岐阜大学 SIP 実装プロジェクト

SIP 維持管理技術の第１回説明会

―― 新技術の利用拡大を目指して ――

配布資料

資料１　説明会概要 …… 2

本日のプログラム，プロジェクトの概要

今後の説明会スケジュール，MA について，説明会の進め方等

資料２　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

開発者：和田 秀樹（新日本非破壊検査）

SIP 技術の説明資料 …… 10

SIP 技術のアピールシート …… 20

SIP 技術へのアドバイスシート …… 25

資料３　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

開発者：大野 和則（東北大学）

SIP 技術の説明資料 …… 27

SIP 技術のアピールシート …… 29

SIP 技術へのアドバイスシート …… 34

資料４　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　開発者：安田 亨（パシフィックコンサルタンツ）

SIP 技術の説明資料 …… 36

SIP 技術のアピールシート …… 38

SIP 技術へのアドバイスシート …… 42

資料５　関連行事紹介：先進的な道路舗装維持管理に関するシンポジウム …… 44

資料１

当日版

岐阜大学 SIP 実装プロジェクト

SIP 維持管理技術の第１回説明会

―― 新技術の利用拡大を目指して ――

SIP の活動：　「科学技術振興機構（JST）」が担当している「戦略的イノベーション創造プログラム（SIP）」の一つ「インフラ維持管理・更新・マネジメント技術」では，高い維持管理水準でのインフラの維持や魅力ある維持管理分野の創造等を目的として，約 60 項目の維持管理技術（概要 http://www.jst.go.jp/sip/k07_kadai_dl.html）に関する研究開発が進められています。地方自治体などに適用可能な維持管理技術の開発と全国的な展開を目指したマネジメント体制等を推進するために，追加公募が行われました。

岐阜大学 SIP 実装プログラムの目標：　この追加公募に岐阜大学からは，「使いたくなる SIP 維持管理技術の ME ネットワークによる実装（岐阜大学 SIP 実装）」との課題名で応募し，8 月末に採択されました。この岐阜大学 SIP 実装プロジェクトでは，次のような目標を掲げております。

- 地域の特徴を踏まえ，SIP「インフラ維持管理・更新・マネジメント技術」で提案されている多くの技術を精査し，従来技術との相違と適用範囲を把握する。
- 岐阜県内での社会実装に向けた絞込みを行い，フィールド試験等で効果を検証し，その結果を「使いたくなる SIP 維持管理技術」として講演会や HP 等を通じて公表する。
- 「使いたくなる SIP 維持管理技術」のいくつかが，実際の発注工事に採用されることで本研究の成果とする。

説明会の目的：　SIP 維持管理技術に関する開発者からの説明や意見交換をつうじて，参加者の皆様に技術の内容を理解していただくとともに，参加者と技術の開発者の方々に，岐阜県内等における新技術の利用について一緒に考えていただくことを目的としています。

日　時：　平成 28 年 11 月 5 日(土)　13:00～17:00
場　所：　岐阜大学工学部 101 番教室（工学部棟正面ピロティ横）
対　象：　岐阜大学 ME 関係者，SIP 関係者，プロジェクト関係者，等
プログラム：　司会／沢田 和秀（岐阜大学）

13:00 ・開会挨拶と進め方等の説明／六郷 恵哲（岐阜大学）
13:30 ・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／和田 秀樹（新日本非破壊検査）
14:20 （休憩）
14:30 ・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／大野 和則（東北大学）
15:20 （休憩）
15:30 ・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／安田 亨（パシフィックコンサルタンツ）
16:20 ・全体討議
・講評と閉会挨拶／八嶋 厚（岐阜大学）

MA（メンテナンスアドバイザー）について

・MA（メンテナンスアドバイザー）は，SIP 維持管理技術に対してアドバイスを行う。
・MA は，ME 養成講座講師陣，ME アルムナイ，関連する維持関連技術者で構成される。
・岐阜県内への実装を検討する SIP 維持管理技術の抽出にいては，行政に関わる技術者の方々に判断いただくことは立場上難しいと考え，ME 要請講座講師陣と岐阜県建設コンサルタンツ協会所属の ME を中心とした MA のコアメンバーで実施した。

説明会の進め方等

配布資料

・SIP 技術の説明資料
　SIP の HP に掲載された資料，事前送付資料，当日配布資料、等
・SIP 維持管理技術のアピールシート
　説明会参加者の理解を助けることが目的
　MA のコアメンバーの意見と，囲み内に開発者のコメントとを記載
・SIP 維持管理技術へのアドバイスシート
　記入者の氏名（無記名も可）
　説明会における参加者の立場を記入
　　□ＭＡ（ﾒﾝﾃﾅﾝｽｱﾄﾞﾊﾞｲｻﾞｰ）：自由に意見を述べ，アドバイスシートに記入する。
　　□オブザーバー：制約はあるが，意見を述べ，アドバイスシートに記入する。
　　□聴講者：意見を述べず，アドバイスシートにも記入しない。
　提出方法
　　説明会終了時に提出するか，あるいはメールに添付して羽田野へ送る。
　　内容の控えのため，会場でコピー可能。
　取りまとめ内容
　　類似内容を統合したり，表現を分かり易くしたり和らげたりすることがある。
　　取りまとめた内容については，確認の期間を設ける。

意見交換の目的と内容イメージ

技術の内容の理解を深める。
利用者のニーズを開発者に伝える。
より使いたくなる技術になるようにアイデアを出す。
技術の利用者と開発者との間で，その後も含めキャッチボールを行う。
新技術が使われにくい理由を明確にする。
新技術が使いやすくなるための対策を考える。

報告書まとめ方

今年度の活動の報告書を年度末に作成し、HP に掲載する。
２年半の期間中の活動の報告書も、要約版とともに HP に掲載する。

「岐阜大ＳＩＰ実装」　説明会等のスケジュール（案）

説明会

［第１回］　11 月 5 日(土)13:00-17:00，岐阜大学工学部 101 番教室

1) 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
　／和田 秀樹（新日本非破壊検査）
2) 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
　／大野 和則（東北大学）
3) 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／安田 亨（パシフィックコンサルタンツ）

［第２回］　11 月 26 日(土)13:00～18:00，岐阜大学工学部 101 番教室

1) 橋梁点検ロボットカメラ等機器を用いたモニタリングシステムの創生
　／藤原 保久（三井住友建設）
2) 多点傾斜変位と土壌水分の常時監視による斜面崩壊早期警報システム
　／王 林（中央開発）
3) 大型除草機械によるモグラ（小動物）穴の面的検出システム／鈴木 清（朝日航洋）
4) 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
　／東 健司（大阪府立大学）

［第３回］　12 月 7 日(水) 13:00～18:00 予定，じゅうろくプラザ中会議室（ＪＲ岐阜駅前）

1) 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
　／西沢 俊広（日本電気）
2) ALB（航空レーザ測深機）による洗掘状況の把握／坂下 裕明（パスコ）
3) 高精度かつ高効率で人工構造物の経年変位をモニタリングする技術
　／村田 稔（日本電気）
4) 衛星 SAR を主として，測量や GPS 等を融合した，広域的・効率的で信頼性の高い変位モニタリング手法／金銅 将史（国土技術政策総合研究所）

［第４回］　1 月 13 日（金）13:00-17:00，岐阜大学サテライト教室（ＪＲ岐阜駅前）

1) 学習型打音解析技術の研究開発／村川 正宏（産業技術総合研究所）
2) 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
　／徐 超男（産業技術総合研究所）
3) 傾斜ｾﾝｻｰ付き打込み式水位計による表層崩壊の予測・検知方法の実証試験
　／荘司 泰敬（応用地質）

フィールド試験

［第１回］　11 月下旬で調整中

飛行ロボットを使った橋梁点検

［第２回以降］　開催日等未定

ポール型打検機によるトンネルまたは橋梁の点検
走行車両によるトンネル覆工点検
河川堤防のモグラ穴検出，等

応募番号： 01

SIP インフラ維持管理・更新・マネジメント技術
平成28年度追加公募に係る採択審査

研究開発小項目(5)-(C)-a
「アセットマネジメントに関わる技術の地域への実装支援」

研究開発課題名

使いたくなるSIP維持管理技術のMEネットワークによる実装

合計 309 名

ME

研究責任者氏名（所属）
六郷恵哲（岐阜大学）

研究開発グループ名
岐阜大学

平成28年7月28日

（0）研究開発の目標

【追加公募の目的】
地方自治体と密接に連携し，当該地域での産業の振興を図りつつ，当該自治体のインフラ維持管理業務へのアセットマネジメントに関わる技術の実装を実現する。

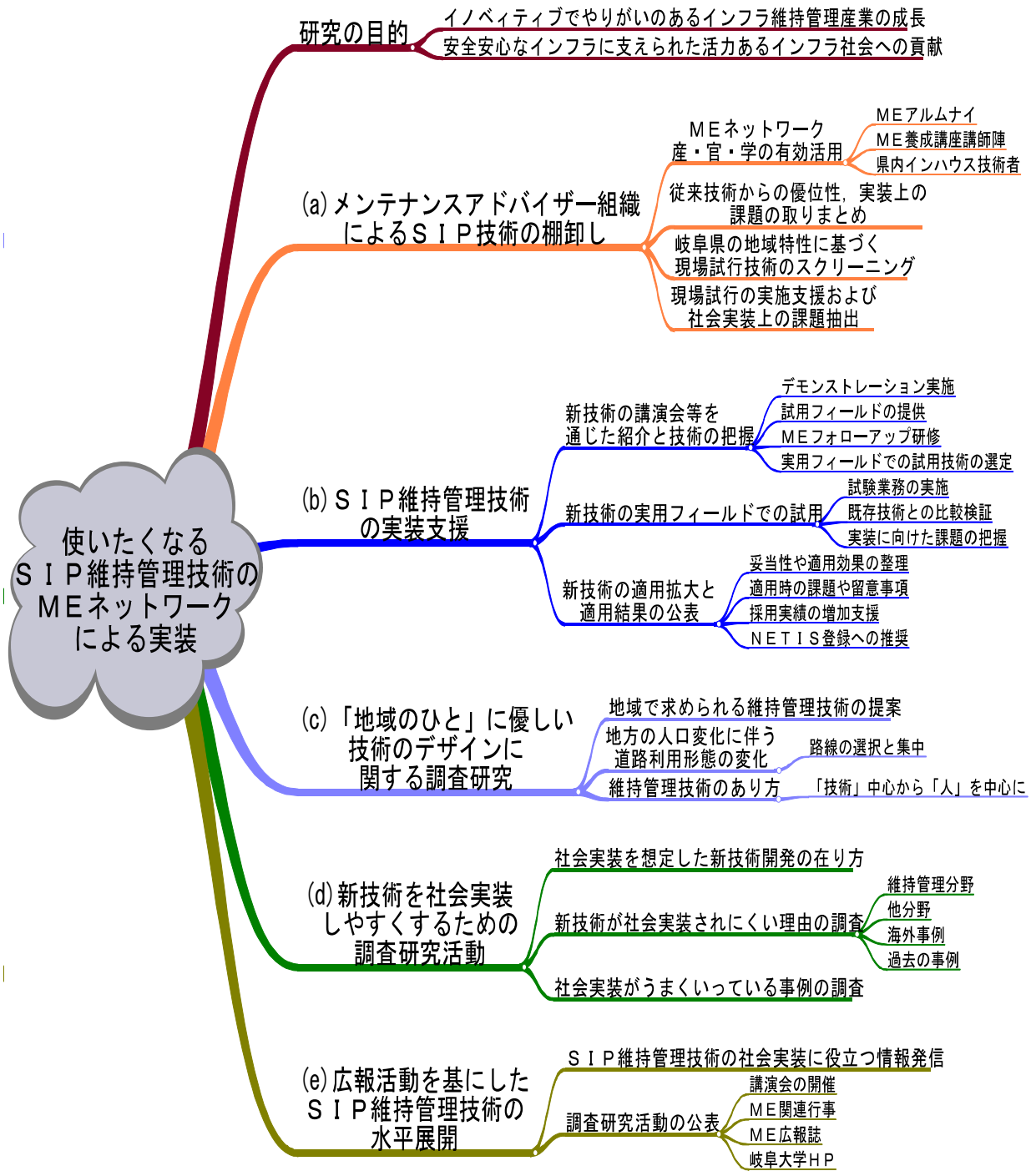
【本提案の目標】
SIP維持管理技術の岐阜県内での適用

【具体的数値目標】

①	意見交換重視の講演会等の開催	４回
②	フィールド試験の実施	２０件
③	比較試験の実施	１０件
④	実業務への適用実績	６件以上

2

(1) 研究開発の目標と内容



国立大学法人 岐阜大学

1

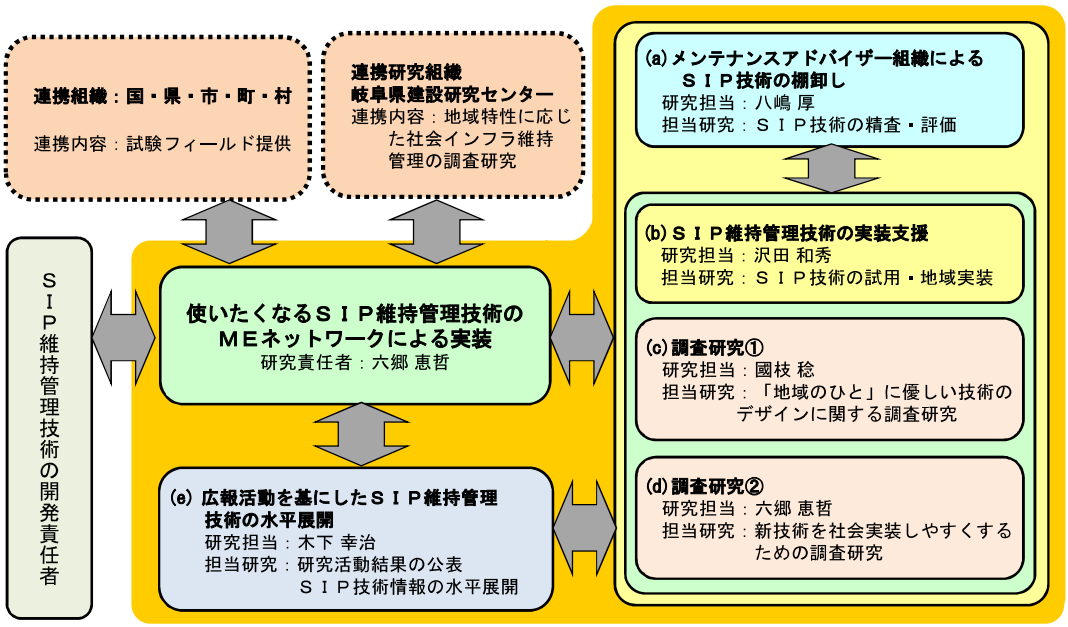
（2）社会実装の見込み

社会実装に向けた取組み

課　題	具体的解決策	成　果
課題① 既存技術の踏襲による 社会実装の難しさ （受発注者が新技術を理解できない）	解決策① 産官学共同体ＭＡ組織による ＳＩＰ技術の棚卸し	ＳＩＰ技術の適用範囲 長所・短所の 把握
課題② 特別仕様の高価な装置と技術が社会実装を阻む （歩掛がないという弊害）	解決策② ＳＩＰ維持管理技術の フィールド試験や比較試験	業務における有効性 解決すべき課題の把握 現地説明会でのＰＲ
	解決策③ ＳＩＰ維持管理技術の 実業務への適用	発注歩掛の提案 成果物の確定 業務発注形式の確定

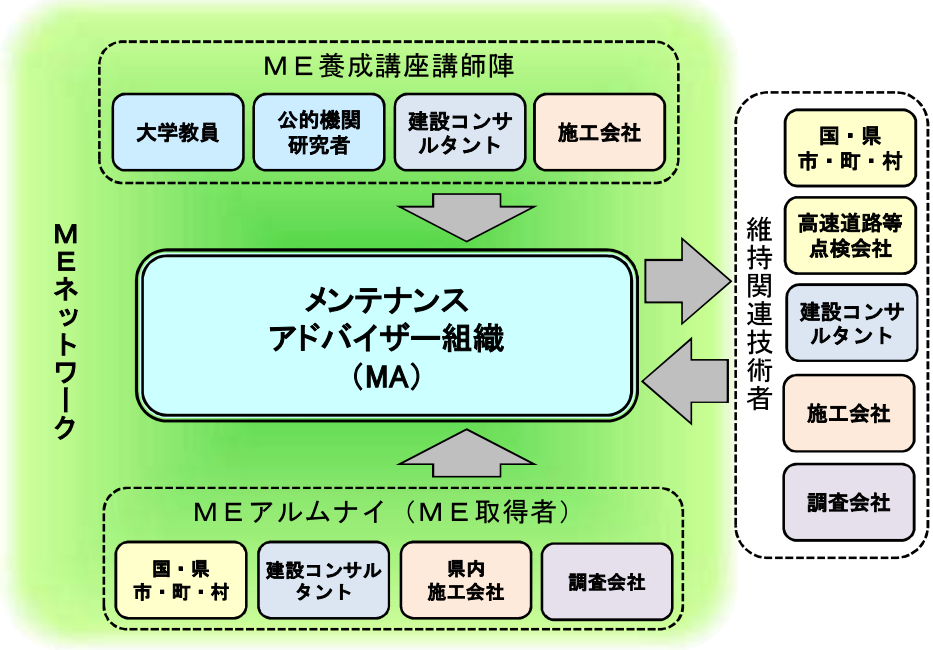
（3）実施体制の特徴

実施体制と研究内容



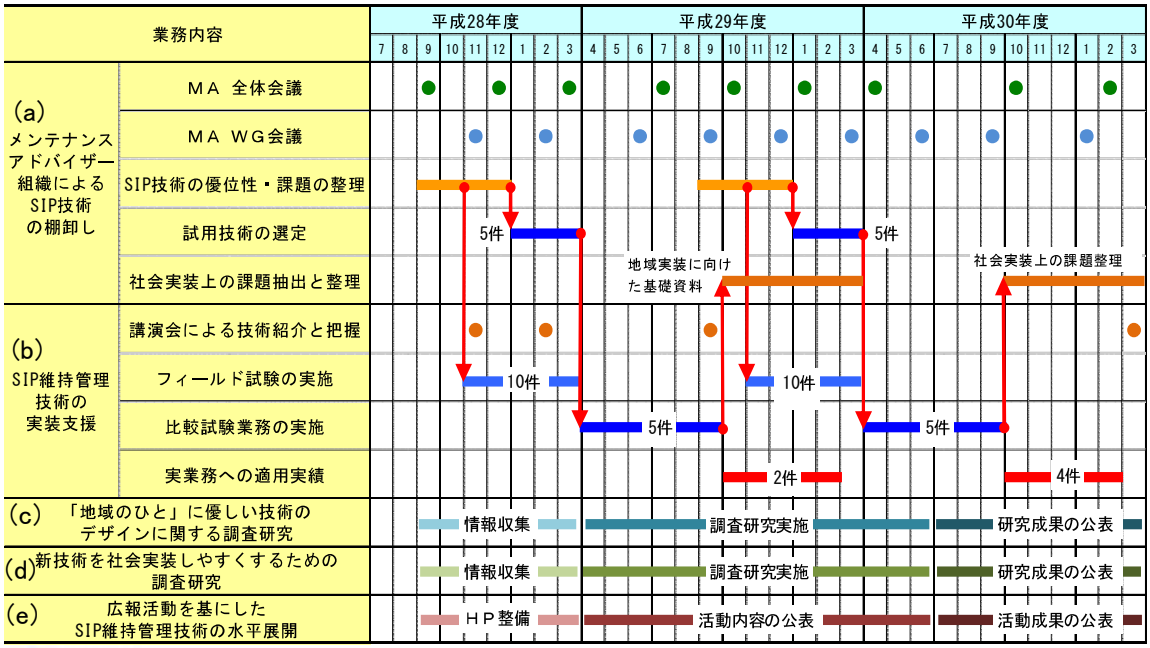
（3）実施体制の特徴

メンテナンスアドバイザー組織を活用した実装支援



（4）スケジュール、予算

全体スケジュール



ME養成講座の内容と特徴

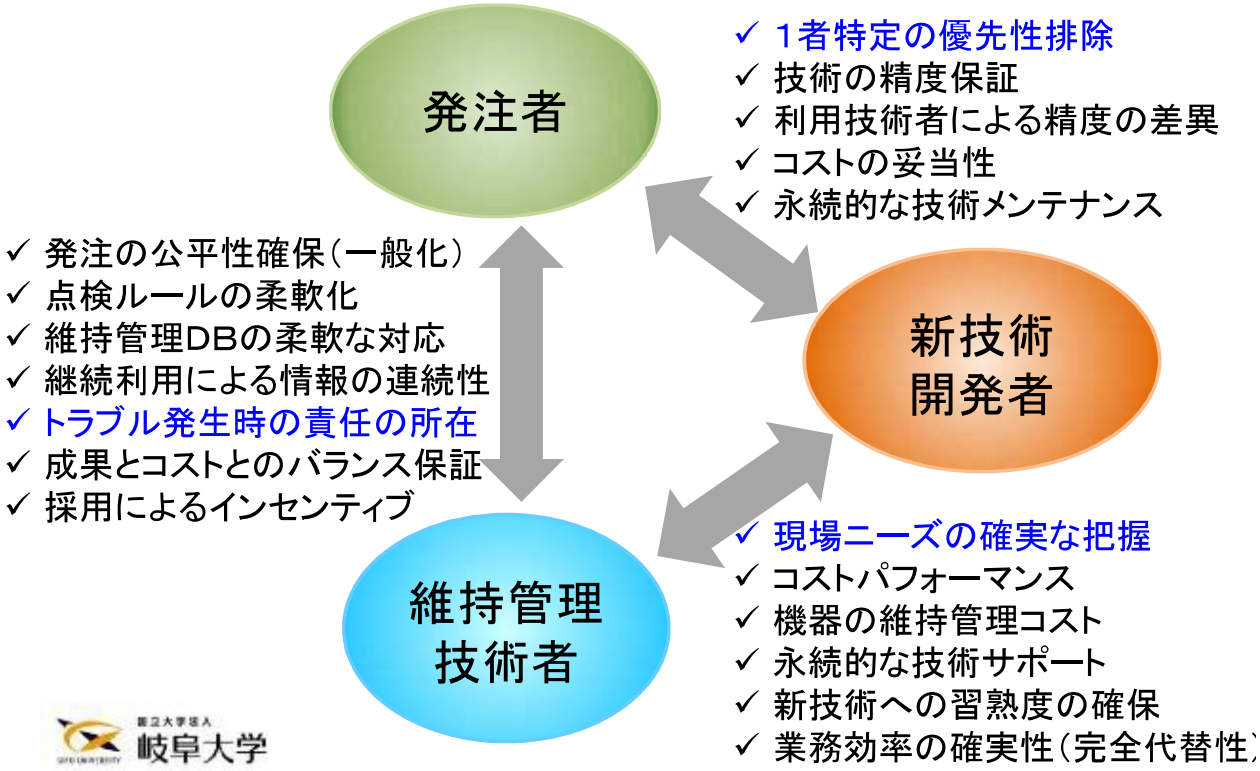
参考図

- 20～30名の受講者，4週間，毎日受講
- 80コマ（1コマ90分，１日4コマ，20日間）集中講座
- 全国から著名な専門家を講師に招聘
  - ・アセットマネジメント基礎科目（**座学**）
  - ・社会基盤設計実務（**演習主体**）
  - ・点検・施工・維持管理実習（**フィールド実習**）
- 国土交通省の技術者資格に登録（6区分，201602）
  - ・橋梁（鋼橋）点検　・橋梁（鋼橋）診断
  - ・橋梁（コンクリート橋）点検　・橋梁（コンクリート橋）診断
  - ・トンネル　点検　・トンネル 診断
- 「MEの会」の会員間のネットワークが好評

岐阜大学

維持管理の新技術が抱える課題

参考図



岐阜大学

資料２

SIPインフラ維持管理・更新・マネジメント技術

研究開発テーマ名：
「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」

研究責任者氏名（所属）：
新日本非破壊検査(株) メカトロニクス部　次長 和田　秀樹

研究実施機関：
新日本非破壊検査（株）　名古屋大学大学院
九州工業大学大学院　福岡県工業技術センター

協力機関：
北九州市　北九州工業高等専門学校

本日の内容

１．研究開発の背景と目的・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・　３
２．点検ロボットの概要・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・　４
３．点検の特徴と内容・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・　５
４．点検ロボットの構造と移動性能 ・・・・・・・・・・・・　６
５．実証実験 ・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・　７
・実証現場　・オペレータ配置
６．点検位置への飛行と点検走行・・・・・・・・・・・・・　９
・吊り下げ始動／停止　・飛行と点検走行
７．近接目視 ・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・　１１
・画角と解像度　・近接目視画像　・画像解析
８．打音検査 ・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・　１５
・打撃機構と打音　・打音機構の性能
９．位置情報取得・点検マップ ・・・・・・・・・・・・・・・・　１８

1. 研究開発の背景と目的

背景

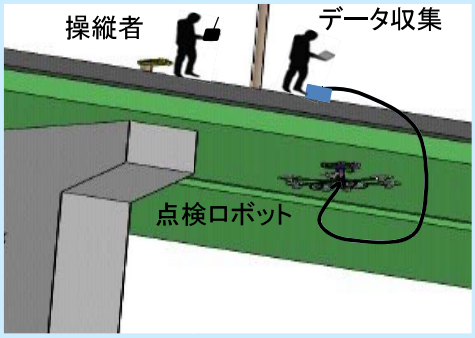
これまでインフラ点検は特殊車輌や足場が用いられることが多く、コスト面や安全対策などが課題とされてきた。また、技術面において技術者の技術に依存するなどの指摘もある。

研究開発の目的

ドローン技術を活用した点検ロボットにより、橋梁の裏側などの人が近づきにくい部位に接近・接触して点検を実施、解析技術による定量的な評価など、安全で低コスト、技術者に依存しないインフラ点検を実現する。

- 特殊車輌の使用を削減
- 道路規制の低減
- 従来点検法の活用
- 解析技術の活用
- 点検調書の支援

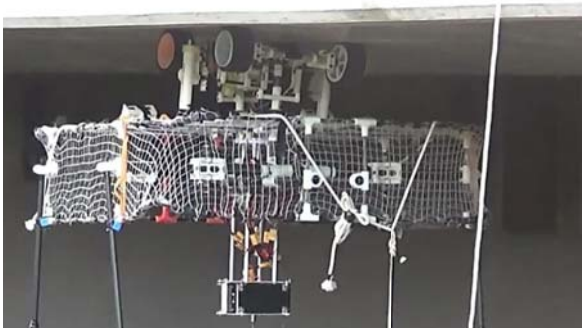
特殊車輌による点検



ロボットによる点検イメージ

2. 点検ロボットの概要

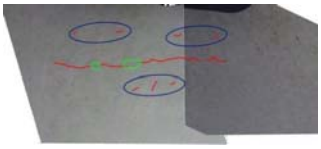
- マルチコプターに駆動車輪を搭載、車輪を壁面に押し付けて走行
- 走行状態で近接目視と打音検査を連続的に実施
- 信号解析により異常部の自動検出
- 有線による電源供給で運転時間の制限を解消



点検状況

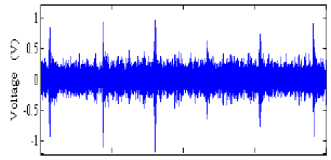
近接目視

カメラ画像

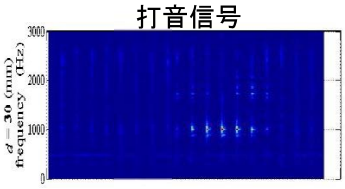


画像解析
ひび割れ検出・採寸

打音検査



打音信号



音響解析
空洞・剥離を検出

3. 点検の特徴と内容

点検の特徴

○機材が小型・軽量
ロボット本体、モニター、PC

○車線規制の削減
歩道・路側帯からの作業

○橋梁上部から点検
河川・海上橋梁、高い橋梁

△航空法による規制
飛行許可・承認 ⇒ 申請
操作者 ⇒ 飛行経験

点検内容

○コンクリート橋（RC・PC）
近接目視（ひび割れ、剥離、鉄筋露出）
対象：床版、桁、橋脚、支承、その他
打音検査（浮き、内部割れ）
対象：床版、桁、橋脚、その他

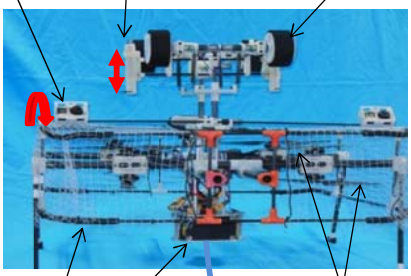
○鋼橋
近接目視（腐食、亀裂、変形）
対象：主桁、横桁、支承、その他
超音波検査（厚さ測定、割れ）
対象：主桁、横桁、その他

橋梁点検車による点検

ロボットによる点検

4. 点検ロボットの構造と移動性能

点検ロボットの外観



給電ケーブル：30m
（ケーブル重量 ： 1.5kg）

電源供給器

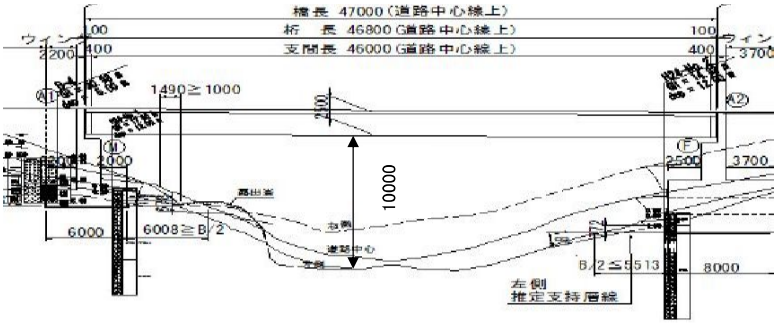
構造：二重反転式クワッド型
外形：880mm（L）×880mm（W）×725mm(H)
重量：7.5kg
電源：AC100V

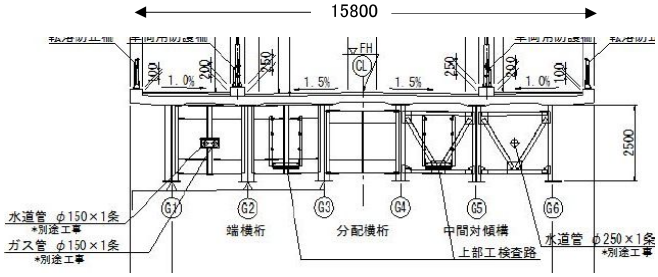
移動性

- 飛行
  - ペイロード：5.5kg以上
  - 車輪押し付け力：2kg以上
  - 移動範囲：30m
  - 非GPS・コンパス環境での飛行
  - 飛行可能風速：7.5m/s（瞬間）
- 走行
  - 左右車輪独立制御
  - 前進／後退、方向転換
  - 最大速度：9.5m/分
  - 段差・リベット乗り越え 30mm程度
  - 傾斜面走行（水平）
  - 前・後±12°　左・右±20°（＊垂直面走行機構を開発中）
- 騒音
  - ロボットから20m離れた位置で65db以下

5. 実証実験

5. 1 実証現場





北九州市より実証現場提供

5. 2 オペレータ配置

ケーブル担当

飛行担当、走行担当

PC・電源担当

全員（4人）

オペレータの配置 （現状4人 ⇒ 今後3人体制）

6. 点検位置への飛行と点検走行

6. 1 吊り下げ始動／停止

吊り下げ／回収

始動／停止

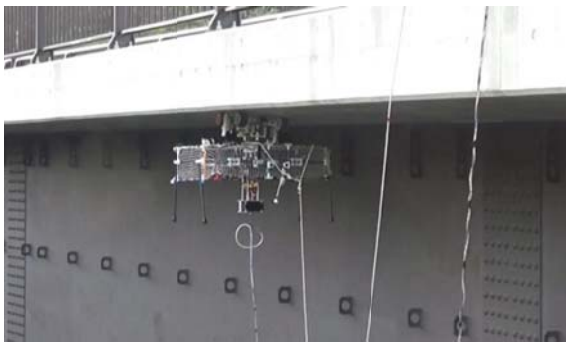
橋梁上部から簡単な準備作業（**吊り下し**⇒ 始動 ⇒ 点検 ⇒ 停止 ⇒ **引き揚げ**）

6. 2 飛行と点検走行

橋梁下飛行

リベット部（主桁）走行

桁内侵入



張り出し床版(傾斜）走行

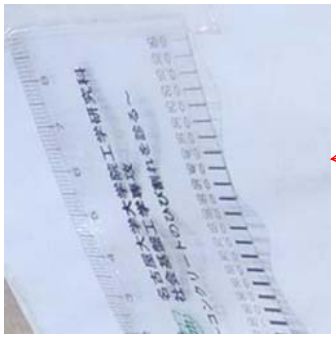
橋の裏側を自在に飛行・走行（非GPS・コンパス環境）

7. 近接目視

7. 1 画角と解像度

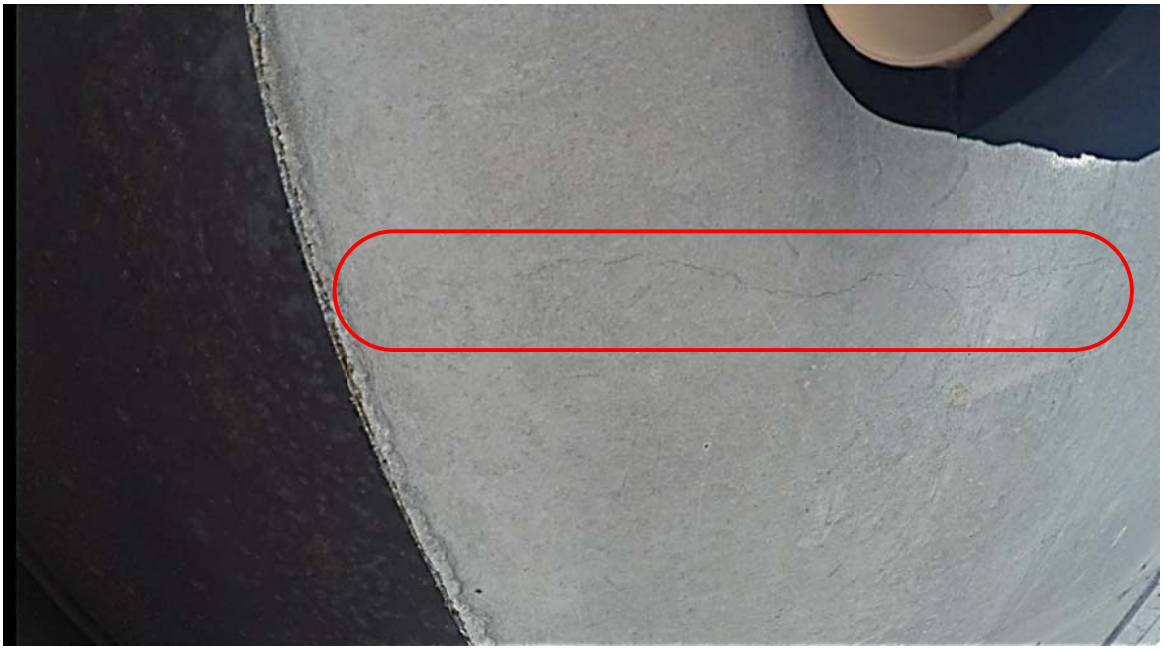
・画角：700mm×400mm／1台
・2台のカメラでロボット幅
850mmの点検が可能

クラックゲージの最も細い線
（0.05mm）が確認



近接目視カメラの画角と解像度の確認

7.2 近接目視画像①



近接目視カメラの画像確認

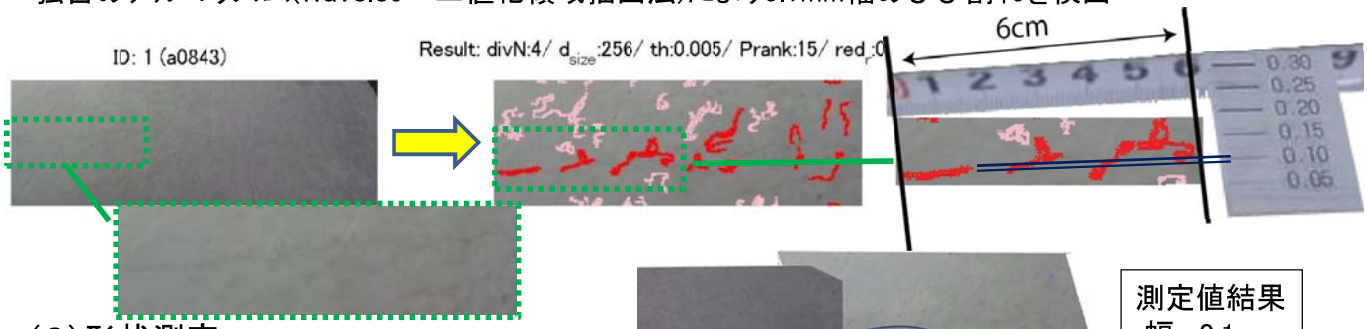
7.3 近接目視画像②

近接目視カメラの画像確認

7.4 画像解析

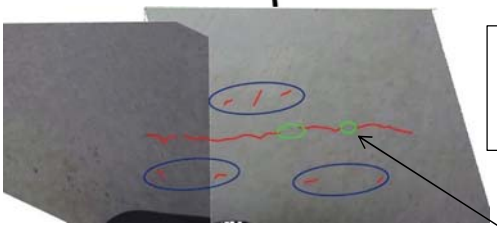
（1）自動検出処理

独自のアルゴリズム(Wavelet + 二値化領域抽出法)により0.1mm幅のひび割れを検出



（2）形状測定

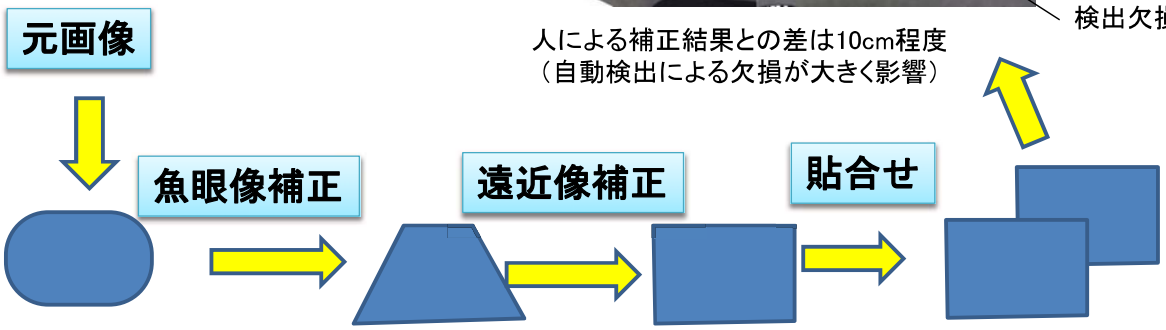
検出したひび割れの形状を正確に測定するには、画像の補正が必要となる



測定値結果
幅 :0.1mm
長さ:50cm

検出欠損部

人による補正結果との差は10cm程度
（自動検出による欠損が大きく影響）



8.打音検査

8．１ 打撃機構と打音

打音

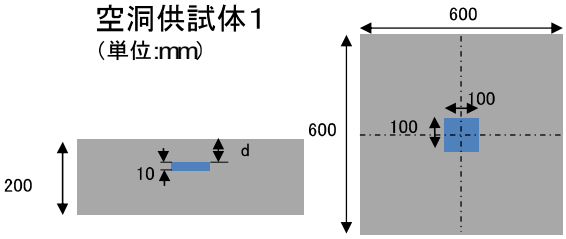
ピストン式打音検査の動作確認

打撃間隔：1.3秒／回
（最大速度で約200mm間隔）

8.2 打音機構の性能①

供試体により空洞特有のスペクトル変化を確認（鋼球落下と同じ傾向）

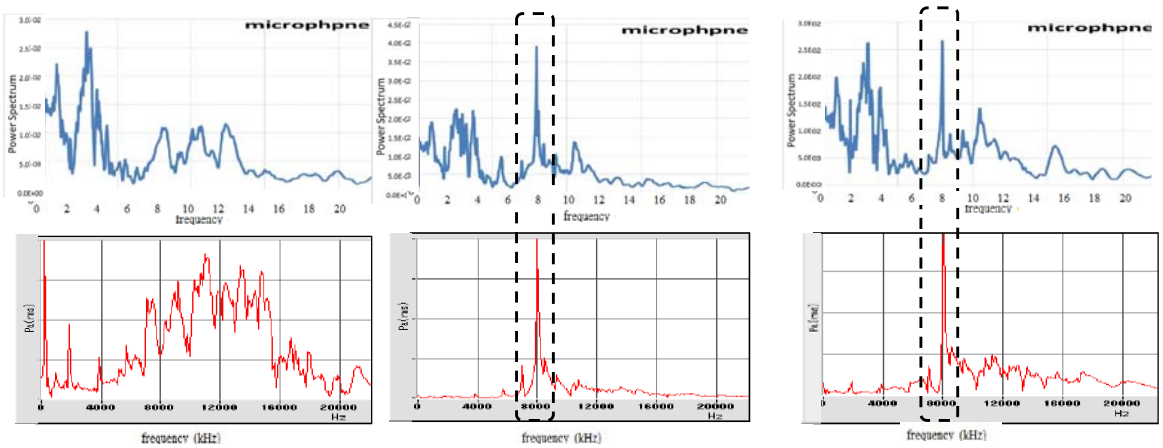
空洞供試体１
（単位:mm）



- ピストン式
  球形打撃面
  （球面：d=10mm）
- 鋼球落下
  直径10mm
  落下距離：100mm

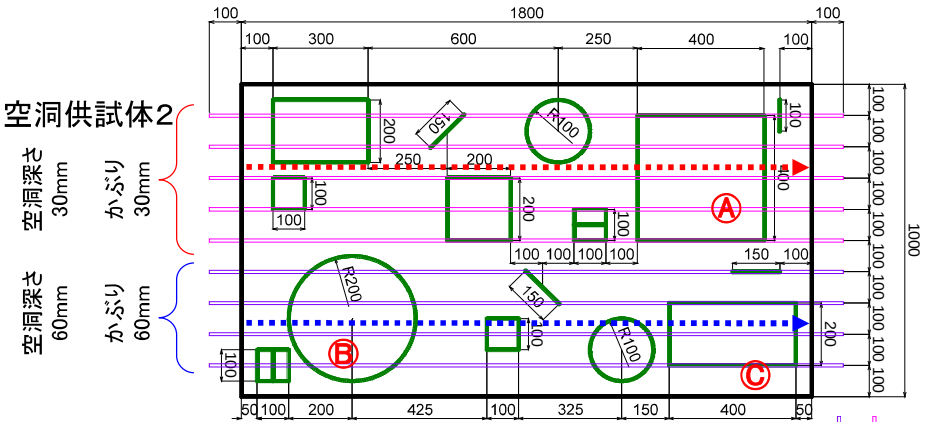
ピストン式

鋼球落下



空洞無し　　深さ30mm　　深さ50mm

8.3 打音機構の性能②



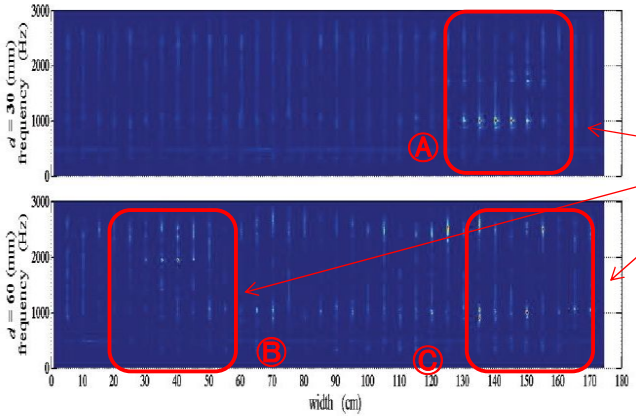
供試体厚さ:150mm
空洞深さ:30mm，60mm
空洞厚さ:10mm

連続打音検査1

連続打音検査2

打音検査1
スペクトル

打音検査2
スペクトル



空洞によりスペクトルに
変化が発生した領域

スペクトルの変動を自動
で検出する処理を検討中

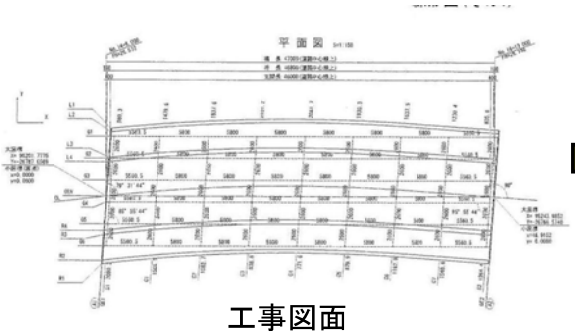
連続打音検査で空洞によるスペクトル変化の識別が容易

9．位置情報取得・点検マップ

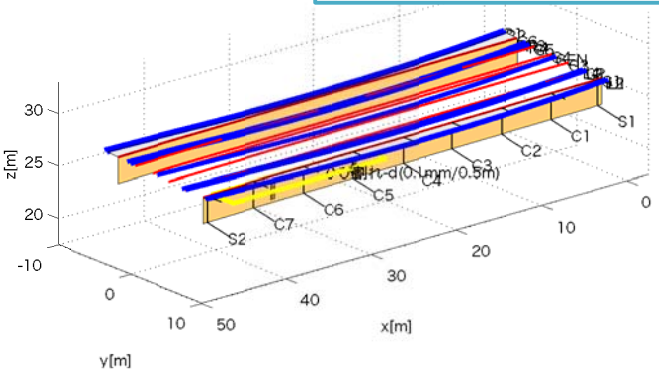
位置情報取得

GPS（GPS・ジャイロ）付きカメラによる位置情報取得
目印（位置が既知）のカメラ画像により位置照合で高精度化

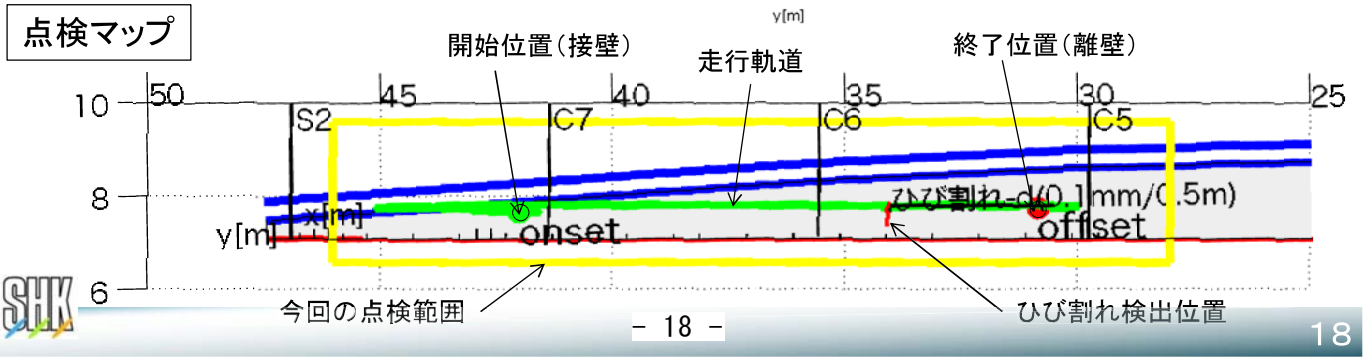
工事図面を3次元構造で可視化（GPS⇔平面図相互変換系）



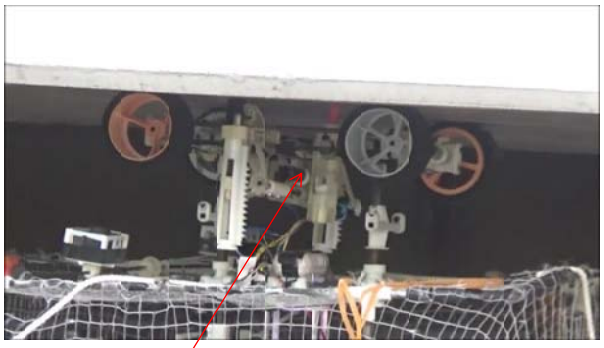
工事図面



点検マップ



１０．マーキング機能



マーキング機構

マーキング跡

チョークにより任意の位置にマーキング

ご清聴ありがとうございました。

SIP 維持管理技術のアピールシート

平成 28 年 10 月 29 日

説明会参加者の理解を助けるため, SIP ホームページに公開されている SIP 維持管理技術の情報をもとに, メンテナンスアドバイザー(MA)のコアメンバーが事前に出した意見を記載しました。これに，技術の開発者からコメント（囲み部分）を加えていただきました。

１．研究開発の技術名称（研究責任者）

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（和田 秀樹）

２．技術の特徴

橋梁点検に使うためのドローンの開発である。

① ドローンと駆動車輪を合わせた移動機構を有している。

② 近接目視，打音検査を実施する点検機構を有してる。

③ 画像解析，音響解析による欠陥検出が可能である。

【開発者からのコメント】

ドローン技術を活用した点検ロボットにより、橋梁の裏側など人が近づきにくい部位に接近・接触し、従来点検法と同じ近接目視、打音検査を実施する。また、点検データを解析技術により定量的に評価するなど、安全で低コストで技術者の技量に依存しないインフラ点検の実現を目的に点検ロボットの開発を実施している。

３．岐阜県内での想定される活用方法

３－１．法定点検の代替

この技術は，現時点では法定点検の代替になりにくいかもしれないが，この技術のメリットとしては，交通規制を省略できる点があげられる。作業時間や機材が増えても，コスト面での有利性が失われないことが望まれる。自治体の点検においてこの技術を活用しやすくするため，以下の観点から検討してはどうか。

① 性能調査：提案されている技術が，従来手法と同等以上の性能を有しているか。

② 従来手法の代替としての可能性：提案されている技術が、法定点検の部分的な代替となりうるか。（効率性，コスト面含め）

③ 個別技術の組合せ：他の個別技術との組合せにより，法定点検の代替となるシステムを開発可能か。

【開発者からのコメント】

法定点検で使用できるかは、このようなプロジェクトにおいて開発技術の機能や性能を MA に理解していただき、MA から効果的な用途や使用法などの提案のもと、実証試験などを経て実用化されることが重要であると考えており、様々な提案や助言をいただきたい。

点検性能については従来の人による点検方法と比較し、近接目視は同等またはそれ以上、打音検査については叩き落しを除けば検出性能は同等と考えている。

３－２　橋梁維持管理での利用

① 法定点検の結果，健全性の診断が区分Ⅰ（健全）と対策区分Ⅱ（予防保全の段階）のものを対象として，次回点検に本技術による間接目視点検を導入する。

② 本技術を用いた点検で新たな損傷が発見された場合には，点検車（交通規制）を用いた近接目視点検を実施する。

【開発者からのコメント】

現状ではこのような補助的な使用法も一つの実用化案として考えられ、コスト的にも成立できる適用法などを提案いただきたい。

４．活用に際しての現状での問題点

① 法定点検は近接目視点検を義務つけているが，本技術による点検が認められることが大きな課題である。

② 法定点検における要求事項（近接目視）を全て満足する技術ではなく，現時点における従来手法の全面的代替の可能性は高くない。

③ この分野の開発者達は，当然のことながら，安全性とサービスメニューを差別化することで，自社の優位性を確保しようとしており，開発者相互の足並みが揃わない可能性がある。

④ 自治体の点検における施設的条件（施設規模の大小）や地理的条件（平地，山間地）は多様であり，提案されている技術を適用できるケースは限定される可能性がある。

【開発者からのコメント】

従来点検法や他の開発装置などとの併用については想定している。そのうえで、本装置が効果を発揮する条件や、コスト面で成立可能となるようなケースを検討いただき、様々な適用法を提案いただきたい。

５．活用に向けての課題

① 法定点検で飛行ロボットの活用が可能な点検内容を明確化する。

② 法定点検の範囲内に，ロボット点検手法を位置付ける（ロボットによるスクリーニング点検と詳細点検の 2 段階点検など）。

③ ロボットによる個別の調査技術が，従来の調査技術と同等以上の性能であることを，証明・認証するしくみを構築する。

④ 自治体の多様な条件に適合可能で，従来手法よりもコスト面等で優位であることを示す。

⑤ 比較的健全な橋梁であれば，飛行ロボットによる点検で，「問題が無い」状況を十分に把握できることを証明する。

【開発者からのコメント】

飛行型点検ロボットを法定点検に活用してもらうためには、性能・コスト面などで様々な検証が必要であり、実績を重ねることが重要と考えている。そのためには、自治体・建設コンサルタントなどの協力は不可欠であり、従来点検法との比較が可能な様々な実証現場の提供などの協力を期待している。

６．課題の解決策

① 技術開発者への詳細機能や条件等のヒアリング
② 国土交通省へのヒアリング（制度として認められるか）
③ 個別技術の精度確認方法の検討
④ 多様な条件を反映した実証フィールドの選定
⑤ 技術精度のみならず効率性，コストを比較可能な実証実験の実施
⑥ ロボットの活用が可能な点検手法の検討とマニュアル（案）作成
⑦ 個別提案技術の組合せが可能な開発環境の整備（開発者によるコンソーシアムなど）の検討
⑧ 歩掛調査
⑨ 飛行技術研修

【開発者からのコメント】

多様な条件の実証フィールドによる検証が必要と考えている。

７．これまでに利用されている既存技術

【開発者からのコメント】

① 足場・橋梁点検車上からの点検技術者による超音波検査

８．本 SIP 技術の開発状況および開発完了時期

【開発状況】

現在、床版等の水平面に対して近接目視、打音機構ができる状態にあり、実証試験は可能である。今後、橋脚等の垂直面に対応する機構と、鋼橋等の点検に有効な超音波検査（厚さ測定等）機構の開発を実施する。

【開発完了時期】

H30 年度末の完成を目標とし、H29 年度末には垂直壁面に対応可能な状態にする予定である。

９．技術の新規性（既存技術との比較）

□ 既存技術にはない全く新しい技術である。

ドローンと駆動車輪を組み合わせた飛行型ロボットによる接触式点検システム

□ 既存技術をより良くするものである

- *安全性が向上する。*
- *調査経費の削減が可能である。（橋梁点検車、足場の使用を削減）*
- *高精度化（解析技術の活用で、現況と同等かそれ以上）*

10. 技術の適用範囲や精度

① 可動装置に対する制限

オペレータとの位置関係→現状はロボット操作者のみ橋梁の下（将来は全員橋梁上）

周辺状況（住宅地近傍での利用）に対する制限→

居住地の境界から 20m 以上（環境省騒音基準：65db）

降雨や強風時での制限→ *雨天は不可、最大風速 6m 程度*

② 判別の精度

ひび割れ検出について→0.1mm 幅まで検出可能。ただし、外光の影響を受ける場合もある。

空洞検出について→RC において深さ 60mm まで検出可能。ただし、供試体による。

11. これまでの実績・成果等

□ 室内等での試験により成果が確認されている。

→

□ 実構造物での試験により結果を確認している。

→北九州市の協力により実際の橋で実証実験を実施しており、現在、床版を対象とした点検について実証実験を行っている。（詳細は説明資料をご覧いただきたい。）

12. 実業務での利用時の対応

① 検査機器１式の導入コストは，どの程度となるか。（リース or レンタル）

→ 装置販売価格は未定、レンタル・リースについては直接実施しないが、建機レンタル会社等を介して実施。装置を使用した点検サービス（装置＋オペーレータ＋解析）を実施予定。

② 利用時のコスト

→ *（不明）*万円/（橋面積１０００m2 当り）

③ 利用者への教育

■ 利用者教育あり

□ 取扱い説明書での対応

□ 専門の体制（会社）により実施

□ その他（→○○○○○）

④ 測定機器のメンテナンス体制

→ *あり*

⑤ この装置以外で，利用者側で準備すべき機器等

□ 特になし

■ 準備すべき機器（→発電機、PC）

⑥ 既存技術では不要であったが，本技術では準備すべき事項・対応など

■ 特になし

□ 準備項目（→ ○○の規制）

13. 開発者から特に付記したい項目など

【開発者からのコメント】

不明な点は下記までお問い合わせください。

新日本非破壊検査㈱

〒803-8517　北九州市小倉北区井堀 4-10-13

TEL：093-581-1256　http://www.shk-k.co.jp/

SIP 維持管理技術へのアドバイスシート（１）

平成 28 年 11 月 5 日

研究開発の技術名称（研究責任者）
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（和田秀樹）

以下，参加者が各自の意見・アドバイスを記載する。

記入要領　　□：選択してチェック

→：理由など記入

記入者の氏名（無記名も可）：＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿

記名の方で，記入内容を確認させて頂く場合の連絡先等 E-mail：＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿

岐阜大学 SIP 実装プロジェクトの説明会における参加者の立場

- □ ＭＡ（メンテナンスアドバイザー）：自由に意見を述べ，アドバイスシートに記入する。
- □ オブザーバー：制約はあるが，意見を述べ，アドバイスシートに記入する。
- □ 聴講者：意見を述べず，アドバイスシートにも記入しない。

１．実業務への適用範囲

- □ 提案されている技術のみで，実業務に適用できると思う。
- □ 既存技術の一部を補完する要素技術として適用できると思う。
- □ 他の要素技術や既存技術との組合せによって利用の可能性は広がると思う。
- □ その他（　　）

２．提案技術の利用についての実務面からの印象

- □ 積極的に利用したいと思う。

  理由→

- □ 発注者からの指示であれば利用する。

  理由→

- □ 使えない（使いたくない）と思う。

  理由→

３．提案技術が優れていると思った項目

既存技術に比べて，提案技術が優れていると思われる項目，機能等

→

→

→

４．提案技術への改良提案

岐阜県内での実装に際して，充実させて頂きたい項目，機能等

→

→

→

５．提案技術の別な用途での利用提案

開発意図とは異なる方面での利活用ができると思われる項目等

→

→

→

６．提案技術と他の新技術との組み合わせの提案

実装に際して他の技術と組み合わせると，更に使いたくなると思うこと等

→

→

→

７．提案技術に対する技術的発展の期待度

本技術提案は，インフラ維持管理・更新・マネジメント技術として，システム化されたインフラマネジメントを構築でき，インフラの事故を未然に防ぎ，維持管理やメンテナンスの負担軽減を図ることが期待できますか。

□ 大いに期待できると思う。

期待できる項目→

□ 改良等を行なえば期待できると思う。

改良が必要と思われる項目→

□ 本日の説明だけでは，期待できないと思う。

期待できないと思う理由→

資料３

■研究開発項目：ロボット技術の研究開発
■研究開発テーマ：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
■研究責任者：東北大学 未来科学技術共同開発センター　准教授　　大野和則
■共同研究グループ：（株）リコー、千代田コンサルタント（株）、
（一財）航空宇宙技術振興財団、東急建設（株）

研究開発の目的・内容

研究開発の目的

桁橋や床版橋の近接目視、打音検査を代替するドローン（マルチコプタ）の研究開発
・点検車両のアームが届かない橋梁も従来と同程度の時間で点検
・点検用の足場作成のコスト・期間を削減
・最小限の交通規制で点検業務を実施
・損傷箇所に関する調書作成を支援するソフトを開発

研究開発の内容

1. ぶつかっても落ちずに橋梁の奥まで入り込める**点検用球殻ドローン**の開発
2. 構造物に吸着して見通し外の点検用ドローンへの通信を中継する**通信中継ドローン**の開発
3. 点検映像に写った橋梁の**損傷位置・程度の判定を支援**する機能の開発
4. 点検・航空・建設の専門家主導による**性能実証試験**の実施

研究開発成果の最終イメージ

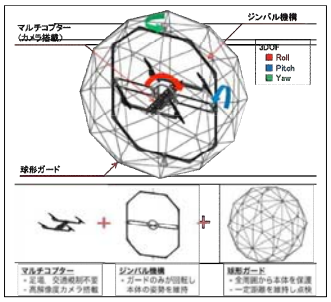
戦略的イノベーション創造プログラム
Cross-ministerial Strategic Innovation Promotion Program
インフラ維持管理・更新・マネジメント技術

現状の成果①

点検用球殻ドローンの開発（東北大学）

球殻で保護された
ぶつかっても落ちないドローン

H27国交省現場検証評価※
・従来必要だった人間用の足場や交通規制が原則不要
・高解像度カメラで0.2mm幅の損傷（ひび割れ等）を撮影可能



受動回転球殻ドローンの仕組み

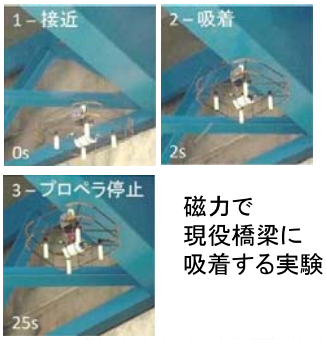
橋梁の桁間に入り点検するドローン
（直径0.95m、重量2.5kg）

通信中継用吸着ドローンの開発（東北大学）

橋梁外部に吸着し橋梁内部への
通信中継を行うドローン

・磁力で橋梁に吸着し、最小限の電力消費で、その場にとどまり通信を中継
・点検用ドローンへの通信を確保し通信途絶による事故を予防

通信中継ドローンの運用イメージ



磁力で現役橋梁に吸着する実験

※ http://www.mlit.go.jp/common/001125338.pdf

戦略的イノベーション創造プログラム
Cross-ministerial Strategic Innovation Promotion Program
インフラ維持管理・更新・マネジメント技術

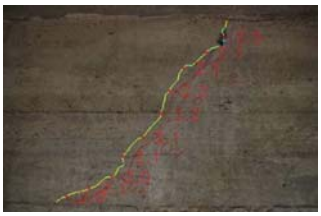
現状の成果②

損傷位置・程度の判定を支援する機能の開発（東北大学、リコー）

ドローンが接写した映像から
橋梁の展開図を復元し損傷を検出

- 画像処理により接写映像から橋梁の部位全体をPC上に自動復元
- 映像中の損傷が部位上のどこかを特定し調書（点検報告書）作成を支援
- ひび割れ等の判定をソフトで支援

接写映像から復元した
橋脚全体の展開画像



コンクリート橋の
ひび割れの長さ・幅の検出

性能実証試験の実施（千代田コンサルタント、航空宇宙技術振興財団、東急建設）

『現場で使える/使いたくなる』ツールとしてのロボット技術を目指し
点検・航空・建設の専門機関が主導する性能実証試験を定期実施

実橋梁での点検試行

風洞での空力性能試験

人工気象室での天候耐性試験

最終目標

[開発の最終目標]

開発項目	最終目標
飛行ロボットを利用した橋梁の損傷箇所の空撮と打音検査	• 撮影対象：コンクリート橋、鋼橋 • 点検に必要な機材を1BOX車で運搬 • 到着後、15分程度で撮影機材の準備 • 対象に合わせて軽量カメラを複数搭載死角のない映像を取得（可搬重量300g） • 1フライト10分程度、連続飛行で空撮 • 1径間あたり30分～40分で空撮 • 打音で損傷を確認
展開画像を利用した損傷の種類と箇所の特定と調書の作成	• 1径間あたり数～十数時間で、複数の撮影映像から展開画像生成 • コンクリート橋のひび、鋼橋の腐食など損傷の種類と位置を半自動で書き込み • 損傷図、損傷写真作成支援ツールによる一連の点検調書の作成

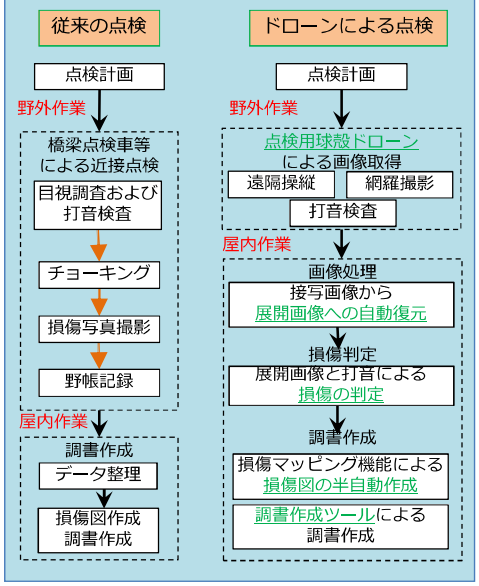
[本技術の社会実装イメージ]

参加企業・組織を中心に下記業務を行う

1. 橋梁点検飛行ロボットの製造、販売、リース、保守
2. 損傷画像解析ソフトの製造、販売、リース、保守
3. 操縦者・インストラクターの教育と資格認定

[橋梁点検を支援・一部代替]

交通規制を伴う点検作業をドローンを用いて点検、画像処理・調書作成ツールによる調書作成の簡略化



SIP 維持管理技術のアピールシート

平成 28 年 10 月 29 日

説明会参加者の理解を助けるため, SIP ホームページに公開されている SIP 維持管理技術の情報をもとに, メンテナンスアドバイザー(MA)のコアメンバーが事前に出した意見を記載しました。これに，技術の開発者からコメント（囲み部分）を加えていただきました。

１．研究開発の技術名称（研究責任者）

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（大野 和則))

２．技術の特徴

橋梁点検に使うためのドローンの開発である。

① 点検車両のアームが届かない橋梁も従来と同程度の時間で点検できる。

② 点検用足場設置のコスト，期間を短縮できる。

③ 最小限の交通規制で点検業務を実施できる。

④ 損傷箇所に関する調書作成を支援するソフトが附属している。

【開発者からのコメント】

直径 960ｍｍ程度であるため、桁内へ進入し調査が可能である。添架管がある場合でも進入可能な場合は、添架管が調査の妨げとなる桁下からの調査とは異なり、確実に点検が可能である。
最大風速 10m/sec でも飛行可能であり、山岳部特有の谷地形のような風の強い地域でも適用可能である。

３．岐阜県内での想定される活用方法

３－１．法定点検の代替

この技術は，現時点では法定点検の代替になりにくいかもしれないが，この技術のメリットとしては，交通規制を省略できる点があげられる。作業時間や機材が増えても，コスト面での有利性が失われないことが望まれる。自治体の点検においてこの技術を活用しやすくするため，以下の観点から検討してはどうか。

① 性能調査：提案されている技術が，従来手法と同等以上の性能を有しているか。

② 従来手法の代替としての可能性：提案されている技術が、法定点検の部分的な代替となりうるか。（効率性，コスト面含め）

③ 個別技術の組合せ：他の個別技術との組合せにより，法定点検の代替となるシステムを開発可能か。

【開発者からのコメント】

橋種は特にこだわらない。例えば、山間部に多いアーチ橋における床版調査では交通規制を必要とせず、調査が可能である。さらに、長スパンを有するＰＣ連続ラーメン橋では、目視点検が従来方法と同等に可能である。橋脚についても、ロープアクセス等が不要であり、経済性・安全性から適用性が高い。

３－２　橋梁維持管理での利用

① 法定点検の結果，健全性の診断が区分Ⅰ（健全）と対策区分Ⅱ（予防保全の段階）のものを対象として，次回点検に本技術による間接目視点検を導入する。

② 本技術を用いた点検で新たな損傷が発見された場合には，点検車（交通規制）を用いた近接目視点検を実施する。

【開発者からのコメント】

0.1mm程度のひび割れは調査・確認可能であるため、維持管理で利用できる。健全な部分も含めた全範囲を調査・記録するため、損傷の進展を過去に遡っての再確認が容易である。

４．活用に際しての現状での問題点

① 法定点検は近接目視点検を義務つけているが，本技術による点検が認められることが大きな課題である。

② 法定点検における要求事項（近接目視）を全て満足する技術ではなく，現時点における従来手法の全面的代替の可能性は高くない。

③ この分野の開発者達は，当然のことながら，安全性とサービスメニューを差別化することで，自社の優位性を確保しようとしており，開発者相互の足並みが揃わない可能性がある。

④ 自治体の点検における施設的条件（施設規模の大小）や地理的条件（平地，山間地）は多様であり，提案されている技術を適用できるケースは限定される可能性がある。

【開発者からのコメント】

有視界外飛行を開発中であり、これが完成すれば、地理的条件に対する制約は減ずると考える。現在は、法律上も有視界飛行が義務付けられているが、技術の進歩が法律を変えることもあり、今後の発展が見込まれる。

パノラマ合成技術は、本コンソの機体での撮影を前提としておらず、他の飛行ロボットでの撮影画像でも合成可能であり、汎用性が高い。

５．活用に向けての課題

① 法定点検で飛行ロボットの活用が可能な点検内容を明確化する。

② 法定点検の範囲内に，ロボット点検手法を位置付ける（ロボットによるスクリーニング点検と詳細点検の 2 段階点検など）。

③ ロボットによる個別の調査技術が，従来の調査技術と同等以上の性能であることを，証明・認証するしくみを構築する。

④ 自治体の多様な条件に適合可能で，従来手法よりもコスト面等で優位であることを示す。

⑤ 比較的健全な橋梁であれば，飛行ロボットによる点検で，「問題が無い」状況を十分に把握できることを証明する。

【開発者からのコメント】

可能な点検内容は、以下のとおりである。

コンクリート部材：浮きを除く全損傷（浮きも確認可能な場合もある）

鋼部材：亀裂・ボルトの緩みを除く全損傷（ただし、トラスなどの棒部材は、全ての部材に沿った飛行が困難であるため、調査不可の場合もある）

６．課題の解決策

① 技術開発者への詳細機能や条件等のヒアリング
② 国土交通省へのヒアリング（制度として認められるか）
③ 個別技術の精度確認方法の検討
④ 多様な条件を反映した実証フィールドの選定
⑤ 技術精度のみならず効率性，コストを比較可能な実証実験の実施
⑥ ロボットの活用が可能な点検手法の検討とマニュアル（案）作成
⑦ 個別提案技術の組合せが可能な開発環境の整備（開発者によるコンソーシアムなど）の検討
⑧ 歩掛調査
⑨ 飛行技術研修

【開発者からのコメント】

７．これまでに利用されている既存技術

【開発者からのコメント】

① 点検車両，ロープアクセス，梯子等を用いた点検技術者による近接目視。
② 点検技術者によるたたき点検

８．本 SIP 技術の開発状況および開発完了時期

【開発状況】

【開発完了時期】

９．技術の新規性（既存技術との比較）

□ 既存技術にはない全く新しい技術である。
□ 既存技術をより良くするものである
- 安全性が向上する。
- 調査時間の短縮が可能である。（現況比較で 0.6 倍～1.0 倍程度）
- 調査経費の削減が可能である。（現況比較で 65%～80%程度）

10. 技術の適用範囲や精度

① 可動装置に対する制限

オペレータとの位置関係→現状、目視操作であるため、点検個所が目視可能な位置

今後、中継機やＦＰＶ技術の開発・活用により橋面上からの操作が可能となる。

周辺状況（住宅地近傍での利用）に対する飛行制限→

降雨や強風時での制限→最大風速 10m/sec 程度でも飛行できることを風洞試験で確認。

今後、防水機能を付加する予定である。

② 判別の精度

ひび割れ位置について→ほぼ一致。

ひび割れ幅について→0.1m程度まで判読可能。ただし，飛行スピードの影響を受ける。

11. これまでの実績・成果等

□ 室内等での試験により成果が確認されている。

→風洞実験等を行い耐風性や飛行特性の解析を実施し、性能を確認。

□ 実構造物での試験により結果を確認している。

→関東や東北の自治体が管理する複数の橋梁で点検の実証実験を実施し、有効性を確認。

12. 実業務での利用時の対応

① 検査機器１式の導入コストは，どの程度となるか。（リース or レンタル）

→リース、レンタル双方を検討

② 利用時のコスト

→〇〇万円/（橋面積１０００m2 当り）※まだ明確に決まっていない、

③ 利用者への教育

□ 利用者教育を整備中

□ 取り扱い説明書を準備中

□ 専門のオペレータの派遣も検討中

④ 測定機器のメンテナンス体制

→現在構築中

⑤ この装置以外で，利用者側で準備すべき機器等

□ 立ち入りを制限するための三角ポールや、看板標識等

⑥ 既存技術では不要であったが，本技術では準備すべき事項・対応など

□ 特になし

13. 開発者から特に付記したい項目など

【開発者からのコメント】

SIP 維持管理技術へのアドバイスシート（２）

平成 28 年 11 月 5 日

研究開発の技術名称（研究責任者）
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（大野和則）

以下，参加者が各自の意見・アドバイスを記載する。

記入要領　　□：選択してチェック

→：理由など記入

記入者の氏名（無記名も可）：＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿

記名の方で，記入内容を確認させて頂く場合の連絡先等 E-mail：＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿

岐阜大学 SIP 実装プロジェクトの説明会における参加者の立場

- □ ＭＡ（メンテナンスアドバイザー）：自由に意見を述べ，アドバイスシートに記入する。
- □ オブザーバー：制約はあるが，意見を述べ，アドバイスシートに記入する。
- □ 聴講者：意見を述べず，アドバイスシートにも記入しない。

１．実業務への適用範囲

- □ 提案されている技術のみで，実業務に適用できると思う。
- □ 既存技術の一部を補完する要素技術として適用できると思う。
- □ 他の要素技術や既存技術との組合せによって利用の可能性は広がると思う。
- □ その他（　　）

２．提案技術の利用についての実務面からの印象

- □ 積極的に利用したいと思う。

  理由→

- □ 発注者からの指示であれば利用する。

  理由→

- □ 使えない（使いたくない）と思う。

  理由→

３．提案技術が優れていると思った項目

既存技術に比べて，提案技術が優れていると思われる項目，機能等

→

→

→

４．提案技術への改良提案

岐阜県内での実装に際して，充実させて頂きたい項目，機能等

→

→

→

５．提案技術の別な用途での利用提案

開発意図とは異なる方面での利活用ができると思われる項目等

→

→

→

６．提案技術と他の新技術との組み合わせの提案

実装に際して他の技術と組み合わせると，更に使いたくなると思うこと等

→

→

→

７．提案技術に対する技術的発展の期待度

本技術提案は，インフラ維持管理・更新・マネジメント技術として，システム化されたインフラマネジメントを構築でき，インフラの事故を未然に防ぎ，維持管理やメンテナンスの負担軽減を図ることが期待できますか。

□ 大いに期待できると思う。

期待できる項目→

□ 改良等を行なえば期待できると思う。

改良が必要と思われる項目→

□ 本日の説明だけでは，期待できないと思う。

期待できないと思う理由→

資料４

■研究開発項目　　：点検・モニタリング・診断技術の研究開発
■研究開発テーマ　：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
■研究責任者　　：パシフィックコンサルタンツ株式会社　安田亨
■共同研究グループ：㈱ウォールナット，iシステムリサーチ㈱，㈱三英技研，㈱フォーラムエイト

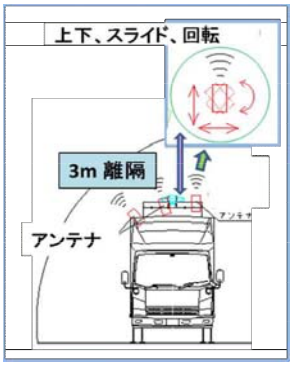
研究開発の目的・内容

研究開発の目的

①**打音検査の代替技術、補完技術**として、覆工コンクリートの**内部欠陥を、高速走行型非接触レーダーにより検出**する点検技術を開発し、交通規制を要しないトンネル維持点検業務を実現する。

②変状情報を**レーザー計測の3次元位置情報と同期**し、高精度な変状図を**3次元可視化技術**によってデータベース化するとともに、**健全性を総合的に評価できる統合型診断システムを**開発する。

研究開発の内容



内部欠陥探査用レーダー

- **非接触型アンテナ**　3基搭載
  （**3m程度の探査離隔は世界初**）
- **時速50km/h程度での走行型計測**
- 問題箇所をスクリーニング
- **走行型計測車（MIMM-R）**に搭載

レーダーアンテナ

MIMM-R（カメラ,レーザー,空洞レーダー）に内部欠陥レーダーも搭載する

戦略的イノベーション創造プログラム
Cross-ministerial Strategic Innovation Promotion Program
インフラ維持管理・更新・マネジメント技術

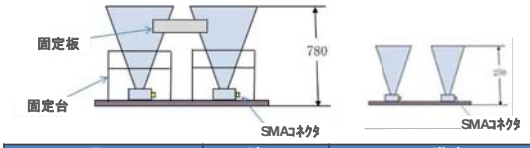
1

現状の成果①　レーダーの開発

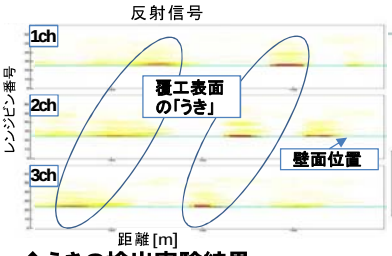
内部欠陥レーダーアンテナ（SIP新規開発）

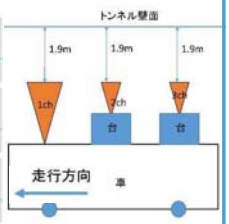
◆**対象とする内部欠陥**

◆**開発した内部欠陥レーダーアンテナ**



項目	諸元	備考
レーダー方式	FM-CW方式	送受別アンテナ方式
最大探知距離	4m	壁面まで　1m～　3m(標準)
中心周波数（帯域）	3GHz（2GHz）	
アンテナ数	3基	大アンテナ1基、小2基

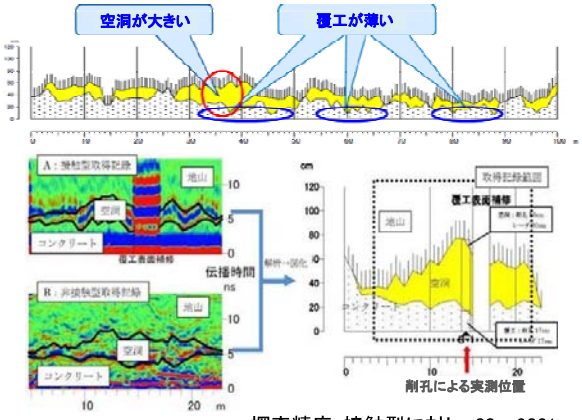




◆**うきの検出実験結果**
車両上部に3アンテナを走行方向に配置し、走行しながら、同一のうきが検出できるかを検証。
3アンテナとも、うきの検出に成功

巻厚・空洞レーダーアンテナ（開発済み）

非接触空洞探査レーダー



探査精度：接触型に対し、80～90%

- **交通規制せず、打音検査箇所をスクリーニング**
- **覆工,空洞,内部欠陥を総合して,問題箇所を抽出**

戦略的イノベーション創造プログラム
Cross-ministerial Strategic Innovation Promotion Program
インフラ維持管理・更新・マネジメント技術

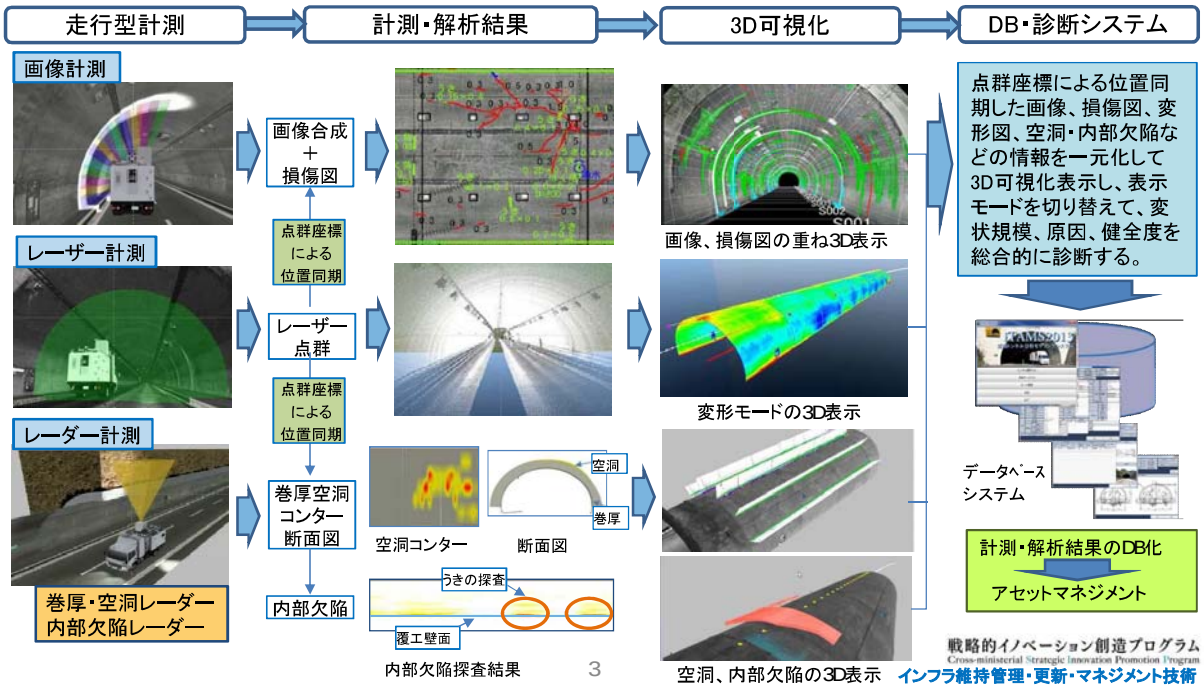
2

現状の成果② 3D可視化技術

3次元可視化技術（統合型評価診断システム）の開発 【全体構成】

SIPにおける研究開発内容

◆点群解析機能：トンネル点群から自動的に目地位置検出を行い、スパンごとに断面形状やスパン軸を高精度に抽出する機能
◆レーダー計測結果可視化機能：内部欠陥、巻厚・空洞厚の計測・解析結果を位置同期し、3D表示、コンター、縦・横断図表示する機能
◆下図の構成で、3D可視化、DB構築を行う。 **画像・レーザー・レーダーを組合せた健全度診断は日本で初めての試み。**



戦略的イノベーション創造プログラム
Cross-ministerial Strategic Innovation Promotion Program
インフラ維持管理・更新・マネジメント技術

3

最終目標

達成目標と達成度

実施項目	達成目標	達成度
内部欠陥点検診断技術	アンテナシステム構築 ・検出精度：80%以上 ・縦断5cm,横断方向1m ・探査深度：20cm程度	・アンテナシステム完成 ・目標とする内部欠陥の信号受信に成功 ・探査深度20cm以上
点検診断結果の可視化技術	・位置同期、目地位置同期、進行性評価ソフト ・3D可視化VRソフト	・位置同期,目地検出完了 ・変状進行性ソフト完成 ・3D表示機能：ほぼ完了

本技術の社会実装イメージ

①開発レーダー、診断システムの点検業務への活用
・開発レーダーを含む走行型計測手法を近接目視、打音検査の補完、支援技術として活用する。（右図）
・標準化を目指す。

②自治体を中心とした技術指導、現場指導
走行型計測、統合型診断システムの普及。

③国内へのレーダー販売、開発ソフト販売
開発終了後、レーダー5台程度の販売。
ソフトは年10本程度の販売。

④開発レーダーの海外販売、技術支援などの海外展開
走行型計測車両を活用した海外展開（車両やソフトのカスタマイズ、販売、技術指導）

トンネル定期点検の支援

カメラ、レーザー、レーダーおよび、近接目視打音検査を総合的に融合させ、適切な判定を実施し、トンネル点検・診断全般の効率化、省力化を支援し、低コスト化を目指す。

戦略的イノベーション創造プログラム
Cross-ministerial Strategic Innovation Promotion Program
インフラ維持管理・更新・マネジメント技術

4

SIP 維持管理技術のアピールシート

平成 28 年 10 月 29 日

説明会参加者の理解を助けるため，SIP ホームページに公開されている SIP 維持管理技術の情報をもとに，メンテナンスアドバイザー（MA）のコアメンバーが事前に出した意見を記載しました。これに，技術の開発者からコメント（囲み部分）を加えていただきました。

１．研究開発の技術名称（研究責任者）

高速走行型非接触レーダ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（安田 亨）

２．技術の特徴

交通規制を要しないで，トンネル点検を可能にする技術である。

① 高速走行型非接触レーダを用いて，時速 50km のスピードで覆工コンクリート表面を計測することができる。

② 統合型評価診断システムにより，取得したデータから覆工コンクリートの内部欠陥を検出することができる。

【開発者からのコメント】

走行型計測の画像に基づき変状展開図を作成，レーザ計測による点群データから変形モードを算出，非接触レーダ探査から巻厚不足、背面空洞の有無および内部欠陥を検出し，近接目視点検，打音検査を支援します．従来点検時に併せて，画像，レーザ，レーダ計測を実施することにより，変状原因，巻厚不足，背面空洞を考慮した総合的な健全度診断ができます．
国交省による次世代インフラ用ロボット試行を受け，Ｉ，試行的導入へ向けた検証を推奨するとの評価を得ています．

３．岐阜県内での想定される活用方法

① ５年に１回のトンネル点検（法定）に有効であると思われる。

② 幅員が狭いトンネルにおける通行止め，延長が長いトンネルにおける長期片側通行規制が不要となる。

【開発者からのコメント】

走行計測時の交通規制が不要で，近接目視点検の前に走行計測による問題箇所のスクリーニングを実施することにより，トータルでの交通規制時間を短縮できます．山間部などトンネルが連続する場合の一般利用者への負荷を軽減できます．特に 2 回目以降の点検で効率化，合理化，低コスト化を図ることが期待できます．

４．活用に際しての現状での問題点

① ハード（車両）と解析ソフトは，販売することを予定しているが，高精度な機材を搭載した特殊車両となるため，相当高額になると思われる。

② 車両のメンテナンス，解析技術の保持等，継続的なサポート体制が必要である。

③ 内部欠陥検出の精度が不明である。

【開発者からのコメント】

計測車両の販売は想定しておらず，点検業務請負により実施します．レーダについては，単体での販売を想定しています．データベース，3 次元可視化ソフトについて販売を想定しており，計測・点検結果を総合的にデータ化し，判定を支援できます．

内部欠陥検出精度については，検証実験により確認しており，うきの箇所を検出できることから打音検査のスクリーニングに有効活用できます．

５．活用に向けての課題

① 新技術費用（ハードおよびソフトの導入，メンテナンス，点検業務委託）と従来技術費用（交通規制，点検業務委託）を比較して，コスト面での導入メリットを明らかにする。

② 岐阜県での導入に対しては，サービス形態を明確にする。

【開発者からのコメント】

走行計測および近接目視，スクリーニング箇所の打音検査を，従来の点検費用と同等で実施できます．岐阜県での導入については，走行計測の実施による展開図，帳票の事前作成を提案します．近接目視，打音検査は県内業者による実施を想定しています．

６．課題の解決策

① 技術開発者への詳細機能や条件等のヒアリング

② 国土交通省へのヒアリング（制度として認められるか）

③ 点検済の複数トンネル（延長の長短，幅員の大小など）にて，作業効率，点検精度を検証

【開発者からのコメント】

国交省による次世代インフラ用ロボット試行を受け，Ｉ，試行的導入へ向けた検証を推奨するとの評価を得ており，今年度はロボット支援による運用マニュアルの作成が進んでいます．今年度は，静岡県にて実施される従来点検の前に，走行計測を実施し有効性を検証しています．

７．これまでに利用されている既存技術

【開発者からのコメント】

① MMS（レーザ計測）技術

② MIS（画像撮影）技術，変状抽出技術

③ 画像合成技術

８．本 SIP 技術の開発状況および開発完了時期

【開発状況】

内部欠陥レーダ，3D 可視化技術の開発は概ね完了

【開発完了時期】

SIP 開発期間は 3 年であり，今年度末で完了

９．技術の新規性（既存技術との比較）

□ 既存技術にはない全く新しい技術である。

□ 既存技術をより良くするものである

- 安全性が向上する。
- 調査時間の短縮が可能である。（走行計測は 1km 程度のトンネルで，合計 1 時間以内）
- 調査経費の削減が可能である。（現況比較で近接目視，打音検査も実施し，従来と同等程度）
- 高精度化（展開図の位置情報は非常に正確）

10. 技術の適用範囲や精度

① 計測に対する制限

→照明を点灯しての画像計測に対しては，緩和申請済み。

→レーザ対しては，人体への影響はない。

→雨天時はカメラに水滴が付着するた，適用できない

② レーダの精度

検証により，従来の接触型レーダと比較して，検出厚さが 80～90％程度の検出精度となっており，ｽｸﾘｰﾆﾝｸﾞ点検としては実用レベル.

11. これまでの実績・成果等

□ 室内等での試験により成果が確認されている。

→

□ 実構造物での試験により結果を確認している。

→走行計測はこれまでに 550km 程度の実績がある.

空洞レーダは，これまでに 50 本以上のトンネルで実績がある.

内部欠陥レーダは今年度検証中で，名古屋大学ニューブリッジのうき検証も実施し，良好な結果.

12. 実業務での利用時の対応

① 検査機器１式の導入コストは，どの程度となるか。（リース or レンタル）
→

② 利用時のコスト
→近接目視点検，スクリーニング箇所の打音検査も実施し，従来点検と同等程度

③ 利用者への教育
■利用者教育あり
□ 取扱い説明書での対応
■ 計測は専門の体制（会社）により実施
□ その他（→○○○○○）

④ 測定機器のメンテナンス体制
→メンテナンス体制は整備済み

⑤ この装置以外で，利用者側で準備すべき機器等
■特になし
□ 準備すべき機器（→○○○○○）

⑥ 既存技術では不要であったが，本技術では準備すべき事項・対応など
□ 特になし
□ 準備項目（→ ○○の規制）

13. 開発者から特に付記したい項目など

【開発者からのコメント】

全県のトンネルを走行計測した自治体の実績が 8 県あり，点検要領改訂後に走行計測による点検マニュアルを策定した自治体もあります．国交省のロボットによる点検マニュアルも整備される予定で，新技術の活用が今後さらに期待されると考えております．

SIP 維持管理技術へのアドバイスシート（３）

平成 28 年 11 月 5 日

研究開発の技術名称（研究責任者）
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（安田 亨）

以下，参加者が各自の意見・アドバイスを記載する。

記入要領　□：選択してチェック
→：理由など記入

記入者の氏名（無記名も可）：＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿

記名の方で，記入内容を確認させて頂く場合の連絡先等 E-mail：＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿

岐阜大学 SIP 実装プロジェクトの説明会における参加者の立場

- □ ＭＡ（メンテナンスアドバイザー）：自由に意見を述べ，アドバイスシートに記入する。
- □ オブザーバー：制約はあるが，意見を述べ，アドバイスシートに記入する。
- □ 聴講者：意見を述べず，アドバイスシートにも記入しない。

１．実業務への適用範囲

- □ 提案されている技術のみで，実業務に適用できると思う。
- □ 既存技術の一部を補完する要素技術として適用できると思う。
- □ 他の要素技術や既存技術との組合せによって利用の可能性は広がると思う。
- □ その他（　　）

２．提案技術の利用についての実務面からの印象

□ 積極的に利用したいと思う。
理由→

□ 発注者からの指示であれば利用する。
理由→

□ 使えない（使いたくない）と思う。
理由→

３．提案技術が優れていると思った項目

既存技術に比べて，提案技術が優れていると思われる項目，機能等

→
→
→

４．提案技術への改良提案

岐阜県内での実装に際して，充実させて頂きたい項目，機能等

→

→

→

５．提案技術の別な用途での利用提案

開発意図とは異なる方面での利活用ができると思われる項目等

→

→

→

６．提案技術と他の新技術との組み合わせの提案

実装に際して他の技術と組み合わせると，更に使いたくなると思うこと等

→

→

→

７．提案技術に対する技術的発展の期待度

本技術提案は，インフラ維持管理・更新・マネジメント技術として，システム化されたインフラマネジメントを構築でき，インフラの事故を未然に防ぎ，維持管理やメンテナンスの負担軽減を図ることが期待できますか。

□ 大いに期待できると思う。

期待できる項目→

□ 改良等を行なえば期待できると思う。

改良が必要と思われる項目→

□ 本日の説明だけでは，期待できないと思う。

期待できないと思う理由→

資料５

先進的な道路舗装維持管理に関するシンポジウム

今後求められる「計画的な舗装点検」、できていますか？

1．特別講演　**「舗装の点検要領について」**

国立研究開発法人土木研究所　道路技術研究グループ
上席研究員（舗装）　藪　雅行氏

2．基調講演　**(1)「維持管理技術の利活用に向けて」**

岐阜大学名誉教授　六郷恵哲氏

(2)「ＩＴツールを利用した道路維持管理」

岐阜大学総合情報メディアセンター准教授　村上茂之氏

3．パネルディスカッション

岐阜大学名誉教授	六郷恵哲氏
岐阜県県土整備部道路維持課 道路管理企画監	滝　真一氏
恵那市基盤整備部都市住宅課	中村政則氏（ME）
(一社)岐阜県建設コンサルタンツ協会	矢島賢治氏
㈱富士通道路･交通データサービス 代表取締役社長	島田孝司氏

※一部変更となる場合があります

平成28年12月6日(火)

13:00～16:00（受付12:30～）

じゅうろくプラザ

５階　中会議室

ＪＲ岐阜駅隣　http://plaza-gifu.jp/
駅西市営駐車場あり（６２０台収容）

主催：岐阜大学、(公財)岐阜県建設研究センター

参加無料

CPDS：３ユニット

【お申込み・お問合せ】　(公財)岐阜県建設研究センター
〒５０３-０８０７　大垣市今宿６-５２-１８　ワークショップ２４
Tel（０５８４）８１-１３３２　E-mail: kensyu-tk@gifu-crc.or.jp
Fax.（０５８４）８１-１３５２　ＨＰ：http://www.gifu-crc.or.jp
（申込みは電子メール、ＦＡＸ、電話にて。書面様式をご覧ください。）