

# 中国における BIM 応用

馬 智亮

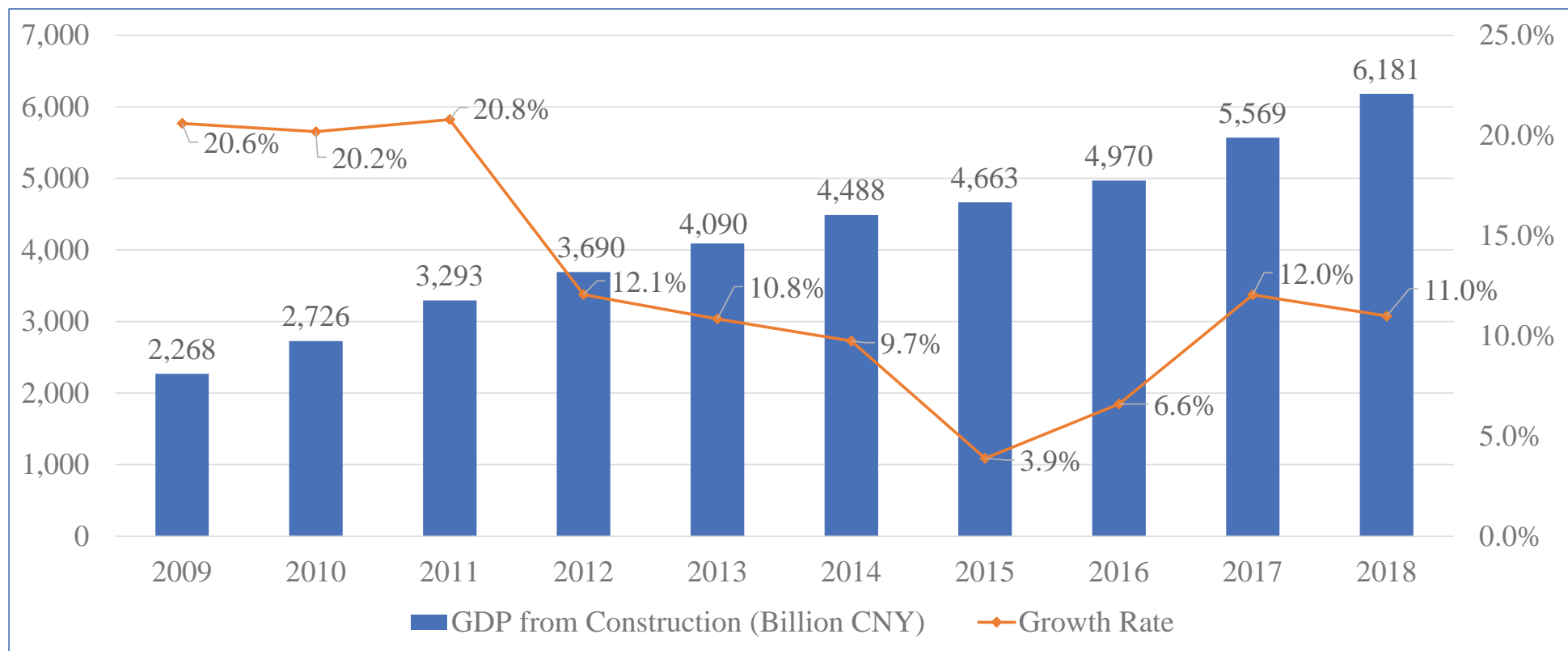
工学博士、教授

中国清華大学土木工学科

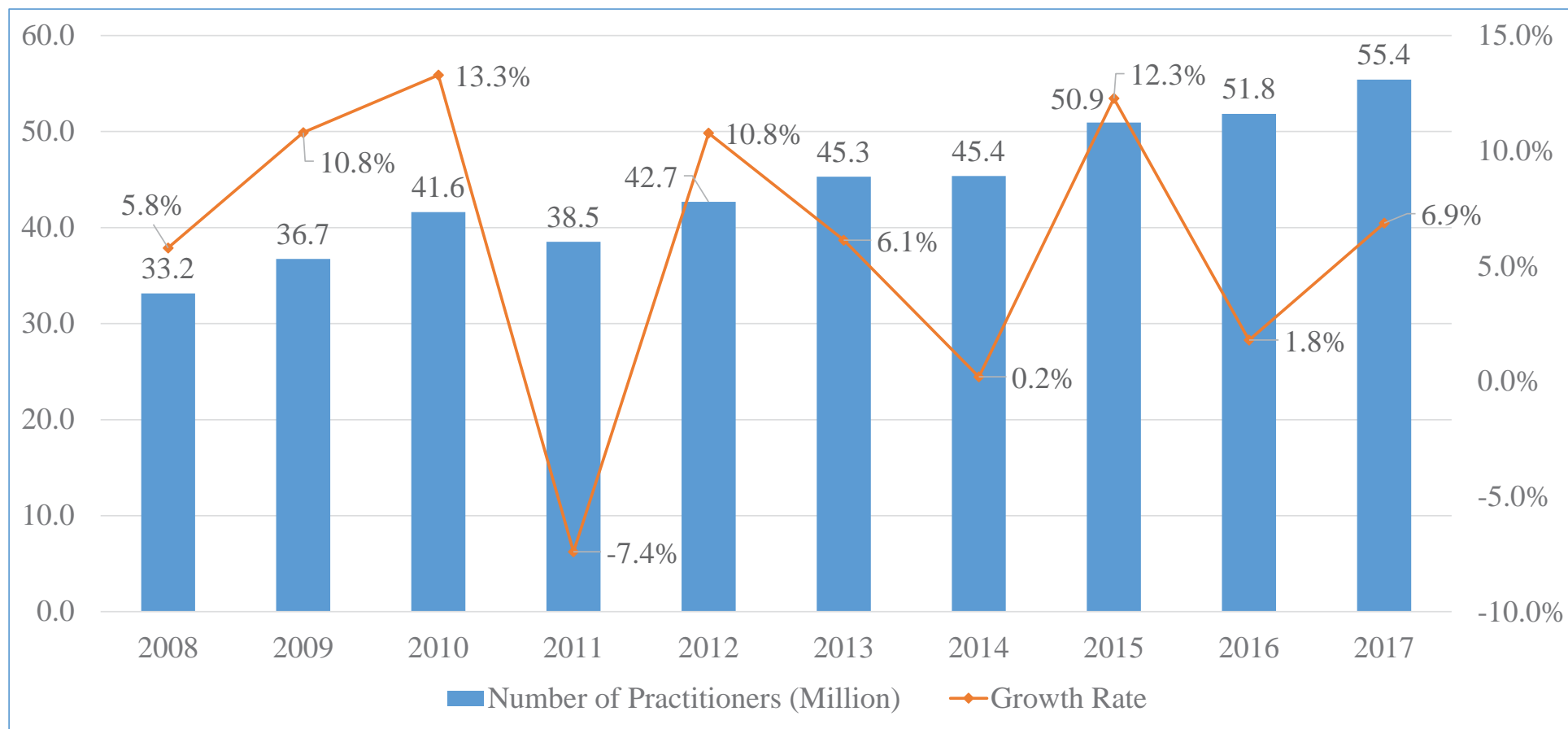
# 目次

- 1 中国建設業に関するビッグデータ
- 2 中国における BIM 応用概要
- 3 大規模建設プロジェクトにおける BIM 応用
- 4 BIMに関する研究やイノベーション
- 5 結論

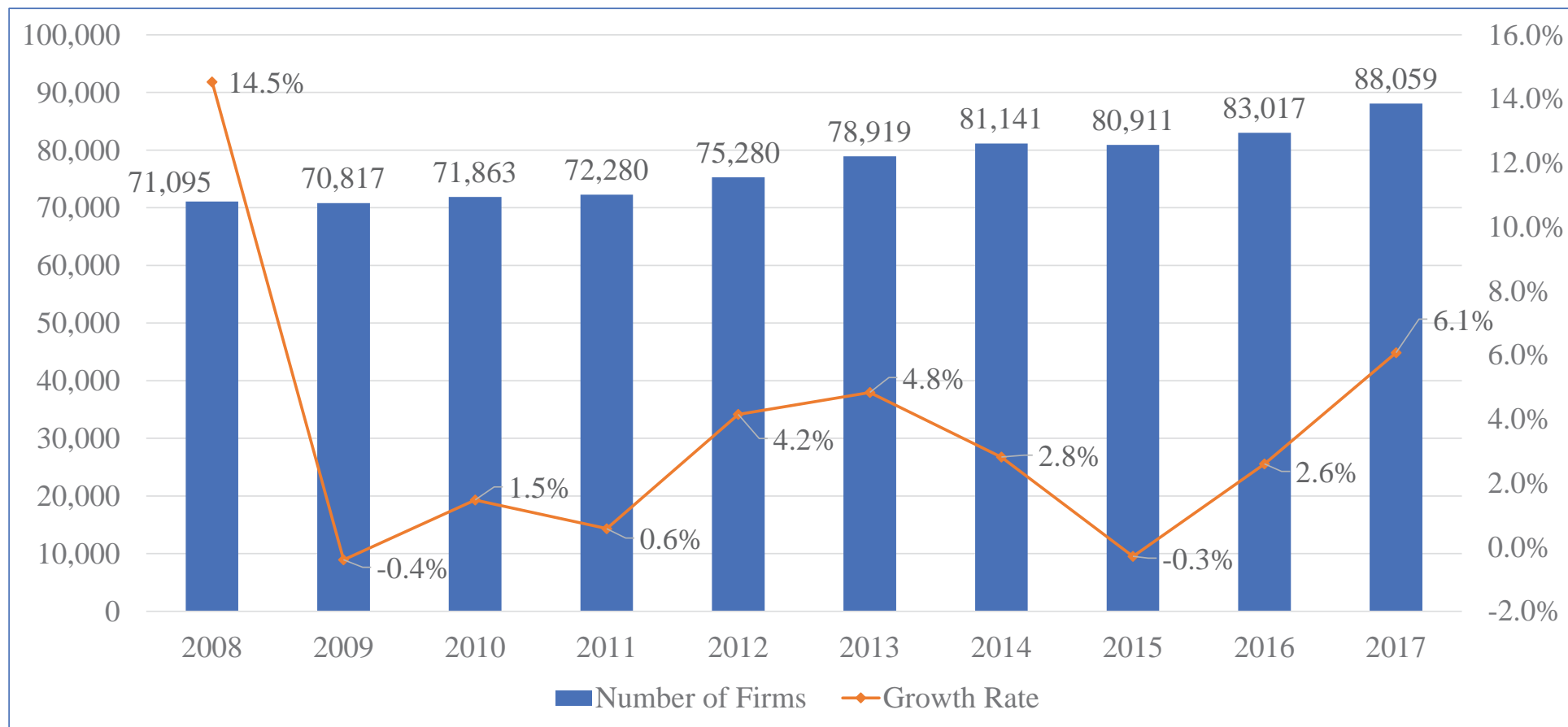
# 1 中国建設業に関するビッグデータ



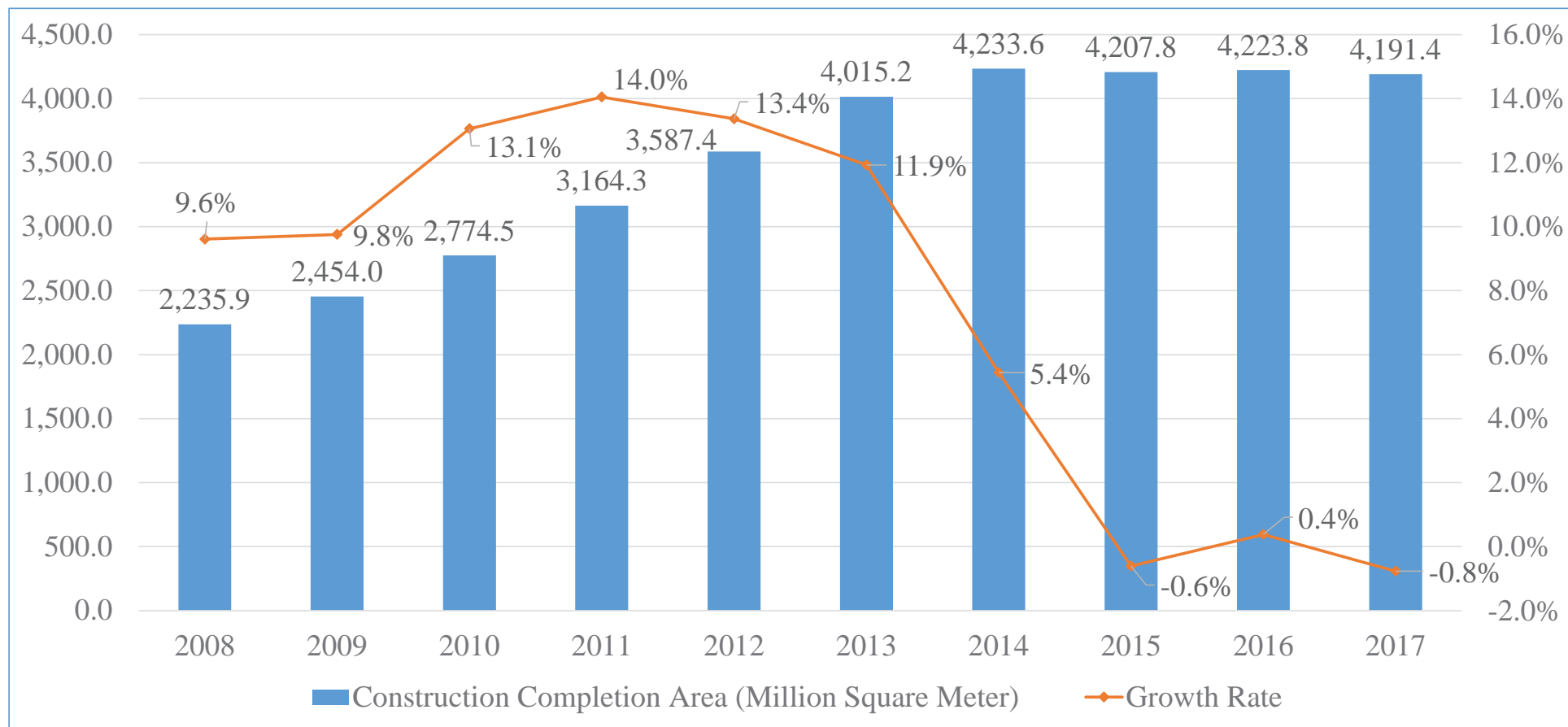
中国における建設業GDPおよび増加率：2008年～2017年



中国における建設業従業員人数および増加率：2008年～2017年



中国における建設業会社数および増加率：2008年～2017年



中国における建設業竣工面積および増加率：2008年～2017年

## 中国 vs. 日本：ビッグデータ

	人口 (Million)	建設業従業 員人数 2016 (Million)	建設業企 業数 2016	建設GDP 2017 (Billion USD)	建設 GDP 増加率 2017	建設業一人当 たりGPD 2017 (USD)
日本	126.8	5.03	468.3	273.5 (5.5%)	4.3%	54,920
中国	1,395	55.6	95.4	783.4 (6.7%)	12%	14,166
<b>Ratio</b>	1:11	1 : 11	4.9 : 1	1 : 2.87	1 : 2.79	3.88 : 1

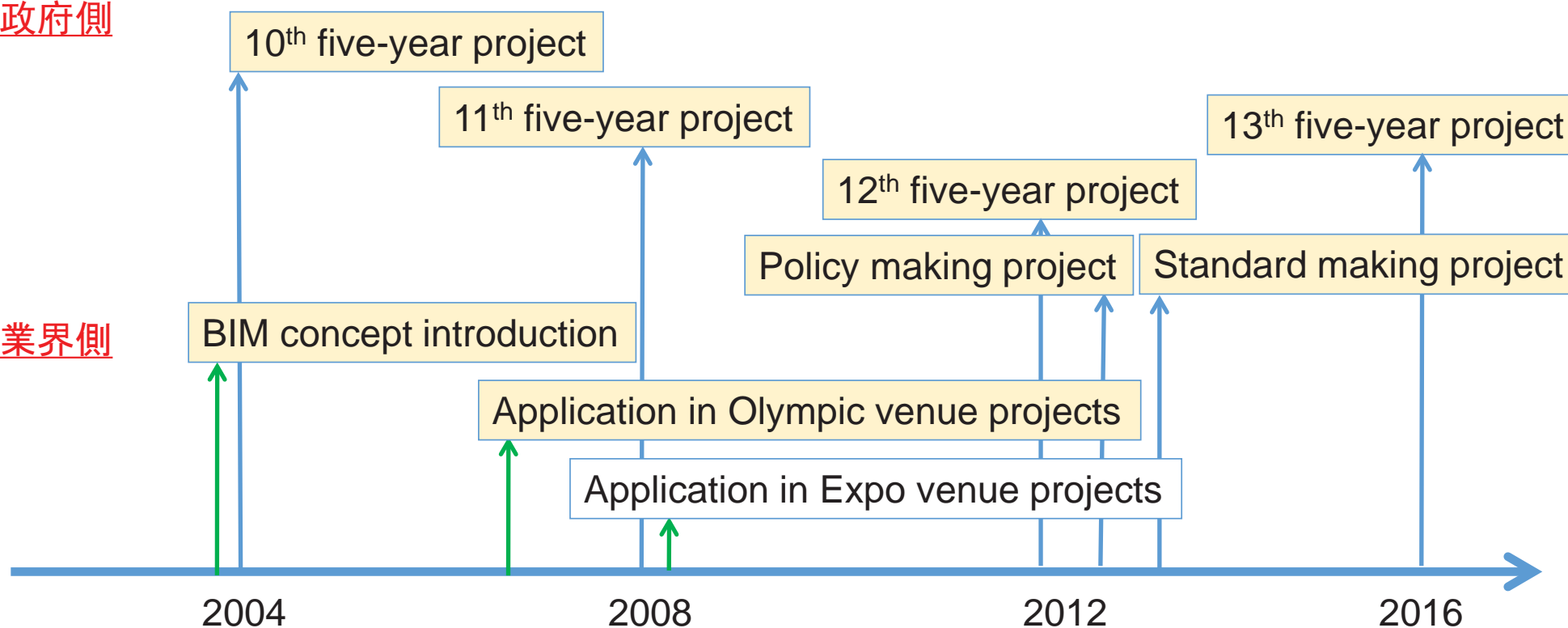
1. 中国のデータは国家统计局より
2. 日本GDPの中建設業部分 <https://www.fxempire.com/macro/japan/gdp-from-construction>
3. 日本の建設業企業数 <https://www.mlit.go.jp/common/001288296.pdf>
4. 日本の建設業従業員人数 <https://www.decn.co.jp/?p=105353>



## 2 中国における BIM 応用概要

政府側

業界側



中国における BIM 応用に関する主なマイルストーン



- 技術政策: キーエキスパートとして参加

Issued in May, 2011

建設情報化要綱 2011- 2015

Issued in June, 2015

BIM応用の推進に関する指導意見

Issued in August, 2016

建設情報化要綱 2016- 2020

## コンテストに見られた、BIMを応用したプロジェクトの数



2009-2017

167, 229, 241,  
270, 226, 324,  
351, 700, 599



2013-2017

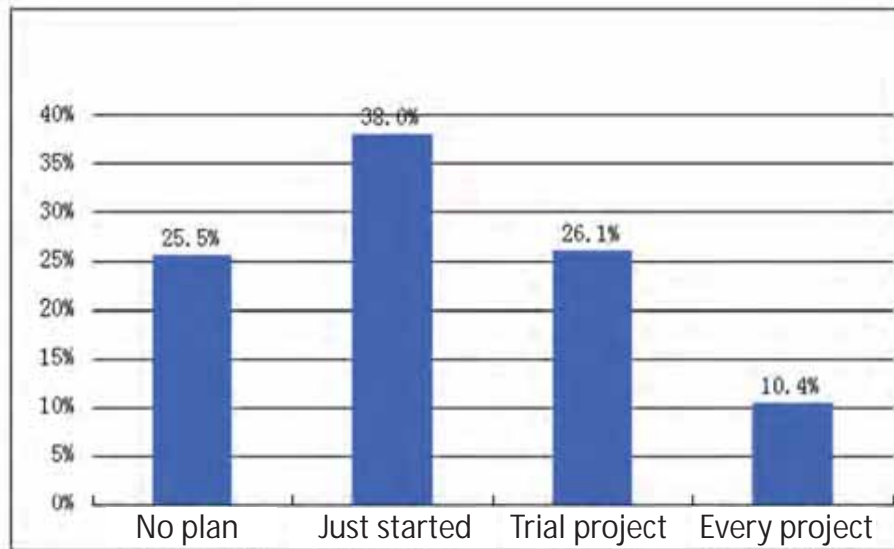
332, 212, 532,  
568, 794



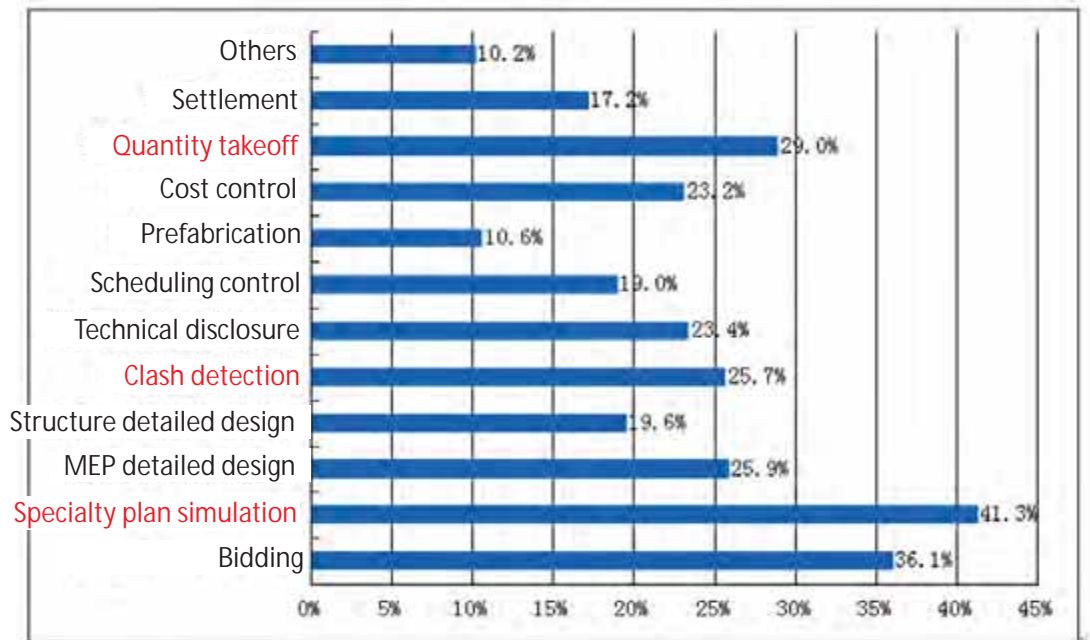
2013-2017

126, 200, 251,  
434, 761

## 建設企業における BIM 応用段階および用途 (2015年)



Percentage of firms for different stages of application of BIM



Percentage of firms regarding applied BIM uses

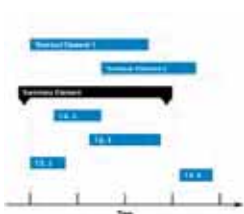
Extracted from: Development Report for Informatization of China Construction Industry (2015): In-depth Application and Development of BIM

## 中国の主なゼネコンにおける BIM 応用

- 中国建築 (CSCEC):  
3000 超のプロジェクト (by 2017)
- CSCEC第三局: “建てる前に試す”
- 上海建工: “デジタル建設”
- 北京城建: 2004年からBIM応用
- CSCEC第八局:  
2015年からすべてのプロジェクトにBIMを適用
- 北京建工: 住宅プロジェクトにBIMを適用
- .....



## BIM とほかの技術との統合応用



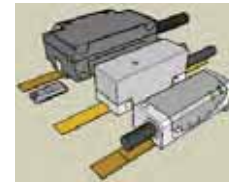
Project management



Cloud computing



Internet of things



Digital manufacturing



Intelligent total station



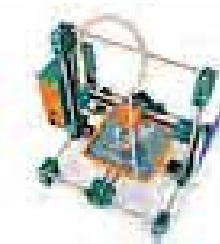
GIS



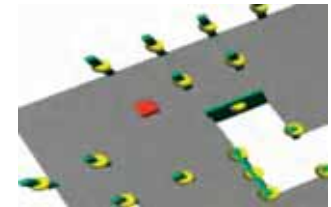
3D scanning



Virtual reality



3D printing



Interior positioning

- 編集長として6部の建設業情報化レポートを出版(1部/年)



### 3 大規模建設プロジェクトにおける BIM 応用



上海センタータワー, Shanghai  
(632 m high, finished in 2017)



CITIC タワー, Beijing  
(528 m high, to be finished in 2018)



北京新しい空港  
(building area 1.43 million square  
meters, to be finished in 2019)

## 上海センタータワー

高さ: **632 m**

上海では最も高い

階数: 127+5

建築面積:  $5.76 \times 10^5 \text{ m}^2$

コスト: **~ 2B USD**

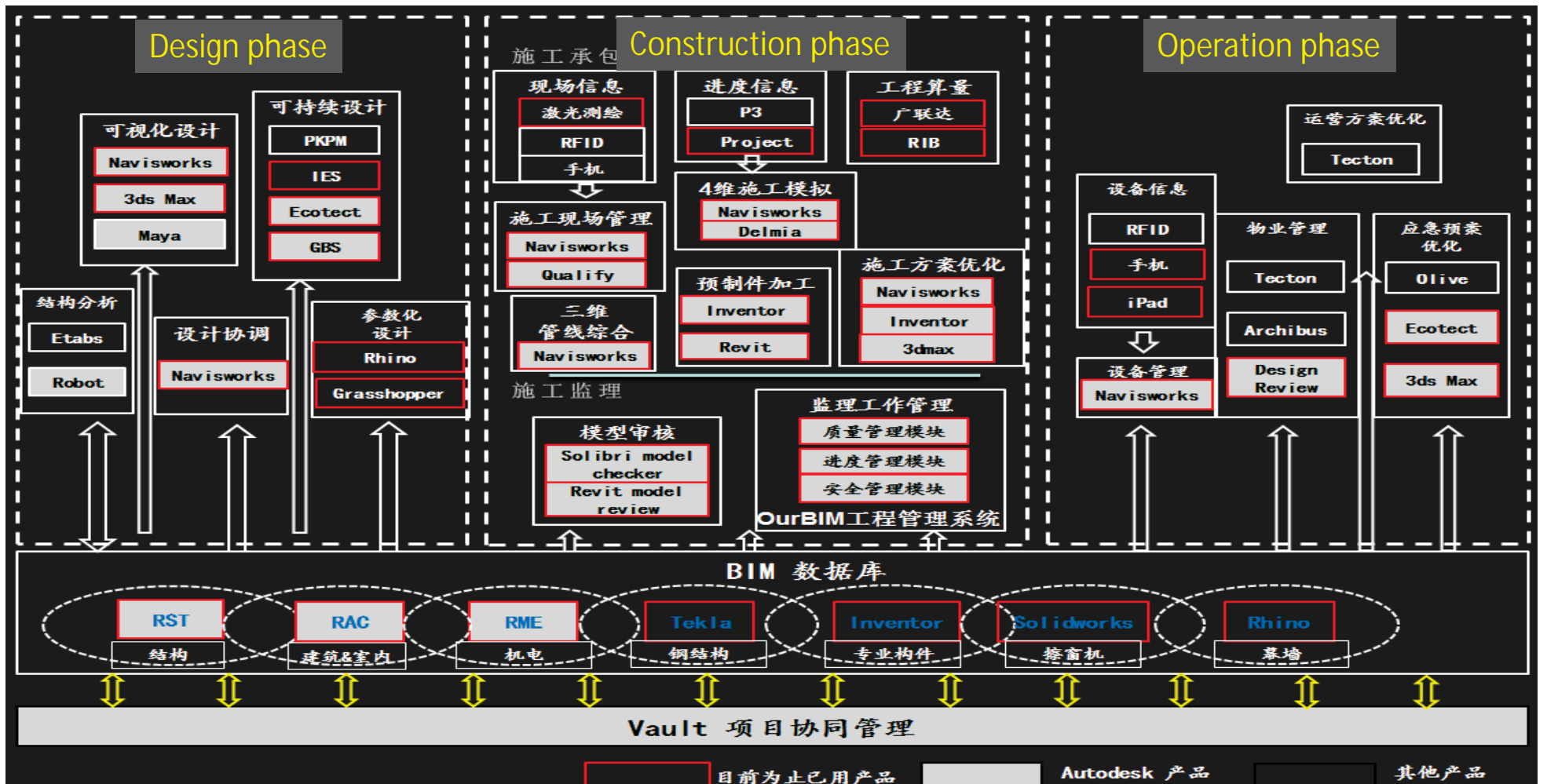
開始: Nov., 2008

完了: Mar., 2016

中国の超高層ビルにおいてライフサイクルに渡って BIM を適用する最初の例







上海センタータワープロジェクトにおけるBIM応用の技術的枠組

- 得られた主なメリット

- やり直し減少 85%

- 節約 60 million USD

- 0.5-3 percent 総投資に相当



## CITIC タワー



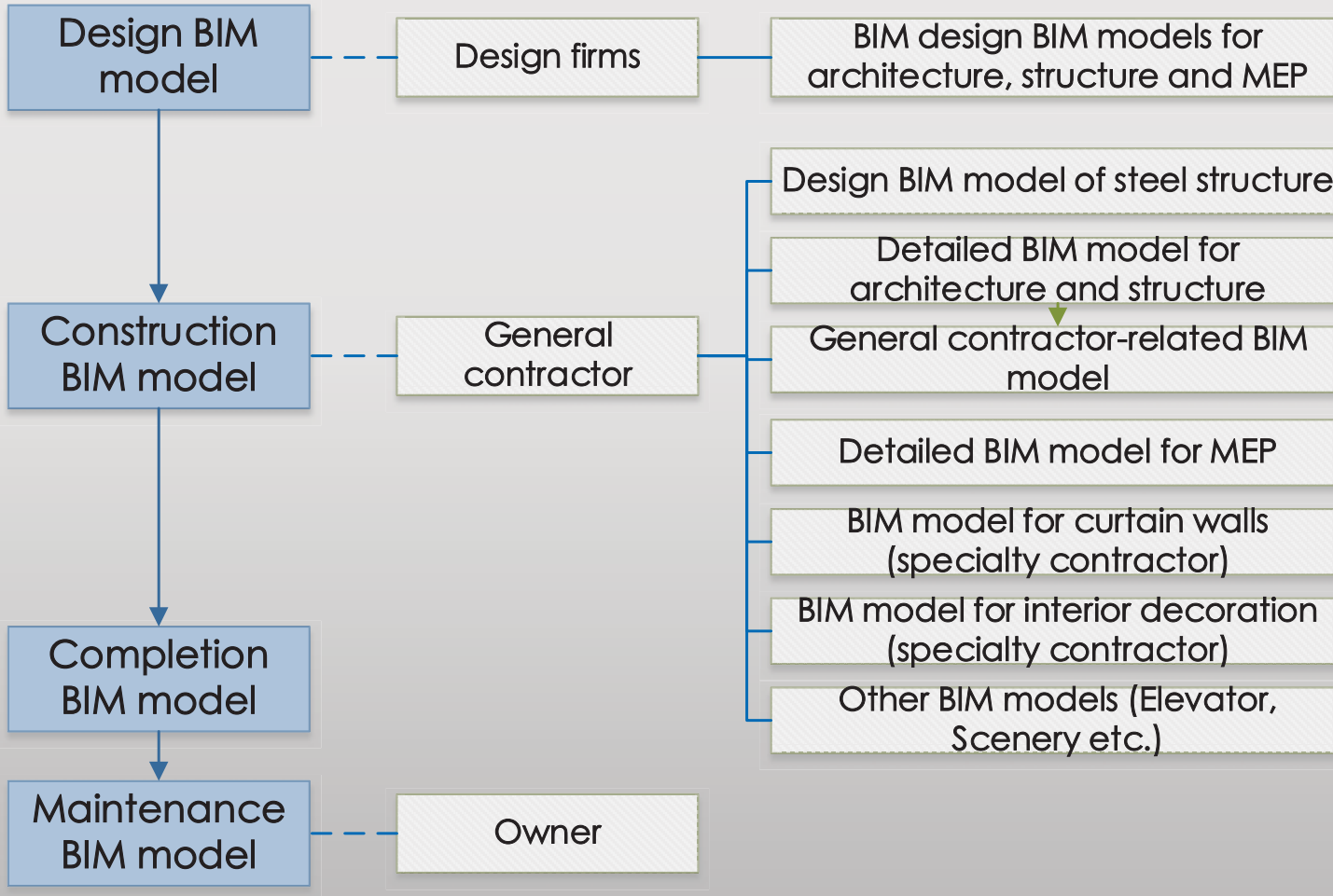
高さ	528 m (北京で最も高い)
階数	108+7
建築面積	43.7x10 <sup>4</sup> m <sup>2</sup>
総工費	3.4B USD
起工 - 竣工	Jan., 2014 - Dec., 2018



尊，古之礼器

# BIM 応用に関する原則

**目標:** BIMモデルの再利用を最大化する. ビルの品質を高めるために、BIMを利用する.



オーナーが全ライフサイクルにおけるBIM応用を要求した。

約70の関係企業のBIM技術者がチームを形成し、協力していた。

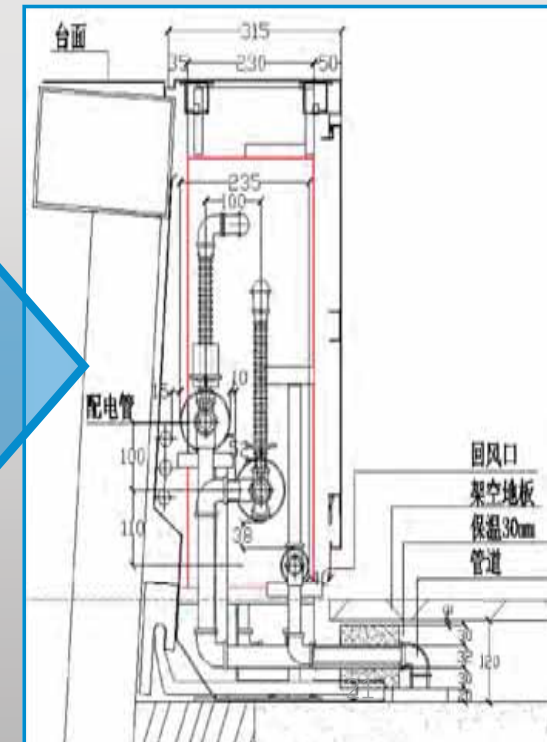
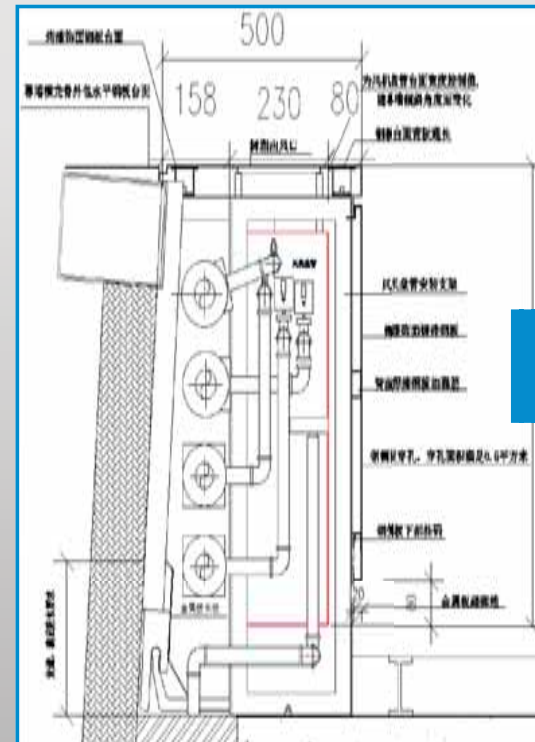
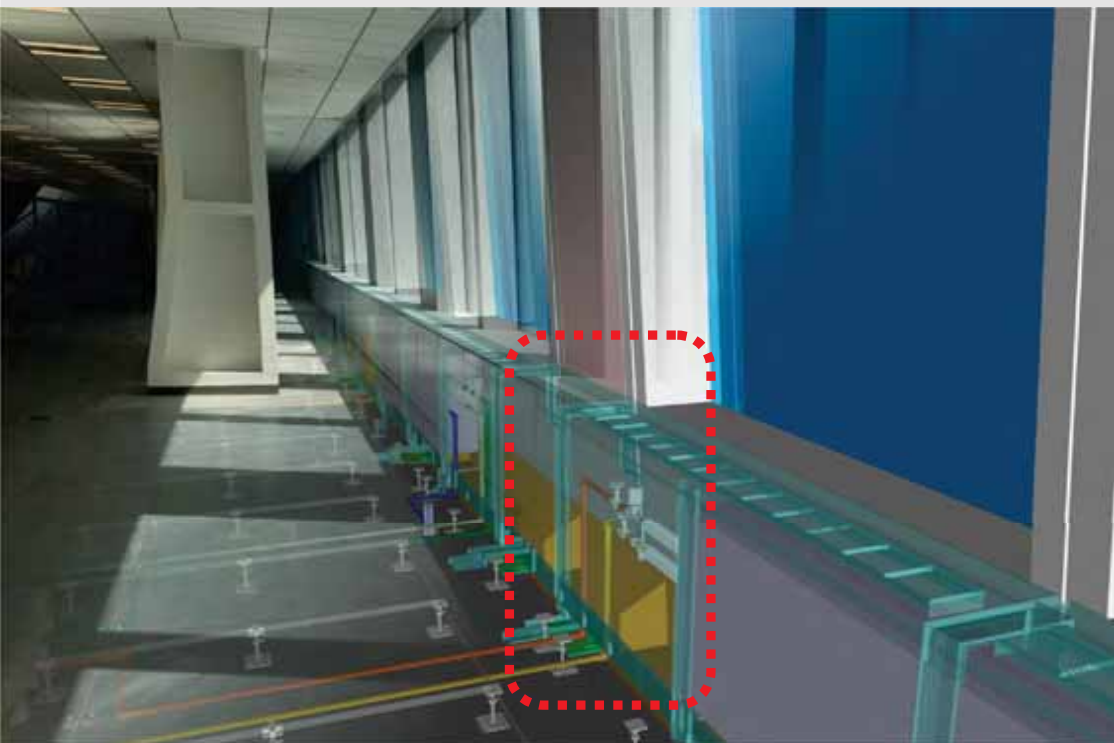
施工段階において、合わせて120人のBIM技術者がプロジェクトのBIM 応用に参加した。

# 主なメリット 1



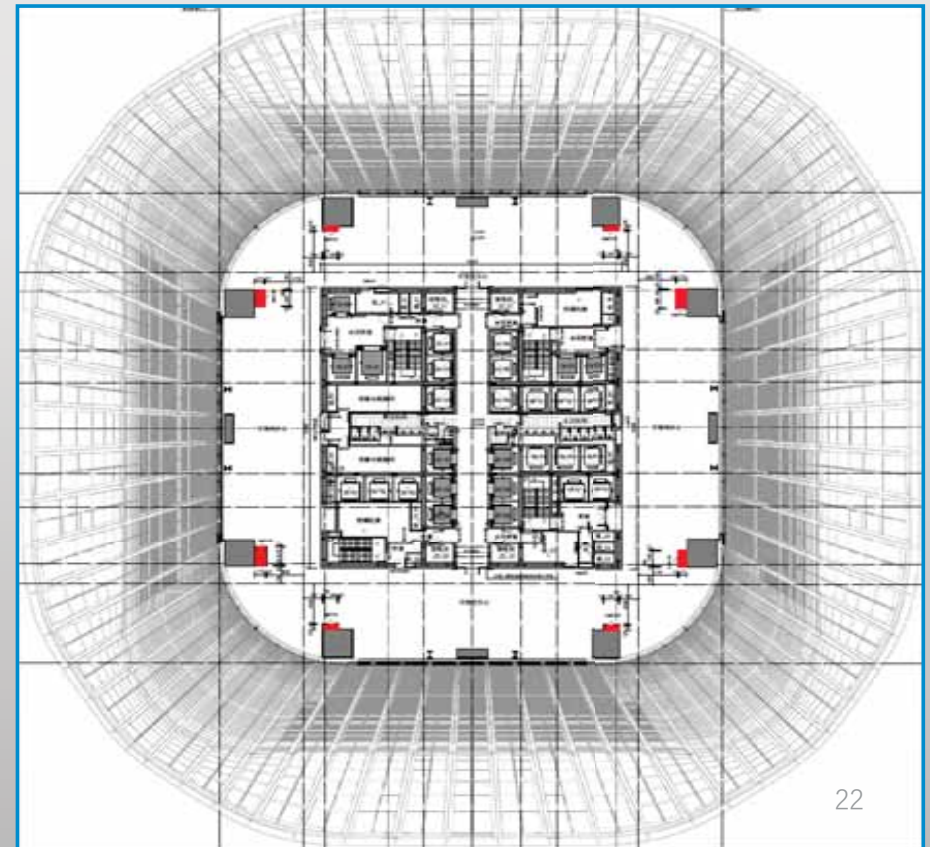
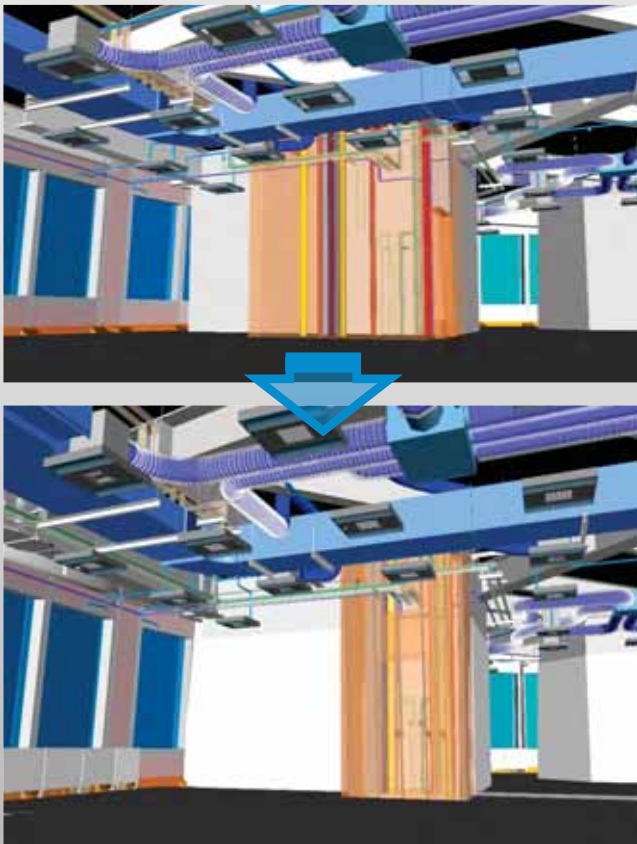
中建三局集团有限公司  
CHINA CONSTRUCTION THIRD ENGINEERING BUREAU GROUP CO.,LTD.

By using BIM model to discuss various possibility, the design of some area was then optimized. Especially, by using integrated fan coil by windowsill, the sectional area of fan coil was reduced significantly. Besides, the width of the windowsill was reduced from 500 mm to 288 mm by customization using BIM model and optimizing the layout of water pipes. Thus 4200 m<sup>2</sup> usable area was increased for the whole building, which costs 112 million USD.



## 主なメリット 2

By moving some MEP routes into tubular shaft well and equipment space, and reducing the shaft well beside huge poles, 25 m<sup>2</sup> usable area was increased for each floor, thus totally 3000 m<sup>2</sup> usable area was increased for the whole building, which costs 80 million USD.



# 北京新しい空港



Courtesy of Beijing Urban Construction

## ターミナル 1

起工: March 15, 2016 竣工: June 30, 2019

面積:  $143 \times 10^4 \text{ m}^2$  (40 football courts)

ランウェイ: 4

容量: 72 million 旅客/年

コネクション: 地下鉄, 鉄道, 高速鉄道 6つの線

Core Area

Parking

Approach

Concourse

Service

Expected completion date:  
June 30, 2019

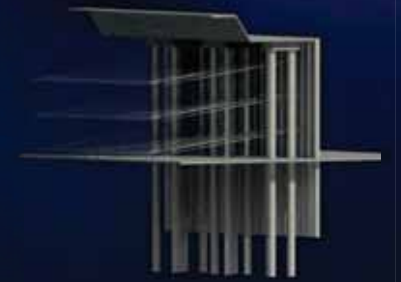
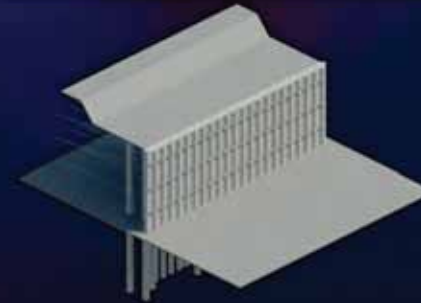
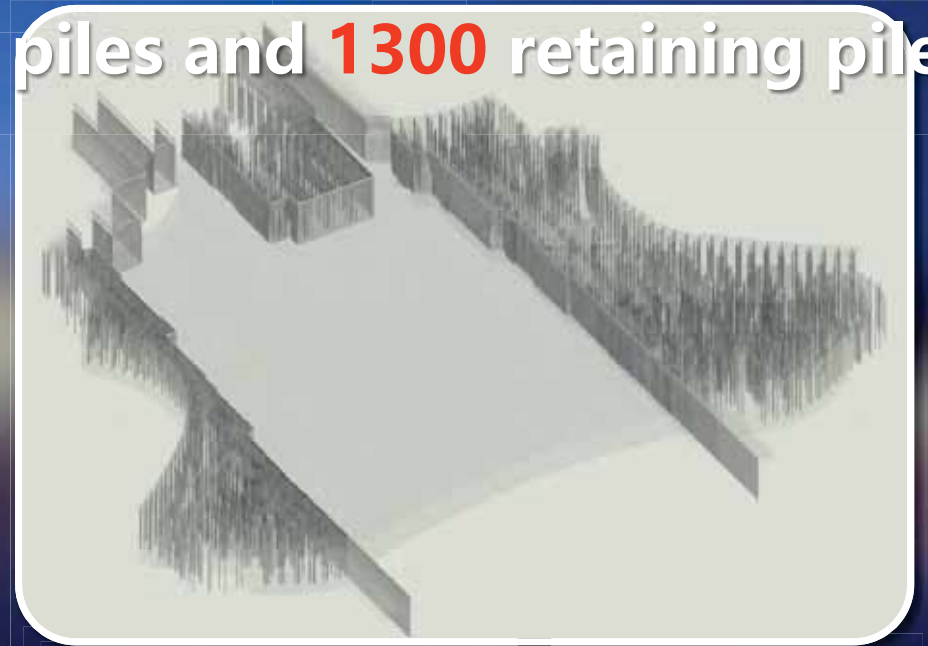
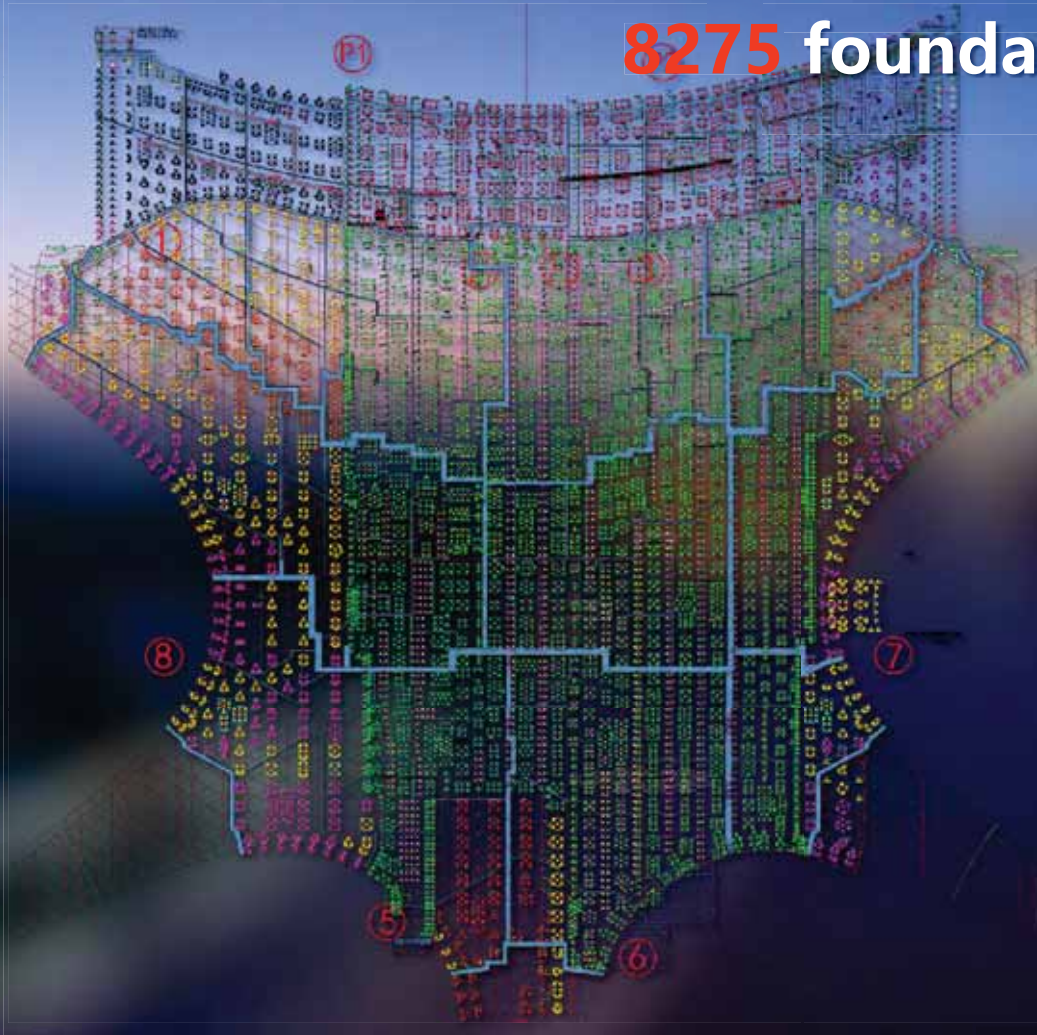
Operation date:  
September 30, 2019

Courtesy of Glodon



## パイル基礎の施工管理

**8275** foundation piles and **1300** retaining piles



Courtesy of Beijing Urban Construction

The screenshot displays a comprehensive construction management software interface. At the top, there is a navigation bar with a calendar and various tool icons. The main area features a 3D perspective view of a construction site with a central blue excavation pit and surrounding brown and green terrain. On the left, a sidebar lists tasks with checkboxes and a '当日主要' (Daily Main) section. Below the 3D view, a detailed task list table is visible, and on the right, a line chart compares planned and actual work volumes.

名称	任务状态	前置任务	计划开始	计划结束	实际开始	实际结束
174 支护桩施工	正常完成	118P2*3	2015-11-08	2015-12-01	2015-11-08	2015-12-01
175 桩基础施工	正常完成	118P2*3	2015-11-08	2015-12-05	2015-08-08	2015-12-05
176 X基础桩施工	延期完成	118P2*3	2015-11-30	2015-12-28	2015-11-30	2015-12-27
177 Y基础桩施工	延期完成	118P2*3	2015-12-03	2016-01-03	2015-12-03	2016-01-04
178 Y基础桩施工	延期完成	118P2*3	2015-12-11	2016-01-11	2015-12-12	
179 基础桩压浆	正常完成	178P2*3	2015-12-18	2016-01-18		
180 深基坑围护工程	正常开始		2015-12-01	2016-01-20	2015-12-01	
181 深基坑围护工程	正常完成	117P2	2015-12-01	2015-12-10	2015-12-01	2015-12-10
182 深基坑围护工程	正常完成	118P2	2015-12-11	2016-01-10	2015-12-11	2016-01-10

**实际的和计划的工程量对比**

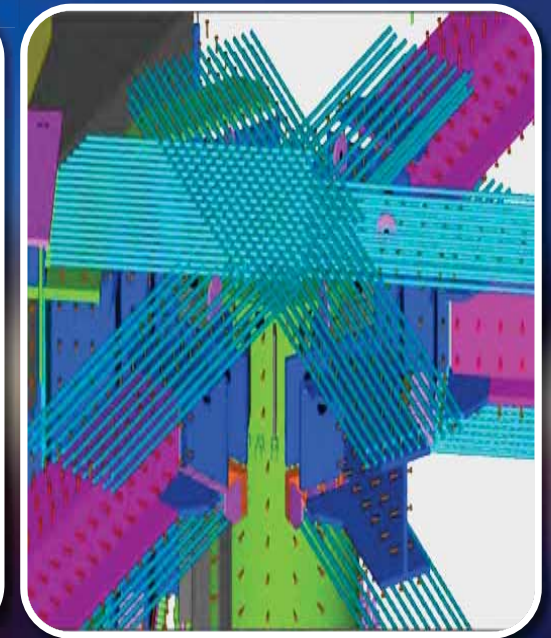
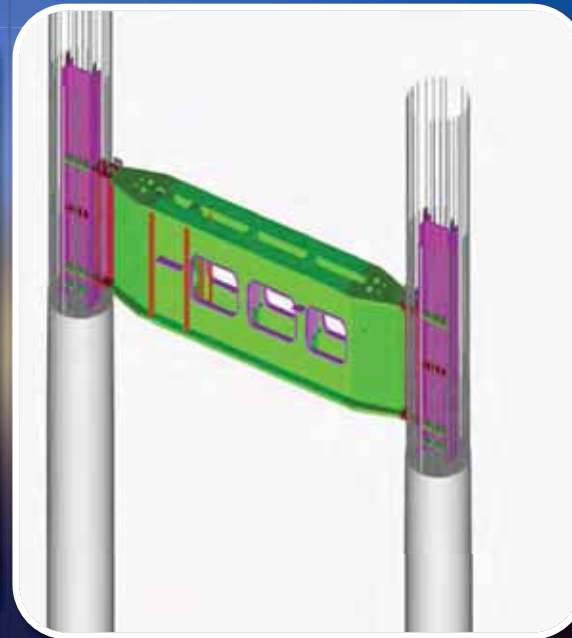
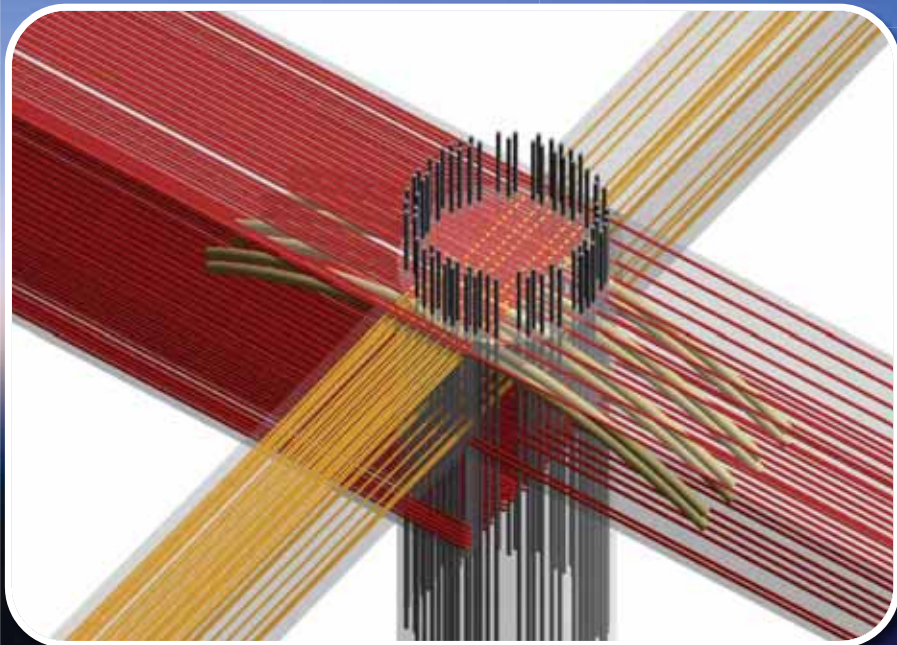
The chart shows two data series: '计划工程量' (Planned Work Volume) and '实际工程量' (Actual Work Volume). The x-axis represents time from 2015-08-01 to 2016-01-31. The y-axis represents work volume. The planned volume is shown as a black line, and the actual volume is shown as a red line. Both lines show an upward trend, with the actual volume closely following the planned volume.

Courtesy of Beijing Urban Construction



Courtesy of Beijing Urban Construction

# ジョイントの施工シミュレーション

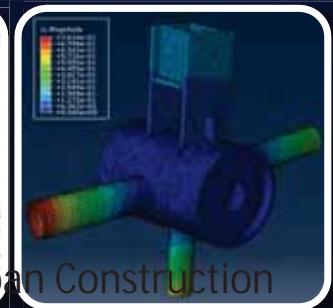
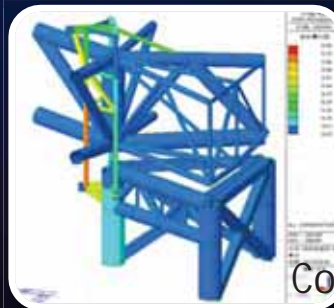
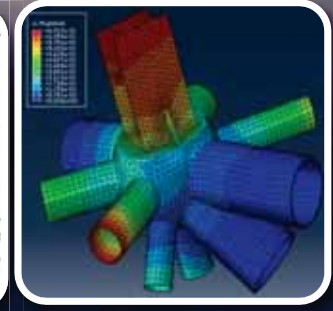
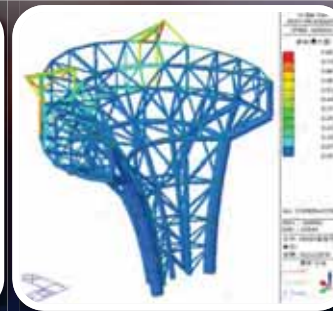
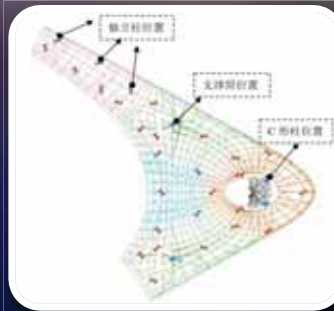


Courtesy of Beijing Urban Construction

# 鋼構造施工のシミュレーション



- ▶ MST was used to establish BIM model and check the coordinates of neighboring nodes.
- ▶ XSTEEL was used to model the node.
- ▶ ANSYS and SAP were used to conduct FEM analysis of nodes.
- ▶ MIDAS was used to calculate the deformation of the structure, especially the deflection of the roof, and the coordinates of nodes were adjusted accordingly.
- ▶ 3DMAX was used to simulate the construction process.



Courtesy of Beijing Urban Construction

# 鋼構造屋根工事の施工管理

Internet of Things



BIM Models



The construction of **63450** steel member bars and **12300** weld sphere joints were managed by combining BIM and GR code, the schedule of steel structure could be better managed.



浙江精工钢结构集团有限公司  
ZHEJIANG JINGONG STEEL BUILDING GROUP CO., LTD.

工程名称:	北京新机场旅客航站楼及综合换乘中心		
安装位置:	C3-1一区上弦		
构件编号:	C3-1-SZ1-4	管理编号:	1/1
规格(mm):	PD180×6		
重量(kg):	48.50	长度(mm):	2289.00
底标高(m):		顶标高(m):	

Courtesy of Beijing Urban Construction



## Relevant info



Record various videos in the construction phase

## Model snapshot



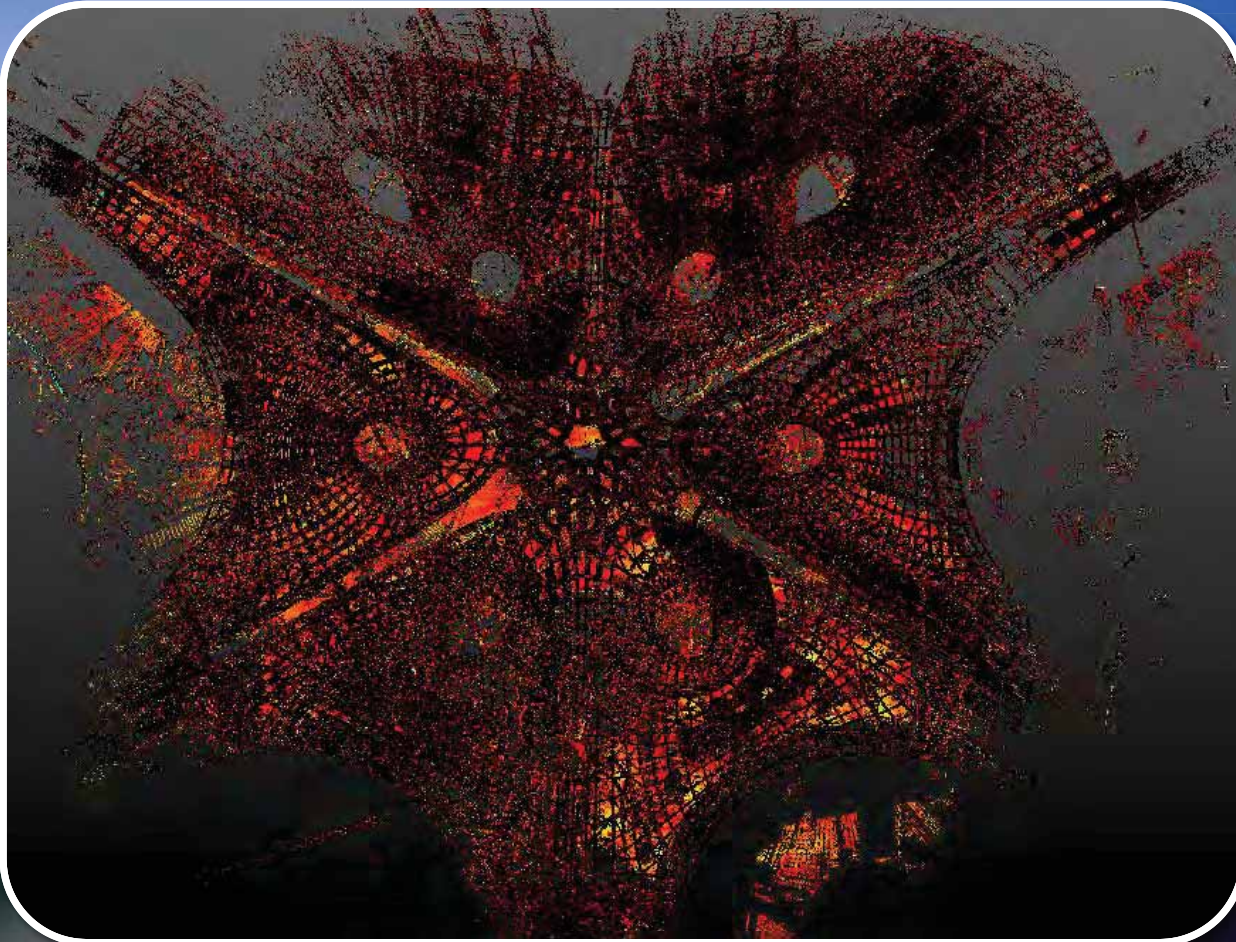
Progress of components are shown in model

## Real time prgrss

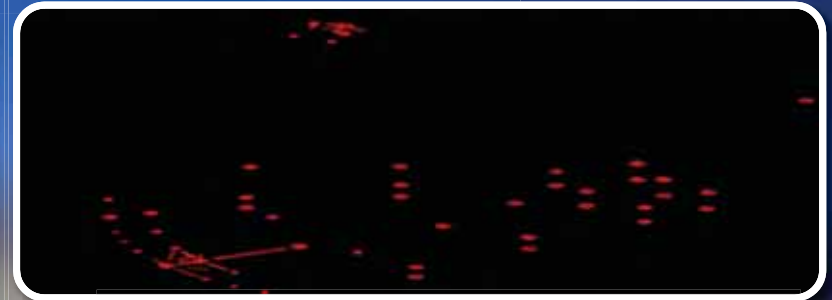


Display status of components in real time

# 屋根構造の3Dスキャニングおよび設計との比較



3D scanning of steel roof structure



Processing scanning model



Compared with BIM model

扫描球心坐标与半径偏差成果表

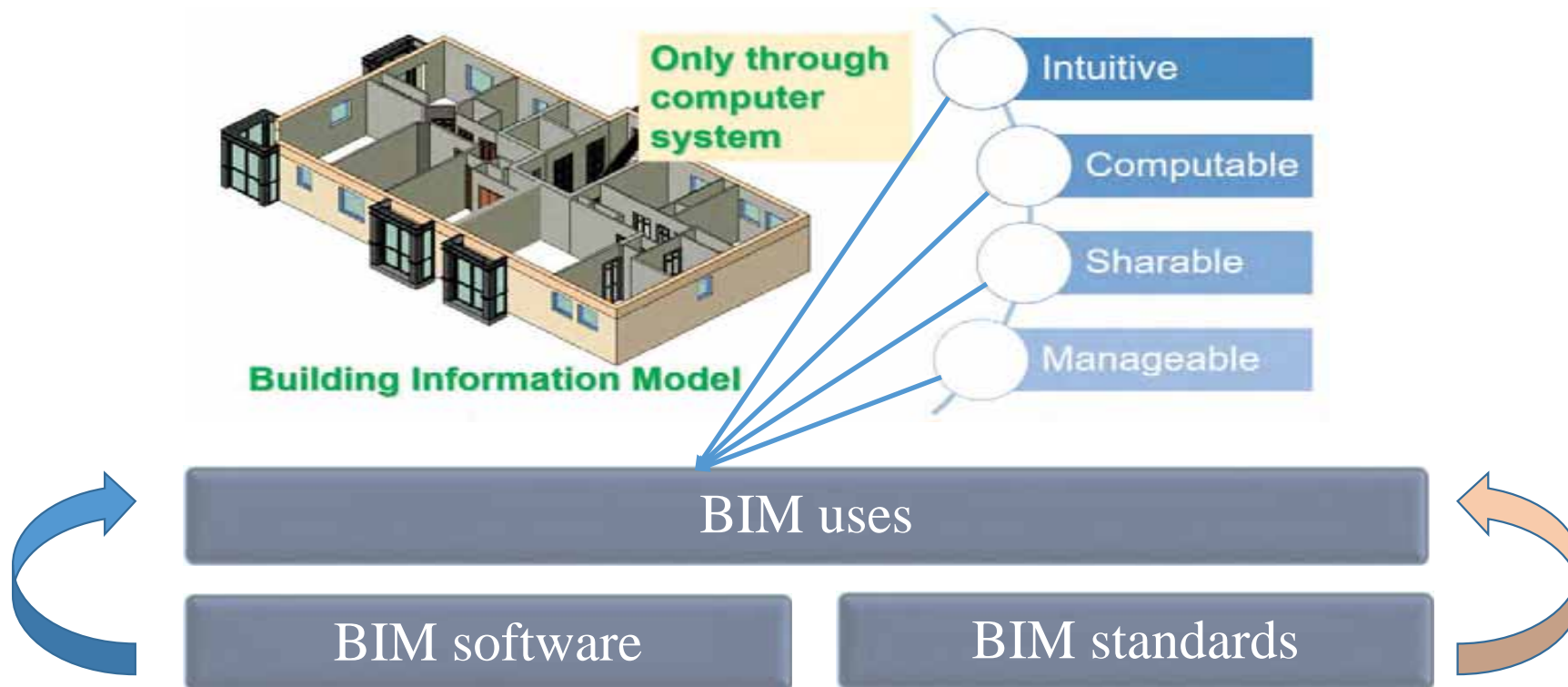
点名	设计坐标				实测坐标				拟合半径				三维偏差				半径偏差	
	东距 (mm)	北距 (mm)	标高 (mm)	R (mm)	东距 (mm)	北距 (mm)	标高 (mm)	R (mm)	东 (mm)	北 (mm)	高 (mm)	R (mm)	东 (mm)	北 (mm)	高 (mm)	R (mm)	R (mm)	
1#	6181000.0	7780000.0	41675.9	450.0	6181016.4	7780943.9	41739.6	479.0	16	-54	94	30						
2#	6183500.0	7780000.0	41069.2	400.0	6183539.3	7780947.1	41072.9	402.6	39	-33	4	3						
3#	6193115.9	7779073.5	38374.0	450.0	6193197.5	7779013.1	38382.2	461.7	82	-60	-12	12						
4#	6220536.6	7825570.9	36618.0	450.0	6220525.0	7825561.0	36665.4	496.9	-12	-10	47	36						
5#	6206730.2	7780000.0	39017.7	450.0	6206736.3	7780968.5	38967.3	448.3	38	-32	-50	-2						
6#	6218416.7	7784315.1	38762.5	450.0	6218400.9	7784299.3	38733.2	448.0	-7	-10	-9	-1						

Courtesy of Beijing Urban Construction



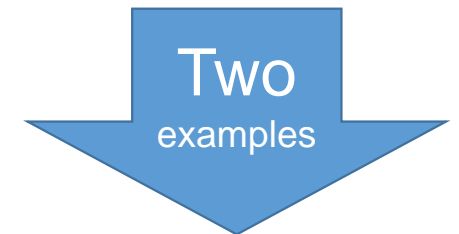
## 4 BIMに関する研究やイノベーション

- BIM 技術の要素

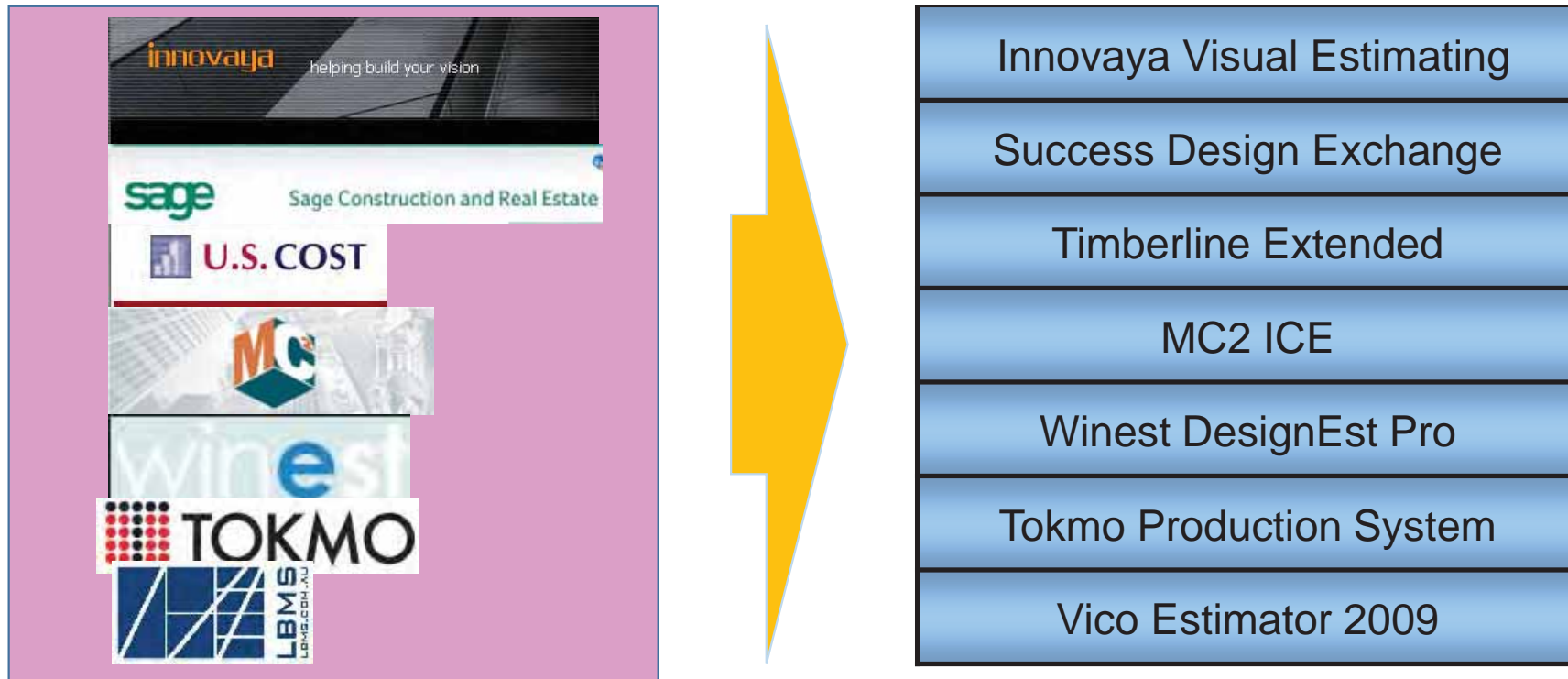


## BIM ソフトウェアの研究開発

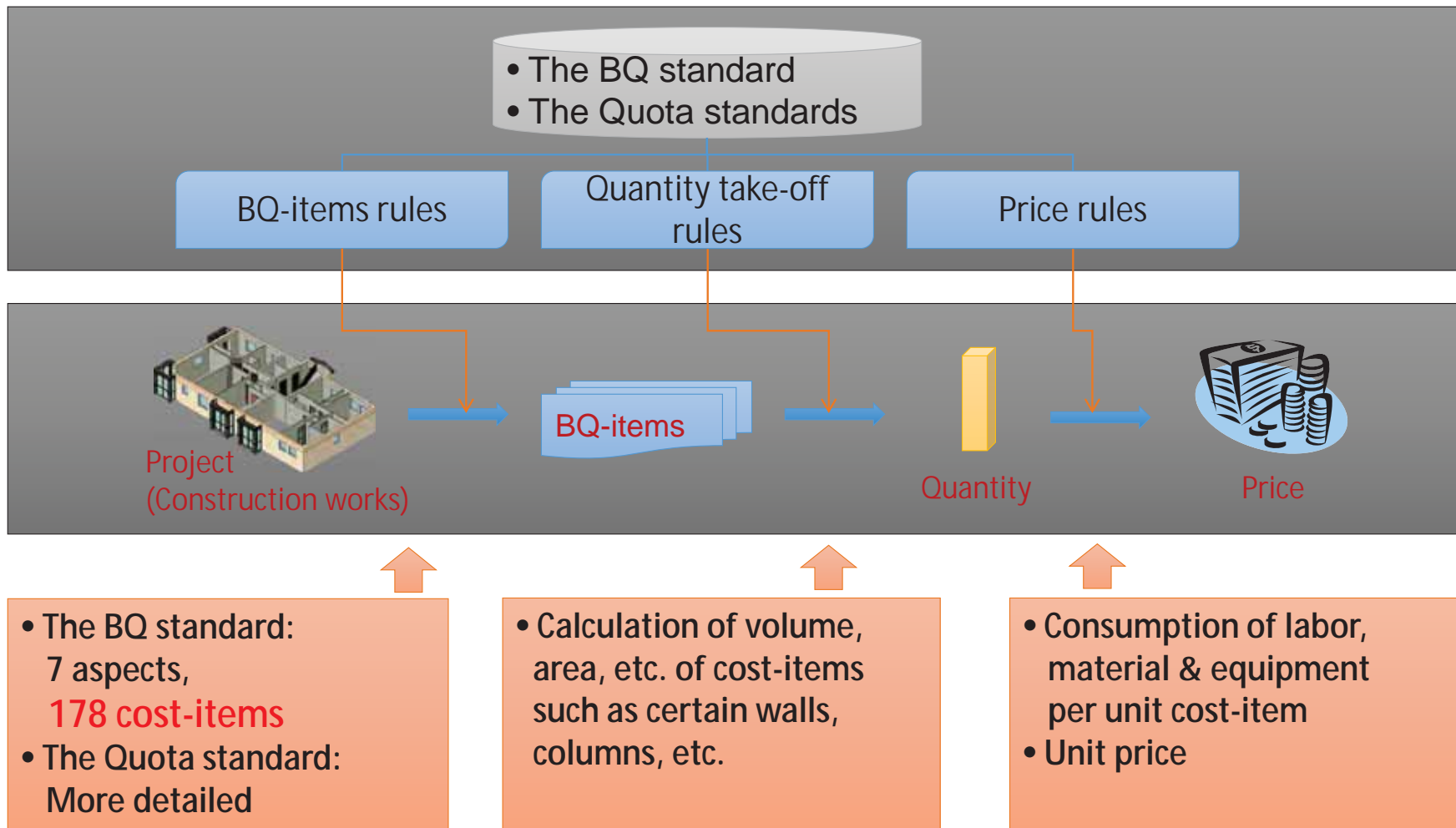
- 理論上
  - すべてのBIM適用点がすでにBIMソフトウェアにサポートされている
- 中国での適用を考えて
  - モデリングについては問題なし
  - 応用について問題が多い
- BIMソフトウェアの開発
  - イノベーションが必要である



## 例A. BIMに基づいた見積もりソフトウェア



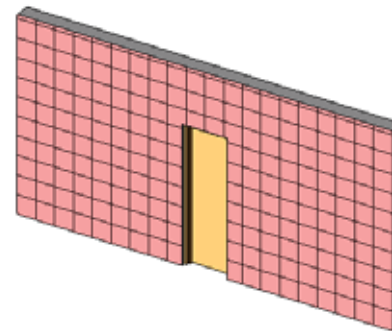
既存のBIMに基づいた見積もりソフトウェア



## 中国標準による建設見積りの流れおよび概念

The BQ Standard in China	
010203001	Low continuous wall
010304001	Brick wall
010302002	Cavity wall
010302003	Empty wall
010302004	Infilled wall
010304001	Block wall
010305003	Stone wall
010305004	Stone retaining wall
010404001	Onsite concrete straight wall
010404002	Onsite concrete arc wall
.....	.....

UniFormat II	
A2020	Basement walls
B2010	Exterior walls
.....	.....



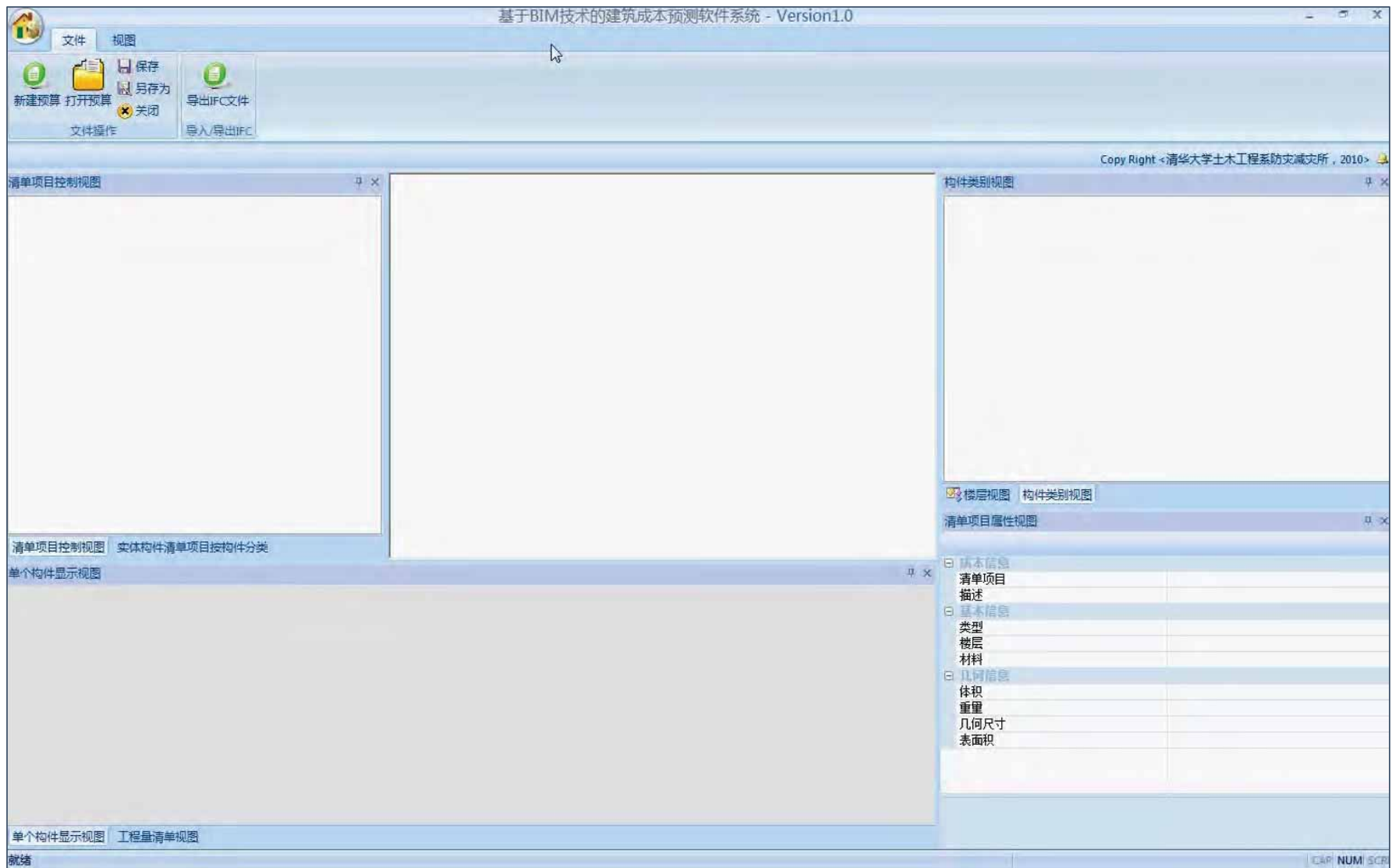
walls

MasterFormat	
033053	Miscellaneous Cast-in-place concrete
033113	Heavyweight Structural Concrete
033116	Lightweight Structural Concrete
033119	Shrinkage-Compensating Structural Concrete
033123	High-Performance Structural Concrete
033313	Heavyweight Architectural Concrete
033316	Lightweight Architectural Concrete
042100	Clay unit masonry
042200	Concrete Unit Masonry
042400	Adobe Unit Masonry
044300	Stone masonry
.....	.....

壁を例に、中国標準と外国標準によるコスト項目の比較



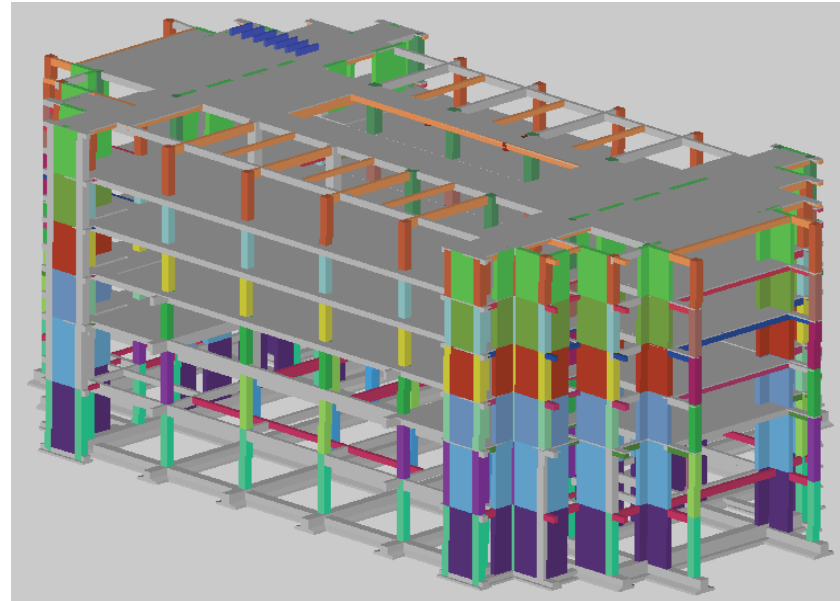
開発したBIM-Estimateのインターフェイス



## Basic Info.

Teaching building,  
Juyuan  
Professional High  
School,  
Sichuan province

cost estimation,  
including BQ  
preparation



Underground: 1 story;  
On the ground: 6 stories  
More than 1300  
structural components included

## Effects

Design data of  
IFC format were  
extracted  
automatically

Auto generation  
for 67% structural  
component

More accurate  
BQ and price

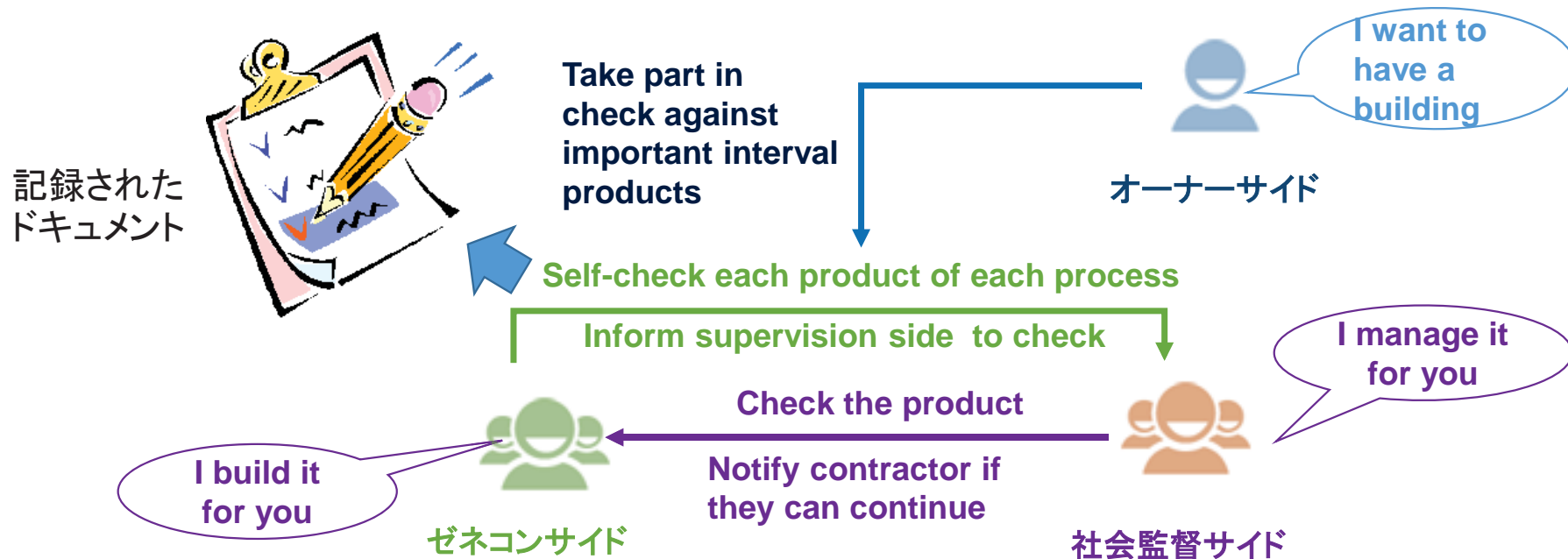
BIM-Estimateのパイロット応用



## 例B. BIMに基づいた施工品質管理ソフトウェア

- 現在建設施工品質管理方法

関係者が品質管理標準に沿って施工プロセスにチェックを掛ける。



- 既存の問題

手書きによるチェックデータ記入

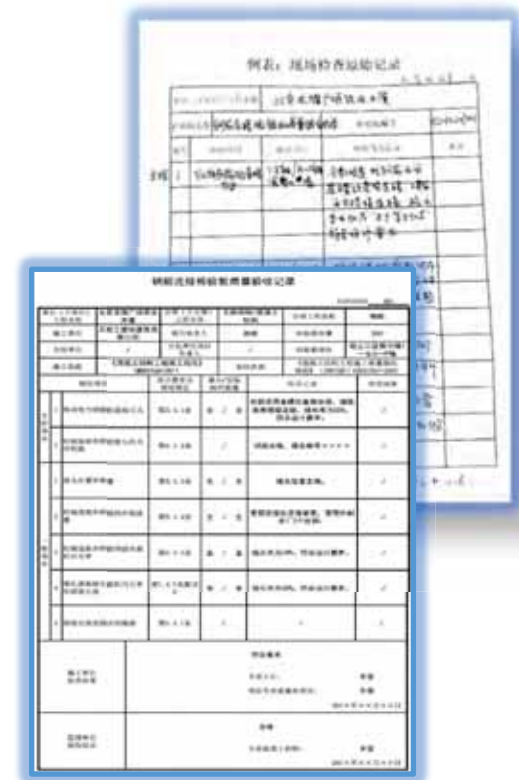
集計した上でコンピュータに入力

チェック漏れが発生しやすい

技術的未熟者が集中してない人

~データ偽造

品質管理がコントロールできなくなる



## システム分析

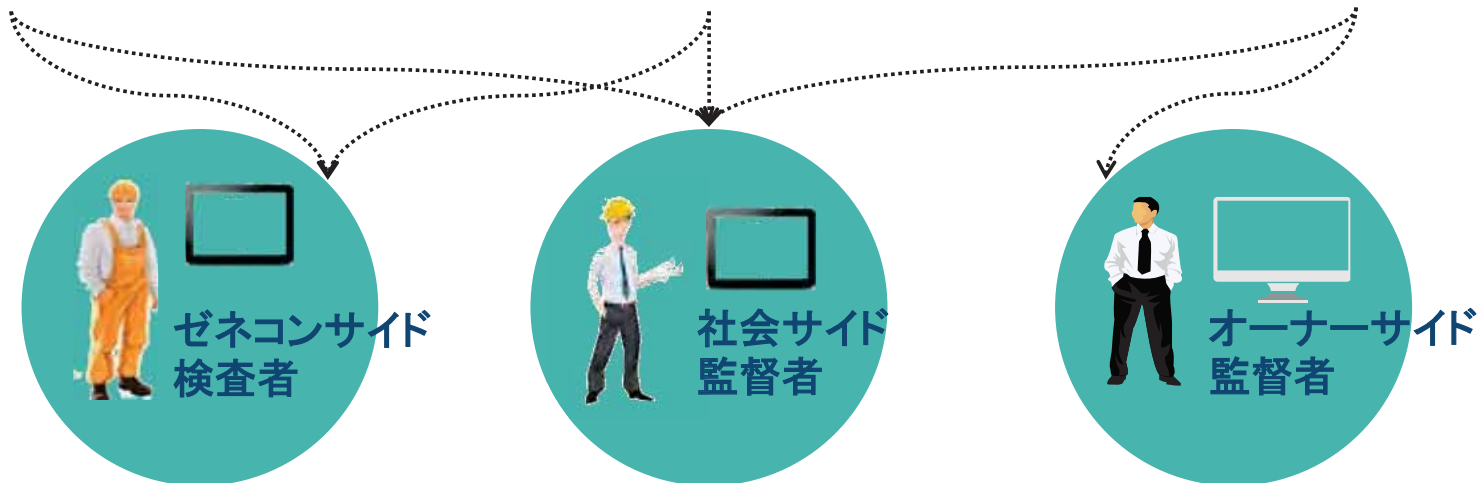
品質チェックを計画



品質チェックを実行

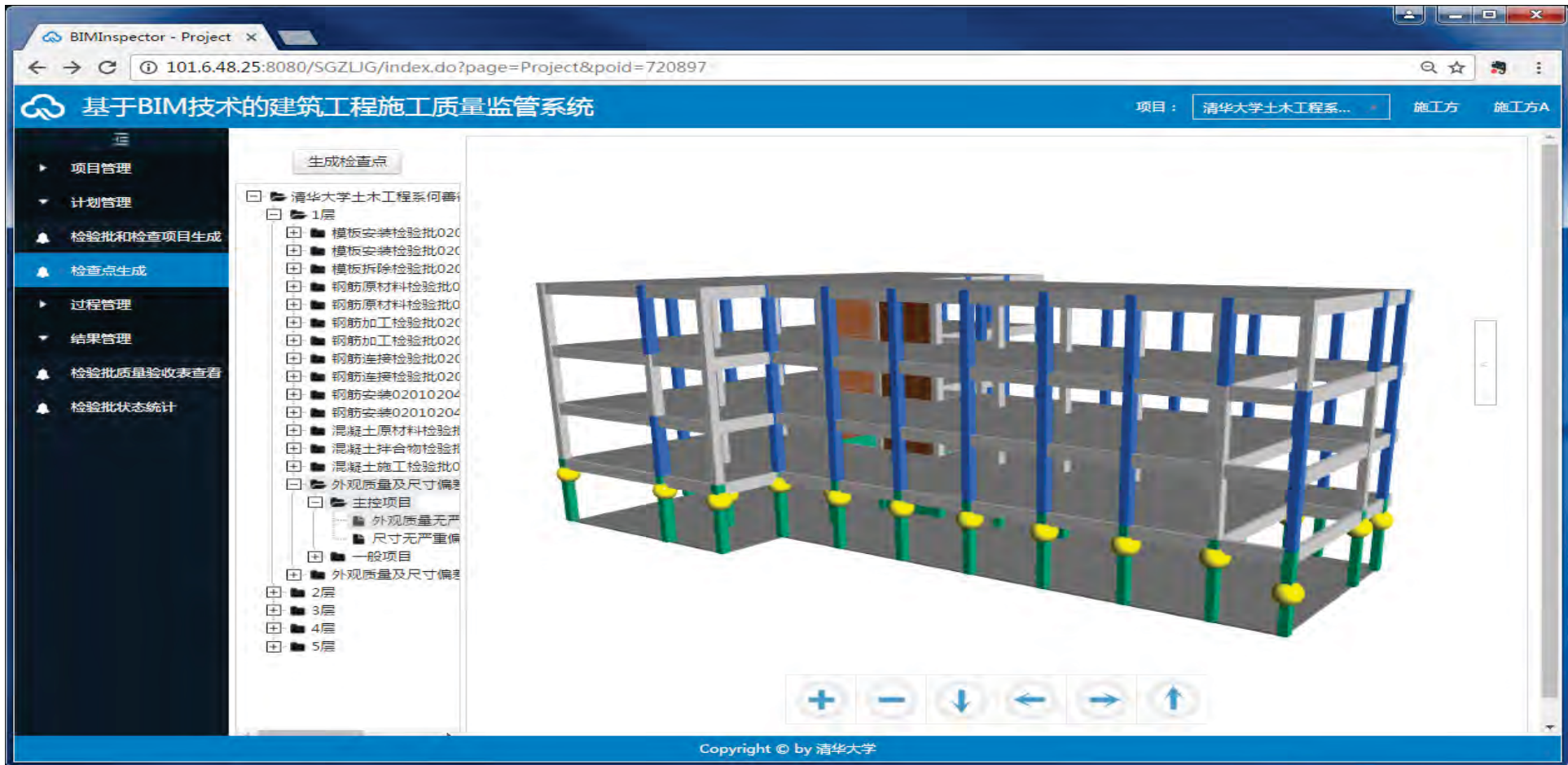


品質チェックを管理



モバイル応用をサポートする、ウェブに基づいたシステムが必要

# チェックポイントを自動的に生成できる



現場検査をサポートできる

## 例C. BIMに基づいたPC部材生産管理システム

127.0.0.1:8080/x5/UI2/ x

127.0.0.1:8080/x5/UI2/v\_/portal/pc/index.w?device=pc#!(\$model/UI2/MySystem/OrderManage/process/OrderManage/mainActivity.w)

### 预制构件生产过程优化管理系统

已打开功能 待办任务 11 刷新

#### 订单信息管理

##### 订单基本信息

+ 新增 - 删除 保存 刷新 < 第一页 < 上页 > 下页 > 最后页

生成配送任务 生成质检任务

订单编号	订单名称	创建日期	客户编号	客户名称	客户地址	联系电话
02	湖畔家园#10楼	2016-04-15	WK01	万科	合肥合淮路大杨镇十张村	6572364
01	五和万科长阳天地项目#12楼	2016-04-05	WK01	万科	房山长阳镇城铁篱笆房站	6351095

项目模型

## BIM に関する標準の開発

- 外国のBIM標準が中国では適用し難い
- BIMに関する中国国家标准

### 統一BIM 標準

BIM データの保存と交換標準

BIM設計データの納品標準

BIMデータの分類とコード標準

BIM製造に関する標準

施工BIM標準



## 施工段階における BIM 適用点

No	Type	BIM use	No	Type	BIM use
1	<b>Detailed design</b>	Detailed design of cast-in-place concrete structures	11	<b>Schedule management</b>	Schedule control
2		Detailed design of prefabricated concrete structures	12	<b>Cost management</b>	Cost estimation
3		Detailed design of steel structures	13		Cost management
4		Detailed design for mechanical, electrical and plumbing engineering	14	<b>Safety and quality management</b>	Quality management
5	<b>Construction simulation</b>	Simulation of construction organization	15		Safety management
6		Simulation of construction methods	16	<b>Construction supervision</b>	Supervision control
7	<b>Prefabricated manufacturing</b>	Production of precast concrete components	17		Supervision management
8		Production of steel components	18	<b>Completion and handover</b>	Completion pre-handover
9		Production of MEP components	19		Completion handover
10	<b>Schedule management</b>	Scheduling			





## 5 結論

- 中国において、快速な経済発展に伴って、BIM 応用が建設業において流行っている。
- 建設業における BIM 応用の全体像とともに、ケーススタディーを行い、また BIM に関する研究も紹介した。
- さらなる BIM 適用点、ソフトウェアおよび標準の発展が期待される。

ご清聴  
ありがとうございました

