

海上を進行中の津波の 波頭等の計測

2011年7月16日

東北地方太平洋沖地震
津波合同調査グループ報告会

国土地理院 地理地殻活動研究センター
神谷泉 乙井康成 岡谷隆基 小荒井衛

発表内容

1. MMS(位置情報付きの映像)を用いた浸水高の計測
2. 空撮映像を用いた計測
 - 2-1 海上の波頭の位置の計測
 - 2-2 陸上の波頭の位置の計測
3. その他(荒浜小、七北田川の遡上、地上撮影映像)

計測技術を持っているが、津波の専門家ではない
⇒ 計測結果の意義等をうかがいたい

本発表以外の国土地理院の活動

国土地理院トップ(<http://www.gsi.go.jp/>)

⇒東日本大震災 関連情報



1. MMSを用いた浸水高の計測

MMS (Mobile Mapping System)

車で走りながら、360度の画像を連続撮影。
同時に、GPSとIMU(慣性計測ユニット)で、
カメラの位置と傾きを計測。

⇒ 位置情報付きの画像データを収集
Google Street View のイメージ



<http://www.topcon.co.jp/news/20091001-518.html>

MMSデータを用いた計測

痕跡の認定

痕跡と、地表面をクリック

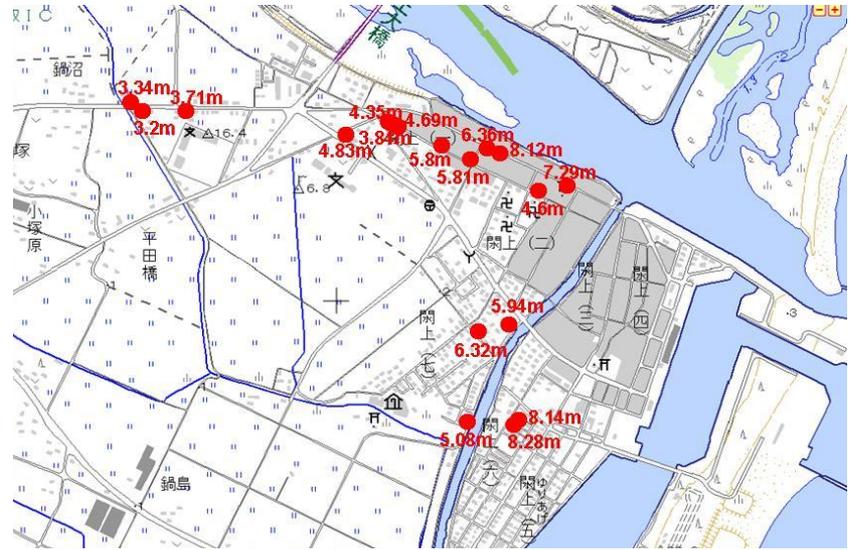
⇒ 2点間の3次元ベクトルがわかる
(浸水深がわかる)

地震後のDEM(航空レーザ測量)
と合わせて ⇒ 浸水高(TP)

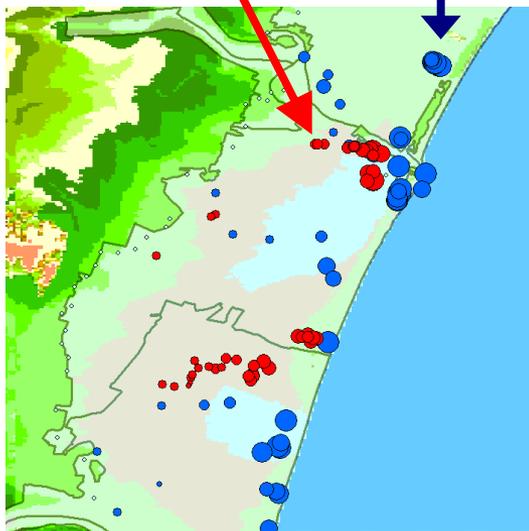
コンピューターによる
写真の自動マッチング
(少し怪しげ)



計測結果



本計測 合同調査グループ



- 2-3 m
- 4-5 m
- 6-7 m
- 8-9 m



結論 (MMS)

- 合同調査グループと概ね一致
⇒ 少なくともメートル単位の精度
- 利点
災害の記録の一環として浸水高も計測
特に、車は入れるが、通常の現地調査が困難な場合
トレーサビリティ（後で確認できる）
- 欠点
痕跡の認定が困難（固定位置、固定露出）
計測精度
電柱、樹木等では計れない

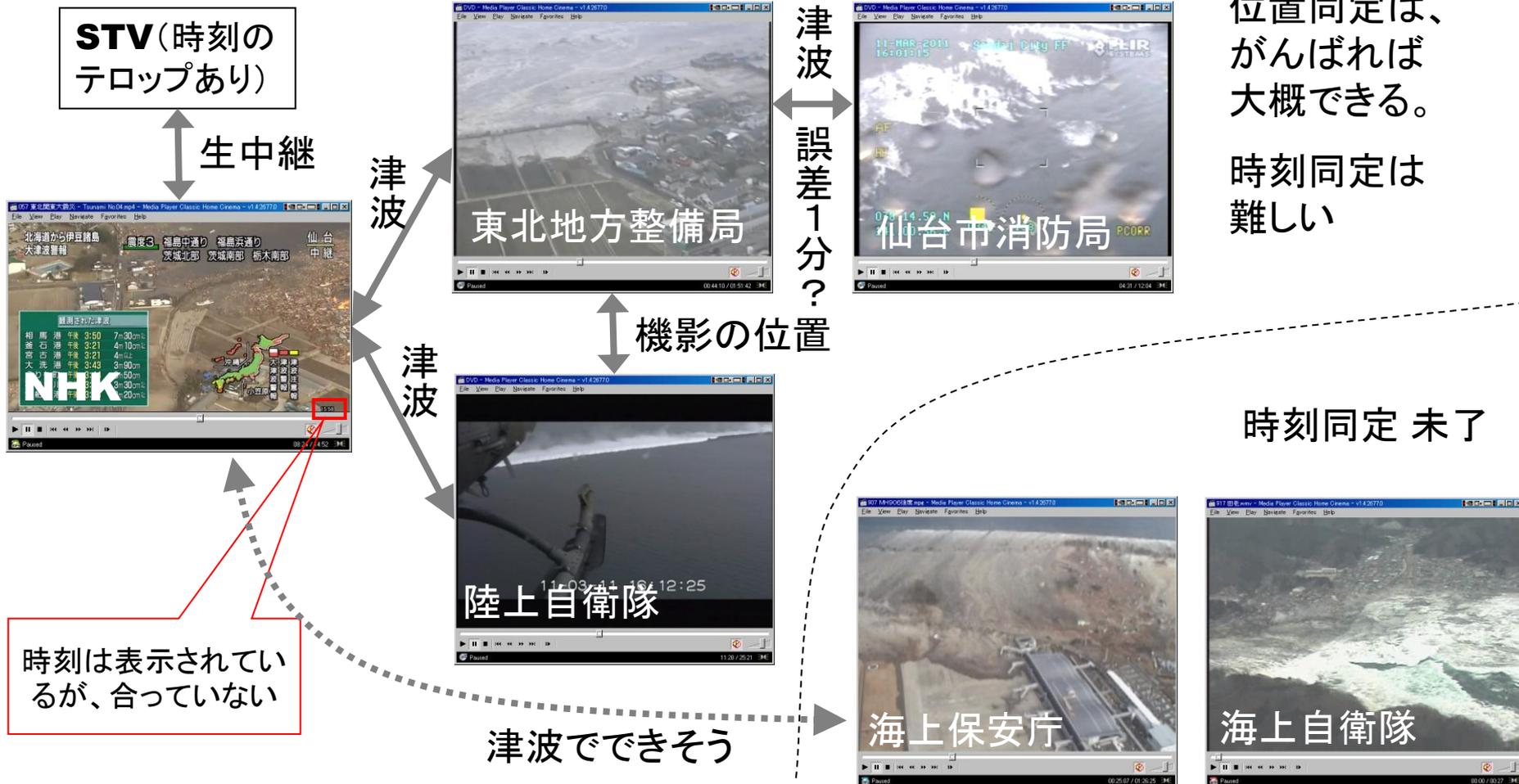
2. 空撮映像を用いた計測

主要な空撮画像と時刻同定

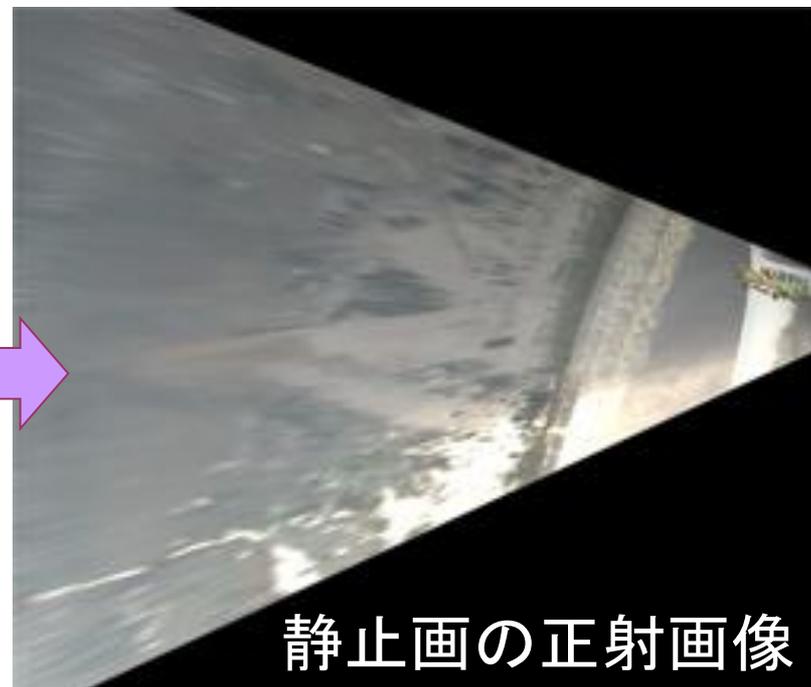
地上撮影も含め

位置同定は、
がんばれば
大概できる。

時刻同定は
難しい



2-1 海上の波頭の位置の計測

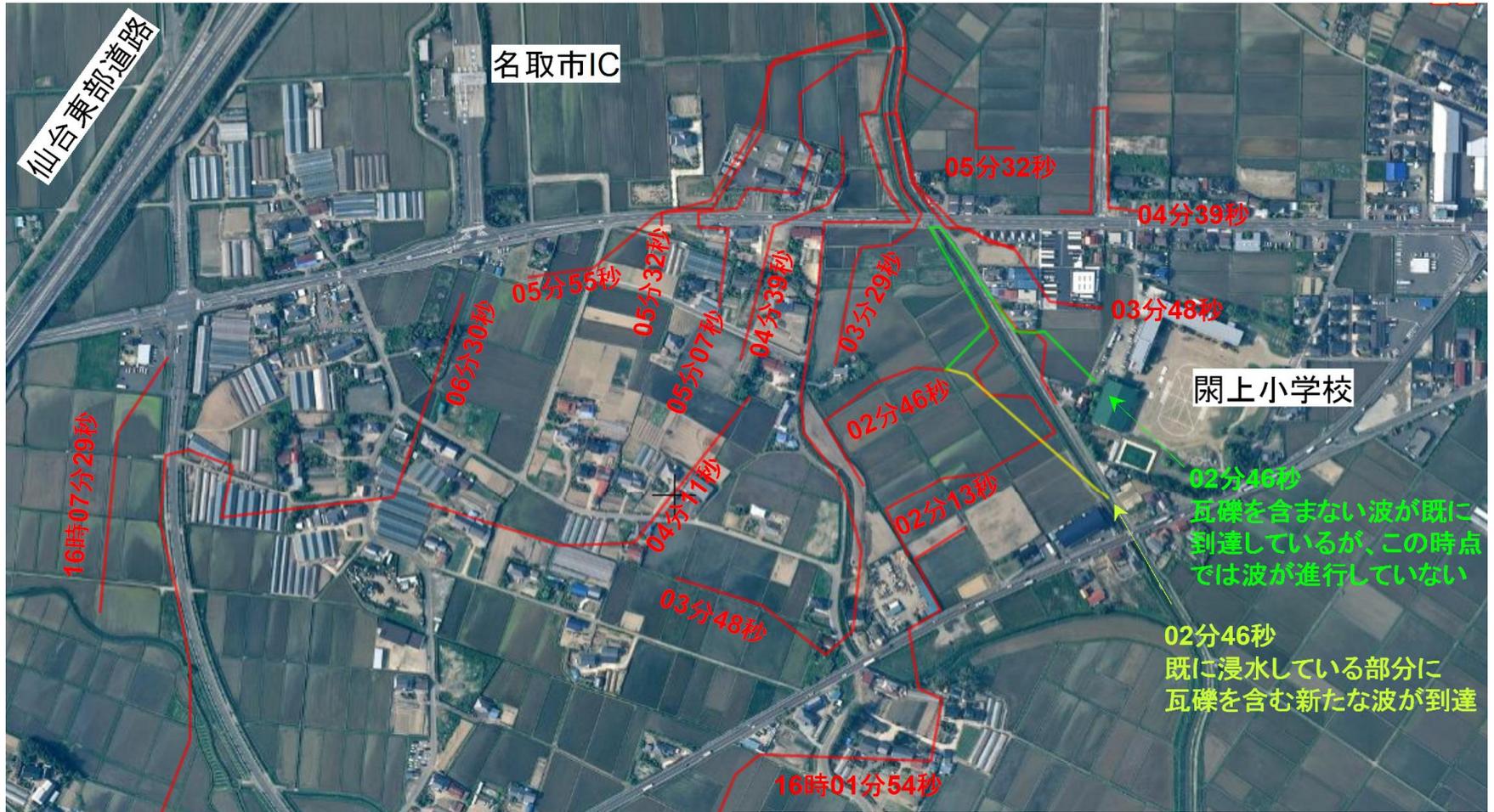


- 1 静止画の切り出し
- 2 正射画像(オルソ)の作成
- 3 波頭の計測

射影変換を用いる

- ・ 高さは一定
- ・ レンズの歪み等はない

2-2 陸上の波頭の位置の計測



正射画像を作成せずに、静止画をそのまま判読し、波頭の位置を図化。

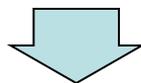
単に、冠水範囲を図化すればいいのか？
きれいな水⇔瓦礫を含んだ水
1回冠水したところに別の波、止まっている
流れの方向、速度、水深(階単位)

今後の予定(陸上の波頭の計測)

再計測を予定

- ・ 正射画像を作成して計測
- ・ より広範囲の計測

NHKの録画のうちの一部(YouTube)



NHK(一部を除き、高画質の録画)

東北地方整備局

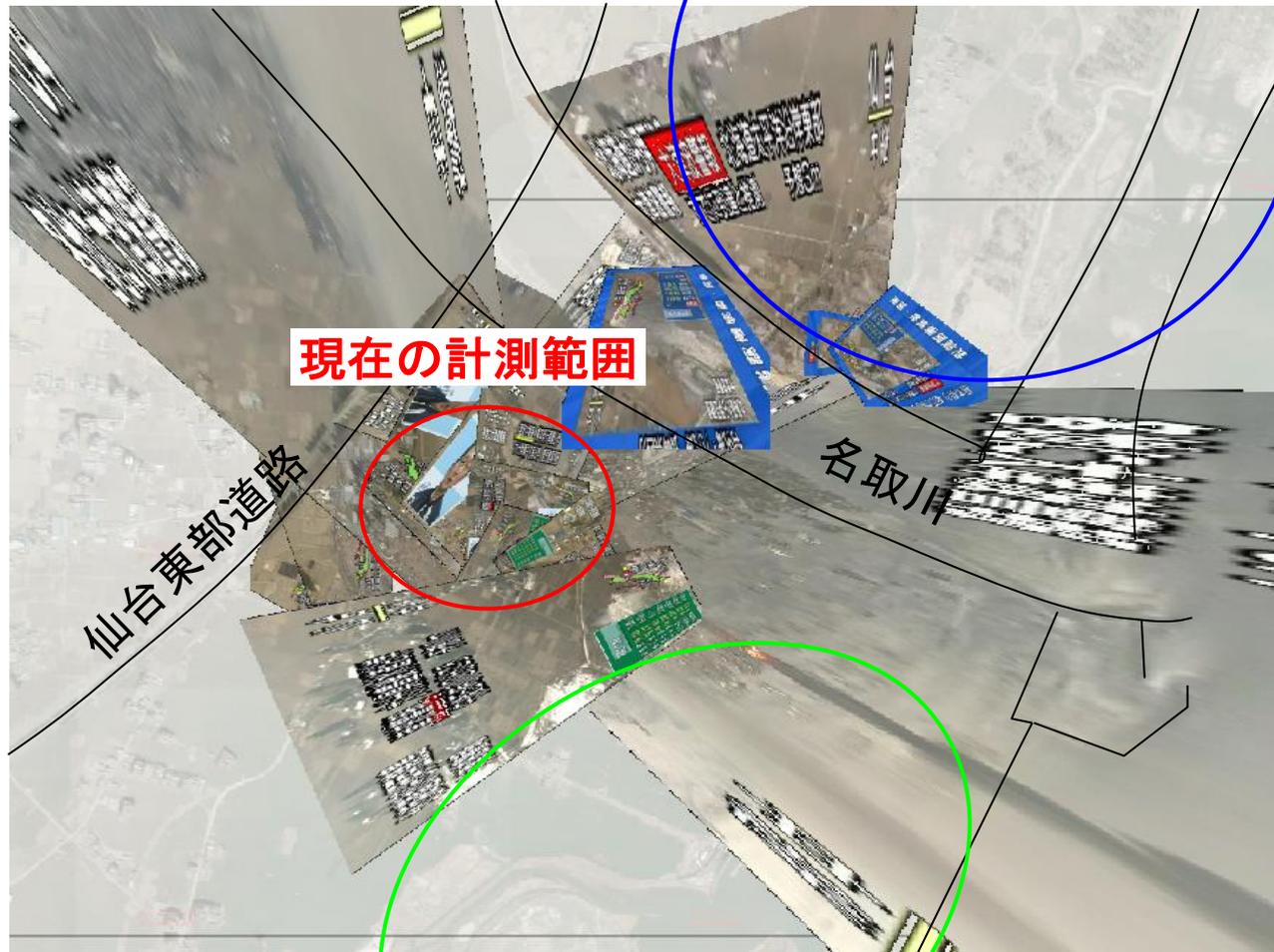
陸上自衛隊

仙台市消防局

海上保安庁

正射画像作成済み
(NHK; 概ね40秒に1枚)

東北地方整備局
陸上自衛隊
仙台市消防局



現在の計測範囲

仙台東部道路

名取川

海上保安庁

仙台平野
以外では、

田老
海上自衛隊
時刻同定
できるか？

3. その他

荒浜小学校への津波の到着
15:55:01



1分16秒後



1分25秒後



渡り廊下の屋根
見えない 見える



8分12秒後



9分54秒後



9分43秒後



5m と概ね整合

荒浜小学校の痕跡：学校の基礎からの高さ
5.05m 4.09m (3/25 早稲田大学)
東北地方太平洋沖地震津波合同調査グループ

荒浜小

- 15:55:01 ごろ、津波が到着。
- 津波到着、遅くとも1分16秒後には、ほぼ最高水位に達している。
- 1分25秒後に、水位が低下している可能性がある。

..... 仙台市消防局 時刻同定の精度 1分？

..... 東北地方整備局 時刻同定の精度 7秒

- 遅くとも8分12秒(±1分?)後には、水位が低下している。しかし、まだ波は押しの状態。



5 秒

この間、ヘリが移動していないと仮定
(望遠撮影なので、それほどおかしくない)

浮遊物の移動距離 18.3 m
移動時間 5 秒
速度 3.7 m/s
13 km/h

このときの水深が、
現地の痕跡跡の最高値であると仮定

速度 3.7 m
水深 5.05 m
密度 1,000 kg/m³
単位長あたりの**力** 68,000 N/m
7 t/m

河川への遡上(七北田川)

最大波

4.2 km / 9分34秒

= 7.4 m/s (27 km/h)

水深+波高 = 5.6 m



外洋の式を使って良いのか?

15:48:58



第1波先頭
最大波に
呑み込まれた?

仙台市消防局提供

02:05 / 12:04

15:59:02



東北地方整備局提供

00:35:07 / 01:51:42

時刻同期の誤差
→ 速度に1割(?)程度
の誤差。

正確な計測には、
時刻同期と、正射
画像が必要。

名取川でも可能。

15:49:28



最大波

仙台市消防局提供

02:35 / 12:04

河川への遡上(名取川)



地上撮影映像の利用

- 多数の映像がYouTube等にアップされている。
 - 玉石混交、整理が必要。
 - 時刻同定は難しい。
 - 位置同定はなんとかなる場合が多い。
 - 計れそうなもの(時刻同定ができない場合)
 - ・ ある地点での浸水深さの推移
 - ・ 流速、力
 - ・ 波頭の位置は、範囲に限られる
- 絶対時刻がついていない、浸水深さの推移、
波頭の位置は役に立つか？
- 気仙沼では、時刻同定ができた。
NHK(地上カメラ) → 気仙沼海上保安署
フェリーの岸壁への衝突等で同期
気仙沼海上保安署 → 他のビデオ
防災無線の音声(YouTubeで実例あり)

まとめ

- MMS (Mobile Mapping System) を使用し、浸水高を計測。
- 空撮映像→海上を進行中の津波(最大波の次の波)の位置を計測。
- 空撮映像→陸上の津波の先頭の位置を計測。
- 荒浜小の浸水高の推移、流速、力を計測。
- 七北田川の遡上状況と速度を計測。
- 地上撮影映像の利用可能性を検討。

この計測の意味は？

何を計ったら、 皆様のお役にたつのでしょうか？

謝辞

発表の機会を与えてくれた 高橋先生、佐竹先生

仙台市消防局、陸上自衛隊、東北地方整備局、
海上保安庁、海上自衛隊(空撮映像の提供)

港湾空港技術研究所 有川氏、国土地理院北海道地方測量部、
YouTube の tsunami201103 氏(空撮映像の複製)

(社)日本測量機器工業会(MMS貸与、技術協力)
国土地理院応用地理部(MMS計測)