HOKUGA 北海学園学術情報リポジトリ
学校法人北海学園
北海学園大学
北海商科大学

タイトル	日本の沿岸部全域を考慮した簡易津波ハザードマップの構築
著者	串山，繁; Kushiyama，Shigeru
引用	工学研究 ： 北海学園大学大学院工学研究科紀要(15): 03-13
発行日	2015-10-30

Hokkai-Gakuen Organization of Knowledge Ubiquitous through Gaining Archives.

研究論文

日本の沿岸部全域を考慮した簡易津波ハザードマップの構築

串　山　　繁*

Construction of Simple Tsunami Hazard Maps for All Coasts in Japan

Shigeru Kushiyama*

要旨

東日本大震災の甚大な津波被害およびその後の日本各地の津波想定高さの見直しを受けて，多くの自治体は津波ハザードマップを見直し，公表している．しかし，既存のハザードマップは，ある特定の津波高さに対応する浸水域・浸水深を表示したもので，津波警報毎に異なる想定津波高さに応じて浸水域の表示を切り換えることができない．

本論では，Google Earth (GE) 上で運用する浸水域が可変な簡易津波ハザードマップを提案し，日本の沿岸部全域を対象とした津波ハザードマップの公開用ホームページを作成したので紹介する．現時点では，浸水域を変更できるのはGEのPC用アプリケーションであり，スマートフォン用アプリケーションは対応していない．しかし，仮にスマートフォン用アプリケーションがPC用と同等ならば，本提案の簡易津波ハザードマップは，インターネット接続環境下で直ちに夜間の津波来襲時にも有用なポータブル津波ハザードマップとなる．

1．序

日本時間2011年3月11日14：46に発生した東北地方太平洋沖地震は，東北地方をはじめとする東日本各地の太平洋沿岸に未曾有の甚大な津波被害を与えた．それを受けて中央防災会議専門調査会では，新たな津波対策の考え方を2011年9月28日に公表した[1]．その基本的考え方は，2つのレベルの津波（L1津波，L2津波）を想定して，それらに備えることである．

L1津波とはL2津波に比べて比較的発生頻度が高く，津波高は低いものの大きな被害をもたらす津波で，人命・財産の保護，地域経済活動・生産拠点確保の観点から海岸保全施設等の整備を行う上で想定する津波である．東海，東南海，南海地震に伴う津波がL1津波に該当する．

L2津波とは発生頻度は極めて低いものの発生すれば甚大な被害をもたらす最大クラスの津波で，東日本大震災時の津波がこれに該当する．これに対しては海岸保全施設等に過度に依存する防災対策には限界があるとして，早期避難の重要性を強調している．具体的には，人命保護を最優先として行政機能や病院など最低限必要な機能を確保すること，住民の避難を考慮した土地利用，避難施設，防災施設を組み合わせ，ソフト，ハードの両面から対処するよう求めている．今後発生が予想されるL2津波は南海トラフ巨大地震に伴う津波であるが，2012年3月に南海トラフの巨大地震モデル検討会が震度分布・想定津波高を公開した[2]．

日本海側の津波に対しても日本海における大規模地震に関する調査検討会が日本海の主要60断層を選定し，Mw＝6.8〜7.9の地震を想定した最大津波高さを2014年8月26日に公表した[3]．

これらを受け，各都道府県および市町村が津波ハザードマップを見直しているが，既に検討済みの市町村がある一方，検討中の段階に留まっている市町村もあるのが現状である．未整備の市町村

* 北海学園大学工学研究科建設工学専攻（建築系）
Graduate School of Engineering (Architecture and Building Eng.), Hokkai-Gakuen University

は津波想定高公表時期が遅い地域，必要十分な過去の津波浸水に関するデータが不足している地域に多く存在する．更に津波ハザードマップの検討・作成に多くの時間と費用を必要とすることも公表が遅れている要因として挙げられる．

本論で提案する簡易津波ハザードマップは，後述するレベルシートを GE にオーバーレイする簡易な構造であるため，多くの時間・費用を要する上記欠点とは無縁である．以下では，簡易津波ハザードマップの作成手法，特徴と検証例および公開用ホームページについて詳述する．

2．簡易津波ハザードマップの作成法

2.1　レベルシート

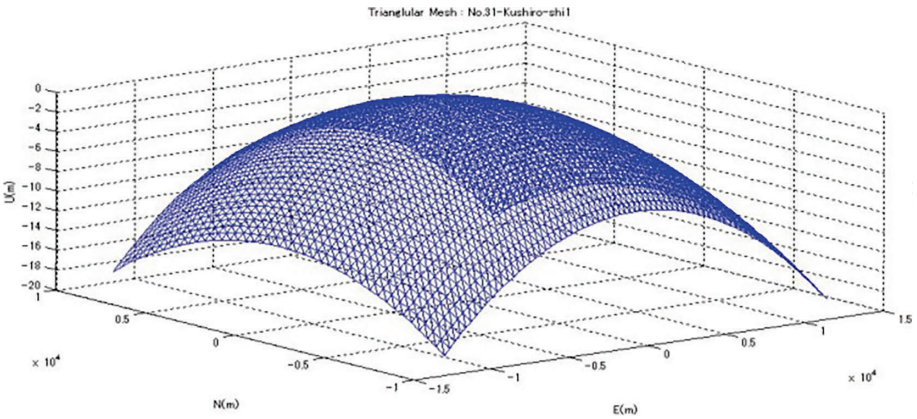
簡易津波ハザードマップ作成の基本的考え方は，地球を GE が採用している WGS84（World Geodetic System 1984）準拠回転楕円体であると仮定し，適当なサイズのシートに楕円体高（標高に相当）h を与え，地球表面に平行な曲面シートを作成し，それを適宜上昇させて GE の画像に重ね，浸水範囲を把握しようとするものである．理想的な曲面シートを陽に式表示して取り扱うことは現実的には困難である．それ故，本論では小三角形平面要素の集合から構成される近似曲面に置き換えた．この曲面シートをレベルシートと本論では呼ぶこととする．

GE では GPS（Global Positioning System）の基準座標系と同じ世界測地系 WGS84 を採用しているので，レベルシートは図－1 に示す様に僅かに湾曲した曲面となる．後述する実被害との比較検証では，この曲面を経緯度幅各 10 分のシートサイズとして各辺を 48 等分割し，更に矩形小要素を２つの三角形要素に分割した．しかし，方位の異なる様々な海岸線を扱う場合，管区毎に適切なサイズのレベルシートを採用した方が都合良い．このため日本の沿岸部全域を覆う簡易ハザードマップでは，レベルシートを近似する格子状小要素のサイズ辺長を経緯度共 15 秒幅（釧路市で 339.3×462.9 m に相当）の一定値で分割した．これによりシートサイズが異なっても理想曲面に対する近似精度はほぼ一定（釧路市で東西方向 0.23 cm，南北方向 0.42 cm と誤差は僅少）となる．

2.2　座標変換（測地座標系→ ECEF 座標系→ ENU 座標系）

レベルシート図心とその大きさおよび分割した格子点の座標値は，経度（λ），緯度（ϕ），楕円体高（h）を用いた測地座標系で与えられ，それを Google Sketch Up（GSU）に取り込み描画するには，格子点座標値をＥ軸（正方向東向き），Ｎ軸（正方向北向き），Ｕ軸（正方向天頂方向）の右手直交系をなす地平座標系（ENU 座標系とも呼ばれる）で表示せねばならない．GSU でレベルシートを作成してはじめて GE にアップロードできる．以下にその際必要となる座標変換について説明する．

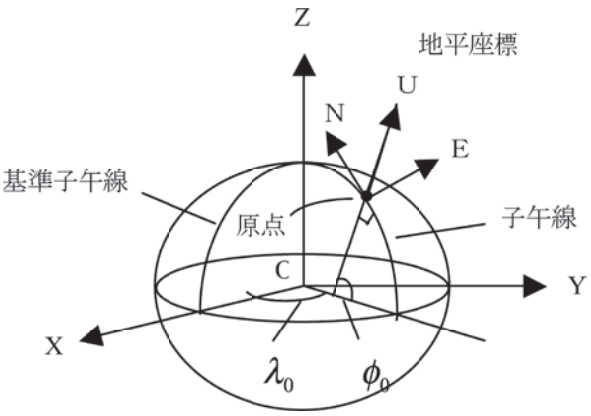
任意格子点の測地座標値（λ，ϕ，h）は，地球の重心を原点にとる地球中心地球固定 ECEF（Earth-Centered，Earth-Fixed）座標値（x，y，z）に変換された後，WGS84 準拠回転楕円体上の ENU 座標値（e，n，u）に変換される．ECEF 座標系は，表－1 に示す定数を有する WGS84 回転楕円体に準拠し設定される．この座標系は図－2



図－1　釧路市周辺レベルシートの例（ENU 座標系表示）

表－1　WGS84 座標の定数

記号	定数（単位）／関係式
長半径：a	6378137（m）
短半径：b	$b=a(1-f)$
偏平率：f	1/298.257223563
離心率：e	$(a^2-b^2)^{1/2}/a$



図－2　ECEF 座標系（XYZ），地平座標系（ENU）

に示すように原点を地球重心，Z 軸正方向を北極軸方向，X 軸正方向を WGS 基準子午線（経度 0 度）と平均赤道面の交線，Y 軸正方向を右手直交系をなす方向（東経 90 度）にとる．

本論では，レベルシートの図心を（λ_0，ϕ_0，h_0）と置き，その点に ENU 座標系の原点を一致させる前提条件で，各座標系間変換式を記述する．任意格子点の測地座標値（λ，ϕ，h）は，ECEF 座標値（x，y，z）と次の関係式で結ばれる[4),5)]．

$$x=(N+h)\cos\phi\cos\lambda$$

$$y=(N+h)\cos\phi\sin\lambda$$

$$z=[N(1-e^2)+h]\sin\phi \qquad \cdots(1)$$

ただし，$N=a/(1-e^2\sin^2\phi)^{1/2}$

一方，ECEF 座標系から ENU 座標系への座標変換は，原点を平行移動させた後，3 度回転変換する手順で行う．ただし，回転変換マトリックスの回転角は，ECEF 座標系原点から各軸の正方向を見て反時計周りを回転角の正方向とする．これらを変換順に同次座標系で表すと，次式となる．

原点の平行移動：

$$T_p=\begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ -x_0 & -y_0 & -z_0 & 1 \end{bmatrix} \qquad \cdots(2)$$

ただし，（x_0，y_0，z_0）：レベルシート図心の測地座標値（λ_0，ϕ_0，h_0）を ECEF 座標系で表した値

Z 軸周りの回転変換：

$$R_{z1}=\begin{bmatrix} \cos(-\lambda_0) & \sin(-\lambda_0) & 0 & 0 \\ -\sin(-\lambda_0) & \cos(-\lambda_0) & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \qquad \cdots(3)$$

Y 軸周りの回転変換：

$$R_y=\begin{bmatrix} \cos(\phi_0-\pi/2) & 0 & -\sin(\phi_0-\pi/2) & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 \\ \sin(\phi_0-\pi/2) & 0 & \cos(\phi_0-\pi/2) & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \qquad \cdots(4)$$

Z 軸周りの回転変換：

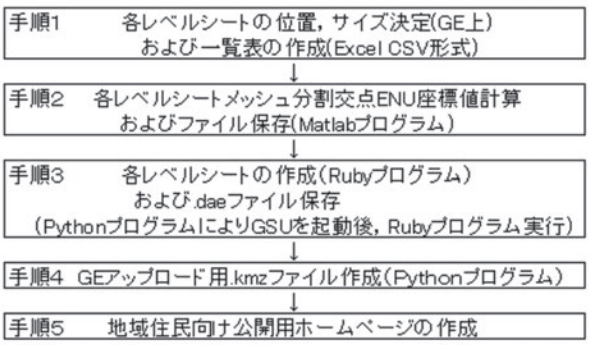
$$R_{z2}=\begin{bmatrix} \cos(-\pi/2) & \sin(-\pi/2) & 0 & 0 \\ -\sin(-\pi/2) & \cos(-\pi/2) & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \qquad \cdots(5)$$

したがって，ECEF 座標系から ENU 座標系への同次座標系表示変換式は，次式となる．

$$\lfloor e \quad n \quad u \quad 1 \rfloor = \lfloor x \quad y \quad z \quad 1 \rfloor T_p R_{z1} R_y R_{z2} \qquad \cdots(6)$$

2.3　作成手順

レベルシートの作成フローを図－3 に示す．先ず，GE 上で各市町村の境界線および経緯度のグリッド線を表示して，レベルシート左下隅頂点の経緯度および適切なシートサイズを定める．これを表－2 に示す様な一覧表とし，Excel の CSV 形式でファイルに保存する．ただし，シートサイズは，各市町村の海岸線長さが長短まちまちであるので，1 枚のシートで複数の市町村を表示する場合と 1 市町村が複数シートに分割される場合がある．この様にしたのは，GSU でレベルシートを作成する際の容量節約，計算効率を高めるためである．



図－3　レベルシートの作成フロー

手順 2 においては，手順 1 で作成した入力データを読み込み，全格子点の測地座標値（λ，ϕ，h）に前項で示した座標変換を施し ENU 座標値（e，n，u）に変換後，それをファイルに保存する．自作の MATLAB プログラムの計算によれば，複数シートを連続計算しても極短時間（北海道全域 91 シートでレベルシート表示無しの場合：11.0954 秒，使用コンピュータ：Panasonic CF-S9 Let's note）であった．

手順 3 においては，GSU で各レベルシートのイメージファイル（dae ファイル）を作成・保存する．dae ファイルは，異なるアプリケーション間（本例の場合 GSU と GE）で画像を受け渡しする際に必要な形式である．ここでは，GSU で使用できるスクリプト言語 Ruby を用いてレベルシートを作成する．具体的には，先に述べた小三角形平面要素の座標値を読み込み，その座標値に基づき GSU 上に黄色い半透明のフェイスを順に作成し，最終的に大きなレベルシートとする．上記については，GSU の Ruby コンソールに実行プログラムを load 指定して作成することも可能であるが，本論ではその指定手間を省くために Python プログラムに実行プログラムを記述しておき，GSU を起動させることとした．なお，Ruby プログラム上では一括して全シート数の連続計算を設定できるが，計算機容量の制約から一度に扱うシート数に限界があり，10 シート毎の計算とした．計算時間はシートサイズに依存するが，10 シートで概ね 5 ～ 6 分要した．

手順 4 では，自作の Python プログラムにて表－2 に示した Excel の CSV ファイルからデータを読み込み，レベルシートの中心経緯度を求め，視点の設定（レベルシートの中心経緯度，機首方位，傾斜，範囲，標高／高度）とモデルの設定（モデル名，標高海抜，機首方位，傾斜，回転）を行い，先に保存した dae ファイルに関連付けて kmz ファイルを作成・保存する．なお，モデル設定時の標高海抜として 10 m を与え，これを簡易津波ハザードマップの想定津波高さ既定値とした．この計算所要時間は全レベルシートに適用しても極めて短く，手順 2 の計算時間以下（北海道全域の例で 10 秒未満）であった．

なお，後述する避難ビル等の表示（図－10(b) 参照）は現時点では釧路市のみの適用であるが，これについても Python で kmz ファイルを作成した．

3．簡易津波ハザードマップの割付け

表－3 は，ハザードマップ割付け地域名称と各地域のレベルシート数を示している．また，図－4 の海岸線上の黄色い半透明シートは夫々のマップを示し，総数は 386 枚である．なお，割り付けは，GE に市町村の境界線を表示し，同時に全国都道府県別・市町村合併新旧一覧図[6] に接続し，各自治体の名称を確認しながら行った．以上，ホームページ作成を除き全データ作成と一連のレベルシート作成に要した時間は，約 2 週間であった．この内，データ作成時間を除いたレベルシート作成計算時間は 1 日程度である．

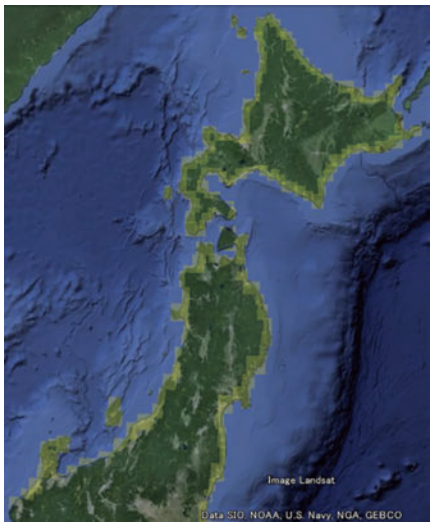
なお，本手法は津波被害が想定される諸外国にも容易に適用できるが，その場合当該国出身者の協力を得て各自治体名称を確認する必要がある．

表－2　レベルシート定義 Excel CSV ファイル

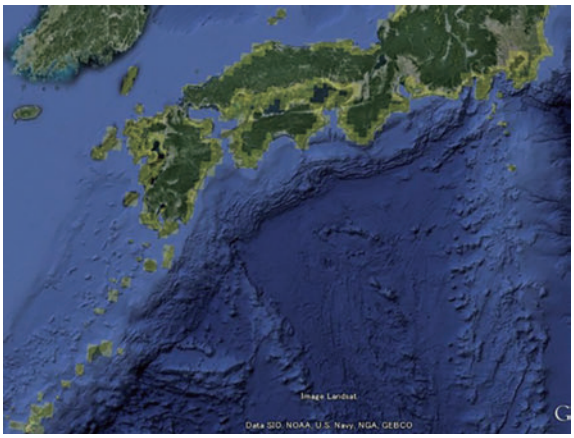
	A	B	C	D	E	F	G
1	Hokkaido Large Area Hazard Map Longitude & Latitude for each Block						
2							
3	No.	District Name	Division	left Longitude	down Latitude	Loditude w	Latitude width
4	1	Wakkanai-shi	1	141° 51′	45° 22′	15′	10′
5	2	Wakkanai-shi	2	141° 36′	45° 18′	15′	10′
6	3	Wakkanai-shi	3	141° 33′	45° 08′	15′	10′
7	4	Sarufutsu-mura	1	141° 57′	45° 16′	18′	10′
8	5	Sarufutsu-mura	2	142° 09′	45° 06′	15′	10′
9	6	Hamatonbetu-cho	1	142° 15′	45° 02′	18′	10′

表－3　ハザードマップの割付け地域名称

No	地域名称	シート数
1	北海道全域	91
2	青森県全域および東北地方太平洋側	27
3	関東地方太平洋側	28
4	東海～阪神太平洋側	36
5	四国～九州太平洋側（鹿児島県は全域）	55
6	沖縄全域	18
7	瀬戸内海に面する地域	42
8	日本海側東北・北陸	34
9	日本海側近畿・中国・山陰地方	21
10	九州の日本海，東シナ海側	34



（a）東日本



（b）西日本

図－4　ハザードマップの割付け

4．簡易津波ハザードマップの特徴と検証例

4.1　特徴

本提案の津波ハザードマップは，行政で多大な時間と費用をかけて提供される厳密な津波ハザードマップと互いに相補う形で利用されることを想定している．現行の市町村提供ハザードマップには，津波想定高さに基づく津波浸水域，避難経路，避難ビル等が表示されて地域住民はインターネットで閲覧，出力できるが，それを拡大表示しても利用可能な情報量は増えない．一方，本論の簡易津波ハザードマップはGE上で運用する為，以下の利点を有する．

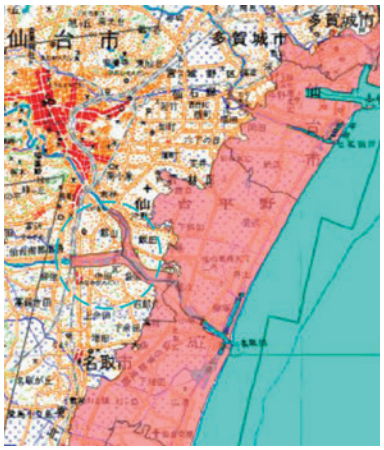
- Google earth（GE）上で運用されるので，任意の想定津波高さに変更できる．また，GEの各種機能（距離計測，ズームイン，ズームアウトなど）を活用できる．
- 防災教育に活用できる．
- ホームページから居住区の津波ハザードマップを容易にダウンロードできる．ただし，事前にGEがインストールされていることが必要．Windows，Macでは，正常にダウンロードできることを確認済み．
- ハザードマップを素早く，コストを掛けずに作成できる．

4.2　検証例

以下の検証例では，津波被災後の航空写真として国土地理院の公開写真（2011/3/12，3/13撮影），衛星画像としてGeoEye社が提供した画像（2011/3/12，3/13撮影）を用い，津波による瓦礫の有無に基づき判断したが，本津波ハザードマップが示す標高は，津波の遡上高や津波の波高とは異なる．なお，GEの高度（DEM：Digital Elevation Data）は回転楕円体と仮定した地球の地表面からその接平面に対する法線方向高さとして与えられ，複数衛星画像の視差の違いによる倒れこみ量を基に計算される．

図－5は，仙台市周辺地域の検証例である．(a)図は国土地理院が航空写真に基づき作成した浸水範囲の概況図であり，(b)図はGEの被災後衛星画像の津波による瓦礫の有無に基づき本論の手法で浸水範囲を判断した結果である．同図(b)の円で囲った部分には，津波が逆流した名取川上流の浸水域が捕捉されていない．また，海岸から遠く離れた多賀城市と仙台市の境界付近の一部領域（同図楕円）が誤って浸水域と見做されているが，標高4 mで概ね妥当な結果が得られた．なお，図上の浸水範囲は3段階（赤，橙，黄の順に津波高さ h が増大，以下同じ）の標高表示とした．

リアス式の三陸海岸各市町村は地形の影響で津



（a）浸水範囲概況図

（b）本手法範囲（h＝2，3，4 m）

図－5　仙台市周辺

（a）浸水範囲

（b）本手法範囲（h＝7，10，13 m）

図－6　大船渡市

波高や遡上高が著しく増大するが，大船渡市は全長 750 m の湾口防波堤（津波で破壊水没）の存在や細長く奥まっている湾のためか，図－6 に示すように浸水範囲は標高 13 m 未満（遡上高 23.6 m の大船渡綾里地区は同図の範囲外）である．なお，この標高値 13 m による浸水範囲はほぼ妥当な結果を与えているが，市街地北部：（a），（b）図の上部では本手法の浸水範囲は実際よりやや広い．

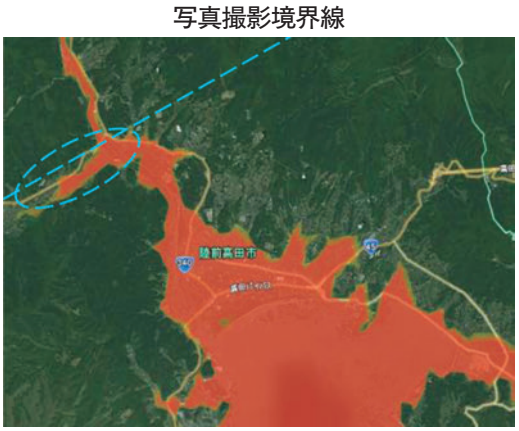
一方，図－7 の陸前高田市をみると，(b)図の楕円で囲った矢作川沿いの浸水域は (a) 図と一致する．しかし，（a）図において気仙川上流の航空写真は無く浸水範囲が未記入であるが，GeoEye 社の衛星画像では津波進入先端は右股への分岐点から 1.3 km 上流付近まで遡上しており，後日国土地理院が追加航空撮影を行い (b) 図右股の浸水範囲を含める様修正している．

次に図－8 の南三陸町をみると，殆どの地区の浸水高は 13～15 m で，実被害と概ね一致している．しかし，楕円で囲った新井田地区の浸水域は実際の被害とは異なる．これは谷筋が狭いため，被害写真の遡上地点標高約 20 m に対して（b）図の GE 標高が 43 m と誤って高く評価されている為である．

図－9 は，福島県の新地町周辺の検証例である．新地町では津波浸水範囲の標高は約 10 m と仙台市周辺より高いが，両者とも概ねその形状が似ていることが分かる．なお，新地町の津波進入先端は海岸から内陸へ約 2 km と仙台市周辺の約 4 km より少ない．

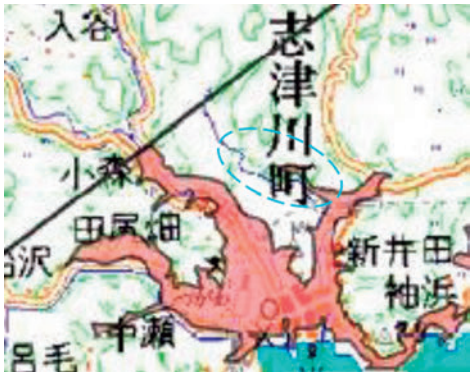
以上，津波被災後の航空写真に基づく国土地理院の浸水範囲概況図および衛星画像と照合した結果，簡易な本論の予測手法でも概ね妥当な結果が得られることが分かった．表－4 に上記以外の比較も含めて得られた適用限界を示す．

（a）浸水範囲



（b）本手法範囲（h＝13，15，18 m）

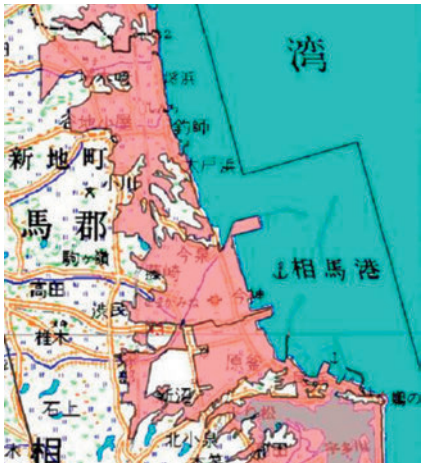
図－7　陸前高田市



（a）浸水範囲概況図

（b）本手法範囲（h＝13，15，20 m）

図－8　南三陸町



（a）浸水範囲

（b）本手法範囲（h＝6，8，10 m）

図－9　新地町周辺

表－4　簡易津波ハザードマップの適用限界

- ハザードマップの精度は，Google earth の標高精度に完全に依存している．したがって，次の傾向がある．都市部では解像度が良いが，それ以外の地域ではやや解像度が劣る．特に離島では解像度が悪い．狭い谷筋では，標高が実際より高く評価されることがある．
- 川筋では津波が上流域に遡上し，川の両側がある幅で浸水する傾向にあるが，それを反映できない．
- 津波が到達しそうもない海岸から内陸側に遠く離れた地点（概ね 6 km？以遠）であっても，レベルシートで設定した高さよりも低い地域では浸水域と評価される．
- 津波流入の障害となる構造物については一切考慮されていないので，津波想定高さが低い場合，例えば 1 ～ 3 m 未満では，この簡易ハザードマップは浸水域を過大に評価する傾向にある．ただし，想定津波高が高くなるにつれこの影響は殆ど無くなる．

表－5　避難ビル等の入力データ

	A	B	C	D	E
1		Evacuation Building(1), Hospital(2), City Hole(3), Police Office(4), Fire Station(5)			
2					
3	No.	Building Name	Latitude	Londitude	color sign
4	1	清稜中	42° 59′19.32″	144° 24′56.43″	1
5	2	清明小	42° 59′23.80″	144° 24′39.82″	1
6	3	湖陵高校	42° 58′56.69″	144° 24′34.18″	1
7	4	湖畔小	42° 58′52.37″	144° 25′39.04″	1
8	5	市立釧路総合病院	42° 58′37.75″	144° 24′12.32″	2
9	6	釧路労災病院	43° 00′22.48″	144° 23′07.16″	2
10	7	釧路地方合同庁舎（3階以上）	42° 59′11.39″	144° 22′40.23″	3
11	8	釧路市役所（3階以上）	42° 59′05.61″	144° 22′53.96″	3
12	9	釧路防災センター中央消防署	42° 59′00.58″	144° 22′25.25″	5
13	10	北海道警察釧路方面本部	42° 59′12.19″	144° 22′51.82″	4

次に，図－10 において津波想定高さ 10 m の釧路市提供ハザードマップ (a) 図と簡易津波ハザードマップ (b) 図の比較を試みる．(b) 図には避難ビル等の表示がなされているが，公開したホームページにおいては釧路市を除く他地域の簡易津波ハザードマップは浸水域のみの表示である．

比較に先立ち，避難ビル等の表示について説明を加える．これらの表示については，各市町村で避難ビル等が指定済であれば表－5 に示す様な建物名称，建物位置情報（経緯度情報），施設用途識別カラー番号から成る Excel の CSV 型式入力データ表[1] を作成し，次の手順を踏めばよい．

1）施設位置を○印で表示

2）施設位置をプレイスマーカーで示し，施設名を表示

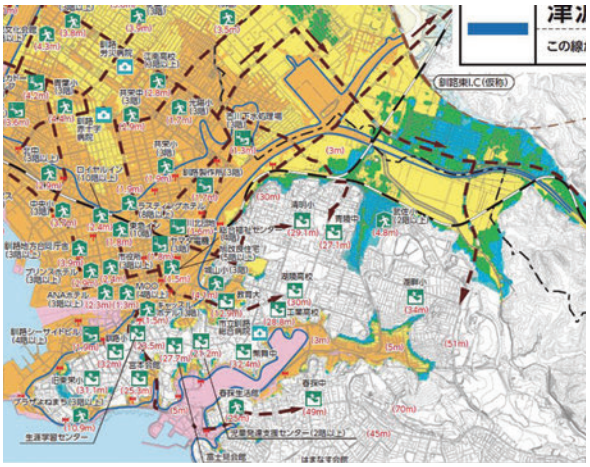
上記 1）の手順は，大きく 5 種類（避難ビル，病院，市役所等公共施設，警察署，消防署）に分類された施設を種類に応じて色分けし，○印で位置表示する．基本的な作業は先のレベルシート作成手順に同じである．ただし，釧路市の例では高台避難所の標高を考慮して海抜高度を 50 m として表示した．

上記手順 2）では，Python プログラムで複数施設のプレイスマーカー作成と施設名表示を一括して行う kmz ファイルを作成する．これら 2 つの作業時間は，釧路市の例で入力データ表の作成と施設位置の確認を含めて 5 ～ 6 時間であった．

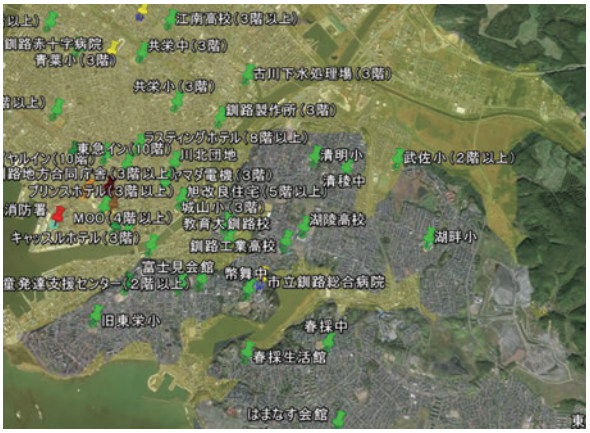
図－10(a)，(b)図の比較より，浸水域の形状は概ね同じであることが分かる．なお，(a) 図には浸水深を色分け表示し，大まかな避難経路が印されている．一方，簡易ハザードマップにはそれらが表示されていない．その理由は，浸水深に応じた色分けを簡易ハザードマップ上で行うことが難しく，避難経路については以下の様な置き換えができるからである．前者については，浸水深の色分けに替り，実被害との検証例で示した様に津波想定高さの色分けならば 3 色程度まで表示可能である．後者については，本提案の簡易津波ハザードマップが GE 上で運用されるので，利用者がズームインして避難経路と GE の距離測定ツール（定規／パス）を用いて避難距離，避難所要時間（分）（＝避難距離 [m]/43 [m/分]）を確認すればよい．

以上，実被害および厳密なハザードマップとの

[1] ただし，入力データである表－5 には日本語表記施設名を含むので，Excel の CSV ファイルを文字コード UTF-8 に指定し，txt 型式に変換し直して別ファイルとして保存し，それを入力データとした．



（a）釧路市提供津波ハザードマップ（h＝10 m）



（b）簡易津波ハザードマップ（h＝10 m）

図－10　津波ハザードマップの比較（釧路市）

比較から，本論で提案した簡易津波ハザードマップは概ね妥当な結果を与えると云えよう．ただし，簡易津波ハザードマップは，単純にレベルシートを上げ下げしているので表－4 に示した様にハザードマップの適用限界があり，これらを踏まえて使用する必要がある．

5．公開用ホームページ

津波による人的被害を軽減する方策は，住民の迅速な避難行動が基本となる．その為にはハザードマップに関する住民の認知度を高める必要があるが，単にハザードマップの配布だけで認知度を高めることには限界がある．そこで，簡易ハザードマップをダウンロードできる公開用ホームページを試作した．ホームページの URL は図－11 タイトル下段に記しているが，「簡易広域津波ハザードマップ」をキーワードに検索すれば，簡単に見出せる．

ホームページでは，先ず日本の海岸線を大きく 10 地域に分けたこと（図－11 参照），簡易津波ハザードマップの作成原理，長所と限界，釧路市の比較例を示し，更に簡易津波ハザードマップの使用方法，想定津波高さの変更方法（図－12 参照）を示している．ホームページ末尾に 10 地域のダウンロード先管区名一覧表 1～10 が掲載されている．表－6 は，ホームページ表－1 の北海道の先頭データ抜粋である．図－12 には，誰でも自由に必要とする kmz ファイルをダウンロードでき，ダウンロード直後に GE が自動で起動され，デフォルトの津波想定高さが 10 m に設定されたハザードマップが表示されることが記されている．また，津波高さの変更は約 10 秒と僅かであること，高さは m 単位で与えること等が記されている．

上記で述べた様に，自由に本ホームページから居住地の簡易ハザードマップをダウンロードできるため，GE の各種機能を用いた様々な検討を通

簡易広域津波ハザードマップ試作例（北海学園大学工学部建築学科：串山繁 研究室）

Simple Tsunami Hazard Maps for All Coastlines in Japan ---> English

(Shigeru Kushiyama Lab. Hokkai Gakuen University. Sapporo, Japan)

since 2015/5/24

日本の海岸線を次の10地域に分割して，簡易な広域津波ハザードマップを構築してみました．この目的は，津波による被害を未然に防ぐ或いは警戒を促すための情報を一般の方々に提供することです．

10地域の内訳

(1)北海道全域，(2)青森県全域および東北地方太平洋側，(3)関東地方太平洋側，(4)東海～阪神太平洋側，(5)四国～九州太平洋側(鹿児島県全域)，(6)沖縄全域，(7)瀬戸内海に面する地域，(8)日本海側東北・北陸，(9)日本海側近畿・中国・山陰地方，(10)九州の日本海，東シナ海側

図－11　簡易津波ハザードマップホームページより冒頭部一部抜粋
（URL　http://www.arc.hokkai-s-u.ac.jp/~kusiyama/Large_Block_Tsunami_Hazard_map.html）

使用方法

Google Earthがインストール済であることが使用前提条件となります．ダウンロード後，Google Earthが自動的に起動して，津波ハザードマップが表示されます．

ダウンロード直後はズームアウトした状態で表示されますが，マップを拡大するに伴い浸水領域が変化します．なるべく拡大表示する方が精度が良くなるので，適宜拡大表示して眺めてください．目安としては，俯瞰高さを8km未満とするのが無難です．

なお，ダウンロード直後の想定津波高さは10mとしています．ご注意ください．しかし，その高さは次の通り簡単・迅速に変更できます．

想定津波高さの変更方法（所要時間10秒程度）

1. GEの画面左サイドの「場所」から該当管区名を探し，右クリック／プロパティ（Macの場合「情報を取得」）を押下
2. 「スタイル，色」タグを選択し，「スタイルを共有」を押すと，標高タグが表示されます．
3. 標高：の第1入力欄には変更したい津波高さをm単位の数値のみ入力します．第2入力欄が「海抜」となっていることを確認してください．最後に画面下の「OK」を押下してください．

図－12　簡易津波ハザードマップ使用方法，想定津波高さの変更（ホームページより抜粋）

表－6　北海道ダウンロード先：管区名一覧（ホームページより一部抜粋）

No.	管区名	区分	ダウンロードkmzファイル名
1	稚内市	1	No1Wakkanai-shi1.kmz
2	稚内市	2	No2Wakkanai-shi2.kmz
3	稚内市	3	No3Wakkanai-shi3.kmz
4	猿払村	1	No4Sarufutsu-mura1.kmz
5	猿払村	2	No5Sarufutsu-mura2.kmz
6	浜頓別町	1	No6Hamatonbetu-cho1.kmz
7	枝幸町	1	No7Esashi-cho1.kmz
8	枝幸町	2	No8Esashi-cho2.kmz
9	雄武町	1	No9Omu-cho1.kmz
10	雄武町	2	No10Omu-cho2.kmz

してこの津波ハザードマップをより身近なものとして捉えることができ，これをベースに利用者独自の情報を追加したオリジナル津波ハザードマップの作成も可能である．ただし，現時点ではスマートフォンには対応していない．スマートフォン用GEアプリケーションはPC用GEアプリケーションと異なりデフォルトの津波高さの変更や避難地点までの距離測定機能は備わっていない．ただし，簡易ハザードマップのダウンロードは可能である．もしこれらの点が改良されれば，内蔵GPSの現在位置表示機能と組み合わせて夜間の津波襲来にも迅速な避難を可能とするポータブル簡易津波ハザードマップに早変わりできる．一方，上記で述べた簡易津波ハザードマップの特徴を活かし，小中学生に対して教員の指導下で防災教育の素材として活用することも可能である．

6．まとめ

Google SketchUp（GSU）とGoogle Earth（GE）を用いて簡易津波ハザードマップを作成した．市町村から提供される津波ハザードマップはある特定の津波高さに対応する浸水域・浸水深に固定されているが，本論のそれは可変である．行政提供の厳密な計算によるハザードマップを補完する意味で本論のハザードマップも有益と思われる．得られた結果は次の様である．

(1) ハザードマップを効率よく作成するためのMatlab, Ruby, Pythonプログラムを開発し，日本の沿岸部全域を網羅する386枚のハザードマップを非常に安価（手間のみ），迅速（約2週間）に作成した．

(2) 実津波被害，厳密なハザードマップと比較した結果，浸水域の形状は概ね一致し，簡易であるが故の本ハザードマップの限界を踏まえて利用すれば，妥当な予測が可能である．

(3) GE上で運用可能な簡易津波ハザードマップを作成した為，GEの各種機能を用いることができ，防災教育にも活用可能である．また，今後スマートフォンでPC用GEアプリケーションと同等の操作ができれば，ポータブル簡易津波ハザードマップと成り得る．

(4) 地域住民に提供するための公開用ホームページを試作した．

【参考文献】

1）中央防災会議　東北地方太平洋沖地震を教訓とした地震・津波対策に関する専門調査会：〝中央防災会議東北地方太平洋沖地震を教訓とした地震・津波対策に関する専門調査会報告″，2011 年 9 月 28 日．
2）南海トラフの巨大地震モデル検討会：〝南海トラフの巨大地震による震度分布・津波高について（第一次報告)″，2012 年 3 月 31 日．
3）日本海における大規模地震に関する調査検討会：〝日本海における大規模地震に関する調査検討会報告書″，平成 26 年 8 月 26 日．
4）福島荘之助：〝理解するための GPS 測位計算プログラム入門（その 1）WGS84 と座標変換のはなし″，http://www.enri.go.jp/~fks442/K_MUSEN/1st/1st021118.pdf
5）〝GPS の基礎 Elements of the Global Positioning System″，http://lss.mes.titech.ac.jp/~matunaga/TEXT-ElemnetofGPS.pdf
6）国土地理院，〝全国都道府県別・市町村合併新旧一覧図″，http://www.gsi.go.jp/KOKUJYOHO/gappei_index.htm