

- 6 機械施工に係わるデータ交換標準構築手段に関する研究開発

Research and Development of a Method of Constructing Data Exchange Standards for Machine Construction

大山敦郎¹・山元 弘²・亀井敏行³・南 佳孝⁴

Atsuro Oyama, Hiroshi Yamamoto, Toshiyuki Kamei, and Yoshitaka Minami

抄録： 施工現場において、情報化施工として施工情報の電子化と活用が進められている。また、それに伴うデータの標準化活動が実施されつつある。一方で、交換データの意味を齟齬なく理解するため、データ要素毎に明確な定義が与えられる必要があるが、標準的な記述手段が示されていない。将来のデータの拡張性や継続性を担保するためには、データ要素の定義情報が永続的に運用できる形で記述される必要がある。本研究では、データ交換標準としてデータフォーマットに加えてデータ定義手段である情報モデルとデータ辞書による運用を提案した。また、データの定義手段である情報モデルとデータ辞書について、機械施工を対象に国内標準や現場標準に利用できる汎用的な形式の開発を行った。

Abstract: Progress has been made in the use of execution information in electronic form as part of computerized execution at construction sites. And this progress is being accompanied by data standardization activities. In order for the meaning of exchanged data to be understood without contradiction, each data element must be clearly defined, but a standard description method has not been established. In order to guarantee the future expandability and sustainability of data, definitions of data elements must be described in a form that permits their continued use. This research proposed operation based on an information model and a data dictionary that are data definition methods in addition to a data format as data exchange standards. The information model and the data dictionary that are data definition methods were developed in general purpose format that can be used as a domestic standard and work site standard for machine construction.

キーワード： 機械施工、情報化施工、CALS/EC、データ交換標準、データ辞書、メタデータ登録簿

Keywords : Machine construction, Information integrated construction, CALS/EC, Data exchange standard, Data dictionary, Meta data registry

1. はじめに

近年の情報技術の進展により、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建設施工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¹⁾と呼ばれ、建設施工に情報技術を適用し、CALS/ECの取り組みと連携することで施工に関連する電子情報の活用を実現し、施工管理や監督検査、機械施工や積算等に至るまで施工全体として生産性と品質の向上を図る建設生産システムである。

一方、情報化施工で導入されるシステムは各社各様に開発されている。情報化施工の導入効果は現場及びシステム単位で完結しており、各システム間で施工情報の共有・連携を実現するのは容易ではない。そのため他現場や他業務への再利用等による相乗効果を得られていない。これら現況の改善策としてデータ交換を行うための標準ルールを予め定め、システム独自の内部データと標準

ルール間の変換方法を整備する手法がある。データ交換が容易になれば、複数システム間の情報連携は容易になると考えられる。

そこで筆者らは、情報化施工で大きな役割を担う機械施工を対象に、異なったシステム間のデータ交換を実現するための手段に関して研究を実施してきた。本研究では、永続的なデータ互換性維持と拡張可能なデータ定義手段として、汎用性が高く、かつ標準的に利用できる情報モデルとデータ辞書の整備を目指した。

情報モデルとデータ辞書が各様な形式で整備された場合は、情報伝達が煩雑となる可能性がある。そこで、広く標準化効果を得るため本研究の成果を、(社)日本建設機械化協会 ISO/TC127 土工機械委員会情報化機械土工分科会における標準化活動において現在審議中の ISO/CD 15143 (Earth-moving machinery and mobile road construction machinery – Worksite data exchange) (以後 ISO15143 とする) に提案している。

1 : 正会員 (独) 土木研究所 技術推進本部 先端技術チーム

(〒305-8516 茨城県つくば市南原1番地6号, Tel : 029-879-6757 E-mail : ooyama55@pwri.go.jp)

2 : 正会員 (独) 土木研究所 技術推進本部 先端技術チーム (E-mail : h-yamamo@pwri.go.jp)

3 : 非会員 本州四国連絡高速道路 (株) 坂出管理センター 施設課

(〒762-0025, Tel : 0877-45-5551 E-mail : toshiyuki-kamei@jb-honshi.co.jp)

4 : 正会員 (独) 土木研究所 技術推進本部 先端技術チーム (E-mail : minami55@pwri.go.jp)

2. 研究の背景

(1) 情報化施工におけるデータ交換の位置付け

情報化施工は、観測施工や機械化施工、建設ロボットの活用を含めた施工全般を対象とし、図一1に示すような複数の要素技術と基盤の組み合わせにより実現される施工技術である。情報化施工が効果を発揮するためには、要素技術の円滑な連携で効果が発揮される。このような円滑な連携を実現するための基盤がデータ交換標準である。

(2) データ交換における標準化の課題

現状の情報化施工で利用されているシステムは、それぞれの利用用途に個別に最適化されてデータが運用されている。このため現状では、データ交換を行うために、システムの数に応じたデータ変換作業が必要であり、情報の共有・連携は困難である。また、過去のデータの再利用が保証できない状態にある。

現在、行政機関及び関連団体等で、異なるシステム間でデータを共有・連携するために、データフォーマットを中心とした標準化活動が実施されつつある。しかしながら、標準で示されるデータ定義方法は現状では多様であり、定義の不足により正確な意味の伝達が困難なケースが発生する可能性がある。また、データフォーマットのみを標準化した場合は、標準拡張の際に、データコンバータ更新のために膨大なデータ定義の整合作業が必要になる可能性がある。

対応策として筆者らは、情報モデルとデータ辞書により、データフォーマットの情報の最小単位であるデータ要素にデータの意味と表現の定義を与える手段を整備することで既存の標準化活動を補完することとした。次章より内容を述べる。

3. 情報モデルとデータ辞書による情報管理

データフォーマットを変換する際には、形式知または暗黙知によりデータ定義が照合される。筆者らはデータ要素の定義について必要な情報を形式知とするために、デー

タフォーマットに含まれるデータ要素の相互関係を UML 表記法で表現した情報モデルと、データ要素の定義を表現形式で記載したデータ辞書の標準的な形を検討した。これら手段の選定に当たっては人間がデータ定義をソフトウェアとデータフォーマットに依存しないで直接読み取れることを考慮した。

データ辞書は暗黙知として扱われてきた部分の定義についても一覧に纏めることで、データの形式知化や検索の容易化の効果が期待できる。これら手段は既存の標準化活動を阻害せずに、現在標準化活動の中心となっているデータフォーマットに明確な定義を与えることができる。また、表で作成されたデータ辞書は、必要なデータ要素を追加することで拡張ができ、過去のデータ要素も含めて、継続性のあるデータ運用を可能にする。

なお、本研究で検討した情報モデルとデータ辞書はデータ交換手段の中で OSI 基本参照モデル²⁾の第7層アプリケーション層に相当する。第6層プレゼンテーション層に相当するデータフォーマットについては、既存の標準化活動を阻害しないように配慮して本研究の定義手段との相互関係を示すに留めた。また、第5層セッション層以下の物理的な通信手段等については、実装の形態や対象により様々であり、既存の情報通信標準を利用できるため今回の検討では範囲外とした。

本研究はシステム内部のデータ保有内容を拘束するものではなく、データ交換を行う際に標準的な定義を持つデータ出力を可能とすることが主眼である。

4. 国際標準化の背景と効果

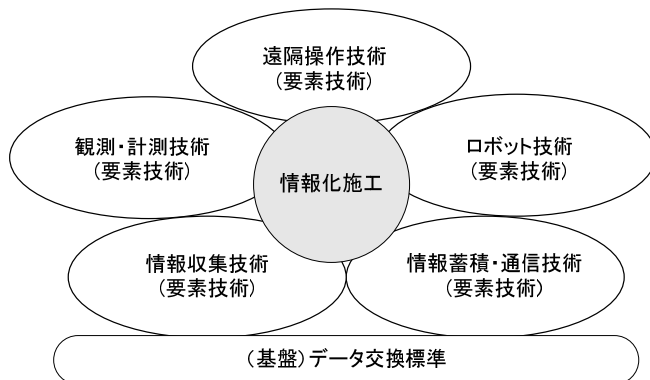
我が国は WTO 協定に含まれる TBT 協定³⁾が適用されており国際規格を遵守する義務がある。政府調達が大きな割合を占める土木事業において、日本の公共事業の仕組みが国際規格に反映されていることが望ましい。国内標準のみ整備した場合には、後で整備された国際標準に国内標準が大きな変更を求められる可能性がある。よって、情報化施工で大きな役割を担う機械施工のデータ定義手段が国際標準として日本の土木工事を前提に作成されることには意義があると考えられる。よって本研究成果を国際標準化活動に提案を行っている。

5. 研究対象とするデータ交換

土木施工で取り扱う施工情報交換の実態分析⁴⁾により、施工情報を図一2のように分類できる。

情報化施工の情報交換は主に発注者、請負業者、施工情報システム、建設機械、測量機器の間で行われ、図一2の矢印で表される。

発注者と請負業者間(A1, A2)の情報交換は、CALS/EC の電子納品の取り組みの中で、電子情報での



図一1 情報化施工の要素技術と基盤

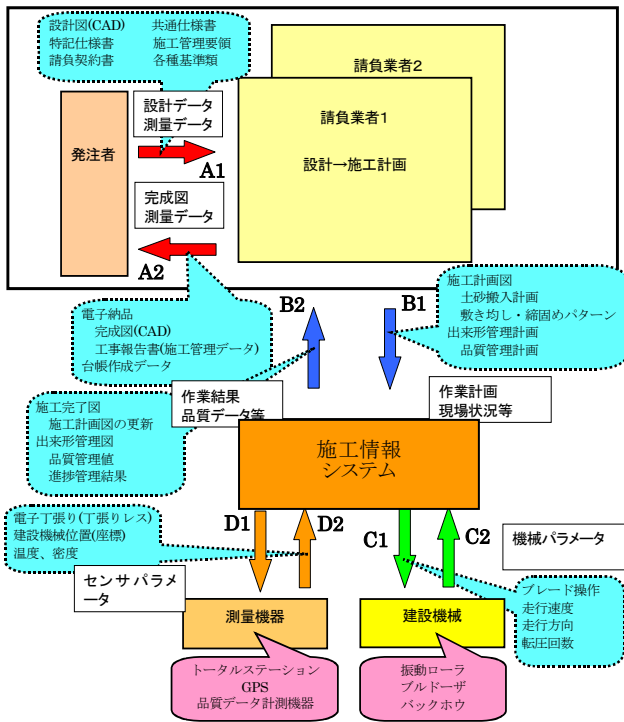


図-2 機械施工現場のデータ交換

受け渡しが具体化しつつある。一方で、施工現場における建設施工システムは、主に請負業者あるいは建設機械メーカーが主体となり、施工現場毎に構築されている。そのため、データ項目の定義・表記の差違により、異なるシステム間でのデータ交換は容易でない。

そこで、本研究での検討対象とする情報は、施工現場に設置される施工情報システムを主体とする請負業者と施工情報システム間(B1, B2)、施工情報システムとセンサー情報が発生する建設機械及び測量機器との間(C1, C2, D1, D2)で交換される情報である。なお、対象とする施工機械はISO/TC127が定める土工機械(ドーザ, ローザ等)である。

6. 標準的なデータ交換実現による効果

製造業においては部品、設計、及び作業等の標準化が取り組まれ、直接効果として購買単価低減等、間接効果として汎用化による品質確保やノウハウの継承等の大きな効果を上げている。土木構造物は現場毎に条件が異なるため一品生産となるケースが多く、構造物部品のモジュール化による生産効率化には限界がある。一方で施工情報の双方向化(コンカレントエンジニアリングの適用)された共有により、土木施工の戦略的全体最適化を可能とする情報システムは、一部の大規模工事で効果を発揮⁵⁾している。よって建設施工の執行判断に不可欠な施工情報を標準化することで、システム普及に伴い施工効率化が期待できる。また、建設機械等から発生するセンサーデータ

を自動記録することで品質保証の資料として活用することもできる。

現在、施工情報システムに関して交換データが標準化されていないため、単一の現場を対象にシステムが構築されている。各社の保有するシステム連携は容易ではなく、システムの転用が難しい。このためシステムの初期投資を負担できる大規模現場にのみ導入が行われている。

筆者らの試行検討⁶⁾においては、標準化された設計情報を施工の各工程で流通させ、丁張り設置、機械施工、出来形管理などに用いることで、小規模な道路工事(盛土工・舗装工)において情報化施工を適用した管理は、従来施工に対して約30%の時間短縮効果が試算できた。

情報化施工において施工情報の標準化が進むことで、特定の機器に依存しない共通機能の提供や情報の入出力環境が整備される。これにより様々なメーカーの建設機械や測量機器、及び施工管理に係わるシステムが持つ情報を容易に受け渡し再利用できる。これにより異なる機種間、異なる工程間、異なる施工現場間等で保有している情報が容易に視えるようになり、作業の効率化に貢献すると共に、標準化によるシステムの普及促進が期待できる。標準化により建設事業の関係者に期待できるメリットは次の通りである。

(1) 請負業者のメリット

請負業者においては、施工の効率化、高度化により工事の進捗速度の向上や、施工情報の一元管理による施工管理の高度化が期待できる。また、システム及び機器の調達コストを低減できる。そして、オペレータは施工情報による機械操作支援を受けることで、安全確認に注力できる。

(2) 発注者のメリット

請負業者とのWebカメラ・情報共有システムの活用等による情報共有の活用により監督検査の効率化、正確な施工品質把握のツール等を手に入れることができる。また、事業のスピードアップによる事業効果の早期発現や工事損失の低減を受益者である国民に提供することができる。

(3) 機械メーカーのメリット

メーカーにおいては、情報化施工の普及により新たな情報付加価値を持つ高度な建設機械及びシステムへの需要喚起が期待できる一方で、システム及び機器の開発・生産コストを低減できる。また標準化された情報を組み合わせた、より高度なシステムの開発が容易になる。

7. データ交換標準の構成の提案

交換データは、一般に分類や階層を持つデータ要素から構成され、施工現場のニーズの変化により拡張が求められる。よって、データ交換標準は、標準となるデータフォーマットのみでは拡張手続きが明確にならない可能性がある。データフォーマットの上位に、データフォーマットに含まれ

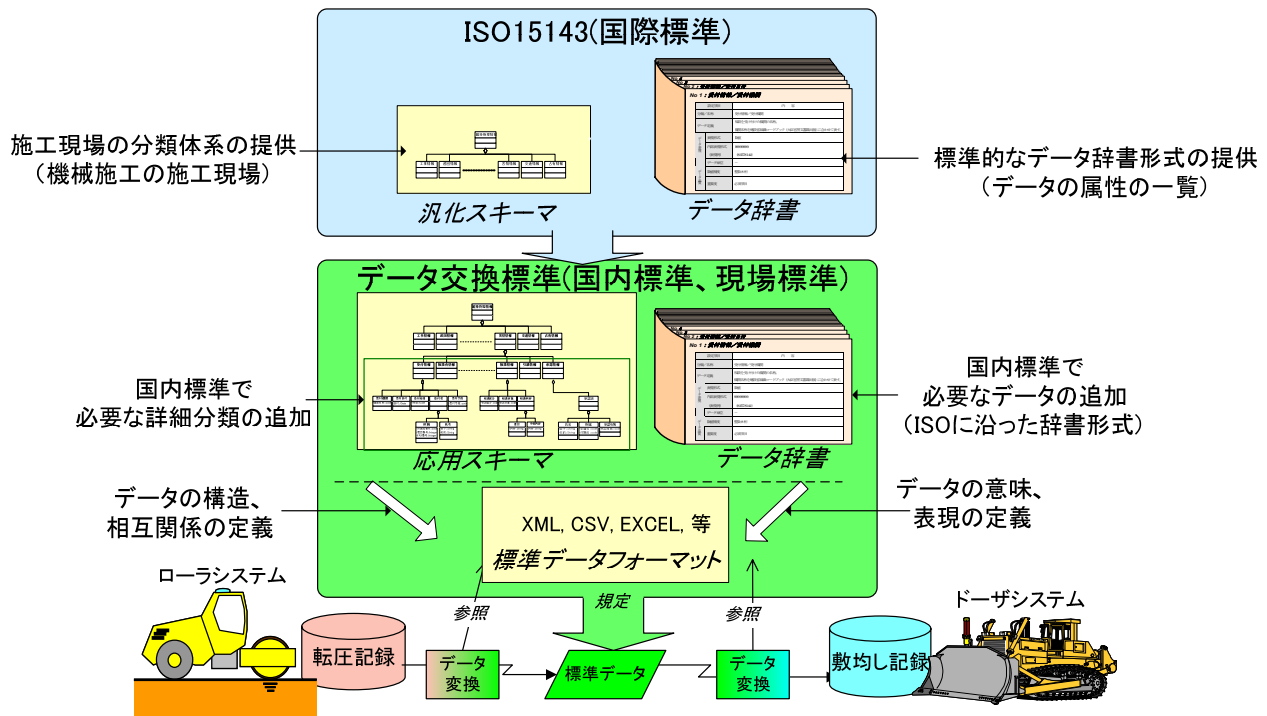


図-3 データ交換標準の構成と国際標準との関係

るデータ要素の分類・階層構造やデータ相互間の関係を示した情報モデルと、データ要素の定義が記述されたデータ辞書が必要である。

筆者らは、情報定義手段である情報モデルとデータ辞書についても各様な乱立を未然に防ぐために標準的な共通の指針が必要となると考え、それらの汎用的な形式について研究開発に当たった。図-3にデータ交換標準の構成、及び指針となる国際標準の関係について示し、次節よりデータ交換標準の構成と標準に対する指針の位置付けについて述べる。

(1) データ交換標準の構成

データ管理や流通の視点から、一度施工現場で取得したデータの再利用を可能にするために、データフォーマットはデータ要素単位でデータ辞書と対応が図れること、データ要素単位で情報の抽出が行えること、及びデータ要素単位でデータフォーマットの拡張ができることが望ましい。以上を踏まえて、本研究では、データ交換標準の構成を応用スキーマ(情報モデル)、データ辞書、標準データフォーマットの組とした。

吉田ら⁵⁾はデータ交換標準として、データフォーマットの上位に**応用スキーマ(情報モデル)**と**データ辞書の整備**の必要性和概念及び**応用スキーマの原案**を示してきた。図-3に示す**応用スキーマ**と**データ辞書**を伴った、データ交換標準を利用したデータ交換のイメージに示されるように、両端の個別システムが独自データフォーマットで運用していても、独自データフォーマットに含まれるデータ要素

について標準ルールを参照することで、第3者の独自データフォーマットを理解できる。よって、データ要素の定義方法を標準ルールとして用意しておくことで、データ意味の相互理解が可能となる。これがデータ交換標準を利用したデータ交換のコンセプトである。

データ交換標準は、交換データのデータフォーマットを含めた実装標準として位置付けられる。データ交換標準の策定は、指針である国際標準の汎化スキーマとデータ辞書を参照して、国内標準または現場標準の**応用スキーマ**、**データ辞書**が作成され、実装対象に応じたデータフォーマットを付加して定められる。

データ交換標準を構成する手段について次に述べる。なお、本研究では具体的な国内標準、現場標準の情報モデルとデータ辞書については構成を提案するに留め、次節以降で述べる指針となる国際標準に提案する汎化スキーマ(応用スキーマのひな形)とデータ辞書のひな形を開発対象としている。

① 応用スキーマ(情報モデル)

ここで**応用スキーマ**とは、ある適用範囲に対して、施工情報を抽象化した概念クラスの相互関係を図化して体系化した情報モデルである。**応用スキーマ**は、データフォーマットの表記方法から独立しており、そのクラスの単位で、データ辞書に納められるデータ要素に意味の分類を与える。なお、**応用スキーマ**は、UML 表記法のクラス図で表され、具体的な情報から導かれる**概念スキーマ**である。

データは、通常複数のデータ要素から構成される。要素の数が少なく構成が単純な場合にはそれぞれの要素を

規定したデータ辞書でデータ利用できる場合もある。しかし、一般には理解のずれを除くために、文章で書き尽くすのは困難であり、応用スキーマによりデータの分類・階層構造やデータ間の関係を可視化することで理解を明確にできる。よって、施工現場の交換データは、データ要素の単位で応用スキーマにより意味の概念クラスに収納されることで、構造及び相互関係を明確に可視化できる。

②データ辞書

データ辞書は、標準化範囲内で扱われる施工情報を表す属性の集合であり、データの内容を明確にできる。データ辞書は、図-4に示すように記述するデータ属性の範囲をメタデータで定める。ここでメタデータとは、対象とする情報(値)の内容を表現するデータである。

実際に利用するデータ辞書は、指針となる国際標準のデータ辞書の型を引き継ぎ、不足するデータ要素を拡張して作成され、応用スキーマの中に位置付けられたデータ要素の単位でデータに定義を与える。

このデータ辞書は、データ交換の対象範囲に最適化される必要があり、現場での利用用途に必要な十分なデータ要素を持つ必要がある。

③標準データフォーマット

標準データフォーマットは、応用スキーマとデータ辞書で各データ要素の内容が規定されたデータ転送単位のデータの表現である。標準データフォーマットは、一組の応用スキーマとデータ辞書に対して、実装形態に応じて多数存在することができる。

なお、標準データフォーマットは、システム実装に最適化されるため、形式そのものや構成等の決定については本研究では対象としない。

(2) データ交換標準整備における指針の位置付け

応用スキーマ、データ辞書の作成において標準的なひな形が存在しない場合には、各種各様な応用スキーマ、データ辞書の乱立により、データ交換の促進が阻害される可能性がある。このような状況の発生を未然に防ぎ、共通に理解できる応用スキーマ、データ辞書を構築するためには、標準的な指針が用意されることが必要となる。よって、本研究ではデータ交換標準の定義手段としてひな形を整備し、施工現場の円滑なデータ交換への貢献を目指している。定義手段の構成は、応用スキーマ構築のために大分類の概念のクラスで構成される汎化スキーマと、データ

要素名	定義	データ例	値域名	...
作業日				
施工エリア				
機械名称				
機械位置				

図-4 データ辞書のメタデータとデータ属性

交換標準のデータ辞書構築のため、メタデータの一覧と機械施工に係わる基本的なデータ要素を収納したデータ辞書とした。次章より検討した定義手段の内容を述べる。

8. データ交換標準の指針となる定義手段の開発

データ交換標準整備の指針となるデータ交換標準の定義手段とその利用方法について検討した。データ交換標準の定義手段である汎化スキーマとデータ辞書の型について検討経緯を述べる。

(1) 汎化スキーマの検討

汎化スキーマは ISO/TC127 の土工機械が扱う施工現場のデータ交換の領域を対象とし、概念クラスの一覧と相互関係を UML クラス図で表している。応用スキーマを作成する際は、汎化スキーマのクラスに必要な小分類を追加することで、施工現場に適用する応用スキーマを作成することができる。

吉田ら⁷⁾は機械施工を対象とした情報交換の情報モデルの検討を行い、盛土締固め施工を対象とした業務分析を元に、不特定多数の人が共通の理解を得られるように留意して、現場の作業実態を反映した情報モデルを提案した。(図-5参照)

検討手順は次の通りであった。

①現状の問題点の整理

現状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、実際の施工現場にて請負業者と下

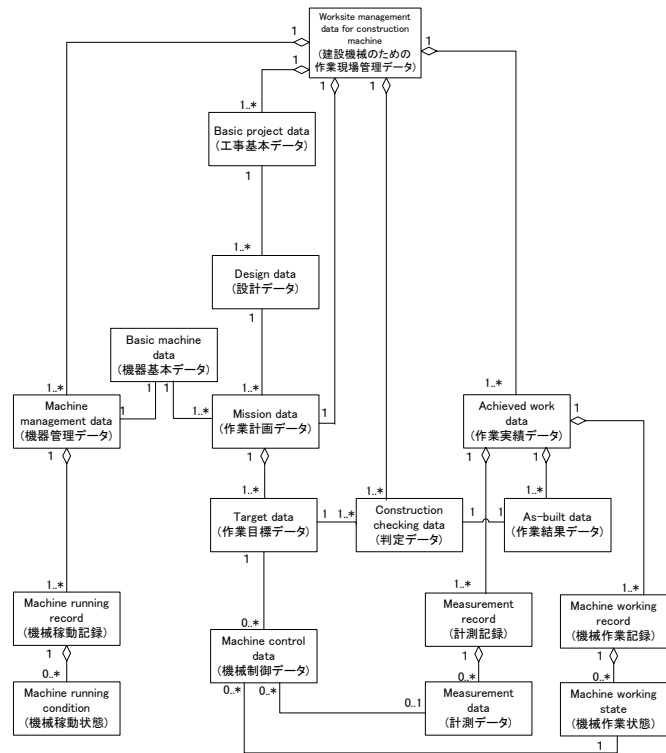


図-5 機械施工の情報モデルの構造：汎化スキーマ (改良前)

請業者のオペレータにヒアリング調査を行った。

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抽出し、情報化技術を用いることで提供できるサービス内容として提案した。

③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め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。

④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が類似の項目を取り纏め、グループ化することにより、情報モデルを構成する各クラス及び含まれるデータ要素(クラス属性)を設定した。

提案した情報モデルは、大きく分類して、機械施工で発生するセンサーデータを建設機械の保守点検に利用する Machine running record クラスと機械施工の記録として利用する Machine working record クラス、及び計測機器からのデータを施工の記録として利用する Measurement record クラス、及びそれらの関連クラスである。

本研究では、この情報モデルについての妥当性、作成したクラスの過不足、及びクラス間の関連について施工現場への適用にて検証し、課題の改良を行った上で汎化スキーマとして位置付けた。

(2) 汎用的なデータ辞書の型の検討

データ辞書は、収納されるデータ要素のデータ属性の保守管理の効率化と、データ属性の永続性確保の観点から、厳密な定義が行えるように、標準的な記述すべきデータ辞書のメタデータの一覧(名称、定義、表現形式、単位、

精度等)を定めることで、再利用が可能なデータ辞書の整備を促進することができる。

本研究では、データ辞書を、登録・管理の容易さ、定義の重複排除、項目の再利用性、及び永続性の確保の視点で次に示す2つの表に分けて構成した。(図-6参照)

①Data element table (データ要素表)

施工現場のデータに、データ要素を単位として、名称、定義、利用する表現形式の指定等の属性で、値に意味の定義を与える。表現形式は Value domain table を参照して具体的内容を与えられる。

②Value domain table (値域表)

データ要素で意味を定義された値に、値域名、表現形式、精度、単位等で表現の定義を与える。Value domain は表現方法のみを提供し、いかなるデータの意味からも独立している。

Value domain table を独立した表とした趣旨は、同一の表現をもち、かつ意味が異なるデータ要素(例:開始時刻と終了時刻)が定義されることによる、同一定義の Value domain の重複を避けるためである。また、類似 Value domain の統合、先行 Value domain の再利用の促進についても期待できる。

本研究で ISO15143 に提案するデータ辞書は、ISO/TC127とISO/TC195の建設機械が扱う施工情報を適用範囲とし、共通して利用が期待できる基本的なデータ要素の属性をあらかじめ収納している。また、データ辞書の各表のメタデータの設定のデータ辞書作成の指針となる ISO/IEC 11179-3⁸⁾を参照してメタデータを設定した。

これは国際標準として提案するに当たり、将来の他分野

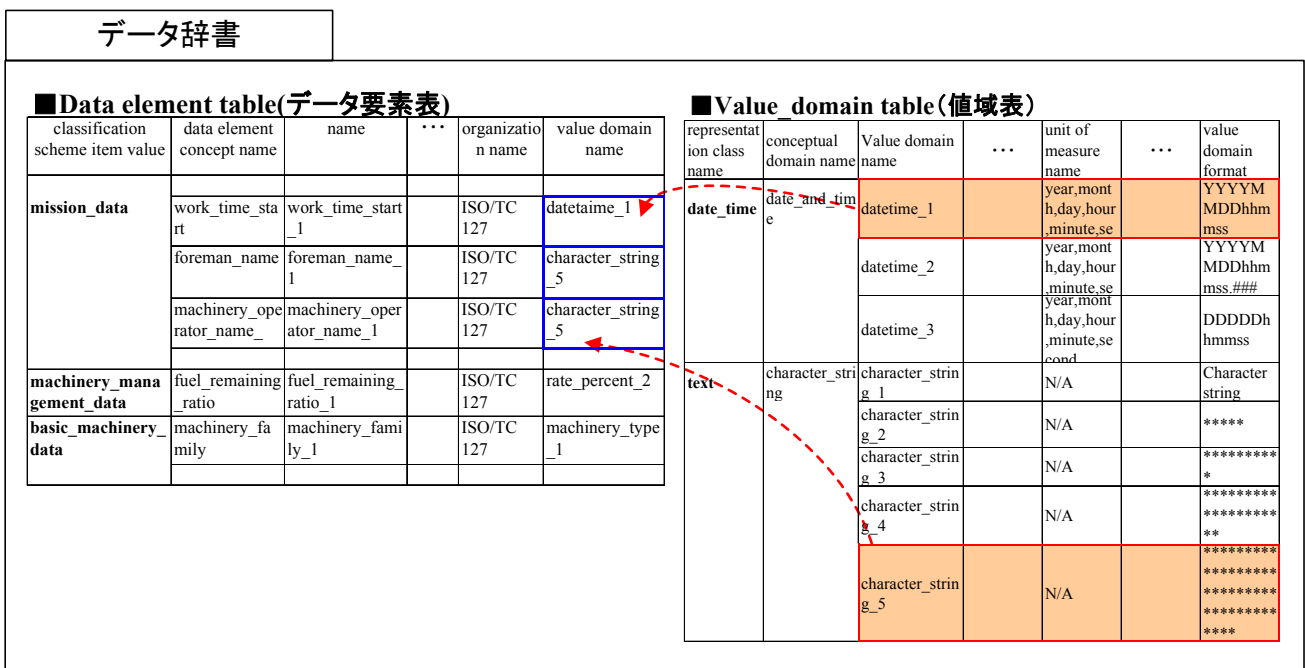


図-6 データ辞書の構成 (イメージ図)
 ①Data element table (データ要素表) ②Value domain table (値域表)

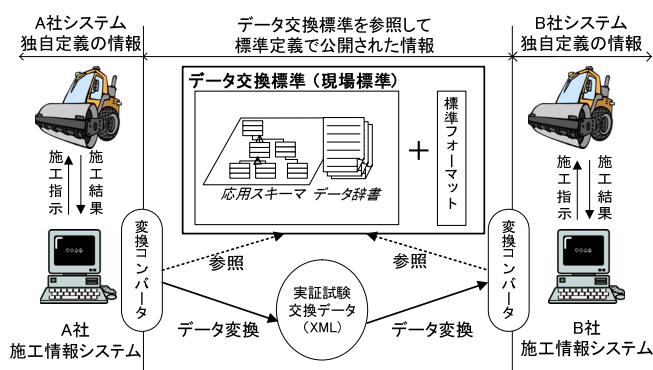


図-7 データ交換標準を利用した
実証試験のデータ交換

のデータ辞書との連携を容易にするためである。具体のメタデータについては後述の“(5)データ辞書(メタデータ登録簿)の改良”の節に示す。

(3) データ交換標準構築手段の実証試験

検討したデータ交換標準を国土交通省直轄工事の2カ所の盛土施工現場に適用して、データ交換標準の構成と構築手段について妥当性を検証した。

a) 実証試験の概要

実証試験では、盛土施工を対象に、以下のケースで検討してきたデータ交換標準(スキーマ、データ辞書)を用いて、異なる施工情報システム間で基本的な機械位置情報等のデータに関して意味の伝達が可能かを検証した。

試験では運用実績のある施工情報システムを対象に、異なる2社のシステム⁹⁾¹⁰⁾(以後Aシステム、Bシステムとする)の間で、データ交換標準を介して、請負業者と施工情報システム間(図2の B1, B2)についてデータ交換を実施した。実証試験のデータ交換標準(現場標準)の構成として、応用スキーマとして検討した汎化スキーマをデータ要素の分類体系として適用し、データ辞書に国際標準提案のために予め用意しているデータ辞書を適用して、基本的なデータ要素を交換データの対象とした。標準フォーマットについては、タグでデータ辞書のデータ要素との関連を持つことができる XML 形式を用いた。今回交換対象としたデータは主に建設機械の施工範囲、施工軌跡に係わる機械位置情報である。

b) 実証試験の手順

施工情報システム間のデータ交換は次の手順とした。

- ①AシステムとBシステムの管理者は、データ交換の対象とするデータの範囲を合意して、対象範囲の応用スキーマとデータ辞書の内容を合意する。
- ②Aシステムの管理者は、Aシステム独自定義のデータフォーマットから、今回取りきめた実証試験用の応用スキーマ、データ辞書を参照して、XML形式の交換データを抽出及び作成する。
- ③Aシステムは交換データをBシステムに受け渡す。
- ④Bシステムの管理者は、実証試験用の応用スキーマと

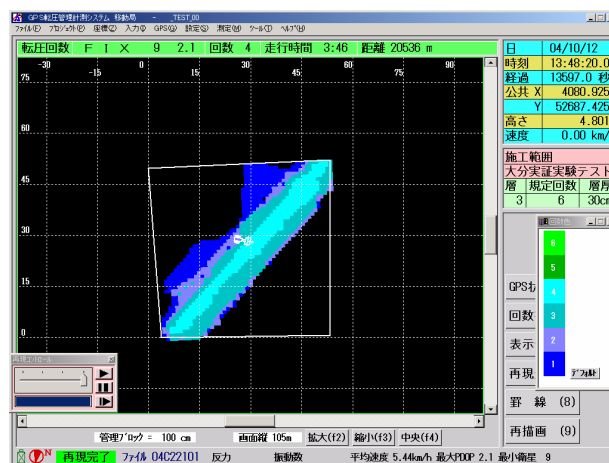


図-8 B社システムの表示画面

データ辞書を参照して、取得した交換データのデータ要素の意味と表現を理解する。また、結果検証のため交換データとBシステム内部データの対比表を作成する。

⑤交換データを対比表に従い、Bシステム独自の施工情報システムで利用できるデータフォーマットに変換して表示を行う。

実証試験におけるデータ交換のイメージを図-7に示し、施工情報システムの表示画面を図-8に示す。図-7に示すようにデータ交換では、システム独自定義のシステムの内部情報が流通する部分と、事前の合意に従いデータ交換標準により定義された公開情報が流通する部分に区別されている。

c) 試験結果と考察

試験結果の検証として、交換データの内容を把握している筆者らが、Bシステムの管理者が作成したデータの対比表を確認した。結果として、交換したデータ項目すべてにおいて、特段の打合せを行わなくても正しく意味の対応が取れたことを確認できた。よってデータ交換標準を参照することで、Aシステムの管理者が作成した建設機械の位置情報に関するXMLデータの理解、変換、表示がBシステムの管理者において可能であった。

①データ交換標準の効果

- 応用スキーマとデータ辞書は、建設機械のデータ要素のデータ意味共通化に有用であった。
- データ辞書により、従来文書での記述方法がまちまちであったデータ意味が、共通のデータ属性により明確となった。
- データ辞書により、データ属性が明示されたことで必要なデータ要素の検索性が向上した。
- 応用スキーマとデータ辞書により、交換データが示す意味を特段の打合せなしに伝達でき、機械位置の情報を再利用できた。

よって、本研究の提案するデータ交換標準の構成と汎化スキーマ及びデータ辞書の形式の妥当性が確認できた。無線 LAN 等の物理的手段など、データ交換標準に含ま

れない通信手段は既存技術が利用可能であることを確認した。また、提案したデータの定義手段について次の課題も明らかになった。

②国際標準の汎化スキーマとデータ辞書の課題

汎化スキーマの課題として、クラスの定義で施工の前段階で作成される設計図書と施工段階で作成される施工計画に関する情報の区分が必要である。

データ辞書の課題として、従来最小単位としていたデータ要素を複数組み合わせ、一つのデータ要素として扱うことへの対応が挙げられる。課題となる例としては緯度、経度、標高の座標値が組み合わせられて構成される3次元座標や日時が挙げられる。従来のデータ辞書では、緯度のみ、経度のみ等の最小単位のみを定義を前提としていた。一方で今回の実証試験のシステムが3次元座標を一つの意味あるデータ要素として運用されていることを確認した。そこで、人が読み取るデータ辞書としても意味の最小単位である緯度等を組み合わせた3次元座標を、データ要素として扱う仕組みを持つことが必要かつ合理的と考えられる。

これら課題への対応内容を次節より述べる。

(4) 汎化スキーマの改良

実証試験の施工形態・データ交換標準実装の過程で得た知見から汎化スキーマに加えた改良を以下に示す。

従来は Design data クラスにて表現していた施工の最終形状を、Construction planning data クラスを追加して発注図と施工図に区分して扱うことにした。作業 As-built data クラスの生成に、Machinery working record クラスと

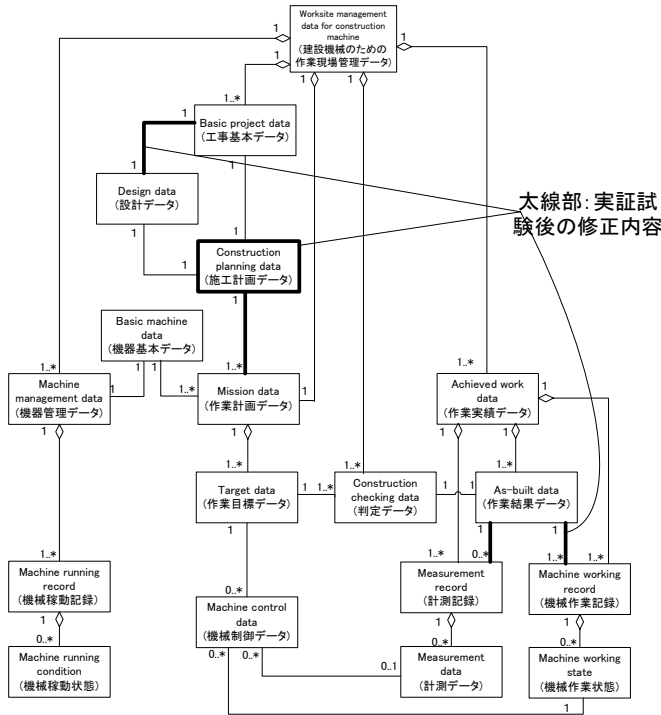


図-9 機械施工の情報モデルの構造：汎化スキーマ (改良後)

Measurement record クラスが利用されるため、クラス間に関連を追加することにした。

図-5の従来の汎化スキーマに対して改良を加えた汎化スキーマを図-9に示す。

(5) データ辞書 (メタデータ登録簿) の改良

実証試験の施工形態・データ交換標準実装の過程で得た知見からデータ辞書に加えた改良を以下に示す。交換データのデータ要素は、データ辞書で用意していた複数のデータ要素により再定義されるケースがあった。このため、データ辞書のひな形としての利便性向上のため、ISO/IEC 11179-3を参照して、Derivation rule (導出規則)の考えをデータ辞書に追加し複数の Data element を組み合わせる仕組みを整備した。

改良を加えたデータ辞書に適用するメタデータの名称と主な意味は次の通りである。

a) Data element table のメタデータ

- ① Classification scheme item value
分類スキームの中の項目を記述する。スキーマのクラス名を記述する。
- ② Data element concept name
データ要素が持つ意味の概念の名称で、データ要素が持つ Value domain による表現に対して独立している。
- ③ Name (データ要素名)
データ要素の名称で、データ辞書からデータ要素を検索するための識別子となる。
- ④ Definition text
データ要素が持つ意味の定義を記述する。
- ⑤ Data element example item
データ要素の典型的な実例を記述する。
- ⑥ Definition source reference
Definition text が取得された参照元で、具体的には参照している規格の名称等を記述する。
- ⑦ Data identifier
データ辞書の管理機関の範囲内で付与されるユニークな識別子を記述する。
- ⑧ Version
データ要素に付与されるバージョンを記述する。
- ⑨ Administrative status
データ要素の管理プロセスに係わる状態を記述する。
- ⑩ Last change date
最終更新日を記述する。
- ⑪ Explanatory comment
データ要素に対する注釈を記述する。
- ⑫ Organization name
データ要素の管理組織を記述する。
- ⑬ Value domain name
データ要素が持つ表現を特定する値域の名称で、データ要素表と値域表の関連を結びつける値である。

⑭ Input data element for derivation

Derivation rule に適用する複数の導出元のデータ要素の名称を記述する。

⑮ Derivation rule

複数のデータ要素を組み合わせ、新たなデータ要素を導出するための操作規則を記述する。

⑯ Language identifier

データ辞書の記載言語の名称を記述する。

b) Value domain table のメタデータ

① Representation class name

値域の分類を示す名称を記述する。

② Conceptual domain name

値域の特定の概念領域に付与された名称を記述する。

③ Value domain name (値域名)

データ要素に表現型をあたえる値域名称を記述する。

④ Datatype name

値域が利用するデータ型を記述する。

⑤ Datatype scheme reference,

データ型の参照元の名称を記述する。

⑥ Unit of measure name

測定単位の名称を記述する。

⑦ Unit of measure precision

測定単位の精度を記述する。

⑧ Value domain maximum character quantity

データ要素の値を表す最大文字数を記述する。

⑨ Value domain format

値の構造表現のためのテンプレートを記述する。

⑩ Value item

選択肢の一覧で表現される値域の実際の値の一覧を記述する。

⑪ Non enumerated value domain description

値域の許容値のための規則を記述する。選択肢の一覧ではなく、記述により表現を与えられる値域の最大値最小値等の規則である。

⑫ Explanatory comment

値域に対する注釈を記述する。

データ辞書の構成に当たっては、メタデータ登録簿のメタモデルと基本属性を規定した国際規格 ISO/IEC 11179-3 に示されているメタデータから一部を選択して、データ辞書のメタデータを設定した。これによりデータ辞書は、ISO/IEC11179-3 を参照することで、必要なメタデータと共に機能を追加することが可能となると共に、他分野のデータ辞書との連携が容易となると考えられる。

(6) データ交換標準の定義手段の利用方法の提案

実証試験の過程に基づき、本研究で提供するデータ交換標準の定義手段の利用方法について検討した。

国内標準または現場標準における具体フォーマットを

対象として運用するデータ辞書は、汎化スキーマによりデータ項目区分を確かなものとされ、情報管理を主眼とする国際標準のデータ辞書の Data element と必要な Value domain との結合でデータ要素の意味と表現の一覧表として作成される。作成手順の概要は以下の通りである。

【国際標準の汎化スキーマとデータ辞書を利用した、国内標準または現場標準のデータ辞書の作成手順】

①効果的なサービスを伴うデータ交換のシナリオを作成する。

②データ交換機器と交換するデータ項目を抽出する。

③交換するデータ項目について、汎化スキーマの意味で適合するクラスを選択する。

④汎化スキーマのクラスで分類を与えられるデータ辞書の Data element table から、データ項目の意味に対応する Data element を選定する。

⑤データ辞書の Value domain table から、交換するデータ項目の意味に対応する Value domain を選定する。

⑥選択した Data element と Value domain を結合して、データ交換標準を構成するデータ辞書を作成する。

以上の手順に適用する定義手段の相互関係は図一10 に示すイメージ図の様に整理できる。

9. 結論

機械施工における施工現場のデータ共有・連携の促進に向けて、データ交換標準の構築手段の研究開発を進めてきた。その結果、データ交換標準の構成(応用スキーマ、データ辞書、標準データフォーマット)について整理提案を行い、データ交換標準の定義手段として、汎化スキーマとデータ辞書を開発した。データ辞書については、関連国際規格を考慮して保守・拡張に対応できる形態を検討・構築して永続性を確保した。

10. 今後の課題

今後の課題として、データ交換標準として具体的に運用される国内標準や業界標準へ定義手段の提案と、土木事業の他分野のデータフォーマット等の標準化活動との連携が挙げられる。

国内標準等におけるデータ辞書の策定にあたり、検討の結果で標準化対象外とされたデータ要素についても、それらが交換の頻度に応じて標準に含める手続きが行えるように、特定の機関に登録できる仕組みを検討して標準の拡張が行われることが重要であると考えられる。これらのデータ辞書の運用活動を進める中で、今回提案した定義手段の利用方法についても検証していく必要がある。情報定義手段であるデータ辞書では、収納するデータ属性の記述方法や保守・拡張手続き等の検討が必要である。

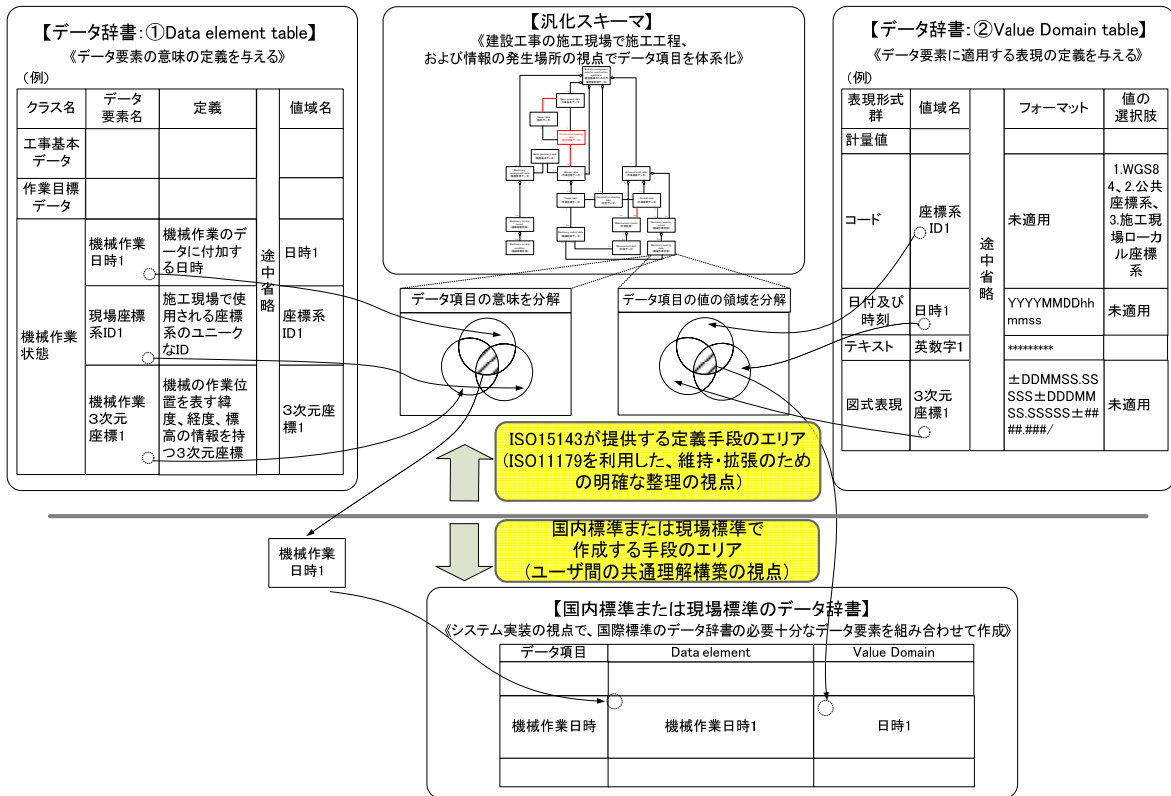


図-10 データ交換標準の定義手段の相互関係と利用方法 (イメージ図)

データ交換を行うためには、必要なデータフォーマットや通信手段についても、本研究の成果に加えて OSI 基本参照モデルの第6層プレゼンテーション層以下についても当事者間で合意が必要である。このため今後は運用に向けた課題として対象分野を定めて既存の情報通信技術を活用した検討が必要である。筆者らは、盛土締固め情報化施工を対象に、国土交通省のTS・GPSを用いた盛土の締固め情報化施工管理要領(案)に対応する XML フォーマットについて試行検討¹¹⁾を行っている。また、具体的に適用対象を定めて、本研究の定義手段の効果を検証することも今後の課題である。

謝辞：本研究の実施において多大なご協力を賜った、土工機械委員会情報化機械土工(WG2)分科会委員各位、東京国際大学堀内教授、国土交通省本省、地方整備局、国土技術政策総合研究所、(社)日本建設機械化協会、及び共同研究に参加頂いた(株)大林組、日立建機(株)、(株)キックの方々はこの場を借りて感謝の意を表します。

参考文献

- 1) 国土交通省情報化施工促進検討委員会:情報化施工のビジョンー21世紀の建設現場を支える情報化施工ー, 2001.3.
- 2) ISO/IEC/JTC1, “ISO/IEC 10731: Information Technology – Open Systems Interconnection – Basic Reference Model – Conventions for the definition of OSI services.”, 1994
- 3) 社団法人土木学会情報利用技術委員会:土木情報ガイドブック, pp.51, 2005.8
- 4) 平下浩史, 吉田正:建設機械に係わる土木施工情報のモデ

- ル構築の検討, 第30回土木学会関東支部技術発表会, 2003.3.
- 5) 建山和由, 大前延夫:建設施工におけるコンカレントエンジニアリングの実践, 建設機械, Vol.42, No.9, pp.30~36, 2006.9.
- 6) 山元弘, 大山敦郎, 藤島崇, 池田直広:工事全体を通して設計情報を利活用することによる施工管理効率化検討, 土木情報利用技術講演集, 2006.10.(投稿中)
- 7) Tadashi Yoshida, Hirohumi Hirashita : Study of Data Exchange for Use by Construction Information Systems, 20th International Symposium on Automation and Robotics in Construction (ISARC), pp.611-616, 2003.9.
- 8) ISO/IEC/JTC1, “ISO/IEC 11179-3: Information Technology – Metadata Registries (MDR) – Part 3: Registry metamodel and basic attributes.”, 2003
- 9) 古屋弘, 千葉洋一郎:3Dプロダクトデータを用いた土工事施工支援システムの開発と現場適用, 土木情報利用技術論文集 Vol.29, pp.243, 2004.10.
- 10) 西垣重臣, 小倉弘: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, 土木情報利用技術論文集 Vol.29, pp.271, 2004.10.
- 11) Yoshitaka Minami, Hiroshi Yamamoto, Atsuro Oyama, Toshiyuki Kamei:Research on Maintenance of data Exchange Standards for the Information Integrated Construction, 23rd International Symposium on Automation and Robotics in Construction (ISARC), 2006.10. (投稿中)

(2006.5.19受付)