

日本のインフラの今後を考える

－先端技術の利用－

先端建設技術センター セミナー
2014.10.22

藤野 陽三

横浜国立大学 先端科学高等研究院
(9月まで 安心・安全の科学研究センター)

fujino@ynu.ac.jp

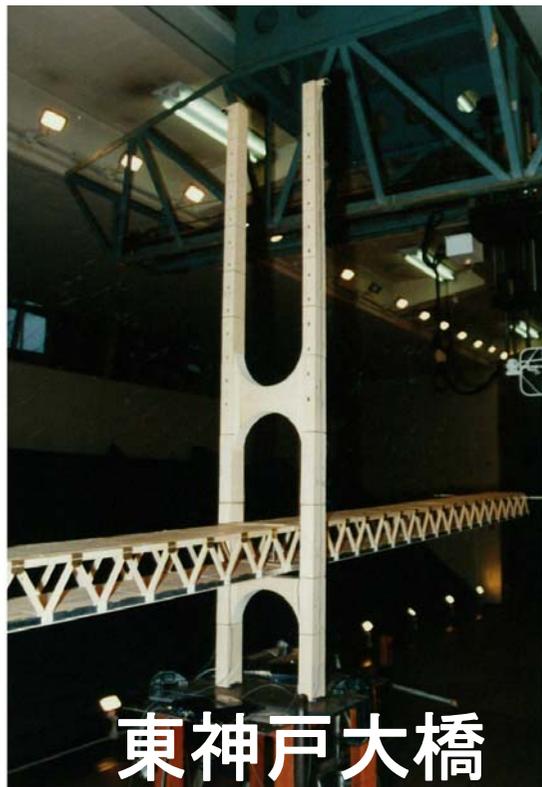


1980年代 前半

若い頃
建設の時代

橋の風洞実験. 先端分野

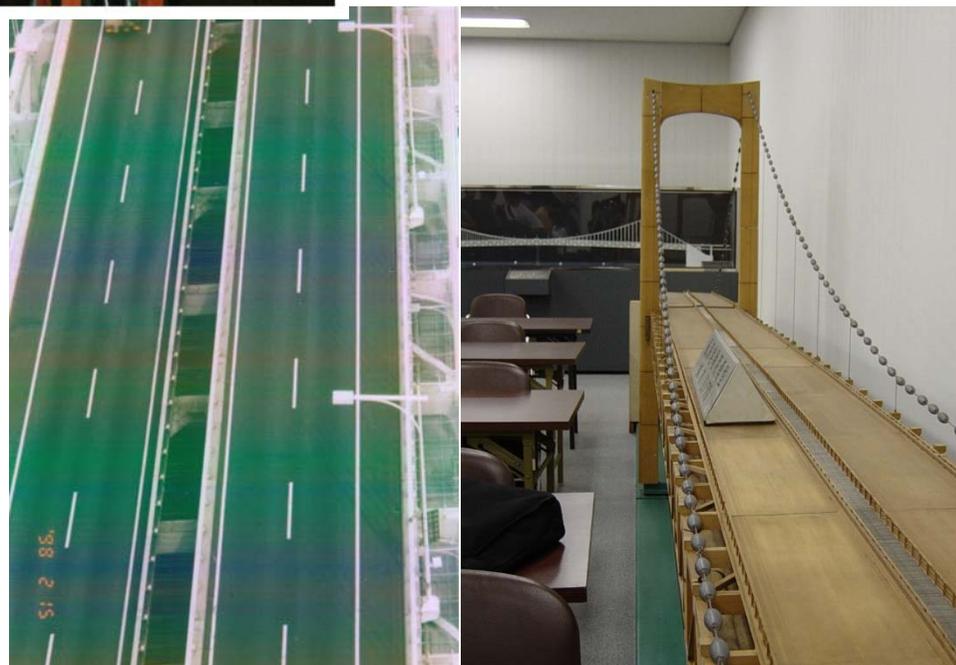
実験室内での
真の挙動



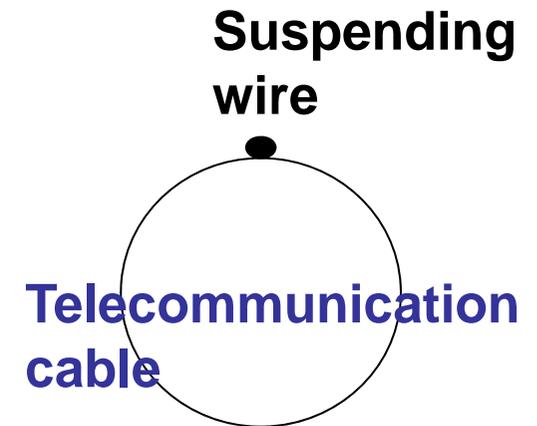
東神戸大橋



レインボー
ブリッジ

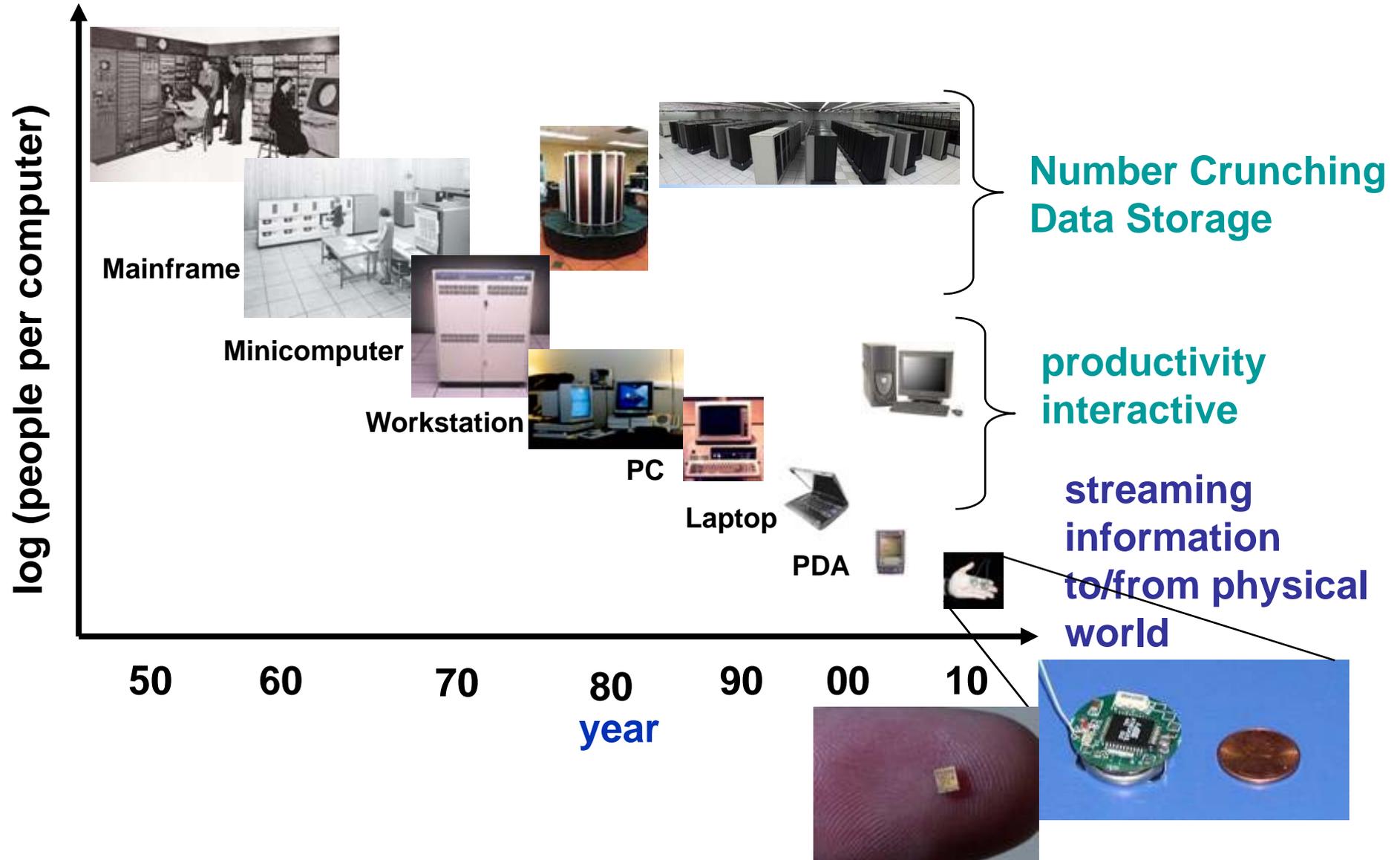


wind ←



ケーブルの風洞実験

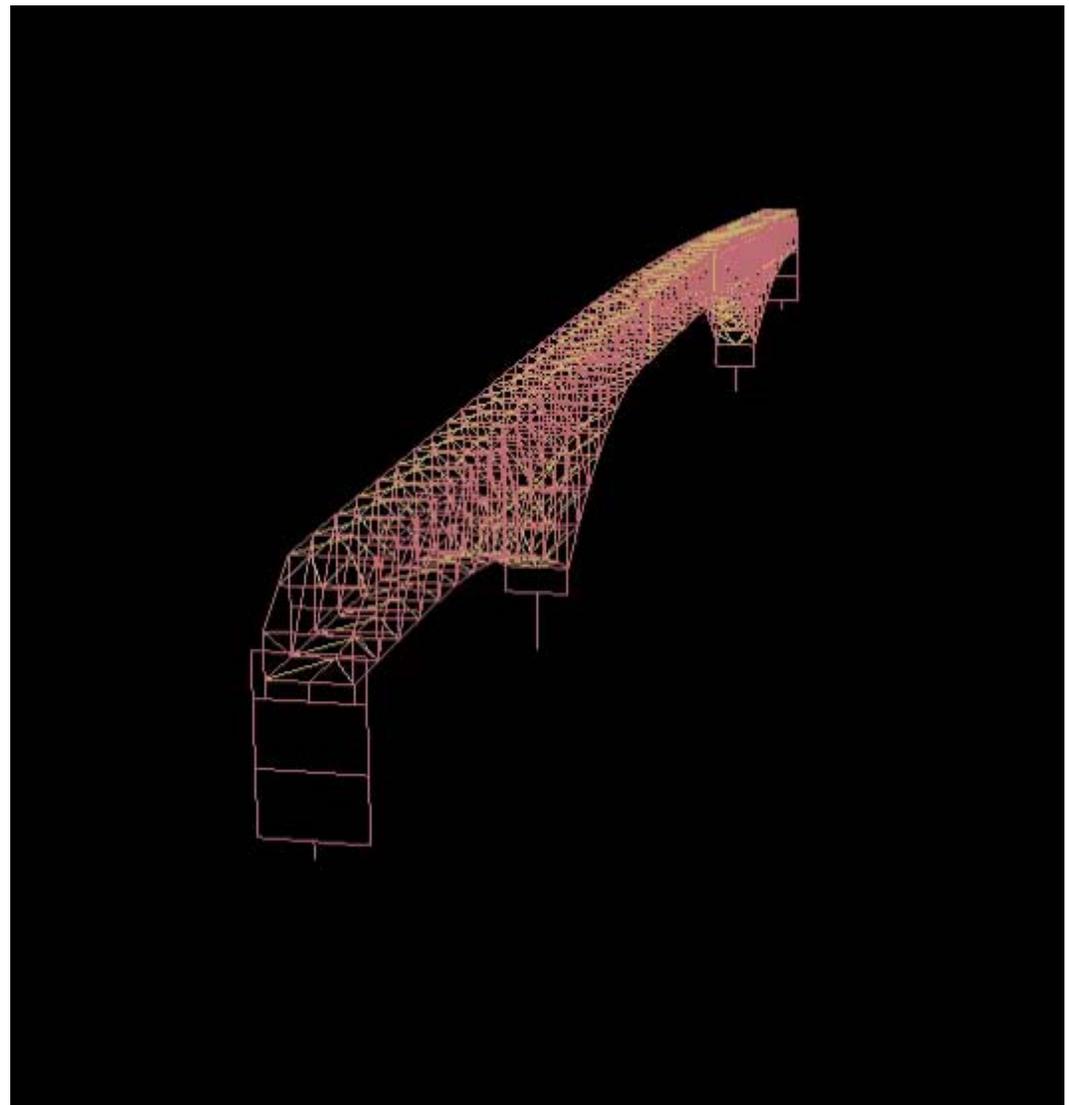
コンピューティングの時代 “Revised” Moore’s Law



シミュレーション 解析

何十万自由度
非線形地震応答

真？



すべてはインプット次第
それは測らないとわからない



1989年ごろ
リアルワールドには
面白いことがある。

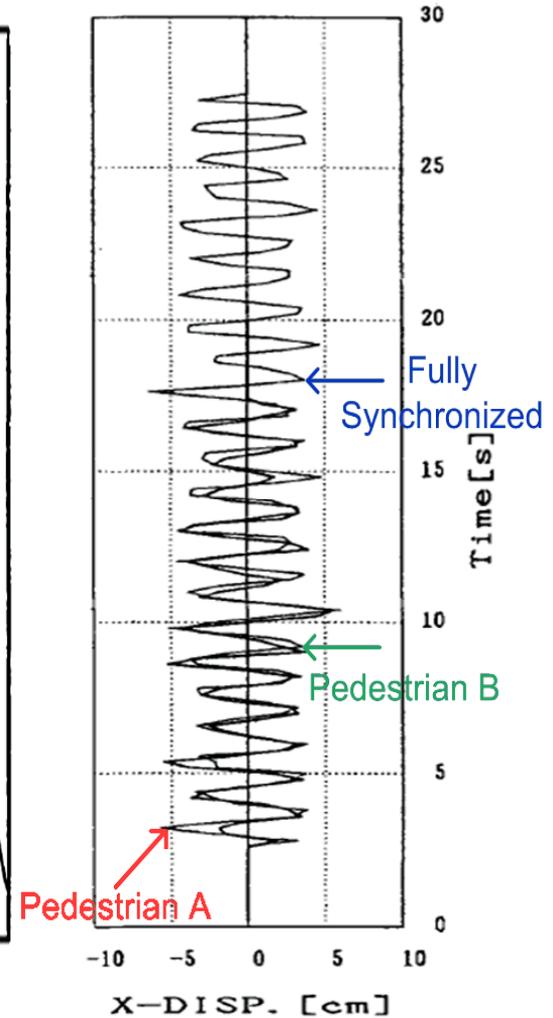
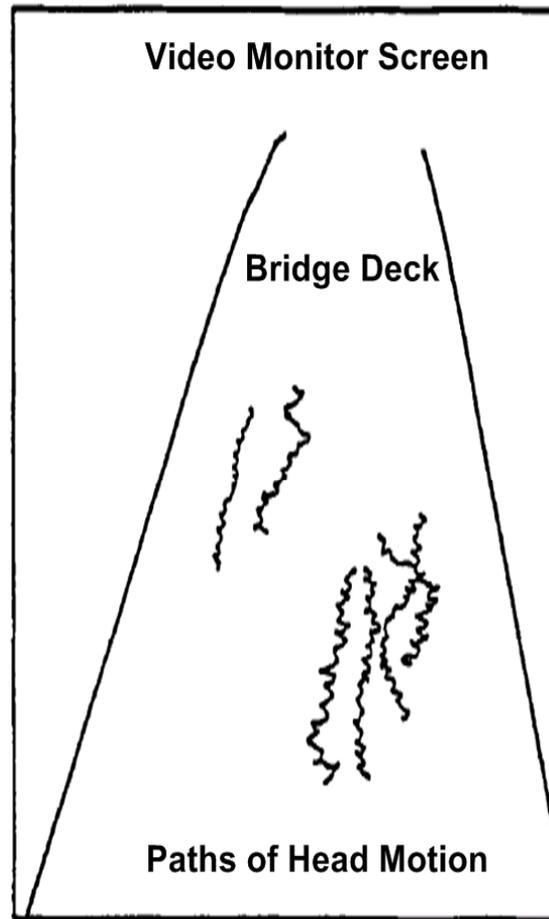




1989年12月31日 大晦日 年最大の競艇レースのあと
世の中には面白いことがある。 画像の威力



Our First Involvement : Toda Bridge 1989



Toda Bridge : 31 December 1989

英語で論文 人間の歩行の同期

EARTHQUAKE ENGINEERING AND STRUCTURAL DYNAMICS, VOL. 22, 741-758 (1993)

SYNCHRONIZATION OF HUMAN WALKING OBSERVED DURING LATERAL VIBRATION OF A CONGESTED PEDESTRIAN BRIDGE

YOZO FUJINO*

Department of Civil Engineering, The University of Tokyo, Tokyo 113, Japan

BENITO. M. PACHECO[†]

Ammann and Whitney Consulting Engineers, New York, NY 10014-3309, U.S.A.

SHUN-ICHI NAKAMURA[‡]

Bridge Engineering and Construction Division, Nippon Steel Corporation, Tokyo 100, Japan

AND

PENNUNG WARNITCHAI[§]

Division of Structural Engineering and Construction, Asian Institute of Technology, Bangkok, Thailand

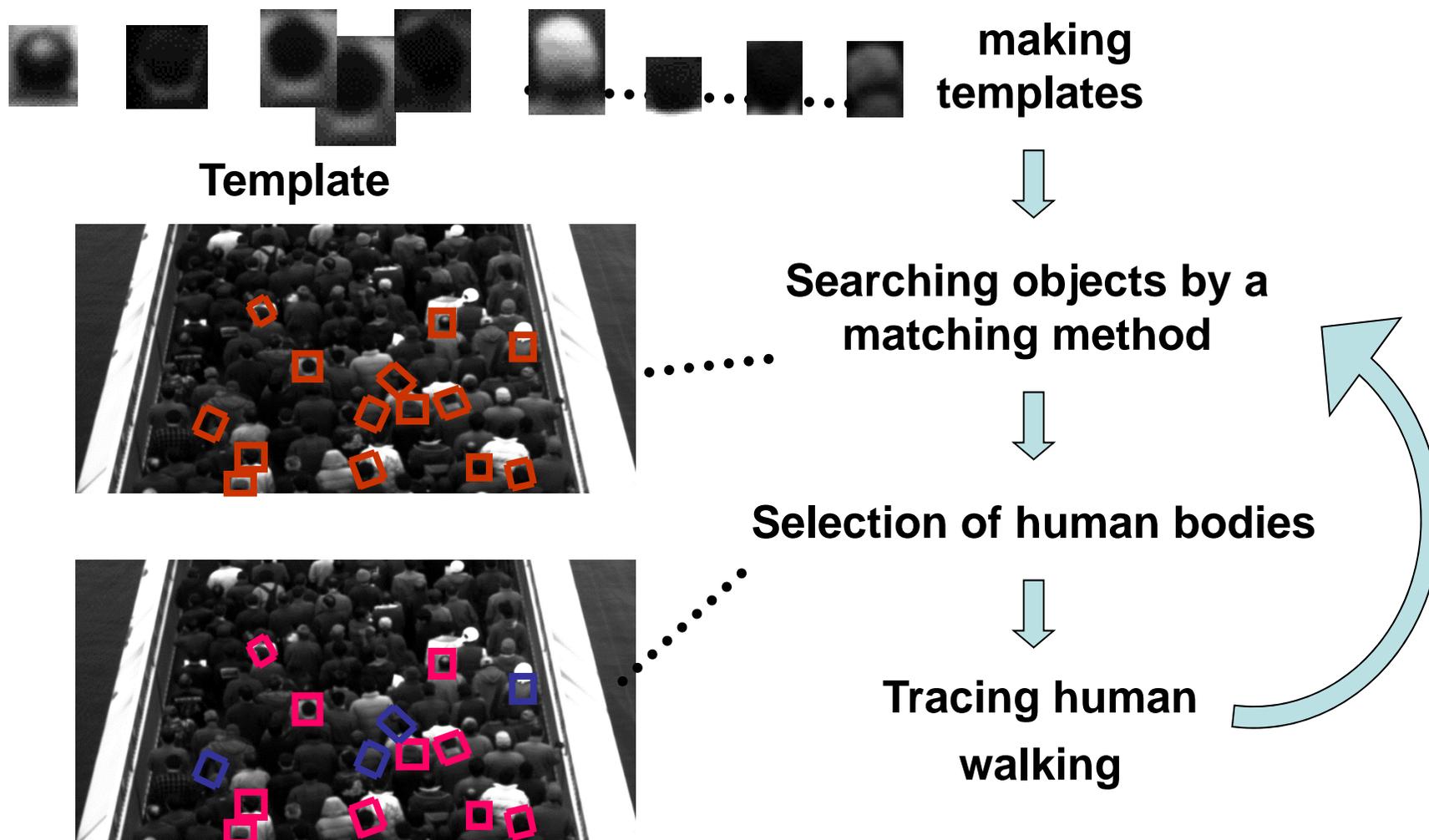
SUMMARY

Observation of human-induced large-amplitude lateral vibration of an actual pedestrian bridge in an extremely congested condition is reported. Walking motions of pedestrians recorded by a video camera are analysed. It is found that walking among 20 per cent or more of the pedestrians on the bridge was synchronized to the girder lateral vibration. With this synchronization, the total lateral force from the pedestrians to the girder is evidently increased and it acts as a resonant force on the girder lateral vibration.

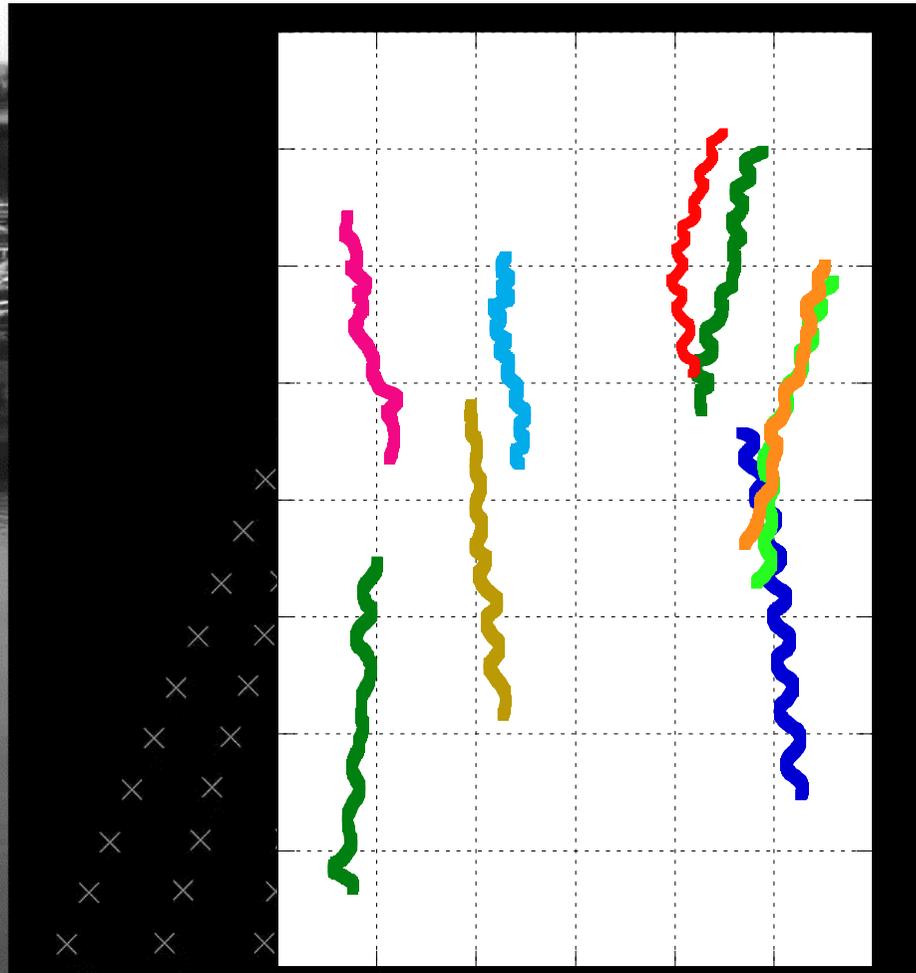


2003年ごろ 画像の質の向上

Process of capturing human motion by image analysis 画像技術



Traced paths of human motion during walk



Paths of human walk



ミレニアムブリッジ 2000.6 吊橋形式

Norman Foster
によるデザイン
エリザベス女王を
お迎えして



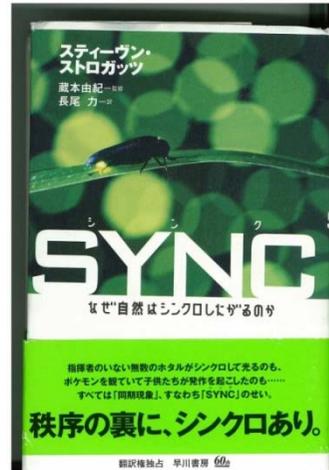
1999.12 オープン
パリのSolferino
歩道橋





想定外の振動 橋は1年半閉鎖

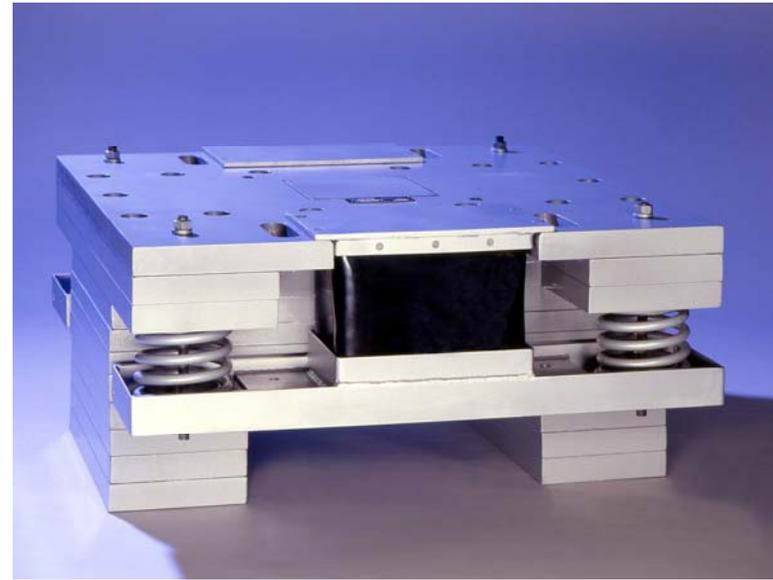
Synchronizatic 同期



CONTENTS

Preface	1
I · LIVING SYNC	
<i>One</i>	
Fireflies and the Inevitability of Sync	11
<i>Two</i>	
Brain Waves and the Conditions for Sync	40
<i>Three</i>	
Sleep and the Daily Struggle for Sync	70
II · DISCOVERING SYNC	
<i>Four</i>	
The Sympathetic Universe	103
<i>Five</i>	
Quantum Choruses	127
<i>Six</i>	
Bridges	153

Bridges 橋



Rainbow Bridge Tower (1991)



Active mass damper



Compact, adjustable etc.

アクティブ制御 フィードバック 先端技術

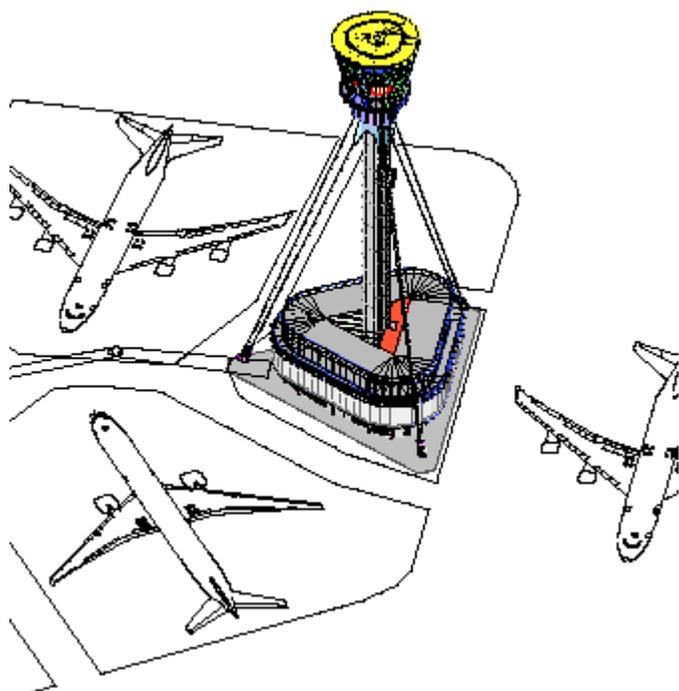
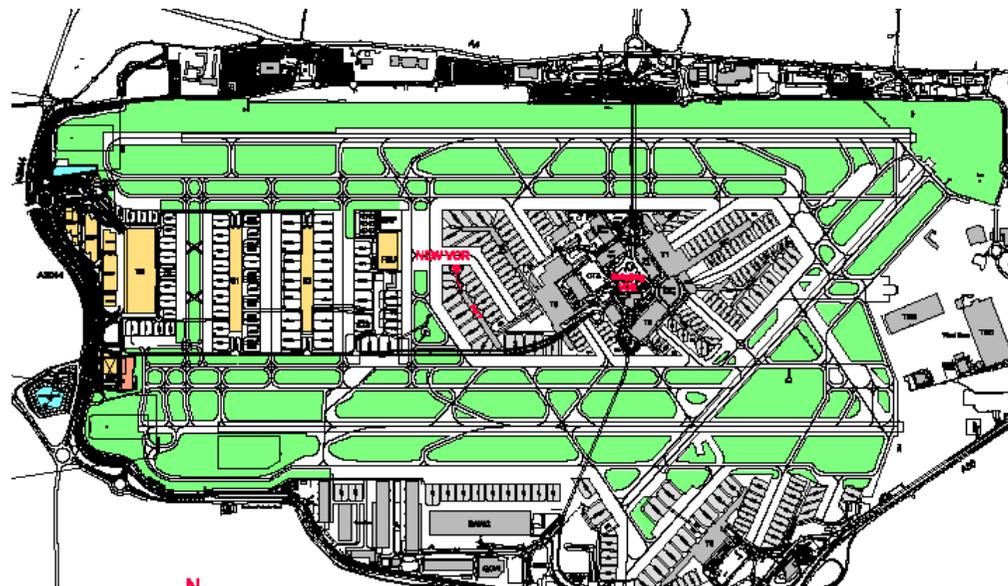
・

Heathrow Airport

ロンドン ヒースロー空港

New Control Tower

拡張に伴い、新しい管制塔



IHI製作

生物の進化

防御系 皮膚

骨格

物質循環系 血管

循環器

神経系 神経

神経節

脳

社会・都市基盤の進化

防御系基盤 自然災害に対処

安全・丈夫な建物

物質循環系 ライフライン

交通・エネルギー

神経系

センシング
&コントロール

知的社会基盤



特集 生産からメンテナンスへ

建設の時代から保守の時代へ

東京大学／生産技術研究所
教授
片山 恒雄

はじめに

私は今年で55歳になるが、戦後成長期の申し子である。敗戦直後の日本は荒廃の時期であった。まともに水道、電気、ガスの無い家が多かった。1950年代に入っても、ほとんどの人は、掃除機、洗濯機、カラーテレビなどは自分の生活には一生無縁だと思っていた。いわんや自動車をや、である。それが、1950年代の終り頃から急激な発展の時期に入った。東京オリンピック前後の高度成長期には、東京周辺の電力需要は1年に17〜18%の伸びを示したと言われ、それに対応する設備投資がおこなわれた。急激な発展、生産の時代がいつまでも続くわけではない。ア

漠然とした不安

わが国のインフラストラクチャ事業者の共通の認識は、現時点ではほとんど問題はないというところにある。メンテナンスに全力投球する必要性を感じていない。

しかし、話を進めていくと、それでも将来に対して漠然とした不安を持っていることがわかる。ある日突如として、それまで想像もしなかった割合で事故が起こり出すかもしれないという不安である。

自信にも不安にもそれぞれ根拠がある。

まず第一に、日本のインフラストラクチャは比較的新しい。地震国であることもプラス要因である。大抵の構造物は地震の影響を考へることによって相当強めにできている。石橋を叩いて渡らせられた現行行政も、安全という面だけを見れば良い方に働く。



経歴
1962年 東京大学工学部
土木工学科卒業
1964年 ニューサウスウエ
ールズ大学フィジカル
1970年 中央大学理工学
部土木工学科助教授
1971年 東京大学生産技
術研究所助教授
1982年 同上教授
1993年 同上付属「国際
災害軽減工学研究セン
ター」センター長

メリカ合衆国の場合、1960年代後半から道路・橋・上下水道施設などの社会資本に対する適切な投資がなされず、1970年代の終り頃から「荒廃するアメリカ」が、社会問題として大きく注目されるようになった。

「荒廃する日本はあるだろうか」

5年ほど前、この問題を検討する委員会をとりまとめたことがある。委員会のメンバーは、電気、電話、水道、ガスなど、社会資本の中核をなす事業者である。そのときにも、わが国のインフラストラクチャは、建設から維持・補修の時代に入りつつあるという議論が大勢を占めた。経済の追い風が弱まった今日、その印象はますます強い。

そこで5年前に交わした議論を思い出しながら、社会資本を中心として、「建設から保守へ」という、極めて今日的な課題を論じてみたい。

他方、あまりにテンポの早い整備の中には拙速に過ぎた建設があったのではないかとさえも疑念をよぶ。需要家のニーズとサービスへの要求水準が変わってきた。電力や電気通信がその代表である。1分間の停電も社会的に許されなという状況になったとき、いまの施設で大丈夫だろうか。

ところが、メンテナンスについて真面目に検討をはじめようとする、周囲の理解が得にくい。「明確なニーズがないものにあえて費用をかける必要はない」「事故も起こらないのに、なぜ取り替える必要があるのか」

一方で事故が起こると「早く直せ」とせつつかれる。なんとかが反論したくても、インフラストラクチャの保守を正当化し、その必要性を説得できる哲学がない。

企業として保守に対するしっかりとした考えがない。ものをつくる技術は死に物狂いで開発してきたが、メンテナンスのための技術は十分そろっていない。メンテナンスの費用とその効果の関係を調べようにもデータが不足している。これでは保守の仕事が会社の仕組みとしてうまく転がっていかないのは当然である。

例外的に予防保全と積極的に取り組んでいる企業に話を聞いてみると、多くの場合、過去に大きな事故を経験しており、

保全技術の必要性と可能性*

吉川 弘之**

Key words: maintenance, social aspects of technology, maintenance economy, automatic diagnosis, automatic repair, mobile robot.

1. 序

技術の発達史を調べると、そこには技術固有のオートノミーが存在するように見えることがある。もちろん、技術の発達は経済とか社会の、いわば技術の外の世界からの要求や影響によって進められたと考えられる場合も多くある。恐らく、事実上両方の場合が混在しているのであろう。従って、我々が技術者として、今後の人間にとって技術が何をなし得、また何のために技術が使われるべきかを考えるとき、技術に対して外から何が要求されているのかという視点と同時に、現在我々が手にしている技術はどんな技術であり、またどうなっていくかということ、技術の内側から考察することも大切であると思われる。ここで取り上げるテーマは、保全（メンテナンス）であるが、いわばこの古いテーマをここで新たに取り上げるのは技術の存在様式を考察する過程で生まれた一つの視点であるからである。結論は、保全は新しい位置付けをされ、重要な問題として研究の対象にすべきであるということである。この一文は技術の発達でどのような視点から生まれるのかという一つの試論でもあり、また一つの技術の重要性を主張する方法についての試論でもある。これは技術が何をなし得るかという問に対する一つの答え方であると筆者は考えている。

2. 技術を支える思想の軌道修正 「生産から保全へ」

保全（メンテナンス）という言葉は、何となく暗く、後ろ向きで、魅力的でない。事実、製造業においては、保全はその主流ではなかったし、また個人生活においても保全は必ずしも楽しいものではない。国家のレベルでは、環境保護の名のもとに、自然環境の保全についての意識が高まって来たものの、その方向が確定したとは言えず、まだ混乱を残している。特に技術者にとって、保全は、それを自分が全力を挙げて取り組む課題にするためにはもう一つ魅力に欠けるというのが正直な実感であろう。事実、企業において「保全スペシャリスト」が将来を約束されるという例はあまり聞かないし、工学研

究においては「保全研究者」の論文生産性は悪いと言われる。

これらには理由がある。保全という問題は、それが明確に意識される場面は比較的限定されていたし、またその持つ意味が十分に明らかにされることもなかった。従って、保全問題の輪郭はあいまいであり、保全の効用を適確に言うことは困難である。このような状況のもとでは、保全にかかわる問題は、それが非常に重大な問題である場合でさえも、問題が局所的なものとしてしか論じられず、技術の全体の中での保全の位置付けという意識を呼び起こすことがなかったのは当然と言える。例えば、スリーマイルアイランドの原子力発電所の事故、航空機の事故、コンピュータや都市高層ビルの火災などは、それが起きる度に、その社会的なインパクトの大きさから当然のこととして、巨大技術の管理の問題、マン・マシンシステムの問題、劣化の予知・発見の問題などとして大きく話題になる。これらはすべて保全問題に深くかかわるのであるが、いずれも局所的な改良に帰着するのみで、技術総体における保全の意味を論じるところまでは行かないのが現状である。

企業あるいは工学研究の場において、保全よりもっと魅力的なのが新しい工業製品の開発であり、生産技術の開発である。これらは人々に利便性が高く、かつコストの安い製品を提供して、快適な生活環境を約束する。確かに技術の歴史とは、人が置かれた厳しい自然環境を克服し、人工物による快適な技術環境によってそれを置き換えることを主目標として来たのであるから、工業製品にせよ生産技術にせよ、新しいものを開発することにもっとも魅力を感じるのは正当である。保全は、すでに作られてそこにあるものの、機能低下を回復させるものだとすれば、それは必要ではあるが魅力的でないとするのも当然のことであろう。

これらは、技術とは快適性を目的として自然を人工へ置きかえるものだとする了解ない思想に裏打ちされている。しかし、この思想は修正を受ける必要がある。

この思想は、企業における利潤の原理と結合して、大量生産・大量消費の様式を生み出す。特に我が国ではそれを軸にして、最近の「経済大国」へと成長することを可能にしたと言えるであろう。

* 原稿受付 昭和57年11月7日。
** 正会員 東京大学工学部（東京都文京区本郷7-3-1）

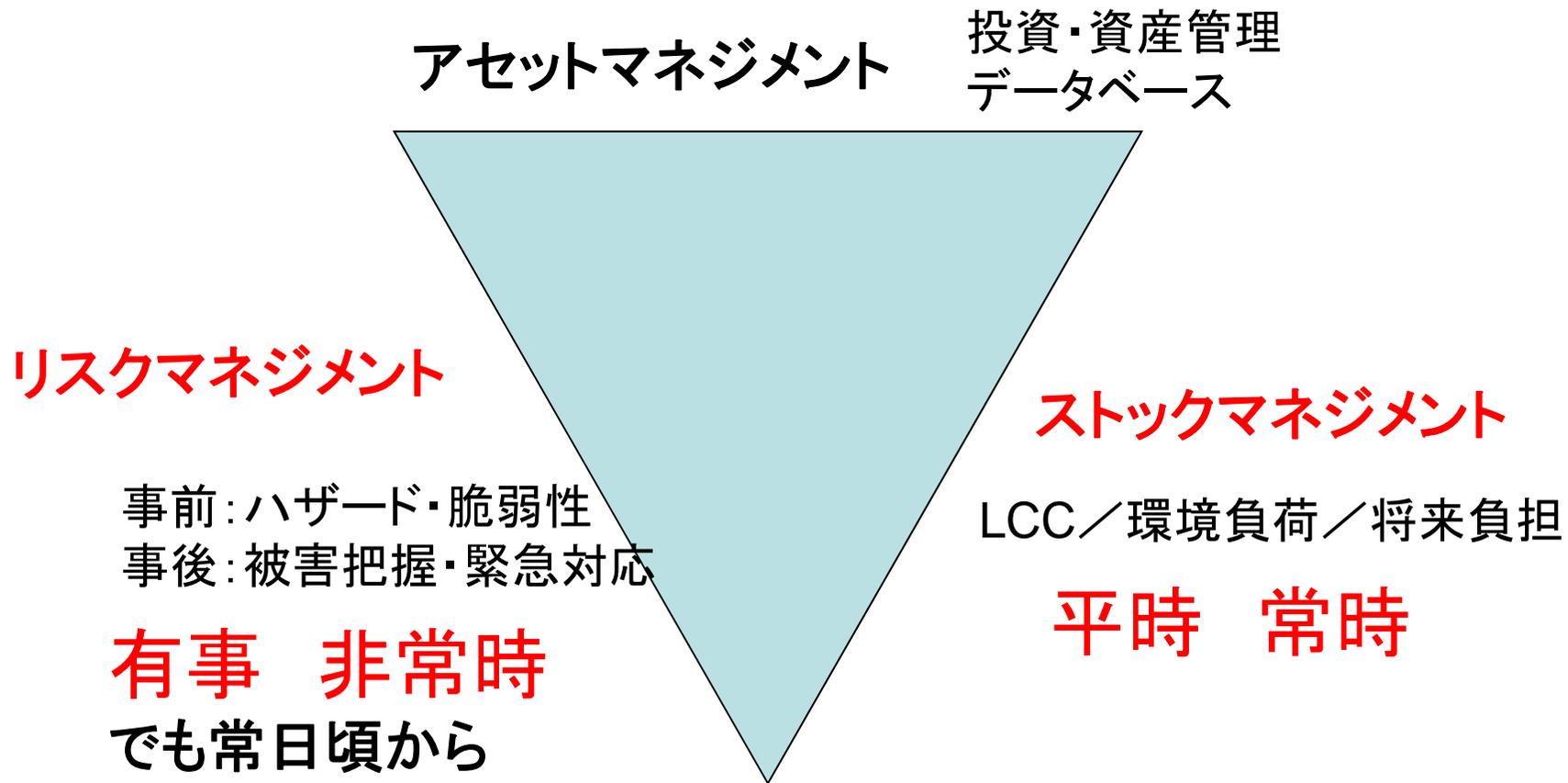
1983年 学会誌 「精密機械」



吉川弘之 東大総長 日本学術会議会長

循環型，持続可能型の生産システム

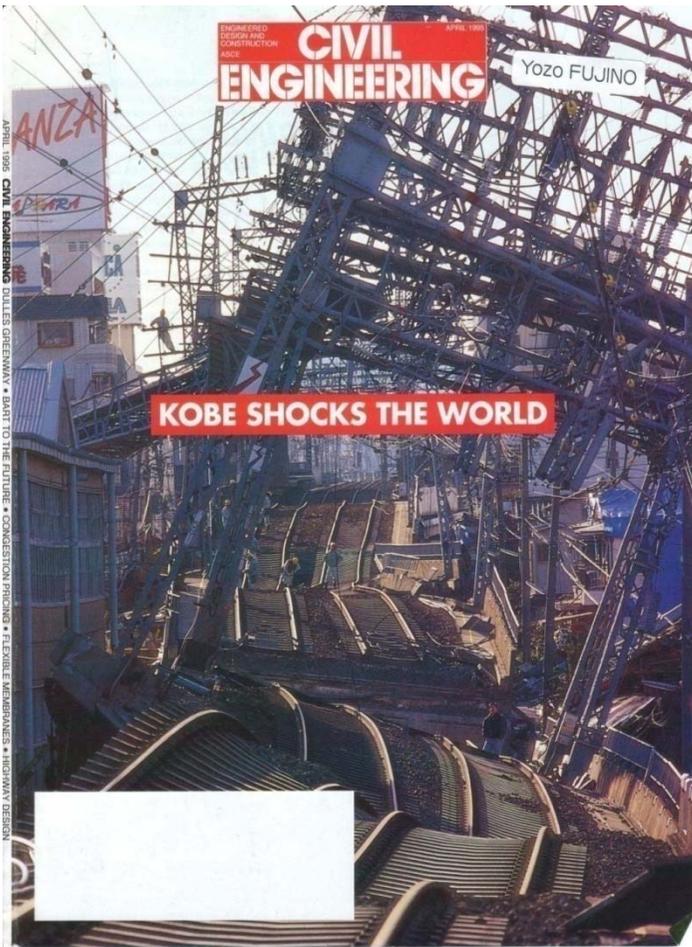
社会基盤マネジメントの考え方



- マネジメントの多様な側面を表す.
- 社会基盤は一つ.
 - 対策は, 多様な側面のバランスを考える必要がある.

橋やトンネルなど 特徴

- 高い公共性 「高い安全」が期待される
- 単品性 マスプロ製品とは違う
- 環境条件が1つ1つ違う (地盤, 気象, 交通)
一つ一つが微妙に違う. どこが壊れるかを予測困難
- 長い供用期間 50年 それ以上 古いものも多い
- 取り換えが難しい
- 長い, 大きい, 数が多い
- 検査が難しい 現場で検査 見えない
- 事故の影響大 大規模/ネットワークの一部

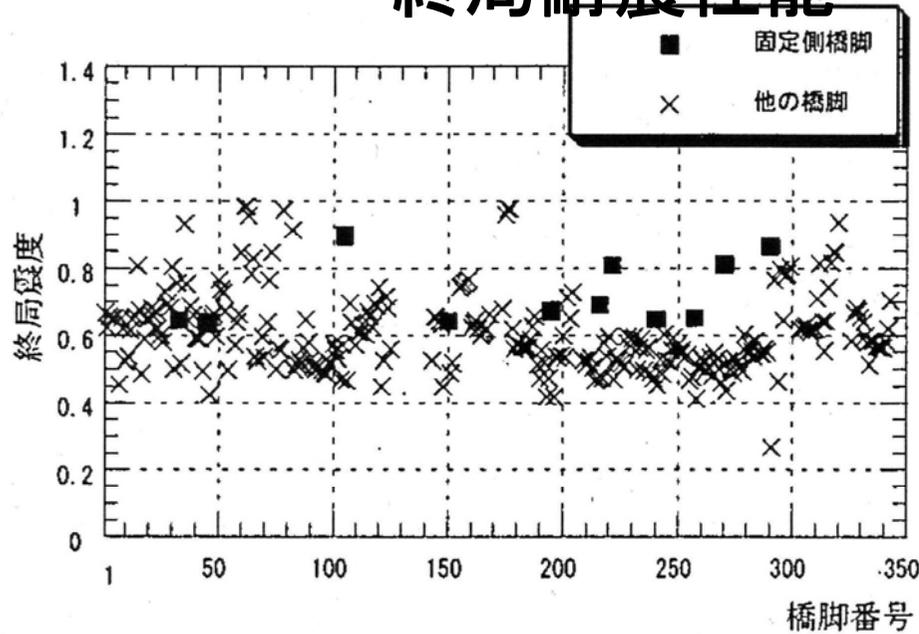
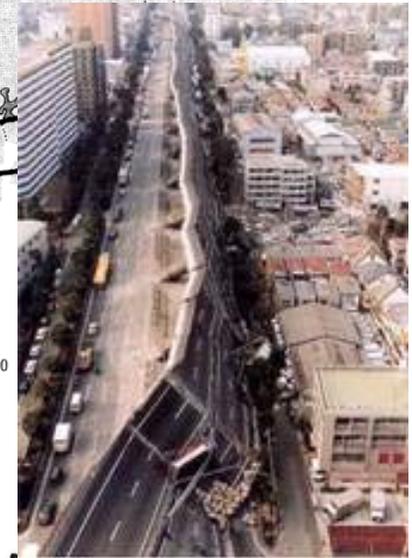
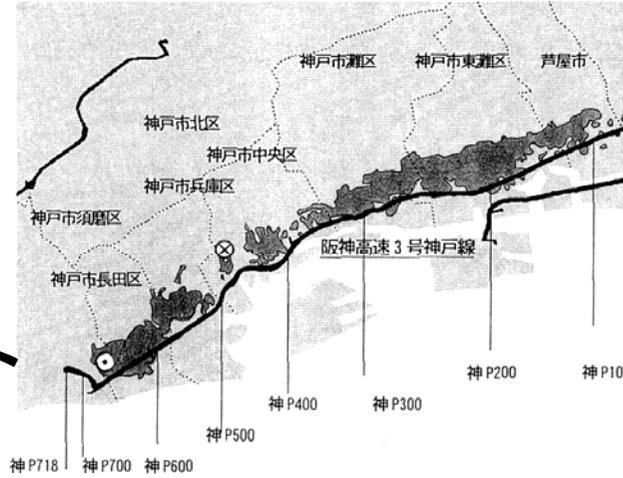


1995.1.17 阪神大震災
耐震補強に目覚めた
既存不適格に要注意

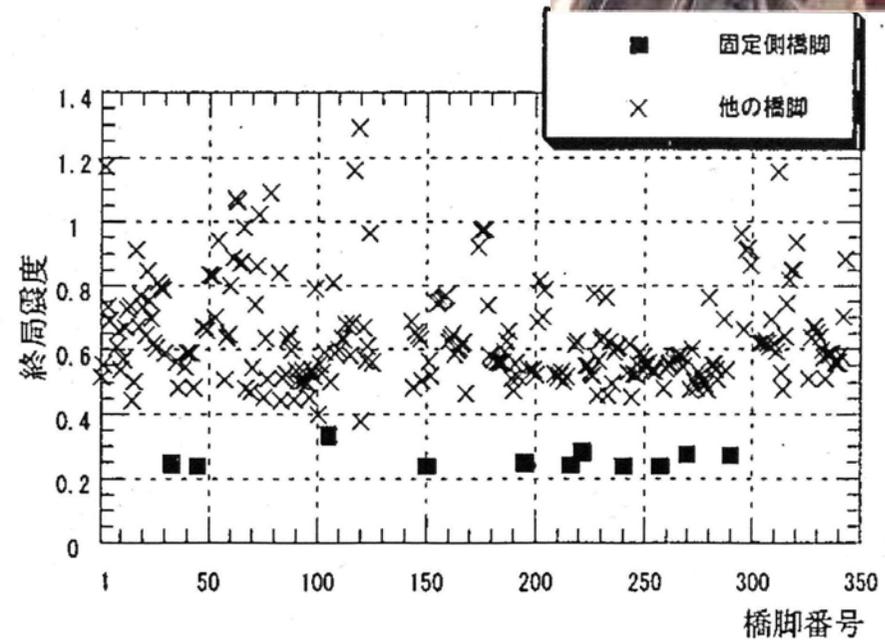
阪神高速道路 神戸線 (1960年代後半, 70年代)



鉄筋コンクリート
単柱
終局耐震性能



b) 橋軸直角方向



a) 橋軸方向

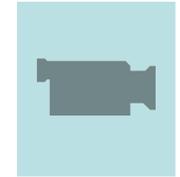
耐震補強を一律にやる非合理性

インフラでは
予期せぬこと 想定外が
時折, 起こる (事故)

想定外: 知らなかったこと
知っていれば
対応できることが多い
知らなかったことにしたいこと

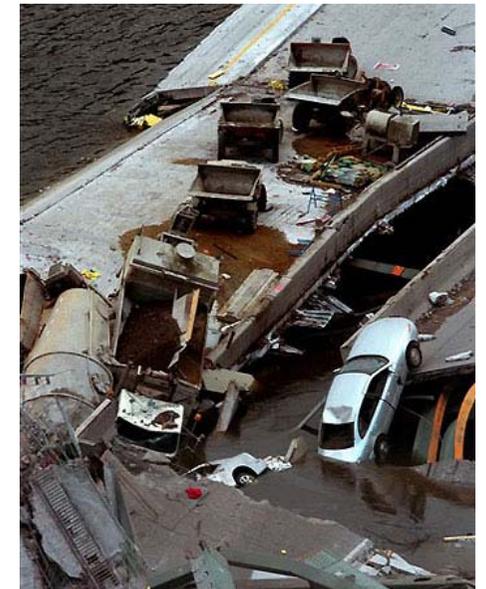
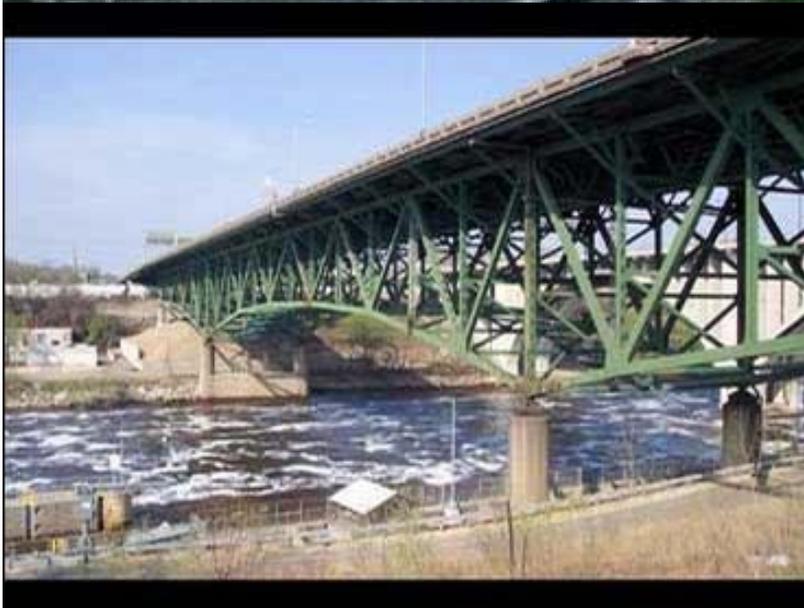


ミネソタ
2007.8.1



2001から 調査
点検

補強か密な点検
難しい判断





原因は設計ミス 点検や詳細調査でも見つけられず
点検 変化したところに着目するのが原則
もともと悪いところは対象外

設計ミス 薄かったU-10 ガセット

2003年撮影

写真でも面外変形していた
写真による自動判定？

すべてにやれるか？



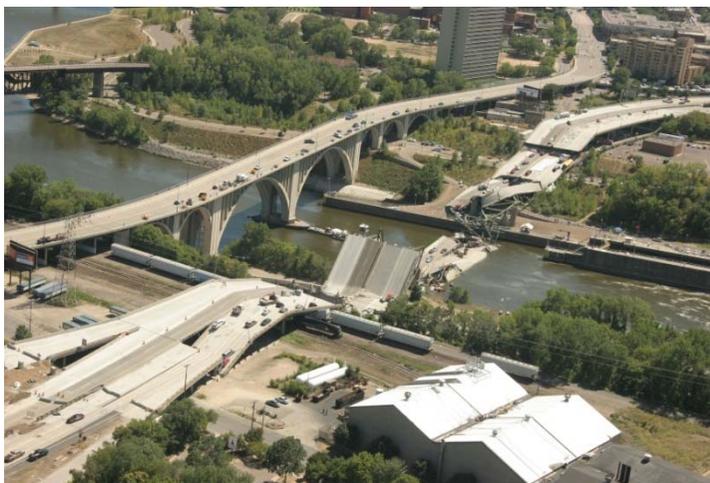
中央高速道笹子トンネルの天井板落下事故 (2012年12月)

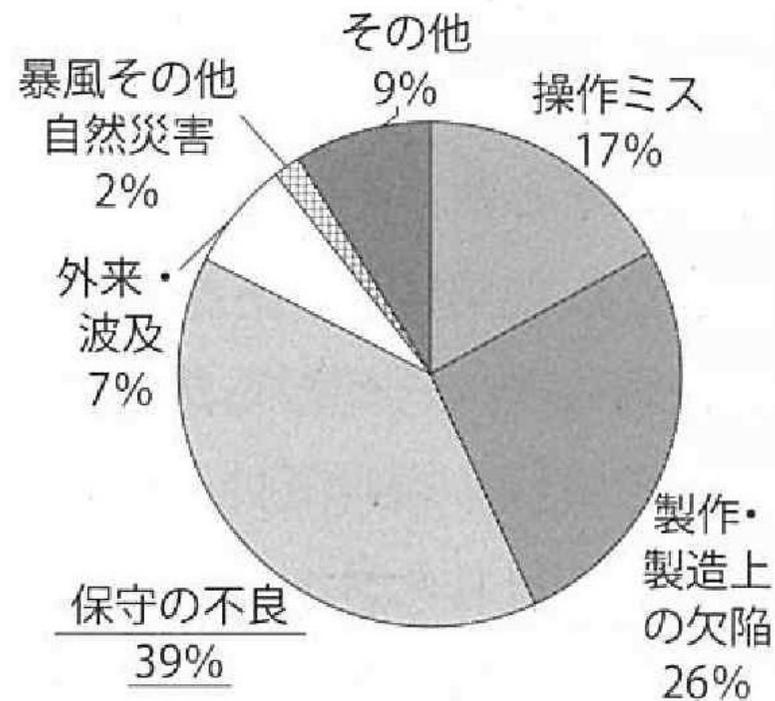
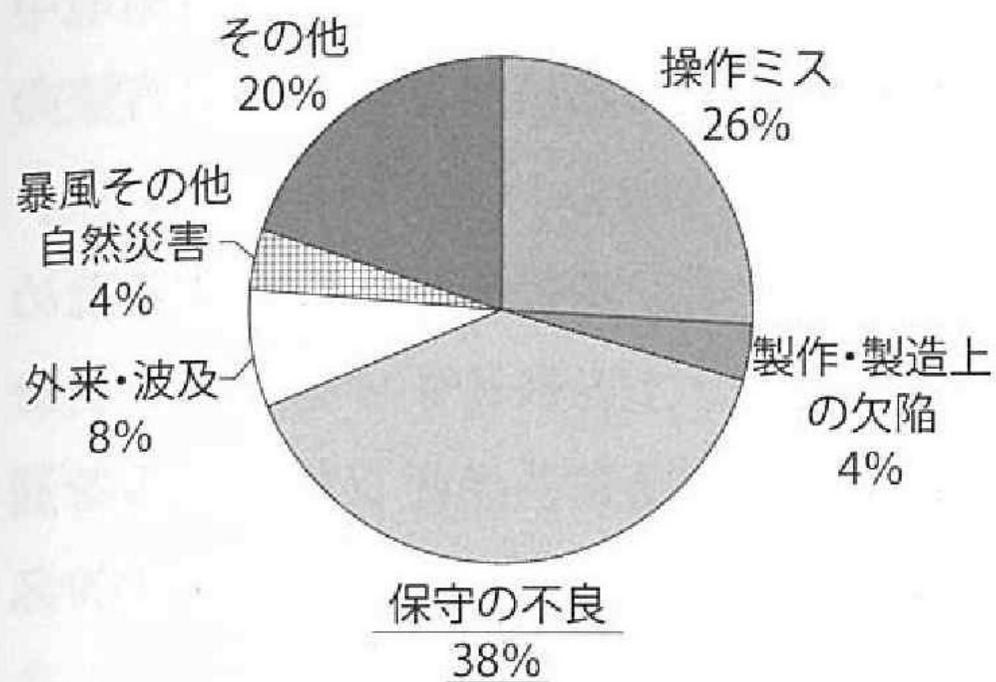


不吉な事故

維持管理に関する事故

- 1967年 シルバー橋
 - 1983年 マイアナス橋
 - 2006年 ケベック・コンコルド橋
 - 2007年 ミネソタ・ミシシッピ川橋
- 冗長性の低い構造＋メンテナンス
 - 「古いもの」ではなく「悪いもの」
 - ライフサイクルマネジメントや維持管理体制にフィードバック
 - Fracture Critical Bridge (FCB)

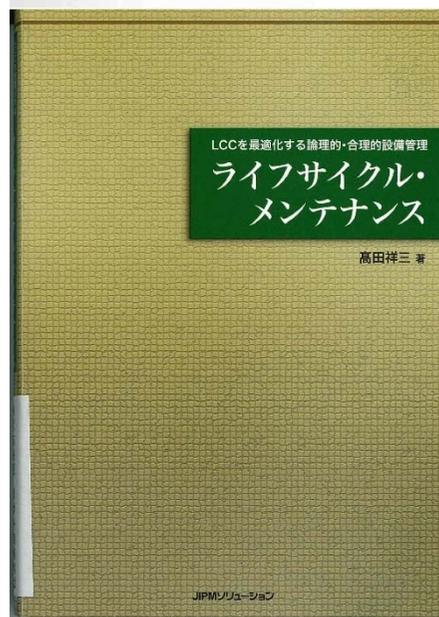




事故件数

損害額

図 1・11 発電設備の事故原因¹⁰⁾



“よい”ものを作ってほしい。

維持管理（点検，補修，取替えなど）のことを考えて，耐久性のあるものを点検できないところを極力無くす。

供用期間を100年と考えると，どのくらいの初期コストの上昇が認められるか？

5%？ 10%？ **LCC思想の徹底**

出来の悪い橋はじわじわと攻めつけてくる。

初期品質の重要さ

Cost 競争

より

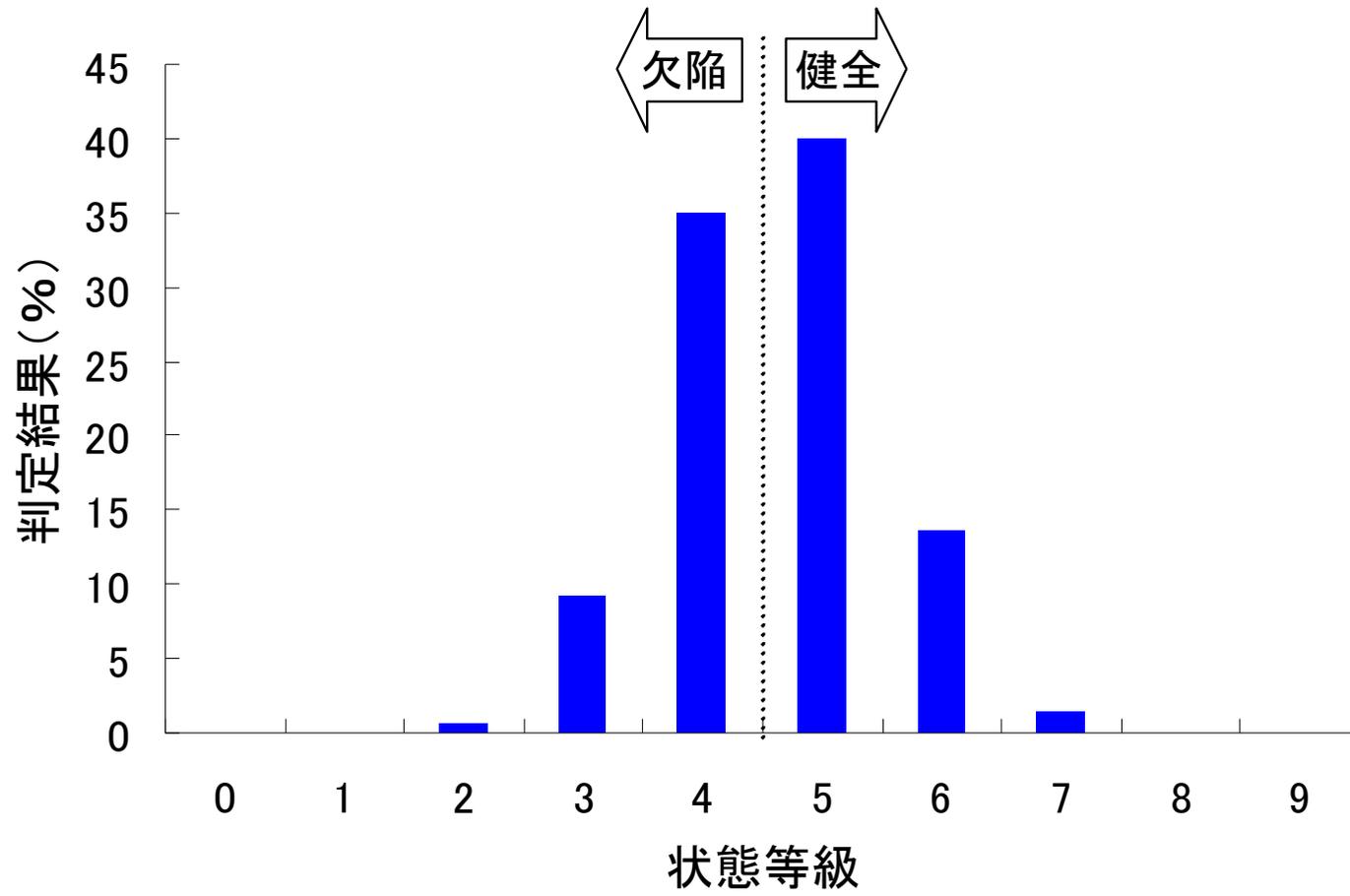
Quality 競争

どのようにそれを達成するか？

入札, 契約



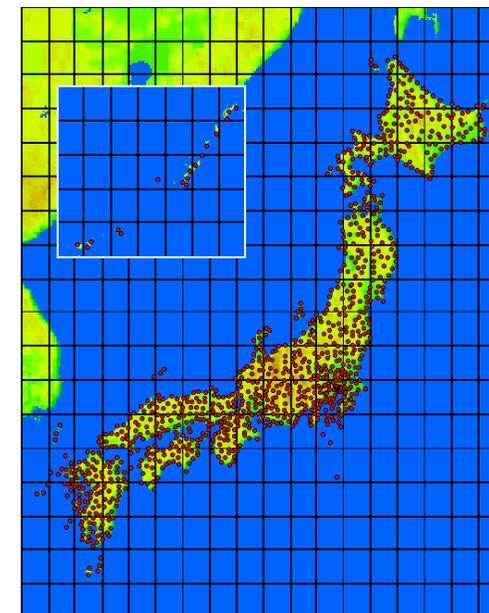
点検 人による目視



目視検査の信頼性

安全技術は進歩しているはずなのになぜか？

都市基盤の拡大・高密度化＝脆弱化



事故・災害事例の経験分析・統計処理
被害事例は僅少・多くの被害は「想定外」

リスク = ハザード × 脆弱性

例：地震動 既存研究の主力
現象・要因毎のセンシング
複合要因検知は困難
局所的、微環境依存

地震動、雨、風、温度
揺れ、変位、歪

都市基盤システム
仮定に基づく評価
実物実験が不可
能

リスク、ハザード、脆弱性の統合的センシングによる真の安全・安心の向上を目指す

センシングの実用化例-

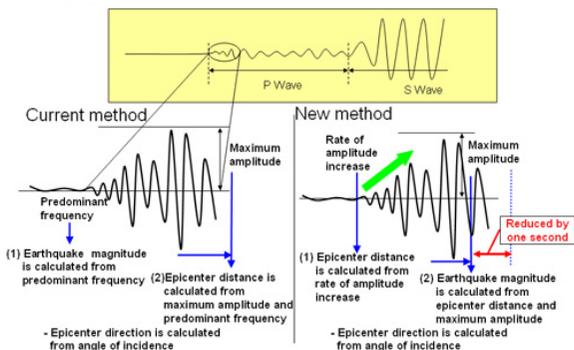
新幹線では-

最新の技術を投入
世界最高の安全性



"TERRA-S" 地震列車警報システム

As calculation of predominant frequency take time, new method reduces estimation time by using amplitude increase rate for the calculation.



列車を止める
まではよいが...

重錘インパクト法 大掛かり
結果の信頼性は？

人力作業での点検が先端技術を支えている
都市基盤スケールでのセンシングは極めてプリミ

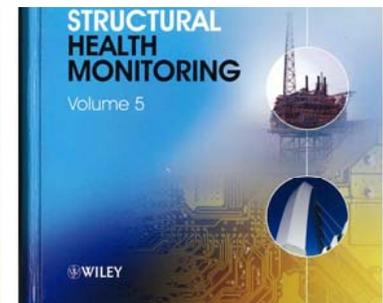
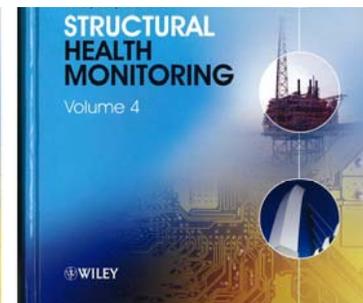
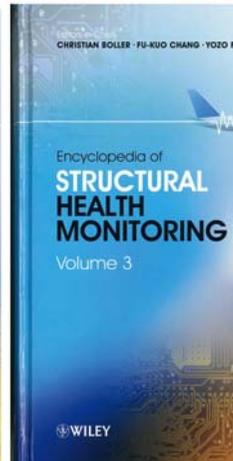
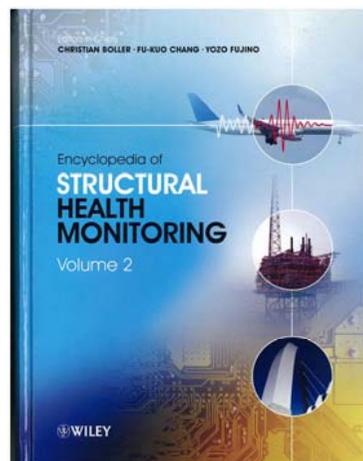
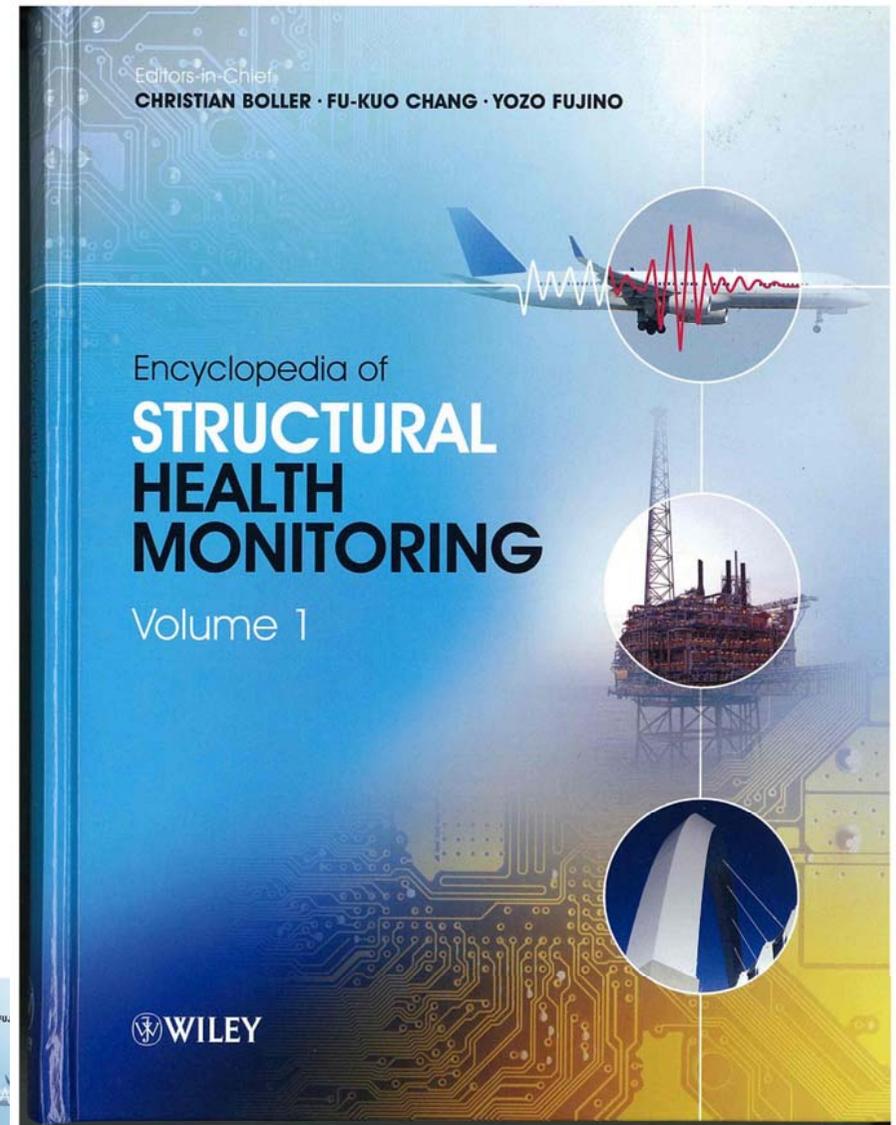


SHM百科事典 全5巻 2700ページ

2009年刊行

Boller
Chang
Fujino 編

17万円



東海大橋(上海) モニタリング システム





つるみつばさ橋

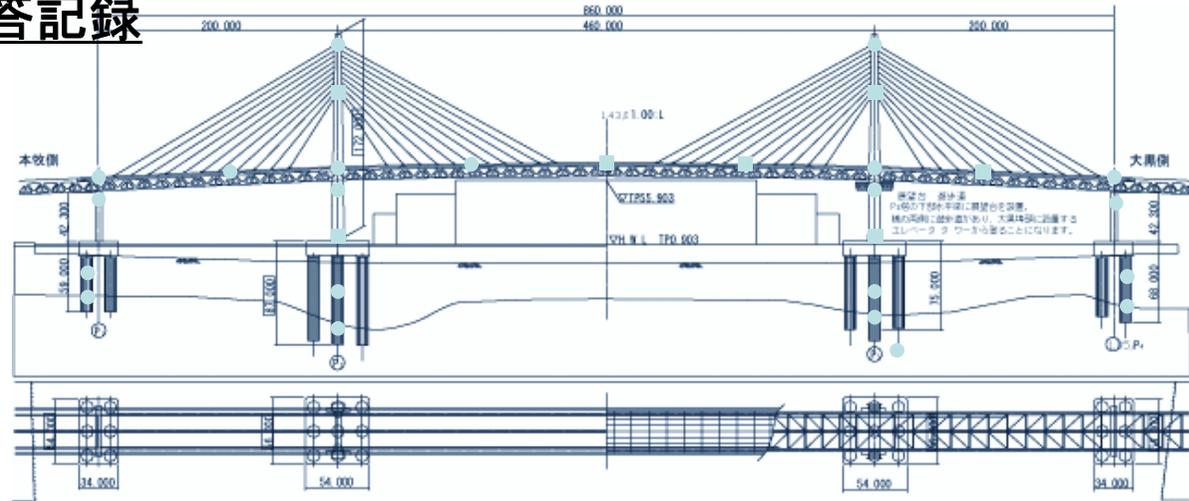


地震高密度モニタリング 1990年から

横浜ベイブリッジの地震応答記録

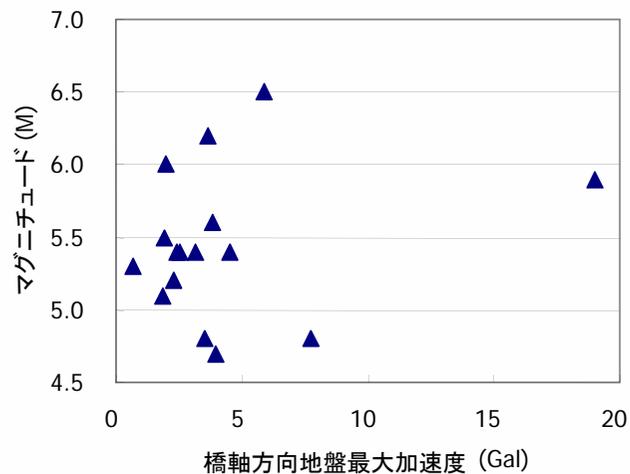
(1) 豊富な観測点

85加速度計



(2) 豊富な件数

15年間の16地震



	年.月.日.	時:分	震源位置	緯度 (北緯)	経度 (東経)	マグニチュード M	深さ (km)	震度階 (横浜)	震央距離 (km)	記録時間 (step)
1	1990.02.20	15:53	伊豆大島近海	34°42'	139°16'	6.5	17	IV	92	19550
2	1990.05.03	16:45	鹿島灘	36°30'	140°38'	5.3	52	II	145	4300
3	1990.06.01	10:22	千葉県東方沖	35°38'	140°44'	6.0	59	III	98	15100
4	1990.06.05	22:43	神奈川県中部	35°33'	139°12'	5.5	123	III	45	8550
5	1990.08.23	08:47	千葉県中部	35°21'	140°24'	5.4	50	III	67	8000
6	1990.08.23	11:45	千葉県中部	35°21'	140°24'	5.2	49	II	67	4825
7	1991.07.14	23:19	長野県東部	36°25'	138°31'	5.4	187	III	150	5875
8	1992.02.02	04:04	東京湾	35°14'	139°48'	5.9	93	III	27	12550
9	1995.01.07	21:34	茨城県南西部	36°17'	139°59'	5.4	70	III	96	8575
10	1995.07.03	08:53	相模湾	35°09'	139°34'	5.6	122	IV	35	9250
11	1996.09.11	11:37	千葉県東方沖	35°38'	141°12'	6.2	53	III	139	20274
12	1996.12.21	10:28	茨城県南部	36°06'	139°52'	5.4	53	III	74	11349
13	1997.07.09	18:36	千葉県北西部	35°33'	140°08'	4.8	77	III	43	6374
14	1997.08.09	05:34	埼玉県南部	35°49'	139°30'	4.7	67	III	44	7049
15	2000.06.14	11:43	茨城県南部	36°13'	139°59'	5.1	57			6050
16	2003.08.18	18:59	千葉県北部	35°48'	140°07'	4.8	69			42000

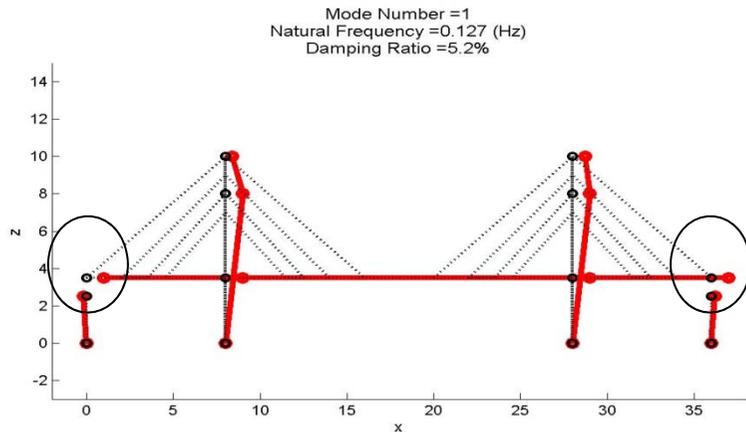
東神戸水路橋

1995年兵庫県南部地震

エンドリンクの破損
想定外の壊れ方
これが怖い

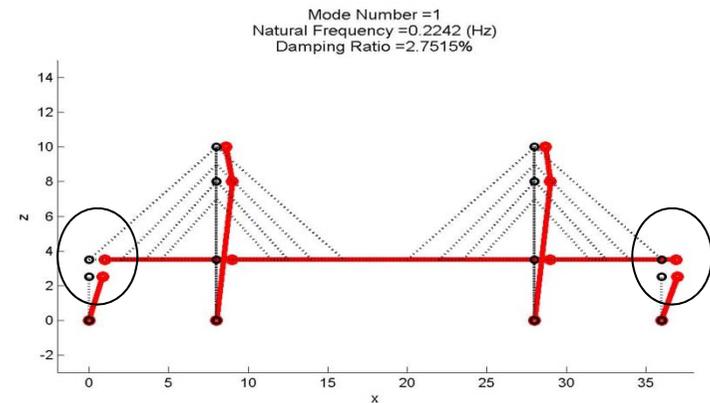


地震応答記録から 同定された3つの遊動円木振動モード



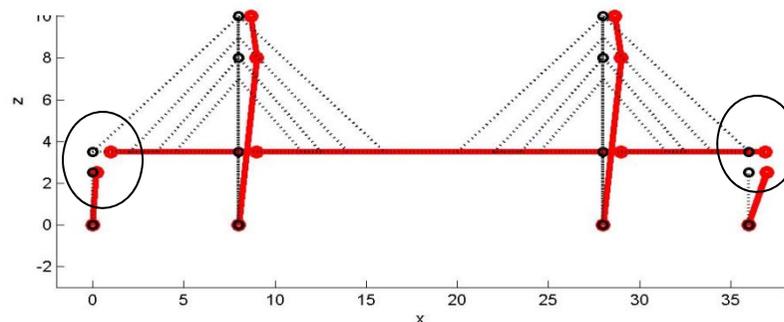
(a) Typical slip-slip Mode

(Earthquake 1990-02-20 Frame-1)



(b) Typical Stick-Stick Mode
(Earthquake 1992-02-02 Frame-2)

Mode Number = 1
Natural Frequency = 0.22133 (Hz)
Damping Ratio = 3.6144%

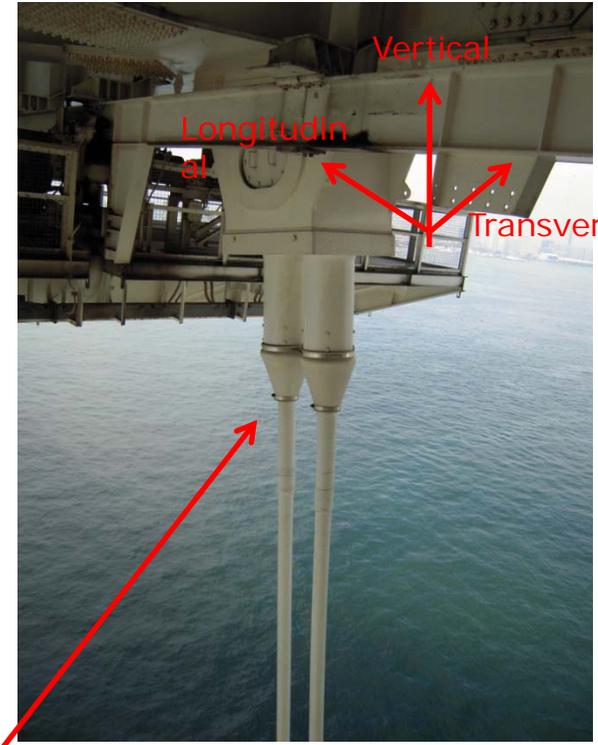
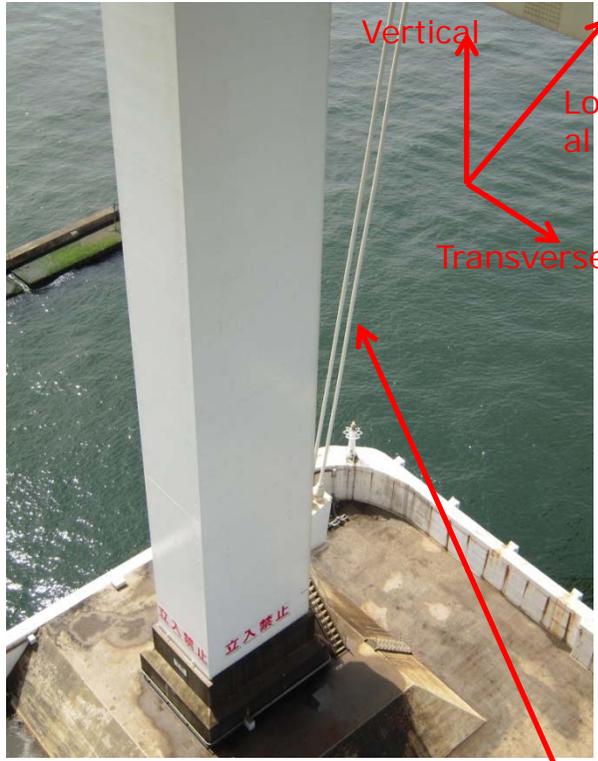
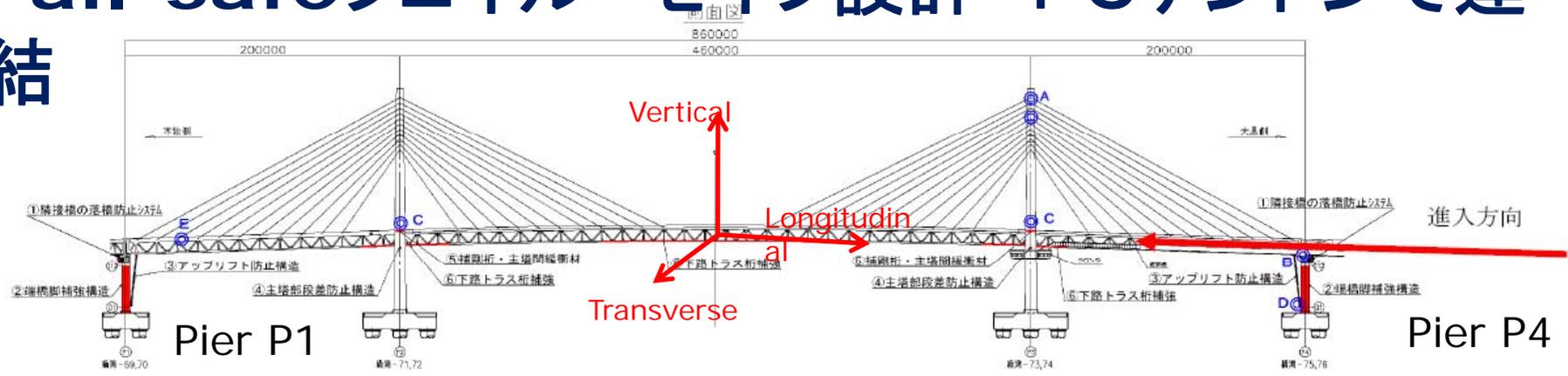


(c) Typical Mixed Slip-Stick Mode
(Earthquake 1995-07-03 Frame-1)

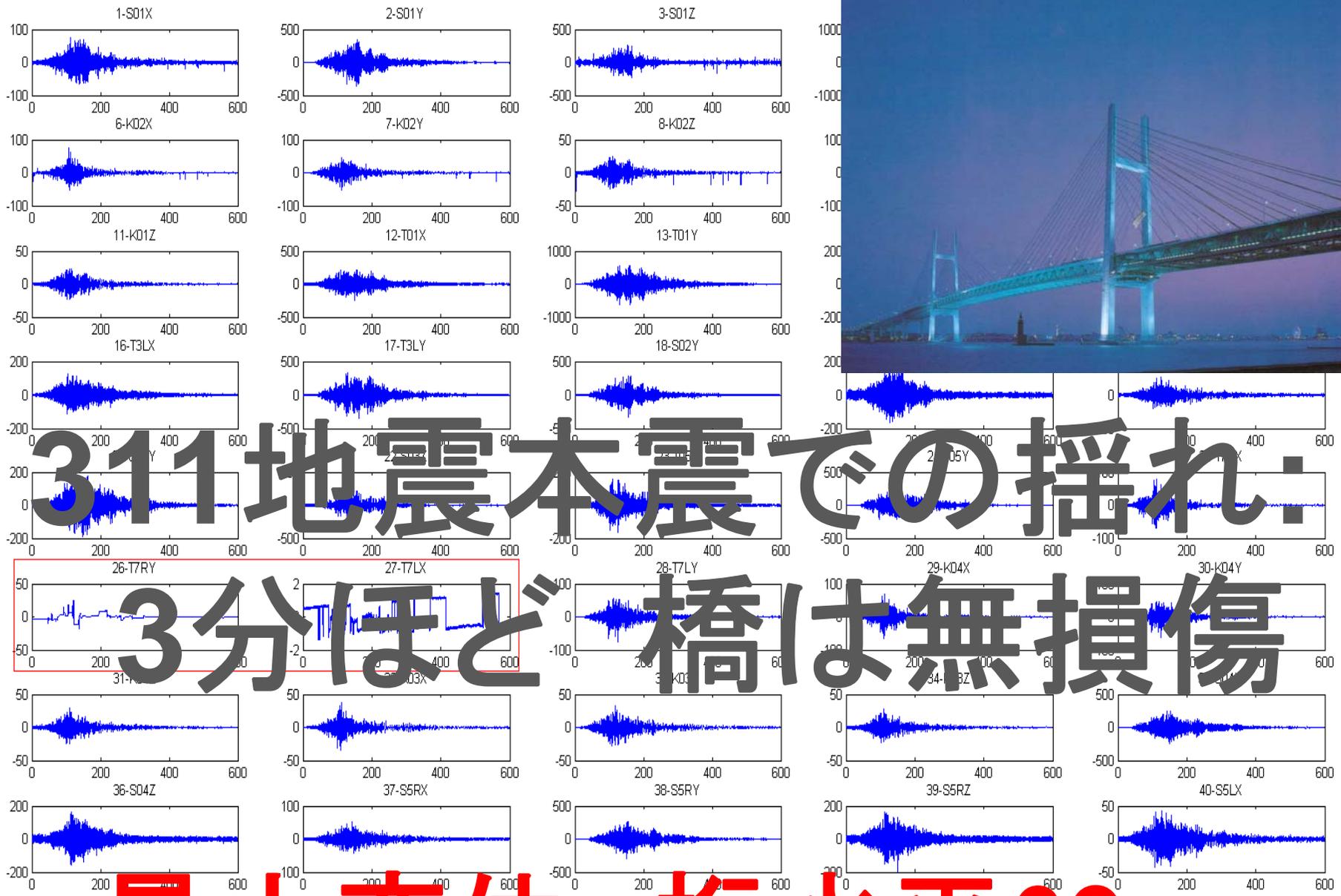
設計では考慮
されていない
危険なモード
(揺れ方)

Fail-safeフェイル セイフ設計 PCテンドンで連

結



PC Cable connecting Pier P1 & P4 and Girder to prevent girder upliftin



311地震本震での揺れ:
 3分ほど 橋は無損傷

最大変位 桁水平60cm



桁, 塔 が
60cmも揺れた

自動車の転倒

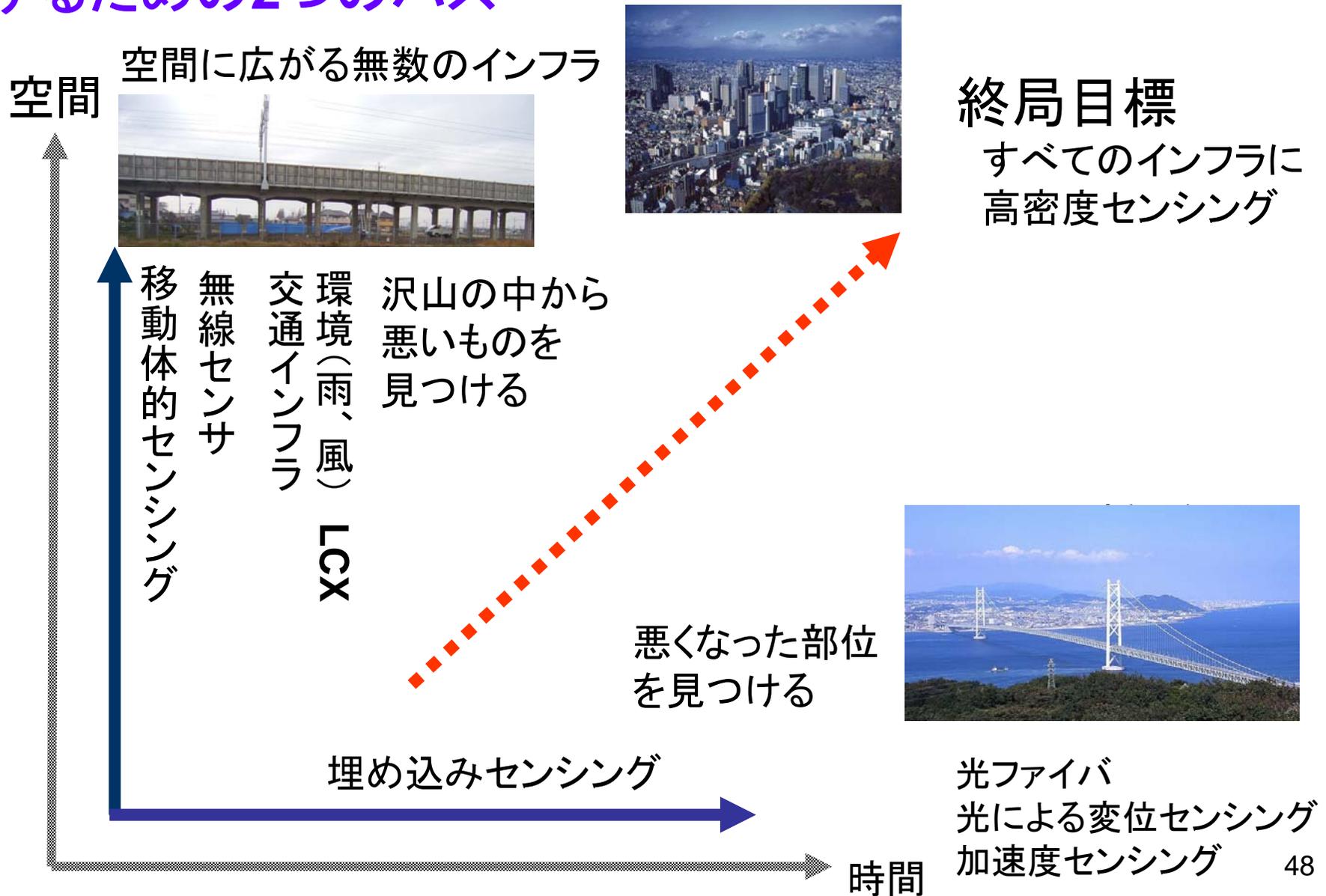
付属物の問題



1995 兵庫県南部地震
3台のトラックが転倒



インフラ事故災害防止に向けた、センシングの浸透を実現するための2つのパス



高速鉄道高架橋の振動計測--



高架橋 7

高架橋 6



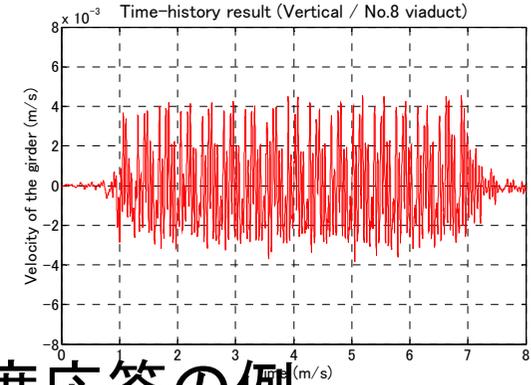
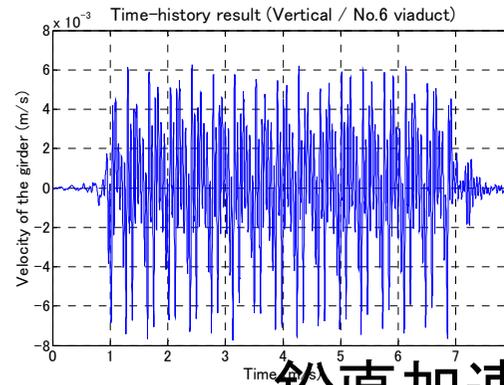
図面上は同じ高架橋 --



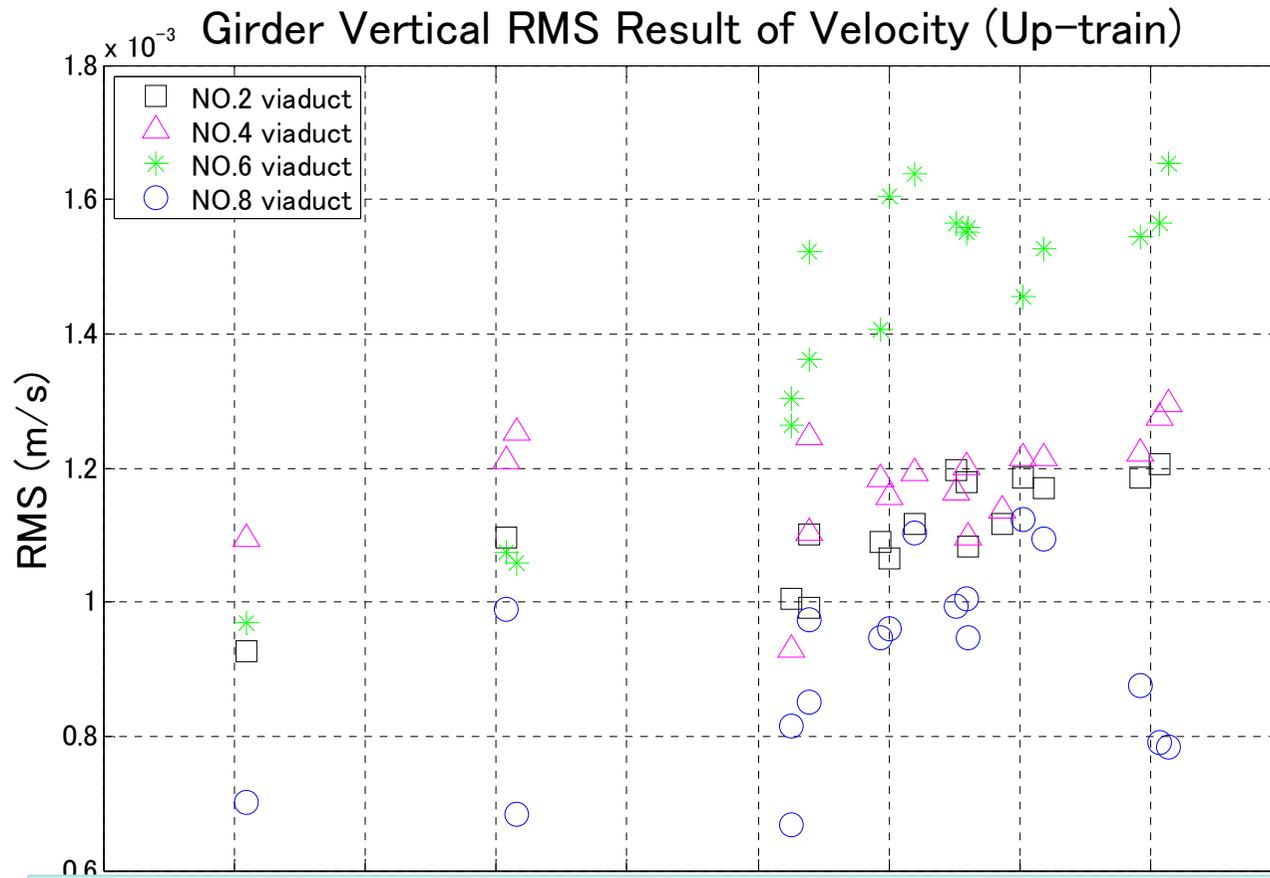
スピード	
210km/h	1964
270km/h	今
350km/h	? ₄₉

同じような高架橋-- しかし、応答には かなりの幅

RMS二乗平均応答

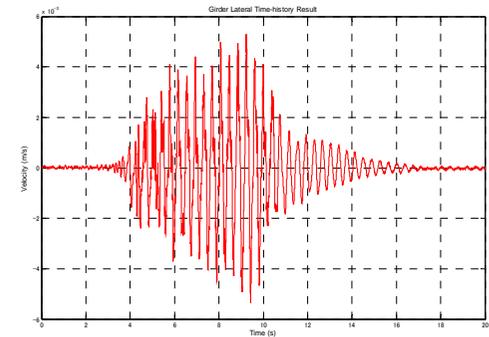
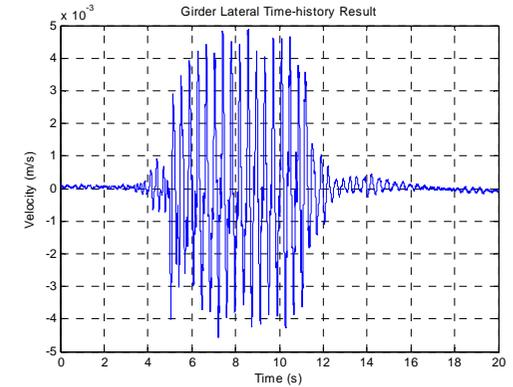
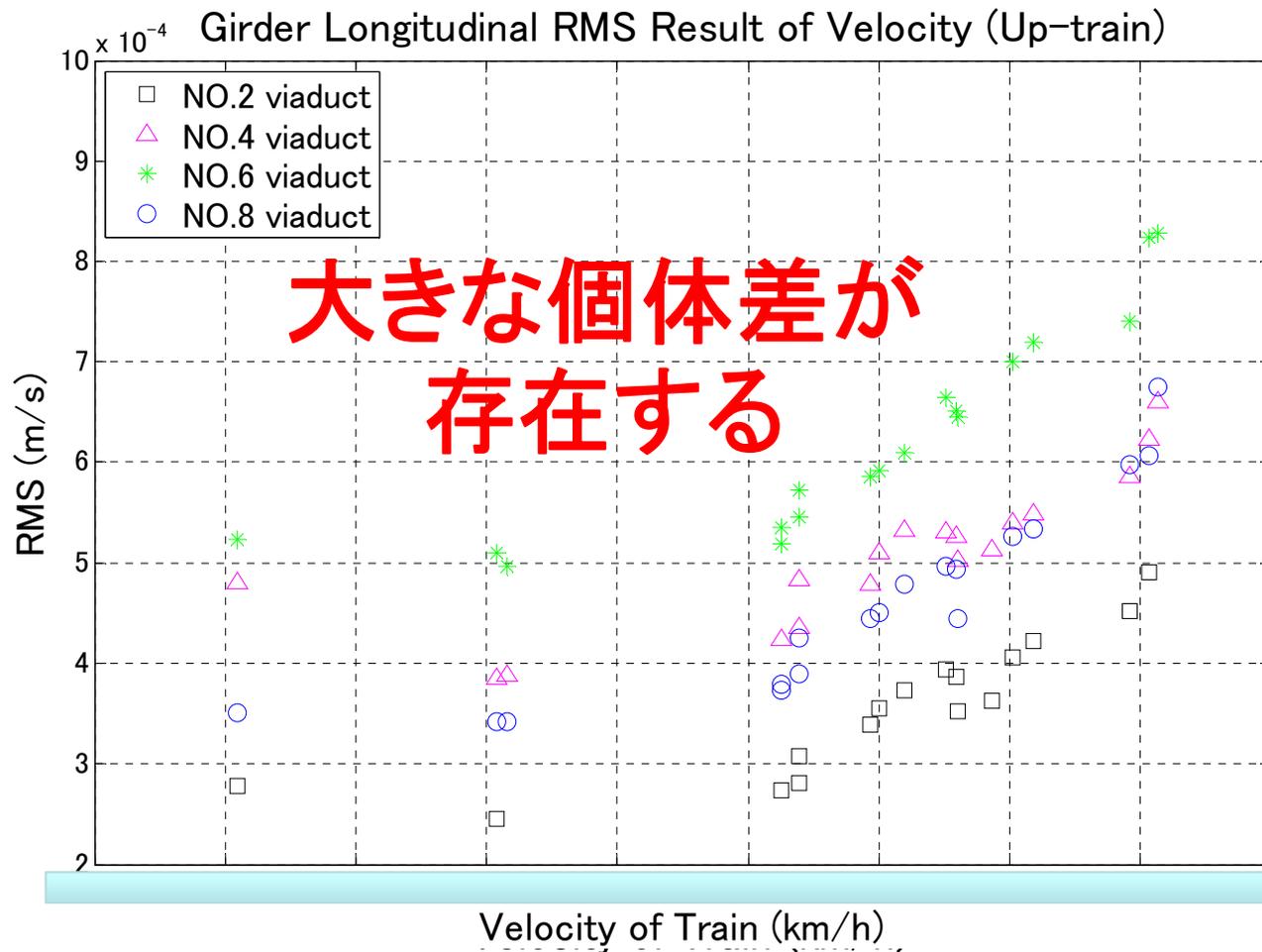


鉛直加速度応答の例



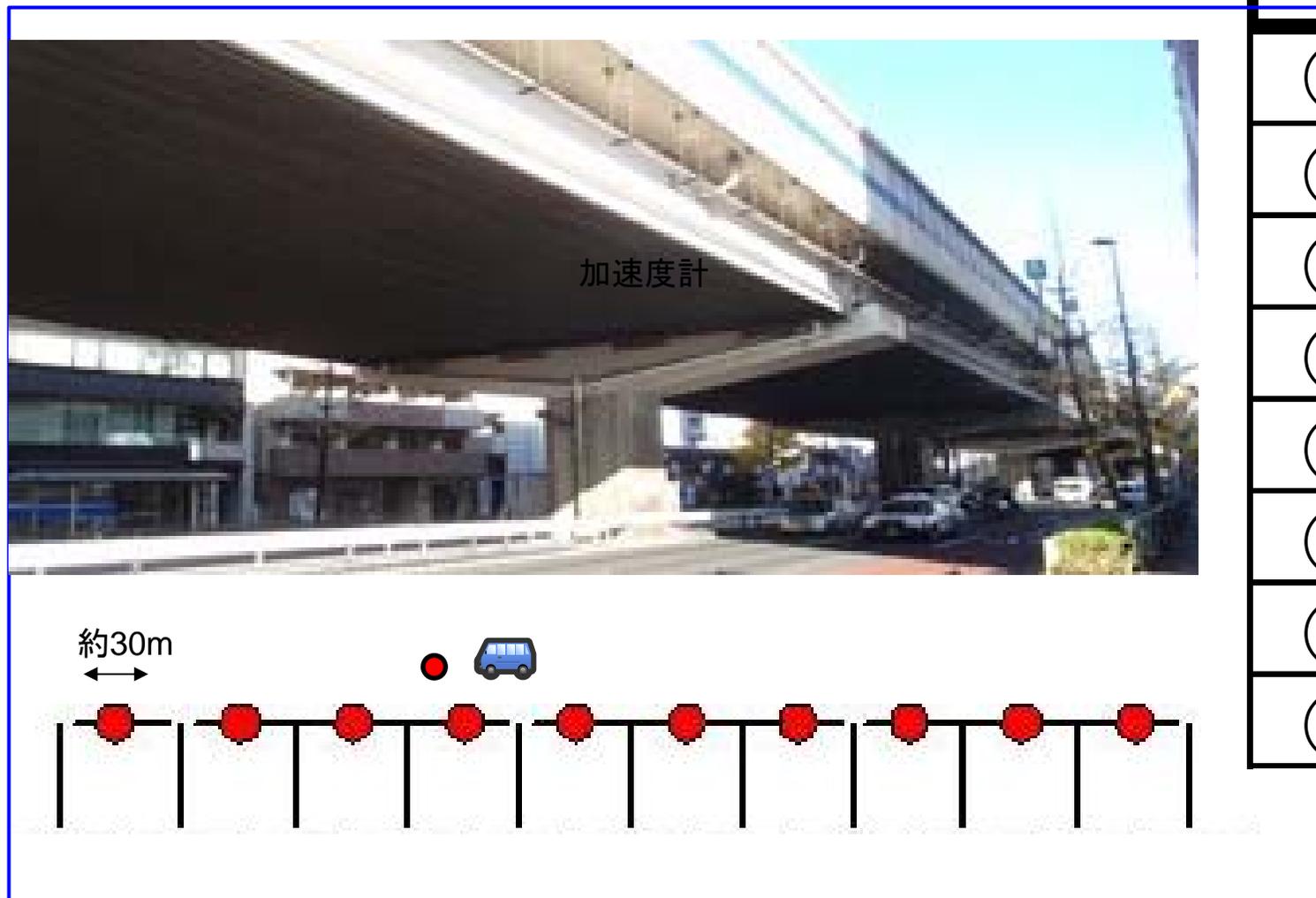
速度

Lateral RMS response



類似構造高架橋：応答に

倍程度の違い



径間	振幅 (gal)
①	10.5
②	9.3
③	9.2
④	8.4
⑥	10.4
⑦	11
⑨	10.5
⑩	19.8





Centre for
**Smart Infrastructure and
Construction**

An Innovation and Knowledge Centre

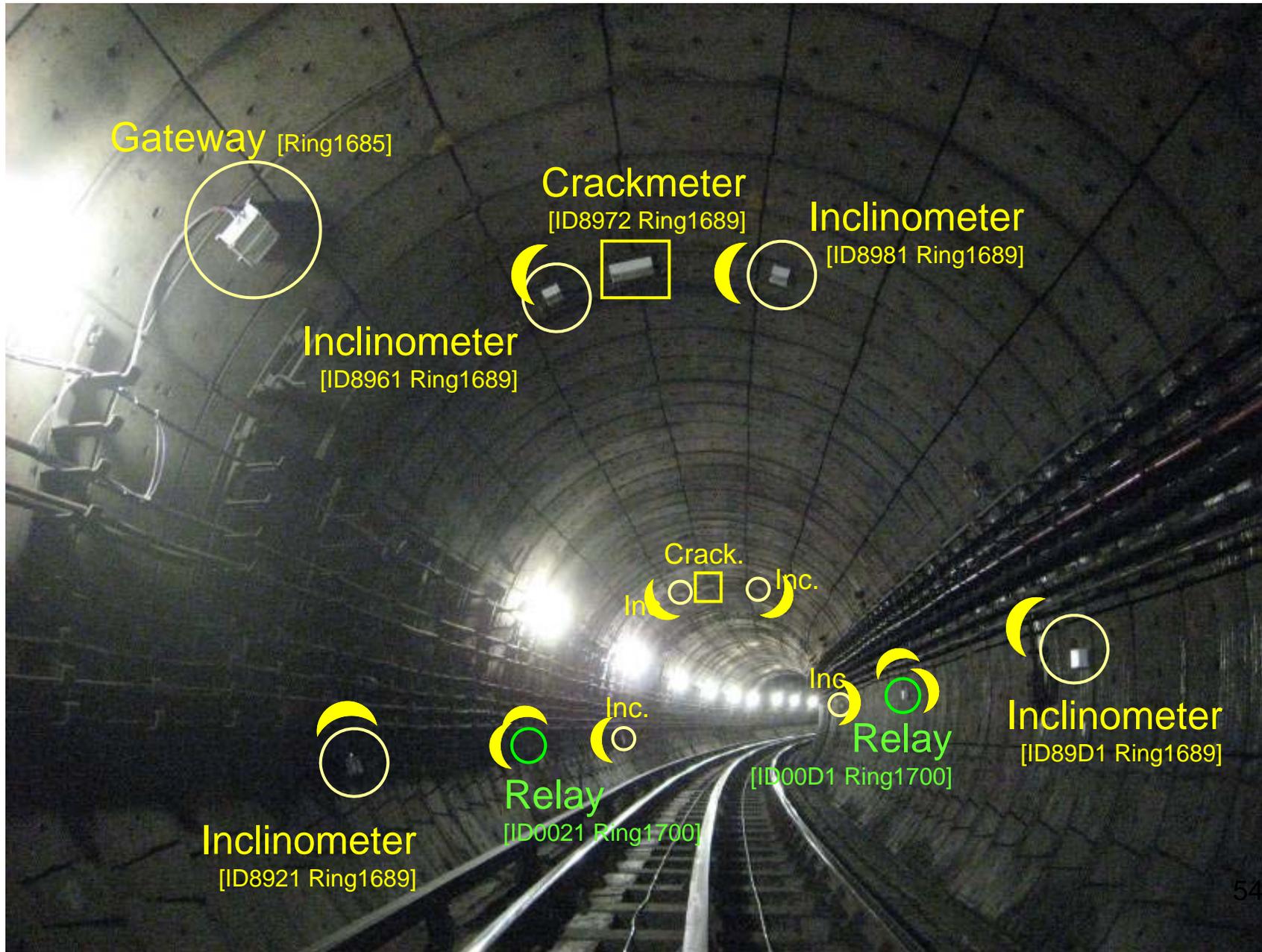
International Advisory Group

18th January 2013



曾我教授

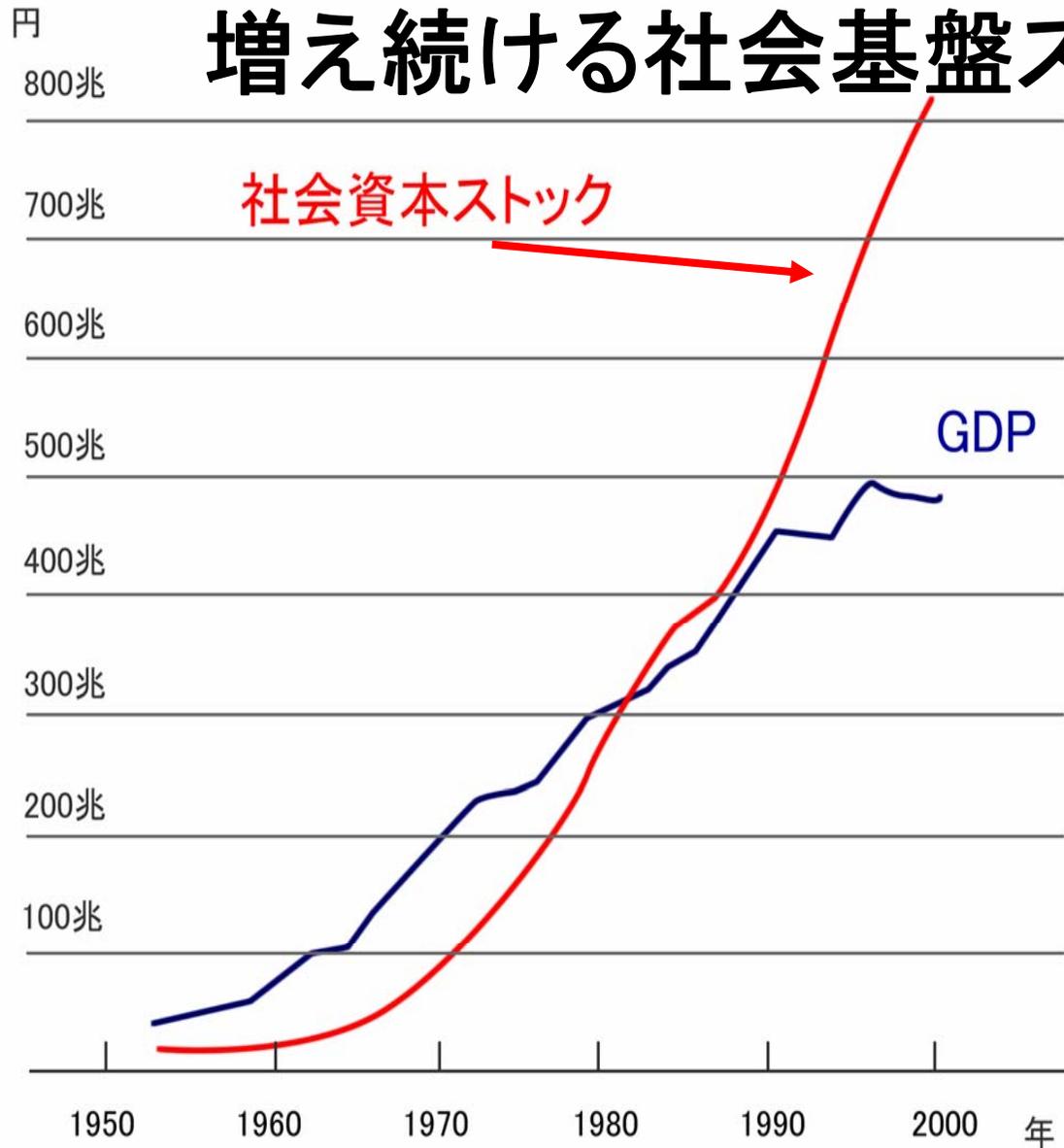
Sensor Locations



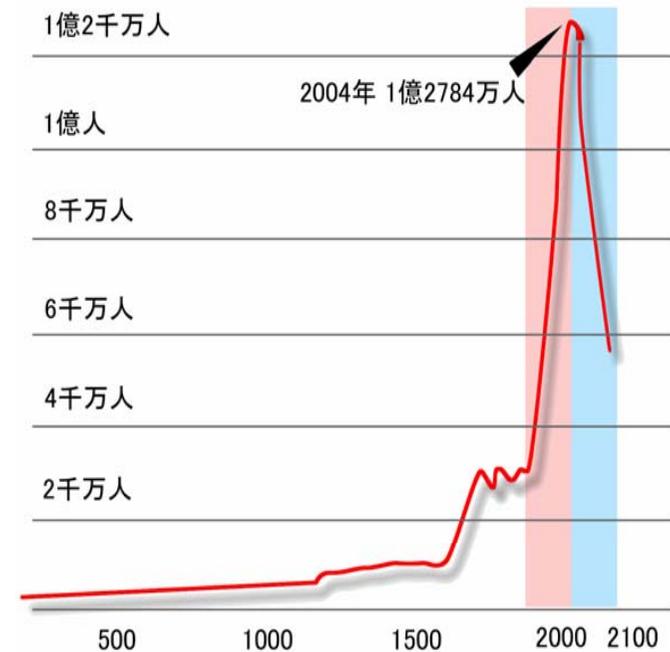


首都高速一号线羽田線 芝浦—羽田

増え続ける社会基盤ストック



人口減



老朽化,
4つのS

高密度化, 高機能化, 高安全化 . . .
safety, security, service, speed



精密検査を受け
本格治療，手術し
首都と日本の道脈に
ふさわしく
お化粧品も少し

首都高速道路構造物の
大規模更新のあり方に関する
調査研究委員会

報 告 書

平成 25 年 1 月 15 日

○ 大規模更新の実施区間は、約16km(検討区間の約3割)

今後の維持管理上の問題から大規模更新となった区間

栈橋構造	1号羽田線	東品川栈橋
護岸埋立構造	1号羽田線	鮫洲埋立部
複合的な疲労損傷が多数発生している橋梁	1号羽田線	大師橋

走行安全性の向上、防災機能の強化の評価により大規模更新とした区間

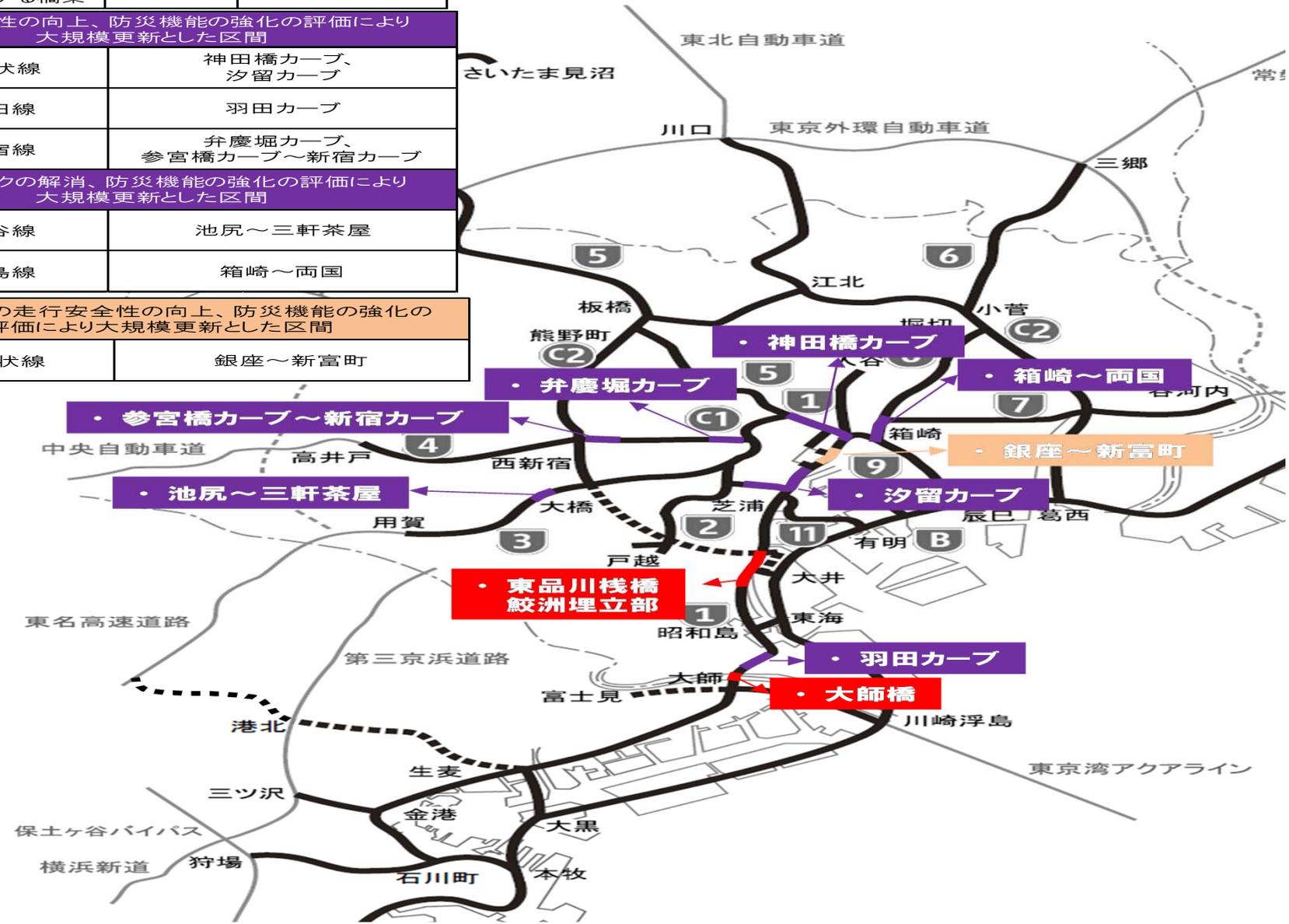
都心環状線	神田橋カーブ、 汐留カーブ
1号羽田線	羽田カーブ
4号新宿線	弁慶堀カーブ、 参宮橋カーブ～新宿カーブ

ボトルネックの解消、防災機能の強化の評価により大規模更新とした区間

3号渋谷線	池尻～三軒茶屋
6号向島線	箱崎～両国

半地下部の走行安全性の向上、防災機能の強化の評価により大規模更新とした区間

都心環状線	銀座～新富町
-------	--------



三陽路

高速道路資産の
長期保全及び更新のあり方に関する
技術検討委員会

報 告 書

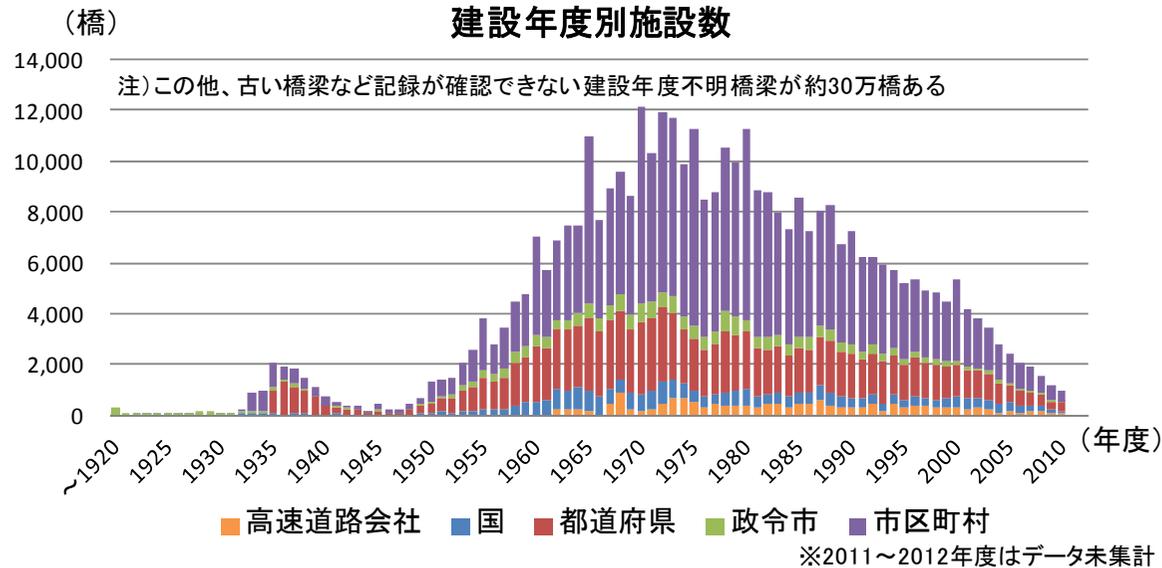
平成26年 1月22日

		項目	主な対策	延長※1	概算事業費※2
大規模更新	橋梁	床版	床版取替	約 30km	約16,500億円
		桁	桁の架替	約 10km	約 1,000億円
	小 計			約 240km	約17,600億円
大規模修繕	橋梁	床版	高性能床版防水 など	約 360km	約 1,600億円
		桁	桁補強 など	約 150km	約 2,600億円
	土構造物	盛土・切土	グラウンドアンカー 水抜きボーリング など	約 1,230km	約 4,800億円
	トンネル	本体・覆工	インバート など	約 130km	約 3,600億円
	小 計			約 1,870km	約12,600億円
合 計			約 2,110km	約30,200億円	

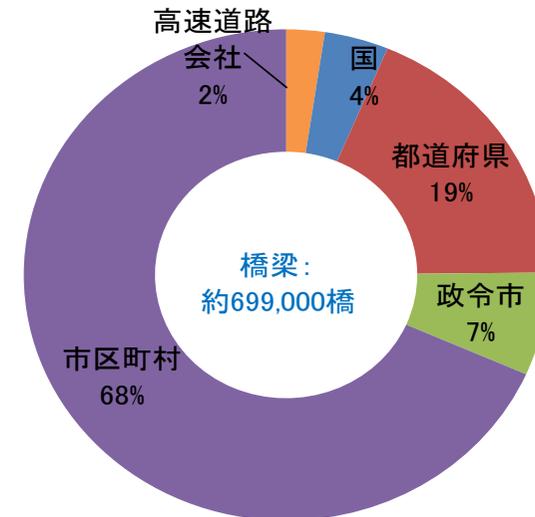
質、悪い使用環境

背景

道路橋梁を例にとると、全道路橋(橋長2m以上)は約70万橋あり、高度経済成長期に建設のピーク。また、都道府県、市町村が管理する橋梁が全体の約95%。



道路管理者別ごとの施設数



ネクスコ系高速道路会社の道路施設(資産45兆円)の大規模更新・修繕費 今後15年に3兆円うち橋梁関係 6割を超える。うちコンクリート床版がほとんど

注)平均年齢は、建設年度が把握されている施設の平均

出典:国土交通省資料

平成26年度重点課題(総合科学技術会議)

- 環境・エネルギー
- 健康・高齢化社会 などに加えて
- インフラの安全,
ICTの活用
センサー, ロボット, ビッグデータ
次世代インフラ



国プロとして今年度から本格スタート

3 主要課題候補とIPD(政策対応)

革新的燃焼技術 杉山参与

革新的設計生産技術 佐々木参与

次世代パワーエレクトロニクス
大森参与

次世代農林水産業創造技術
西尾参与

革新的構造材料
岸参与

総合科学技術会議の
司令塔機能を強化

エネルギーキャリア
村木参与

レジリエントな防災・
減災機能の強化
中島参与

次世代海洋資源調査技術
浦辺参与

自動走行(自動運転)システム
渡邊参与

インフラ維持管理・更新・
マネジメント技術 藤野参与

34.5億円/年 5年

戦略的イノベーション創造プログラム(SIP)

研究開発計画案

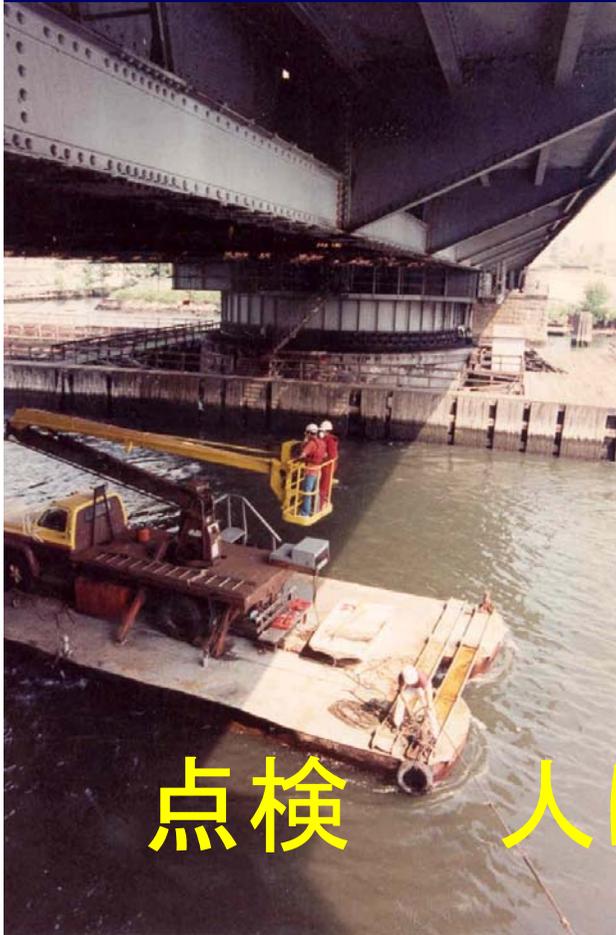


インフラの維持管理 ・更新・マネジメント技術
～安全で強靱なインフラシステムの構築を目指して～

内閣府 プログラムディレクター

藤野 陽三

研究開発内容



点検 人による目視



ロボット (機械支援)

SIP(レジリエントな防災・減災
機能の強化)と連携

点検
補修工事

計測との連動
無人化

実用重視の
立場



水中ロボットの例



飛行ロボットの例

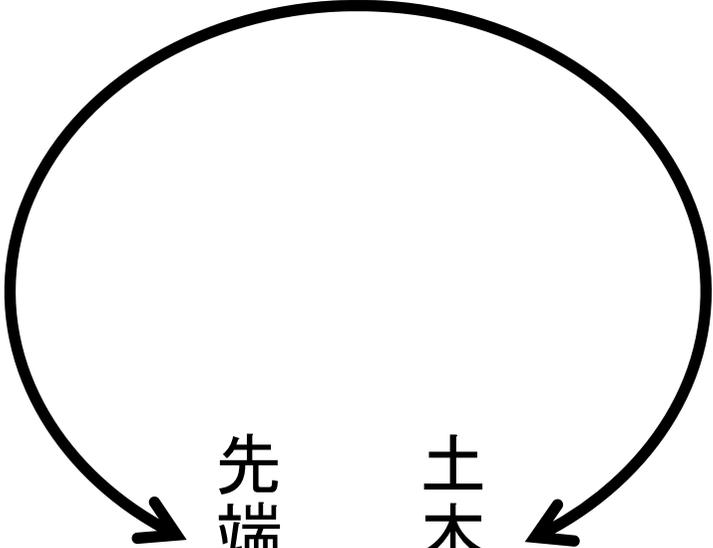


土木と先端技術

先端技術



土木技術



先端技術

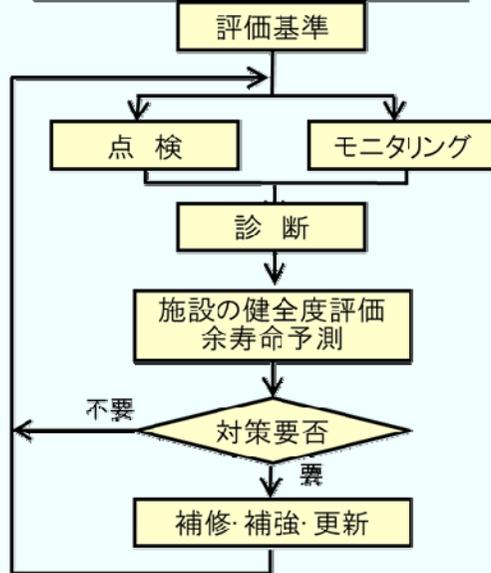
土木技術

昔

今

SIP「インフラ維持管理・更新・マネジメント技術」研究概要

インフラマネジメントの流れ



(1)点検・モニタリング・診断技術の研究開発

X線・中性子線・レーザー・磁気・近赤外分光・音響

(4)ロボット技術の研究開発

- ・自在適応桁利用橋梁点検
- ・フレキシブルガイドフレームトンネル点検
- ・飛行ロボット(マルチコプター)
- ・半水中無人化施工
- ・直感的な遠隔操作型ロボット

(3)情報・通信技術の研究開発

- ・路面・橋梁スクリーニング技術
- ・地下構造物(上水道管)
- ・無線通信最適化
- ・橋梁高圧縮・高速処理可能センシングデータベース・可視化システム
- ・高速道路センシングデータ処理・蓄積・解析技術

(2)構造材料・劣化機構・補修・補強技術の研究開発

- ・インフラ構造材料研究拠点構築
- ・劣化機構解明と効率的維持管理技術開発(鉄筋コンクリート、床版維持管理等)
- ・構造物の状態を可視化する発光材料
- ・新溶射材料による鋼構造物腐食の補修
- ・超耐久性コンクリート

(5)アセットマネジメント技術の研究開発

- ・道路インフラマネジメントサイクルの展開、国内外への実装を目指した統括的研究
- ・コンクリート橋の早期劣化機構
- ・地方道路橋、農業水利施設、港湾構造物のアセットマネジメント

対象インフラ

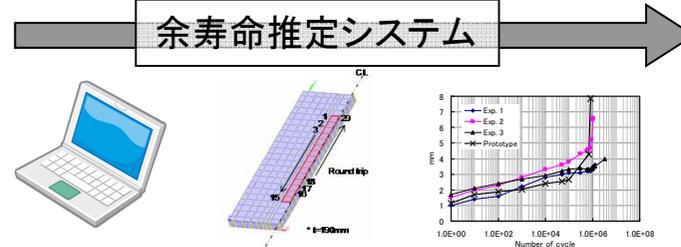


道路: 橋梁(鋼桁、コンクリート桁、コンクリート床版)、トンネル、舗装トンネル(鉄道)、港湾、農業水利施設、上水道(地下構造物)

非線形疲労応答解析に基づく コンクリート系橋梁床版の余寿命推定システム



概要



国総研HPより

コンクリートの疲労破壊過程を再現できるFEM解析技術を実構造に拡張し、既存の目視調査法と数値解析を組合わせた統合シミュレーションシステムを構築する。

平成22年度

1. 解析モデルの検証と高度化

1-1 既存構造物の余寿命推定手法の開発
損傷を与えた構造物の疲労実験と再現解析

1-2 補強工法の延命効果推定手法の開発
異種材料の境界面モデル拡張と検証実験

平成23年度

2. 統合システム構築

既設床版の余寿命推定と補強延命効果
シミュレーションシステムの構築

- ・過去の環境条件と荷重履歴を等価置換
- ・目視調査・簡易計測と数値解析との統合
- ・実用化対応型インターフェースの開発

平成22～23年度課題 代表者 東京大学 前川宏一

Assessment of serviceable life of concrete bridge decks, strength and repair, and bridge-management

Deterioration of concrete decks is critical for management

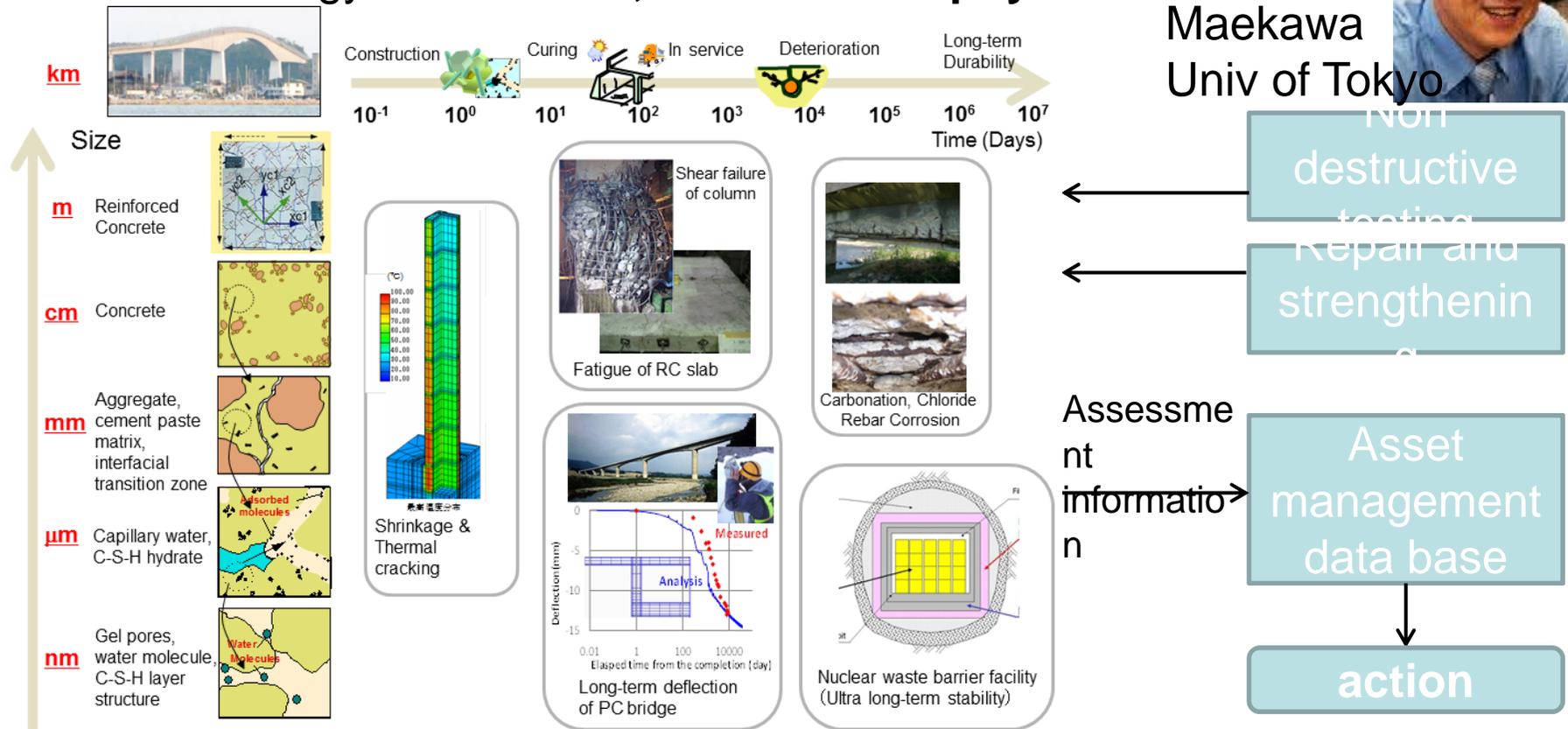


Assessment of remaining life and rational bridge management for

Base technology: **Multi-scale, multi-chemo-physics**

PDCA cycle

Prof. K. Maekawa
Univ of Tokyo



Data assimilation : integration of field inspection data and simulation technology

アメリカの次のステップ

-長期橋梁性能プログラム(20年間) 2007年から-

- 点検・検査の定量化
- 継続的モニタリング
 - センシングへの注目
- 廃棄時の解剖的検査

- 劣化・陳腐化を定量化
- 予測の高精度化
- スtockマネジメント効率化
- 新技術開発の基盤の確立
- 土木工学の国際競争力 強化-

EUでも同じような
研究開発プログラムが



橋梁RC床版の損傷, 劣化



Damage on the surface of untreated concrete bridge decks



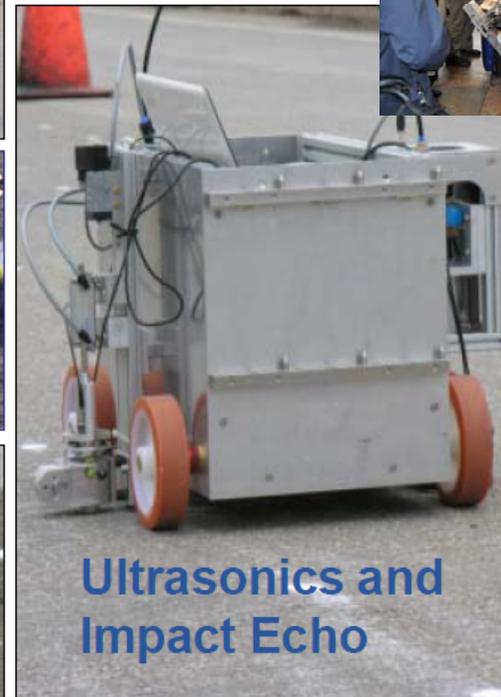
Rebar Corrosion



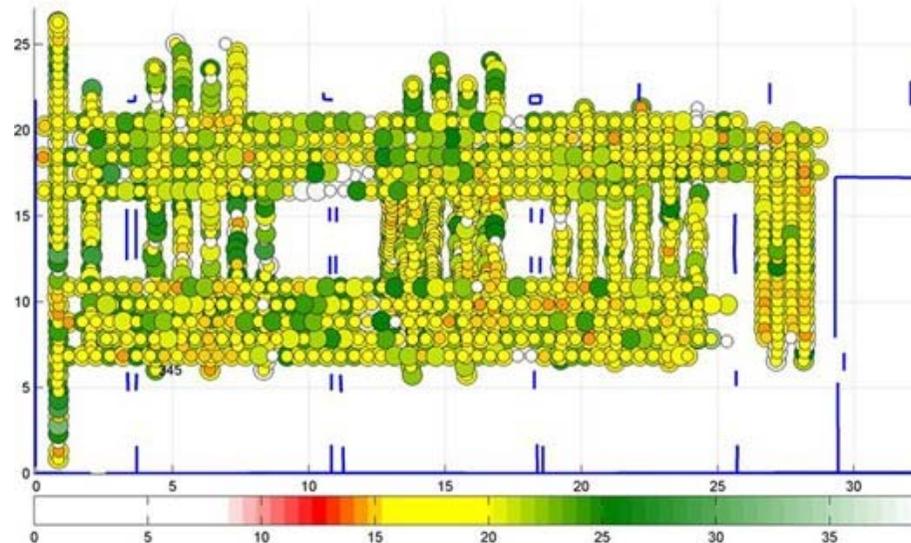
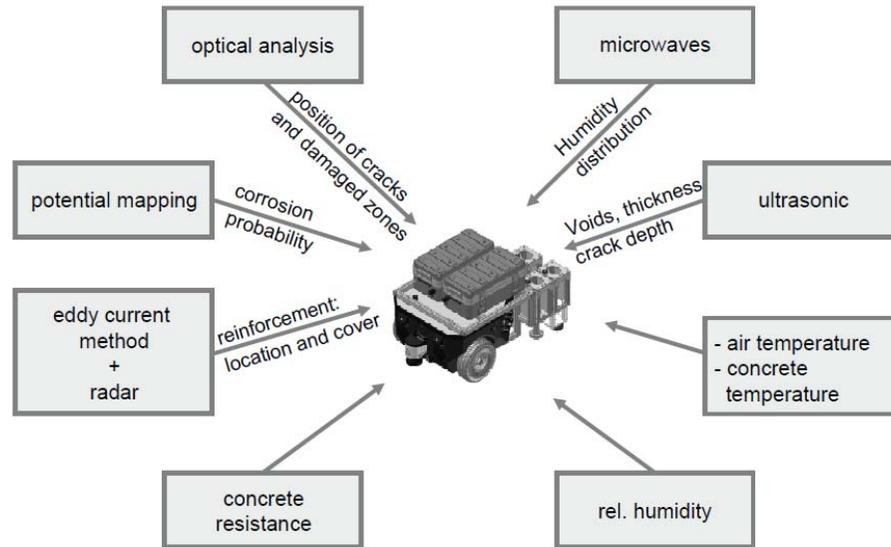
Deck Delamination

橋面上にはアスファルトがない。

Non Destructive Evaluation (NDE) Methods



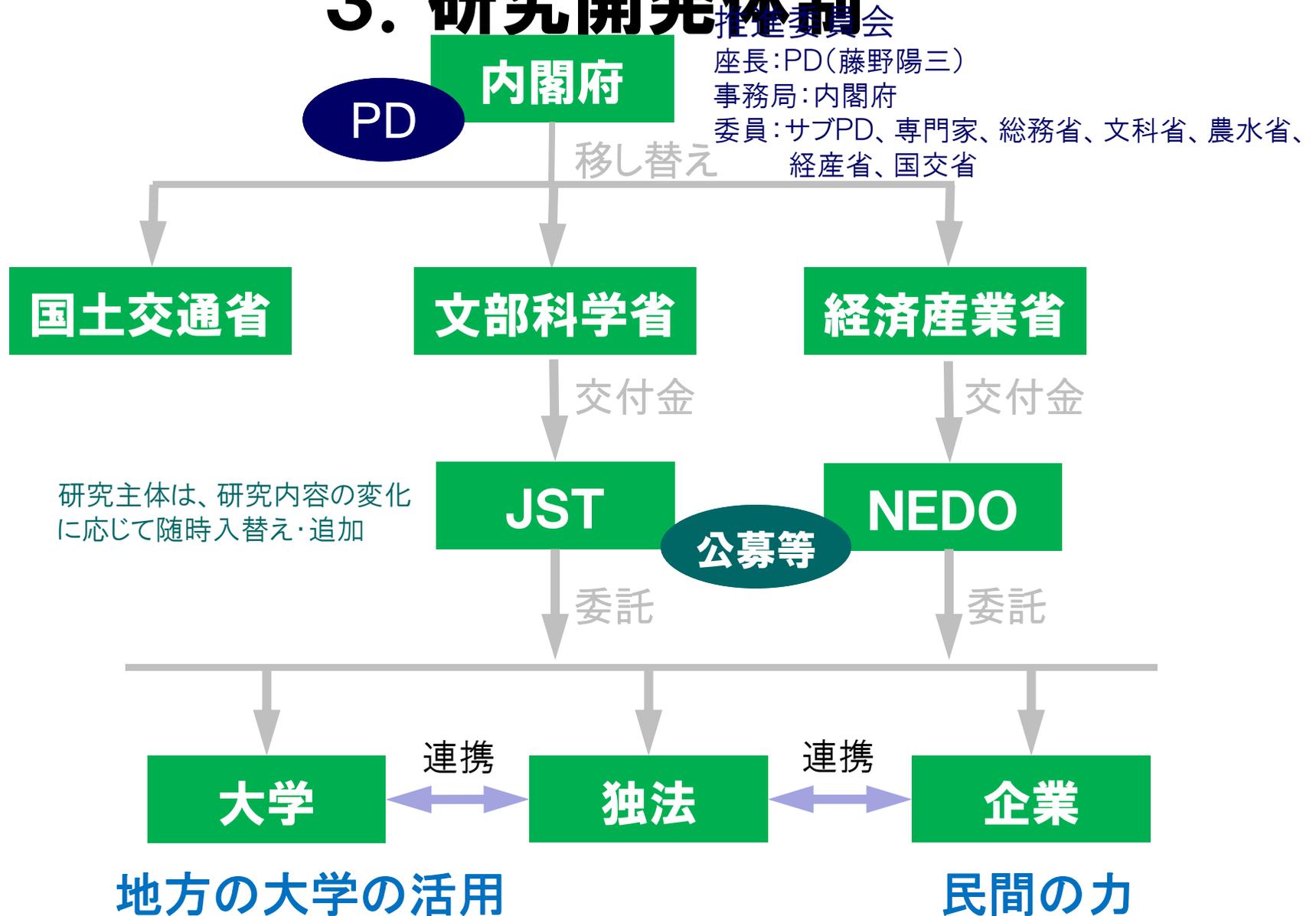
BETOSCAN-system (BAM and Fraunhofer Institute in Germany)



Ultrasonic thickness measuring of a concrete plate

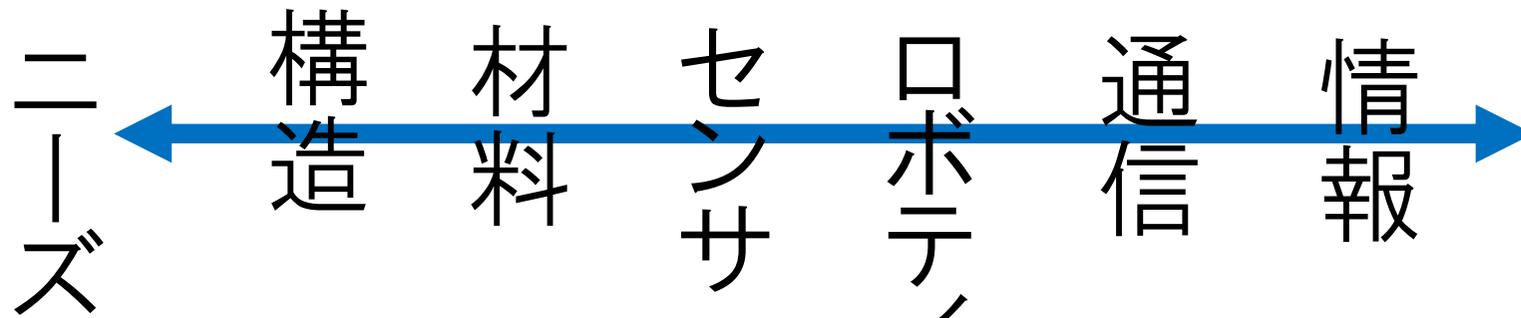
Idea: Simultaneous measurement of all key parameters over the whole surface of concrete decks by robot to detect possible void, delamination, corrosion, etc.

3. 研究開発体制



研究開発内容

• インフラ



言葉の違う村々

ロボティクス

通訳の育成が必要

使いたくなるシステムをつくる
それが“イノベーション”

インフラと先端技術

- 学際, 業際
- お互いの特性を理解して, サクセスストーリーを
- インフラ側はしっかりしたスペックを
- 先端技術側はインフラ側に負担
(経済的, 人的, 等々)をかけないシステムを

いずれにしても, 両者の協力体制がもっとも大事