

## XML 技術の情報化施工への応用

## Applying XML Technology to Collaborative and Intelligent Construction

西垣重臣\* 杉浦仁志\* 高村禎二\*\* 小倉弘\*\*\* 羽鳥佳二\*\*\*

Shigeomi Nishigaki Hitoshi Sugiura Teiji Takamura Hiroshi Ogura Keiji Hatori

## 1. はじめに

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。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、並びに発注者及び施工者の作業所及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。このエクストラネットでは、多様なアプリケーションが利用され、アプリケーション毎に異なった形式のデータが生成される。そのために、データの利活用を難しくしている(図1.1)。

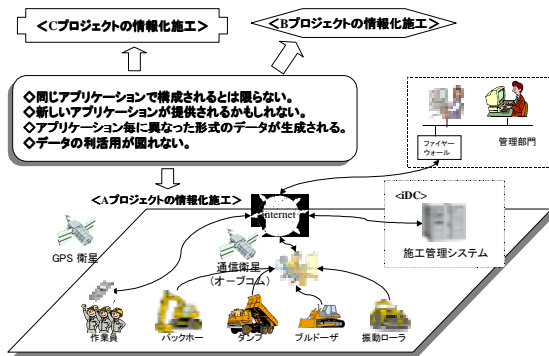


図 1.1: 問題

データ利活用を促進するために、XML 技術の情報化施工への応用研究を行っている。本論文では、つぎの事項について報告する。

- (1) 施工目標データ、機械施工データ等の XML インスタンスを自動生成して、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方法
- (2) 施工目標データと機械施工データに基づき、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

## 2. 関連する研究開発

本研究に関連する研究開発について以下に述べる。

- (1) 機械施工支援システム間のデータ交換技術に関する共同研究

<共同研究メンバ> 独立行政法人土木研究所、(株)大林組、日立建機(株)、(株)キック

\* (株)キック \*\*高知工科大学  
\*\*\*日立建機(株)

## &lt;概要&gt;

道路建設工事では油圧ショベル、ダンプトラック、ブルドーザ、振動ローラ等の建設機械が使用される。情報化施工では、これらの建設機械に計測システムを装着して、建設機械の位置、稼働等のデータを収集する。これらのデータの交換と2次利用を促進するためのデータ交換技術について平成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。

- (2) 施工管理システム c2mProfessional

<研究開発実施者> (株)キック

## &lt;概要&gt;

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 c2mProfessional (略称: c2mPro) の研究開発を行っている。建設現場のユーザはインターネット経由で本システムを利用できる。

- (3) 建設機械の稼働データをリアルタイムに収集し、稼働管理データを提供するシステム e-Service

<研究開発実施者> 日立建機(株)

## &lt;概要&gt;

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、建設機械の稼働位置、稼働時間、燃料残量等のデータをリアルタイムに収集し、稼働時間分析情報、点検情報等をインターネット経由でユーザに提供する。

本研究は、上記の研究開発と以下の点で関連する。

- (1) 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。土又は岩に関する掘削、積込、運搬、ダンプ、敷き均し、転圧、法面整形等の一連の施工プロセスを土工事と呼ぶ。
- (2) 本研究が目指す施工情報管理システムの核として c2mPro と e-Service を活用する。

## 3. 研究の題材

本研究が題材とする建設工事の種類と施工機械、そしてユースケースについて、以下に述べる。

## &lt;建設工事の種類&gt;

道路建設工事のうち土工事

## &lt;施工機械&gt;

油圧ショベル、ダンプトラック、振動ローラ

< 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（油圧ショベル、振動ローラの運転手）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。

4. データ利活用

4.1 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

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を業務経験及び現場ヒヤリングに基づいて抽出し、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4.1）。

つぎに、設計図面や施工計画書に記述されている計画データと、施工機械に装着されている計測システムから収集される施工データを組み合わせ、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下記のデータ項目に分類整理し、クラス図によりデータの構造を記述した。

- ・ 施工目標データ
- ・ 施工形状データ
- ・ 管理ブロックデータ
- ・ 作業打合せデータ

- ・ 作業指示データ
- ・ 施工機械稼働データ

そして、これらのデータ項目の要素名と属性、そしてデータ型を定義し、XMLスキーマを作成した。

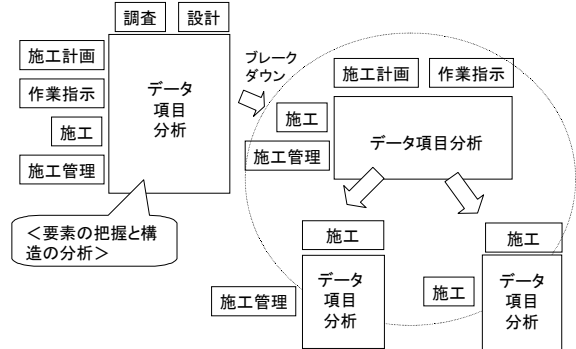


図 4.1: データ項目分析

表 4.1: データ項目表

大項目	中項目	小項目	細目
施工目標データ	工種		
	作業		
	工程		
	係数		
施工形状データ	測点番号		
	平面位置		
	高さ		
	中心ポイント		省略
	盛土法面		
	切土法面		
	管理ブロックデータ	管理ブロックサイズ	
	基準点座標		
作業打合せデータ			
作業指示データ	省略		
施工データ			

4.2 XML 技術の応用

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。

(1) 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。

(2) 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及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 ファイルを提供することで、データの利活用を図る。

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。

データ利活用のイメージを図 4.2 に示す。

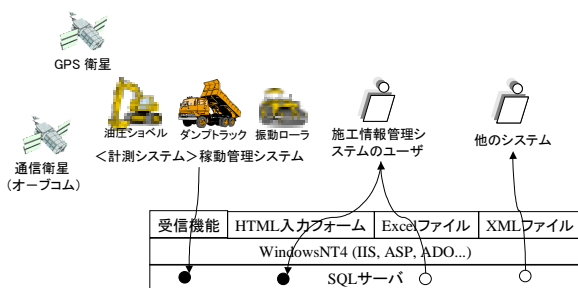


図 4.2: データ利活用のイメージ

### 5. 施工プロファイル評価の枠組み

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 5.1 に示す。

施工管理者が施工プロファイルを評価するときの視点(主観)を作業管理、工程管理、品質管理、安全管理とする。

本研究では道路建設工事のうち土工事を対象とし、掘削 積込 運搬 荷卸 転圧 法面整形等の一連の施工プロセスを想定している。土工事の施工プロファイルの要素を表 5.1 に示す。

施工プロファイル要素のデータから、つぎの特性値が導出される。

- ・掘削量、運搬量、締固め土量、整形面積等の作業実績量とそれぞれの平均値及び標準偏差
- ・達成目標に対する未達や過達等の事象発生有無
- ・サイクルタイム

不具合と原因に含める事象を表 5.2 に示す。

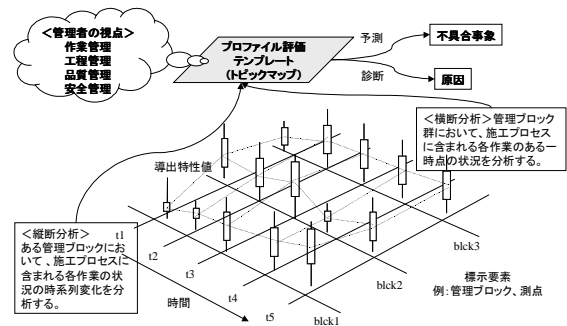


図 5.1: 施工プロファイル評価の枠組みのイメージ

表 5.1: 施工プロファイルの要素

制御要素	積込能力
	運搬能力
	ワークパッケージ当たり作業量
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)
	工程ベースライン
	施工層番号
	盛土材料名

表 5.2: 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
	手配不良
	作業指示不備
	自然条件

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、DOM 等で記述する。

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、施工プロファイル評価を行う(図5.2)。

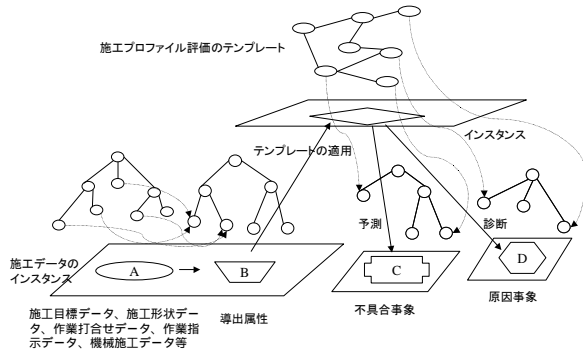


図 5.2: 施工プロファイル評価のイメージ

## 6. まとめと今後の課題

研究フェーズを、つぎの3つのフェーズに分ける(図6.1)。

- フェーズ 1 : 表現可能な枠組
- フェーズ 2 : 汎用的な情報管理と処理の枠組
- フェーズ 3 : 有機的な情報管理と検索の枠組

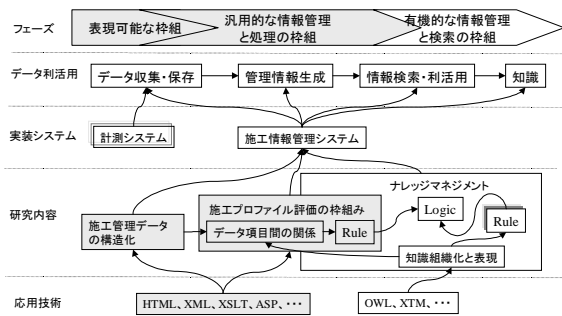


図 6.1: 研究フェーズ

本論文では、つぎの研究について報告した。

**フェーズ 1 : 表現可能な枠組**  
 施工目標データ、機械施工データ等のXMLインスタンスを自動生成して、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方法

**フェーズ 2 : 汎用的な情報管理と処理の枠組**  
 施工目標データと機械施工データに基づき、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

今後の課題をつぎに示す。

(1) 道路建設現場における実証実験の実施  
 §2 で述べた共同研究で予定されている実証実験の一つとして、本研究成果の実証実験を行う。本実証実験では、本研究成果を道路建設現場に実際に適用して、現実の活動体系からみた有効性と妥当性を検証する。

(2) 実証実験結果に基づいたさらなる改善と適用業務体系の提案  
 実証実験による検証結果に基づいて、施工情報管理システムを改善する。そして、施工情報管理システムを情報化施工に適用するための業務体系を提案する。

(2) 有機的な情報管理と検索の枠組(フェーズ 3)の研究  
 道路建設工事のうち土工事を対象とした施工管理に必要な知識の組織化と表現、そして活用方法について研究する。

## 参考文献

[1] Shigeomi Nishigaki, Yoshio Maruyama. "Control, monitoring and warning computerized system for a semi-automated sliding system of assembled roof," Proceedings on the 14th International Symposium on Automation and Robotics in Construction, pp. 199-205, 1997.  
 [2] Shigeomi Nishigaki, Yoshio Maruyama. "Current challenges in the application of agent theory to construction management in Innovative, Intelligent Field Factory," Proceedings on the 14th International Symposium on Automation and Robotics in Construction, pp. 148-153, 1997.  
 [3] 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  
 [4] Hitoshi Sugiura. "A Method of Plural Autonomous Dump Trucks in Heavy Construction Sites," Proceedings of the 11th International Symposium on Automation and Robotics in Construction(ISARC), pp. 503-510, 1994.