

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 28 年 5 月 20 日現在

機関番号：12601

研究種目：挑戦的萌芽研究

研究期間：2015～2015

課題番号：15K14073

研究課題名(和文) 建築設備の健全な技術開発競争を促すBIMの制約条件

研究課題名(英文) BIM Conditions of Fair Exchange of Information for Sound Competition

研究代表者

加藤 信介 (KATO, SHINSUKE)

東京大学・生産技術研究所・教授

研究者番号：00142240

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,000,000円

研究成果の概要(和文)：Information Technology(IT)は物づくりを飛躍的に合理化する。建築の分野で、このような情報処理の一翼を担う候補として、Building Information Model (BIM)が注目を集めている。この背景の下、本研究は、BIMシステムにおける建築設計、建築生産の分業における情報伝達の要件整理をテーマとして検討を行った。ここでは、BIM情報管理に必要な、情報共有すべき情報と、守秘されるべき情報のたたき台、責任分担の明確化の要件、分担責任集合を補完して総合責任化する要件、意思決定システムにおける下位から上位へのフィードバックの範囲と責任分担の要件を取りまとめた。

研究成果の概要(英文)：Information Technology (IT) rationalizes manufacturing dramatically. Building Information Modeling (BIM) as such technology has been grabbing attentions in construction sector. Against this background, this research was carried out with a goal of arranging the information flow in the design and construction processes using BIM. In this work, creating an information flow which promotes strong divisional cooperation between stakeholders in construction projects has a great importance. This research output followings.1)Information detail that should be shared between cooperators.2)Information detail that should be conceals to conserve strength of divisional cooperation.3)Scopes of shared information responsibilities.4)Feedback method how to pass information from downstream to upper stream in construction projects.

研究分野：建築設備・建築環境工学

キーワード：BIM 公正な競争 技術開発の促進 情報交換 ブラックボックス ホワイトボックス 建築設計 建築シミュレーション

1. 研究開始当初の背景

近年、Information Technology(IT)が物づくりを飛躍的に合理化することが社会的に認識され、様々な分野で生産の一層の合理化を図るための計算機利用、情報処理の開発普及が進められている。IT 利用により、シミュレーションによる新たな技術開発、設計、シミュレーションによる性能確認、最適化、積算、部品の発注、納品管理、生産工程管理、品質保証、完成後の維持管理まで情報を一貫通貫で行い、物づくりを革命的に合理化することが可能と考えられている。この変革の実現には数十年の時間と莫大な開発、投資が必要とも考えられている。しかし学術的な研究開発の進展に助けられ、物づくりで世界の牽引を目指す日本では、政府の後押しもあって静かにしかし着実に進展している。建築の分野で、このような情報処理の一翼を担う候補として、Building Information Model (BIM)が注目を集めている。

図1に示されるように BIM は建築に関わる全てのサイクル(企画、計画、施工、FM、発案)での情報を管理する。図は、個々の建築プロジェクトを描くが、この個別建築プロジェクトの集合体、すなわち実社会における建築関連産業分野では、これら個別のサイクルが集合して形成される巨大で非線形な複雑システムをなす。

BIM は情報システムとして、この非線形、複雑システムの中核に有って、情報管理という共通の道具でこれに関わり、これを支配することも可能とする。一方で、大きく複雑なシステムは、システムに内在する非線形と複雑性により、中央独裁的な意思決定システムほど、システムが脆弱となる。このため、大きく複雑なシステムほど、そのサブシステムが強い自律性を備え、環境の変化に対して強靱されることで、絶え間ない発展が可能となる。適切な喩ではないが、20 世紀における巨大計画経済国家の破綻、宗教支配による中世期暗黒時代の科学技術の停滞に見られるように、過度の情報集中による支配は、得てして複雑で非線形となる巨大システムを脆弱化させ、その発展を減じる。現在、BIM はまだその開発段階であり、今後の普及を目指す段階であることから、今、この時期に、BIM が建築関連産業分野で、自律性と発展性を担保できる情報システムとしての要件を整理しておくことが重要である。

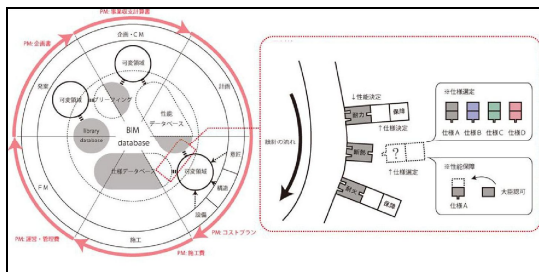


図 1 BIM による建設サイクル

2. 研究の目的

BIM の適用に関し日本はどちらかと言えば遅れている。米国では連邦調達庁、フィンランドでは政府資金運用管理公社、英国では内閣府など、アジアに目を向ければ、シンガポール政府建設局、韓国の公共調達庁など、公共発注者が BIM 普及を先導している¹⁾。建築環境、建築設備分野における国内の既往の研究として、研究代表者は BIM による設計の高度化への期待を、空調設備設計技術者を対象とするアンケートで確認し^{2,3)}建材・機器情報を統合した BIM データベースを活用する建築設計支援システムの最適化手法を提案している⁴⁾。BIM の導入は、建築の環境負荷を大きく削減する Zero Energy Building(以下 ZEB と略称)の普及に必須と考えられている。ZEB は、建築に関わるすべての要素を統合して最適化を図る必要がある。統合的な情報管理を可能とする BIM の活用はこれを大きく促進し、その導入は不可欠と考えられる。

提案者らは、BIM が情報管理において極めて効率的なツールであるが故に、従来の建築生産の分業システムにおける利害関係を大きく変えてしまう側面に一種の危惧を抱いている。建築生産の分業システムの多くは、施主、設計、建築工事、建築設備工事という上流から下流に向かう情報の流れに対応する。情報・伝達の流れの中ですべてが open であれば特定の立場における情報の集中化が発生し、その他はその情報に支配される懸念がある。また、品質保証の責任が一箇所に集中すれば、それゆえの無責任もその代償として生じる。健全な分業や、分野内での健全な技術開発は、

情報の流れに必要なかつ十分なフィードバックが保障され、下流側の情報発信が上流側の情報発信に反映される仕組み
open な情報伝達ばかりでなく closed すなわち分業分野内での技術情報の守秘と責任分担

が必要である。しかしながら、現状の BIM システムは、建築生産における情報共有(建築生産のプラットフォーム)のメリットは強調されているが、分業システムの必要十分なフィードバックの範囲、情報の保護と責任分担に関して研究がほとんど成されていない。本研究はこのような建築生産における BIM の情報共有システムのあるべき姿に関して検討を加えることを目的とする。

本研究の焦点は、BIM における情報フィードバックの範囲、情報共有と守秘、保護の仕組みを整理することである。分業生産システムにおいては、意思決定システムの中で下位側の情報発信が上位側に混乱なくフィードバックされるシステム及び、下位側の分業担当者に関し、上位側あるいは分業担当間で守秘、保護されるべき情報があって、はじめて健全な技術開発や入札競争が行い得る。そこで、本研究では、ZEB の実現、合理的な建

築生産のため、上下左右方向の分業担当同士の必要不可欠な情報共有及び情報発信のフィードバック⁵⁾と、各分業分担において分担者決定のための健全な技術開発競争が行い得るための情報保護、守秘の範囲を整理し、そのガイドラインを策定するための基礎的な検討を行った。

3. 研究の方法

研究は、BIM システムにおける建築設計、建築生産の分業における情報伝達の要件整理をテーマとして検討を行った。ここでは、BIM 情報管理に必要な、情報共有すべき情報と、守秘されるべき情報のたたき台、責任分担の明確化の要件、分担責任集合を補完して総合責任化する要件、意思決定システムにおける下位から上位へのフィードバックの範囲と責任分担の要件を取りまとめる。これら整理した BIM の要件を実際の建築設備設計過程に適用し、その過不足の検討により「建築設備の健全な技術開発競争を促す BIM の制約条件」を提示する。

4. 研究成果

4-1. 開発フェーズの整理

本研究は BIM の揺籃期である現在、規制を行うことで民主的な設計過程を創出することが目標である。そこでまず建築設備分野にのみ焦点を当て、実務的な側面を意識し、建築設備の健全な技術開発競争を促す BIM の制約条件を整理しガイドライン化するための開発フェーズを以下のように定義した(図2)。

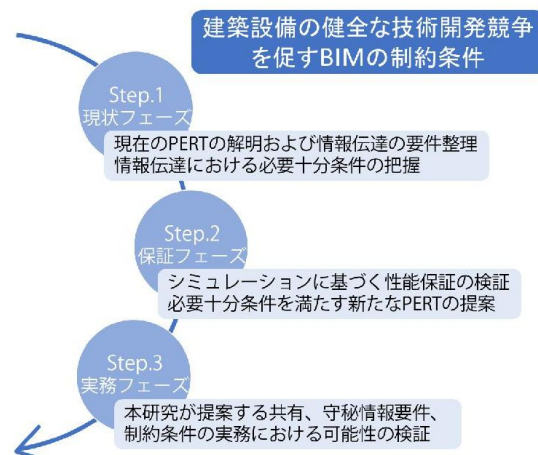


図2「建築設備の健全な技術開発競争を促すBIMの制約条件」を整理しガイドライン化するための開発フェーズ

現状フェーズ：現在の建築プロジェクトのPERT(Program Evaluation and Review Technique)を明らかにし、分業分担者間での伝達データである入力条件を整理するフェーズ。

保証フェーズ：入力・出力記述条件を基に、その条件が性能保証を担えるか、実際にシミュレーションを行い検証するフェーズ。

実務フェーズ：実務的な利用を考え、標準仕様記述を基礎として建築生産の現場で円滑に機能するかを検証するフェーズ。

このプロセスを経て、現実に即した健全な技術開発競争を促す BIM の制約条件が整理できる。これは BIM の普及・規制に貢献すると共に、平等な競争のある健全な建築社会の実現の一助となる。

過程の最初である「現状フェーズ」は、BIM データによる分業分担を可能にさせるための必要十分な条件の整理となる。現状の建築生産の成り立ちを第三者から情報を得、整理することでより効果的に BIM の伝達データの要素を把握する。上述した PERT は建築生産の処理順序の関係をネットワークの形でアローダイアグラムによって表現し、プロジェクトの開始から終了に至るまでの仕事の処理要素を明確にして、各分担者間が意思伝達するに必要な情報を検討し、管理の重点を明らかにするものとなる。具体的な例を挙げれば、壁面を構成する窓、ドア、壁そのものは年間負荷係数単独で決定するのか、ライフサイクル CO2 の条件で決定するのか、そのどちらにも依存して決定するのか、その関係を示すものである。PERT の関係は、BIM の導入の程度により異なることも考えられるので、BIM の導入の程度に応じたネットワーク要素の列挙と相互関係を整理することへの配慮が欠かせない。

全体の建築生産構造が把握できた次の段階となる「保証フェーズ」では、で明示された PERT の関係より具体的な形として、「現状フェーズ」から得た伝達データを用いて、実際に実物での検証や第三者による保証もしくは、シミュレーションを可能として、シミュレーションによる性能保証が可能かを検証するフェーズとなる。この過程はその保証が実行可能であること、またその保証に必要な情報の整理が必要となる。建築環境設備分野では、建築全体（建築の構想から解体まで）ではなく、建築設備、特に空調設備の設計と施工に的を絞っているため、窓、壁体や照明といった建築構成要素に焦点を当てた検証が求められる。

性能記述ではなく、標準仕様記述が用いられる場合に対応して、最終段階としての「実務フェーズ」が必要となる。このフェーズは、主として、いわゆる標準仕様（デフォルト）が用いられた場合、分担者がその仕様で示される性能を確認し、この性能を上回る性能保証を付す場合も含め、その仕様を満足することを保証する評価方法の検証が必要となる。その際、共有すべき情報と守秘、保護されるべきとされた情報が、実際の建築生産で機能するかを検証、確認する。守秘、保護されるべき情報の機能に関する検証は、特定の標準仕様記述に対する性能記述要件において、で提案したシミュレーションによる性能保証のプロセスを実行することで、これ

を建築設備の BIM に反映し得ることの確認となる。

4-2. ガイドライン策定に向けた提言

本研究を通して明らかにした BIM の現状と技術開発の方向性を踏まえ、BIM ガイドライン策定に向けて、必然と考えられる業務フローの改善点を、以下に提言する。

BIM マネージャーによるデータベース内容の事前検証

BIM データベースは設計から運用・解体までのライフサイクルを通じた利用が可能となることで、その構築意義が発揮される。このためには、BIM データベースをライフサイクルにわたって活用する施主（建物管理者）が、その管理を可能とする形でデータベースが形成される必要がある。そこで、プロジェクト毎に施主の要求情報（EIR: Employer's Information Requirements）を整理することを職能とした BIM マネージャーが、受注側ではなく発注側（施主側）の立場で必要となる。また、施主が管理運営で必要とする情報には、建築環境性能が含まれるため、その情報を内包する、若しくは導出できるデータベース構築が必要とされる。

関係者間による採用プラットフォームの合意形成

欧米を中心とし、建設プロジェクトのワークフローを大きく変革する Integrated Project Delivery (IPD) 方式の実現が期待されている。このためには、データ共有プラットフォームの構築の必然性であり、BIM はその原動力となる。IPD は、上流下流とフローが明確に区分される従来のワークフローとは異なり、建設プロジェクトの関係者全員が、プロジェクトの初期段階から参加することを前提している。このため、従来の上流から下流へ情報が伝達するといった考え方は崩れ、常に関係者間が相互に情報を流動させることが必要となる。このため、流れの区切り毎に情報の整理を行う機会のある現状のワークフローと比較しても、利害関係にある関係者間の情報の秘匿を保証するためには、より確固たる規則の下で情報アクセス権限の管理が可能な BIM プラットフォームが求められる。このため、採用する BIM プラットフォームは、関係者間の合意を必要とし、この合意形成を可能にするためにも、情報の Open/Closed の明確な規定が必要なる。

データベースの互換性と冗長性： 強固なサブシステムと外部参照機能の付与

BIM を通して構築するデータベース互換の必要性は古くから指摘されており、IFC が ISO により国際規格されることで、この流れが促進されている。これに加え、情報の Open/Closed により、管理権限の有無で情報へのアクセスが制限される場合においても、

自身の分担範囲での業務に支障が出ない、データベースの冗長性の確保が求められる。これは、先に述べたように、情報が Closed とされた場合でも、相互関係を持つサブシステムに対しては、必要な機能や性能情報を伝える、若しくは外部参照を可能とする機能を付与することで実現可能である。

データベースの互換性と冗長性： データベースの階層化

設計の初期段階から情報が関係者間で共有されるとしても、それぞれが決定、若しく必要とする情報の粗密は立場により異なる。それぞれの立場、設計段階において情報の粗密の要求が異なる場合でも、冗長的に機能する BIM プラットフォームが必要となる。また、各立場、設計段階で求められる情報の階層構造（LOD: Level of Development）の明示が必要である。

データベースの管理権限の平等化

健全な分業体制を組む際、各々が責任範囲とする情報は、それぞれが管理し、その管理権限は他者に侵されないことを確保する必要がある。ただし、最終的に成果物として構築されたデータベースを用いて建物運用を行う際、その運用のために特定の情報の管理が必然となると、情報を独占することと等しくなる。そこで、Closed にされた情報を含む成果物でも、その運用は施主（建物管理者）が指定する誰もが可能なよう、サブシステム間の情報伝達が確保されたデータベース、若しくは Closed とする情報の隠匿期間の設定をすることで、そのデータベースの管理権限を平等化する必要がある。

<引用文献>

- 1) 山下純一：海外諸国における BIM の取り組み、建築コスト研究 21(3)、11-16、2013
- 2) 加藤、樋山ら：BIM 普及による空調設備設計プロセスへの影響の分析 第一報、空気衛生工学会論文集 No.169、2011
- 3) 加藤、樋山ら：BIM 普及による空調設備設計プロセスへの影響の分析 第二報、空気衛生工学会論文集 No.184、2012
- 4) 加藤、Diao ら：BIM 概念に基づく最適建築設計支援システムの開発、日本建築学会技術報告集、第 16 巻 第 34 号、2010
- 5) Holger ら：A Life cycle approach to buildings、Detail green books、p19

5. 主な発表論文等

- 〔雑誌論文〕(計 0 件)
- 〔学会発表〕(計 0 件)
- 〔図書〕(計 0 件)
- 〔産業財産権〕
- 出願状況 (計 0 件)
- 取得状況 (計 0 件)

〔その他〕
特に無し

6. 研究組織

(1) 研究代表者

加藤 信介 (KATO, Shinsuke)
東京大学・生産技術研究所・教授
研究者番号：00142240

(2) 研究分担者

樋山 恭助 (HIYAMA, Kyosuke)
山口大学・理工学研究科・准教授
研究者番号：10533664