

12. 建設機械におけるデータ交換手法の標準化について

国立研究開発法人土木研究所 ○ 田中 洋一
 国立研究開発法人土木研究所 新田 恭士
 国立研究開発法人土木研究所 藤野 健一

1. はじめに

国土交通省では、人口減少や高齢化による労働力不足の深刻化を打開するために「i-Construction～建設現場の生産性革命～」を推進している。平成15年に公表されたTS・GNSSによる盛土締固め管理要領は、i-Constructionにおける生産性向上を実現するために、従来の写真にて管理されていた捲出し高さ管理を締固め管理システムで使われるトータルステーション（TS）や全球測位衛星システム（GNSS）による高さ管理と施工管理履歴データによる品質管理項目の納品が追加された。また、さらなる生産性向上としてのICTを活用した施工管理・出来形管理・出来高管理は、平成29年度には浚渫工、平成30年度からは地盤改良工・舗装工（修繕工）を対象に施工管理履歴データを活用して実現することが明言されている。

土木研究所は、建設機械における異なるシステム間でのデータ交換を実現するため、国際標準規格であるISO15143（作業現場のデータ交換）を提案した。そして、平成30年3月には盛土締固め管理要領に準拠した施工管理履歴データの交換方法として、ISO15143を参照した「TS・GNSSによる盛土締固め管理データ交換標準」（データ交換標準）を作成¹⁾した。また、ICTを活用した施工管理・出来形管理・出来高管理を実現するために、ICT地盤改良工・ICT舗装工においても施工管理履歴データを活用する方法について研究を実施している。本論文では、今後のi-Construction展開により施工管理履歴データを活用するために必要となるデータ交換手法の整備方針について述べるものである。

2. ISO15143と国内標準

一般に、別々に構築されたシステムは、各データを交換するために、相互のデータ構造・データ要素の差異を整理して相手のシステムに依存した形式にデータを変換する必要がある。多くのシステムが存在する場合は、標準ルールを定めることでデータ交換が可能となる。標準ルールは、デー

表-1 現在ISO15143の構成

ISO/TC127 SC3/WG5		
項目名	項目名(英文)	No.
システムアーキテクチャ	System Architecture	15143-1 (2010/8)
データ辞書	Data Dictionary	15143-2 (2010/8)
テレマティクスデータ	Telematics data	15143-3 (2016/12)
作業現場の地形データ	Worksite Topographical Data	15143-4

タ要素の定義を人が容易に読取れる形で明示することで、相手のシステムのデータ形式に依存しないデータ交換が可能となる。ISO15143は、建設機械における建設機械におけるデータ交換の標準ルールを規格化したものとなっている。

2.1 ISO15143について

ISO15143は、ISO（国際標準化機構）の専門委員会TC 127土工機械において、日本が主査として作業グループISO/TC127/SC3/WG5を設立し、建設機械のデータ交換方法を提供した。現在は、ISO/TS15143（Technical Specification【技術仕様書】）としてPart1 System Architecture（システムアーキテクチャ）とPart2 Data Dictionary（データ辞書）が発行されている。また、Part3 Telematics data（テレマティクスデータ）は、平成28年にアメリカからの提案により追加・発行されている。そして、Part4 Worksite Topographical Dataが、今年から新規項目として規格化する作業が開始された。表-1に現在のISO15143の構成を示す。

システムアーキテクチャには、適用範囲・適用されるサービス・モデル化手法・システム構成と個別に指定されたデータ辞書に基づく構成・拡張・関連用語が記述されている。また、システムアーキテクチャは、道路盛土工のドーザ敷均しからローラ締固めを対象とした機械施工に必要なクラスを設定してUMLクラス図でモデルを構成し

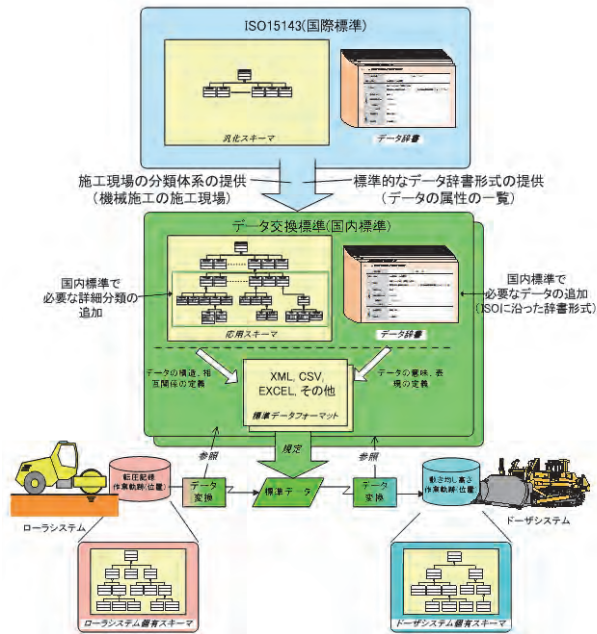


図-1 国際標準と国内標準の関係

た。ISO 規格書では各国で合意ができ、かつ日本の建設業に合致するように、概念レベルによるクラスを表記している。

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要素について記述している。ISO 規格書では、適用されるサービスの対象となるデータ要素 (Data element) および値域 (Value domain) をデータ辞書に記述している。

テレマティクスデータは、建設機械に関する情報が提供サーバからネットワークを介して、顧客側アプリケーションへ建設機械の稼働状態をデータ提供するための通信規格である。テレマティクスデータは、稼働機械に搭載されたデータ収集装置に集められ、データ提供サーバに集約される。ISO 規格書では、機械における性能や状態について分析するために使用される特定のデータ要素を含む、サーバからのデータ要求とデータ応答に使用された通信履歴について記述されている。また、ネットワークによるデータ交換を実現するため、XML (Extensible Markup Language) 形式もしくは JSON (JavaScript Object Notation) 形式によるファイル交換方法も記述されている。

2.2 国内標準について

国内標準は、ISO15143 を参照したうえで、国内の施工管理基準に準拠するために必要となる項目を追記し、データ交換標準を作成した。図-1 に ISO15143 と国内標準の関係を示す。データ交換標準は、ISO15143 のアーキテクチャにある作業現場のデータ交換汎用スキーマを参照して、実際に使われている管理装置のデータ項目やシステム開発

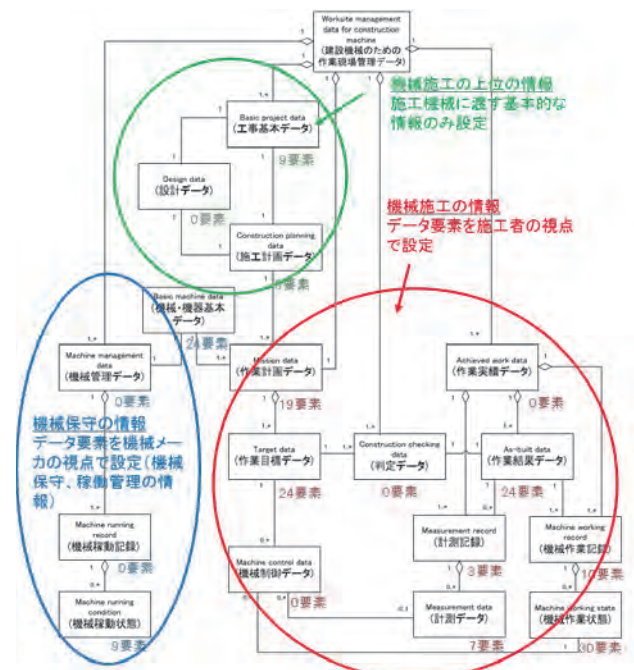


図-2 盛土締固め管理データにおける汎化スキーマ

者へのヒアリングにより、データ項目の分類と整理を実施した。データ項目は、ISO15143 のデータ辞書にあるデータ要素および値域を割当てた。

汎化スキーマは、締固め管理要領におけるデータ要素を記述して、使用するクラスを明確にしている。もし、使用されるクラス内にデータ辞書に該当するデータ要素が存在しない場合は、新たにデータ要素を定義し、表現するための値域を定義する必要がある。値域の定義内容は、データ要素を表すために必要となる数値のフォーマットやテキストの文字数などを厳密に表現している。図-2 に盛土締固め管理データにおける汎化スキーマを示す。

データ交換標準では、XML ファイル形式でデータ交換を実施するために汎用スキーマ XML Schema で表現し、構成要素図として整理した。図-3 に整理した構成要素図を示す。構成要素図で×印が付いている要素は、締固め管理要領では実体化されない要素であり、データ交換標準では出現することがない。

改訂された締固め管理要領は、新たに施工管理履歴データによる捲出し高さの管理方法を追加している。従来は、写真管理により行っていた捲出し高さ管理を締固めた後の層厚における差分により管理することで実現する。締固め層厚は、施工時の管理ブロックの計測データ Z 座標と下層施工時の上層と同じ XY 座標にある管理ブロックとの Z 座標差分を計算により求める。締固め層厚の計算では、現施工層の Z 座標と下層施工時の Z 座標データが必要となる。そのため、締固め層ごと、盛土材料ごとにログファイルを作成するよりは、

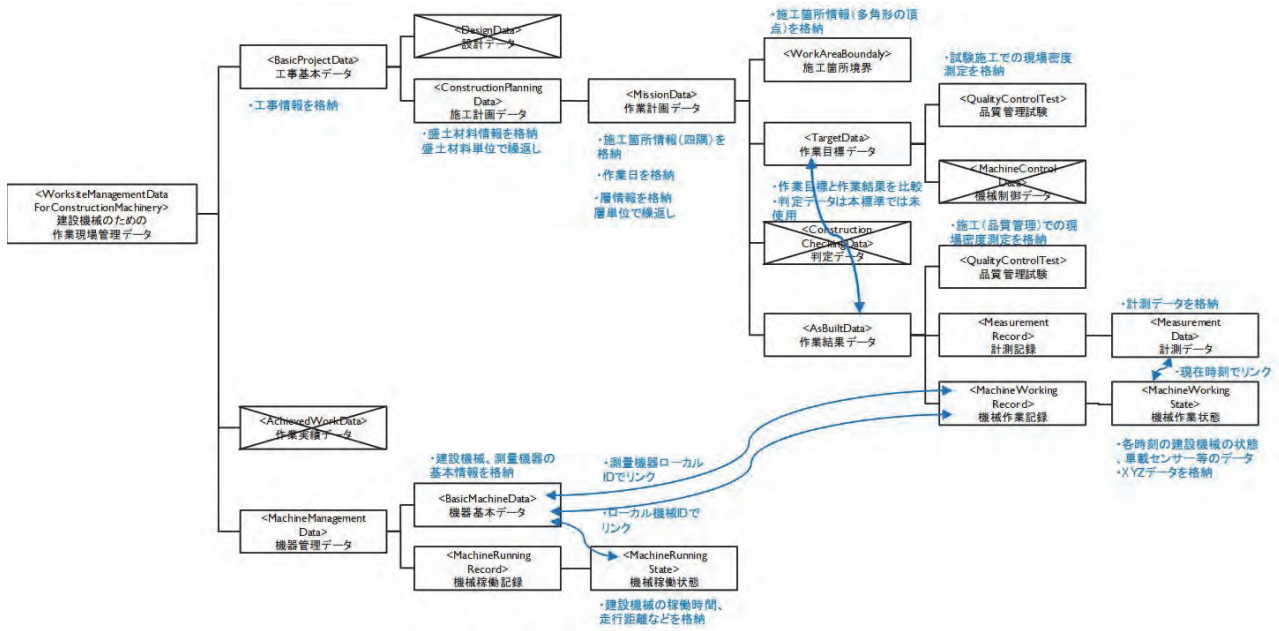


図-3 整理した構成要素図

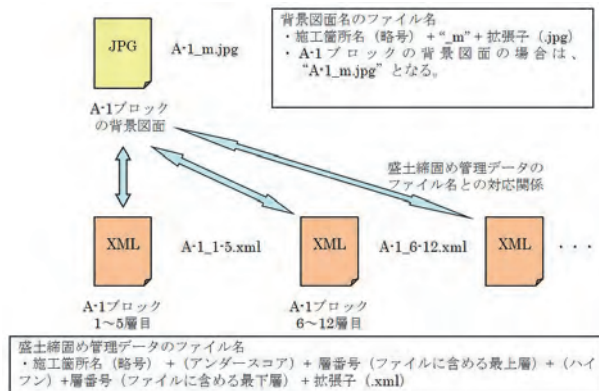


図-4 ログファイルの作成交換方法

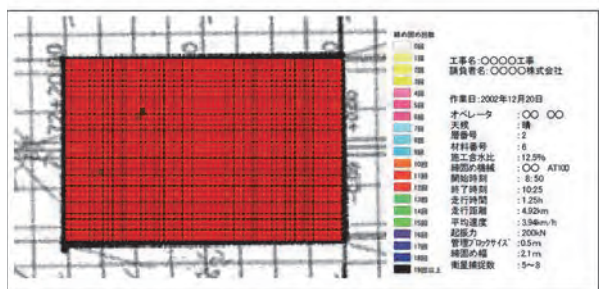


図-5 交換されるログファイルの表示イメージ

施工者による施工管理方法によりファイル作成の方が利便性は良いと考える。提出するログファイルの単位および名称は、1層1材料で1ファイルではなく、ある程度の自由なファイル単位でデータ交換できるように設定している。ログファイル命名規則は、施工箇所名+層番号+層番号+拡張子の順で記述する。また、施工箇所の背景となる図面

データは、JPEG ファイルで施工箇所名+拡張子の順で記述する。図-4 にログファイル作成・交換方法を示す。図-5 に交換されるログファイルの表示イメージを示す。

3. データ交換手法の整備方針

ISO15143 では、作業現場の地形データについて規格化を進めている。作業現場の地形データは、土工機械および測量機械を対象としたサーバ間連携によるデータ交換を対象に規格化される。また、対象となるサービスは、作業に必要となる地形データと施工履歴から計測される日々の出来形について実施している。データ交換標準は、盛土工と舗装工を対象として作成した。今後は、施工管理履歴データが浚渫工や地盤改良工において活用されることが想定され、国内標準としての建設機械におけるデータ交換が必要となる。ここでは、ISO15143 および今後の国内動向を視野に入れ、データ交換標準にて整理した構成要素のうち、データが存在しない項目を中心にデータ交換手法の整備方針を述べる。

3.1 設計データ

データ交換標準では、確認を容易にするために必要となる背景図（設計データ）が JPEG ファイルにて交換されている。設計データは、先行して利用されているデータ交換手法である TS による出来形管理の施工管理データ交換標準²⁾や LandXML1.2 に準じた 3次元設計データ交換標準³⁾において XML ファイル形式で記述された地形データおよび設計データにて定義することで実現できると考える。しかし、作業計画データに格納

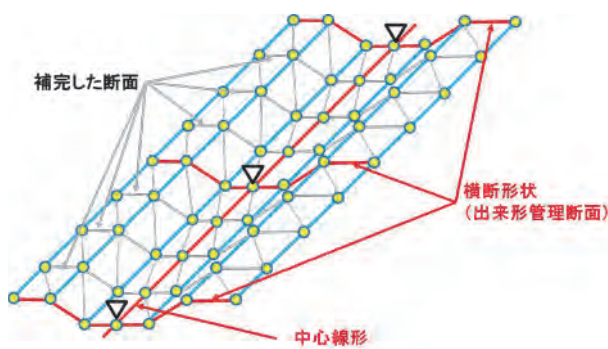


図-6 浚渫工における作業計画データの概念

測定項目	規格値	測定基準
基準高▽	-50mm	100本に1ヶ所。
位置・間隔w	D/4 以内	100本 以下は2ヶ所測定。
杭径D	設計値以上	1ヶ所に4本測定。
深度L	設計値以上	全本数
		L = ①1-②2 ①1: 改良体先端深度 ②2: 改良体天端深度

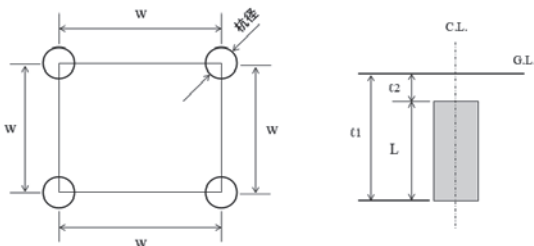


図-7 地盤改良工の出来形管理規格値と測定箇所

されている施工箇所データは、締固めの範囲の四隅を XY 座標にて定義している。そのため、設計データは、施工箇所データにある作業範囲の背景として必要な範囲をデータ記述するか、施工現場の全体をデータ記述するかを決める必要がある。

また、設計データを利用して作成する作業計画データは、浚渫工では掘削範囲・地盤改良工では改良範囲（立方体や円柱体）を定義する必要がある。浚渫工の掘削範囲は、TS による出来形管理の施工管理データ交換標準に記述のある出来形横断面セットに断面を補完し、面データ追加して記述すればよいと考えられる。図-6 に浚渫工における作業計画データの概念図を示す。地盤改良工の改良範囲は、浚渫工と同様に面データに出来形管理で必要となる基準高・位置・杭径・深度の基準となる箇所をデータ項目として記述する。地盤改良工の出来形管理規格値と測定箇所を図-7 に示す。

3.2 作業実績データ

作業実績データは、データ交換標準では締固め管理による品質管理データとしての締固め回数の交換が可能となった。浚渫工では、出来形・出来高管理が施工管理履歴データによるデータ交換の目

的となり、現在はバックホウのバケット位置を点群ファイル形式により交換している。地盤改良工は、出来形・出来高管理に必要となる改良範囲の形状にくわえて、計測した攪拌翼の回転数や固化剤の散布量なども施工管理履歴データとして交換する必要があるため、データ項目について工夫する必要がある。

3.3 判定データ

判定データは、浚渫工と地盤改良工では施工管理履歴データによる出来形管理を実施するために必要となる。データ項目は、出来形管理の規格値に示された項目および値と機械操作者による施工結果の比較値を交換できるようにする必要があると考える。

3.3 機械制御データ

機械制御データは、今後の自動運転ができた段階で定義が必要になると考える。現在は、締固めに関する自動運転サービスが展開されつつあり、それらを参考にデータ項目を考えることとしたい。

3.4 そのほか

データ交換標準は、ファイル形式を XML 形式にて実施した。データ交換標準は、ISO15143 Part3 で、JSON 形式が追加されており、XML 以外の対応も必要であると考ええる。また、今回 JPEG ファイルを参照したように、出来形管理結果となる点群データについても点群ファイルを参照するような方法も考えられる。そのためにも、ファイル自体を管理・参照するデータ項目を追加する必要があると考える。

4. おわりに

今後の i-Construction 展開により施工管理履歴データを活用した ICT による施工管理・出来形管理・出来高管理の実現のために、建設機械のデータ交換手法の確立を進めていきたいと考える。また、ISO15143 は、国内の施工管理基準に依存しない共通部分を規格として提案することで、海外への技術移転の障壁を少なくする活動をしていきたいと考える。

参考文献

- 1) 藤野健一ほか：TS・GNSSによる盛土締固め管理データ交換標準，土木研究所資料第4372号，2018
- 2) 北川順ほか：TS出来形管理の適用拡大に向けたデータ交換標準に関する検討，土木利用技術講演集，Vol.36，pp.17～20，2011
- 3) 谷口寿俊ほか：LandXMLを用いた道路形状の3次元設計データ交換標準に関する研究，土木学会論文集F3（土木情報学），Vol70・No.2，pp.I_133～I_143，2014