

BCS ITセミナー

国内のBIM動向について

建築生産に与えるBIMの影響, 教育現場へのBIMの導入状況について

2011年1月31日(月)

芝浦工業大学工学部建築工学科

木本健二

## 目次

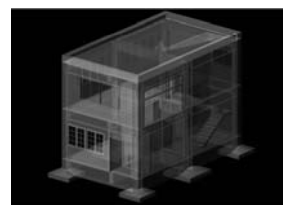
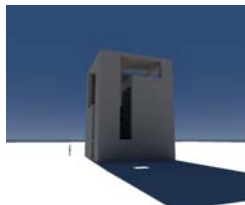
- 大学教育におけるBIM取組事例
  - 芝浦工業大学工学部建築工学科の取組み
- 実務におけるBIM取組事例と普及阻害要因
  - 日本建築学会建築生産情報化小委員会の取組み
- 国内におけるBIMに関連する研究事例
  - 効率的なモデリング手法
  - BIMをもちいたコストマネジメントの可能性
  - BIMをもちいた工程計画の可能性

## BIMの関心が高まっている背景

- 3次元オブジェクトCADの普及
- 自由曲面を多用した建築デザインの登場
- BIMへの期待
  - 設計段階での構造・環境の解析・シミュレーション
  - 建築プロジェクト後工程での積極的な活用期待
    - ✓生産設計, 施工計画・管理, FMなど

## 芝浦工業大学における建築生産分野のBIM教育

- 2008年度に, 芝浦工業大学工学部建築工学科3年前期, BIMの建築生産分野での演習を開講した。
- BIMやIPDのねらいを理解し, BIMツールの操作技術を習得する。
- 特に設計と施工の統合をねらいとした構工法や積算, 工程計画を演習形式で理解する。



芝浦工業大学講義(成果)資料より抜粋

## 建築生産情報化小委員会の概要

- 2004年4月, 日本建築学会材料施工委員会「建築生産VR(Virtual Reality)小委員会」が設立される。
  - 2006年6月, シンポジウム「建築生産における3次元CAD普及の可能性—3次元設計情報の施工段階における活用—」
  - 2006年12月, 公開委員会「建築生産における3次元CADの現状と将来—3次元CADソフトの現状と将来」
  - 2008年2月, シンポジウム「3次元CADが拓く建築生産の未来像」
- 2008年4月, 建築生産VR小委員会を引き継いで, 建築生産情報化小委員会が活動を開始した。
  - 2009年12月, シンポジウム「建築生産におけるBIM」
  - 2011年8月, 日本建築学会年次大会においてPD「BIMによって建築生産はどのように変わるのか」開催予定

## 建築生産における情報化・3次元化の歴史

		1985		1990				1995				2000				2005				2010									
		昭和		平成																									
		57	58	59	60	61	62	63	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21
マネジメント 支援手法	モデリング手法																												
	計画手法																												
	意思決定手法																												
	統計分析手法 品質管理手法																												
情報技術	汎用 ソフトウェア																												
	情報共有																												
	可視化																												
	モバイル																												

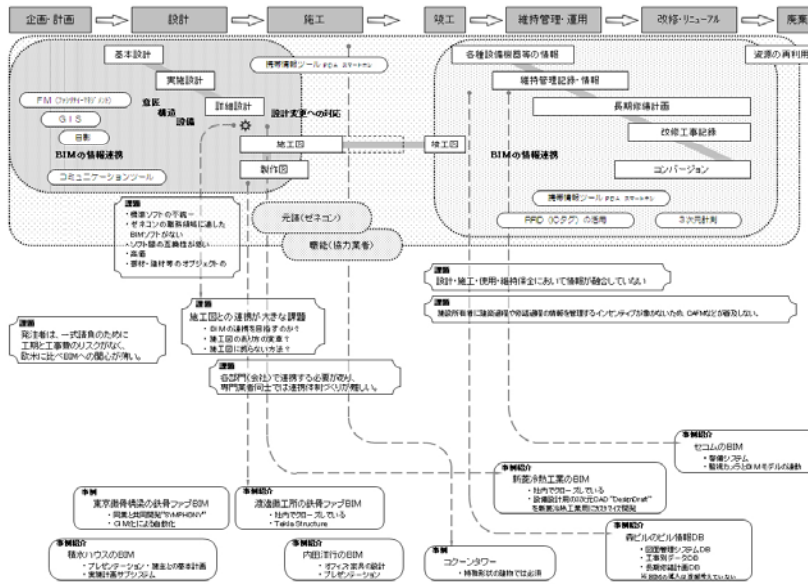
<出典> 日本建築学会

## 建築生産における情報化・3次元化の歴史

		1985					1990					1995					2000					2005					2010				
		昭和					平成					平成					平成					平成									
		57	58	59	60	61	62	63	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	
建築生産 における 技術革新	建築構造 建築構工法	<input type="checkbox"/> 高強度コンクリート <input type="checkbox"/> 超高層RC住宅 <input type="checkbox"/> 空気調換構造 <input type="checkbox"/> 免震構造					<input type="checkbox"/> 高流動コンクリート <input type="checkbox"/> 柱RC-梁S構法 <input type="checkbox"/> 木造トーム					<input type="checkbox"/> コンバージョン <input type="checkbox"/> 長寿命建築 <input type="checkbox"/> SI住宅 <input type="checkbox"/> 床免震構法																			
	自動化 ロボティクス	<input type="checkbox"/> 鉄骨柱溶接ロボット <input type="checkbox"/> タワークレーンの起大型化 <input type="checkbox"/> 外装取付ロボット					<input type="checkbox"/> 全自動ゼル建設システム <input type="checkbox"/> 全天候型建築生産システム <input type="checkbox"/> 天井ボード貼付ロボット					<input type="checkbox"/> 自動化搬送システム <input type="checkbox"/> 光学鉛直器を用いた鉄骨建方 <input type="checkbox"/> リフトアップ工法による単層ラチスドーム																			
	コンピュータ 支援システム	<input type="checkbox"/> 工程計画 <input type="checkbox"/> 精度管理 <input type="checkbox"/> 仮設工事 <input type="checkbox"/> 書類作成 <input type="checkbox"/> 原簿管理 <input type="checkbox"/> 積算システム/概算見積					<input type="checkbox"/> 統合的工事管理 <input type="checkbox"/> 仮設工事 <input type="checkbox"/> 資材発注納入管理 <input type="checkbox"/> 設備設計/概算システム <input type="checkbox"/> 積算システム/概算見積					<input type="checkbox"/> 設計・部品生産・現場施工の総合支援 <input type="checkbox"/> 建設副産物の発生量削減とリサイクル管理 <input type="checkbox"/> 施設管理 <input type="checkbox"/> 設備設計/概算システム <input type="checkbox"/> 予算作成一貫システム					<input type="checkbox"/> ERPシステム <input type="checkbox"/> 電子マニフェスト														
	業務プロセス改革 リエンジニアリング	<input type="checkbox"/> Buildability <input type="checkbox"/> Constructability <input type="checkbox"/> VE手法					<input type="checkbox"/> 生産設計 <input type="checkbox"/> デザインレビュー <input type="checkbox"/> VM手法					<input type="checkbox"/> 同時進行型生産 <input type="checkbox"/> FMへの展開					<input type="checkbox"/> ストックマネジメント <input type="checkbox"/> バイオマス <input type="checkbox"/> Joint Venture					<input type="checkbox"/> ゼロエミッション									
情報技術	汎用 ソフトウェア	<input type="checkbox"/> ワープロ“太郎”(廉価版) <input type="checkbox"/> 表計算ソフトウェア1-2-3日本語版 <input type="checkbox"/> 表計算ソフトウェア(Windows版)					<input type="checkbox"/> Windows3.1日本語版 <input type="checkbox"/> Windows95 <input type="checkbox"/> WWWブラウザInternet Explorer 1.0										<input type="checkbox"/> Windows Vista <input type="checkbox"/> Windows 7														
	情報共有	<input type="checkbox"/> データベース <input type="checkbox"/> VAN <input type="checkbox"/> CI-NET <input type="checkbox"/> EDI					<input type="checkbox"/> マルチメディア <input type="checkbox"/> 電子会議システム <input type="checkbox"/> 電子メール <input type="checkbox"/> LAN <input type="checkbox"/> SGML					<input type="checkbox"/> CAD情報の生産計画への利用 <input type="checkbox"/> エクストラネット・イントラネット <input type="checkbox"/> 電子メール <input type="checkbox"/> XML <input type="checkbox"/> XML, 竣工図書電子化					<input type="checkbox"/> ASP <input type="checkbox"/> IDC <input type="checkbox"/> Building Information Modeling					<input type="checkbox"/> ICT									
	可視化	<input type="checkbox"/> 2次元CAD <input type="checkbox"/> 施工図CAD <input type="checkbox"/> 仮設計画・建方計画CAD <input type="checkbox"/> CG <input type="checkbox"/> 断面図CAD					<input type="checkbox"/> 施工計画CAD <input type="checkbox"/> CADと工程計画との連動 <input type="checkbox"/> 鉄筋CAD					<input type="checkbox"/> 3次元CAD <input type="checkbox"/> 3次元CAD動画 <input type="checkbox"/> 3次元CADとの連動					<input type="checkbox"/> 3次元CADと工程シミュレーション <input type="checkbox"/> バーチャル建設 <input type="checkbox"/> VR技術 <input type="checkbox"/> 4次元シミュレーション					<input type="checkbox"/> 3次元スキャナ <input type="checkbox"/> 4次元シミュレーション <input type="checkbox"/> 地理情報システム									
	モバイル	<input type="checkbox"/> バーコード <input type="checkbox"/> ハンディターミナル <input type="checkbox"/> IDカード					<input type="checkbox"/> デジタルカメラ <input type="checkbox"/> 電子手帳					<input type="checkbox"/> デジタル付き携帯電話 <input type="checkbox"/> 携帯電話 <input type="checkbox"/> PDA(携帯情報端末)					<input type="checkbox"/> デジタル付き携帯電話 <input type="checkbox"/> メール付き携帯電話 <input type="checkbox"/> タブレットPC <input type="checkbox"/> RFID														

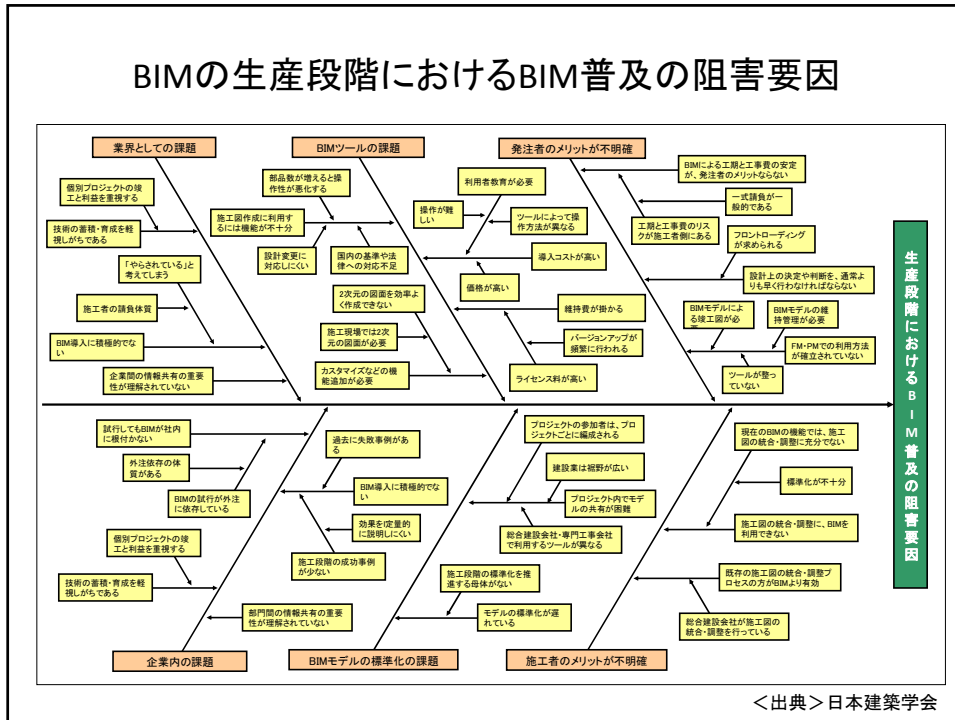
<出典> 日本建築学会

## 日本の建築生産におけるBIMの導入事例



<出典> 日本建築学会

### BIMの生産段階におけるBIM普及の阻害要因



## 生産設計

- 生産設計を「設計段階でつくり易さ、経済性、品質の安定性などの点から設計を見直し、施工の実現性をはかること、具体的には生産に有利な構・工法の選定、最適材料の選択、構造の単純化・標準化、資材・労務の入手性などを検討すること」と定義している。(古阪、1993)
- 生産設計は設計段階において設計側で行うものであるが、現実には今日の建築プロジェクトにおける設計と施工の業務引継ぎ可能な範囲は広く、生産設計の担当者はプロジェクト戦略や関係者能力によってプロジェクト毎に異なる。

## IPDとBIM

- Integrated Project Delivery (IPD) leverages early contributions of knowledge and expertise through the utilization of new technologies, allowing all team members to better realize their highest potentials while expanding the value they provide throughout the project lifecycle.
- Building Information Modeling is In its most basic form, building information modeling (BIM) is the move from analog to digital design and construction. It is a model-based technology linked with a database of project information. And it is poised to fundamentally change the way projects are built and the way project stakeholders communicate with each other.

(The American Institute of Architects)

## Integrating the Design Process

- Radically transforming the way designs are created, communicated, and constructed, BIM is not just the electronic transfer of paper documents. It greatly increases the ability to control and manipulate data and information in an unprecedented way and in an interoperable format.
- The move from paper-centric information to parametric, model-based information means that the digital design can be used for cost estimations, simulations, scheduling, energy analysis, structural design, GIS integration, fabrication, erection, and facilities management.

(The American Institute of Architects)

生産設計のための  
Building Information Modelingの活用に関する研究

－汎用的な方法論の構築と試行－

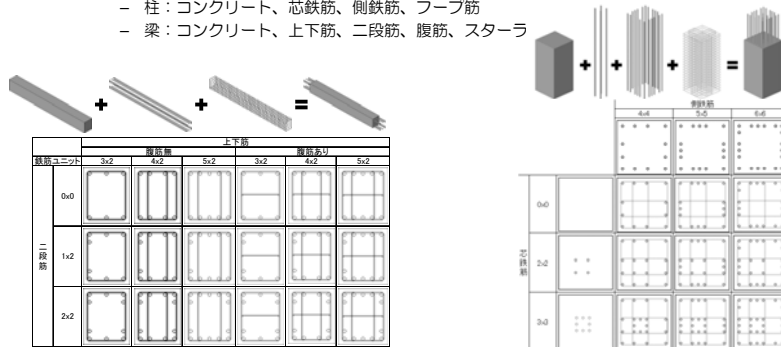
## 研究目的

- 研究目的
  - － BIMの普及には商用ソフトウェアを用いた標準的な業務フローの確立が重要である
  - － 効率的なオブジェクトモデリングの提案
    - 現状の煩雑なオブジェクト生成を効率的に行うための汎用的なしくみの提案
  - － 設計段階における合理的なコストマネジメント
    - 設計者による設計とのコンカレントなコスト把握、およびコストマネジメントのための汎用的なしくみの提案
  - － 工程シミュレーション
    - 施工計画への活用として汎用スケジューリングソフトと3次元オブジェクトCADを用いた工程管理のしくみの提案

## オブジェクトモデルの生成

### • オブジェクトモデル

- オブジェクトモデルとはオブジェクトのプロトタイプである
- 同じ形状および仕様が繰り返し用いられる部材に変数を設定しモデル化する
- オブジェクトモデルにおけるパターン概念の導入
  - 建築部材の階または場所によって変動する要素をパターン分けを行い、モデル化する
  - パターン化したモデルを部分モデルとし、組み合わせてオブジェクトモデルを構成する
    - 柱：コンクリート、芯鉄筋、側鉄筋、フープ筋
    - 梁：コンクリート、上下筋、二段筋、腹筋、スターラ



## オブジェクトモデルの生成

### - オブジェクトモデルにおける有効な機能の活用

- 複写
  - オブジェクトモデルを複写し、追記・変更を加えることによってオブジェクトを作成する
  - あらかじめ属性の設定してあるオブジェクトモデルを複写することによって、煩雑な属性の設定を省き効率化を図る
  - 例 柱オブジェクトモデルCからC1、C2、C3、C4への展開
- 参照
  - 参照元となるモデルと参照で作成されるモデルをリンクすることによってオブジェクトを作成する
  - 参照によって作成されたモデルは一つのオブジェクトとして振る舞いながらも参照元とおなじオブジェクトである
  - 参照元に変更を加えることによって、自動的に参照先のモデルに変更が反映される
  - 例 C1の4隅への展開



## オブジェクト生成の試行

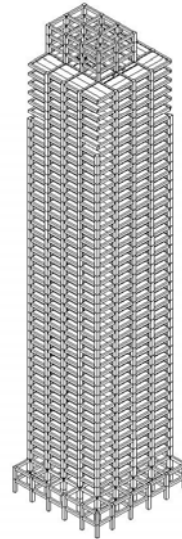
- 対象建物概要

- 超高層集合住宅

- 敷地面積 2,200㎡
- 構造 RC造ラーメン構造
- 階数 地上46階
- 建物高さ 150m
- 建築面積 1,200㎡
- 建蔽率 55%
- 延床面積 23,000㎡
- 容積率 1000%

- 対象工法

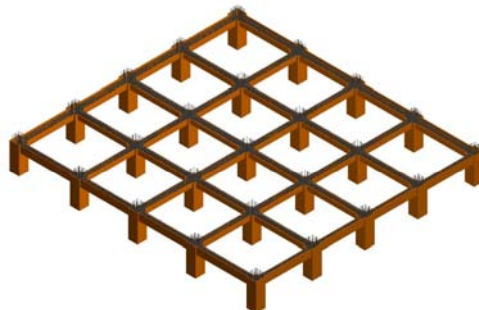
- 在来工法
- パネルゾーンジョイント工法
- 梁センタージョイント工法
- 柱逆差工法



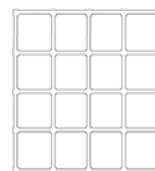
## オブジェクト生成の試行 その1

- 在来工法

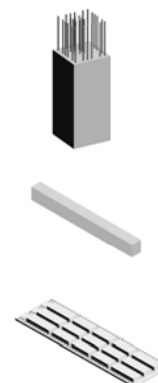
- 柱、梁を現場打設コンクリートとし、床はハーフPCaを用いる
- 施工手順および仕様が合理的であることを基準に部材分割



パース



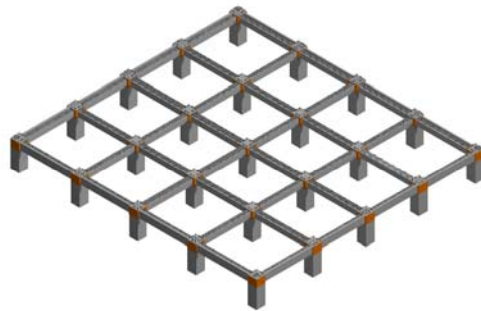
配置図



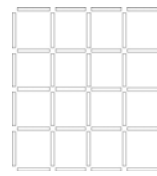
部材

## オブジェクト生成の試行 その2

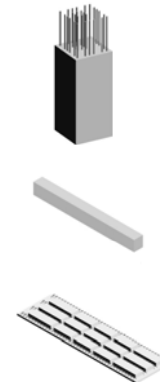
- パネルゾーンジョイント工法
  - 柱および梁をPCa化し梁PCa部材同士の接合をパネルゾーン部分で行う
  - 在来工法同様、床はハーフPCaを用いる
  - 梁のPCa部材は柱間1スパンのI型形状とする



パース



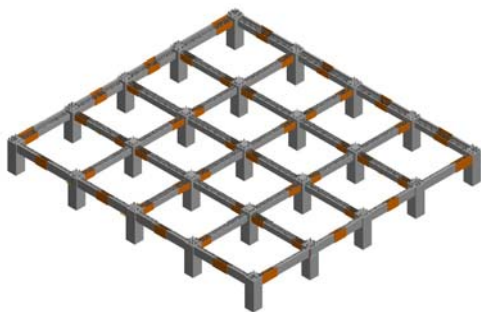
配置図



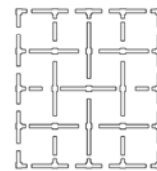
部材

## オブジェクト生成の試行 その3

- 梁センタージョイント工法
  - 柱および梁をPCa化し、複雑な配筋となるパネルゾーン部分をPCa化とする
  - 在来工法同様、床はハーフPCaを用いる
  - 梁部材同士の接合を柱間中央部分で行う
  - 梁のPCa部材はL型、T型、X型、I型の4形状とする



パース



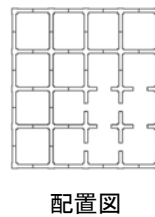
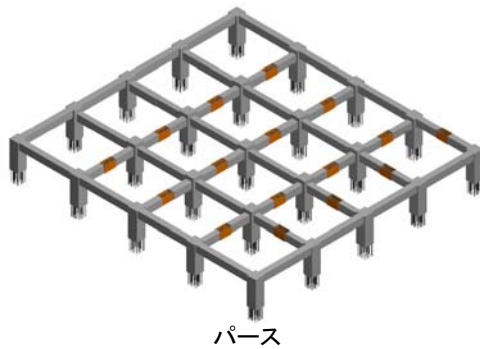
配置図



部材

## オブジェクト生成の試行 その4

- 柱逆差工法
  - 柱および梁をPCa化し、梁部材同士の接合を柱間中央部分でグラウト接続を多用する
  - 柱PCa部材の主筋は鉛直下向きの形状となる
  - 在来工法同様、床はハーフPCaを用いる
  - 梁のPCa部材はL型、T型、X型の3形状とする



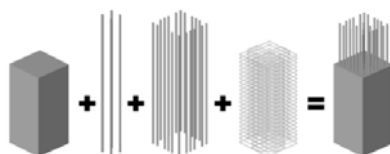
## オブジェクト生成の考察

- オブジェクト生成における記述量の考察
  - 柱オブジェクトの考察

芯鉄筋モデル 2  
 側鉄筋モデル 3  
 コンクリートモデル 1  
 フープ筋モデル 1

オブジェクトモデル 9パターンを作成

柱オブジェクト 1,159本を生成



		側鉄筋		
		4x4	5x5	6x6
芯鉄筋	0x0			
	2x2			
	3x3			

# オブジェクト生成の考察

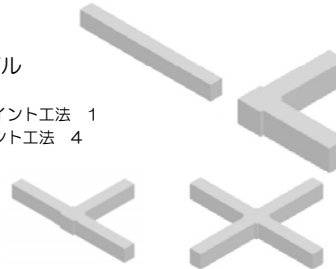
- オブジェクト生成における記述量の考察
  - 梁オブジェクトの考察

## 鉄筋モデル

- 上下筋モデル 3
- 2段筋モデル 2
- スターラップモデル 1
- 腹筋モデル 1

## コンクリートモデル

- 在来工法 1
- パネルゾーンジョイント工法 1
- 梁センタージョイント工法 4
- 柱逆差工法 3



## オブジェクトモデル

- 在来工法 18パターン
- パネルゾーンジョイント工法 18パターン
- 梁センタージョイント工法 72パターン
- 柱逆差工法 54パターン

## オブジェクト記述量

- 在来工法 3,042
- パネルゾーンジョイント工法 3,042
- 梁センタージョイント工法 1,159
- 柱逆差工法 1,159

鉄筋コンクリート	上下筋					
	種筋無			種筋あり		
	3x2	4x2	5x2	3x2	4x2	5x2
0x0						
1x2						
2x2						

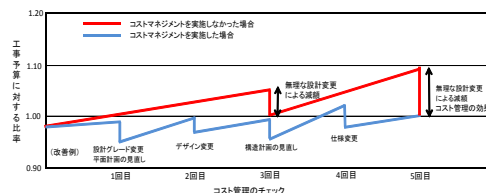
# 設計段階における合理的なコストマネジメント

- コストマネジメント
  - 現状の積算システム

- 基本設計段階での概算と設計終了後の精算の2段階が主である



- 設計変更が起きても変更にもコスト変動を正確に把握できず、後工程でのVE・CDIによる調整が必要となり、問題の先送りとなっていた
- コストマネジメントを行うことによってコスト変動をコントロールし、手戻りを防ぐ



引用 日本建築学会 建築コスト小委員会資料

## 設計段階における合理的なコストマネジメント

- 3次元オブジェクトCADを用いたコストマネジメントの提案

- 目的

- 設計の初期段階からコストプランを把握できること
- 設計変更によるコスト変更の反映



- コンカレントコストマネジメントシステムの提案

- 数量算出機能と現状の積算システムの連携

- 建築数量積算基準を3次元オブジェクトCADに設定することによる互換性維持

- フェーズに対応したデータ選択による精度の高いコスト把握

- 概算段階および精算段階にわけてそれぞれに対応したデータベースを整備することによって適切な単価を反映することができる

## 概算段階におけるコンカレントコストマネジメント

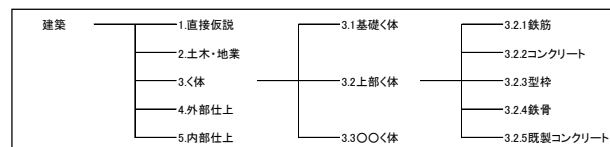
- 概算

- 設計フェーズ

- 企画・基本計画段階、基本設計段階に対応する

- 数量算出における単位

- 工種別、部分別方式のうち、部分別方式を採用した
- 部分別方式における科目に合致するよう設定



上部躯体におけるパラメーター

- 単価データベース

- 設計フェーズの進捗によって部分別方式に基づいて詳細化する
- 延床面積 → 大科目 → 中科目 → 小科目

## 概算段階におけるコンクリートコストマネジメント

- 概算段階における計算手順

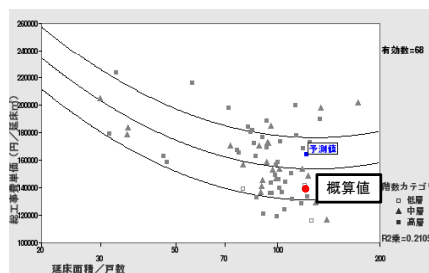
1. 階数、階高、スパン等の基本条件からコンクリートボリューム約20,000m<sup>3</sup>を算出する。
2. 単価データベースから上部躯体を試算する。
3. 類似物件の構成比からコンクリートの構成比が26.5%であることを確認し、構成比から全体コストプランを算出する。

部分別科目	%	円(百万円)
0. 総合仮設	7.5	212
1. 直接仮設	3.8	107
2.1 土工	1.2	34
2.2 地業	3.5	99
2. 土工・地業	4.7	133
小計	3.1	88
3.1 基礎く体	3.2	88
3.2 上部く体	26.5	750
3. く体	29.7	841
小計	4.1	6
4.1 屋根	0.2	6
4.2 外壁	4.7	28
4.3 外部開口部	4.7	133
4.4 外部天井	0.3	8
4.5 外部雑	2.3	65
4. 外部仕上	8.6	243
小計	5.1	59
5.1 内部床	2.1	59
5.2 内部壁	12.5	354
5.3 内部開口部	5.1	144
5.4 内部天井	2.5	71
5.5 内部雑	5.2	147
5. 内部仕上	27.5	778
小計	8	226
6. 電気設備	7.4	209
7. 空調設備	2.8	79
8. 衛生設備	0.2	6
9. 昇降機設備	0	0
10. 機械設備	0	0
16. 屋外施設等	0	0
17. 既存建物撤去解体	0	0
総工事費合計		4,820

## 概算段階におけるコンクリートコストマネジメント

- 考察

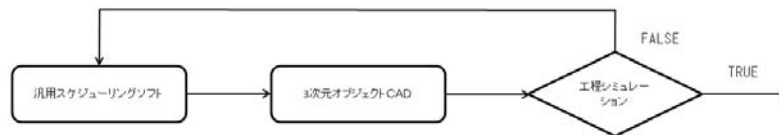
本システムによる概算値はJBCIによる概算値よりも小さい値がでたものの分布範囲内にあることを確認した。



□ JBCIとは建設物価調査会による建築プライスデータを収集し統計的に分析を行ったものである

## 工程シミュレーション

- 3次元オブジェクトCADとスケジューリングソフトの連携
  - 汎用スケジューリングソフトによる工程管理
    - 汎用ソフトを用いることにより工程管理を合理的に行う
  - 3次元モデルを用いた施工の検討
    - 3次元オブジェクトCAD上で施工シミュレーションを行うことによる作業性を3次元で確認する。業務の可視化。



工程シミュレーション フロー図