

SIP 維持管理技術の第 4 回説明会議事録

日時場所：平成 29 年 1 月 13 日(土)13 時～17 時 30 分, 岐阜大学サテライト教室(JR 岐阜駅前)

出席者(54 名):

【研究担当者】

六郷恵哲, 八嶋厚, 木下幸治, 内田裕市, 森本博昭, 羽田野英明, 村田芳信, 荻谷敬三,
細江育男, 牧野徹, 古澤栄二, 大野知子

【ME ネットワーク関係者等】

飯島悠甲, 河合成司, 川瀬智彦, 加藤一郎, 一川毅彦, 小池一, 新和博, 山上泰史,
鈴木真宏, 岡山登志高, 平井英章, 辛軍青, 國富康志, 葦沢竜夫, 中村秀至, 佐藤武司,
寺島和希, 李春鶴, Nguyen Dinh, 加藤波男, 矢島賢治, 河合浩史, 乾敬彦

【説明者等】

村川正宏, 荘司泰敬, 春山浩, 羽田芳朗, 児玉洋

【SIP 関係者等】

岡田有策, 若原敏裕, 信田佳延, 生井達朗, 櫻井彰人, 重野寛, 岡田正幸, 高橋香,
鎌田貢, 須田裕哉

【学生】

蓮池里菜, 武田和祥, 西尾亮人, 水谷美穂

氏名については敬称略にて表記し, 資料番号については岐阜大学 SIP 実装プロジェクト第 4 回説明会配布資料(最終版)によって表記する。なお, 全体会議の司会進行は, 木下が行った。

1. 説明会概要

研究責任者(六郷)より, 資料 1 に基づき, SIP 維持管理技術の説明会の趣旨, 今後の予定および岐阜大学 SIP 実装プロジェクトのホームページについて, 以下の説明があった。

SIP 活動の大きな目的として, 日本を元気にする, インフラの安全を保つ, インフラ分野を活性化させるといったことが挙げられる。現在, SIP では 60 件程の技術が提案されており, 維持管理技術の高度化に向けて動いている。岐阜大学のプロジェクトの目的は, SIP の数多くある技術の中から, 面白そう・使いたくなりそうなものを選定し, その技術内容を参加者に理解していただくこと, 説明会やフィールド試験等で明らかになったことを HP 上で公開し, 最終的には岐阜県内の自治体等で実際に使っていただくことである。今回の説明会の目的は, 3 件の SIP 技術について説明をいただき, 岐阜県の維持管理関係者がより理解を深め, 維持管理者の立場から開発者に意見を伝え, 相互に協力しながら新技術の利用を進めることである。

メンテナンスアドバイザー(MA)からは, SIP の維持管理技術についてアドバイスをいただく。今年度対象としている 18 件の SIP 技術は事前に MA のコアメンバーで選定したものである。アピールシートは, コアメンバーで作成した内容に, 技術開発者が枠内に追記したものである。アドバイスシートの整理については, 本説明会が新技術の使用を推進するという活動である。

ため、建設的な内容に取りまとめる予定である。

2. 学習型打音解析技術の研究開発の紹介

村川正宏(国立研究開発法人 産業技術総合研究所 人工知能研究センター)より、資料 2 に基づき、「学習型打音解析技術の研究開発」についての説明があった。説明終了後の質疑応答を別紙-1 に示す。

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の紹介

荘司泰敬(応用地質株式会社 計測システム事業部)より、資料 3 に基づき、「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」についての説明があった。説明終了後の質疑応答を、別紙-2 に示す。

4. 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の紹介

羽田芳朗(富士通研究所 ヒューマンインタラクションプロジェクト)より、資料 4 に基づき、「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」についての説明があった。説明終了後の質疑応答については、別紙-3 に示す。

5. 舗装と盛土構造の点検・診断自動化技術の開発の紹介

村田芳信(岐阜大学 工学部附属インフラマネジメント技術研究センター)より、資料 5 に基づき、「舗装と盛土構造の点検・診断自動化技術の開発」についての説明があった。説明終了後の質疑応答については、別紙-4 に示す。

6. 全体討議

4 件の技術説明完了後に行われた全体質疑応答を、別紙-5 に示す。

7. 説明会への講評

八嶋(岐阜大学)より、以下の第 4 回説明会の講評と閉会の挨拶があった。

早稲田大学の依田先生が、ホームページに維持管理サイクルは、点検→診断→措置→記録であると紹介されている。SIP 技術には一部措置としての修繕技術もあるが、ほとんどが点検・診断・記録とのみとなっている。そのような中で、今回の説明会では、効率化、高度化という技術について、説明をいただいた。

村川様が紹介された打検機の技術について、現状での技術の適用範囲・限界についても話していただいた。なかなかこのような話はしていただけない。技術に関して、優れた部分については話していただけるが、技術の限界についても説明いただくことが重要であると思う。

村川様の紹介された技術は、解析情報のみの提供も可能とのことである。同じように富士通の羽田様の技術もレーザーの点群データから 3DCAD モデルを作って 3D のデータベース化を

進める技術についても、別枠でビジネス展開して頂けたらと思う。今日の質疑であったように、写真とかデータの位置情報を入手して、データベースの中で表現できるようになれば非常に使い勝手が良いとのことであり、現在開発中の技術だけでなく、他の開発者の皆さんが所有されている情報をそのデータベースに反映させていただければ、非常に有用になるのではないかと感じた。

羽田様からはドローンの近接撮影の話聞かせていただいたが、第1～3回の説明会の技術とは違うニュアンスを感じた。今回の技術説明では、ドローンを利用するものの、近接目視は人間がきちんとやり、それに付加してドローンを使うという説明であった。事前に計画を練って、本調査の近接目視を効率化すれば、全体のコストすら安くなるとのことであり、これも素晴らしい技術であると思う。ぜひこのような使い方を、他のドローン開発者の方々にも力説して頂きたい。

各種の打音・撮影点検などにおいて、人間の視覚・聴覚・触覚は、機械に勝るとも劣らないすごいものである。近接点検等では、人間の五感に機械は勝てないと思われる。一方、人工知能の AI やビッグデータ解析などでたくさんのデータを入手して解析をしたり、人工知能的に処理したりできるが、それを全てやったとしても、ある部分は人間に代われるが、人間に代われない部分があることを認めるような謙虚な姿勢は常に持つておくべきだと感じた。

応用地質の荘司様は、開発作業の中で、この技術を使えば崩壊のメカニズムがわかったという事例がないので苦労されておられる。自然を相手にしたモニタリングはそのようなところが難しい。ビジネスモデルとして、ハードを提供するだけではなく、土質・地質の専門家として知識を提供するという説明があった。このような技術は、ある程度限られた場所でのモニタリングできるが、その崩壊までのメカニズムを検証することが難しい。この技術に限らず、自然現象をモニタリングする技術はいろいろあるが、それぞれの技術の検証に関して議論を深めていただければと思う。

最後の村田の発表に関して、点検・診断・記録についてはきちんと SIP で提案した目標は達成できた。ただ、そこで終わりではなく、SIP の研究を通じてわかってきたことがある。それは、点検診断記録を生かすためには、その診断後の対策措置を明確に示す必要があるということであり、今後は、その対策措置に対する研究を進めて行く予定である。昨年、舗装点検要領が発刊され、簡易的なすぐできる点検仕様が提案され、寿命以下で頻繁に補修している箇所については詳細点検をするという要領となっている。近々、土工の点検要領も発刊予定であるが、舗装とは別の点検となっている。深い部分まで点検診断できる本技術を利用すれば、舗装と土工部の両方の点検が可能となるが、別々の点検要領では、診断後の対策措置が明確に示されておらず、それらの対策を検討する予定である。

これまでの説明会では、ほとんどの点検診断技術は効率化という観点で説明していただいたが、中には高度化に関して寄与された技術もたくさんあった。その技術が、高度化であれば、当然ながら従前の技術と比べてコスト高となるかもしれない。しかし、高度化で成し遂げられたデータ・診断結果というのは、その先にある措置技術により延命化・効率化が可能となり、ライフサイクルコストが安くなる可能性がある。したがって、SIP の技術もある段階に留まることなく、依田

先生がおっしゃるように、点検・診断・記録・措置のサイクルを回すということを常に念頭において、議論していただければと思う。

最後に、発注者のニーズとして要求性能を出していただければいいという話があった。その要求性能には当然ながら、点検データ・診断の精緻性もあるが、ドローンや計測機械の耐久性、価格、操作性もあるので、それらを含めて議論していただきたい。

以上

学習型打音解析技術の研究開発(村川正宏)に関する質疑応答・意見

1. 打音装置について

- ① 台車型打音装置の検知能力を、模擬損傷について検証しているが、どの程度の損傷か。
→平面的には 500mm 角である。アスファルトが 7cm あり、コンクリート床板を 5cm 程度削り土砂へ置き換えた。
- ② 舗装の影響を受けると思うが、一様に劣化していない場合等、どの程度の状態までなら打音できるのか。コンクリート床板でも打音できるのか。
→表面のでこぼこがあるとハンマーがまっすぐ当たらないので、その影響を受ける。コンター図を描く時に平均処理を行ってはいないものの、今後の解析の課題として認識している。コンクリート床板については、問題なく打音できる。
- ③ コンクリートのコアを抜いて 12cm 下のひび割れを検知したとあるが、12cm はアスファルトの上からか。
→アスファルト+増厚コンクリートで約 12cm である。

2. 打音解析について

- ① コンター図は、15cm 間隔ではなく、中間が補完されているのか。
→補完処理を行っている。
- ② 施工不良を検知したとあったが、具体的にはどのような損傷であったのか。
→舗装とコンクリートが浮いている損傷であった。
- ③ コンクリート床板の上に、防水シートがある状況での試験は実施しているのか。
→試験は実施済みであり、検知できることを確認している。床板とシートの間施工不良なのか、舗装とシートの間不良なのかは、検知できない。
- ④ 「浮きがあります」、「土砂化が始まっています」等のような対話ができたら面白いのではないかと。勉強にもなる。
→機械が出してきた結果が間違っていた場合、人から教えてあげる仕組みは、組み込む予定である。
- ⑤ 間違っているという情報はどの程度のものか。○か×かという程度の表示となっているのか。
→あまり難しくても使いにくいと思うので、現状は 1 か 0 かで表示している。詳細な情報があればあるほど賢くなっていくので、後日、入力できるような仕組みを検討している。
- ⑥ ほぼリアルタイムにデータを表示できるのか。

→台車型装置が次の一列を測定している間にデータをサーバに送信している。
現場で確認できる処理速度である。

- ⑦ タブレット上で赤く表示されているのは、その場で確認することができるのか。
→クラウドに上げているわけではなく、タブレットで解析しているので、その場で確認できる。
- ⑧ 損傷箇所の判定は、フーリエ変換で得られた健全箇所の波形と損傷箇所の波形を計測して、その差からバラつきを考慮して行なっているのか。
→フーリエのデータを時間軸に動かして、正常な分布からどれほど外れているかによって判定している。
- ⑨ 一番健全そうな箇所を基準に、キャリブレーションするのか。
→そのとおりである。その後、どんどん使用しながら情報を増やして行くシステムである。
- ⑩ ノイズが入ってくると思うが、ハイパス ローカットのようなフィルターをかけるのか。
→ノウハウ的な部分である。手の込んだ処理をしてノイズを減らしている。
- ⑪ 打検機に関して、ボルトのゆるみ点検への適用性はあるのか。高所作業車等で近接する前に、打検して確認できるのではないかと感じた。
→解析手法自体は適用可能である。メカ部分は変更することで対応できる可能性はある。
- ⑫ 解析部分だけとなると、計測の基準を決める必要があるのではないか。
→「診断箇所に応じてキャリブレーションする」という解析方法は、汎用的なので有効だと考えている。それを蓄積して、補修対策等を講じるという判断をするのであれば、何か基準を決める必要がある。

3. その他

- ① 電磁波レーダーも存在するが、こちらの技術が優れている部分はどこか。
→それぞれの技術で比較実験をしよう、という話が動いている。打撃のよいところは、増厚コンクリートのように、中に鋼材が入っていても検出できること、比較的小さな装置のため、小規模なところでも使いやすい。
- ② 位置情報をどう取得しているのか。
→いくつかあるセンサーを比較している最中である。逆にセンサーも万能ではないので、平面は取りやすいのだが、平面以外にも使えないと意味がない。ご意見あれば伺いたい。
構造物は平面の組み合わせなので、XY平面での位置情報を取得できればよいのではないかと。トンネルのような立体的な構造になると、3次元で取得できることにこしたことはないと思う。
- ③ 他社の打音検査機との組合せの可能性もあるのではないかと。解析部分だけの社

会実装もあり得るのか。

→あり得る。ベンチャー企業を立ち上げて対応する予定である。

傾斜センサー付き打ち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)に関する質疑応答・意見

1. 計測について

- ① 間隙水圧計は、設置場所が均一でないと、計測結果が変わってくると思うが、粘性土層のどこに設置するのか。
→基盤の上に風化層があり、風化層の一番下底、つまり基盤の直上に設置することを考えている。
- ② 温度計を設置していない理由は何か。積雪が多い場所で使用できるのか。合成開口レーダーを使って、対象地域の微妙な動きをモニタリングするといったことは、考えたことはあるか。
→温度計は設置しているので、気温は測定できる。積雪が多い日本海側でも十分に利用可能である。X バンドレーダーで、より細かい雨量を計測できることは承知しているが、ピンポイントでその雨量を測れば良いという理念のもとにシステムを開発している。

2. モデル化について

- ① 間隙水圧の変化の解釈について、粒度や間隙の分布等によっても表れるという考え方もある。もしそうであれば、崩壊予測モデルも土質状況に応じたものを構築する必要があるのではないか。
→その通りである。今回計測した場所は、砂と粘性土が入り混じっており、サンプリングの結果、基本的には粘性土が占めていたため、間隙水圧を計測するには向いていなかった。しかし、過去に表層崩壊を起こした場所を見てみると、一部に砂のパイピングが存在しており、水が集中した特長がある。不均質な地盤に対する崩壊予測は難しい。あらかじめ、砂質土層か粘土層かを把握し、砂層のところピンポイントで間隙水圧計を設置する必要があると、現時点では考えている。
- ② 予測モデルについて、どういうものを想定しているのか。ただ単に、「有識者に意見を聞く」というのでは余りにも研究のプロセスが見えない。表層崩壊の3次元の数値解析モデルの構築は可能だと思う。それに対して、モニタリングのセンサーで出てきた値にデータ同化的な手法で信頼性があつたとしても、予測であるため、少なくとも1日オーダーで先を予測する必要があるのだが、そういう工夫は実施されているのか。そのような対応がとれないと、空間的な分解能を考えると3点程度の計測地点からAR等を使って表層崩壊を予測するというのは技術的に不可能だと思う。それが出来てなくて、平成29年度末からサービス提供を始めるというのはいかがなものか。
→ご指摘のとおりだと思う。地滑りのような動きに対しては、予測式ができています。だが、

実際に現場で地盤変状を測るとそのようにはならず、地滑りが止まったり、場合によっては戻ったりもする。とにかく、水と地盤変動の関係のデータを多く計測して、どのような関係があるのか、普遍的なことが言えるのかどうかを調べる必要がある。

- ③ モデルはどんなものを想定しているのか。数値解析的なものを使うのか、あるいは統計データをそのまま生で使うのか。一斜面に一点だけだと絶対に無理だと思うのだが。
→当初は、数値シミュレーションは考えておらず、現場で得られるデータを重視しようということで、研究開発を採用していただいた。

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(沢崎直之)に関する質疑応答・意見

1. 位置情報の取得について

- ① 全天球カメラから自分の位置情報を取得するということだが、ドローンで撮影したすべての画像について付加可能なのか。現場では、結果を整理する段階で、どこで撮った写真か分からないことがあるのだが、そういう情報があると助かる。
→この技術では、全天球カメラと損傷を撮影する近接カメラを同時に作動させている。現段階では、電氣的に同期させる仕組みがないので、時刻だけ合わせておいて、タイムスタンプを見ている。どの時刻で撮影した画像でも、全てのフレームに対して位置情報を与えることは可能である。

2. 撮影範囲・ひび割れの検知について

- ① 端部の撮影は難しいと思うが、対策はあるのか。例えば、横に並べて三輪や四輪等の構造にはできないのか。
→別の SIP の報告会でも同様の指摘を受けた。ブレがない車輪軸を広げて、左右にカメラを二台つける構造対応は検討してみたい。
- ② ひび割れ幅の確認はその場か、後から画像上で確認するのか。
→クラックが鮮明に映った画像は撮影できるので、SIPの中では開発していないが、幾何的な計算をすることで、ひび割れ幅を後から測定することは可能と考えている。高橋脚では、ひび割れの有無を確認するため画角の広いカメラを使用しており、その場合は、ひび割れ幅の測定は難しい。
- ③ 利用者側からは、ひび割れ幅と長さの情報は、最低限必要である。長い水平ひび割れがあった場合、後から繋げないとわからないのか。写真を連続して繋げることで、長さの取得は可能となるのか。
→画像処理を行うと誤差が発生するものの、後から繋げることで、長さの計測は可能である。得たいひび割れ長さの基準が明確ではないので、どの程度の誤差が出るかは明確には示せない。
- ④ クラックスケールが画像上に入っている技術もあるがどうか。
→現在、検討中である。ニーズは高く、技術的に可能であれば取り入れる方向である。

3. 要望・その他

- ① 突起物や複雑な構造に弱いということで、そこまで近接しなくても潜望鏡やマジックハンドのような形でカメラを伸ばし、本体は直接近付かずに支承周辺を詳しく調べられると効

果的だと感じた。

→潜望鏡のような構造は、現時点では機体のバランスを考えて行っていない。

- ② 橋脚のスクリーニングは、人の目を使わず自動化できないだろうか。
- ③ 横方向の移動をプログラム化し、何 cm、と入れたら動いてくれるような機能があると良い。
- ④ 有線ならば夜間でも使えるようになり有効性が向上する。
- ⑤ 橋座上に土砂等があることが確認できるのはよいが、一緒に除去までできると、さらによい。このドローンではなく、違うドローンを作る予定はあるのか。

→土砂堆積物を除く機構はまだ難しいかと思う。枯れ葉等は、風で吹き飛ばすことはできるかと思う。別種のドローン開発については、SIP のプロジェクトの中では考えておらず、現時点では対象にする予定はない。

- ⑥ 今の橋梁点検は、その場のものを記録して「こういう状況だから、こういう対策をしよう」という程度である。市町村の橋だと難しいかもしれないが、ひび割れの正確な位置情報をもって、継続して劣化を追えないだろうか。三次元解析に落とし込んでひび割れ位置からの性能評価ができるという夢のような話の実現できるかもしれない。

→それを行いたいと思っている。そのためにも、まずは現橋を三次元モデリングすることを行っている。

舗装と盛土構造の点検・診断自動化技術の開発(八嶋厚) に関する質疑応答・意見

1. 技術について

- ① 適用範囲は。路面状態がどの程度であれば精度が担保されるのか。状態の悪い現場でも適用可能できるのか
→状態の悪い現場においても探査可能であり、結果もうまく計測できている。
- ② 舗装劣化の要因として重交通と地盤の剛性差があったが、水は影響あるのか。
→ひび割れの中に水が入ると劣化が進む。水が入っている場所では結果が悪い。
- ③ 評価基準について比抵抗と S 波速度で評価基準を定義しているのか。これの検証は実施されているのか。
→ボーリングを進めて測定結果と対比しながら、現在想定している閾値との妥当性を検討している。
- ④ 二次元探査ということで、道路幅員を考慮した場合、何側線を計測するという基準はあるのか。
→現在は、路肩に近い車線で計測している。盛土に対しては斜面側を計測することが好ましく、測定者の判断が必要である。
- ⑤ 舗装の表面を直しても数値は変わらないということか。適用するタイミングはいつなのか。
→表面を補修しただけでは、ほとんど変わらない。修繕するタイミングにより、表面修繕技術に何を適用するかの違いができる程度である。

2. 他の構造物への適用について

- ① 他への適用性ということで河川の堤体の評価、例えば脆弱部とか穴等を検出することが可能か。
→堤防の評価では多くの使用例がある。穴や水路の検出については、二次元表面波探査は不得意である。波長が長いために、小さな穴とかはすりぬけてしまう。穴があることで地盤が緩んでいる場合には、敏感に反応している。
- ② 地中の空洞も併せて検知することはできるのか。
→大きい空洞であれば判別できるが、2~3m 程度の大きさでは判別できない。しかし、空洞があり、その空洞に向かった地盤の緩みを検知することはできる。
- ③ 舗装の修繕技術について、新設の評価にも適用できるのか。
→適用可能であり、連続的な情報に基づいて舗装の構造を変えると、とても長持ちする道路ができる。

全体討議

1. SIPのサブプログラムディレクター(若原)からの意見

岐阜大学 SIP 実装プロジェクトにおいて、説明会が 4 回、フィールド試験が 2 回行われており非常にありがたい。本日の説明会において、ME や自治体の方々から良い意見が出ており、技術が洗われていくのを感じた。次年度は、点検診断技術・ロボット技術・一部の材料技術は、国交省の技術調査課と協力して技術認証の段階に入る。NETIS 等で国交省からの技術認証のお墨付き技術として公開するために、「このような要求性能をクリアしてください」というものを段階的に次年度から提示してく形になると思われる。それがまた、技術の一つの目標となっていく。要求性能を出すときに、こうやったら使いたいなどの意見を、逆に地域から上げてもらえると、国交省としても強い味方となるので、そのような議論もやっていただきたい。

2. 地域実装を支援するふるさと財団(岡田)からの意見

SIP 実装プロジェクトが終わった後にどのように繋げていくか、こういう議論も含めて、土木の分野で新しい技術を分野横断的にやり始めたことが、SIP の大きな成果だと思う。このような議論や場を、どのように繋げていくのか、岐阜大学では ME の流れがあるが、他大学はそこまでいけていない。どうやって繋げていくかを皆さんにも意識していただき、議論していただきたい。

3. その他の意見

- ① 富士通は少し前までは、夢を形にというキャッチコピーで事業展開していたが、我々も今行っている技術を単なる夢に終わらせるのではなく、みなさんに使っていただけるように仕上げたい。ただ、その時に「こうゆうことができると、こうゆう価値があるから、ぜひ使ってください」というのを開発側だけで考えていても、わからない部分があるので、そういうところを議論させていただきたいと思う。
- ② 防災をやっている観点からすると人命がかかっているのに、先ほどのいろいろな予測結果を情報として発信するには、法的な整備も関わってくる。例えば、気象情報は気象庁でなければならない。我々が土砂崩壊予測をしても、そのまま出すことはできない。研究開発を進めて行くに際しては、法律もどのように整備していかなければならないかも含めて、考えていかなければならない。その点も SIP の仕組みの中で、今後、議論していくことが必要であると思う。一緒に法律も変わっていくようにしないと、社会実装が上手くいかない場面も出てくると考えられる。

以上