

論文要旨

2025年1月9日

※報告番号	第号	氏名	KIEU TRI CUONG
-------	----	----	----------------

主論文題名

BOM-oriented BIM アプローチによる TVD の実施

－建築情報分類体系を活用したブレークダウンストラクチャーをベースとして－

内容の要旨

建設業界には、コスト超過、工期遅延、資源の廃棄、環境負荷など多くの課題が存在している。これらの課題の解決には、設計を開始する前にプロジェクトの目標価値を明確にし、コストや環境負荷指標の変動をマネジメントしながら設計を進めるターゲットバリューデザイン (Target Value Design : TVD) の手法が有用と言われている。TVD では、設計プロセスの全般においてステークホルダ一間で建設資材の数量データを一貫して共有・利用できる仕組みが重要となる。具体的には、基本計画段階で各部分の仕様を仮定し、その資材量を推定し、その数値の変動を可視化する必要がある。しかし、従来の手法では、建物要素の仕様が確定していない基本計画段階は平米単位等を用いた略算が主に用いられ、基本設計完了段階の概算、実施設計完了段階の積算など、マイルストーンごとに拾い方の異なる数量を算出しているため、設計期間中におけるコストや温室効果ガス排出量の変動を監視してコントロールするような設計マネジメントが不可能である。仕様が未確定の建物情報を資機材レベルに分解する手法は、Building Information Modeling (BIM) が普及したもの、効果的な解決策は未だ確立されていない。

これに対して本研究では、基本計画段階における資材数量推定の手法として BOM-oriented BIM アプローチを提案する。このアプローチでは、建物を資機材レベルに分解した情報である BOM (Bill of Material) を、基本計画段階の BIM データを基に半自動で作成する。続いて、BOM データを用いたライフサイクルコスト (LCC) 、ライフサイクルアセスメント (LCA) を算定することで、TVD の実施を支援する。本研究では、建物各部の仕様を仮定するために、(1) BIM の 3D モデルと建物の構成の関係性、(2) 建設情報分類体系の活用による建物のブレークダウンストラクチャー、(3) 3D オブジェクトから資機材レベルまでの展開ロジックという 3 つの論点を明らかにした。

BIM の 3D モデルと建物の構成の関係性については、建物の体系的なデジタル表現を可能にするために、建物は、構造体 (Skeleton) 、非構造体 (Infill) 、部屋・スペース (Internal Spatial) 、内部仕上げ (Internal Finish) 、外部仕上げ (External Finish) という 5 つの成分で構成される理論を確立した。これらの内、構造体、非構造体、部屋・スペース、外部仕上げは実体のある BIM オブジェクトで表現され、内部仕上げは部屋・スペースの属性とするモデリングルールを定義した。このルールにより、仕様が確定していない段階でも、建物を構成する各成分に要求される性能や機能を、建築設計基準法などの法規制、構造方式、空間の用途などから要求される性能を基に、各部の設計仕様を体系的に推論できる建物データの構築が可能となる。さらに、BIM 上での 3D オブジェクトのデータ構造をパッケージ化された資機材セットと等価と見なすことで、各部の設計仕様に適合する工事仕様を取捨選択的に仮定できる。このアプローチでは、仮定した資機材セット自体が BOM として機能する。

建設情報分類体系の活用による建物のブレークダウンストラクチャーについては、設計仕様から工事仕様への展開において、秩序ある階層構造を持つ Uniclass の分類や IFC の属性情報を利用することで、理論的な操作を確立した。具体的には、Uniclass において、建物の部分を分類する EF (Elements and Functions) 、部分に対する設計仕様を分類する Ss (Systems) 、資機材を分類する Pr (Products) という 3 つのテーブルを用い、EF に対して Ss が「A Type of (選択)」の関係、Ss に

対して Pr が「A Part of (構成)」の関係という Uniclass の特性を応用し、属性情報として EF の番号を入力した BIM オブジェクトを資機材集合の情報にブレークダウンできる方法論を提示した。

3D オブジェクトから資機材レベルまでの展開ロジックについては、3D オブジェクトの属性情報に対応する、Uniclass の Ss テーブルから適合しない Ss を自動的に削除して残った項目から選択するロジックを確立した。このロジックでは、残った Ss の項目が 1 つだけであれば自動で Ss を推定できることと同意のため、半自動の推定ロジックと言える。Ss と Pr は、Ss が Pr (資機材) の集合という関係にある。そこであらかじめ設定した Pr のセットを、設計仕様に対する一般的な工事仕様として Ss に割り当てれば、BIM オブジェクトに資機材集合を仮定できる。本研究では、ケーススタディにおける BOM 展開の検証を行い、分類情報や要求性能の組合せ条件を用いた統計において 50% 以上の Ss (BIM の 3D オブジェクト合計の 25%) を自動推定できることを確認した。

さらに、展開された BOM データを活用し、LCC や LCA の概算を実施する手法を確立した。LCC については建設費と中長期修繕計画、LCA についてはアップフロントカーボン中の A3 (製造) を対象とし、それぞれの概算を BOM データで実施する方法論を提示した。これらのロジックでは、Uniclass と各業務専用のデータベースをマッピングしたマスタデータベースから材料単価データ、歩掛データ、修繕周期データ、CO₂ 排出量の原単位データなどを対象に、必要なデータをクエリするアルゴリズム、各種資材の数量を低い LOD の 3D オブジェクトから計算する手法を提示した。さらに、ケーススタディで各算定を検証し、BOM を用いた資機材ベースのターゲットバリュー (目標価値) の設定が可能であることを立証した。

本研究の成果は、基本計画の終了段階に目標価値を設定した TVD の遂行を支援するため、資機材ベースのデータを生成するロジックを提示した。このアプローチは、発注者がプロジェクトの目標価値を高い粒度で仮定し、仮定を確定に変えながらその価値を高めるようにコラボレーティブな設計を遂行する TVD を具現化することができる。さらに、本研究で確立されたデータ構築方法は、特定の BIM ソフトウェアに依存しない OpenBIM 志向であり、ライフサイクル全般で BOM データを活用する建設 DX の推進における基盤を提供できる。