

# 平成28年度 CIMに関する海外調査 米国方面

米国政府機関・大学での  
BIM/CIM活用の検討状況や  
ICT企業の最新動向を調査

JACIC 研究開発部  
主任研究員 阿久澤孝之

## ■ 政府機関

- FHWA: アメリカ連邦道路管理局

## ■ 研究機関(大学)

- イリノイ大学アーバナ・シャンペーン校

## ■ 受注者側企業

- 建設コンサルタント: vhb
- 建設会社: CLARK CONSTRUCTION

## ■ ICT企業

- Autodesk社ボストンオフィス
- Topcon社 Tech Dev Center

## 平成28年度 CIMに関する海外調査 (米国方面)

Federal Highway Administration  
(FHWA: アメリカ連邦道路管理局)

10月31日 (Autodesk社ボストンオフィスにてヒアリング)



写真の左から一人目がFHWAのRoger Grant氏

## ■ 組織概要

- 米国運輸省の高速交通の専門機関
- FHWA の各地区事務所や州運輸局、大都市計画局、その他の交通分野の機関に対し、**研修や専門的支援を通じ、交通関連技術やソリューションの普及を推進**

## ■ 調査対象(内容)

- ① FHWAが実施した**Bridge Information Modeling (BrIM)**  
プロジェクト

IFC: プロダクトモデル(3次元モデル含)のデータ交換標準

## ■ 参加者

Roger Grant氏: プロジェクト担当者

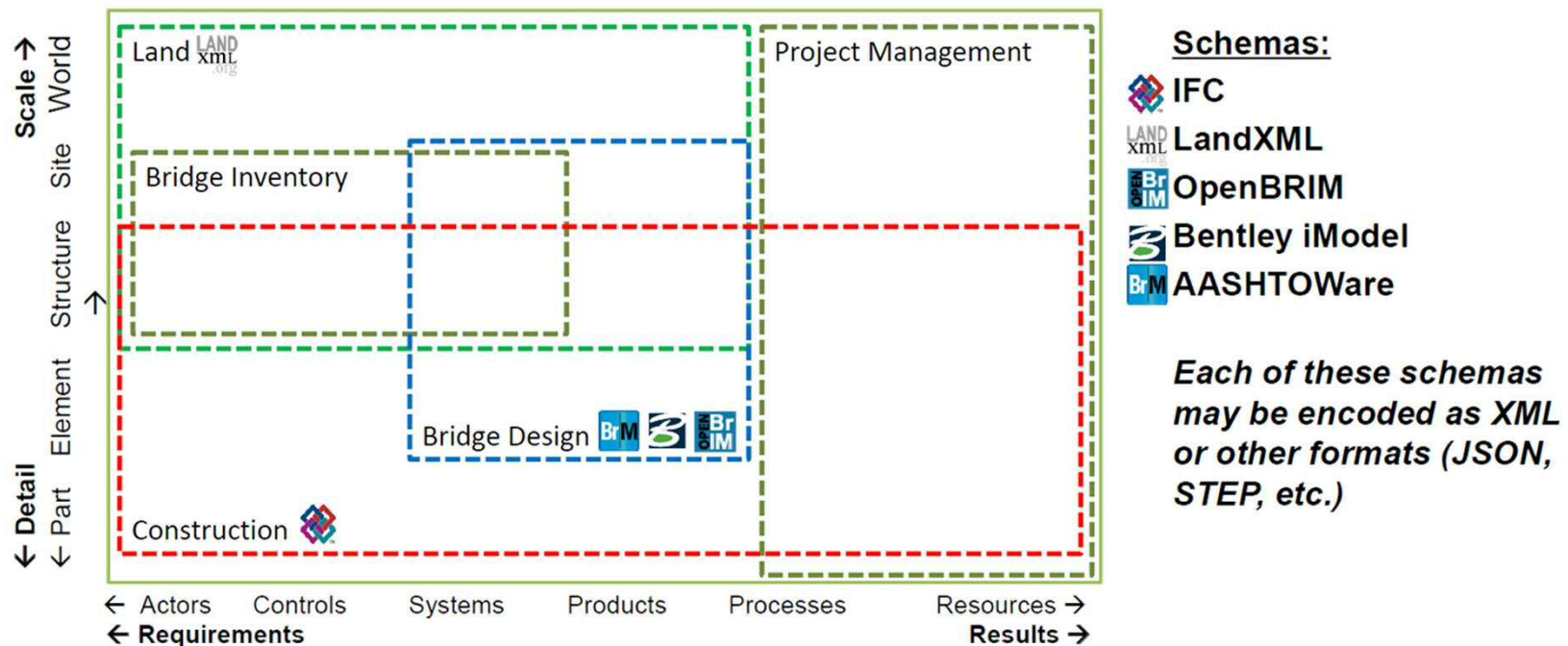
# Bridge Information Modeling (BrIM概要)

- 橋梁に関する電子データ定義、異なるソフトウェア間のデータ交換、設計者・施工者等の利便性を目的として開発されたデータ交換仕様
- IFCの既存のスキーマを利用してMVD (Model View Definition) を定義
  - **MVD**: データ交換を行う分野で、IFCをどのように活用するかを記述したドキュメント
- 主に設計から施工に伝達する情報が対象。設計および施工のモデルと工場製作のモデルの統合が実用的かつ経済的効果がある。
- 多くの州の発注事業で検証が進められている。

BrIM関連ドキュメントの構成	記載内容
Introduction	橋梁のライフサイクルに関するプロセスマップの開発について説明
Volume I: Exchange Analysis (交換分析)	橋梁のライフサイクルに関するプロセスマップの開発について説明
Volume II: Schema Analysis (スキーマ分析)	橋梁情報モデルに関連する標準化について説明
Volume III: Component Modeling (コンポーネントモデリング)	2つの実橋梁を用いて、設計の契約図面に示されるコンポーネントのモデル作成について説明

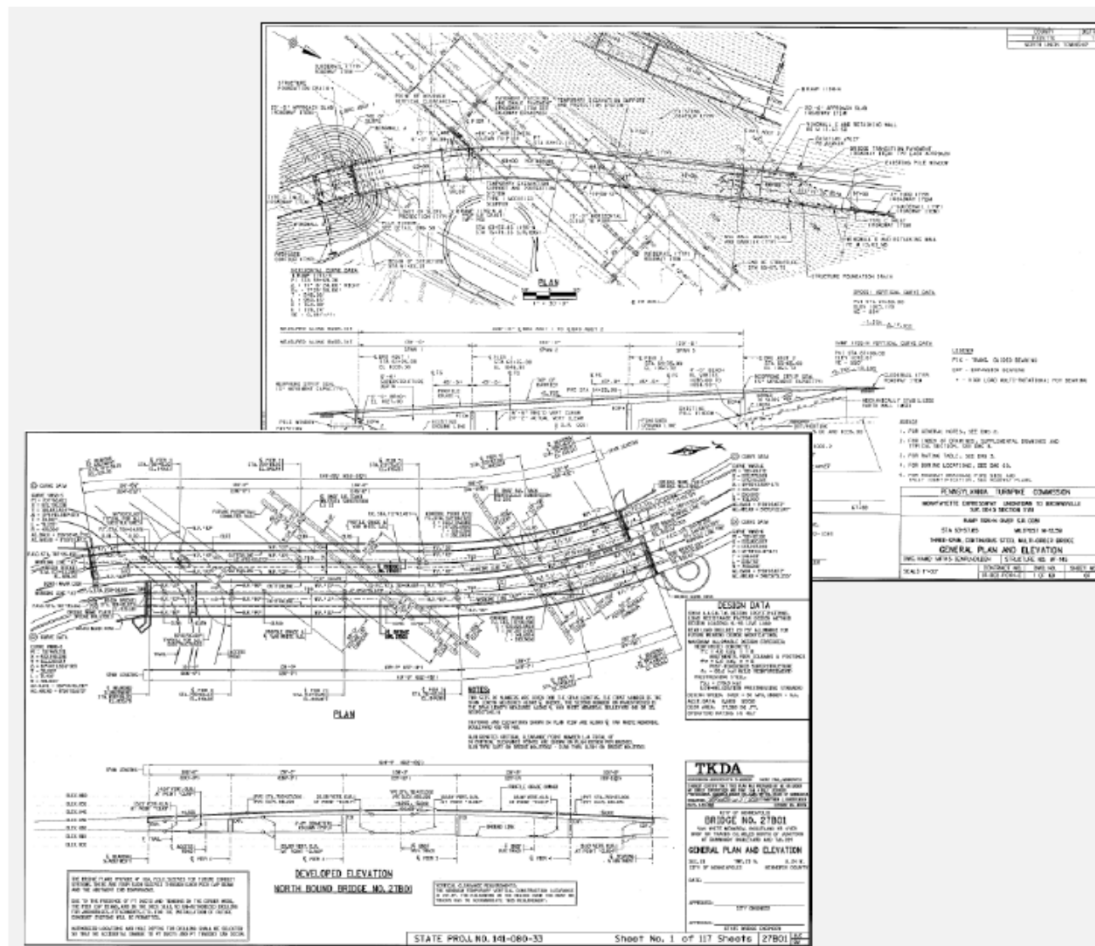
## IFCの採用経緯(既存スキーマの分析)

- 既存のデータ交換用スキーマの対象範囲を調査した結果、橋梁のデータ交換仕様として、IFCが最も広い範囲を対象とし、有効であることが判明、IFCにより仕様を策定することとした(図中の赤線がIFCの対象範囲)。
- 現在は、buildingSMART Internationalのプロジェクトに参画しており、IFC-AlignmentやIFC-Roadなどの活動に積極的に取り組んでいる。



# 実際の設計事例での検証

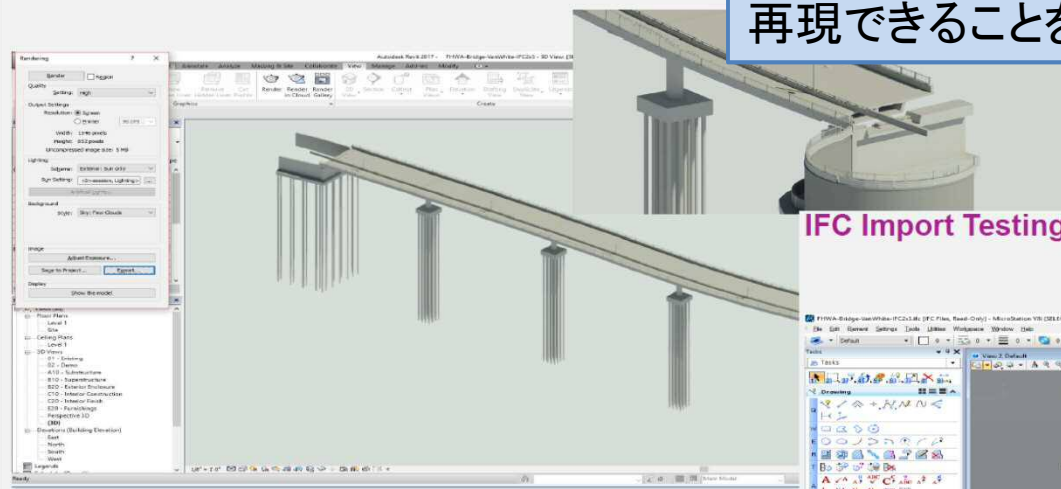
- コンクリート橋と鋼橋の**実際の設計事例**で検証。
- **契約から施工で必要な情報**として、設計図に記載されている情報が、IFC2x3を用いて表現可能であることを確認
- IFC4.1を用いれば**線形 ( IFC-Alignment )**に関する記述も可能



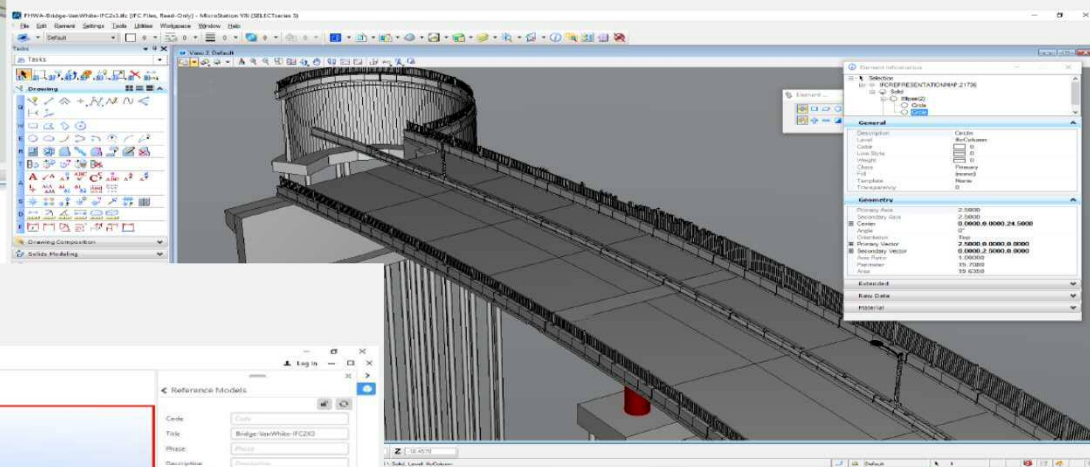
# 3D-CAD製品でのデータ交換の検証

モデリングツールで作成したIFCファイルを、Autodesk Revit、Bentley MicroStationおよびTekla BIMsightで再現できることを確認

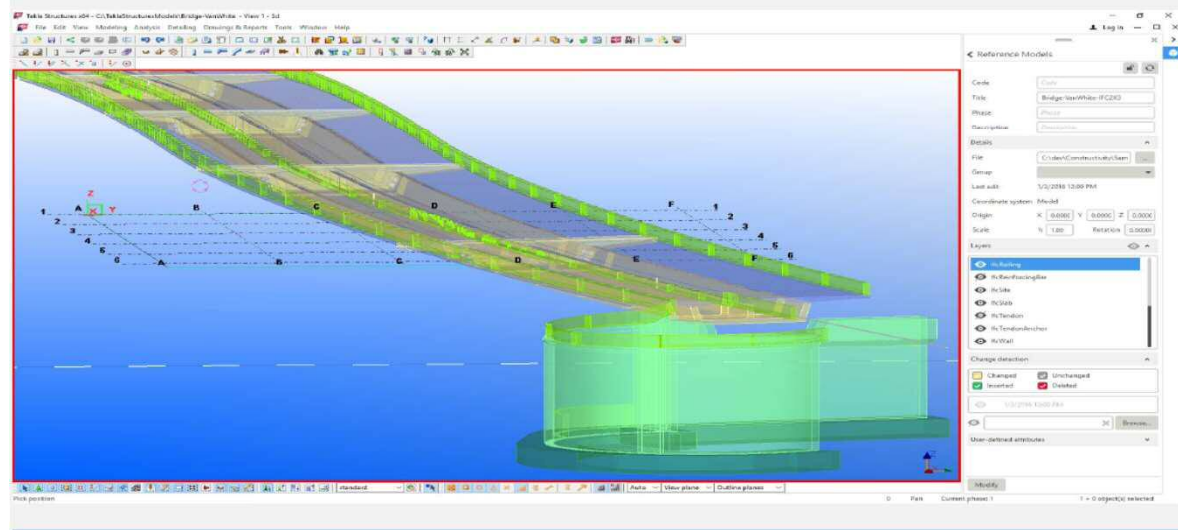
IFC Import Testing: Autodesk Revit



IFC Import Testing: Bentley MicroStation



IFC Import Testing: Tekla Structures





## その他確認した事項、今後の課題

- 既存のソフトウェアでデータ交換可能となるよう、可能な限り既存のスキーマを用いることで、できるだけ拡張を行わないことを重視
- 米国の現状は契約図書として2次元のドキュメントが要求されているが、3次元モデルへ移行しようとしている(まだ時間を要する)。
- FHWAでは直接建設事業を発注しないため、BIMガイドラインは州レベルで策定。現在のBIMガイドラインのほとんどはペンシルヴァニア大学が作成したガイドラインをベースに作られている。
- 現段階では橋梁の幾何要素の記述が主であり、属性情報、要素の分類は今後の課題。プロジェクトの予算確保も課題。

# 平成28年度 CIMに関する海外調査 (米国方面)

## Autodesk 社 ボストンオフィス 10月31日訪問



Autodesk 社 ボストンオフィス「Build Space」にて

# Autodesk 社 ボストンオフィス 概要

## ■ 組織概要

- 世界有数のCADベンダであり、「AutoCAD」に代表されるCAD製品を開発・販売
- 同社のボストンオフィスは、米国東海岸の拠点であるとともに、建築・建設分野のベンチャー企業向けに試作品の製作・開発環境（製作ロボット、カッター、溶接、3Dプリンター等）を提供する「Build Space」を提供



Autodesk 社 ボストンオフィス「Build Space」

## ■ 調査対象(内容)

### ① BIM/CIM製品の開発やIFC対応の状況

IFC: プロダクトモデル(3次元モデル含)のデータ交換標準

### ② ボストンオフィス「Build Space」

### ③ 地元設計コンサルタントでの同社製品 (InfraWorks360) の活用状況

## ■ 参加者

Frank Moore氏 : 会場手配・会議統括

Angel Velez氏 : Autodesk Revit® 開発担当

Chakri Gavini氏 : Autodesk Civil 3D® および  
InfraWorks360® 開発担当

Ryan Noyes氏 : vhb社 設計可視化技術チームマネージャ

# BIM/CIM製品の開発やIFC対応の状況

## ■ RevitのIFC対応状況

- 「Autodesk Revit®」: BIM(建築)用ソフトウェア  
(※橋梁等の構造物モデルの作成も可能)
- 10年前からIFCに対応。IFCのバージョンアップに積極的に対応している。(bSIが行う)IFC4検定の仕組みについて積極的に対応中
- IFCでは、IFC2x3からIFC4へのバージョンアップで、より複雑な形状が交換できるようになった。



図 Autodesk社のIFC対応製品

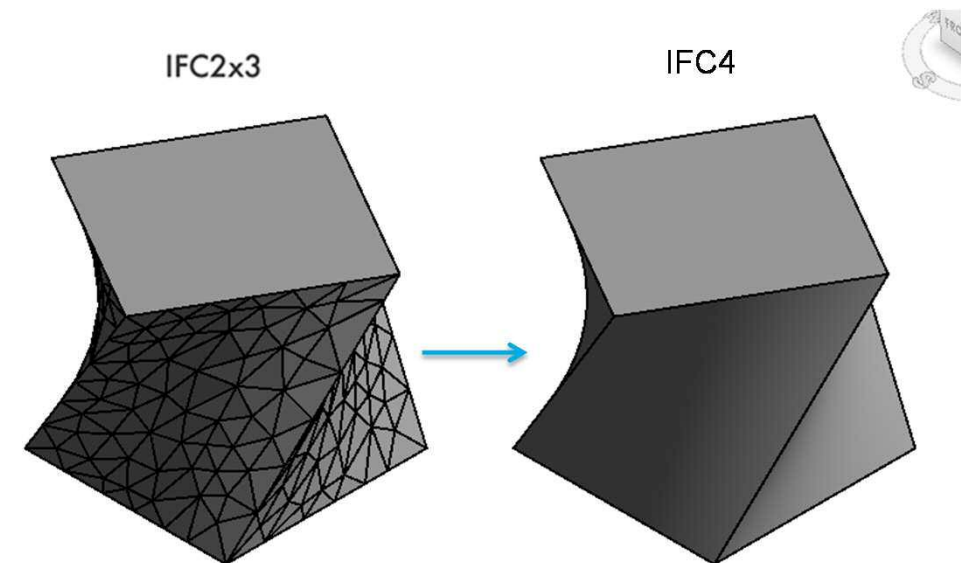


図 IFC2x3からIFC4でのデータ交換の向上例

# BIM/CIM製品の開発やIFC対応の状況

## ■ RevitのIFC対応状況

- IFC4検定の仕組みは、複雑で困難を極めており、どの時点で開始できるかは明言できない状況。
- 今後の予定として、オープンIFCの対応として、オープンソースによるIFCの入力、出力、リンクに関する機能の実装について開発調査中。

## ■ Civil3Dの開発ロードマップ

- 「Autodesk Civil3D®」: 土木設計用(主に道路)の3次元CAD
- 年1回の定期バージョンアップの間に、様々なアップデート(機能強化)を実施。機能追加にあたり、SNSの利用者コミュニティからの要望について積極的に対応
- 現在の開発の3大テーマは、①設計の効率化、②図面作成の効率化、③コラボレーション(共同作業)の効率化
- クラウド上のデータ管理環境「BIM360」に対し、Civil3Dのプロジェクト管理機能をクラウド上で実現。クラウド上で全ての属性情報やプロパティ情報を閲覧可能
- IFC-Alignment(線形の交換標準)に対応。IFC-Alignmentは、InfraWorks360でも対応予定。

## ■ 概要

- 米国ニューイングランド地区で、Autodesk製品を有効に活用している設計コンサルタント企業
- 米国での道路設計業務での納品物は二次元図面。ただし、三次元の動画やスクリーンショットが納品物になることもある。

## ■ 設計の初期段階に3Dモデルを作成：Autodesk「InfraWorks360」の活用

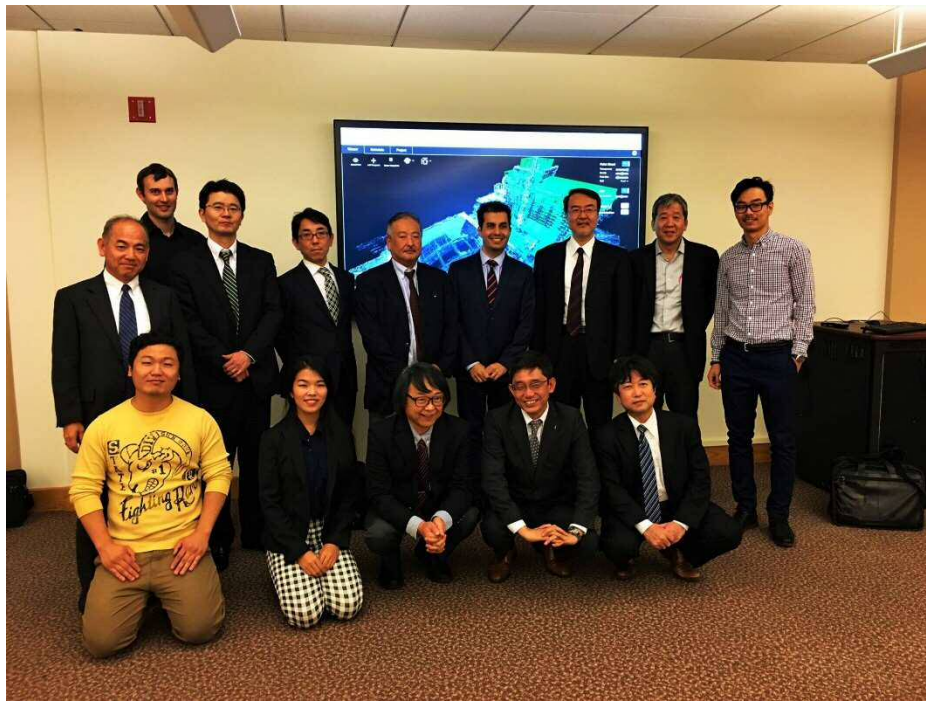
- 事業の初期段階では、(土木・建築分野の)技術的な知識を持たない人々とのコミュニケーションが多い。概略・予備設計では、関係者に事業を理解してもらうことがプロジェクト成功のために重要
- プロジェクト当初のミーティングの際に、(同社の)提案によって現況がどのように変更されるかを可視化することで、管理・監督する発注者側の職員は、どのような計画であるか理解しやすくなる。

## ■ VR(バーチャルリアリティ)の活用

- 360° パノラマの3D動画を作成し、プロジェクトの現況説明等に活用。
- 顧客からも好評。自社内の3D化に対して後ろ向きだった人も興味を示すようになった。
- Oculus、HTC Vive、Google Cardboard

## 平成28年度 CIMに関する海外調査 (米国方面)

### イリノイ大学アーバナ・シャンペーン校11月2日訪問 (Clark社 McCormick Place Hotel Project 11月1日現場見学)



イリノイ大学アーバナ・シャンペーン校にて



McCormick Place Hotel建設現場にて



## ■ イリノイ大学の概要

- アメリカ合衆国 州立大学(1868年設立)
- 本部: イリノイ州アーバナおよびシャンペーン
- U.S.News Top Public Schools(米国) **11位**(2016年現在)
- Academic Ranking of World Universities 2010(世界) **25位**  
(工学系の専攻では**4位**)

## ■ Real-time & Automated Monitoring & Control Lab(訪問先)の概要

- 革新的な研究, 質の高い教育およびAEC/FM産業に対する技術的ソリューションを提供
- 産業界と協調して, ビジュアルセンシングによる最先端の研究等を実施

## ■ 調査対象(内容)

### ① Visual Production Management systemの研究成果

#### ・ 研究の概要

Visual Production Management system とは、SaaS (Software as a Service) のプラットフォームを用いたビジュアルデータにより建設現場の透明性、説明責任や工程管理の向上を図るものである。

具体的には、ドローンで撮影した映像から点群モデルを生成し、BIMモデル(4D BIM)と点群モデルおよび工程とを関連付けた4D点群モデルを用いて工事の進捗管理を行う( McCormick Place Hotel Projectにおいて現場導入)。

## ■ 参加者

Mani Golparvar-Fard氏 : イリノイ大学 準教授

研究成果の説明担当

Gustavo Garcia Vazquez 氏 : イリノイ大学 大学院生

McCormick Place Hotel Projectにおける本システム担当(インターンシップ)

## Visual Production Management systemの概要

- ◆ 4Dの点群モデルをWebベースのプラットフォームで表示
- ◆ 画面下には時間を表すゲージ(紫色)があり、ドローンの撮影日(オレンジ色の印)を変更することで、現場の進捗の変化を把握することが可能
- ◆ 工程はガントチャート, スプレッドシートおよびカレンダーの形式で表示でき、工程の遅延がある場合その原因をカラコードで表示させることが可能
- ◆ 現場レポート(作業の場所, タスク, 会社, スケジュール等)を出力でき、出力した帳票は作業のリスク分析や工程会議の資料に活用



図 4Dモデル表示画面

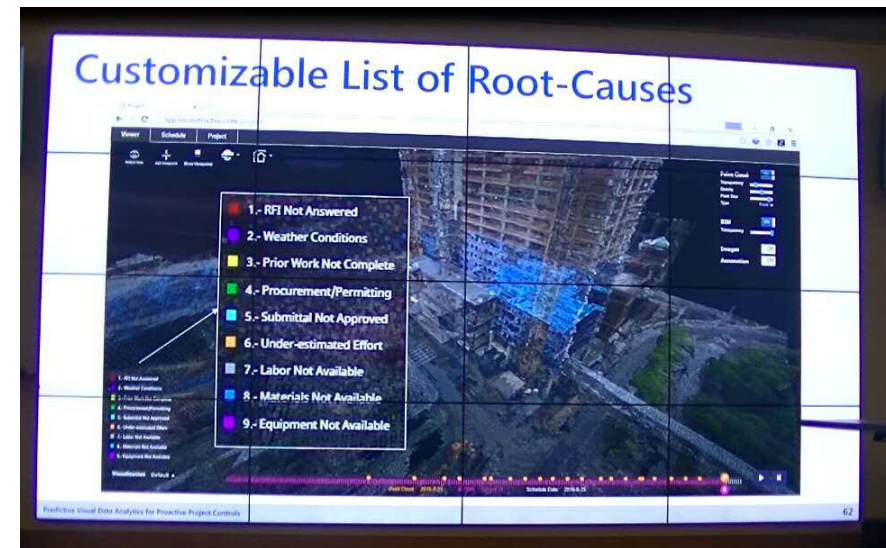


図 工程遅延の原因の識別

## • 研究の背景

- ◆ 米国における10億ドルを超えるメガプロジェクトの98%で、**施工費の増大や工期遅延が発生**

### 【想定される原因】

不十分なコミュニケーション、作業管理の不備、不十分な短期(週間)計画、進行状況の把握の過ち、リスクマネジメントの不足、合意形成の不備等

- ◆ **ビジュアルデータを活用して、計画に対する進捗状況の把握、作業員の稼働状況を把握することにより、これらの課題解決を図る。**

## • プロジェクトへの適用

- ◆ カリフォルニア州サクラメントにあるキングススタジアムにおいて実験を行いその成果を確認
- ◆ McCormick Place Hotel Projectにおいて、実際の進捗管理に導入

- McCormick Place Hotel Projectの概要
  - ◆ 40階建てのホテルと1万席のアリーナで構成
  - ◆ アリーナは地元のバスケットボールの試合やコンサートなど多目的に利用
  - ◆ 32ヶ月のデザインビルドでCLARK CONSTRUCTIONが契約
  - ◆ 建設期間は25ヶ月
  - ◆ 完成見込時期は2017年第三四半期



図 完成イメージ(全景)



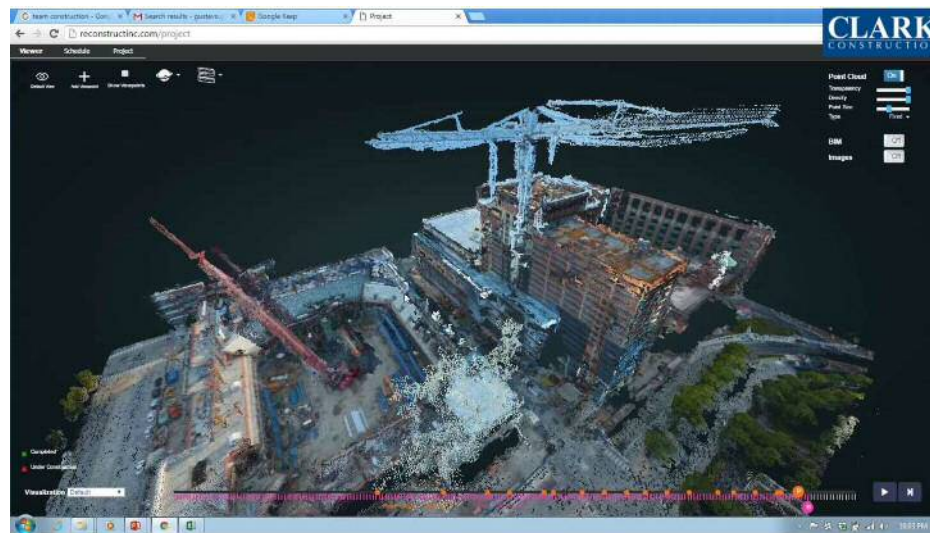
図 完成イメージ(アリーナ内部)

- ◆ Visual Production Management systemを用いてUAV(ドローン)で撮影した映像から生成した工程と関連付けた4D点群モデルとBIMモデルを用いて工事の進捗管理を実施
- ◆ Visual Production Management system導入の目的は、①現場を可視化し工事に関する課題抽出、②現場の進行状況確認、③事前の問題把握
- ◆ 週間工程会議において全ての工種の関係者が、Visual Production Management systemの4D点群モデルをスクリーンを見ながら打合せができるため、複数の工種が同時並行しているときはこの技術はお互いの認識を合わせるのに非常に効果的

# 施工現場「 McCormick Place Hotel Project 」への導入



UAV(ドローン)による施工現場の  
進捗状況の撮影風景



Visual Production Management  
systemへの4D点群モデル表示状況



週間工程会議の状況

- McCormick Place Hotel Projectにおける導入成果
  - ◆ Visual Production Management systemを導入したことにより、導入開始の6週間で生産性の向上、工程遅延およびリスクの減少といった効果が見られた。
- Real-time & Automated Monitoring & Control Labにおける新たな技術開発
  - ◆ 点群の生成に最適なドローンの飛行経路のシミュレーションプログラム
  - ◆ 走行経路を記憶する自走ロボット
  - ◆ 作業員の動作を追跡し、作業内容等を判別する技術



# 平成28年度 CIMに関する海外調査 (米国方面)

## Topcon社 Tech Dev Center訪問(11月4日訪問)



## Topcon Tech Dev Center 概要

### ■ Topcon社の概要

- トプコングループは海外売上高7割を超える世界的な事業展開を行っている。
- 「ポジショニング」「スマートインフラ」および「アイケア」の3つの分野で事業を展開

### ■ Topcon Tech Dev Center（訪問先）の概要

- トレーニングと開発のための施設
- 年間40～50件のマシンコントロール・測量機器のトレーニングを実施

## ■ Topcon社の概要

- トプコングループは海外売上高7割を超える世界的な事業展開を行っている。
- 「ポジショニング」「スマートインフラ」および「アイケア」の3つの分野で事業を展開

## ■ Topcon Tech Dev Center（訪問先）の概要

- トレーニングと開発のための施設
- 年間40～50件のマシンコントロール・測量機器のトレーニングを実施

## ■ 参加者

Mark Contino氏：全体統括

Kris Maas氏：Machine ControlとGPSの説明担当

David Ahl氏：ソフトの説明担当

Jeff Deboer氏：UAVのデモ担当

John Dice氏：サイト長 デモの統括

- 米国 建設業における自動化施工の今後20年のトレンド
  - 1994年に220ミリオンドルだった建設業における自動化施工は、2014年には500ミリオンドルと10年で約倍増
  - 2024年には3.7ビリオンドルになる予想



図 米国 建設業における自動施工の規

# トプコン社の事業展開

## ■ 様々な技術の融合

- 「計測・センシング技術」「画像処理技術」「クラウドコンピューティング技術」等の様々な技術を融合することにより、自動化施工・インフラ整備等の事業領域において社会的課題を自社のソリューションで解決し、事業の拡大を図っている。



図 技術の融合の概念図

- MILLIMETER GPS (mmGPS)
  - GPSだけでは不可能だった“高さ精度”を独自のレーザー技術を融合することにより、mmの精度を実現
  - この技術を活用した製品 (SmoothRide) では、道路工事の路面切削から仕上げ舗装まで安定した精度と品質を実現

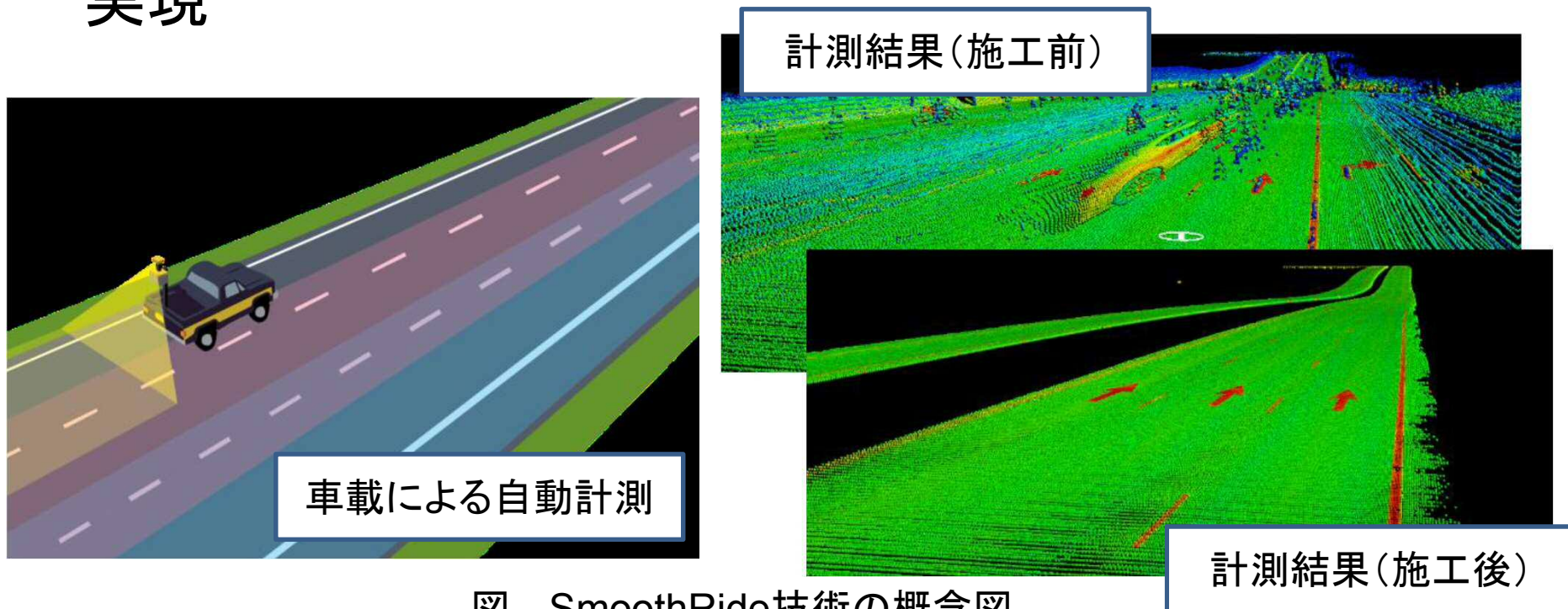


図 SmoothRide技術の概念図

## 主要な技術紹介

- 切削による不陸と転圧後の平坦性を考慮した必要アスファルト量を自動で計算して敷設することが可能
- 州のプロジェクトでは切削オーバーレイ工事において平坦性と走行性に優れた施工を行った業者にはボーナスを支給

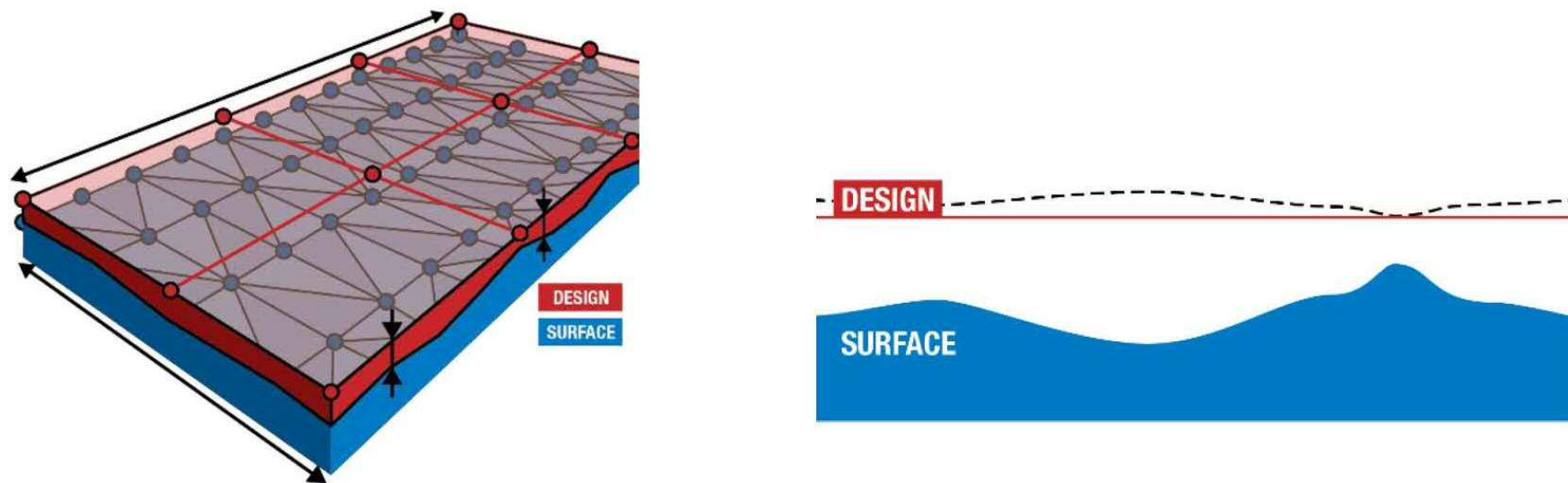


図 SmoothRide技術の概念図

## 主要な技術紹介

### ■ トータル ソフトウェア ソリューション「MAGNET」

- クラウドサーバーを活用し、データの共有から、進捗管理、コスト管理までも実現する Webアプリケーション
- 設計通りの施工が難しい局面に当たった場合、現況測量を行いサーバーにデータをアップロード、即座にオフィスで設計変更を行い現場にフィードバックすることで、時間的ロスを最小限にすることが可能

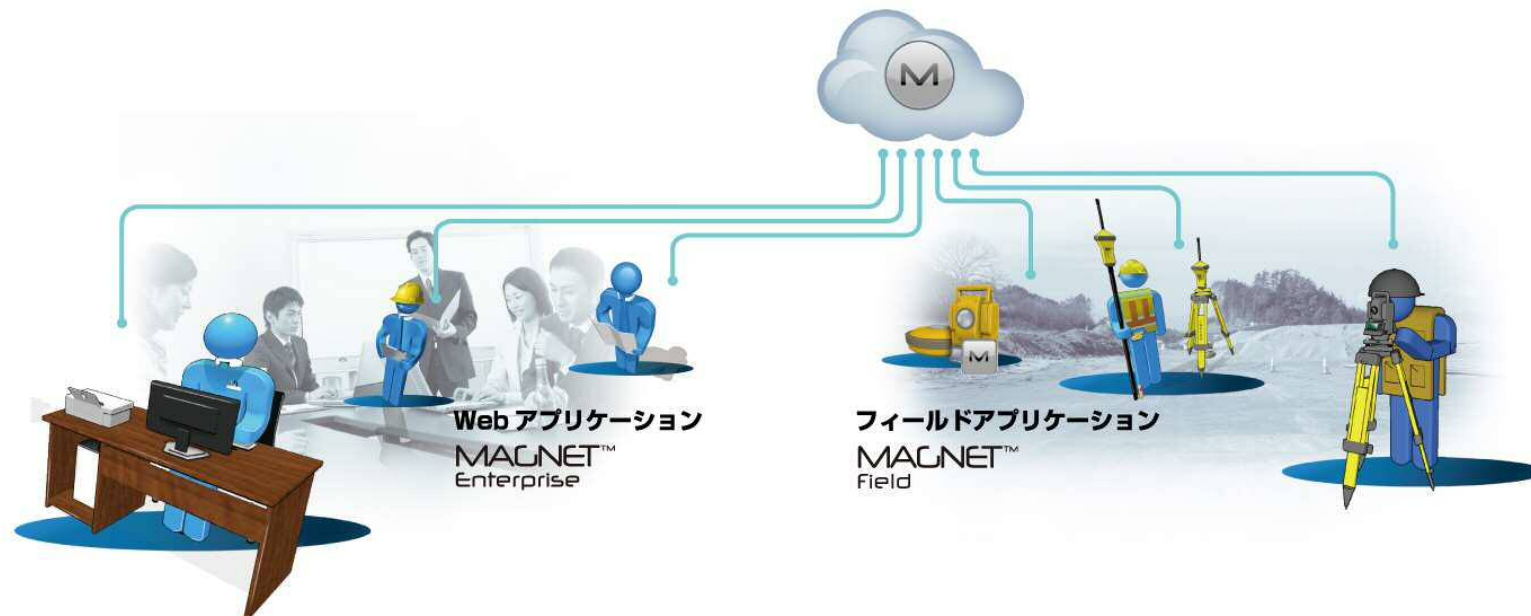


図 MAGNETの概念図



**Q1.**若手技術者に対してどのような教育プログラムがあるか？

**A1.**若者技術者に対してEPP (Educational Partnership Program)により最新・最先端の技術を習得させ、生産性の向上を図っている。また、様々な大学に技術者を派遣して教育もしている。

**Q2.**情報化施工は州政府においても推奨・奨励されているのか？

**A2.**レベルは様々だが、情報化施工が要求事項にはなっているところもある。土木のプロジェクトは大規模なため情報化施工を導入することでかなりの効果が期待できる。