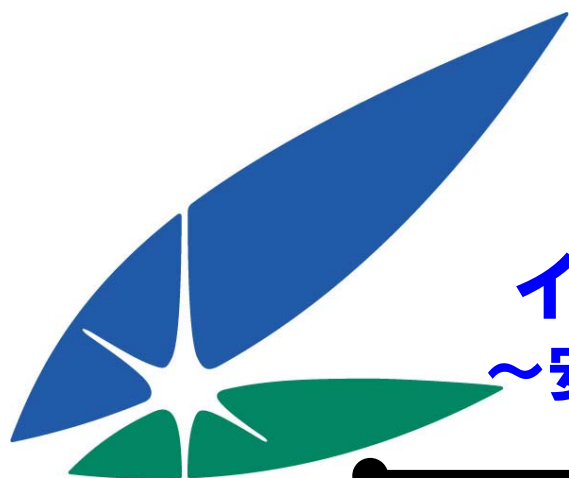


戦略的イノベーション創造プログラム(SIP)



インフラ維持管理・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～

マルチディシプリンからインターディシプリンへ

キックオフシンポジウム

平成26年11月5日

内閣府 プログラムディレクター

藤野 陽三

自己紹介

- 1949年(昭和24年)9月27日 東京生まれ 65歳
- 1972年 東大土木卒 1974年 同修士
(東大地震研究所で地震動の研究もどき)
- 1976年 カナダ ウォータール大学博士課程修了,
Ph.D (信頼性設計, 確率論) ポストク
- 1977年 地震研究所助手
- 1978年 新設の筑波大学構造工学系助手(講師)
(機械, 航空, 原子力, 船舶, 建築と一緒に)
- 1982年 東大土木助教授 のちに教授(橋梁研究室)
- 2010年 東大を退職 しばらく東大にいて
- 2014年 横浜国立大学YNU 安心安全の科学研究C
- 10月から YNU先端科学高等研究院 上席特別教授

東大橋梁研究室時代

風による長大橋の振動
風洞実験, 非線形振動

東神戸大橋
風洞実験模型



→ 振動制御 1980年代後半
フィードバック制御 センシング
→ モニタリング 1990年代の後半

1990年台後半 **知的社会基盤**
(センサー, フィードバック機能を入れ込む)
安西祐一郎, 吉田和夫, 石川正俊



2000年ごろからは

橋梁を中心としたインフラの防災や保全
COE, グローバルCOE 都市の持続再生
風, 地震, 振動, 防災, 保全, 維持管理. . . .

藤野さん 何が専門?

橋です. Bridgesです.
他の分野との間に橋を架けるのが仕事.

都市基盤の災害事故リスク の監視とマネジメント 2006年—2012年



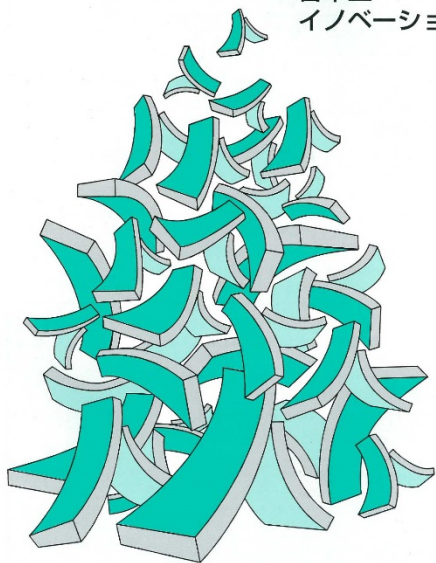
藤野 陽三

(東京大学 大学院工学系研究科 社会基盤学専攻)

土木 + 計測 + 情報 + 電気子 [学 + 民]

技術と経済

日本型
イノベーション経営



519

2010年5月号

◆センサーネットワーク研究会講演録

社会・都市基盤の事故災害リスクの低減と モニタリング

東京大学大学院工学系研究科

教授 藤野 陽三

1. 序

私の専門は橋梁です。本州四国連絡橋とか、東京湾ではレインボーブリッジとか長い橋の計画、設計、構造、風とか地震の影響というようなことに深く関係してきました。日本では、強風とか地震による揺れが問題となるため、中でも、振動を予測したり、抑えること、そしてそのための振動計測に関心がありました。最近では、測る、センシングからモニタリングのほうに関心が移ってきました。センシングというのは単に測ることであって、それを使って何かアクションとかフィードバックを行って初めてモニタリング、日本語で言えば監視と言えることになります。センシングとモニタリングのレベルの間にはかなりの差があります。センシングにしる、モニタリングにしる研究次元での話はたくさんありますが、実際にセンサーを橋などに埋め込んでとなりますと費用やその世話のことがありますから、簡単な話ではありません。

社会基盤や都市基盤には、住宅、ビル、道路や鉄道など様々なものがありますが、一旦作ると簡単には作り替えないものがほとんどで、このような社会基盤資本ストックというのはだいたい増え続けることになります。毎年増えていくストックをGDPのような国民総生産の一部を割いてメンテナンスすることになる訳です。一般には、メンテナンスに必要な費用も右肩上がりに増えることになります。GDPはなかなか増えない状況ですので、メンテナンス費用にどれだけ割けるかということも、今後、大きな問題となります。なおかつ、日本は人口減の時

代に入りましたから、かなり効率よく維持管理、あるいはインフラに関わる事故防止をしていかなければなりません。社会資産の老朽化というのが進む中で、高密度化、高機能化、高安全化への期待も大きいのが実情だと思います。私は4つのSと呼んでいます。すなわち、サーフェイ (Safety)、セキュリティ (Security)、サービス (Service)、スピード (Speed)。こういった要求をいかに満たしていくかがインフラの課題で、その中でモニタリング技術がどういう役割を担えるかというのがポイントだと思っています。

2006年4月に、レインボーブリッジを渡るゆりかもめが無人運転中、疲労で軸が折れました。直すのに2~3日かかってしまい、お台場地区は大変な不便を被りました。原因は疲労破壊なのですが、運行会社の説明は、「想定外であった。検査で見抜けなかった」でした。事故のたびによく言われる言葉です。イギリスの政治家サッチャーは、フォークランド戦争のときに「想定外のことは起こるのだ。常に準備せよ。それがあなたの方の役割だ」(The unexpected happens, and you'd better prepare (be ready) for it) と軍人に言ったと言われています。我々はインフラをはじめいろいろなものをたくさん持っていますが、時折、事故が起こります。起きてみると想定外のことが多い。想定外のことを想定内の中に入れ込むことを我々は考えていかなければなりません。これは難しい課題です。

日本科学技術振興機構 研究開発戦略センター
に出入りし

日本学術振興会学術システム研究センター 主任研究員
を経験する中で
様々な他分野の方と交流した。

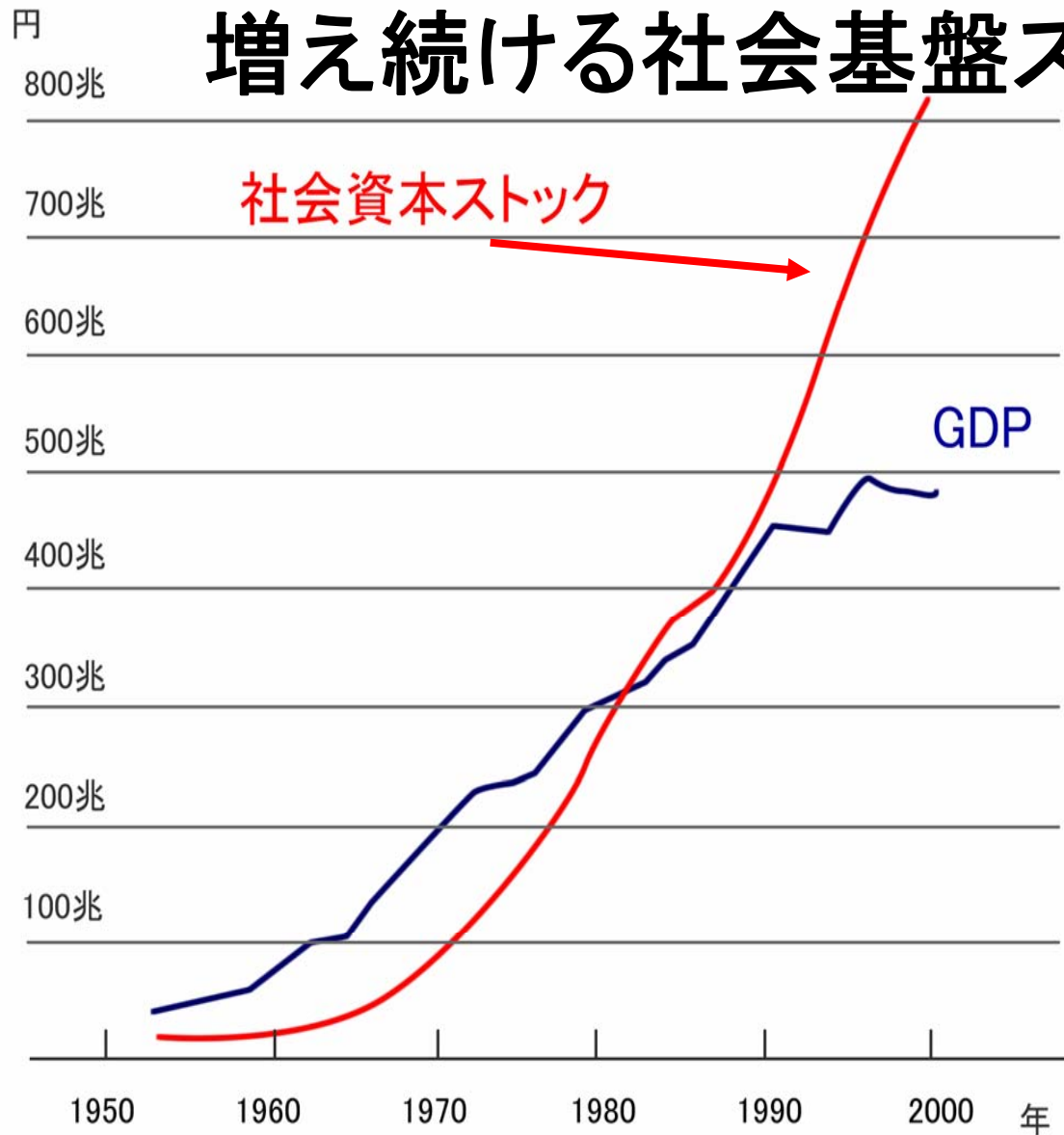
2013年総合科学技術会議の場でインフラが取り上げられ、
SIPの10課題の中に

インフラの維持管理・更新・マネジメント技術

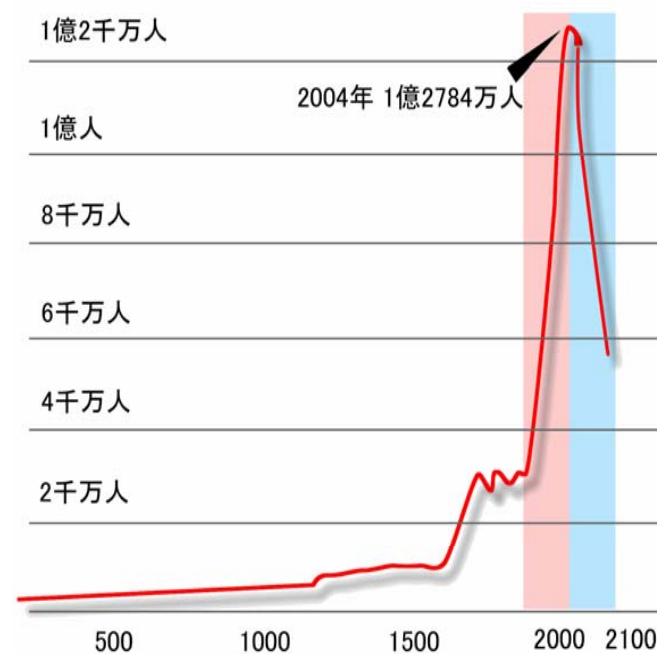
が提案された。初めてのこと。

省庁連携，先端技術，出口戦略．．．．

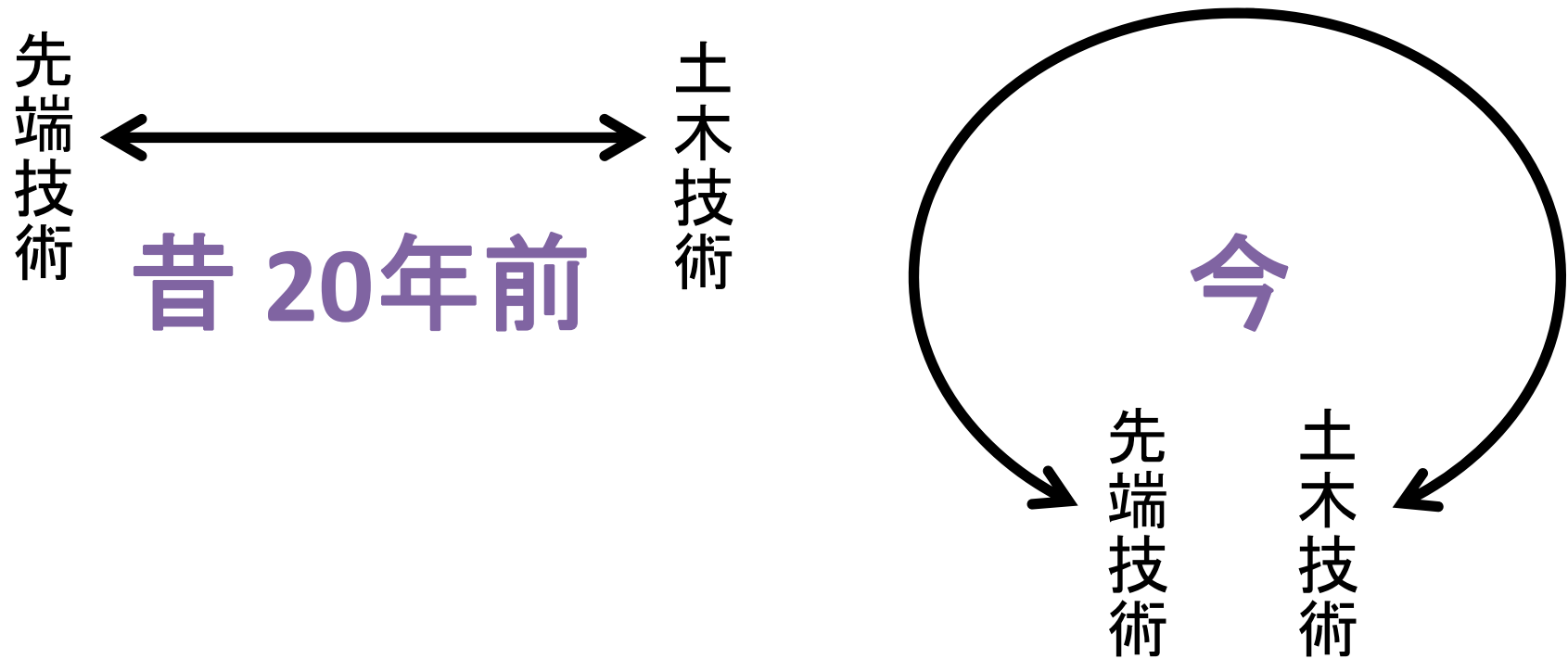
増え続ける社会基盤ストック



人口減



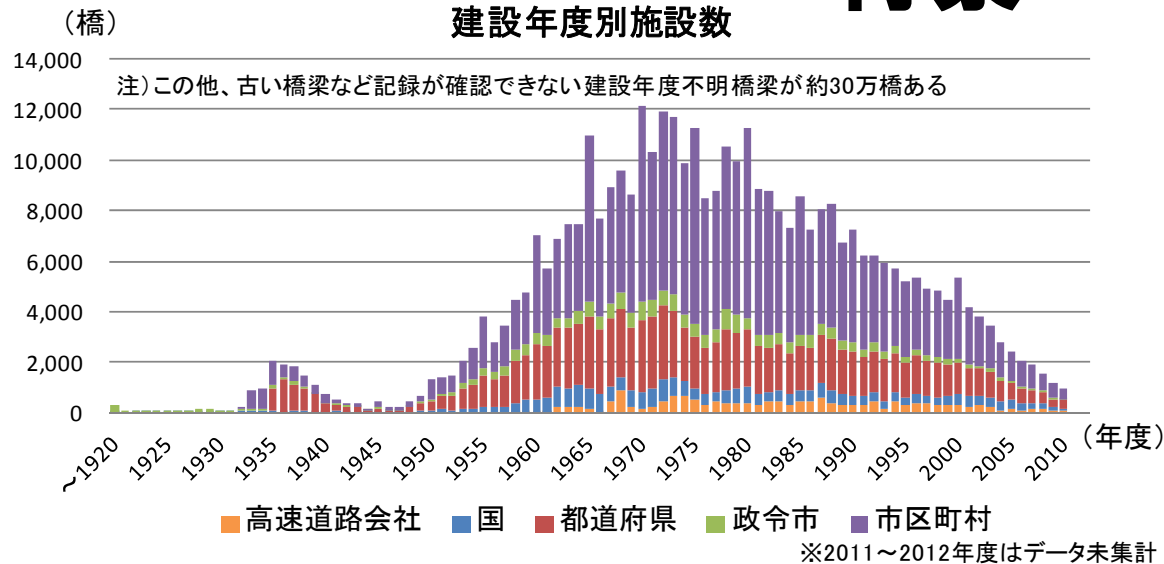
土木技術と先端技術



土木こそ、先端技術が必要！

私が貢献できるかも？ 土木のチャンス。 PDに応募した。

背景



◆わが国のインフラは、高度経済成長期に集中的に整備され総額約**800兆円**を越す規模

◆高齢化の中で、**2012年笹子トンネル事故**のような重大な事故リスクや維持補修費の急激な高まり

○道路インフラの**近接目視**点検(5年に一度)の義務化
(2014年6月から施行)

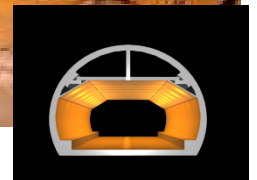
○全国70万の橋梁, 1万のトンネル, 標識などの付属物もまともにやればその費用(市場)は3000-5000億円のオーダー

○**大規模更新・修繕**のコストは**ネクスコ**だけで**3兆円/15年**

○大規模更新は新設の数倍から(場合によっては)数十倍かかる
全国の道路だと100兆円. 港湾空港, 河川, 農水...
あわせれば**数百兆円**

○科学的に, 先端技術を使って, いかに点検費用, 更新費用を減らすか? 決して見える利益を生むものではないが,
大きな**社会的貢献 20%減は一つの目標**

笹子トンネル事故(2012年12月)



橋やトンネルなどインフラの特徴

- ・高い公共性 「**高い安全**」が期待される
- ・**数が多い** 長い, 大きい 橋70万 トンネル1万
- ・**単品性** マスプロ製品とは違う **個体差**がある.
- ・使用環境条件が**1つ1つ違う** (地盤, 気象, 交通)
- ・**長い供用期間** 50年 それ以上 古いものも多い
一つ一つを調べて(検査, モニタリング), その状態を知る必要がある.
- ・**取り換えが難しい** 更新するには新設の数倍~数十倍の費用. 高額.
- ・**検査が難しい** 現場での検査 見えないところが多い

高速鉄道高架橋の振動計測--



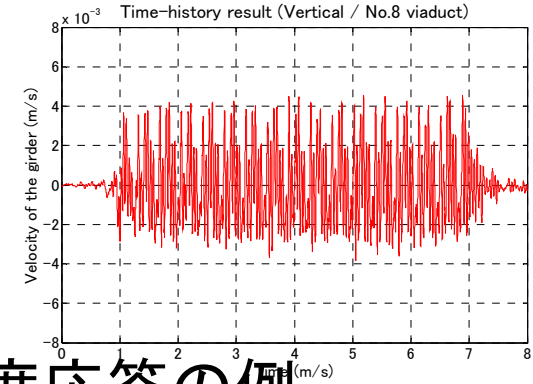
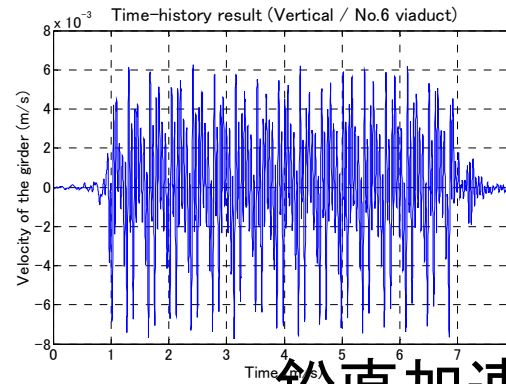
図面上は同じ高架橋 --



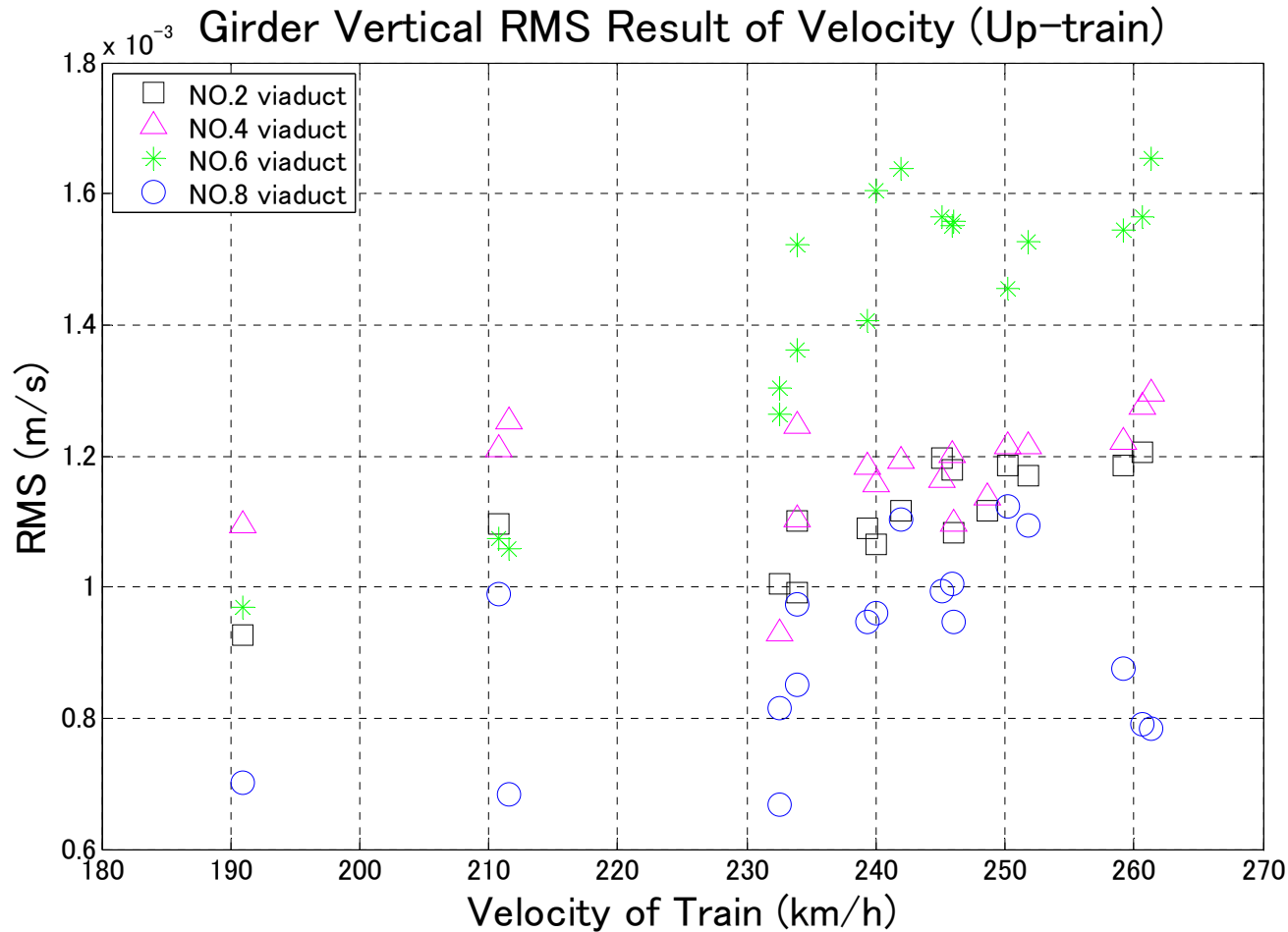
スピード	
210km/h	1964
270km/h	今
350km/h	?

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

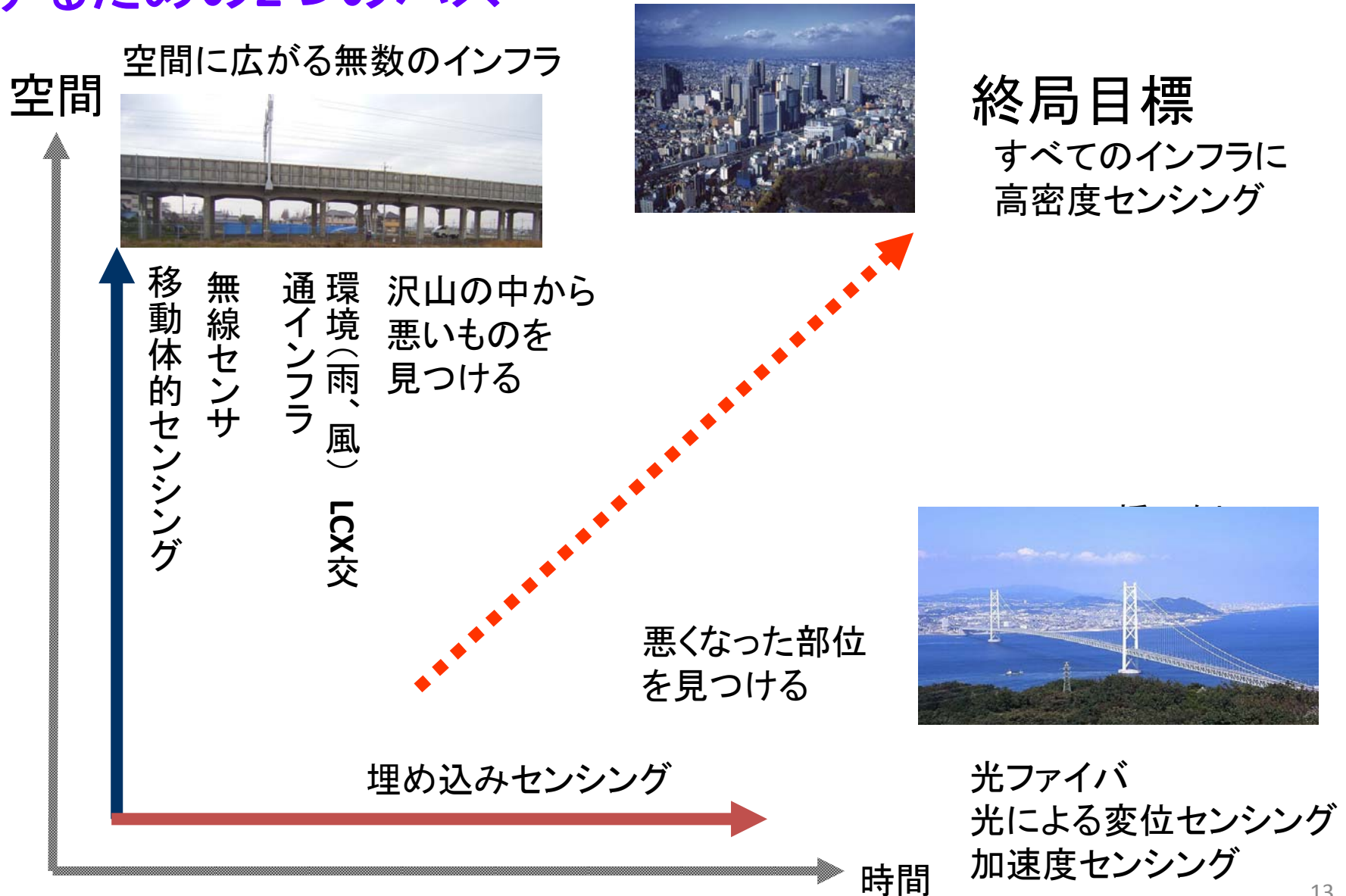


鉛直加速度応答の例

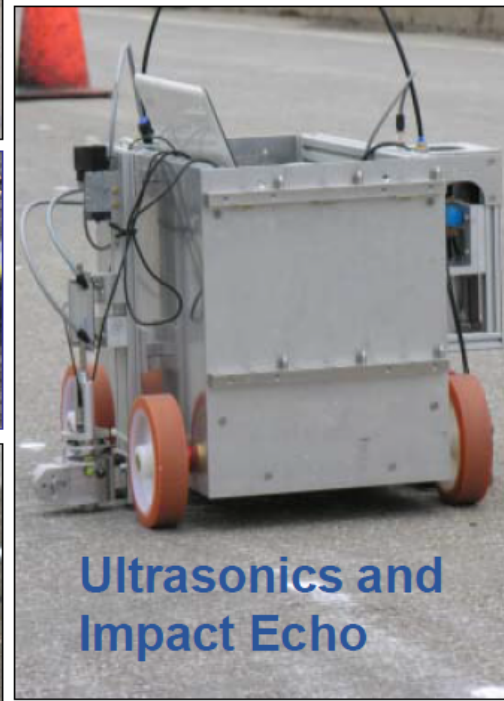
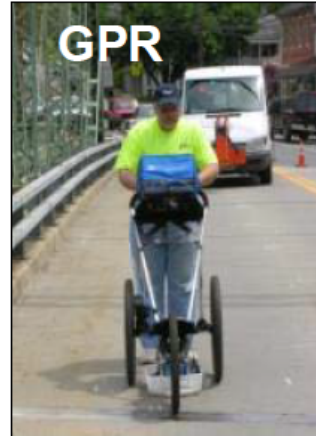


速度

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



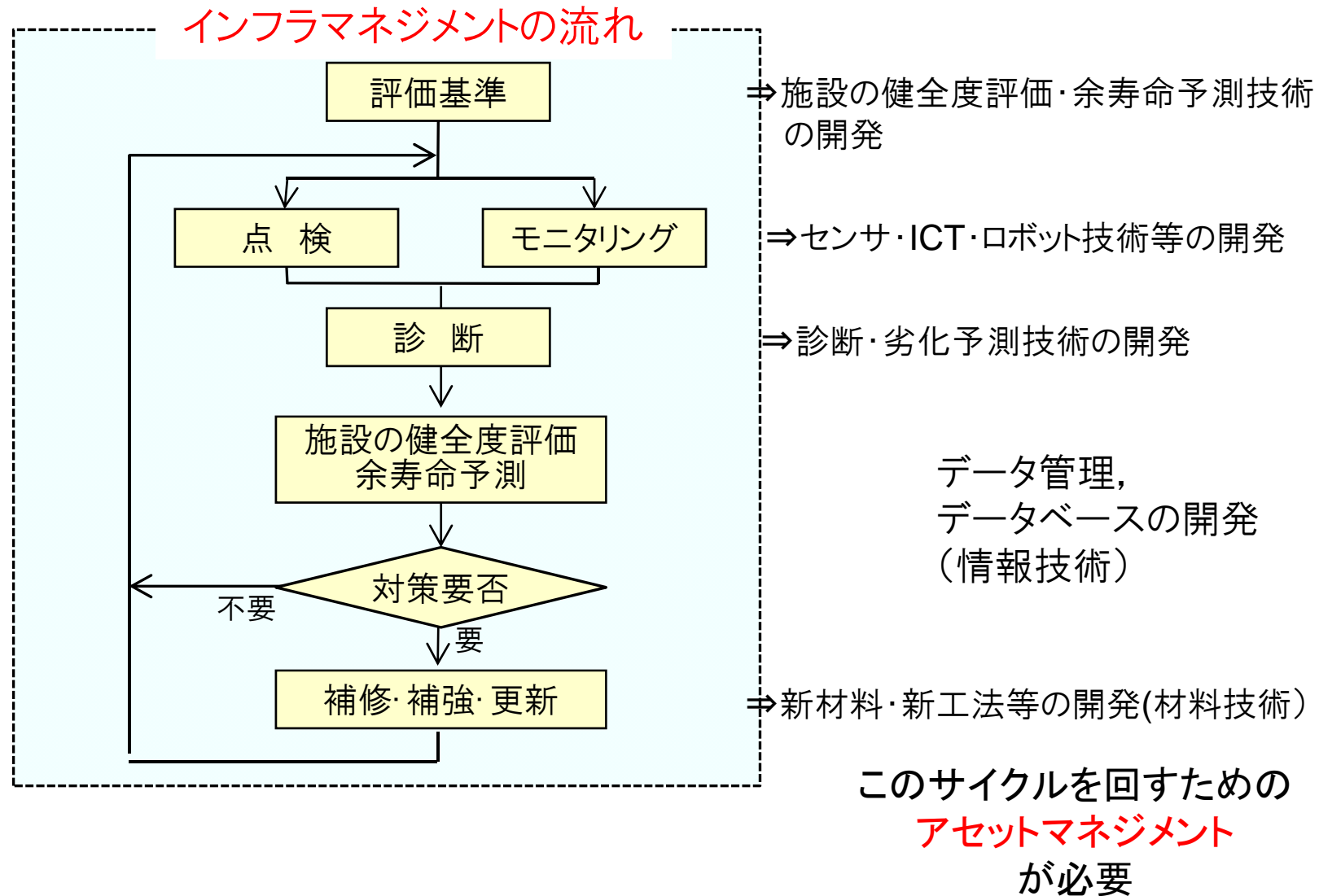
USA連邦道路局での研究開発 コンクリートの非破壊試験





一台の移動型ロボットに **ただし時速2, 3km**

インフラ維持管理フローと必要な技術開発



公募件数一覧

研究開発項目		採択予定数	応募数	採択数
(1)点検・モニタリング・診断技術の研究開発	先端的な計測技術	3件程度	11	4
	インフラにとって従来にない新しい計測技術	3件程度	22	4
	実用化に向けた研究開発	3件程度	13	3
	現場検証（橋梁，のり面・斜面，河川堤防）	13件程度	52	7
	現場検証（海洋・沿岸構造物，空港施設）	5件程度	16	（選定中）
(2)構造材料・劣化機構・補修・補強技術の研究開発		4件程度	11	4
(3)情報・通信技術の研究開発		4件程度	11	5
(4)ロボット技術の研究開発	ロボティクス	3件程度	8	3
	維持管理ロボット・災害対応ロボットの開発	8件程度	18	7
	環境構造化	1件程度	4	2
	ロボット情報一元化システム	1件程度	2	1
(5)アセットマネジメント技術の研究開発	国内外展開を目指した統括的研究	1件程度	2	1
	寒冷地域特有のアセットマネジメント	1件程度	1	1
	特定基幹インフラを対象にしたアセットマネジメント	2件程度	4	2
			175	44

【JST・NEDO共通公募】（全20名）

選考委員

委員長	藤野 陽三(PD)	横浜国立大学 先端科学高等研究院	上席特別教授
委員	坂本 好謙(サブPD)	鹿島建設 土木営業本部	執行役員 副本部長
	若原 敏裕(サブPD)	清水建設 技術研究所	上席研究員
	浅間 一 (選考委員会後サブPD就任)	東京大学大学院 工学系研究科 精密工学専攻	教授
	田中 健一 (選考委員会後サブPD就任)	三菱電機株式会社 開発本部	役員技監
	天野 玲子	鹿島建設 知的財産部 (現 独立行政法人 防災科学技術研究所)	専任役
	大須賀 公一	大阪大学大学院 工学研究科 機械工学専攻	教授
	鎌田 敏郎	大阪大学大学院 工学研究科 地球総合工学専攻	教授
	河野 広隆	京都大学 経営管理大学院 (同 工学研究科 都市社会工学専攻:併任)	教授
	川原 圭博	東京大学大学院 情報理工学系研究科 電子情報学専攻	准教授
	木村 嘉富	国土技術政策総合研究所 道路構造物研究部	道路構造物管理システム研究官
	阪田 憲次	一般社団法人 岡山県コンクリート技術センター	理事長
	佐藤 一郎	国立情報学研究所 アーキテクチャ科学研究系	教授
	島田 清	東京農工大学大学院 農学研究院	教授
	杉山 進	立命館大学 立命館グローバル・イノベーション研究機構	教授
	田所 諭	東北大学大学院 情報科学研究科 応用情報科学専攻	副研究科長・教授
	戸辺 義人	青山学院大学 理工学部 情報テクノロジー学科	教授
	永谷 圭司	東北大学大学院 工学研究科 航空宇宙工学専攻	准教授
	藤田 博之	東京大学 生産技術研究所 マイクロナノメカトロニクス国際研究センター	センター長
	三木 千壽	東京都市大学, 総合研究所	副学長, 教授

公募選定結果

研究開発項目	研究開発テーマ名	研究開発機関	
(1) 点検・モニタリング・診断技術の研究開発	異分野融合によるイノベーティブメンテナンス技術の開発	(独)土木研究所、東京大学、(独)理化学研究所	
	レーザー超音波可視化探傷技術を利用した鋼橋の劣化診断技術の開発	つくばテクノロジー(株)、(独)産業技術総合研究所、(株)復建技術コンサルタント	
	インフラ劣化評価と保全計画のための高感度磁気非破壊検査	岡山大学、(公財)国際超電導産業技術研究センター、(一財)発電設備技術検査協会、九州大学	
	レーザーを活用した高性能・非破壊劣化インフラ診断技術の研究開発	(独)理化学研究所、(独)日本原子力研究開発機構、(公財)レーザー技術総合研究所	
	インフラにとって従来にない新しい計測技術	舗装と盛土構造の点検・診断自動化技術の開発	岐阜大学、地盤防災ネットワーク、(公財)岐阜県建設研究センター、Geometrics Inc.、(株)セロリ
		コンクリート内部の鉄筋腐食検査装置の開発	東京農工大学、(株)IHI検査計測、本多電子(株)
		コンクリート内部を可視化する後方散乱X線装置の開発	産業技術総合研究所、(株)BEAMX、名古屋大学、仁木工芸(株)
		インフラモニタリングのための振動可視化レーダーの開発	アルウェットテクノロジー(株)、早稲田大学
	実用化に向けた研究開発	高速走行型非接触レーダーによるトンネル覆工の内部欠陥点検技術と統合型診断システムの開発	パシフィックコンサルタンツ(株)、(株)ウォールナット、システムリサーチ(株)、(株)三英技研、(株)フォーラムエイト
		高感度近赤外分光を用いたインフラの遠隔診断技術の研究開発	首都高技術(株)、(独)産業技術総合研究所、富士電機(株)、住友電気工業(株)、東北大学
		学習型打音解析技術の研究開発	(独)産業技術総合研究所、首都高技術(株)、東日本高速道路(株)、(株)テクニー、(株)ネクスコ・エンジニアリング東北
	現場検証	国交省公募(橋梁, のり面・斜面, 河川堤防)	(選定中)
		NEDO公募(海洋・沿岸構造物, 空港施設)	(選定中)

公募選定結果

研究開発項目	研究開発テーマ名	研究開発機関
(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の構築による構造物劣化機構の解明と効率的維持管理技術の開発	(独)物質・材料研究機構、京都大学、東京工業大学
	構造物の状態を高度可視化するハイブリッド応力発光材料の研究開発	(独)産業技術総合研究所
	鋼構造物の腐食による劣化損傷の新溶射材による補修技術の研究開発	大阪府立大学、コーケン・テクノ(株)、カンメタエンジニアリング(株)、大阪府立産業技術総合研究所、大阪府立大学工業高等専門学校
	超耐久性コンクリートを用いたプレキャスト部材の製品化のための研究開発	岡山大学、ランデス(株)、オリエンタル白石(株)、JFEスチール(株)、北海道大学、東北大学、岩手大学
(3) 情報・通信技術の研究開発	インフラ予防保全のための大規模センサ情報統合に基づく路面・橋梁スクリーニング技術の研究開発と社会実装	JIPテクノサイエンス(株)、東京大学
	社会インフラ(地下構造物)のセンシングデータ収集・伝送技術及び処理技術の研究開発	日本電信電話(株)、NTTアドバンステクノロジー(株)
	インフラセンシングデータの統合的データマネジメント基盤の研究開発	国立情報学研究所、北海道大学、筑波技術大学
	高度なインフラ・マネジメントを実現する多種多様なデータの処理・蓄積・解析・応用技術の開発	東日本高速道路(株)、ソーシャル・キャピタル・デザイン(株)、(株)横須賀テレコムリサーチパーク、(株)ネクスコ東日本エンジニアリング、大阪大学、北海道大学
	インフラ維持管理・更新に関する多種多様なデータの蓄積・管理・活用技術の研究開発	(株)日立製作所

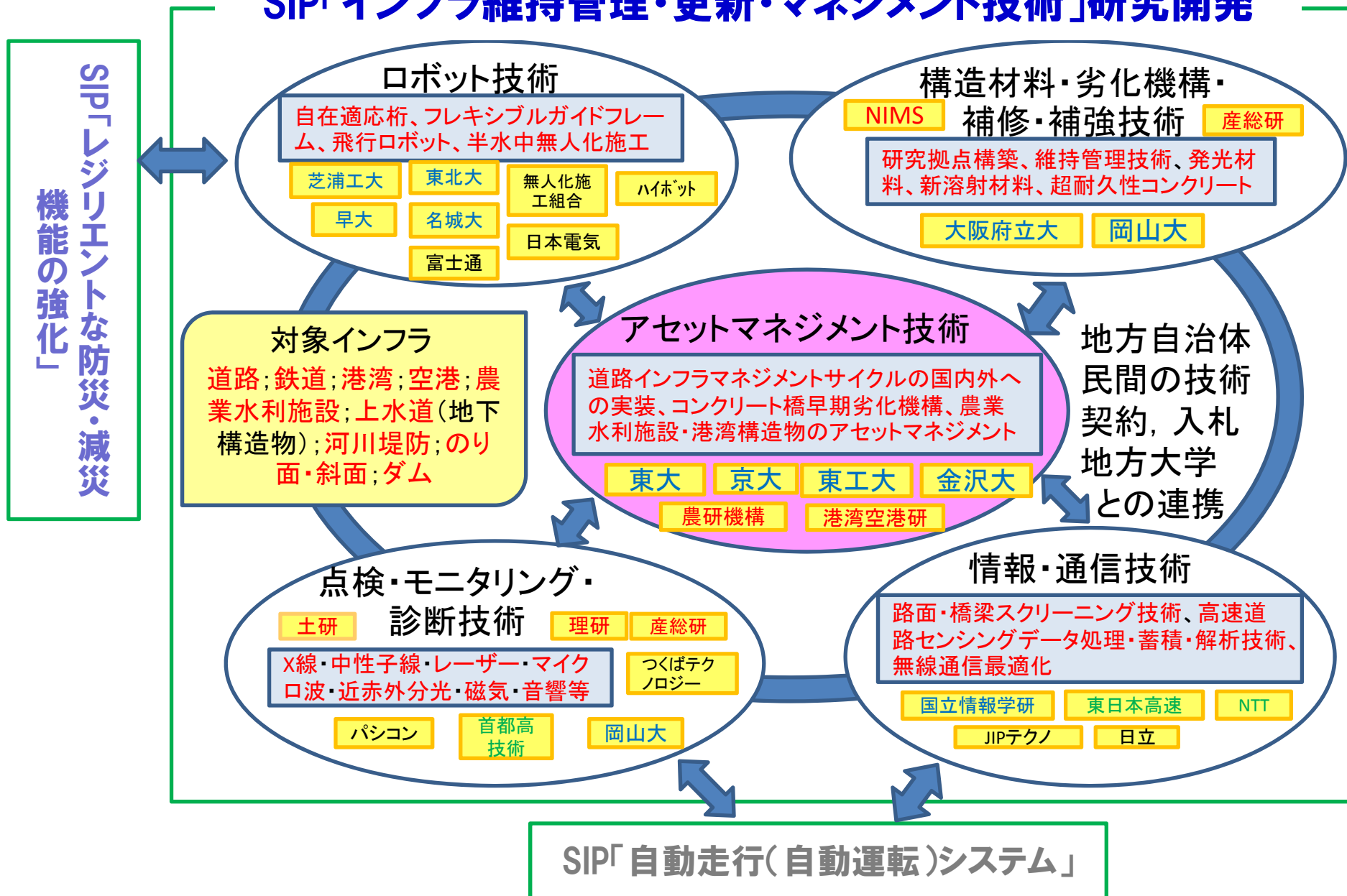
公募選定結果

研究開発項目	研究開発テーマ名	研究開発機関	
(4) ロボット技術の研究 開発	ロボティクス	柔軟静電吸着装置を搭載した半自律飛行マルチコプタによるインフラ構造物点検システムの開発	芝浦工業大学
		マルチコプターによる計測データ解析に基づく異常診断技術の研究開発	名城大学、オキノ工業(株)
		人体計測技術を用いた直感的な遠隔操作型ロボットの開発	早稲田大学、千葉大学
	維持管理ロボット	自在適応桁で支えられる橋梁点検ロボットシステムの研究開発	(株)ハイボット、(株)建設技術研究所、東京工業大学
		橋梁・トンネル点検用打音検査飛行ロボットシステムの研究開発	日本電気(株)、(株)自律制御システム研究所、(独)産業技術総合研究所、(一財)首都高速道路技術センター
		トンネル全断面点検・診断システムの研究開発	東急建設(株)、東京大学、湘南工科大学、東京理科大学、(株)小川優機製作所、(株)菊池製作所
		橋梁の打音検査ならびに近接目視を代替する飛行ロボットシステムの研究開発	東北大学、(株)リコー、(株)千代田コンサルタント、(一財)航空宇宙技術振興財団、東急建設(株)
		近接目視・打音検査等を用いた飛行ロボットによる点検システムの研究開発	新日本非破壊検査(株)、九州工業大学、福岡県工業技術センター、名古屋大学
	二輪型マルチコプタを用いたジオタグ付近接画像を取得可能な橋梁点検支援ロボットシステムの研究開発	富士通(株)、名古屋工業大学、東京大学、北海道大学	
	災害対応ロボット	無人化施工の新展開～遠隔操作による半水中作業システムの実現～	大成建設(株)、(独)土木研究所、(一社)日本建設機械施工協会、(一財)先端建設技術センター、青木あすなろ建設(株)、(株)大本組、鹿島建設(株)、(株)熊谷組、(株)IHI、(株)ニコン・トリンプル、芝浦工業大学
環境構造化	社会インフラ点検高度化に向けたインフラ構造及び点検装置についての研究開発 点検の省力化・精度向上を目指した機械化移動体点検法と構造携帯に関する研究開発	独)土木研究所、(一社)日本建設機械施工協会、(一財)橋梁調査会 京都大学	
ロボット情報一元化システム	社会インフラ用ロボット情報一元化システムの構築検討業務	(一財)先端建設技術センター、野村総合研究所	

公募選定結果

研究開発項目	研究開発テーマ名	研究開発機関
(5)アセットマネジメント技術の研究開発	国内外展開を目指した統括的研究	東京大学、日本大学、(株)土木管理総合試験所、(株)NIPPO、東日本高速道路(株)、首都高速道路(株)、横浜国立大学、東北大学、京都大学、大阪大学、高知工科大学、高知工業高等専門学校、東京工業大学、筑波大学、(公社)土木学会、北海道大学
	寒冷地域特有のアセットマネジメント	コンクリート橋の早期劣化機構の解明と材料・構造性能評価に基づくトータルマネジメントシステムの開発 金沢大学、金沢工業大学、石川工業高等専門学校、長岡技術科学大学、福井大学
	特定基幹インフラを対象にしたアセットマネジメント	港湾構造物のライフサイクルマネジメントの高度化のための点検診断および性能評価に関する技術開発
	基幹的農業水利施設の戦略的なアセットマネジメント技術の開発	(独)農業・食品産業技術総合研究機構、(株)ウォールナット、(株)日立産業制御ソリューションズ、トライボテックス(株)、(株)クボタ、東京大学、芦森工業(株)、麗澤大学、横浜国立大学、石川県立大学

SIP「インフラ維持管理・更新・マネジメント技術」研究開発



研究G 点検・計測・センシング
ロボット
情報・マネジメント
材料・構造
アセットM(マネジメント)・拠点

計測工学・電気子工学
機械工学
情報科学
材料科学
土木・総合工学

マルチディシプリン
グループ間の(専門的)距離は大きい
総勢 40以上の研究チーム

いかにシナジー効果を出すか？ PD, SPD 推進委員が軸となって
各G内での交流 (年内に)
G間での連携 特にアセットMとの交流
そのための出会いの場
研究Gを知り, お互いを尊敬すること.
インターディシプリンに

社会実装

個々の研究チームにはユーザー機関を入れた横型連携型に、
現場のニーズを知り、現場での実証実験が容易に行えるように。

出来上がった、出来上がりつつある技術はアセットMの拠点グループに
持ち込んで、さらにPolish up.

「**使える技術**」ではなく「**使いたくなる技術**」を作るのがSIPの使命

その視点から各研究を評価。可能性の低いテーマは降りていただく。

終わりに

- SIPインフラは私にとってこれまでの研究の中で最大(最後?)の橋渡し, bridging.
国費を使ったプロジェクト. 成功させたい.
- そのためには,
各メンバーとの協力が欠かせない.
皆様のご協力も欠かせない

よろしく願いいたします.