

11th FORUM8 DESIGN FESTIVAL 2017

Day 3, Friday, November 17, 2017

The 11th Design Conference, IM & VR, i-Construction Session

特別講演 13:15~14:15

品川インターシティ H棟1F

CIM最新情報 ～VR/AR/IoT/ビッグデータ活用～

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 Ph.D. 専攻長

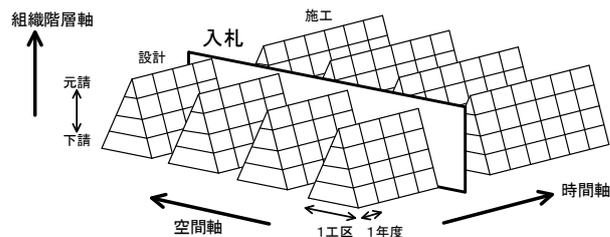
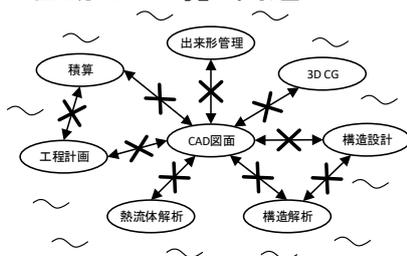
矢吹 信喜

建設業の課題



日建連「建設業
ハンドブック
2016」より

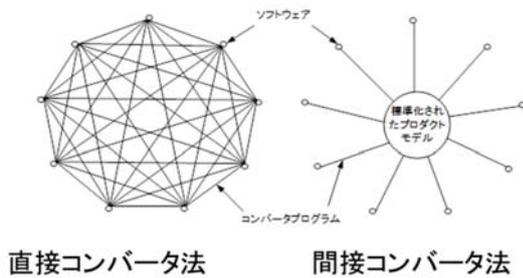
「自動化の島」問題



建築分野では、施主、建築設計者、構造設計者、設備設計者、元請けのゼネコン、数多い下請け、孫請け、曾孫請け、二次製品供給会社、ビル管理会社等が一つの建物のプロジェクトに関わるが、彼らは、地理的にも、時間的にも分散しており、一堂に会して話し合うなどということは実質的に不可能。

BIMが広がる

- 2004年頃からBIMという言葉が盛んに建築の方で聞かれるようになった。
- BIMはBuilding Information Modelingの略であり、米国ジョージア工科大学のチャック・イーストマン(Chuck Eastman)教授が最初に使ったと言われている。
- BIMとは、ある程度標準化された3次元プロダクトモデルを様々なソフトウェア群がデータを一元的に共有・活用しながら統合的に設計・施工・維持管理を進めていくという新しい仕事の方法
- 実は、米国では、1980年代から、BIMと同じ概念を「統合化(Integration)」という言葉を用いて既に研究されていた。

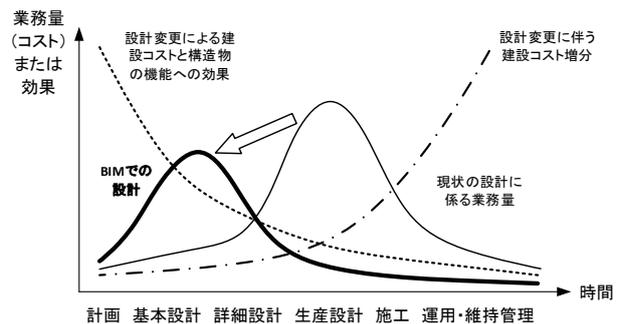
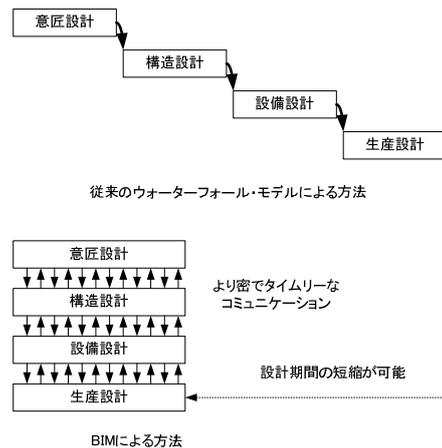


Nobuyoshi Yabuki (c) 2017

3

BIM

- 建築分野でのWaterfall Modelによる設計プロセスを、3次元のプロダクトモデルを中心として、プロジェクトの初期の段階に、皆で、同時進行的・協調的・協力的に、短期間で、ほぼ全て行ってしまい、施工や維持管理で設計データを捨てずに活かす。
- 「フロントローディング」(コンカレント・エンジニアリング)
- 効率化, ミスの低減, コスト削減, およびより良い設計・施工の実現が期待できる。



Nobuyoshi Yabuki (c) 2017

4

CIM

- 2012年、佐藤直良氏(元国土交通省事務次官、現在ACTEC理事長)がCIMを唱え、国交省で試行業務(設計)を開始.
- 2013年からは、試行工事も開始
- CIMは、Construction Information Modelingの略.
- 但し、CIMという言葉は、情報や機械工学分野では、Computer Integrated Manufacturing(コンピュータ統合生産)を意味し、昔から使われている用語なので、日本の土木分野以外で使用する際は、注意を要する.



国際会議CCBEI
2013で基調講演を
された佐藤直良氏

CIMを行う理由: 20世紀は**部分最適化**の時代

- 土木は公的な資金で広く国民のために造るものだから、その時代や地域の水準や基準に則って、良い物を安く、速く、安全に、周辺の住民や環境への影響を最小限にして、造らなくてはならない.
- 高度経済成長時代、我が国は、2次元図面と三者関係によって、こうした要件を全うできた「**部分最適化**」の時代だった.
- 1990年のバブル崩壊後、品質、価格、工期、安全性、住民・環境などあらゆる面で問題が顕在化し、製造業と比較して労働生産性は半分になってしまった.
- その間、欧米先進諸国の建設産業では、同様な問題を抱えつつ、最先端の情報通信技術や新しい契約方式を含む建設マネジメントに関する研究開発を行い、実務に適用し始めていたのである.

1990年：冷戦終結→Globalization

- 米国はインターネット，GPS等の軍事技術の民生利用を開始.
- ベンチャー会社の大成功
- 人・物・金が世界中を駆け巡る
- 製造業は，マーケティング，営業，設計，製造，保守が一体となった統合化生産をしなければ，市場に見放される時代に突入.
- 欧米では，建設分野も契約方式を見直し，協調・統合化へ移行
- 特に米国の建設分野では，日本のTOYOTAに学べ！
Lean Technology, Lean Constructionを目指し，BIMを推進した.
- 「全体最適化」の時代へ

Nobuyoshi Yabuki (c) 2017

7

日本の建設分野はどうだったか？

- 国内では海外企業との競争にさらされることはないため，この米国による先端技術の解放とグローバル化，そして全体最適化に乗り遅れた.
- 1990年代は，景気対策で公共事業投資額は最大（自ら変革する機会を逸した）
- 2000年代に入り，小泉旋風，民主党政権・・・（建設冬の時代）
- その頃，米国がTOYOTAに学んで，**Lean Construction**を推進している最中，日本の建設分野では，TOYOTAがLeanをやっていることすらほとんど知られていなかった．灯台下暗し.
- これで，税金や料金を払っている国民に対して，良い物を安く，速く，安全に，周辺の影響を最小に造っていると言えるだろうか.
- 我々土木技術者は，常に最新，最良で効率的な技術とマネジメント手法を追求し，説明責任を果たさなければならない.
- その答がCIMなのだと考える.

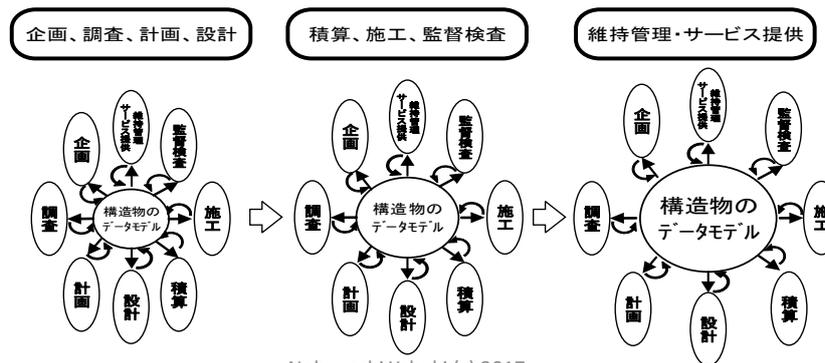
Nobuyoshi Yabuki (c) 2017

8

CIMの私の定義と将来的なイメージ

- 3次元の形状情報と属性情報を持つ標準化されたプロダクトモデルを、社会インフラの計画、設計、施工、維持管理、更新(撤去)のライフサイクルを通じて、発注者、設計者、施工者、下請け業者、市民、各種団体が、必要に応じて情報アクセスの制限は加えるものの、基本的には皆でインターネット上で共有する。
- プレーヤが、時には共同作業を伴いながら、自分達のソフトウェアで同時進行的に行った作業成果をプロダクトモデルに加えていき、プロジェクトに関する会議室での、あるいはインターネットによる遠隔会議でのプレゼンテーションと意見情報交換を通じて、新しいアイデアを出し合う。
- これにより計画・設計・施工でのミスや無駄を減らし、プロジェクトのLCCの縮減、設計・施工の工期短縮、環境に配慮した、より良い社会インフラを建設し、供用する新しい仕事の方法である。

変更
活用



Nobuyoshi Yabuki (c) 2017

9

従来はデータが各フェーズで捨てられる

- 測量では、実際は3次元データを作成してから、2次元の地形図にして、発注者に納品。
- 設計段階でも、3次元で検討が行われることが多いが、そのデータは発注者へは納品されない。
- 施工段階では、大量の計測や試験が実施されるが、そのデータは発注者へは、ほとんど納品されない。
- 発注者は、維持管理段階で、何もなければ、これで困らない。
- しかし、事故や災害で被害が起こった時や大規模補修工事、更新の際、なぜそうなったのか、なぜそうしたのかが、竣工図書と関連文書だけでは、解明できないことが多い。
- 結局、設計や施工を行った業者に聞いても、データは残っておらず、担当者に聞かなければ、わからないが、退職・転職・死亡などしており、たどり付けられないことが多い。
- CIMでは、後で使うかどうかといった判断はせず、すべてのデータを捨てずに、蓄えていく。
- 維持管理で、事故や災害の際や大規模補修工事、更新などを行う際に、大いに役立つであろう。

Nobuyoshi Yabuki (c) 2017

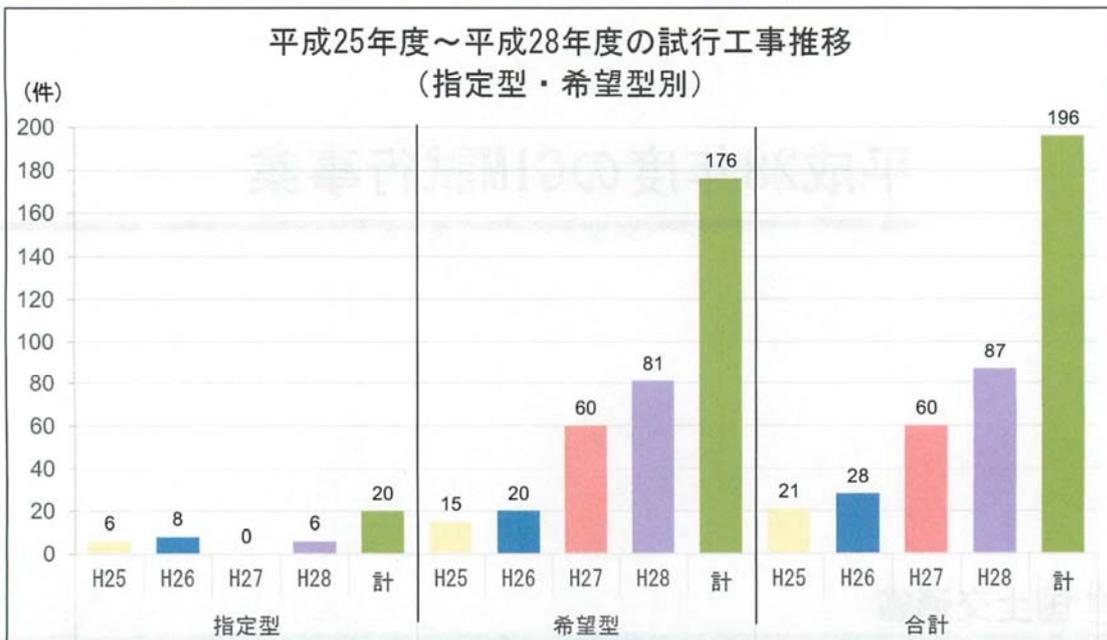
10

試行業務の平成24～28年度の推移(各年度に試行登録された業務件数を集計)



試行工事の平成24～28年度の推移(各年度に試行登録された工事件数を集計)

- ・指定型: 発注者の指定によって、CIMを試行する工事
- ・希望型: 受注者の希望によって、CIMを試行する工事

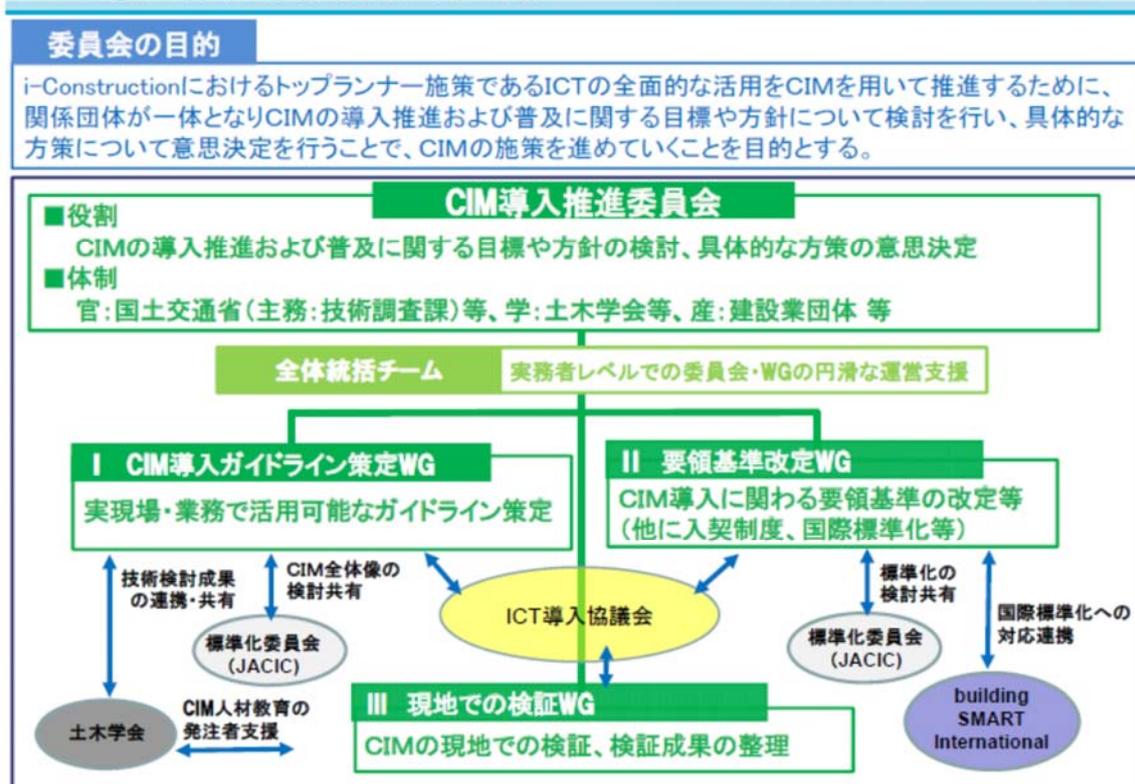
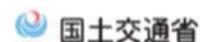


国交省のCIM

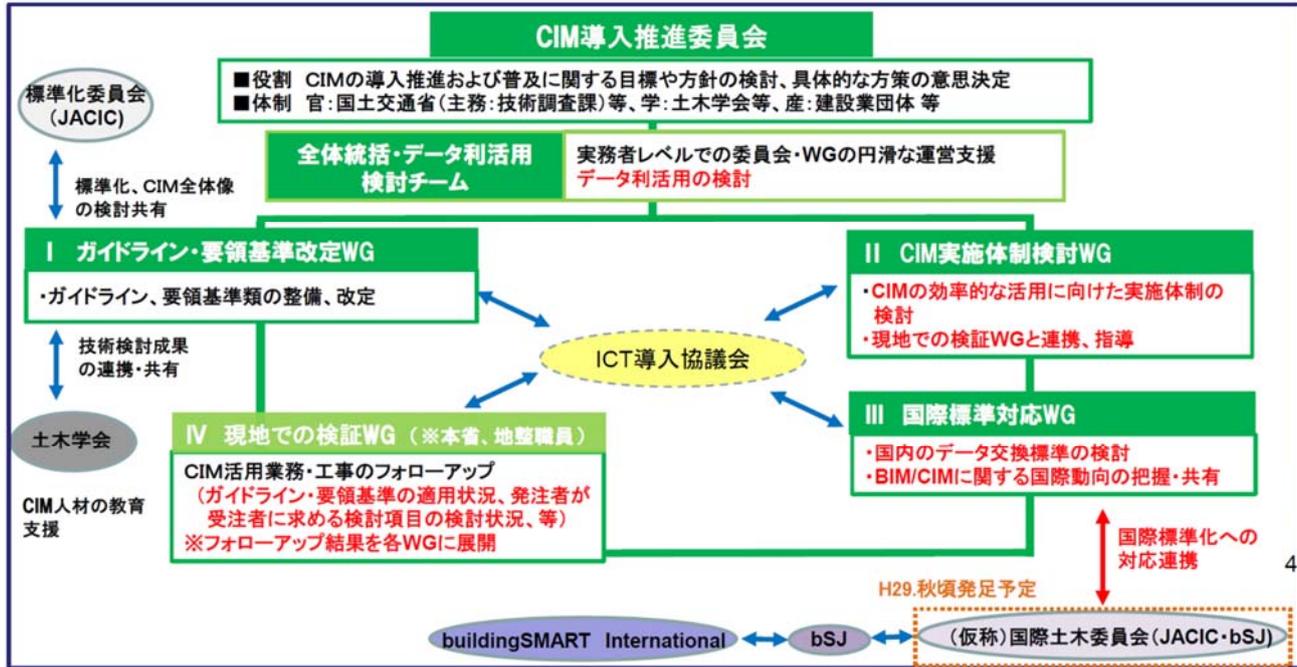
- 2012年度～2016年度に試行業務（設計）を90件，2013年～2016年度に試行工事を196件実施。
- これらの試行を通じて，ヒアリング，アンケートを実施
- 効果
 - 可視化（3次元）によるミスの発見（品質向上，効率化）
 - 可視化のよる協議打合せ，市民への説明の円滑化，効率化
 - 干渉チェックの自動化による手戻り削減
 - 数量の自動算出
 - 安全教育，安全管理の向上
- 課題
 - 人材教育・コスト
 - 機器・ソフト
 - モデル作成に係る作業量の増大

2016年6月21日 CIM導入推進委員会 発足

CIM導入推進委員会の体制



2017年度の新体制



Nobuyoshi Yabuki (c) 2017

15

CIM導入ガイドラインの位置づけ



- 試行で得られた知見やソフトウェアの機能水準等を踏まえ、現時点で活用可能な項目を中心に、CIMモデルの詳細度、受発注者の役割、基本的な作業手順や留意点とともに、CIMモデルの作成指針(目安)、活用方法(事例)を参考として記載
- (作成指針や活用方策は)記載されたもの全てに準拠することを求めるものではない。本ガイドラインを参考に、事業の特性や状況に応じて発注者・受注者で判断
- CIMを実践し得られた課題への対応とともに、ソフトウェアの機能向上、関連基準類の整備に応じて、継続的に改善、拡充

Nobuyoshi Yabuki (c) 2017

16

「CIM導入ガイドライン（案）」の公表

- 2017年3月31日，国交省のウェブサイトから公表
- <http://www.mlit.go.jp/tec/it/>
- 共通編と対象工種毎の各分野編で構成。利用者（発注者、受注者等）は、各編を組み合わせて使用する。

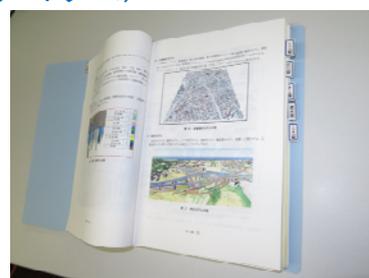
■ 共通編（第1編）

CIMおよびCIMモデル作成・活用の基本的な考え方（CIMモデルの考え方、詳細度等）や、各分野共通で行う測量、地質・土質のモデルの考え方を示す。

■ 各分野編

各工種に応じて、測量、地質・土質調査、調査・設計、施工、維持管理の各段階において発注者、受注者それぞれが取り組むべき内容を示す。

- 土工編（第2編）：道路土工、河川土工（ICT土工対象業務・工事）
- 河川編（第3編）：河川堤防および構造物（樋門・樋管等）
- ダム編（第4編）：ダム（ロックフィルダム、重力式コンクリートダム）
- 橋梁編（第5編）：橋梁上部工（鋼橋、PC橋）、下部工（RC下部工（橋台、橋脚））
- トンネル編（第6編）：山岳トンネル構造物



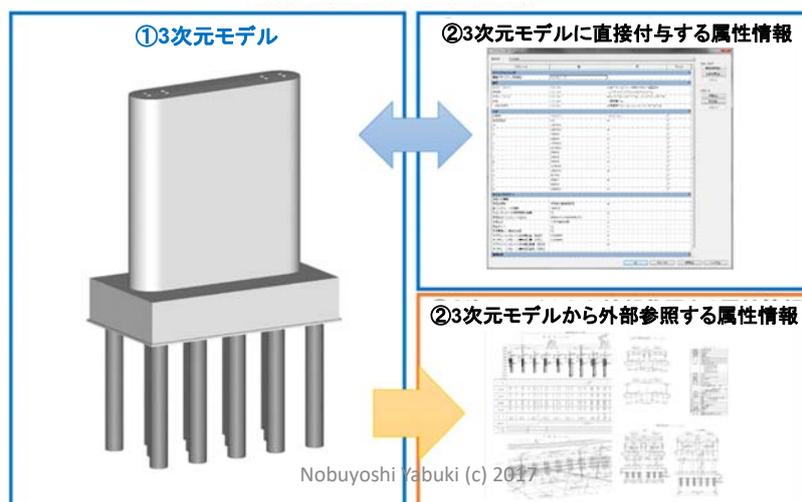
Nobuyoshi Yabuki (c) 2017

17

共通編：CIMモデルの考え方（CIMモデルの定義）

- 対象とする構造物等の形状を3次元で表現した「3次元モデル」と「属性情報」を組み合わせたもの
 - 3次元モデル：対象とする構造物等の形状を3次元で立体的に表現した情報
 - 属性情報：3次元モデルに付与する部材（部品）の情報（部材等の名称、形状、寸法、物性及び物性値（強度等）、数量、そのほか付与が可能な情報）

CIM(3次元モデル+属性情報)



Nobuyoshi Yabuki (c) 2017

18

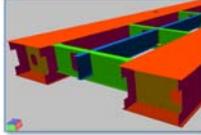
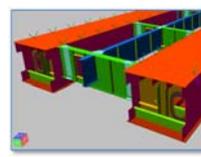
共通編：CIMモデルの詳細度について

詳細度：CIMモデルの詳細度とは、CIMを活用する目的、場面、段階等に応じた3次元モデルの形状、属性情報に関する作り込みレベル(目安)を示すもの

〈主な目的〉

- ・受発注者間で、作成する3次元モデルの詳細さや作り込みレベルの認識を共有。
- ・設計から施工段階等へデータを受け渡す際の3次元モデルの要求レベルを共有。

(参考)橋梁の詳細度(例)

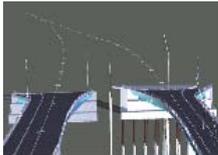
詳細度	工種別の定義	
	構造物(橋梁)のモデル化	サンプル
100	対象構造物の位置を示すモデル (橋梁)橋梁の配置が分かる程度の矩形形状もしくは線状のモデル	
200	構造形式が確認できる程度の形状を有したモデル (橋梁)対象橋梁の構造形式が分かる程度のモデル。 上部工においては一般的なスパン比等で主桁形状を定める。モデル化対象は主構造程度で部材厚の情報は持たない。 下部工は地形との高さ関係から概ねの規模を想定してモデル化する。	
300	主構造の形状が正確なモデル (橋梁)計算結果を基に主構造をモデル化する。主構造は鋼鈹桁であれば床版、主桁、横桁、横構、対傾構を指す。また、添接板等の接続部形状はここでモデル化する。 下部工は外形形状および配置を正確にモデル化。	
400	詳細度300に加えて接続部構造や配筋を含めてモデル化 (橋梁)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をモデル化する。また、主な付属物(ジョイントや支査)の配置と外形を含めてモデル化する。接続部構造(ボルトはキャラクター等で表現)、床版配筋や下部工の配筋をモデル化する。さらに、各付属物の形状と配置を正確にモデル化する。下部工は配筋モデルを作成すると共に、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する。©Nobuyoshi Yabuki (c) 2017	
500	—	—

土木分野におけるモデル詳細度標準(案)
(平成29年2月 社会基盤情報標準化委員会特別委員会より)

共通編：CIMモデルの分類と構成

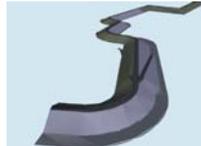
線形モデル

構造物の中心線形の3次元モデル



土工形状モデル

盛土、切土等の横断面3次元モデル



地形モデル

現況地形の3次元モデル



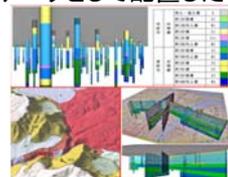
構造物モデル

構造物や仮設構造物の3次元モデルおよび属性情報



地質・土質モデル

地質・土質調査の結果を、3次元空間にCADデータとして配置したモデル



広域地形モデル

対象地区を含む広域な範囲の地形、建屋等の3次元モデル



統合モデル

それぞれのCIMモデルを組み合わせ、全体の把握等に活用するモデル



国際標準化に関する動向

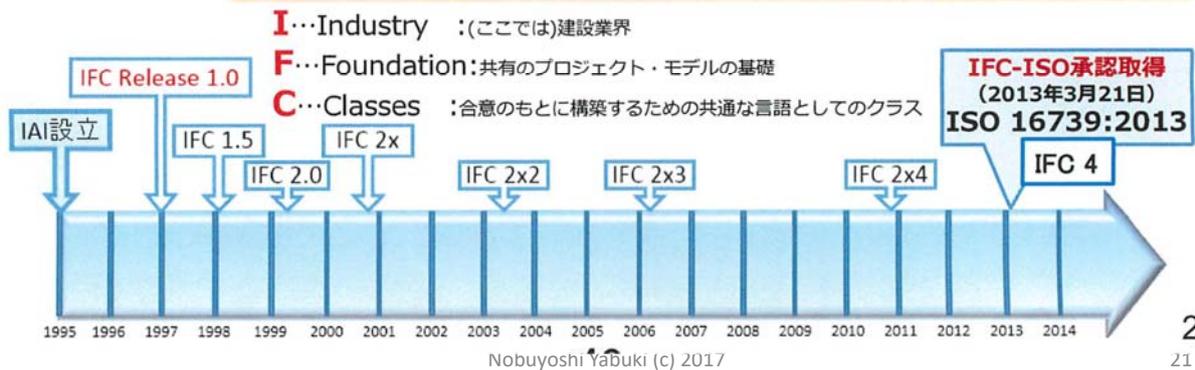
国際検討組織

- buildingSMART International(bSI)が、2013年にBIM(建築)分野のIFCをISO16739として標準化した。
- 現在、bSIでは土木分野のIFCの国際標準化を目指してプロジェクトを実施中。

ビルディング・スマート(buildingSMART International)とは

- そもそもは1994年にCAD会社中心の業界コンソーシアムを設立したもの。
- その後、建築構造物のプロダクトモデルを策定する国際的な非営利組織となった。
- 豪、カナダ、中国、仏、独、香港、伊、韓国、蘭、ノルディック(フィンランド・デンマーク・スウェーデン)、ノルウェー、シンガポール、スペイン、英、米に日本を加えた16機関が参加。
- 元々はBIMが対象であったが、2013年にインフラ分科会(Infrastructure Room)が設置され、土木構造物を対象にした検討も進めている。

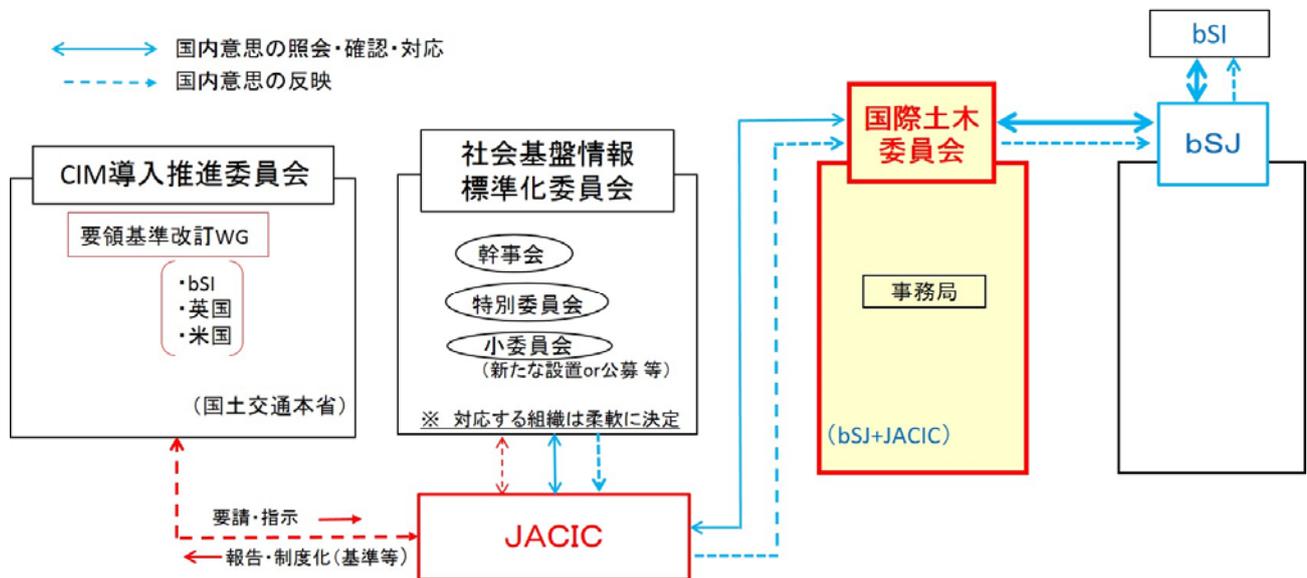
IFC とは: 情報伝達が可能で3Dの可視化に優れ、公開されているファイル形式



bSIの中にInfrastructure Room発足

- 2013年に、bSIがIFCをISO 16739にすることに成功すると、ようやく、土木(インフラ)分野にbSIは目を向けてくれるようになり、2013年の秋、Infrastructure Roomが発足。
- buildingSMART Japan (bSJ)というbSIの日本支部の中に土木分科会がある(2004年発足)。
 - 土木分科会: リーダ(阪大 矢吹), サブリーダー(大林組 古屋, 八千代エンジニアリング 藤澤)
 - 線形モデルWG, 構造物モデルWG, インプリメンテーションWGがあった
 - bSIのInfra Roomへの対応を行っている。
- 日本が困らないようにする。日本のスタンスも見せる。
- 半年に1回開催されるbSIの国際会議に日本人が数名(2016年秋は10名)参加するようにしている。
- 韓国がIFC-Roadを、中国がIFC-Railを、国として、道路、鉄道というメインのインフラのプロダクトモデルをbSIのInfra Roomの国際会議にどんどん積極的に出してきて国際標準にしようとしている。
- 国交省やJACICに国としての関与の重要性を説明。
- bSJでは、組織改編を実施し、土木分科会は、「土木委員会」に格上げされた。
- 国交省も、ようやくCIMモデルの国際標準化に関心を示すようになり、これからは本腰を入れて、継続的に対応する方向で進んでいる。
- 新しい「国際土木委員会(仮称)」がbSJとJACICの共同で設置予定。

新しい「国際土木委員会」の位置付け



Nobuyoshi Yabuki (c) 2017

23

情報化施工とCIM

- 情報化施工では、3次元の現況地表と掘削・盛土の形状データが必要。
- しかし、現状は、設計段階では、2次元図面しかさくせいしないため、施工業者が3次元モデルデータを、2次元図面から作成。
- CIMで、設計段階から3次元モデルデータを作成するようになれば、無駄が省ける。
- CIMで、情報化施工との連携をやろうとしていた矢先・・・

Nobuyoshi Yabuki (c) 2017

24

i-Construction: 2015年11月

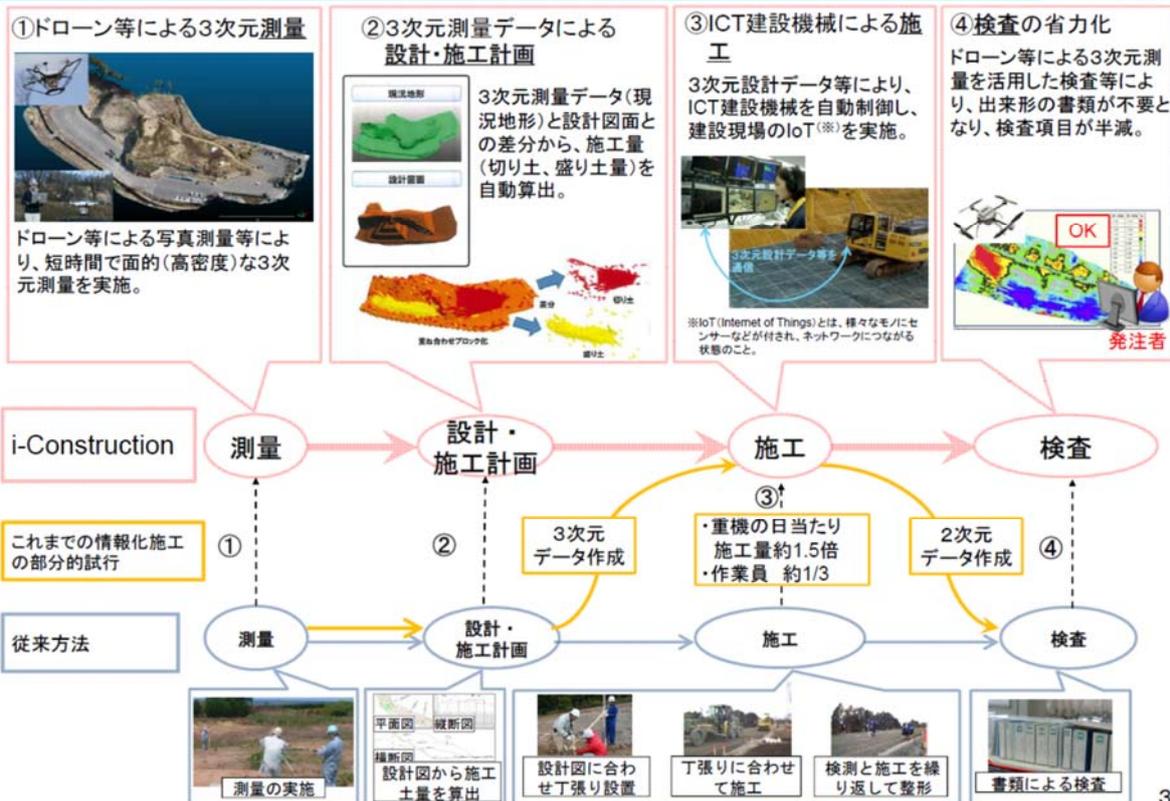
- 国交省は、i-Constructionを発表した。
- 国交省大臣が、太田さんから石井さんに替わり、新機軸。
- キーワードは「生産性の向上」
- 石井大臣は、2016年度を「生産性革命元年」と位置付け。
- 「国土交通省生産性革命本部」を設置。
- 基本的には、CIMとそれ程違わない。
- 主に土工を対象とし、コンクリート工も。さらに、施工時期の平準化も。
- とにかく急げ、2015年度内に基準も変えろ！ ……

Nobuyoshi Yabuki (c) 2017

25

ICT技術の全面的な活用(土工)

国土交通省



Nobuyoshi Yabuki (c) 2017

26

○効率的な工法による省力化、工期短縮(施工)

(例) 鉄筋をプレハブ化、型枠をプレキャスト化することにより、型枠設置作業等をなくし施工

現場打ちの効率化

鉄筋、型枠の高所作業なし

鉄筋組立 型枠設置 生コン打設 脱型

(例) 各部材の規格(サイズ)を標準化し、定型部材を組み合わせて施工

プレキャストの進化

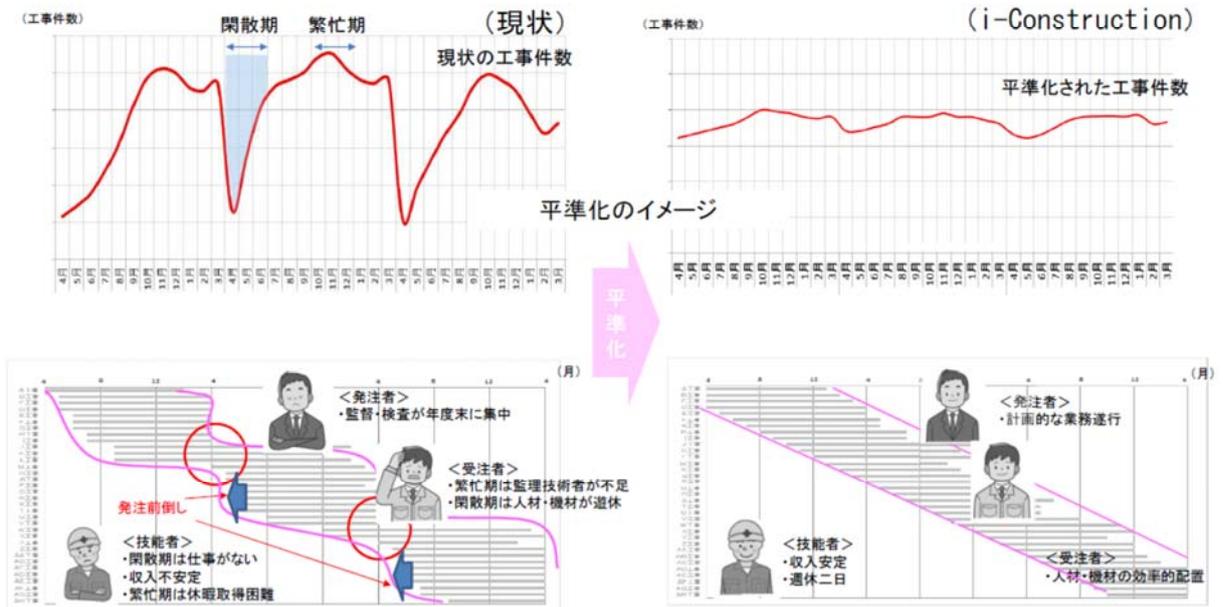
ラーメン構造の高架橋の例 大林組

Nobuyoshi Yabuki (c) 2017

4
27

施工時期の平準化

○2カ年国債の活用等により、4~6月の閑散期、年度末の繁忙期を解消し、資機材・人材の効率的な活用を図ると共に、労働環境の改善を図る。



Nobuyoshi Yabuki (c) 2017

5

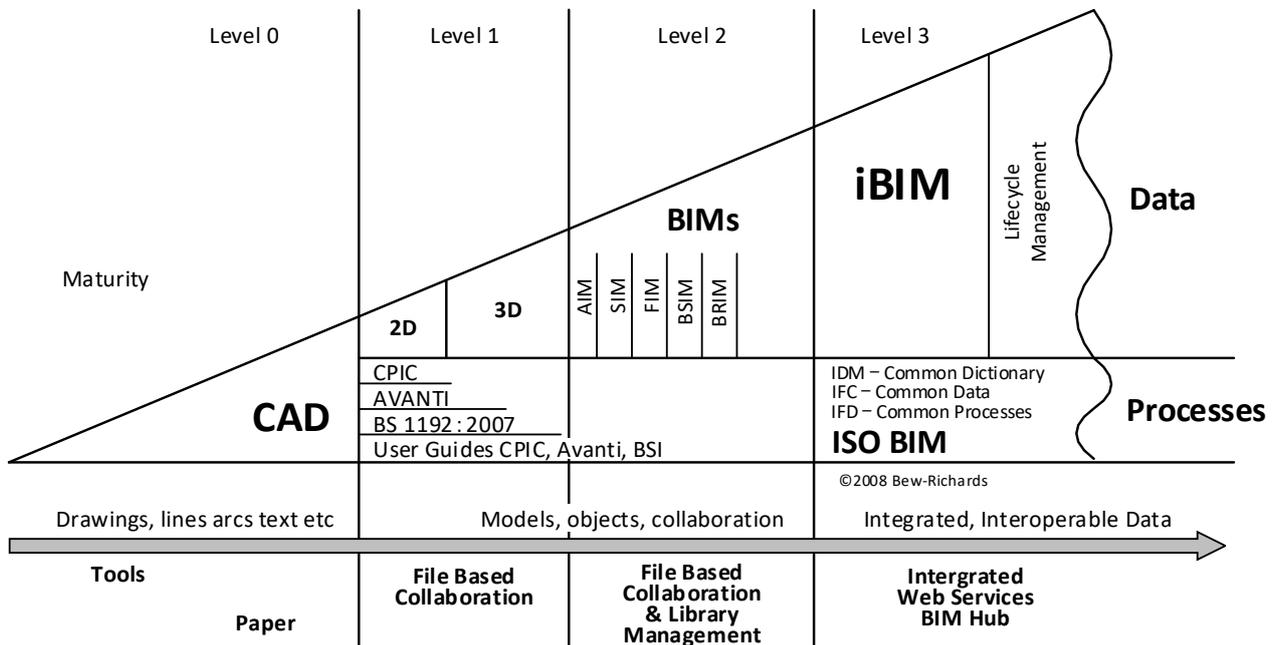
- 生産性を5割向上させることで、
 - ・企業の経営環境を改善
 - ・現場で働く方々の賃金水準の向上
 - ・安定した休暇の取得
 - ・安全な現場を実現。

- 労働者数が減っても生産性が向上すれば、
経済成長を確保することが可能。

BIM/CIMの国際的な動向

- 英国
 - ・ 2016年、BIMを義務化(一定規模以上の官工事全て)
 - ・ 20%のプロジェクトコスト削減(2010年と比較して)
 - ・ 欧州で(恐らく世界で)最もBIM化の先端を行っている
 - ・ 国として積極的
 - ・ 産業界と学会(大学や研究所)もハーモナイズ
 - ・ 2次元図面を止めたわけではなく、3次元モデルと両立
 - ・ 維持管理の情報マネジメントの標準化を推進中
 - ・ 2025年のビジョン(完全BIM化)
 - ・ 33%のコスト削減
 - ・ 50%の工期短縮
 - ・ HS2(鉄道):215kmの高速鉄道Phase 1プロジェクトにBIM(日本でいうCIM)を利用する
 - ・ 2016年にはLevel 2となり、2025年にはLevel 3へ

BIM レベルチャート



Nobuyoshi Yabuki (c) 2017

31

• フィンランド

- 国としてBIM/CIMを積極的に推進.
- 特に、インフラでは、InfraFinBIMとして推進し、インフラBIMを義務化.
- 国、大学、国立研究所、産業界がうまく連携
- オウル大学が開発したInfraKITをベンチャ会社が販売・コンサル

• 米国

- スタンフォード大学のMartin Fischer教授がCIFE (Center for Integrated Facility Engineering) で、VDC (Virtual Design and Construction) を推進
 - 産業界と共に、5Dモデルを使って、IPD (Integrated Project Delivery) を実施中
- 他の大学でもBIMに関する研究は盛ん
- 米国陸軍工兵隊はBIMデータでの納入を義務化
- 国はCOBieの義務化へ
- NBIMS-US (US National BIM Standard) の策定、公開、更新
- CIM (Civil Integrated Management) を推進 (道路)
- BrIM (Bridge Information Modeling) を開発

Nobuyoshi Yabuki (c) 2017

32

- 韓国
 - BIM, CIM共に, 非常に積極的.
 - 日本より先んじている.
 - bSIでも, Regulationの分科会の議長をProf. Inhan Kimが努めている
 - 道路のプロダクトモデルIFC-RoadをKICTが開発. bSIでPASを目指す
- 中国
 - BIM, CIM共に, 非常に積極的.
 - 日本より進んでいるかも知れない.
 - 鉄道のプロダクトモデルIFC-Railを中国で開発. bSIでPASを目指し, 将来は, ISOのISを狙うか
- シンガポール
 - BIMは, アジアでナンバーワン.
 - 既にBIMを義務化している.
 - 産官学が一体となって推進.

- 台湾
 - 産学官が一体となって, BIMを推進中
 - 国立台湾大学(NTU)土木工学科にBIMセンターを2009年に設立
 - CIMをBIMと分けていない
 - 台北のMRT, LRT, 大規模な斜張橋, 高速道路, 高速鉄道等のプロジェクトで実行
 - 国(行政)はBIM Guidelinesを発行. (土木のCIMも含まれている)
- 香港
 - 香港科技大の土木環境工学科では, CIMは, Civil Information Modelingだと言っている
 - BIM/CIMに関する先端的な研究を実施
 - 実プロジェクトは, 民間が主体となって実施

品質確保, 発注者責任

- 政府(国交省)は, 最近, 大きく舵を切ろうとしているように見受けられる.
- 品質確保のために, 入札方式や契約方式を柔軟化.
- 発注者責任を果たすために, 多様な入札方式から選択することができるようにしようとしている.
- DBB, 概算数量発注方式, 米国におけるECI方式, CM方式, DB, 詳細設計付き工事発注方式, 維持管理付き工事発注方式など
- 新しい建設生産システムの構築に向けて, 追い風が吹いている.
- 業務プロセスや業界の再構築, 再編成も視野に

多様な契約方式

		調査・計画	概略設計	予備設計	詳細設計	施工	維持管理
工事の調達を詳細設計が完了した段階で行う(工事の施工のみを発注する方式)	調査・計画/設計者	■	■	■	■	■	■
	施工者			■			■
工事の調達を予備設計段階で行う(設計・施工一括発注方式)	調査・計画/設計者	■	■	■			
	施工者			■	■	■	
工事の調達を詳細設計段階で行う(詳細設計付工事発注方式)	調査・計画/設計者	■	■	■	■		
	施工者				■	■	
工事調達に加え施工者による設計段階での技術協力を調達する(ECI方式)	調査・計画/設計者	■	■	■	■		
	施工者		■	■	■	■	■
工事調達に加え施工者による維持管理業務を調達する(維持管理付工事発注方式)	調査・計画/設計者	■	■	■	■		
	施工者					■	■

国交省では ECI を CIM で試行

- Design-Build (DB) は、日本では役所もコンサルも抵抗感がかなり高い。
- ECI (Early Contractor Involvement) であれば、抵抗感が低くなる。
 - 熊本57号災害復旧二重峠トンネル工事阿蘇工区・大津工区
 - 国道157号犀川(さいがわ)大橋の補修工
- BIM/CIMでは、Front Loadingが重要。Concurrent Engineeringによって、生産性を向上させなければ、BIM/CIMの価値は半減。
- ECIをやろう！
 - 属性情報の付与方法
 - CIMモデルによる数量、工事費、工期算出
 - 施工段階を見据えたCIMモデル構築
 - CIMモデルのデータ共有方法一などの検討項目を設定。
 - CIMモデルで納品することを想定した属性情報の付与方法やCIMモデルを用いた事業費・工期の算出方法、受発注者間での効率的なCIMモデルの確認・共有・利活用方法などを検討
- 中国地方整備局：「平成29年度岡山環状南道路大樋橋西高架橋等詳細設計業務」を公告。
- 詳細設計の段階から施工者が関与しながら、CIMで最適な設計を図る。

Nobuyoshi Yabuki (c) 2017

37

IPD (Integrated Project Delivery)

- 米国で考案された、DB方式よりもさらに進んだ、BIMの技術を使った究極のプロジェクト遂行方式
- 建築構造物のIPDでは、発注者(オーナー)、設計者(建築家、構造技術者、設備技術者)、請負業者(元請け業者と下請け業者も)が一つの団結し密着したチームを作り、プロジェクトの最初の段階から完成まで一緒になって、BIMの技術を最大限に使用して、データを共有しながら、最適な建物を建てるという共有目的の下、協調的に遂行
- Cloudのサーバを使って、データを共有
- 遠隔でもインターネットで、チーム全員が集まって会議をし、自分が儲けるとか楽をするとか、相手の粗探しをして非難したりするというのではなく、専門家としてプロジェクトの成功のために、知恵をしぼり、協力しあう。
- 良いチームによるコラボレーションが重要
- 部分最適化ではなく全体最適化が目指せる
- 米国加州カストロバレーのサッター医療センタープロジェクトで実施(2007-2012)

建築家や構造技術者、設備技術者がプロジェクト・チームに主要メンバーとして入っており、彼らが設計を改善することによって、予定していた建設コストやエネルギーコストより安く出来たり、計画工期より早く完成したりすれば、それによって得られる利益の一部を得ることが出来る



オーナー、設計者、施工者、維持管理者、市民などが集まり、連動するマルチスクリーンを操作しながら、プロジェクトのリスクや問題点を議論し、解決策を模る。

Nobuyoshi Yabuki (c) 2017

38

- 現状の3者関係で行うプロジェクトの契約方式とIPDの違いは、前者は、設計者も施工者も発注者の決めた仕様書や契約図書の中で、自らの利益が最大限になるよう努力するが、後者は、参加者全員が発注者にとって利益になるように行動し、そうすることによって自らも利益が得られるという点である。
- 現在の方法では、発注者がよほどしっかりと監督をしなければ、安くて、良い物が出来にくい仕組みになっているのである。
- 日本で比較的品質が高い設計と施工がなされているのは、国民性もあるだろうが、もし手抜きやずるいことをすれば、商売を継続させていくことが難しくなる環境であることを知っているからであろう。
- しかし、実際は大きな手抜き工事を意図的にやった準大手もあり、つぶれてはいない。
- 土木でもIPDが将来、望まれる所以である。

米国のBIMのProgram Manager

- 2013年秋、土木学会土木情報学委員会主催で、米国のBIM/CIMの調査を実施。
- New Yorkの大手建設コンサルParsons Brinckerhoff社でヒアリング
- 同社には、VDC (Virtual Design and Construction) の部署 (約80名) があり、世界中のBIM/CIM, VDCに携わっている。
- Autodesk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。
- 大規模な高速道路やビル再開発プロジェクトにBIMのProgram Managerとして参画し、発注者と建設コンサル、ゼネコンの間に入って、プロジェクトを3D, 4D, 5Dモデルを使って、仕切っている。
- Program Managerの契約額は、プロジェクト総コストの約1割に及び、2,000億円のプロジェクトなら、200億円が入る。
- 非常にやりがいがあり、会社の収益に大いに貢献している。

CIM技術者の育成

- 日本でも、近い将来、CIM技術者が生まれていこう。CIM技術者は、CADなどのオペレーションも行うが、主な業務は、数多くいるプロジェクト参加者達の情報マネジメントをすることになる。
- 米国のプログラム・マネージャはBIM/CIMの使い手であり、プロジェクト全体を発注者の立場に近いところでマネジする。特に、情報のマネジメントを。
- 米国のプログラム・マネージャは、総事業費の10%も取ることができる新しい(魅力的な)仕事。
- CIM技術者は、発注者側にも良い。いや、日本の土木分野のように発注者側にインハウス・エンジニアが数多くいる国では、CIM技術者は発注者側にいるべきなのである。
- そうでなく外注するというのであれば、その分、インハウス・エンジニアが別の仕事に注力すべきである。
- 今後、中間管理職は、コンピュータや情報通信機器、各種のソフトウェアなどについての的確な知識とセンスを持ち、部下に何をどうさせるべきなのか、正確な判断をし、きちんと管理できるようになることが、今以上に重要になるから、中間管理職こそ、CIMやICTの研修を受けるべきだ。
- 役員・上級管理職は、情報マネジメントに関するセンスを磨き、新しいビジネスモデルの考案、新業務形態、海外市場などへの進出へ知恵を絞るべき。

「CIM塾」開講しよう

- 日本では、CIMのツールを使える技術者が極端に少ない
- 大手のコンサルやゼネコンの多くは、自分ではやらず、下請け任せ
- 受入可能な下請けは日本には2、3社しかいないのが現状
- 下請けはオーバーワーク
- 人材不足は深刻
- 2015年度から、JACICは、CIM “Soluthon”と称するCIMの研修を開始
- 大学でも社会人を対象に土曜日にCIMの塾を開いて、大学でなければできないような研修をやろう
- 単なるソフトの使い方ではなく、基礎的な理論を教えつつ、プロジェクトベースの教育を行おう
- 単なるオペレータの養成ではなく、将来、CIMマネージャになれるような人材を育成しよう
- 大阪大学のオリジンは緒方洪庵の適塾。

「CIM塾」開講（2016年8月）

- 大阪大学 矢吹研において、土曜日、社会人を対象にCIMに関する講義、ソフトウェアの使用法指導、仮想プロジェクトを用いたトレーニングを実施中
- 2016年8月27日～12月17日、計10回。11名を対象。
- 講師：矢吹、Civilユーザ会、他、学生はTA
- 講義
 - 今後のCIMによる建設事業のあり方
 - 最新の測量技術（測地系、UAV）
 - 土木情報学においてCIMに関する項目
- 仮想プロジェクト
 - 敷地造成、団地計画、高速道路、橋梁、トンネル、砂防ダム、水力発電、など
- JACIC「CIM Soluthon」
（一財）日本建設情報総合センター（JACIC）では、平成27年度から、CIMに関する研修を実施している。

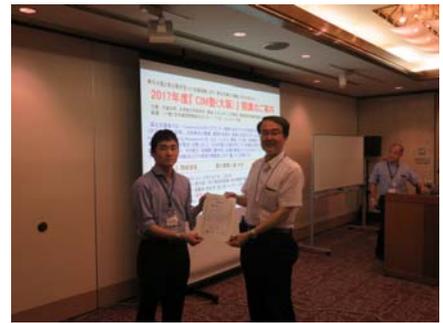
CIM塾の卒業課題「道路のデザイン」

- 地形の3次元モデルを作成し、切土、盛土、トンネル、橋梁からなる道路を3次元モデルとして設計しなさい。
- 数量・工事費計算により比較設計を行い、ルート選定の理由の明確化
- ドライブシミュレーション、フライスルーのビデオ映像の作成
- 交通流のシミュレーションを実施。
- 工業団地、集合住宅、物流センター、テーマパークなどを設計し、道路とつなげて良い



平成29年度 CIM塾

- 平成28年度の反省，要望など
 - 10回は多い。
 - 土曜日は休日出勤になってしまう。
 - 大阪だけでなく，東京でも開催を。
 - 開催時期を，夏までに。
- 平成29年度は，
 - 平日に1泊2日でホテルで泊りがけで，朝から夜遅くまで，長時間，集中的に実施。
 - 大阪（6月20日～21日）ホテルクライトン新大阪，受講者18名
 - 東京（7月31日～8月1日）晴海グランドホテル，受講者18名



Nobuyoshi Yabuki (c) 2017

教える者と学ぶ者が互いに切磋琢磨し合う 緒方洪庵の「適塾」の志を伝える*

2017年度『CIM塾(東京)』開講のご案内

主催：大阪大学 大学院工学研究科 環境・エネルギー工学専攻 環境設計情報学領域(矢吹研究室)
 後援：(一財)日本建設情報総合センター / (一社) Civil ユーザ会

国土交通省では、i-Constructionのトップランナー施策である「ICTの全面的な活用」の推進に向け、3次元モデルを活用し、社会資本の整備、管理の効率化・高度化を図るCIM (Construction Information Modeling/Management)を、土工、トンネル、橋梁、ダム等へ本格導入するため、「CIM導入ガイドライン」を策定・公開しました。2016年度に大阪大学にて「CIM塾」を初めて開講し、11名の塾生が卒業しました。今年度は、短期間に集中的に必要な事項とスキルを学ぶことができるよう、パワーアップした『CIM塾』を以下の要領で開催致します。奮ってご応募下さい。

■『CIM塾』開催要領 最大募集人員：20名



- 日時：2017年7月31日(月)～8月1日(火) 1泊2日
- 場所：晴海グランドホテル(都営大江戸線・勝どき駅徒歩7分)
- 受講対象者：発注者・測量者・設計者・施工者・ベンダー・CIMプロジェクト推進者・CAD従事者
- 受講費用：¥150,000-(税抜)

受講費用には、テキスト、PC使用、宿泊費、1日目の昼食、夕食、2日目の朝食、昼食を含む。

【5】開催内容

本塾では、CIMに関する学問的なバックグラウンドと最新情報を座学で習得し、3Dプロダクトモデル構築に必要なソフトウェアについてスクール形式で実機を用いて基本操作を学習する。同時に、造成、高速道路、道路、河川、橋梁、上下水道などの3Dプロダクトモデル構築を課題を通じて実際に行ない、最終的にはプレゼンテーションファイルを作成するところまで行う。また、CIMのケーススタディも行う。

- 受講形態：座学およびスクール形式によるPC操作、演習。
- 習得目標：CIMスキルレベルⅡ(別紙参照)
- 利用ソフト：Autodesk Civil 3D / Revit / InfraWorksを中心とし、その他のソフトについても説明を行う。
- 受講時間割：第1日目(7月31日)10:00集合、10:00～21:00 講義と演習、21:00～22:00 質疑応答
 第2日目(8月1日)8:00～18:00 講義と演習 18:00解散

*：大阪大学の源流の一つは緒方洪庵の適塾です。

CIM塾2017 スケジュール

タイムスケジュール			
1日目	9:30		集合
	9:30	10:00	受付
	10:00	10:05	開講式
	10:05	10:30	自己紹介
	10:30	12:00	CIM概論
	12:00	13:00	昼食・休憩
	13:00	13:40	CIM基礎知識 ・測地系 ・ソフトウェア紹介
	13:40	14:50	Civil 3D基本操作
	14:50	15:50	Revit基本操作
	15:50	16:00	休憩
	16:00	19:00	Infraworks基本操作(1)
	19:00	20:00	夕食・休憩
	20:00	21:40	Infraworks基本操作(2)
	21:40	22:00	課題提示
22:00	22:05	進め方の説明	

タイムスケジュール			
2日目	7:00	8:00	朝食
	8:00	8:30	CIM各論(1)
	8:30	9:00	CIM各論(2)
	9:00	11:00	Workshop1 (2H)
	11:00	12:00	Workshop2 (1H)
	12:00	13:00	昼食・休憩
	13:00	15:00	Workshop3 (2H)
	15:00	16:00	Workshop4 (1H)
	16:00	17:30	発表会 (1.5H)
	17:30	17:35	休憩(判定会)
	17:35	18:00	閉会式 (講習会場横)
	18:00		解散 → 懇親会 (講習会場横)

Nobuyoshi Yabuki (c) 2017

JACIC「CIMチャレンジ研修（CIMSoluton[®]）」

- （一財）日本建設情報総合センター（JACIC）では、平成27年度から、CIMに関する研修を開始し、平成28年度は、CIMチャレンジ研修を以下のように実施した。

（1）研修実施日、場所

- 第1回 平成28年 9月28日（水）～ 9月30日（金） 場所：FORUM8（東京都渋谷区）
- 第2回 平成28年10月26日（水）～10月28日（金） 場所：FORUM8（東京都渋谷区）
- 第3回 平成28年11月 9日（水）～11月11日（金） 場所：NSGカレッジリーグ（新潟県新潟市）
学生総合プラザ

（2）定員 各10名

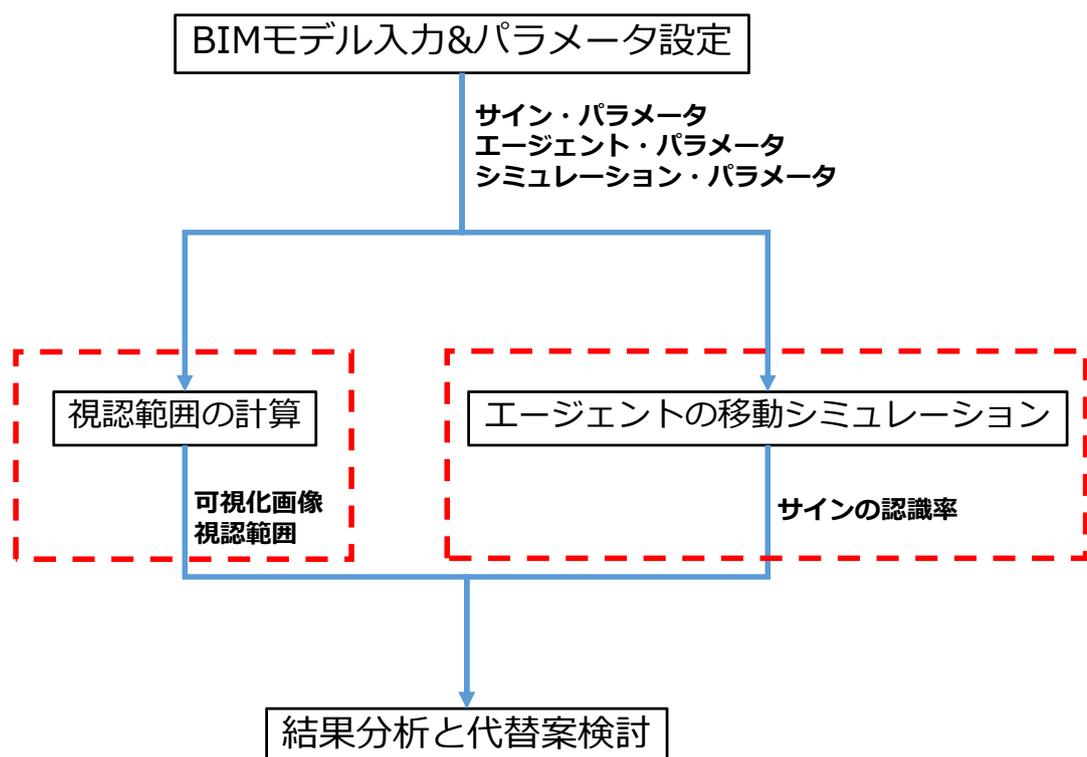
- 平成29年度は、2回実施し、第1回は入門コースで8月8日～8月10日の3日間、第2回は実務コースで12月13日～15日の3日間、東京で開催する予定とのことである。
- 実務コースの課題については、建設コンサルタント会社の専門家などから構成される委員会が作成するとのことである。
- 平成30年度以降も、JACICが実施しつつ、他の機関と調整しながら研修実施の試行も行い、研修の定着と拡充を図っていくとのことである。

JACICは、3次元CADソフトをエンジニア活動の一環として高度に使いこなせる人材育成のための教材、講義・実習等教育プログラムの構築並びに最適な3次元CADソフトを提供できる業界支援（ベンダー等）を目的として「CIMチャレンジ研修」を開催している。

Nobuyoshi Yabuki (c) 2017

47

方向案内板視認性の自動チェックシステム

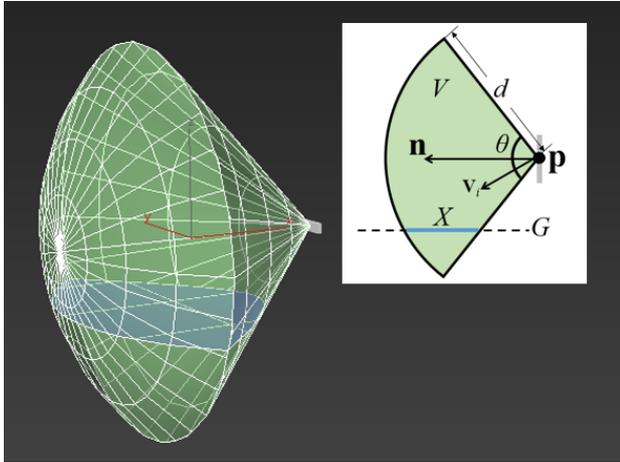


Nobuyoshi Yabuki (c) 2017
提案システムのフロー

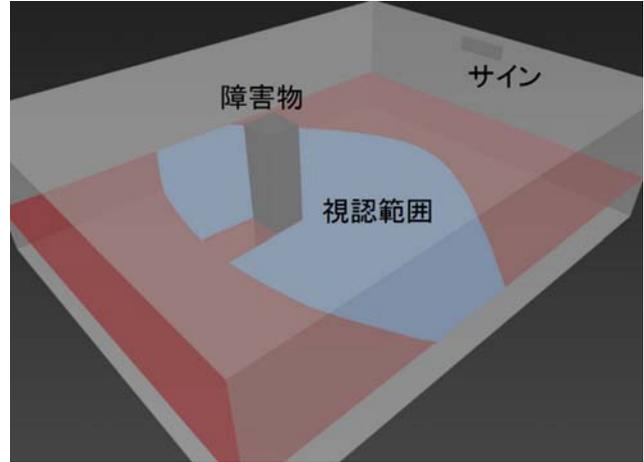
48

視認範囲の計算

- 緑部分の可視ゾーン(V)は視認距離と視認角度を用いて算出される
- 視認範囲は可視ゾーンの内、目の高さの断面(X)と定義する
- サインの視認性は障害物の存在に影響を受ける



可視ゾーンと視認範囲の定義



視認範囲可視化例

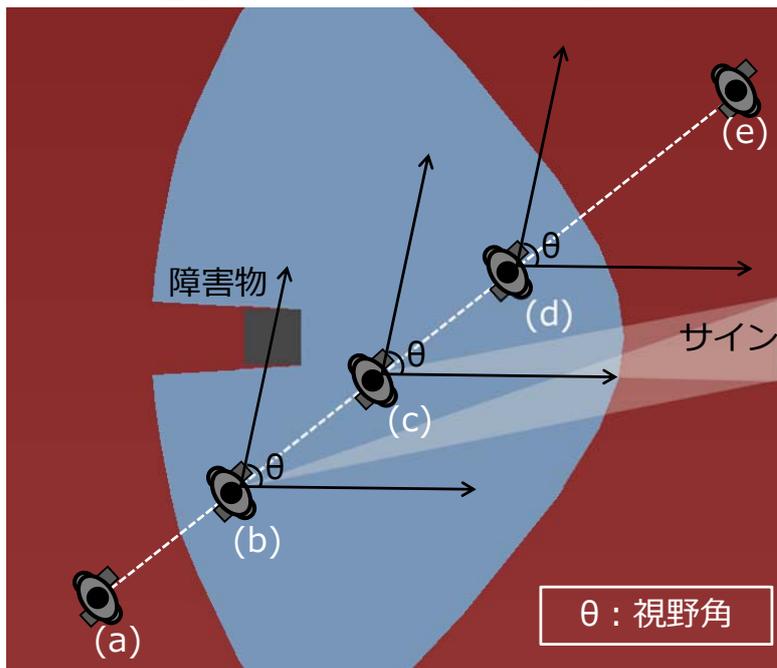
可視ゾーン算出式: $V = \{v_i \mid (v_i - p) \cdot n / \|v_i - p\| \|n\| \geq \cos \theta/2 \text{ and } \|v_i - p\| \leq d\}$

P: サインの中心点 n : サインの方向性
 d: 最大視認距離 θ : 最大視認角度

49

エージェントの移動シミュレーション

サインの視認性を分析する為、利用者の動線をシミュレーションする



見えない地点: (a), (d), (e) 見える地点: (b), (c)

パラメータ設定

サイン
 パラメータ:
 視認距離
 視認角度
 読解時間

エージェント
 パラメータ:
 視野
 向き
 身長

シミュレーション
 パラメータ:
 歩行速度
 交通量
 動線
 衝突回避方法

サインの認識率 = $\frac{\text{読解に必要な時間を十分に取れるエージェントの数}}{\text{サインの対象者であるエージェントの数}}$

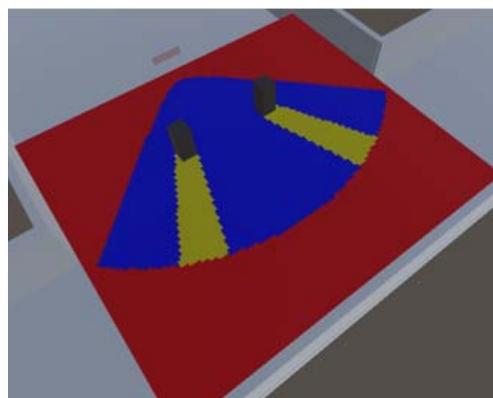
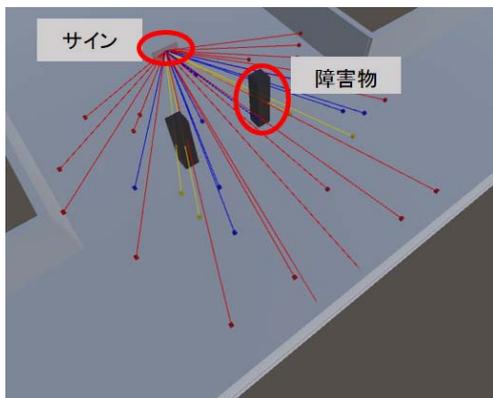
50

視認範囲の表示と算出

入力条件

パラメータ	値
サインの高さ[m]	3
視認距離 [m]	15
視認角度 [deg.]	90

■	視認範囲外
■	視認範囲内
■	障害物に隠される範囲



(a) 視認範囲可視化 (成人男性) (b)

結果：視認範囲

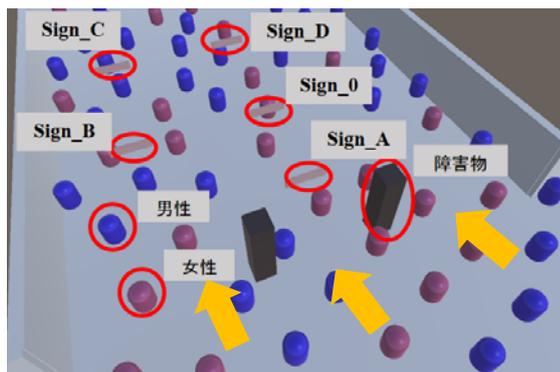
対象利用者	平均身長 (目の高さ) [m]	総範囲 [m ²]	視認範囲 [%]
小学生	1.37 (1.24)	440	30.82
成人女性	1.58 (1.45)	440	31.30
成人男性	1.71 (1.58)	440	31.61

各サインの認識率の算出

入力条件

パラメーター	値
サインの高さ[m]	3
視認距離[m]	15
視認角度[deg.]	90
読解時間[sec.]	1.0
エージェントの視野[deg.]	120

エージェントの分類	平均身長 (目の高さ) [m]
成人男性	1.71(1.58)
成人女性	1.58(1.45)
大人	1.65(1.52)
小学生	1.37(1.24)



成人男性 vs.成人女性

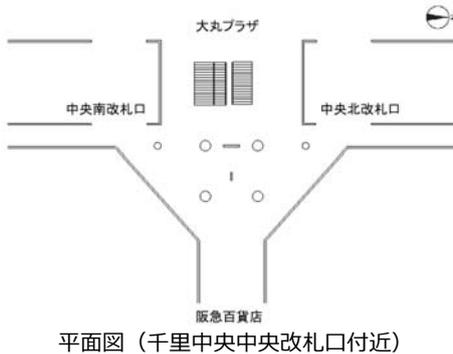
結果：認識率

Sign No.	成人男性 vs.成人女性		Sign No.	大人 vs. 子供	
	成人男性 [%]	成人女性 [%]		大人 [%]	子供 [%]
Sign_0	81.37	80.25	Sign_0	78.92	73.50
Sign_A	58.38	57.50	Sign_A	53.17	50.00
Sign_B	60.88	60.38	Sign_B	60.33	59.00
Sign_C	62.25	61.75	Sign_C	61.75	61.00
Sign_D	83.13	82.13	Sign_D	80.67	77.50

BIMモデル 千里中央駅（北大阪急行電鉄）の一部



対象地の写真



BIMモデル

ARを用いた温度・湿度・風等の環境データの可視化と人間との相互関係

風向・風速分布可視化

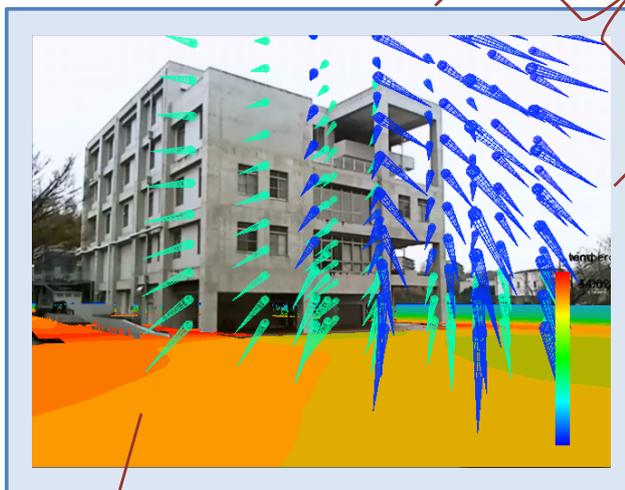


図5. 本システムの可視化画面

気温分布可視化

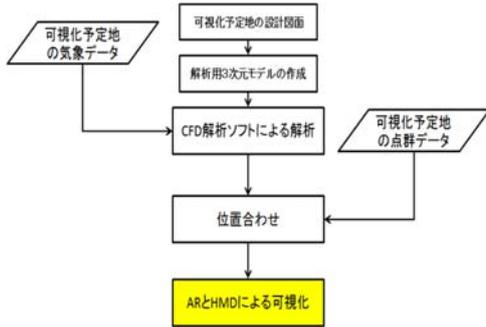
- ・HMDとARを用いることで現実空間に温熱環境解析結果を確認できる可視化システム
- ・本研究ではCFD解析ソフトによる解析データを出力し表示している



図6. システム利用状況

温熱環境可視化 気温分布

開発システム



気温分布は、平面図・球により表示
気温差を色情報で示す(赤:高⇔低:青)

平面図...標高に垂直な断面の分布表示
全体の気温分布を把握しやすい

球...周囲の気温分布を立体的に把握しやすい
球の大きさと観測者との距離を理解できる

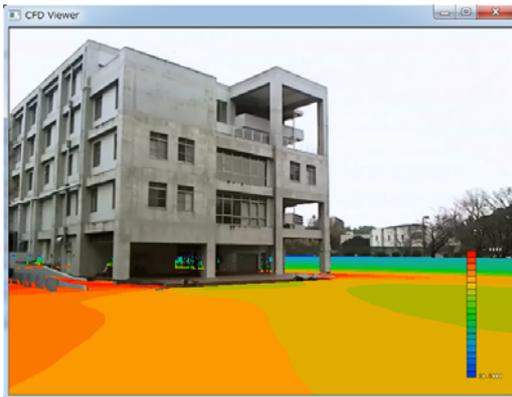


図14. 平面図表示(観測点から30cmの断面)

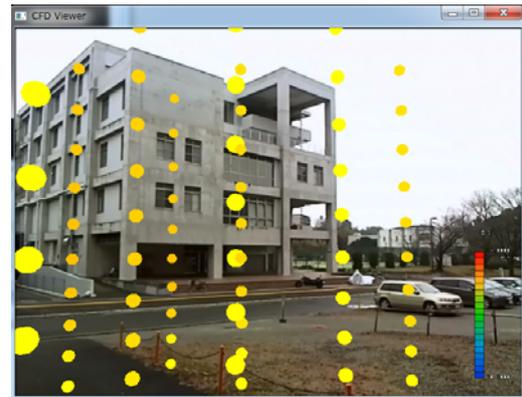
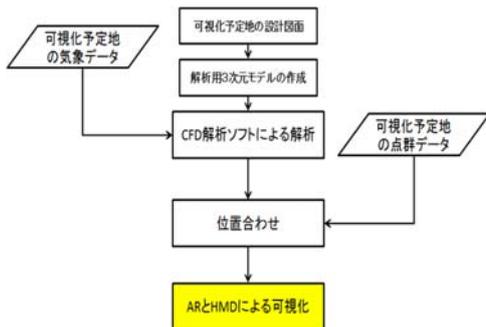


図15. 球による周辺気温分布表示
(3m × 3m × 3m)

14

風分布

開発システム
温熱環境可視化



風分布は流線と円錐により表示

風速の大きさを色情報で示す(赤:大⇔小:青)

流線...風の流線を線であらわしたもの
全体の風分布を理解しやすい

円錐...観測者の周辺の風向・風速を円錐で表示
周囲の風分布を立体的に把握しやすい



図16. 流線による表示(風の流線の線)



図17. 円錐による表示

15

IoT：電池の問題 — LPWAが解決

- MEMSによって、センサは小型になり、無線ネットワークによって、ケーブルも不要になった。
 - しかし、電池は相変わらず必要で、1ヶ月から長くて1年くらいに1回は電池交換が必要である。
 - 社会インフラ施設にセンサを取り付ける際は、足場や橋梁点検自動車等が必要であり、電池交換の際も同様である。
 - ソーラーバッテリーや振動を利用した蓄電池等が研究されているが、なかなか社会インフラ構造物に設置されるまでは、至っていない。
-
- この問題を解決してくれそうなのが、LPWAである。
 - LPWAは、Low Power Wide Areaの略で、低消費電力で広域エリアを対象にできる無線通信技術である。
 - WiFiは高速だが、通信距離は300m程度までで、Bluetoothは100m程度以下である。
 - 一方、LPWAの一つSIGFOXでは、最大50kmくらいである。
 - LPWAでは、ボタン電池1つで数年単位の動作を実現するという。

出典：<http://www.sbbit.jp/article/cont1/33292>



Nobuyoshi Yabuki (c) 2017

57

大量の写真の問題 — AIが解決

- 社会インフラの点検では大量の写真を撮影
- 点検技術者が判断して、コンクリートのクラックやすり減りなどを図に描いており、時間と労力がかかる。
- そもそも、どこで何を撮影したのかもわからないような写真が大量に残ってしまう。
- 従来、機械学習を用いて、クラックや錆等の変状をデジタル画像から識別する研究がされてきている。
- 最近では、AIの第三次ブームということもあり、深層学習（Deep Learning）を用いた機械学習に強い関心が寄せられ、変状の認識率の向上を図っている。
- 写真の撮影箇所が不明になる問題は、Structure from Motionによって3次元モデルを作成し、画像マッチングから検索できるようにする研究を理研が実施中。

Nobuyoshi Yabuki (c) 2017

58

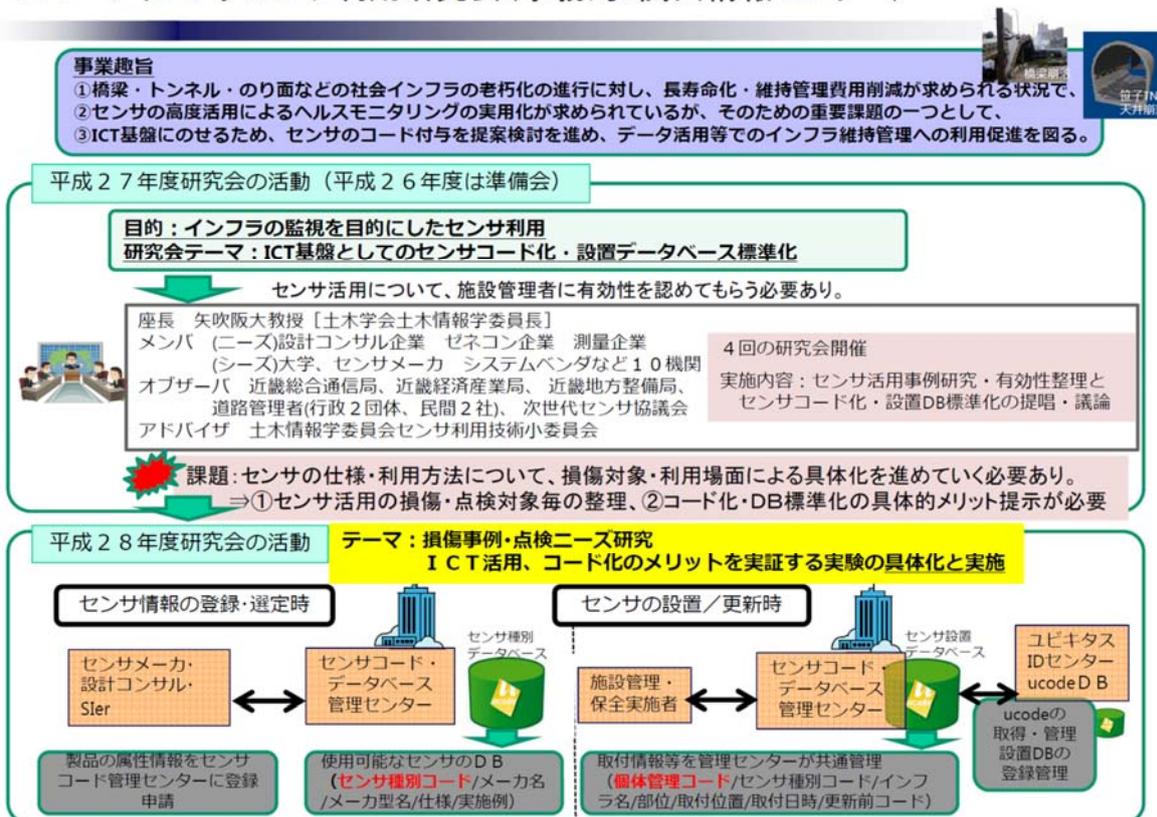
大量のセンサ設置によるデータ処理困難化の問題

- SmartDustの概念のように、大量のセンサを橋梁や道路、トンネル、斜面などに設置したら、本当にうまくいくのだろうか？
- こうした「ビッグデータ (Big Data)」はデータマイニング (Data Mining) や機械学習 (Machine Learning) で、コンピュータが自動的に有意なデータや知識を探し出してくれると情報科学 (Computer Science) の研究者や技術者は言うが、本当だろうか？
- そもそも、土木技術者は、構造物にセンサを設置した場合、センサのデータだけを見ているのではなく、センサの方向、設置条件、設置してある部材の性質や境界条件、周辺の環境などのコンテキスト (context) を、適宜使用して推論している。
- コンテキストは、通常、2次元の図面、画像情報等の人間にわかりやすく、コンピュータに理解させ難い情報。
- コンテキストは、構造物の3次元プロダクトモデルとセンサのデータモデルを統合したデータモデルによって表現できるはずだ、という仮説の下、研究開発中。

Nobuyoshi Yabuki (c) 2017

59

スマートインフラセンサ利用研究会(事務局:関西情報センター)



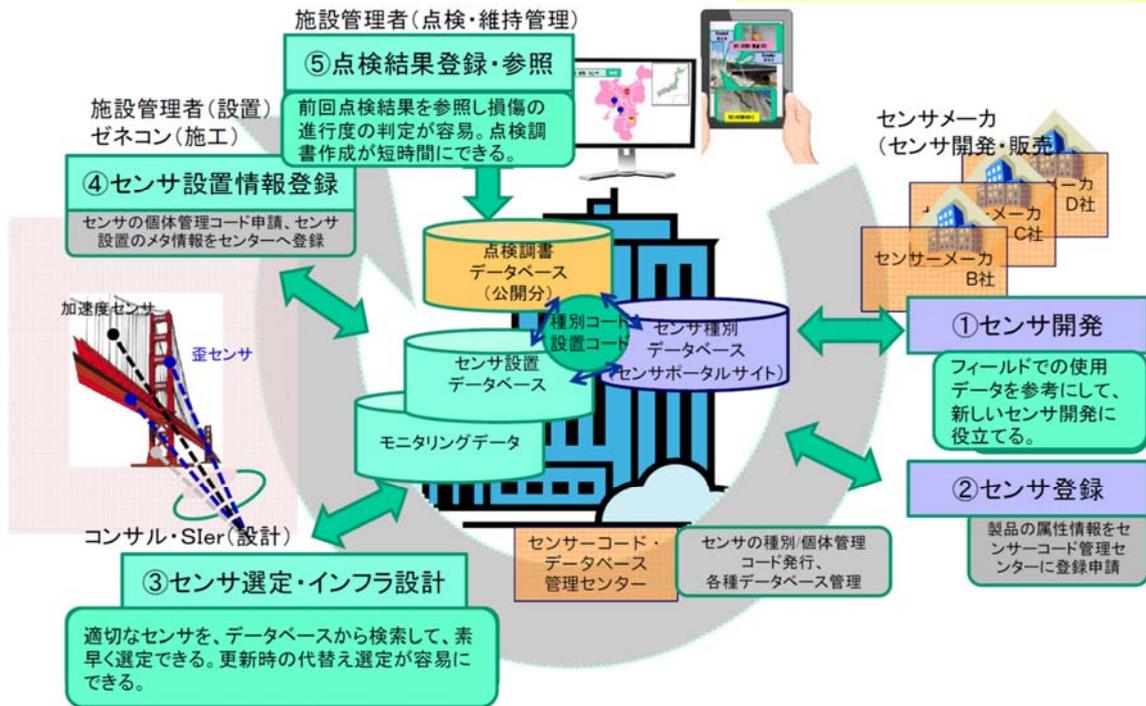
(一財)関西情報センター Copyright (C) 2016 Kansai Institute of Information Systems. All rights reserved.

Nobuyoshi Yabuki (c) 2017

60

ToBe(目指すエコサイクル):コード化、データベース標準化

維持管理エコサイクルとメリット



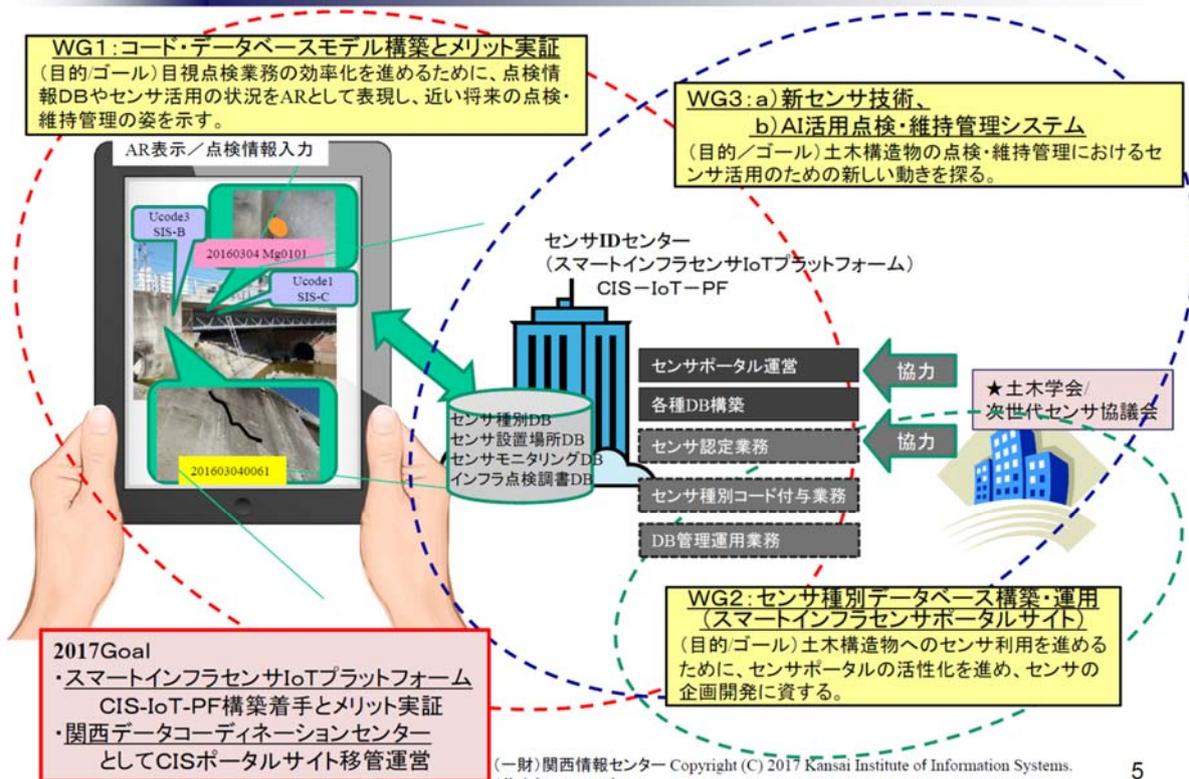
(一財)関西情報センター Copyright (C) 2016 Kansai Institute of Information Systems. All rights reserved.

Nobuyoshi Yabuki (c) 2017

2

61

スマートインフラセンサ利用研究会(平成29年度活動計画)



(一財)関西情報センター Copyright (C) 2017 Kansai Institute of Information Systems. All rights reserved.

Nobuyoshi Yabuki (c) 2017

5

62

第5期科学技術基本計画のポイント

- 4つの目指すべき国の姿(第1章)
 - 持続的な成長と地域社会の自律的發展
 - 国及び国民の安全・安心の確保と豊かで質の高い生活の実現
 - 地球規模課題への対応と世界の発展への貢献
 - 知の資産の持続的創出
- ~~このような国の実現に向けた4本の柱(第2章～第5章)~~
 - ~~未来の産業創造と社会変革(第2章)~~
 - ~~自ら大きな変化を起こし、大変革時代を先導していくため、非連続なイノベーションを生み出す研究開発を強化し、新しい価値やサービスが次々と創出される「超スマート社会」を世界に先駆けて実現するための一連の取組を更に深化させつつ「Society 5.0」として強力に推進する。~~
 - ~~経済・社会的な課題への対応~~
 - ~~国内又は地球規模で顕在化している課題に先手を打って対応するため、国が重要な政策課題を設定し、課題解決に向けた科学技術イノベーションの取組を進める。~~
 - ~~基盤的な力の強化~~
 - ~~今後起こり得る様々な変化に対して柔軟かつ的確に対応するため、若手人材の育成・活躍促進と大学の改革・機能強化を中心に、基盤的な力の抜本的強化に向けた取組を進める。~~
 - ~~人材、知、資金の好循環システムの構築~~
 - ~~国内外の人材、知、資金を活用し、新しい価値の創出とその社会実装を迅速に進めるため、企業、大学、公的研究機関の本格的連携とベンチャー企業の創出強化等を通じて、人材、知、資金があらゆる壁を乗り越え循環し、イノベーションが生み出されるシステム構築を進める。~~

63

基本計画の第2章および基本計画(答申)より引用

- ICTを最大限に活用し、サイバー空間とフィジカル空間(現実世界)とを融合させた取組により、人々に豊かさをもたらす「超スマート社会」を未来社会の姿として共有し、その実現に向けた一連の取組を更に深化させつつ「Society 5.0」として強力に推進し、世界に先駆けて超スマート社会を実現していく。
- 世界では、ドイツの「インダストリー4.0」、米国の「先進製造パートナーシップ」、中国の「中国製造2025」等、ものづくり分野でICTを最大限に活用し、第4次産業革命とも言うべき変化を先導していく取組が、官民協力の下で打ち出され始めている。
- サイバー空間とフィジカル空間(現実社会)が高度に融合した「超スマート社会」を未来の姿として共有し、その実現に向けた一連の取組を「Society 5.0」(※)とし、更に深化させつつ強力に推進
 - ※ **狩猟社会、農耕社会、工業社会、情報社会に続くような新たな社会**を生み出す変革を科学技術イノベーションが先導していく、という意味を持つ
- 超スマート社会とは、
 - 「必要なもの・サービスを、必要な人に、必要な時に、必要なだけ提供し、社会の様々なニーズにきめ細かく対応でき、あらゆる人が質の高いサービスを受けられ、年齢、性別、地域、言語といった様々な違いを乗り越え、生き活きと快適に暮らすことのできる社会」である。

64

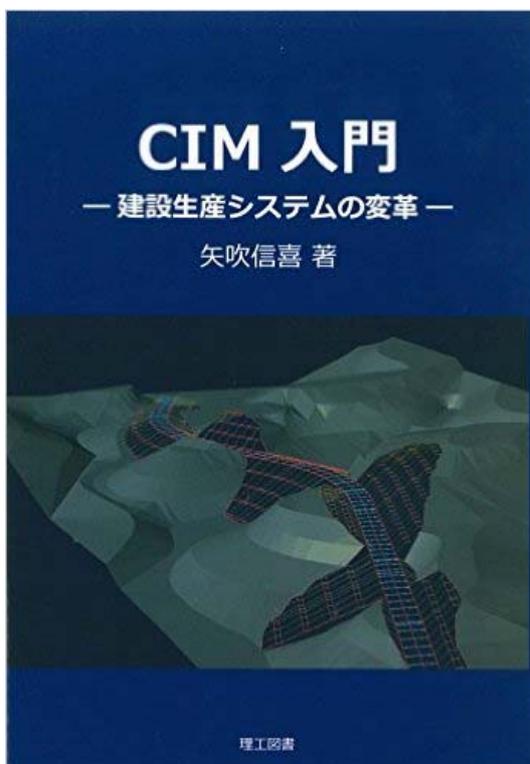
内閣府のSIPとPRISM

- 内閣府では、「戦略的イノベーション創造プログラム（SIP：エスアイピー）」を2014年度から開始し、その中に、「インフラ維持管理・更新・マネジメント技術」という課題を設け、藤野陽三PDの下、先進的な維持管理に関する研究が進められ、なおかつ出口戦略として実用化を目指している。
- SIPのこの課題の下に、インフラ維持管理にAIがどう活かせるかを調査研究するために、「AIのインフラ維持管理への活用検討プロジェクトチーム」を2017年度から設けて、活動をしている。
- 一方、内閣府では、2017年度から、「官民研究開発投資拡大プログラム（PRISM：プリズム：Public/Private R&D Investment Strategic Expansion PrograM）」を開始し、その中に、「革新的建設・インフラ維持管理技術／革新的防災・減災技術」というターゲット領域が設定され、田代民治統括の下、運営委員会が9月から開始した。

Nobuyoshi Yabuki

65

『CIM入門－建設生産システムの変革－』矢吹信喜著、理工図書、2016.1. ¥2,600（定価，税抜）



1. CIMとは
2. 建設分野を取り巻く課題
3. 設計・施工と情報伝達の歴史
4. CIM利用の現状
5. 3次元モデリングの基礎
6. プロダクトモデル
7. 測量とGIS
8. 地形と地層の3次元モデリング
9. 道路等の線形構造物の計画と設計
10. 構造物の設計とCIM
11. 施工とCIM
12. 維持管理とCIM
13. 土木プロジェクトマネジメント
14. 先進諸国の取組み
15. CIM技術者の育成とCIMの将来像

Thank you very much for your attention!

3D CAD system for Civil Engineering at
Electric Power Development Co., Ltd., in 1984

