

モデル詳細度 (Level Of Detail) に重点を置いた日本における Building Information Modeling の導入を円滑に 進めるための一検討

学生指名 佐島 裕也
指導教員 皆川 勝

所属 東京都立大学工学部都市工学科 計画マネジメント・皆川研究室
E-mail:y.saji.com@gmail.com

日本における建設産業の様々な事業環境の変化により二者構造執行携帯では対応しきれなくなってきた。物を造るだけでなく、国民の意見に基づき建設・維持管理を行うなどといったことが必要になってきたからである。また近年諸外国では、建設設計・生産プロセスで3次元モデルデータを一元管理する BIM の考え方が世界で急速に広がりを見せているといった流れも相まって、日本でも BIM が急速に広まっていきさらに発展していくことが予測される。

本研究では、日本のコストに対する問題の解決策として BIM の本格導入が必要不可欠だと考え、時間とコストと BIM モデル運用の成功のカギを握るのはモデル詳細度だと考えた。その為に BIM 導入先進国のモデル詳細度の状況を学び、また日本の現状を学びながらどのようにしたらの出る詳細度を適切に設定し土木事業において活用するのか模索し提案していく。

Key Words: *Building Information Modeling, Civil Information Modeling,*
モデル詳細度, Level Of Detail(Development)

1. 序論

(1) 背景

日本は戦後、崩壊した社会資本を早急に整備し、速やかに復興を果たす必要があり、そのため、生産体制として二者構造執行携帯がとられた。結果として“市況”に適合していき、日本の急速な経済発展を支えてきた。しかし、1980年代に始まったバブル経済が1991年に崩壊、建設産業の国際化、競争の原理の導入等、様々な事業環境の変化により二者構造執行携帯では対応しきれなくなってきた。物を造るだけでなく、国民の意見に基づき建設・維持管理を行うなどといったことが必要になってきたからである。このように環境が大きく変わっていく中で、日本の建設産業には様々な問題が出てきた。それらは、大きく分けると4つに分類できる。そして、日本の建設産業の発展のためにも、4つの問題にしっかりと対応していき解決していく必要がある。以下に、4つの詳細を記述していく。

◆建設投資額

日本における建設投資額は図-1を見て分かる通り、1992年をピークに減少の一途を辿っており、2010年には半分以下の約41.9億円にまで減少した。

その後、東日本大震災の復興や各地の地震対策等に



図 - 1 建設投資額の推移

より持ち直した。また、今後は東京オリンピックに伴う投資もあるためオリンピック開始前までは増加するとみられる。しかし、その後の建設投資額については不透明という状況である。

◆既存のインフラ施設の老朽化

日本で、1964年に東京オリンピックが開催されてから半世紀が経過した。1960年代は、日本の高度経済成長期の真っただ中にあたり、道路、橋、トンネル及び上下水道などのインフラ施設が急速に整備されていった時代でもある。そのために、当時建設された多くのインフラ施設が耐用年数とされる50年を越えてきており、補修・更新の時期を一斉に迎えると考えられる。そのことを裏付けるかのような数値が表-1に記載されている。表-1は、50年以上経過したインフラ施設の割合について記載されている。この数値は国土交通省の発表を元に記載されており、2031年度には道路橋と河川管理施設、港湾岸壁において既存のインフラ施設の過半数が耐用年数を超えることが示されている。このようなことから、既存のインフラ施設の大量老朽化に対する早急な対策が必要となってくる。

◆労働生産性

1990年代からインターネットが日本各地に普及し始めていった。それとともに、インターネットの活用やITの発展・活用していきこうという流れが各産業で起こった。結果として、図-2が示している通り各産業では労働生産性が改善されてきている。しかし、建設産業では労働生産性が減少傾向にある。しかも、公益社団法人日本生産性本部の調査によると、日本の労働生産性は、経済協力開発機構(OECD)加盟国における2012年の労働生産性が34カ国中21位、就業1時間当たりでは34カ国中20位、先進7か国では1994年から19年連続最下位となっている。このように世界から見ると労働生産性が低い日本において、建設産業では労働生産性の低下が起こっている。このことから分かると通り建設産業では、労働生産性の労働生産性の問題はかなり深刻なものとなっており、労働生産性の改善・向上が急務となっている。

◆建設産業の高齢化

また、建設産業の高齢化が問題となっている。図-3から読み取れるように建設産業は各産業より少子高齢化が進んでいる。原因としては二つ挙げられる。高度経済成長期に学生を卒業し多くの人たちが建設産業に就職した人たちが、バブル景気における中途採用された人たちが今現在、50代から60代となっており高齢者の割合が多くなっている。また、若者の建設産業離れも進んでいる。原因としては、3K「きつい・きたない・危険」といったよくないイメージがついているからだと考えられる。少子高齢化が進む中で多くの若者を獲得するためにも早急に改善するひつようがある

そのような中で、BIMの登場によって世界の建設業界はBIMが主流になりつつある。同じように生産性労働の低下が進んでいた米国は、建設プロジェクトで集まる情報を設計・施工・維持管理まで共有して有効活用使用し、建設期間の縮小や無駄の削減を図る“Building-smart”に求めた。2000年代半ばには米国で

表-1 建設が50年以上経過したインフラの割合

	2011年度	2021年度	2031年度
道路橋 [15.7万橋]	9%	28%	53%
河川管理施設(水門等) [直管約1万施設]	24%	40%	62%
下水道管きよ [総延長約44万km]	2%	7%	23%
港湾岸壁 [約5000施設]	7%	29%	56%

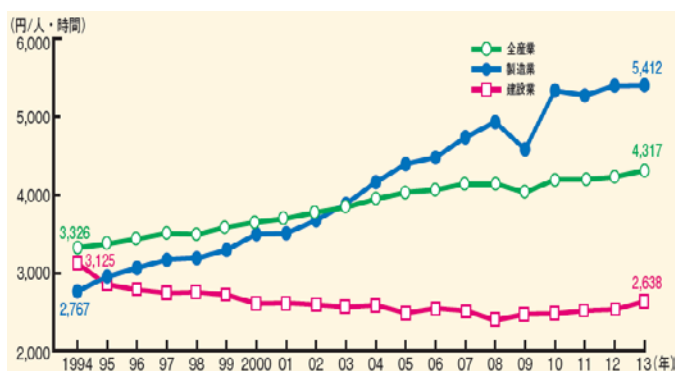


図-2 労働生産性¹⁾

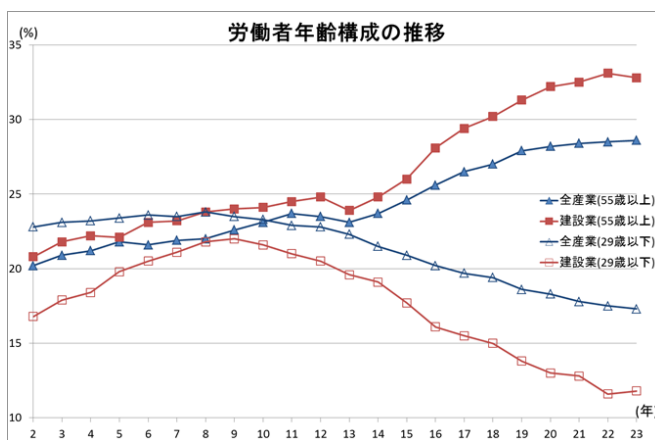


図-3 労働者年齢構成推移

はこのようなシステムをBIMと呼び、試験的に公共事業にて活用されてきた。また、BIM導入先進国である北欧でも公共事業にBIMでの提出を要求するようになってきている。

上記に述べたように欧州諸国や米国などでは労働生産性等を改善するために積極的にBIMが導入されてきている。しかし日本では2014年に官庁営繕事業におけるBIMモデルの作成及び利用に関するガイドラインの導入が始まり、2016年度に先導的導入事業でのガイドライン運用開始が公表されているのみで対応が遅れているのが現状である。また、建設投資額の減少やインフラ施設の大多数が完成している国内では大規模なイ

ンフラ施設の受注が見込めないために海外にも目を向けていく必要があり、BIMの導入によってLCC(Life Cycle Cost)や維持管理の関係から世界各国だけではなく日本でも急速に普及していくと考えられる。

(2) 目的

本研究では、我が国における公共事業に対する費用の問題に対する解決策として BIM の導入が必要不可欠ではないかと考えた。問題とは、背景で述べたようにインフラ施設が過多・老朽化が進んでいる中で、維持管理にお金がかかり、新規・更新にお金がかかるが建設投資額が減少している。そのため、如何に品質を下げずにコストを下げられるかということである。

そして、BIM 導入の際に重要となってくることはモデル詳細度ではないかと考えた。細かく BIM モデルを製作すると、モデル精度が上がるが、その分製作時間と人件費等のコストがかかる。その為、目的に応じた燃えるモデル詳細度の目安が重要となってくる。10年以上前から3次元モデル導入・研究が進んでいる鋼橋分野を調査し、同じように一般土木に導入するためにはどのようにするべきなのか考察・提案していく。

2. 日本の執行形態の現状

日本は、発注者（公的発注機関等）が公共プロジェクトの企画・計画、設計、施工管理を行い、受注者（施工製作会社）がその仕様に沿って施工を行い、完成品を発注者側に引き渡す仕組みとなっている。また、日本の公共工事標準請負契約約款：建設工事請負契約書

には“上記工事について、発注者と受注者とは各々の対等な立場における合意に基づいて、別添の条項によって請負契約を締結し、信義に従って誠実にこれを履行するものとする”²⁾と文章が記載されていることから分かるように、発注者(甲)と受注者(乙)という二者が登場するのみである。このような執行形態を、二者構造執行形態という。(図-4) この執行形態は、発注者の意向が受注者に伝達されやすく、短期間に大量の社会資本整備を行う上で効率性を発揮できるというメリットがある。³⁾日本が戦後からの半世紀でこれだけの社会資本整備を可能にしたのも、その効率性に伴うところが大きいと考えられる。しかし、二者構造執行形態は発注者側が進める企画・計画、調査、設計、管理等、プロジェクトの過程上の個別業務を専門技術者（建設コンサルタント）が部分的に補助する役割を担っているに過ぎないであるために、専門技術者集団（建設コンサルタント）の立場が弱いものとなっている。それに対して海外では、発注者・受注者・専門技術者集団（建設コンサルタント）が平等な関係でプロジェクトが進められている。これを三者構造執行形態という(図-5)。これは、国際コンサルティング・エンジニア連盟（FIDIC）が定めた標準契約規約に“Employer” “Contractor” “Engineer”と表記されている。二者構造執行形態と違うところは、専門技術者（建設コンサルタント）の立場である。専門技術者（建設コンサルタント）は決定・意見表明等の発注者や受注者の権利に影響する行動に対して、契約に従って公正に行う必要があるなど独立した機能を求められている。

3. CALS/EC

(1) CALS/EC とは

企画から設計、施工、維持管理まで建設生産システムの成功させるために重要となることが情報の共有である。近年の電子情報処理技術の高度化は、膨大な量の情報を扱う建設生産システムに巨大なインパクトを与えようとしている。BIM で重要となってくる情報共有だが、初めて情報共有に取り組むのが、BIM ではない。インターネットの普及とともに、1997年に活用していこうということになった。そして、コンピュータによる調達や文書の電子化による業務の効率化を目的に開始されたのが、国土交通省が進めた CALS/EC である。CALSEC とは、Continuous Acquisition and Life-cycle Support / Electronic Commerce の略称であり、公共事業支援統合情報システムのことを示す。今までは紙で交換されていた情報を電子化するとともに、ネットワークを活用して各業務プロセスをまたぐ情報の共有・有効活用を図ることにより公共事業の生産性向上やコスト縮減等を実現するための取り組みである。⁴⁾

CALS/EC の基本的な考えは、公共事業の調査・計画、設計等の各業務プロセスで発生する図面・地図や書類、写真等の各情報を電子化し、ネットワークを利用して関係者間及び事業プロセス間で効率的に情報を交換・共有・連携できる環境を作ること。これにより公共事

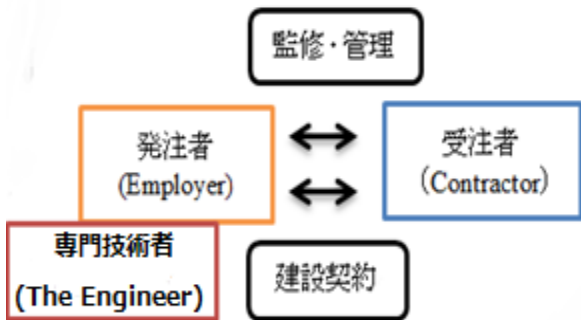


図-4 二者構造執行形態

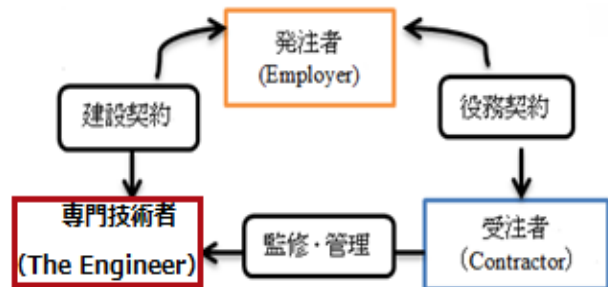


図-5 三者構造執行形態

表-2 CALS/EC の3要素とその効果

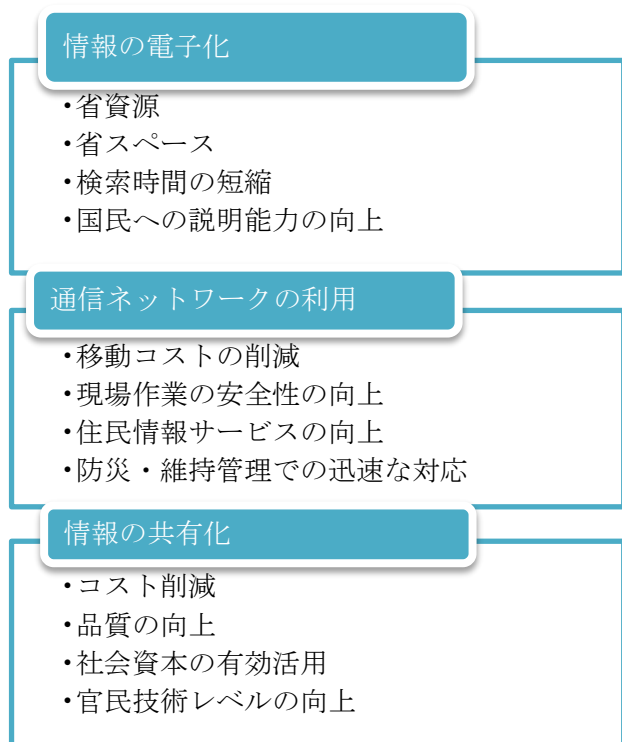
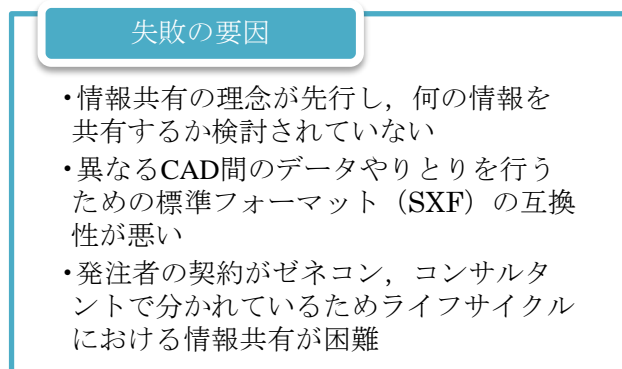


表-3 CALS/EC の失敗要因



業の業務プロセスを改善し、生産性の向上やコストの縮減等の実現を可能とする。そして、これらは表-2 の3要素から成り立っており様々な効果が期待されていた。

(2) CALS/EC の失敗とその要因

建設省(当時)がCALS/ECを導入した目的は、ペーパーレス化とデータ共有による事業活動の統合化だった。建設フェーズの情報をデジタル化し、関係者で情報を共有しながら事業を進めていくというワークフロー改革を目指して導入した。

CALS/ECを導入してきたものとできなかったものを以下に挙げる。

- ◆できたもの
 - ・電子入札
 - ・測量の成果品

- ・電子入札利用の拡大

◆できなかったもの

- ・電子契約の未達成
- ・電子納品された成果品の有効活用
- ・設計から施工や施工から維持管理の間での情報共有
- ・建設生産システム全体のワークフローが未完成

以上のようなことが挙げられ、紙と電子の二重提出要求の問題といったこともでてきた。では何故、CALS/ECが失敗となったのか。それは、上記ようにできなかったものが多数出てきたからである。その要因として考えられることは、表-3のようなことが挙げられる。(SXFとはScadec data exchange Formatの略称。国土交通省の主導で、設立されたCADデータ交換標準コンソーシアム(SCADEC)が開発。CADデータの電子納品の際に、異なるCAD間でデータをやりとりするために使用する中間ファイル形式。)⁵⁾

BIMを本格導入する際は、CALS/ECの同じ轍を踏まないようにする必要がある。そのためにも、CALS/ECが何故・どのように失敗したのかを学び、CALS/ECの失敗をどのように生かしてBIM導入を成功させるかが重要である。

4. BIMについて

(1) BIMとは

BIMとは、Building Information Modelingの略称で、コンピュータ上に作成した3次元の建物のデジタルモデルに、構成される空間や各部材・機器等に、仕様・性能、コスト等の属性情報を持たせ、集合体として電子的に作成・保持・相互運用していく手法である。従来のCADは、手書きしていた図面の線1本1本をデジタルデータに置き換えた製図をモデルとしたデータ表現であり、壁や建具と分かっても、仕様・性能、仕上げ等の属性情報まではわからなかった。それに対してBIMは、建物そのものをモデルとし、3Dビジュアルにし、さらに時間・コスト等の属性情報を付加し4D・5Dとして活用していくものである。さらに、建築に使われる材料・部材の形状といった情報だけではなく、仕様・性能、仕上げといった属性情報を持たせることができるため、コンピュータの仮想空間上に、実際の建物と同じモデルを構築し、設計・建設・運用のシミュレーションを行うことができ、モデルと連動しているため図面ごとの不整合も起こらない。以上のようにBIMは、建設モデルを設計から施工、維持管理に至るまで、建設ライフサイクル全体で一貫したデータを活用することにより、大きな効果が得られると言われている。

(2) 何故BIMという言葉なのか

本論文では、ここまで“BIM”という言葉を使用してきた。世界的に見ると本論文の背景で述べたように欧米の建築業界は“BIM”が主流になりつつあることもあって、“BIM”という言葉が広まってきている。上記のような流れが世界的に進んでいる中で、日本国内

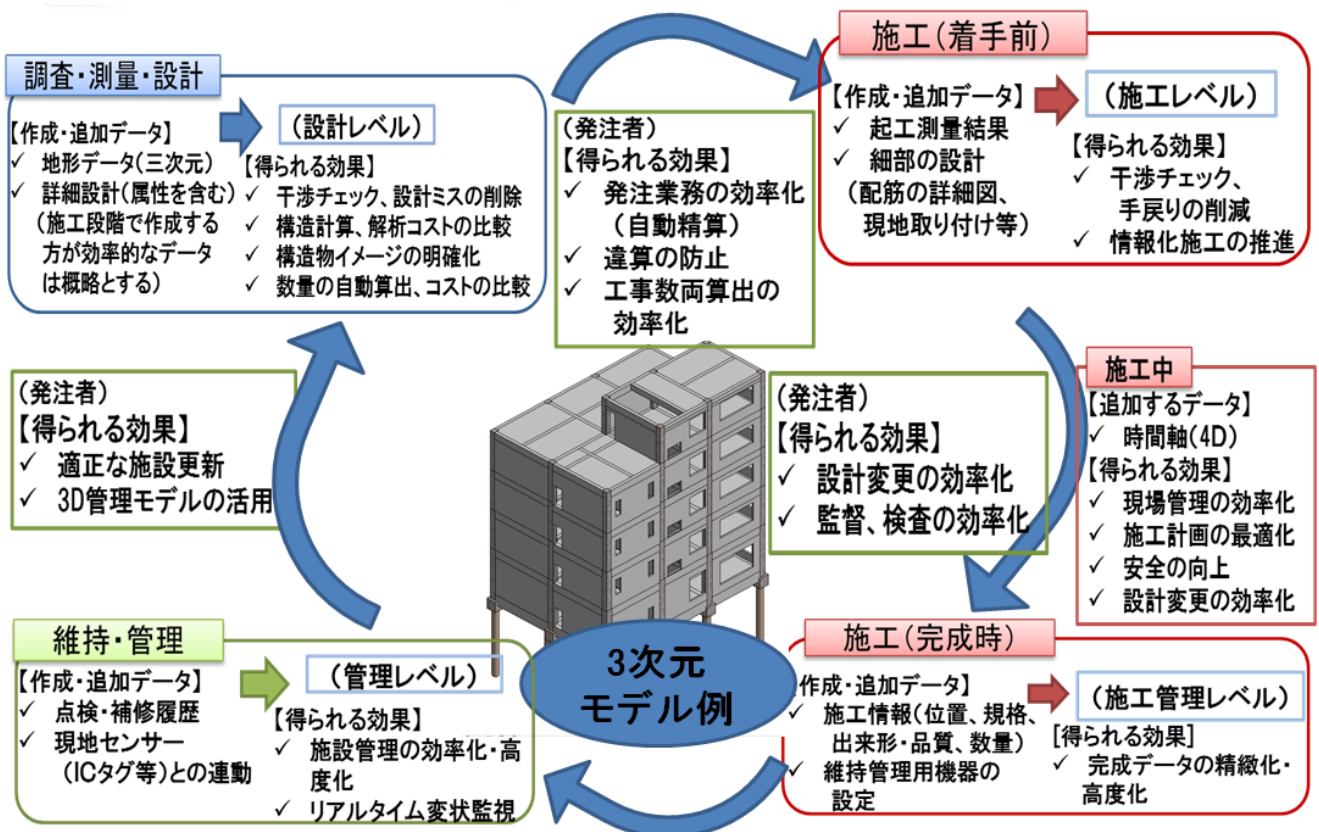


図-6 BIM 概要



図-7 BIMによる完成予想図

表-4 モデル概要

3D	・3Dモデル
4D	・+時間 (スケジュール)
5D	・+お金 (コスト)
6D	・+全て (建設ライフサイクル情報)

(Architecture)と土木(Civil Engineering)の分け方と、日本の建築と土木の分け方は異なっている。図-3のように種類に関わらず、主に力学の分野に取り組んでいるのが Civil Engineering、意匠設計や景観といった芸術や美術的な分野が Architecture となっている。よって、欧米の場合における BIM というのは、Architecture を学んだ建築設計者と Civil Engineering を学んだ構造・地盤、設備、生産、施工技術者が、フロントローディング (設計の前倒し) によって、同じ土俵でプロジェクトを進めようとする取り組みでありそれを行っていくためのツールとして BIM ということである。⁶⁾

それと比べ日本では、建築と土木のすみわけが強く、構造等などほぼ同じようなことを取り扱っていてもすみわけが強いため自治体などの部署が異なってしまう。従って、日本では BIM と CIM というように分かれており協力や提携等が難しくなっており、建築では BIM,

でも国土交通省が“BIM”の導入を試験的に開始している。しかし、欧米の国々の BIM と違うところは、土木分野で“BIM”とは違う“CIM”(Construction Information Modeling)という言葉を使用し内容も変えてきているところである。

日本における土木と建築では、対象とする構造物のはっきりと分かれている。しかし、欧米の建築

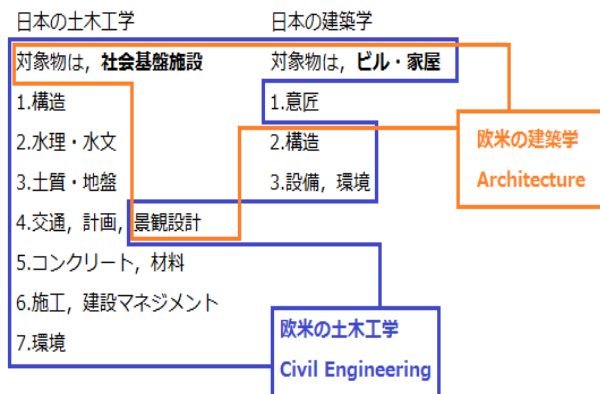


図-8 日本と欧米における建築・土木の対象の違い

土木ではCIMとなっている。さらに、欧米ではCIMという言葉は“Computer Integrated Manufacture”がスタンダードとなっている。上記のように、世界的な水準で見ると土木分野でもBIMという言葉が使われているために本論文では“CIM”ではなく“BIM”という言葉を使うことにしている。

(3) BIMのメリット

BIMの導入における主なメリットとして、手戻りの減少、プロジェクト全体の効率化・工期短縮、新しいサービスの提供の3つが挙げることができる。さらに、上記に挙げたメリットの詳細に述べると、表-5のようなメリットが挙げられる。また、以下に備考等をまとめている。

a. 情報活用による設計の可視化

・誰のメリットか

発注者、設計者、施工者

・備考

図面は、建物を色々な方向や切り口から見て、平面図、立面図、断面図といった2次元の組み合わせで表現する手法。これに対しBIMは、コンピュータ上に3次元モデルを製作する手法。BIMは壁や天井裏に隠れた柱や梁、配管や空調ダクト等まで忠実にモデル化できるため、図面が読めない人でも建物の詳細の理解が可能になる。

b. 設計の最適化による整合性の確保

・誰のメリットか

設計者

・備考

図面を途中で変更すると、関連する他の図面も修正して整合させる必要があるが、実際にはその場面で修正間違いが頻繁に起こる。しかし、BIMでは3次元モデルの基データを修正し、図面を描き直すだけで整合性が自動的に取れるため、チェック作業が大幅に省力化可能になる。仕上げ表等の数量集計に関する設計図書も、BIMモデルから自動的に造られる。

c. フロントローディング

・誰のメリットか

発注者、設計者、施工者

・備考

施工段階では、設計、構造、設備の干渉問題が起こりがちだが、BIMには干渉チェック機能があるために、設計段階でそれを発見することができる。また、工事の手直しや、着工後の設計変更に伴う多くの手間とコストの削減もできる。

d. 維持管理の効率化・高度化

・誰のメリット

発注者

・備考

維持管理において必要なデータ（属性データ等）を連携させることにより、維持管理での3次元モデルが構築され、管理の効率化・高度化が可能になる。

e. 構造物情報の一元化・統合化

・誰のメリット

発注者、施工者

・備考

施工時に時間軸とお金を追加（4次元・5次元モデル）するなどの応用し1つのモデルに統一することで、施工計画の最適化、効率的な施工管理、安全の向上等が可能になる。

f. 環境性能評価・構造解析等高度な技術解析の適用

・誰のメリット

発注者、設計者

BIMデータを気流・音・熱環境シミュレーションなどに活用し、更に、合理的構造形式の検証や設備機器の立体的納まりの検証に展開されている。つまり3次元形状を含む、設計、施工、維持管理それぞれの業務で必要なすべての情報を相互連携させたデータベースを必要に応じて参照、活用しながら業務を進める手法と言える。

BIMにより建設事業の各段階で利用する情報を共有化することで、本来であれば後工程でないと利用できない情報（フロントローディング）も前もって利用できる。

・備考

BIMデータを気流・音・熱環境シミュレーションなどに活用し、更に、合理的構造形式の検証や設備機器の立体的納まりの検証に展開されている。構造設計や設備設計情報のほか、コストや仕上げなど、付随する情報もすべて1つのデータで管理されているため、業務で必要なすべての情報を相互連携させたデータベース

表-5 BIM導入によるメリット一覧

- a 情報活用による設計の可視化
- b 設計の最適化による整合性の確保
- c フロントローディング
- d 維持管理の効率化・高度化
- e 構造物情報の一元化・統合化
- f 環境影響評価・構造解析等の高度な技術の適用

を必要に応じて参照，活用しながら業務を進める手法と言え。さらに，4D や 5D，6D をうまく活用することで，維持管理等といった業務をさらに円滑に進めることができる。(表-5)業務で必要なすべての情報を相互連携させたデータベースを必要に応じて参照，活用しながら業務を進める手法と言え。

(4) 日本の現状

背景でも少し述べたが，日本での導入現状をここで詳しく述べていく。日本の国土交通省が行っている BIM の大まかな取り組みを以下に示していく。

◆2009年3月

国土交通省による BIM 導入宣言

◆2014年3月

国土交通省が官庁営繕事業における BIM モデルの作成及び利用に関するガイドラインを策定

◆2016年度

国土交通省主導で先導的導入事業でのガイドライン運用開始(予定)

日本は，未だに本格導入に至っておらず世界から遅れをとっているのが現状である。そこで国土交通省は，2010年度初年度から BIM 導入宣言を元にプロジェクトを試験的に実施していた。それが，「新宿労働総合庁舎」「青海総合庁舎(海上保安庁海洋情報部)」「気象庁虎ノ門庁舎・港区立教育センター 中央合同庁舎第8号館」の3つである。取り組み内容は以下のようになっている。

◆新宿労働庁舎

- ・設計段階での BIM 活用
- ・契約条件による義務付
- ・建築対象

◆海総合庁舎(海上保安庁海洋情報部)

- ・施工段階での BIM 活用
- ・受注者協力
- ・設計と設備が対象

◆気象庁虎ノ門庁舎・港区立教育センター 中央合同庁舎第8号館

- ・PFI 事業での設計から維持管理・運営までの BIM 活用
- ・事業者提案によるもの

以上から分かる通り3つの案件があるが，本論では翌年も継続されている，義務になっていることから新宿労働総合庁舎についての概要を調査し以下にまとめていく。

新宿労働総合庁舎は，主に建築及び構造分野を対象としている。そして，以下の項目について施工がおこなわ

れた。

- ・設計と条件の可視化
 - ・設計図書製作に必要な情報が入力され BIM モデルの作成
 - ・通常設計と BIM による設計との業務プロセスの違い等の検証
 - ・BIM モデルを活用した配置・立地計画等の比較検討
 - ・BIM モデルを活用した工事費概算に実施
- 上記を元に実際にプロセス毎に行われた設計者提案を含めた業務実施内容を以下にまとめる。

与条件の把握

- ・法規制等による建築可能範囲の BIM モデル作成による可視化
- ・敷地及び周辺環境の情報を含むモデルを作成
- ・周辺環境と建物の相互の影響の整理

基本設計方針策定

- ・日影シミュレーション
- ・BIM モデルを活用して配置計画・立面計画等の比較検討
- ・必要な条件を用いて施設機能の空間ゾーニングの作成

- ・敷地形状，建物ボリュームを BIM モデルに入力。
- ・BIM を使用しない通常の設計と今回の試行における BIM による設計とのプロセスの違いの確認

基本設計

- ・数量計算機能を用いて算出した数量によるコスト概算
- ・意匠と構造の整合性確認
- ・環境シミュレーション
- ・意匠，構造，設備モデルの相互干渉チェック

a) 実施設計

- ・実施設計図を作成するために必要な情報が入力された BIM モデルの製作
- ・BIM モデルによる仕様やディテールの確認
- ・意匠と構造の整合性確認
- ・BIM モデルより実施設計図を出力するための調整
- ・数量計算機能を用いて算出した数量によるコスト概算
- ・照度，気流シミュレーションを行い照明・空調計画等にフィードバック

b) 積算

- ・BIM モデルの数量算出機能を用いて算出した数量と通常業務で算出した数量の比較

上記のような業務が行われた中で，二つの課題が出てきている。

1つめは，初期段階での迅速な判断である。BIM のメリットであるフロントローディングを成功させるためには，初期段階での適切な与条件整理や企画立案，提案に対する迅速な判断が必要だからである。

2つ目がデータ入力条件の整理である。BIM モデルは様々な建設部材，設備機器等の形状や属性情報から構成されている。様々な情報がある中で，どの段階で，どの内容をどれだけ細かく入力する必要があるのかを関係者間で調整必要が出てきた。

表-6 新宿労働総合庁舎概要

対象	新宿労働総合庁舎
構造規模	鉄筋コンクリート 地上6階地下1階
延べ面積	約 3,500m ²
設計期間	2009年10月～2011年3月
工事期間	2010年12月～2012年7月

(5) 考察

課題の2つ目としてどの程度細かくするか調整が必要と出てきた。各回で関係者間での初期から調整するのは、労力と時間が莫大にかかる恐れがある。そのためにも、モデル詳細度をしっかりと確定させて運用していくべきだと考えた。しかし、ここで重要なのは決めすぎないということである。決めすぎると応用として利用しにくくなるからだ。段階的に定義しておき活用していくことで、時間の短縮が可能になるのではと考えている。

(6) 海外の現状

日本がBIM導入宣言をしている頃、世界各国では公共発注者がリーダーシップをとってBIMの推進を図っている。米国では、連邦調達庁(GAS: General Services Administration)、陸軍工兵隊(U.S. Army Corps of Engineers)、欧州では、フィンランドの政府資産運用管理公社(Senate Properties)、ノルウェーの政府資産運用管理機関(STATSBYGG)、英国の内閣府、アジアでは、シンガポール政府建設局(BCA: Building and Construction Authority)、韓国公共調達庁(PPS: Public Procurement Service)が率先して取り組んでおり、日本より導入が進んでいるのが現状である。そこで、以下に世界各国の取り組みの詳細を示していく。

◆米国

2003年から3D-4DBIM計画を発足。BIMとIFC全米約9600を超える連邦政府所有施設を管理している連邦調達庁(GSA)が、BIMのガイドラインを発行。2007年度から設計を開始するプロジェクトにおいて、BIM/IFC提出要求をおこなった。この動きと同調して、2007年に国立建築科学研究所(NIBS: National Institute of Building Science)がBIM活用のためのガイドラインを策定。これは、どの段階でどのようなBIMデータを納品すべきなのか等詳細に規定されている。民間では、2007年に、米国建設家協会(AIA: American Institute of Architects)がIPD(Integrated Project Delivery)と呼ばれるBIMを使った設計生産の総合的なプロジェクト推進方式を発砲するなど官民一体となってBIMを活用してきている。

◆北欧3カ国

フィンランド、デンマーク、ノルウェーの北欧3カ国は、BIM先進国と言われている。フィンランドでは、1993年から2002年にかけて国立技術研究所が中心となりIFC策定等などの研究開発が行われていた。2007年10月から、政府資産運用管理公社であるSenate Propertiesが発注する建築プロジェクトの要件としてBIM/IFC納品を要求。また、2007年末にBIM-IFCに関するガイドラインを発行。2012年3月にフィンランドの産官学がまとめたCOBIM“Common BIM Requirements 2012”(共通BIMの要件2012)と呼ばれるBIMのガイドラインが発行された。ノルウェーでは、行政によるBIM利用の建築確認システムの活用が始まった。また、政府資産運用管理機関であるSTATSBYGGは、2009年から2010年にかけてオスロに建つ新国立美術館のBIMによる国際オープンコンペを実施するなど積極的に取り組んでいる。ま

た、BIMのガイドラインの作成・公開も行われている。特徴として、モデルとIFCの関係を詳しく述べている点が挙げられる。デンマークでは、2001年にデンマーク国立放送局の建築プロジェクトにおいてIFC実証実験が行われ、それ以降BIM実用化が進められてきた。そして、公共工事分野を中心に2007年1月から、BIM/IFC納品が要求されるようになった。

◆英国

2009年にBIMガイドラインを公表。また、2011年5月には、内閣府が建設産業政策を発表し「2016年までには完全に協働的な3D BIMの実現を要求する」などと述べていた。

また、注目すべき点が他にある。それは、英国王立建築家協会(RIBA: Royal Institute of British Architects)の一事業部門が行っているサービスである。特徴としては、無償提供、仕様内容がIFC形式やRevit, Micro Station等のBIMソフトで扱える形式にできる。建築仕様情報をBIMで扱うことができるようにできるといった点である。

◆シンガポール

2002年にシンガポールがいち早く建築確認申請を電子化し、BIM/IFCによる自動建築確認Webポータル(e-Plan Check)を展開。2012年5月には、BIMガイドを出版、各分野別の電子申請ガイドラインの整備。2013年から200,00m²を超える建物の意匠設計は、BIMでの確認申請を義務化。2014年からは、同規模の建物の構造設計、設備設計もBIMで申請。2015年からは5,000m²を超える建物の意匠構造設備設計の確認申請をすべて電子申請化。また、政府がBIM導入の企業に対して購入費、教育費、プロジェクトに関して補助金を出している。

◆韓国

2009年から急速にBIMに関する関心が高まり、政府もCAL/ECに続く施策として位置付けている。韓国で公共施設の調達を行っている公共調達庁は、2010年12月に施設事業に関するBIM基本ガイドラインを発行。2012年から500,000ドルを超えるターンキープロジェクトに、2013年からはBIMによるコスト・マネジメントを、2016年からはすべての公共施設にBIMを適用するロードマップを策定。

※IFCは非営利国際団体(International Alliance for Interoperability)が策定するBIMの標準仕様。すべてのオブジェクトの体系的な使用であり、BIMで製作されたモデルやデータを共有する際の標準データモデル・データ交換フォーマット。また、2013年にISO 16739として登録され、実質的な建設産業の国際標準として位置付けられている。実際に、IFCは多くの市販のBIMソフトでデータ形式の一つとして標準対応している。つまり、IFCの主な特徴はデータの汎用性にあると言える。

このようにBIMが積極的に導入されている国々では、公共発注者がリーダーシップを図っているのが伺える。日本でも、国土交通省などが積極的にリーダーシップを取っていき、導入をうながしていくべきではないか

と考える。

5. モデル詳細度

(1) モデル詳細度とは

BIMを用いて3次元の建物モデルを製作する際に重要となっていくことは、どの程度まで細かく作り込んでいくのかということである。細かく作り込んでいけば、その分細かく見積もりを出せる、検証できることが多くなっていくといったことが可能となってくる。しかし、3次元デジタルモデルの製作費が膨れ上がっていく、製作にかかる時間が多くなるといったことが起こる。

(表-7) その為、どの段階でどの程度まで詳細に作るのかの指針が必要となってくる。その時、詳細度の目安となってくるものがモデル詳細度という。モデル詳細度の英語表記の場合、LODといい主にLevel of Detailとなるが“D”は他にもDevelopmentやDecisionともなる。上記に示した通りLODが重要などここまで作り込むかの指針となっていく。しかし、英語表記が複数あることから分かる通り、LODの考え方は様々あり、まだ確定されていない。例えば、調査計画・設計・施工・維持管理段階におけるLODには様々なレベルがあり、また組織によって何段階に分けているか異なってくる。さらに、そのレベルで何を決定しなければならないか、何を決定することができるのかによってLODの考え方が異なってくる、単にモデルの情報量やモデルの精密さということだけではなく、意思決定をするために必要なモデルのレベルをどのように考える

細度の確立は、細かく作りすぎる、その段階ではいらない属性情報など不要なデータを入力する手間を省いたり、維持管理段階から逆算した基本設計のデータを**ファシリティーデータ**用に活用できたりといったメリットもある。モデル詳細度は、形状に関するモデル詳細度と素材や幅等の数値である属性に関するモデル詳細度が存在する。本研究では、主に形状に関する詳細度について取り扱っていく。

(2) 海外の事例

モデル詳細度については、国際標準規格が無く、様々な事例にてモデル詳細度について定義されている。海外では、AIAとBIM Forumが有名であり、また先導的導入事業でのガイドラインの内容定義でも参考にされている。その為、ここではAIAとBIM Forumの2つについて定義区分と定義内容を紹介していく。

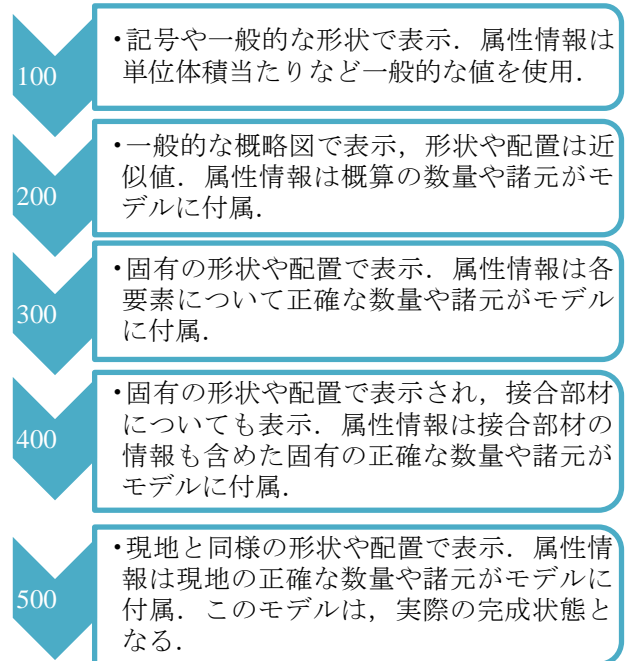
◆AIA (American Institute of Architects)

AIAは「Building Information Modeling and Digital Data Exhibit」という中で、LODについて述べている。LODの解釈としては、モデルの要素に含まれる寸法、場所、数量、精度、及び、その他の情報を説明するものとなっている。AIAにおけるLOD区分わけは5区分となっている。表-8に区分ごとの定義を示す。

表-7 モデル詳細度別の比較

モデル詳細度	メリット	デメリット
詳細	モデルの表現力・便益の増大	製作時間・製作コストの減少
粗雑	製作時間・製作コストの減少	モデル表現力・便益の減少

表-8 AIAの区分定義



◆BIM ForumBIM

Forumは「Level of Development Specification」という中で、LODについて用例をまとめている。LODの解釈としては、各マイルストーンで入力すべき標準的な3次元形状及び属性を部位ごとに詳細に規定したものであるとなっている。BIM ForumにおけるLODの区分わけは6区分となっている。また、BIM Forumでは形状と属性について定義されており以下に示す。また、表-9に区分ごとの定義も示す。

- ・形状の定義
活用場面ごとの必要なモデルの詳細度について定義
- ・属性の定義
活用場面の詳細度ごとに、必要な属性情報を定義

(3) 既存の研究

本研究では着手する前に、参考していきたいと考えたような研究がないか、科学技術情報発信・流通総合システム(J-STAGE)を用いて調査した。やはり論文は少なくそのような中で、板倉・矢吹¹⁰⁾らは、既設橋梁を3次元プロダクトモデルで表現する際の最適な詳

表-9 BIM Forum

100	•記号や一般的な形状で表示。属性情報は単位体積当たりなど一般的な値を使用。
200	•一般的な概略図で表示。形状や配置は近似値。属性情報は概算の数量や諸元がモデルに付属。
300	•固有の形状や配置で表示。属性情報は各要素について正確な数量や諸元がモデルに付属
350	•固有の形状や配置で表示され、他の要素の配置についても表示。属性情報は他の要素との接合状況を含めた正確な数量や諸元がモデルに付属。
400	•固有の形状や配置で表示され、接合部材についても表示。属性情報は接合部材の情報も含めた固有の正確な数量や諸元がモデルに付属。
500	•現地と同様の形状や配置で表示。属性情報は現地の正確な数量や諸元がモデルに付属。このモデルは、実際の完成状態である。

細度を決定することを目的とした。さらに、モデルの最適な詳細度を求めるために必要なとなる、モデルの詳細度案の設定およびモデル作成にかかるコストの算出を行ない、モデル適用による便益の算出方法についての検討が行われた。また、久保・矢吹¹¹⁾らは河川施設の3次元モデルをどの程度の精密さで作成すればいいのかを検討していた。しかしながら、一般土木の分野では研究が進んでいないのが現状である。今は、産官学合同研究やガイドライン作成のための委員会、勉強会などが急ピッチで行われているのが現状である。

(4) モデル詳細度の考え方

モデル詳細度は、5 (2) で述べた通り国際標準規格が無いのが現状である。しかし、世界各国で複数の事例と定義はあるために、来年度に運用開始予定である先導的導入事業でのガイドラインはそれらを参考に作成していくということになっている。

モデル詳細度の区分の考え方として世界各国で活用されているものを大きく分類すると2種類存在する。【詳細度を一定の間隔で分類する考え方】と【事業プロセス毎に分類する考え方】の2種類である。表-9にて国内・海外の区分の考え方とそれに伴う事例・分類を、表-10にて各区分についてのメリット・デメリットを表示する。

2つの区分が存在し、様々なメリット・デメリットがある中で、2016年度に導入予定の先導的導入事業でのガイドラインのモデル詳細度に関する基本コンセプト

として“各社の多様な利活用を妨げないものとする(効率化を図る上で最低限の内容を定義するものとし、厳格な規定とならないようにする)”となっている。そのような中で、先導的導入事業でのガイドラインでは、上記に記述したように基本的コンセプトが厳格な定義にならないようにするとなっている。これは、自由度が高いものにするべきと同じ意味であり、【詳細度を一定の間隔で分類する方法】のメリットと一致しているため、ガイドラインの軸とすることになっている。また、その際の初期設定として、表-8で表示されているBIM Forumの6区分を参考に製作された。その際に、工事や分野によってモデル化のレベルや区分が異なることが予想されている。工種・分野に展開する前に概ねのイメージを合わせることで展開しやすくなると考えられる。ただし、注意が必要なことは土木と構造物では、施工過程等の様々なことが異なる。そのために、特別委員会では、モデル詳細度の検討をする際、一般土木と構造物を分けて検討している。それらを、表-11に土工

表-9 モデル詳細度の区分分類⁷⁾

区分の考え方	事例	分類
事業プロセス毎に分類	官庁営繕事業におけるBIMモデルの作成及び利用に関するガイドライン	4区分 (・基本設計図書、実施設計図書、実施設計図書、完成図書)
	英国におけるガイドライン	7区分 (概略・準備、構想、定義、設計、建設・委託、完了・引渡、運用)
詳細度を一定の間隔で分類	AIA	5区分 (LOD100,LOD200,LOD300,LOD400,LOD500)
	BIM Forum	6区分 (LOD100,LOD200,LOD300,LOD350,LOD400,LOD500)

表-10 区分ごとの比較

区分の考え方	メリット	デメリット
事業プロセス毎に分類	利用場面のイメージが容易	特殊な技術が必要な場合などは活用ができないなどの障害が生じる
詳細度を一定の間隔で分類	定義で利用場面を限定しないため、柔軟な活用が可能	利用場面のイメージが困難

表-11 土工部（道路）の詳細度⁸⁾

詳細度	BIM Forum の定義	土工部（道路）のモデル化	活用イメージ	二次元図面縮尺
100	モデルの要素は記号や一般的な表現で表現.	対象位置や範囲を表現するモデル (緩和曲線を含まない概略の中心線モデル.)	事業計画説明	1/2500~1/5000 (概略設計平面図)
200	モデル要素は、近似値での数量、大きさ、形状、位置、方位の情報を持った装置や部品によって図形的に表現. 属性情報もモデルの要素に付加することが可能.	対象による概略の影響範囲が確認できる程度のモデル (計画道路の中心線形と標準横断面でモデル化. 地形情報に応じて、盛土・切土.)	関係者協議	1/1000 (道路平面図)
300	モデルの要素は、正確な数量、大きさ、形状、位置、方位の情報を持った装置や部品によって図形的に表現. 属性情報もモデルの要素に付加することが可能.	一般部の土工部の影響範囲が確認できる程度のモデル (詳細度 200+ 拡幅部・非常駐車帯等の変化部を含む土工部断面を設定. 地形情報に応じた盛土・切土. 舗装構成のモデル・情報を含む.)	土工部の情報化施工	1/100~1/500 (道路平面図) (道路横断面図)
350	モデルの要素は、正確な数量、大きさ、形状、位置、方位、及び部材間の接続部の装置や部品も図形的に表現. 属性情報もモデルの要素に付加することが可能.	詳細度 300 に加えて大きな構造物や接続部も併せてモデル化 (擁壁や函渠工等の大きな構造物およびその巻き込み形状・配置. 正確な影響範囲が規定された交差点の形状・配置.)	用地確定, 視距の確認	1/50~1/200 (構造一般図) (交差点図)
400	モデルの要素は、正確な数量、大きさ、形状、位置、方位の情報を持った装置や部品によって図形的に表現. 装飾や製作、組み立て、配置のための情報も含む. 属性情報もモデルの要素に付加することが可能.	詳細度 350 に加えて小構造物も含む全てをモデル化 (排水構造, 安全施設, 路面標示といった付帯構造物等の形状・配置)	各種構造物との干渉チェック, 数量集計 走行安全性の検討	1/10~1/50 (小構造物図)
500	モデルの要素は、実際に検証された大きさ、形状、位置、方位で表現. 属性情報もモデルの要素に付加することが可能.	モデルは詳細度 400 と同様 (施工時の実際値が付与)	維持管理段階のデータベース	同上

表-12 構造物（橋梁）の詳細度⁸⁾

詳細度	BIM Forum の定義	橋梁（構造物）のモデル化	活用イメージ	二次元図面縮尺
100	モデルの要素は記号や一般的な表現で表現.	対象構造物の位置を示すモデル (橋梁の配置がわかる程度の短形状もしくは線状)	位置確認	1/1000~1/2500 (道路平面図)
200	モデルの要素は、近似値での数量、大きさ、形状、位置、方位の情報を持った装置や部品によって図形的に表現。属性情報はモデルの要素に付加することが可能.	構造形式が確認できる程度の形状を有したモデル (上部工、一般的なスパン比等で主桁形状を定める。モデル化対象は主構造程度で部材厚の情報は持たない。下部工は地形との高さ関係から概ねの規模を想定.)	デザイン検討、関係者協議	1/200~1/500 (概略橋梁一般図)
300	モデルの要素は、正確な数量、大きさ、形、位置、方位の情報を持った装置や部品によって図形的に表現。属性情報はモデルの要素に付加することが可能.	主構造の形状が正確なモデル (計算結果を基に主構造をモデル化。主構造は鋼鈹桁であれば床版、主桁、横桁、横構、対傾構。下部工は外形形状および配置を正確にモデル化.)	関係者協議、施工検討	1/100~1/500 (橋梁一般図)
350	モデルの要素は、正確な数量、大きさ、形状、位置、方位、及び部材間の接続部の装置や部品も図形的に表現。属性情報はモデルの要素に付加することが可能.	詳細度 300 に加えて接続部や主な付属物を含むモデル (桁に対してリブや吊り金具といった部材や接続部の添接板の形状と配置。主な付属物(ジョイントや支杓)の配置と外形を含める。下部工は付属物の配置とそれに伴う開口等の下部工の外形変化を追加.)	架設計画、干渉チェック	1/20~1/200 (上部工構造詳細図) (下部工構造詳細図)
400	モデルの要素は、正確な数量、大きさ、形状、位置、方位の情報を持った装置や部品によって図形的に表現。装飾や製作、組み立、配置のための情報も含む。属性情報はモデルの要素に付加することが可能.	詳細度 350 に加えて接続部構造や配筋を含む全てをモデル化 (接続部のボルトや床版配筋、下部工の配筋。各付属物の形状と配置を正確にモデル.)	各種構造物との干渉チェック 数量集計	1/10~1/50 (付属物詳細図) (配筋図)
500	モデルの要素は、実地に検証された大きさ、形状、位置、方位で表現。属性情報はモデルの要素に付加することが可能.	モデルは詳細度 400 と同様 (施工時の実際の値が付与.)	維持管理段階のデータベース	同上

表-13 CIMモデル作成仕様作り込みレベル⁹⁾

レベル 1	直方体や円柱で部材の形状の特徴を表現したブロックモデル。
レベル 2	主要部材の外形形状が正確。
レベル 3	レベル 2 を含め、主要部材以外の一部部材を詳細モデル化。
レベル 4	細部部材を含め、全ての部材を正確にモデル化。

部、表-12 に構造部のモデル詳細度を表示する。また、これとは別に国総研が設定したモデル詳細度がある。それは、橋梁分野の維持管理におけるモデル作成仕様書内で設定されているモデル詳細度であり表-13 に示す。これでは、「作り込みレベルの区分の定義だけでは、3次元モデル作成者が意図したとおりに3次元モデルを作成することは困難である。モデル作成者が、作成意図を踏まえて作業可能な様に、3次元モデルの作り込みレベルは、その活用場面（活用目的）とセットで定義する。」とされており、活用場面・部材ごとにモデル詳細度が設定されている。

表-11 と表-12 を見て分かる通り先導的導入事業でのガイドラインでは、形状と属性情報二つについて別々に定義してある。モデル詳細度の定義方法として形状と属性を同一に定義してある場合と別々に定義している場合の二種類存在している。以下に各定義のメリットを示す。

・同一に定義

形状と属性情報には関連性があり、同一の考え方で定義した方が効率的。

・別々に定義

独立で定義した方が、柔軟性が向上し運用面で効率が良い。

AIA などの多くの事例が属性と形状を同一に定義、BIM Forum が別々に定義している。また、上記から見るように同一と別々の両案にメリットがある中で、社会基盤情報準備化委員会の特別委員会はモデル詳細度を形状と属性情報を別々に定義する案を提案している。理由としては、基本コンセプトとして“各社の多様な利活用を妨げないものとする（効率化を図る上で最低限の内容を定義するものとし、厳格な規定とならないようにする）”としているため柔軟な運用ができるような設定にする必要があることから、形状と属性情報を独立させて設定できるようにすべきと事務局が提案している。先導的導入事業でのガイドラインにて事務局が別々に定義することを提案している。

(5) 活用方法

モデル詳細度の定義内容とともに重要となってくることは、どのようにしてその定義を活用していくかということである。活用方法は多数想定できる。しかし、BIM において何が重要かと考えると情報共有が考えられる。また、結果的に BIM が普及するような活用方法

にするべきだと考えた。そして、活用方法として以下の方法を提案する。

設計者と施工製作会社で図面製作を分担

まず、何故この方法を提案したのか説明していく。活用方法として初めに、設計者が詳細設計（モデル詳細度 300 など）までをする方法と施工製作会社が初期から 3 次元モデル製作を行う方法の 2 つの案が出てきた。しかし、以下の理由により上記の案を提案した。

初めに出た両案とも片方の立場に仕事を任せている。しかも、3 次元モデル製作という新しい仕事のみが片方に任されるのみならず、それに伴い同じ段階における 2 次元図面製作の仕事も移る可能性が高い。2 次元図面から同じ段階の 3 次元モデルを製作

する際、同じ立場の者が製作した方が迅速かつ正確に行えるからである。同じ段階の 2 次元図面と 3 次元モデルを別々に製作すると手間がかかる。また、時間やコストの問題だけではなくそれに伴う利益も片方に偏りかねない。上記の理由が 1 つめである。2 つ目の理由として、技術的な問題がある。建設コンサルタントが詳細設計（モデル詳細度 300 など）までの 3 次元モデルを製作できない可能性がある。モデル詳細度 300 の場合、直接的に施工に関わってくる可能性が出る。その為にも、実際に施工に使える 3 次元モデルを製作する必要がある。しかし、建設コンサルタントは施工の情報を持ってない、理解していないといった可能性がある。そのため、設計者と施工製作会社で図面製作を分担する方法を提案した。また、従来の 2D の図面製作より建設コンサルタントの製作量が減る可能性がある。しかし、BIM モデルを活用した様々な検討を行うため、両者に仕事が分担され利益が得られることにより“win-win”の関係になることにより両者とも積極的に取り組んでくれるのではないのかという考えもある。

6. 鋼橋

一般土木は、3 次元プロダクトモデル経験がない。そこで、既に経験している。そこで、それにおける取組や研究内容をいかに述べていく。

(1) 橋梁分野における 3D モデルの取り組み

BIM 導入に先行する形で 1990 年代に鋼橋分野における 3 次元プロダクトモデルの活用されていた。鋼橋メーカーは CALS/EC プロジェクトにおいて 3 次元プロダクトモデルを導入して、コンサルタントが設計段階で納品する成果品については概略設計のみとするプロセスの変更を提案したが、コンサルタントと鋼橋メーカーの役割を変更する提案であったため、受け入れられることはなく、積極的に推進されることはなかった。その結果として、施工時のみに導入されるという流れになった。建設 3 次元プロダクトモデル導入前後における業務フローで大きく変わったこととして以下の点が挙げられる。

- ・仮組み立て

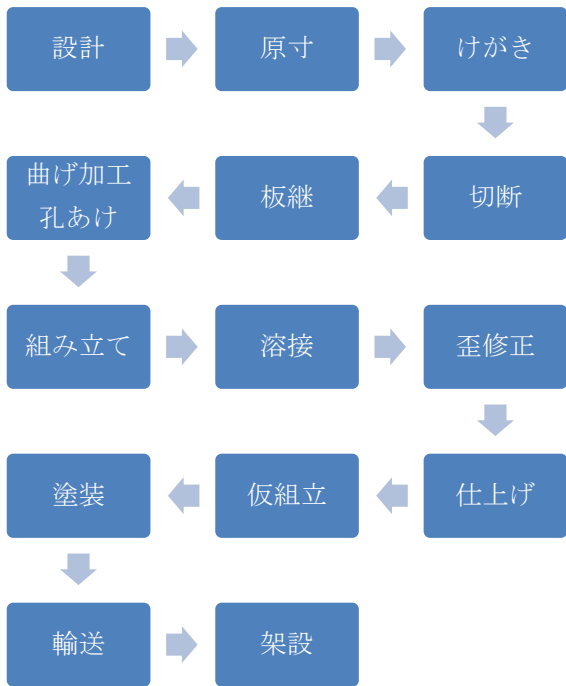


図-9 鋼橋. 製作工程

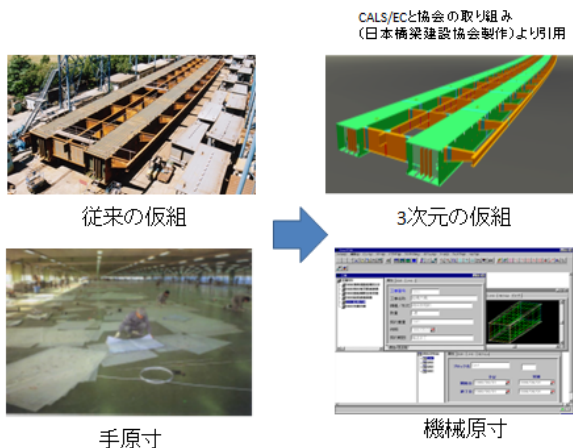


図 - 10 鋼橋製作の比較

・原寸方法

導入前は、仮組を実際に行いと手原寸を行っていた。

これには、多くの用地と人員を用いるため、労力や人件費がかかる。仮組の場合、作業環境が悪く危険が伴う、工場の敷地内で行うが外部のため天候に左右されやすくもある。その結果、工期が遅れるといったことが起こる。しかし、3次元プロダクトモデルを用いた場合、以下のような利点がある。

- ・設計が容易になる
- ・必要場面に応じて3次元図面から2次元図面が製作可能
- ・製作情報の統合管理
- ・直接的に設計や施工に使用可能

しかしながら、メリット以外にも以下のようなデメ

リットもあった。

- ・設計図が製作に使えない
- ・3次元製作のノウハウがない
- ・製作に時間とお金がかかるが発生した。

デメリットも発生したが、手原寸と仮組の省略で十分利益が発生したために今現在まで取り組まれてきている。

(2) 橋梁分野の現状

その後、鋼橋分野においてCIMが導入されたが業務フローはそのままとなっている(図-12)。

- ・詳細設計図が2度手間
- ・完成図が実構造部とあっていない
- ・河口部との取り合い
- ・架設
- ・工区の境目
- ・複合構造における複合部の取り扱い
- ・工程管理
- ・干渉チェック
- ・構造解析データの自動生成
- ・可視化照査
- ・マルチユースができない

しかし、国際的な建設産業の流れや建設投資額の減少など複合的な流れからこれらを解決し、さらに利益を上げる必要が出てきた。そこで解決方法として設計段階から3次元プロダクトモデルを製作が必要となってきた。理由としては、設計段階から3次元プロダクトモデルを製作することで、干渉チェックや景観など様々なことが検証可能となる。その為、手戻り減少といったことが防げる。しかし、設計段階から3次元プロダクトモデルを製作するためにはモデル詳細度の設定が必要不可欠である。なぜなら、モデル詳細度とはBIM/CIMにおけるコミュニケーションツールのためである。モデル詳細度が確定せずに行っていくと、同じ工事の場合でも、同じ図面でもA区画とB区画を施工業者が異なった場合に詳細度の異なる3次元プロダクトモデルが製作される可能性が出てく。結果として、問題が多発する。設計・施工・維持管理の各段階や同じ工事に関わっている業者間のやり取りが正確にでき

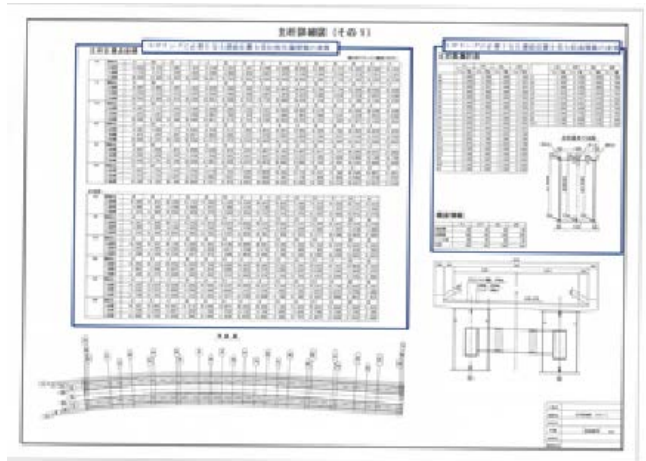


図 - 10 CIM用詳細設計図書

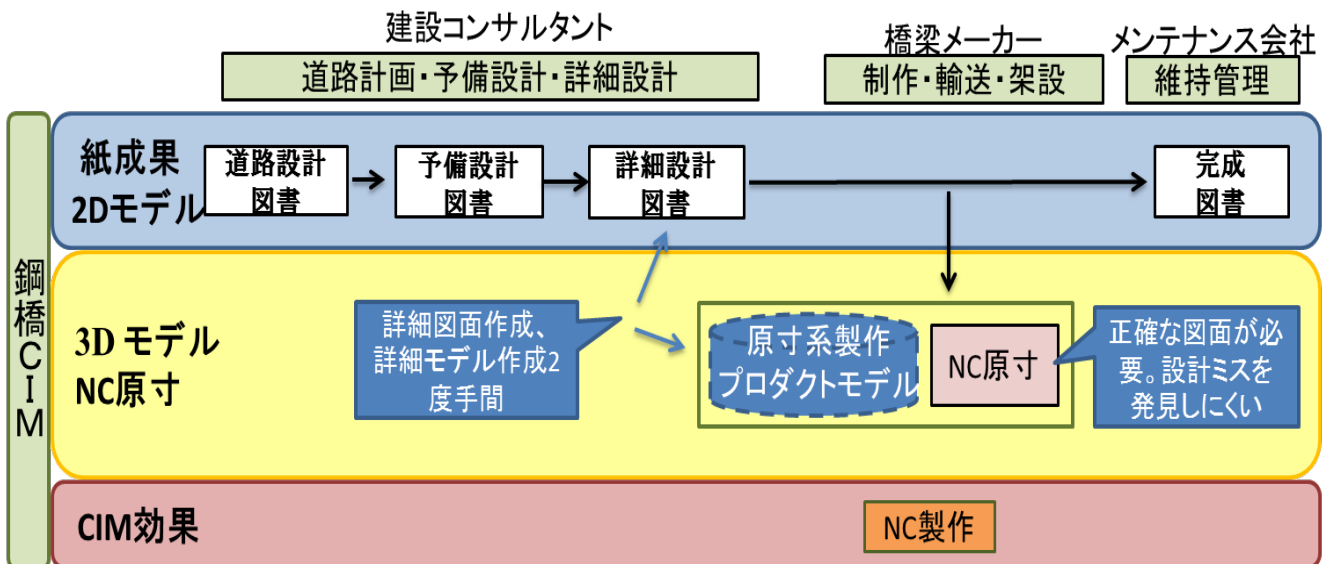


図-12 鋼橋の現状業務フロー¹²⁾

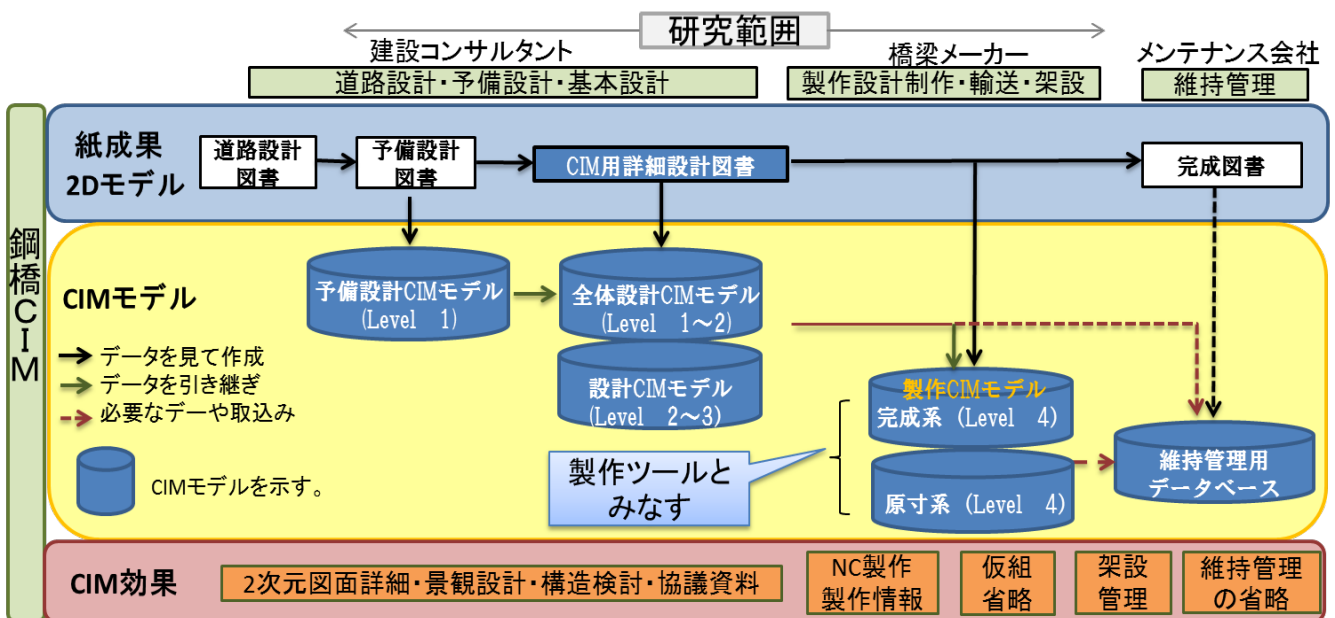


図-13 鋼橋のCIM導入後のワークフロー¹²⁾

なくなると BIM のメリットを正確に享受できなくなる。そのためにも、BIM/CIM におけるコミュニケーションツールであるモデル詳細度を設定しておく必要がある。

(3) 鋼橋の研究内容

設計段階から 3 次元プロダクトモデル導入の方法として図 - 13 のような提案がコスモ技研からされている。ここで大きく変わっていることは、モデル詳細度と CIM 用詳細設計図書である。一般土木の場合、予備設計図書・詳細設計図書から製作する 3 次元プロダクトモデルは施工に活用できるものにする必要がある。そのために、下流から情報を提供してもらいモデルを作

成してもらう必要がある。その為にも、建設コンサルタントと施工製作会社の情報共有が必要不可欠である。一方、鋼橋製作は 5 (5) で述べたように以前に 3 次元製作の経験がある、工場製作における機械や自動車と同じようなプロセスで製作されるため独立性が高くなっている。よって、施工に使用する 3 次元モデルは橋梁メーカーが製作することになっている。建設コンサルタントが製作するモデルは、図-13 に示してある通り、施工モデル・維持管理モデルにデータが引き継がれる程度である。橋梁メーカーが製作するモデルは、CIM 設計用詳細設計図書を元に作成していきこうとなっている。設計段階で施工に関する情報をすべて取り込んだ

図面やモデルを製作できない。そこで、建設コンサルタントはモデル詳細度の低いモデルと橋梁メーカーが必要なデータ等が記載されている 2 次元図面を製作することになっている。しかし、従来の 2 次元図面の場合、不要なデータや必要なデータがなく使用できない図面ができるなど橋梁メーカーが製作する 3 次元プロダクトモデルに活用できない恐れがある。そこで、従来の 2 次元図面ではなく CIM 専用の 2 次元図面を製作していこうということになっている。具体的には、構造一般図等は従来図面と共通、主桁詳細図は CIM 用詳細図、共通詳細図は一部共通にしていこうという流れになっている。モデル詳細度は施工過程に近くなるほど細かくしていくということではない。設計・施工・維持管理の各段階固有の物は、その段階でモデル詳細度を細かくしていく。それ以外の段階では細かく製作していく必要はないので荒く、維持管理・施工性に関わるものは設計段階から細かくしていき検討していく。また設計段階では、構造物全体は細かく、構造物各自は荒く設計していく。その分橋梁メーカーが施工段階における三次元プロダクトモデルを作成する際に、構造物におけるモデル詳細度を細かくしている。

(4) 一般土木において

鋼橋分野にて必ずしも初期からモデル詳細度を細かくする必要はないとなっている。そこで一般土木の分野においてどのようにあてはまるのか道路の施工過程にて大まかに考察していく。道路の施工過程においては中心線の線形、断面図のみで設計が可能である。そのために、図 - 14 のような TS 出来高管理データのようにしていき、上流から詳細に三次元プロダクトモデルを作成する必要はないと考えた。TS 出来高管理データは、幅員・横断勾配・法面形状等、横断形状が変化すると断面を定義するものである。

7. 結論

(1) モデル詳細度の考え方

詳細度の考え方として本論文で述べたように 2 つ存在している。そのような中でどちらかを選択する必要がある。ガイドラインの基本方針とメリットが類似していることや汎用性の高さから【詳細度を一定の間隔で分類する考え方】を選択する。また、世界各国で活

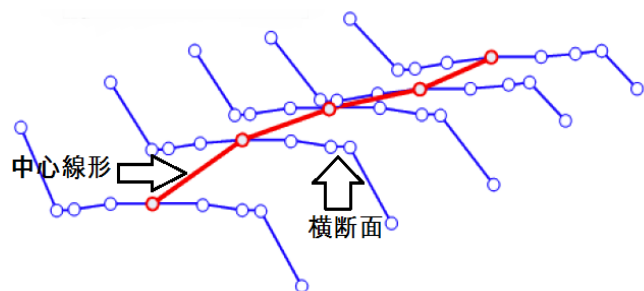


図 - 14 TS 出来形管理データ

	統一	独立
形状		
属性	名称 オフィス用椅子 幅 685 奥行 430 高さ 1085 販売元 A社	名称 オフィス用椅子 幅 685 奥行 430 高さ 1085 販売元 A社
		詳細度:粗
		詳細度:細

図 - 13 形状と属性情報の取扱いの考え方

用されているガイドラインの多くが【詳細度を一定の間隔で分類する考え方】で多くが設定されている。そのために、国際標準規格になる可能性もなるために選択した。しかし、【事業プロセス毎に分類する考え方】を捨てるのではなく包括していく必要があると考える。

(2) 形状と属性情報

ガイドラインでは、形状と属性情報を独立して定義している。理由としては、ガイドラインにおけるモデル詳細度の基本コンセプトと独立によるメリットが一致しているからである。モデル詳細度を議論している特別委員会は、モデル詳細度について柔軟な運用ができるように定義することを求めている。理由としては、以下のようなことが考えられる。モデル詳細度を厳格に規定にすることも可能である。活用する側としては、どの段階で何処まで何を作り込む必要があるのかといったことを悩まなくて楽になる可能性がある。しかし、厳格にモデル詳細度を定義した場合、活用できる場面が限定的となり、結果として BIM 導入が遅れる可能性も否めない。また、活用場面が限定されると相対的に BIM を活用する分野も限られメリットも少なくなっていくため、積極的に導入する企業も少なくなる可能性がある。以上のことから、柔軟性を求めているのではないかと考えている。そして、自分の考えとしても BIM 導入を成功させるためには様々な場面で活

用できしっかり導入メリットの恩恵が受けられるべきだと考えている。そのためにも、モデル詳細度に柔軟性を持たせ様々な場面で活用できるべきだと考える。以上のことから、ガイドライン同様独立して定義していくべきだと考える。

(3) 区分

表-13は、国総研が製作した橋梁分野の維持管理におけるモデル作成仕様書内に示されている橋梁部材毎の作りこみ詳細度設定案である。一方、表-12は社会基盤情報準備化委員会の特別委員会が製作している設計段階におけるガイドラインで使用されている。Levelは詳細度を示しており、標準となるモデル詳細度について橋梁を事例として設定されようとしているものである。この2つは同じ橋梁分野におけるモデル詳細度のためそれぞれが対応しているのではないかと考えた。そこで、各ガイドラインで製作・示されているモデルや表から考察した。その結果、それぞれのレベルの対応は、およそレベル1→100、レベル2→200、レベル3→350、レベル4→400となった。表-12のモデル詳細度500は鋼橋分野の維持管理モデルに当てはまり、表-12に記載されている通り、300は350に含まれているため区別されていない。しかし、設計段階におけるガイドラインの初期設定はBIM Forumを参考とした6区分となっておりまとめた結果の5区分とは異なっている。その為に、橋梁分野、一般土木分野における区分設定の考察をしていく。

鋼橋分野と一般土木分野のモデル詳細度区分を同じにするのは厳しいと考えている。理由としては、鋼橋と一般の土木工事では状況は大きく異なっているためである。詳しくは後程詳細を述べていくが、鋼橋メーカーはCALS/ECプロジェクトにおいて3次元プロダクトモデルを導入して、コンサルタントが設計段階で納品する成果品については概略設計のみとするプロセスの変更を提案したが、コンサルタントと鋼橋メーカーの役割を変更する提案であったため、受け入れられることはなく、積極的に推進されることはなかった。その為に、橋梁メーカーが3次元プロダクトモデルを製作段階での単独での3次元データ活用が進んでおり、結果として高品質の3次元プロダクトモデル製作システムを有している。また、また工場製作される機械と同じようなプロセスで製作されるためその上流および下流段階からの独立性が高く、これを尊重するべきだと考えている。その為に、モデル詳細度は細かくしていく必要がある。

次に一般土木分野について述べていく。一般土木では、鋼橋分野のように3次元プロダクトモデルの経験を有していない。さらに、一般土木といってもよって、より汎用性の高いモデル詳細度の設定が望ましい。また、設計段階におけるガイドラインを製作している社会基盤情報標準化委員会の特別委員会におけるモデル詳細度の基本的コンセプトとして、各社の多様な利活用を妨げないものとする、となっている。これは、設計施工での効率化を図る上で最低限の内容を定義するものであり、厳格な規定にならないようにしていこう

という考えからこのようになっている。何故このようになっているかという、厳格な規定にせずに活用できる場面が広がると各企業も活用しやすくなり、一般土木におけるBIM導入が円滑に進んでいくのではないかと考えられる。また、一般土木は地形に合わせて形状が複雑になることが多くパターン化ができないのが現状である。その為、BIM Forumと同様に、調整用にモデル詳細度350を設置した6区分にする必要があると考える。また今現在、この6段階を超える設定は世界的に存在しておらず、この設定を標準として採用することで、様々なインフラプロジェクトや工種に適用できる柔軟なモデル詳細度の標準とすることができる。国際標準規格が製作された場合、しっかりと対応をしていかないと日本の建設産業政界が世界から置いていかれ、ガラパゴス化する可能性もある。日本の建設産業発展のためにも、それは避けていくためにも6区分にしていくべきだと考える。

(4) 土木事業におけるモデル詳細度の設定

土木事業における、各フェーズの詳細度を全工種一括に設定するのは困難である。理由としては、同じ土木事業でも施工過程は大きく異なるためである。そのために、同じ段階でも工種毎に検討する内容が異なってくる。その為、工種ごとに各フェーズで設定することが必要となるモデル詳細度を設定する。その際に、施工・維持管理に必要な物、各段階独自なものの分別が重要になってくる。過剰にモデル詳細度を高くすることやモデル詳細度が小さすぎて検討できないといったことを防いでこそCIM活用におけるメリットを最大限享受できるのではないかと考えた。

8. 最後に

本論文では、3次元モデルを製作したがモデル詳細度別には製作しておらず説得力に欠けていた。製作していない理由としては、モデル詳細度350相当の橋梁は製作できたが、それ以外のモデル詳細度での製作は技術的に難しく製作できないでいた。今後、このような事に取り組む際にはモデル詳細度別に製作していき検討していくべきだと考える。

9. 参考文献

- 1) 建設業ハンドブック 2015
<http://www.nikkenren.com/publication/handbook.html>
(閲覧日 2015年11月7日)
- 2) 中央建設業審議会:公共工事標準請負契約約款, 2004.10.
http://www.mlit.go.jp/sogoseisaku/const/kengyo/yakkan/KO_UKYO%2815.10.31%29.pdf
- 3) 草柳俊二:建設産業の透明性向上に関する研究二者構造から三者構造執行形態への移行, Vol.2002, No714P221-232
https://www.jstage.jst.go.jp/article/jscej1984/2002/714/2002_714_221/_pdf
- 4) JACIC CALS/EC
<http://www.cals.jacic.or.jp/calsec/#>

- (閲覧日 2015年10月2日)
- 5) 一般社団法人 日本建設情報総合センター
<http://www.cals.jacic.or.jp/cad/developer/aboutSXF.htm>
 (閲覧日 2015年11月6日)
 - 6) 建設総合ポータルサイト けんせつ Plaza
<http://www.kensetsu-plaza.com/kiji/post/767>
 (閲覧日 10月11日)
 - 7) 日本建設情報総合センター社会基盤情報標準化委員会
 特別委員会：モデル詳細度の考え方(素案),
 2015.12
 - 8) 日本建設情報総合センター社会基盤情報標準化委員会
 特別委員会：モデル詳細度の設定案 2015.12
 - 9) 国土交通省国土技術政策総合研究所防災・メンテナンス
 基盤研究センター：CIMモデル作成仕様書(検討案)-橋梁
 編-, 2015.4.
 - 10) 板倉崇理, 矢吹信喜, 福田知弘, 道川隆士：維持管理の
 ための橋梁3次元プロダクトモデルの最適詳細度に関する
 基礎的検討, 土木学会論文集 F3(土木情報学), Vol.70,
 No.2p.1_42-1_49, 2014
 - 11) 久保知洋, 矢吹信喜：河川施設の3次元モデルにおける
 詳細度に関する検討, 土木学会論文集 F3(土木情報学),
 Vol.70, No.2p.1_87-1_94, 2014
 - 12) JCT 施工研究小委員会橋梁 WG：橋梁 CIM 第3回検討
 会資料, 2015
 - 13) 房技術調査課工事監視官, 白土正美：国土交通.12.
 - 14) 国土交通省大臣官省における CIM (Construction
 Information Modeling) の取り組みについて, JACIC セミ
 ナー, 2013.9.6.

A study of the order to advance smoothly the introduction of Building Information Modeling in an emphasis on model level of detail Japan

In two-party structure enforcement mobile due to changes in a variety of business environment of the construction industry in Japan has been no longer cope. Rather than only making things, based on the public opinion does the construction and maintenance because it has become necessary to be such as.

In recent years other countries, flow, such as BIM concept to centrally manage the three-dimensional model data in the construction design and production process is showing a rapidly spread in the world combined, BIM is going to be further developed to spread rapidly in Japan thing to go is predicted.

In this study, we think it essential solution full-scale introduction of BIM as a problem for the cost of Japan, holds the key to the success of time and money and the BIM model operational I think the model level of detail. Therefore to learn the status of the model level of detail of the BIM introduction developed countries, also will continue to explore whether to take advantage of proposed in How properly configured to civil engineering business the level of detail you leave the Once in while learning the Japanese current situation.