

I-6 出来形管理業務におけるシステムアーキテクチャ構築と

標準化領域の策定に関する一考察

A study of system architecture construction and decision of standardization area
in as-built management

田中洋一¹・遠藤和重²・建山和由³

Tanaka Youichi, Endou Kazushige, Tateyama Kazuyoshi

抄録：国土交通省は、社会資本整備における情報通信技術の活用により、建設費の縮減、品質の確保・向上、事業執行の効率化を目指している。情報通信技術の利用方法の一つである情報化施工は、利用する情報管理システムや情報項目における互換性の問題がある。本論文では、互換性の問題を解決するために ITS で利用されたシステムアーキテクチャ構築手法を情報化施工において採用する。そして、情報管理システムに必要な機能と情報を抽出し、互換性を保つために必要な標準化の対象領域について出来形管理業務の事例により明らかにする。

Abstract: The Ministry of Land, Infrastructure and Transport is aiming at the reduction of the cost of construction, securing, the improvement of the quality, and the efficiency improvement of the business execution by using the information-communication technology. The Intelligent construction system has the interoperability problem in the information management system and the information item. In this study, System architecture is constructed in the Intelligent construction system and is extracted the function and information necessary for the information management system, is clarified the object area of standardization necessary to be interoperability of as-built management.

キーワード：システムアーキテクチャ、出来形管理、情報基盤、標準化領域、国際規格

Keywords : system architecture, as-built management, information platform, standardization area, international standard

1. はじめに

国土交通省は、平成8年に「建設 CALS/EC 整備基本構想(案)」を発表し、組織間、事業段階間(調査、設計、施工、維持管理)での情報の交換、共有、連携を図り、建設費の縮減、品質の確保・向上、事業執行の効率化などを目指すものとして建設 CALS/EC を定義した。建設 CALS/EC は、異なる組織やシステム間での情報交換を実現する情報の電子化と標準化を重視している。情報の電子化は、組織間、事業段階間で交換、共有、連携の必要性が高い図面情報を対象とした。図面情報は、DXF (Data eXchange Format) という CAD (Computer Aided Design) データ形式が事実上の標準となっていた。しかし DXF は、バージョンにより解釈の違いが生じてデータが正しく交換されないといった課題があった。図面情報は、課題解決のために ISO STEP

規格をもとにした CAD データ交換として SXF (Scadec data eXchange Format) により標準化が実施された。SXF による標準化は、多くの CAD ベンダーによる開発参加で読み込み・書出しができる建設用 CAD ソフトの開発を促し、国内の CAD ソフト業界の育成に寄与した。

また、建設 CALS/EC で定義されている事業段階の施工段階では、情報通信技術を活用するために「情報化施工促進検討委員会」を平成9年度に設立し、普及促進に向けた「情報化施工のビジョン」(平成13年3月)を発表した。情報化施工のビジョンは、情報化施工の現状と将来像、普及に向けての課題と方策および産・学・官が果たすべき役割について述べられている。情報化施工とは、情報化技術を建設生産に適用して、施工に関する情報を効率的に利用することにより、施工の効率性・安全性・品質の向上・省力化・環境保全などに関する施工の合理化を行う建設生産システムで

1 : 正会員 工修 国土交通省 関東地方整備局 江戸川河川事務所
元 国土交通省 国土技術政策総合研究所 高度情報化研究センター 情報基盤研究室
(〒278-0005 千葉県野田市宮崎 134, Tel :04-7125-7311, E-mail : tanaka-y8317@ktr.mlit.go.jp)

2 : 正会員 工修 国土交通省 国土技術政策総合研究所 高度情報化研究センター 情報基盤研究室

3 : 正会員 工博 立命館大学 建築都市デザイン学科

ある。「情報化施工のビジョン」では、情報化施工の導入事例から共通の問題点として、情報化施工に適した施工管理が実施されていないことや情報管理システムと交換する情報についての互換性が少ないことが指摘されている。

本論文では、情報化施工における互換性の問題を解決するために、システムアーキテクチャ（以下、SA という。）を利用した分析を実施する。詳しくは2章で述べるが、SAはシステムを構成する要素（技術や個別システムなど）と、システム全体との関係を表した構造（骨格）を示すものであり、大規模なシステムが全体として機能するよう設計開発するためには、必要不可欠なものである。情報化施工は、施工における大規模な建設生産システムと見ることによってSAの構築をすることができる。また、SAを利用して情報化施工における共通化できる機能と再利用する情報を整理して、共通的な基盤として整備すべき技術内容を明確にする。さらに、情報化施工における標準化領域を抽出することで、情報管理システムや交換する情報についての互換性を確保する方法を提案する。

2. システムアーキテクチャの先進的な適用事例

SAの適用事例は、多様な個別システムから構成される全体システムとしての「高度道路交通システム（ITS）」がある¹⁾。ITSにおけるSA構築の目的は、統合的なシステムの効率的な構築、システム拡張性の確保、国内・国際的な標準化の促進にある。ITSにおけるSA構築の方法を以下に引用して示す。

ITSにおけるSAの構築手順は、利用者サービスの詳細定義、論理アーキテクチャの策定、物理アーキテクチャの策定、標準化候補領域の整理の4段階からなる。利用者サービスの詳細定義とは、論理アーキテクチャ策定などにおいて分析対象とする個々の利用者サービスの内容を詳細に定義することである。論理アーキテクチャの策定とは、利用者サービスの詳細定義（サブサービス）を実現するために、利用者システムの間で行われる情報の受発信およびシステムの内部で行われる処理を明確化し、個別システムで扱われる「情報」、「機能」を抽出し、「情報」の体系化とサービスを実現するために必要となる「機能」の関係を共通の書式を用いてモデル化することである。物理アーキテクチャの策定とは、論理アーキテクチャで抽出された「機能」と「情報」を組み合わせた項目を車、路側、センタなどの物理モデルに配置し、ITSを実現するシステムの全体像をモデル化することである。標準化候補領域の整理とは、物理アーキテクチャの成果の1つであるサブシステム相互接続図に示された24のサブシステムおよび4の通信方式の全てにおいて今後標準化する

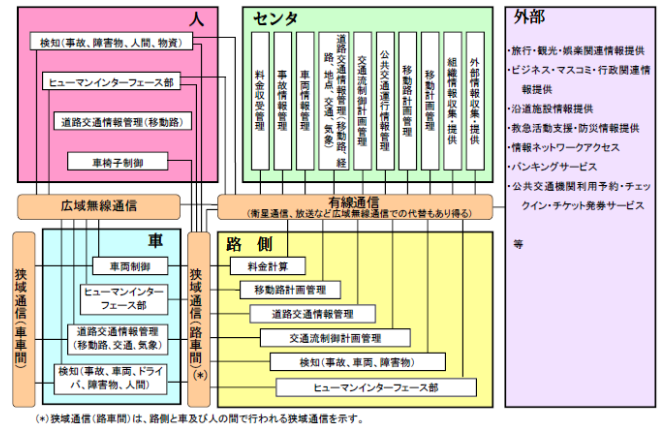


図-1 ITSにおけるサブシステム相互接続図¹⁾

べき領域（標準化候補領域）について位置づけたものである。図-1にITSにおけるサブシステム相互接続図を示す。

情報化施工は、請負者・発注者などの人や建設機械・測量機器などと情報通信技術を組み合わせることで活用する高度で多様な目的を有する大規模な建設生産システムとして考えることができる。SAの利用は、システムの全体像について関係者間での共通認識を形成し、統合的なシステムとして実現することを促進するとともに、効率的な大規模システムの構築をしていくことを実現することができる。本論文では、ITSの事例を参考に情報化施工における互換性を確保する方法としてSAを採用することとした。

3. 情報化施工におけるシステムアーキテクチャ構築

情報化施工におけるSA構築は、互換性を確保するための技術規格を明確にする必要がある。SAを構築するためには、情報化施工の全体としての「機能」と「情報」に着目したオブジェクト指向の分析²⁾を実施した。SA構築手順は、利用者サービスの詳細定義としての「ユースケース分析（業務分析）」と「情報化施工における業務プロセスの分析」、論理アーキテクチャの策定としての「論理モデルの作成（情報、機能）」と「コンポーネント分析」、物理アーキテクチャの策定としての「物理モデルの作成（人、ノウハウ、データなど）」と「利用イメージの作成」の手順で取組んだ。最後に、実際の施工現場での導入を実現するために、技術規格として必要な整備項目は、情報基盤として整理した。

(1) ユースケース分析（業務分析）

ユースケース分析は、実際の工事資料から施工段階における請負者・発注者の役割を整理し、業務プロセスモデルを作成した。業務プロセスモデルは、工事請

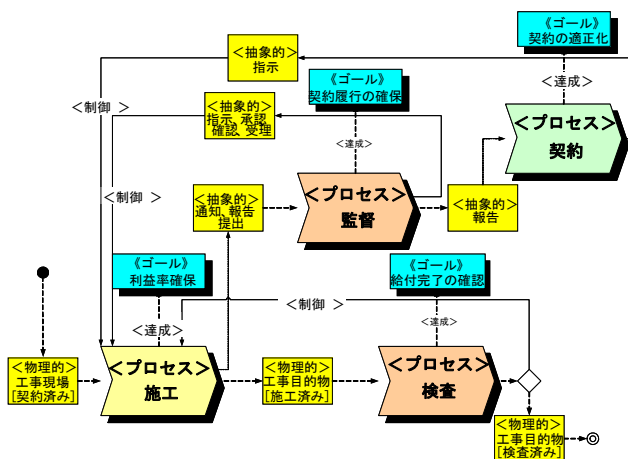


図-2 施工段階における業務プロセスモデル

負契約書，土木工事標準仕様書などに基づき，契約，施工，監督，検査の4項目で表現することができる。

図-2に施工段階における業務プロセスモデルを示す。

発注者業務は，4プロセスのうち3プロセス（契約，監督，検査）が該当する。また，施工段階において扱われる情報は，発注者業務の複数プロセス間にまたがって流通する。流通する情報は，発注者業務の視点から重要度が高く，請負者から発注者に受け渡される施工対象としての目的構造物を評価するための指標となっている。さらに，個別プロセスは，内部での実施項目が規定されている。

契約プロセスは，発注者における監督職員と請負者との契約変更協議により契約変更の指示があった場合に発生する。契約プロセスは，積算業務と契約変更手続き業務に分解できる。積算業務は，契約変更に伴う工事費の算出・変更数量に対する積算であり，発注者における積算担当が実施する。また，契約変更手続き業務は，積算業務の完了後に実施され，請負者側への変更契約内容の指示であり，契約担当が実施する。

施工プロセスは，請負者による契約締結後に発生するプロセスであり，請負者が実施する。施工プロセスは，計画・準備，実施，管理に分解できる。請負者は，計測・出来形・品質・工程・環境・安全などすべての作業項目に対して，計画・準備，実施，管理を繰り返しながら作業を進めることとなる。

監督プロセスは，請負者の施工プロセス実施中に発生する。監督プロセスは，施工プロセスに対する把握，確認，指示，協議に分解できる。発注者業務は，把握，確認，指示，協議の遂行であり，請負者側から提供される情報に対し，発注者における監督職員が契約図書の規定に従って実施する。また，必要な事項については，把握，確認，指示，協議の完了後に監督職員から請負者に対し，指示，承認，確認，受理するものである。なお，段階確認では，監督プロセスにおいて不可視部分の検査を実施することとなっており，一部，検

査プロセスの代行も実施している。

検査プロセスは，施工プロセス実施後に発生する。検査プロセスは，施工手順確認（業務履行の検査），目的構造物確認（完成検査）に分類できる。発注者における検査職員は，工事目的物の形状寸法や性能などの最終確認といった実地検査（施工ヤードでの確認）と，書面による施工方法や施工管理手順の確認といった机上検査（事務所での確認）により実施する。また，検査職員は，完成後に不可視部分となる箇所がある場合監督職員により段階確認にて代行されたことを検査する。

（2）情報化施工における業務プロセス分析

情報化施工における業務プロセス分析は，サービスを定義するために情報交換をとまなうプロセスを対象とした。対象となる業務プロセスを発注者・受注者の情報交換に整理し，領域として開発すべき対象を明確にした。情報化施工の開発対象となる領域は，①施工管理，②監督・検査，③積算・決済，④機械施工，⑤資機材管理，⑥環境・安全管理の6分野を設定した。

図-3に情報化施工の開発対象領域を示す。

開発対象の6分野は，さらに実際の作業としてのプロセスとなるサブプロセスを定義した。図-4に6分野におけるサブプロセスを示す。

サブプロセスには，現状の業務遂行を阻害する要因があり，現状業務分析から阻害する要因を問題点として設定した。設定した問題点は，工種にかかわらずサブプロセスで発生する問題点として設定した。一例として，図-5にサブプロセスにおける問題点（監督・検査）を示す。

問題点に対しては，業務改善するための解決手法として，情報通信技術による業務改善提案を設定した。設定した情報通信技術による業務改善提案がサービスである。一例として，図-6にサブプロセスにおけるサービス（監督・検査）を示す。

（3）論理モデルの作成

サービスを実現する論理モデルの作成は，施工段階において交換，再利用の頻度が高い情報を利用してサブプロセスについて絞ることとした。そして，交換，再利用の頻度が高い情報は，道路土工を対象に実際の工事資料における分析結果から，設計としての幾何情報や品質管理・出来形管理を実施した場所を示す位置情報であることがわかった。また，幾何情報・位置情報は，位置データとしての測量結果や設計形状（中心線形，横断図，平面図など）と関連して，属性として様々な情報が他のサブプロセスでも共通的に利用することができる。図-7に情報連携の概念を示す。

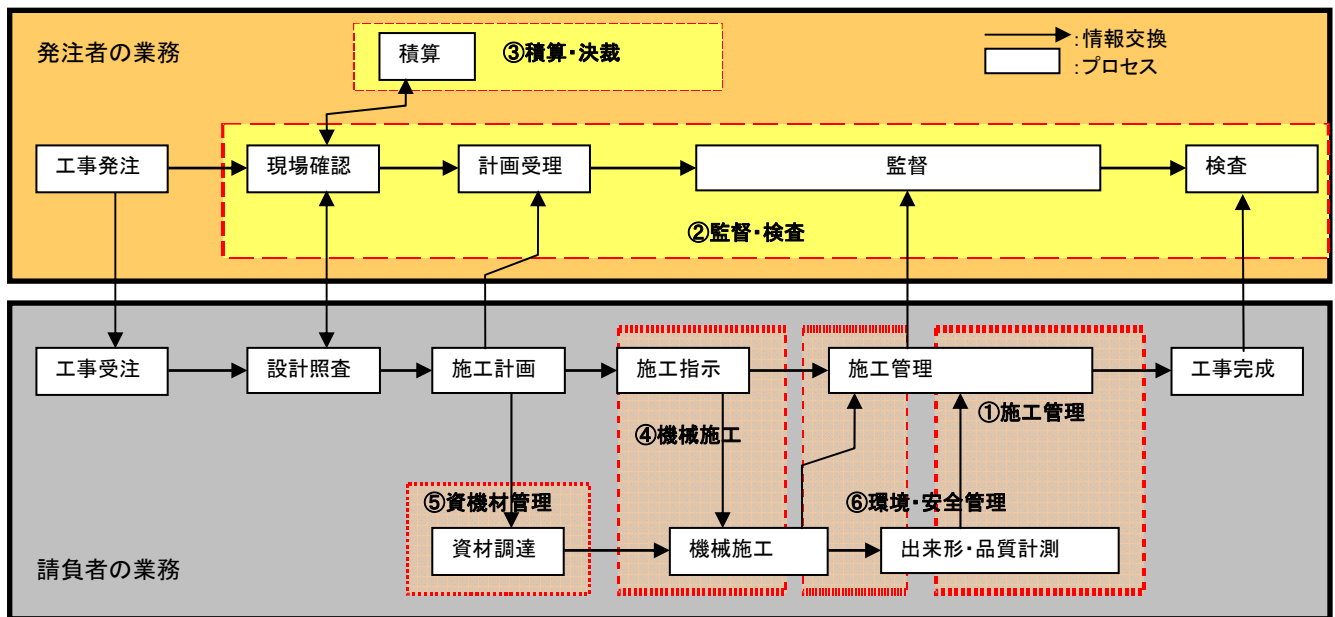


図-3 情報化施工の開発対象領域



図-4 6分野におけるサブプロセス

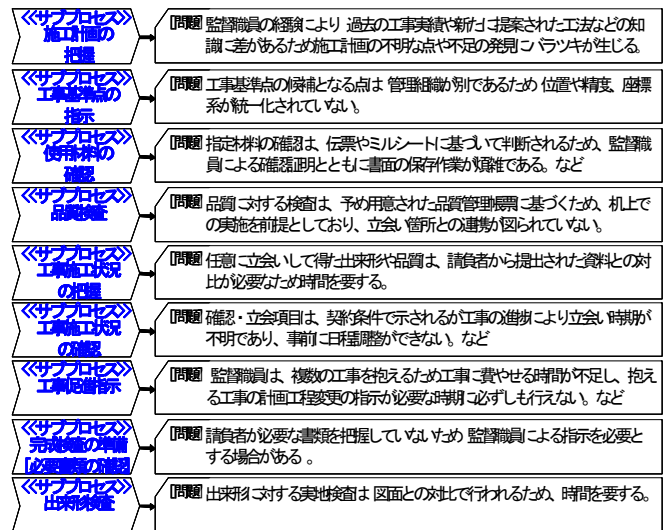


図-5 サブプロセスにおける問題点 (監督・検査)

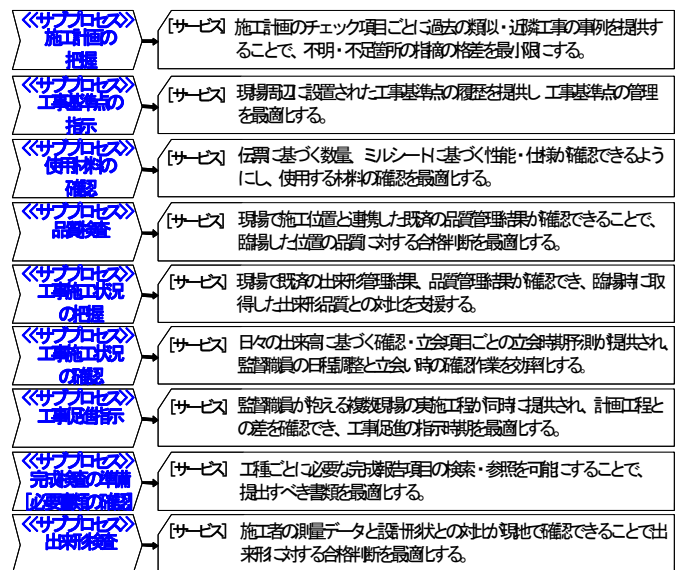


図-6 サブプロセスにおけるサービス (監督・検査)

現場空間情報と幾何情報・位置情報は、参照しやすいデータ交換手法を用いた情報交換をすることで、サブプロセスに応じた情報の編集・加工処理を自動化することが可能となる。また、編集・加工前の属性情報を交換できることで様々なサブプロセスで情報の再利用することが可能となる。論理モデルや物理モデルの作成は、幾何情報、位置データと施工現場の照合を必要とする出来形管理業務を例として説明する。

a) 出来形管理業務のプロセス

出来形管理業務のプロセスは、情報流通の内容を把握するために施工段階におけるプロセスモデルを用いてモデル化した。また、作成したモデルから本質的な目的が分析した。出来形管理業務の全体目的は、分析結果から「目的構造物の出来形を確保する上で、必要な施工管理を実施し、性能を保持する形状を確保すること」、および、「施工管理および出来形形状を把握して目的構造物の形状を判断すること」とした。図-8に出来形管理業務におけるプロセスモデルを示す。

b) 業務プロセスのコンセプト

業務プロセスのコンセプトは、出来形管理業務プロセスに情報通信技術を活用したときの、作業内容に対するコンセプトとゴールを設定した。出来形管理業務コンセプトは、3次元設計情報を利用することで、請負者・発注者とも簡単に出来形情報を把握することができ、任意の場所における出来形管理も実現することができる。図-9に出来形管理業務のプロセスコンセプトを示す。

c) 詳細業務プロセスモデルの作成

出来形管理業務のプロセスは、施工管理分野としての請負者による出来形管理と、監督・検査分野としての発注者（監督職員・検査職員）による出来形管理の把握と出来形検査について詳細に分析し、サブプロセスとしての機能と情報の流通についての関係を詳細業務プロセスモデル（サブプロセスモデル）として示した。出来形管理のサブプロセスモデルは、請負者が施工を実施し、出来形値の判定を完了して監督職員に完成検査の通知を提出するまでを対象として作成した。図-10に出来形管理のサブプロセスモデルを示す。

出来形管理の把握サブプロセスモデルは、監督職員が出来形値の請求を行い、妥当な出来形管理状況および出来形管理値の判定までを対象として作成した。図-11に出来形管理の把握サブプロセスモデルを示す。

出来形検査のサブプロセスは、検査職員が完成検査の通知を受けてから、出来形の判定（検査完了）までを対象として作成した。図-12に出来形検査サブプロセスモデルを示す。

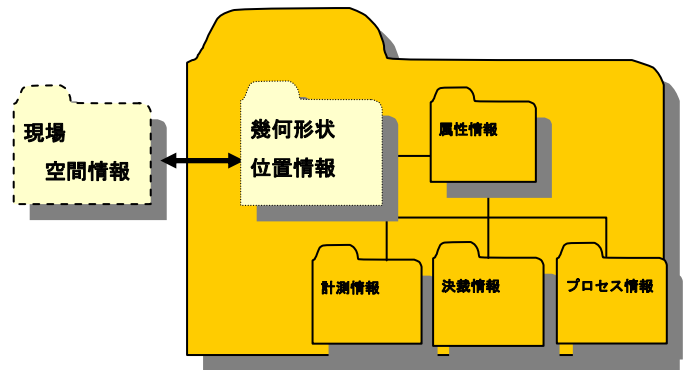


図-7 情報連携の概念

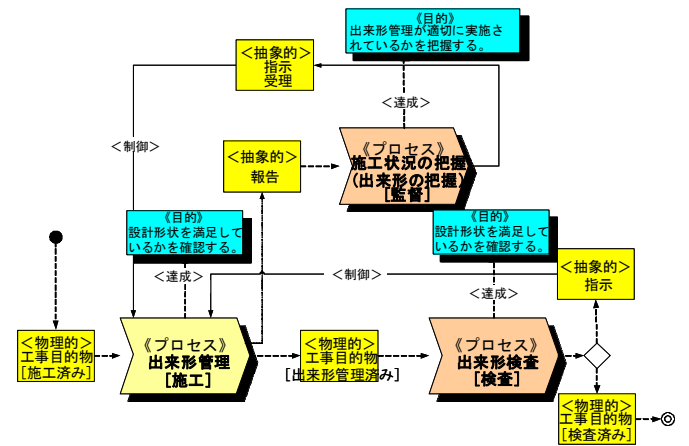


図-8 出来形管理業務におけるプロセスモデル

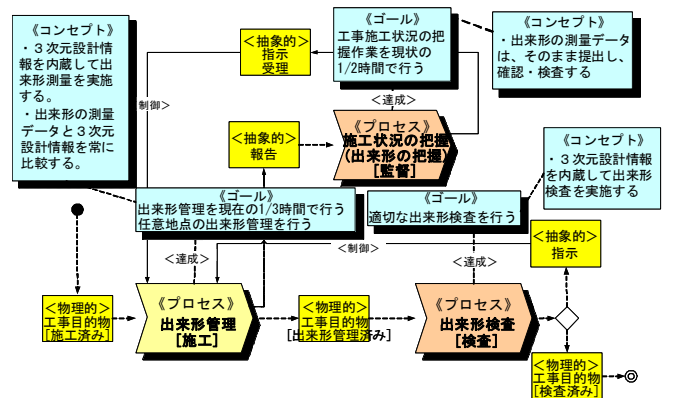


図-9 出来形管理業務のプロセスコンセプト

(4) コンポーネント分析

出来形管理業務のコンポーネント分析は、サブプロセスモデルの結果から情報機器を用いて支援できる業務内容について抽出し、共通的な項目（基盤）と業務に特化した項目（業務）として、基盤データ、業務データ、基盤機能、業務機能に分類した。中心線形と横断形状から構成される設計形状情報と出来形計測値の測量情報は、組み合わせることで様々な機能に関与している。図-13に出来形業務におけるコンポーネント図を示す。

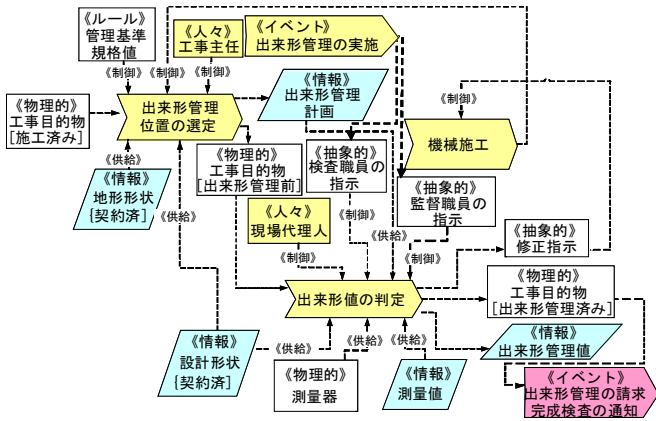


図-10 出来形管理のサブプロセスモデル

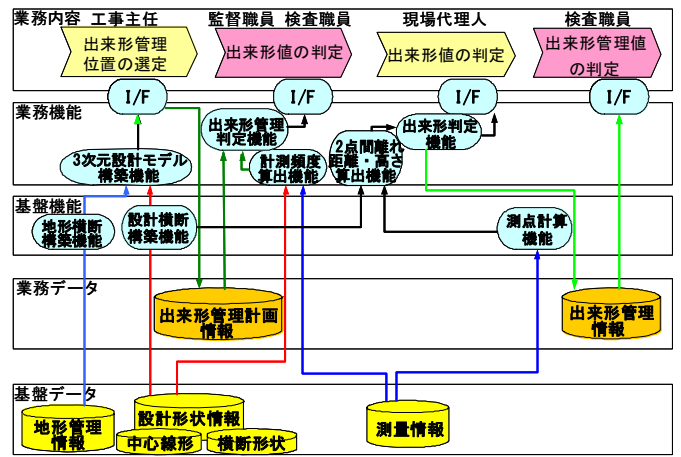


図-13 出来形管理業務におけるコンポーネントモデル

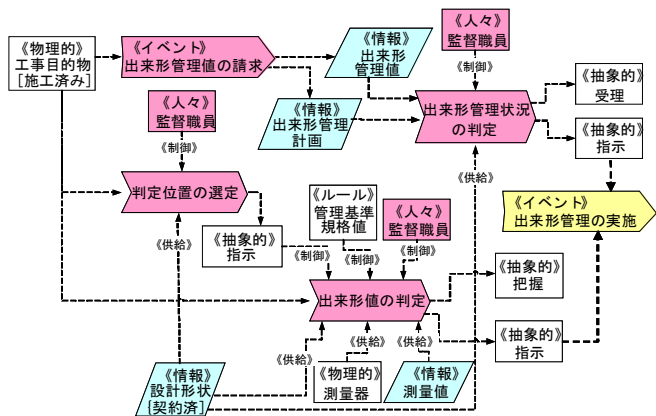


図-11 出来形管理の把握サブプロセスモデル

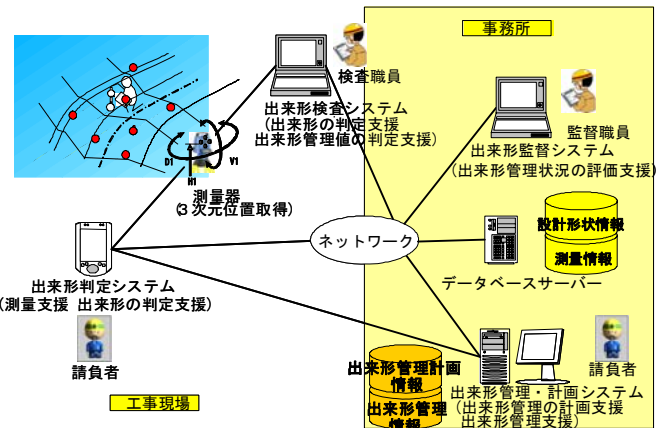


図-14 出来形管理業務の物理モデル

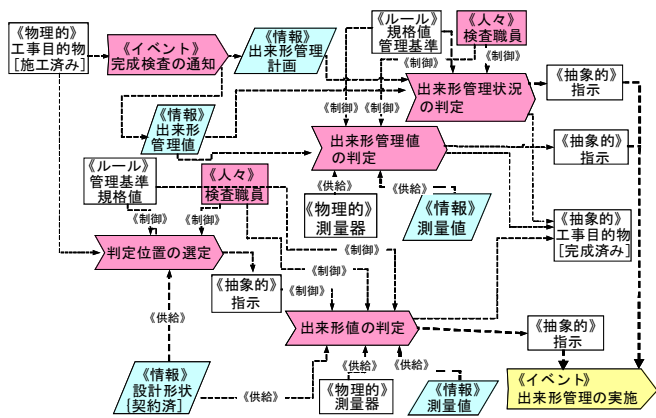


図-12 出来形検査サブプロセスモデル

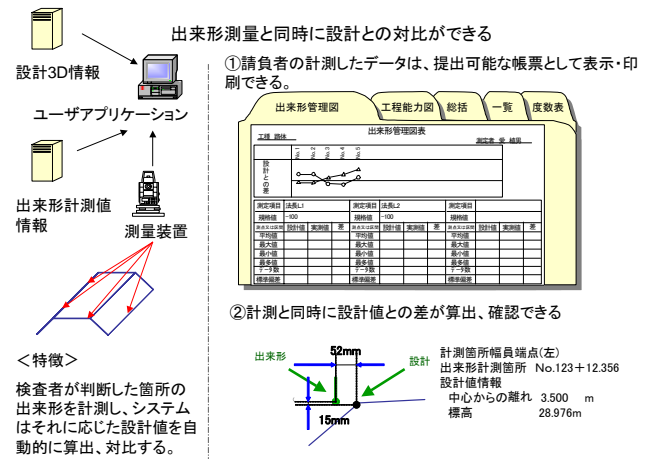


図-15 出来形管理利用イメージ

(5) 物理モデルの作成

物理モデルは、コンポーネントモデルの機能と情報を実際にある機器に配置することで作成した。設計形状情報は、データベースから現場で利用できる情報とした。出来形の測量情報は、現場で設計形状情報と共に利用されるだけでなく、事務所でも確認のために利用され、サーバに登録される。登録された情報は、監督職員、検査職員も利用することができる。図-14に出来形管理業務の物理モデルを示す。

(6) 利用イメージの作成

利用イメージは、土工を対象とした出来形管理業務サブプロセスの実現として、発注者・請負者という利用者毎に作成した。請負者の出来形管理利用イメージは、3次元設計情報を利用して設計値を自動抽出し、計測機器により取得された出来形計測値と対比することで、現地で即座に設計と出来形の対比することが実現できる。また、請負者は、蓄積された出来形計測値

を自動で帳票変換する機能も提供される。

発注者の出来形管理利用イメージは、請負者と同様の機能を持ったサービスにより実現する。これにより、出来形値の判定は、検査職員が現地で任意の点を指定して、短時間で設計と出来形計測値の差異を対比することが可能となる。発注者は、事前に準備した設計データと出来形計測値を対比することで検査の確実性を確保することができ、施工の不良箇所の見落としを正に貢献することができる。図-15に出来形管理利用イメージを示す。

(7) 情報基盤の構築

出来形管理業務サービスの実現には、SAにおける機能と情報の互換性を確保するために必要な技術規格を整備する必要がある。技術規格は、情報化施工において共通的に整備する項目をプラットフォーム（情報基盤）として表現した。情報基盤は、ネットワークの分野で利用されている OSI（Open Systems Interconnection）参照モデルを参考に、情報化施工におけるサービスを実現するための技術規格を3項目に分類した。3つの基盤は、機能の技術規格となるハード的な基盤、情報の技術規格となるデータの基盤と2基盤を運用させるために必要な技術規格としてのソフト的な基盤から構築される。

ハード的な基盤は、コンピュータ、通信機器、測量機器、品質計測器、建設機械などとそれらに実装される情報管理システムから構成される。データの基盤は、施工時に必要な測地座標系や施工管理において必要な情報の定義やデータ辞書などから構成される。ソフト的な基盤は、情報化施工を運用するためのノウハウや情報技術に対応した業務プロセスの基盤（施工に関する法令、通達、基準、慣習など）などから構成される。

出来形管理業務に必要なハード的な基盤は、比較的規模の小さい施工現場でも利用されつつある測量機器であるトータルステーション（以下 TS という）を選択した。出来形管理業務に必要な機能の技術規格は、TS に出来形管理機能を実装するために必要な要件をハードウェア要件とソフトウェア要件として整理し、「出来形管理用 TS 機能要求仕様書（案）」³⁾を作成した。出来形管理に必要な情報の技術規格は、「トータルステーションによる出来形管理に用いる施工管理データ交換標準（案）」³⁾を作成した。データ交換標準は、LandXML⁴⁾を基本として TS による出来形管理における情報を整理し、使用するデータの仕様を定めたものである。出来形管理を運用させるために必要な技術規格は、機能と情報の技術規格を基に TS を活用する管理基準となる「施工管理データを搭載した TS による出来形管理要領（案）」³⁾を作成した。出来形管理要領は、

現行の巻尺・レベルに代わって TS を使用するための方法を規定した。

情報基盤は、出来形管理のシステム開発^{5) 6)}・検定⁷⁾や出来形管理要領の現場試行による検証⁸⁾にて、技術規格の妥当性について確認した。

4. 情報化施工における標準化領域の策定

(1) 情報化施工における標準化領域

情報化施工における標準化領域は、ITS と同様にサブシステムの相互接続図を作成することで、標準化対象とすべき領域がどこにあるかを分類した。しかし、情報化施工は、施工段階が対象とする範囲が幅広く、発注者（積算担当者・契約担当者・監督職員・検査職員）や請負者（現場代理人、施工者など）、建設機械や測量機器や情報管理システムなどが多種多様に存在する。そのため、情報化施工を構成する要素は、ITS と同様な5項目としての「人」、「情報システム」、「機械」、「工事現場」および情報化施工と連携をする「外部」と要素間を接続するために必要な「インターフェイス」、「通信、媒体」に分類することとした。

表-1に情報化施工の構成要素の内容を示す。図-16 情報化施工における相互接続図を示す。

情報化施工における要領・基準は、対象工種管理の内容を規定したものであり、とくに「人（発注者）」および「人（受注者）」のやりとりの制約条件となる。しかし、情報管理システムと機械における制約条件とはならないため、標準化の対象領域とはならない。ただし、発注者が要領・基準により情報管理システムの

表-1 情報化施工の構成要素の内容

構成要素	内 容
人	発注者、施工者、建機オペレータなどであり作業判断、機械操作を行う。
情報管理システム	現場の変化の情報蓄積し、人の判断を助ける。蓄積する情報は大きく情報化施工の対象6分野で分類している。
機械 (建設機械、計測機器)	現場の変化を把握するセンサを持つ重機・計測機器で現場の形状・品質に関する変化を取得する。また、人の判断により現場を変化させる行為を行う。
工事現場 (目的構造物)	土木工事の目的物である土木構造物・地形などであり、機械で情報取得・変化が発生する。
外部	各施工現場で共通して用いる地図情報・積算情報など外部環境の情報
インターフェイス	・人とシステム間のマン・マシンインターフェイス ・目的構造物と機械間のセンサ
通信、媒体	有線・無線通信手段、CF カードなどの記憶媒体などを指し、機械と情報管理システム間のデータ交換手段である。

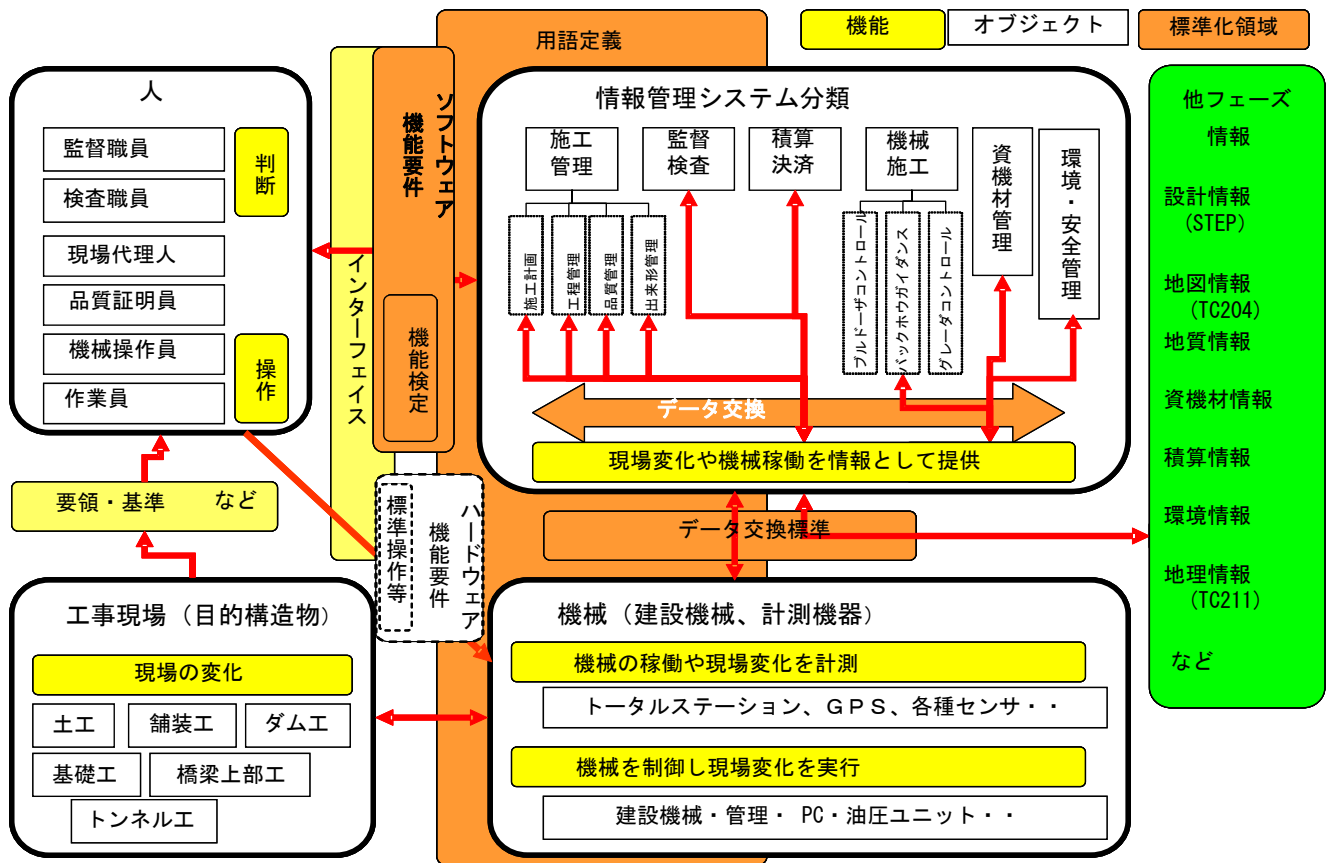


図-16 情報化施工における相互接続図

使用を認めることで、標準化と同じ効果がある。

データ交換標準は、工種毎の要領・基準で規定されている情報であるとともに、対象工種の施工管理を実施するうえで流通するデータの構造や名称などが標準化の対象となる。データ交換標準は、仕様書本文、UML (Unified Modeling Language) の統一モデリング言語 (ISO/IEC 19501-1 参照のクラス図など) による情報モデル、XML (eXtensible Markup Language) Schema で設計されたスキーマなどのデータフォーマット、データ辞書で構成される。

情報管理システムの機能要求仕様書 (ソフトウェア機能要件) は、工種毎の要領・基準に基づいた施工管理を実施するために具備すべき機能を定義した仕様書であり標準化の対象となる。情報管理システム (実装機器・ソフト) は、機械の入出力データを編集するツールとして対象工種の施工に係わる機械への「入力する情報」および「施工後に機械から出力される情報」を編集する。機械の機能要求仕様書 (ハードウェア機能要件) は、工種毎の要領・基準に基づいた施工管理を実施するために用いる機械が具備すべき機能を定義した仕様書である。機械 (建設機械、計測機器) は、対象工種の施工管理で利用する建設機械、計測機器であり、日本工業規格などに準拠して必要な機能について開発される。

また、データ交換標準や機能要求仕様書に必要な用語定義は、機械や情報管理システムの意味や利用目的などを統一し、互換性を確保できるようになるため標準化の対象となる。

(2) 出来形管理業務における標準化対象の提案

出来形管理業務の標準化方法は、情報化施工における標準化領域を参考しつつ、施工段階において情報通信技術を利用するためのあり方を示した「情報化施工推進戦略」⁹⁾ で述べられているように、国際標準である ISO 15143¹⁰⁾ (以下、国際標準という。) に準拠させる必要がある。国際標準は、施工現場で情報システムを利用するために、「建設機械、測量機器、施工管理システムの間でデータを容易かつ確実に交換すること」が提案されている。国際標準は、土工機械および移動式道路建設機械—作業現場のデータ交換という総合タイトルを基本とし、「パート 1: システムアーキテクチャ」、「パート 2: データ辞書」、の 2 パートで構成されている。国際標準パート 1 は、UML 言語により、一般的な施工現場のデータ交換用スキーマについて説明している。データ交換は、国際標準で示されたスキーマのデータ体系を継承することで、明確で一貫性のあるモデル表示ができ、システム実装を容易にす

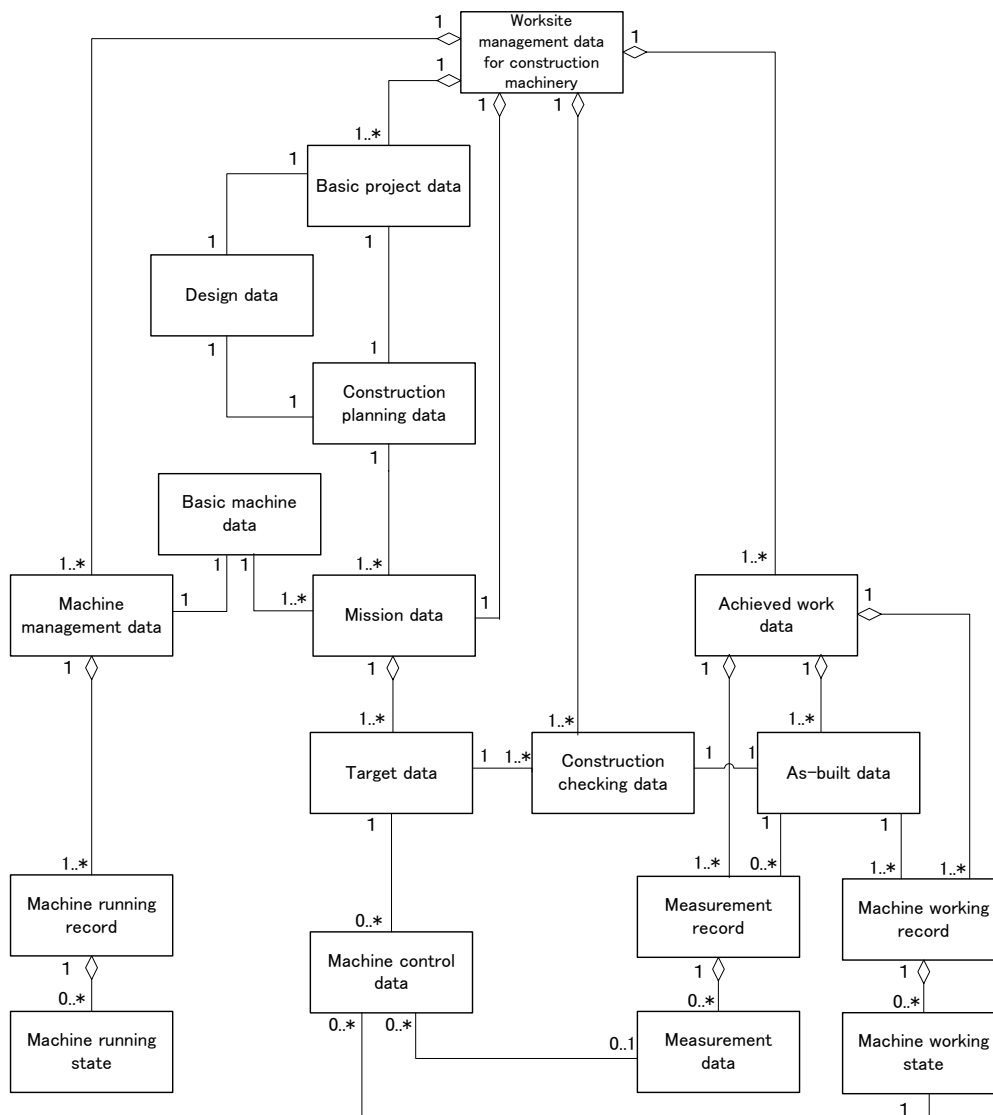


図-17 一般的な施工現場のデータ交換用スキーマ¹⁰⁾

ることができる。図-17 一般的な施工現場のデータ交換用スキーマを示す。国際標準のデータ定義方法および施工現場に関する主要な定義は、「パート 2：データ辞書」に示されている。データ辞書は、情報管理システム間で交換されるデータを規定するために、「データエレメント表（意味の定義）」と「バリュードメイン表（表現の定義）」の 2 表によって構成されている¹²⁾。

出来形管理業務におけるデータ交換標準は、TS による出来形管理での利用を対象に構築した。出来形管理業務では、施工現場において基準となる中心線形と管理すべき横断形状についての設計形状情報を交換するだけで十分である。TS による出来形管理は、3 種のソフトウェア機能から情報管理システムが構成される。それぞれのソフトウェア間で確実にデータを交換させるためのデータ内容は、座標参照系セット、工事基準点セット、道路構造物情報、出来形横断面セット、計

測点セットから構成される。データ交換標準のクラス構成図は、国際標準の一般的な施工現場のデータ交換用スキーマにあわせて整理した。図-18 にデータ交換標準のクラス構成図を示す。

出来形管理業務の標準化作業は、情報基盤に標準化領域を当てはめることで、対象と内容を明確にすることができる。図-19 に出来形管理業務における標準化対象領域を示す。データの基盤は、①データ辞書（国際標準準拠）、②データフォーマット（XML 形式）、③情報モデル（UML のクラス図）が出来形管理業務を運用させるために必要な項目となる。データ辞書は、出来形管理データを国際標準相当のデータエレメント表とバリュードメイン表として作成した。データフォーマットは、LandXML を拡張する形で、XML 形式による記述方法にて表現した。情報モデルは、図-18 にあるデータ交換標準のクラス構成図として出来形管理業務の情報項目を表現した。

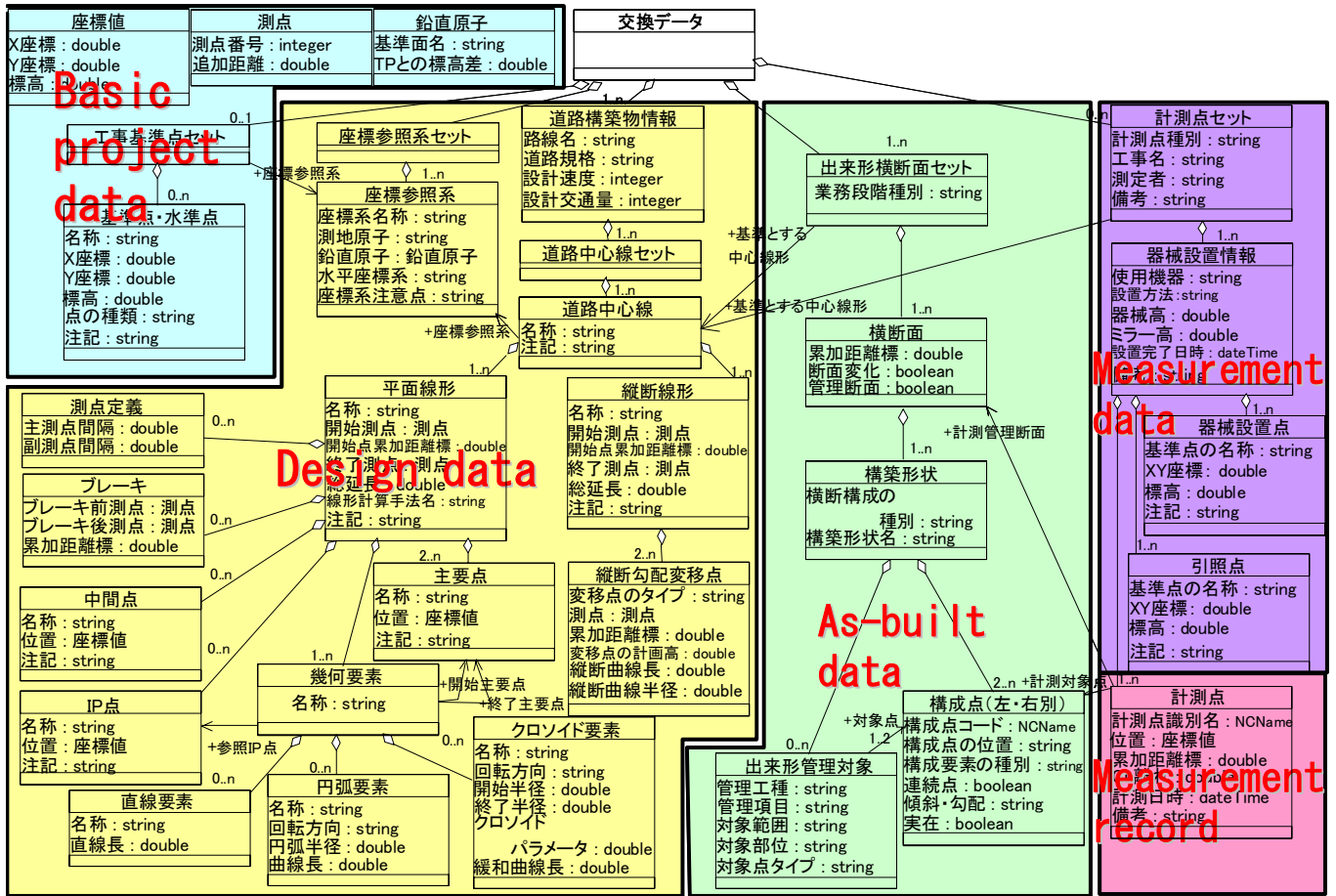


図-18 データ交換標準のクラス構成図

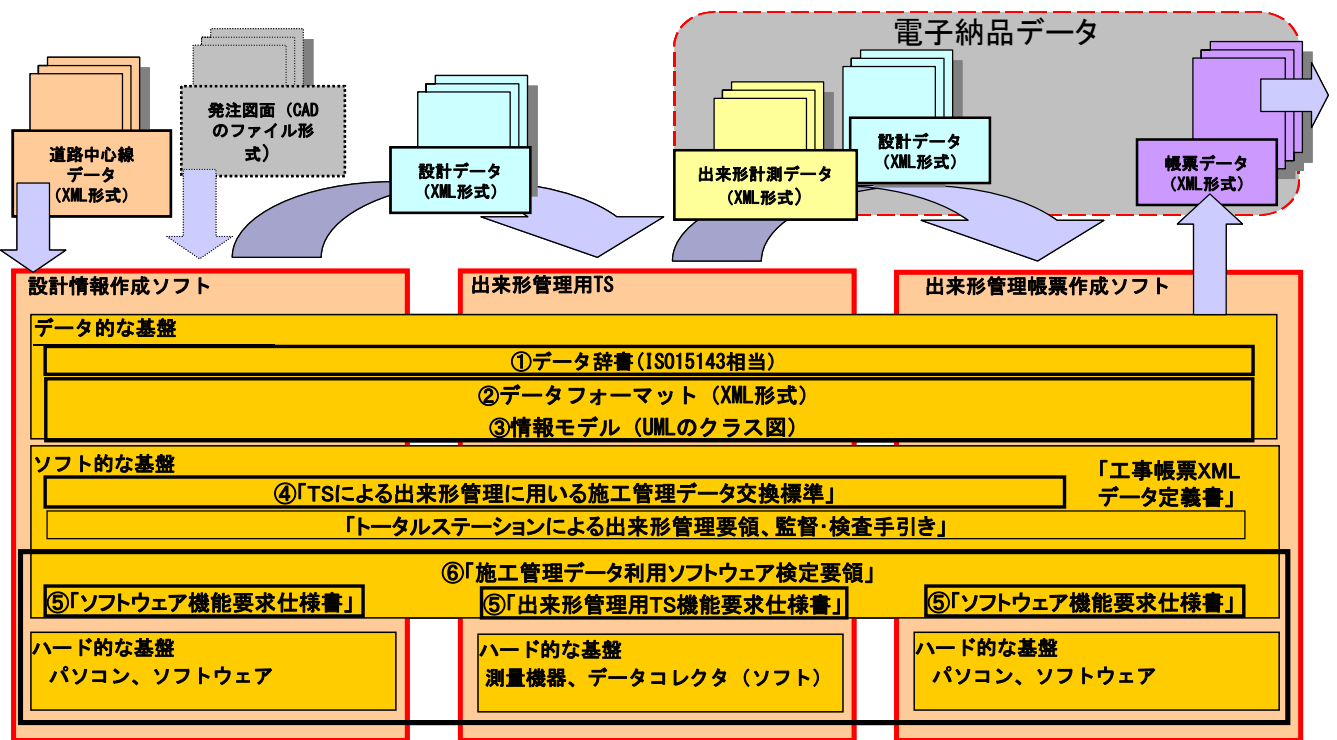


図-19 来形管理業務における標準化対象領域

ソフト的な基盤は、④データ交換標準と⑤機能要求仕様書が必要となる。機能要求仕様書は、ハード的な基盤において出来形管理に必要な機能や交換される情報の互換性を確保するために必要となる。さらに、⑥施工管理データ利用ソフトウェア検定要領についても、情報の互換性を確保し相互運用性を保証する観点から、技術規格として標準化することが必要である。

5. 考察

情報化施工のSAは、出来形管理業務を具体事例として詳細に構築し、実際の施工現場における試行工事による出来形管理業務の効果について検証した。出来形管理サブプロセスにおける機能は、施工管理における準備測量や現場指標の設置（丁張り）のサブプロセスでも共有することができる。SAは、オブジェクト指向による分析がされているため、構成する機能を他のサブプロセスでも活用することが可能となっている。また、出来形管理の機能に新たな機能を追加することで、数量算出・沈下管理といった施工管理での利用や完成平面図の作成といった監督・検査に必要な情報を作成する新たなサブプロセスの実現が可能となる。出来形管理作業における測量機能は、施工段階ばかりではなく、調査・設計段階での測量作業にも利用することができる。出来形管理業務の設計情報や測量情報は、道路工事完成平面図の作成により道路管理の高度化¹²⁾などの維持管理段階での再利用が可能となる。

論理モデルと物理モデルは、土工の工種に特化して作成した。今後は、さらに多くの対象工種にて利用できるようにする必要がある。とくに、監督・検査に係る論理・物理モデルは、発注者の視点からも重要な分野であり、施工段階の効率化からも重要度は高い。監督・検査の領域は、対象工種ごとに検査方法が異なるが、検査内容には類似性があり汎化の関係にあるので展開は容易であると考えられる。また、出来形管理業務として作成した項目は、汎化しやすいので、他工種（舗装・地下埋設物など）への展開が実施されている。

物理モデルは、測量機器としてTSを利用することで実現した。物理モデルは、測量機器をTSからRTK-GPSに交換することも可能である。そのときの技術規格は、TSによる情報基盤として整備した内容である④データ交換標準と⑤機能要求仕様書と⑥ソフトウェア検定要領を、RTK-GPSの機器としての特性を加味した機能と情報を項目追加することで対応することが可能である。サブプロセスの問題点と問題解決手法としてサービスが代わらなければ、ハード的な基盤を変更しても整備する技術規格は、変化することはない。これも、SAにおけるオブジェクト指向分析の効果であるといえる。

標準化領域の策定は、情報化施工における標準化の

対象となる要素について明らかにし、今後の標準化作業において必要となる項目を明確にすることができた。標準化作業は、ソフト的な基盤の④データ交換標準と⑤機能要求仕様書と⑥ソフトウェア検定要領について国内標準として実施する。出来形管理業務のデータ交換標準は、国際標準に準拠したデータ辞書を測量機器におけるデータ交換方法として国際標準に提案したいと考えている。情報化施工推進戦略にもあるように、建設機械や測量機器において構築されたスキーマおよびデータ辞書は、国内標準としてのデータ互換性を確保するために必要な検定機関などの周辺環境を整備する必要もある。今後は、情報化施工推進戦略の進展により、様々な情報管理システムが開発されるようになると思われる。開発された情報管理システムは、標準化する仕組みと情報の交換における互換性を検証し、証明する環境を整備することも必要となる。

情報管理システムの開発により、さらなるデータ交換が実施されること、データ交換標準のクラス構成図は、修正が必要となる。修正作業は、情報としての量子化をどのように実施していくかが課題となる。また修正作業は、情報の量子化もさることながら、管理するための鍵となる情報も定義する必要がある。本論文では、幾何情報・位置情報を鍵として、情報項目を整理することを提案した。今後は、データ改ざんという不正行為を防ぐためにも、管理するための鍵として時間に関する概念も重要と考える。情報管理システムは、暗黙的に時間を取得しているため、時間概念を鍵として利用していく方法を定義する必要がある。情報の量子化や位置・時間情報を鍵とした管理は、新たな情報管理手法の定義につながるのではないかと考える。そのためにも、情報化施工を推進して施工段階で多くの情報を収集し、解析することで新たな情報管理手法について提案したいと考える。

6. おわりに

SAの構築は、情報化施工における共通的な機能と情報の整理方法を確立し、整備すべき情報管理システムを開発分野に分類することができた。また、情報基盤を構築することで、発注者が情報化施工を現場導入するために取り組むべき技術規格について定義することができた。さらに、標準化対象領域を明確にすることで、情報管理システムと交換する情報の互換性を確保することが可能となった。

一般的なシステム開発は、要求分析、システム分析、設計、コーディング、テストを実施する。情報化施工としての出来形管理業務におけるシステム開発は、要求・システム分析として論理モデルの作成、設計としての物理モデルの作成、機器開発によるコーディング、

現場試行によるテストが終了した段階である。情報化施工としてのシステム開発としては、まだ出来形管理業務という一部のサービスが実現しただけであり、新たなサービスにおける論理モデルや物理モデルを作成し、全体像を構築する必要がある。今後は、機能や情報を追加してさらに情報化施工としてのシステムアーキテクチャ全体の実現を目指していきたいと考える。

謝辞: 本研究の遂行にあたり、国土交通省道路局 ITS 推進室長奥谷正氏ならびに国土技術政策総合研究所道路研究室長上坂克巳氏にはシステムアーキテクチャにおける分析方法や標準化領域の策定手法についてのご貴重なご意見を賜った。また、日本建設機械化協会の藤島崇氏、椎葉祐士氏ならびに日本工営株式会社の今井龍一氏、大山敦郎氏には、モデリングに関してご支援頂いた。ここに記して感謝の意を表する。

参考文献

- 1) ITS Japan : ITS に係るシステムアーキテクチャ,
<<http://www.its-jp.org/about/arch/sys.htm>>, (入手 2009.5.8).
- 2) 杉浦孝明:ITS のシステムアーキテクチャ,計測と制御,
第40巻/第3号, pp.190-195, 2001年3月.
- 3) 国土交通省国土技術政策総合研究所:トータルステーションを用いた出来形管理に関する資料, 国土技術政策総合研究所資料, No.483, 2008年11月.
- 4) LandXML:LandXML-1.0Schema<<http://www.landxml.org/>>
(入手 2006.6.21)
- 5) 有富孝一, 上坂克巳, 阿部寛之, 田中洋一, 柴崎亮介:トータルステーションを活用した道路土工における出来形管理システムの構築と現場実証, 土木情報利用技術論文集, Vol. 15, pp. 259-270, 2006年10月.
- 6) 田中洋一, 阿部寛之, 青山憲明, 今井龍一, 金澤文彦:出来形管理トータルステーションで利用するサポートソフトウェアの開発, 土木情報利用技術論文集, Vol.16, pp.137-148, 2007年10月.
- 7) 田中洋一, 阿部寛之, 青山憲明, 今井龍一, 金澤文彦:出来形管理用トータルステーションの評価試験について, 土木情報利用技術論文集, Vol.16, pp.127-136, 2007年10月.
- 8) 神原明宏, 田中洋一, 金澤文彦:トータルステーションシステムを活用した出来形管理要領の検証, 建設マネジメント研究論文集, Vol.15, pp.207-218, 2008年12月.
- 9) 国土交通省:情報化施工推進戦略,
<<http://www.mlit.go.jp/common/000020669.pdf>>, (入手 2008.8.1) .
- 10) International Organization for Standardization :ISO 15143<<http://www.iso.org/iso/home.>> (入手 2009.1.10)
- 11) 大山敦郎, 山元 弘, 亀井敏行, 南 佳考: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, pp.49-58, 2006年10月.
- 12) 田中洋一, 関本義秀, 金澤文彦:道路巡回支援システムにおける完成平面図及び道路施設基本データの利活用について, 土木情報利用技術論文集, Vol.17, pp.117-126, 2008年11月.