに提供する<sup>3), 4)</sup>。

本研究は、上記の研究開発と以下の点で関連する。

- ・道路建設工事のうち土工の機械施工を支援する点で共同研究に関連する。
- ・施工プロファイル評価に用いるテンプレートの研究開発に際して、ヒヤリハットの体験率を予測する診断モデルの基本的な考え方を活用した。
- ・本研究が目指す施工情報管理システムの核として c2mP と e-Service を活用している。

## 3. 事前調査研究

### (1) 事前調査研究の概要

建設現場の活動体系を把握するために、河川築堤工事において、施工機械の作業維持、作業時刻、転圧回数などを計測する装置を車載した振動ローラを使用して、つぎの事項に関する事前調査研究を行った。

- ・建設現場における日常管理の整理
- ・施工データの内容分析に基づくユースケースの抽出

調査研究期間は平成16年3月1日～平成16年3月

20日である。振動ローラを転圧工に使用した。使用した振動ローラの写真を図-3に示す。

### (2) 建設現場における日常管理業務の把握

事前調査研究の対象である建設現場の元請職員および作業員に対して聞き取り調査を行った。聞き取り調査で使用したキーワードを表-1に示す。聞き取り調査により抽出した日常管理業務項目を図-4に示す管理サイクルに従って整理し、「誰から誰に」という情報の流れとコンピュータシステムによる支援に対する要求ニーズを把握した。この要求ニーズを、「従前より行っていた業務でコンピュータシステムによる支援を受けたいもの」と「実施していなかった業務でコンピュータシステムによる支援を受けることで実施したいもの」、そして「今までのやり方でよい業務」の3種類に分類した。



図-3 使用した振動ローラの写真

表-1 聞き取りで使用したキーワード

| No | キーワード              |
|----|--------------------|
| 1  | 計画から竣工までの業務プロセス    |
| 2  | 発注者より与えられる書類       |
| 3  | 図面の種類および流れ         |
| 4  | 施工計画、作業計画の立て方      |
| 5  | 一日の作業および業務サイクル     |
| 6  | 作業打合せの内容           |
| 7  | 作業指示の方法            |
| 8  | 丁張り、測量杭の意義         |
| 9  | 材料運搬の管理方法          |
| 10 | 元請職員の現場管理内容        |
| 11 | 品質、出来形の管理基準、指標     |
| 12 | 元請が作成する書類とその利用先    |
| 13 | 作業の記録方法            |
| 14 | 施工データのフィードバック方法    |
| 15 | 発注者の行う検査           |
| 16 | 発注者へ提出する書類         |
| 17 | 竣工図書の内容            |
| 18 | 振動ローラ・システムの操作性や改善点 |

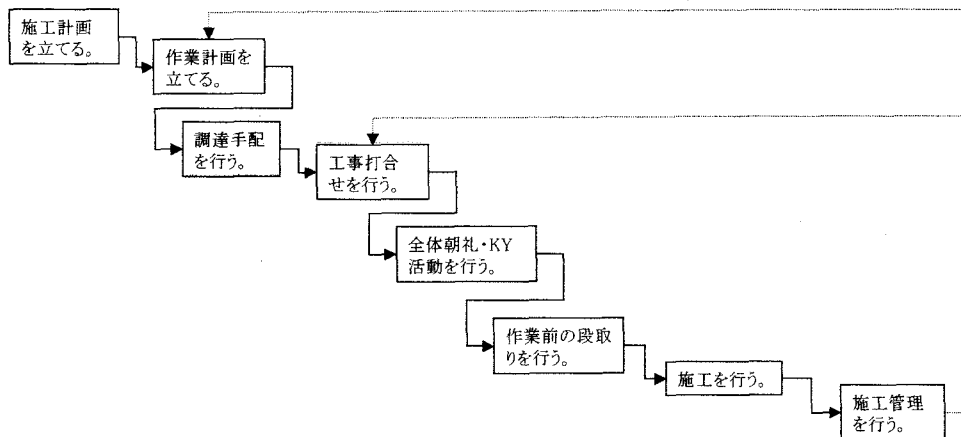


図-4 管理サイクル

(3) 施工データの内容分析に基づくユースケースの抽出

聞き取り調査により収集した情報を基に、以下に示す分析作業を行った。

まず、日常管理の流れを把握するために、日常管理サイクルのタイムチャートを作成した。このタイムチャートの例を図-5に示す。

つぎに、日常管理における関係者間の情報のやり取りを把握するために相互作用図を作成した。この相互作用図の例を図-6に示す。これらの分析作業により、日常管理における時間駆動型の作業と事象駆動型の情報のやり取りが把握できた。これらの分析作業において作成した資料から、作業現場での作業時点で、および事務所での管理業務遂行時点で、どのような情報を電子化し、関係者間でやり取りすれば日常管理業務が省力化されるか、という貴重な情報が得られる。

一方、現場作業の観察から、つぎのことが分かっている。施工現場での日常管理サイクルの中で一連の業務があり、それぞれの業務間でデータおよび情報の受け渡しがあり、多くの場合、文章または口頭で行われている。施工機械が関わる作業をみると、図-7に示す施工プロセスにおいて、オペレータは作業指示事項や暗黙知として知り得ている情報を合図や無線などの方法で受け渡ししている。さらに、毎日行われる昼の工事打合せ会議に情報が集中し、そして朝の始業ミーティング、例えば、全体朝礼や危険予知活動にて情報配信が行われている。

これまでの聞き取り調査と分析結果、ならびに現場観察結果に基づいて、日常管理業務項目の中からコンピュータシステムによる支援が望まれる業務をユースケースとして抽出した。ユースケースとは、情報システムの設計の際に利用される図式法の一つであるUML (Unified Modeling Language)で用いられている用語である。ある目的を持った振る舞いのケースを主語、

場面、目的、活動内容などで記述したものをユースケースと呼び、コンピュータシステムの機能作りの対象となる。抽出したユースケースのリストを表-2に、ユースケース図の例を図-8に示す。

表-2 ユースケースのリスト

| コード  | ユースケース   |
|------|--|
| uc1  | 元請職員が、設計図と施工計画書に基づいて、施工目標データを作成する。                 |
| uc2  | 元請職員と下請け職員が、工事打合せ会議で使用する作業打合日誌に翌日の作業内容を書き込む。       |
| uc3  | 工事打合せ会議で確認・承認された作業打合日誌を印刷・配布する。                    |
| uc4  | 元請職員が、作業打合日誌データと施工目標データに基づいて作業指示書を作成する。            |
| uc5  | 元請職員と職長が、作業指示書に基づいてツールボックス・ミーティング（全体朝礼と危険予知活動）を行う。 |
| uc6  | 元請職員またはオペレータが、作業指示書から所要のデータを施工機械の計測管理システムに入力する。    |
| uc7  | オペレータが、作業指示に基づいて施工機械を運転し作業を行う。                     |
| uc8  | 施工機械（計測管理システム）が施工状況を計測する。                          |
| uc9  | 施工機械（計測管理システム）が、施工状況データを施工情報管理システムにアップロードする。       |
| uc10 | オペレータが、施工状況データに基づいて作業日報を作成し、施工情報管理システムにアップロードする。   |
| uc11 | 作業員が作業指示に基づいて作業を行う。                                |
| uc12 | ダンプ運転手が、作業指示に基づいて土砂/骨材を運搬する。                       |
| uc13 | ダンプ運転手が、作業日報（運転日報）を作成して施工情報管理システムにアップロードする。        |
| uc14 | 職長が作業を管理する。  |
| uc15 | 職長が、作業日報を作成して施工情報管理システムにアップロードする。                  |
| uc16 | 施工情報管理システムが、施工状況データに基づいて施工管理情報を生成する。               |
| uc17 | 元請職員が施工を管理する。                                      |

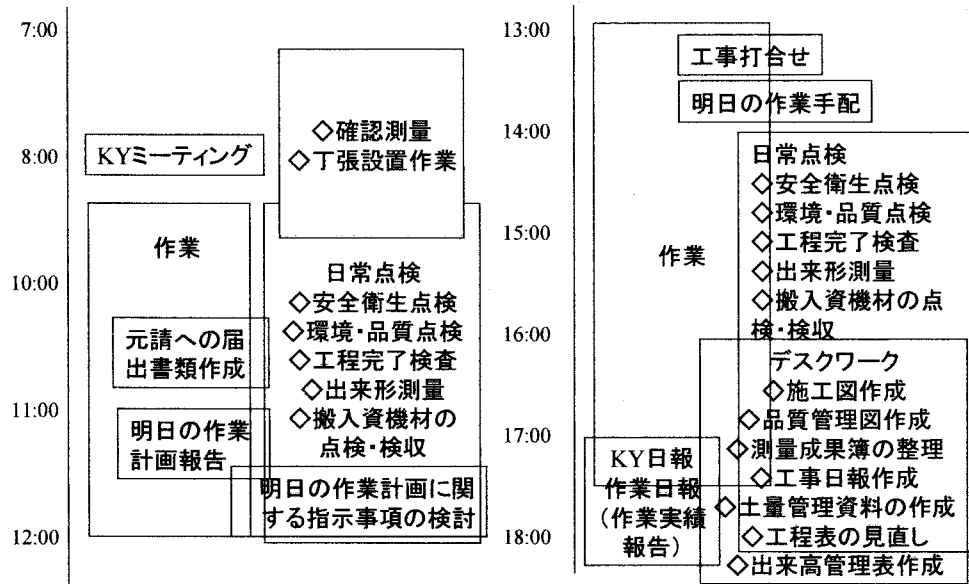


図-5 日常管理サイクルのタイムチャート

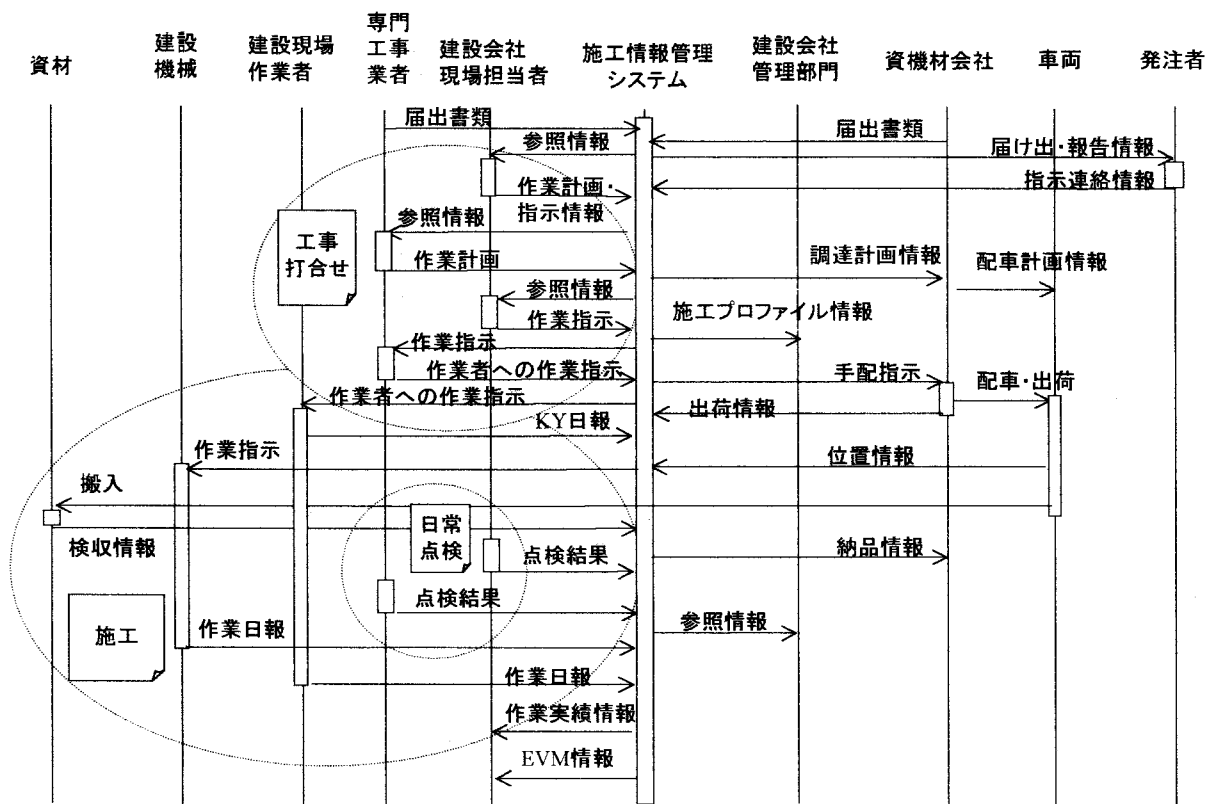


図-6 日常管理におけるアクター間の相互作用図

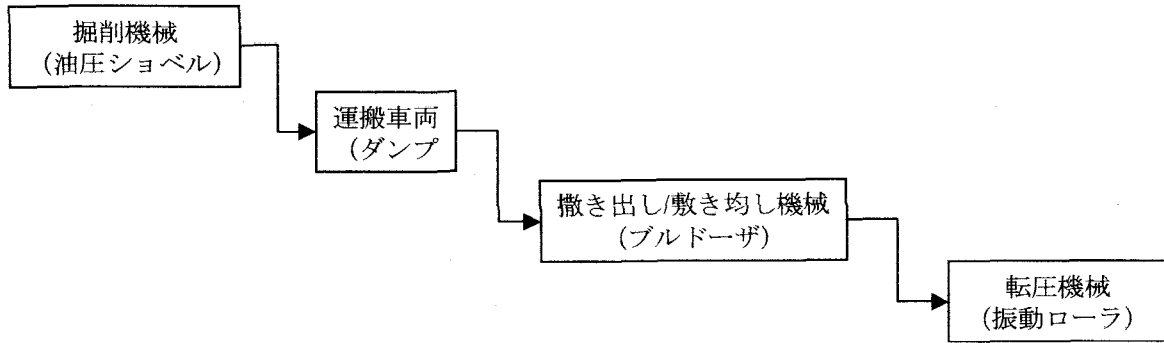


図-7 施工機械の作業の流れ

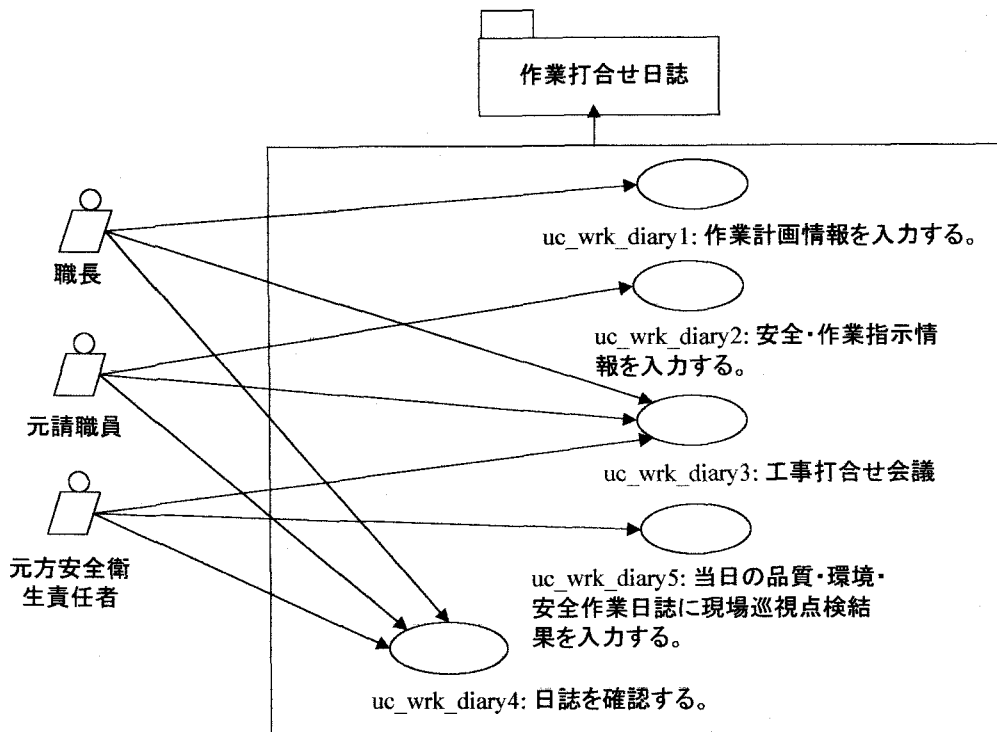


図-8 ユースケース図 (作業打合せの例)

#### 4. データ利活用を図るための枠組み

施工現場の日常管理サイクルに沿った一連の作業と機械施工のイメージを図-9に示す。

機械施工を中心とした情報化施工ソリューションでは、個別のシステム化ではなく、プロセス統合化（一連の作業間のデータ・情報連携）を実現することが求められるであろう。

データと情報の表現と取り扱いについて、一連の作業間での連携、並びに人間系と施工機械系の区別と整合が非常に重要である。例えば、つぎのようである。

- ・作業日誌のデータと情報を人間が理解できる表現形式で示す。
- ・作業指示書のデータと情報を人間が理解できる

表現形式と施工機械が読み取れるデータ形式で示す。

- ・自動計測データを機械的な自動処理が可能なデータ形式で示す。
- ・作業日報のデータと情報を人間が理解できる表現形式で示す。

問題領域におけるデータ項目の抽出とデータ項目間の関係分析を行った。まず、前述のユースケースにおいて用いられるデータ項目とデータ項目間の関係を、マトリックス図を用いて記述した(図-10)。つぎに、施工管理情報を生成するために、計画データと施工データを表-3に示すデータ要素に分類整理し、クラス図によりデータの構造を記述した。

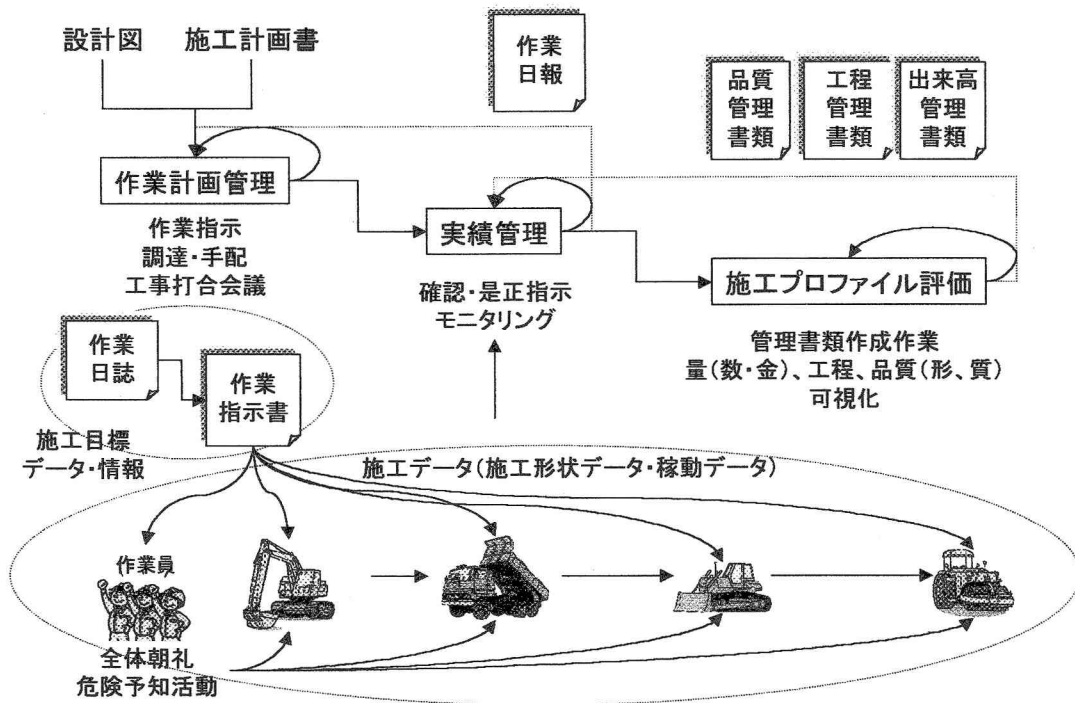


図-9 機械施工のイメージ

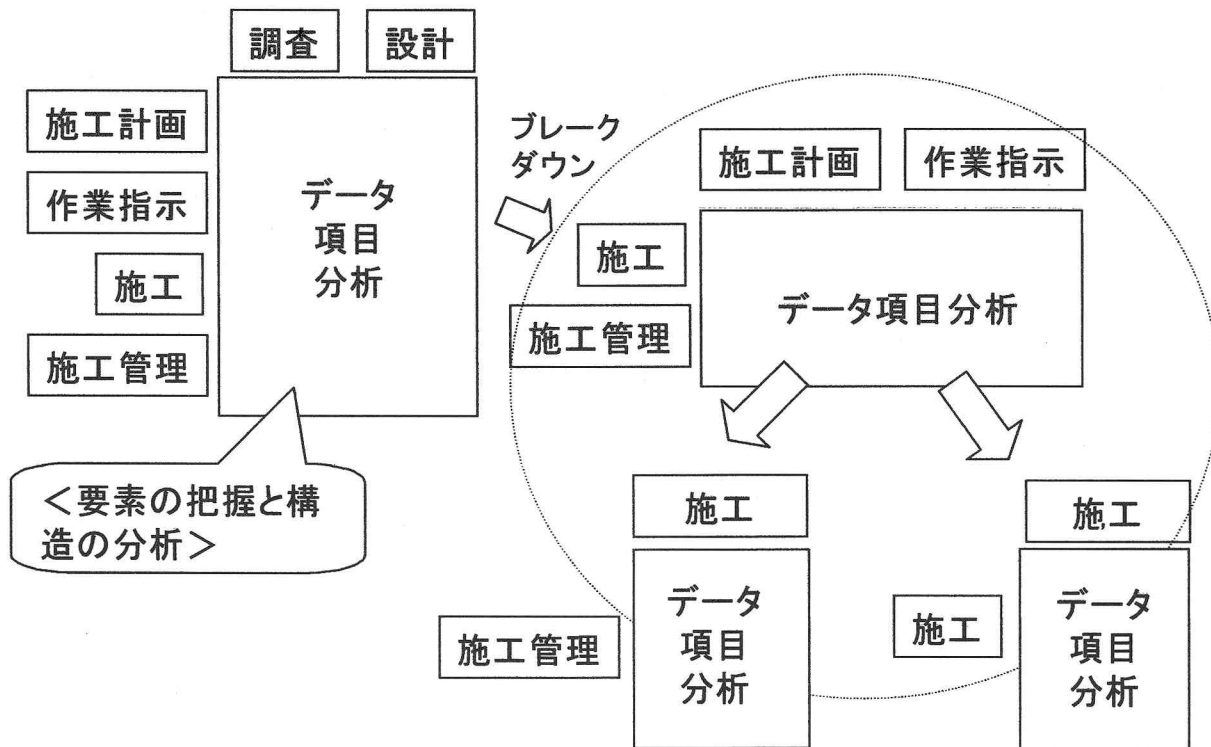


図-10 データ項目のマトリックス分析

表-3 データ要素

| No | データ要素  |
|----|--------|
| 1  | 施工目標   |
| 2  | 施工形状   |
| 3  | 管理ブロック |
| 4  | 作業打合せ  |
| 5  | 作業指示   |
| 6  | 施工機械稼働 |
| 7  | 作業日報   |

データ構造を記述する方法として DTD (Document Type Definition) と XML スキーマがある<sup>5)</sup>。DTD より XML スキーマの方が操作性に優れているといわれている<sup>6)7)</sup>。本研究では、データ項目のデータ型と構造について、まずクラス図を作成し、つぎに主キーと外部キーを定義し、そして XML スキーマで記述した。

施工情報管理システムに蓄積されるデータの利活用イメージを図-1 1 に示す。施工情報管理システムに蓄積されるデータを利用したいデータコンシューマとして、つぎのユーザが考えられる。

- ・施工情報管理システムのログインユーザ：  
施工情報管理システムへのアクセスを許可されて、本システムの諸機能を直接利用しているユーザをいう。例えば、元請企業の現場に従事する職員、下請け企業の職長やオペレータ等がログインユーザとなる。
- ・他のシステムを利用しているユーザ：  
例えば、発注者の工事監理者、施工者の間接部門の技術者等が想定される。

施工情報管理システムのログインユーザには、データの Excel ファイルを提供する。建設現場では、施工管理帳票を Excel で作成していることが多い。ユーザにとって Excel は使い慣れているので、データの2次利用が容易である。

他のシステムを利用している場合、そのシステムが要求するデータ項目およびデータ形式を事前には知り得ないことが多い。これらのデータコンシューマにはデータの XML インスタンスのファイルを提供することで、データの利活用を容易にする。

データ項目は、施工目標データ、施工形状データ、作業打合せデータ、作業指示データなどの as-designed/planned のものと、機械施工データの as-built なものに大きく分かれる。

as-designed/planned データ項目のデータは、HTML フォームにより入力され関係表としてデータベースに格納されるとともに、XML インスタンスを自動作成し保存される。

as-built データ項目のデータ形式は csv である。施工機械に装着された計測システムから csv 形式の施工

データを施工情報管理システムに転送する。施工情報管理システムでは受信した施工データを関係表としてデータベースに格納し、XML インスタンスを自動作成する。

## 5. 施工プロファイル評価のための汎用的な情報管理と処理の枠組み

施工目標データ、施工形状データ、作業打合せデータ、作業指示データ、機械施工データ等に基づいて、不具合事象の発生を予測する、並びに原因を診断するための施工プロファイル評価の枠組みについて述べる。

施工プロファイル評価の枠組みのイメージを図-1 2 に示す。施工プロファイル評価の枠組みは、施工プロファイルと施工プロファイル評価のテンプレート、そして、このテンプレートを施工プロファイルに適用して予測結果として得られる不具合事象、並びに診断結果として得られる原因事象で構成される。施工プロファイルは、データ要素の構造と要素間の関係を示すスキーマと施工に伴い発生する施工データのインスタンスで構成される。施工データのインスタンスは、収集された素データと、これらの素データを編集加工して得られる導出属性データで構成される。

これまで、ユースケースのデータ・情報の流れに着目した語彙と語彙間の関係記述と枠組みについて述べた。図-1 2 が示すように、施工プロファイルの評価するためには、語彙の定義と互いに独立して作られたスキーマを関係づけるオントロジを定義する必要がある。言い換えれば、語彙とそこに含まれる各要素の関連の明確な表現が必要である。さらに、施工プロファイルのデータに基づいて、発生するであろう不具合および機能不全を起こしていると思われる原因を診断するためのルールとロジックが必要である。これらのルールとロジックは、施工プロファイルデータにテンプレートとして適用され、不具合の予測や原因の診断のための推論に用いられる<sup>8)</sup>。

施工管理者が施工プロファイルの評価するときの視点(主題)として作業管理、進捗管理、品質管理、安全管理などが挙げられる。本研究では、作業管理と進捗管理に焦点を当て、つぎのような具体的な視点を想定した。

- 視点1：ラインバランス(line balance)をみる。例えば、施工資源間の作業能力不均衡をみる。
- 視点2：アウトライヤ(outlier)を探す。例えば、作業能力が特に優れているもの、劣るものなどである。
- 視点3：管理状態をみる。例えば、特性値のバラツキが拡大傾向にあるか、それとも縮小傾向にあるかをみる。

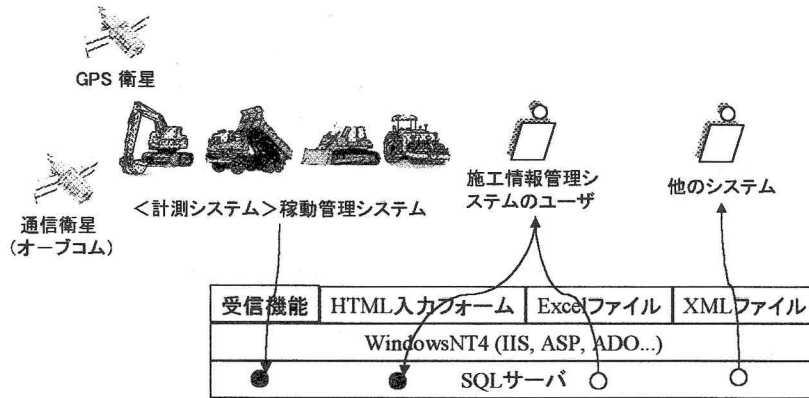


図-11 データ利活用のイメージ

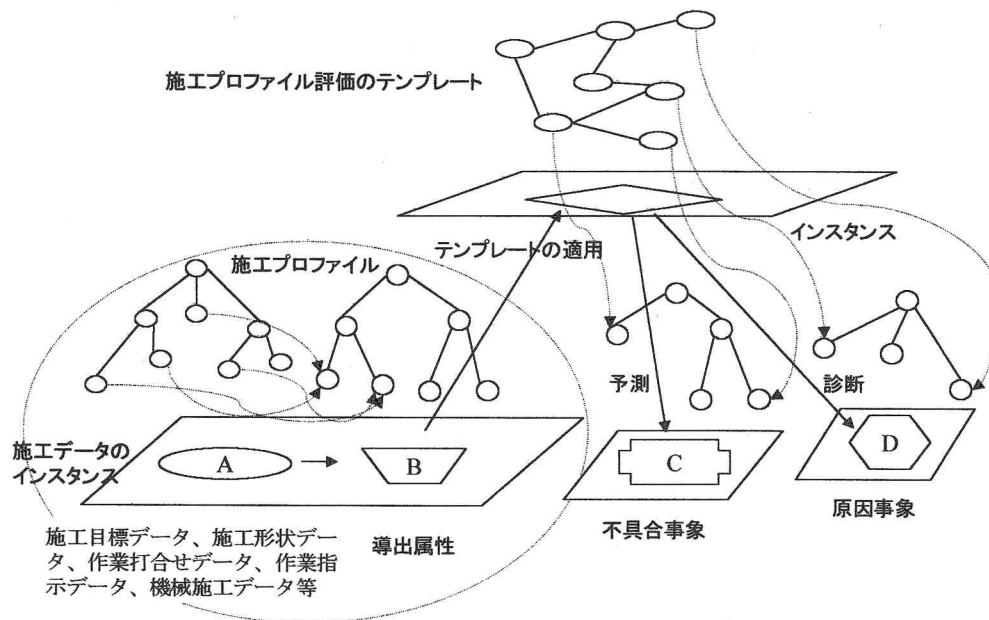


図-12 施工プロファイル評価の枠組みのイメージ

視点4：生産性をみる。例えば、ワークパッケージ単位で施工歩掛りの予実績をみる。本研究では、管理単位とする作業の集合をワークパッケージという。

視点5：施工速度をみる。例えば、工程ベースラインを設定して、進捗率と比較する。

これらの視点から、施工プロファイルを横断的(cross section)並びに時系列的(longitudinal)に評価する(図-13)。

施工プロファイル評価のテンプレートは、<施工プロファイルデータ、導出特性値、仮説、もっともらしさ(plausibility)>の組(tuple)で構成される。

施工プロファイルデータは、§4で述べたデータ項目の入力値及観測値、そして導出特性値である。導出特性値は、管理項目(制御要素)の値として施工プ

ロファイルデータから計算により得られる平均値、標準偏差などである。

本研究では道路建設工事のうち土工事を対象とし、図-7に示す一連の施工プロセスを想定している。ここで生成される施工データの要素は、土工事の施工プロファイルデータから導出(計算)される制御要素と、層別などに使用される標示要素に分かれる(表-4)。

掘削能力、積込能力、運搬能力、締め固め能力、法面整形能力などの制御要素は、つぎのような目標値と実績値を持つ。

- ・目標値：1日当たり目標数量、1日当たり最大目標量、1日当たり最小目標量
- ・実績値：1日当たり実績数量

表-4 施工プロファイル評価の要素

|      |                    |
|------|--------------------|
| 制御要素 | 積込能力               |
|      | 運搬能力               |
|      | 締固め能力              |
|      | 法面整形能力             |
|      | ワークパッケージ当たり作業量     |
|      | 施工速度               |
| 標示要素 | 工種                 |
|      | 作業項目               |
|      | 号機番号               |
|      | 測点番号               |
|      | 管理ブロック番号           |
|      | 作業時の時刻と位置(平面位置と高さ) |
|      | 施工層番号              |
|      | 盛土材料名              |

これらの値は標示要素により層別されて平均値、標準偏差などが計算される。

ワークパッケージ当たり作業量という制御要素は、つぎのような目標値と実績値を持つ。

- ・目標値：ワークパッケージ目標作業量、機械の目標歩掛り、作業員の目標歩掛り
- ・実績値：ワークパッケージ実績作業量、機械の実績歩掛り、作業員の実績歩掛り

施工速度という制御要素は、工程ベースラインと実績進捗率を持つ。工程ベースラインを次式で示す。

$$y = \alpha x + (\beta - \alpha)(x - a) + (\gamma - \beta)(x - b) \quad (1)$$

ここで、 $y$ =出来高%、 $x$ =進捗率である。出来高率 25%と 75%に合わせた進捗率のマイルストーンとして定数  $a$  と  $b$  を想定し、それぞれの規定値を  $a=33$  および  $b=66$  とする。このとき、上式の係数は、つぎのようである。

$$\alpha = 25/a$$

$$\beta = 50/(b-a)$$

$$\gamma = 25/(100-b)$$

但し、 $0 \leq x \leq 100$  かつ

$$x \leq a \text{ のとき } \beta = \gamma = 0$$

$$a < x \leq b \text{ のとき } \beta = \gamma$$

とする。工程ベースラインを図-14に示す。 $a$  値を小さくすると、初期の施工速度を早めた工程ベースラインになる。また、 $b$  値を小さくすると中期の施工速度を早めた工程ベースラインになる。

仮説は、〈ルール、ロジック、不具合事象、原因事象〉の組(tuple)で構成される。

ルールの例を表-5に示す。その他に、作業能力の平均値からの偏差による施工資源間の作業能力比較、ばらつき(標準偏差)の拡大または縮小傾向、稼働率の目標・実績比較、ワークパッケージ作業量の目標・実績比較に関するルールがある。

ロジックの例を表-6に示す。前述したように、本研究では図-7に示す施工プロセスを想定している。この施工プロセスにおける結果のアンバランスをみて不具合事象および原因事象を推論する。不具合事象の推論の例を表-7に示す。

原因事象の推論は、導出特性値の比較と管理ブロックなどの標示要素による層別された導出特性値の比較などからなされる。

不具合事象と原因事象の大項目だけを表-8に示す。

これまでに述べた施工管理者の視点、施工プロファイルなどの構造、導出属性と不具合事象、そして原因事象との関係を、施工プロファイル評価のテンプレートとしてXML、XSLT、ASP等で記述した。このテンプレートを、施工目標データ、施工形状データ、作業打合せデータ、作業指示データ、機械施工データ等のXMLインスタンスに適用して、不具合事象の発生や原因の探索に関する推論を行う。

もっともらしさ(plausibility)は、つぎのような喚起レベル、稼働レベル、達成度で示す。

- ・喚起レベル<注意、警告>
- ・稼働レベル<不良、並、良、良好>
- ・達成度レベル<未達、部分的達成、おおよそ達成、達成>

これらのもっともらしさ(plausibility)は、施工プロファイル評価の結果と示される。

しかし、本研究で取り扱う施工プロファイル要素は施工状況の部分事象であり、判定ルールやロジック、原因事象、不具合事象は全てのもを枚挙したものではない。欠落(abduct)している要素、判定ルール、ロジック、原因事象、不具合事象などについては、上記のもっともらしさ(plausibility)や導出属性値の一覧表をヒントに、施工管理者が自らの施工現場観察結果に基づいて補足し、作業配置、作業順番、作業手順、施工資源配分などの改善策を検討することになる。

表-5 ルールの例

| No  | 適用             | 条件          | 結果      |
|-----|----------------|-------------|---------|
| 1   | 1日当たりの作業能力分析   |             |         |
| 1.1 | 実績数慮と目標数量の比較   | 実績数慮>目標数量   | 結果="+"  |
|     |                | 実績数慮<目標数量   | 結果="-"  |
| 1.2 | 最大目標数量と実績数量の比較 | 実績数慮>最大目標数量 | 結果="++" |
|     |                | 実績数慮<最大目標数量 | 結果="--" |

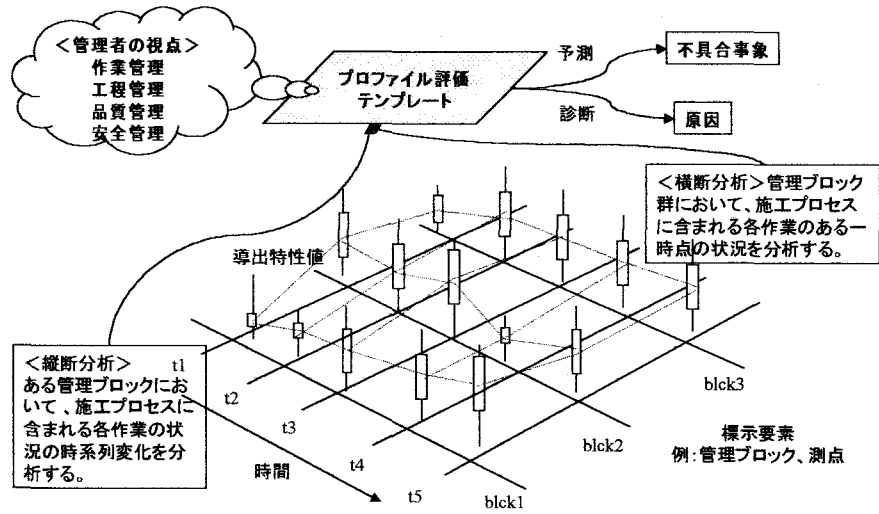


図-13 施工プロファイルの評価

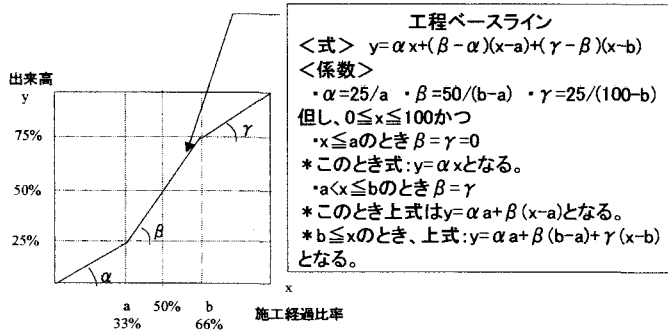


図-14 工程ベースライン

表-7 不具合事象の推論の例

|      | 施工プロセス |       |       |                     |       |
|------|--------|-------|-------|---------------------|-------|
|      | 掘削     | 積み込み  | 運搬    | 締め固め                | 法面整形  |
| 掘削   | "+"    | 掘削残土大 |       |                     |       |
| 積み込み |        | "-"   | 手待ち発生 |                     |       |
| 運搬   |        |       | "+"   | 仮置き発生<br>ダンプ場所の偏重発生 |       |
| 締め固め |        |       |       | "-"                 | 手待ち発生 |
| 法面整形 |        |       |       |                     | "+"   |

表-6 ロジックの例

| No | 項目     | 条件  | 結果          |
|----|--------|---|-------------|
| 1  | 喚起レベル  | 結果"+"事象または結果"-事象が連続して3回発生                               | 喚起レベル="注意"  |
|    |        | 結果"+"事象または結果"-事象が連続して4回発生                               | 喚起レベル="警告"  |
|    |        | 結果"+"事象または結果"-事象が発生                                     | 喚起レベル="警告"  |
| 2  | 稼働率レベル | 実績稼働率<54%   | 結果="不良"     |
|    |        | 74%>実績稼働率>=54%  | 結果="並"      |
|    |        | 85%>実績稼働率>=74%  | 結果="良"      |
|    |        | 実績稼働率>=85%  | 結果="良好"     |
| 3  | 達成度レベル | ワークパッケージ実績作業量>ワークパッケージ目標作業量                             | 結果="達成"     |
|    |        | 目標達成率>95%   | 結果="おおよそ達成" |
|    |        | 目標達成率>95%、かつ施工機械の実績歩掛り>施工機械の目標歩掛り、かつ作業員の実績歩掛り<作業員の目標歩掛り | 結果="部分的達成"  |
|    |        | 目標達成率<95%   | 結果="未達"     |

表-8 不具合事象と原因事象

|       |               |
|-------|---------------|
| 不具合事象 | 生産性の低下        |
|       | 工程の乱れ(アンバランス) |
|       | 工程の遅れ         |
|       | 危険インシデント      |
| 原因事象  | 作業能力不足        |
|       | 作業能力不均衡       |
|       | 作業手配不良        |
|       | 作業指示不備        |
|       | 自然条件          |

## 6. 施工情報管理システムの試作

これまでの研究成果に基づいて、施工情報管理システムの試作品を開発している。施工情報管理システムの基本画面構成を図-15に示す。施工情報管理システムは、グループウェア機能、ファイル管理機能に加えて、施工目標データ設定機能、工事打合せ支援機能（作業打合せ日誌および作業指示書）、作業時点での電子データ収集機能、施工プロファイル（管理諸表、施工プロファイル評価）機能などを持つ。管理諸表はExcelファイルで自動的に作成して保存する。ユーザは、ファイルリストペインに標示してあるメタデータのうち、

みたいファイルのメタデータを指示すると、HTML表示ペインに該当Excelファイルが表示される。施工プロファイル評価は前述した5つの視点から評価結果がみられる。

施工目標データ、作業計画データ、作業時点での収集される作業実績データを活用して施工プロファイル評価を行う。施工目標データ、作業計画データなどは、元請職員や下請職員が入力する。作業実績データは、作業時点でモバイル技術を利用して収集される。ここでは、オペレータや作業員がコンピュータと接することになる。彼らの情報リテラシの向上が望まれる。

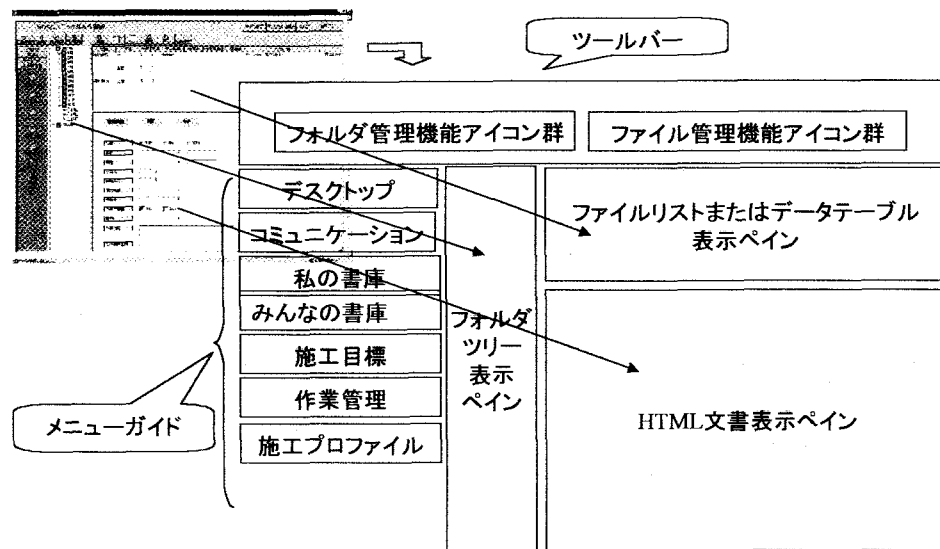


図-15 施工情報管理システムの基本画面

## 7. まとめと今後の課題

本論文では、情報化施工を支援する施工プロファイルの枠組みに関する研究のうち、事前調査研究、データ利活用を図るための枠組み、施工プロファイル評価のための汎用的な情報管理と処理の枠組み、施工情報管理システムの試作について報告した。

今後の課題として施工情報管理システム試作品の実証実験と改善を予定している。さらに、異なったシステム、異なった場所で生成されるデータと情報を知的財産として利活用するための有機的な情報管理と検索の枠組みについて研究する。

**謝辞：**事前調査研究の実施に際して、渡辺建設（株）の方々のご協力をいただき、貴重なデータおよび情報を得ることができました。厚く御礼申し上げます。

### 参考文献

1) Shigeomi Nishigaki, Jeanette Vavrin, Noriaki Kano, Toshiro Haga, John C. Kunz, and Kincho Law: "Humanware, Human

Error, and Hiyari-Hat: A Template of Unsafe Symptoms", the Journal of Construction Engineering and Management, ASCE, Vol. 120, No.2, pp412-442, June, 1994.

2) 西垣重臣: "建設業に特化したナレッジ&アプリケーション・サービス機能の研究並びにその試作品の開発と実証実験", 日本プロジェクトマネジメント・フォーラム, 2000. 6. 20

3) 杉山玄六: 情報化と建設機械、建設の機械化, No. 611, pp46-49, 2001年1月

4) 羽賀正和、渡邊洋: 油圧ショベル作業を支援する掘削機能、建設機械 464, Vol. 39, No. 1, pp19-22, 2003年10月

5) 屋内恭輔、安部隆明: XML スキーマ書法、(株)毎日コミュニケーションズ

6) 福井久志、(株)山根ドキュメンテーション(訳):XMLによるWebサイト構築技法、図書印刷(株)、2000年(Michael Floyd: Building Web Sites with XML, Prentices Hall, Inc., 2000)

7) 浜田真理(訳)、浜田光之(監訳): VBとASPでつくるXML、(株)ピアソン・エデュケーション、2001年(Mark Wilson, Tracy Wilson: XML Programming with VB and ASP, Manning Publications, Co., 2000)

8) John R. Josephson, Susan G. Josephson: Abductive Inference, Cambridge University Press, 1944

(2004.5.21受付)