

CIMによる 建設生産システムの イノベーション

宮城大学事業構想学部デザイン情報学科

教授 蒔苗耕司

今日のアウトライン

1. CALSからCIMへ
2. 建設生産プロセスにおける情報の構造
3. 情報構造物の構築と可視化
4. 設計プロセスのパラダイムシフト
-道路設計プロセスの事例-
5. これからのCIMに求められること

0. CALS前史

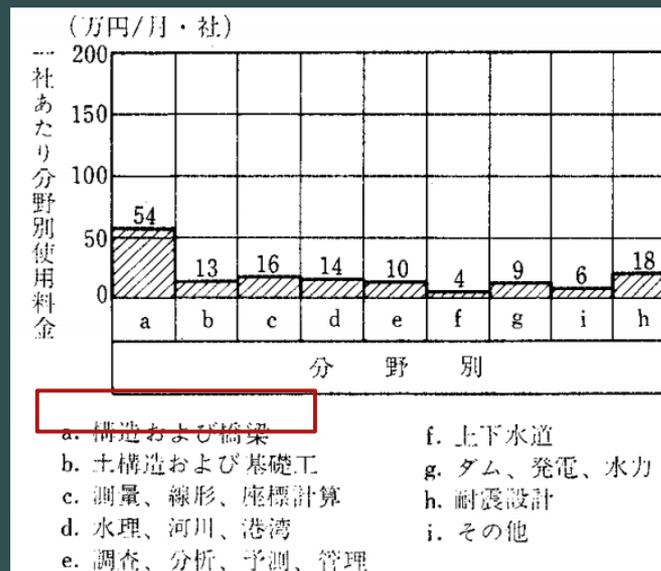
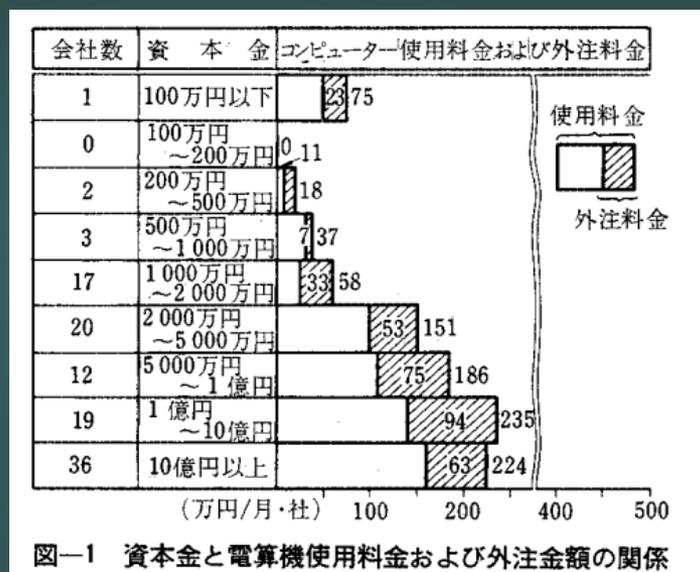
手回し計算機から電算機へ（1970年代前半）

- ▶ 1973年：日本電信電話公社がDEMOS(Denden Kohsha Multiaccess On-line System)による科学技術計算サービスを開始
 - 構造設計・自動設計のライブラリ化が進む
 - 土木学会に『電算機利用委員会』が設置される
- ▶ 大手企業を中心に解析・計算分野での利用が進む



DIPS

http://www.ntt.co.jp/RD/organization/chronicle/images/img_04.jpg



図一 分野別の利用状況

電算機利用委員会：電算機利用に関するアンケート調査結果の概要，土木学会誌，60-13，51-54，1975。

大型機からミニコンピュータへ (1970年代後半)

- ▶ 小型電算機（ミニコンピュータ）の能力向上と普及
- ▶ 大型機に残された守備範囲は“データベース”
(積算システムとその活用の必要性)

表-2 第3回までの電算機利用シンポジウムの概要

区 分	第 1 回	第 2 回	第 3 回
開 催 期 日	昭和 51 年 11 月 4~5 日	昭和 52 年 11 月 1~2 日	昭和 53 年 11 月 9~10 日
場 所	土木学会土木図書 館講堂	発 明 会 館	土木学会土木図書 館講堂
参加論文数(件)	45	32	30
参加人員(名)	270	250	234
特 別 講 演 題 目	講演者 坂井 利之 (京都大学) 電算機利用の将来	講演者 相磯 秀夫 (慶応義塾大学) これからのミニコ ンピューター	講演者 穂鷹 良介 (筑波大学) なぜデータベース が必要か
パネルディスカ ッション題目	—	ミニコンピュータ ーのオフライン利 用	データベースと積 算システム

電算機利用委員機：電算機有効利用に関する調査研究報告書，土木学会誌，64-3, 78-82, 1979.



ミニコンピュータ：DEC PDP-7 (Wikipedia)

コンピュータ時代の到来 (1980年代)

- ▶ 大型計算機の高速度化と分散化
- ▶ ミニコンピュータ・マイクロコンピュータの普及

表-2 各社マイコンの性能比較表

区 分	PC 8001	PC 8801	PC 6001	MZ 80 B	PASOPIA	M 23 mark 3	MICRO 8	LEVEL 3
CPU	Z 80 A	←	←	←	←	←	6809	←
CLOCK	4 MHz	←	←	←	←	←	2 MHz	←
ROM (KByte)	24	32, 40	16	4	32	4	42	24
extend	8	56	16		32		64	8
RAM (KByte)	16	64+48	16	64	64+16	128	64+53	32
extend	16	32・a	16	16	32			8
Screen	36				36・19			
(H・V)	40・20	40・20	32・16	40・25	36・24	80・20	40・20	40・25
	72・25	80・25		80・25	80・20	80・25	80・25	80・25
	80				80・25			
Characters (漢字)	248	248 約 3410	248	226	248	248	220 3418	281
Matrix of Ch.	8・8	16・16	8・8	8・8	8・8	8・8	16・16	
COLOR	8	8	9	1	8	8	8	7
Graphic	80・80	640・200	64・48	320・200	160・100		640・200	80・100
Pixel	80・100	(2Page)	128・192	(2Page)	640・200		(3Page)	160・100
(H・V)	160・80	640・400	256・192					320・200
	160・100	640・200						640・200
								Max 16 p
Keyboard	JIS	←	←	ASCII	JIS	←	←	←
function key	5・2	←	←	10	8・2	7・2	14	5・2
Casset	600	600	600	2000	1600	ナシ	1600	600
Interface (bps)		1200	1200					
RS 232 C	Option	1	Option	←	1	2	1	1
Printer	Centronics	←	←	Option	Centronics	←	←	←
Interface								

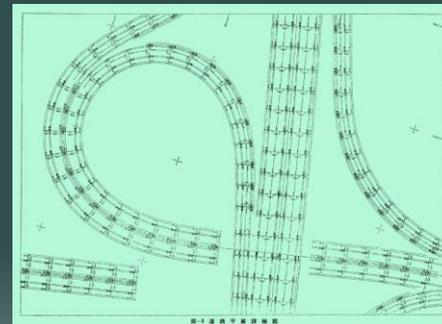


<http://www.nec.co.jp>

島田静雄：ミニコンからマイコンまでの動向，土木学会誌，67-06，9-12，1982.

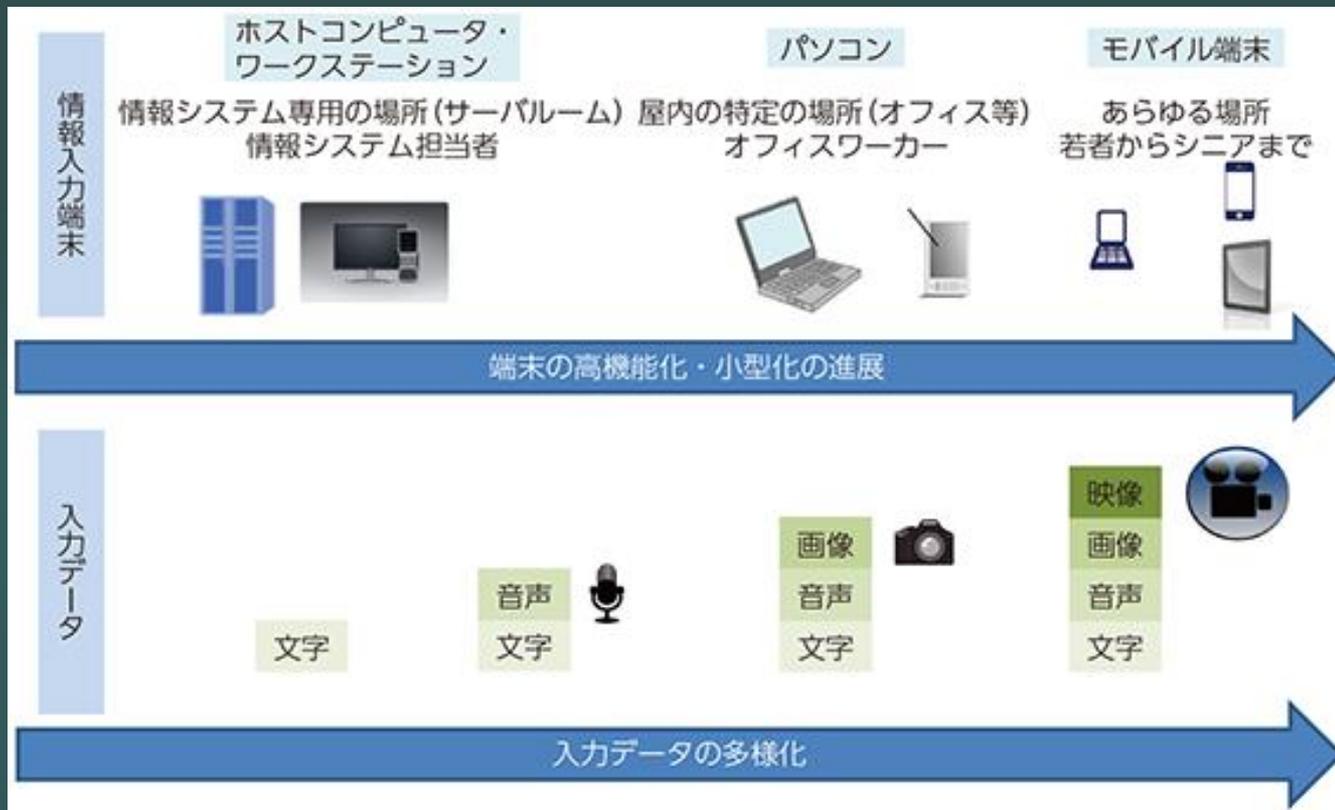
コンピュータ時代の到来（1980年代）

- ▶ 進むハードウェアの小型化
 - ▶ ミニコンからEWS（エンジニアリングワークステーション）
 - ▶ マイコンからパーソナルコンピュータへ）
- ▶ グラフィックインターフェースの発達
 - ⇒土木製図システム(CAD), 画像処理の進歩
- ▶ データベースによる情報の共有化
- ▶ 自動設計や人工知能（AI技術）に高まる期待



花村義久：土木工学におけるCADの現状と課題，土木学会論文集VI，349/VI-1，97-104，1984.

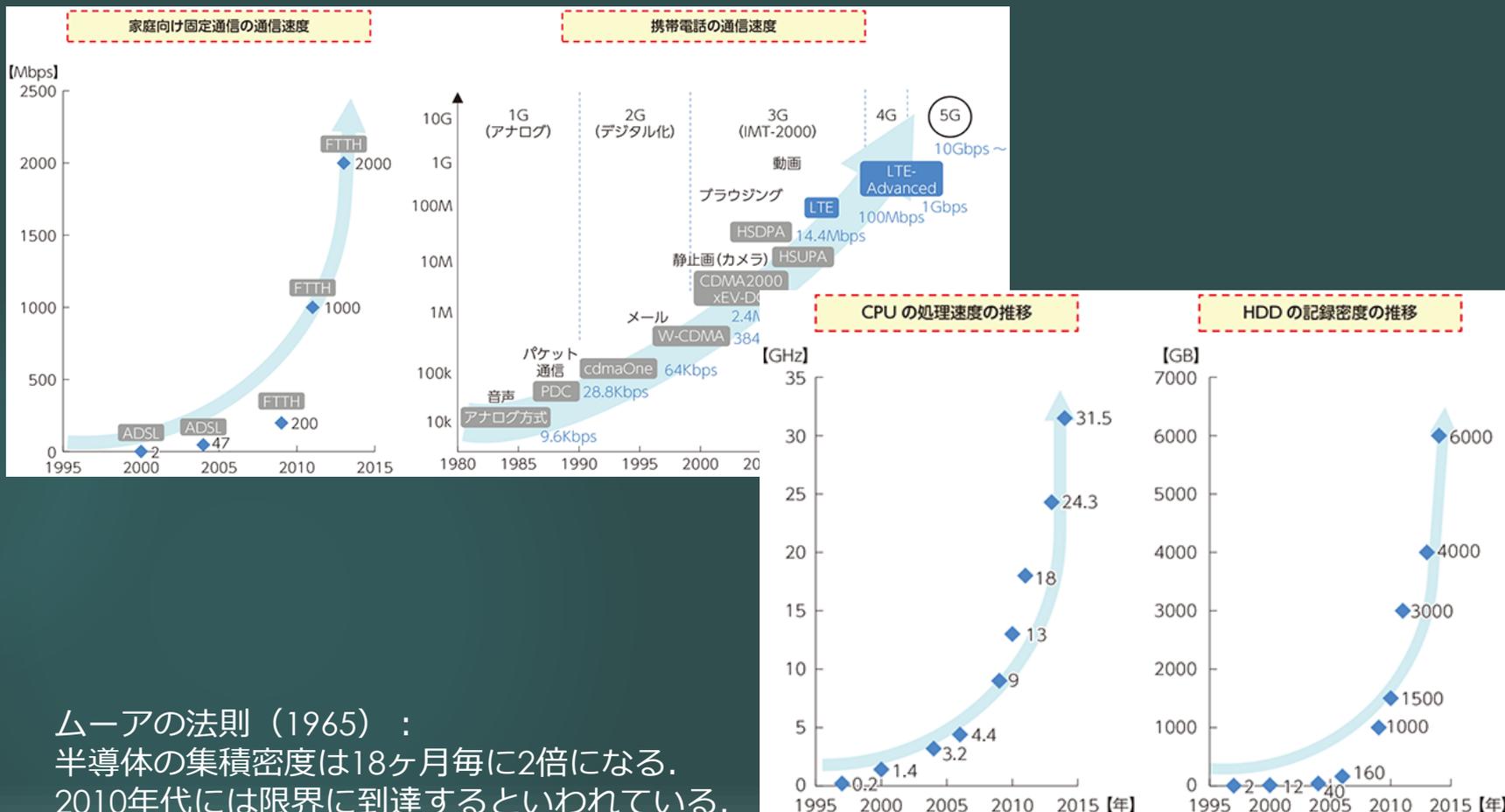
1990年代以降 ハードウェアの小型化とマルチメディア化



平成27年度版情報通信白書より

インターネット時代の到来

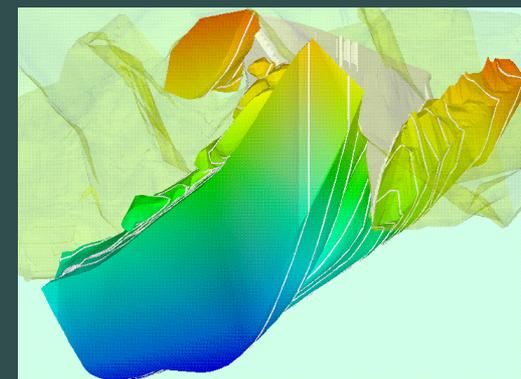
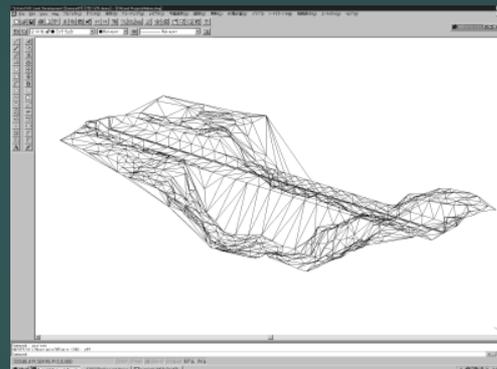
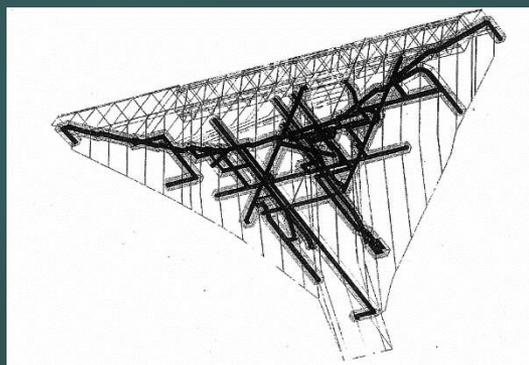
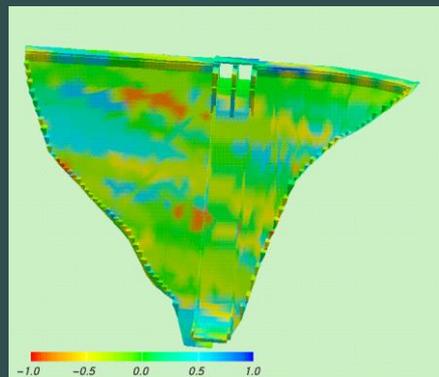
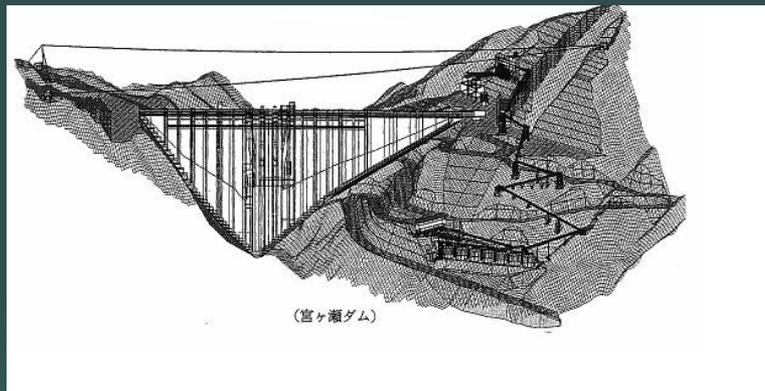
▶ 通信速度, CPU処理速度, 記憶密度の飛躍的な向上



ムーアの法則 (1965) :
半導体の集積密度は18ヶ月毎に2倍になる。
2010年代には限界に到達するといわれている。

平成27年度版情報通信白書より

進む3次元CAD/CGの利用



平成5・6年度土木学会土木CAD小委員会活動報告書より
平成9・10年度土木学会CAD小委員会活動報告より

1. CALSからCIMへ

CALSの変遷

▶ Acronymの変遷

----- (米国国防総省)

- ▶ 1985 Computer-Aided Logistic Support
- ▶ 1988 Computer-Aided Acquisition and Logistic Support

----- (民間主導に移行)

- ▶ 1993 Computer Acquisition and Life-cycle Support
- ▶ 1994 Commerce At Light Speed

※1995年前後にインターネットの普及とともにCALSブームが到来

※1998 米国CALS推進団体 CALS Industry Steering Group改称

⇒Association for Enterprise Integration (AFEI)

⇒Association for Enterprise Information (AFEI)



Computer-Aided の時代から
Integration / Information の時代へ

日本でのCALSの導入の流れ

▶ 国におけるCALS導入への流れ

- ▶ 1994 行政情報化推進基本計画

建設省：

- ▶ 1995 公共事業支援統合情報システム研究会設置
- ▶ 1996 建設CALS整備基本構想
- ▶ 1997 建設CALS/ECアクションプログラム

建設省→国土交通省

- ▶ 2001 国土交通省CALS/EC推進本部設置
- ▶ 2001 CALS/EC地方展開アクションプログラム
- ▶ 2008 CALS/ECアクションプログラム2008(2008-2010)
- ▶ 2011-12 CIMへの取り組みが始まる

公共事業支援統合情報システムの概念

公共事業支援統合情報システム

公共事業支援統合情報システム（略称：建設CALS）とは、既存のものも含んだ数多くの情報システムから構成され、それらがネットワーク上で連携できる環境の総称である。



(建設省 (当時) 資料より)

CALSからCIMへ

▶ CALS/EC

▶ 急速な情報技術の進歩への対応

- ▶ 電子メールやWEBの活用
- ▶ 設計図書（図面・報告書）の電子化と情報ネットワークへの対応
- ▶ 商取引の電子化（電子入札等）

CALS/ECの実現度

一部実現
そしてCIMへ移行

実現

	フェーズ1(1996-1998)	フェーズ2(1999-2001)	フェーズ3(2002-2004)
整備目標	建設省全期間で電子データの受発信体制構築	一定規模の工事などに電子調達システム導入	建設省直轄事業のすべてのプロセスに電子データの交換・共有・連携を実現
実現内容	<ul style="list-style-type: none"> ・事業に関する情報の伝達・交換を電子メール化 ・電子媒体または電子メールによる申請・届け出 ・調達情報HP掲載 ・調達情報に関するクリアリングハウス構築 	<ul style="list-style-type: none"> ・電子調達システム導入 ・事業情報の伝達・交換の電子メール化(認証あり) ・電子媒体または電子メールによる申請・届出(認証あり) ・資格審査申請オンライン化 ・ネット型積算システム導入 ・電子データ成果の有効活用 	<ul style="list-style-type: none"> ・すべての事業に電子調達活用 ・EDIによる契約事務執行 ・すべての公共事業申請・届出のオンライン化 ・事業情報の統合DB化 ・GISを利用した情報の連携・統合 ・STEP活用による施設ライフサイクルサポート
実現するために要する措置・技術	<ul style="list-style-type: none"> ・インターネット利用環境整備 ・実証フィールド実験の推進 ・電子調達に要する技術の開発 ・電子データ標準化に関する研究 	<ul style="list-style-type: none"> ・国際標準などに基づく電子データ基準化 ・電子認証システム導入 ・電子データによる成果納品実施 	<ul style="list-style-type: none"> ・既存システムとの連携 ・STEPの一部国際標準化 ・電子データによる契約事務標準化
情報インフラ整備(光ファイバー網, 空間データ基盤など)			

次世代CALS/EC

CALSからCIMへ

▶ CALS/EC

- ▶ 急速な情報技術の進歩への対応
 - ▶ 電子メールやWEBの活用
 - ▶ 設計図書（図面・報告書）の電子化と情報ネットワークへの対応
 - ▶ 商取引の電子化（電子入札等）
- ▶ 既往の建設プロセスの中での電子化
 - ▶ コンピュータのより高度な利用や統合化を制約



「情報」を有機的に接続し最適化する
新しいプロセスの構築が必要である。



CIMへ

What is CIM?

▶ CIM:

- ▶ Common Information Model (情報系 ; 共通情報モデル)
- ▶ Computer-integrated Manufacturing (製造系 ; コンピュータ統合生産) etc.



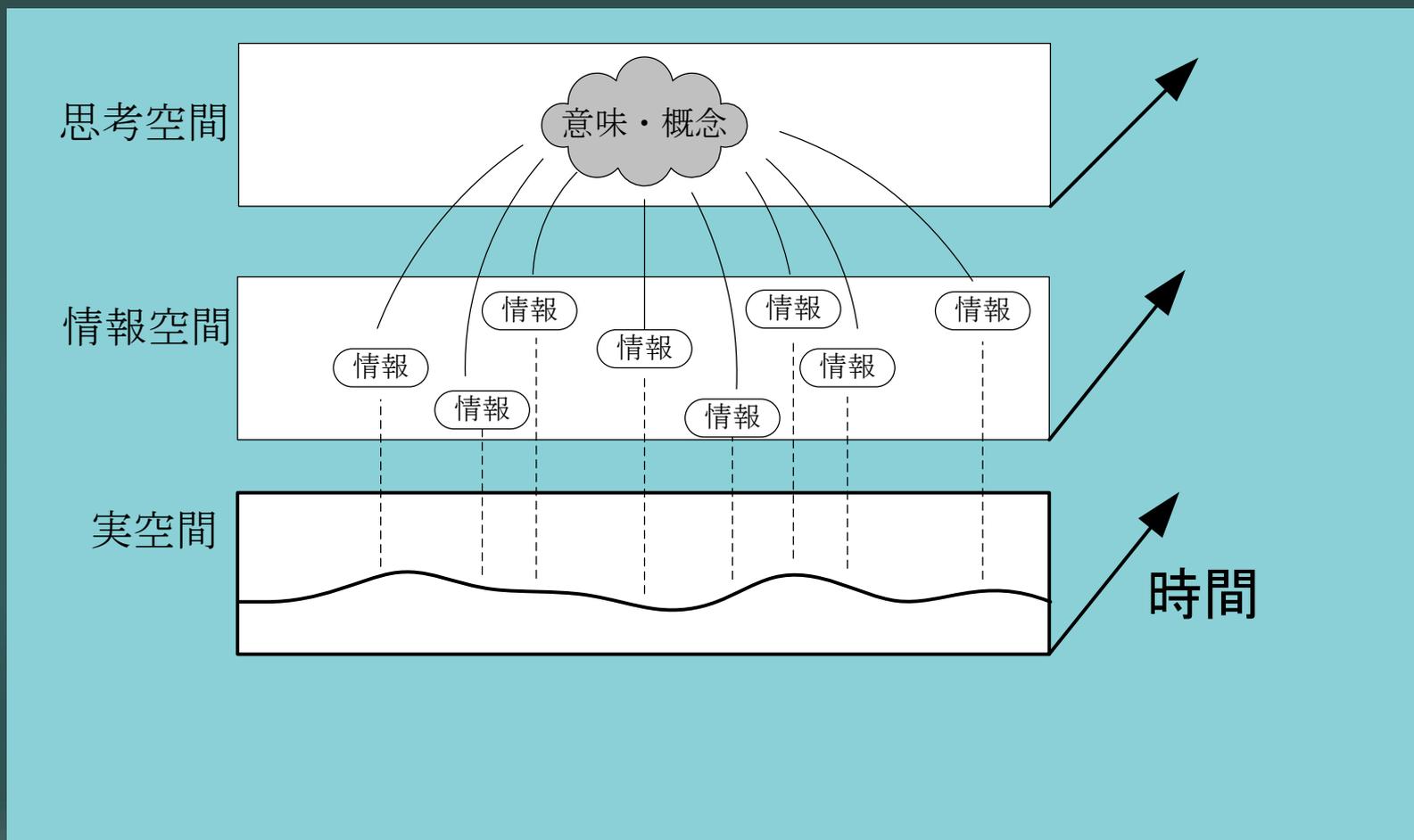
▶ **Construction Information Modeling** (日本・国土交通省を中心に ; 建設情報モデリング)

⇒その後, Construction Information Modeling/Management に

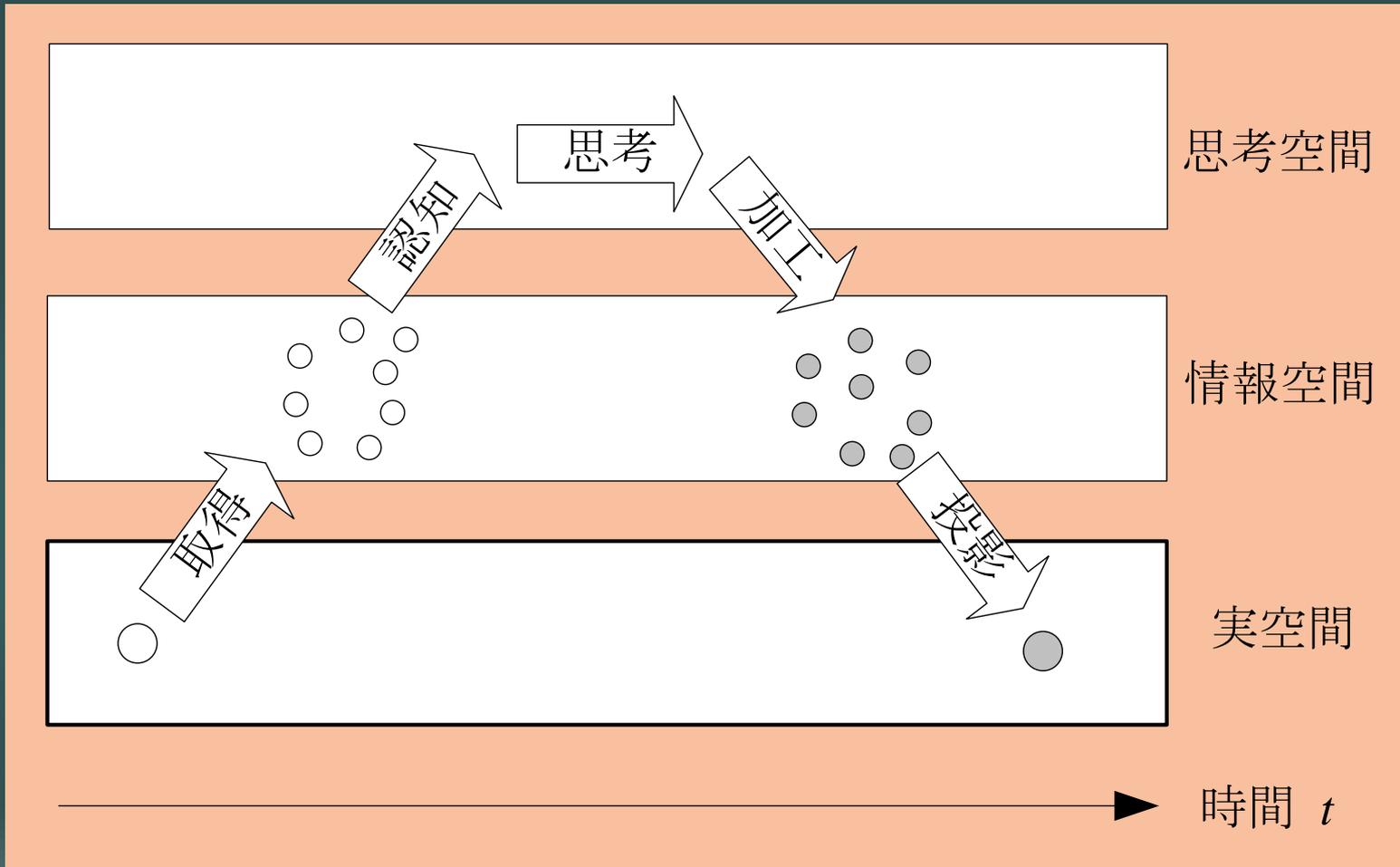
- ▶ vs. BIM (Building Information Modeling)
建築分野を中心とした情報モデリング
(3次元モデルを中心として, 設計・解析・建設・
維持管理を支援する仕組みを指す)

2. 建設生産プロセスにおける 情報の構造

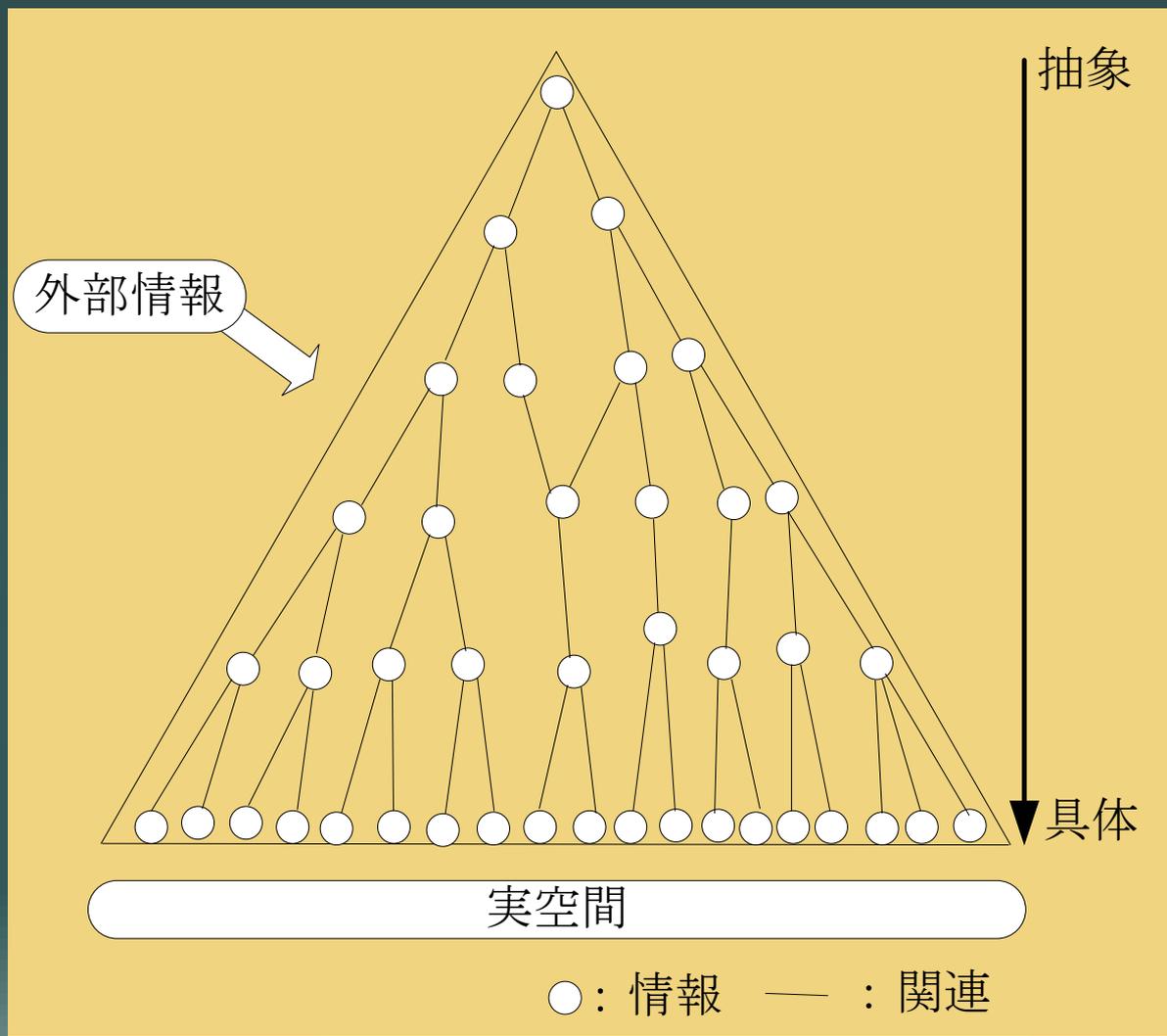
空間と情報, そして時間



建設プロセスと空間・時間と関係

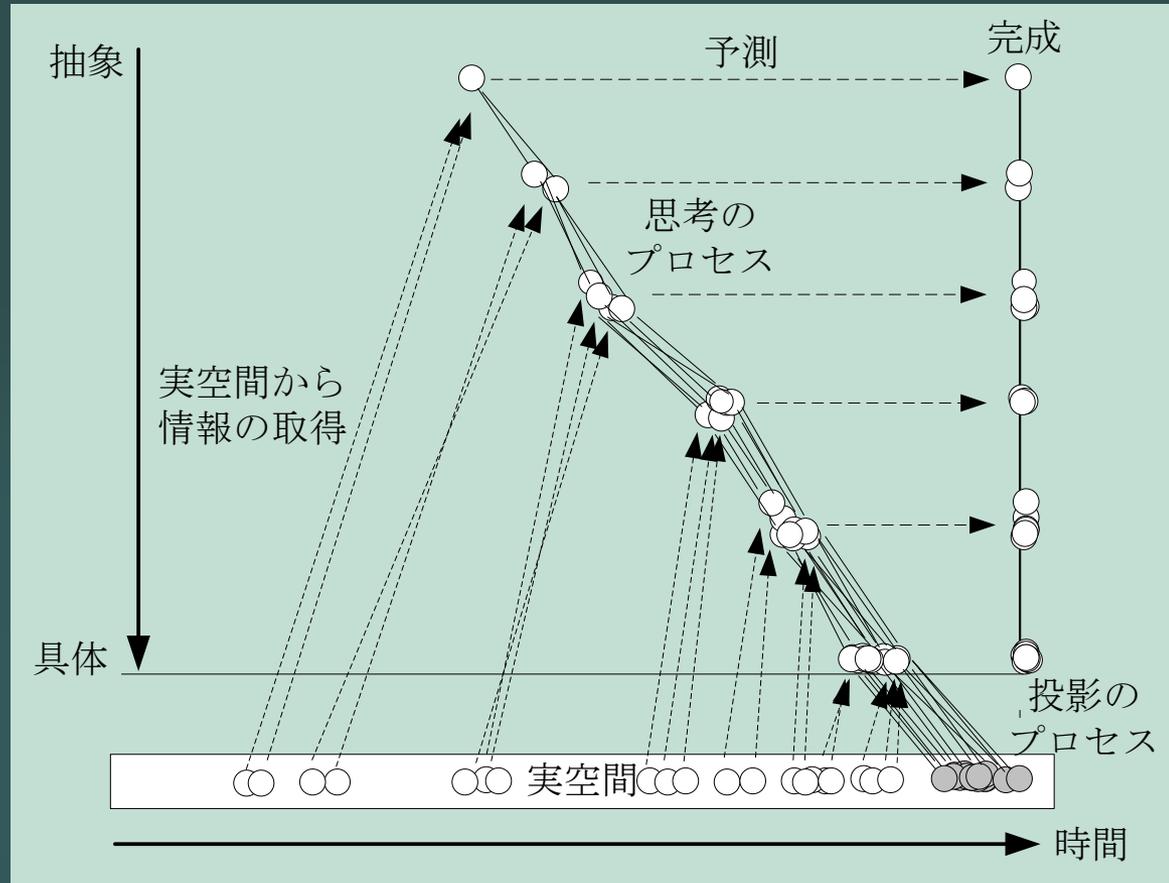


建設情報のピラミッド構造



情報ピラミッドと時間との関係

23



土木構造物は見えない情報構造物により構築されている

2015.12.1 OCF_CIMセミナー

情報至上主義的発想

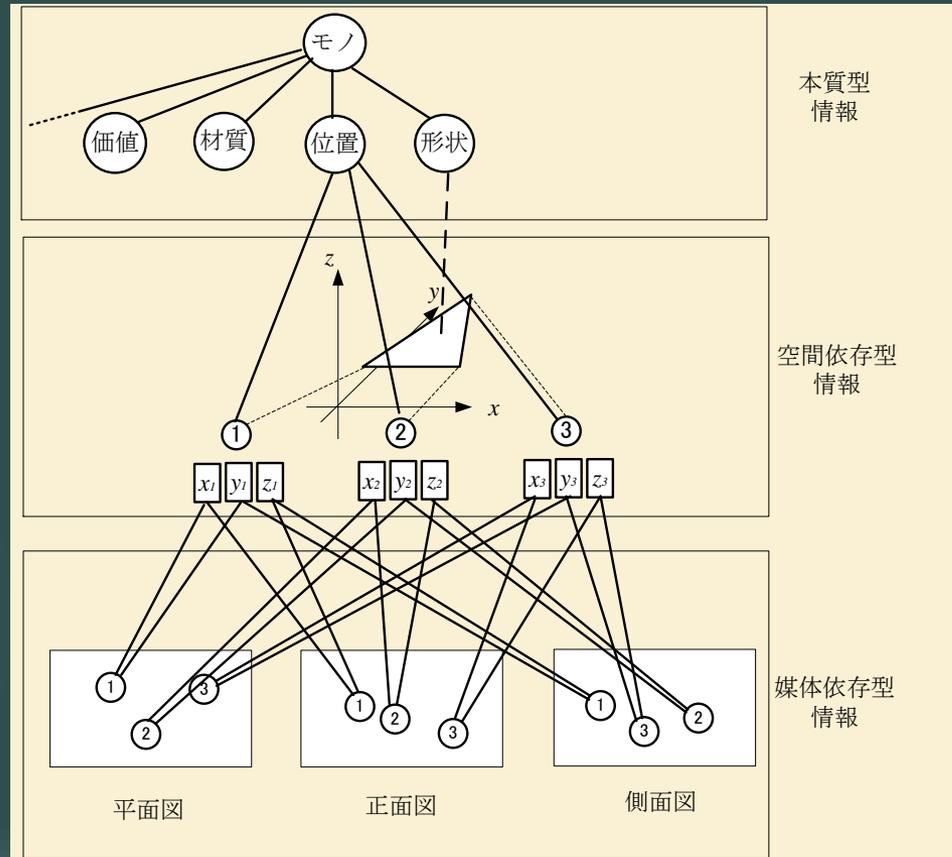
- ▶ 全ての人工的なモノの存在は「情報」により定められる。
- ▶ 人間の満足という情報を得るためにモノは存在する。
(←人間は満足なくして生きられない)
- ▶ 全ての人工の物質は情報と栄養の媒体である。
必要な情報と栄養を吸い取ったら、あとはゴミである。
- ▶ 個々の人間の満足⇒社会全体の満足を得る
(社会資本の役割)

3. 情報構造物の構築と可視化

Modelingの思想: 媒体依存型情報から本質型情報への転換

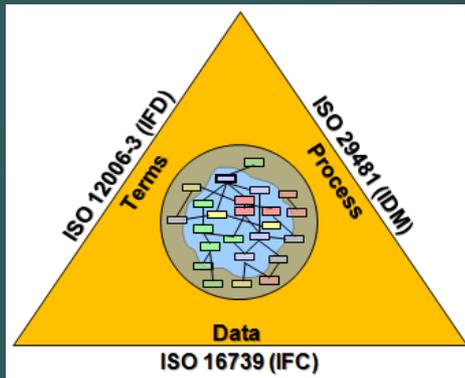
- ▶ 情報構造物に
適合した情報構造をもつ
- ▶ 人間およびコンピュータによる
モノの理解を容易にする。
(⇒プロダクトモデル)

単なる3次元モデルを作成する
仕組みではない!

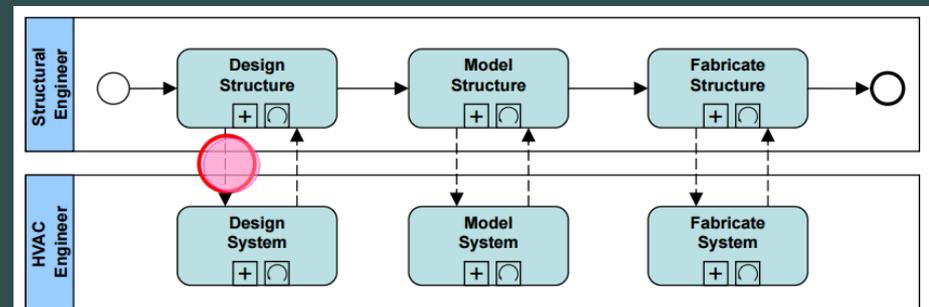


Modelingの思想: さまざまな情報を関連づける仕組み

- ▶ 設計：構築のための事象の繋がりを情報として記述施工：それを実世界で遂行するプロセス
- ▶ 情報化施工や建設ロボットの活用を考える上で、構築プロセスを記述する枠組みの確立が必要である
- ▶ buildingSMARTによる
IDM (Information Delivery Manuals: ISO29481)

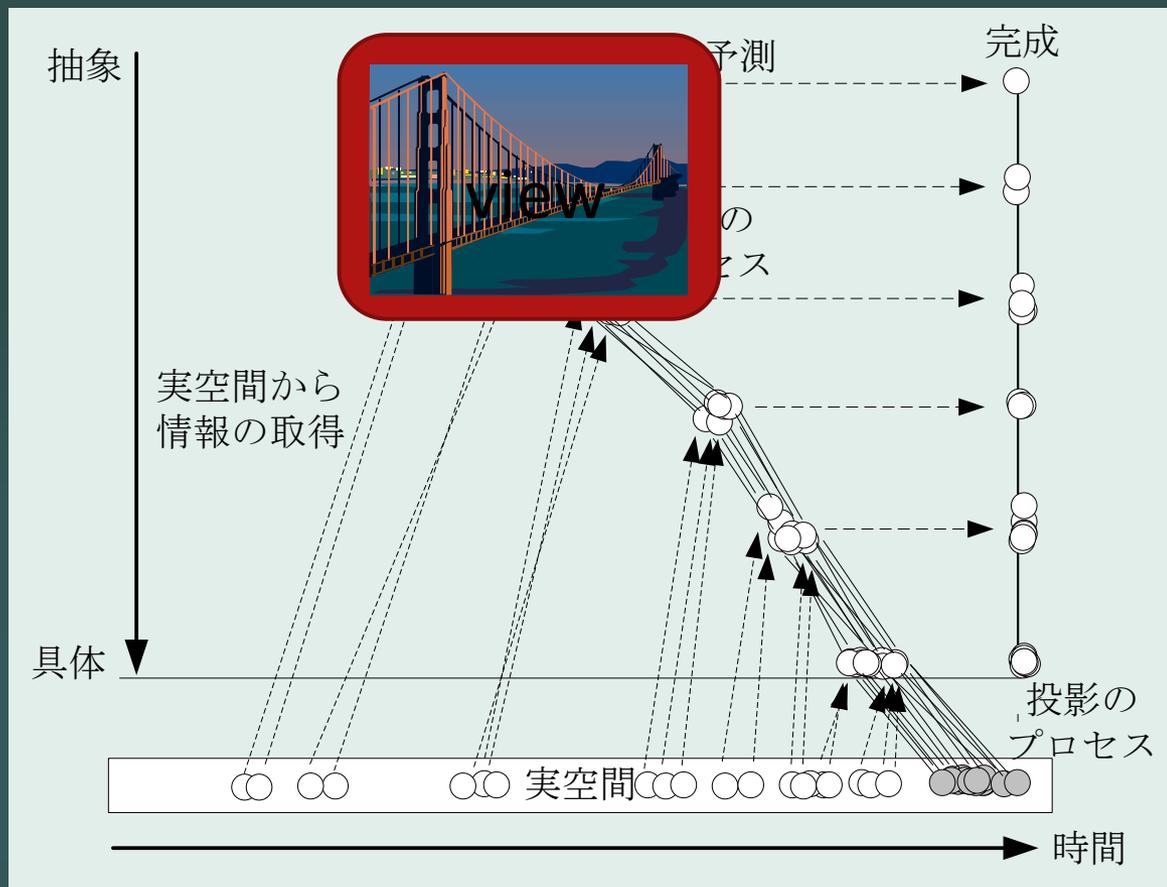


buildingSMART Standards
(<http://www.buildingsmart-tech.org/>)



http://www.it.civil.aau.dk/it/education/reports/building_smart/WS4_IDM_ProcessMapping.pdf

情報構造物とビュー (View)



土木構造物は見えない情報構造物により構築されている

4. 設計プロセスのパラダイムシフト -道路設計プロセスの事例-

問題提起－設計手法見直しの必要性

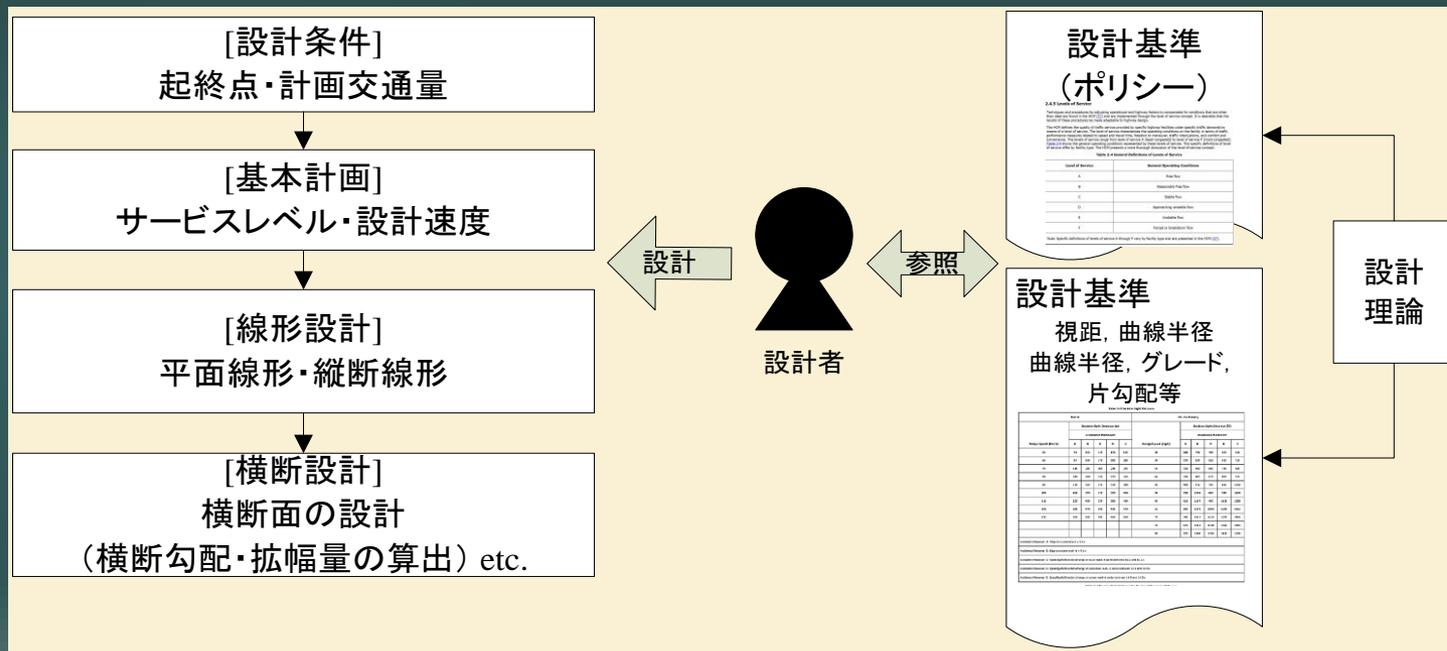
- ▶ 道路構造令制定の趣旨
 - ▶ 全国の道路を一定の水準に保つこと
 - ▶ それを実現するための設計基準を示す
- ▶ 道路構造設計基準の問題点
 - ▶ 現行の設計基準の基礎が築かれたのは1950～70年代
 - ▶ 鉛筆，定規を用いた紙上での製図手法が主流
(コンピュータが一般化した現代とは環境が異なる)
 - ▶ 現在の設計環境の変化に対応しているか検証が必要
 - ▶ 標準化で忘れ去られた自動設計への取り組み



コンピュータの高度利用を前提にした設計手法をあらためて考える必要があるのではないか？

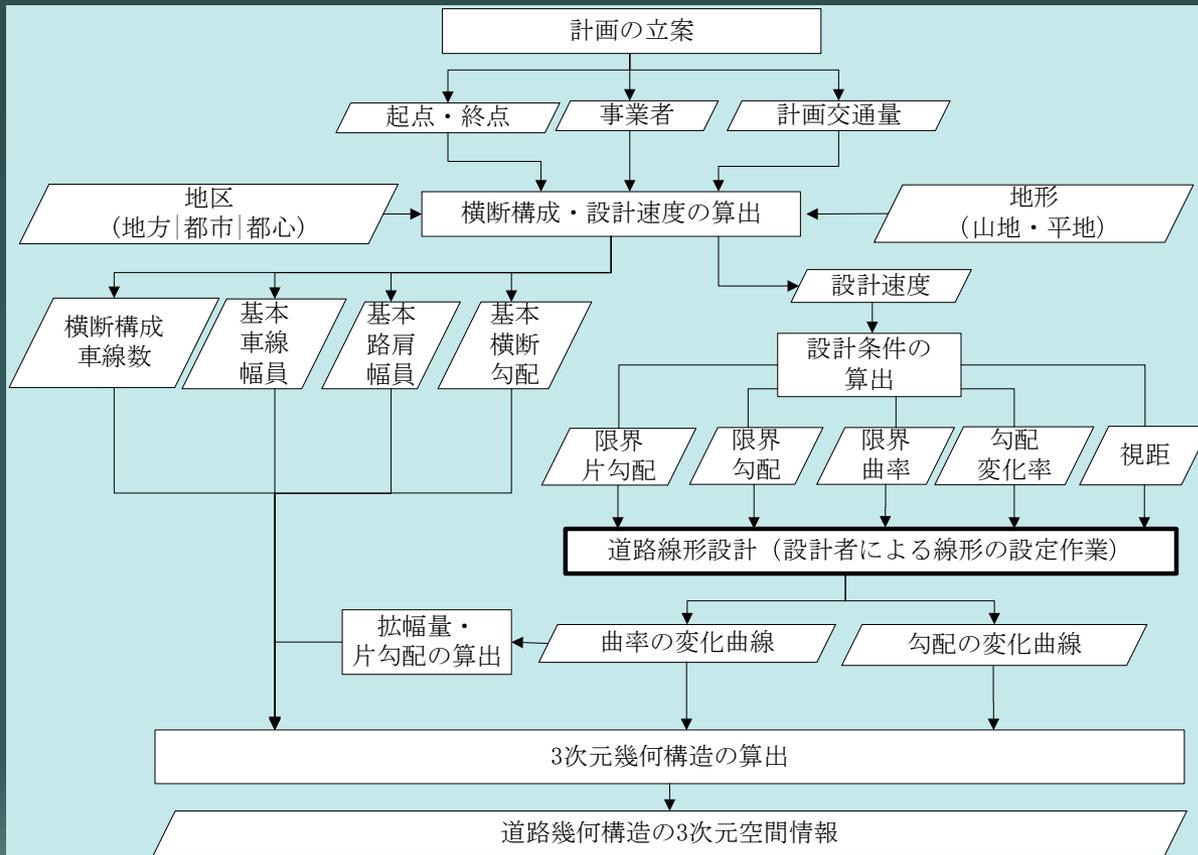
現行の設計基準の問題点

- ▶ 手作業での製図を前提として、設計基準は段階的に細分された数表として提供される
- ▶ 設計者は、その数表を参照しながら設計を進める。



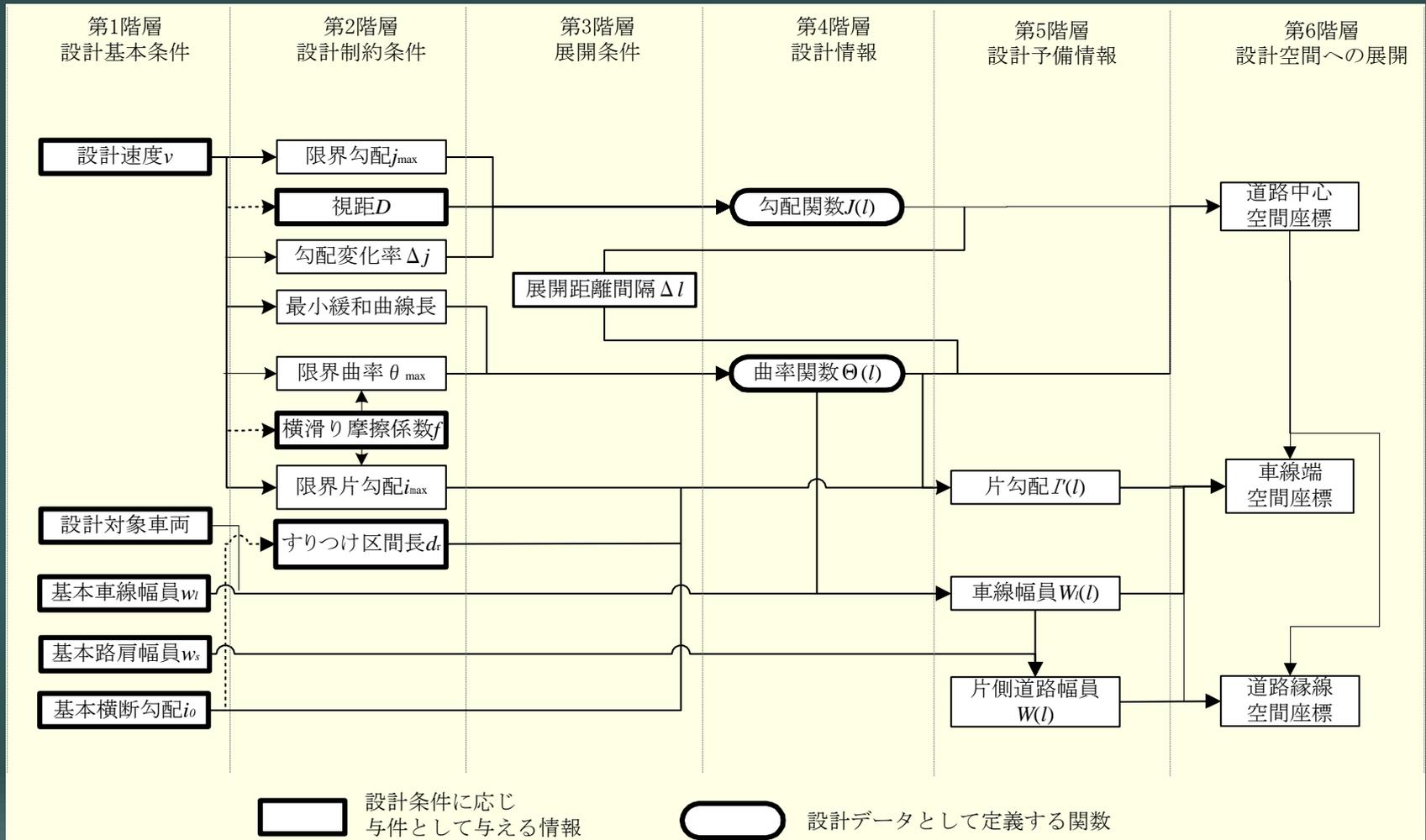
道路幾何構造の設計プロセス

「道路構造令の解説と運用」に詳述される
幾何構造設計プロセスを再構成

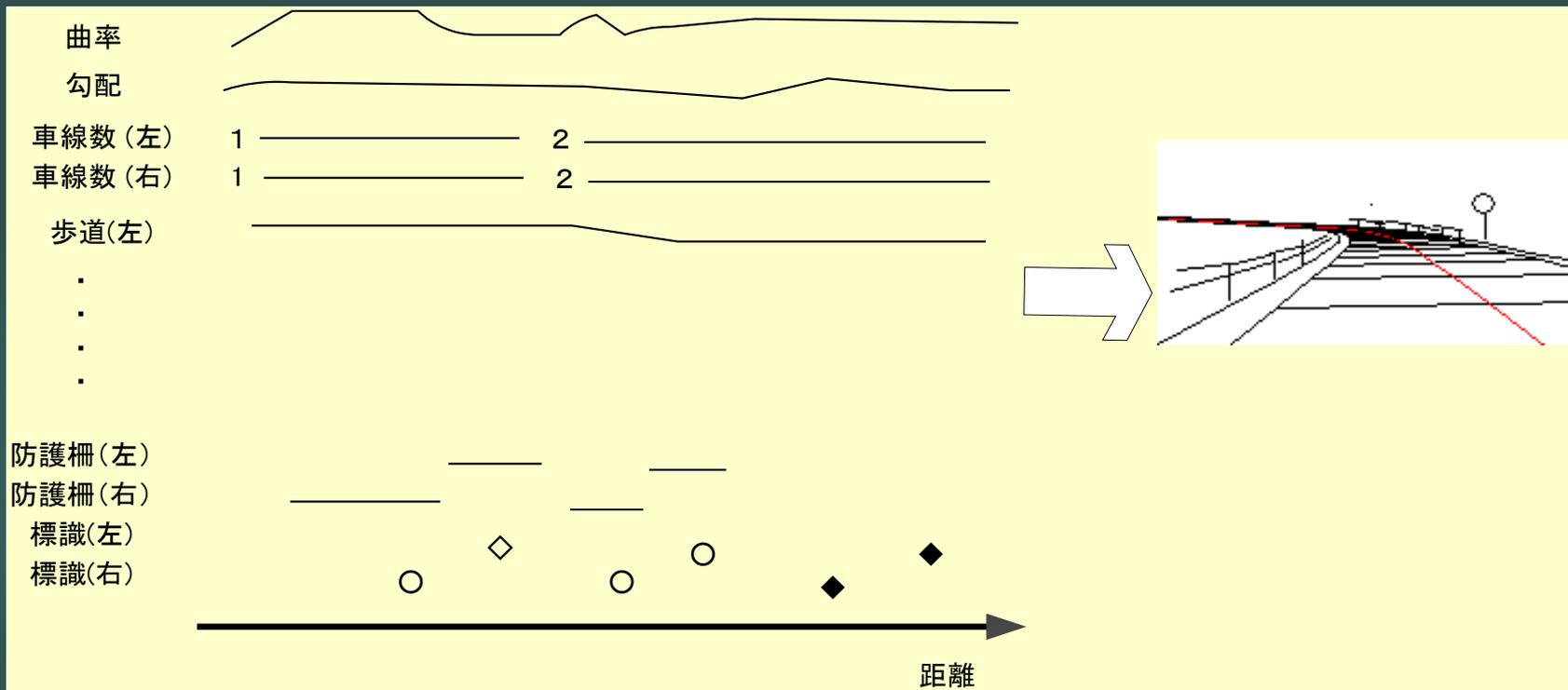


(蒔苗, 2000, 2008)

道路3次元形状の決定ロジック



道路幾何構造のパラメトリック設計



Highway Sequence Editor (HSE)の開発

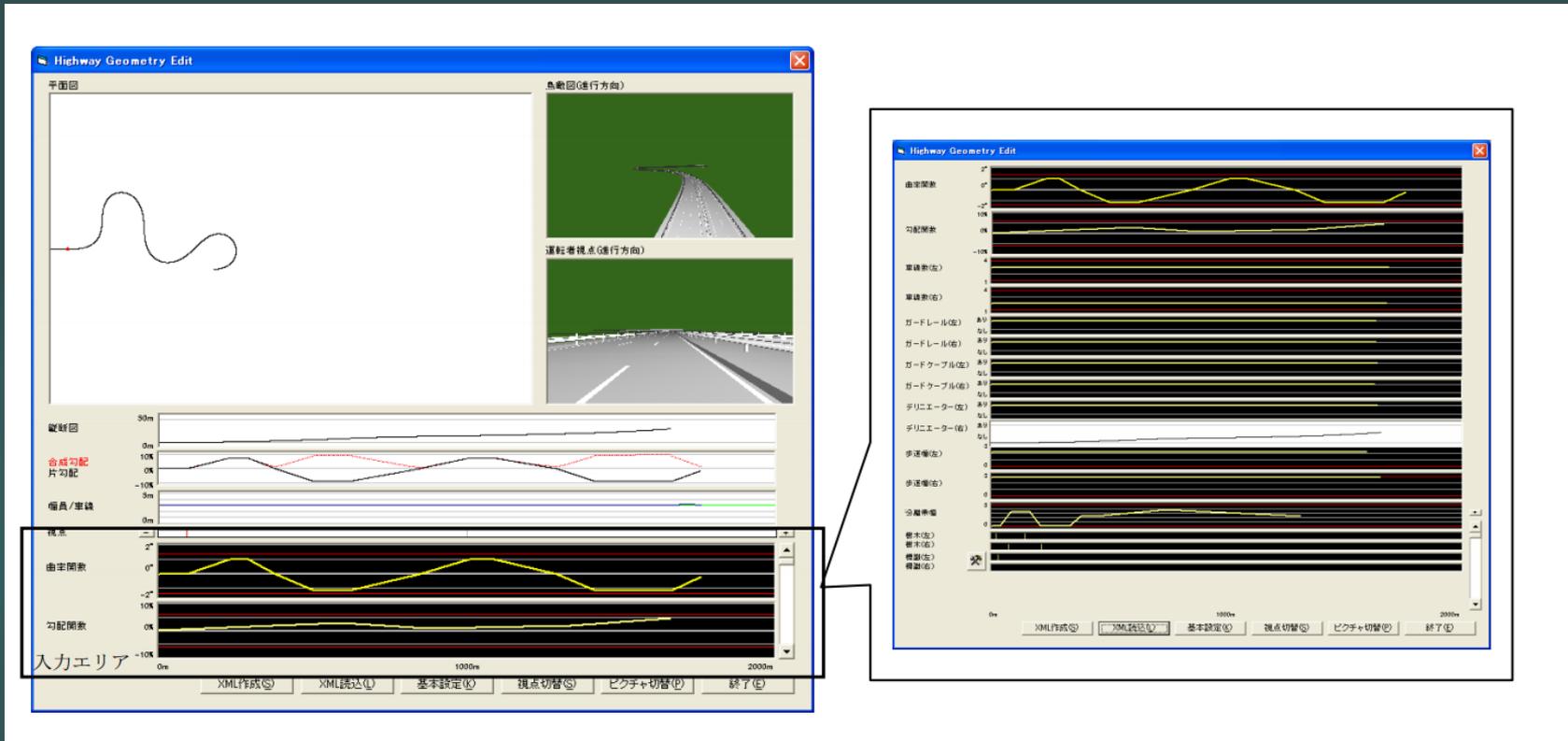
蒔苗 (2004)

道路幾何構造のパラメトリック設計

Highway Sequence Editor (HSE)の開発

35

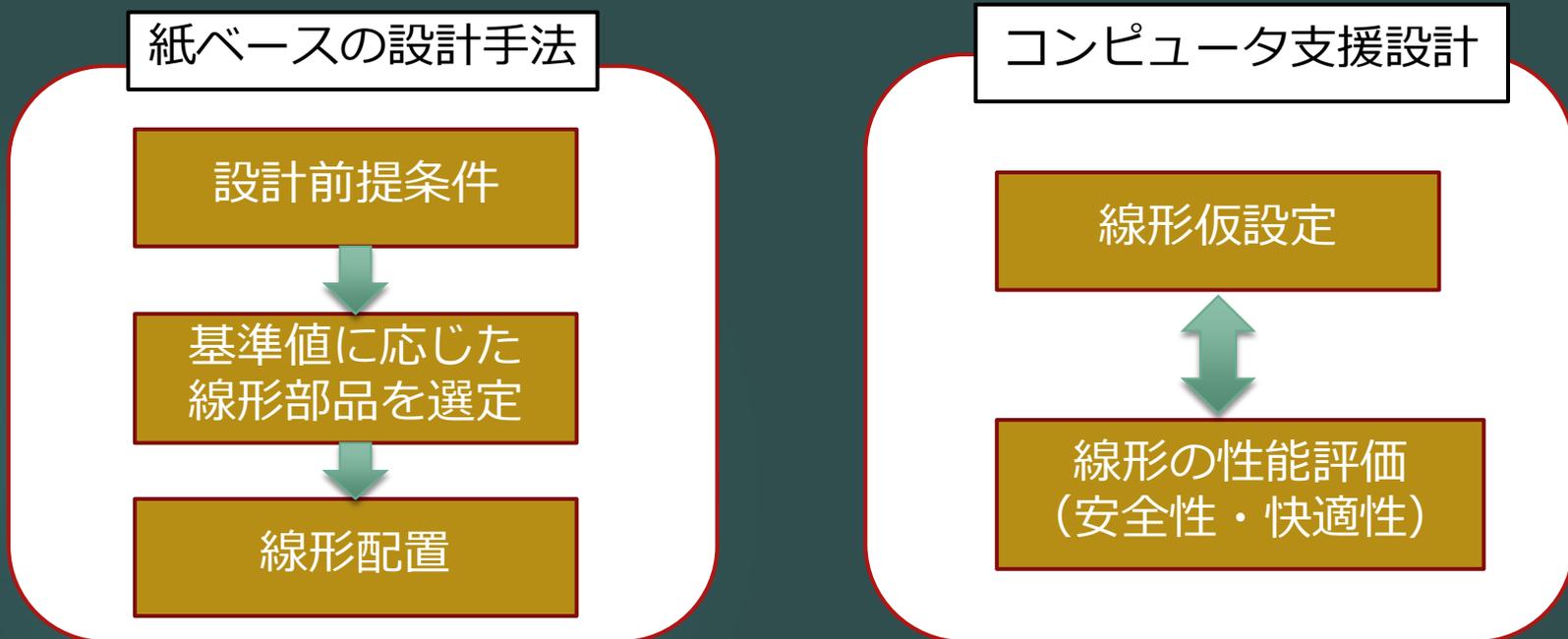
2015.12.1 OCF_CIMセミナー



蒔苗 (2004)

情報技術の進歩による設計環境の高度化

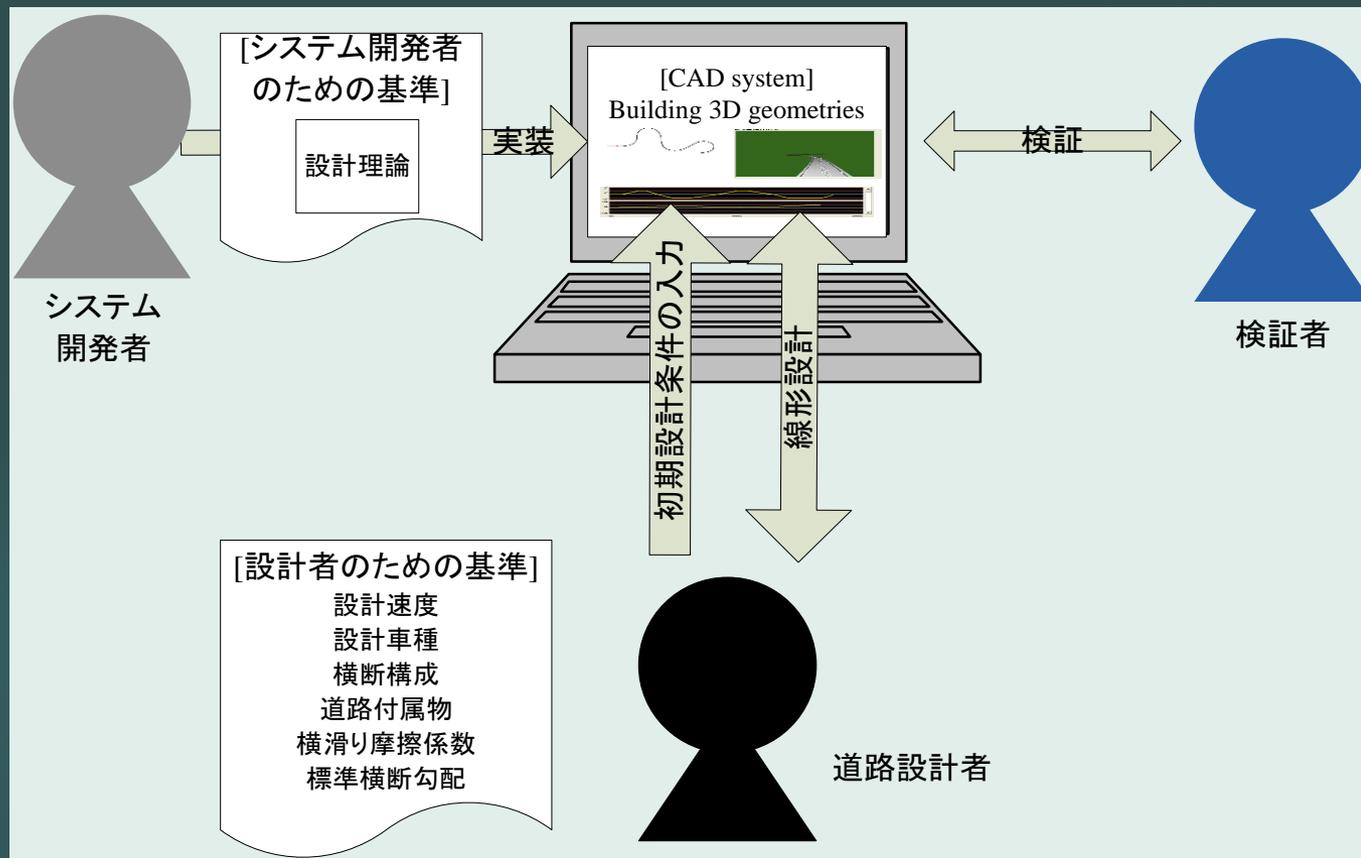
- ▶ 1980年代以降，設計者が個々にPCを利用できる環境へと進展
- ▶ PC利用を前提した設計手法とは？



設計プロセス全体でのパラダイムシフトの可能性

新しい設計プロセス実現のための仕組み

37



- ▶ システム開発・道路設計のための基準類の定義
- ▶ ブラックボックスとなる設計システムを検証する仕組みが必要

5. これからのCIMに 求められること



「たのしい四年生」1961年1月号口絵 伊藤展安／画 福島正実／案（平成27年版情報通信白書より）

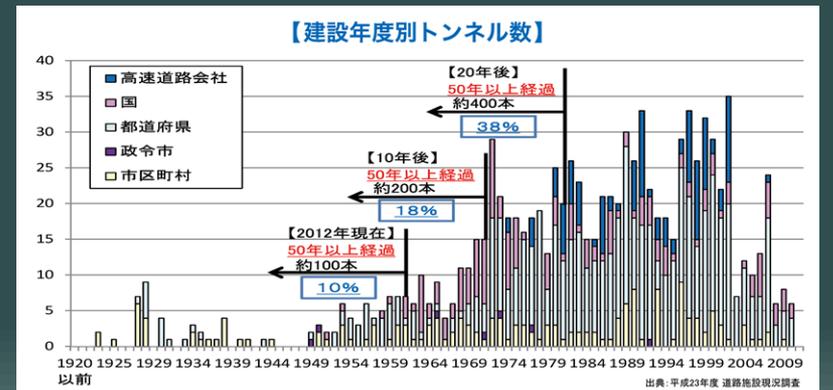
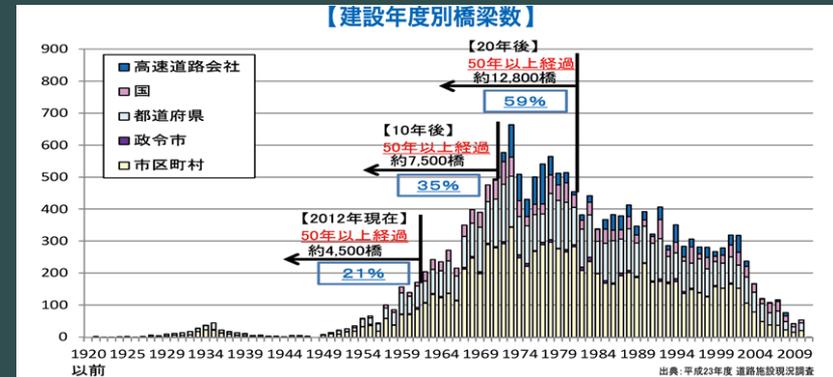


社会基盤を取り巻く環境の変化 —メンテナンスとマネジメントの時代—

- ▶ 高度経済成長期時代に建設した社会資本の寿命が到来
- ▶ ますます進む都市の集積と過疎化
- ▶ 少子高齢化社会の到来



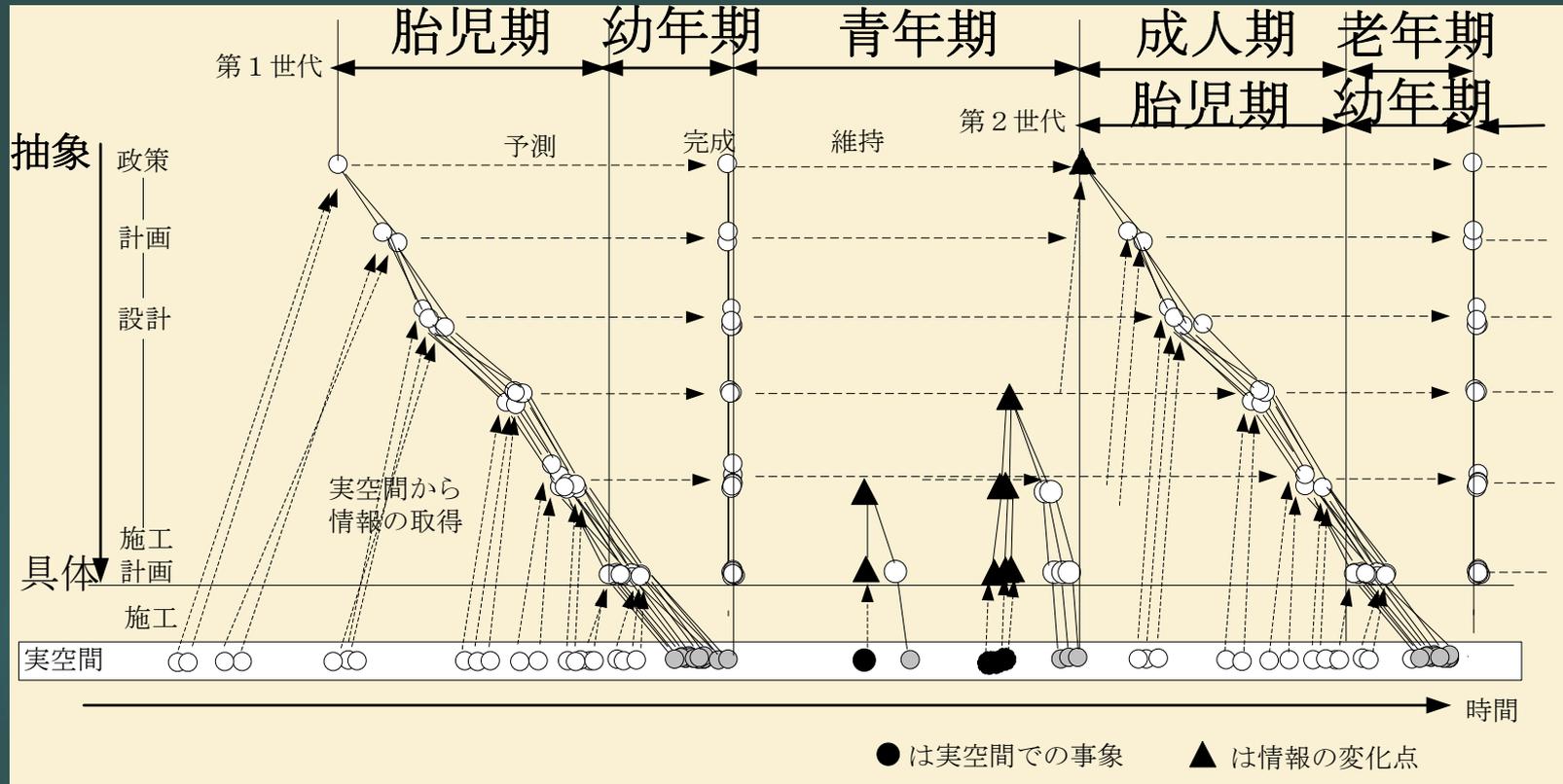
米国ミネアポリスI-35W落橋事故
https://commons.wikimedia.org/wiki/File:I-35W_bridge_collapse_TLR1.jpg



国土交通省東北地方整備局「道路施設の老朽化対策」より

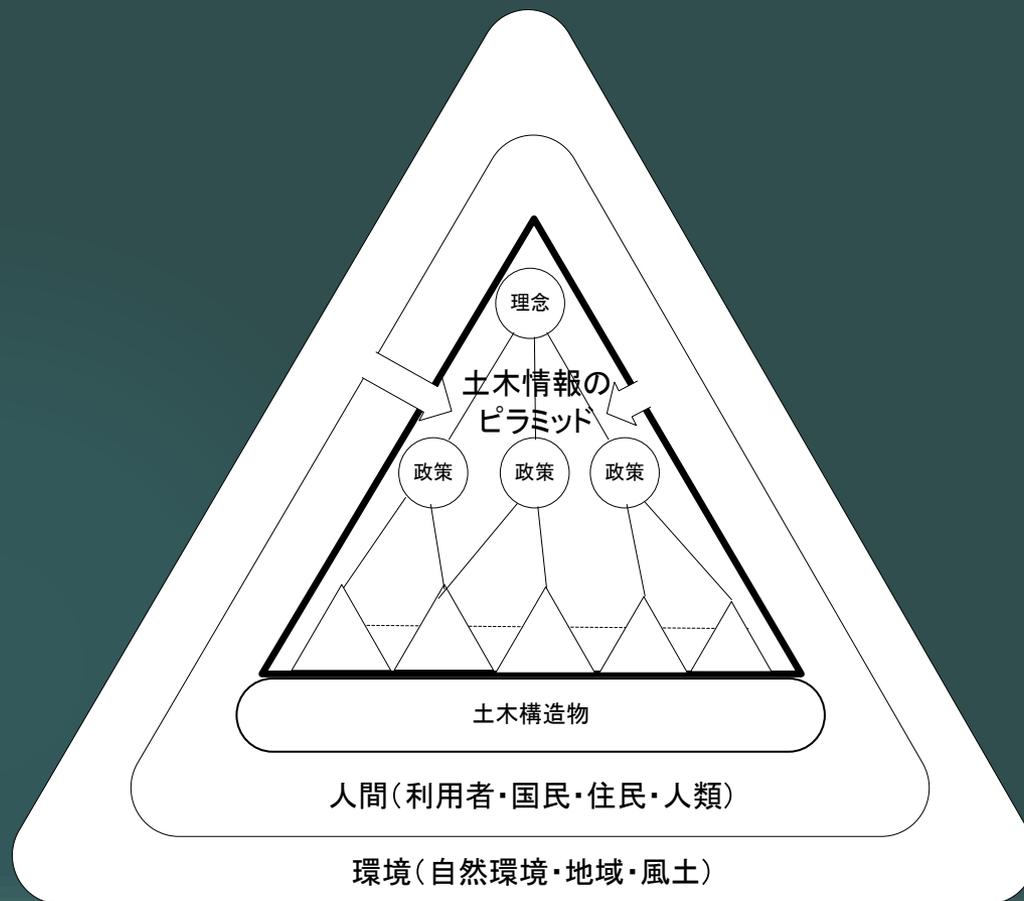
土木情報ピラミッドとライフサイクル

-情報至上主義の視点-



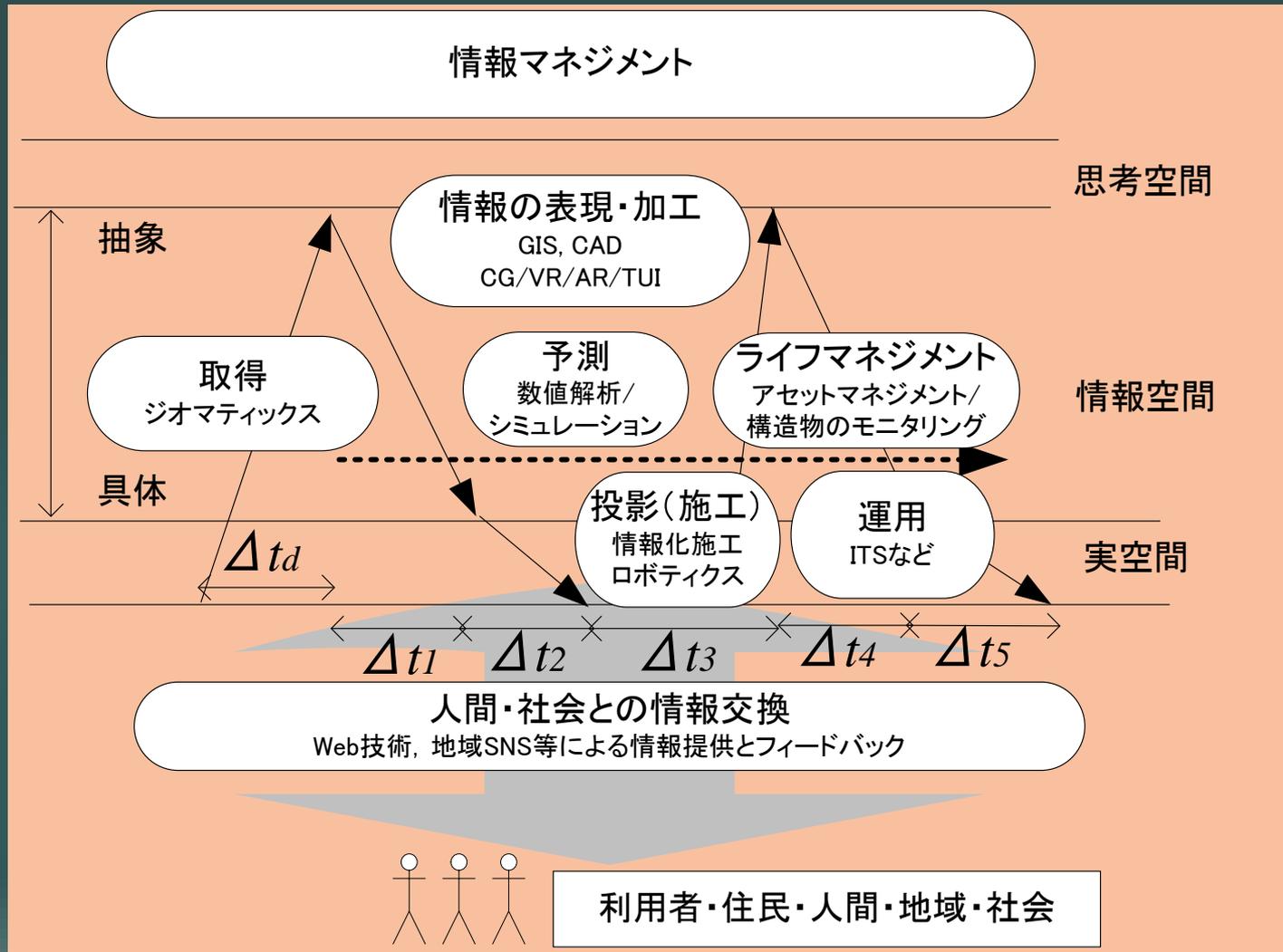
▶ 蒔苗(2008)

建設情報ピラミッド



蒔苗(2008)

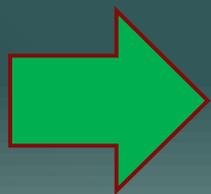
インフラのライフサイクルと情報技術



蒔苗(2008)

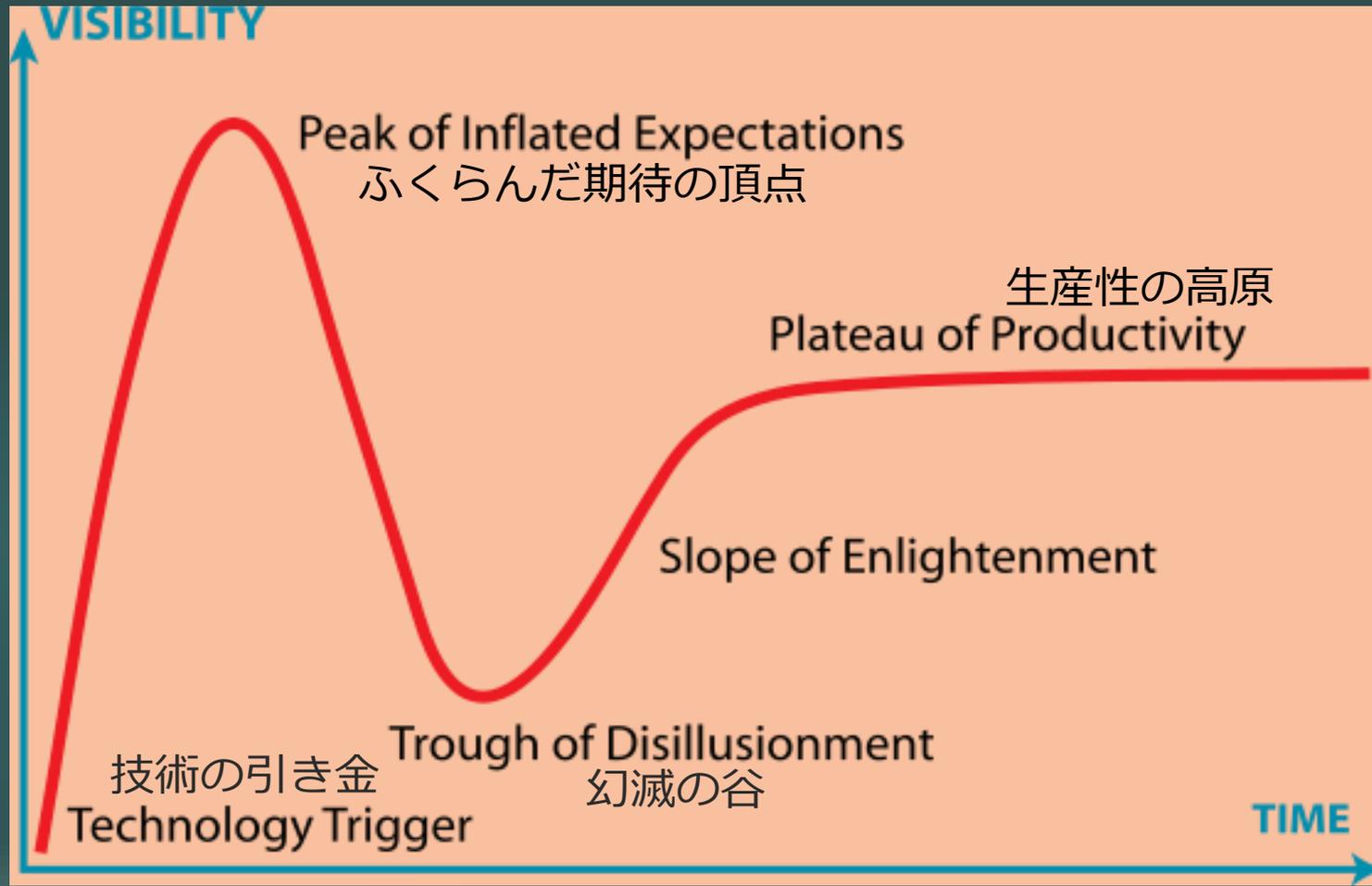
これからのCIMに求められること

- ▶ 建設生産システム総体としての**情報の体系化**を進める。
- ▶ 情報技術の利用を前提とした**新しい生産プロセスを確立**する。
- ▶ ライフサイクルにおける**情報マネジメント**を図る。
- ▶ 個々の**情報技術のさらなる進展と新しい技術（IoT等）の導入**，そして，**それらの連携**を図る。

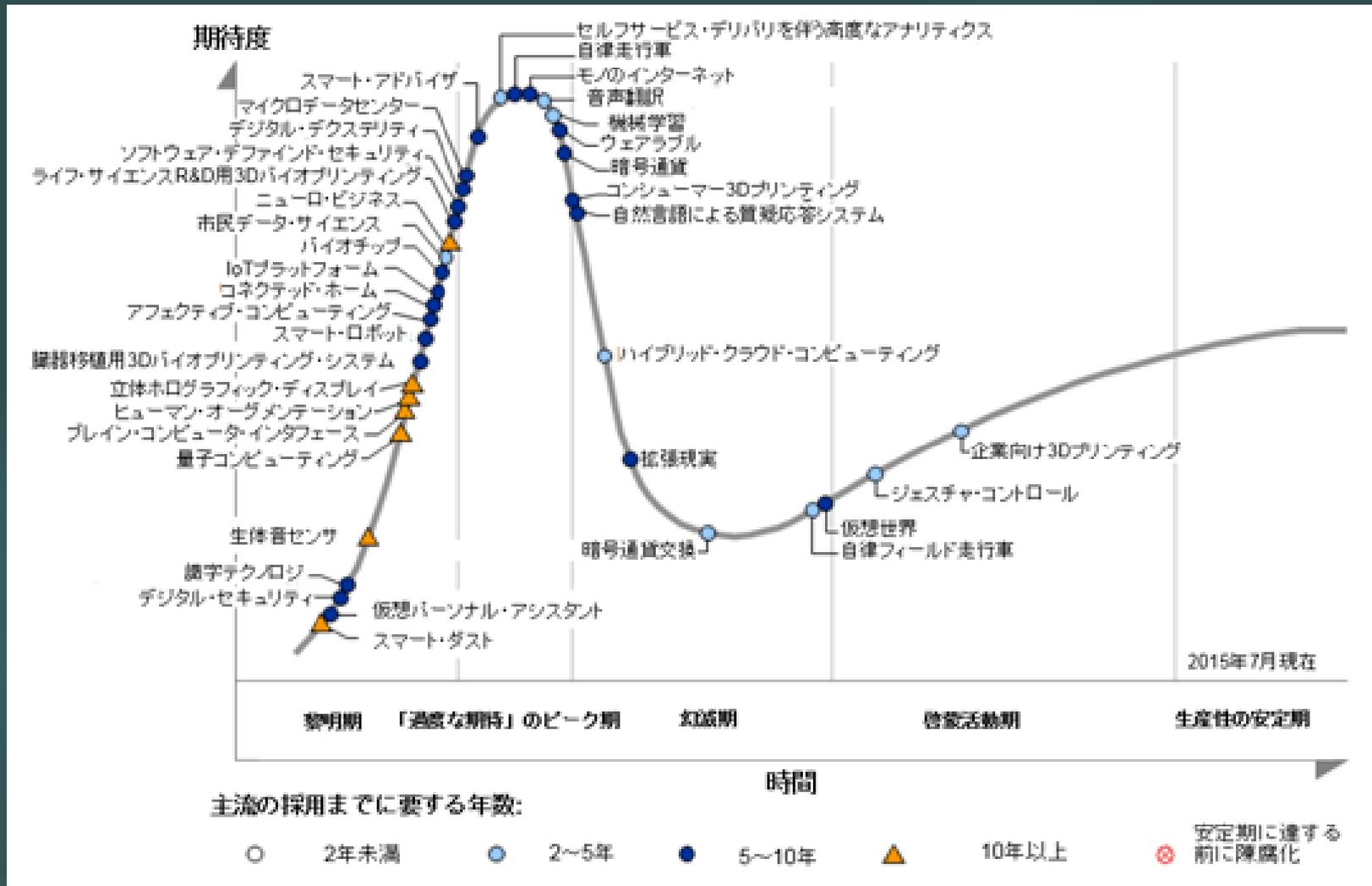


建設生産システムの
さらなるイノベーションへ

Gartner Hype Cycle



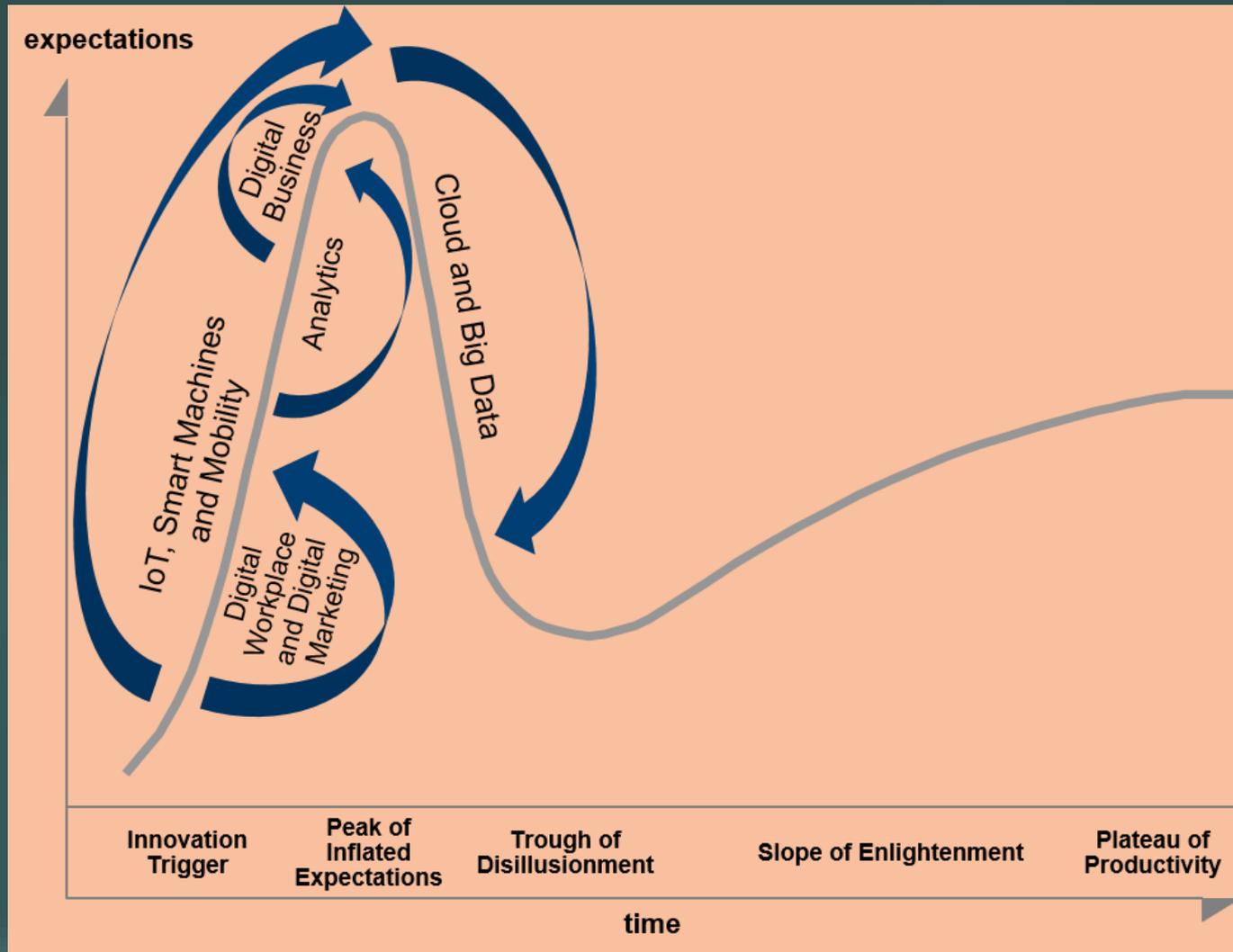
GartnerのHype Cycle(2015)からみるITの予測



<https://www.gartner.co.jp/press/html/pr20150827-01.html>

GartnerのHype Cycle(2015)からみるITの予測

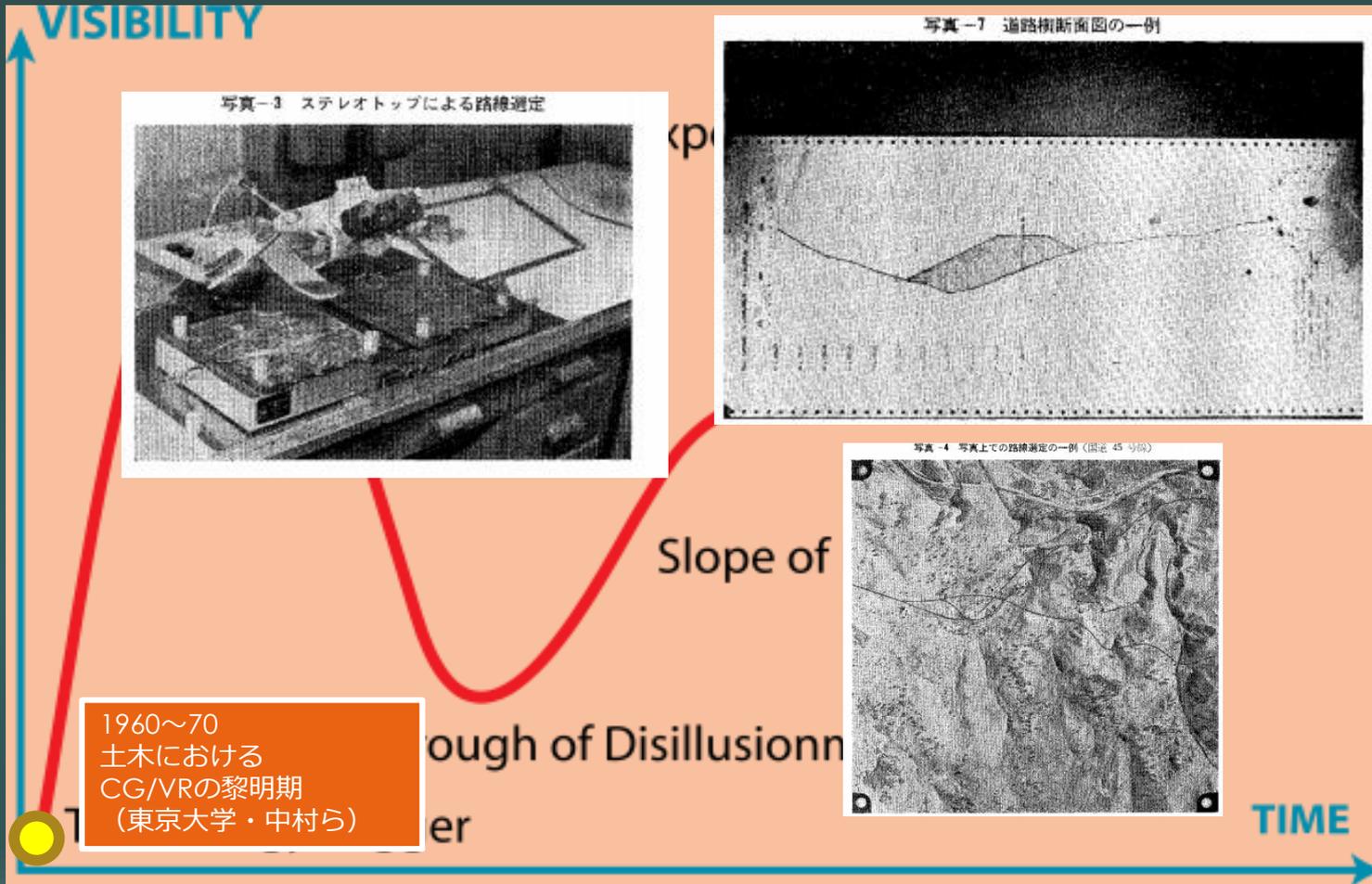
46



2015.12.1 OCF_CIMセミナー

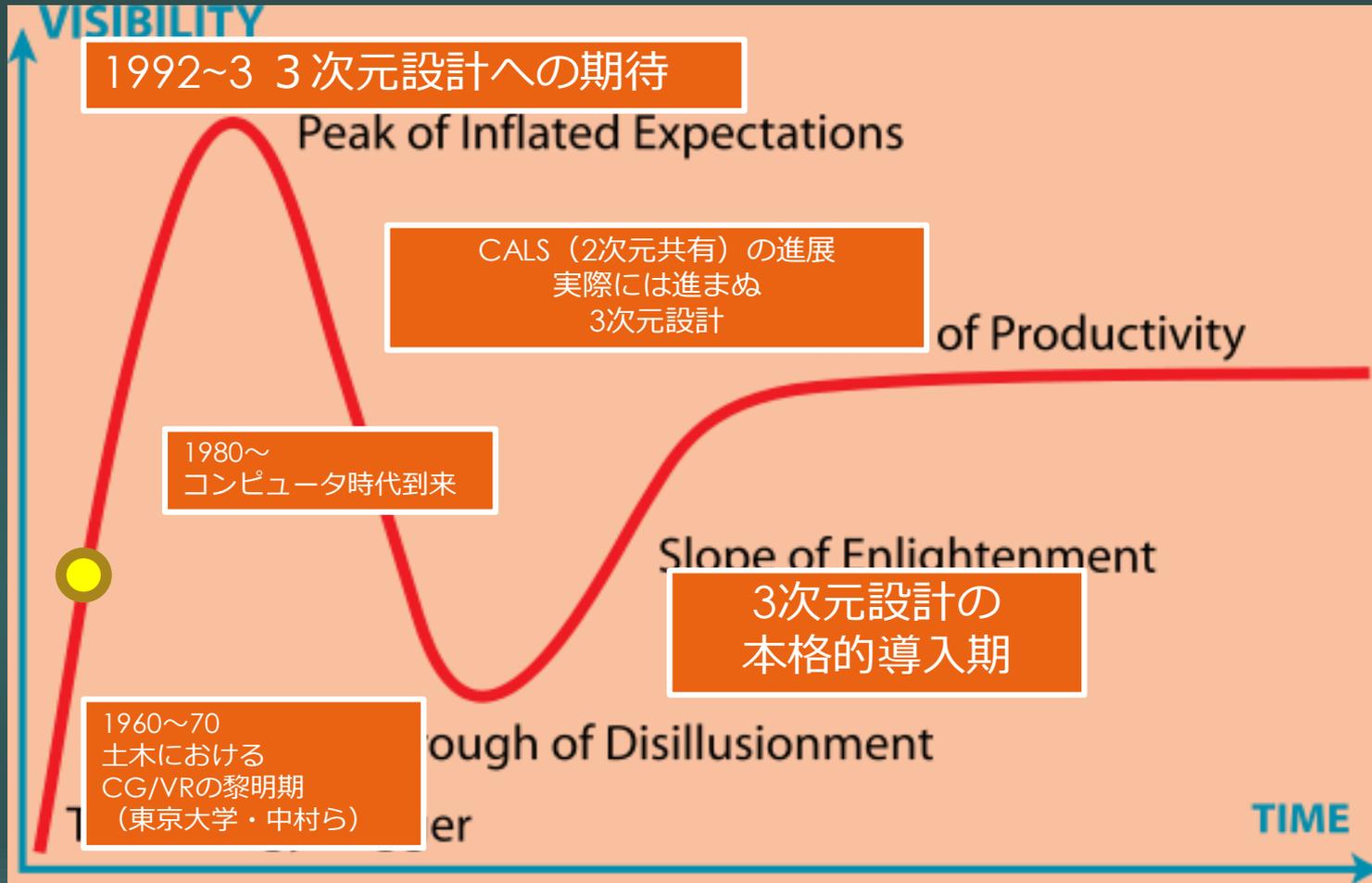
<https://www.gartner.co.jp/press/html/pr20150827-01.html>

土木の3次元設計のHypeCycleを考える

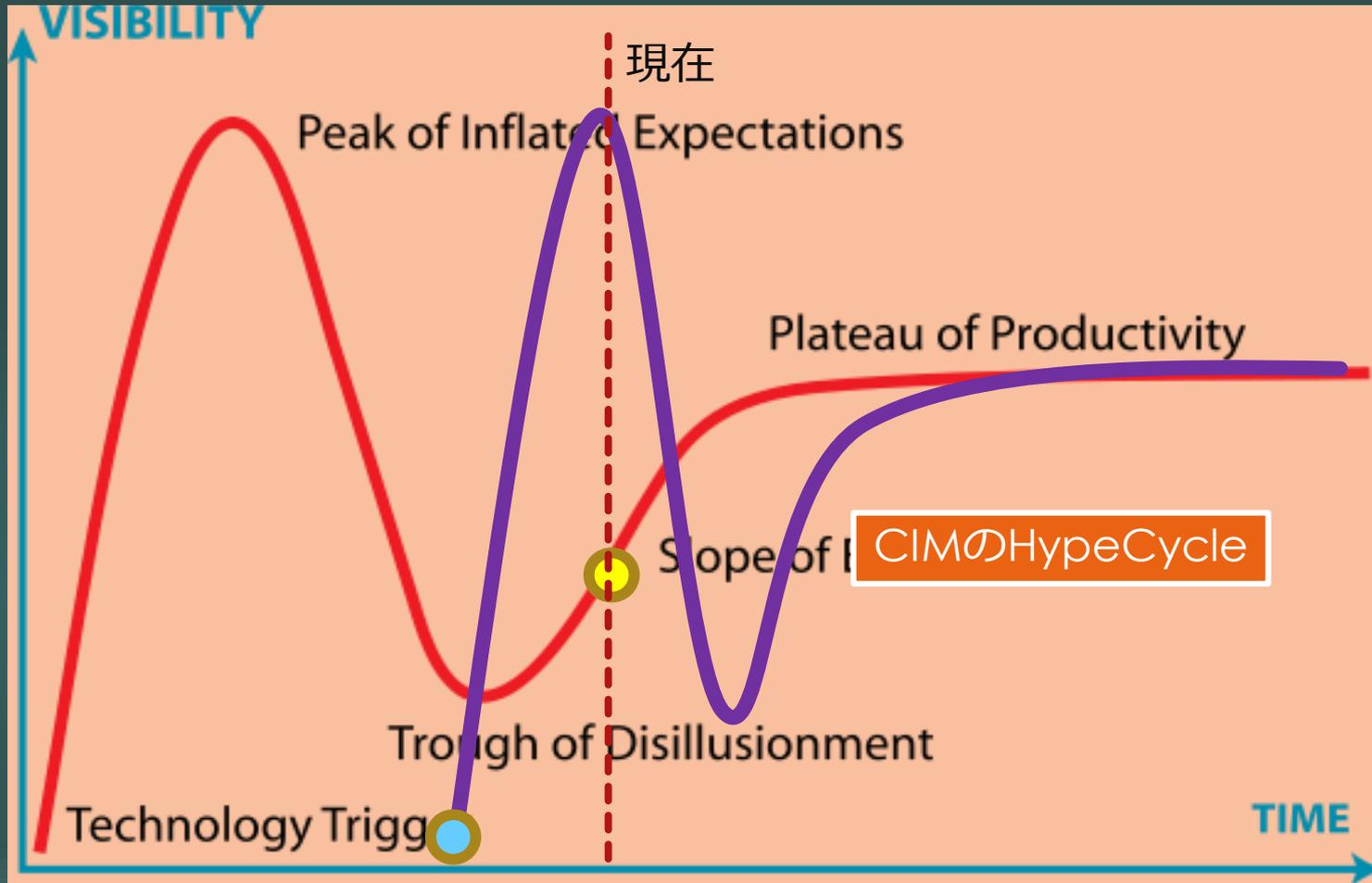


<http://www.gartner.com>

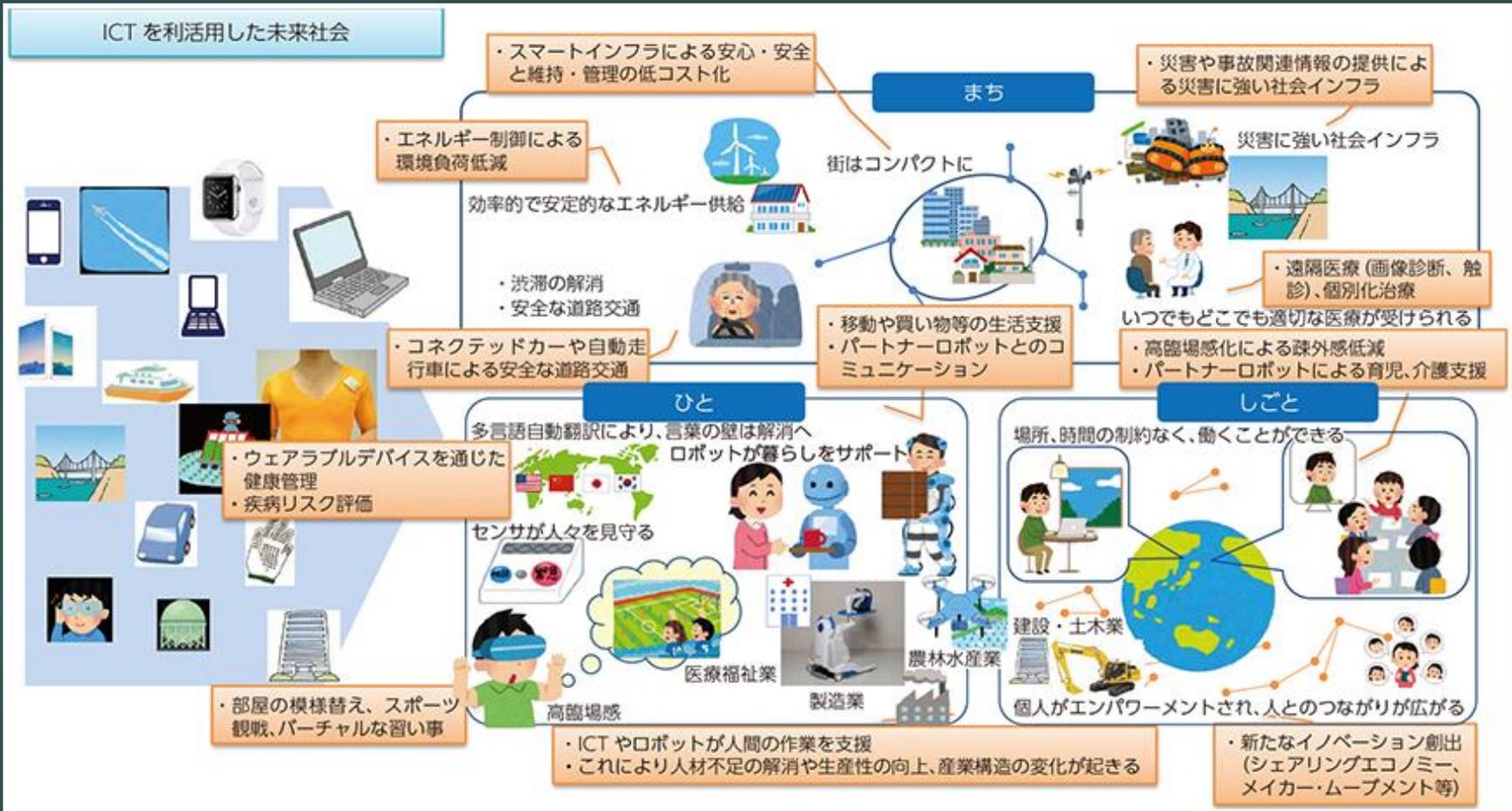
土木3次元設計のHypeCycleを考える



CIMのHypeCycleを考える



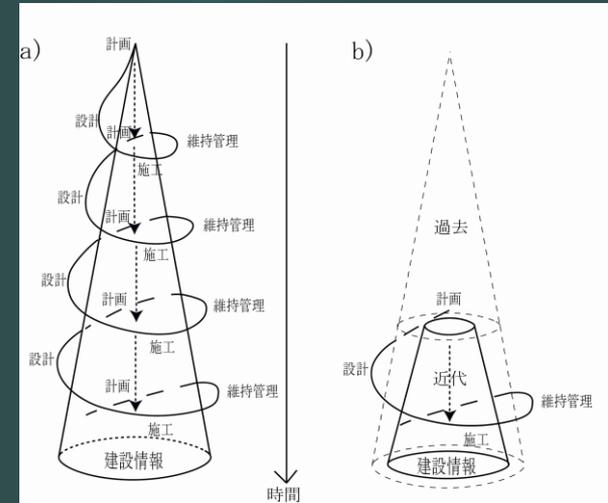
総務省の描く2030年の未来予想図



平成27年版情報通信白書（総務省）より

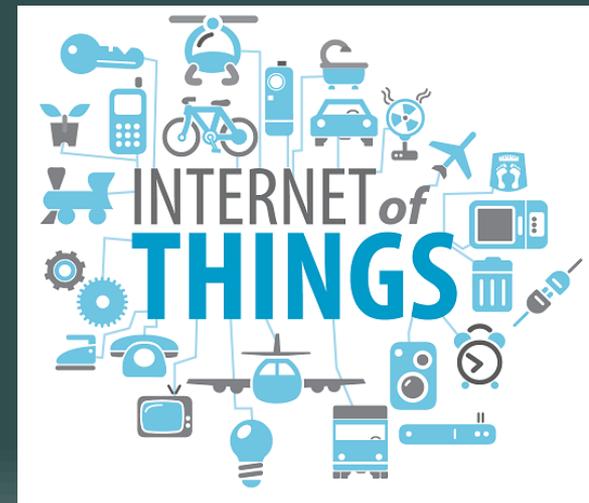
これから予想される 情報通信環境の変化

- ▶ 通信速度はさらに向上し、クラウド化（シンクライアント化）が進む
- ▶ 蓄積される情報はますます増加する
- ▶ 情報端末の小型化，ウェアラブル化が進む
- ▶ IoT（Internet of Things）の進展により、様々なモノ（インフラやクルマも），そして人も常にインターネットに接続されるようになる
- ▶ ロボット技術が進み，作業の代行や支援が進む。
- ▶ UAVやMMSの進歩と処理技術の進歩により、3次元計測技術が進む
- ▶ 準天頂衛星等により測位の高精度化が進む
- ▶ 人工知能技術が進み，ビッグデータの解析やその応用による自動化が進む
- ▶ 建設情報に詳しい人材の高齢化（不足）が進む

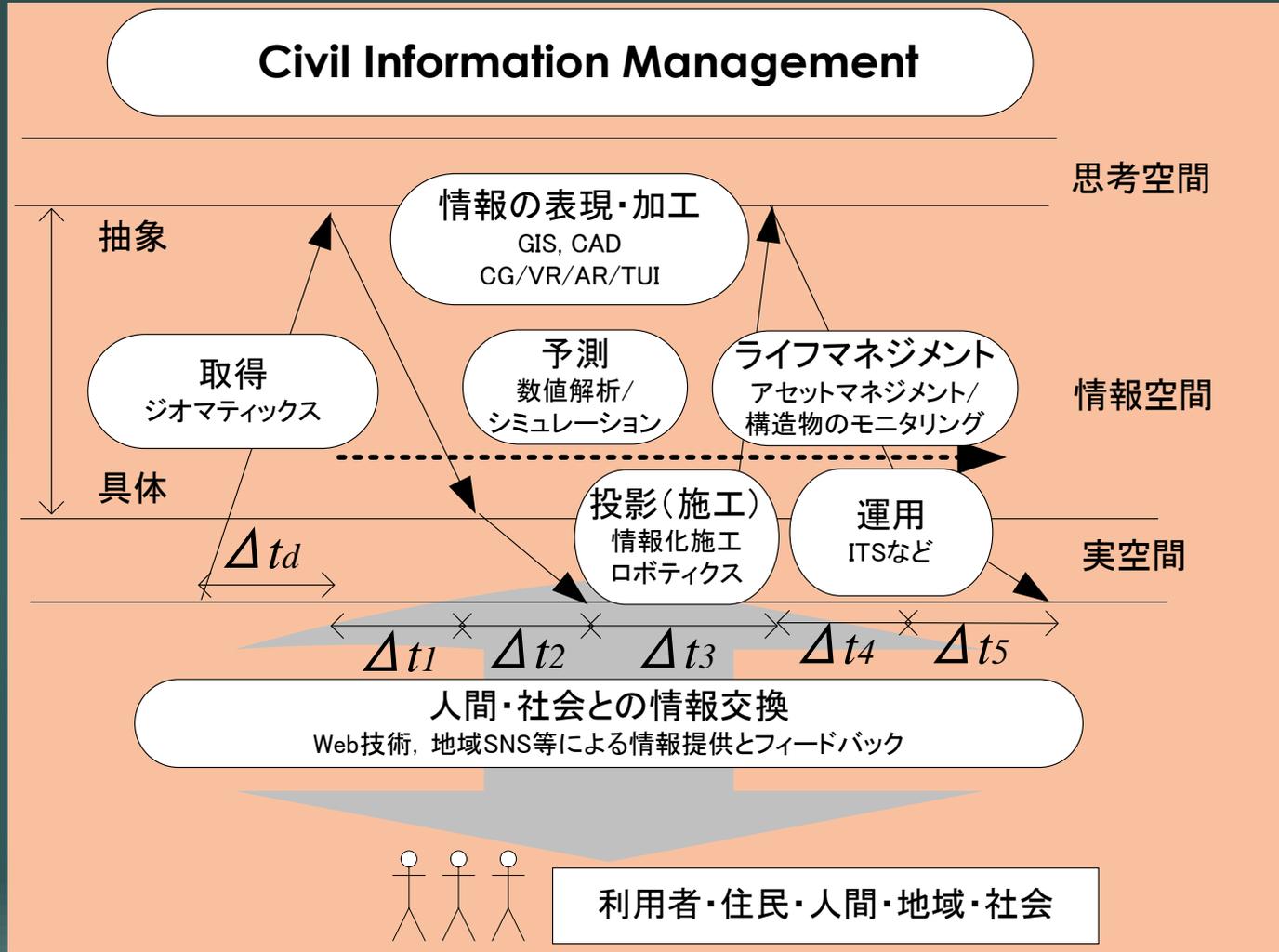


情報のスパイラルモデル

蒔苗(2008)



CIM : Construction から Civil へ (Civil Information Management)



CIMによるライフサイクルの循環

効率化による
生産性と品質の向上

適切なインフラ管理による長寿命化

アセットマネジメントによる
ライフサイクル（スパイラル）の循環



これからすべきいくつかの課題

- ▶ 空間情報を基盤とした汎用的なインフラ情報管理の仕組みづくり
 - 欲しい情報を容易に導くための汎用的な仕組みをつくる
 - 空間情報は良いインデックスでありインターフェースになる
 - 3次元情報に限らず既存の図面・報告書等の情報を含める
 - 蓄積した情報を処理し、知恵・知識を導く仕組みも必要である。
- 自動{計測 | 設計 | 施工 | 維持管理}の実現
 - 自動化の夢はあきらめない
 - ソフトウェアや設計技術の発展を阻害しない標準化の道を模索する
 - IoT, ロボット技術のさらなる活用を考える（特に維持管理では有用）
 - コンピュータ利用を前提とした最適な設計・施工プロセスを導き、それに基づいた手法を確立する必要がある（基準等の見直しも必要）
- 建設情報を支える人材の育成
 - 進む情報に詳しい人材の高齢化
 - 情報を基盤として考えてCIM教育を考えいく必要がある。

➔ CIM (Construction ⇒ Civil Information Management) によるより良い社会基盤の創出と適切な維持の実現

Thank you for your attention!

makanae@myu.ac.jp

<http://www.myu.ac.jp/~makanae/>

関連文献

蒔苗耕司：土木における情報の意義と役割，
土木学会論文集F, Vol, 64 No.2, 148-162, 2008.5.

http://www.jstage.jst.go.jp/article/jscejf/64/2/64_148/_article/-char/ja/