(22) プロダクトモデルを用いた工程データの情報構造と連携方法の検討

山中　哲志[1]・有賀　貴志[2]・山中　孝文[1]

[1]正会員　株式会社大林組(〒108-8502 東京都港区港南 2 丁目 2 番地 15 号)
E-mail: Yamanaka.satoshi@obayashi.co.jp

[2]正会員　株式会社コンポート(〒191-0011 東京都日野市日野本町 3 丁目 8 番地 3 号)
E-mail: t.aruga@conport.jp

建設業界を挙げて生産性の向上を図っていくことが求められている昨今，建設生産段階では，BIM/CIM のような 3 次元モデルを活用して現場を管理する方法が，現在業界が有する課題解決の一つになるとされている.しかし，現状は，施工段階毎の状況可視化や受発注者間での情報交換を基本とした運用には課題が残っている状況であり，IT リテラシーの面と情報の関連付けをその課題として挙げることができる．

本稿は，そのような課題を解決して情報交換の流動性を高め，データの授受を進めて施工管理をすることができる「4 次元シミュレーションシステム」の構築に向けて，3 次元モデルを表現するプロダクトモデルと，そこに工程データを連携させた「4 次元モデル」構築に必要な要件を定義したものである．

Key Words: *IFC，product model，BIM/CIM，4Dsimulation，process information*

1. はじめに

国土交通省発注工事での BIM/CIM 原則適用や 2024 年に迫った改正労働基準法の施行に向けて業界を挙げて生産性の向上を図っていくことが求められている．

建設生産段階における BIM/CIM のような 3 次元モデルを活用して現場を管理する方法は，宮武ら [1]の考察を通して現在業界が有する課題に対する一つの解決策として期待されている．3 次元モデルとその属性情報により情報連携の効果が発揮されることが期待される．また，中嶋ら[2][3]による建設工事での施工検討から検査まで活用した事例や利用の方向性検討，そして，畑ら [4]による 3 次元モデルと属性情報を維持管理段階に引き継ぐ手法の開発などを通して，段階毎の状況の可視化や受発注者間での情報交換を基本とした運用が求められる [5].

しかし，事業において BIM/CIM を有効活用するには，IT リテラシーおよび情報の連携に関する課題がある．IT リテラシーに関する最大の課題は，工事工程表の多くがエクセルを作図ツールとして作成されていることである．情報の連携に関する課題は，詳細設計の成果物や施工計画書に，工程表と施工計画図が掲載されるが，工程表と施工計画図は関連付けられていないことである．

本稿は，これらの課題を解決し，情報交換の流動性を高める「4 次元シミュレーションシステム」の構築として，3 次元モデルを表現するプロダクトモデルと，そこに工程データを連携させた「4 次元モデル」構築に必要な要件を定義するものである．

2. 連携する工程データの情報構造

(1) 基本的な考え方

4 次元シミュレーションシステムは，施工シミュレーションをユースケースとし，3 次元モデルと時間を関連して，施工計画の立案や検証を効果的に行うことを目指すものである．

3 次元モデルは，Industry Foundation Classes(以下，IFC)[6]でデータ交換をする取り組みが進められている．IFC は，3 次元モデルだけでなく，時間を考慮した施工シミュレーションのデータ交換に適用できる．そのため，本稿でも IFC の利用を前提とした検討を行った．

(2) IFC による工程の表現

IFC による工程の表現は，IfcProcess を利用する．

IfcProcess のクラス図を**図-1** に示す.

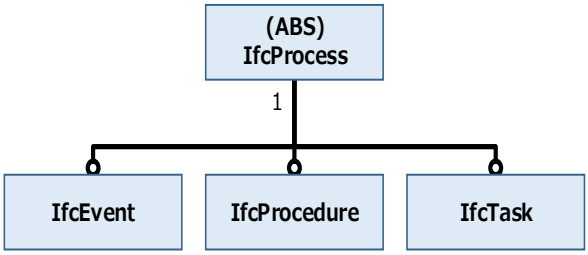


図-1　IfcProcess のクラス図

IfcProcess はそれ自体を実体化しない概念クラスで，下位クラスである IfcEvent，IfcProcedure および IfcTask を実体化する．各クラスを建設プロジェクトに適用した場合の概要を**表-1** に示す.

表-1　IfcProcess の下位クラスの概要

クラス	概要
IfcEvent	作業または応答を引き起こす
IfcProcedure	イベントにより，またはイベントを発生させるために取られるアクション
IfcTask	建設プロジェクトで実行される作業

本稿では，設計，積算，工事および保守等の建設プロジェクトの一連の作業の表現にこれらのクラスを用いることとした．**図-2** に，橋台・橋脚工に対してこれらのクラスを適用した例を示す.

a)　プロセスと 3 次元モデルの関係

プロセスと 3 次元モデルの関係は，**図-3** に示すようにプロセスに対するインプットとアウトプットの関係で表す．IfcProcess は，作業に関連するインプットおよびアウトプットを関連付け，作業によりインプットをアウトプットに変換するといった処理を表現することもできる.

作業によるアウトプットとして 3 次元モデルを関連付けることで，プロセスと 3 次元モデルを用いた 4 次元モデルとして利用が可能である．ここでは，インプットは当該プロセスの開始時点の状態を表し，アウトプットは当該プロセスの完了時点の状態を表すと考える．すなわち，アウトプットの状態は，インプットに当該プロセスの期間中に作製される対象物を加えたものとなる．**図-3** にプロセスと 3 次元モデルの関連付けの例を示す.

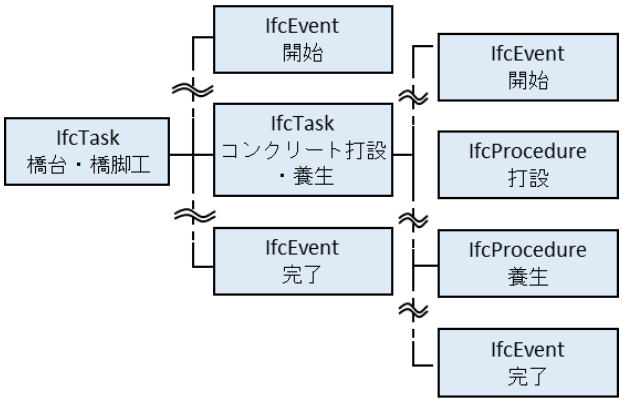


図-2　IFC を適用したプロセスの表現

図-3 の例は，橋脚をフーチング，柱部，梁部に分割し，それぞれのコンクリート打設・養生をステップとして IFC で示すものである.

① 橋脚のフーチング，柱部および梁部に「IfcBuildingElementProxy」を適用する.

② フーチング，柱部，梁部のコンクリート打設・養生については，それぞれの「コンクリート打設・養生」作業(1)～(3)とする.

③ 「コンクリート打設・養生」は，「IfcTask」を適用する.

④ 「コンクリート打設・養生」の順序は，「IfcRelSequnce」を適用する.

⑤ フーチング，柱部，梁部は，「コンクリート打設・養生」の作業の結果であるアウトプットとして，「IfcRelAssingsToProduct」により「IfcTask」と「IfcBuildingElementProxy」を関連づける.

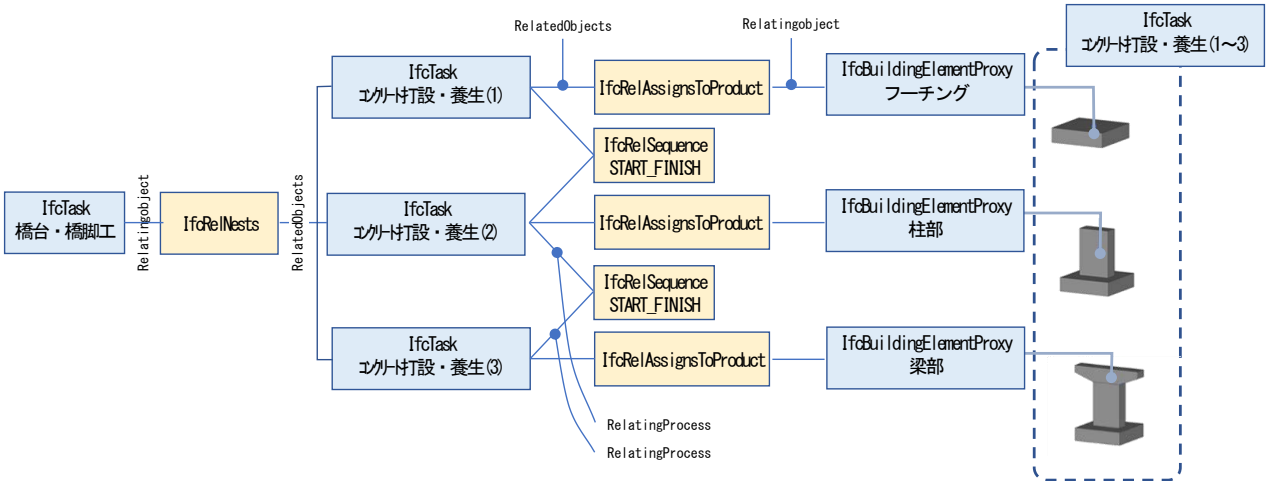


図-3　プロセスに対する 3 次元モデルの関連付けの例

3. 4次元モデルの検討

(1) 基本的な考え方

4 次元モデルを用いて工事現場の状況を表現する場合，「オブジェクト」と「オブジェクト間の関係」が重要であり，まず，どのようなオブジェクトが必要となるかを整理する必要がある．オブジェクトは，対象構造物，施工機械など目で見て触ることができる実体のあるものと，タスク(時間を含む)といった実体のないものが含まれる．

オブジェクト間の関係は，物体と物体の関係に加えて，作業者，物(資材，部材，資機材)の動きを表現するために３次元空間上の位置の変化，時系列上の位置の変化の関係がある．4 次元モデルに必要なオブジェクトおよびオブジェクト間の関係を**表-2** に示す．

表-2 オブジェクトおよびオブジェクト間の関係

オブジェクト：実体のあるもの	
	①実体：オブジェクト，リソース，サイト (構築対象構造物，資機材，人，地形，周辺物等)
	② 作業：タスク(目的を持った活動)，タスクの論理的順序
	③ 位置： オブジェクトの位置，地理空間との整合
	④空間：サイトのレイアウト,重機等の可動範囲
	⑤時間：タスクに関連付ける開始・終了・経過時間など
オブジェクト間の関係：実体がないもの	
	⑥関連付け：タスクとオブジェクト・リソースの関連，タスクと時間の関連

(2) ソフトウェアの機能要件

4 次元モデルを実務で運用するには，ソフトウェアの利用が前提となる．そのため，4 次元モデルを利用する観点で，ソフトウェアの機能要件を次のように定めた．

① 施工現場に立ち工事現場内の見たい部分を見る機能．
② 対象物，工事に従事する人・機械を見る，選択できる機能．

また，工事の動き，動きの因果関係，移り変わりを見ることができる機能．また，4 次元モデルを作成する観点で，次の機能要件を定めた．

① 施工モデルを容易に作成する機能．
② 部材情報と 3 次元モデルを連携する機能．
③ 3 次元モデルを工程に応じて自動で分割し，表現する機能．

(3) 4次元モデル運用の要件

4 次元モデルの利活用には多くの利点が考えられるが，これらはすべて受発注者共に 4 次元モデルを利用するための IT リテラシーを備えていることが前提である．どちらか一方が欠けた場合，適切な意思疎通ができなくなるばかりでなく，かえってわかりにくい事業計画上の障害になる可能性もある．4 次元モデルの利用は，このようなリスクがあることを前提としたうえで綿密に計画されるべきである．過去の BIM/CIM に関して発行された手引き [7]を参考として，以下に，4 次元モデルを運用するための要件を示す．

a) 事業計画の立案や管理

・事業計画における 4 次元モデルの適用項目を定義する．
・事業の進捗がわかる程度の施工ステップを定義する．(例えば，年度毎 3 月 31 時点での工事の状況)
・主要構造物の完成時点(主要構造物の定義)
・概算工費の関連付け対象を抽出，分類し，実体のあるブジェクトと実体のないオブジェクトを識別する．
・事業計画上の留意点，施工に及ぼす要因としてモデル表現可能なものを識別する必要がある．

b) 施工方法や設定工期の妥当性の確認

・標準的な施工方法，工期の共通定義と，モデル，時間，動作等を含めたパッケージを定義する．
・全体工程モデルと部分工程モデルのスケジュールに矛盾が生じないような時間モデルを定義する．
・設計モデルと施工モデルの詳細度は個別に定義する必要がある．

c) 複数の関係者間の意思決定

・意思決定の主たる資料として 4 次元モデルを利用することの合意を得られるか．この合意がなければ，4 次元モデルは参考資料でしかないため，従来の資料とモデルを 2 重で作成しなければならない．
・関係者が持ち帰って検証する際に 4 次元モデルを利用できる IT リテラシーが要求される．

d) 施工者への設計意図の伝達

・設計時の留意事項はすべて 4 次元モデルに含む必要があるか．
・4 次元モデル上での設計との表示手法を定義する．アノテーションとして表示するかまたはアトリビュートとして扱うか．

(4) 4次元モデル利活用の課題

4 次元モデルを利活用するためには，前述の通り受発注者共に技術者が備えておくべき IT リテラシーや利活用検討事項に対する仕様，取扱いに関する取り決めを整理しておくことが必要となる．すなわち，3 次元モデルを監理する技術者の要件を受発注者共に定義することや，工程に関する情報を格納するデータの書式を決めた情報

の伝達ルール(以下，IDM)[8]が必要となり，現行の令和5年3月時点での，BIM/CIM適用工事実施要領では情報が不足しており，制度としても工程情報が集約される仕組みがないため，運用面と制度面で解決しなければならない課題がある．

4. おわりに

本稿では，工程データをプロダクトモデルへ関連付けることで事業計画の立案や進捗状況の管理に4次元モデルを用いることが可能となり，事業計画による将来の姿の可視化，進捗状況の結果を反映した過去の姿を可視化することができる「4次元モデル」構築に必要な要件を定義した．いずれも，いま現在の時間では人間が見ることができない姿であり，4次元モデルを用いることで，事業の関係者が事業計画や進捗状況に対する認識を共有し，より適切な管理に結び付くことが期待される．

しかしながら，現状では，4次元モデルを受発注者間で有効に利活用するには，運用面および，制度面での課題があり，検討事項に対する仕様，取り扱いに関する取り決めを今後整理しておくことが必要となる．

今後は，IDMとそれに連携するモデル表示の定義を利活用するユーザ視点ごとに整理した検討を行い，建設現場での多様な情報を有効活用し，生産性向上に寄与する技術開発を行う．

参考文献

1) 宮武一郎，田村利晶，盛　伸行，岡井春樹，高岸智紘：築堤事業の設計におけるCIMの適用についての一考察，土木学会論文集F3(土木情報学)，Vol.70，No.2，pp.1-8，2014.
2) 中嶋道雄：港湾工事におけるCIMの利用，土木学会論文集B3(海洋開発)，Vol.75，No.2，pp.1-6，2019.
3) 中嶋道雄，前田庫利：建設会社でのBIM/CIM利用方向性に関する検討，土木学会論文集B3(海洋開発)，Vol.77，No.2，pp.541-546，2021.
4) 畑　浩二，杉浦伸哉，後藤直美，藤岡大輔：山岳トンネルにおけるICTを活用した予測型CIM，の開発，土木学会論文集F3(土木情報学)，Vol.71，No.2，pp.78-85，2015.
5) 国土交通省：BIM/CIM適用工事実施要領，<https://www.mlit.go.jp/tec/content/001590438.pdf>，(入手2023.6.10).
6) buildingSMART International，IFC Specifications Database，<https://technical.buildingsmart.org/standards/ifc/ifc-schema-specifications/>，(acceced 2023.6.10).
7) 国土交通省，設計-施工間の情報連携を目的とした4次元モデル活用の手引き(案)，<https://www.mlit.go.jp/tec/content/001472861.pdf>，(入手2023.6.10).
8) 国土交通省，Infromation Delivery Manual（数量の情報伝達），<https://www.mlit.go.jp/common/001290070.pdf>，(入手2023.6.10).