

「CIM」に関する講演会

土木学会 土木情報学委員会 国土基盤モデル小委員会 主催
2012年10月10日(水)13:30~16:45
日比谷コンベンションホール(大ホール)

CIM:学, 経験, 国際の 観点からの提言

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.
矢吹 信喜
(土木学会 土木情報学委員会 委員長)

Nobuyoshi Yabuki (c) 2012

1

30 Years Ago

- 1982年, 電源開発(株). 土木部設計室. 水力発電所プロジェクトの設計.
- ダム, 開水路トンネル, 圧力トンネル, 開水路, 水門, 水圧鉄管, 鉄筋コンクリート, 道路, 橋梁, 等々. 幅広い構造物を設計
- 図面:ドラフター, トレーサ, 墨入れ.
 - 構造の一部を修正すると複数の図面に波及. 2次元図面ではミスは避けられない.
- 設計計算:カードパンチ, カードリーダー, ラインプリンタ, 電卓などを使って, 構造解析, 構造計算, 水理・水文計算, 地盤・岩盤の解析・計算, 電力量計算, 最適化など.
 - 入力データの大半は地形や構造物の座標値などの幾何学的な情報で, 単調で間違いやすい. 地形図や図面からデータを自動抽出したい.
- 数量計算:平均断面法, プラニメータ. 細かいRC構造物の体積計算.
 - 単調で面倒くさく, 間違いやすい. 設計変更すると, 大変な作業になる.

入社1年目に思ったこと

- 設計とは言っても, 知的な作業は少しだけで, 大半は単純作業!
- 単純作業は, 自動化・効率化して, 比較設計や新技術導入などといった知的作業に時間をもっとついやすべき.

Nobuyoshi Yabuki (c) 2012

2

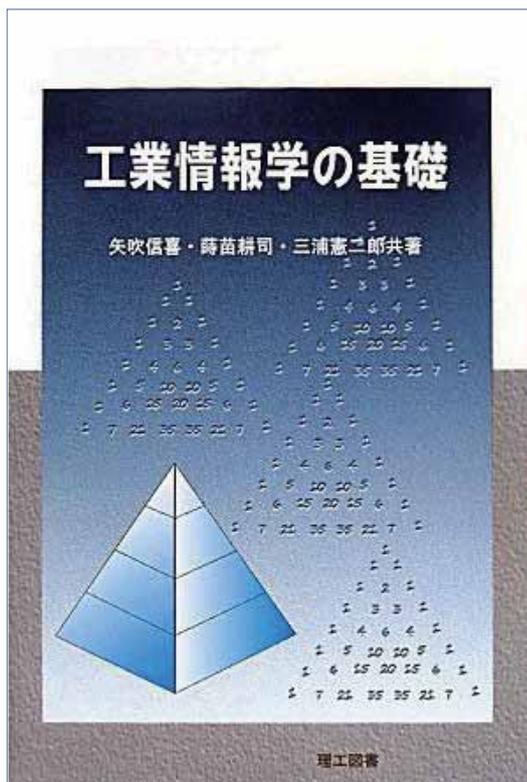
1988年 米国スタンフォード大学大学院 土木工学専攻へフル
ブライト奨学生として留学

- Stanford大学が、土木工学専攻の中で、CAD, AI, データベース, ロボティクス等のITを積極的に研究対象とし始め、CIFE (Center for Integrated Facility Engineering)を立ち上げた時に、留学した。
 - 既に、ロボティクスを加え、CAMを建設へと考えていた。
 - ライフサイクルを通じたデータの共有による「統合化」を目標に。
- オブジェクト指向のプロダクトモデルやナレッジシステム、分散コンカレント工学など最先端の研究がされていて、自分もやりたいと思った。
- しかし、情報工学に関する知識レベルの彼我の差を思い知らされ、完全にゼロから「コンピュータ・サイエンス」の勉強をし始めた。
- その時に、工学系学生や社会人技術者が情報学の基礎を学ぼうと思った時にあると便利だろうと思った本を自分と友人で執筆し、昨年出版した。

Nobuyoshi Yabuki (c) 2012

5

拙書「工業情報学の基礎」の紹介



矢吹信喜, 蒔苗耕司, 三浦憲二郎共著
理工図書(株), 2011. 2,200円(税別)

目次

1. 情報の基礎
2. 集合
3. 関数と関係
4. 組合せ
5. グラフ理論
6. 論理学の基本
7. プログラミング言語とマークアップ言語
8. データ構造
9. 探索、整列と最適化
10. データモデルとデータベース
11. オブジェクト指向技術
12. 3次元形状モデリング
13. バーチャルリアリティ
14. プロダクトモデル

Nobuyoshi Yabuki (c) 2012

6

帰国, CALS, 建設CALS/EC

- 米国から帰国したら, 会社は3次元CADはもうやめると決定していた。(ハード, ソフトが時代に追いつかなかった.)
- その頃, 米国の国防総省では, CALSを開始.
- 軍事品の調達関係の図面や書類の電子化を推進
 - CADデータ(IGES, STEP)
 - 文書(SGML, XML)
 - 画像データ(CALS Raster file format)
- 米国は, 日本に対して, WTOを通じて, 建設業の開国を迫った.
- 関岡英之著「拒否できない日本ーアメリカの日本改造が進んでいる」文春文庫376, 平成16年4月
- 1990年代, 当時の建設省は建設CALSを開始.
- 2次元CAD図面の標準SXFを作成し, 2001年度からCADデータの電子納品開始.
- CALSは, 元々, 米国の軍への納品を目的として始まった. 日本では, 軍が役所変わった.
- 情報の再利用や民間同士の共有などに使われることはほとんどなく, 役所への電子的な納品のための仕様となっている.

Nobuyoshi Yabuki (c) 2012

7

プロダクトモデル

1970年代

- CADデータ標準IGES (Initial Graphics Exchange Specification)

1984年から

- オブジェクト指向技術の誕生
- 単なるCAD図形の標準ではなく, プロダクト(梁, 柱, 窓などのオブジェクト)単位で表現できるデータモデルの確立が急務に.
- 形状情報は, 2次元ではなく, 3次元. 3次元のプロダクトデータモデル.
- 米国では, PDES (Product Data Exchange Standard) の開発開始.
- 同時期に, ヨーロッパでは, ISO, TC184, SC4がISO-10303, 略称STEP (Standard for the Exchange of Product Model Data) の開発開始.

1991年

- PDESがISO-STEPに合併吸収され, ISO-STEPに統一.

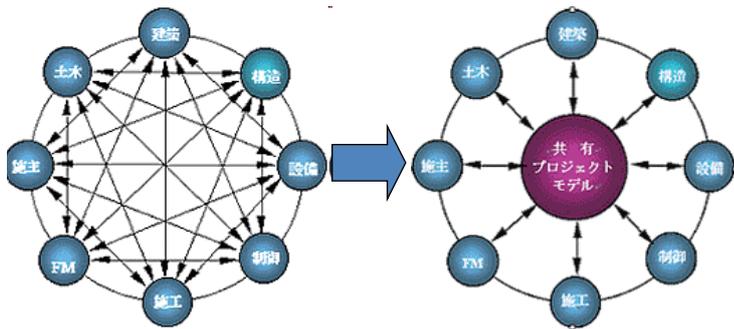
その後, ISO-STEPでApplication Protocols (AP)等や言語EXPRESS等が開発された. 機械, 造船等では3次元プロダクトモデルのスペックが開発されたが, 建設分野は遅れた.

Nobuyoshi Yabuki (c) 2012

8

建築分野のプロジェクトモデルはIFC

- 1994年
 - 米国の12社でコンソーシアム, IAI (Industry Alliance for Interoperability) を設立. 当初はIndustry だった.
- 1995年
 - 他の会社や国外も勧誘.
- 1997年
 - IAIをInternational Alliance for Interoperabilityに改名. AEC (Architecture, Engineering & Construction) のプロジェクトモデル, IFC (Industry Foundation Classes) を開発する国際的な非営利団体に. (民間主体)
- 最近, buildingSMARTへ改名. 日本は, まだ「一般社団法人 IAI日本」.
- 現在
 - IFCは, ISOのPAS (Publicly Available Specification).
 - IFC2x4は, ISOのIS (国際標準) に近々なる予定.



Nobuyoshi Yabuki (c) 2012



なぜ2次元CAD図面では駄目で, 3次元プロジェクトモデルでなくてはいけないのか?

- 2次元図面は, 人間が見れば, 何を表している図なのか, ある部材の寸法はいくつかなのか, 誰でもわかる.
- しかし, 2D-CAD図面は, 単なる線, 円, 文字, 模様データの集合. 「部材」をコンピュータに認識させることは困難.
- 例え, ある部分(線の集合)が「桁」だと認識させても, 平面図, 断面図, 立面図などの整合を取ることは困難.
- 3Dプロジェクトモデルデータの場合, オブジェクト指向技術に基づいて, 部材の形状や属性データを互換性のあるテキストファイルで表現する.
- 3Dプロジェクトモデルデータは, コンピュータが「理解」できる.
- **建築は, BIMを契機に, 3次元化を進めている.**

Nobuyoshi Yabuki (c) 2012

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。

最近の土木の「情報化施工」

- 3次元の設計データとTS (Total Station) あるいはRTK-GNSS (Real Time Kinematic – Global Navigation Satellite System) などの測量データを利用して施工機械を自動的あるいは半自動的に稼働させるとともに、出来形や品質データを自動的に得て検査を効率化することを意味することが増えてた。
- 一つは、ICTを用いて建設機械の自動化であり、例としては、バックホウなどの掘削盛土機械に3次元設計データを入力し、TSやGNSSによる位置データから、丁張りなしで制御できるようにオペレータに指示するマシンガイダンス技術やブルドーザやグレーダの排土板の高さを、やはり3次元設計データと機械の位置情報から、油圧を使って、自動制御しながら敷き均しを行うマシンコントロール技術。
- もう一つは、設計・施工時の情報を基にした技術者の判断や監理の高度化であり、例としては、TSやGNSSを用いた出来形管理技術、ローラの走行軌跡や加速度応答から締固めや強度など品質を管理する技術など。



油圧ショベルのマシガイダンスシステム技術(例)



グレーダのマシンコントロール技術(例)



施工管理データを搭載したTSを用いた出来形管理技術(例)



無線付き温度計を用いたコンクリートの品質管理(積算温度)(例)

Nobuyoshi Yabuki (c) 2012 「情報化施工推進戦略」, 情報化施工戦略会議, 2008.7より抜粋

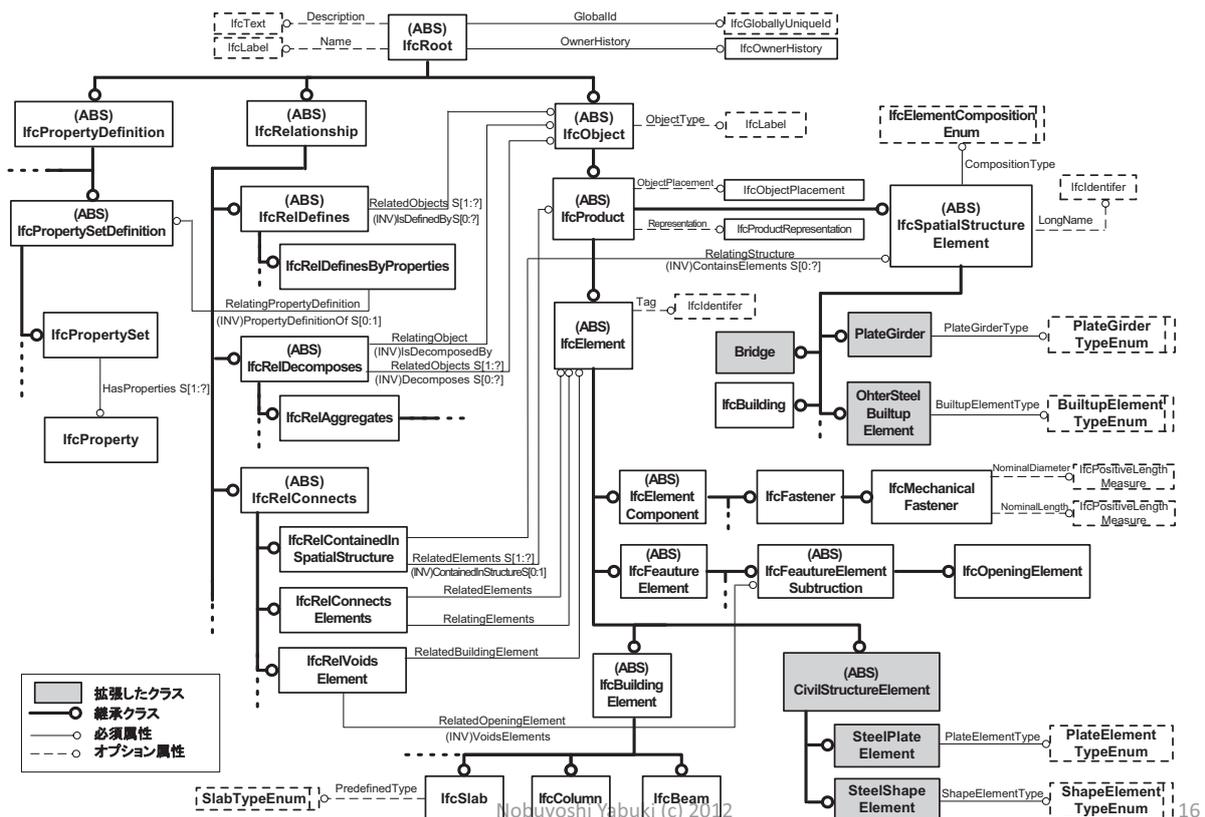
情報化施工と3次元データ

- マシガイダンス, マシンコントロールで, 施工機械が必要とするデータが明確.
- そのデータが既に民間である程度, 標準化されている.
- 国も, 出来形管理や出来形検査に必要なデータを明確にしつつあり, そのためのデータの標準化を実施している.
- 情報化施工は成功すると予想している.
- なぜなら, 人間が見てわかるデータ(図面や文書)ではなく, コンピュータやマシンが読んで理解できる本当に必要なデータを供給しようとしているからだ.
- 人間が見てわかることを目的とした書類を電子化しても, 効果はあることはあるが, 限定的. コンピュータや機械同士でデータのやり取りが自動的に出来れば, その効果は非常に大きくなる可能性がある.
- **土木施工は3次元モデルデータを要求している.**

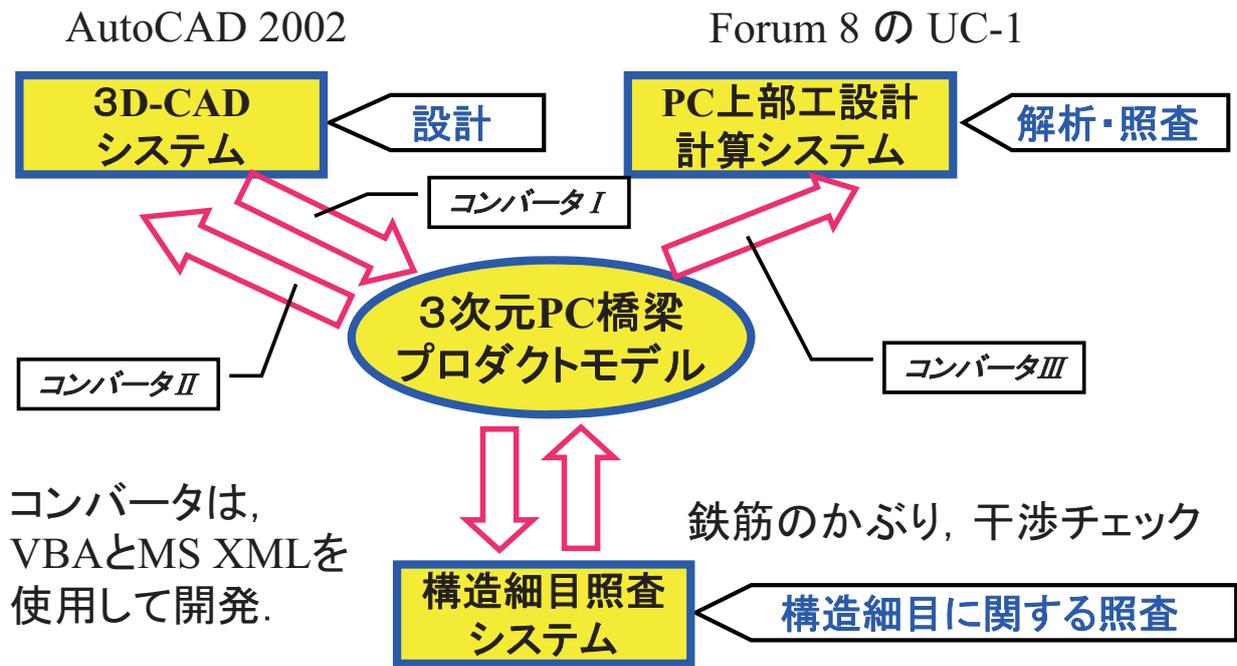
橋梁のプロダクトモデル: IFC-Bridge

- 土木分野で、最も早くから3次元化を進めていたのは、鋼橋の製作部門。
- 鋼橋の設計
 - 設計コンサルが2次元図面を作成。
- 鋼橋の製作
 - 発注者から渡される2次元図面をもとに、3次元CADで詳細な設計。
 - キャンバーを考慮した実大寸法3次元モデルデータ。
 - 3次元モデルデータをCAMへ。罫書き。NC。
 - 鋼橋の工場内での仮組み検査の代わりに、3次元CADでバーチャル仮組みで検査。(発注者も認めつつある。)
- 鋼橋では、各企業が独自のデータモデルを開発。
- 公開された共通の鋼橋プロダクトモデルは企業からは発表されていない。
- 2002年頃、室蘭工大・矢吹研(当時)では、IFCを拡張する形で、鋼桁橋とPC橋梁のプロダクトモデルを開発した。

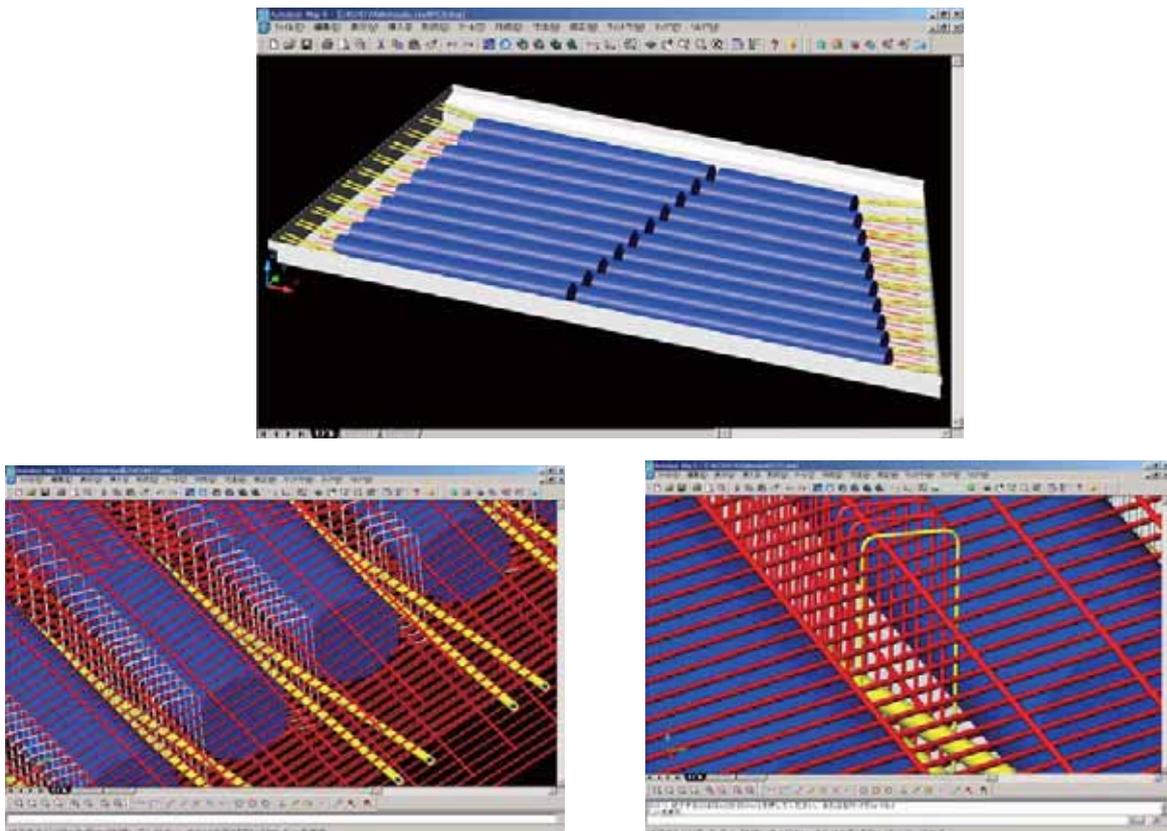
鋼桁橋プロダクトモデル YLSG-BRIDGE (一部)



YLPC-BRIDGEの適用例

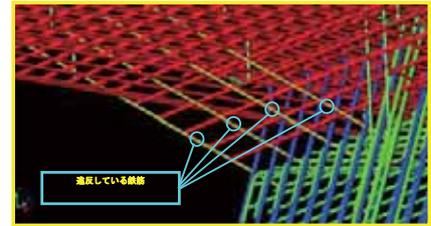
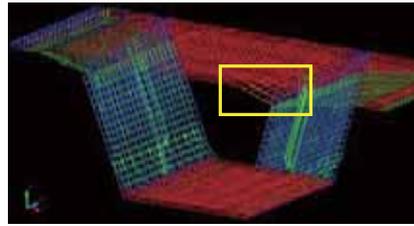


室蘭工大で構築したプロトタイプシステム(2002)

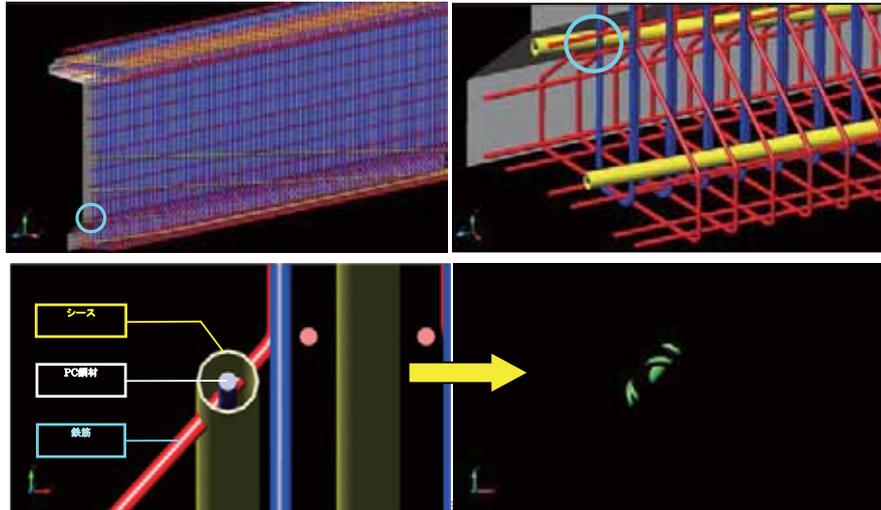


構造細目照査への適用例

鉄筋のかぶりチェック



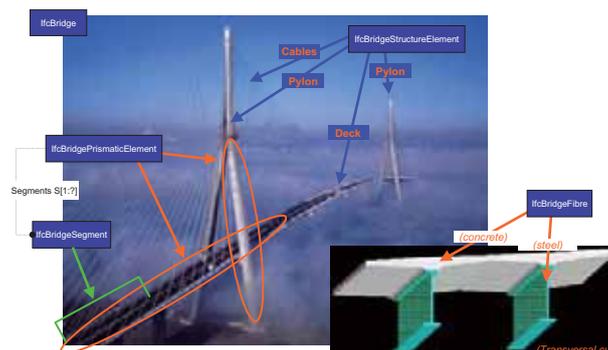
部材の干渉チェック



21

IFC-BRIDGE

- IAIフランス支部では、CSTB(フランス国立建築研究所)とSETRA(道路および高速道路技術研究センター)が中心となり、IFCを拡張する形で橋梁のプロダクトモデルIFC-BRIDGEを開発した。
- 矢吹研の橋梁プロダクトモデルとIFCをベースとしている点で共通していたため、統合化することとした。

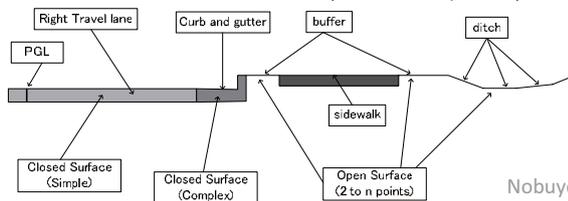


Nobuyoshi Yabuki (c) 2012

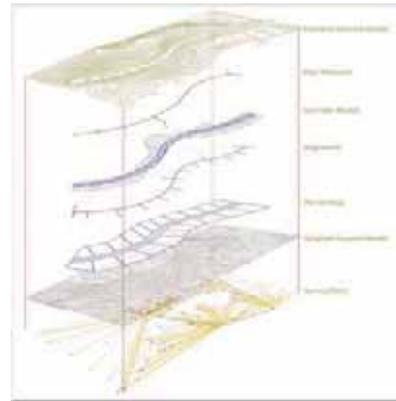
22

道路プロダクトモデル: LandXML

- 土地造成や道路で一般に使われる土木設計や測量データのためのXMLファイルフォーマット.
- LandXML.org(開発運営組織): 37カ国, 441メンバー(2006年7月現在).
- 最近では, あまり活動していない. そのため, 後述のOpenINFRAがLandXMLの面倒を見ようとしている.
- その他の道路プロダクトモデル
 - 道路中心線形データ交換標準(案)(日本)
 - JHDM(日本)
 - TransXML(米国)
 - OKSTRA(ドイツ)
 - EuroRoadS(ヨーロッパ)

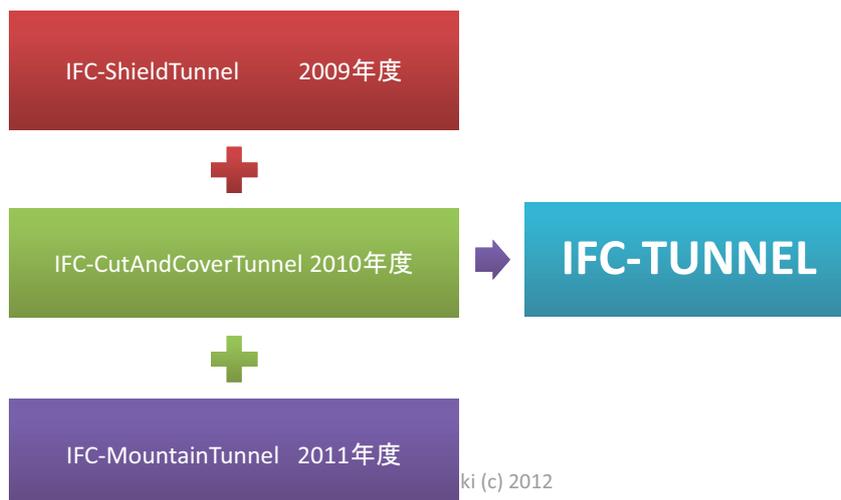


Nobuyoshi Yabuki (c) 2012

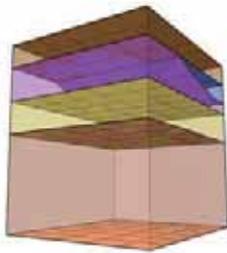


IFC-ShieldTunnel, IFC-Tunnel

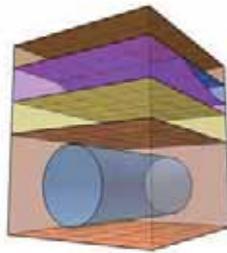
- 2005年頃から, JACICと矢吹らで, IFC-ShieldTunnelを開発.
- その後, IAI日本土木分科会, 土木学会情報利用技術委員会国土基盤モデル小委員会などで, 議論を重ね, IFC-ShieldTunnelを改良.
- さらに, 開削トンネル, 山岳トンネルに関するプロダクトモデルを開発.
- これらを統合化して, IFC-Tunnelを開発中.
- OpenINFRAコンソーシアムでも講演して紹介しており, 将来の国際標準を目指す.



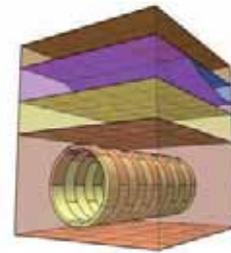
シールドトンネルモデル



地盤



空間



覆工

1. 固体や液体で構成される地盤
2. 地盤を掘削して空間(空洞)を形成
3. 空洞をセグメント等で支保する

EXPRESS言語によるスキーマ

ENTITY IfcStSegmentElement

ABSTRACT SUPERTYPE OF (ONEOF (IfcStKSegmentElement, IfcStASegmentElement, IfcStBSegmentElement))

SUBTYPE OF (IfcStTunnelElement);

SegmentAngle : OPTIONAL IfcCompoundPlaneAngleMeasure;

Thickness : OPTIONAL IfcPositiveLengthMeasure;

Width : OPTIONAL IfcPositiveLengthMeasure;

OuterRadius : OPTIONAL IfcPositiveLengthMeasure;

InnerRadius : OPTIONAL IfcPositiveLengthMeasure;

Weight : OPTIONAL IfcMassMeasure;

TaperAnglePositon : OPTIONAL IfcAnglePositonEnum;

TaperAngle : OPTIONAL IfcCompoundPlaneAngleMeasure;

InsertAnglePositon : OPTIONAL IfcAnglePositonEnum;

InsertAngle : OPTIONAL IfcCompoundPlaneAngleMeasure;

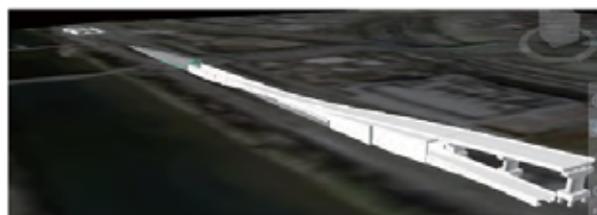
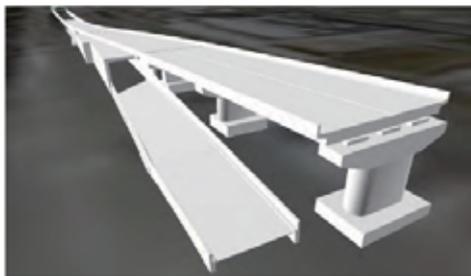
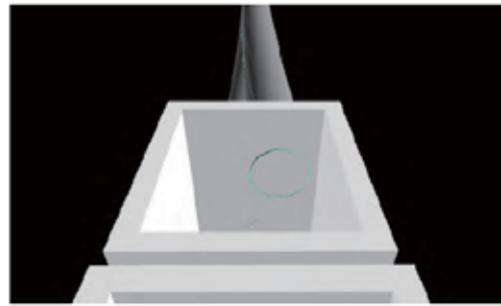
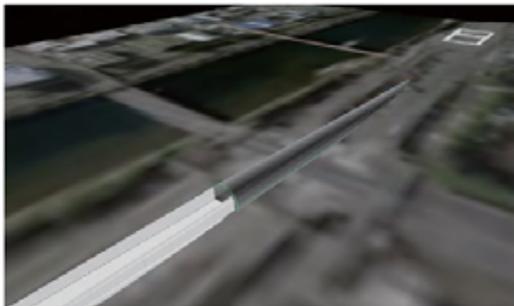
JointAnglePositon : OPTIONAL IfcAnglePositonEnum;

JoinAnlge : OPTIONAL IfcCompoundPlaneAngleMeasure;

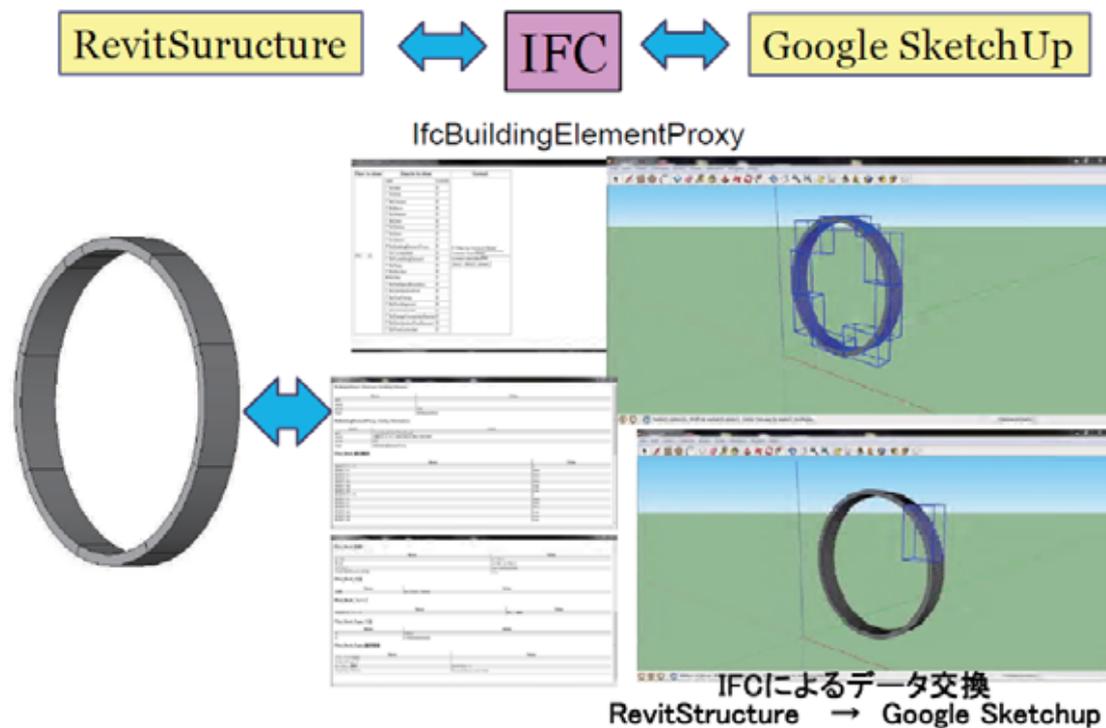
END_ENTITY;

3Dデータ構築対象(実験対象現場)

中央環状品川線大井地区トンネル工事



IFCによるデータ交換



大林組 技術研究所 古屋氏が作成した発表資料から

29

OpenINFRA

- buildingSMART International の中に、土木構造物のようなインフラストラクチャを対象としたプロダクトモデルの開発と標準化を推進する目的で、フランスを中心にヨーロッパの数か国が集まって、活動している。
- 米国は側方支援。
- アジアは遠いので、参加は難しい。
- インターネットのWebExで運営会議に参加しているが、時差もあるし、日程が合わないことも多い。
- ヨーロッパ(フランス中心)で土木BIMのデファクトスタンダードを作ってしまうおうとしているようだ。
- 日本はどういうスタンスで行くのか？

土木学会では「土木情報学委員会」に改名

「土木情報学」の定義:

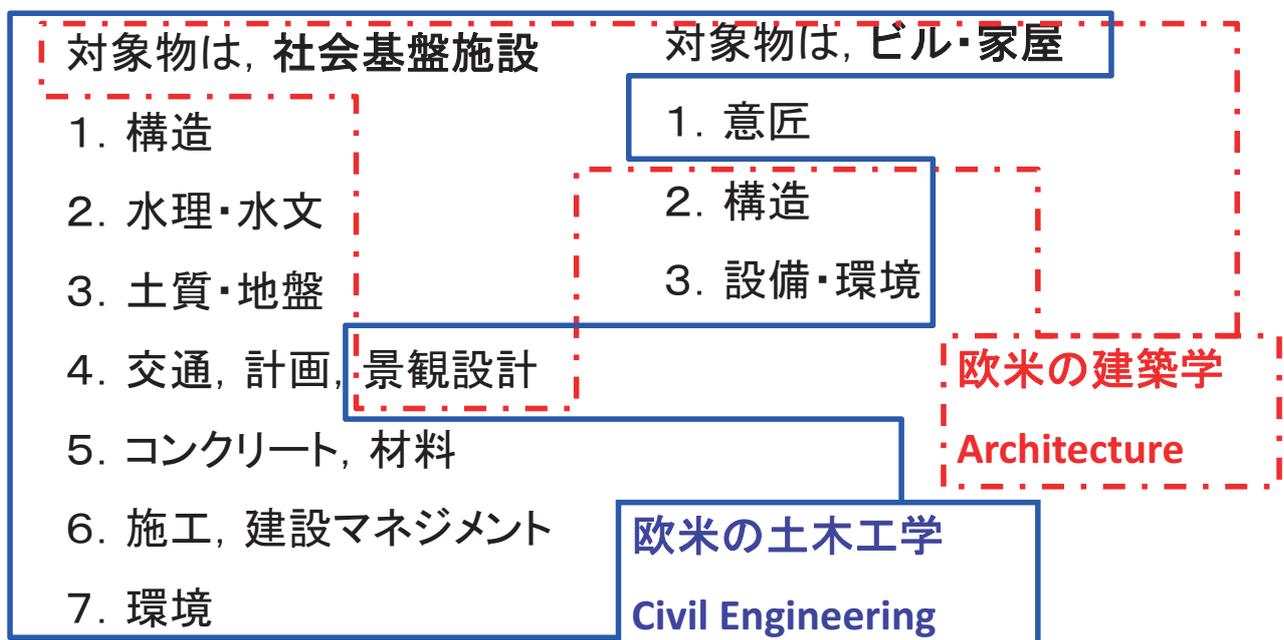
土木分野における「情報」に着目し, その取得, 生成, 処理, 蓄積, 流通, 活用を図るための理論と技術を探求する学問である.

- 学問にするための条件
 1. 学問体系(教育体系)
 2. サイエンス
 3. 論文集

日本と欧米の違い (日本の土木・建築はガラパゴス化)

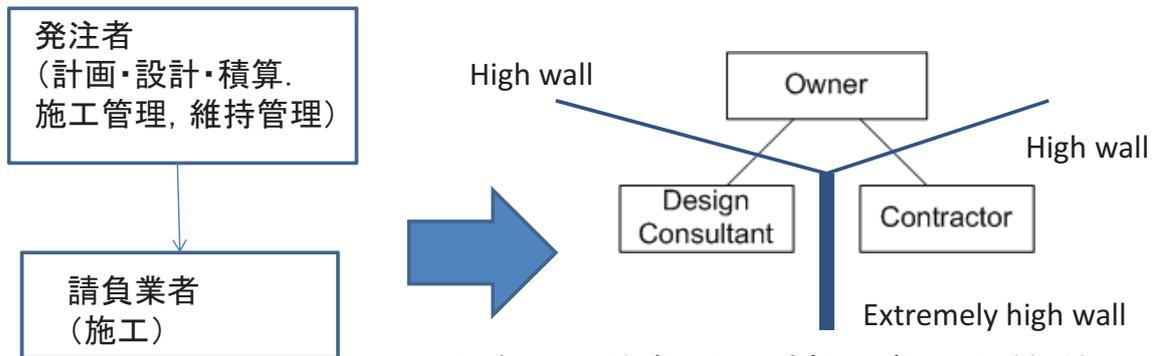
日本の土木工学

日本の建築学



土木：昔と今の方法の違い

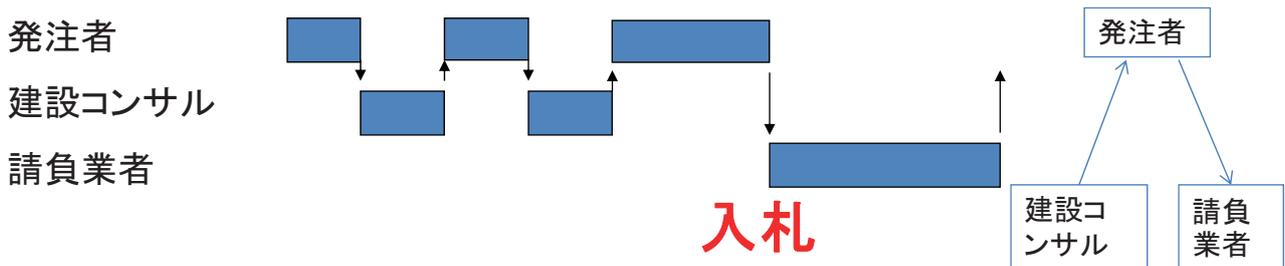
Separate, independent and uncooperative organizations



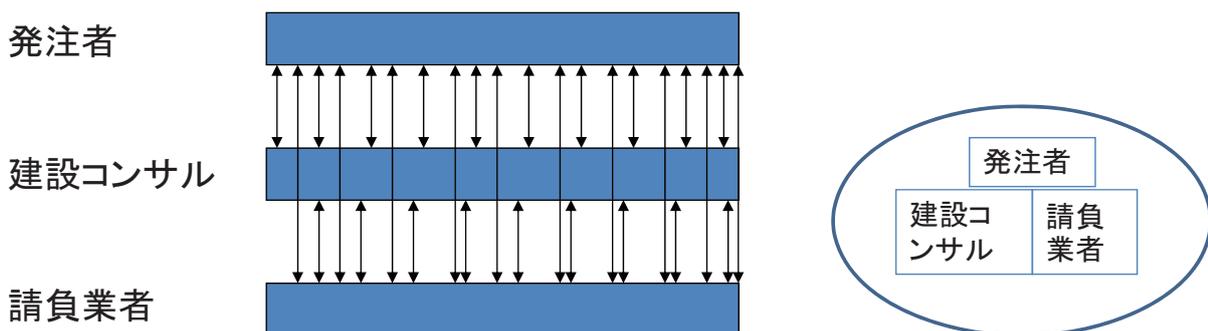
昔は、発注者内部に設計部門があった。積算部門の技術者は、施工管理経験豊富で工法や歩掛りを熟知。設計した技術者が現場に転勤して施工管理をし、設計にフィードバックしていた。

現在は、発注者から設計部門がほとんどなくなり、建設コンサルタント会社に業務委託している。建設コンサルタントは、設計施工分離発注のため、施工を知る機会がない。設計段階の大量のデータは、施工業者渡ることはない。Bad Filtering. 積算方法は大幅に簡略された。現場の状況はより複雑で、施工方法を考慮しなければ、設計そのものできないはず。特に既設構造物の改造や更新、付替えなど。

現在のプロジェクトの進め方(甲乙, 閉鎖, 非協調的)



これからの進め方(フラット, オープン, 協調的)



CVE (Collaborative Virtual Environments: 協調的仮想環境)

- 3次元モデルデータを中心に、バーチャルな設計・施工環境をインターネット上に構築.
- 発注者, 建設コンサルタント, 施工業者, 製作会社などが協調的に仕事を行う.
- 契約方式, 事業推進方式を大幅に変革.
- 設計と施工が協調できるよう, デザイン・ビッド・ビルド (現行の設計施工分離発注方式) から, デザイン・ビルドのようなもの (PPP, BOT, DBなど) への変革.
- CIMを本気で将来的に成功させようとするのなら, DBBとDB方式でCIMをあるプロジェクトで仮想的に実行させてみて, 得失を定性的, 定量的両面から評価すべき.

おわりに

- CIMを成功させるためには,
 - 学術的なバックグラウンドなしに, やみくもにITをやるのではなく, しっかりと情報学の基礎を勉強すべし.
 - 歴史的な背景と経緯を調査し, 理解し, クリティカルに評価すべし.
 - 国際的な活動状況を注視し, 協力すべきは協力し, 得るものは得るべし.

Be Open-Minded!

ご清聴ありがとうございました.