

ICT時代における建設業の生産性

—プロジェクトの生産性を高めるための共創へ—

芝浦工業大学 教授 志手 一哉

1 はじめに

1.1 業務効率向上とICT

表計算ソフトウェアを導入するのにどのようなメリットがあるかを考える企業はまずいないと思われる。ただ一つの四則演算式を計算したいだけならば電卓の方が早く用を済ませられる。しかし、複数の計算を組み合わせた帳票の記入など、システムティックな処理をするならば、電卓よりも表計算ソフトウェアを使うほうが効率的である。更に、関数やマクロ、クラウドやネットワークなど、高度な使い方を駆使するほど、業務効率は加速度的に上がっていく。そのような表計算ソフトウェアの使い方を知る人と知らない人、あるいは知る人がいる組織と知らない組織では、労働生産性に雲泥の差が生じてしまう。

このような電卓と表計算ソフトウェアの関係は、CADとBIMの関係でも似たことが言える。ただ一枚の図面を作成するだけならばCADの方がはるかに早い。しかし、設計から維持保全に至る各種の業務を効率的に進めるのであれば、CADはBIMにかなわない。BIMは、図面をたくさん描かずとも、設計、施工性、コストなどの議論ができる。BIMを自在に使いこなす人や組織の労働生産性は、そうでない人や組織と比較して明らかな差が生じると容易に想像できる。

これから社会に出ていく学生は、Windows95の発売より後に生まれ、小中学生の頃から“スマホ”

に触れ、ネットワークで情報を自在に発信・収集する「ICT世代」である。ICT世代の彼・彼女らは、実務を経験する前からBIMを知っている。そうした若者が中堅技術者になる頃には、設計や工事の現場でBIMが様々な情報を取り出す便利な道具として当たり前利用されていると予測する。

1.2 生産性向上とは

前述のようなソフトウェアの利用による「業務の効率化」は働き方改革や生産性向上に寄与するが、あくまで個人レベルの問題である。もう少し大きな話として、作業をロボットに置き換える「機械化」や、仕事のやり方を変革する「合理化」も生産性向上の重要な要素である。「機械化」については、様々な資機材を組み合わせ、かつ職場環境が常に変化する建築現場での本質は、プレファブリケーションであろう。プレファブリケーションは、高額な機械設備に投資できる事業規模や資本の大きさが問題となる。その解決には、独立系の工場を多くの組立て企業が利用するようにサービスの専門家との連携が現実的である。例えば、木軸プレカットや鉄筋加工では、少数の独立系の工場に多数の組立て企業が加工を委託するとよく聞く。工場が加工専門の企業であればこそ、最新鋭の機械設備の導入や、それと連携するデータの高度な扱いを採求するインセンティブを持つ。

このような機械化の流れにおいては、プレファブリケーションの工場と建築の設計業務が情報を

やり取りする媒介として施工段階のBIM¹⁾が位置づけられていくと考える。しかし、本誌で特集するようなBIMやICTによる生産性向上は、このように直接的な効果を狙ったものではなく、仕事のやり方を変えるようなBIMやICTの影響を想定していると思われる。

1.3 設計の変革による生産性の向上

設計の変革では、自動車のモジュール化が参考になる。従来、自動車は、乗り心地や燃費などの性能を発揮するために多くの要素同士の微調整を繰り返す「擦り合わせ型」の設計が必要と言われてきた。しかし近年では、自動車構成部品の多くを交換可能なモジュールとして設計し、それらを組み合わせて設計する「モジュール化」が、自動車メーカーの国籍を問わず優勢である。モジュール化を実現する鍵は、3D関連技術の高度な利用を前提とした設計プロセスへの変革とモジュール間のインターフェイスの標準化である。

自動車設計のモジュール化が建築産業に与える示唆は二つある。一つは、BIMやICTの存在を肯定した設計プロセスへの変革である。具体的には、プロジェクトの成果を出す仕組みを「競争」から「共創」に変えていく設計の進め方が考えられる。二つ目は、モジュール化とBIMの相性の良さである。商取引される建築部品とBIMオブジェクトの単位が合致することで、製造者が提供するあらゆる価値を建築設計に取り込むことが可能となる。

2 共創を支える仕組みの例

2.1 IPD (Integrated Project Delivery)

BIMを前提とした共創の仕組みとして企画設計段階にプレコンストラクションを組み込んだIPDが知られている。以下は、筆者が訪問したカリフォルニア州のプロジェクトオーナーが実施しているIPDのプロセスである²⁾。

建築プロジェクトは、事業採算性と建築工事費の兼ね合いで予算の輪郭が見えてくる。予算の精

度を上げるためには、坪単価から建物の部分別に算出した建設価格を積み上げる方式への変化に加え、工期、設備システム、LCC (Life Cycle Cost) など、コストに関わる様々なシミュレーションが必要となる。IPDでこの検討は、プロジェクトオーナー、アーキテクト、CMとしてのゼネコン (以下、「CM-GC」という)、ファシリティマネジャーで構成するコア・グループで行われる。検討結果は「Validation Report」と呼ばれる設計要求書としてまとめられ、コア・グループのメンバーが合意して目標予算と目標価格が設定される^{注1)}。

次のフェーズでは「Target Value Design」と呼ばれる「予算のためのデザイン」が行われる。この段階では、プロジェクトオーナーが「Big Room」と呼ぶ仕事場を用意してIPDチームを編成する。IPDチームは、コア・グループのメンバーを中心に、各種のエンジニアや専門工務会社などで構成され、建設費が1,000億円程度の病院プロジェクトで総勢200人になったという。

Target Value Designでは、Validation Reportで合意した目標予算を「EMP (工事金額の最大限度: Estimated Maximum Price)」、目標価格に工事原価の3~5%の予備費を加えた「Target Cost」と設定し、この二つの価格を利用した「Shared risks and rewards」の仕組みで設計をコントロールする。

図1のCase1は、設計完了時のコストがTarget Costを下回った場合で、その差分はプロジェクトオーナーも含めたコア・グループで分配する。CM-GCは、Target Costを上限に工事費の一定料率で管理フィーを契約するため^{注2)}、本来は設計段階のVEに積極的になれないが、その問題を「差分の分配」というインセンティブで解消

注1 Validation Reportの検討・作成はIPDと別の契約である。前者に関わった企業が必ずしもIPDのコア・グループに入るわけではない。

注2 CM-GCの管理フィーはTarget Costに対する比率で固定されている。また、IPDの場合には関係者間でコスト情報を共有しているため、建設工事の支払い契約はコスト・プラス・フィーである。

している。Case 2 とCase 3 は、設計完了時のコストがTarget Costを上回った場合である。Case 2のようにコストがEMP以下である範囲では、CM-GCの管理フィーがTarget Costを超える金額分だけ安くなる（実際の工事費に対する料率が低くなる）。Case 3のようにEMPを工事費が上回る場合には、プロジェクトオーナーがEMPの超過分を負担するとともに、CM-GCの管理フィーはゼロとなる。

Validation Reportの検討やTarget Value DesignではBIMが利用されている。企画設計段階での部分別積算にはオブジェクトベースの集計ができるマスタープランのデータが有用だし、IPDチームのメンバーが異なるLOD^{注3}の3Dモデルを持ち寄って施工性を検討するにはBEP (BIM Execution Plan)^{注4}の策定とコーディネーションの管理が重要である。そのためプロジェクトオーナーは、BIMを扱えることをIPD発注の条件とし、プロジェクト毎にBIMマネジャーを雇用する。BIMマネジャーの役割は、CM-GMのエンジニアに委託することが多いとのことである。BIMマネジャーはTarget Value Designの進捗をコント

ロールする役割を担う。また、IPDのプロジェクトマネジャーはプロジェクトオーナー（発注者）である。

2.2 発注方式の多様性

前述のような、米国カリフォルニア州のIPDは極端な事例だが、設計と施工を一括請負するDesign-Buildのほか、CM@RiskやCM/GC、Two Stage Open Book^{注5}など、設計段階から施工者が関与する方式への多様化は、世界中で広がりつつある³⁾。その目的は、図2に示すように、設計の早い段階から各種の仕様の確定度を上げていくことと、施工性の観点で発注者を支援するプレコンストラクションをコンカレントに進めることで、予算 (Budget)、概算 (Price)、原価 (Cost) の精度を高めることにある。

施工者の立ち位置でCM-GCが担うプレコンストラクションは、独立したサービスとして委託される場合もあれば、CMの契約に含めて実施することもある。プレコンストラクションでは、設計者が特定の専門工事会社に委託する設計協力（デザインアシスト）の情報も含めた「コーディネーション」が求められ、この作業でBIMを利用することが合理的なのは自明である。米国の建設会社は、干渉チェックやデジタルモックアップなどのコーディネーションは、“Information”を用いないのでBIMと区別する意味で「Virtual Design and Construction : VDC」と呼ぶ。VDCのモデルが資機材単位にまで詳細化すれば、プレファブリケーションの検討や設備インサートの自動墨出しなど、そのデータが施工段階に活用されるようになる。

一方、設計者（Architect of Record^{注6}）においては、スペックライター^{注7}が、材料や製品に対

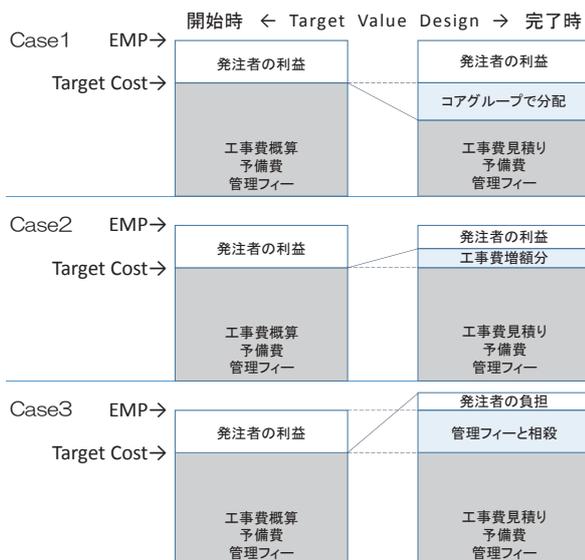


図1 IPDにおけるコストマネジメント

注3 Level of Developmentの略。6段階のレベルで定義したBIMモデルの詳細度。

注4 発注者による情報構築の要求書を受けて受注者が契約前に作成するBIMの実行計画書。

注5 英国で行われている建設会社との契約を実施設計より前はCM契約（フィー支払い）、実施設計開始時点で価格固定契約と2段階で行う方式。¹⁴⁾

注6 米国において、建築許可証に名前が記載される法令基準の遵守に責任を持つ設計者。

注7 プロジェクト毎の仕様書を記述・作成する専門職。

する性質を標準の参照やメーカーなどの意見を参考に、基本設計的な段階では標準仕様を、詳細設計的な段階では個別部分の仕様を段階的に検討し、工種毎の分類でプロジェクトの仕様書を作成する⁴⁾。先進的な設計事務所では、BIMのオブジェクトに、仕様のマスターデータに振られているコード番号（後述するMasterFormatをカスタマイズしたもの）を入力し、仕様書作成ソフトウェアと連携させて仕様書を記述している。

このようなプレコンストラクションと段階的な仕様の記述をコンカレントに進めるやり方で、設計者とCM-GCのモデルを一元化することはかなり難しい。設計と施工という別のBIMモデルで各自の業務を同時進行的に遂行することが現実的な解となる。設計・CM-GCと2本の契約の中心にいる発注者には、双方の検討結果を首尾よく反映

させて設計情報として融合させるBIMマネジメントを遂行する責務があろう。

2.3 共通言語としてのクラシフィケーション

米国では、政府機関のスペックライターによって設立されたCSI (Construction Specifications Institute) が、1978年にMasterFormatのクラシフィケーション（以下、「分類」という）、1998年にUniFormatの分類を作成し、定期的なアップデートと改善を担っている。MasterFormatは、工種別の分類で、工事仕様書や工種別見積り書の標準書式に利用される（コンクリート、鉄骨、内装、防水、カーテンウォール、タイル、昇降機、ボイラー、照明など）。UniFormatは、建物を構成する構造や機能を対象とした分類で、部分別積算書やコスト分析の標準書式に利用される（構造床、外壁、屋根構造、階段、家具、空調機械など）。大抵のBIMソフトウェアは、これらの分類のコードをオブジェクトの属性に入力する機能を備えている（図3はAutodesk社Revitの例）。

UniFormatは、表1に示すように、建物の部分（Level 2）を経てシステム／ビルディングエレメント（Level 3）に階層化する分類の構造となっており、Level 3の下位（Level 4）に建築部品や構工法などをあてがう仕組みである⁵⁾。BIMのオブジェクトは、基本設計的な段階でLevel 3

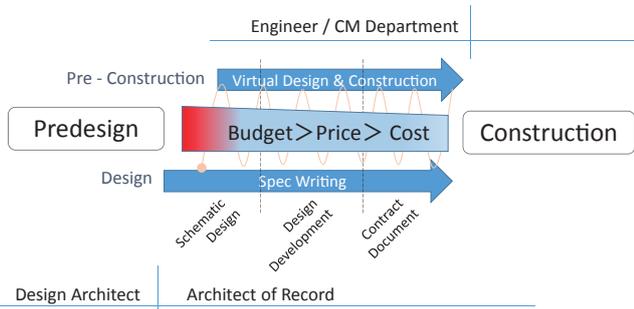


図2 BIM/VDCを利用したコンカレントな設計のイメージ（筆者作成）

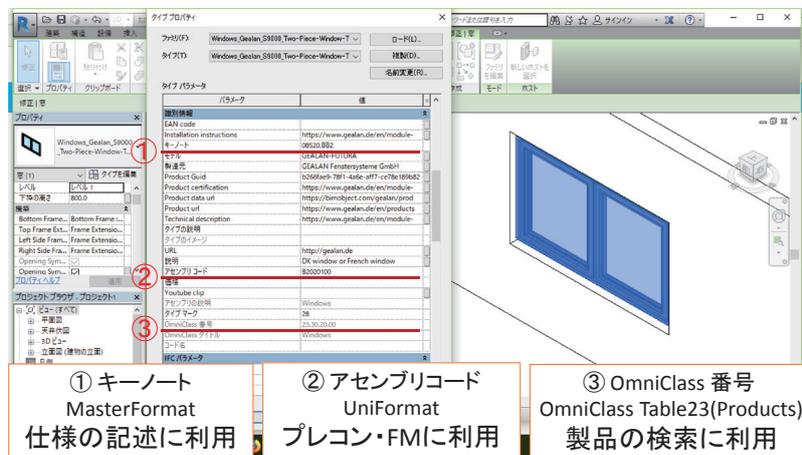


図3 BIMオブジェクトへの分類コードの入力

に該当し、詳細設計的な段階で個別部分の仕様を検討する際にMasterFormatのコードを紐づけて、仕様書作成ソフトを利用してLevel 4 に対する各種の仕様が記述され、工種別に工事費を見積ることが可能となる。また、UniFormatの階層を逆にたどれば、Level 4 の項目に記録した調達の実績を集積したヒストリカルデータを段階的に集約し、Level 3 での概算やLevel 2 でのコスト分析に用いることが可能となる⁶⁾。

また、これらの分類とコードは、仕様書作成や積算／見積りのソフトウェアだけでなく、UniFormatとMasterFormatを利用した5D-BIM、UniFormatを利用した設備保全管理システム（Computerized Maintenance Management System：CMMS）など、設計段階から維持保全段階に至る各種の業務を支援するソフトウェアと設計情報／BIMを連携する共通言語になっており、各種専門家の業務効率向上に寄与している。

表1 UniFormatのShell部分

B	Shell
B10	Superstructure
	B1010 Floor Construction
	B1020 Roof Construction
	B1080 Stairs
B20	Exterior Vertical Enclosures
	B2010 Exterior Walls
	B2020 Exterior Windows
	B2050 Exterior Doors and Grilles
	B2070 Exterior Louvers and Vents
	B2080 Exterior Wall Appurtenances
	B2090 Exterior Wall Specialties
B30	Exterior Horizontal Enclosures
	B3010 Roofing
	B3020 Roof Appurtenances
	B3040 Traffic Bearing Horizontal Enclosures
	B3060 Horizontal Openings
	B3080 Overhead Exterior Enclosures

3 BIMとコストマネジメント

3.1 オブジェクト指向の意義

BIMがCADと決定的に異なる点は、企画設計

段階で簡単なプラン図を描く場合でも、ビルディングエレメントであるオブジェクトを「選択」する行為が避けられないことである。例えば、BIMでプラン図に「窓」の位置を示す場合、図4に例示するように、内部用か外部用かといった「性能」、木かアルミかといった「材質」、掃き出しか腰壁付きかといった「形状」など、ある程度の仕様で仕分けされたタイプの中からオブジェクトを選択して壁の中に配置する。設計者は、余程の考えがない限り、明らかに使わない仕様の窓を取って選択することはしないだろう。このように、BIMを利用した設計では、プラン図レベルの検討でも、UniFormatのLevel 3 程度の積算に、Level 2 程度の単価をあてがって積み上げたコストやLCC（Life Cycle Cost）の概算ができる。つまり、坪単価など従来の方法と比較して、精度のより高い目標予算を計画できる可能性がある。

基本設計段階では、性能、機能、品質など各種の要求仕様が定義され、Level 3 での概算が可能になる。実施設計段階では、工程、納まり、施工方法、出来栄え、検査方法、付属品などの仕様を検討・確定し、工種別の工事費を見積もることが可能となる。こうした各種の仕様をBIMオブジェクトに紐づけて設計を進めることは、ICTを活用した効率的かつ精度の高いコストマネジメントを実現するための必要条件と考える。

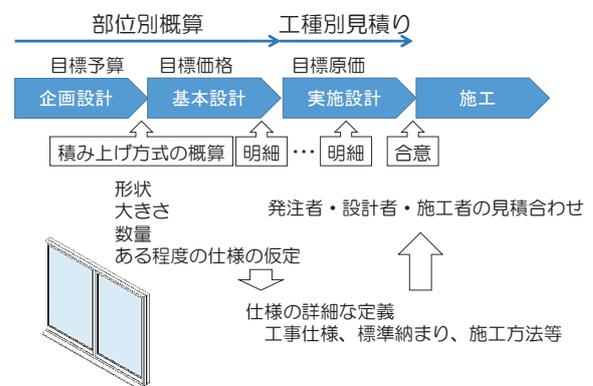


図4 BIMを肯定した設計段階のコストマネジメント

3.2 BIMオブジェクトの属性項目の標準化

前節のようなオブジェクトを主体とした仕様の検討やコストマネジメントを実践するためには、必要な情報の欠落を防ぐ必要がある。したがって、BIMオブジェクトの属性項目を標準化することやオブジェクトと仕様の紐づけを支援する仕組みの整備が肝要となる。

BIMオブジェクトに対する属性項目の標準化は、英国が他国に先駆けて進めている。英国では、政府が2016年までに公共プロジェクトにおいてBIM Level 2でのBIMの利用を宣言したことを発端に、王立英国建築家協会 (RIBA) の配下で仕様書の編纂を担うNBS (National Building Specification) が、BIMオブジェクトの標準を定義し⁷⁾、「NBS BIM Object Library (NBL)」として国際標準の属性項目が仕込まれたBIMオブジェクトを配信している。NBLの属性項目は、下記の4カテゴリーで構成されている。

- ①ビルディングエレメントに要求する性能
- ②製品の仕様 (色、材料構成、材質など)、形状 (呼び寸法、サイズなど)、資産情報 (資産の種類、保証期間など) といった、ビルディングエレメントを識別のための仕様
- ③製品の製造者、分類コード、NBS仕様標準の番号など、仕様書作成や積算/見積りなどのソフトウェアとBIMを連携するための情報
- ④製品カタログに記載されている製品仕様を記述する領域

更にNBSは、BIMオブジェクトに紐づけてプロジェクトの仕様書を作成するソフトウェアや、設計の各フェーズ/ステージ毎に各種仕様の確定状況を共有するクラウド環境を開発し、無償で提供している⁸⁾。

これらのBIMオブジェクトと仕組みを利用することで、設計者はシステムティックにコストマネジメントができる構想である^{注8}。この構想の対象

が複雑なデザインでなく中小規模の建築だとしても、BIMオブジェクトを中心としたモジュラーな設計の仕組みを、建築家の協会であるRIBAの配下で進められていることに注目したい。

4 生産性を問い直す必要性

英国における1994年のレイサムレポート以来、英米において、パートナリング、リーン・コンストラクション、IPD and BIMへと、建設産業の生産性向上を目指して設計段階から施工者が関与する方式への流れが続いているが、その源流は日本の産業にたどり着く⁹⁾。英米では、プロジェクト毎に離合集散する専門分化した関係者間のコミュニケーションを図るため、また、発注者自身がプロジェクトをマネジメントするが故に、分類 (クラシフィケーション) などの共通言語やプロジェクト単位の仕様書作成 (スペシフィケーション) などの共通ルールが伝統的に整備されてきたし、その延長線上にBIMオブジェクトの属性情報を相互利用するための標準化が位置づけられるだろう。

一方、1980年代後半に英米が調査したであろう日本の大手ゼネコンは、内部にあらゆる専門家が雇用し、お客様を神様として扱い、受注者主導のプロジェクトマネジメントの文化を作り上げてきた。そのため、業界における共通言語や共通ルールがなくても企業内で意思疎通できれば事足りる。また、仕様書のあり方も英米と日本に違いがある。書籍化された標準仕様書をすべて頭に入れておくことを前提に特記のみを設計図書に記述する日本のプロジェクトの契約は、プロジェクト単位で分厚い仕様書を作成する英米の方式と比較して、維持保全を視野に入れなければ合理的な一面もある¹⁰⁾。

問題は、このようなつくり手を中心とした日本の建設産業の文化や伝統が、ICT時代においても持続的であるのかどうかがよく分からない点である。例えば、シンガポールでは、1990年代後半に

注8 英国でのヒアリングでは、設計や施工コンサルの実務者には、NBSの取組みや提供している仕組みを熟知した上で批判的な意見を述べる者も少なからずいた。

日本の大手ゼネコンにならった複合化技術の評価方法が、今や現地の生産性評価制度（Codes Of Practices On Buildable Design / Buildability）として定着している¹¹⁾。ICTの方はどうかと言え、英米的なBIMを手本としてガイドラインの策定が進むアジアの各国では^{12) 13)}、日本のBIMに学ぶべきものはないと無視されている。今日的なICT時代が幕を開けた1995年以降、日本の建築産業は生産性向上でさしたる成果を上げることができなかったと解釈すれば、今一度、BIMを肯定したプロジェクトの進め方を英米に学ぶ意義がある。

また、BIMやICTの活用では、フロントローディングで設計の不確定要素をなるべく生じさせないことがプロジェクトを効率的に進める要点である。したがって、設計段階から施工者が関与するコンカレントエンジニアリングの広がり必然と思われる。このような設計の進め方においては、関係者が協力をして目標価格を下回ることを追求することは、競争原理に期待する従来のやり方と比較してプロジェクトの生産性を高めやすい可能性がある。こうした手法の実践には、発注者がプロジェクトをマネジメントするという責務の明確化、図面に依拠した設計報酬の見直し、総価請負一辺倒の支払い契約の多様化など、古い慣習の見直しがBIMやICTの活用と並行して行われる必要がある。

5 まとめ

BIMを始めとしたICTが生産性向上に寄与するののかという問いは、古くて新しい問題である。それを利用する個人の業務効率が向上するのは当然だが、ICTを導入しただけでは業界やプロジェクトの生産性を飛躍的に改善できるイノベーションは起こらない。本誌が特集で問うような生産性の向上には、企業の理念を変えずに、古いやり方をBIMやICTを肯定したやり方に置き換える整理が必要である。そのためには、従来のやり方に対し

「BIMやICTで何ができるのか」ではなく、「理想のプロセスを実現するためにBIMやICTを上手く使えるか」を議論することが重要である。しかし、この「理想」こそ、現在の日本の建設業界に欠けている視点ではないだろうか。

(参考文献)

- 1) 日本建設業連合会建築生産委員会「施工BIMのスタイルー施工段階における元請と専門工事会社の連携手引き2014ー」日本建設業連合会, 2014.12
- 2) 林見士、田澤周平、井上淳、志手一哉、蟹澤宏剛、安藤正雄「米国におけるBIMを活用した民間発注者主導のプロジェクト運営に関する研究」『第32回建築生産シンポジウム論文集』pp.169-174, 日本建築学会, 2016.7
- 3) 伊井夏穂、志手一哉「多様化する発注契約方式の実態に関する研究 その2ー日英米の比較を通してー」『第34回建築生産シンポジウム論文集』pp.203-208, 日本建築学会, 2018.7
- 4) The American Institute of Architects, "The Architecture Student's Handbook of Professional Practice Fifteen Edition", Wiley, 2017.2
- 5) 安藤正雄「アーキテクチャ、建築の標準言語とBIMー日米の差異に関する考察ー」『建築コスト研究』No.102, pp.34-42, 2018.7
- 6) Robert P. Charette, Harold E. Marshall, "UNIFORMAT II Elemental Classification for Building Specifications, Cost Estimating, and Cost Analysis", NISTIR6389, National Institute of Standards and Technology, 1999.10
- 7) NBS, "BIM Object Standard Version 2.0", NBS, 2018.1
- 8) 三上智大、田澤周平、安藤正雄、平野吉信、蟹澤宏剛、岩松準、小笠原正豊、志手一哉「英国のBIMに関連する社会システムに関する研究」『第34回建築生産シンポジウム論文集』pp.209-216, 日本建築学会, 2018.7
- 9) 建設経済研究所「建設投資等の将来予測と建設産業の新たな取り組み」『建設経済レポート』No.43, 2004.7
- 10) 建築・住宅国際機構「建築仕様書の研究」, 建築・住宅国際機構, 2002.6
- 11) 西夏実、志手一哉、蟹澤宏剛、安藤正雄、井上淳、前川剛範「シンガポール建設プロジェクトにおける諸制度運用に関する研究ー建設プロジェクト主体者へのヒアリング調査を通じてー」『第33回建築生産シンポジウム論文集』pp.11-16, 日本建築学会, 2017.7
- 12) 志手一哉、井上淳、安井翔一、蟹澤宏剛「ベトナムにおけるBIMの普及動向に関する考察」『第34回建築生産シンポジウム論文集』pp.223-230, 日本建築学会, 2018.7
- 13) 洪流、志手一哉「中国におけるBIMの標準に関する動向調査」日本建築学会大会（東北）『建築社会システム』pp.115-116, 2018.9
- 14) 田中康治「オープンブックの意味ー日英の違いー英国建設生産の発注者実務から」『建築コスト研究』No.101, 2018.4