

## 米国における BIM/CIM の取組について

建設情報研究所 研究開発部

建設 ICT 推進グループ 主任研究員 影山 輝彰

## 目次

1. はじめに.....	1
1.1 CIM の理念.....	1
1.2 JACIC の取組 (CIM 技術検討会) .....	1
2. 米国における BIM/CIM の取り組み.....	2
2.1 先駆的・先進的事例.....	2
2.2 教育・訓練プログラム .....	3
2.3 費用対効果.....	3
2.4 調達・発注方式 .....	4
2.4.1 民間における IPD.....	4
2.4.2 公共事業における CM/GC.....	5
3. 日本と欧米における BIM/CIM の違い.....	6
3.1 日本と欧米の違い (学術的範囲) .....	6
3.2 BIM の適用範囲 (技術的範囲) .....	6
4. おわりに.....	6
5. 【参考】調査先、会議出席者.....	7
5.1 9/23 Mercury Meeting.....	7
5.2 9/24 Project Site Visit.....	8
5.3 9/25 Uni. of Illinois Urbana-Champaign .....	8
5.4 9/24 Presidio Parkway Project Site Visit .....	9
5.5 9/27 Stanford CIFE BIM/CIM Discussion and ROI Workshop .....	10

## 1. はじめに

平成 24 年度、我が国の建設生産システムに BIM(Building Information Modeling)等の要素に加え、これまでの ICT に係る取組を踏まえた考え方として CIM(Construction Information Modeling/Management)が進められつつある。

本研究は、これまで調査してきた BIM/CIM 等に係る海外の調査に加え、平成 25 年 9 月の訪米調査を踏まえ、米国における BIM/CIM の取組について先駆的・先進的活用事例、BIM/CIM を活用するための人材育成と費用対効果等を報告する。

### 1.1 CIM の理念<sup>1</sup>

公共事業の計画から調査・設計、施工、維持管理、更新に至る一連の過程において、ICT を駆使して、設計・施工・協議・維持管理等に係る各情報の一元化及び業務改善による一層の効果・効率向上を図り、公共事業の安全、品質確保や環境性能の向上、トータルコストの縮減を目的としている。

一連の過程を一体的に捉え、関連情報の統合・融合により、その全体を改善し、新しい建設管理システムを構築するとともに、建設産業に従事する技術者のモチベーション、充実感の向上に資することも期待されている。

- ・ CIM は、Construction Information Modeling/ (Management) の略称である。
  - ・ 社会資本を取り巻く変化へ対応することを目指す
  - ①限られた公共投資の中、効率的な社会資本整備（コスト縮減、工期短縮等）
  - ②ストック型社会への転換に向けた社会資本整備（アセットマネジメント等）
  - ③地球環境の保全、環境に配慮した社会資本整備環境（アセスメント、LCA、リサイクル等）
  - ・ 構造物のライフサイクルを限られた資本・人材・機材で実施、管理を実現することを目的とする
- この実現には、業務フロー、執行体制の見直しと、これを実現するためのデータ作成、可視化、データ蓄積技術の確立が不可欠。

### 1.2 JACIC の取組（CIM 技術検討会）

JACIC では、国土交通省の CIM 制度検討会と有機的に連携し、両輪となって CIM の実現に向けて検討を進めるため 11 の関係団体（JACIC を含む）と共に CIM 技術検討会を運営している。

平成 24 年 7 月 4 日に第 1 回検討会を開催して以降、4 回の検討会、5 回のワーキンググループの開催、現地調査等を通じ、当初バラバラであった CIM のイメージを共通認識として整理するとともに、CIM の実践的検討課題も含めて「CIM 技術検討会 平成 24 年度報告」（中間報告）としてとりまとめた。

CIM 技術検討会は、新たな「建設生産システムのイノベーション」に向けて、これまでの建設 ICT のノウハウを活用し、CIM に関する知識や技術の習得、実施事例、創意工夫、データモデルの具体的な活用方法、現場で発生する様々な課題をサポートする支援体制など、幅広い視点で技術的な課題を今後も継続的に検討する必要があることから、海外の建築分野にて BIM (Building Information Modeling) として先進的・先駆的に取り組まれている事例の調査を実施した。

<sup>1</sup> 「CIM 技術検討会 平成 24 年度報告」より抜粋、[http://www.cals.jacic.or.jp/CIM/index\\_CIM.htm](http://www.cals.jacic.or.jp/CIM/index_CIM.htm)

## 2. 米国における BIM/CIM の取り組み

JACIC 研究開発部では、米国における BIM/CIM に関する取組として、平成 25 年 9 月 22 日から平成 25 年 9 月 29 日にかけて「米国における CIM 技術調査（主催：土木学会）」に参加した。この調査結果より、米国における BIM/CIM を活用かつ実践している取り組みとして、先駆的、先進的事例、教育プログラムならびに、調達・発注方式を紹介する。

先駆的・先進的事例としては、BIM/CIM の導入に 2 億円投資した米国コネチカット州における道路プロジェクト、教育・訓練プログラムとしては、BIM 技術者を育成するスタンフォード大学における Center for Integrated Facility Engineering (CIFI) の取り組み、調達・発注方式としては、民間における Integrated Project Delivery (IPD)、公共事業における Construction Manager (CM) / General Contractor Project Delivery (CG) の実施事例である。

### 2.1 先駆的・先進的事例

米国コネチカット州道路局では、総工費 2,000 億円の道路プロジェクトに BIM/CIM を挿入するため 2 億円を投資している。道路プロジェクトの概要は、約 112km の高速道路と 3 カ所のインターチェンジの建設工事である。既存の共用路線を拡幅するため、施工条件として輻輳する既存交通への阻害を最小限に留める必要があり、道路閉鎖は 1 日 4 時間に制限されている。さらに、本プロジェクトの関係者（参加業者）は、約 5,000 程度に上る。

このため、従来の 2 次元図面を主体とした設計照査、工程管理の基となる作業分割、工程上のクリティカルパスとボトルネックの洗い出しには、熟練技術者の相当なる工数と時間が必要になることは簡単に想像することができる。そこで、計画段階において 2 次元図面と 3 次元を組み合わせた統合モデルを利用して、設計照査を行うとともに、関係者間と情報共有を行い工程上のクリティカルパスとボトルネックの検証を実施した。

この結果、計画段階の見直しにより大幅なコスト削減案が立案されたため、発注者は BIM/CIM の有効性を認め統合モデル作成等に費やした経費の追加計上が認められた。米国では、本プロジェクトのように大規模かつ高度な技術が要求される事業においては、発注者と受注者の調整役としてプロジェクトマネージャ (PMr) を導入する事例が少なくない。

発注者と受注者の調整役であるプロジェクトマネージャ (PMr) を事業の一環として担う、Parsons Brinckerhoff<sup>2</sup>では、約 15 年前から Building Design + Construction に関する取組として 3 次元モデルを活用した Virtual Design and Construction (VDC, BIM becomes VDC) に取り組んでいる「図 1」。現在、VDC に対応する 80 名の職員と世界屈指の業務実績を有し、より高度で有益な PMr の役割として時間、コスト、安全が最良となる実施案を発注者に提供している。



図 1 VDC プロセスの説明 PB 社

<sup>2</sup> <http://www.pbworld.com/>

## 2.2 教育・訓練プログラム

スタンフォード大学では、BIM/CIM を扱う技術者への教育プログラムとして Center for Integrated Facility Engineering (CIFE)<sup>3</sup>が設立されている、CIFE では、BIM マネージャーと呼ばれる、生産プロセスにおいてどのように BIM を扱っていくかという技術者の育成として、BIM を適用する目的、既存プロセスの変化、費用対効果等に関する教育と研究を実施している「図 2」。

実施している教育・訓練にプログラム<sup>4</sup>には、在学生用のプログラムに加え、CIFE と協賛企業による戦略的プロジェクトソリューションがある。戦略的プロジェクトソリューションでは、建築、土木、設備分野の専門家がプロジェクトやビジネスにおいて VDC の利用方法や効果について学ぶことができる。なお、教育プログラムの受講期間は、1 週間程度の座学と実習、6 ヶ月の実践である。



図 2 CIFE のホームページ

## 2.3 費用対効果

我が国において BIM/CIM 等の ICT を利用した効果については、定性的になりがちであり、定量的な数値、特に費用対効果について示されている事例や研究は少ないのが現状である。一方、米国では、BIM/CIM を利用した効果測定に関する研究成果が多く発表されている。一例として、BIM/CIM に関する研究<sup>5</sup>より、費用対効果の事例を抜粋し、紹介する。

- ・BIM を活用したプロジェクトの研究事例では、プロセスが管理されている方法に応じて 5%～40% の生産性向上を示している。生産性向上に対する重要な指標として、当初設計に対する確認 (RFI<sup>6</sup>) 回数、干渉による手直し発生箇所、工程管理 (遅延作業の発生有無、遅延日数による損失)、設計変更回数がある。
- ・一般競争入札では数%程度、設計施工入札では 10% 以上の実質原価削減効果がある。設計の不具合に起因する RFI の発生回数減少、手戻り作業の減少、工種間工程の不整合箇所の減少である。BIM の導入により、一般的に RFI に費やされている費用を 10% に削減できる。したがって施工者は平均 9% の施工管理時間の削減を実現している。現場での問題発生による協力会社の手戻り作業や現場待機時間の減少による原価削減効果は 9% 程度となる。
- ・生産性の向上に最も重要な事項は、関係者間において構造物間の干渉を検出するプロセスであり、これらの研究成果は、現場における生産性向上の最も重要な要因は技術的では無く、人的要因であることを示している。

<sup>3</sup> <http://cife.stanford.edu/>

<sup>4</sup> CIFE/SPS VDC Certificate Program, <http://cife.stanford.edu/VDCProgram>

<sup>5</sup> RFI\_Change Orders The effects of building information modeling on construction site productivity

<sup>6</sup> Request For Information

## 2.4 調達・発注方式

現在、我が国において、事業の特徴や多様化を背景に様々な発注方式が実施されつつある。ここでは、BIM/CIM の活用事例より、設計・施工一括発注方式（デザイン・ビルド方式）、設計・施工分離発注方式（デザイン・ビット・ビルド方式）における特徴等を概説するとともに、民間における Integrated Project Delivery（IPD）、公共事業における Construction Manager（CM） / General Contractor Project Delivery（CG）の実施事例を述べる。

- ・ 調達・発注方式は責任分解点を示すものであり、BIM/CIM の適用性を一概に表すものではない
- ・ 協業者が多いほど、BIM/CIM の成果は得られやすい
- ・ デザイン・ビット・ビルドの場合に設計段階と施工段階に区別して着目すると、将来的には施工段階のほうに優位性がある

一般的に公共事業、民間を含め BIM/CIM の利用を義務付ける場合、発注時の特記仕様書に記載する。従来の 2 次元図面を契約図書とし、BIM/CIM データがある場合には、契約上の免責事項に同意した後、受注者は利用する事ができる。なお、契約変更図面は 2 次元図面である。元請け、協力業者間において BIM による情報交換を行う事例はまだ少ない。

現段階では、デザイン・ビルド方式の場合には、生産プロセスを一括して管理できるため適用効果は高い。一方、デザイン・ビット・ビルド方式の場合には、生産プロセスが途切れるため適用効果は低くなる傾向がある。

### 2.4.1 民間における IPD

Integrated Project Delivery（IPD）とは、建築家、エンジニア、請負業者、発注者等の利害関係者が計画の初期の段階から協力し、最適な構造物を作成するといった共通目的の基、最も有効な決定を共同で下すことを可能にする協業形態である。民間建築工事における適用が多いのが特徴である。

発注者は、設計段階からプロジェクトに関与することにより単に初期費用にとどまらず、品質・コスト・工期といった目標の設定にも関与できるようにしている。同時に、設計、エンジニア、施工などの各専門家にプロジェクトの結果に対するリスクと報酬を共有させることで、チームの中でお互いの責任の追及や転嫁ではなく結果や問題の解決策に注力する。

IPD の協業形態では、BIM/CIM に関する技術を活用し、常に一貫したプロジェクトの情報をリアルタイムに可視化、共有できる環境が多く求められる傾向がある。

## 2.4.2 公共事業における CM/GC

ここでは、米国における契約形態の変化について、トランスベイ・トランジットセンターの契約方式である Construction Manager (CM) / General Contractor Project Delivery (CG) について紹介する。

トランスベイ・トランジットセンターは、1939 年、サンフランシスコ市ダウンタウンの金融街近くに電車・バス等の交通ターミナルとして建設された。今回新たに最新の鉄道・バス複合ターミナルビルに建て替えるものである「図 3」。ターミナルビルの規模は、地下 2 階・地上 3 階建て、全幅約 52m、全長 450m であり、近郊・遠距離バス、近郊鉄道に加え、将来にはカリフォルニア高速鉄道のターミナル駅になる予定である<sup>7</sup>。



図 3 トランスベイの HP

CM の長所を公共事業に適用する方策として、現在では連邦調達規則の例外規定により、採用されている契約方式である<sup>8</sup>。特徴として、発注者は事業計画の初期段階において General Contractor (施工請者) と CM 契約を結ぶことにより、別途 Architect/Engineer (設計者/エンジニア) と設計契約する場合にも、CM/GC の施工専門知識を設計に反映させることができるようになる。

CM/GC 契約方式では、CM 費用を収益とする契約とともに、建設費用の請負契約を締結する。但し、契約金額に含める建設費用は、別途契約を行う専門工事会社への支払いを義務としている。CM/GC 契約方式は事業主への最高限度額保証、履行ボンド、専門工事会社の為の支払保証を差し入れる義務があるため高度の積算能力が必要とされる。



図 4 米国交通省の HP

- ・ GC 契約 (一般建設契約)

施主は最初に A/E 会社と契約し、発注図書が完了してからそれに基づく競走入札により GC (施工請負者) と契約する。

- ・ CM 契約 (コンストラクション・マネジメント契約)

GC 契約と DB 契約の長所を取り入れて確立され、民間工事を中心に拡大している。その利点は、効率性・透明性に加えてコストの圧縮にある。

<sup>7</sup> <http://transbaycenter.org>

<sup>8</sup> <http://www.fhwa.dot.gov/construction/cqit/cm.cfm>

3. 日本と欧米における BIM/CIM の違い

3.1 日本と欧米の違い（学術的範囲）

欧米における学術的な範囲は、日本の土木、建築とは異なり、意匠設計以外の建築がいわゆる土木に包含されている「図 5」<sup>9</sup>。

3.2 BIM の適用範囲（技術的範囲）

技術的に、BIM(Building Information Modeling)が利用されているのは、主に建築であり。日本における、いわゆる土木の分野については、「BIM+」や「VDC」と呼ばれている。このような BIM+ (≠CIM) の分野については、利用目的、適用プロセス、効果を定量的に計測する事が難しい分野（研究対象）とされている。

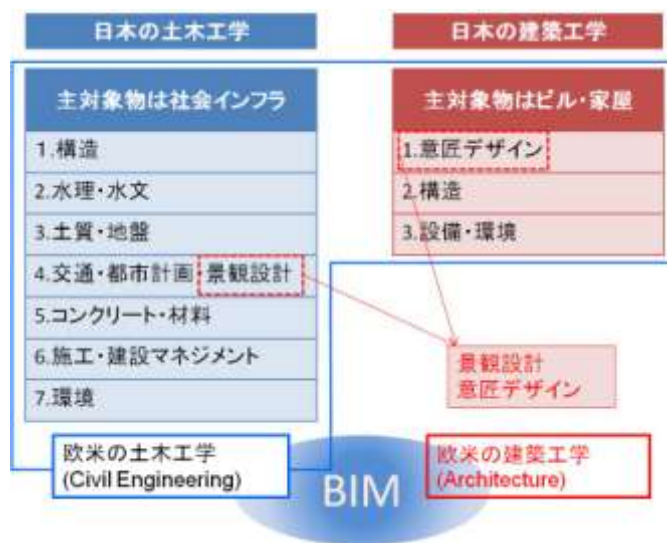


図 5 日本と欧米の違い

4. おわりに

今回これまで調査してきた BIM/CIM 等に係る海外の調査に加え、平成 25 年 10 月の訪米調査を踏まえ、米国における BIM/CIM の取組について先駆的・先進的活用事例、BIM/CIM を活用するための人材育成と費用対効果等を報告した。

建設分野に関わる技術者が備えるべき技術は、日々変化している。例えば、製図技術においては、「ドラフター」+「プランメータ」から「CAD」に変化したように、将来は BIM/CIM に係る要素技術である。しかし、これら BIM/CIM を構成する要素技術を利活用し、効果を得るためには、技術者として基本的に有していなければならない基本的な知識や自らの専門分野における工程管理（WBS）や原価管理の経験と知見が必要であることは明確である。

我が国の建設生産システムにおいて今後 CIM を推進するにあたり、特に重要と考えられることは、平成 24 年度より国土交通省が実施している CIM モデル事業を通じて、学術・業界、民間団体等が協力して費用対効果を明らかにしていくこと。これらの定量的な費用対効果を鑑みて、より高度かつ効率的な BIM/CIM 等の適用に対する効果と費用を発注者が認めていくこと。さらに、BIM/CIM 等を実施するための教育・訓練の支援体制を拡充することが喫緊の課題であると思われる。

<sup>9</sup> 建設 IT ガイド 2013 大阪大学教授 矢吹信喜「海外の CIM 事情」より加工・転載



5. 【参考】調査先、会議出席者

9/23 Mercury Meeting

9/24 Project Site Visit

9/25 Uni. of Illinois Urbana-Champaign

9/24 Presidio Parkway Project Site Visit

9/27 Stanford CIFE BIM/CIM Discussion and ROI Workshop

5.1 9/23 Mercury Meeting

(1) 調査先

280 Broadway, 7<sup>th</sup> Fl. New York, NY 10007

(2) 意見交換、発表内容 等

表 5-1 意見交換、発表内容 等

	氏名	意見交換、発表内容 等
1	Doug Eberhard Sr Director ENI Sales Development Autodesk	<ul style="list-style-type: none"> <li>・米国における CIM/BIM の導入事例</li> <li>・WTC 再開発現場における工程管理、意匠・景観設計</li> </ul>
2	Christopher Santulli, P.E. Assistant Commissioner Engineering & Safety Operations	<ul style="list-style-type: none"> <li>・NY 州建築許可申請における BIM の活用事例</li> </ul> 

5.2 9/24 Project Site Visit

(1) 調査先

One Penn Plaza NY, NY 10019

(2) 意見交換、発表内容 等

表 5-2 意見交換、発表内容 等

	発表者	意見交換、発表内容 等
1	Jay Mezher, AIA Global VDC Director, Parsons Brinckehoff	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ PE における VDC (Virtual Design and Construction) ならびに BIM の取り組み</li> <li>・ VDC の実施体制とプロジェクトプロセス</li> <li>・ WTC 再開発現場における工程管理、意匠・景観設計</li> <li>・ 橋梁架替工事における適用事例</li> </ul>

5.3 9/25 Uni. of Illinois Urbana-Champaign

(1) 調査先

205N. Mathews Ave. Urbana, Illinois 61801

(2) 意見交換、発表内容 等

表 5-3 意見交換、発表内容 等

	氏名	意見交換、発表内容 等
1	Bii East, PhD, P.E. U.S.Army Construction Engineering Research	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 建築業界における問題点</li> <li>・ 工場建築における BIM の適用事例</li> <li>・ データ定義 (IFC) と維持管理における活用(COBie)</li> </ul>
2	Prof.Nora El-Gohary Construction Management Group	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ BIM を利用した資材等の自動検査に関する研究</li> <li>・ BIM を利用した関係者間の情報共有に関する研究</li> </ul> 
3	Prof.Mani Golparvar-Fard Construction Management Group	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 土木分野における写真計測技術に関する研究</li> <li>・ デジタル写真を利用した構造物の点群データ作成に関する研究</li> <li>・ 画像処理技術を応用した安全管理に関する研究</li> </ul>

5.4 9/24 Presidio Parkway Project Site Visit

(1) 調査先

San Francisco, Ca 94129

(2) 意見交換、発表内容 等

表 5-4 意見交換、発表内容 等

	氏名	意見交換、発表内容 等
1	Molly Graham Senior Project Manager	・ 橋梁架替工事における適用事例



写真 1-BIM データを用いて 3 次元プリンタにて作成した橋梁と現場

(3) その他



写真 2-BIM データ（道路設計）を利用した走行シミュレーション（ゲーム）



写真 3-3DCAD にて設計した製品を 3 次元プリンタに出力した事例

5.5 9/27 Stanford CIFE BIM/CIM Discussion and ROI Workshop

(1) 調査先

Stanford Center for Integrated Facility Engineering (CIFE)

Jerry Yang and Akiko Yamazaki Environment and Energy Building

473 Via Ortega #293 Stanford CA 94305-4020

(2) 意見交換、発表内容 等

表 5-5 意見交換、発表内容 等

	氏名	意見交換、発表内容 等
1	John Kunz Executive Director Stanford Center for Integrated Facility Engineering(CIFE)	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ BIM マネージャに関する教育プログラム</li> <li>・ BIM に関するワークショップ</li> </ul> 
2	Ken Stowe Autodesk	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ BIM 適用による ROI に関する分析結果と事例紹介</li> </ul> 
3	本村 信一郎 国土交通省	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 国土交通省における CIM の取り組み</li> </ul>
4	影山 輝彰 日本建設情報総合センター	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ JACIC の概要と CIM に関する取り組み事例の紹介</li> </ul>
5	東出 成記 先端建設技術センター	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ ATCT の概要と CIM に関する取り組み事例の紹介</li> </ul>
6	杉浦 伸哉 日本建設業連合会	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 大林組の取り組み</li> </ul>

## Efforts of BIM/CIM in the U.S.

Teruaki KAGEYAMA

Senior Researcher, Research and Development Department

Japan is working on CIM(Constriction Information Modeling/Management) since 2013. CIM is a concept that applies to civil engineering via VDC and BIM etc. Currently, the effect cases of BIM and VDC have been reported many. However, the report of civil engineering domain is less case than Architecture.

JACIC is investigating the case of BIM overseas. We took part in the visit to the United States survey of BIM on September 25, 2010.

This study reports Pioneering use case, Human resource development to take advantage and Cost-effectiveness of the BIM /CIM from these findings