

# 米国イリノイ大学におけるUAV(UAS)を活用した 3次元モデリング手法の開発

(平成27年度3月調査結果)

---

一般社団法人 日本建設機械施工協会  
施工技術総合研究所

研究第3部 藤島 崇

### 3.RECONSTRUCT Inc. イリノイ大学シャンペン校



キャンパス面積: 約5.95km<sup>2</sup>

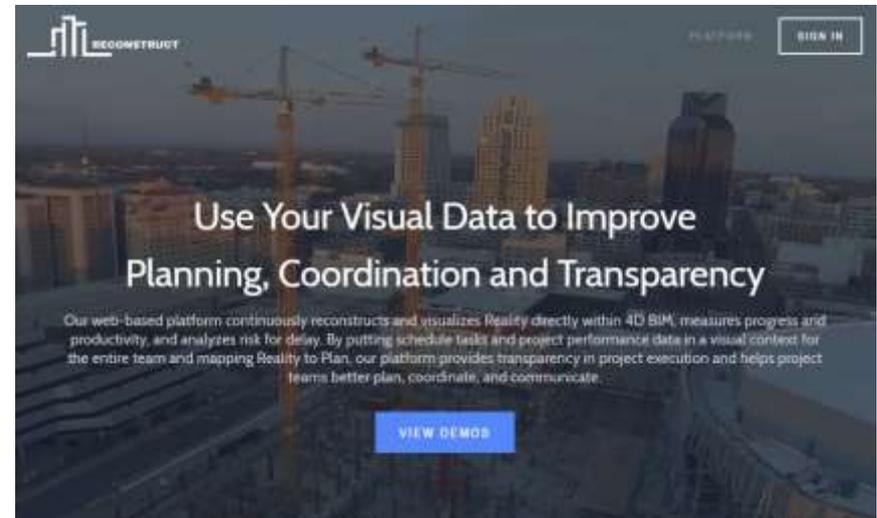
イリノイ大学アーバナシャンペン校  
University of Illinois at Urbana-Champaign

## RECONSTRUCT社のUASによる橋梁点検技術

### －RECONSTRUCT社の概要

イリノイ大学アーバナーシャンペーン校の企業インキュベート施設「リサーチパーク」において、同大学アーバナーシャンペーン校 土木環境工学科、コンピュータサイエンス科 准教授Mani Golparvar(マニ・ゴルパーバー、下記写真)氏らが立ち上げた、点群を活用した事業に関わる技術開発企業。

CEOをマニ氏、CTOを同じくコンピュータサイエンス科のDerek Hoiem(デレク・ホイエム)氏が担当している。



### RECONSTRUCT社のUASによる橋梁点検技術のターゲット

#### -米国における橋梁点検の課題

- ・高価で危険な作業が伴い、時間も要する
- ・交通規制が必要で、点検計画が煩雑
- ・診断結果がばらつく可能性がある
- ・発注者への負担が多きい



米国の橋梁数は、60万5000橋のうち、6万7000橋が構造的な不備を持っている  
(米国土木学会調べ)

※注) この調べの対象となる橋梁の規模は未確認

主流となっている調査方法は、橋梁上に駐車して人が乗ったバケットを上から下ろす「橋梁点検車」による。

例えば、ミネソタ州では、ミネソタにある2万橋について、2年ごとに点検している。

## RECONSTRUCT社のUASによる橋梁点検技術の利点

### ドローン導入の利点

- ・点検員がアクセスできない場所を安全に検査可能
- ・ルーチンにしたがった点検なので、内容が均質
- ・橋梁点検車に比べて安価
- ・橋の構造形式や、発注者の違いに左右されず、導入が簡単
- ・画像、点群、点検レポートは、安全なクラウドサーバに保存され、PCでもモバイル端末でも参照が可能



# RECONSTRUCT社のUASによる橋梁点検技術開発の環境

## ーFAAのレギュレーション

改訂以前のレギュレーションは、ドローンの操縦士に有人飛行のパイロット免許が必要だった。その許可を得るには3から6カ月の期間が必要。

規制内容が曖昧という指摘もあり、さらに有視界飛行、飛行場周辺、人の近くでの飛行禁止という規制もあった。

現在では、全国で行われる1時間の筆記テストによって許可を得ることができる。

## ーFHWAのレギュレーション

接近して人が目視するという規制があったが、遠くからの検査が可能に改訂された。

### 2.1 Current Federal Aviation Administration (FAA) Rules

#### 2.1.1 Commercial Use

Current FAA regulations are differentiated between hobbyists and commercial use. Rules for the hobby use of UAVs have some limited restrictions. However, when UAVs are used for commercial purposes, the rules become restrictive and include the following core rules:

- All aircraft must be certified and registered by the FAA.
- A licensed pilot is required to operate the UAV.
- The UAV must be operated within line of sight.
- The UAV must not be operated within 5 miles of an airport unless prior authorization from the airport operator and the airport air traffic control tower is received.

### RECONSTRUCT社のUASによる橋梁点検技術の達成目標

#### －RECONSTRUCT社の技術

- ・同社目標は、1橋あたり3500ドル以上の現状コストを2000ドルまで低減
- ・安全と品質確保。人が危険にさらされず、交通にも影響を与えない。
- ・単純な管理形態。保存結果は、橋梁ごと、地域ごと、健全度などの項目で分類可能

#### －技術の特徴

- ・ドローンから撮影した写真だけでなく、動画や手持ちのカメラ、ウェブカメラからの映像も点群化
- ・クラウドベースで、すべてのデータはオンラインで閲覧可能
- ・調査結果の分析。複数橋梁の点検結果や時系列での分類。比較が可能。

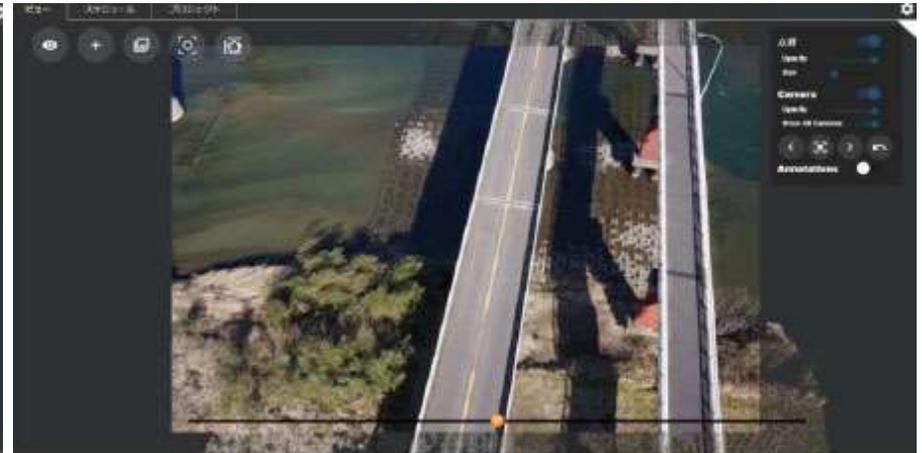
## RECONSTRUCT社のUASによる橋梁点検技術

### 一技術の特徴

- ・ドローンから撮影した写真だけでなく、動画や手持ちのカメラ、ウェブカメラからの映像も点群化
- ・クラウドベースで、すべてのデータはオンラインで閲覧可能
- ・橋梁の点検結果や時系列での情報を管理。点データにリンクしている。
- ・点検方法のガイドラインも提供
- ・高解像度の写真を点群に付加できる(実際の状況写真を拡大して確認可能)



Manual capture for underside



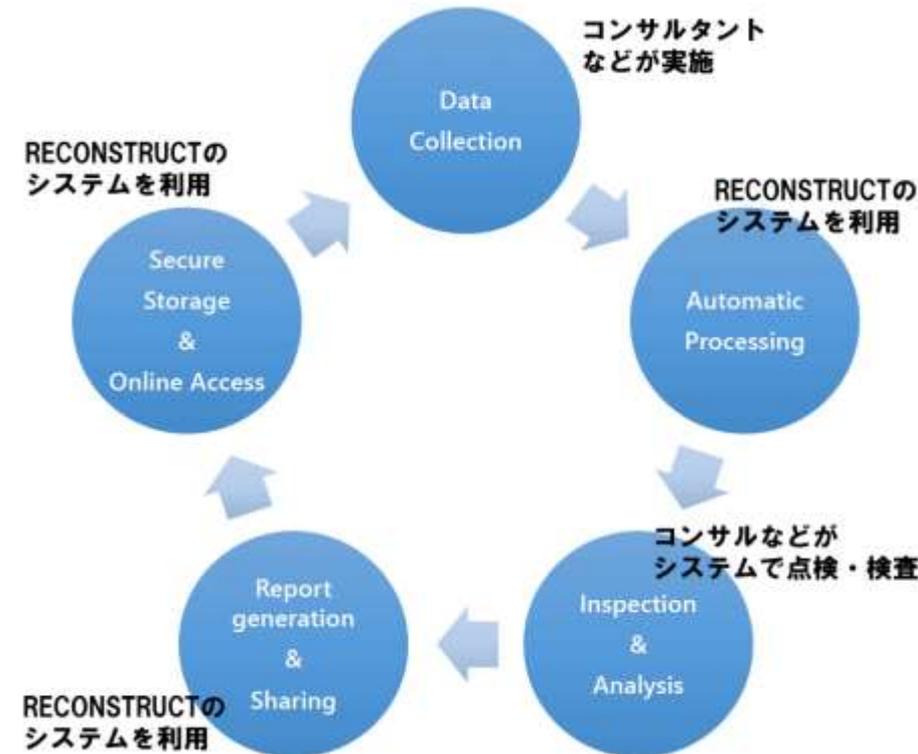
UAV capture for top/sides

## RECONSTRUCT社が想定するUASによる橋梁点検サイクル

### ーワークフロー

- ①コンサルなどがUASでデータ取得
- ②RECONSTRUCT社のシステムで自動点群処理
- ③コンサルなどがシステムで点検・検査（点群は写真のインデックス。現場での目視点検に変えて写真から必要データを抽出。自動ではない）
- ④システムで点検レポート作成、共有（点あるいは写真に点検情報をリンクする）
- ⑤クラウドでデータを共有、オンラインで参照

上記プロセスを2年から5年サイクルで実施



## RECONSTRUCT社のUASによる橋梁点検技術

### －実際の運用

#### ▽データ収集

UASで点検対象物周辺を飛行

座標取得にGPSがあるに超したことはないが、なくてもOK

写真は、ドローンでも手持ちカメラ、動画でも収集可能。ドローンを推奨  
撮影マニュアルも提供。

高解像度で接近して撮影したものは手動調整が必要

#### ▽主な機能

- ①GPSの情報と衛星時間から位置を確定。
- ②生成された点群は、カメラと物体との距離、表面素材で正確性は変化する
- ③点群モデルには写真がひもづけられており、両方で健全性を確認できる



GPS is helpful but not required

## RECONSTRUCT社のUASによる橋梁点検技術

### －実際の運用

#### ▽点検時

写真をズームアップして細かい部分も点検可能

点群データから、部材などの距離、角度、面積を計測(概略)

データは時系列で比較可能なので、経年変化による劣化状況も確認可能

#### ▽レポート生成

作成されたレポートは、セキュリティの高いクラウドに保存し、共有する



## RECONSTRUCT社のUASによる橋梁点検技術

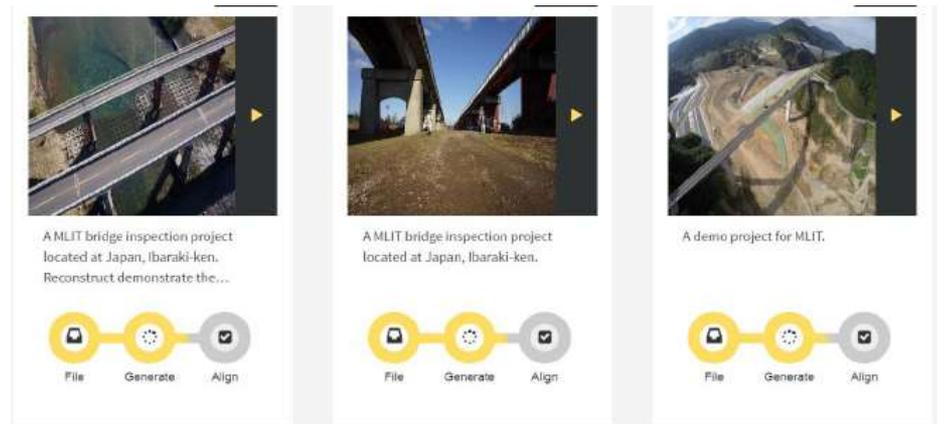
－実際の運用（日本仕様も検討中）

### ▽オンライン共有

管理者は、点検項目すべてを管理可能  
場所による劣化傾向、原因の分析などもできる  
修繕工事の意志決定、維持管理の判断材料に活用できる  
クラウドセキュリティはAWSJapanを通して日本国内で保存する  
プライベートクラウドも提供可能

### ▽調査後

過去に取得した点検状況を活用して、  
3次元モデルで比較検討できる



## RECONSTRUCT社のUASによる橋梁点検技術

### 一利点まとめ

- ・ワードやPDFのドキュメントからビューへのリンクも可能
- ・写真から属性を付与
- ・写真にズームインして詳細な情報を見る
- ・違う時期に撮影されたデータを比較検討できる
- ・点検のログと関連する帳票とひもづけられる
- ・点群からビューポイントに一番近い写真を表示



### RECONSTRUCT社のUASによる橋梁点検技術

#### ー今後必要なこと

データ作成、点検方法、調査のガイドラインを確立することが必要  
製品をつかってできるコスト縮減、品質を、これまでの基準と比較する必要がある

#### ー日本向けのカスタマイズ

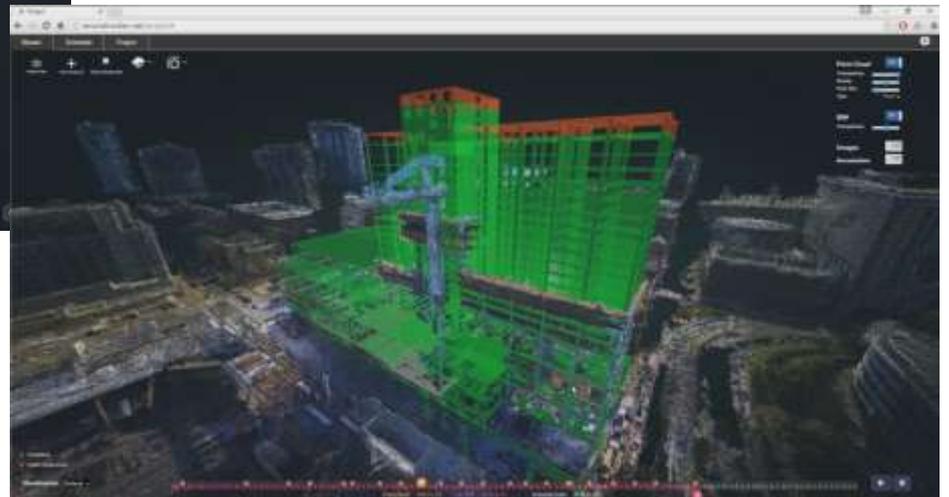
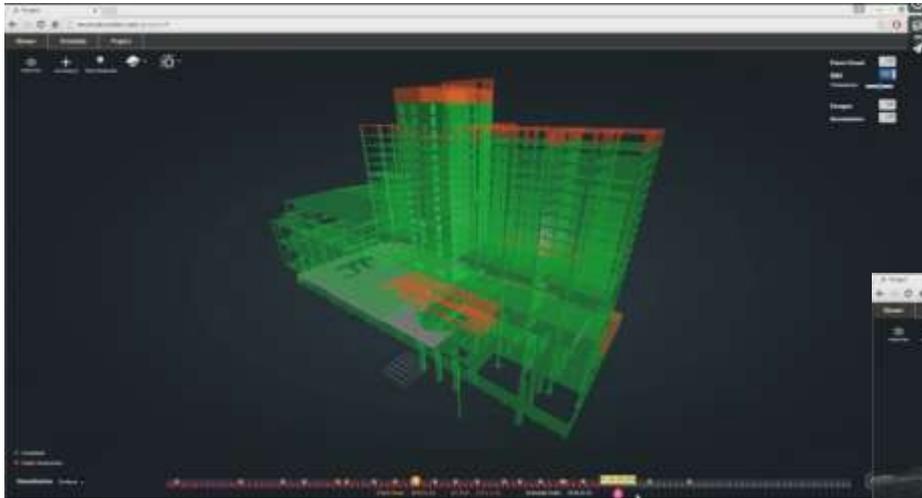
- ・日本語対応、インターフェースやダッシュボードも変更可能
- ・国交省や自治体が要求する機能にカスタマイズ
- ・すべてのデータは日本国内のサーバに保持
- ・自治体向けの点検方法にも対応
- ・価格を下げるためには、日本での規制やルールの変更も必要
- ・データ収集をコンサル、3次元点群生成をRECONSTRUCT社、  
データ活用を国交省という形も可能



## RECONSTRUCT社の点群プロジェクト管理

－3次元、4次元で現況を設計に反映

同社のシステムは、建築現場の現況をドローン、LS、写真、動画で点群化し、設計3次元BIMデータに反映する。



### RECONSTRUCT社の点群プロジェクト管理

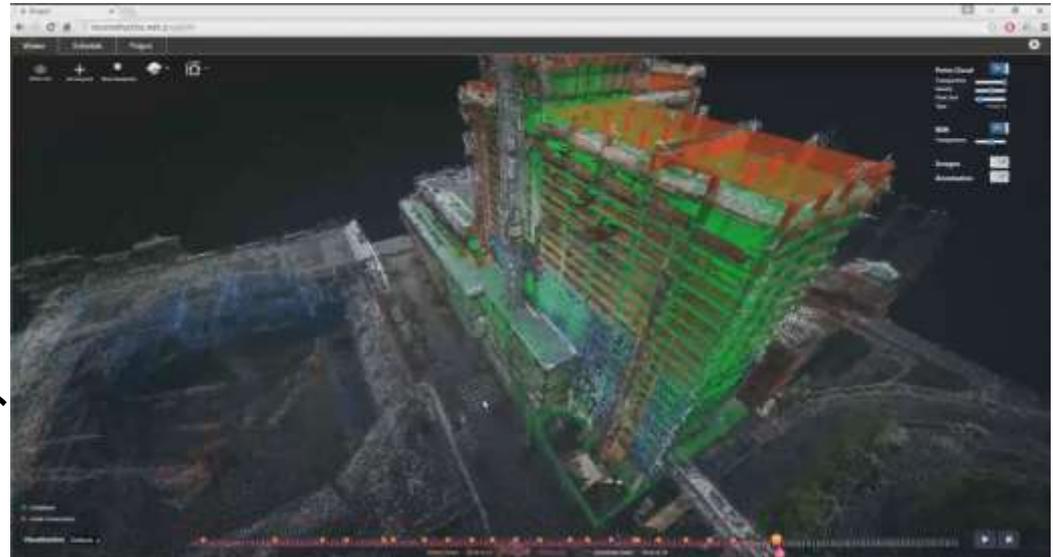
－3次元、4次元で現況を設計に反映

設計時の3次元BIMデータ上に、点群取得した現況を重ねて、工程計画と比較した進捗管理や、設計の妥当性を一目でわかるようにする。

橋梁点検システムの技術を生かし、3次元モデルに撮影した元写真を貼り付けているため、設計と現在の施工状況を詳細に比較できる

－適用事例

高層ビル(イリノイ州)、工場(アリゾナ州)、スタジアム(カリフォルニア州)、保健センター(カリフォルニア州)



### RECONSTRUCT社の点群プロジェクト管理

— 建築現場における現場管理に、点群技術を展開

点群を取得して分析し、現場管理の最適化を行う技術

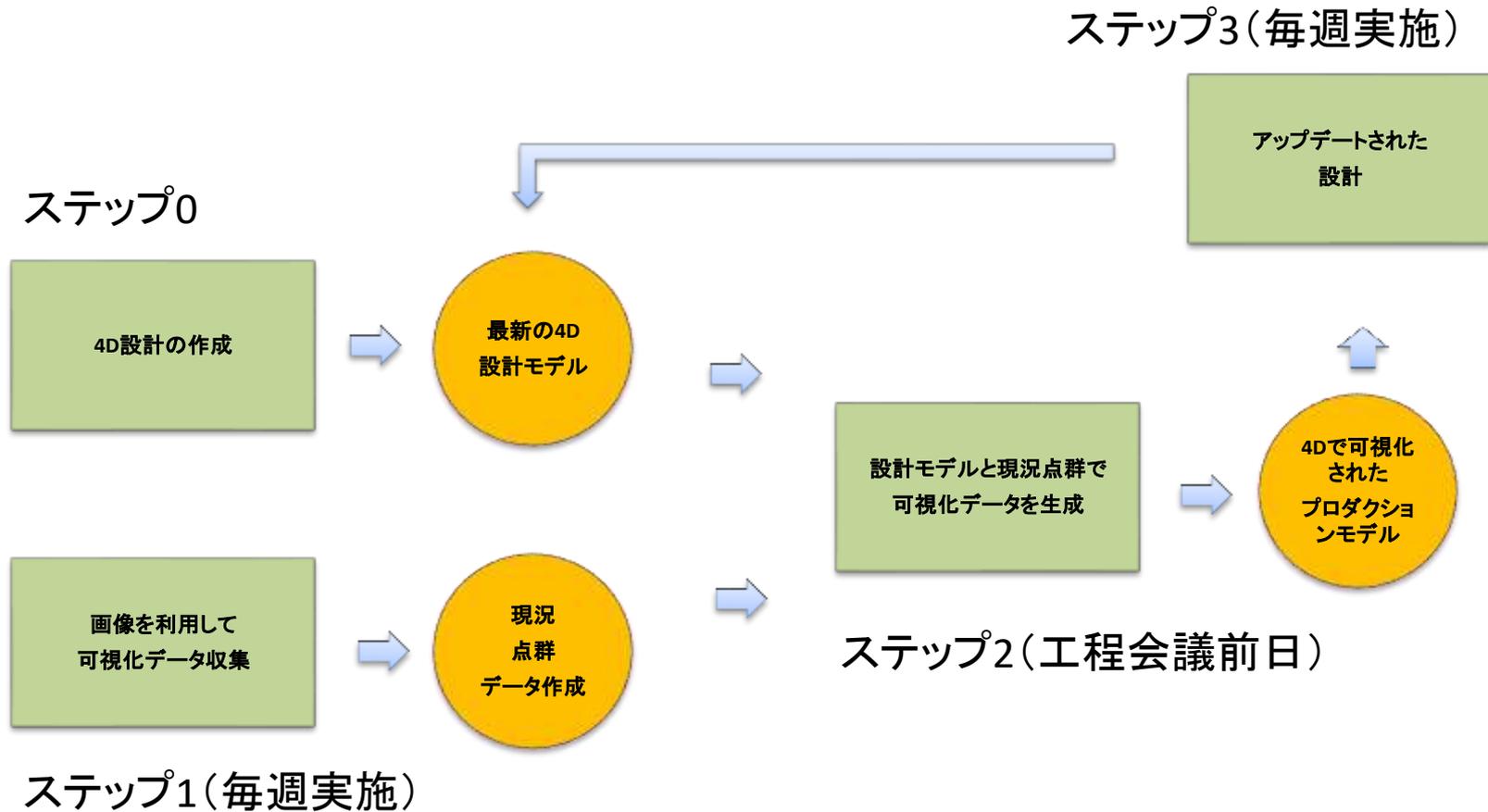
- ・設計の信頼性を予測
- ・設計の不備を評価
- ・現場の情報共有を促進

— 実際の現場で取得している可視化データ

- ・現場写真(1日に200枚から1000枚)
- ・手持ちカメラによる現場映像(動画含む)
- ・ドローンによる現場撮影(週に2000枚)
- ・現場のタイムラプス動画(15分ごと)
- ・LSによる現場内の点群化(月に1,2回)

## RECONSTRUCT社の点群プロジェクト管理

ー設計モデルと現況点群による工程管理サイクル

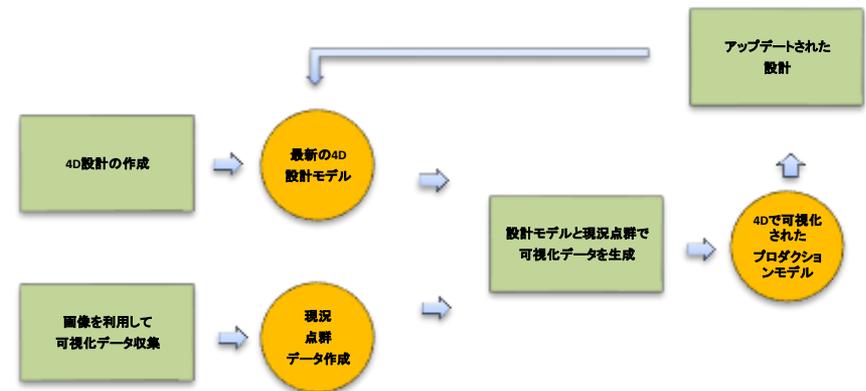


## RECONSTRUCT社の点群プロジェクト管理

### ー設計モデルと現況点群による工程管理サイクル

- ・設計時は3次元でのBIMモデルと、工程管理を含めた4Dで設計(ステップ0)
- ・毎週、現場写真、ドローン等で現況の点群を撮影・取得(ステップ1)
- ・工程会議前日には、設計データと現況点群を合わせて可視化(ステップ2)
- ・工程会議ですり合わせ
- ・設計がアップデートされる(ステップ3)
- ・全員で共有する最新の4D設計モデルに反映

→このサイクルを毎週繰り返す



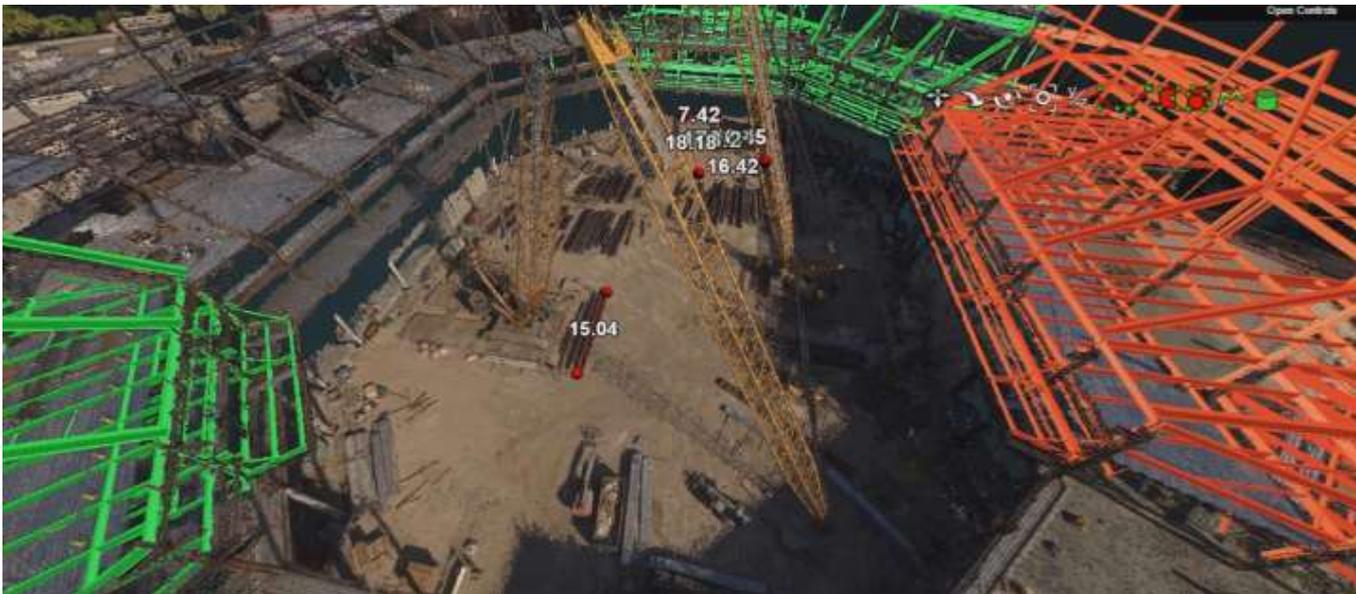
## RECONSTRUCT社の点群プロジェクト管理

### ー現場の進捗把握

設計(4D BIM)と現況(4D 点群)を比較モデル上で比較。

工期通りか、遅れているかを、設計モデルと現況点群を重ねたモデルからサイト内の進捗をビジュアル表示する。

モデルでは、赤が遅れていて、緑が工期通りと表示される。



## RECONSTRUCT社の点群プロジェクト管理

### － 工程会議での活用

生成されるレポートは、将来の工期遅延リスクを予測し、工程会議で明示する。  
工程について元下間で会議。

下請けの会社や作業も凡例で表示するため、一目で工程管理が可能。  
ウェブ上でも閲覧・共有できるので本社でも確認できる。  
現場監督は、現場で発生する問題を報告、反映できる



## RECONSTRUCT社の点群プロジェクト管理

### ー現場内の点群取得ツール

- ・動画撮影すると現場内に貼付しているバーコードを読み取り点群生成
- ・現場内を歩いて撮影し、粗い点群を動画からリアルタイムで生成
- ・市販品のオスモや360°カメラを利用する。コストは3万円から5万円
- ・測量レベルの座標までは持っていないが、現況把握に十分な点群を生成



## RECONSTRUCT社の点群プロジェクト管理

ー現場での運用(元下関係含む)

- ・サブコンの人でも扱える簡単な操作
- ・スマートフォンで撮影位置などの指示や情報共有が可能
- ・撮影した写真には、現場の手戻り点や修正点をひも付けできる
- ・人工の計算や下請けへの出来高払いのデータとしても利用
- ・すべての協力業者のプロセスを透明化



# まとめ(感想)

- 全てを点群に依存しない。点群と写真のハイブリッドシステムである。
- 点群による立体的な表現と高解像度写真の利点をうまく使っている。
- 奇抜なアイデアではない。人間の判断力や分析力を活かす調査方法、データ提供システムとして実用的に考えられている。
- 日本でもインフラ管理についてのロボットやAIの検討が始まったばかりだが、同大学でも日本の動向に大変興味を持たれていた。
- AIの実現には教師データ(人間の判断とその要因)の蓄積が必要となる。変位、画像、音、振動などのさまざまなデータを関連付けるインデックスとしての点群活用が期待される。

# さいごに

☆米国での調査スケジュールの調整、現地での聞き取り調査支援を頂いたAUTODESK 福地良彦様、本資料のとりまとめに多大なご協力とご指導を頂いた日刊建設通信新聞社の田中一博様に記して感謝いたします。

☆ご清聴ありがとうございました。