

## V-1 IT技術を活用した情報化施工技術の開発

研究予算：運営費交付金(一般勘定)

研究期間：平14～平16

担当チーム：先端技術チーム

研究担当者：吉田 正 (H14～H16)、平下浩史  
(H14～H15)、山元 弘 (H16)  
亀井 敏行 (H16)

### 【要旨】

土木工事の出来形・品質管理等の施工管理や監督検査、機械施工の効率化・高度化を目的として、施工段階においても情報技術の活用が取り組まれているが、一般の工事において電子データを活用するには情報連携・共有の問題があり、実用化には未だ遠い状況にあり、設計や維持管理段階との連携を考慮しつつ、工事施工段階における工事情報の連携・共有を可能とする手法が求められている。

また、情報化施工にかかる国際標準化 (ISO/TC 127) に向け、日本における工事の進め方に適した標準化が行われるように、積極的な取組が求められている。

本研究では、工事情報の連携・共有を図るため、機械施工に着目し、施工者が取り扱う工事情報の標準化を検討し、管理・交換・利用ルールの提案を行うものである。

キーワード：機械施工、標準化、ISO、データモデル

### 1. はじめに

近年のITの進展、CALS/ECの取り組みにより、土木工事の現場においても施工情報の電子化や施工情報を用いた施工支援システムの開発導入事例が見られる。これらは情報化施工と呼ばれ、施工管理や監督検査、機械施工や積算等に至るまで効率・高度化が期待されている。一方、これまで施工現場に導入された情報化施工システムは、各社各様に開発されているため各システム間の施工情報の交換・共有を実現するのは容易ではない。したがって、システムの導入効果は現場及びシステム単位で完結しており、便益が薄く、他現場や他業務への相乗効果が生まれず十分なシステム活用がされていない。本研究は、CALS/ECの目指す、調査・設計から施工・維持管理の各事業間の情報交換の実現を念頭に、異なったシステムの間における情報(データ)交換を実現するための技術に関して、機械施工で取り扱う施工情報に着目してとりまとめた。

### 2. 検討内容

本研究のフローを図-1に示す。各項目についての研究内容は下記の通りである。

#### 2.1 建設機械に係わる施工情報の分析(H14)

##### 2.1.1 サービス内容の検討

データ交換を行うことにより機械施工の高度化を図

れるサービスを想定し、近年のうちに実現が可能な具体的なサービスを検討した。

検討に当たり、既存の機械施工管理(情報化施工)システムの中で、最も開発事例が多く、今後異なるシステム(メーカ)間のデータ交換のニーズが期待される工種として土工の盛土を検討の対象として行った。

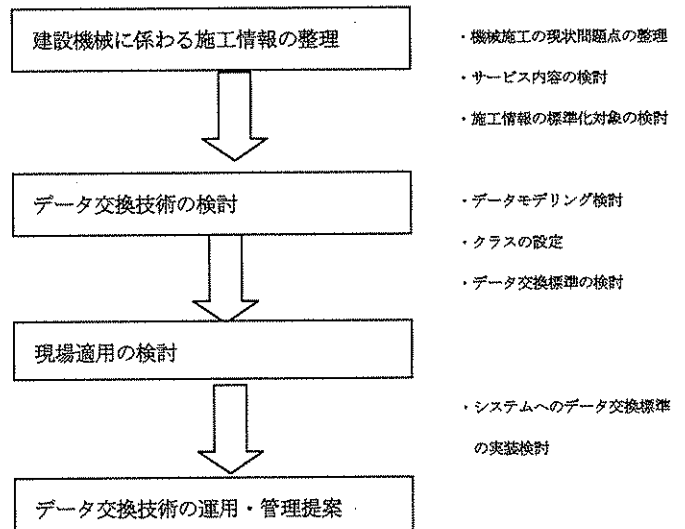


図-1 本研究フロー

### (1) 現状の問題点の整理

現状の土工での盛土施工現場において行われている機械施工での問題点について、実際の作業現場にて請負者と下請けのオペレータにヒアリング調査を行い、以下の結論を得た。

①オペレータの技量により施工の指示内容に差がある。

→施工の目的（どこをどのように施工するか）の意思統一が必要である。

②敷均し厚さ及び転圧回数を最適に管理したい（敷均しの出来映えを向上し、均一な施工を実施させたい）。

→オペレータに施工中の目的物の状態を把握させることが必要である。

→施工管理者に施工後の目的物の状態を把握させることが必要である。

③オペレータの技量差を補いたい。

→オペレータに施工機械の状態を把握できるようにする。

### (2) サービス内容の提案

上記、ヒアリング等による現状の問題点から改善すべき項目を情報化施工技術を用いて提供できるサービス内容として提案した。

表 1 盛土の締固め、敷均しサービス

サービス名	概要
締固め、敷均し作業位置提供サービス	建設機械に設置された TS・GPS より位置座標を取得し、車載モニタにローラの位置を表示する。
締固め、敷均し高さ提供サービス	建設機械に設置された座標取得装置により、ローラ下面の座標を取得し、オペレータに敷均し機械通過後の敷均し高さとして提供する。
締固め品質提供サービス	ローラに設置された座標取得装置により、オペレータに締固め機械通過地点の転圧回数として提供する。

#### 2.1.2 施工情報の標準化対象の検討

現状分析、ヒアリングの結果から、盛土施工での今後、対象とすべきサービス内容を検討したが、サービスを実現する場合のシステム及び建設機械とその間でやりとりされるデータ項目についての概略を図-2に示す。

施工現場に情報化施工支援システムを導入した場合の施工形態については、発注者、請負業者（施工業者）、オペレーションシステム、建設機械、測量機器の主体

で構成され、これらの各主体間で情報交換が行われる図-2のモデルの矢印部で表すことができると考えられる。

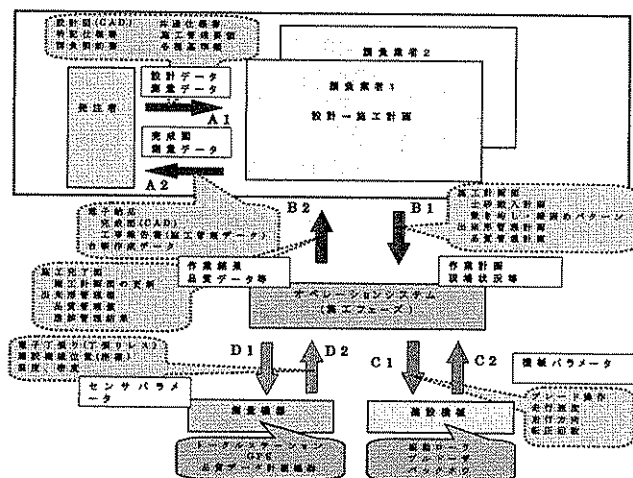


図 2 施工支援システム間での情報交換

発注者と施工業者間 (A1、A2) は、工事施工全体に関する情報である図面、要領・基準、品質・出来形成果が受け渡される。ここでの情報交換は CALS/EC の取り組みにより A2 は電子化が義務付けられつつあり、A1 も現状は紙情報での交換ではあるが次第に電子情報での交換への見通しがある。

既存の情報化施工支援システムは、主に施工会社あるいは建設機械メーカー等が主体となって開発されたシステムである。今後の開発に際しても、発注者が A1、A2 について要領・基準を制定するなどの要求を出しても、施工現場の施工支援システムでどのような情報をどのように交換するかは開発主体である施工業者あるいは建設機械メーカーそれぞれで可能な範囲に限られることになり、十分なデータ交換が出来なくなることが危惧される。

そこで、本研究では、CALS/EC で検討されている A1、A2 の動向を念頭に置きつつ、施工業者とオペレーションシステム間 (B1、B2)、オペレーションシステムと建設機械間 (C1、C2)、オペレーションシステムと測量機器間 (D1、D2) の範囲のデータ交換を対象として検討する。

#### 2.2 データ交換技術の検討 (H15)

##### 2.2.1 データモデリングの検討

前年度に検討したサービス及び標準化の対象項目から異なるシステム間 (発注者、施工者、重機システム) でデータ交換されるデータに注目してモデリングを行った。

尚、システムの機能のモデル化に当たっては UML を使用した。

(1) データの項目の抽出

データのモデル化の前提として盛土の締固め及び敷均しの施工サービスからデータ項目の抽出を行った。

表-2 データの項目の抽出

1	作業日	2	指示者名	3	オペレータ名
4	施工範囲軸方向起点	5	施工範囲軸方向終点	6	施工範囲 (左右)
7	勾配	8	機器名	9	型式
10	シリアル番号	11	諸元	12	メッシュ番号
13	前後進	14	移動経路	15	日時
16	標高	17	装置位置	18	機械位置
19	機械の向き				
20	締固め高さ	21	締固め目標高さ	22	締固め高さの差
23	敷均し高さ	24	敷均し目標高さ	25	敷均し高さの差
26	敷均し厚さ	27	敷均し目標厚さ	28	一定範囲の障害物の有無
29	走行速度	30	締固め作業時間	31	敷均し作業時間
32	材料状態				

- ※ 網掛無：締固めおよび敷均しの想定サービス共通の属性
- ※ 赤色網掛：締固めに関する想定サービス固有のデータ項目
- ※ 黄色網掛：敷均しに関する想定サービス固有のデータ項目
- ※ 灰色網掛：締固めおよび敷均しの将来サービスに関わるデータ項目

(2) クラスの設定

先に抽出したデータ項目について、それぞれが有する性質について類似の項目毎に取り纏め、グループ化することにより、データモデルを構成する各クラス及び含まれるデータ項目 (クラス属性) を設定した。

表-3 クラスの設定

クラス	データ項目 (クラス属性)	クラス	データ項目 (クラス属性)
1	工事基本データ (BasicProjectData)	5	作業結果データ (AsbuildData)
	作業日、指示者名、オペレータ名、施工範囲軸方向 (起点、終点)、施工範囲 (左右)、勾配		締固め高さ、締固め品質、敷均し高さ、敷均し厚さ

2	機器基本情報 (BasicMachineryData)	6	建設機械稼働記録 (MachineryRunningRecord)
	機器名、型式、シリアル番号、諸元、ローラ幅、ブレード幅、起振力		作業日、オペレータ名、締固め作業時間、敷均し作業時間
3	作業目標データ (TargetData)	7	建設機械稼働状態 (MachineryRunningCondition)
	締固め目標 (高さ、品質)、敷均し目標 (高さ、厚さ)		前後進、起振 (ON/OFF)、ブレード位置、走行速度
4	判定データ (ConstructionCheckingData)	8	計測データ (MeasurementData)
	品質判定結果、締固め高さ目標高さの差、締均し高さ目標高さの差		日時、標高、装置位置、機械位置、機械の向き

(3) データ辞書

データ辞書は、データ交換を実現するために標準化の対象となるデータ自体の属性を明確にするものである。データ辞書の構成は、クラス属性に収納されるデータ項目の意味の要素 (データエレメント) を単位として分解して表に収納した DataElementTable と各データエレメントで共有可能な値の領域と表現 (バリュードメイン) を、値域を単位として分解して表に収納した ValueDomainTable の2表にて作成した。バリュードメインを独立した表としたのは、定義の重複を避けるためであり、また表の管理も容易になるためである。

表-4 データ辞書の構成例

【データ辞書: ①Data element table】 (ISO11179の管理方法を利用して整理)				【データ辞書: ②Value Domain table】 (ISO11179の管理方法を利用して整理)			
クラス名	データ要素名	定義	値域名	表現形式	値域名	フォーマット	値の選別法
工事基本データ				計量値			
作業目標データ				コード	座標系 ID1	途中省略	1.WGS84, 2.公共座標系, 3.施工現場ローカル座標系
機械作業状態	機械作業日時1	機械作業のデータ列に付加する日時	途中省略	日時1		YYYYMMDDhhmmss	未適用
	現場座標系ID1	施工現場で使用する座標系のユニークなID	座標系 ID1	日時1		-----	
	機械作業3次元座標1	機械の作業位置を表す緯度、経度、標高の情報を持つ3次元座標	3次元座標1	テキスト	実数値1	±DDMMSS.SSSSS±DDDMMSS.SSSSS±mmmm/	未適用
				図式表現	3次元座標1		

#### (4) 応用スキーマ

データ交換を行う場合には各データの属性について

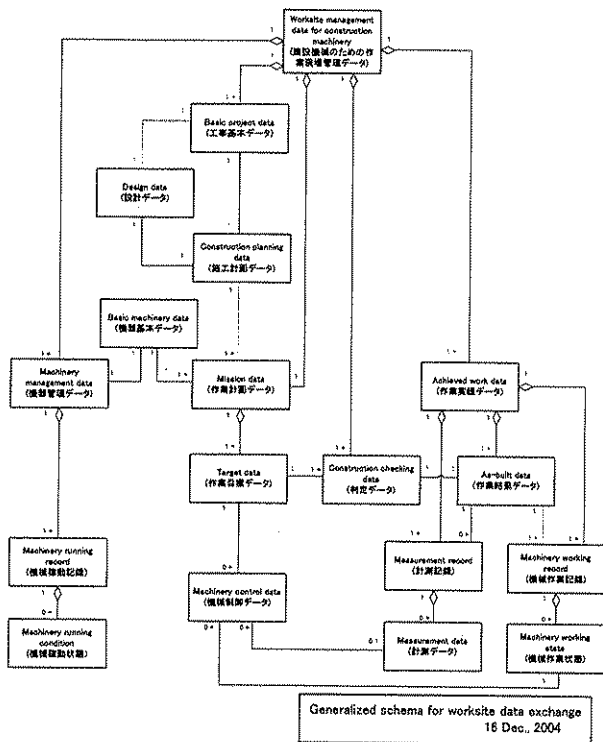


図-4 応用スキーマ (データ構造)

相互の関係について決定する必要がある。応用スキーマは各データのクラスの関連性を可視化するものであり、今回の研究ではUMLのクラス図にて記述を行った。

### 2.3 現場適用の検討 (H16)

#### 2.3.1 実装手法の検討

通常、別々に構築されたシステムは各々の独自ルールによるデータ構造を有しているため、これらのシステム間でデータ交換を行うには、相互の違いを整理して、相手のシステムの形式にデータを変換する必要がある。

しかし、多数のシステム間でのデータ交換を考えた場合、システムの数に応じた組み合わせの変換が発生するため、非常に煩雑である。

このため、標準ルールを定めて、標準ルールと自システム間のデータ変換方法を準備しておけば、他のシステムとのデータ交換が容易となる。これがデータ交換標準である。(図5参照)

今回の実装方法は、ドーザやローラが独自ルールで蓄積管理している情報(独自のデータ構造)をSIS(サイトインフォメーションシ

ステム:施工情報管理システム、図-2中ではオペレーションシステムに該当)に送信する際、データ交換標準に変換する手法を採用した。

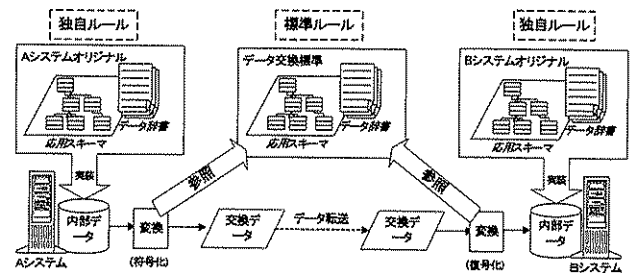


図-5 データ交換標準を用いたデータ交換イメージ

前年度、検討した応用スキーマとデータ辞書を現場のシステムへの実装手法の検討を行った。実装手法の検討は以下の条件を考慮した上でXMLに決定した。実装用XMLインスタンス抜粋を図-6に示す。

- 1) 応用スキーマで提案しているデータ構造の関連性が再現出来ること。
- 2) 特定のシステムに依存しないこと。(標準化の観点から)
- 3) プログラムされた言語の意味とデータ構造を人間が理解出来ること。

```
<?xml version="1.0" encoding="UTF-8" ?>
<CmdeXML xsi:noNamespaceSchemaLocation="C:\Program
Files\LandDesktop3\oitasys\CmdeXML02.xsd"
xmlns:xsi="http://www.w3.org/2001/XMLSchema-instance">
<ProjectInfo>
<ConstructionName>oita</ConstructionName>
<SubContractor>oita</SubContractor>
<ConstructionPeriodFrom>2004/09/01</ConstructionPeriodFrom>
<ConstructionPeriodTo>2004/09/30</ConstructionPeriodTo>
<ConstructionAreaFrom sta="347" Offset="0" Increment="0" />
<ConstructionAreaTo sta="379" Offset="0" Increment="0" />
</ProjectInfo>
<UsedMachineInfo>
<Machine MachineID="1">
<LocalMachineName>ブル数均し用</LocalMachineName>
<TypeOfMachine>ブルドーザー</TypeOfMachine>
</Machine MachineID="1">
</UsedMachinInfo>
```

図-6 実験用XMLインスタンス抜粋

### 2.3.2 データ交換技術の検証

今回、開発したデータ交換技術を現場システムに導入し北陸・九州地方整備局の2箇所の盛土施工現場にて実証実験を行った。図-7に現場に導入した機器とシステム構成を示す。

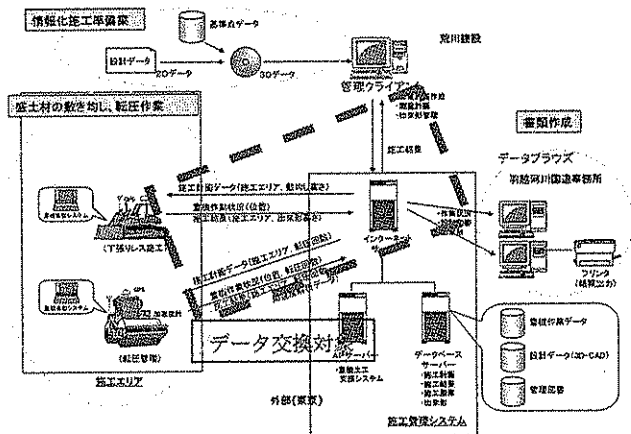


図-7 実験用機器及びシステム構成

### 2.3.3 実証実験の概要

本実証実験は、盛土施工を対象に、以下の2つのケースでデータ交換が可能であるかの検証を実施した。

- ・ SIS (施工管理システム) とプロジェクト管理システムなどの他のソフトウェアとのデータ交換
- ・ SIS (施工管理システム) と計測機器や建設機械とのデータ交換

### 2.3.4 実証実験内容

1) SIS とプロジェクト管理システムなどの他のソフトウェアとのデータ交換 (図-2中のB相当)

①A システムは、A システム独自の施工管理システムから、今回取りきめた実証実験交換手続き (XML スキーマ) を参照して、実証実験 XML データを作成する。

②B システムは、実証実験 XML データを取得する。

③取得した実証実験 XML データを実証実験交換手順を参考に、B システム独自の施工管理システムに利用できるデータ形式に変換する。

#### ・結果

B システム独自の施工管理システムにおいて、A システムが作成した XML データを利用して、実証実験交換手順を利用してデータの復元が可能であり (図 8、9 参照) データ交換標準が機能することが確認された。

2) SIS と計測機器や建設機械とのデータ交換 (図-2中C相当)

①建設機械 (振動ローラ、ブルドーザ) に搭載された情報機器 (本実験では PC を利用) は、情報化施工

に必要な情報を蓄積する。

②蓄積された情報は、オリジナルのソフトウェアを利

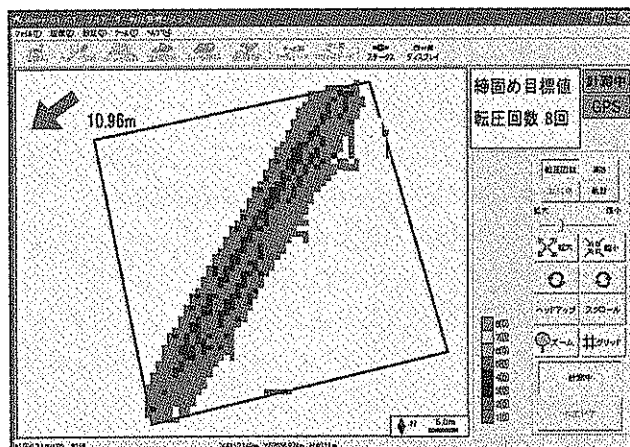


図-8 Aシステムでの施工画面

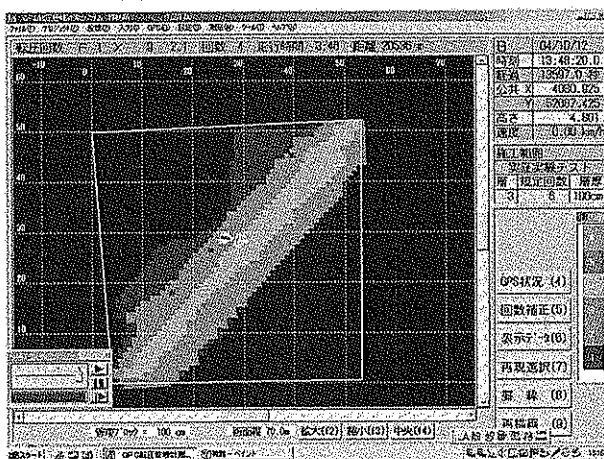


図-9 Bシステムでデータを復元した画面

用し、一定時間時間ごとに、無線 LAN を通じて、インターネット上の SIS に情報を送信する。

③インターネット上の SIS は、送信された情報を受け取り、データベースに整理する。

#### ・結果

建設機械が作成した独自のデータを利用して、SIS において、実証実験交換手順を利用してデータの復元が可能であり。(図 10 参照) データ交換標準が機能することが確認された。

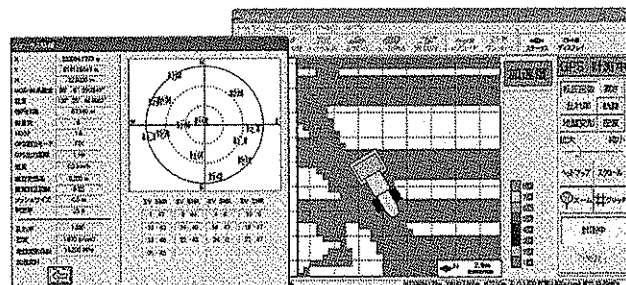


図-10 施工管理システム上で確認されたデータ

### 3. まとめ

本研究では、工事情報の連帯・共有を図るため、機械施工に着目し、施工者が取り扱う工事情報の標準化を検討し、管理・交換・利用ルールを提案を行った。

1) 主な内容は以下の通りである。

①機械施工の有効なサービスについて、データモデルの構築を行い、オブジェクト指向と普遍性から、UML(Unified Modeling Language)で記述した。

②データ交換標準(案)は、データモデルのうち特にデータ構造(応用スキーマ、クラス図)を明確にして、辞書と組み合わせるものとした。(図-11参照)

③データ交換標準(案)を、XML(eXtensible Markup Language)でシステム実装し、異なるシステム間でのデータの交換及び共有が可能であることを検証し、標準が機能すること、データ構造の妥当性を確認した。

2) 標準の追加登録・保守管理、現場特有のデータ項目の追加・拡張への対応は以下の通りである。

①データ辞書は、データ項目の辞書とデータのとりうる値の辞書を別々に管理する。(図-11参照)

②データ辞書は、複数のデータ項目を組み合わせる方法として、ISO/IEC11179(メタデータ登録簿) 導出規則を適用可能とする。(図-11参照)

今回の研究結果による知見は、ISO/TC127(土工機械)の情報化施工に関わる ISO15143 原案に反映させており、今後の規格化に向け努力を続ける所存である。

今後、今回例とした盛土工以外への標準の拡張の現実的な手法の検討、図-11に示す「作業現場データ辞書」の現実的な実装標準の検討を進めるべきであり、施工現場で情報化技術を生かせる「施工現場の情報モデル」が要請されていると考えている。

### 謝辞

本研究にあたり、共同研究に参画された各社・関係者、(社)日本建設機械化協会 ISO/TC127/WG2 関係者、また実証実験現場を提供いただいた北陸地整及び九州地整、現場関係者、その他の方々に感謝の意を表す。

### 参考文献

- 1) 平下浩史：土木機械施工情報の共有利用のためのデータモデル構築に関する一考察：土木学会関東支部第31回技術研究発表会
- 2) 平下浩史：建設機械に係わる土木施工情報のモデル構築の検討：土木学会関東支部第30回技術研究発表会

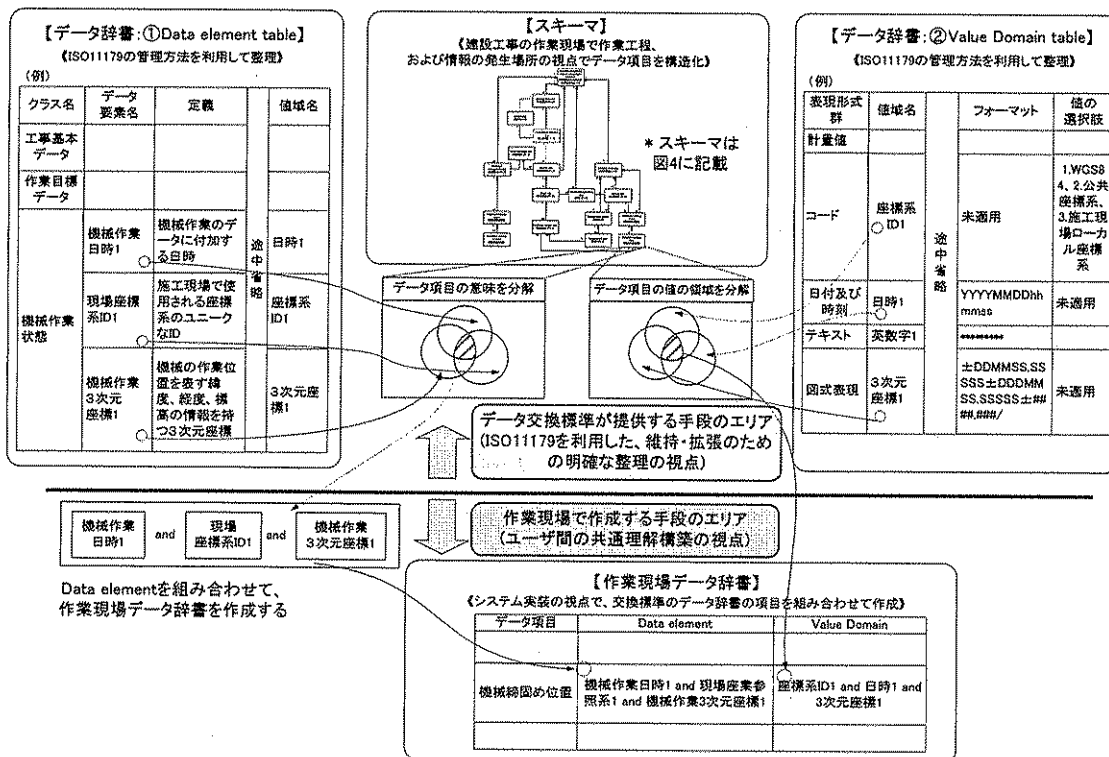


図-11 データ交換技術の利用方法