

米国における CIM 技術調査 2013 報告書



土木学会 土木情報学委員会
米国 CIM 技術調査団

はじめに

土木学会 土木情報学委員会 国土基盤モデル小委員会と ICT 施工研究小委員会では、建設生産システムの新たな取組みとして CIM の導入および情報化施工の一般化に関する研究・開発と、これらの技術の普及支援を目的とした活動を行っている。

この度、CIM の導入実績が豊富な米国で CIM の普及を推進する政府関係者、CIM を研究分野とする学術関係者、CIM 導入実績が豊富な建設コンサルタントや施工会社との意見交換、実務事情調査を目的とした技術調査団を派遣し、CIM 導入に係わる課題整理と建設生産システム合理化の方向性について産（設計者、施工者）、官（事業発注者）、学（技術開発者）合同で研究するために、業界の各団体から構成される米国 CIM 技術調査 2013 を実施した。

本調査を手始めに、米国における産官学 CIM 実務者との協調関係を構築し、今後の重要課題である CIM モデルの国際標準化や社会資本の運用及び維持管理段階での CIM 活用方策について、継続的の情報交換を可能とし、今後の国内における CIM の普及・推進を加速することを期待するものである。

土木学会 米国 CIM 技術調査団 団長

土木学会 土木情報学委員会 委員長

大阪大学大学院工学研究科 環境・エネルギー工学専攻 教授 矢吹 信喜

目 次

はじめに.....	i
1. 調査概要.....	1
1.1 調査の目的.....	1
1.2 調査団メンバー.....	1
1.3 行程及び訪問先.....	2
2. ニューヨーク地区(9/23).....	4
2.1 Mercury Meeting (Mercury NYC Conference Room 7 World Trade Center, New York)	4
2.2 パーソンズブリンカホフ(Parsons Brinckerhoff)社	15
3. イリノイ大学アーバナ・シャンペーン校(The University of Illinois at Urbana-Champaign, UIUC)(9/25)	25
3.1 米国における BIM 利用の進化とその効果について (Jan Reinhardt Ph.D.)	27
3.2 デザインモデルとコンストラクションモデルの違いについて (Mani Ph.D.)	30
3.3 超音波を用いた非破壊試験の可視化研究 (John Popovics.Ph.D)	31
3.4 持続的インフラシステムを構築するために知能・情報共有システムの活用について (Nora El-Gohary.Ph.D.)	32
3.5 土木構造物におけるクラウド活用の重要性について (Joshua Peschel Ph.D.)	33
3.6 点群の効率的利用方法と動画の効率的な利用について (Mani.Ph.D)	34
3.7 米国における維持管理システムの本格運用 ～COBie～	35
4. スタンフォード大学 (Stanford University) (9/27).....	41
4.1 教育・訓練体制 (CIFE)	41
4.2 BIM の導入手法 (考え方) と効果計測.....	44
4.3 BIM ROI Workshop.....	47
4.4 考察.....	51
5. Webcor Obayashi Joint Venture Transbay Transit Center Project.....	52
6. 調査のまとめ	54
資料-1 旅程詳細	55
(1) フライトスケジュール.....	55
(2) 宿泊先.....	55
(3) 米国内旅程.....	56
資料-2 チーム紹介資料(英文)	60
資料-3 事前行程詳細(英文).....	61
資料-4 受領資料	62

1. 調査概要

1.1 調査の目的

CIM の導入実績が豊富な米国で CIM の普及を推進する政府関係者、CIM を研究分野とする学術関係者、CIM 導入実績が豊富な建設コンサルタントや施工会社との意見交換、実務事情調査を目的とした技術調査団を派遣し、CIM 導入に係わる課題整理と建設生産システム合理化の方向性について産（設計者、施工者）、官（事業発注者）、学（技術開発者）合同で研究するために、業界の各団体から構成される米国 CIM 技術調査 2013 を実施した。

本調査を手始めに、米国における産官学 CIM 実務者との協調関係を構築し、今後の重要課題である CIM モデルの国際標準化や社会資本の運用及び維持管理段階での CIM 活用方策について、継続的の情報交換を可能とし、今後の国内における CIM の普及・推進を加速することを期待するものである。

1.2 調査団メンバー

表 1-1 調査団メンバー

	氏名	所属	チーム
団 長	矢吹信喜	土木学会 土木情報学委員会 委員長 大阪大学大学院工学研究科 教授	JAL
副団長	本村信一郎	国土交通省 大臣官房技術調査課 技術管理係長	ANA
副団長	藤澤泰雄	建設コンサルタンツ協会 情報部会 ICT 委員会 CIM 技術専門委員会 委員長	JAL
	影山輝彰	日本建設情報総合センター研究開発部	JAL
	東出成記	先端建設技術センター 研究第一・第二部 部長	ANA
	藤島崇	日本建設機械施工協会 施工技術総合研究所 研究第三部 主任研究員	ANA
	杉浦伸哉	日本建設業連合会 インフラ再生委員会 技術部会 委員	JAL
	福地良彦	オープン CAD フォーマット評議会 CIM 技術 参与	ANA

1.3 行程及び訪問先

(1) 行程

表 1-2 行程

Date	行程			
9/22	11:00	NH010 出発	10:45	NY JFK到着
	11:10	JL006 出発	11:05	NY JFK到着
	15:00	結団式(矢吹団長)		NYC 宿泊
9/23	9:00	Mercury NYC 会議室	米国東部発注者、受注者によるCIM導入事例紹介と意見交換	
	14:00	PB-CAVE - ONE Penn Plaza	CIM導入事例導入紹介と意見交換 Parsons Brinckerhoff社	
				NYC 宿泊
9/24	9:00	ワールドトレードセンター駅	BIM導入現場視察	
	15:07	UA685(ANAチーム)	16:41	シカゴ着
	15:20	AA341(JALチーム)	17:05	シカゴ着
				シカゴ市内宿泊
9/25	10:00	イリノイ大学	施設視察とBIM関連研究紹介	
	13:00	イリノイ大学	米国陸軍工兵隊BIM研究所、BIMマネージャ経験者との意見交換	
				シカゴ市内宿泊
9/26	9:05	UA1400(ANAチーム)	11:46	SAN FRANCISCO 着
	9:35	AA53(JALチーム)	12:05	SAN FRANCISCO 着
	13:30	One Market Gallery	CIM導入現場説明	
	15:00	工事現場視察		
				サンフランシスコ宿泊
9/27	9:30	スタンフォード大学	BIMに関するワークショップ	
	13:00	スタンフォード大学	BIM適用によるROIに関する分析結果と事例紹介	
				サンフランシスコ宿泊
9/28	12:25	NH007 出発	9/29 11:00	成田着
	19:30	JL001 出発	9/29 22:20	羽田着

(2) 訪問先

表 1-3 訪問先

日付	訪問先	氏名	意見交換、発表内容 等
9/23	Mercury NYC 会議 室	Doug Eberhard	・米国におけるCIM/BIMの導入事例
		Sr Director ENI Sales Development Autodesk	・WTC再開発現場における工程管理、意匠・景観設計
		Christopher Santulli, P.E.	・NY市建築許可申請におけるBIMの活用事例
		Assistant Commissioner Engineering & Safety Operations	
		Jay Mezher, AIA	・PBにおけるVDC (Virtual Design and Construction) ならびにBIMの取り組み
		Global VDC Director, Parsons Brinckehoff	・VDCの実施体制とプロジェクトプロセス ・WTC再開発現場における工程管理、意匠・景観設計
9/24	WTC 駅	現地視察	
9/25	イリノイ大 学アーバ ナ・シヤ ンペーン校	Prof. Nora El-Gohary	・BIMを利用した資材等の自動検査に関する研究
		Construction Management Group	・BIMを利用した関係者間の情報共有に関する研究
		Prof. Mani Golparvar-Fard	・土木分野における写真計測技術に関する研究
		Construction Management Group	・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 ・画像処理技術を応用した安全管理に関する研究
		Bill East, PhD, P.E.	・アメリカ工兵隊での維持管理活用事例紹介
		U.S. Army Construction Engineering Research	・データ定義 (IFC) と維持管理における活用(COBie)
9/26	Autodesk 社	Molly Graham Senior Project Manager	・橋梁架替工事における適用事例
9/27	スタン フォード大 学	John Kunz	・BIMマネージャに関する教育プログラム
		Executive Director Stanford Center for Integrated Facility Engineering (CIFE)	・BIMに関するワークショップ
		Ken Stowe Autodesk	・BIM適用によるROIに関する分析結果と事例紹介

2. ニューヨーク地区(9/23)

2.1 Mercury Meeting (Mercury NYC Conference Room 7 World Trade Center, New York)

2.1.1 米国における CIM/BIM の導入事例

Autodesk 社 米国担当事業開発責任者上席取締役 Doug Eberhard 氏から、米国における BIM/CIM の導入事例の紹介と意見交換を行った。

(1) World Trade Center 再開発事業

1) プロジェクト概要

発注者：ニューヨーク州・ニュージャージー州港湾局 (The Port Authority of New York & New Jersey)

プロジェクト：WTC 統合交通ターミナル施設建設パーソンズブリンカホフ&URS プログラムマネージメント共同業体

WTC 統合交通ターミナル施設総事業費：2,200 億円



図 2-1 World Trade Center



図 2-2 WTC Transportation Hub
(Street Level Rendering)

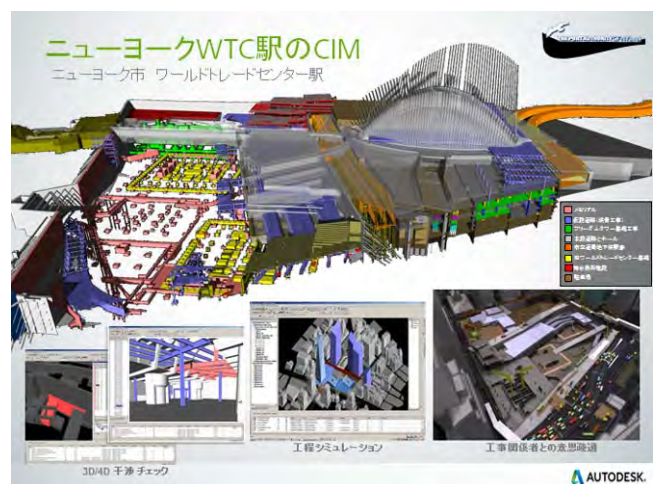


図 2-3 事前チェックにおける不整合を確認、請負計画を色分けで表現

※<http://www.wtc.com/about/transportation-hub>

2) プレゼン内容

9・11 発災後最初に行ったのは被害者救出のための現況把握であった。Lidar データを利用して被災現場の状況とボリューム、地下の地層状況を把握し、施設（路線、地下埋設物など）の再配置計画を実施した。WTC 駅工事では先ず仮駅舎を建設し、後に本設駅舎の施工を行う。工事敷地面積は 160 エーカー、プログラムマネジメント請負金額は約 250 億円、複数の設計会社、施工会社が参画、8 ラインの地下鉄が関連、地下バスターミナルの建設を 6 つの設計オプションから選択した。

一般住民向け説明に簡易マスモデルを利用し、合意形成を行った。6 社による設計コンペが実施され、内容は一般にウェブ公開されており、さらに設計、施工期間も同様に一般に情報公開を行っている。WTC だけではなく関連する施設との施工手順の把握に 4D による概略レベルの施工手順を作成した。（ビデオによる紹介）



図 2-4 WTC プロジェクトプレゼン状況（調査団員撮影）

3) プログラムマネジメントにおける課題と解決策

WTC 跡地をメモリアルとして残す必要があり、地下工事と地上メモリアル工事を平行する必要があった。そのため基本・設計計画の段階でそれぞれの請負計画を色分けで表現し、施工計画内容（地下と地上メモリアル）の干渉チェックを事前に行い不整合を確認することができた。

当初オーナーは 2 次元図面での発注を考えていたが、プロジェクトの複雑性により 3 次元を利用することを決断、早い段階で干渉問題を発見することができ、通常解決までに 3 ヶ月かかる問題を 3 分で解決することができた。仮設（青）、本設（赤）、完成モデル（白）でモデル化して統合、干渉チェックを実施した。仮設の支保工は施工中に取り除く事ができないという状況だったため、4D で検討することが重要であったため、PDF 上の構造物をクリックすることで詳細な情報が表示されるシステムを構築した。BIM/CIM モデルの利用以外に、写真の活用も有効な情報提供手段として位置づけており、定点カメラで撮影した週ごとの写真をつなぎあわせた進捗状況を BIM・CIM モデルと比較して状況を確認することに加え、材料の搬入、搬出シミュレーションにも活用した。

WTC ビルの建設はメモリアル式典の開催日程のため工期短縮が必要となった。他にも多くの課題はあったが、安全管理はこのプロジェクトで特に重要な位置づけであった。施工進捗にしたがって完成形と 4D モデルを比較しながら管理を進めた。同時に施工段階の情報を付加していき、将来的に利用できるように考えた。情報公開ポータルには 60 を超えるリンクがはっており、セキュリティを確保しながらプロジェクト関係者と共有することも可能であり、多くの関係者、オーナー、行政、発注者、企業体、設計者、施工者、一般人に情報を提供している。



Image credit: Joe Woolhead Courtesy of: Silverstein Properties Taken: September 01, 2013

※<http://www.wtc.com/media/images/s/wtc-construction-wtc-transportation-hub>

(2) シカゴ鉄道局 Wilson Transfer Station パイロットプロジェクト



1) プロジェクト概要

シカゴ市内を走る環状鉄道駅舎のアップグレードプロジェクト。Revit（計画モデル）と ReCap（現況モデル）を InfraWorks で統合し、設計施工検討を行うためのモデルを作成。このパイロットモデルにより、シカゴ鉄道局（CTA）は今後 BIM を採用する方向とのこと。工事発注前のプロジェクトのため詳細情報は非公開である。

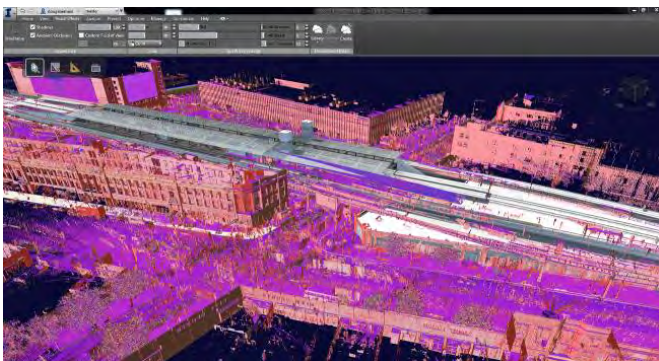


図 2-5 Autodesk ReCap で編集した点群データを
InfraWorks に統合

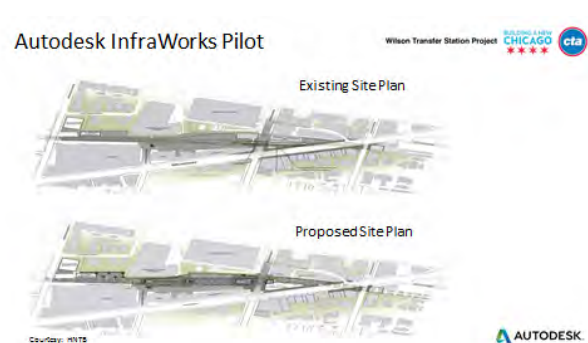


図 2-6 設計変更前後の計画図

2) プレゼン内容

シカゴ交通局（CTA）のプロジェクトは 2 次元 CAD で計画を進めようとしていたが BIM へ移行し、InfraWorks を利用して都市全体を 1 日でモデル化（ビデオ紹介、ただし、モデルデータ集積作業のみ、モデリング作業は別途）した。数百にもおよぶ 2 次元建物外周線から自動的にモデル化を行った。都市全体を詳細モデル化するのではなく、対象部分のみを詳細に作成した。現況を点群データとして取得し、計画現場との比較検討を実施した。設計には Revit を利用し、現況点群データと統合し、その点群データに対してはオーナーが保有している構造物モデルを配置した。

これらを将来的に他のプロジェクトでも活用できるようにライブラリ化も行った。さらに地下埋設物は埋設 GIS データから自動的にモデル化を実現している。建物の詳細を認識するだけではなく、プロジェクト全体を把握するためのモデルを作成することが重要で、マクロレベル・全体都市モデルから建設現場に必要な抽出モデルを再現・計画し、それをまた全体のモデルに反映した。

以下にプレゼンテーション状況とシカゴ中心部の InfraWorks モデルの画面ショットを示す。シカゴ市内全体が 3D モデル化されている様子が分かる。



図 2-7 CTA 非公開プロジェクトプレゼン状況 (調査団員撮影)

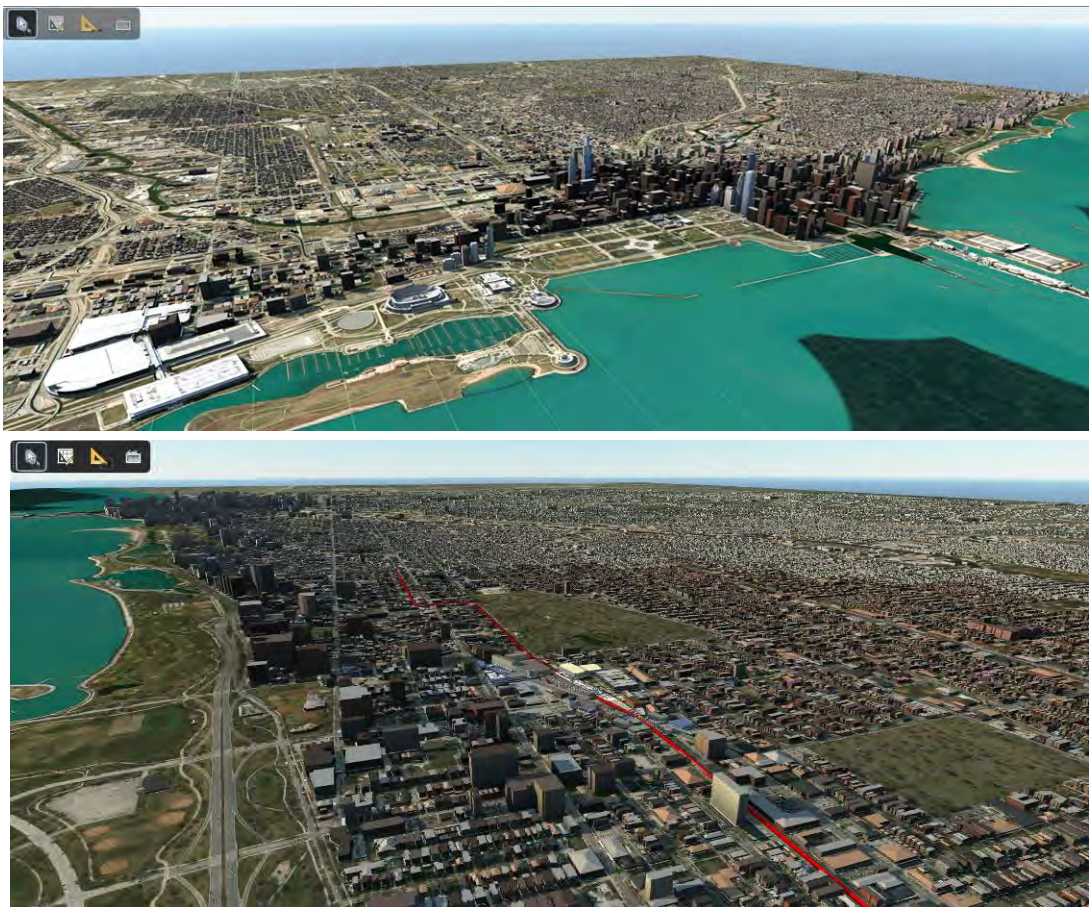


図 2-8 40 平方マイルのシカゴ中心部 InfraWorks モデル



図 2-9 Wilson Transfer Station の地上部分

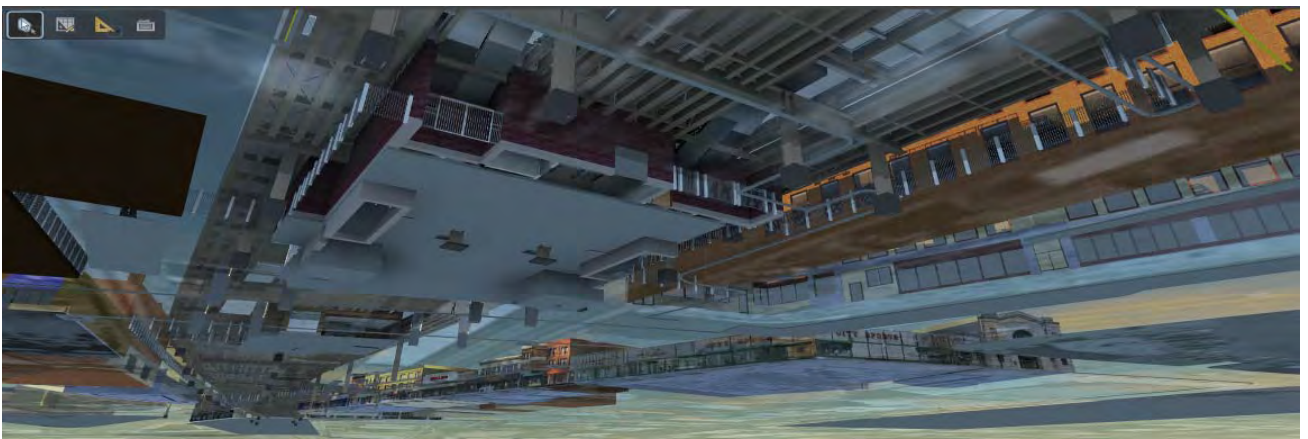


図 2-10 Wilson Transfer Station の地下部分

2) プレゼンテーション内容

発注者が BIM の ROI(return on investment)に着目し、設計、施工業者の BIM 化に対して出資した 2 億円を BIM によるプログラム管理に投資した。目的は既存の交通の流れを阻害しないで安全にかつ、高速道路を毎日 4 時間しか封鎖しないで施工することであった。4D-CAD がない時代では、工程管理者は工程計画、設計者は設計、施工業者は施工計画をそれぞれ作成し、発注者はそれらが問題なく進む事を祈るだけだったが、BIM 技術によってこのような心配をする必要がなくなるだけでなく、さらに施工スケジュールを短縮できるようになった。

発注者への納品物は 2 次元図面だが、上記のように対応する為に Navisworks を利用し、補完資料として提出している。将来オフィシャルにするには法律上、契約上の課題はあるが、ソフトウェアとしては既に対応可能である。建築では既に法律、契約上の整備が整っているが、土木分野もこれらを参考にして事業に適用する必要がある。今までは発注者は施工者に任せっきりでスケジュール管理も行っていなかったが、Design-Build、PPP などにより状況は変わりつつある。

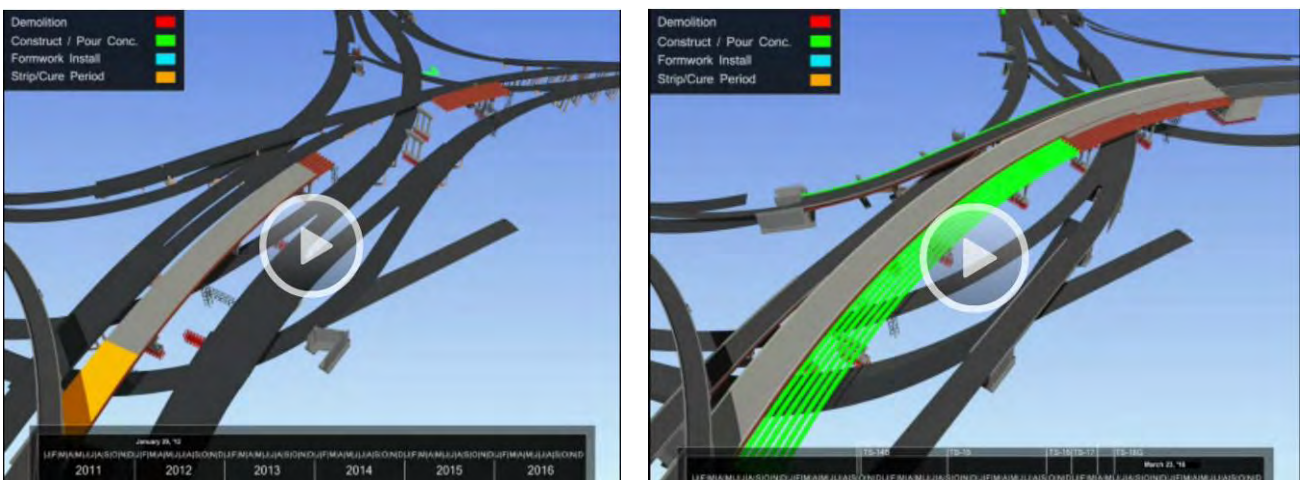


図 2-13 4D スケジュールアニメーション

(4) その他の CIM プロジェクト

1) プロジェクト概要

Amtrack の鉄道設計プロジェクト

2) プレゼン内容

2 次元設計から 3 次元 BIM 設計に移行したプロジェクトの紹介であった。列車に搭載したレーザスキャナにより既存鉄道施設を点群データとして取り込み、航空レーザスキャナで鉄道以外の周辺情報を取り込んで現況地形と設備を 3 次元で再現した。さらに架線、鉄道線路も取り込まれ、信号の見え方のシミュレーションに活用している。これらをライブラリ化して将来維持管理に活用する構想がある。3DsMax を利用して新設信号のシミュレーションも行っている。

2.1.2 ニューヨーク市建築工事における BIM 活用事例

ニューヨーク市建築局副局長 Christopher M. Santulli 氏より、ニューヨーク市建築局での建築確認申請への BIM の活用に関する説明と意見交換を行った。

1) プロジェクト概要

ニューヨーク市建築局：3D Site Safety Plans

2) プレゼン内容

ニューヨーク市建築局は、建築工事における安全の監督業務を行っており、BIM を活用して監督業務の効率化を図っている。ニューヨーク市では新設 15 階以上、既存 10 階以上のビルの外壁計画工事に対して安全計画書の提出を義務付けている。建築工事のうち、新築建設が 40%、既存建物の外壁リノベーション、メンテナンスが 60%で、年間 1100 件の安全に関係する工事が実施されており、公共一般向けの安全性向上のために BIM を適用している。

2012 年 5 月から正式にビルの改修・施工計画で BIM の適用を開始し、初年度は 23 新規プロジェクト、147 改修プロジェクトで実施した。進捗管理は iPad 上の BIM モデルで行っており、現場でもモデルを活用している。

ニューヨーク市建築局は、仮設計画の安全性を監督する立場に有り、仮囲い、落下物防止ネット、仮設階段、エレベータ、クレーン、足場、支保工、手摺、ガードレールなどについて BIM モデルで計画を納品することを義務づけている。

設計者は BIM モデルの実際の位置にタグ付けされたコメントを見ることで、迅速な判断ができる。監督、施工者との間でも同じように BIM モデルを利用している。BIM モデルに関連する資料はリンクで関連付けられ、一般公開用のウェブサイトや許諾書などにもリンクされている。

検査官は BIM モデルでプロジェクトの全体計画、検査項目を理解することができ、必要な情報をオフィスから現場に持ち出して活用することができる。2 次元図面だと検査内容確認に時間がかかるが、検査官はパノラマビューにより仮想空間内で検査を行うことができる。紙での提出物を削減し、ZOHO ソフトを利用して電子納品を進め、インターネット上でコメントを追加することで予約も現場訪問も不要となった。

導入に当たっては、はじめにパイロットプロジェクトを行い、検討したことができるか確認を行った。パイロットプロジェクトから唯一必要だと認識したのは標準化であり、モデルの作成方法・構成を標準化し、このシステムにより当局の業務の効率化を図っている。

年間 10 万件の申請処理に対してニューヨーク市建築局職員は 100 名しかいないが、BIM によって命に関わらないようなものはソフトウェアが処理し、局員がチェックしなくてはいけない部分に集中することができるようになっている。検査の標準化により、例えばブルックリン建設現場では複数のタワークレーンの移動軌跡をシミュレーションして干渉チェックを行い（動画紹介）、電子的に承認して現場を進めることができた。BIM モデル自体に承認されたかどうかのスタンプ（承認印）がついており、紙の図面に承認がされているのと同様に確認を行える。

ニューヨーク市では、事業規模や施工会社の規模に係らず BIM モデルを義務化している。また、BIM の適用に対して追加費用は出していない。



図 2-14 建築工事の電子処理

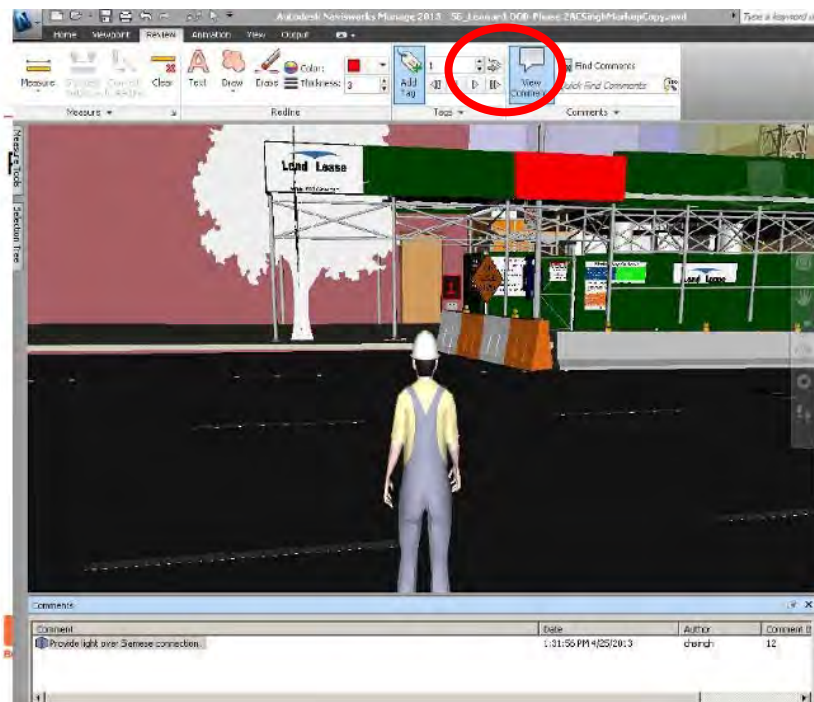


図 2-15 Adding Tags for Review Comments

3) その他

Christopher M. Santulli 副局長によると、BIM の導入には大変な苦勞が伴い、所属部署、組織、業界で BIM を広めるためにはサポーターが必要になるとのことであった。業界団体にいかに BIM のプロセスを導入させるかが課題であり、BIM を導入し効果を認識している施工業者に着目して推進していった。

オーナー、設計者、小さな建築業者から BIM の導入に対して色々な要求を受け 1 年半ほど経過した頃に幾つかオーナー、設計者、建築業者から BIM 導入の協力、了解を得ることができた。ニューヨーク市の経験では BIM 導入にプロジェクトのサイズは関係ないと思っており、中小企業や 1 人で経営している親方タイプでも価値を見いだしていると認識している。



図 2-16 3D Site Safety Plans のプレゼン状況

[参考] ニューヨーク市建築局の web サイト <http://www.nyc.gov/html/dob/html/bis/bis.shtml>

2.2 パーソンズブリンカホフ(Parsons Brinckerhoff)社



2.2.1 会社概要

(1) 調査先

Jay Mezher, AIA Global VDC Director, Parsons Brinckerhoff
One Penn Plaza NY, NY 10019

パーソンズブリンカホフ(PB)社は、1885年創業の世界で最も歴史の長い建設コンサルタントのひとつである。事業拠点は、6カ国 250箇所に及び従業員は約 13000名である。

(2) 意見交換、発表内容 等

- ・ PBにおける VDC (Virtual Design and Construction) ならびに BIM の取り組み
- ・ VDC の実施体制とプロジェクトプロセス
- ・ WTC 再開発現場における工程管理、意匠・景観設計
- ・ 橋梁架替工事における適用事例

(3) ヒアリング対応者

Jay Mezher, AIA, Global VDC, Director, Parsons Brinckerhoff は14年間勤続。BIM、Visualization の責任者。

パーソンズブリンカホフ社ではBIMをVDC(Virtual Design and Construction)と呼びMezher氏は14年勤務のVDC Director。パーソンズブリンカホフ社では15年前から3D、4D、5Dに取り組んでおり、VDC、BIM、CIM(ここではComputer Integrated Manufacturing)、これらのワークフローやスタンダード、Design Buildのプロセスに対する研究などに多くの投資をしている。世界中のPM、CMプロジェクトに携わっており、土木業界のリーダーだと自負している。80名のスタッフがBIM、VDCに携わっている。Autodeskの認定指導者が15名、スタンフォード大学のVDC認定資格者が7名在籍している。



図 2-17 パーソンズブリンカホフ社ニューヨーク本社 CAVE 会議室にて

(4) VDC/BIM プロダクトライフサイクル

プロダクトライフサイクルをプロジェクトのフェーズと作成するモデル情報を縦軸、使用するソフトウェアを横軸とする表形式でリスト化している。この表によりどのフェーズで何をどのツールを使用して作成するのかを確認でき、設計、施工、管理に到るまで、チェックリストとしても活用しており、全部で数十ページにも及ぶ。

例として縦軸の建築モデルに対して、横軸を見ると ArchiCAD や AutoCAD などが確認できる。新人や内容を理解していない者でもこのリストで確認することにより、品質を確保することが可能となっている。

(5) VDC ワークフロー

- 1) インプット：測量、建築モデル、設備、土木、スケジュール、施工手順など
- 2) 統合モデル (Integrated Model)：それぞれ作成されたデータを統合して総合モデルを作成する。統合モデルが変更されると、これまでは手動だったが、現在インプットモデルを変更すればアウトプットされる情報も自動的に更新される仕組みになっている。
- 3) アウトプット：統合モデルが作成されることにより、まずは工種調整、施工図、干渉チェック、積算、見積もり、ビジュアライゼーション、さらに解析モデル、4D、Civil 積算モデル構築、リスク回避モデル、運用、維持、メンテナンスモデルに活用する。
- 4) レーザースキャニングの活用：現況地形、現況の把握に利用している。現況と計画、進捗との比較検討に利用している。多くのプロジェクトでは現況と計画モデルを納品する義務があり、それらはマシンコントロールに活用されている。米国においてレーザースキャン技術は一般的な技術である。最近の例としてはシアトルでの橋脚修復プロジェクトで利用された。もう一つの例としてサンフランシスコのベイブリッジの施工途中に利用した。

2.2.2 BIM/CIM の活用事例

(1) WTC のサンプルモデル (社外秘)

モデルの色分けは契約範囲、干渉チェック、施工のシミュレーションを表現している。



図 2-18 WTC の Program Management 紹介スライド

(2) 2nd Ave 地下駅舎



図 2-19 ニューヨーク市 MTA2 番街駅での BIM 紹介スライド

(3) サンフランシスコ市 ベイブリッジ建設工事

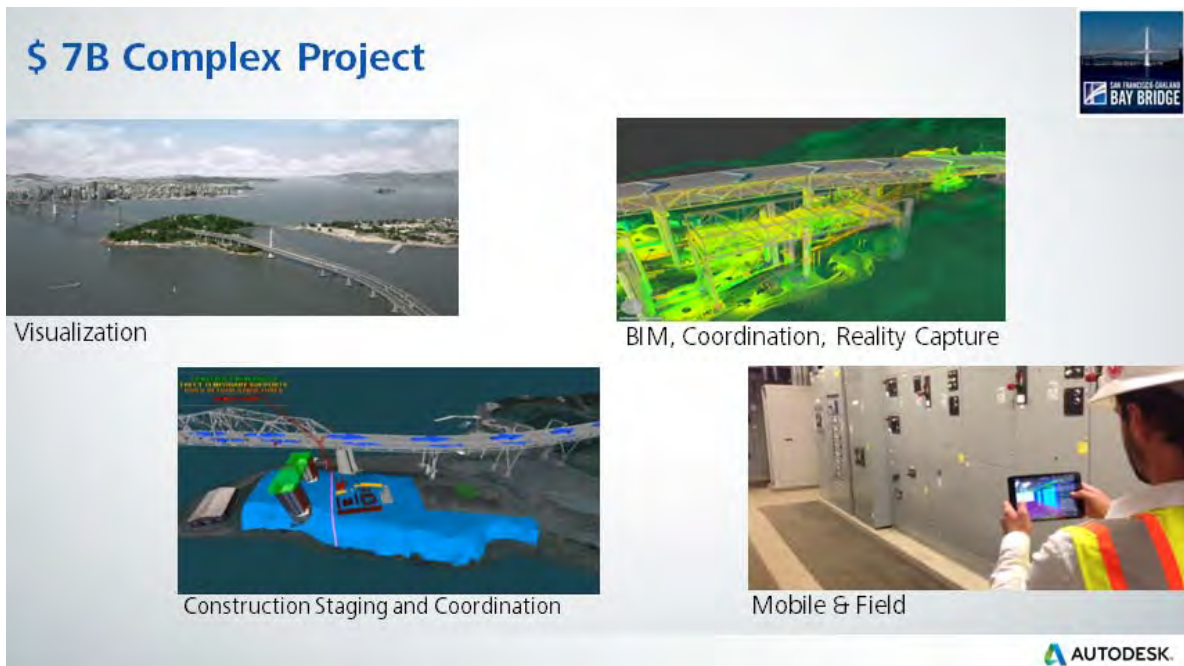


図 2-20 サンフランシスコ市 ベイブリッジ建設工事での BIM 紹介スライド

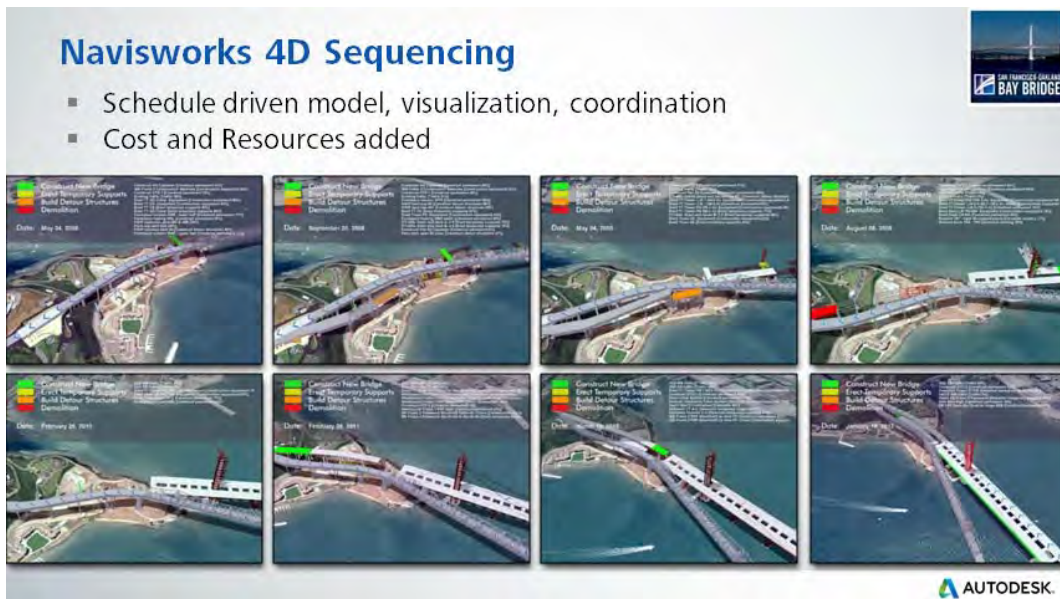


図 2-21 サンフランシスコ市 ベイブリッジ 4D 施工手順紹介スライド

(4) アラスカハイウェイ

シアトルの 2 階建てアラスカハイウェイは 2011 年の地震で被害を受け、復興プロジェクトとして多くの提案がなされ、最終的に地下シールドトンネルの施工プロジェクトとなった。シアトルのダウンタウン中のモデルに留まらず、地下モデル、地下シールドモデルと統合して全体都市モデルを作成し検討、計画を行った。Integrated Model としては大規模な例である。

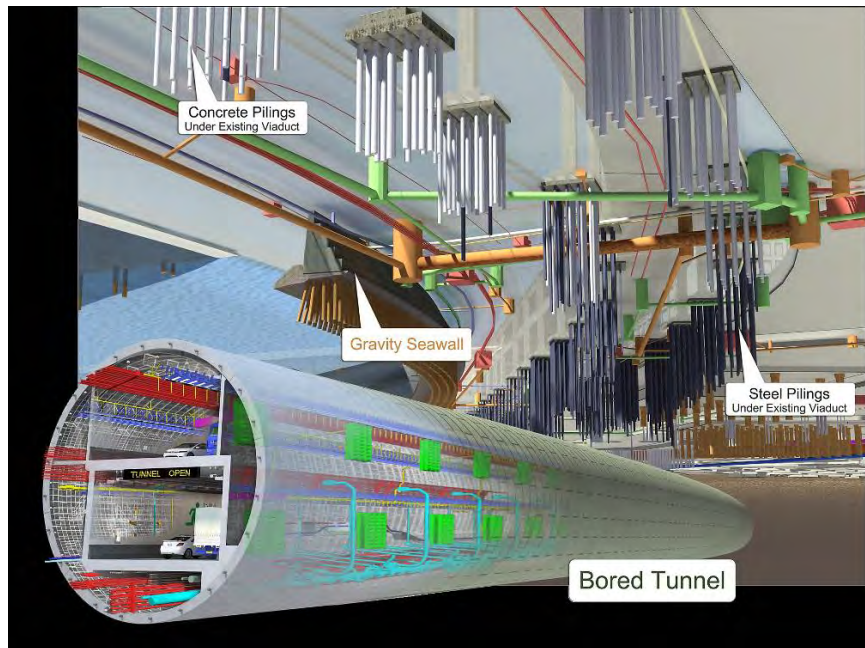


図 2-22 シアトル市アラスカンハイウェイでの BIM 紹介スライド

基礎杭の深さは図面から情報を読み取ってモデル化しており、入手出来る情報から最良レベルである。建物基礎はシアトル市から入手した図面、地下の構造物は図面から読み取ったものと GPR(ground penetrating radar:地中レーダ)機器で入手した情報からモデル化し、地上部分は GIS データから作成している。

1) トンネルプロジェクト

このプロジェクトでは日本製シールドマシンを利用した。当初の予定では直径 61ft の予定だったが、CIM モデルによるクリアランスチェックで設備機器が収まらない事が判明し、64ft に変更した。

PB 社はシアトル、スプリンクラーシステム設計はサクラメント、メカニカル設計はボストン、その他関係者はそれぞれの拠点から共同設計を行っているため、CAVE (Computer Analysis and Visualization Environment)システムと Go to meeting などのウェブサービスを利用した協調設計を活用した。通常このような複数拠点間での消防施設設計協議には 12 週間程度かかっていたが、CAVE、クラウドサービスを活用することで 3 週間に短縮することができた。

2) 地震解析プロジェクト

実際データ：継続時間 40sec、マグニチュード 6.8、震源地シアトル沖 30 マイル

シミュレーションデータ：継続時間 60sec、マグニチュード 7、震源地シアトル沖 20 マイルで発生した実際の地震と解析結果を可視化した。被害の状況を単なるのビジュアライズではなく、研究成果、報告書、大学教授の助言により再現した。



図 2-23 シアトル市アラスカンハイウェイでの BIM 紹介スライド

(5) New York, Bayonne 橋架け替え工事

約 750 億円のコンテナ船が通過する 60ft の橋梁嵩上げプロジェクトである。

BIM プロセスワークフローとして、まず高速道路の設計を行った。橋梁の上部工高さ、幅の設計、下部工位置決めは現状の地盤状況を考慮して実施した。そして、**Spreadsheet** ベースのモデルを作成し、構造設計者用解析モデル、下部工の位置、設置標高、地層状況、基礎地盤などから、杭の位置、長さがパラメトリックに変更できる **Revit** 下部工ファミリを作成した。

Civi3D モデルを作成して中心線形からこれらをどの位置に配置するか基準モデルとして活用し、**Revit** モデルを配置する際の基準線形モデルとしても活用した。最終的には下部工 **Revit** ファミリの挿入ポイントとして利用することと、スケジュールとの連携に利用するプロパティ情報としても利用した。



図 2-24 New York, Bayonne Bridge における BIM ワークフロー説明状況

(6) 上部工と下部工を Navisworks で統合したモデル (NY の Pappan Yesudasan プロジェクト)

現況再現には現況地形、既存の橋梁、測量、河川、ボーリング、構造物、地下埋設を作成し、設計では道路、建築、構造、基礎、下部工モデルの設計を行い、そして施工段階では施工手順検討、仮設構造物、機械重機の搬入、迂回計画などに利用した。これらの情報を一つの **Integrated Model** として統合し、その **Integrated Model** から、設計、施工、維持管理に必要な情報を作成した。

設計フェーズでは施工計画図、設計干渉チェック、数量算出、全体計画を行い、施工フェーズでは 4D モデル、レンダリングイメージ、現場・モバイル用のビジュアライゼーション、施工手順、干渉チェック、搬入計画、道路迂回計画、維持管理フェーズでは橋梁点検部位の特定、施設部材諸元、完成形状情報、メンテナンスの検討を行うことになっている。維持管理フェーズのモデルは全て設計→施工→維持管理フェーズへと引き継がれている。

4D モデル作成のためのワークフローは、以下のような手順で行っている。

それぞれのソフトウェアを利用してモデル作成→属性付加 (ソフト独自仕様) →工程コードの設定を行う。このコードレベルによって更新をコントロールしている。4D アクティビティ ID = 個々のモデルに付加されたプロパティ情報に順序情報を追加したもので、コンクリート構造物を例にすると、型枠→鉄筋→コンクリート養生→といった順番をアクティビティ ID で管理することができる。それぞれの CAD で作成されたモデルは NWD 形式で書き出され Navisworks で統合される。ここで 4D アクティビティ ID は特別なものではなく、CAD アプリケーションが提供する標準機能を利用した。

施工計画、スケジュールをこのように詳細レベルまで通常行っていないが、設計施工の場合、オーナーからの要求もあるし、通常設計施工プロジェクトは複雑で短工期なのでコンサルタントとしても詳細まで検討する必要がある。設計施工一括発注はアメリカでも導入初期段階で今後増えて行くと考えているが、まだまだ設計施工分離発注が主流で、小さなプロジェクトでは単純に設計、施工に関して価格勝負で受注者が決まる。PB のようなコンサルタントは世界的な複雑なプロジェクトに対して価値を提供、発揮できると認識している。

(7) New York, East Side Access のトンネル工事

完成後は 16 万人が利用することになる、おそらく現時点で米国最大の公共事業である。

発注者は New York MTA (Metropolitan Transportation Authority) で事業費は約 1 兆円

既存のグランドセントラル駅の下に施工するが、駅舎に使用する巨大な梁をマンハッタンの街中で施工することは不可能なため、Queens エリアからトンネル内を移動して施工を行う。

このトンネル内の移動では片側 4 線、上下 2 層のトンネルが合流する 8 つのトンネル構成という複雑さと、12 社にもなる関係会社、10,000 にも及ぶスケジュール管理しなくてはならない。これらの問題回避のために 3D モデルを作成し、これをスケジュールと連携させ、それぞれの施工者を色分けし、パネルの運搬干渉シミュレーションを行った。ここで作られた 4D モデルはその後他にも活用され、施工が進む中で更新されていき、他の職種間のスケジュール調整や問題が発生し

た場合の根拠としても利用されている。

PB の役割は設計元請けとして幾つもの下請け設計会社の管理を行い、本プロジェクトでは PB は施工法などについては責任外である。指示命令系統としては発注者→PB に施工手順の検討依頼→発注者にフィードバック→それを元に施工業者に対して指示となる。つまり PB が直接施工業者に対して指示を出す事はなく、あくまでも窓口は発注者である。

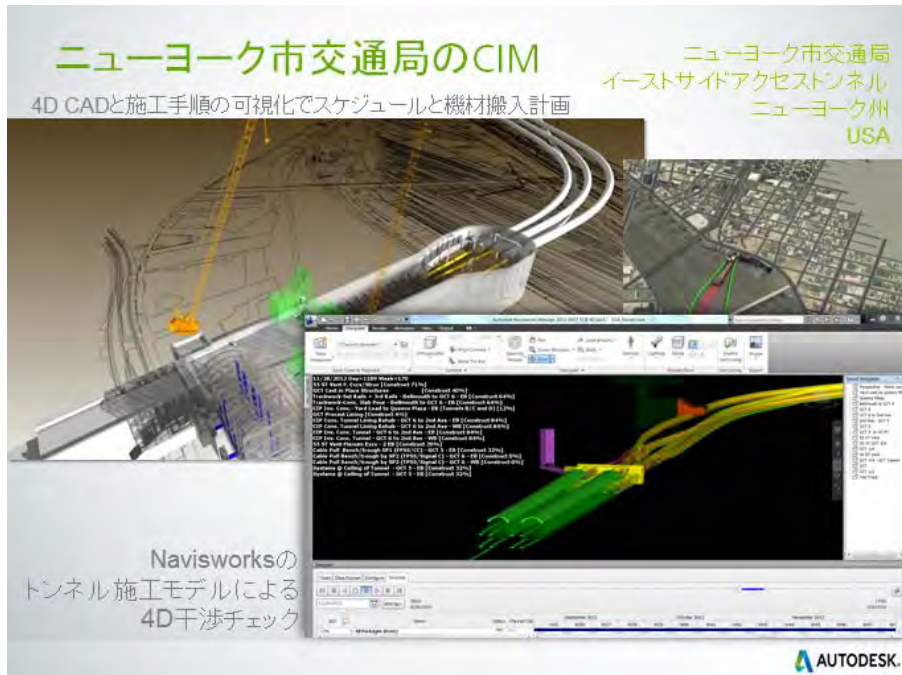


図 2-25 ニューヨーク市 イーストサイドアクセスでの BIM 紹介スライド



図 2-26 イーストサイドアクセス Queens 立坑建設現場

2.2.3 BIM 全般に関する説明

(1) リスクマネジメントについて

Primavera Risk Analysis と Revit モデルを Navisworks 上でプラグインを開発して統合し、リスクレベル、時間、金額を指定すると仕分けされて表示される仕組みを構築している。マテリアルコストは、材工コストである。あくまでもリスク回避に利用されるもので、例えば工期が 3 日遅延すると追加で必要となるコストを算出するといった利用方法になる。しかもそれを色分けで確認することができるようになっている。工程、コストの可視化のためにモデル化しており、解析用に作成されてものではない。

(2) 5D について

数量が 5D、コストは 6D となる。コントラクターが自ら 5D を実践することがある。たとえば Design Build プロジェクトを受注するツールとして利用する場合がある。Design Bid Build（設計施工分離発注）であっても自社の価値向上の為に実践する場合がある。途中でプロジェクトの取りやめが発生するケースも結構あるので、その時点での出来高を把握しておく必要もあり、そういった面からも 5D は有効なツールである。出来高報告はプロジェクトにもよるが Alaska プロジェクトを例では毎月報告していた。施工の場合も通常毎月報告している。

(3) モデルの所有権について

発注者が BIM を要求した場合、そのモデルは発注者のものとする。したがってもし建設コンサルタントがプロジェクトデータを利用したい場合には発注者の許諾が必要となる。大部分のコンサルタントは発注者が要求すれば対応するが、PB は発注者から要求される前に BIM/VDC を働きかけて受注し、業界での優位性を確立している。

(4) 納品したデータを発注者が別の会社に提供することについて

シアトルのケースでは、動画にしたりして提出をしておき、モデルの納品は行っていない。理由はソフトウェアを持っていないので活用できないからである。トンネルのモデルについては指定があったので納品をしている。オーナーが他のコンサルに納品データを出すケースはある。PB としては立場上黙認している。ただ全てのデータが納品されているわけではないので、そこまで問題にはならない。

(5) 発注者がソフトウェアを指定することについて

米国では設計施工分離発注の場合でも公平な立場を取るべき発注者が設計者に対して、発注者として一番効率の良いソフトウェアを指定する。デンバーのケースでは発注者のデンバー市は将来管理までデータを利用できるようにする為にソフトウェア指定している。この他にもこのような発注者がソフトウェアを指定するケースは多い。ヨーロッパではオートデスク製品ではない Bentley を公共発注者が指定したケースもある。

US で Bentley は建設コンサルタントではなく直接発注者である道路局にソフトウェアを指定してもらった戦略を取っていた。ただ BIM に必要な解析、ポイントクラウド、マシンコントロールと

いった設計ソフト以外との連携の需要が高まり状況は変わりつつある。

(6) IFC に関して

IFC は土木分野ではまだ多くの不足部分があり、土木では LandXML の活用や、Revit Structure であれば橋梁に利用した実績はある。GIS の分野ではソフトウェア間のデータ互換はかなり実現できているが、BIM/CIM になると現状以上の互換性が必要になるが、そのためには多大な労力が必要となる。デンバーのケースで言えば、ベストだと思われるソフトウェアを選択することでこういった労力を避け、互換性に関する部分は研究者に任せれば良いという考えである。

(7) 埋設物のモデル化に関する安全保障上の問題について

埋設物の情報は既に一般に公開されているので問題ない。デンバーでこのような問題が上がったが、例えばニューヨークのマンホールの位置は見て分かっていることであり、これがモデル化されても問題はないと考える。ただし原子力発電に関しては確認する必要がある。

(8) オーナーに納品するデータにメンテナンス情報を含むことについて

図面に関しては一定期間保持する義務がある。まだ、BIM モデルについては利用していない。全ての管理情報は保有しているが、BIM モデルと連携はしていない。サクラメントの下水道局のケースでは BIM のモデルと MS-Access のメンテナンデータベースでの納品を要求していた。

(9) 維持管理での BIM 適用について

今日紹介したような大規模プロジェクトでは導入実績はない。ただ PB の親会社にあたる Balfour Beatty 社では小規模ではあるが事例がある。また Bank of America は建物の施設管理データと BIM を連携していた。

3. イリノイ大学アーバナ・シャンペーン校(The University of Illinois at Urbana-Champaign, UIUC)(9/25)

この地区では、大学研究と実務を合わせた研究として、BIM を利用した干渉チェックなど、設計変更や工程遅延などによるコストオーバーについてどのような方法でBIMを活用すると効果があるか等の研究や、関係者間の情報共有を行うことのメリットを学術的に研究している事例や、点群データの利活用に関する最新技術や、維持管理を目的とした施設管理で利用が進む COBie 等、米国での最先端の事例を報告する。

当日の議事次第は以下の通りである。

Agenda

Wednesday 9/25/2013		
10:00 - 10:30 a.m.	Arrive Champaign <i>Professor Mani Golparvar will meet to provide parking permits</i>	
10:30 - 11:00 a.m.	Meeting with Professor Mani Golparvar	3218 Newmark
11:00 - 12:00 p.m.	Presentation by Dr. Jan Reinhardt	3310 Newmark
12:00 - 1:30 p.m.	Lunch at the Ballroom, Illini Union, with Professors Mani Golparvar, Liang Liu, Khaled El-Rayes, Nora El-Gohary <i>Reservation under: Mani</i>	2nd Floor, Illini Union Ballroom
1:30 - 2:00 p.m.	Presentation by Professor Mani Golparvar	3218 Newmark
2:30 - 3:00 p.m.	Tour of the Structures Lab <i>Professor John Popovics</i>	Newmark Civil Engineering Laboratory
3:00 - 3:30 p.m.	Meeting with Professor Josh Peschel	1302 Siebel Center
3:30 - 4:30 p.m.	Presentation by Dr. Bill East	1302 Siebel Center
4:30 - 5:00 p.m.	Follow up Discussion	1302 Siebel Center

はじめにイリノイ大学アーバナ・シャンペーン校の概要について、Mani Ph.D.よりビデオによる説明を受けた。アーバナ・シャンペーン校は全米でトップクラスの専門かつ高度な授業内容にて教育を実践しており、学生の学ぶ意欲や教育の質が高い。

その効果は学生の就職率が全米トップであることに現れている。そのような教育の背景には、実務と教育の乖離を少なくする教授陣の努力があるという内容であった。(10:30~11:00)

最初は米国における BIM 利用の進化とその効果について、Jan Reinhardt Ph.D.氏が講演され(11:00~12:00)、次に昼食を挟んだ後、BIM のデザインモデルとコンストラクションモデルに関する議論を Dr.Mani とディスカッション(1:30~2:00)を行った。

次にイリノイ大学で行われている超音波を用いた非破壊試験の可視化研究室を訪問(2:30~3:00)し、PC 橋梁や鋼構造橋梁の研究内容について報告があった。

その後、持続的インフラシステムを構築するための知能・情報共有システムの活用(3:00~3:30)について、Nora El-Gohary.Ph.D.が持続的インフラシステムを構築するための知能・情報共有の活用という事で研究されているとのことだったので、当初の予定にはなかったが急遽プログラムが追加された。

次に、土木構造物におけるクラウド活用の重要性(4:00~4:30)について、Joshua Peschel Ph.D.が話をされた。

最後に、COBie について(4:30~5:00) Bill East Ph.D.が具体的な事例を元に話をされ、我々調査団はその内容について共感を得た。これについては、後ほど詳しく述べる事にする。

これらによるプレゼンが全て終わり、今まで聞いた内容を元に日本で現在進められている CIM と米国で行われている BIM について、意見交換を始めたが当初の予定を大幅に超え、結果的に議論は 1 時間に及んだ(5:00~6:00)。その議論の中では、Mani.Ph.D が取り組んでいるデジタル写真画像数十枚からポイントクラウドを作成し、実際と計画を合成することによる出来形や進捗を管理する研究も含めら簡単にポイントクラウドを使う事による施工性の向上や、ビデオカメラから重機などの動きを追従し、これらの軌跡を労働災害撲滅に利用するといった安全管理を推進する取り組みなども、要素技術としての高さに興味をもった。

教育と実践をリアルタイムに交えながら着実に要素技術を実務に取り入れていく、イリノイ大学の教育スタンスに目を見張るものがあった。

以下それぞれのプレゼンを説明する。

3.1 米国における BIM 利用の進化とその効果について (Jan Reinhardt Ph.D.)

Jan Reinhardt 氏 (Ph. D.) は、14 年前にアメリカに来て、ターナー建設会社 (Turner Construction Company) に勤務していた BIM の責任者である。

BIM は近年激しく進化し、導入が進んでいるが、BIM の導入はコストも含めた大きな効果・価値がないと進まない。「BIM の効果、価値がどこにあるか」、「それはどこから生み出されてくるのか」を重点に話された講義であり、日本も学ぶべき点が多いと感じた。

それは、「3 次元ソフト等のツールの開発」という技術的なチャレンジではなく、「マネジメントのチャレンジである」ことを強調されていた。

3.1.1 BIM の効果 ～ソフト等のツールや技術よりも、マネジメントが最も重要！～

同じような複雑さや形状を持った 2 つの建物の建設に関する比較事例が紹介された。2003 年完成のコンサートホールは 6 年の遅延と約 180 億のコスト増であったが、もう一方の 2006 年完成の美術館は設計変更もなく大きな効果があった。両方のプロジェクトは使っているソフト等の技術的な相違ではなく、マネジメントが大きく異なっており、BIM の効果は「プロセスのマネジメント」が重要であると強調している。

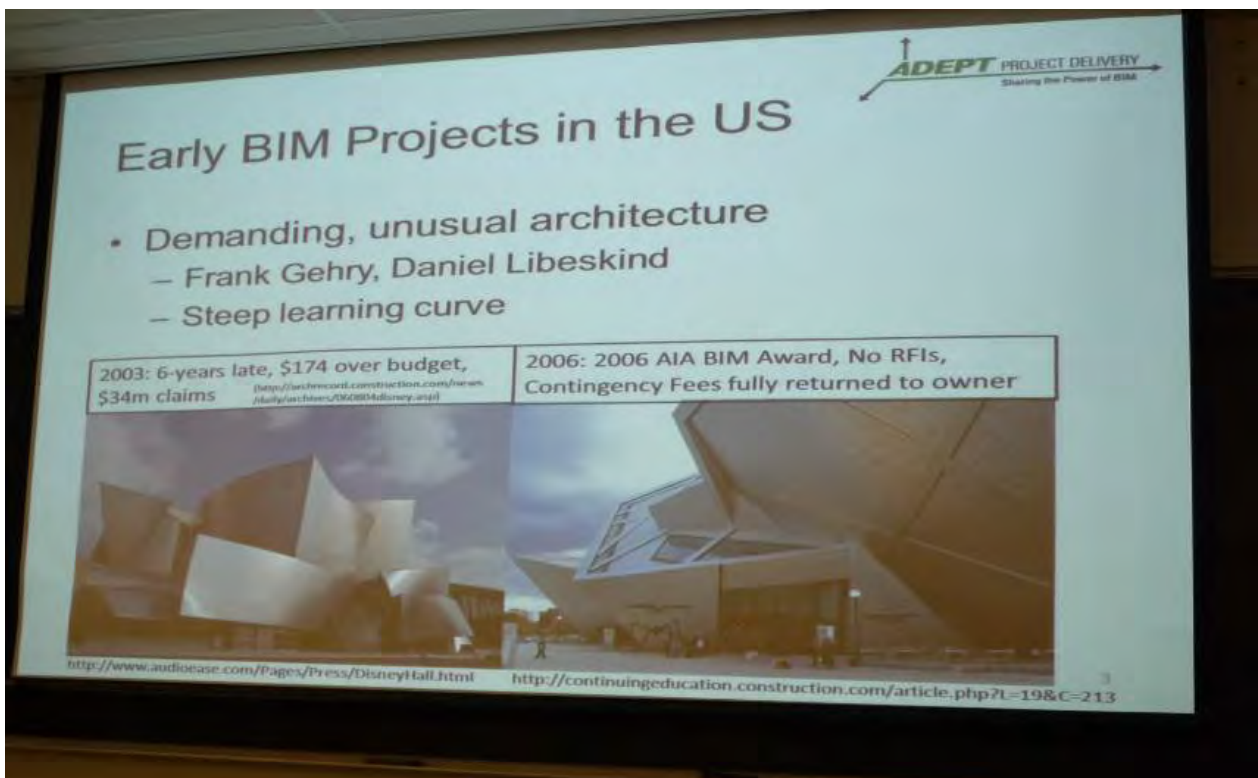


図 3-1 BIM ツールの効果

3.1.2 “Social BIM” Management 手法の実施

施工者は施工中に疑問が発生した時に設計者について正式に問合せをする RFI (Request For Information) の手続きを実施するが、これにより 2 週間程度仕事が止まることが多く、すべての従事者が仕事ができない状態が発生する。また、下請け調整に 2%のマイナスがあるとされている。

これらの無駄を極力削減するため、BIM モデルを活用した独特のマネジメントが実施されている。設計者やサブコンも含めたチームが BIM を使い、一同が会し、モデル内でリアルタイムに調整を行う「Social BIM」というマネジメント手法を実施している。

【RFI (Request For Information) とは】

設計変更依頼のことで、施工者が図面を見て不具合を発見して内容の間違えを指摘し責任を明確にする手続きである。

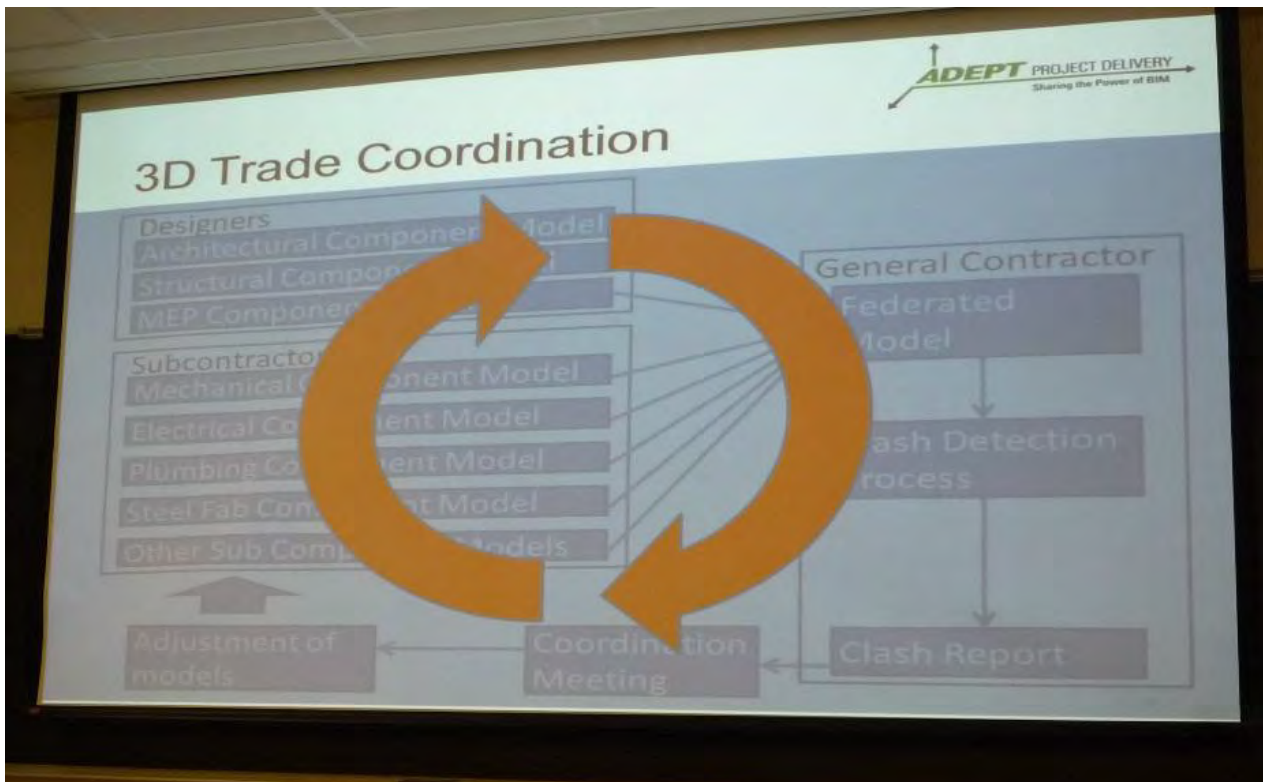


図 3-2 ” Social BIM” Management 手法

3.1.3 BIMモデルで“プレキャスト化”をマネジメントする

BIM を利用することで正確な施工モデルを作成することができる。このことにより、施工現場では「プレキャスト化」を進め、大きな効果を得ている。

その効果として、現場配管、電気、ダクト等の現場での施工や rework（やり直し）を、プレキャスト化によって、それに必要とした人件費の約 20%を削減が可能であったと試算している。

さらに、BIM だけでなく、工場の生産管理システムを取り入れ、プロセスの改善をマネジメントしているとの説明もあった。その際、「トヨタの生産管理システムが米国の建設現場でかなり利用されている」とのことであり、今回の視察では、同様な声を幾度となく聞いたのも注目すべきことである。

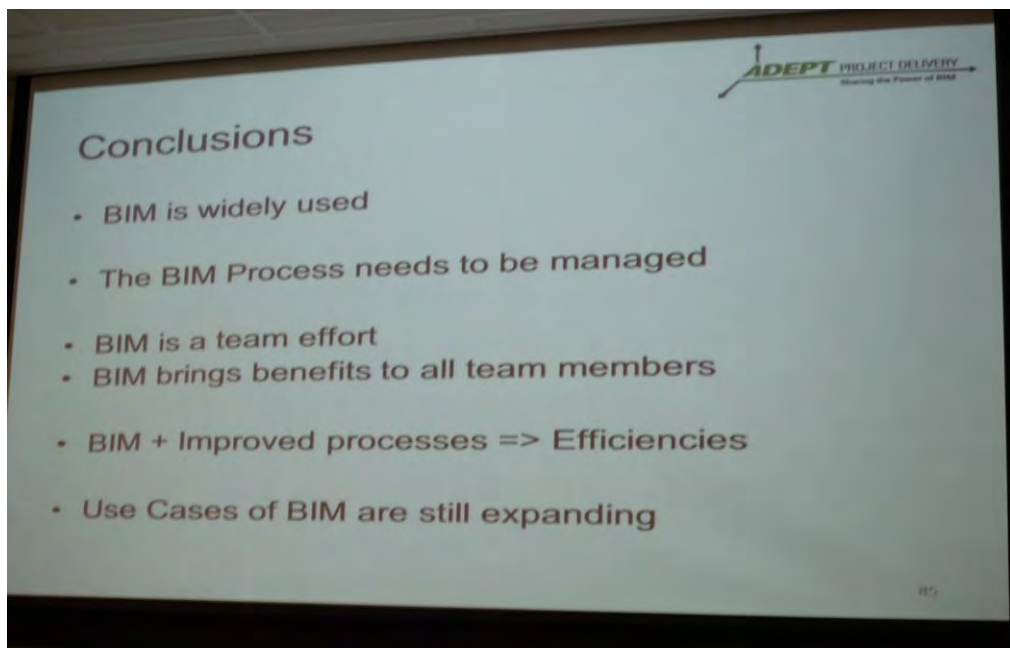


図 3-3 Social BIM” Management 手法のまとめ

3.1.4 まとめ ～今後の進め方の参考として～

日本では、CIM の検討当初は「モデル」が強調されていたが、検討が進むに従い、CIM には「マネジメント」の要素も重要であるとの認識から、CIM（=Construction Information Modeling/Management）の「M」に「マネジメント」の意味も含まれるとする考え方に変わってきている。今後、マネジメントについても検討を進めていく必要があると考えているところである。

今回の講義では、3次元モデルという道具により建設生産システムの効率化が進むことは事実であるが、それだけでなく、それ以上に「プロセスのマネジメント」が重要なポイントである。

今後、日本において CIM を普及・定着されていく上でも、今回の事例は非常に参考になる事例であると考えている。

3.2 デザインモデルとコンストラクションモデルの違いについて (Mani Ph.D.)

米国においても、デザインモデルとコンストラクションモデルの違いについて議論が多く行われていた時期があった。BIM 導入直後は、デザインモデルというモデルの精緻さや見た目の美しさを意識したモデル作製が行われていたが、最近では、施工（コンストラクション）でのモデルを中心に利用が進み始めているとのことだった。

デザインモデルとは、形状を理解してもらうために必要な情報を入れたモデルであり、必要な情報を伝える相手によって、そのモデルの精緻さは変わってくる。

例えば、建築ではカーテンウォールのモックアップを製作するためのモデルはデザインモデルであり、形状・見た目などを確認するために、「その形状を伝える」または「説明する相手に分かってもらうため」のモデルといえる。

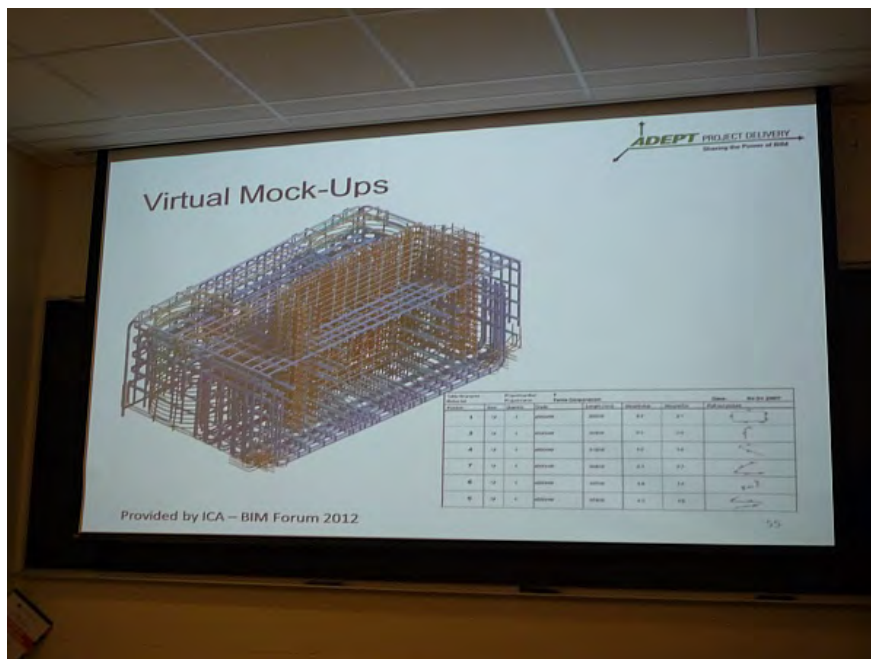


図 3-4 仮想組み立て（モックアップ）

一方コンストラクションモデルは、施工を正確に行うためのモデルとして位置づけられおり、そのモデルを使って、設計通りに詳細部分まで施工が出来ているかを確認するためのモデルでもある。

コンストラクションモデルには、施工者のノウハウが詰まっており、主にそれを作成するサブコンがコントラクターにモデルを渡すことで、施工が確実に実施される。

このようなコンストラクションモデルを利用することで、従来施工検討としてかけていた時間が4%程度軽減されるといった試算も行われている。施工検討の時間を短縮するためには、受発注者が双方同じアプリケーションを利用して情報を瞬時に共有することも必要である。

アプリケーションを指定して進めることが良いか否か、あるいは慣れていないアプリケーションを使うことのコスト増も懸念されるが、それはプロジェクト毎に部分最適を実施している状況で進めているため、特に大きな問題となっていないとのことであった。

アプリケーションを指定しなければならない場合などは、発注者がその費用を負担しているのが普通であり、発注者がたとえ公共の発注者であっても、費用負担してプロジェクトを進めていくということであった。

3.3 超音波を用いた非破壊試験の可視化研究 (John Popovics, Ph.D)

イリノイ大学の訪問で、今回の調査とは直接的に関係はないものの、現在大学で研究しているテーマの一つを紹介してもらった。

この研究室では主に鋼構造内部の微小欠陥発見に、非接触型の高圧エアセンサーを用いて、構造物の内部を可視化する研究が行われていた。特徴は、「非接触型」という点である。



図 3-5 説明状況

センサをそれぞれ、送り手側と受け手側に設置し、高圧縮エアを送り出すことにより、構造物内部に発生する微小振動をキャッチし、内部の構造を確認することが出来る。

これらのことを従来の方法で行おうとすると、通常受信センサは 920 ドルほどする高価なものを利用しなければならないが、今回の方法ではそのセンサは 10 ドル程度のもので対応できるとのこととそのコストメリットがこの研究の目的の一つでもあるとのことであった。

また、この非接触型のセンサと解析理論を使えば、通常は 7.5 時間かかる作業も 4 時間弱となり、約半分の時間で対応できるというメリットもある。

さらに、接触型センサは表面が均一であることが前提であるが、非接触型のため、表面の粗さは計測の為の阻害要因にはならず、計測毎に違う計測結果が出にくいというメリットもある。

今後の研究はさらなるセンサのコストダウンと、小型化とどこまで大きな構造物にまで対応できるかというのが課題であるとのことであった。

ここでの研究は、基礎研究だけにとどまらず、実際の業務を見据えた研究を行っていることが印象的だった。基礎研究と応用研究の融合がこの大学の特徴であることもこの研究の紹介を受けて実感した。

3.4 持続的インフラシステムを構築するために知能・情報共有システムの活用について (Nora El-Gohary, Ph.D.)

米国における BIM の取り組みでは、BIM というモデルをどのように共有化し、これを使ってどのようにコラボレーションするかという研究も行われている。

我々日本では、コンストラクションにおける情報共有というツールを実務で利用し始めているが、イリノイ大学では、あえて、「研究」という形で、その「効果」を数値データとして表現しようとしている。



図 3-6 説明状況

Nora 博士は「20 世紀のものしか使っていなければ、20 世紀の方法で得た利益しか得られない。21 世紀の新しいものを使って、プロセスやルールなどの仕組みを変える、パラダイムシフトが出来れば、20 世紀の技術で得られる利益を大きく超えることができる」と言われていた。

そのためには、従来のコンストラクションの中で、コラボレーションとしてどのような情報共有がそれぞれのステークホルダーで行われているのかを研究し、これらのどこをどのように変更することで、プロジェクト全体として、どのくらいの利益が得られるのかを研究しているとのことであった。

これらの研究はまだ始まったばかりであり、これから議論を深めていくとのことであったが、このような研究は今後日本でも行う必要があるのではないかと感じた。

3.5 土木構造物におけるクラウド活用の重要性について (Joshua Peschel Ph.D.)

災害時における土木工学のあり方という内容で、BigData となるデータの保管方法などについて考えを聞いた。

災害発生時の 3D モデルや GIS を連携したクラウドシステムについて、公共交通機関の在り方や、電力施設の点検項目、地形データなど、クラウドを活用しながら持続可能な施設として継続利用するための対応が重要であり、そのためのクラウドシステムや BigData を効果的に扱うことが重要であると、言われていた。

**Learn Civil Engineering Design
in the New Cyberinfrastructure**

GIS for civil engineers

CEE 498 GIS is a 3-hour design course by Prof. Joshua Peschel to be offered in Fall 2013. This course will provide students with a working knowledge of modern geographical information systems (GIS) applied to all areas of the civil and environmental infrastructure. The focus will be on developing sustainable and resilient GIS-based solutions to open-ended design problems; example topics include:

- Public Transportation Networks
- Hydro and Wind Power
- Building Information Models (BIMs)
- Hazardous Materials Spills
- Flooding After Hurricanes
- Bridge Scour Susceptibility
- Decentralized Wastewater Treatment

CEE 498 GIS is open to all students that have a science or engineering background with at least junior-level standing – contact Prof. Peschel for more information (peschel@illinois.edu).

**CEE 498 GIS
Fall 2013**

図 3-7 説明スライド

今までの解析では 2 次元の世界で空間と時間を扱ってきたが、これからは、3 次元の世界で空間と時間を扱わなければならない。そのためには、多量のデータを解析するためのシステムと、それら BigData を扱えるコンピュータシステムも重要な要素であると言われており、今後の技術革新がその成否を決めるとのことであった。

ただし、気を付けなければならないことは、災害発生時におけるデータの利活用手段であることも指摘されており、クラウドはデータ共有の為のツールとして割り切り、災害発生時に利用する重要なデータは HDD に保管すべきとのことだった。

日本における公共構造物について、共有すべきデータはクラウドに、維持管理の為に必要な情報は HDD に保管と分けて管理することが重要ではないかと思われる。

3.6 点群の効率的利用方法と動画の効率的な利用について (Mani.Ph.D)

従来は 3D レーザスキャナによる点群の利用が主体であるが、イリノイ大学では、3D レーザスキャナを導入するためのコストと時間を抑えるための研究として、デジタルカメラを利用した点群データの活用に取り組んでいる。

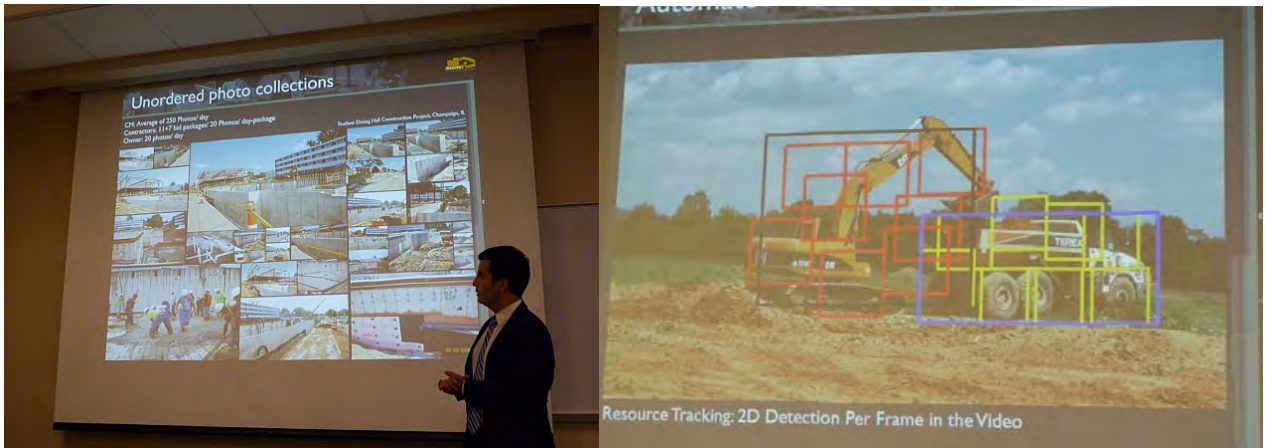


図 3-8 説明状況

ここで利用するデジタルカメラは特殊なデジタルカメラではなく、通常利用されている市販のデジタルカメラを利用することに特徴がある。誰でも簡単に利用できるというのがコンセプトだと説明を受けた。

このデジタルカメラからの点群データを活用し、工事の進捗管理や出来形管理に応用し、リアルタイムに出来形を管理する方法を検討しているが、まだ実験段階であり実用化までには至っていない。

2D 写真を十数枚撮影することで、そこから 3D モデルを生成させ、計画モデルと重ねることで計画工程と実施工程の差を表現することが出来るようになれば、より施工における利用が現実的になる。施工で利用できるようになることが重要で、そのためのコストを抑えることもこの研究の目的であり、この基礎技術が利用できるようになれば、施工分野でかなりの効果が上がると期待したい。

合わせて、動画を使った危険予知システムへの取り組みも紹介を受けた。これは、デジタルビデオカメラを使い、施工機械の動きを認識させ、そこに作業員の行動パターンを連動させることにより、危険予知システムとして利用するもので、この技術を利用して、重機と作業員の接触事故防止などの対応を行うものである。

さらに、重機の無駄な動きを行動パターンから認識し、CO2 排出を抑えるなどといった環境負荷低減への取り組みにも利用できるなど、環境分野への適用も視野にいられている。

画像認識技術、点群データ利用、設計データとの融合など、イリノイ大学での取り組みは施工で利用できるものを常に意識し、建設分野における生産性向上を見据えた研究への取り組みとして日本でも利用可能であることを実感した。

3.7 米国における維持管理システムの本格運用 ～COBie～

3.7.1 米国視察の重要テーマである「維持管理」

日本では、平成 25 年を「社会資本メンテナンス元年」とし、国民生活や経済の基盤であるインフラを的確に維持・更新していく政策が進められようとしている。その実現の一方策として ICT 技術の活用が期待され、「CIM の維持管理への活用」について、大いに期待され注目を集めているところである。

具体的には、調査・設計段階から 3 次元モデルを導入し、調査・設計・施工・完了の各段階において情報の更新・追加が行われたデータを受け渡すことにより、その後の維持管理の効率化・高度化をセンサ等の技術も活用しつつ実施しようとするものである。

この実現に向けては「CIM 技術検討会」等で議論しているところであるが、様々な困難な課題があり、具体的実施方策について検討中である。

3.7.2 日本における「CIM の維持管理への活用」についての議論

「CIM 技術検討会」で CIM の実現に向けて検討を進めている中でも、維持管理への活用については常に意識の中にある重要なテーマであり、時あるごとに議論がされてきたものである。その概要について示す。

(1) 将来の CIM を活用した維持管理のイメージ

1) 各段階における情報の更新・追加、維持管理への情報の受け渡しのための標準化

建設生産プロセスで、受発注者、住民、関係機関等、非常に多くの関係者が存在し、その間の調整、合意形成が行われている。また、情報については、測量図面、CAD 図面、GIS 基盤地図等の多種多様なものが頻繁に交換されている。

このような状況を踏まえ、必要な属性情報をどう選択し、どの程度の情報を付加するべきか等の標準化、それらをマネジメントする仕組み（PMR 等をイメージ）が必要である。

2) 維持管理に適応したシステム、モデルの構築が必要

土木構造物は、計画から竣工まで長期に及び、その後の利用期間はさらに長期間である。この期間内の維持管理を適切に行うため、必要な技術情報の保管が求められる。

建設生産プロセスにおいて、設計から施工、完了までの 3 次元モデルによる情報の更新・追加、データの受け渡しのための社会資本全体の維持管理に関するシステムやモデル構築が必要である。

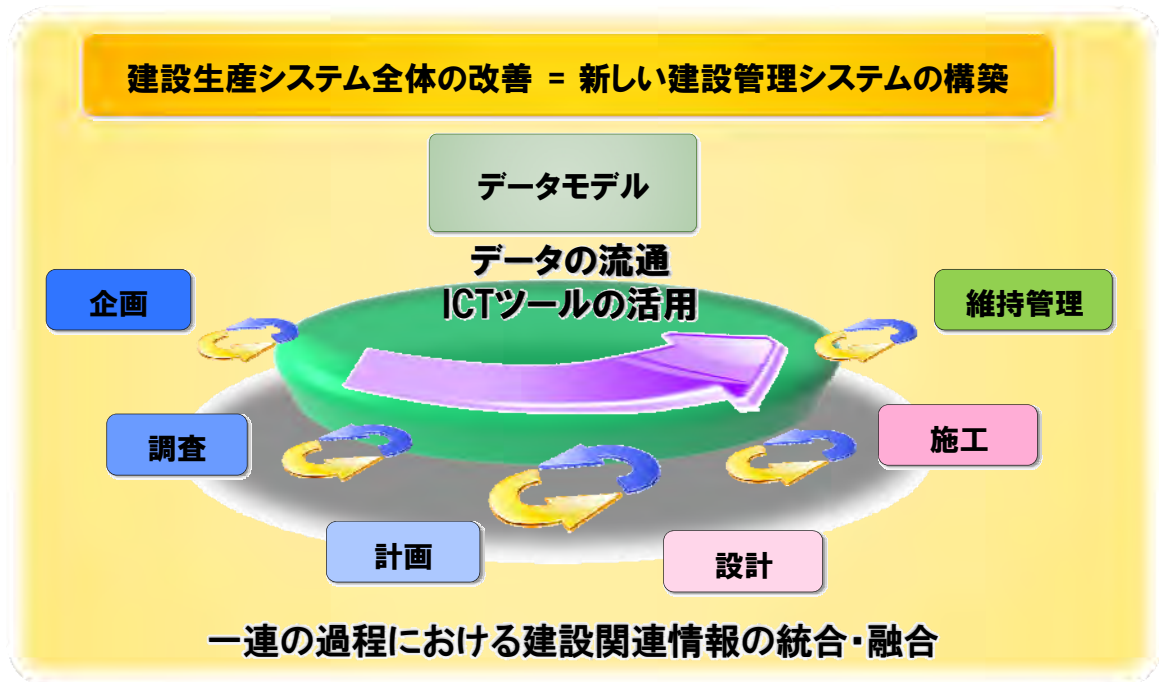


図 3-9 データモデル等に関するイメージ

3) 導入・運用には大幅な見直しが必要

これまでの建設生産プロセスは、長い歴史を経て、調査測量、設計、施工、維持管理等の各プロセスが独立して発注されるスタイルが定着している。

上記 1)2)に示したように、各段階における情報の更新・追加や受け渡し、システムの構築等、CIM の維持管理への導入・運用は有効であるが、これを実現するためのプロセスや調達方法の大幅な見直しが必要である。

(2) 現実的な導入・運用方法 ～段階的な移行～

上記(1)は、システムの構築や標準化等、将来、理想的な導入・運用のイメージであり、現行のシステムの大幅な見直しとかなりの時間を要するものである。

一方で、社会資本の維持管理・更新が求められている社会情勢の中、「CIM の維持管理への活用」については導入・運用が急がれているのが現状である。

このため、現時点の導入・運用は、理想的な姿をイメージしつつ、現時点で「できるものを実施していく」と考えのもと、段階的な移行方法や期間も含めた、長期的な視野での対応が現実的である。

3.7.3 COBie (Construction Operations Building Information Exchange)

COBie については Bill East 氏 (PhD, P.E. U.S.Army Construction Engineering Research) から講義を受けた。陸軍工兵隊は 2014 年 10 月から本格的に運用を開始する予定である。

(1) COBie の概要

社会資本の管理者は、プロジェクトが完成すると、維持管理のために正確な情報が必要である。しかし、今日、一般的に行われているように、完成した時点でこれらの情報を集めようとする、過去に遡って、調査・設計・施工の各段階の情報を収集する必要があり、たいへんな労力を要する。さらに、担当者の変更等によって、収集できない情報もある。

COBie は、調査・設計・施工の各段階において、設備や機器、その仕様や内容、設計変更等の書類や成果を、標準化したフォーマットに入力、コンバートすることにより、維持管理に必要な情報を大きな手間をかけないでリアルタイムに収集しようとするシステムである。

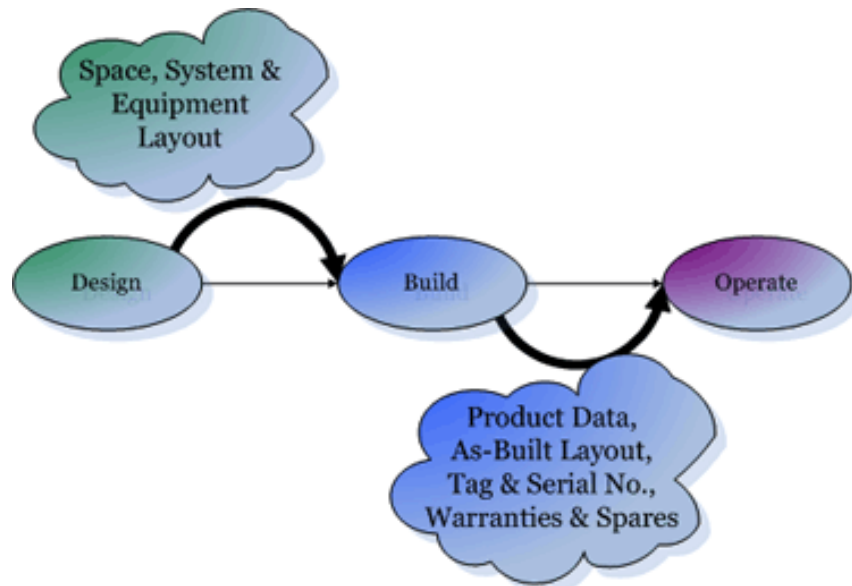


図 3-10 COBie のイメージ

(2) 各段階における情報の更新・追加、受け渡し等のデータ連携を実現

調査・設計段階における空間や設備の施工手順等の項目を COBie に入力する際は、設計段階で活用されている BIM ソフトからほぼ手間なく自動的にコンバートできる。

さらに、その入力された項目については、施工を進める中で発生する情報を更新・追加していくことになる。追加する情報は仕様書に定められている提出物や成果、製品番号等の属性情報であり、COBie のフォーマットに問題なく入力、コンバートできる。

最大のメリットは、調査・設計段階で入力された項目をもとに、施工段階の詳細な情報が追加され、この情報を施設管理者が受け取り利用することである。COBie で蓄えられたデータは、維持管理やアセットマネジメントに直接利用できる情報となっている。さらに、プロジェクトの完了と同時に、施設管理者に提供されるものであり、シームレスに効率的に維持管理に移行可能である。必要に応じ、施設管理者はそれらの情報をさらに拡張・発展させる等のカスタマイズも可能である。

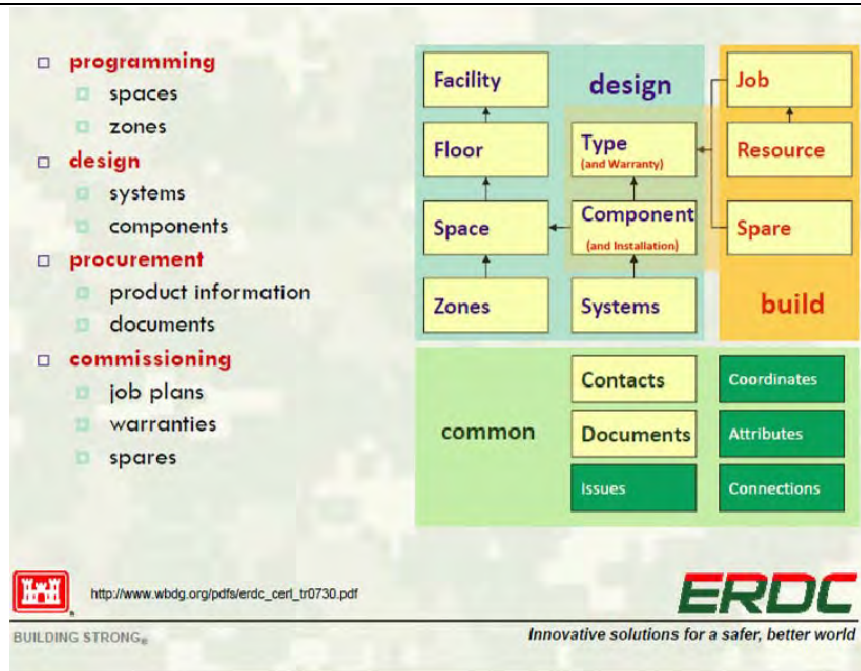


図 3-11 COBie のプロセス

(3) COBie の受け渡し情報は設備や機器等の属性情報が主体

COBie のデータ形式は、IFC を基本として開発されたものであるが、設備や機器等のメーカーや製品番号、仕様等の属性情報が主体となっている。ダムや堤体のようなマスコンクリートや建物の壁等の属性情報は含まれていない。その理由として、これらの施設は、管理された施設であり、壊れることは少なく、比較的頻繁に取換えや修理を必要とする設備や機器との管理に違いがあるためである。

また、構造物をモデル化した 3 次元 CAD データも含まれていない。これは、実際の維持管理の現場では 3 次元 CAD データの必要性は低く、3 次元モデルを取り入れたシステムは実現場で運用等の問題が発生したためである。

(4) COBie は非常にわかりやすく現実的なシステム ～EXCEL ファイルを基本としたシステム～

調査・設計・施工段階で入力・追加されるデータの標準となる入力フォーマットは、EXCEL ファイルで作成されており、さまざまな段階で関係する多くの関係者が理解でき、使用することが可能な内容となっている。

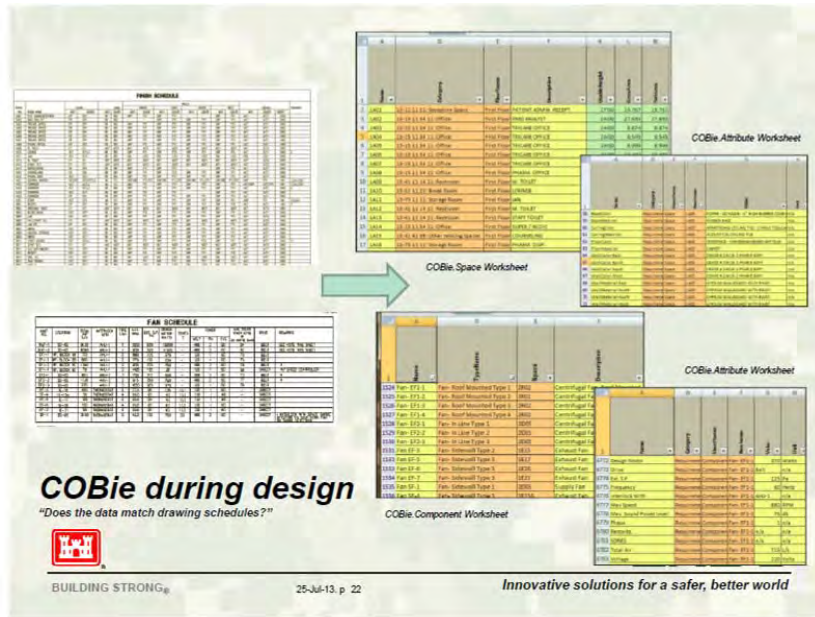


図 3-12 COBie の入力フォーマット

(5) COBie の本格運用の開始

COBie は、2014 年 10 月から米国陸軍工兵隊が発注するすべての建設プロジェクトで本格的に運用が開始される。この運用の開始までに 7 年の検討を要している。現在、運用開始に向け、必要なソフト、事前の訓練に関する準備が進められている。COBie 形式ファイルの認証については特に問題はないが、それ以上に業界の認識を大きく変えていくことが最も重要な課題である。



図 3-13 COBie のガイドブック

【米国陸軍工兵隊 U.S. Army Corps of Engineers の役割】

工兵隊は米国陸軍に属している機関であり、その役割については平和時と戦争時で異なる。戦争時、災害時などでは有事に対する対応の役割を担うが、平時においては日本の国土交通省が行

う河川管理、洪水防御などが工兵隊の役割である。

工兵隊の主な役割は下記の4つである。

- ① 299 の港湾施設の開発と管理
- ② 自然環境の保護と修復
- ③ ミシシッピ川の閘門、ダム of 建設管理
- ④ 洪水防御と水源地管理

洪水防御については、連邦政府の管轄になっておりダムや水源地などで州政府、地方行政の所有のものであっても洪水防御の機能が入っていると工兵隊が管理を行うことになっている。

土地利用政策に関しては、連邦政府は全く関与せず、地方行政が行っており、時には州政府が関与する場合もある。河川の洪水防御、舟運は工兵隊の役割であり、水質保全や河川の動植物の保護については工兵隊も一部役割を行っているが、EPA（環境省）が主として行っている。

（財団法人 河川環境管理財団、平成 16 年 1 月、「米国陸軍工兵隊 「河川水理学」 エンジニアリングマニュアル調査報告書」より）

【図の引用】

配布資料または E. William East, PE, PhD. “Construction Operations Building Information Exchange (COBie)”. Engineer Research and Development Center, U.S. Army, Corps of Engineers < <http://www.wbdg.org/resources/cobie.php> >

3.7.4 まとめ

日本では、平成 25 年を「社会資本メンテナンス元年」と位置づけ、社会資本の維持管理・更新が急務な社会情勢の中、「CIM の維持管理への活用」については導入・運用が急がれているのが現状である。

今回の視察において、COBie システムについて、担当者から直接、講義を受けたことはたいへん有意義であった。COBie は、維持管理での現場での活用と普及等、「多くの人活用する」を最優先し、Excel ファイルをベースにし、決して 3 次元をベースした「高度なモデル」ではないが、極力使いやすく、必要な情報を極力取り入れる工夫がなされ、維持管理段階で「十分な効果・効率を発揮する」という考え方のもと、調査・設計・施工段階から維持管理段階に情報を受け渡していく現実的なシステムを構築したものである。その構築に約 7 年間検討期間を要し 2014 年 10 月から本格運用しようとしている。

日本でも、3 次元モデルを適用する等の完成度の高い維持管理システムの運用は時間もかかり非現実的であることから、すぐに実現可能なレベルで導入・運用を図るべきとの方向で議論が進みはじめている。

日本は、今後、具体化されていくことになるが、米国陸軍工兵隊が本格運用する COBie は、維持管理システム構築にあたって参考とすべきシステムの一つと考えられる。

4. スタンフォード大学 (Stanford University) (9/27)

4.1 教育・訓練体制 (CIFE)

4.1.1 Center for Integrated Facility Engineering (CIFE)

(1) 訪問先

発言者：John Kunz(PH.D)

テーマ：Center for Integrated Facility Engineering (CIFE) の研究とミッション

(2) 調査概要

スタンフォード大学では、BIM/CIM による効果や人材育成について 25 年前から Center for Integrated Facility Engineering (CIFE)¹を設置し、研究を行っている。この CIFE において BIM/CIM を扱う技術者への教育プログラムが設立され、BIM マネージャと呼ばれる、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 4-1」参照）。



図 4-1 CIFE のホームページ

¹ <http://cife.stanford.edu/>

実施している教育・訓練プログラム²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 Virtual Design and Construction (VDC) の利用方法や効果について学ぶことができる。なお、教育プログラムを日本で実施するとすれば、数週間の座学と実習、6 ヶ月の実践が必要とのことである。

表 4-2 は、2013 年の夏に開催されたワークショップで発表された効果の事例である。

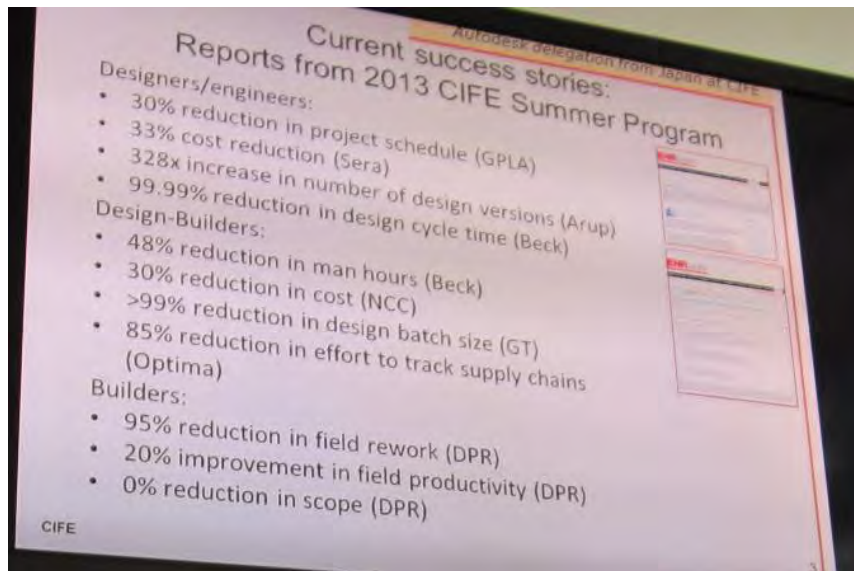


図 4-2 CIFE のワークショップで発表された効果の例

4.1.2 取り組みの背景とミッション

米国における BIM の取り組みについては、日本と同様であり、他産業に比べて低い生産性と増加するインフラの維持管理の効率化がテーマとなっている。

CIFE は Virtual Design and Construction (VDC) に関するアカデミックな研究センターである。VDC とは、社会資本の構築に関して業務プロセスを分析・整理し、3D モデル等を活用して、建設に係わる全ての関係者が合理的（ローリスクでローコスト）にビジネスを進める方法を構築することである。CIFE では、この 13 年間で建設に着目した研究を実施し、ようやく実際のビジネスに反映させることができるようになってきた。

【About CIFE:Mission³】

The CIFE mission is to be the world's premier academic research center for Virtual Design and Construction of Architecture - Engineering - Construction (AEC) industry projects.

Virtual Design and Construction (VDC) is the use of multi-disciplinary performance models of design-construction projects, including the Product (i.e., facilities), Work Processes and Organization of the design - construction - operation team in order to support business objectives.

² CIFE/SPS VDC Certificate Program <http://cife.stanford.edu/VDCProgram>

³ <http://cife.stanford.edu/mission>

4.1.3 BIM の範囲と利用ソフトウェア

一般的に BIM は、建物や施設のライフサイクル全般を対象とする「Big BIM」と建物や設備の設計、そのイメージを作り上げる範囲の「Little BIM」に区別される（「図 4-3」参照）。さらに、設計初期段階に利用するソフトウェアを「Macro BIM Software」、詳細設計段階で利用するソフトウェアは「Micro BIM Software」と呼ばれている。

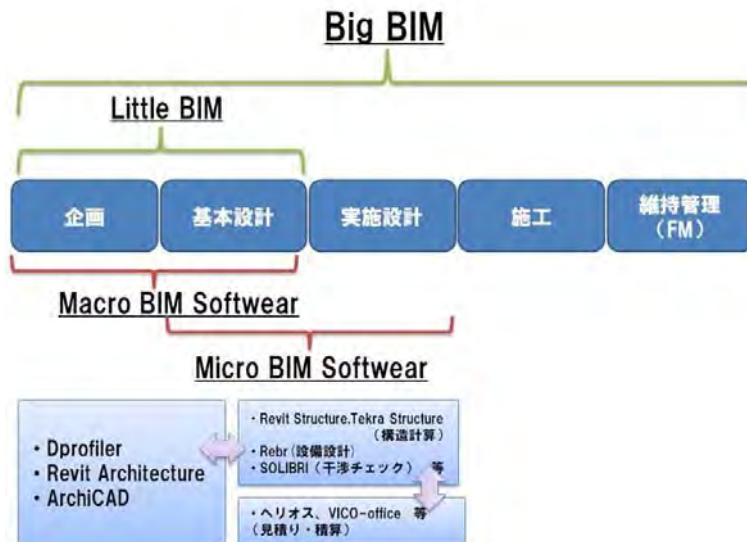


図 4-3 BIM の範囲と利用ソフトウェア

4.1.4 事例紹介

ここでは、CIFE の研究事例として概略設計、建築現場における BIM の研究事例を紹介する。

(1) 事例 1

BIM が実際の業務（概略設計）にどのような違いをもたらすかについての紹介があった。ポイントは、従来の 2 次元設計に対して、3D モデルを用いた設計では、設計段階で検討できる事項が大幅に増加し、かつ短時間で実施できていることである。

CIFE では、このような事例を収集し、環境性能とライフサイクルコストの指標から検討項目の良否を定量的に示すソフトウェアの研究・開発を行っている。

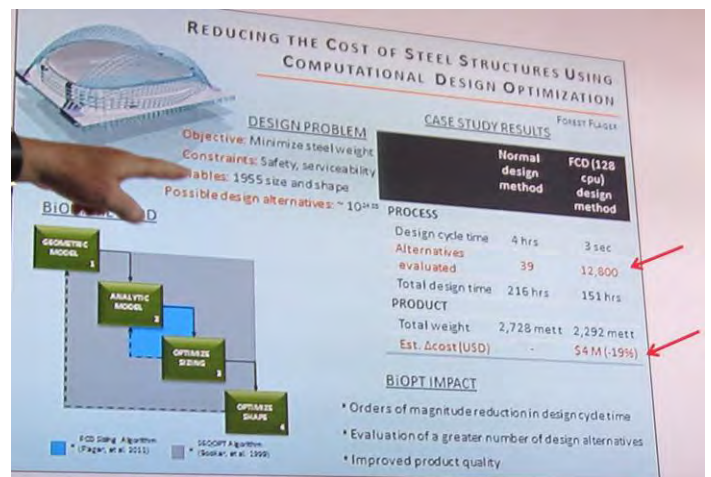


図 4-4 鋼構造物における費用削減事例

(2) 事例 2

建築現場での事例を調査した結果、建築の施工現場で、生産活動をしていないエリア（区域）は 95% もある。実際の作業区域（作業員が出入りしている区域）は 5% しかない。

CIFE の研究では、学生達は、このエリアの生産活動を 20% にまで高めることを提案している。これは、施工計画段階における BIM の活用事例とも言える。

4.2 BIM の導入手法（考え方）と効果計測

事例紹介に続いて、BIM 導入に関するディスカッションを実施した。ディスカッションでは、実際のプロジェクトにおいて、BIM が問題を解決するためのツールであると同時に BIM 導入を検討するプロセスが重要であることが指摘された。

次に、ディスカッションとして実施した、BIM の導入手法（考え方）と効果計測を紹介する。

4.2.1 BIM の導入手法（考え方）

BIM の導入手法（考え方）としては、今後のプロジェクトにおいて、どの作業に BIM を適用するかを議論する。議論のステップは「①特定」「②モデル」「④分析」「⑤評価」「⑥決定」そしてこのプロセスを繰り返す事である。

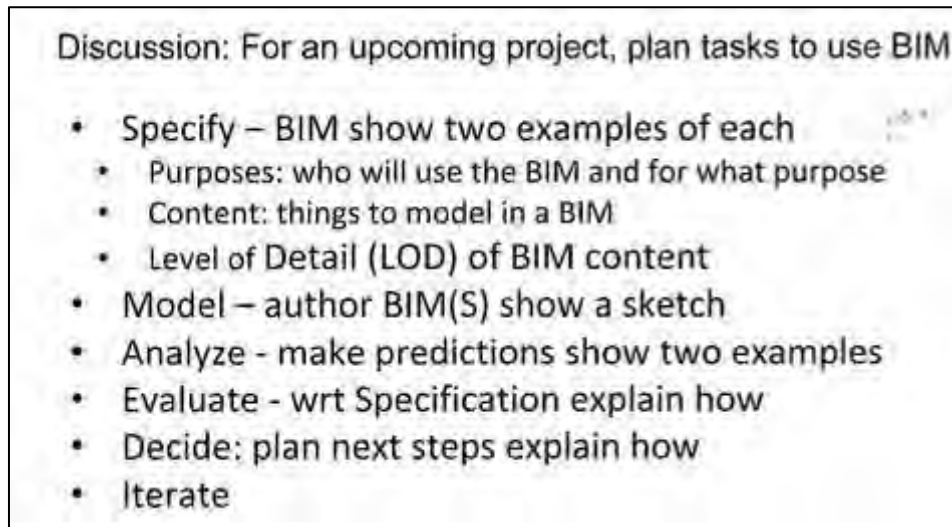


図 4-5 BIM の導入方法（考え方）

- ① 誰が BIM のユーザと何をするかを設定すること。
(例：建築物の維持管理者が BIM を使う人)
- ② BIM の中に何を表現するか。モデル化する対象物のレベル（粗さ）を設定する。
(建物の外観か、内部の施設か・・・etc)
- ③ モデルから獲得したい情報や項目（要件）を設定する。
(鋼材の使用量あるいは、コスト等)
- ④ 要件がモデルから得られるかを評価する。
(BIM によって何が判るのか?)
- ⑤ 最後に、最初に BIM を作成し、次の日にモデルを修正する。

このディスカッションにおいては、BIM で実現したいことと、BIM という技術でできることとの整合を図ることの重要性が指摘されている。

そのために、「誰が何のために」からスタートし、それによって「モデルの粗さ」を定め、「モデルから判断できる情報や事項」が定まり、「モデルを修正」する。これを繰り返すことで、実施したいこととモデルの洗練が進むと言うことである。

4.2.2 BIM 効果の計測

BIM 効果の計測について、成果として求める項目について議論する。議論のステップは、各項目に従い現在の一般的な値と比較して、目標値を定める流れである（「図 4-6」参照）。

Outcome performance metrics for <i>your</i> project		
Outcome objective name (major milestones)	Typical performance today	Target value
Field safety (# incidents)		
Cost conformance to budget (%)		
Quality conformance to plan (%)		
Schedule conformance to plan (%)		
Team effort conformance to budgeted time		
Number of design versions (#)		
Rework (% of total)		
Sustainability (energy or broadly defined) (#)		
Other		

Center for Integrated Facility Engineering (c) 2013 STRATEGIC PROJECT SOLUTIONS 19

図 4-6 成果として求める項目

4.2.3 BIM と BIM+の領域

前述の検討で学ぶべきことは、BIM を使う際に全てが幾何モデルで解決できるわけではなく、これを分類することが重要であるということである。米国では幾何モデルを活用して解決できる部分を BIM、これ以外の部分を BIM+として分類している。

BIM の導入で難しいのは、BIM の内部に何を保持させるかということである。このタスクが最も難しく、モデルに求められるレベル（粗さ）を確定するプロセスに位置する。例えば、堤防などの構造物は BIM で保持すべきだが、河川を流れる水そのものは BIM に含める情報ではない。

さらに、この段階で BIM 以外での評価方法についても考えるべきとの指摘があった。仮に、BIM を用いた情報提供が可能であっても、もっと効果的（合理的）にこれを評価する方法が無いのかを検討すべきであるとの指摘されていた。

4.2.4 BIM を定義する

このディスカッションで重要なことは、なぜ BIM が必要かと言うことに着目し、BIM を用いて何をするかを定義することであり、この議論の中で定量可能な効果を明確にすることであると教授は指摘している。

4.2.5 実際のプロジェクトへの適用について

BIM を使ってビジネスをどのように変化させたいかを明確に定義する必要がある。次に現状のプロセスを整理し、コントロールできるプロセスを抽出する必要がある。つまり、効果やリスクはドミノ式に連動しており、その中でコントロール可能な部分を抽出し解決を図る必要があるということである。

また、BIM の効果を最大に発揮するためには、コントロール可能な部分についてモデルを構築し、週毎に検証し修正すべきであると指摘している。米国においても、計画や設計段階で BIM を作るだけで、進捗との比較や修正ができていないという実態があるとのことである。これを実行するためには、作成した BIM の使い方についてもあらかじめ明確に定めておく必要がある他、従来の方法では分業化されていた工程管理者、BIM のモデラー、施工者などがコラボレーションしながらモデルを共有することが重要とのことである。さらに、本ディスカッションで提示された効果の多くは、モデルを用いて共有認識の形成プロセスを変化させたことにあるとの説明があった。

最後に、教授によれば、この分析と解決に向けた BIM の導入には BIM のエキスパート（CIFE で教育を受けた）が 1 プロジェクトあたり 4 名程度必要とのことである。

4.3 BIM ROI Workshop

4.3.1 概要

ここでは、Return On Investment (ROI) に関する研究事例として、Autodesk の Ken Stowe 氏のプレゼンテーションを抜粋して紹介する。

Ken Stowe 氏は、Autodesk 社にて自らの施工管理者としての経験を踏まえ、BIM を利用することの経済的メリットの研究を行っている。

Ken 氏によれば、建設プロジェクトにおけるすべての行動、設計、施工には、得るものと失うものが存在する。しかし、BIM に対して疑問を持っている人も ROI に関するワークショップを受けると、BIM の信仰者になると語っている。

また、このディスカッションにおいてはこのワークショップで学ぶべき ROI の整理方法についての紹介がなされた。プレゼンテーションの内容は次の通りである。



- ① Global Experiences and Observations (国際的経験と所見)
- ② Opportunities – Lean Philosophy - (機会・リーン哲学)
- ③ 6 years of Collecting Research (7年間の研究成果)
- ④ 5 years of ROI Workshop (5年間に亘る ROI に関するワークショップ)
- ⑤ Results of Workshop Forecast (ワークショップの予測結果)
- ⑥ Implementing High Performance Initiative (ハイパフォーマンスなイニシアチブ)

4.3.2 Opportunities – Lean Philosophy – (機会-リーン哲学⁴)

Opportunities - Lean Philosophy

- Rework**
 - Rework—the enemy of Productivity
 - Quality Problems and Rework

- ...79% of the problems originate in the design phase and that these quality problems can cost as much as 12.4% of the contract amount (Burati, 1992).
- “...studies have been conducted on the amount of rework performed on projects but most range from 4% (direct cost) to 14%.” Chelson (2010)

© 2013 Autodesk AUTODESK

□プロジェクトは、皆全く同じものではなく、それぞれ違うゴール、違う問題が存在しチームとして問題を解決しなければならない。

□BIM の効果として着目すべき項目の一つは、リワーク、いわゆる、やり直しをいかに少なくするかであり、この事例について多くの有効な研究成果を収集してきた。多くの研究成果から、リワークによるロスは全体のうち 12% という認識している。

□BIM を活用すると、この 12 パーセントがどう変わるかということ解析することが重要であると指摘された。

□例えば、いわゆる設計変更に関わる工事の中断も一つである。BIM を利用することで、どれだけ設計変更が必要になったときに工事がストップという無駄が減るかを定義することである。

リワークは連鎖する問題構造になっている。その原因のなかで、どのリワークを改善し、そしてどれに対して一番効果があるのかを特定することが重要である。

⁴ 「Lean Philosophy (リーン哲学)」とはマネジメントにおける哲学であり、顧客を重視し、ひたすら顧客ニーズの把握に努め、必要なことだけを行い、効率よく価値を提供するマネジメントです。日本の自動車産業から始まり、現在では、製品開発やソフトウェア開発の領域にも広がっています。いずれも「顧客を重視する」「顧客の価値を理解する」「価値の提供だけに時間を使う」「顧客と関係ないことはしない」といった点が共通しています。

4.3.3 6 years of Collecting Research (7 年間の研究成果)

Research - What are the Financial Impacts of BIM on Project Performance?

- These studies also report very few or no RFIs, COs due to conflicts, and **incredibly reduced plan conflicts and rework.** (Chelson 2010)
- Reduction of rework and idle time due to site conflicts **savings for trade contractors are on the order of 9% of project costs.** (Chelson 2010)
- ...construction concerns were evaluated by the CII which determined that **direct rework costs were 5% of project costs** (CII, 2005).
- ...a typical firm that experienced rework costs estimated at 5% of their contract value. Once a **quality assurance** ...program was implemented, **rework was reduced to less than 1% of the contract value in most of its projects**” (Lomas).

© 2013 Autodesk

AUTODESK

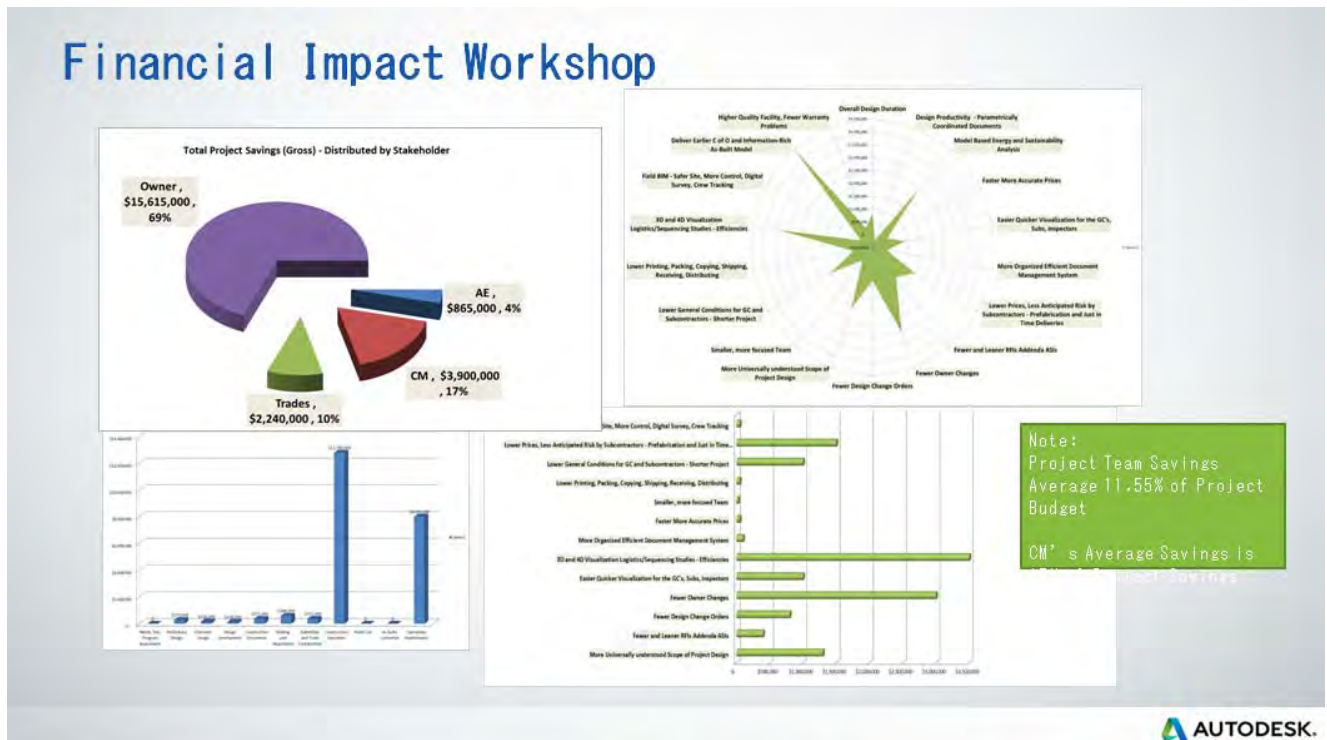
□これまでの研究事例から我々は、リワークや無駄を削減する一番効果が高いのは、設計の段階で不整合な部分をなくすことでリワークの大部分は削減されるという結果を得ている。ある事例では、79%の問題が、基本的には設計フェーズで発生している。つまり、設計の段階のクオリティを高めることで、いわゆる図面不整合やありえない設計をなくすことで、かなりの無駄は省けるという研究成果が出ており、その際のコストはプロジェクトコストの12.4%と考えられている。

□もう一つの研究成果からは、4%から14%が、リワークによって発生していると報告されている。特に、インフラストラクチャ部門（土木の構造物プロジェクト）に関しては、より14%に近いリワークが発生しているという報告がある。

□さらに、別の研究成果では、リワークの発生は、エンジニアリングレビュー段階で発生していると報告されている。

このように、たくさんの研究成果から導かれているリワークの損失の割合が整理されている。このリワークを削減することが一つの大きな課題ということが理解できるであろう。

4.3.4 5 years of ROI Workshop (5年間に亘る ROI に関するワークショップ)



□ここでは BIM の導入によるワークショップで整理された経済的な効果の内訳についての紹介がなされた。

□ほとんどの場合、オーナーつまり発注者が 65%の利益を得る。さらに、設計者は 2%、サブコントラクターや下請け企業、専門工事会社は 20%、設備、電気、配管などの専門工事業者が 20%の利益を得ている。

□この効果については、契約のタイプ、契約制度、例えばそれが設計施工なのか、設計発注なのかでも変わるし、その契約条件などによっても変わる。

□スタンフォード大学の研究成果では BIM を利用することで、47%のランニングコストが削減できることが報告されている。

□例えばスピードに着目すると、この研究成果からは 47%の短期間に設計が完了する。

□生産性に関しては、業界平均に対して19%から 30%に改善される。

ワークショップで重要なことは、この分析結果を踏まえて、経済的効果の分配についても合意すべきと考えている。

4.3.5 ROI の適用範囲

Ken 氏によれば、米国においても建築分野での ROI は数多くの研究事例や実施事例があるとのことである。特に、病院や学校等での適用事例が多いという。これは、発注者が ROI のワークショップに参加し、経済的なコスト削減に加えて早期完成、設備管理の効率化等の面で自らの利益になるとの判断を実施しやすいことが要因であるとの解説があった。逆に土木インフラでは発注者のベネフィットという定義が多面的であることが導入の判断を遅らせているとの指摘もあった。

さらに、上記の効果はデザインビルドでの事例であることも付け加えられている。米国においても土木工事では設計と施工に大きな壁が存在しており、得られる効果も大きく減少してしまっていると指摘する。ただし、Ken 氏は土木工事の発注者もワークショップに引き入れることで、この壁を取り除くことができるかと締めくくっていた。

4.4 考察

CIFE では、BIM というツールを活かすことで業務の効率化、利益の最大化を図るためには、BIM エキスパートの存在が不可欠であるとの認識がうかがえる。また、CIFE では、BIM すらも一つのツールでしかなく、常にもっと他の方法も考えるべきとの教育が行われていることが特筆すべき事項のである。

次に、米国での BIM エキスパートには、現状のワークフローを明確に整理し REWORK を無くすという観点で、関係者がコントロールできる部分は何処かを抽出し、解決に必要な関係者間での共通認識を BIM あるいは BIM+ で示すことが要求されている。

さらに、BIM エキスパートは、建設に係わる意志決定者間に存在する互いの損益を定量的に示し、顧客の視点（維持管理は今後の課題のため、現状は設計と施工）でトータルコスト（工期を含む）を最小限に実現する方法をコーディネートすることが求められている。この方法として、ワークショップとして実施することが示され、各プロジェクトで実施するとのことであった。

CIFE は、このような定量的根拠の部分について学術的な面からデータを整理している。

このような協力体制のもとに、BIM における効果の配分もこのワークショップで確定され、これがそれぞれの実施者のインセンティブとなっていることも伺えた。

最後に、米国でも関係者の多い土木インフラではまだまだ取組も少なく、発注者側の理解もまだまだ十分でないとのことである。ディスカッションでも、日本において発注者が主体となって進めている CIM の導入動機や達成目標はどうなっているのか等の逆の質問も寄せられるなど、米国でも進んでいない分野で、より先進的に取り組む日本の状況に興味を持たれている部分もあり、日本も決して遅れを取っているわけではない。

5. Webcor Obayashi Joint Venture Transbay Transit Center Project

(1) 調査先

対応：Project Manager Masashi Kojima

北米統括事務所 土木部 部長 井口達也(Tatsuya Inokuchi)

訪問者：杉浦、影山、藤澤(JAL チーム残り組)

(2) 現場の概要

Transbay Transit Center Project の内、トランジットセンタービルを建設する Phase I を担当。

受注額：15 億 8900 万ドル

受注内容：バス階、地上階、コンコースおよび Caltrain と未来のカリフォルニア高速鉄道のための 2 つの地下階を持つ新しい 5 階建ての transit center ビルの建設工事および 5.4 エーカーの屋上公園を含む。仕事の範囲は、transit center ビルと新しいオフサイトバス保管施設とサンフランシスコ・オークランド・ベイブリッジに接続する新しいバスランプの建設工事を含む。

Transit center：地上 3 階建て、地下 2 階、コンクリート/鉄骨構造、1,000,000 平方フィート



屋上：公園
 3F：バスセンター
 2F：行政機関、支援サービス、小売スペース
 1F：コンコース、チケットセンター
 B1F：乗換用、小売りスペース
 B2F：カルトレインとカリフォルニア高速鉄道のための 6 つの線路を収容する 3 旅客プラットフォーム

プロジェクトの構成：

Owner：Transbay Joint Powers Authority

Program Manager：URS

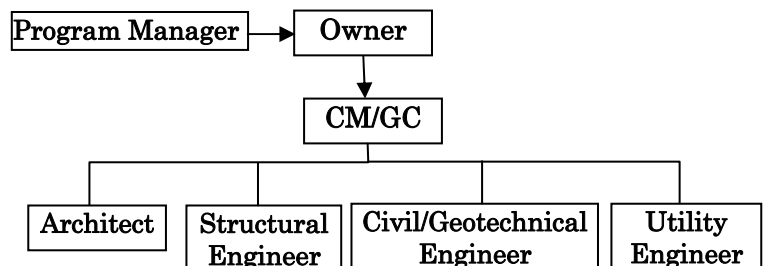
CM/GC：Webcor/Obayashi, Joint Venture

Architect：Pelli Clarke Pelli

Structural Engineer：Thornton Tomasetti

Civil/Geotechnical Engineer：ARUP

Utility Engineer：AECOM



(3) 意見交換

表 5-1 意見交換

項目	回答
BIM のコストは	<ul style="list-style-type: none"> ・発注仕様に BIM が入っている。 ・CM/GC の中でプレコンストラクションサービス(契約前の計画初期段階から、施工性・工期やコスト面などのアドバイスを有償で提供すること)として働いた人の時間単価 x 時間数で請求している。 ・事前に、毎月の予定表、費用を施主に提出し了解を得ている。
発注者は	<ul style="list-style-type: none"> ・発注者のトランスベイ・オーソリティーは 10 人くらいの弁護士などで構成する組織である。 ・この下にドキュメントを作成・コーディネートする URS(コンサル)が入ってサポートしている。 ・発注者は、弁護士などが多く、施工を理解していないので、説明用に Webcor が作成した 3D の動画で説明している。
CM/GC としての役割は	<ul style="list-style-type: none"> ・Webcor/Obayashi JV として、契約で下請けには Revit でモデルを作成して提出することとなっているが、小さな下請けは、対応できないので減額して、元請けで対応している。 ・JV では、Webcor の BIM チームが 3D モデルを作成している。 ・施主との調整、コストとスケジュールも入れて 5D で行っている。 ・BIM チームが 2 次元図面から 3 週間でモデル作成(海外に発注)、事務所でスケジュール、コストを入れている。スケジュール、コストは Revit のプロパティに入れている。 ・施主から受領するのは、契約上 2 次元図面だけ、3 次元モデルを持っていても設計側は、責任を取りたくないで、3 次元モデルを提出しない。 ・設計側も、構造、内装、設備などで分かれているのでそれぞれの分担だけのモデルしか持っていない、これを CM/GC でまとめて確認することを JV に期待している。 ・オーナーサイドが行うということもあるが、CM/GC は、発注前に施工業者の意見をできるだけ早く、施主の考えに対して、施工業者のコメント設計へ反映することが重要な点である。(アーリーインボルメント)

[参考]CM/GC 契約(<http://csms.web.fc2.com/cbn/ronsetu4.html>)

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、援用されている。この場合、発注者は建築計画の初期から GC と CM 契約を結び、別途 A/E 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。CM/GC は CM 契約フィーを収益とする上に、建築請負契約もする。但し、建築代金は専門工事会社へスルー。CM/GC は施主への最高限度額保証、履行ボンド、専門工事会社の為のペイメントボンドを差し入れる義務があるので、高度の積算能力を必要とする。

- ・ GC = General Contractor (一般請負契約者)
- ・ A/E = Architect/Engineer (設計者/エンジニア)
- ・ CM = ConstructionManagement (建設マネジメント)

6. 調査のまとめ

2013年9月22日から9月28日までの期間、産官学のメンバーによって構成される土木学会 土木情報学委員会 米国 CIM 技術調査団は、ニューヨーク、イリノイ、サンフランシスコベイエリアの3か所を、ちょうど米国を横断する形で訪問し、CIMに関わる主要な政府関係者、学識経験者、建設コンサルタントや施工会社等との意見情報交換、現場視察等を実施した。

ニューヨークにおいては、まず、World Trade Center 再開発事業、シカゴ鉄道局 Wilson Transfer Station パイロットプロジェクト、コネチカット州道路局高速道路インターチェンジ等への CIM の導入事例についての情報を得た後、ニューヨーク市建築局副局長から、BIMを用いた建築工事の安全性の監督業務に関する事例紹介をして頂いた。次に、建設コンサルタントであるパーソンズブリンカホフ社で、同社が関与した主な CIM 導入プロジェクトの紹介を通じて、CIMの導入の様々な形態、効果と課題など貴重な情報を得ることができた。

イリノイ州では、イリノイ大学アーバナ・シャンペーン校土木工学科を訪問した。まず、長年 Turner Construction Company を勤めた後独立したラインハルト氏から BIM/CIM におけるマネジメントの重要性に関する講演を聞いた。次に、4名の教員から、CIMに関連する研究成果の説明があり、最後に、米国陸軍工兵隊研究所のビル・イースト氏から BIM の維持管理への応用である COBie の説明と実演があった。

サンフランシスコベイエリアでは、まずサンフランシスコ市内の Precidio Parkway 工事への CIM の適用に関する講演を聞き、工事現場を視察した。次に、スタンフォード大学の CIFE を訪問し、Virtual Design Construction (VDC) の教育および実務者研修プログラムや BIM/CIM 導入に関する講演を聞き、BIM の ROI の第一人者から BIM の導入効果の計測に関する講演を聞いた後、意見交換を実施した。

以上の調査、意見情報交換から浮き彫りになったことは、まず、米国では、日本より少なくとも数年は先んじて土木建設プロジェクトに BIM の方法を様々な形態で柔軟に適用し始め、実務経験から多くの知見を得、その効果を測りながら、調整しつつある段階にあるということである。

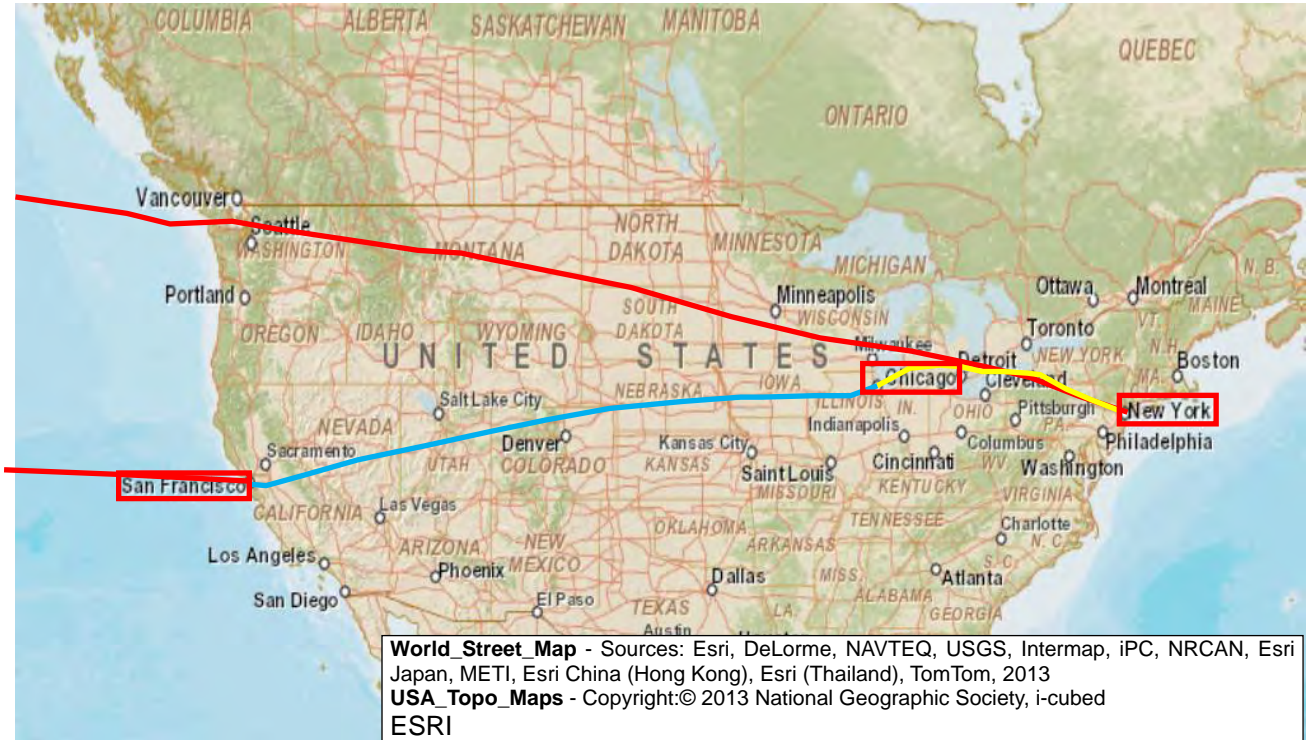
次に、その経験から、異口同音に BIM/CIM は、現状のソフトウェアを適用させただけでも、それなりに効果があるが、さらに大きな効果を得るためにはマネジメント手法に依存する、という点である。米国では、設計段階にミスがあると、施工段階で RFI (Request For Information) が提出されて、問題解決されるまで施工がストップしてしまうこと、リワーク（やり直し）や訴訟に発展することが多いといった日本の建設事情と異なる点があり、BIM/CIM を導入することによって、明らかに効果があると実感できるようである。施工中断や訴訟問題は、プロジェクト関係者にとって極めて大きなリスクであり、こうしたリスクを低減することが BIM/CIM でまず期待されている。

BIM/CIM の導入は、必ずしもデザインビルド (DB) だけでなくデザインビッドビルド (DBB) 方式のプロジェクトにも適用されており、それなりの効果を上げている。しかし、さらに大きな効果を上げるために、様々な生産システムや契約方式を試しており、そうした方式では、建設コンサルタントの役割が、施工段階でも極めて大きく重要だということである。

BIM/CIM を維持管理において役立たせる COBie は画期的な手法であり、今回の調査で開発者本人であるイースト氏から実演もして頂き、貴重な知見を得た。

資料-1 旅程詳細

(1) フライトスケジュール



Date	フライトスケジュール		フライトスケジュール	
9/22(日)	NH010	11:00 成田空港 10:45 JOHN F KENNEDY	JL006	11:10 成田空港 11:05 JOHN F KENNEDY
9/24(火)	UA685	15:07 NYC/LAGUARDIA 16:41 CHICAGO/OHARE	AA 341	15:20 NYC/LAGUARDIA 17:05 CHICAGO/OHARE
9/26(木)	UA 1400	09:05 CHICAGO/OHARE 11:46 SAN FRANCISCO	AA053	09:35 CHICAGO/OHARE 12:05 SAN FRANCISCO
9/28(土)	NH 007	12:25 SAN FRANCISCO	JL001	19:30 SAN FRANCISCO
9/29(日)		15:25 成田空港		22:20 羽田空港

(2) 宿泊先

Date	Hotel Name	Address
9/22, 23	Days Inn Long Island City	31-36 Queens Blvd Long Island City, NY 11101
9/24, 25	Howard Johnson Inn and Suites Elk Grove Village O'Hare	1925 E HIGGINS ROAD ELK GROVE VILLAGE, IL 60007
9/26, 27	FAIRFIELD INN AND SUITES BY MARRIOTT	250 El Camino Real, Millbrae, CA 94030

(3) 米国内旅程

日時	行 動	FLIGHT	注 記
9/22 (日)	11:00	NH010 第1ターミナルから出発	10:15 JFK到着 Terminal 7到着後T1へ移動
	11:10	JL006 第2ターミナルから出発	10:35 JFK到着 T1到着
	11:50	JFK到着口集合	T1ターンテーブル前集合
		タクシーにて移動	タクシー3台に分乗 (山本号、山根号、福地号)
	12:30	Days Inn Long Island City着	31-36 Queens Blvd, Long Island City, NY 11101
	17:00	結団式(矢吹団長)	地下鉄にてNYCレストランへ
	21:00	ホテル着	地下鉄にてホテルへ
9/23(月)	9:00	ロビー集合	
	9:10	地下鉄にてMercury NYCオフィスへ	
	10:00	Mercury NYC 会議室	NYC DOBとDougによる東海岸BIM・CIM導入事例紹介と意見交換
	12:00	昼食	
	14:30	地下鉄にてPBへ	
	15:00	PB-CAVE - ONE Penn Plaza	PBIにおけるCIM導入事例と意見交換
	21:00	NY市内で夕食、地下鉄で	夕食後地下鉄にてHotelへ
9/24(火)	23:00	Days Inn Long Island City着	
	9:00	荷物をまとめて404へ移動	
	9:20	各自チェックアウトを済ませ、玄関前集合	
	9:30	地下鉄にて視察現場へ	
	10:00	7 World Trade Center前集合	地下鉄にてCIM導入現場へ
	12:00	地下鉄にてホテルへ	
	13:00	LA GUARDIA, TERMINAL: B	ホテルで荷物受取後タクシーでLGAへ 空港で昼食
	15:07	UA685(ANAチーム) ターミナルBから出発	16:41 シカゴ着 T1到着後T3へ移動
	15:20	AA341(JALチーム) ターミナルBから出発	17:05 シカゴ着 T3到着
	17:30	T3(AA到着ターミナル)ターンテーブル前集合	
	レンタカーでホテルへ	7人乗りミニバン2台にて	
18:00	Howard Johnson Inn and Suites Elk Grove Village O'Hare着	ホテル到着後近隣レストランで夕食	
9/25(水)	7:30	ロビー集合	
	7:50	レンタカーにて移動	
	10:00	イリノイ大学アーバナシヤンペーン校到着	施設視察とBIM関連研究紹介
	12:00	昼食	学内カフェにて
	13:00	イリノイ大学	米国陸軍工兵隊建設技術研究所、BIMマネージャ経験者との意見交換
	17:00	アーバナシヤンペーン近郊にて夕食	
	19:00	レンタカーにて移動	
21:00	Howard Johnson Inn and Suites Elk Grove Village O'Hare着		
9/26(木)	7:00	荷物をまとめてロビー集合、チェックアウト	
	7:00	レンタカーにて空港へ	
	9:05	UA1400(ANAチーム) ターミナル1から出発	11:46 SFO着 T3到着
	9:35	AA53(JALチーム) ターミナル3から出発	12:05 SFO着 T2到着
	12:30	T2(AA到着ターミナル)ターンテーブル前集合	
		レンタカーにて移動	7人乗りミニバン2台にて
	13:30	One Market Gallery着	ギャラリー一見学、CIM導入現場説明、西海岸CIM導入事例紹介
		レンタカーにて移動	
	15:00	工事現場視察	Presidio Parkway現場見学
		レンタカーにて移動	
17:00	サンフランシスコ市内で夕食		
21:00	Fairfield Inn SFO Airport着	Itinerary	
9/27(金)	8:20	ロビー集合	
	8:30	レンタカーにて移動	
	9:30	スタンフォード大学	CIFE研究紹介
	12:00	昼食	
	13:00	スタンフォード大学	BIM/CIM ROIワークショップと意見交換
		レンタカーにて移動	
	18:00	Palo Alto市内で夕食	解散式
19:00	Fairfield Inn SFO Airport着		
9/28(土) 9/29(日)		矢吹先生 先発	
	8:00	ANAチームのみロビー集合	JALチームは自由解散
	10:00	ANAチーム レンタカー(山根号)にて移動	
		大林アメリカ 視察	藤澤・杉浦・影山
	10:30	SFO 着	
	12:00	昼食	
	12:25	NH007 出発	29日 11:00 成田着
	19:30	JL001 出発	29日 22:20 羽田着
			JALチームは自由行動17:30までに各自チェックイン

9/22, 23 NYC 移動



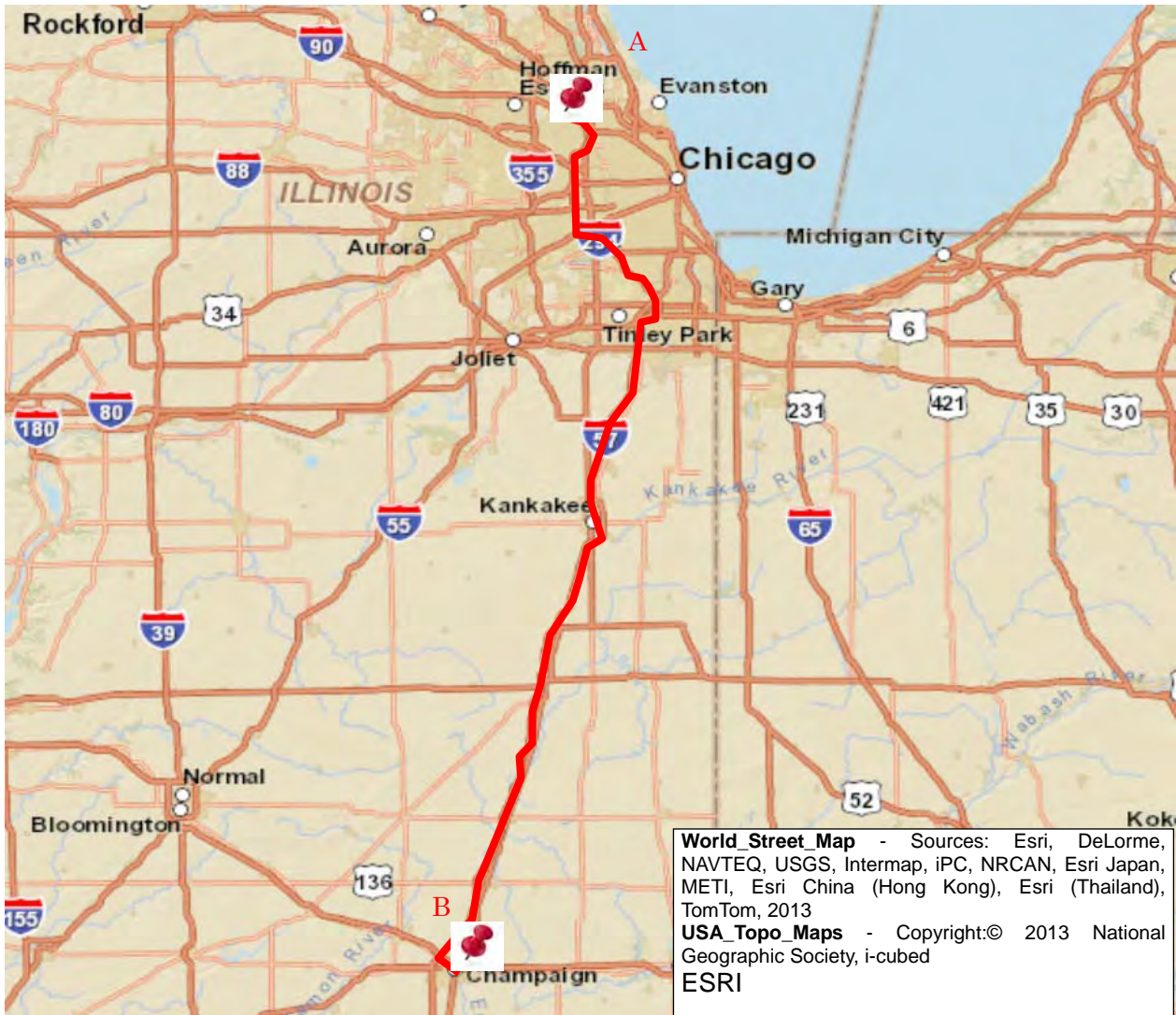
A: Days Inn, 31-36 Queens Boulevard, Long Island City, NY 11101, United States

B: (1) Mercury Meeting ,280 Broadway, 7th Fl. New York, NY 10007(9/23)

(2) ニューヨークワールド・トレード・センター(9/24)

C:Parsons Brinckehoff ,One Penn Plaza NY, NY 10019(9/23)

9/25 ホテル～イリノイ大学



A: Howard Johnson Inn and Suites Elk Grove Village O'Hare

B: University of Illinois at Urbana-Champaign, Champaign, IL, United States(約 254Km)

資料-2 チーム紹介資料(英文)

Photo	Title (Prof. Cert.)	FIRST NAME	LAST NAME	Representation	Affiliation	Position	Agenda	調査項目
	Prof. Dr.	NOBUYOSHI	YABUKI	Japan Society of Civil Engineers http://www.jsce-int.org/	Division of Sustainable Energy and Environmental Engineering, Graduate School of Engineering, Osaka University	Professor	To acquire information, knowledge, and documents on how BIM methodology is employed in civil infrastructure projects, particularly, about information sharing among different parties, contractual matters (DB vs. DBB), methods to evaluate the benefits from Infrastructure BIM, dissemination issues (including training), and prospects on Integrated Project Delivery (IPD).	英語のみ
	Mr.	SHINICHIRO	MOTOMURA	Ministry of Land, Infrastructure, Transport and Tourism http://www.mlit.go.jp/en/index.html	Construction System Management Office, Minister's Secretariat Engineering Affairs Division, MLIT	Subsection Chief	Having understood that everything has been set in the US to proceed BIM for Infrastructure initiatives such as organization, human resource, budget and law needed, how and what kind of background did US establish initiatives of BIM for Infrastructure? What kind of advantage to introduce BIM for Infrastructure at construction sites? Is there any rule or guideline for BIM model submittal to governments and its accuracy or credibility?	・アメリカはCIMを推進するための行政の体制(組織、人材、予算、法律等)が整っていると认为が、どのような背景・プロセスによってCIM推進体制を構築したのか。 ・現場にCIMを導入して、実態どのようなメリットがあるか。 ・公共事業で、CIMモデルのデータを国(連邦政府)に納める際に、モデルの精度や納品に対して決まりごと、基準はどのようなものがあるか。
	Mr. P.E.jp	TERUAKI	KAGEYAMA	Japan Construction Information Center http://www.jaic.or.jp/english/cont31.html	Research and Development Department, JACIC	Senior Researcher	・Procurement process of BIM ・How to manage the outcome of BIM(As Build, Delivery system)	英語のみ
	Mr.	SHIGEAKI	HIGASHIDE	Advanced Construction Technology Center http://www.actc.c.or.jp/english/index.html	Research Dept.1 and 2, ACTEC	Director	Progressive means of shift from 2D to BIM and introduction of BIM to industry? BIM introduction to the infrastructure industry requires drastic changes in business rules and legislation, so it looks difficult to immediately proceed and requiring step-by-step process. I would like to know any specific information such as goals, key activities, priorities and roadmaps. Information exchange and sharing means? I would like to know rules and systems as well as how to manage the systems among multiple organizations such as public sector owners, contractors and local stake holders.	・CIMの段階的移行や導入の方法 ・CIMの導入にあたり、制度やルール等の大幅な見直しを伴い、すぐに移行することは困難であり、段階的な移行や導入を行っていると考える。その具体的な方法(将来の目標の設定、重点項目、優先順位)の決め方、ロードマップ等)について知りたい。 ・多くの関係者における情報交換・共有の方法 ・CIMを運用するにあたり、発注者、受注者、地元関係機関等のプロジェクトの関係者間におけるデータ交換・共有を行うためのルール、システムについて、その内容や運用方法について知りたい。
	Dr.	TAKASHI	FUJISHIMA	Japan Construction Machinery and Construction Association http://www.cmi.or.jp/(Japanese)	Third Research Division, Construction Method and Machinery Research Institute (CMI)	Chief of Third Division	Assuming that overall lifecycle productivity is improved with BIM introduction: which business process is reduced; is any work hour reduction expected; and which business process is improved? On the other hand, which business process is increased; is any work hour increase expected; and is any cost increased? Specifically in terms of increased cost, who consumes the cost increase and how if the owner wants the contractor to execute the project with BIM. What kind advantage do you expect at local, small construction projects? Is BIM applicable to infrastructure maintenance project? From both owner and contractor perspectives, is any specific goal set before deciding to implement BIM for construction?	・BIMの導入で、全体の効率化を目指していると思いがすが、 ①減る? 時短? 効率化? する業務 ②増える? 長くなる? 新たに発生する? 業務 があると思います。特に、安についての手段(お金はどこから回す? 人はどこから?)はどうなっているのか? ・施工者の場合は、自社内での結論だと思っておりますが、発注者が関与している場合は違っている? ローカルの小規模工事でもBIM? どのようなメリットがあるのか? ・インフラの修繕工事でもBIMは使うのか? ・BIMを導入する前の工事で、そもそもどのような課題認識があったのか? 発注者? 施工者?
	Mr. M.S. PE.jp	YASUO	FUJISAWA	Japan Civil Engineering Consultants Association http://www.jcca.or.jp/(Japanese)	Information Technology Department, Yachiyo Engineering Co., Ltd.	Department Manager	Any advice to Japan that decided to promote BIM for Infrastructure from how would be appreciated.	これから日本でCIMを推進するためには何が必要か
	Mr.	SHINYA	SUGIJURA	Japan Federation of Construction Contractors http://www.nikk-enren.com/(Japanese)	Civil Division General Manager room, Obayashi Corporation	Manager, Information Planning Division	What is the motivation for small and medium sized contractors to positively implemented BIM for Infrastructure? When you decide to implement BIM for Infrastructure to a construction project, is there any specific industry-wide rule for the decision or individual firm has its own? The cost required to implement BIM for Infrastructure is too high for smaller firms, specifically smaller construction firms. Who creates BIM model? Is it employee or outsourced? Any borderline can be drawn based on the size of the company (revenue) that can leverage BIM? Is there any specific type of work at which BIM is easy to implemented?	・米国では、ローカルコントラクターも積極的にBIMを導入していると思うが、導入モチベーションは何か。 ・施工現場のBIMが中心だと思いが、実施する会社の規模とそれにかかるコストが見合っていない気がします。BIM実施するの決断に至るの場、受注案件の規模で何か一定のルールがあるのか、あるいは会社員に決まっているのか。 ・モデル作成は自社プロパーが行っているのか、外注か。 ・米国建設会社の規模によって、(たとえば年間受注高がこのくらい)の会社)BIMへの取組を行う会社と行わない会社の線引きがでるのか。 ・工程によって、BIMの取り組は違うのか。(大規模の現場実施経験より、工程によって、BIMへの取組が違うように感じている)
	Dr.	YOSHIHIKO	FUKUCHI	Open CIM Forum, Open CAD Format Council http://www.ocf.or.jp/(Japanese)	WW ENI Sales Development, Autodesk Inc.	APAC ENI Sales Development Executive	Any success case or unsuccessful case of BIM for operation and maintenance in infrastructure?	英語のみ

Accompanying party

	Mr.	KAZUHITO	NISHIHARA	Industry News Paper	The Kensetsutsushin Shimbin Corporation
	Mr.	SEIJI	YAMAMOTO		Autodesk Ltd, Japan
	Mr.	TOMOHARU	YAMANE		Autodesk Ltd, Japan

資料-3 事前行程詳細(英文)

Date	Lv	Av	Stay	Activity	Meeting Venue	Attendee Candidates from US	Delegation Member	
Sunday, September 22, 2013	Narita	JFK		am	Arrival	Hotel - Sightseeing	MLIT JSCE JCCA JFCC ACTEC JACIC CMI OCF	
		NH010 JL006	New York	6:00 PM	Delegate team Dinner	Hotel Restaurant		Doug Eberhard, Autodesk
Monday, September 23, 2013				10-1 am	BIM/CIM Presentations and Discussion	Mercury NYC Conference Room		Christopher Santulli, P.E., Assistant Commissioner, Engineering & Safety Operations, DOB, NYC Doug Eberhard, Autodesk Martin Beahm, Autodesk
				2-4 pm	Presentation / Meeting with PB Global BIM/VDC Manager (Jay Mezher) on BIM/CIM/VDC for Infrastructure Projects	PB CAVE - One Penn Plaza		Jay Mezher, AIA, Global VDC, Director, Parsons Brinckerhoff Doug Eberhard
			New York	6:00 PM	Reception	Hotel Restaurant		Jay Mezher, AIA Global VDC Director Parsons Brinckerhoff Doug Eberhard
Tuesday, September 24, 2013				9:00 am	Infrastructure Project Tour? Doug Checking with PB.	Project Location 2nd Avenue Station WTC		Doug Eberhard Jay Mezher, AIA, Global VDC Director, Parsons Brinckerhoff
	JFK	ORD UA685 AA341	Chicago	pm	Aft Flight to Chicago	Hotel		
Wednesday, September 25, 2013			Chicago	10:00 am 4:00 pm	BIM briefing of UIUC, USACE and other BIM experts BIM related research presentation fro UIUC faculty	Conference room at University of Illinois, Urbana Champaign		Bill East, U.S. Army Construction Engineering Research Lance Marrano, U.S. Army Construction Engineering Research Dan Hicks, Condition assessment group of the Army Corps Jan Reinhardt - Founder / Principal ADEPT Project Delivery LLC Prof. Khaled El-Rayes, Associate Department Head Prof. Liang Liu, Associate Department Head Prof. Nora El-Gohary, Construction Management Group Prof. Brent Young, Construction Management Group Prof. Mani Golparvar Fard John Popovics, Condition assessment and health monitoring experts Bill Spenser, Condition assessment and health monitoring experts Doug Eberhard, Autodesk
Thursday, September 26, 2013	ORD	SFO UA1400 AA53		am	Arrive at SFO around noon			
			San Francisco	pm	One Market Gallery Tour and Briefing - Presidio Parkway Construction Site Visit afterwards	One Market Gallery - Const Site		Doug Eberhard, Autodesk Ken Stowe, Autodesk Tristan Randall, Autodesk Molly Graham, Senior Project Manager, PB
Friday, September 27, 2013			San Francisco	am pm	BIM/CIM Roundtable discussion CIFE Presentation BIM ROI Workshop (Ken Stowe)	CIFE, Stanford University		John Kuhns, Executive Director, CIFE, Stanford University Doug Eberhard, Autodesk Ken Stowe, Autodesk Tristan Randall, Autodesk Glenn Katz, Autodesk
Saturday, September 28, 2013	SFO	NH007 JL001	In-flight		Departure			
Sunday, September 29, 2013		Narita Haneda						