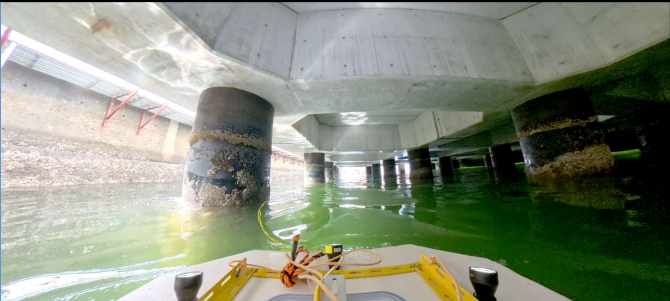




Port Doctor

-ROVによる3Dモデルを用いた栈橋調査システム-の開発

2024/11/14 岡山県コンクリート診断士会 第18回情報提供会

株式会社計測リサーチコンサルタント 家村 享明
株式会社大本組 橋 伸一



目次

1. はじめに
2. 開発概要
3. 実証実験


2

1. はじめに | PortDoctorとは

- ・ 栈橋下面調査の効率化を実現するシステム
- ・ 株式会社大本組 と 株式会社計測リサーチコンサルタント の共同開発

開発目的	栈橋構造物調査の合理化（生産性向上）
開発目標	実証実験可能なプロトタイプ
目標達成基準	システム導入後の工数半減（当社比）
開発期間	2024/4 ～ 2025/9
主要機能	調査機による現地調査、展開画像の作成、 損傷図の作成、損傷の集計
開発ステータス	開発完了（目標達成）

- ・ これから、PortDoctorを使用した栈橋調査を事業展開していく方針


3

1. はじめに | PortDoctorによる調査フロー

最短 18日間で完了■

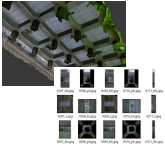
現地調査



ROV + 360度カメラで
栈橋下面を動画撮影

MP4
360度動画(生データ)

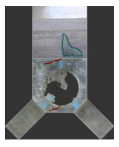
展開画像作成



SfMで3Dモデル生成後
展開画像を半自動生成

OBJ
3Dモデル(栈橋全体)
展開画像(部材毎)

損傷図作成



ひび割れを半自動抽出し
損傷図作成

DXF
損傷図CAD(部材毎)

損傷集計



損傷を2D/3D表示および
集計結果をファイル出力

XLSX
損傷集計結果(栈橋全体)

※ (注記) 120km2の実証実験結果
調査件により完了までの期日は異なります。


4

1. はじめに | 開発意義

(参考) 写真による構造物調査 一般的な作業フロー



=> 栈橋下面の場合、2つの技術的課題が存在

課題1 : 3Dモデル生成の失敗リスクが高い

課題2 : 3Dモデルを展開画像にする工数が大きい

1. はじめに | 開発意義 課題1

課題1 : 3Dモデル生成の失敗リスクが高い

(参考) SfM解析の成功条件

撮影した連続写真が...

- (1) 十分にオーバーラップする: 理想的なOL率は縦80%, 横50%以上
- (2) ある程度の鮮明さを持つ: ピントぼけ、被写体ぶれ等が少ない

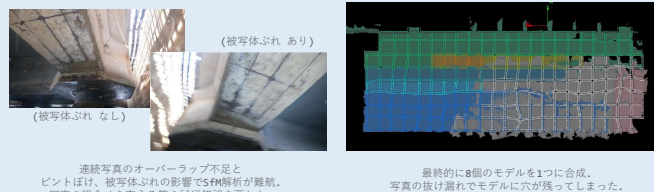
=> しかし、栈橋下では、SfM解析の成功条件を満足しにくい

調査対象	ダム、擁壁等	栈橋下
撮影方法	UAVや手持ちカメラで連続撮影	ラジコンボート搭載カメラで連続撮影
測線管理	○ 目視 / 自動飛行	× 目視不可 / 自動飛行不可 / 波の影響
環境照度	○ 日中の屋外 1000lx以上	× 日光が差し込まない 100lx以下
被写体の形状	○ 平面的 = ピント一定にしやすい	× 起伏が大きい = ピント一定困難
条件(1) オーバーラップ	◎ 一定に保てる	× 一定に保てない = 抜け漏れが発生
条件(2) 鮮明さ	◎ ピントの合った写真を得られる	× ピントぼけ、被写体ぶれが発生

1. はじめに | 開発意義 課題1

課題1 : 3Dモデル生成の失敗リスクが高い

(過去の経験) 約8000m²の栈橋 => 3Dモデル生成に1カ月半



=> この作業の不確実性を解消したい

1. はじめに | 開発意義 課題2

課題2 : 3Dモデルを展開画像にする工数が大きい

原因 : 面とその接続関係の情報を注入する操作を要するため

(1) 3Dモデル -> オルソ画像の作成作業

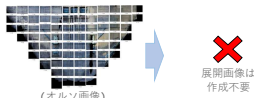
	ダム、擁壁等	栈橋下
変換イメージ	(3Dモデル) → (オルソ画像)	(3Dモデル) → (オルソ画像)
出力方法	SfMソフトの機能で出力 (手動で断面を設定)	SfMソフトの機能で出力 (手動で断面を設定)
出力数	約75枚 / 10000m ²	約650枚 / 9500m ²
作成工数(推定)	◎ 3人工	× 25人工

1. はじめに | 開発意義 課題2

課題2 : 3Dモデルを展開画像にする工数が大きい

原因 : 面とその接続関係の情報を注入する操作を要するため

(2) オルソ画像 -> 展開画像の作成作業

	ダム、擁壁等	栈橋下
変換イメージ	 (オルソ画像)	 (オルソ画像) → (展開画像)
作成方法	不要	PhotoShop等で手作業 (平行移動と回転で画像合成)
作成数	なし	約200枚 / 950m2
作成工数(推定)	◎ 0人工	× 15人工

=> この作業を効率化/非属人化したい

1. はじめに | 開発意義

PortDoctorの開発により、この2つの課題を解決しました。

課題1 : 3Dモデル生成の失敗リスクが高い

=> 失敗リスクと解析日数を大きく縮減

課題2 : 3Dモデルを展開画像にする工数が大きい

=> 1日で誰でも作成可能に

これにより、効率的な栈橋点検を可能としています。

目次

1. はじめに
2. 開発概要
3. 実証実験

2. 開発概要 | 方式設計(1) 現場調査

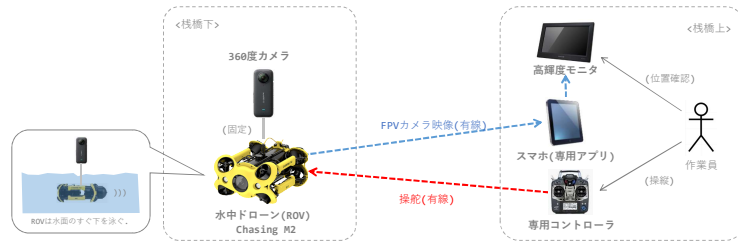
・調査機の選定

=> 可搬性や運動性を考慮し、水中ドローン(ROV)を選択

動力源	ラジコンボート	水上ドローン	水中ドローン (ROV)
外観	 <BlueBoat>	 <PowerDolphin>	 <Chasing H2>
通信	× 無線 (2.4GHz)	× 無線 (2.4GHz)	○ 有線 (200m)
可搬性	× 15kg	○ 2kg	○ 5kg
ペイロード	○ 15kg	× 不明	× 1kg程度?
運動性能	△ 直進 / 旋回	△ 直進 / 旋回	○ 前後左右上下 / ホバリング
コスト	× 約80万円	○ 約15万円	△ 約40万円

2.開発概要 | 方式設計(1) 現場調査

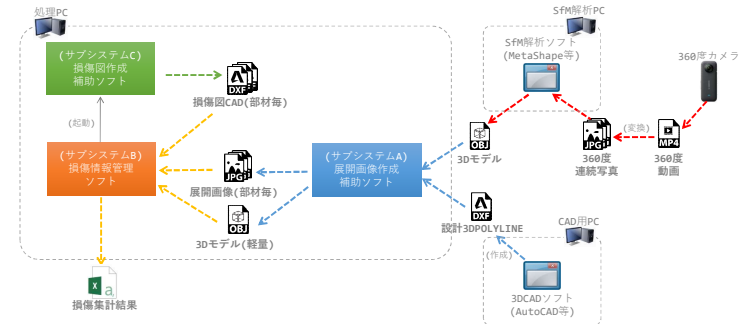
- ・現地調査イメージ



- ・ROVに360度カメラを搭載して、栈橋下を撮影
- ・ROVのFPVカメラ映像で、機体位置をモニタリング

2.開発概要 | 方式設計(2) データ後処理

- ・データ後処理フロー
- ・専用ソフトウェア（サブシステムABC）を開発



2. 開発概要 | 課題1の解決

課題1 : 3Dモデル生成の失敗リスクが高い

=> 解決策 : 360度カメラを利用する

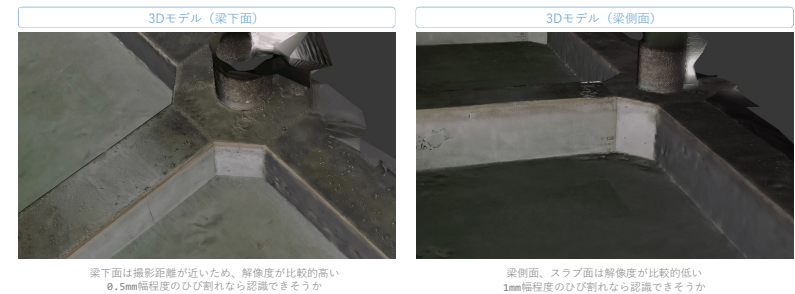
懸念事項 : 360度カメラでSfM解析できるのか？

=> 社内検証 / 現場試験計測の結果、360度画像をSfM解析できた
適当な測線管理でも、オーバーラップを十分確保できた



2. 開発概要 | 課題1の解決

ただし、写真の品質（鮮明さ）は依然として課題



(補足) 調査機の開発過程

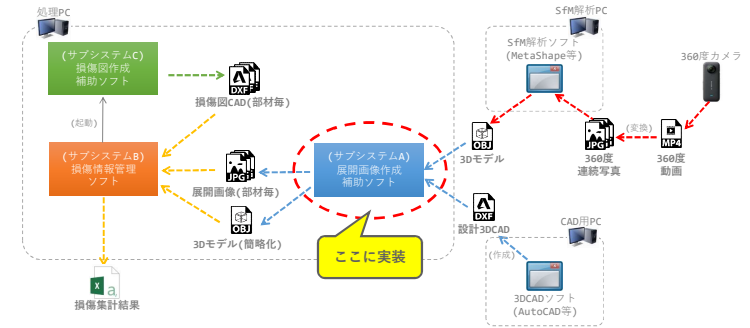


今後の展望： ポリ板部分を筐体化する / ROVをラジコンに置き換える

2. 開発概要 | 課題2の解決

課題2：3Dモデルを展開画像にする工数が多い

⇒ 解決策：簡単なマウス操作で、面とその接続関係の情報を注入できるソフトを開発

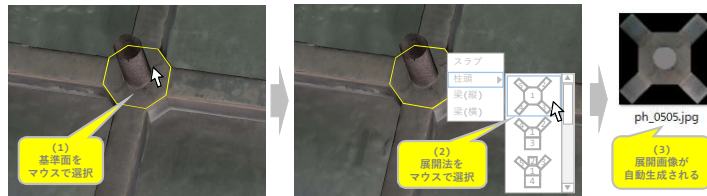


2. 開発概要 | 課題2の解決

課題2：3Dモデルを展開画像にする工数が多い

⇒ 解決策：簡単なマウス操作で、面とその接続関係の情報を注入できるソフトを開発

面の情報 = 設計3DCAD(3DPOLYLINE)を別途作成してdxfファイル入力
 接続関係の情報 = 次の手順で作成



⇒ 実証実験の結果、0.5日で189枚の展開画像を作成できた = 生産性が大きく向上

目次

1. はじめに
2. 開発概要
3. 実証実験

3. 実証実験

これまでに現場試験計測を4回実施。

時期	場所	面積	部材数	試験目的
2024/9/25	岡山	750 m ²	91	調査機の操作性 カメラの適用性などを確認
2025/3/19	北九州	315 m ²	66	調査機の搭載性能の評価 データ後処理の確認
2025/6/30	大阪	400 m ²	48	他のカメラ機種の試行 カメラ設定の試行
2025/8/7	大阪	1200 m ²	189	プロトタイプ開発の最終確認 効果測定（時間計測）

以降は、2025/8/7の現場試験計測の効果測定結果です。

3. 実証実験 | (1) 現場調査

機材準備



ROVと操縦機/アプリを接続
カメラの準備 (Insta360 X4 5.6K動画)
ROVにカメラ等を搭載
FPV装置の映像確認
その他、充電等の準備

調査機の着水



ROVをロープで吊るして着水させる。
(今後、着水方法は改善予定)

ROVによる360度動画撮影

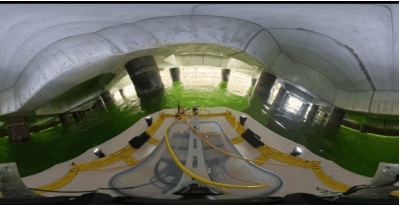


操縦士(1名)は、FPVモニターで測線管理しながら、
ROVを操縦して360度動画を撮影する。
補助者(1~2名)は、通信ケーブルのたるみを管理する。

作業内容	所要時間	備考
準備	1時間	
撮影	2時間	1200 m ² を撮影 55GBの動画データ取得
撤収	30分	
合計	3.5時間	1営業日 とみなす

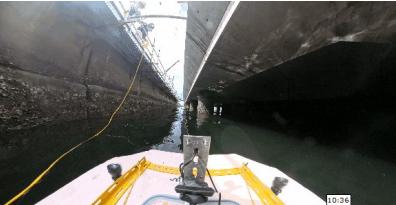
(補足) 栈橋下の360度動画

360度動画 (MediaPlayerClassicで再生)



SfM解析の元になる動画はこちら。

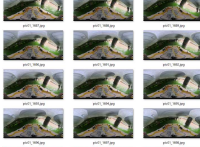
360度動画 (VLC Playerで再生)



マウス操作で周りを見渡すことができる。

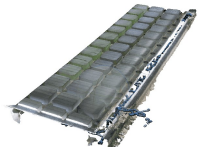
3. 実証実験 | (2) 3Dモデル作成

静止画像変換

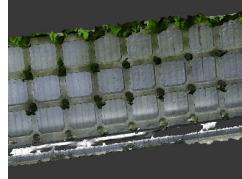


約50分の動画を、11017枚のjpg画像に変換

SfM解析 アライメント結果

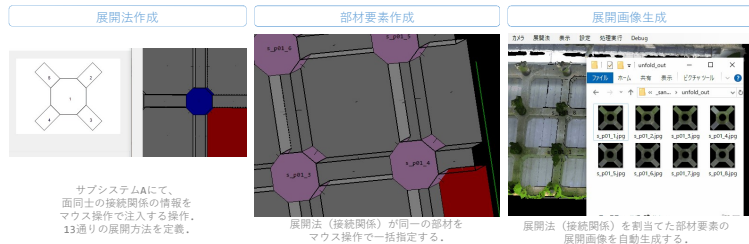


SfM解析 Texturedモデル



作業内容	所要時間	使用ツール	自動処理	備考
静止画像変換	3時間	Insta360 studio, FFmpeg	○ 設定のみ	11017枚のjpg画像を生成 (1秒に1枚の画像を抽出)
SfM解析 アライメント	13時間	MetaShape	○ 設定のみ	
SfM解析 メッシュモデル生成	2時間	MetaShape	○ 設定のみ	
SfM解析 Texturedモデル生成	7時間	MetaShape	○ 設定のみ	
設計3DCAD 作成	6時間	AutoCAD	× 汎用ソフトで手作業	設計ソリッドを基に作成
SfMモデル スケール調整	3時間	CCloudCompare	× 汎用ソフトで手作業	
合計	34時間			5営業日 とみなす

3. 実証実験 | (3) 展開画像作成



作業内容	所要時間	使用ツール	自動処理	備考
展開法作成	30分	サブシステムA	△ 支援ツールで手作業	13の展開法を定義
部材要素作成	1時間	サブシステムA	△ 支援ツールで手作業	189の部材要素を定義
展開画像生成	3分	サブシステムA	○ 設定のみ	189の展開画像を生成
合計	約1.5時間			0.5営業日 とみなす

3. 実証実験 | (4) 損傷集計



作業内容	所要時間	使用ツール	自動処理	備考
損傷図作成	1～3日（推定）	サブシステムC	△ 支援ツールで手作業	今回の調査対象は新設なので実際には作業していない
損傷集計csv出力	0分	サブシステムB	○ ボタンをクリックするのみ	
合計	1～3日（推定）			3営業日 とみなす

3. 実証実験 | 評価 従来手法との比較

- 従来手法の所要時間は、当社の経験をもとに次の条件で推定
 - ＜条件＞
 - ・ 現地調査 デジタル一眼カメラを使用
 - ・ 3Dモデル作成 同一のSfM解析ソフト（MetaShape）を使用
 - ・ 展開画像作成 従来の弊社処理プログラムを使用
 - ・ 損傷集計 従来業務は展開画像作成までなので、本システムと同一の工数に設定

作業内容	従来手法（推定）	PortDoctor
(1) 現地調査	2営業日	1営業日
(2) 3Dモデル作成	10営業日	5営業日
(3) 展開画像作成	5営業日	0.5営業日
(4) 損傷集計	3営業日	3営業日
合計	20営業日	9.5営業日

作業期間を約10営業日短縮（推定）
=> 工数50%縮減 = 開発目標達成！

まとめ

- ・ 橋橋下面調査の効率化を実現するシステムとして、PortDoctorを開発
 - ・ 株式会社大本組 と 株式会社計測リサーチコンサルタント の共同開発
- ・ PortDoctorを利用することで、橋橋下調査の工数が半減（当社比、推定）
- ・ 今後の展望
 - ・ 調査機の改良（搭載物を収納する筐体、カメラ機種の変更、ROVの更新）
 - ・ PortDoctorを利用した橋橋調査の事業展開