Ⅰ－32　機械施工における情報交換基盤構築に向けたデータ定義手法に関する研究

Research on data definition method for information exchange base constructing for machine construction

南佳孝[1]・山元弘[2]・二瓶正康[3]・大山敦郎[4]

Yoshitaka Minami, Hiroshi Yamamoto, Masayasu Nihei, and Atsuro Oyama

抄録：近年，様々な分野で情報の電子化や利活用が進められている．施工現場においても，施工情報の電子化と利活用を目的に情報化施工の取り組みが進められている．しかし，情報化施工で用いられるデータは独自に定義されており，その定義方法も一定でないため，施工情報を共有・連携することが困難な状況である．そこで，既研究では，情報交換基盤としてデータ交換標準が機能し，それによって施工情報を共有・連携できることを目的に，データの定義手法の確立を目指した．本研究では、既研究の課題を解決するために，データ辞書を試作し，データ辞書作成ガイドラインを作成した．また，この成果をデータ交換標準に提案する．

Abstract: Recently, the computerization and the use of information are promoted in various fields. At the construction site, in order to make good use of the computerization and the use of construction information, information integrated construction is carried out. However, data of information integrated construction is separately defined, and because the definition method is various. So it is a difficult situation to share and link different construction information. The former research aimed at the establishment of the definition method for functioning data exchange standard as an information exchange base, to share and link construction information data. This research made a data dictionary and the guideline for making data dictionary. And we propose this result for data exchange standard.

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

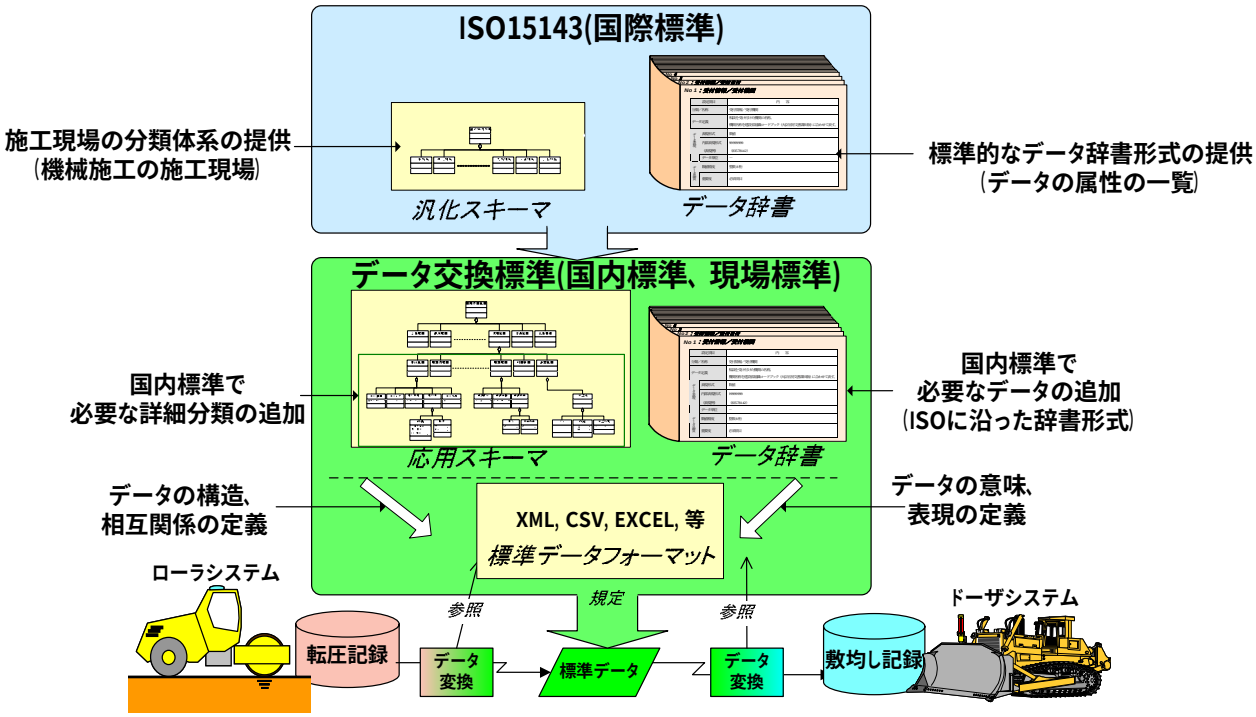
国土交通省は，公共事業に関わる組織や構造物のライフサイクルに関わる事業段階で，情報の交換，共有,連携を図ることによるコスト縮減や品質確保，業務の効率化を目指す取り組みとして, CALS/EC を推進してきた．2006 年 3 月には，国土交通省 CALS/EC アクションプログラム 2005 が策定され，今後の取り組みの方向性と実施計画が明らかになった．この国土交通省 CALS/EC アクションプログラム 2005 では，情報共有・連携及び業務プロセスの改善に重点的に取り組むとされている．

一方，建設業界の現状を見ると，個別の目的に最適化されたシステムが多数存在する．建設施工現場においても建設施工システムが導入されている．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，施工全体で生産性と品質の向上を図る建設生産システムである. これらのシステムでは, データの定義が独自に行われているため，システムの外部からデータを利用するには，そのデータの定義を把握する必要がある．しかし，これらのデータの定義は，非公開であることが多く，公開されている場合においても，その定義方法は一定ではない．そのため，それぞれのシステムが保持しているデータを他のシステムから利用することは困難になっており，情報共有・連携の阻害要因となっている．

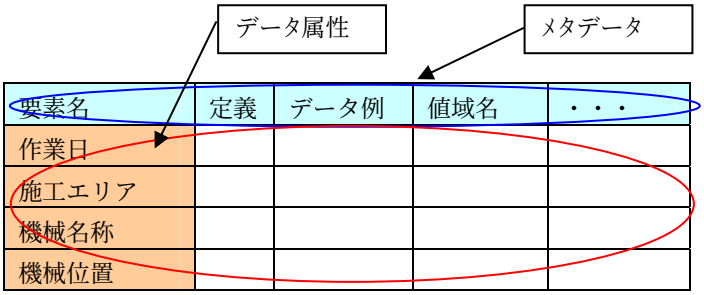
このような状況のもと，2006 年 11 月に「情報共有のあるべき姿」(案)[2)] が公開された．「情報共有のあるべき姿」(案)では，施工における情報共有の効果や解決すべき課題について記述されている．

これらの状況を鑑みると，情報の交換，連携，共有によるコスト縮減, 品質確保, 業務の効率化のニーズは非常に高い．また，情報共有の基盤構築を実施する絶好のタイミングであるといえる．

1：正会員　情博　土木研究所　技術推進本部先端技術チーム　専門研究員
(〒305-8516　茨城県つくば市南原 1 番地 6 号, Tel : 029-879-6757, E-mail : minami55@pwri.go.jp)
2：正会員　土木研究所　技術推進本部先端技術チーム　主席研究員
3：正会員　土木研究所　技術推進本部先端技術チーム　主任研究員
4：正会員　日本工営株式会社　交通運輸事業部交通計画室　技師
（〒102-8539　東京都千代田区麹町 5-4, Tel : 03-3238-8342, E-mail : a5685@n-koei.co.jp）



図－1　データ辞書を用いたデータ交換



図－2　データ辞書のメタデータとデータ属性

2．研究の背景

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）が，一部の大規模工事で効果を発揮[3]している．このように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ことが知られている．

また，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[4]では，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）における情報化施工を適用した管理は，従来施工の管理に要する時間に対して約 30%の時間短縮効果を試算できた．

既研究の成果として，筆者らは，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[5]や Research on the Extendable Data Exchange Standard in Information Integrated Construction of Filling Work[6]において，データ交換に関する研究を行ってきた．

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[5]では，吉田らの成果[7)8)]に基づき，データ交換標準の構成について提案し，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．一方，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，土木事業における設計や維持管理分野のデータフォーマット等の標準化活動との連携を課題として挙げている．また，（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/DIS 15143（Earth-moving machinery and mobile road construction machinery – Worksite data exchange）（以後ISO 15143とする）にこの成果を提案している．

Research on the Extendable Data Exchange Standard in Information Integrated Construction of Filling Work[6]では，データ交換標準の検討手順を明らかにした．また，データ変換ソフトウェアの要件として，変換処理順序を定義する必要がある点，変換のルールを整備する必要がある点，利便性の高いインターフェースを実装する必要がある点，データの意味を考慮する必要がある点を挙げている．

３． 情報交換基盤としてのデータ交換標準

筆者らは，データ交換に利用するデータ交換標準に関して研究を進めてきた．データ交換標準は，情報交換基盤として永続的なデータ交換を実現するために，次の 2 点の要件を満たす必要がある．1 点目は交換データの意味や構造を把握できる点，もう 1 点は拡張できる点である．データ交換の対象となるデータ（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，施工現場のニーズに伴って変化する．そのため，交換データの意味や構造を把握し，施工現場のニーズの変化に対応できなければならない．しかし，既存のデータ交換標準では，データ交換に利用するデータフォーマット（標準データフォーマット）の仕様が策定されているだけであるため，交換データの意味や構造の把握，施工現場のニーズの変化への対応が容易ではない．

そのため, 今回提案のデータ交換標準は, 標準データフォーマットに加え，標準データフォーマットに含まれるデータ要素の分類・階層構造やデータ要素間の関係を示した情報モデルと，データ要素の定義を記述したデータ辞書で構成される．データ交換標準に情報モデルとデータ辞書が備われば, **図－1**に示すデータ交換が可能になる．これは，交換データに含まれるデータ要素について，構造と意味について標準の体系に準拠したデータ交換標準を参照することで，データ要素の意味を相互に理解できることを示している．

図－1に示したデータ交換標準の構成について，データ交換標準を構成する応用スキーマ（情報モデル），データ辞書と標準データフォーマットについて次に述べる．

（1） 応用スキーマ（情報モデル）

応用スキーマは，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体系化した情報モデルである．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[5)]でISO 15143 に提案した汎化スキーマのクラスに，必要な小分類を追加して現場に適用する応用スキーマを作成する．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，具体的な情報から導かれる概念スキーマで，ISO15143 ではUML表記法のクラス図を用いて表されている．

一般的に，交換データは複数のデータ要素から構成される．応用スキーマを用いてデータの分類・階層構造やデータ間の関係を可視化することで，このデータ要素の構成を把握できる．

（2） データ辞書

データ辞書は, データ要素の意味と表現を定義し，交換データに関して共通の理解を得るための表である．データ辞書は，**図－2**に示すように，メタデータの項目に従ってデータの内容をデータ属性として記述される. このメタデータとは, 対象とする情報(値)の内容を表現するデータである．また，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**図－3**に示す Data element table (データ要素表)と Value domain table (値域表)の 2 つの表に分けて構成した．Data element table では, データ要素を単位として, 名称, 定義などの属性を用いて, 値に意味の定義を与える．Value domain table では，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，単位などの属性を用いて表現の定義を与える．Value domain table を独立した表とした趣旨は，同一の表現で意味の異なるデータ要素が定義されることで，Value domain の定義の重複を避けるためである．例えば，開始時刻と終了時刻は，どちらも時刻を示すデータ要素であるため，データ要素と表現形式を分割して管理することが望ましい．このように独立した表に分割管理することによって，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．

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に基づいて，不足するデータ要素を追加して作成する．追加するデータ要素は，応用スキーマで位置付けを整理する必要がある．また，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定義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，XML や CSV などの形式を取ることができる．

４． 研究の目的

筆者らは，情報共有・連携による業務の効率化を目的に，情報交換基盤の構築を目指して，データ交換標準に関する研究を行ってきた. その成果として，データ交換標準の構成について提案し，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．また，これら定義手段に基づいたデータ交換標準の検討手順を明らかにした．一方，国内や業界のデータ交換標準に対する定義手段の提案や土

木事業における他分野の標準化活動との連携といった課題とデータ交換ソフトウェアの要件を挙げた．

そこで，本研究では，情報交換基盤の構築を目指し，既研究の課題を解決するために，データの定義手段であるデータ辞書を試作し，その過程をデータ辞書作成ガイドラインとしてとりまとめる．データ辞書作成ガイドラインは，データ定義手段であるデータ辞書の作成方法を明示するため，国内や業界のデータ交換標準に対する定義手段の提案につながり，また設計や維持管理分野の標準化活動との連携を円滑化する．データ辞書作成ガイドラインの作成の過程で行うデータ辞書の試作は，盛土工のデータを対象に行い，舗装工のデータに対応するように拡張する．また，データ辞書をシステムで利用するために，データ辞書を見直し，必要な要件を抽出し，データ変換ソフトウェアの要件と照合する．その結果をデータ辞書ガイドラインにフィードバックし，さらに国際標準として規定しておくべき事項があれば，ISO 15143 に提案する．そして，これらの結果に基づいて，我が国のデータ交換標準に，本研究で試作した結果のデータ辞書と本研究の成果であるデータ辞書作成ガイドラインを提案する．

5． データ辞書作成ガイドライン

データ辞書作成ガイドラインは，データ交換標準に準拠したデータ交換対象のデータのデータ辞書を作成するためのガイドラインである．データ交換を行うには，交換データに対してデータ辞書が定義されている必要がある．しかし，現状では，ISO 11179[9] など，データ辞書に関する規定が存在するだけで，データ辞書の作成手順や記述方法について記述した文書が存在しない．そのため，異なる方法で作成されたデータ辞書が乱立し，それらのデータ辞書の互換性を保持できなくなることが考えられる．この問題を解決するためには，データ辞書を作成するための標準的な指針が必要となる．

そこで，本研究では，データ辞書を試作，拡張し，その過程で得た知見に基づいてデータ辞書作成ガイドラインを作成した．データ辞書作成ガイドラインの作成は，データ辞書の試作を行って課題を抽出し，その課題を解決した上で行った．次に，データ辞書作成ガイドラインを作成するために行ったデータ辞書の試作と試作で判明した問題，問題の解決策，データ辞書ガイドラインの内容について述べる．

（1） データ辞書の試作

本研究では，盛土工を対象にデータ辞書を試作した．まず，データ辞書の試作にあたり，ISO 15143 に準拠するため，ISO 15143 のデータ辞書のメタデータについて整理した．次に，盛土工に利用されるデータ項目を対象にデータ辞書を試作した．このデータ項目は，TS・GPS を用いた盛土の締固め情報化施工管理要領（案）と土工施工管理要領で規定されている項目を用いた．さらに，試作したデータ辞書を舗装工に利用できるように拡張した．舗装工に利用されるデータ項目は，舗装工を業務として行っている施工会社 3 社，レンタル会社 1 社，システム開発会社 3 社，建機メーカ 2 社の合計 9 社にアンケートを行って収集したデータ項目を用いた．その結果，データ要素表では、盛土工のデータ項目 70 件に対して舗装工のデータ項目を 63 件追加した。また、値域表では、盛土工のデータ項目 36 件に対して舗装工のデータ項目を 12 件追加した。

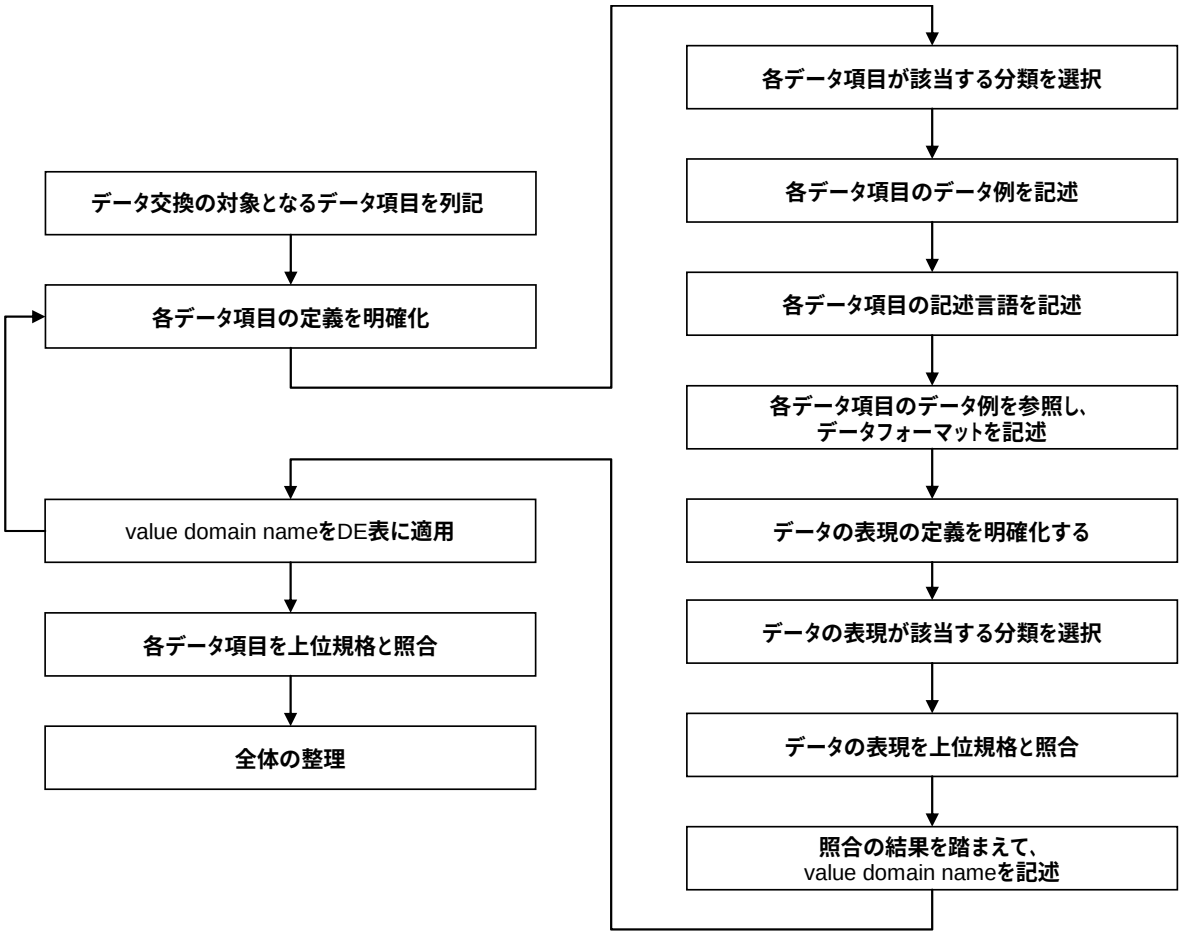
■Data element table(**データ要素表の一部**)

classification scheme item value	data element concept name	name	・・・	organization name	value domain name
mission_data	work_time_start	work_time_start_1		ISO/TC 127	datetaime_1
mission_data	work_time_end	work_time_end_1		ISO/TC 127	datetaime_1
mission_data	foreman_name	foreman_name_1		ISO/TC 127	character_string_5
mission_data	machinery_operator_name_	machinery_operator_name_1		ISO/TC 127	character_string_5
machinery_management_data	fuel_remaining_ratio	fuel_remaining_ratio_1		ISO/TC 127	rate_percent_2
basic_machinery_data	machinery_family	machinery_family_1		ISO/TC 127	machinery_type_1

■Value_domain table (**値域表の一部**)

representation class name	conceptual domain name	Value domain name	・・・	unit of measure name	・・・	value domain format
date_time	date_and_time	datetime_1		year,month,day,hour,minute,second		YYYYMMDD hhmmss
date_time	date_and_time	datetime_2		year,month,day,hour,minute,second		YYYYMMDD hhmmss.###
text	character_string					
text	character_string	character_string_4		N/A		********** ********
text	character_string	character_string_5		N/A		********** ********** ********** ****

図－3 データ辞書の構成



図－4　データ辞書の作成手順

（2）　試作で判明した問題

このデータ辞書の試作・拡張の過程で，次のような問題があることを新たな知見として得た．まず，データ属性を記述するには記入規則が必要であることがわかった．そして，メタデータの重要度から，データ属性の記入順序を規定する必要があることがわかった．

記入規則が定められていない場合，記入された内容の意味が同一であっても表現が異なるため，同一のデータ要素であると認識できない可能性が発生する．記入順序が規定されない場合，作業の手戻りや，入力漏れなどのミスが発生する可能性がある．このような場合，データ辞書の信頼性を確保する障害となる．

（3）　問題の解決

データ辞書の試作で判明した課題に対して，本研究では次のような解決策を考えた．まず，各項目の記入規則に関して，メタデータ毎に記入規則を規定した．そして，記入順序に関して，メタデータの重要度に従った記入順序を考案した．その結果，**図－4**に示す順序に従ってデータ辞書を作成することで，厳密にデータ辞書を作成できることがわかった．さらに，これまで関連性が考慮されていなかったメタデータの順序について，この記入順序からメタデータの関連性を考慮してデータ辞書のメタデータを再整理した．その結果を**図－5**に示す．

（4）　データ辞書ガイドラインの内容

これらの結果に基づき，データ辞書ガイドラインには，主にデータ辞書のメタデータの解説とデータ辞書の作成方法について述べた．次に，それぞれの内容について記述する．

a）データ辞書のメタデータ

ISO 15143 では，ISO 11179（JIS X 4181）-3[9)]に規定されているMDR（メタデータ登録簿）作成方法を参照，適用し，土工機械，走行式道路工事機械及び現場情報システム間の施工現場データ交換を対象としてデータ辞書を作成，標準化している．また，ISO 11179-3[9)]は，メタデータ及びその構成を規定している．そこで，データ辞書作成ガイドラインでは，上記規格を参照し，メタデータの相互関係について記述し，データ辞書が**図－3**に示したデータ要素表と値域表の 2 つの表から構成されることを記述した．

本研究でデータ辞書のメタデータについて整理した結果，データ辞書を構成するメタデータは，次のように分類できることがわかった．データ要素表のメタデータは，データ要素の分類体系，主キー，外

部キー，データ要素の特定・定義する属性，管理用の属性，補足説明に分類できる．また，値域表のメタデータは，データフォーマットに関連する項目，値域名を特定する属性，主キー，コメントに分類できる. これらの分類に基づいて, それぞれのメタデータの定義と解説，記入規則を記述した.

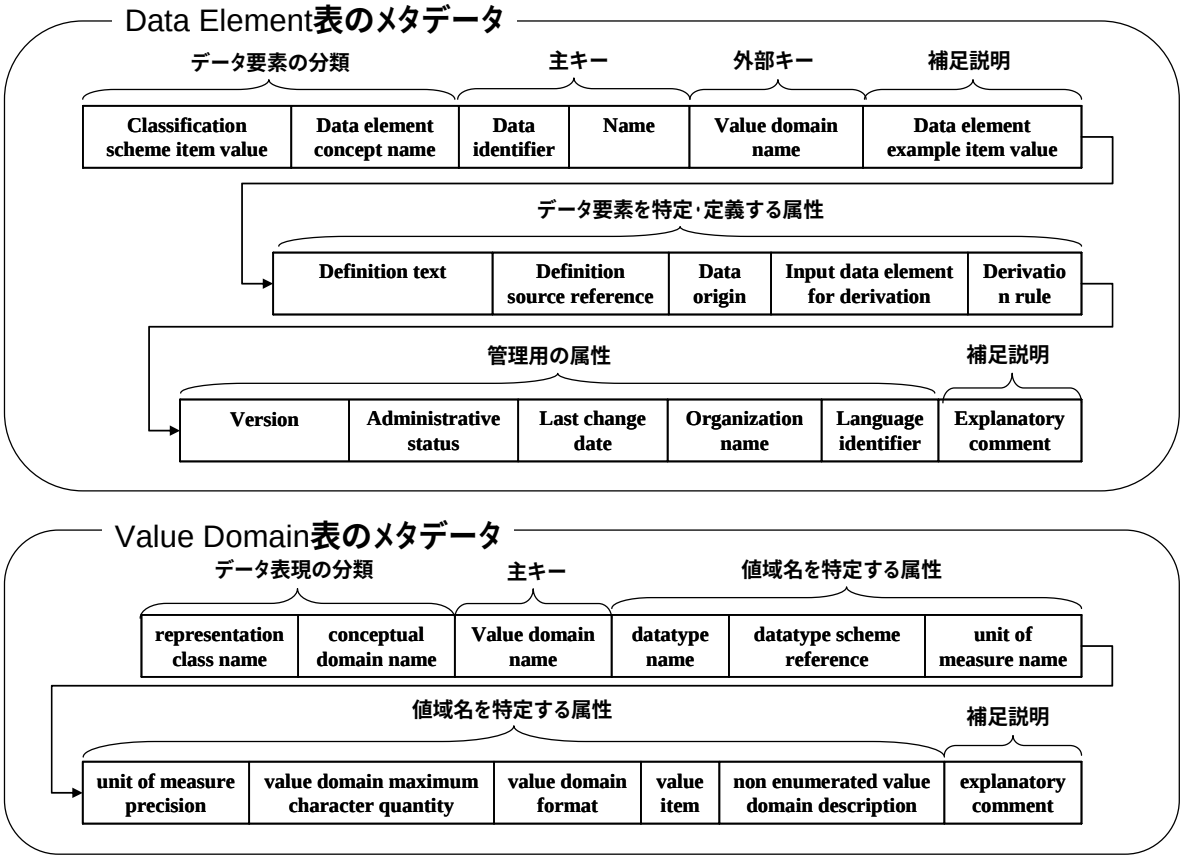
b）データ辞書の作成方法

データ辞書の試作で，データ要素の新規作成とデータ要素の拡張の手順が同じであることがわかった. これは, ISO 15143 のデータ辞書を参照してデータ要素を作成することが原則であり，データ要素を拡張する場合も必ず参照するデータ辞書が存在するためである．また，参照するデータ辞書に該当するデータ要素が無ければ, データ要素の作成と拡張は、同様な作成手順となるためである.

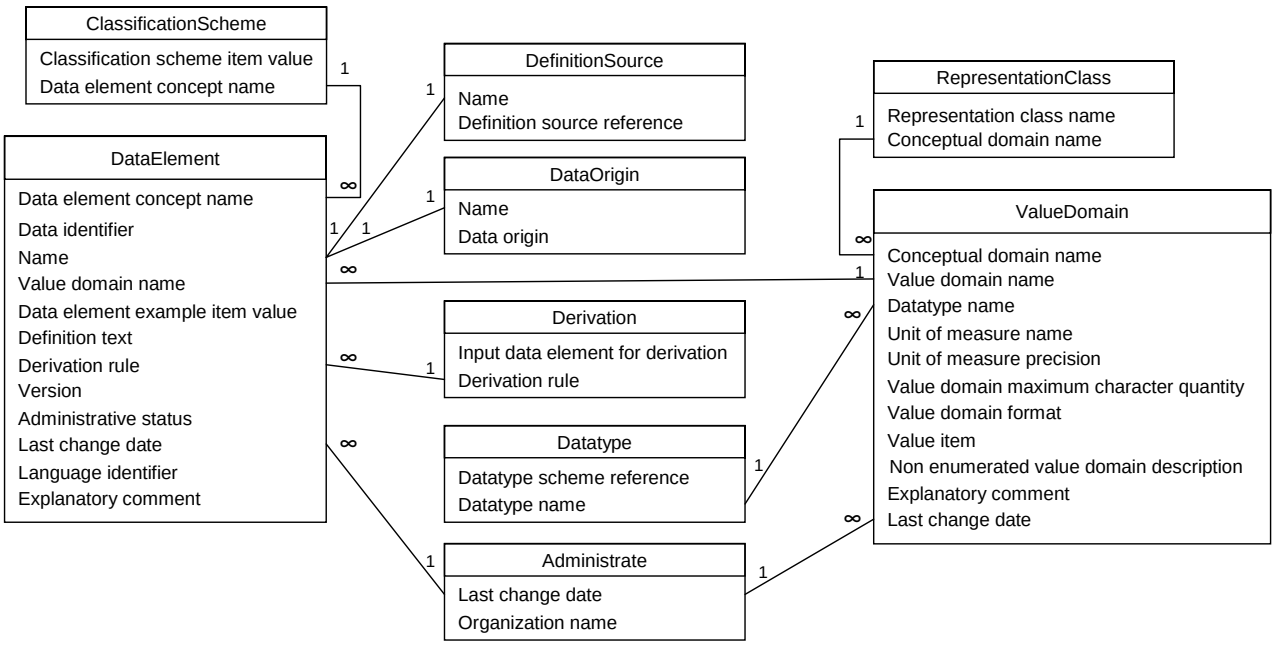
データ辞書の作成は, データ要素の定義を作成し, 作成した定義を上位の規格と照合するという手順で行う. **図－4**に示したデータ辞書の作成手順では, 各データ要素をメタデータの分類単位で定義し，その結果を上位規格と照合する手順を踏襲している．このような手順に従ってデータ辞書を作成すれば，厳密にデータを定義することができる．そこで，データ辞書作成ガイドラインには，この作成手順について記述した.

６． データ辞書のシステムへの適用

データ辞書は，交換データに関して共通の理解を得るための表であるため，データ交換が発生するシステムに利用できると考えられる．そのため，データ辞書を外部から参照することも考慮しなければならない．また，データ辞書が取り扱うデータ量は膨大になると考えられ，データ交換だけでなく，データ辞書のメンテナンスを行う場合もソフトウェアで利用できなければ非効率である. しかし, 現状のデータ辞書は，交換データの定義を人間が理解するためのツールであるため，システムでデータ辞書を利用するために必要な要件を満たしていない可能性がある．そこで，システムで利用する視点からデータ辞書を見直した.



図－5 メタデータの再整理



図－6 メタデータのリレーションシップ

データ辞書の見直しでは，データの重複を極力排除することを考えた．また，データ辞書の更新について考慮し，メタデータの過不足を確認した．その結果，次の 3 つの問題があることがわかった．1 点目は，1 つのデータ要素に対して複数の値が対応するメタデータがある点である．例えば，Definition source reference はデータ要素の定義の参照元を指すメタデータであるが，ISO と国内標準などの複数の値が該当する可能性がある．データ辞書の試作の段階では，記号で区切る規則としたが，システムで利用するには，データの削除を行った場合にデータの消失が発生するなどの問題がある．2 点目は，同一のデータがデータ辞書に多く含まれる点である．例えば，データ辞書の管理を一つの団体が行う場合，Organization name にはその団体名が該当し，繰り返し記述される．システムで効率よく検索するためには，このようなデータの重複を極力避ける必要がある．3 点目は，値域表に管理用の属性が不足している点である．データ辞書作成ガイドラインで記述した分類と照合してメタデータの過不足を確認した結果，データ要素表に存在する管理用の属性が値域表に存在しなかった．

そこで，これらの問題を解決するために，次のように対応を行った．1 点目と 2 点目の問題に対しては，データ辞書の正規化を行った．1 点目の問題に対しては第 1 正規化し，Definition source reference などに存在する重複を排除した．2 点目の問題に対しては第 2 正規化・第 3 正規化し，Organization name などの関数従属するメタデータを分離した．3 点目の問題に対しては，値域表のメタデータに Last change date を追加し，データ要素の最終更新日で管理できるようにした．**図－6**に正規化し，Last change date を追加した結果のメタデータのリレーションシップを示す．

このようにデータ辞書を見直した結果をデータ辞書作成ガイドラインと併用すれば，互換性・利便性の高いデータ辞書として整備することができる．具体的には，データ辞書を作成する手順で必要になる上位規格の参照やvalue domain nameの照合などをシステムで行うことが可能になる．また，データ交換に関わるシステムでデータ辞書を利用できるようになるため，Research on the Extendable Data Exchange Standard in Information Integrated Construction of Filling Work[6] で述べたデータ変換ソフトウェアの要件のうち，意味を考慮するという要件を解決できる．

７． 研究の成果

本研究では，永続的なデータ交換を実現するための情報交換基盤構築に向けて，データ辞書を試作し，その過程をデータ辞書作成ガイドラインとしてとりまとめた．また，データ辞書をシステムで利用するために，データ辞書を見直した．その結果，データベースの正規化の観点で，データ辞書作成ガイドラインにフィードバックすべき事項があることがわかった．本研究で検討した内容は，ISO 15143 で規定しているデータ辞書に提案すべき内容であると考える．

本研究でデータ辞書に対して行った変更は，メタデータの順序の変更，データ辞書の正規化，値域表

へのメタデータの追加である. これらの変更は, データ辞書の利便性を向上させるため，ISO 15143 へ提案する内容として妥当であると考えた．そこで，これらの変更内容について，ISO 15143 に提案する．

本提案が ISO 15143 に採用されなかった場合でも，ISO 15143 で規定しているデータ辞書は拡張を前提としているため，本研究で試作したデータ辞書は，ISO 15143 に準拠していると言える．したがって，本研究成果がデータ交換標準として採用された場合においても問題ないといえる．

8． 今後の課題

データ交換標準は，情報交換基盤として永続的なデータ交換を実現するための要件を備えている必要がある．データ構造の取り組みについては，さまざまな取り組みがなされているが，データ要素の定義についての詳細な取り組みはなされていない．そこで，データの定義手段として本研究で試作したデータ辞書を提案する. さらに, このデータ辞書を作成・拡張するためのデータ辞書作成ガイドラインと正規化したデータ辞書も提案する．

また，既研究の課題について，データ変換ソフトウェアの要件のうち，変換処理順序を定義する必要がある点，変換のルールを整備する必要がある点，利便性の高いインターフェースを実装する必要がある点が未解決であるため，今後検討すべき課題とする．

9． おわりに

本研究では，機械施工における情報交換基盤構築に向けて，既研究の課題を解決するために，データの定義手段であるデータ辞書を試作し，その過程をデータ辞書作成ガイドラインとしてとりまとめた．また, データ辞書をシステムで利用するために, データ辞書を見直し，データ変換ソフトの要件のうち，データの意味を考慮した変換を実現するための解決策を考案した．そして，その結果をデータ辞書作成ガイドラインにフィードバックした．さらに国際標準として規定しておくべき事項を ISO 15143 に提案する．

本研究の成果であるデータ定義手段としてのデータ辞書とデータ辞書作成ガイドラインがデータ交換標準として普及すれば，データ交換の基準をデータ辞書で明示することが容易になるため，必要な情報の共有・連携が可能になる. また, 互換性の高いデータ交換による情報の共有・連携が実現されるため，データ交換標準の迅速な普及とそれに伴う業務の効率化が期待できる. さらに, 交換データに対しても，データ交換標準とデータ辞書作成ガイドラインを参照し，データ辞書を厳密に作成することが可能になるため，永続的なデータ交換の実現が期待できる．

機械施工を対象に本研究を行ったが，他の分野へも応用が可能であると考えられるため，周辺産業での取り組みにインセンティブを与えるものであり，建設産業全体のみならず、その周辺産業を含めた発展に寄与すると考えている．

謝辞：本研究の実施において，（社）日本建設機械化協会，同土工機械委員会情報化機械土工(WG2)分科会委員各位，国土技術政策総合研究所に多大なご協力を賜りました．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－21世紀の建設現場を支える情報化施工－, 2001 年 3 月.

2)電子成果高度利用小委員会：「情報共有のあるべき姿」(案), <http://www.jacic.or.jp/hyojun/download.htm>, 2007 年 3 月.

3) 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 年 9 月.

4) 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, Vol31, pp69-72, 2006 年 10 月

5) 大山敦郎, 山元弘, 亀井敏行, 南佳孝, 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, 土木情報利用技術論文集, Vol.15, 49-58, 2006 年 10 月.

6) Yoshitaka Minami，Hiroshi Yamamoto，Toshiyuki Kamei，Atsuro Oyama：Research on the Extendable Data Exchange Standard in Information Integrated Construction of Filling Work，ISARC 2006, pp.574-579，2006.10.

7) 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研究発表会, 2003 年 3 月.

8) 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.

9) ISO/IEC/JTC1, “ISO/IEC 11179-3: Information Technology – Metadata Registries (MDR) – Part 3: Registry metamodel and basic attributes.”, 2003

(2007.5.18受付)