

CIMを用いた維持管理 –COBie入門–

主催 一般社団法人IAI日本 土木分科会および
一般財団法人日本建設情報総合センター 社会基盤情報標準化委員会
社会基盤COBie検討小委員会

2015年5月27日(水) 13:25～17:00
オートデスク株式会社 セミナールーム
13:30～14:30

これからの維持管理

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
一般社団法人IAI日本 土木分科会 リーダー
矢吹 信喜

1

米国ミネアポリス高速道路トラス橋梁崩落事故

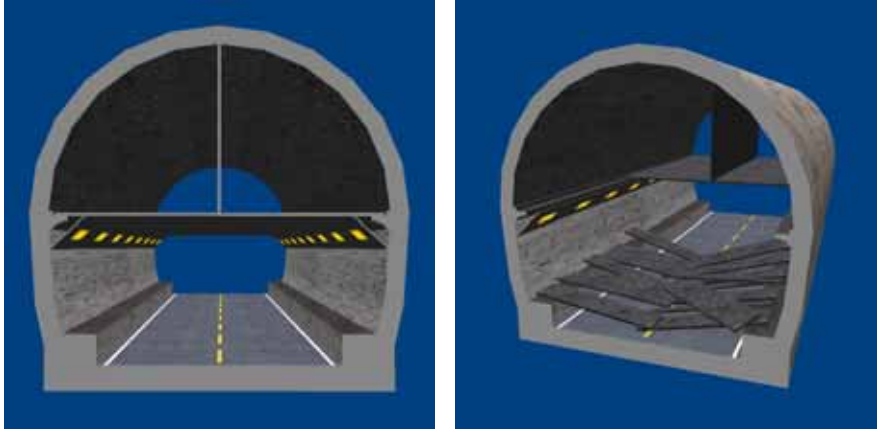
- 2007年8月1日、1967年に建造された長さ579m、幅33m(合計8車線)のトラス橋が突然崩落した。
- 当時、この橋では補強工事が行われており、車線が片側2車線に制限されていた。
- この事故を受けて国土交通省が調査を行った結果、全国の自治体のうち7県および1567区市町村で橋の点検を行っていなかった事がわかった。



2

笹子トンネル天井板落下事故

- 2012年12月2日、山梨県大月市笹子町の中央自動車道上り線笹子トンネルで天井板のコンクリート板が約130mの区間にわたって落下し、走行中の車複数台が巻き込まれて死傷者が出た。
- 2013年6月18日、国土交通省の事故調査・検討委員会は事故についての最終報告書をまとめた。報告書では、施工時からボルトの強度が不足していたことや、ボルトを固定していた接着剤が劣化したことなど、複合的な要因が事故につながったとしている。また、報告書では、計算上では風圧によりボルトに想定以上の荷重がかかっていたとみられること、ボルトの耐久性に関する知識が不足していたこと、12年間ボルトの状態を確認していなかったことなど、NEXCO中日本の管理体制に不十分な点もあったと批判している。



3

日本の土木は猛反省

- 従来、設計と施工に重点。維持管理は軽視されがちだった。
- 主要構造部材には力を入れるが、天井板や付帯構造物、設備等には関心が低かった。
- 実際に事故が起こり、人命を脅かすのは、そうした付帯設備の老朽化であることに気付いた。
- そもそも、きちんと点検もしていない土木構造物が全国に多数あることがわかった。
- 凶面すら残っていないなど、管理が杜撰な自治体もあることがわかった。

4

国交省の対応



- 国交省は、2013年を「メンテナンス元年」と表明。
- 2014年4月14日、社会資本整備審議会 道路分科会は「道路の老朽化対策の本格実施に関する提言」を取りまとめた。
- 「Ⅰ. 最後の警告ー今すぐ本格的なメンテナンスに舵を切れ」
 - 「笹子の警鐘」を確かな教訓とし、「荒廃するニッポン」が始まる前に、一刻も早く本格的なメンテナンス体制を構築しなければならない。
 - そのために国は、「道路管理者に対して厳しく点検を義務化」し、「産学官の予算・人材・技術のリソースをすべて投入する総力戦の体制を構築」し、「政治、報道機関、世論の理解と支持を得る努力」を実行するよう提言する。

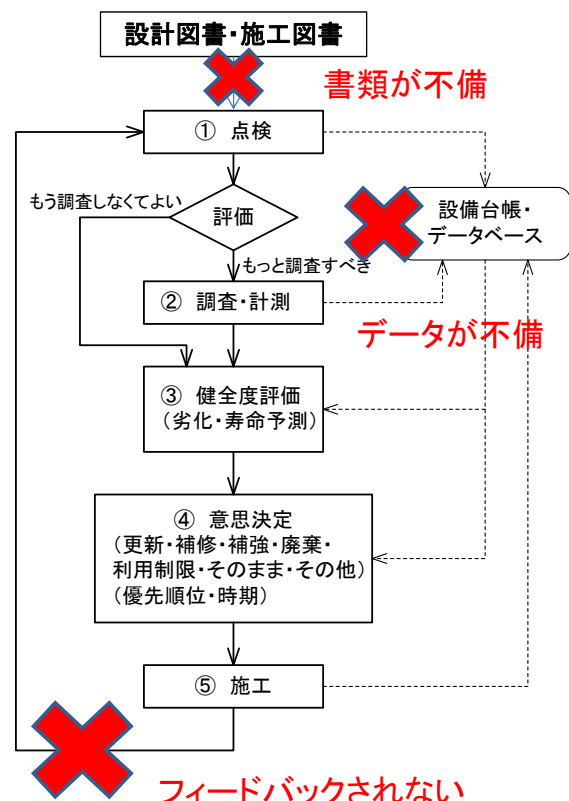
5

社会インフラの維持管理の課題

- ① 点検
 - i. 計測機器等による観測：相当な費用を要する。
 - ii. 非破壊検査等による定期検査：重要な構造物のみ対象
 - iii. 目視等による巡視点検：点検対象を面として捉えられ、安価で、早期発見につながり、今後也不可欠。技術者が高齢化。
 - － 点検シート（紙！）はファイルされお終い。
 - － 設備台帳や図面が不備で管理杜撰
 - － データベースがあってもデータ入力是一部だけ
 - － 点検者の知識と経験に依存。下流の計測や解析、評価、意思決定、施工など情報が点検者にフィードバックできていない。
- ② 調査・計測：センサーや解析手法に関する研究多数
- ③ 健全度評価：評価方法、劣化予測、寿命予測等の研究多数
- ④ 意思決定：LCC、ユーザー満足度、財務状況、需要予測等に基づく最適化等の研究盛ん
- ⑤ 施工（補修・補強）：個々の事例報告多数

点検業務が問題！ ICTを使って何とか問題解決できないか？ と1999年に室蘭工大に転職してから考え続けている。

Nobuyoshi Yabuki



6

パラダイムシフト

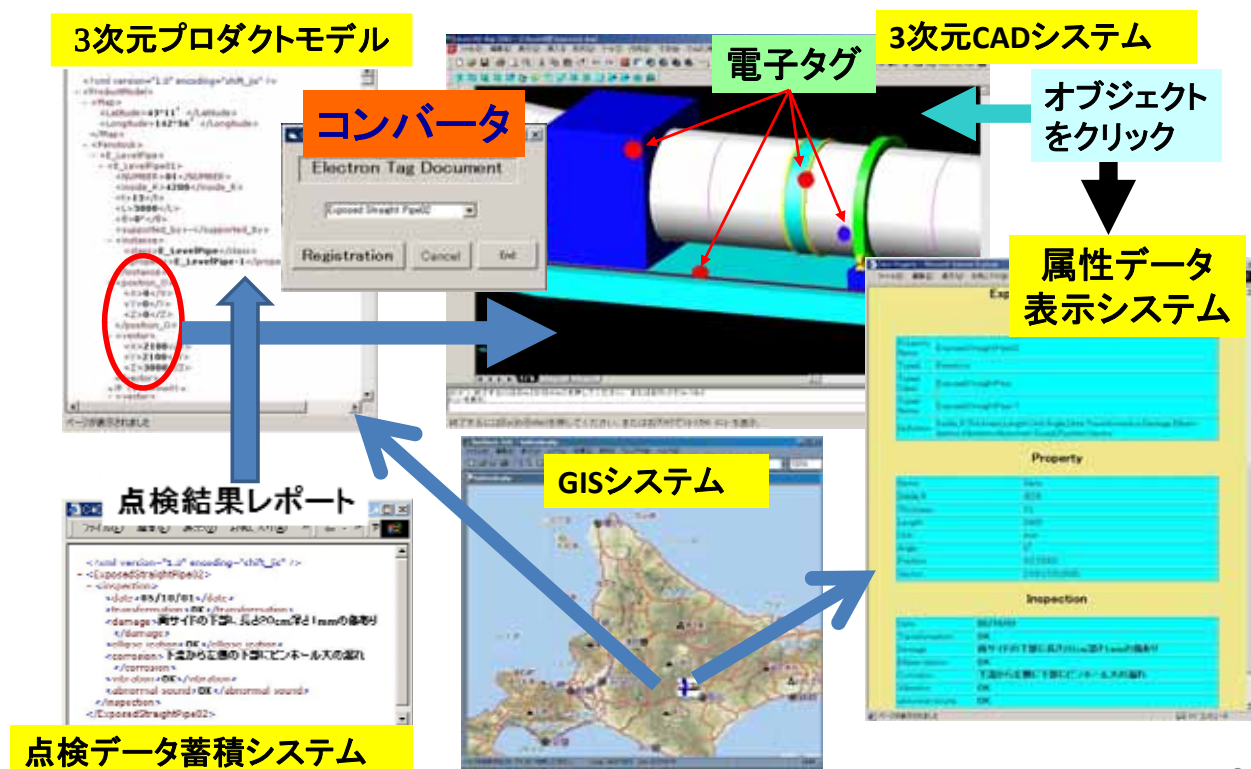
	従来	90年代から始まったシフト
情報伝達	人間から人間	人間からコンピュータ コンピュータからコンピュータ コンピュータから機械
メディア	紙 人間が読める電子 ファイル	人間も読めるがコンピュータ や機械が「理解」できる電子 ファイル
情報の主な消費者	人間	コンピュータ 機械

- 2次元のCAD図面ファイルを他のCADソフトで読めるようにしても、それはあくまで図面ファイルを読み込んだだけで、構造物のデータを機械が「理解」したわけではない。
- コンピュータや機械が読んで「理解」出来るオブジェクト指向技術に基づいた3次元モデルに移行しなければ、21世紀の本当の情報革命には乗り遅れる。

Nobuyoshi Yabuki (c) 2015

7

2000年に矢吹研で開発した「点検支援システム」



Nobuyoshi Yabuki

8

RFID (ICタグ)

- 2000年代ブームになり期待されたが、建築土木分野では実証試験どまりが多い。
- 2002～2004年、沖縄の羽地ダムの点検業務にICタグ68個設置してPDAシステムを開発して実使用（土木の実務での利用は世界でも最初であろう）
- しかし、この後、真似したシステムは出現したものの、土木の実業務に使われたという話を聞いたことがない。
- 興味はあるし、実証実験なら良いが、数多くの理由から実業務に使うのは難しい、というのが実務サイドの結論
- ICタグは、BIMやCIMのプロダクトモデルでデータ化された構造物や建物の部材や設備一つ一つに貼り付けることにより、個々の部材を個別に管理することが可能となり、スマートフォンやタブレットPC等をICタグにかざすだけで、個々の部材の属性データが即座に確認できるようになる。
- 構造物の点検や維持管理に役立つと考えられる。
- 災害時、復旧時に役立つと考えられる



Nobuyoshi Yabuki

9

RFIDの研究はしつこく継続

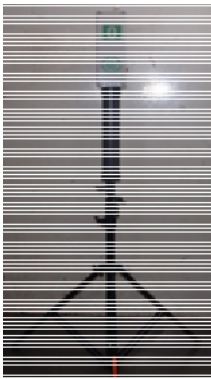
- 2004年：JACICと「ICタグの建設分野での活用に関する研究」
- 2005年：JACICと「軽仮設材のライフサイクル管理への利用に関する研究」
- 2006年：室工大・矢吹研で独自に「ICタグを用いたデジタル写真および設計情報管理システム」
- 2010年：阪大・矢吹研「RFIDとPDAを用いた交通結節点における経路案内と意見集約システム」
- 2011年：阪大・矢吹研「RFIDとオントロジーを用いた街路樹管理支援システム」
- 2014年：阪大・矢吹研「NFC準拠ICタグを用いた街路樹の診断システムと市民への情報提供システムの開発」

Nobuyoshi Yabuki

10

超広帯域無線通信 (UWB) RFID

- UWBのアンテナを30mおきくらいに設置すれば、GPSの電波が届かないような地下や建物内部における位置情報をリアルタイムに計測することが可能
- 最近、学内でUWB-ICタグの実験を行ったが、日本では総務省への実験局の申請をし、許可を得る必要があり、実験目的が以前の申請と重複があったりすると認められない
- 申請した特定の場所以外での実験は許されない
- また、有資格者でなければ実験を行うことができない
- 米国やカナダでは誰でもどこでも実験ができるのと比較すると、対照的である。

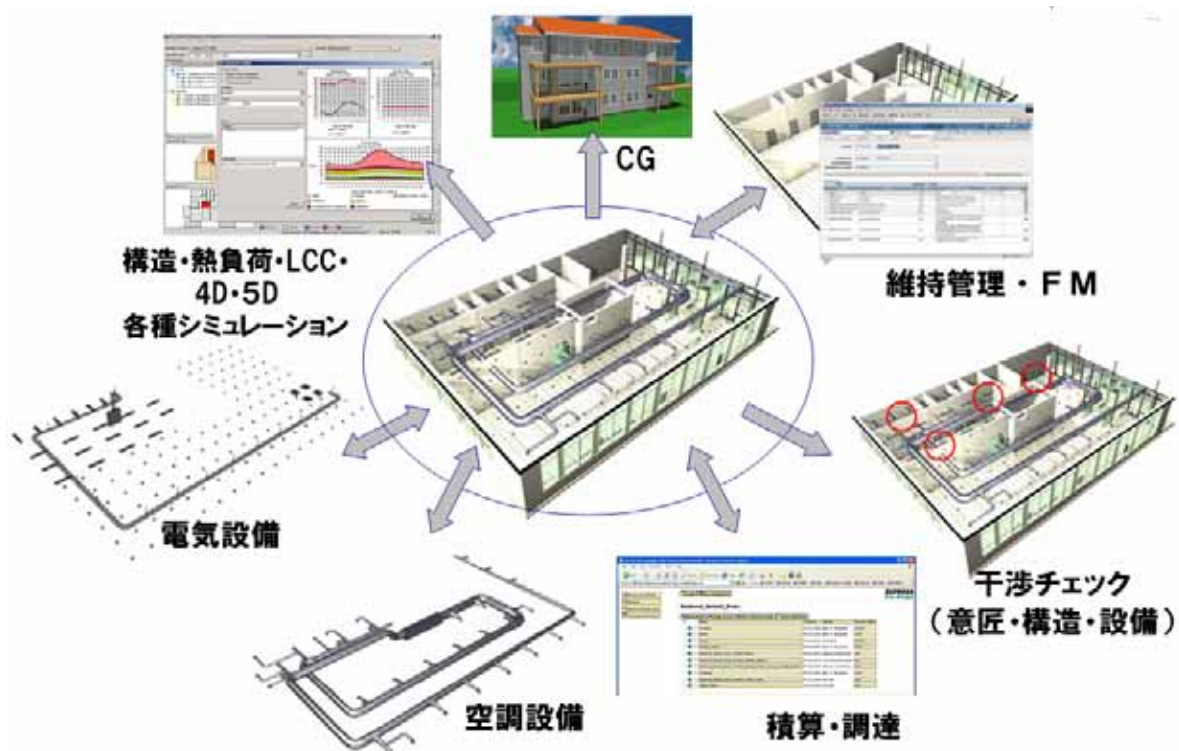


Nobuyoshi Yabuki



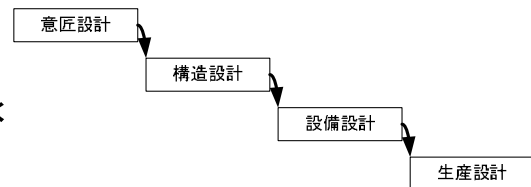
1111

BIM (Building Information Modeling)

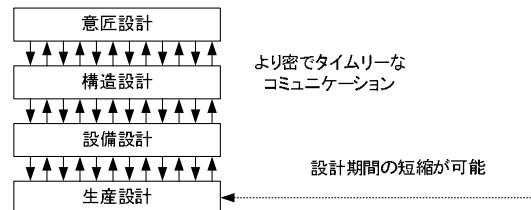


建築のBIM

- 建築分野の設計プロセスを根本的に変革.
- 設計で作られた3次元モデルデータを施工と維持管理でも利用し、種々のデータを捨てずに加えていく.
- 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.



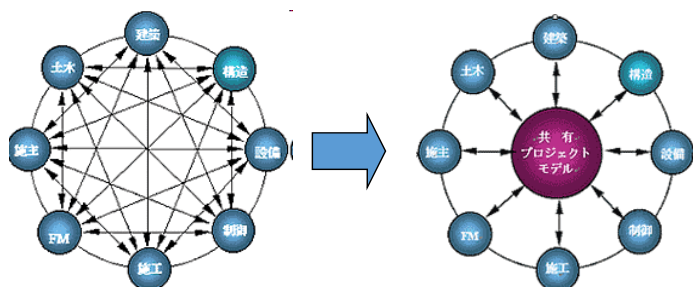
従来のウォーターフォール・モデルによる方法



より密でタイムリーなコミュニケーション

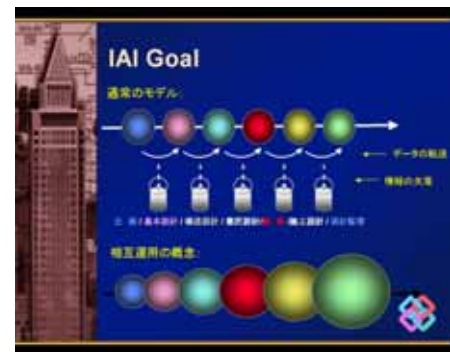
設計期間の短縮が可能

BIMによる方法



IAI日本のHPより

Nobuyoshi Yabuki



BIMは設計と施工の根本的な考え方を を変えつつある

- BIM以前は、建設コストを最小化することが最重要課題だった.
- O&Mは微々たるものという意識だった.
- しかし、エネルギー価格の高騰、ライフサイクルコスト評価への目覚め、建設廃棄物などの環境問題等が、マインドを変えつつある.
- 例えば、窓やサッシ、多少高くても、環境性能が高い方が、エアコンの電気代を考えれば、良い.
- また、場所打ちコンクリートは施工費を最小化するかもしれないが、全体コストや種々の課題を考慮すると、プレキャストが一番、という意識に変わりつつある.
- つまり、LCCの最適化への目覚め. 部分的な最適化より、全体最適化へ.

CIM

- 2012年、国土交通省の佐藤直良前事務次官(当時、技監)が、建築のBIMに刺激を受け、土木分野で‘CIM(Construction Information Modeling)’という造語により、「土木版BIM」を提唱し、試行を始めた。JACICセミナーで「CIMノススメ～建設生産システムのイノベーションに向けて～」ご講演。
- 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。
- 佐藤さんは、2013年11月の国際会議ICCBEI 2013で、CIIMとを一つ加えて、Civil Infrastructure Information Managementに変えて、提案されている。
- 2014年6月下旬に米国フロリダ州オーランドで開催された国際会議ICCCBE 2014に参加したところ、米国では、BIM for Infrastructureを、CIMと呼んでいる人達がいた。但し、Civil Infrastructure Modelingの略。

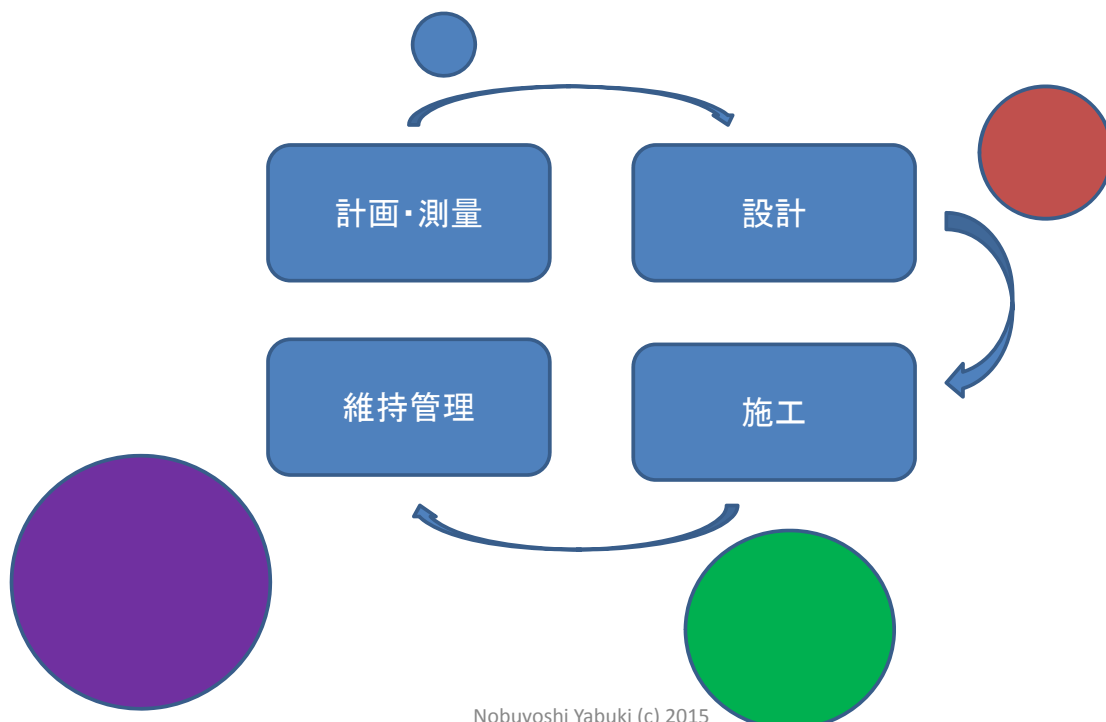
国交省のCIM

- 2012年度から推進開始。
- 2012年度は、国交省大臣官房技術調査課が中心となり、CIM制度検討会を3回、JACICが中心となり、CIM技術検討会を4回、それぞれ開催。
- 2012年度、国交省は、モデル事業(試行業務)として、11件の設計プロジェクトを実施。
- 3次元モデルを作成し、単に納品するだけでなく、打合せや数量計算などに利用し、アンケートを実施した。
- 2013年度は、調査・設計業務では、深化させ、上流側へ拡大して13件行い、前年度CIMで設計したプロジェクトのうち7個を施工で3Dモデル適用、モデル事業外の一般工事にもCIM活用して、施工で47件実施。納品や契約など制度について検討。
- ただし、現状は、市販の3次元CADを使って、可視化、干渉チェック、数量計算等を行うことに留まっている。
- 異なるソフトウェア間、あるいは異なる技術者(コンサルとゼネコンなど)同士でのデータの共有などは少数プロジェクトのみで実施。
- まだ、土木分野では建築のIFCのような標準化されたプロダクトモデルがない。

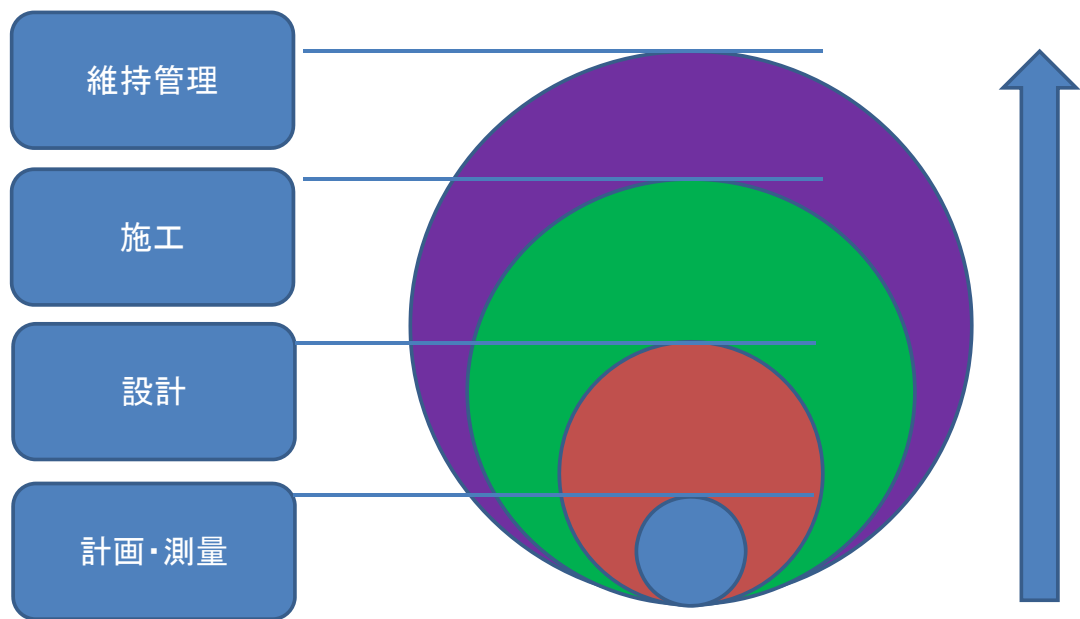
現状のCIM(3Dモデルの利活用)

- 現状のCIMは、単に3Dモデルを作って、可視化、干渉チェック、数量計算の自動化を行うに留まっている。
- とはいえ、それだけでも、随分と効果はある、のは事実。
- しかし、本当のCIMは、現状の初期レベルとは相当に異なり、仕事の進め方、契約方法も大きく変化させていき、その効果は極めて大きいものになるはず。
- ただ、そこに行き着くまでには、ある程度の年数を要する。

BIM/CIMでは、設計・施工段階のデータを共有しながら、全て蓄積できる



データの蓄積，データの共有



Nobuyoshi Yabuki (c) 2015

19

BIM/CIMの中核モデル：プロダクトモデル

- 1980年代から：オブジェクト指向技術に基づいた3次元プロダクトモデルの開発開始。ISO, TC184, SC4: ISO 10303 略称STEP (Standards for the Exchange of Product model data)。機械系は開発が進んだ。しかし、土木建築などは遅れた。
- 1994年：米国で民間企業が建築用プロダクトモデルの開発を開始。IAI (Industry Alliance for Interoperability) を設立。
- 1997年：IAIをInternational Alliance for Interoperabilityに改名。AEC (Architecture, Engineering & Construction) のプロダクトモデル, IFC (Industry Foundation Classes) を開発する国際的な非営利団体に。(民間主体)
- 近年：IAIをbuildingSMART Internationalに改名。
- 2013年：IFCは、ISOのIS (International Standard) 16739になった。
- ビルディングの分野では、IFCを標準化された中間ファイルとすることによって、異なるソフトウェア同士でデータを交換、共有が可能となった。「自動化の島」問題の解決。

Nobuyoshi Yabuki

20

• フランス

- EGIS(建設コンサル)、Bouygue(大手ゼネコン)などで、BIM/CIMに積極的に取り組んでいる
- 海外のプロジェクト比率が日本より断然大きい(約半分)
- 欧州の共同プロジェクトMINnDでCIMを検討中

• ドイツ

- ルール大学ボーフム(RUB)、ミュンヘン工科大学、ワイマール大学などで、BIM/CIMのモデル化や利用に関する研究を積極的に推進
- RUBでは、シールドトンネルのCIMに関する巨大研究プロジェクト(12年で40億円)を遂行中
- Hochtiff(大手ゼネコン)では、BIM/CIMを現場に利活用
 - 現場でiPadを使って、ネットで中央と連動
 - CEAPPOINTの使いやすいソフトを利用
 - 種々の従来使っていたソフトをうまくつなげて、誰でも使えるようなソフト(データ共有とユーザーインターフェースが秀逸とのこと)

• 北欧

- フィンランドは国としてBIM/CIMを積極的に推進
- 国、大学、国立研究所、産業界がうまく連携

• 米国

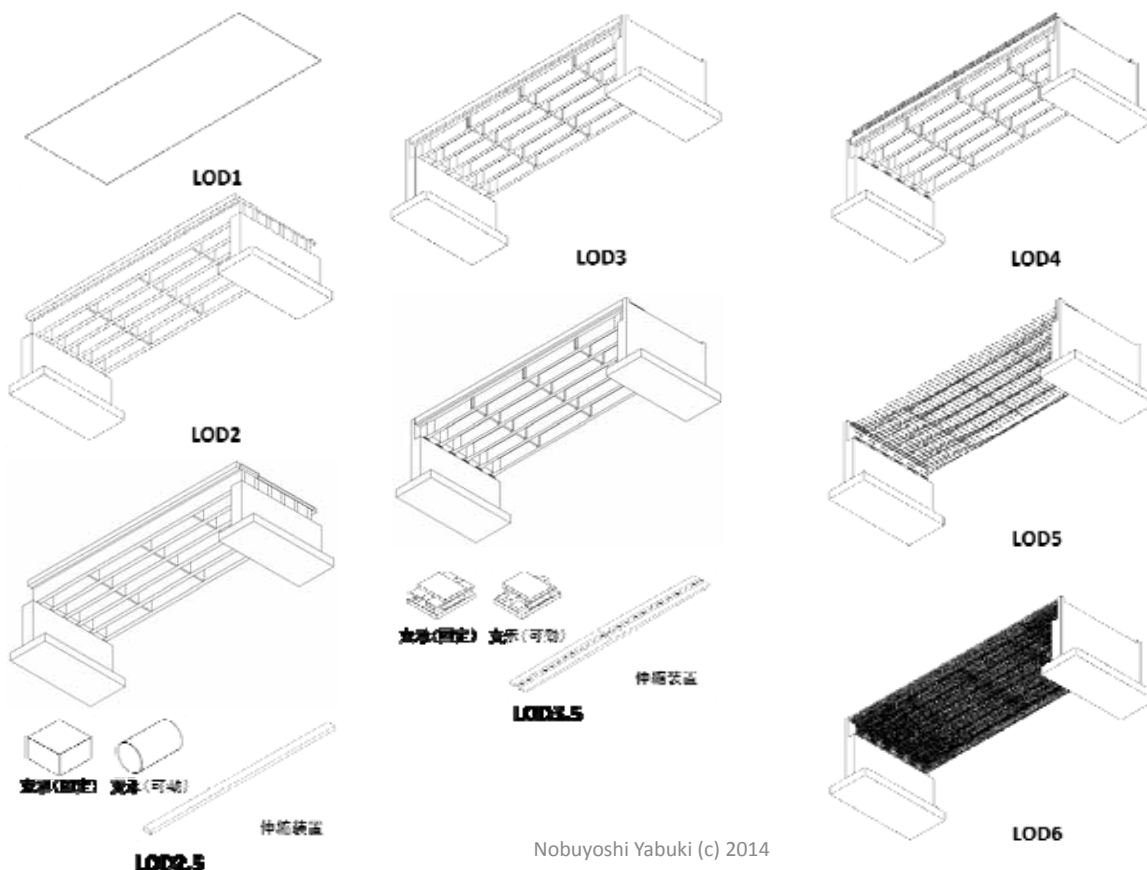
- スタンフォード大学のMartin Fischer教授がCIFE(Center for Integrated Facility Engineering)で、VDC(Virtual Design and Construction)を推進
 - 産業界と共に、5Dモデルを使って、IPD(Integrated Project Delivery)を実施中
- 他の大学でもBIMに関する研究は盛ん
- 米国陸軍工兵隊はBIMデータでの納入を義務化
- 国はCOBiEの義務化へ
- NBIMS-US(US National BIM Standard)の策定、公開、更新

• 日本

- 国交省は、CIMを国の政策として、埋め込んである
- 2016年、国交省はCIMのガイドラインを発表予定(マイルストーン)

- 構造物のモデル化の際のLOD (Level of Detailまたは Level of Development) が、重要な課題
- 矢吹研では、橋梁(PC桁橋)のLODを提案し、維持管理に最適なLODの決定法に関する研究を実施中
- 同時に、応用技術(株)と矢吹で、河川構造物(特に、樋門・樋管)のLODに関する研究を、JACICの助成研究により実施
- 建築では、BIM ForumからLODのガイドラインが発表されているが、土木ではまだ
- 今後は、土木のLODの議論が盛んになるだろう

橋梁(PC桁橋)のLODの研究例



COBie（BIMの維持管理への切り札）

- Construction Operations Building Information Exchange
- ビルの管理運営、維持管理を行うFM会社は、3次元CADが使えないし、使うような業務ではない。
- そこで、米国陸軍工兵隊の技術研究開発センター（ERDC）のBill East博士が、ビルの管理に必要な情報をリストアップし、それらを3次元BIMモデルから自動的に抽出するプログラムを開発。
- 何枚ものタブがある、巨大なスプレッドシート（EXCEL）ファイル。
- ビルディングの維持管理のために、ありとあらゆる設備（電気、水道、ガス、通信、エアコン、照明、警報装置、等）をリストアップし、それらの位置、仕様、点検の頻度、業者、業者の連絡先、保証期間、スペアパーツのリスト、等の膨大なデータが紐付けられている。
- これは、維持管理に大変便利だが、勝手に作ったのでは非効率。
- そこで、陸軍工兵隊やGSAなどが標準化を推進。
- 日本では、土木用のCOBieを現在、開発中。



Nobuyoshi Yabuki

27

既設構造物の3次元計測と3次元モデル化

- 将来、CIMが実務に取り入れられるようになれば、構造物の完成形の3次元プロダクトモデルデータやそれに付随する様々なデータも維持管理の部署が受け取ることができるようになるが、それは大分先のことであり、なおかつ、その個数は、圧倒的に既設構造物の方が多い。
- 膨大な数の既設構造物の3次元モデルを3次元CADで図面を見ながら作成することはコスト的に不可能に近い。
- そもそも既設構造物にはまともな図面がないか、あったとしても現場で変更したことが反映されていなかったりで役に立たないことが多い。
- しかし、新技術がある。
 - レーザースキャニング（点群データ）
 - 写真測量技術（複数デジカメ写真：Structure from Motion）
 - トータルステーション（TS）
 - これらの技術の組合せ（合わせ技、補完的に）

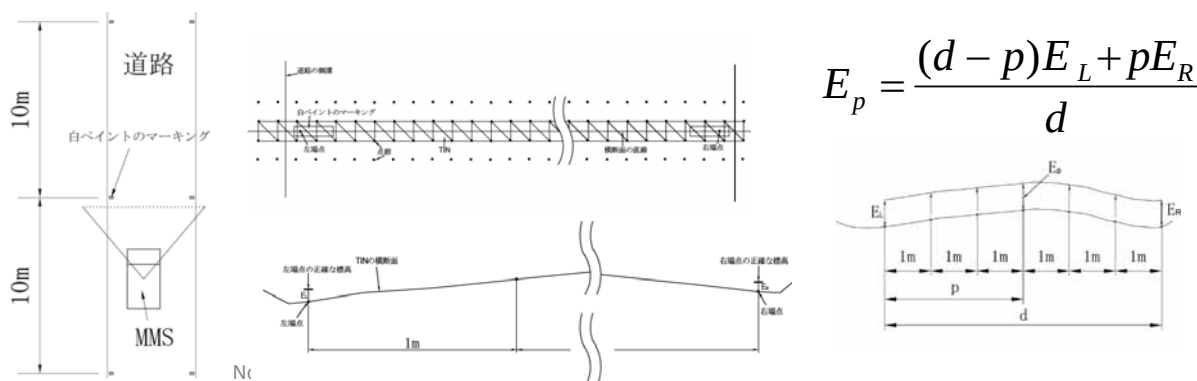
点群データ

- 点群データは、レーザースキャナ（LS）のみならずデジタル写真からも写真測量の原理を用いれば作成できる
- LSの低価格化、写真測量のソフトの高度化などにより、比較的容易に点群データを得ることができるようになった
- 点群データに色を付けることができるため、点群だけでも、環境の可視化は可能
- ただし、重なった向こう側も透けて見えてしまうし、膨大な量の点群データを処理するのは大変
- また、オブジェクトとして認識させることはできない
- そこで、点群から面を認識させ、ソリッド化、オブジェクト化する研究が盛んに行われている

- 一頃は、MMSが大変な人気であったが、最近では、UAVが大人気
- 手押し車タイプや、手に持ったり、背負ったりする小型軽量LSも開発され、これまで計測が困難だった場所の計測が可能に
- 精密工学会 大規模環境3次元計測および認識・モデル化に関する専門委員会は、盛んに研究会を実施
- SPAR-Jは、関連する企業への情報提供、講演会、展示会などを盛んに開催
- ドイツのInterGEOは、世界最大級の測量、空間情報関係の見本市（と国際会議）

MMSを用いた切削オーバーレイ工法 による道路改良工事への適用

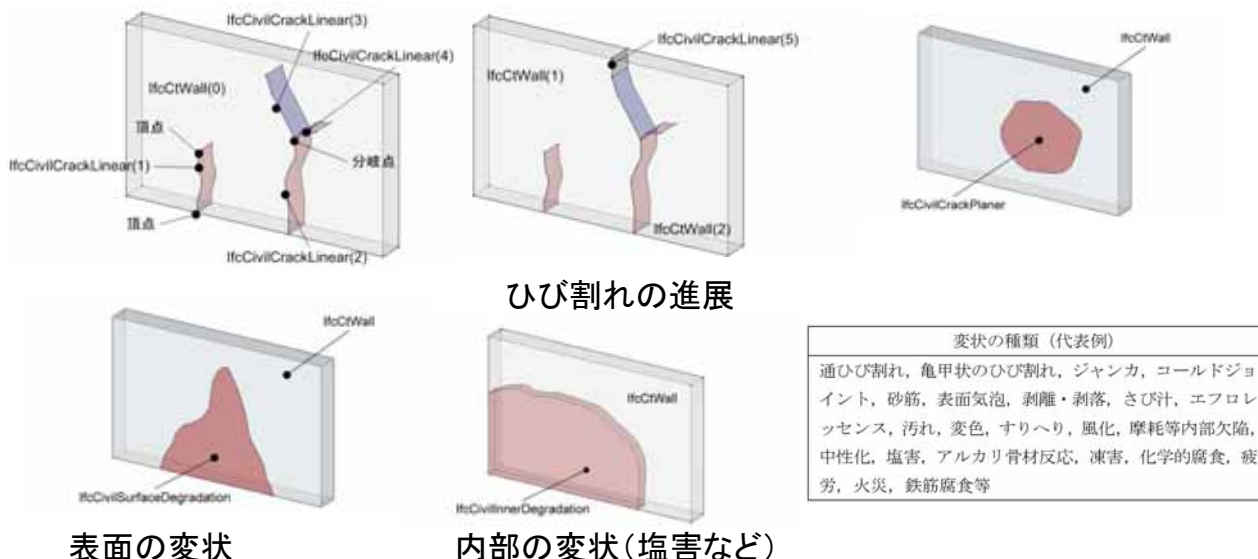
- MMSは、絶対精度(移動体測量による座標取得の正確度)は10cm以下であるが、相対精度(座標取得の安定度)は1cm以下と高い。
- 従って、道路の各横断面の形状を相対的に精度よく計測できる。
- また、デジタルカメラによる画像と3次元点群データを重ね合わせて表示することにより、画像上の物体表面の任意の位置の座標を周辺の点群データから内挿することにより求めることができる。
- そこで、本研究では、MMSを用いて路面上の標高値を計測することにより切削厚を自動的に求め、これを情報化施工における路面切削機のマシンコントロールのデータとして利用する新しい方法を提案する。



31

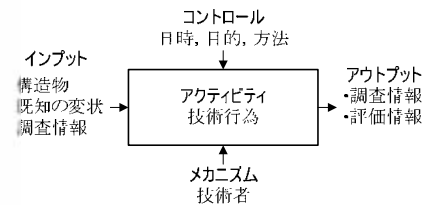
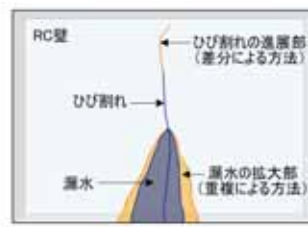
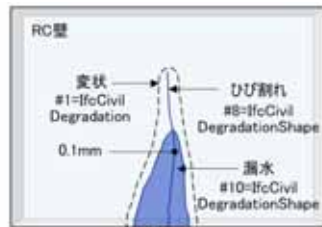
変状データを含むプロダクトモデルの構築

- 維持管理では、点検、変状の確認・記録・評価、補修・補強の検討・判断・実施、と進む
- 変状データのプロダクトモデルはまだない。そこで開発



変状の情報管理のためのプロセスモデルの開発

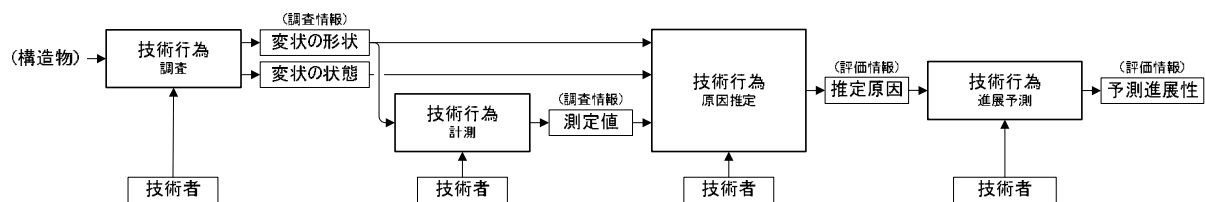
- 維持管理においては、技術者が、観察結果から、工学的な知識（教科書的な知識，経験的な知識等）に基づいて、何らかの判定・判断を行い、記録として残す。
- このプロセスの蓄積と比較が、維持管理技術の向上に不可欠だが、こうした情報を適切に管理する標準化されたプロセスもではない。そこで開発



RC壁のひび割れの状態

形状の変化の表現

技術行為のプロセス

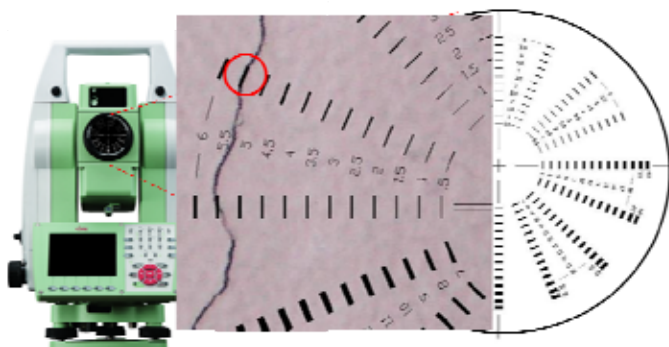


変状情報の作成プロセスの体系化に関するプロセス図

33

ひび割れ形状データ取得可能な レチクル内蔵TS (KUMONOS)

- 関西工事測量（株）が開発
- 遠隔から測定可能
- 構造物の3次元形状データ取得
- ひび割れの3次元形状データ取得
- ひび割れの幅の計測が可能
- AutoCADの3Dデータとして出力
- EXCELデータとしても出力



iki

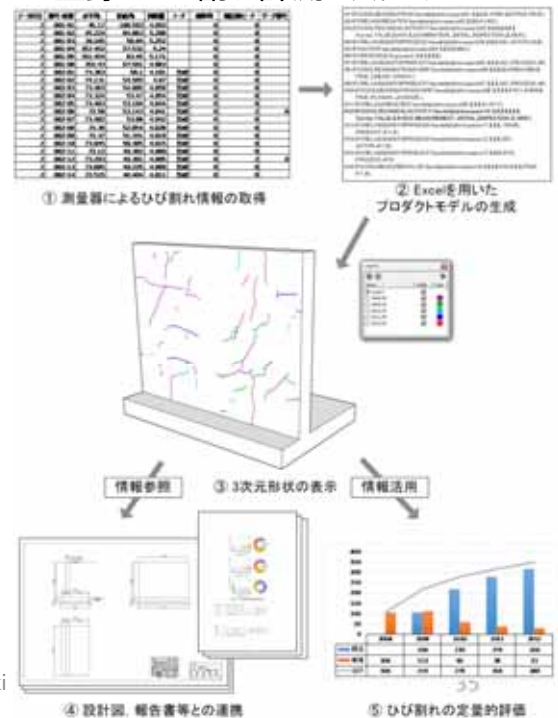
34

クラックスケール内蔵TSを用いた遠隔 ひび割れ形状3次元計測システム

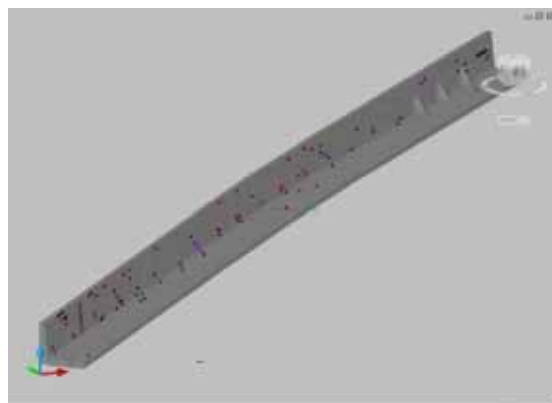
関西工事測量(株) KUMONOS

NETIS登録 ひび割れ計測システム

- この測量器は、40倍の望遠レンズを搭載し、焦点鏡にクラックスケールを内蔵したもので、ノンプリズムによる長距離測距およびひび割れ幅に対する視準角度補正が可能である。
- 測量器を据え付けた位置の座標、計測対象との角度、距離からひび割れの座標を得ることができる。
- この測量器を用いたひび割れ計測の利点は、過去のひび割れデータの座標を基に、ひび割れの進展を追跡可能であること、ひび割れの測定と同時に構造物の3次元形状を得られる点にある。
- そこで、本研究では、コンクリート構造物のアセットマネジメントを目的とし、ひび割れ情報の蓄積、関連情報との連携、ひび割れの定量的評価へ向けた情報活用にプロダクトモデルを用いる手法を開発した。



Nobuyoshi Yabuki



CADのDWGデータ



抽出したlineとpolylineの変状



入力するDXFファイル



変状情報抽出、整理結果

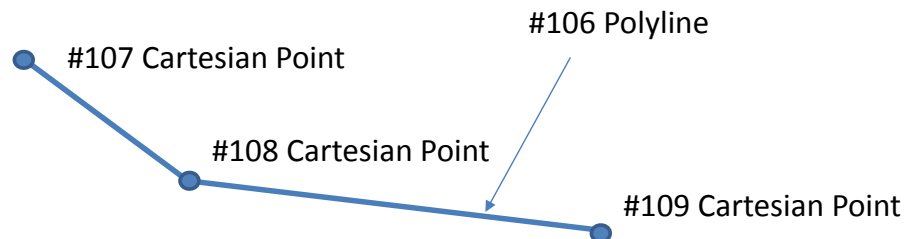


出力したIFCファイル

Nobuyoshi Yabuki

出力したIFCファイルの一部を拡大

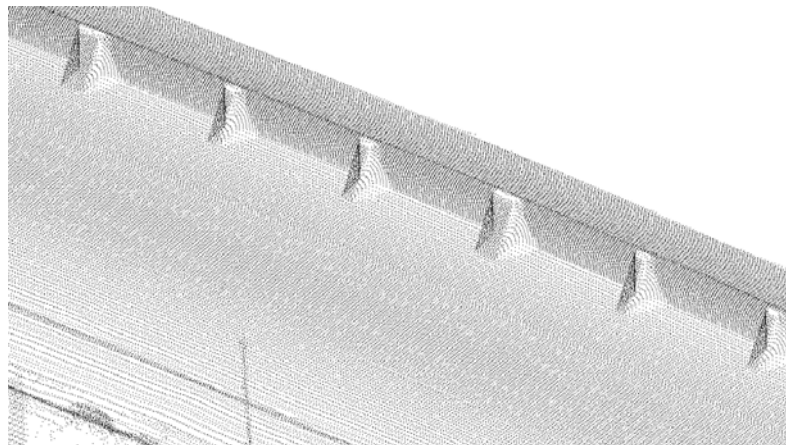
```
1 | HEADER;↓
2 | FILE_DESCRIPTION(('ViewDefinition [CoordinationView, QuantityTakeOffAddOnView, SpaceBoundary1stLevelAddOnView
3 | FILE_NAME('C:\Users\Yamori\Desktop\KKSdata\40128\KUMONOS\KUMONOS3D\X90\X96\XCA.ifc', '2014-02-23T16:
4 | FILE_SCHEMA(('IFC2X3'));↓
5 | ENDSEC;↓
6 | DATA;↓
7 | #100 = IFCBUILDINGELEMENTPROXY( '1234-5678-9012-3456' ,#20,$,$,#101,#104,$)↓
8 | /* ObjectPlacement */↓
9 | #101= IFCLOCALPLACEMENT($,#102);↓
10 | #102= IFCAXIS2PLACEMENT3D(#103,$,$);↓
11 | #103= IFCARTESIANPOINT((0.,0.,0.));↓
12 | /* Representation */↓
13 | #104= IFCPRODUCTDEFINITIONSHAPE($,$,(#105));↓
14 | #105= IFCSHAPEREPRESENTATION($,'Body','GeometricSet' ,(#106));↓
15 | #106= IFCPOLYLINE((#107,#108,#109));↓
16 | #107= IFCARTESIANPOINT((94491.46,-143050.83,1.64));↓
17 | #108= IFCARTESIANPOINT((94489.85,-143052.52,1.63));↓
18 | #109= IFCARTESIANPOINT((94486.25,-143061.16,1.63));↓
```



Nobuyoshi Yabuki

37

入力する点群データ



X₁, Y₁, H₁, R₁, G₁, B₁

X₂, Y₂, H₂, R₂, G₂, B₂

X₃, Y₃, H₃, R₃, G₃, B₃

⋮

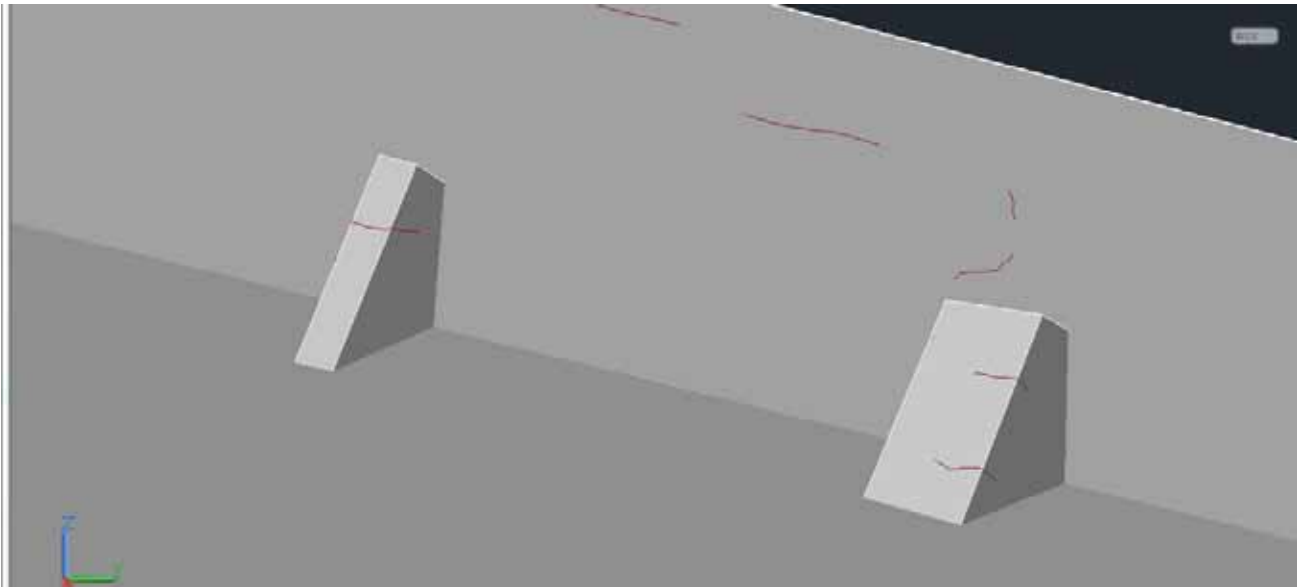
データフォーマット

```
94555.5700,-143014.9330,11.8300,64.52,81↓
94555.4820,-143015.0280,11.8340,46.69,115↓
94555.8920,-143015.1280,11.7210,136.191,255↓
94555.3930,-143015.1310,11.8410,38.86,167↓
94555.8130,-143015.0600,11.6650,142.197,255↓
94555.3060,-143015.2240,11.8450,238.255,255↓
94555.7350,-143014.9870,11.6080,139.196,255↓
94556.1300,-143015.3500,11.5910,146.190,255↓
94555.7210,-143005.3590,8.2290,123.199,255↓
94555.6560,-143014.9280,11.5550,134.189,255↓
```

CSVファイル

Nobuyoshi Yabuki

38



拡大図（赤い線がひび割れ）

3次元モデルに時間軸を加えることにより4次元化.

ひび割れなど変状の進展具合（経年劣化の度合い）を評価できる.

Nobuyoshi Yabuki

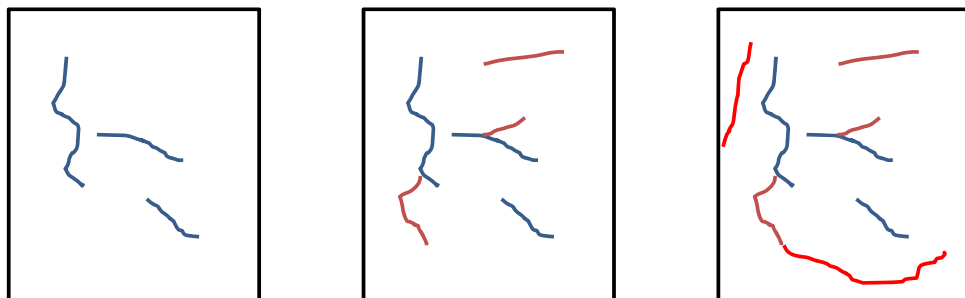
39

Inspection of Cracks in Concrete Structures for Asset Management

Bridge Inspection

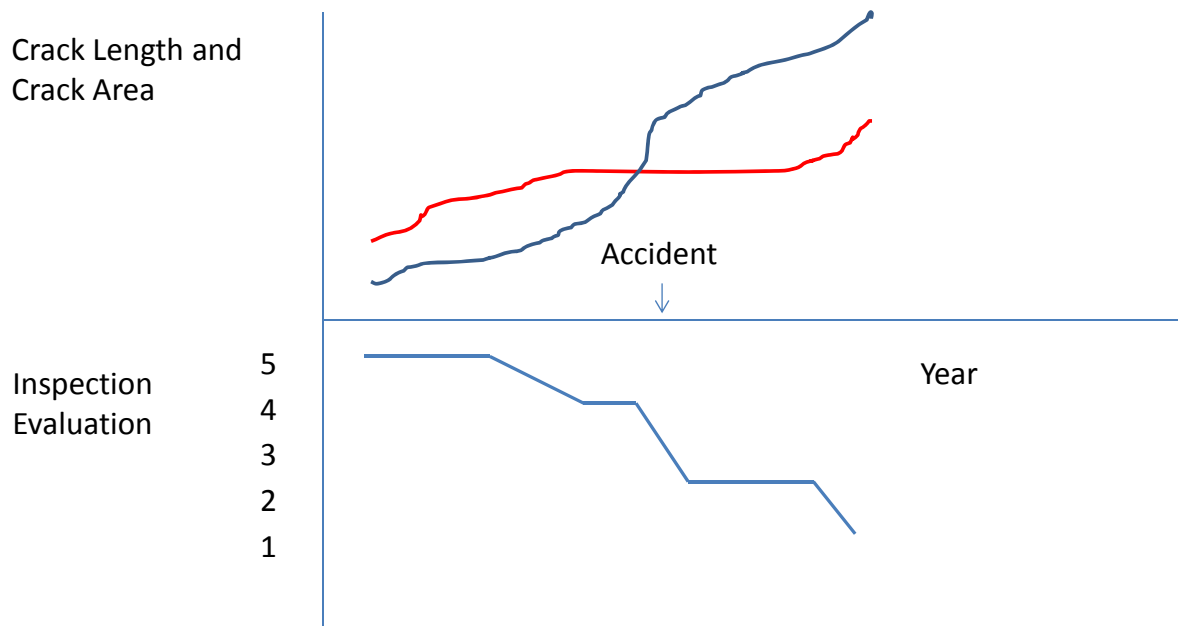
- Inspection: Visual only
- Subjective
- Depends on experience
- Depends on the person
- Very important
- More objective method is needed.

Illustrative Example



Year	1	2	3
Crack Length	15.2	21.6	32.5
Crack Area	0.0075	0.0173	0.0293
Inspection	5	4	2
Incidents	None	None	Automobile accident and repair

Illustrative Chart



Nobuyoshi Yabuki (c) 2013

43

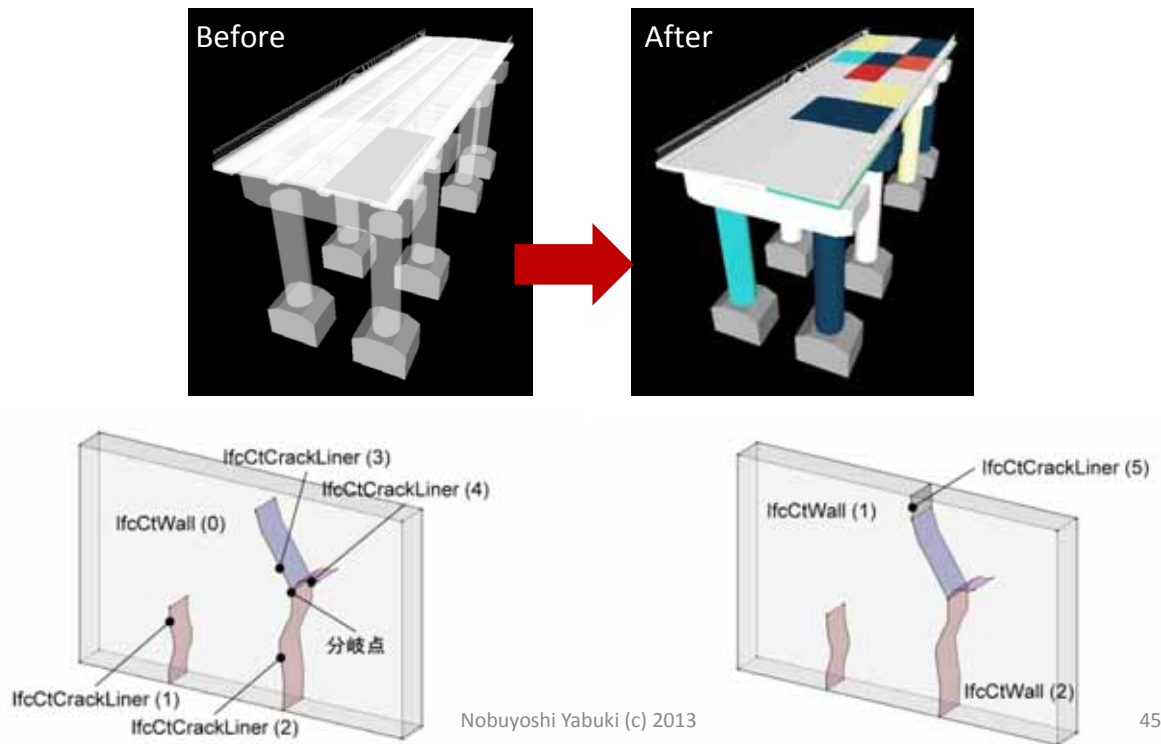
Accumulation of Inspection Data

- We will be able to obtain the relationship between the crack data and visual inspection assessment by the accumulation of data.
- How can we accumulate the data?
- Paper-based? No.
- Digital? Of course.
- But more. Should be model-based. 3D and 4D.
- Plus RFID and wireless sensors. More data.

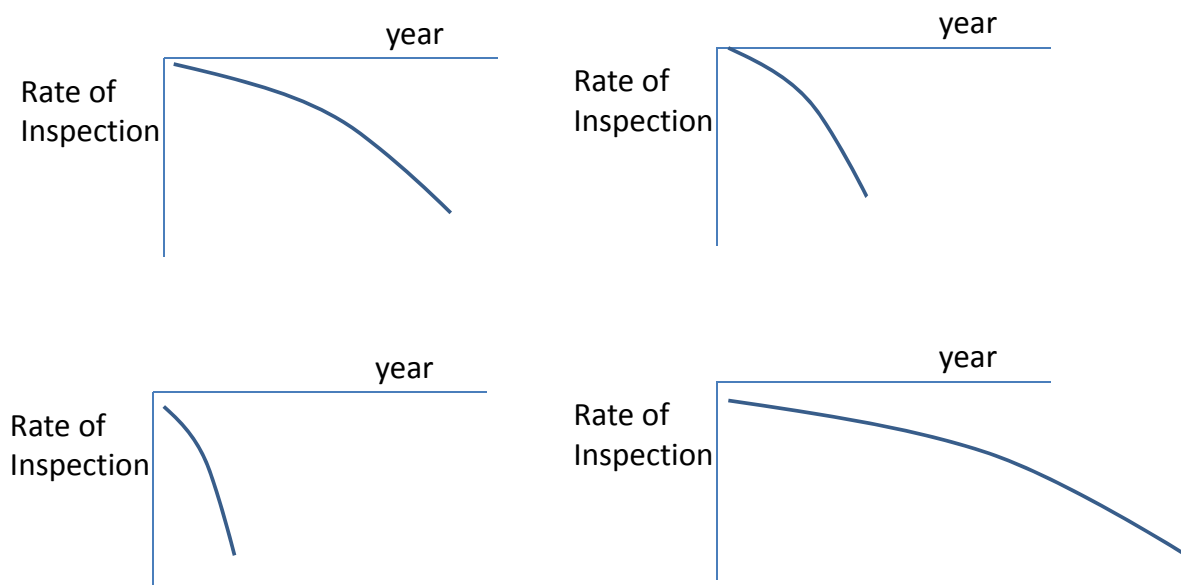
Nobuyoshi Yabuki (c) 2013

44

4D Product Model Representing both Inspection Assessment and Cracks

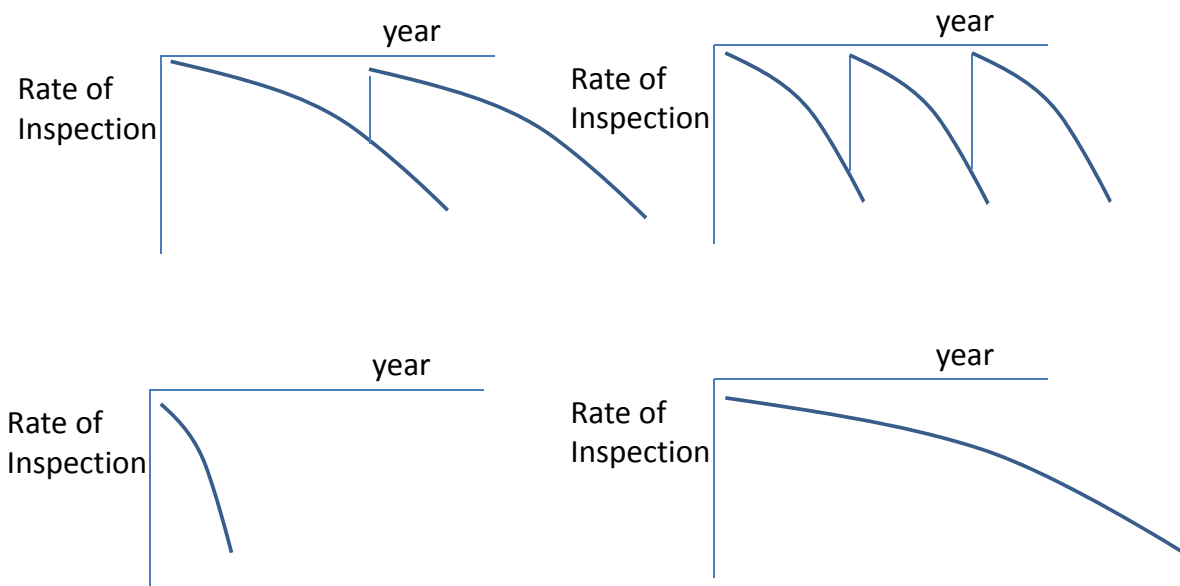


Degradation Curves



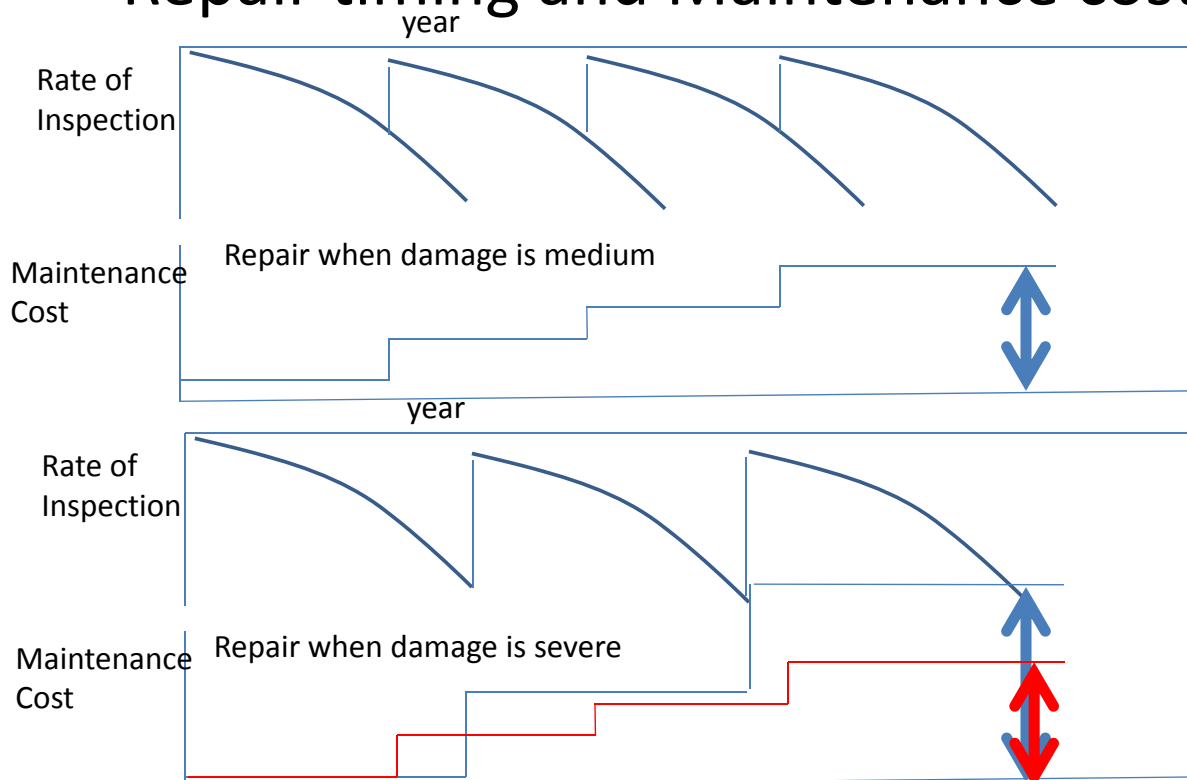
Depends on the location, element, environment, make, usage, etc.

Maintenance



Depends on the location, element, environment, make, usage, etc.

Repair timing and Maintenance cost



Asset Management

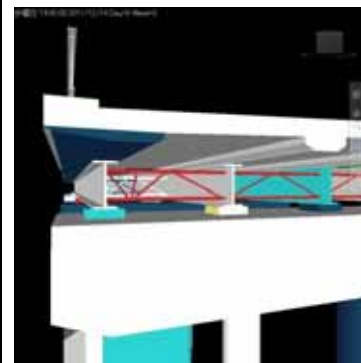
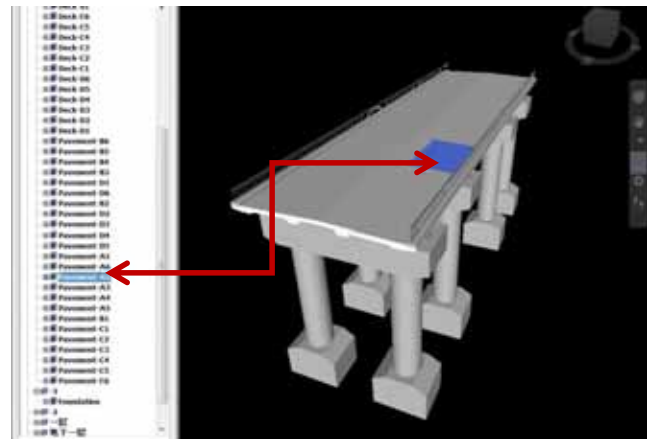
- A structure is composed of many members and elements.
- The importance depends on the member or the element.
- Decisions must be made whether minor repair, major repair, refurbishment, or renewal.
- Which structure (e.g., bridge) should be repaired first, and second, and third,...? Making an optimum order is very difficult, compromising in political decision, which results in terrible situations.
- Budgetary constraints.
- We need to make a reasonable and rational repair, refurbishment, and renewal plan for a number of different types of geographically distributed bridges.

Research Points

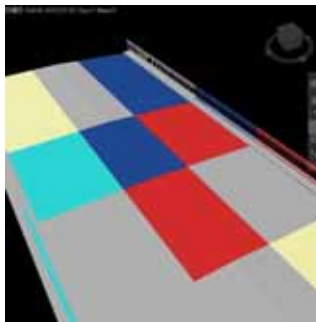
- We need a rational and acceptable methodology to make such plans.
- We need to find a method, based on the scientifically correct observed data and logic.
- Statistical approach v.s. Markov chain
- The interesting point is that we must pay attention to budget and value of each structure, i.e., economics.
- Decision making and policy
- Optimization under various constraints
- Asset Management = Engineering + Economics
- Relatively new research field in civil and building engineering
- Using ICT extensively, such as KUMONOS

橋梁の維持管理のための4次元プロダクトモデル

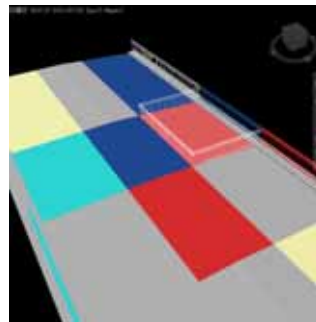
Condition Ranking	Abstract	Damage Level
E 1	Emergency repair needed (structural damages).	High
E 2	Emergency repair needed (other damages).	
S 1	Repair implemented at once after specific inspection.	
C	Repair needed before next periodic inspection (in 5 years).	
S 2	Repair implemented or not base on the inspection result.	
B	Repair is not required before next periodic inspection (in 5 years).	Low
M	Daily management needed.	
A	No damage.	



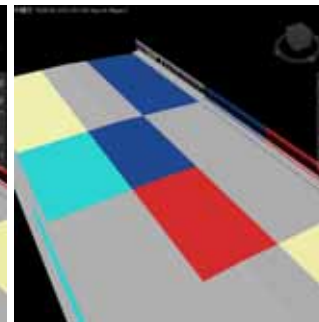
Zhou & Yabuki (2013)



before repainting

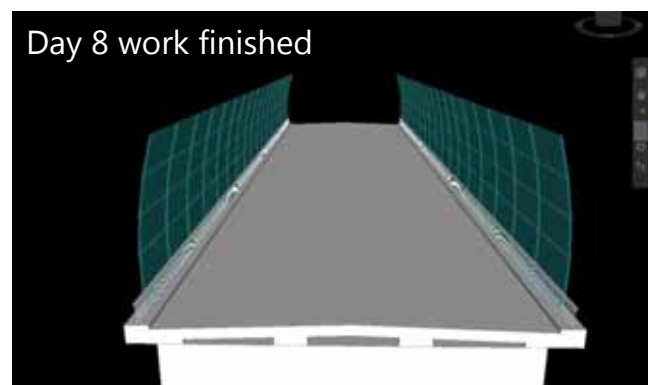
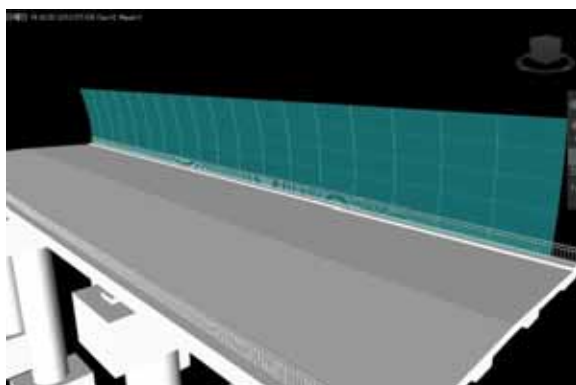


under repainting (fences were used to marking a prohibited area during the work)



after repainting (fences were removed)

4D simulation of repainting work

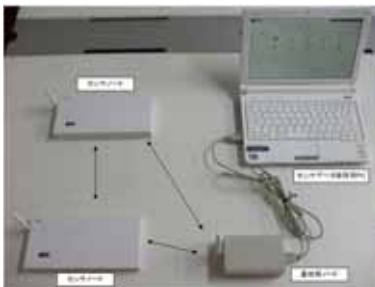


Day 8 work finished

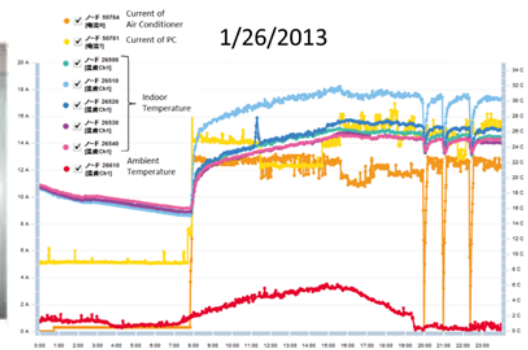
4D simulation of addition work

無線センサネットワークの現状と課題

- MEMS (Micro Electro Mechanical Systems) 技術により、サイズが大きかったセンサーをプリント基板の上に設置できるようになった。
- 通信技術の進歩のより、センサーとデータ記録装置をケーブルで結ばなくてもよくなった。
- 超小型化、超低価格化、無線化が可能になった。
- ネットワークも最初に固定するタイプからその都度、周辺のノードを探して、ネットワークを自動的に構築する「アドホックネットワーク」が出現。
- こうした無線センサーネットワークシステムをいくつも購入して、いろいろな場所で計測する実験を行ってきた。
- その結果、実証実験や研究には使えることはわかったが、大量のセンサーを大量の社会基盤施設や建築物を対象に、実務で使えるようにするためには、もっと違う次元のブレイクスルーが必要だと感じた。



Nobuyoshi Yabuki



53

Big Data : 大量のセンシングデータからの知識発見

- マスコミは、ビッグデータで何でも発見できるようなことを言っている。
- しかし、ただ単にセンシングデータを対象に、データマイニングを行っても、有意な知識を発見することは困難
- 人間は、センサ周辺の環境情報、すなわち「コンテキスト」を、その時々、うまく使って、推論する。
- コンテキストは通常、図面、画像情報など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、プロダクトモデルと強い関係がある。
- そこで、コンテキストのデータモデルを開発し、センシングデータと統合化して、データマイニングする研究を実施中。

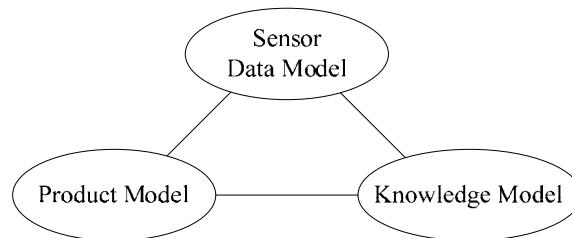


Nobuyoshi Yabuki

54

SPKモデル（2007年に提案）

- センサによる計測データは、センサが設置してある位置、設置の方法、対象物の幾何形状、材料、構造的性質等の諸属性および周辺環境に関するデータとその意味（コンテキスト）が無ければ、ただの数値の集まりになってしまう。
- そうしたデータや周辺環境（コンテキスト）が把握できたとしても、解釈ができなければ意味がない。正しい解釈をするためには、物理的な現象やデータの解釈に関する定量的のみならず定性的な知識が必要だろう。
- 上記の2つが整備されたとしても、膨大な数のセンサが膨大な数の構造物に設置されたらば、何らかの系統的な手法で効率的に解析しなければ、計算爆発を起こすか、少なくともリアルタイムに異常を検知するようなことはできなくなる可能性がある。
- センサデータモデル：センサの計測データとセンサに関連するデータモデル。
- プロダクトモデル：構造物等の3次元モデル。幾何形状と属性データ、部材間の関係などデータを表現できるデータモデル。（コンテキスト）。IFCを利用するのが適切
- 知識モデル：物理システムに関する定量的・定性的知識、特に異常や事故に関する知識を含む。（知識）。知識工学の手法を利用
- 大量データについては、KDD（Knowledge Discovery in Database）、データマイニング、機械学習を応用する。応用方法は研究する必要がある。



55

各モデル

• センサデータモデル

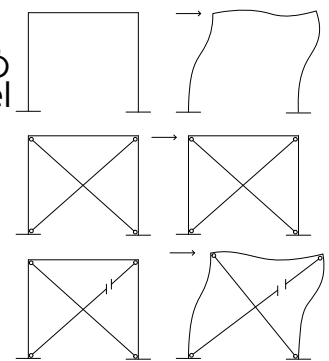
- 米国でNEES（George E. Brown, Jr. Network for Earthquake Engineering Simulation）プロジェクトのためにPeng & Law (2004)が、NEES Reference Data Modelを開発。
- 日本では、E-Defense（実大三次元震動破壊実験施設）のデータを貯蔵するEDgridプロジェクトがあり、矢吹ら（2006）がEdgrid Data Modelを開発した。
- しかし、防災科研の予算が大幅削減され、結局データモデルは使われなかった。

• プロダクトモデル

- 建物については、IAI（buildingSMART）のIFCを用いる。
- その他の構造物については、IFCをベースに適宜作成するか作成されるのを待つ。

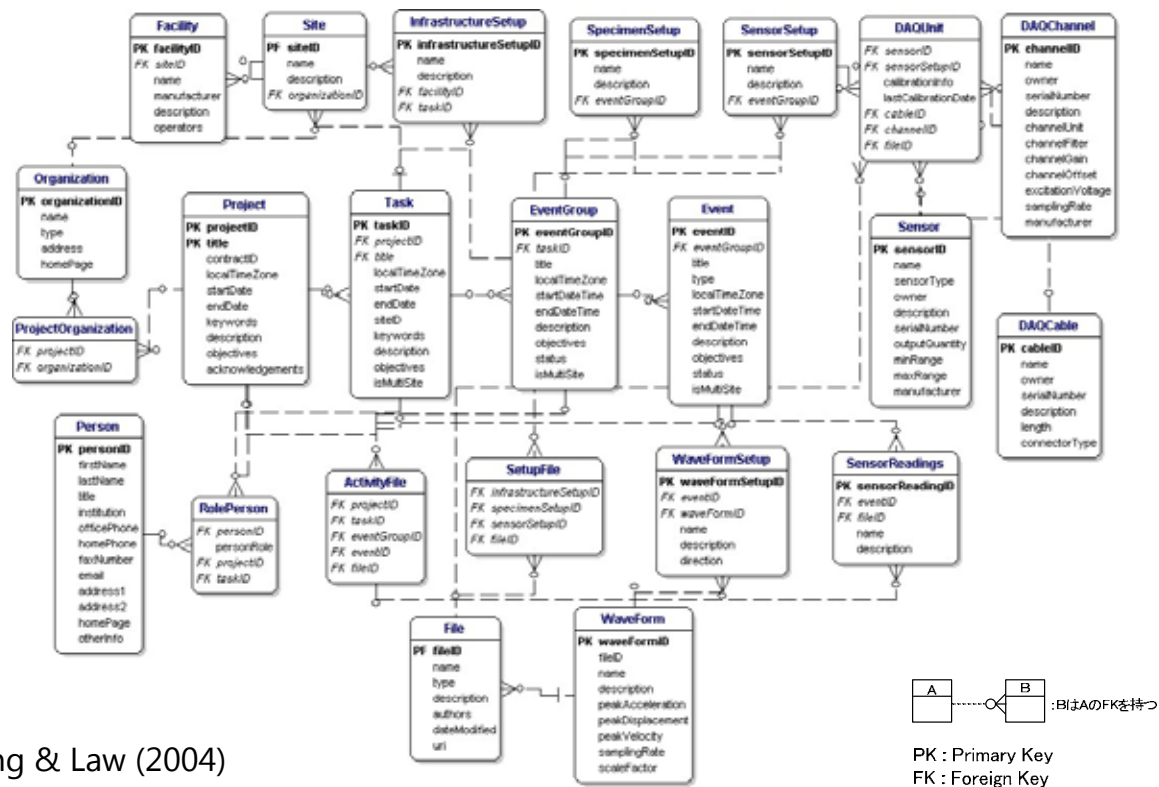
• 知識モデル

- 定量的な知識は、数式や表をベースに条件を与えると結論を出す論理文を整備する。
- 定性的な知識は、「定性推論（Qualitative Reasoning）」を用いる。定性推論は、従来の数値解析のような解析技術で必要とする正確な定量的なデータがなくても物理システムの振る舞いについて推論することができるような知識表現と推論技術である（Iwasaki, 1997）



構造技術者は、上図のように、数値が無くても、定性的にどのような変形をするか、構造的・力学的に間違えずに描くことができる。

NEES Reference Data Model (Relational)



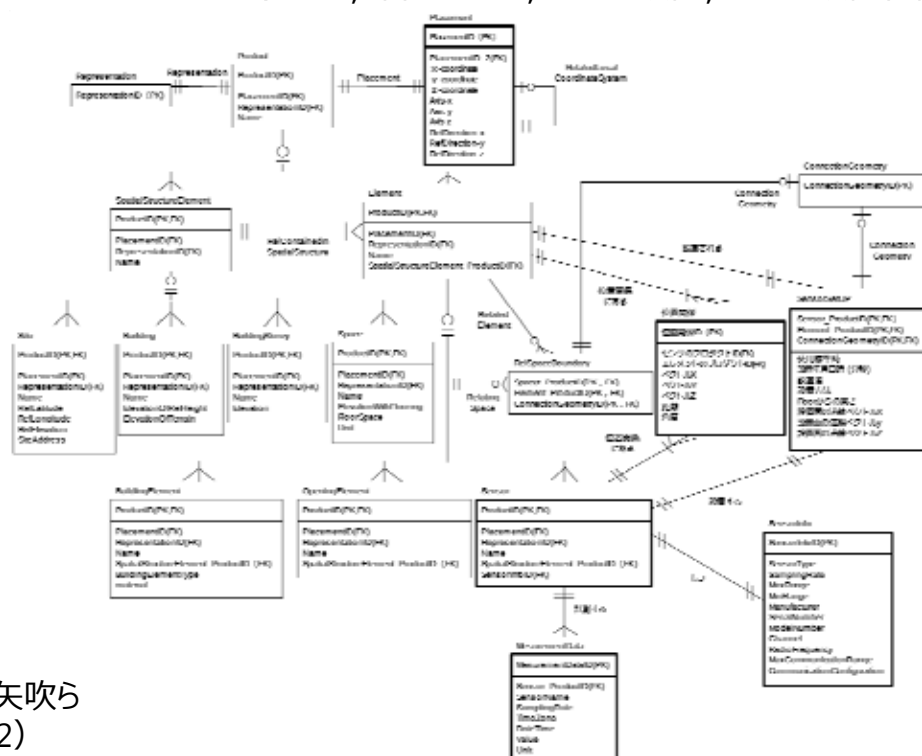
Peng & Law (2004)

Nobuyoshi Yabuki

57

NEES Reference Data ModelとIFCの統合化

ER (Entity-Relationship) モデルで、IFCの一部（空間、部材、センサ、関係性）と独自のセンサデータモデル（センサ、計測データ、センサ設置、センサ設置位置）を統合化

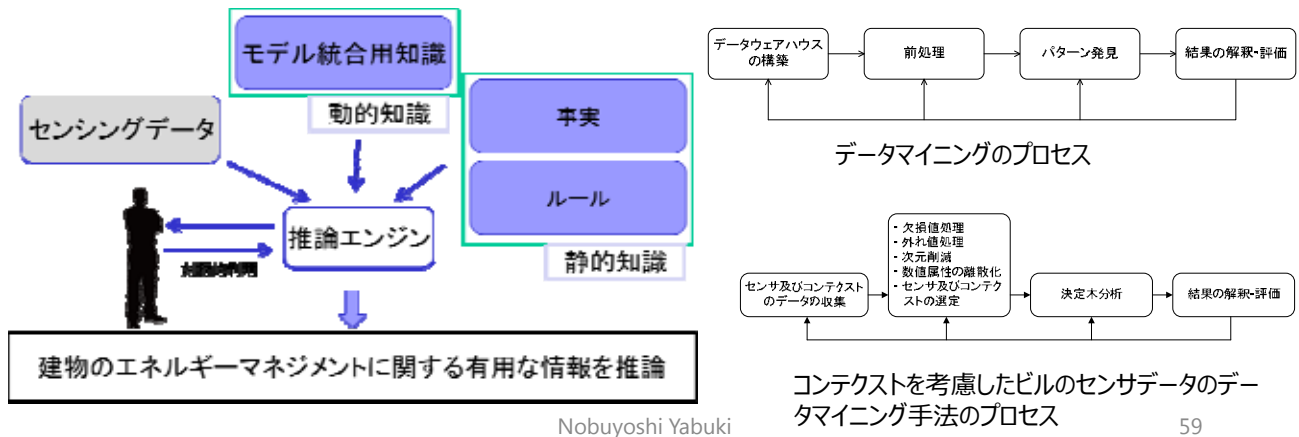


芦田・矢吹ら
(2012)

58

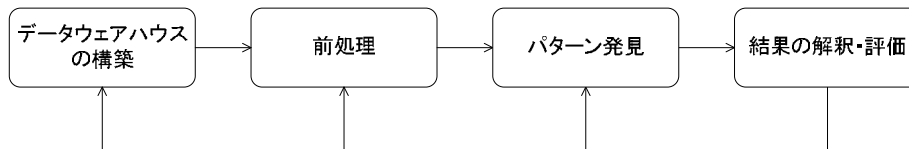
知識モデルの開発とセンサデータモデルとの統合化

- 知識は、事実（Facts）とルール（Rules）によって構成される。
- 事実は、センサ位置や種類、計測対象、電気機器の性能など。
- ルールは、IF（条件） THEN（アクション）。
- センサデータモデルは、IFCの表記方法に従った。
- 推論エンジンは、Prologを用いて開発。

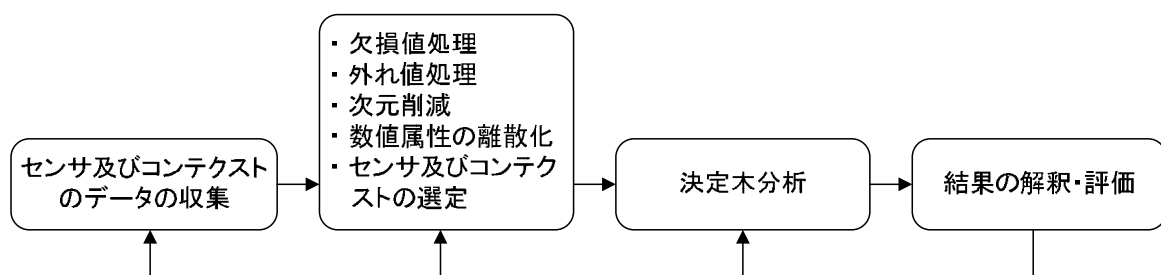


建物のエネルギー消費の改善のためのデータマイニング手法と知識システム

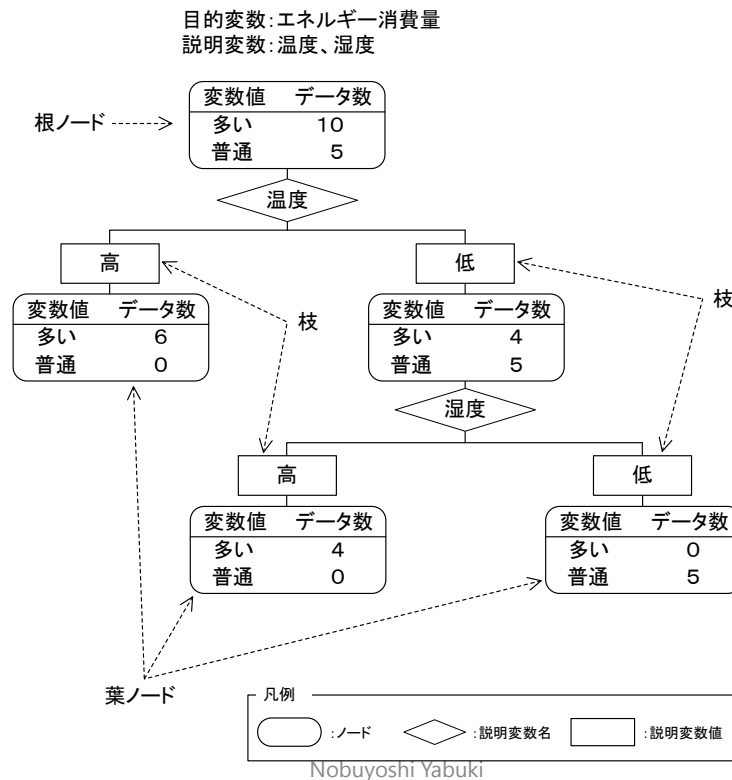
データマイニング



DMSC (Data Mining for Sensor data of buildings using Contexts) 手法



決定木の例



61

ARの維持管理への応用

- 拡張現実感（Augmented Reality）
- 現実のビデオ映像に、CGなどをリアルタイムにあたかも本物のように重畳する技術。
- ヘッドマウンテッドディスプレイ
- ARメガネ
- 維持管理への応用の期待が高まっている。
- 機器類のオペレーションの支援
- 現在の状況を示す
- 修繕や改善工事などの設計と施工を現場でチェック

ロボティクスの維持管理への応用

- SIP（戦略的イノベーション創造プログラム）で，多くの研究プロジェクトが進行中．
- ロボットの自律進行，自律的判断・行動のためには，意味を持った3次元空間の認識技術が必要．
- プロダクトモデルは，意味（セマンティクス）を与える．
- 突発的な事態に対応ができるかどうかが課題．
- 社会インフラの環境は，工場のような環境に比べると，困難な点が多い．

維持管理・更新などに利用するその他の情報技術

- リモートセンシング
- 情報化施工（GNSS，TS，センサなど組み合わせ）
- 最適化（工程，資材，作業員，機材，配置など）
- 数値解析
- ソフトコンピューティング
- 画像処理（ひび割れ，変状など）
- データベース（複数データベースの串刺し検索）

維持管理は最重要課題

「コンクリート工学」2014年6月号の「随筆」に掲載された拙文の一部

「本当に大切なことは・・・」

- コンクリート構造物の維持管理においては、点検によりひび割れなどの変状を記録していくことが重要であるが、そもそものような発想で設計されたのかを理解し、施工段階での配合、強度、配筋や型枠の状況などの情報を参照しながら判断しなければ、本当に理解したことにはならないであろう。さらに、ひび割れを確認した技術者が、どう判断したか、その判断の根拠となった技術的な原理は何か、といった情報がトレースできなければ、今日得られた点検結果から正しいと自信をもって判断や診断を下すことはできないはずである。
- 我が国は、山が多く平地が狭い国土に1億2千万人以上もの人口があることから、スペースに対する制約が強く、これまで社会基盤施設に関わる計画、設計、施工段階において作成された膨大な量の文書や情報の大半は捨てられてきた。地方自治体などでは古い橋梁の図面すら残っていないという。BIM/CIMはこうした問題を解決するだけでなく、データの長期的な保存と共有を可能にする。

Nobuyoshi Yabuki

65

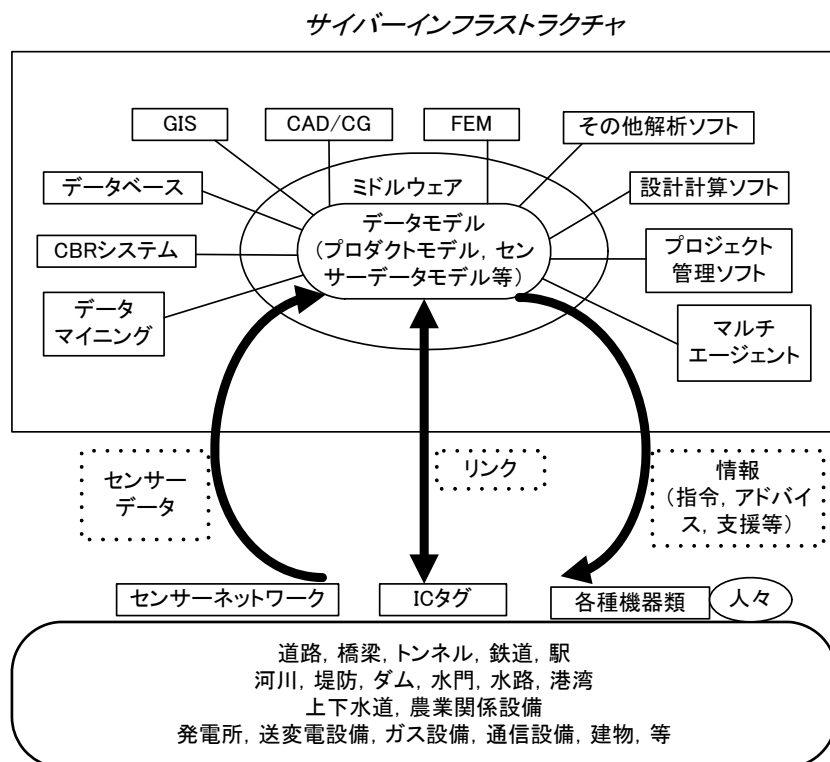
つづき

- サンテグジュペリの小説『星の王子さま』の中で、狐が王子に「**心で見なければ物事はよく見えない。本当に大切なことは眼では見えない**」という秘密を打ち明ける場面がある。王子が自分の星で咲いた一輪の薔薇の花のために、あれこれ面倒を見ながら悩んで時間を費やしたことによって生まれた絆、すなわちその関係性こそが重要で、絆を結んだものには「永久に責任がある」と狐は解説している。
- 我々土木技術者が構造物の一部をある短い時期だけ面倒を見て、後は知らないよといって資料を捨て去るということをしていたのでは、構造物との絆を無視し、責任を逃れていると言われても反論できないだろう。本当に大切なことは眼では見えない。BIM/CIMは本当に大切なことを関係者で共有し長期間残すことができる新しい仕事の進め方だと考えている。

Nobuyoshi Yabuki

66

最終的に目指すのは「国土基盤モデル」の実現



サイバーからリアルへの情報伝達項目としては、ピンポイントの天気予報、洪水や津波、地震などの防災情報、犯罪や防犯に関する情報、空調制御、エネルギー制御、交通機関の各種情報、構造物の点検・維持管理、アセットマネジメントなど

これが現実になれば、「スマートシティ」になる。

- ・ エコ
- ・ 安全・安心
- ・ 競争力

実社会基盤 Nobuyoshi Yabuki

67

July 6 – 8, 2016

16th ICCCBE 2016 in
Osaka, Japan

Nobuyoshi Yabuki

Professor

Division of Sustainable Energy and Environmental Engineering

Osaka University

大阪国際会議場(グランキューブ大阪)



- リーガロイヤルホテルが、メインホテル
- グランキューブ大阪のすぐ隣で、直結しており、雨に濡れません
- ICCCB Eは、数百人規模の会議
- 土木建築分野における情報技術に関する世界最大の国際会議
- 2年に1回開催
- 日本では1991年の東京以来、実に四半世紀振りの開催



Rihga Royal Hotel

Convention Center

Nobuyoshi Yabuki 2012

69

**We welcome you to OSAKA, Japan,
for 16th ICCCB E on July 6-8, 2016.**

**Thank you
for your
attention.**