

# 降雪期に着目した岩手県津波浸水区域における津波避難路の簡易的な危険性評価

柳川 竜一\*・松林 由里子\*, \*\*・南 正昭\*, \*\*

## Simple Risk Assessment of the Tsunami Evacuation Route in View of Snow Season at the Tsunami Inundation Area of Iwate Prefecture

Ryoichi YANAGAWA\*, Yuriko MATSUBAYASHI\*, \*\*  
and Masaaki MINAMI\*, \*\*

### Abstract

In order to evaluate the risk of tsunami evacuation route in the snow season against the slip and rollover caused by fallen snow, the clarification of meteorological characteristics in Iwate coastal area and some analyses related to the tsunami evacuation routes of 3 schools were implemented. At the coastal area, the surface temperature decreased most in January. The snowfall-rainfall frequency ratio was highest in February. At the low population density area or north-middle coastal region, the possibility of snowfall has been estimated to be higher than other regions. Iwate coastal region has steep slope terrain and there are many residential areas along the foot of mountain. These specific terrain significantly diminish the sunlight area to reach at the residential area, and their areas are not expected to have the snow melting effect by sunlight, was revealed. Moreover, evacuation routes at stairs section of Omoto Elementary School, narrow-steep-sloping road section of Taro-Daiichi Junior High School, and northern slope section of Miyako Elementary School have high possibility of snow coverage in winter, evacuees may slip easily during the evacuation behaviour. Therefore, a few effective techniques to assure the safe behaviour were suggested.

キーワード：津波避難路，降雪期，現地踏査，危険性評価，岩手県

Key words：Tsunami Evacuation Route, Snow Season, Site Reconnaissance, Risk Assessment, Iwate Prefecture

\* 岩手大学地域防災研究センター  
Research Center for Regional Disaster Management, Iwate University

\*\* 岩手大学工学部社会環境工学科  
Department of Civil and Environmental Engineering,  
Iwate University

## 1. はじめに

2011年に発生した東北地方太平洋沖地震に伴う津波は多くの地域において既存の防潮堤や水門高さを上回っており、津波から命を守るためには迅速かつ安全な避難行動が重要である事が再認識された。東日本大震災の発生以前、岩手県では津波浸水が予想される地域において一次避難所への誘導標識設置やハザードマップの各家庭への配布、学校等公共施設から避難所までの具体的な避難路の設定と定期的な避難訓練が実施されていたものの、結果として6,000名を越える死者・行方不明者<sup>1)</sup>を出しており、被災要因の一つとして既往の避難路が適切であったかを検証する必要性がある。

一方、北日本の沿岸地域に甚大な被害をもたらした十勝沖地震(1952年3月4日)、昭和三陸地震(1933年3月3日)、東北地方太平洋沖地震(2011年3月11日)は、いずれも春を間近に迎えた残雪期に発生している。津波避難はあらゆる自然災害の中でも特に迅速に高台へと移動する必要があるにもかかわらず、当時は避難路が雪に覆われ滑ったり転倒したりと迅速な避難行動を妨げた可能性が考えられる。例えば、岩手県久慈市久慈湊地区で開催された地域住民による防災ワークショップでの避難路散策では、急傾斜の避難路に残雪があり、時折足を滑らせる参加者が多く見受けられた(写真1)。また、岩手県岩泉町小本地区では、低地に位置する小本小学校から即座に高台



写真1 一次避難所である金刀比羅神社への避難路(2013年1月27日, 岩手県久慈市)

に避難できる階段を避難路として指定していたが、階段は降雪と融雪を繰り返して氷状になっており、急いで駆け上がろうとすると足を滑らせる可能性が非常に高い(写真2)。さらに、岩手労働局の資料によると、1月および2月に発生した転倒による労働災害は1年間に発生した転倒災害の約1/3を占めており、その原因の多くが路面凍結にあったと報告している。この様に、各施設が指定している避難路は季節や気象状況により安全を確保することが困難な可能性がある。積雪の影響に注目した津波避難の研究事例は、水木ら(2011)<sup>2)</sup>による東日本大震災後の住民意識調査、丸岡ら(2014)<sup>3)</sup>による歩行速度の変化に関する実験的検討、橋本(2013)<sup>4)</sup>による津波避難圏や避難行為に関する調査事例といったものがみられるものの、気象データや地理情報等の客観的な資料を活用し、避難路そのものに注目した事例は見当たらない。

そこで、本研究では、岩手県の津波浸水区域における津波避難路の危険性評価について、地理情報システム(GIS)を用いた空間解析を行った。とりわけ、より高い場所へと避難する行動の妨げとなる降雪期の雪による転倒リスクに焦点を当てた。



写真2 降雪と融雪を繰り返して氷状路面となっている避難路階段(2012年12月11日, 岩手県岩泉町)

## 2. 収集・利用データ

本研究で対象とする転倒リスクの評価項目として、歩行による滑動しやすさを評価する斜面勾配および路面性状、車両とすれ違う可能性や道路両端の樹木や建築物といった障害物に対する歩きづらさを評価する道路幅、残雪の可能性を評価する日射量もしくは日照時間の4項目を挙げた。それら評価項目を検討するため、以下のデータ取得及び現地調査を行った。

### 2.1 地理情報および標高

解析対象領域は、津波避難対象となる岩手県の沿岸地域とした(図1)。地理情報は、国土地理院が公開している基盤地図情報<sup>5)</sup>を入手し、海岸地形、水涯線、道路線、建築物の外周線等のデータレイヤをGIS上に構築した。標高については、国土地理院が航空レーザースキャナ測量を実施しており、本検討では基盤地図情報数値標高モデル(DEM)<sup>5)</sup>の標高値を採用した。標高値は、航空レーザースキャナ測量で地表に到達した計測点の標高値から家屋・高架・橋梁等の人工構造物および樹木などの植生をフィルタリング処理により除去し、0.2" (約5m) 正方メッシュ中心点の標高値を内挿処理により作成しており、その精度は水平方向に1m、高さは都市域等・河川流域等で0.3m、

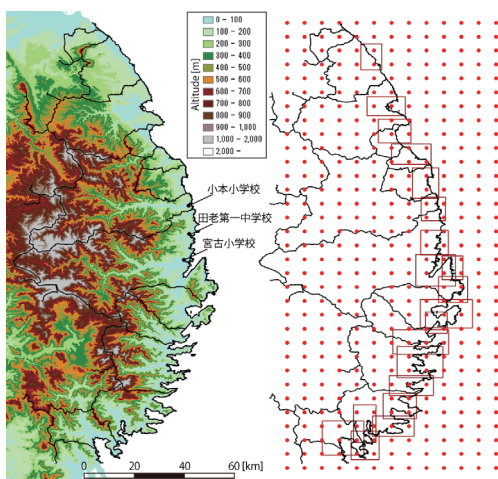


図1 解析対象となる岩手県沿岸地形 (左図: 標高値, 右図: 点はGPV地表面データMSM-Sの代表地点, 矩形域は各詳細解析領域)

都市域周辺等で0.7mとされる。本検討では、各地点の標高値を東日本大震災による地盤沈下後0.2"格子での地盤高と仮定して解析に利用した。

### 2.2 気象データ

気象データは、気象庁数値予報GPV地表面データ(MSM-S)の1時間毎再解析値を、岩手県沿岸地域を中心とする北緯38.9-40.5°、東経141.4375-142.1875°の領域について、2010年~2014年の5年間を対象に抽出した。空間解像度は図1右で示すポイントを中心とする東西方向に0.0625度、南北方向に0.05度であり、本検討では、気温および降水量を利用した。GPV地表面データを用いた理由として、空間解像度は後に示す避難路のスケールに対して大きい、データが日本全域を等間隔で網羅しており他地域への展開も容易であることと降水量と気温の整合性を取りつつも少しでも細かい地域性を評価できるという点で、AMeDASよりも有効である事が挙げられる。

### 2.3 学校避難路の現地情報

岩手県内の津波浸水区域に位置する小中学校避難路の把握及び現地測量は、松林ら(2014)<sup>6)</sup>が実施している。本検討では、その中から一次避難所までの避難路で急傾斜を有する小本小学校(岩泉町)、田老第一中学校(宮古市)、宮古小学校(宮古市)を取り上げ、避難の経路および移動距離、道路幅、路面状況に関する情報、現地測量実施時の現地の様子を撮影した写真や動画を整理して解析に用いた。なお、道路幅と路面状況については、代表的な数地点での資料しか得られなかったため、国土地理院基盤地図情報<sup>5)</sup>の道路線と航空写真<sup>7)</sup>をGIS上で重ね合わせ、目視判定により取得した。

## 3. 解析手法

### 3.1 気象データを用いた降雪・残雪地域の推定

石井(1959)<sup>8)</sup>によると、実用的な融雪予測には気温または積算気温を指標とする経験式が提唱されており、小島ら(1983)<sup>9)</sup>の解析結果からも気温は融雪現象と強い正の相関を有する。本検討

では、まず、地表面付近での気温と降水量の空間分布を整理した。そして、本研究では融雪が開始する地表面付近の気温の閾値として目安を  $0^{\circ}\text{C}$  に設定し、残雪となる可能性として MSM-S から  $0^{\circ}\text{C}$  を下回る気温、および降雪となる可能性として  $0^{\circ}\text{C}$  を下回る時期での降水の頻度を抽出した。

### 3.2 全天日射量・日照時間の推定

融雪現象は積雪表面層の熱収支によって見積もることが可能で、この熱収支に最も大きく寄与するのは太陽放射による雪への熱吸収であり顕熱伝達および潜熱伝達がこれに次ぐとされている。地表面での融雪現象に大きく関わる日射量の推定には、Pinde Fu ら (2000, 2002)<sup>10) 11)</sup> による地表面形状 (標高、傾斜角、傾斜方向) と太陽高度により算出される全天日射量を式 (1) ~ (8) を用いて求めた。

$$Global_{tot} = Dir_{tot} + Dif_{tot} \quad (1)$$

$$Dir_{tot} = \sum Dir_{\theta,\alpha} \quad (2)$$

$$Dir_{\theta,\alpha} = S_{const} * \beta^{m(\theta)} * SunDur_{\theta,\alpha} * SunGap_{\theta,\alpha} * \cos(AngIn_{\theta,\alpha}) \quad (3)$$

$$m(\theta) = \exp(-0.000118 * Elev - 1.638 * 10^{-9} * Elev^2) / \cos(\theta) \quad (4)$$

$$AngIn_{\theta,\alpha} = \arccos(\cos(\theta) * \cos(G_z) + \sin(\theta) * \sin(G_z) * \cos(\alpha - G_a)) \quad (5)$$

$$Dif_{\theta,\alpha} = R_{gib} * P_{dif} * Dur * SkyGap_{\theta,\alpha} * Weight_{\theta,\alpha} * \cos(AngIn_{\theta,\alpha}) \quad (6)$$

$$R_{gib} = (S_{const} * \sum (\beta^{m(\theta)})) / (1 - p_{dif}) \quad (7)$$

$$Weight_{\theta,\alpha} = (\cos\theta_2 - \cos\theta_1) / Div_{azi} \quad (8)$$

ここで、 $Global_{tot}$  は全天日射量、 $Dir_{tot}$  は直達日射量、 $Dif_{tot}$  は散乱日射量、 $S_{const}$  は太陽定数、 $\beta$  は大気圏での透過率、 $SunDur$  は時間パラメータ、

$SunGap$  は太陽軌道図セクタのギャップ比率、 $\theta$  は太陽天頂角、 $\alpha$  は太陽方位角、 $Elev$  は標高、 $G_z \cdot G_a$  はそれぞれ地表面の天頂角および方位角、 $P_{dif}$  は散乱比率、 $Dur$  は解析の時間間隔、 $SkyGap$  は天空セクタのギャップ比率、 $\theta_1$  と  $\theta_2$  は天空セクタの境界の天頂角、 $Div_{azi}$  は方位角方向の分割数である。詳細は、Pinde Fu ら (2000, 2002)<sup>10) 11)</sup> を参照されたい。本検討では、ArcGIS に実装している計算モジュールを利用し、図 1 右の計 20 矩形領域を対象に全天日射量および日照時間の空間分布を推定するとともに、それらの季節変化について考察を行った。

### 3.3 斜面勾配

陸上地形の斜面勾配は、国土地理院基盤地図情報<sup>2)</sup> 数値標高モデルの標高値から  $0.2^{\circ}$  正方メッシュでの斜面勾配を算出するとともに、避難路に該当する箇所を抽出して空間解析に用いた。

### 3.4 学校避難路の分析

GIS 解析から得られた避難路の標高、斜面勾配、道路幅、日照時間について、路面性状や周辺地域の情報、映像資料を考慮しながらそれぞれの学校避難路の特徴を明らかにした。また、通常設定している避難路が積雪に伴い安全性が損なわれる可能性のある区間を、斜面勾配の高さ、道路幅の狭さ、日照時間の短さから抽出し、より安全な避難路への改善案について考察を加えた。

## 4. 解析結果および考察

### 4.1 積雪期における気温・降水量の地域特性と降雪・残雪地域の推定

図 2・図 3 は、それぞれ 11 月～4 月における各月毎の気温と降水量の平均値分布をメッシュ状に展開して示した。11 月迄と 4 月以降は、沿岸地域で気温が  $0^{\circ}\text{C}$  を下回る頻度が皆無であった。そこで、表 1 では、12 月～3 月について岩手県内の代表的な地域における気温と降水量について、平均値および頻度を整理した。

11 月の平均気温は、海域と沿岸地域で違いが見られないが、12 月～3 月にかけては明らかに沿岸

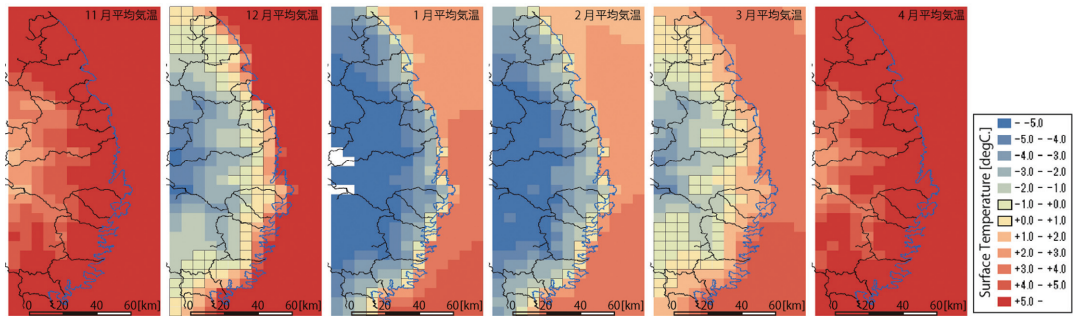


図2 2010年～2014年における地表面での平均気温の分布

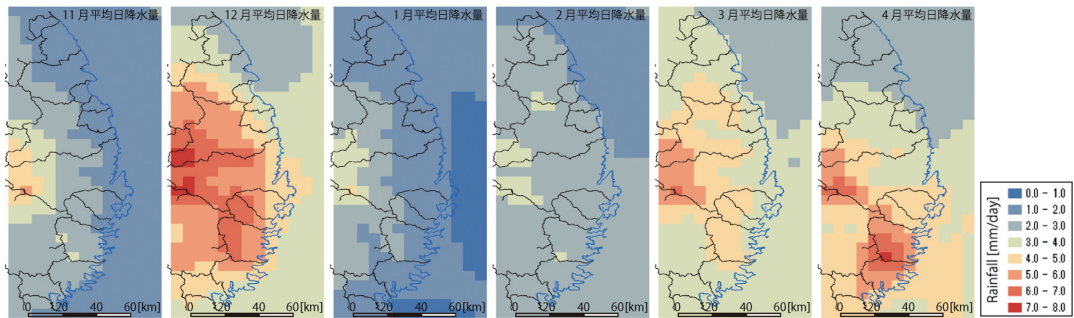


図3 2010年～2014年における地表面での平均日降水量の分布

表1 GPV 地表面データから得られた2010年～2014年冬期岩手県における月別平均気温、気温が0℃を下回る頻度、降雪の可能性がある頻度

代表地点			平均気温 [°C]				気温が0℃を下回る頻度 [%]				降雪の可能性がある頻度 [%]			
			12月	1月	2月	3月	12月	1月	2月	3月	12月	1月	2月	3月
1	洋野町	種市	2.35	-1.29	-0.82	1.91	25.7	70.0	65.0	32.3	11.9	37.7	55.1	17.4
2	久慈市	久慈	4.20	0.57	0.48	2.76	6.2	45.0	48.4	19.0	2.9	12.9	29.6	6.5
3	野田村	野田	1.31	-2.30	-1.80	1.62	41.8	77.1	71.9	40.2	20.0	47.9	68.1	30.9
4	普代村	大田名部	1.33	-2.31	-1.64	1.71	40.6	76.7	70.5	40.9	19.8	46.2	69.4	40.7
5	田野畑村	鳥越	1.78	-2.21	-1.70	1.74	35.8	73.9	68.7	37.2	17.2	37.0	60.3	26.7
6	岩泉町	小本	1.70	-2.29	-1.73	1.69	36.5	74.4	69.5	39.1	18.6	37.9	63.6	33.4
7	宮古市	田老	1.16	-2.83	-2.06	1.39	40.9	77.0	72.0	43.7	20.1	45.4	67.3	43.1
8	宮古市	宮古	2.49	-1.69	-1.11	2.17	27.5	67.2	64.0	33.0	11.5	27.2	49.7	22.5
9	山田町	山田	1.54	-2.69	-1.85	1.86	38.1	73.4	67.7	36.5	19.2	42.0	57.4	27.8
10	大槌町	大槌	1.49	-2.86	-1.87	1.95	38.7	74.7	69.0	36.4	23.1	45.5	60.5	26.0
11	釜石市	釜石	3.71	-0.10	0.34	3.06	13.3	52.2	49.6	21.0	8.4	33.1	29.9	11.9
12	釜石市	唐丹	3.79	0.16	0.52	3.01	12.3	50.1	46.6	19.9	7.0	28.7	28.5	11.3
13	大船渡市	吉浜	0.96	-2.67	-1.79	1.52	43.9	79.0	70.9	41.8	29.5	61.5	65.5	40.6
14	大船渡市	越喜来	2.72	-0.90	-0.29	2.56	24.3	62.6	57.1	26.9	14.3	40.0	40.0	19.6
15	大船渡市	大船渡	2.42	-1.17	-0.47	2.79	29.0	65.5	57.9	26.4	16.5	43.7	39.7	18.1
16	陸前高田市	小友	5.30	1.85	1.82	3.82	1.1	22.7	28.5	7.7	0.5	9.9	16.4	4.9
17	陸前高田市	陸前高田	2.83	-0.64	-0.17	2.87	22.3	61.4	55.6	24.7	14.8	40.7	37.8	17.0

地域の方が低下した。0℃前後の地域は、12月は主に内陸側の地域でみられたが、1月になると内陸側は全ての地点で氷点下、海岸付近では氷点下前後まで低下し、その傾向は2月も続いた。そして、久慈・釜石・唐丹・小友を除く地域では、1月・2月に平均気温が氷点下で且つ気温が0℃を下回る頻度が70%前後に達することが明らかとなった。久慈・釜石・唐丹・小友での平均気温は12月～3月においては氷点下を上回ったが、気温が0℃を下回る頻度は1月～2月で平均43%と見積もられた。4地点に加え、岩手県沿岸地域で人口密度が比較的多い宮古・越喜来・大船渡・陸前高田は相対的に周辺地域よりも平均気温が高い。これら地域は、都市化と土地利用の影響があるかもしれない。また、岩手県を大きく3つの地域（県北：種市～島越、県央：小本～大槌、県南：釜石～陸前高田）に分けると、県南地域は県北・県央地域よりも平均気温が最大2℃高く、0℃を下回る頻度は最大17%低下した。

日降水量は、宮古以南地域で相対的に宮古以北地域よりも多い傾向がみられた。1月と2月での平均日降水量は、1～4mm/day程度と他の時期を下回った。だが、代表的な地点において気温が0℃を下回る時期に降水が記録された（つまり降雨が降雪となる可能性）割合は1月で9.9～61.5%、2月で16.4～69.4%と、特に2月に降雪となる可能性が高いと考えられた。3月に降雪となる可能性は平均23.4%と、12月での平均15.0%を大きく上回った。

これらより、岩手県沿岸では12月～3月に気温は0℃を下回る地域が多く、1月が最も気温が下がる。降水量自体は1月～2月が他の月より少ないが、気温の低下に伴い降雪割合は2月頃に最も多くなる。また、人口密度が比較的低い地域、県南地域よりも県北～県央地域では相対的に降雪・積雪の頻度が高いと推定された。

#### 4.2 全天日射量と日照時間の時空間分布特性

6月22日（夏至）、12月22日（冬至）において推定された全天日射量の分布を図4に、日照時間の分布を図5に示す。夏至における最大の全天日

射量と日照時間はそれぞれ6541Wh/m<sup>2</sup>、15.4hrが見積もられた。同様に、冬至では1204Wh/m<sup>2</sup>、8.5hrであり、冬期は夏季よりも全天日射量で18%、日照時間で55%程度に低下した。これは、太陽高度の季節変化と地表面形状が地表面へ到達する太陽光の面積を低下させたためである。特に、急峻な地形とその山麓に多くの集落を有する岩手県沿岸地域では、それら影響が全天日射量および日照時間の変化に大きく及ぼしており、冬季太陽光による融雪効果が見込めない地域が多く存在することが明らかとなった。具体的には、リアス地形で低平地が狭い田野畑村の島越では、夏季山間

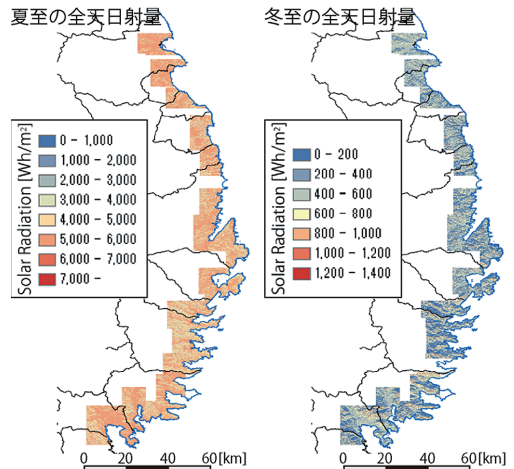


図4 全天日射量の分布（左図：夏至、右図：冬至）

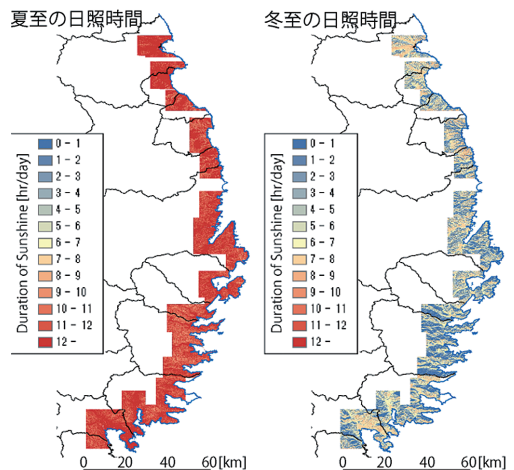


図5 日照時間の分布（左図：夏至、右図：冬至）

に挟まれた集落に到達した太陽光が冬季には山地北側を中心に影となってしまう融雪効果が見込めない(図6)。一方、比較的広い低平地を有する陸前高田市中心部では、夏至と冬至とで日照時間の絶対値は低下しているものの平地部分での分布特性に大きな違いはみられなかった(図7)。これら全天日射量や日照時間の推定は、融雪量把握に寄与する事から、避難路の危険性評価にとって重要な指標になると考えられる。しかし、本検討の目的は定量的な融雪量推定で無いこと、日照時間は全天日射量の効果を包含し且つ簡易的に把握しやすい項目である事から、太陽光による融雪現象に関する評価指標として冬至の日照時間を選定することとした。

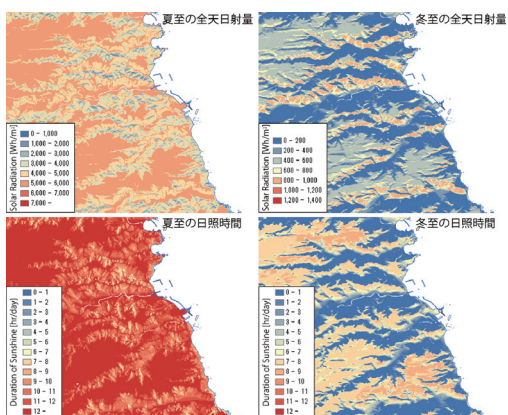


図6 田野畑村島越周辺における夏至・冬至の全天日射量・日照時間の分布

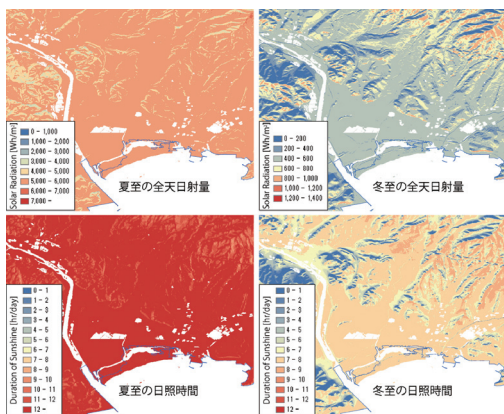


図7 陸前高田市高田町周辺における夏至・冬至の全天日射量・日照時間の分布

### 4.3 学校避難路における危険性評価

気象再解析値による冬期気温および降水(降雪)資料や山間地形を考慮した日射量(日照時間)の分布推定から、岩手県の県北～県央地域の人口密度が低い山間部では、冬季の平均気温が低く且つ太陽光による融雪の効果が低いため、春先まで残雪となる可能性が高いと考えられた。その中から、県央地域の小中学校津波避難路3箇所(小本小学校、田老第一中学校、宮古小学校)を対象に、標高、路面性状、斜面勾配、道路幅、日照時間に関する詳細な空間解析を行った。

#### 4.3.1 小本小学校

小本小学校は岩泉町小本地区に位置し、海岸線から400m程離れている。取り上げた3地域中最も北側に位置しているが、平均気温は南側に位置する田老第一中学校に次いで低い。1月と2月は気温が0℃を下回る頻度が7割程度と高く、降雪は2月に発生する可能性が最も高い。避難路は、小学校の脇を通り、国道45号線に接続する急傾斜の階段を登った後、国道45号線沿いに南進しながら道路西側の広場へと進む(図8)。図9および写

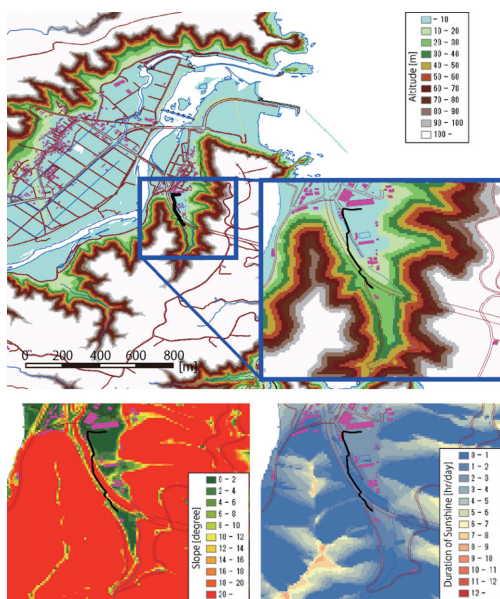


図8 小本小学校周辺の標高・斜面勾配・日照時間の分布図

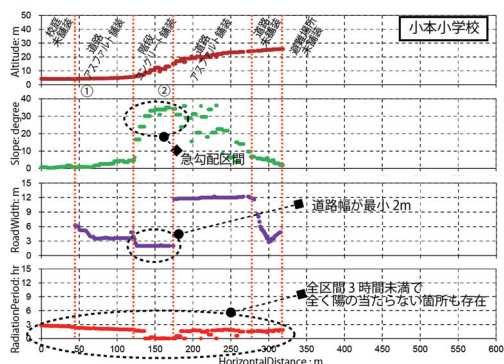


図9 小本小学校の避難路分析（上から標高・斜面勾配・道路幅・日照時間）



写真3 小本小学校避難路の状態（2012年12月，図中番号は図9に対応）

真3左に示すように、校庭に沿って進むアスファルト舗装道路は傾斜も緩く道路幅も3m以上を確保していたが、コンクリート舗装の階段部分は最大傾斜が約30°と急勾配で道路幅は2mに狭まる。日照時間は避難路の全区間で3時間未満と短い傾向にあり、とりわけ階段後半部分は斜面沿いの地形で全く太陽光の当たらない箇所が存在するため、残雪の可能性が高い（写真3右）。従って、残雪する程度の降雪が発生した場合、階段区間は雪が溶ける可能性は著しく低く、昇降時の転倒および階段下手側にいる避難者も危険にさらされる可能性がある。そこで、階段区間における避難路拡幅や踏板の延長、緩勾配化等の安全確保対策が必要と考えられた。

4.3.2 田老第一中学校

田老第一中学校は宮古市田老地区の防潮堤背後200m、海岸線から約500m内陸側に位置している（図10）。平均気温は1月で-2.83℃、2月で-2.06℃であり、気温が0℃を下回る頻度も3箇所の中で最も多い。降雨時に降雪となる可能性は2月が最

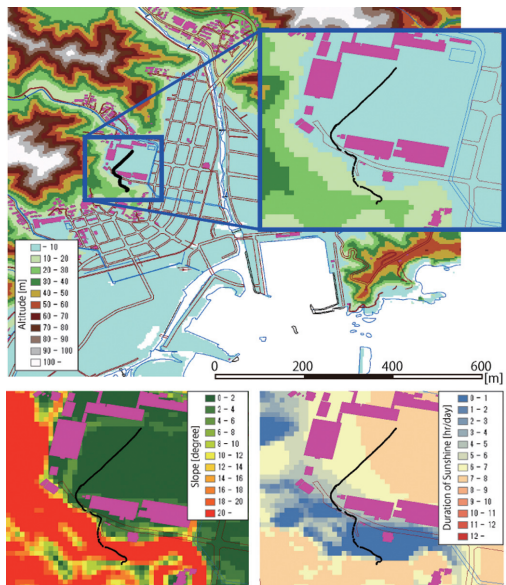


図10 田老第一中学校周辺の標高・斜面勾配・日照時間の分布図

も高く67.3%に達した。避難路は、小学校敷地西部の斜面に沿って手すり付き簡易コンクリート舗装の道路が設置してあるが、道路幅は最大2m、最小0.8m程度と2名がすれ違うギリギリの幅しかなく、道路構造令で設定している一般的な歩道の有効幅員の半分以下となっている（写真4，図11）。総距離は250m程度と短い、3割強の区間が道路幅が狭く最大40%の急勾配を有するコンクリート舗装区間となっている。日照時間についてもコンクリート舗装区間で極めて短い。それらを総合すると、簡易コンクリート区間は、緊急避難時の追い越しが極めて難しいために渋滞が発生しやすく、また連鎖的な転倒に発展する可能性が挙げられる。コンクリート舗装区間は急勾配、幅員の狭さに加え降雪期の融雪が期待できないことを考慮して、避難路の拡幅や階段への改変、複数の避難路設置が有効と考えられた。

4.3.3 宮古小学校

宮古小学校は宮古市街地域の北部に位置し、南側に平地、北側に山地を望む（図12）。田老第一中学校から直線距離で10km程度しか離れていないが、いずれの時期も平均気温が1℃程度高く、気





写真4 田老第一中学校避難路の状態(2012年12月, 図中番号は図11に対応)

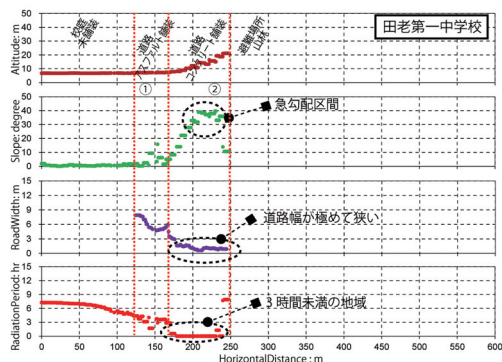


図11 田老第一中学校の避難路分析(上から標高・斜面勾配・道路幅・日照時間)

温が0℃を下回る頻度も3箇所でも最低。そして、降雪の可能性は2月で最も高く49.7%と見積もられた。宮古小学校は中心市街地に位置しており、周辺は住宅が密集していることと地域からの廃熱が多い事が理由として挙げられる。避難路は、前半に山麓に沿って住宅街を通過し、後半はコンクリート舗装された急斜面の道路を登る(写真5)。図13に示すように、避難路の総距離は約580mと他の小学校よりも長いが、一次避難所の標高は47mに達する。内訳として、校庭区間が125mに対し、小学校敷地を出て275mで標高10mに達し、残り180mで40m程度上昇する。道路幅は全区間にわたり3m以上と車両1車線以上は確保している。コンクリート舗装区間の中盤は、山の斜面北側を進むため日照時間が極めて短い。加えて、コンクリート舗装区間の中盤は斜面勾配が20%を越える区間が連続し積雪時に転倒の可能性が極めて高いため、階段設置や迂回路の設定を検討する必要があると考えられた。

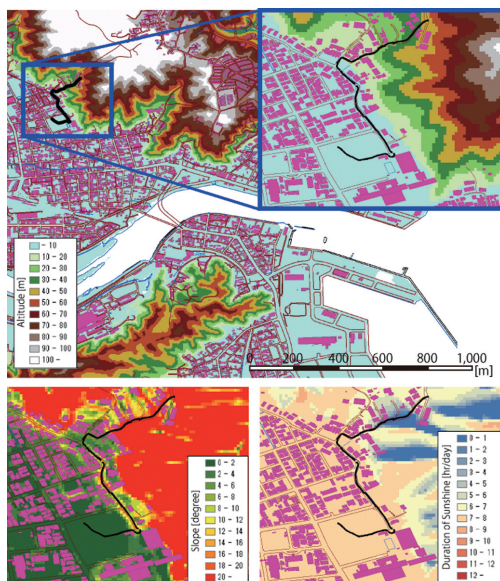


図12 宮古小学校周辺の標高・斜面勾配・日照時間の分布図



写真5 宮古小学校避難路の状態(2012年12月, 図中番号は図13に対応)

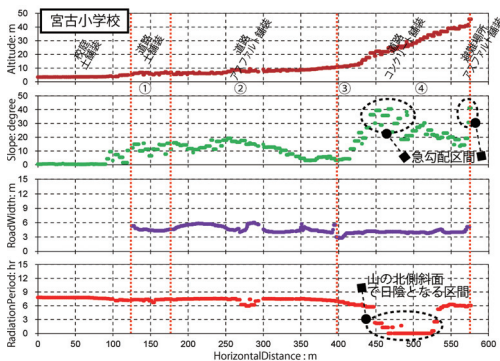


図13 宮古小学校の避難路分析(上から標高・斜面勾配・道路幅・日照時間)

## 5. まとめ

津波避難路の危険性評価について、岩手県沿岸地域の気象状況を空間的に明らかにするとともに、小中学校を対象にした空間解析を行った。成果を以下に取りまとめる。

- (1) 岩手県沿岸地域では1月に最も気温が下がるが、降雨が降雪となる割合は2月頃に最も高くなる。また、人口密度が比較的低い地域や県北～県央地域では相対的に降雪・積雪の頻度が高いと推定された。
- (2) 急峻な地形とその山麓に多くの集落を有する岩手県沿岸地域では、特有の地形条件に伴い、冬季に全天日射量および日照時間が夏季よりも大きく低下するため、太陽光による融雪効果が見込めない地域が多く存在することが明らかとなった。
- (3) 降雪期における転倒被害の視点から小中学校避難路の分析を行ったところ、小本小学校では階段区間、田老第一中学校では簡易コンクリート舗装区間、宮古小学校では山の北側斜面区間で残雪の可能性が高く且つ急勾配となっており、避難行動中の転倒被害が発生しやすいと考えられた。そこで、安全な避難行動を確保するためいくつかの効果的な手法（例えば道路拡幅や緩勾配化、階段設置、迂回路の設定）を提案した。

本検討は岩手県の海岸地域のみに着目して検討を行ったが、気象データ活用による降雪リスクを考慮すべき地域の選定、基盤地図情報を活用した残雪頻度が高い地域の推定とその程度、現地踏査と簡易的な調査項目のみによる避難路のリスク評価は他地域へも適用可能であり、津波災害以外への適用および防災対策としてハザードマップ構築の際にも寄与すると考えられる。なお、気象データは、比較的高解像度で日本全体をカバーしているGPV地表面データを利用したが、避難路の空間スケールに対して解像度が極めて低い。より高精度の分析を実施するためには、空間解像度がより高い気象モデルの構築が有効であると考えられる。

## 参考文献

- 1) 岩手県総務部総合防災室、東北地方太平洋沖地震に係る人的被害・建物被害状況一覧、2015年1月31日現在、<http://www2.pref.iwate.jp/~bousai/taioujoukyou/>、2015年4月10日
- 2) 水木千春・平川一臣：2011年3月11日東日本大震災発生時における北海道日高・十勝沿岸域住民の津波に対する意識と避難行動、地理学論集、Vol.86, No.1, p.97-107, 2011.
- 3) 丸岡直樹・池本敏和・宮島昌克・野村尚樹：輪島市における積雪期の地震津波に対する効率的避難の検討、雪氷研究大会（2014・八戸）、2014.
- 4) 橋本雄一：積雪寒冷地の沿岸都市内部における津波避難（1）ネットワークボロノイを用いた釧路市の津波避難圏に関する空間分析、2013年度日本地理学会秋季学術大会、2013.
- 5) 国土交通省国土地理院、基盤地図情報、<http://www.gsi.go.jp/kiban/>、2015年4月10日
- 6) 松林由里子・藤森直人・久保奈央・堺茂樹：東北地方太平洋沖地震津波時とその後の岩手県の小中学校での津波避難行動、土木学会論文集B2、Vol.70, No.2, I\_1341-I\_1345, 2014.
- 7) 国土交通省国土地理院、被災地周辺の空中写真、[http://portal.cyberjapan.jp/site/mapuse2/index3\\_tohoku.html](http://portal.cyberjapan.jp/site/mapuse2/index3_tohoku.html)、2015年4月10日
- 8) 石井幸男：融雪の研究 融雪基礎調査、北海道電力株式会社・札幌管区气象台、84p., 1959.
- 9) 小島賢治、本山秀明、山田芳則：気温等単純な気象要素による融雪予測について、低温科学、第42号、p101-p110, 1983.
- 10) Pinde Fu, Paul M. Rich : The Solar Analyst 1.0 Manual, Helios Environmental Modeling Institute (HEMI), USA, 49p., 2000.
- 11) Pinde Fu and Paul M. Rich : A geometric solar radiation model with applications in agriculture and forestry, Computers and electronics in agriculture, 37 (2002) 25-35.

（投稿受理：平成27年4月10日）