航空写真と津波数値解析を活用した津波防災啓発手法の検討

東北大学災害科学国際研究所　正会員　○木村　裕行
東北大学災害科学国際研究所　菅原　大助
東北大学災害科学国際研究所　正会員　今村　文彦

1. 研究概要

東北地方の沿岸地域において，東日本大震災前後の状況が航空写真により記録されている．これらの航空写真は，震災前後の様子の変化から津波災害の深刻さを認識させるため，津波に対する防災啓発への活用が期待される資材である．

仮に，沿岸の住民らが個々に時々刻々と変化する津波の状況を認識している場合，住民らは津波来襲時の多様な状況を想像して，避難方法等の津波対策を計画できると考えられる．しかし，今日の一般的な津波防災資料である津波ハザードマップは，浸水域しか示しておらず，津波挙動への理解を深めて防災啓発・教育を促進させる資料になっていない．前述の震災前後の航空写真においても，同様に，津波挙動が読み取れないという欠点がある．

そこで，筆者らは，時間ごとの津波状況が算出できる津波数値解析と航空写真を組み合わせて活用することにより，津波の挙動を直感的かつ現実的に理解させる可視化方法，及びその可視化を用いた効果的な津波防災啓発の方法を検討した．なお，本稿では，航空写真が撮影された仙台空港周辺地域（宮城県岩沼市）を対象とした検討を紹介する．

2. 航空写真の有用性

(1) 航空写真から読み取れる情報

津波ハザードマップの背景図に使用されるような道路地図は，避難施設の位置や道路の設置状況が読み取りやすい．一方，航空写真からは，道路地図から分かる情報に加えて，土地利用，建物や構造物の形状や材質，海岸林の有無や密度などの情報を，即座に読み取ることができる．これらの現地状況の詳細な情報は，津波の挙動や津波による被害，被害発生メカニズムを想像・予想する際に役立つものと考えられる．

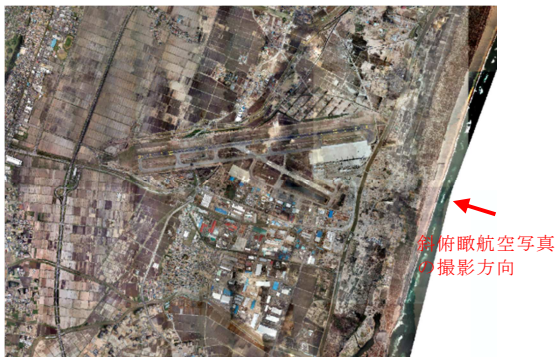

写真-1. 真俯瞰航空写真（東北地方整備局提供）

写真-2. 斜俯瞰航空写真（東北地域づくり協会提

(2) 斜俯瞰での撮影による効果

航空写真には，真俯瞰と斜俯瞰のものがある．写真-1,2 は，真俯瞰及び斜俯瞰の写真の例であり，両方とも本研究の対象地域を撮影している．

斜俯瞰の写真では，真俯瞰の写真と比べて被写体の高さ情報も読み取れることが利点として挙げられる．この利点により，例えば，津波避難に有効な高さがある建物の有無や，漂流物の予測，局所的な地形の起伏に影響を受けた津波の挙動などを想像・予想することが可能となるため，斜俯瞰航空写真が津波防災に対して高い有用性を持つことがわかる．

3. 津波数値解析

本研究では，2011 年東北地方太平洋沖地震津波を可視化するため，数値解析によりその再現を試みた．

解析時の条件は，表-1 に示すとおりである．

津波数値解析　航空写真　可視化　防災啓発　斜俯瞰
仙台市青葉区荒巻字青葉 6-6-1106，TEL:022-795-7515，FAX:022-795-7514

表-1. 津波数値解析の解析条件

項目	内容
支配方程式と解法	非線形長波方程式について、Staggered Leap-Frog差分法を用いて計算
空間格子間隔	405m → 135m → 45m → 15m → 5m （ 格子接続は1/3のサイズで実施 ）
時間格子間隔	0.1秒
計算時間	3時間
断層モデル	2011年東北地方太平沖地震（東北大学モデルVer 1.1）
地盤変動算出式	Okada式(1985)
粗度係数	$n = 0.025 m^{-1/3} s$

4. 航空写真と数値解析を活用した津波防災啓発

(1) 斜俯瞰写真と津波解析結果の重ね合わせ

斜俯瞰写真と解析結果を単純かつ容易な画像の線形変形による方法で重ね合わせ，斜俯瞰の利点を活かした津波の挙動の可視化を行った(図-3 参照).

この可視化からは，時間毎に拡がっていく浸水域と土地利用や地形状況が即時かつ同時に読み取ることが可能である．そのため，津波来襲時の地域状況や津波による被害発生メカニズムの想像や予測を具体化させるものと考えられ，津波に対する防災啓発効果が期待できる．

例えば，図-3 に示す仙台空港周辺においては，海岸部に津波避難に有効な高い建築物が少ないこと，津波の遡上が速く津波避難の緊急性が高いこと，津波の進行を妨げる地形の起伏がなく津波の遡上は先端部が海岸線に平行するように進むことなどが読み取れる．

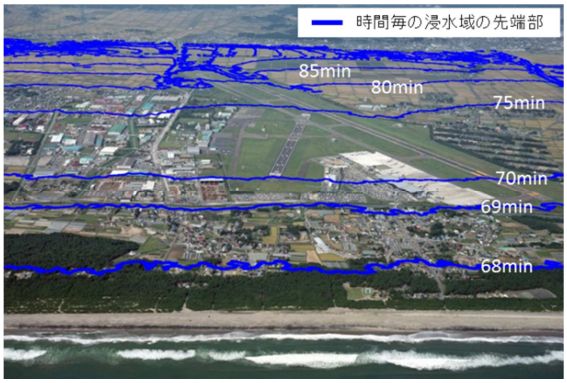

図-3. 斜俯瞰写真と時間毎の遡上端の重ね合わせ

(2) 避難開始時の状況の可視化

図-4 は，海岸部のある住民の位置から等距離線を示すことで，避難方法の決定や津波による浸水範囲の広域さを認識させる可視化を行ったものである．

例えば，仙台空港周辺のような平野部では，避難先として海岸から遠い土地（図-3 の上方）が挙げられるが，移動手段を徒歩とするか車とするか選択する際に，図-4 のような可視化が有用と考えられる．

津波自体の理解に留まらず，津波時に自らが置かれる状況についても理解を深めることにより，津波に対する防災啓発をより効果的に実施できると考えられる．

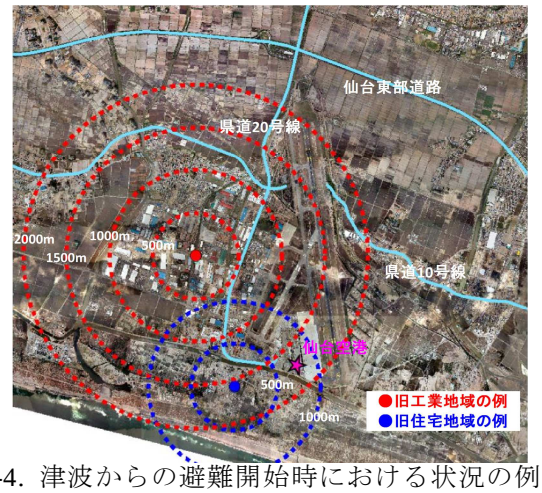

図-4. 津波からの避難開始時における状況の例

5. まとめ

本研究では，航空写真と津波数値解析を活用した津波挙動の可視化や，避難開始時の状況の可視化を行った．さらに，これらの可視化を単独もしくは併せて使用することで，津波時の状況を容易に想像させるなど，より効果的な津波防災啓発が実施できる可能性を示した．

今後は，津波に対する防災啓発・危機意識の向上や避難計画への利活用度など，実用時の効果をアンケート調査などで確かめたい．

謝辞

本研究を実施するにあたり，国土交通省東北地方整備局及び（社）東北地域づくり協会より航空写真を提供頂いた．ここに記して謝意を表す．

参考文献

今村文彦，越村俊一，村嶋陽一，秋田善弘，新谷勇樹(2011)：東北地方太平洋沖地震を対象とした津波シミュレーションの実施 東北大学モデル(version1.1)，オンライン<www.tsunami.civil.tohoku.ac.jp/hokusai3/J/events/tohoku_2011/model/dcrc_ver1.1_111107.pdf>

Okada,Y.(1985)：Surface deformation due to shear and tensile faults in a half-space.Bull.Seism.Soc.Am.,75：1135-1154