

国立研究開発法人防災科学技術研究所
気象災害軽減イノベーションセンター
2019高専防災コンテスト
「地域防災力向上チャレンジ」事務局 御中



防災科研



Active Dynamic Measurement System (ADMS) による安価・高精度な土砂崩壊検知システム



独立行政法人 国立高等専門学校機構

東京工業高等専門学校

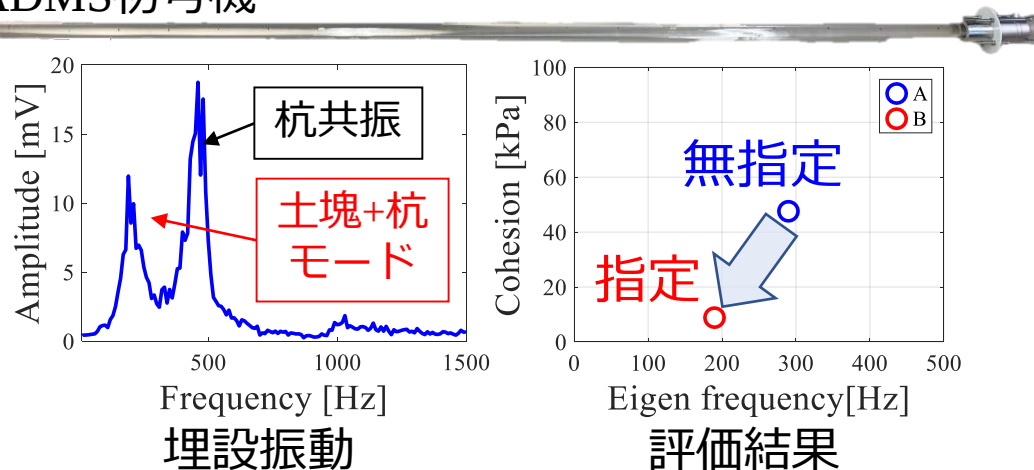
越石 絢太郎, 阿部 友哉, 伊東 諒, 國友 佑一, 高田 宗一郎

0. 2ndステージ活動成果の概要

- 本チャレンジでは安価・高精度な土砂崩壊検知の確立を目指し、**Active Dynamic Measurement System (ADMS)の試作機開発及びフィールド評価**を実施
- フィールドにて地盤粘着力と固有振動数の間に系統的な変化を観測, **土砂災害警戒指定区域で固有振動数の低域シフトを確認. ADMSの基本動作実証を完了**
- 社会実装に向けた**学外のユーザーヒアリング**の実施と課題抽出

ADMS初号機試作とフィールド評価

ADMS初号機



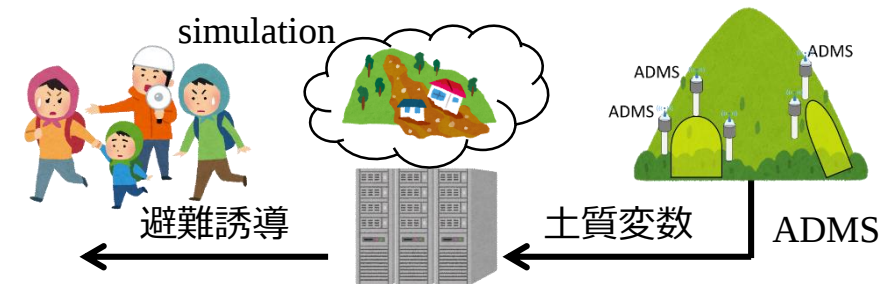
20/02/04;社会実装PJ2最終報告

1. 取り組みの背景

- ・ 東京都内全域で約7800箇所ある土砂災害警戒区域の2100箇所が八王子市に集中**(東京高専の裏山も指定)**
- ・ 八王子市は**山間部の急傾斜地の崩壊**に関する土砂災害が懸念
- ・ ADMS導入により、**土砂崩壊警戒情報の高精度化**を促し**地域住民の避難誘導の高度化**や**優先的な土砂災害防止工事計画の立案**に貢献→ADMSデータとG空間情報との異種情報統合も鍵

八王子市に2100箇所の土砂災害警戒区域

住民避難誘導の高度化(災害simulation)



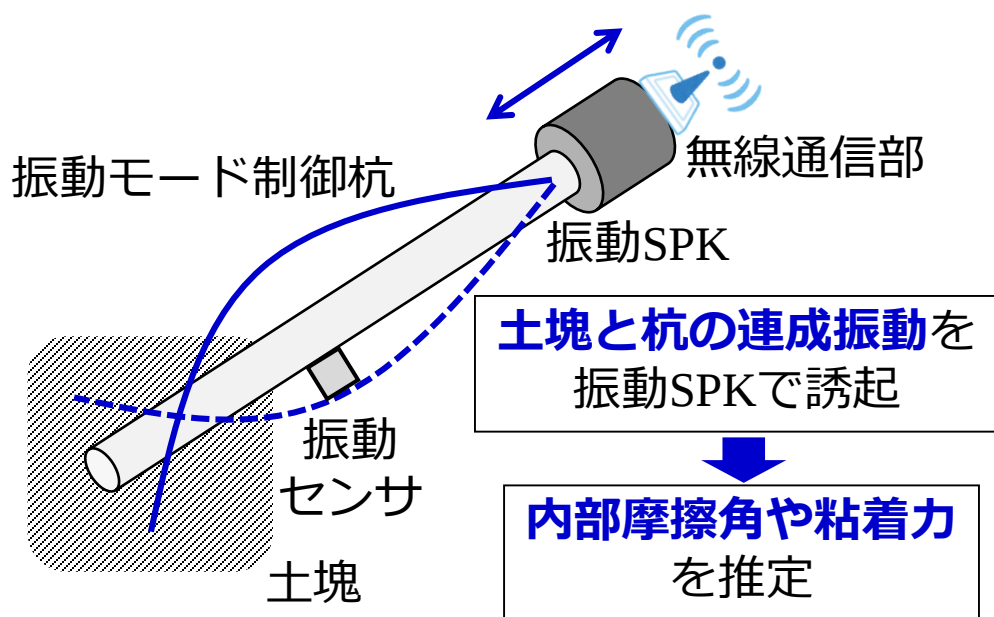
優先的な土砂災害防止工事計画の立案



2. Active Dynamic Measurement System; ADMSとは

- ADMSとは**杭と土塊の連成振動**を振動SPKで誘起し, 土塊の**内部摩擦角や粘着力を推定**するセンシング技術
- 埋設された杭を介して, 土塊と同期して揺れる**杭の露出部の振動を計測し解析**する点が特徴
- 面的把握がポイント,**ADMSの単価低減**が社会実装に重要

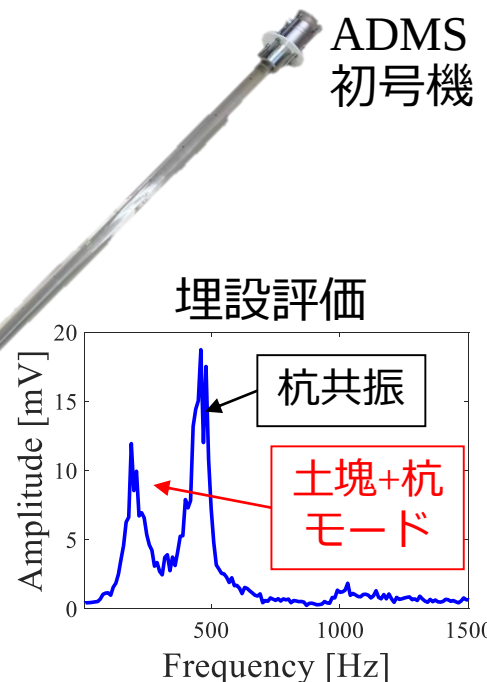
Active Dynamic Measurement Systemの原理



ADMS初号機試作とフィールド評価

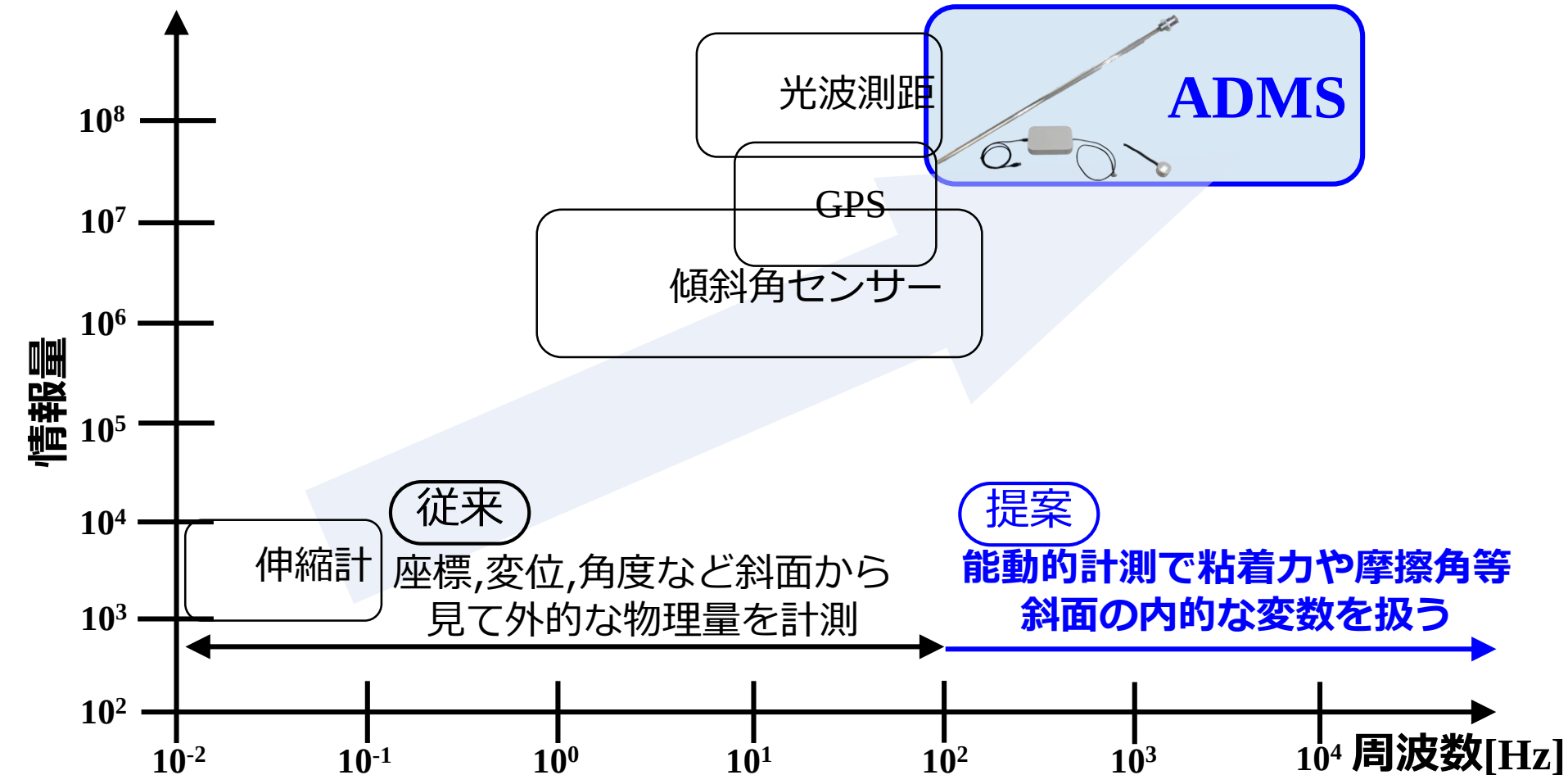


フィールドテスト



3. 従来技術のベンチマークと本技術の優位性

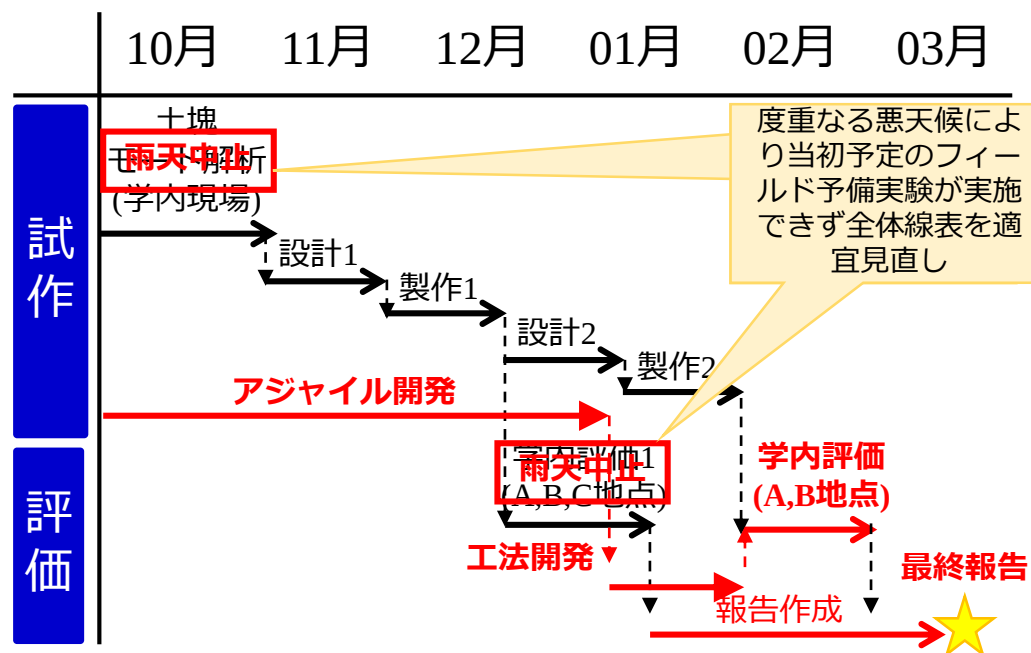
- 従来技術は座標,変位,角度など**斜面の外的状態把握**に留まる
- 提案法は**能動的計測**で粘着力や摩擦角など**内部状態推定**に挑戦



4. 開発線表と実施状況

- 授業時間(火曜午後)の度重なる悪天候に見舞われ、予備フィールド実験を実施できず、開発が難航。打開策としてADMSの機能要素分解とアジャイル開発を積極導入し、最小工数で最速のプロトタイピングを実施
- フィールド評価では追加開発要素として”工法開発”が発生し、予算配分を見直し

全体開発線表(黒:計画, 赤:修正)



機能要素分解+アジャイル開発

Before			After		
機能要素	授業回	人数	機能要素	授業回	人数
フィールド	1	4	振動SPK	1	2
センサ	2	4	治具	1	2
振動SPK	3	4	杭	2	2
杭	4	4	センサ	2	2
治具	5	4	口ガー	3	2
口ガー	6	4	工法開発	4	2
			フィールド	5	4

関連する要素技術を固めて1つの授業時間に配置,基礎知識を共有した上で分担をアサインしアジャイル開発

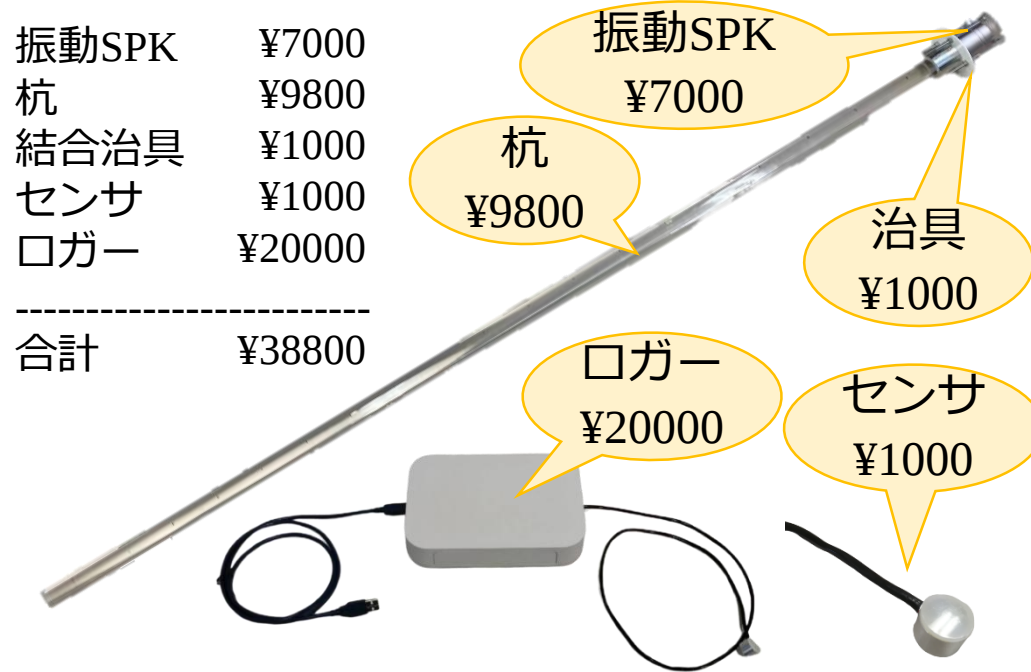


ハンドオーガー工法の採用

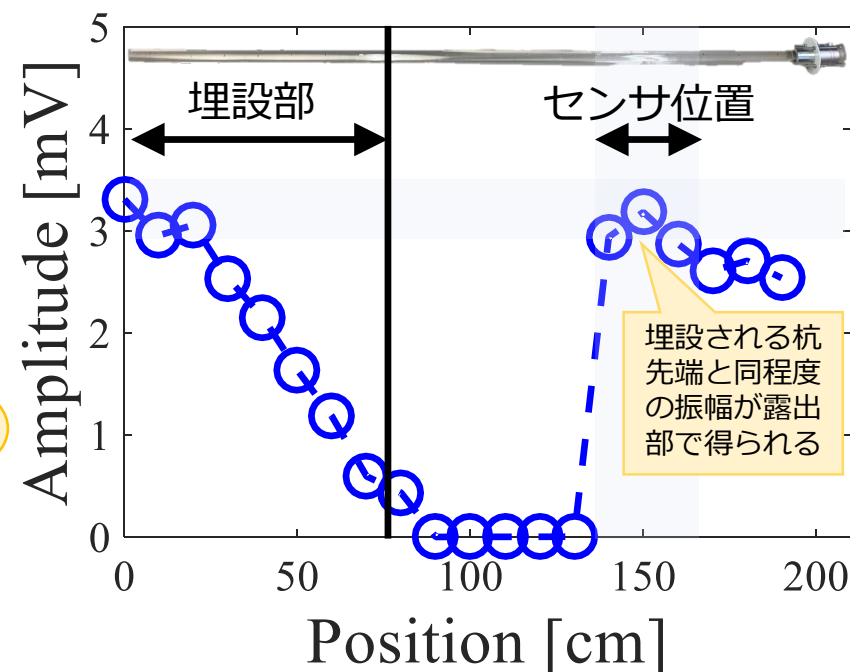
5. 実験室評価結果

- 杭の縦振動共振周波数, 振動SPKの励振周波数, センサの計測周波数からなる**三つ巴の仕様のすり合わせによる低廉設計**より, **ADMS初号機原価 $\leq$ ¥40000**に落とし込み
- 非埋設実験室環境で評価の結果, 631Hzに**所望の縦振動モード形状を確認**. **非埋設部位で大振幅**を確認, **センサ設置位置を決定**

ADMS初号機概観および原価構造

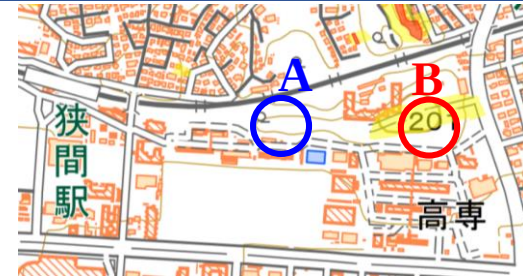


631Hzの縦振動モードの振動形状

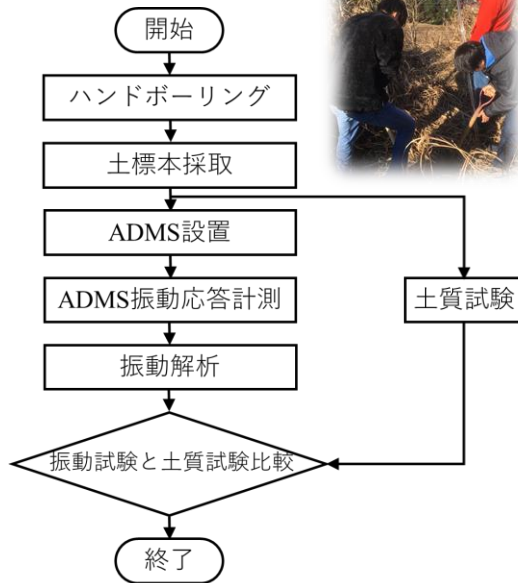


6. フィールド評価結果

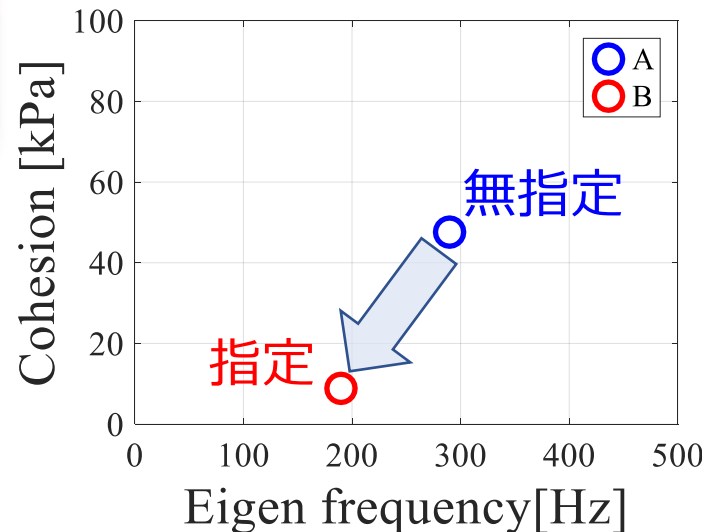
- 計測斜面選定:土砂災害警戒区域マップ参照
A:土砂災害無指定, B:土砂災害警戒指定
- 土質試験は専門業者の受託試験を依頼
- 粘着力と固有振動数の間に系統的変化を観測,土砂災害警戒指定区域では固有振動数が低域側にシフト**
- 摩擦角と固有振動数の間には系統的な変化は観測されず



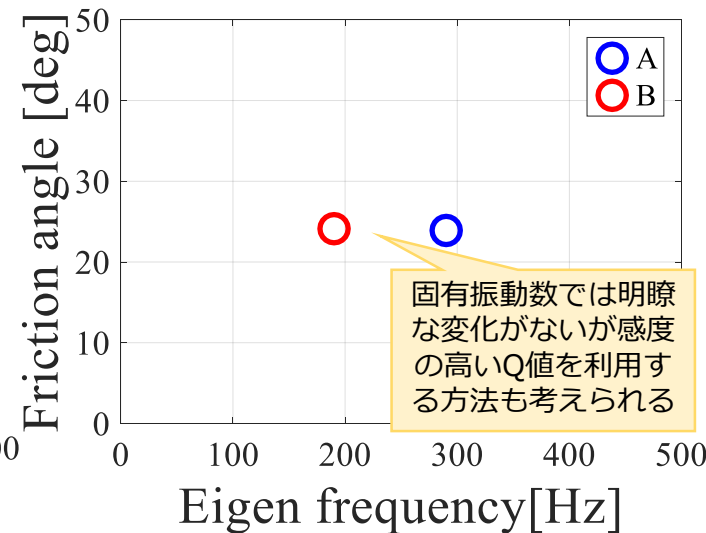
評価フロー



粘着力と固有振動数の関係



摩擦角と固有振動数の関係



7. 社会実装に向けたユーザーヒアリング

- 開発初期より産業界幹部へのプレゼンや議論を多数実施し、**産業利用可能性や社会実装の観点からコメントや指摘**を頂戴
- 社会実装において重要となる**“ユーザー(使い手)の目線から見た開発技術や要素のブラッシュアップ”**を実施



19/11/12; 技術交流会



20/01/12; サイトビジット



20/02/04; 社会実装PJ2最終報告

頂戴したコメントの一部抜粋

取り組み内容が素晴らしい。
すぐにでも自治体に提案に行きたい。

バッテリーの問題はどうするのか？計測の信頼性はどのくらいなのか？

原価がまだまだ高いと思う。
ロボットメーカーの目線でいくと¥10000を切るまで絞らなければならないのでは？

社会実装課題: 原価構造の見直し, フィールドでの計測信頼性

8. 本チャレンジの総括と今後の展望

• 総括

- ADMSの初号機開発ならびにフィールド評価技術開発をおこなったフィールド評価を実施。土砂災害警戒指定区域で土塊と杭の連成固有振動数の低域シフトを確認。ADMSの基本動作実証を完了
- ユーザーヒアリングより、原価構造の見直し、フィールドでの計測信頼性が社会実装への課題→“実用性実証”のレベルへ

• 今後の展望

- 実用性実証(原価低減, ハード改良, フィールド評価拡充)
- ユーザー特定とフィールド評価(自治体, 鉄道事業者, 道路事業者)
- G空間情報とADMSデータの”異種情報統合方法”の検討

謝辞

この度は貴重なチャレンジの機会を与えてくださいました国立高専機構ならびに防災科学技術研究所に感謝の意を表します。またサイトビジットにて貴重な意見を頂戴しました横山様, 李様に重ねて感謝いたします