スマトラ北部西方沖地震で生じたバンダアチェ住民の大規模避難行動の調査と分析

後藤 洋三¹・印南 潤二²・Muzailin AFFAN³・Nur FADLI³

¹正会員 東京大学附属地震研究所 (〒113-0032 東京都文京区弥生1-1-1)

E-mail: gotoyozo@mti.biglobe.ne.jp

²非会員 株式会社ベクトル総研 (〒150-0001 東京都渋谷区神宮前6-19-16 越一ビル6階)

E-mail: innami@vri.co.jp

³非会員 Syiah Kuala University (Banda Aceh, Aceh Province, INDONESIA)

E-mails: muzailinaffan@gmail.com

ivad29@yahoo.com

2012年4月11日に発生したスマトラ北部西方沖の地震 (M 8.6) の際に約400 km離れたスマトラ島アチェ州の州都バンダアチェで大規模な避難騒動が発生した。幸い1 mを大きく超えるような津波は観測されなかったが、2004年12月のインド洋大津波で住民の1/4が亡くなった同市では、海岸地域の住民10万人以上が津波を恐れて内陸に避難し、各所で大渋滞が発生した。そこで著者らは、住民の0.73 %にあたる1065名にインタビューすることにより避難の実態を調査し、同市の防災対策に役立つ事項を提言した。一方、著者の内の一人は東日本大震災における津波避難の実態調査も行っており、本論はバンダアチェ市民の避難行動の特徴を東日本大震災の調査結果と比較しつつ分析した結果を述べる。

Key Words : evacuation, tsunami, 2012.4.11 Sumatra earthquake, Banda Aceh, Tohoku earthquake

1. 2012年4月11日スマトラ北部西方沖の地震

バンダアチェ (Banda Aceh) はスマトラ島北西端のアチェ州の州都で、現在の人口は約22.3万人 (2010年国勢調査データ)、2004年12月28日のインド洋大津波では人口の約1/4が犠牲となり、市域の半分が壊滅する被害に見舞われた¹⁾。生き残った人々の努力とインドネシア内外の手厚い

支援により、外見的には復旧のフェーズは終了し人口もほぼ震災前のレベル以上に回復しているが、住民の津波に対する恐怖心・警戒心は依然根強い。

そのような中、2012年4月11日(水)15時38分にバンダアチェから約400 km離れたスマトラ島北部西方沖の海底約23 kmでMw 8.6の地震が発生した。気象庁に相当するBMKG (Agency for Meteorology, Climatology and Geophysics) は地震発生から4分54秒後に津波警報を発令したが、更にその地震から2時間後の17時43分に南隣でMw 8.2の地震が発生し、警報を継続して発令した²⁾。幸い2つの地震とも横ずれが主体で、観測された最大の津波はインド洋岸のメラボー (Meulaboh) 市で1.06 m、一部地域の水産施設に軽微な被害が生じた程度で、警報は20時6分に解除された。揺れによる被害も脆弱な施設に影響が有った程度であった。

BMKGはバンダアチェ中心部から南南西約6 kmの地点に置いた強震計でこの地震動を観測しており、その波形を図-2に示す (BMKGから直接提供を受けた)。記録から計算した気象庁の計測震度は3.3であるが、20 galに近い揺れが約1分続いている。地震計は山裾に設置されており、堆積地盤の上に広がった市の中心部や沿岸部の揺れは震度4以上になったと推測される。

図-1 スマトラ島と震源位置 (地震研究所HPより)

図-2 バンダアチェ郊外の強震記録(BMKG 提供記録を図化)

2. 津波警報の伝達状況と住民の行動

BMKG の津波警報はメディアに伝達され、インドネシア国内の 7 つの TV 局は地震発生後 6～12 分で特番やテロップにより警報発令を放送した。バンダアチェでは地震直後の停電を免れた地域があり、全住民の 7 %程度がこの情報を得た。比較的聴取者が多いとされるコミュニティ FM ラジオ局 (RAPI: 無線協会) には BMKG の警報を伝える仕組みがなかった。

一方、バンダアチェ市内と隣接地域に BMKG の津波警報サイレンが 5 基設置されていたが、何らかの理由で遠隔作動できず、そのうちの 2 基に技術者が出向いて地震から 40 分後と 1 時間後に手動で作動させた²⁾。

津波警報が伝えられない中でも大部分の住民は揺れから津波の来襲を警戒し避難を始めた。バンダアチェは標高の低い平坦な土地に発達しているため、津波避難には内陸に向かうか堅牢な建物の上層階に上がるかしかない。10 万人を超える住民が内陸に避難しようとし、その 7 割はバイクを使用していて市内各所で渋滞が発生した。さらに、遅れて鳴ったサイレンが実際に津波が到来した警鐘と誤解されたり、2 回目の地震が発生したりで、混乱は翌朝まで続いた。死者は 6 名と報告されているが死因には高齢者の心臓麻痺が含まれている。

3. 住民の避難行動の実態調査

この大規模な避難騒動はバンダアチェが抱える課題を反映しており、その実態を調査し分析することにより津波避難対策の改善に資する貴重な情報を得ることができ

写真-1 避難する住民 (Serambi ニュース社提供)

る。そこで、東日本大震災の津波避難の調査を経験している第 1 著者が調査立案、現地指導、データ分析ならびに論文作成を担当し、第 2 著者が避難ルートの図化分析を担当した。第 3 ならびに第 4 著者は現地 Syiah Kuala 大学の研究助手 1 名と学生 11 名のチームを率い、4 月 24 日～5 月 9 日と 7 月 4 日～9 日の 2 期間、調査対象地域 (2004 年の大津波の被害が大きかった地域) で戸別訪問を行い、1,065 名にインタビューして 1 次データを取得した。

表-1 アンケート項目

1	名前
2	年齢, 性別
3	住所
4	主な職業は(12項目から選択; 以下12択と記す)
5	修学歴
6	地震の時どこに居たか (9択)
7	地震が起きたとき津波が来ると思ったか (4択)
8	津波サイレンを聞いたか(3択)
9	BMKGが津波警報を発令したのを知っていたか(4択)
10	津波警報が解除されたのを直ぐ知ったか (3択)
11	どこから警報の発令を聞いたか (14択, 複数回答)
12	BMKGの発令する津波警報を信用するか (6択)
13	避難したか, どこへ避難したか (9 択)
14	地震から何分後に避難を始めたか (6択)
15	避難する時どのような交通手段を使ったか (5択)
16	避難中に渋滞に遭ったか (3択)
17	渋滞に遭ってどれ位時間をロスしたか (6択)
18	避難した場合, 当初の目的地に行けたか (6択)
19	避難中にどこかに立ち寄ったか (5択)
20	立ち寄った所でどれくらいの時間居たか (7択)
21	目的地に着くのどれ位時間がかかったか(7択)
22	避難することにした最大の理由は (8択)
23	避難するまでに何をしたか (12択, 複数回答)
24	誰と避難したか (7択, 複数回答)
25	避難していない人に声をかけたか (3択)
26	いつ家に戻ったか (4択)
27	帰宅する際BMKGの警報解除を参考にしたか (4択)
28	何故避難しなかったのか(11択)
29	地震から津波が来るまで時間はどれくらいか (7択)
30	あなたか家族が2004年の大津波を経験したか(2択)
31	津波について家族と話し合っていたか (5択)
32	あなたが習ってきた津波の知識は役立つか (6択)
33	津波避難訓練に参加したことがあるか (4択)
34	地域の津波訓練は4.11の避難に役立ったか (4択)

調査に当たっては、チームのメンバーが表-1に示す34項目の質問事項を記載したアンケート票を持参し住民から聞き取った答えを自ら書き込む、いわゆる半構造化インタビューを行った。インタビューする住民のサンプリングに特別な手法を適用することは困難であったので、調査対象地域(後述の図-5参照)内の集落(Village)ごとに目標数を定め、年齢や性別については各メンバーが偏りがないように選定することとした。インタビューに合わせて、避難した人の避難ルートを聞き取った。

4. 実態調査の結果と考察

以下に、現地での調査結果を報告し、著者の一人が参加した東日本大震災津波避難合同調査団(山田町・石巻市担当チーム)の調査結果³⁾と比較しながら考察する。

(1)被インタビュー者数と年齢分布

インタビューの目標数を2010年の人口データを元にその1%としたが、バンダアチェの人口が急増しており、調査後に入手した2012年のデータでは0.73%であった。

被インタビュー者の女性/男性比は0.73で、バンダアチェ全体の女性/男性比0.93より小さく、女性が標準より12%少なく男性が12%多いサンプルとなった。

被インタビュー者の年齢分布とバンダアチェ全人口の年齢分布⁴⁾を図-3と図-4に示す(18歳以下は除外)。被インタビュー者の分布が30代、40代にやや厚い傾向が

図-3 被インタビュー者の年齢分布

図-4 バンダアチェの年齢分布(同市統計局2010年資料⁵⁾)

見られるが、大きな乖離はない。我が国より若年層が大変多く、インドネシア全体の分布⁵⁾と比較しても多い傾向にあるが、バンダアチェは学生の多い町である事に加え、2004年の大津波で高齢層が減少し、逆に復旧事業で若年層が流入したためと推定される。

(2) ゾーン区分とゾーン別の人口、インタビュー数、平均年齢、男女比、インタビュー率

調査対象地域には6つの行政区が含まれているが、行政区はおおよそ海山方向に区分されているので、インタビュー結果を整理するに当たり、対象地域を海岸からの距離に着目して図-5に示す5つのゾーンに区分した。一つの行政区は6~11の集落(Village)からなっており、原則として集落をゾーン区分の最小単位とした。

表-2に市の統計局から入手できた2012年の人口データに基づいて作成した行政区・ゾーン別の人口を示す。

表-2 地区・ゾーン別人口(2012年のデータを使用)

	A	B	C	D	E	計
Meuraxa	3966	10206	5421	-	-	19593
Kuta Raja	3251	2273	6876	-	-	12400
Kuta Alam	-	13980	22128	14269	-	50377
Syiah Kuala	2477	1470	6384	12661	13226	36218
Jaya Baru	-	678	18439	-	-	19117
Baiturrahman	-	-	8260	-	-	8260
計	9694	28607	67508	26930	13226	145965

Jaya BaruとBaiturrahmanは調査対象域のみの人口

被インタビュー者の居所を区分する場合に、インタビューを受けた場所、自宅、地震発生時にいた場所の3種類に留意する必要がある。このうち地震発生時にいた場所については、避難ルートのデータがある人(73.6%)と自宅にいて逃げなかった人(8.9%)は特定できるが、自宅の外にいて逃げなかった人(17.1%)のいた場所は特定できない(アンケート項目設定のミス)。ただし、地震が起きたのが平日の昼間でありインタビューを行ったのも平日の昼間なので、インタビューした時にいた場所をこれらの人が地震の時にいた場所とした。

表-3と表-4が被インタビュー者の住所で集計したゾーン別のインタビュー数と人口比インタビュー率である。バンダアチェの人口は沿岸部(ゾーンA, B)と市の中心部(ゾーンC)で、2010年と比較すると約14%増加している。なお、表-4の着色部のサンプル率が大きいのは誤って過剰にインタビューしたためである。

地震時にいた場所で被インタビュー者をゾーン区分し平均年齢、男女比、人口比インタビュー率を求めた結果を表-5~表-7に示す。ゾーンBは比較的古くからの街で年配者が多い。ゾーンCの着色部は街の中心部で昼間人口が多いため被インタビュー者がいた率も大きくなる。

図-5 調査地域とゾーン区分

表-3 サンプルの住所で集計したゾーン別サンプル数

	A	B	C	D	E	計
Meuraxa	44	98	31	-	-	173
Kuta Raja	20	29	45	-	-	94
Kuta Alam	-	163	130	56	-	349
Syiah Kuala	46	22	44	104	32	248
Jaya Baru	-	22	119	-	-	141
Baiturahman	-	-	60	-	-	60
計	110	334	429	160	32	1065

表-5 地震時に居た場所で集計したサンプルの平均年齢

	A	B	C	D	E	平均
Meuraxa	33	34	32	-	-	33
Kuta Raja	34	37	32	-	-	33
Kuta Alam	-	39	37	34	-	37
Syiah Kuala	34	34	27	29	31	30
Jaya Baru	-	37	33	-	-	33
Baiturahman	-	-	33	-	-	33
平均	33	37	34	31	31	34

表-4 住所で集計したゾーン別サンプル数の人口比

	A	B	C	D	E	計
Meuraxa	1.11	0.96	0.57	-	-	0.88
Kuta Raja	0.62	1.28	0.65	-	-	0.76
Kuta Alam	-	1.17	0.59	0.39	-	0.69
Syiah Kuala	1.86	1.50	0.69	0.82	0.24	0.68
Jaya Baru	-	3.24	0.65	-	-	0.74
Baiturahman	-	-	0.73	-	-	0.73
計	1.13	1.17	0.64	0.59	0.24	0.73

表-6 地震時に居た場所で集計したサンプルの女/男比

	A	B	C	D	E	平均
Meuraxa	0.77	0.51	0.60	-	-	0.60
Kuta Raja	0.80	2.75	0.74	-	-	0.93
Kuta Alam	-	0.65	0.65	0.76	-	0.67
Syiah Kuala	1.00	0.50	0.57	0.84	0.91	0.78
Jaya Baru	-	1.13	0.82	0.00	-	0.83
Baiturahman	-	-	0.72	0.00	0.00	0.69
平均	0.85	0.67	0.70	0.76	0.83	0.72

表-7 地震時に居た場所で集計したサンプル数の人口比

	A	B	C	D	E	平均
Meuraxa	1.16	0.70	0.44	-	-	0.72
Kuta Raja	0.55	0.66	0.79	-	-	0.70
Kuta Alam	-	1.18	0.67	0.42	-	0.74
Syiah Kuala	1.53	1.84	0.69	0.62	0.32	0.64
Jaya Baru	-	2.51	0.64	-	-	0.71
Baiturahman	-	-	0.94	-	-	0.94
平均	1.05	1.03	0.69	0.52	0.32	0.72

(3) 職業と修学歴

被インタビュー者の職業を住所のゾーン毎に集計した結果が表-8である。海岸に近いゾーンAとBには漁民多く、ゾーンCには商業関係者が多い。ゾーンDはオフィス勤務者の住宅街であり、ゾーンEには学生や公立大学の関係者が多い。

修学歴を聞き取り調査したところ、大卒が19.8%，高卒・専門学校卒が79.5%，中卒が92.5%，小卒が100%であった。

表-8 居住ゾーン別の職業（総数に対する%）

居住ゾーン	A	B	C	D	E
漁師	11.8	11.1	5.4	1.3	0.0
船持漁師	8.2	5.1	1.4	0.0	0.0
農民	0.0	0.6	0.5	0.6	0.0
工場主	0.0	0.0	0.2	0.0	0.0
商店主	7.3	4.5	11.7	7.5	3.1
サービス業	0.0	1.8	2.3	1.9	0.0
建設業	1.8	0.3	1.2	1.9	0.0
公務員	6.4	10.2	12.8	21.3	18.8
会社員	9.1	9.3	11.7	22.5	9.4
主婦	22.7	23.4	14.7	9.4	6.3
学生	20.0	20.4	25.6	25.6	53.1
無職	4.5	2.7	6.8	4.4	6.3
その他	8.2	10.8	5.8	3.8	3.1
総数	110	334	429	160	32

(4) 避難を始めたきっかけ

表-9がどのような理由で避難を始めたかを聞き取った結果である。大きな揺れを感じたからが最も多いが、次いで隣人が避難するのを見たからが多い。表-10に示す合同調査団（山田町・石巻市担当チーム）の調査結果では、大きな揺れを感じたからが多いのは同じであるが、防災行政無線の放送で警報を聞いたからが次に多い。バンダアチェでは公的な情報提供が乏しいため、周囲の人の動きを見て判断することになるのであろう。

一方、バンダアチェのデータでは津波警報サイレンを聞いたから逃げたが12%存在する。サイレンが鳴ったのは地震発生から40分後と1時間後であることはBMKGも確認している²⁾。そこで、図-6にサイレンを聞いたので避難したと解答した人と他の理由で避難した理由に上げ

表-9 避難を決めたきっかけ

	男性	女性
強い揺れを感じたから	43%	45%
津波警報サイレンを聞いたから	11%	13%
津波警報が発令されたと聞いたから	7%	6%
近隣の大勢の人が避難するのを見たから	28%	29%
家族が避難しようと言ったから	8%	5%
近隣の人やリーダーから避難するよう言われた	0%	1%
市の防災関係者から避難するよう言われた	0%	0%
その他	3%	2%
総数	422	368

表-10 山田町と石巻市での調査結果

	山田	石巻
強い揺れを感じたから	54%	29%
防災無線で警報を聞いたから	10%	24%
隣人やコミュニティーリーダーに従った	9%	15%
総数	179	866

比率(%)

図-6 避難開始理由と開始時間

表-11 避難開始理由と津波警報発令を知ったタイミング

	避難後に知った	避難前または避難中に知った	知らなかった、余裕がなかった	計
サイレン	24%	51%	26%	93
揺れを感じて	31%	22%	47%	344
周囲の避難	18%	28%	54%	226

た人の避難開始時間を比較した。また、表-11に避難を始めた理由で津波警報の発令を知ったタイミングを比較した。サイレンを聞いて避難を決めた人は早い時点で聞いたことになり、津波警報サイレンの実際の起動時間と矛盾する。

さらに、各集落毎に集計した場合に、サイレンを聞いたとする人が2名以上いてかつ被インタビュー者数の10%を越えた集落を抽出し、図-7の地図に色塗りで示した。同図にはバンダアチェとその隣接域に設置されている津波警報サイレンの位置もプロットした。サイレンは騒然とした中では遠くまで届かない音量でもあるので（過去の避難訓練で聞こえ難いと言う苦情が出ていた）、サイレンを聞いたとする人が多い集落の位置と津波警報

図-7 サイレンを聞いた人が多い集落とサイレンの位置

サイレンの位置に因果性はない。

このような結果となった原因として、住民が救急車などのサイレンを津波警報と聞き誤った、一部のモスクが拡声器で独自に警報音を出した、あるいはインタビュー者が津波警報サイレンと他のサイレンを区別せずにインタビューした、等が上げられるが推測の域を出ない。

しかし、津波警報サイレンがどのような音色で本来どのようなタイミングで出されるかを多くの住民が認知していないとすれば、防災対策上懸念される事態である。

(5) 津波警報の覚知方法

既出の表-11で明らかなように、揺れを感じて避難をはじめた人には避難後に警報が発令されたことを知った人が多い。一方、周囲が避難したから避難した人達は避難後も津波警報への関心が薄かったようである。

表-12は津波警報の発令をどこから聞いたかを示している。約半数の人が口伝で聞いているが、その情報源が確かなものであったかどうかが懸念される。

ここでもサイレンが鳴ったので、と言う答えが多いが、この場合は遅れて鳴った本来の津波警報サイレンを避難中か避難後に聞いたと言うことであろう（例えば、揺れで避難した後、遅れて鳴ったサイレンを聞いて津波警報が出されていることを知ったというケースもある）。

数は少ないがゾーンAで39 % (4人)が地域のコミュニティーリーダーから津波警報を聞いたと答えている。この4人はMeuraxa行政区のAゾーンの中で隣接したDeah Baro集落とAlue Deah Teungoh集落で、特に後者の集落内には日本の協力で建設された3基の津波避難タワーの内の1基があり、住民により比較的良好に管理されていると言われていたので、防災組織が形成されているのかもしれない。その実態についてはさらに調査が必要である。

一方、TVから情報を得た人が7.2 %いる。図-8はTVから情報を得たという人が2名以上いてかつ被インタビュー者数の10%を越えた集落を抽出して色塗りした図であ

表-12 津波警報が出されたことを最初にどこから知った

	A(%)	B(%)	C(%)	D(%)	A~D(%)
テレビから	2.0	6.4	7.9	10.2	7.2
ラジオから	2.0	2.4	1.7	7.5	2.8
モスクの拡声器	0.0	1.0	2.1	0.7	1.4
パトカーの拡声器	1.0	0.7	3.2	0.7	1.9
津波サイレン	33.3	12.2	18.5	17.0	17.9
市職員から	0.0	0.7	0.0	1.4	0.4
地域のリーダーから	3.9	0.0	0.4	0.0	0.6
電話、SMS など	12.7	12.2	14.2	11.6	13.1
家族・近隣の叫声	39.2	59.3	45.2	44.2	48.6
その他	5.9	5.1	6.8	6.8	6.2
総数	102	295	471	147	1015

Eゾーンはサンプル数が少ないため省略した。

図-8 TVで津波警報発令を見た人が多い集落

る。色塗りされた地域では地震の直後停電していなかったと推定できる。電力会社は、通電し続けることにより被害が拡大することを避けるため、地震発生から19分後に全市域で通電を止めた。そのため、TVで警報を見ることが出来たのは10分間ほどであったが、津波警報の発令を確認する事は出来たと思われる。図-9と図-10は、図-8で着色した集落内の被インタビュー者をTVから情報を得た人とそうでない人に分けて避難行動を比較したものである。大きな差はないが避難しなかった割合はTVから情報を得た人の方が明らかに少ない。

図-9 TVからの情報取得と避難行動

図-10 TVからの情報取得と避難開始時間

図-10の避難開始時間を見ても、TVが津波警報発令を伝えたのが早くとも6分後であるので、TVから情報を得た人の避難は速やか始まり速やかに終わる傾向にある。TVで警報を見てから5分以内に避難を開始したとするのは矛盾しているが、被インタビュー者の時間感覚がばらついたのであろう。

(6) 避難実施率と避難開始時間

表-13 はゾーン別、性別の避難実施率を示している。海岸近くのゾーンAはおおよそ90 %の人が避難しているが、内陸のB～Eゾーンの男性の避難率は54～73 %に落ちている。特にゾーンBの男性の19 %が外に出て様子を見ていたと推定される行動を取っており、津波が見えてからでもバイクがあれば逃げられるという2004年の経験が影響している可能性がある。また、男性の方が自分の居る場所を安全と考える傾向があるようである。

表-13.1 避難したか：男性 (総数に対する%)

	A	B	C	D	E
内陸に逃げた	64	51	53	45	52
高いビルに逃げた	9	4	4	4	0
モスクに逃げた	16	5	16	6	20
逃げた合計の%	89	60	73	54	72
自宅の2階に逃げた	2	2	3	2	4
居合わせたビルの上階へ	0	0	3	1	0
安全な場所にいた	0	9	8	13	4
居た場所から動かず	2	10	5	4	4
外に出たが逃げなかった	7	19	8	25	16
総数	55	177	277	83	25

表-13.2 避難したか：女性 (総数に対する%)

	A	B	C	D	E
内陸に逃げた	64	71	65	67	68
高いビルに逃げた	19	3	3	6	0
モスクに逃げた	9	5	14	8	12
逃げた合計の%	91	80	82	81	80
自宅の2階に逃げた	0	2	2	2	0
居合わせたビルの上階へ	0	2	2	6	0
安全な場所にいた	0	3	4	3	4
居た場所から動かず	2	5	2	0	4
外に出たが逃げなかった	6	9	9	8	12
総数	47	118	194	64	25

図-11.1 男性の避難開始までの所要時間

図-11.2 女性の避難開始までの所要時間

石巻市は仙台湾側平野部のデータ。大津波が石巻市の仙台湾岸に到達したのは約55分後、山田湾へは約34分後で、20-40分後に避難した人が多いのはその時点で危険を具体的に察知したためと思われる。

図-12 石巻市・山田町の避難開始までの所要時間

図-11 は避難を開始した時間である。大部分の人は10分以内に避難を開始しているが、ここでも男性は女性よりやや遅い。2004年の大津波を経験したバンダアチェの人達は、2007年6月に起きた津波警報サイレンの誤動作と2010年4月にアチェ州西海岸のメラボー (Meulaboh) 市沖合で起きた地震(M 7.5, 図-1参照)で大規模な避難騒動を起こしてきた。その際の避難を調査した定量的なデータが無いので比較出来ないが、繰り返される避難騒動でまず男性に「疲れ」が出てきた可能性がある。

図-12に合同調査団 (山田町・石巻市担当チーム) の調査結果を比較のために示した。津波に対する警戒心が高かった山田町では約60 %が10分以内に避難を始めているが、防災行政無線が予想高さを3 mと放送したことや1960年のチリ地震津波の際の津波高さ (約3 m) にとら

われた住民が少なからずいて、高い防潮堤があった所や少し小高い所にいた人の避難は緩慢になっていた。石巻市の仙台湾側の平野部ではチリ地震津波の経験に加え、過去の津波警報が実際より大きかった経験からオオカミ少年心理が生まれ避難が緩慢になっていたとする体験談が多く聞かれた。結局、石巻市と山田町で津波に襲われるまで避難しなかった人が9%と16%、津波浸水域の死者行方不明者が10.5%と4%であるので、要避難地域いた住民の20%が逃げなかったか逃げ遅れたと推定される。

(7) 避難の形態(誰と避難したか)

表-14は誰と避難したかである。家族と一緒にゾーンA, Bでは74~79%を占めるが、ゾーンD, Eでは家族と一緒にが低下し、職場や学友と一緒にが増える。一方、海岸部のゾーンAでは隣人と共に逃げたが24%を占め、津波の危険性が高い地域で隣人や家族との絆に頼る傾向が見える。これは我が国の「津波てんでんこ」とは逆の傾向である。

「津波てんでんこ」は、津波には各々で逃げるのが第1という三陸地方で伝承されてきた厳しい考え方が標語化されたものであるが、近年そこに絆や事前の計画性を入れて受け入れ易くする傾向が見られる。津波避難の厳しさを伝承する上でそのような使い方が適切か、議論の余地があろう。例えば、合同調査団(山田町・石巻市担当チーム)の調査結果では「家族と共に避難」が山田町・石巻市共に半数を占めているものの、リスク認識が比較的高かった山田町では一人で避難が30%に達した。一方、比較的低かった石巻市の平野部では19%であった。

表-14 誰と避難したか(複数回答, 回答者数に対する%)

	A	B	C	D	E
一人で避難	12	8	19	22	26
家族と避難	74	79	57	46	26
職場の同僚と避難	7	8	12	17	18
近所の人と避難	24	11	10	9	0
学友と避難	2	2	7	10	32
その他	0	1	2	2	3
回答者数	92	205	356	100	38

(8) 避難に使われた交通手段

表-15は避難の手段をゾーン別に示している。73%の人がバイクを使用しているが、その中にあってゾーンAとゾーンCでは徒歩避難が比較的多い。これは近所に避難タワー、大きなビル、モスクがあり、そこを避難先と選択した人が徒歩で避難したためと推察される。一方、ゾーンCでは車避難もやや多い。車は裕福な人や職業上で必要な人しか持てないので、ゾーンCにそのような人が多かったと推察される。なお、車1台当たりの乗車率は1.6であった。山田町、石巻市の場合共に1.4である。

山田町の場合、徒歩避難が54%、自動車避難が36%、石巻市の場合、徒歩避難が44%、自動車避難が51%でバイク避難はほとんど無い。バンダアチェでバイク避難が圧倒的に多くなるのは、平坦地にあって中心部からは数km以上行かないと丘陵地に行き着けないこと、自転車よりもバイクが日常の交通手段になっていて一家に1.8台所有されていること(著者らによる2010年調査, 194サンプル)、子供を抱えれば1台に4人載ることもできること、サイドカーを付ければ一家全員が乗って逃げられること(写真-1)、といった事情によると考えられる。

交通手段と避難開始時間を図-13に示した。バイクと自動車の避難開始時間に有意な差は無いが、歩行者の避難開始時間が遅い。近くに行くので余裕があった、あるいは、何らかの理由で避難開始が遅れ既に渋滞が始まっていたバイクや車の避難は諦め徒歩で近所のモスクや大きな建物に向かった、などが理由と推測される。

表-15 避難に使われた交通手段(総数に対する%)

	A	B	C	D	E	計
徒歩	16	6	15	13	5	12
自転車	3	2	2	0	3	2
バイク	71	82	67	75	84	73
自動車	9	9	16	12	8	13
総数	91	204	359	99	38	791

図-13 交通手段と避難開始時間

(9) 避難所要時間

図-14は地震発生からの所用時間をパラメーターに取ってその時間までに避難を終了した人の累積数を%で示したものである。ゾーンDのデータはゾーンCとほぼ同じでありゾーンEはデータ数が少ないので省略した。最も海岸に近いゾーンAから出発する避難が比較的短時間で終了している。これは、一部に津波避難タワーがあることと、リスクが高いため早く避難を始めて渋滞を免れた人が多かったことによると思われる。一方、ゾーンBには大きな建物や施設がないため多くの人が内陸に逃げようとして渋滞の影響を受けたとみられる。ゾーンCには大きなモスクや建物があるほか、このゾーンはゾーンBより内陸に逃げ易い位置関係にある。

図-14 所用時間とゾーン別の避難終了累積率

図-15 は避難先と所要時間の関係である。80 %の人が行き着くまでに要した時間はモスクや大きな建物(津波避難タワーを含む)の場合35分、内陸の場合60分である。

図-16は交通手段と所要時間の関係である。徒歩の場合は近くに避難先を定める上に渋滞の影響を受けないため所要時間が短くなる。

表-16 は交通手段別に見た渋滞の遭遇率である。バイク避難者の88 %, 自動車避難者の実に95 %が渋滞に遭遇している。バイクや自動車避難者は避難先としてより安心感のある内陸を選び、渋滞に遭遇して通常の数倍以上の時間を要して避難したということである。

合同調査団(山田町・石巻市担当チーム)の調査結果では、自動車で避難した人の山田町で11 %, 石巻市で45 %が渋滞に巻き込まれているが、バンダアチェの渋滞はそれらより遙かに激しかったと言える。

図-15 避難先と所要時間

図-16 避難方法と所要時間

表-16 交通手段と渋滞

	徒歩	自転車	バイク	自動車
渋滞に巻き込まれた	15%	80%	88%	95%
渋滞を見たが巻き込まれなかった	38%	0%	9%	5%
渋滞を見なかった	47%	20%	3%	0%
総数	98	15	576	101

(10) 用事後避難の割合

表-17 は避難を始めるまでに何をしていたかを示している。

何もせずに直ぐ避難が男女平均で46 %あるが、合同調査団(山田町・石巻市担当チーム)の調査結果では、山田町が20 %, 石巻市25 %である。バンダアチェの住民はそれだけ危機感を持っていたととれるが、「何もせずに直ぐ」と言う表現には受け止め方に幅があるので、この数値の比較にはさらに検討が必要である。

外出先から自宅に戻って避難を始めた人が男女平均で12 %, 子供を学校に迎えに行ってから避難を始めた人が13 %いる。ゾーンDで外出先からの帰宅が多いのは職住が分離した住宅街だからであろう。

山田町と石巻市での調査データでは、外出先から自宅に戻った人が23 %と20 %, 学校などに家族を迎えに行った人が6 %と12 %である。職住分離の程度や子供の数の違いを考慮に入れば、バンダアチェと石巻市・山田町におけるこれらの避難前行動の発生割合に大きな相違はないと考えられる。

家財を整頓した人が1~2 %で、山田町と石巻市の7 %, 18 %と比較すると少ない。揺れがそれほど大きくなかったことが影響していると思われる。

一方、リスクが高いゾーンAで周囲に声を掛ける割合が8 %で他のゾーンより高い。同じ設問をした合同調査

表-17 避難を始めるまでに何をしていたか

(複数回答, 回答者数に対する%)

	A~E		A	B	C	D	E
	男	女					
何もせずに直ぐ避難	48	44	45	42	48	44	58
外出先から帰宅	17	6	15	5	13	18	8
家族の避難準備を支援	18	14	21	18	16	11	8
家族を迎えに学校へ	17	9	9	17	12	19	8
海の様子を見に行く	1	0	0	1	0	2	0
荷物をまとめる	17	30	13	38	21	15	11
散らかった家財を整頓	1	2	3	2	0	3	0
家の戸締まりをする	41	55	60	60	41	42	24
事務所を閉める	9	9	8	11	11	6	0
メール等で家族に連絡	16	13	16	18	10	15	26
周囲に呼びかけ	4	6	8	5	5	1	0
回答者数	425	370	92	206	360	99	38

団(山田町・石巻市担当チーム)の結果では、山田町が2%, 石巻市が17%である。表-14と同様にここでもリスクの高さと助け合い行動の関係が我国と逆になっている。

避難準備に於ける男女の役割を比較すると、男性が家族の迎えで学校などに行き、女性が避難のための荷物の準備や家の戸締まりをする傾向が見える。

図-17は、一時帰宅や学校への出迎えが避難開始時間に及ぼした影響を見たものである。自宅にいて直接避難を始めた人と自宅に一度戻ってから避難を始めた人の避難開始時間の差は10分程度である。家族を学校などに迎えに行った場合に遅れが見られないのは、そのまま避難したためと思われる。

図-17 外出先からの帰宅行動などと避難開始時間

(11) 避難ルート、目的地の変更

表-18 から海岸に近い地域ほど目的地に着くのが困難だった様子が伺える。ここで目的地とは、事前に決めているいらないにかかわらず、避難を始める時にまず行こうとした所である。ゾーンAとBでは、思い通りのルートで目的地に着けたのが半数である。全体でも行こうとした目的地に行き着いた人は59%で、28%がルートを換えるか目的地を換えている。また、目的地を決めずに避難を始めた人が11%いた。

「目的地には着いたが渋滞でルートを換えた」の項目に注目するとゾーンA, B, CとゾーンD, Eでレベル差があることが分かる。後述するようにゾーンCとゾーンDの間を主要幹線道路が貫通しており、そこを横断するのに苦労したためと推定される。

なお、合同調査団(山田町・石巻市担当チーム)の調査では表-18に相当する質問をしていない。

(12) 避難しなかった理由

全体で26%の人が避難しなかった。表-19は避難しなかった理由である。津波が来ることを確認してから逃げれば良いとした人が24%もいるのは、2004年の大津波の時にバイクがあれば逃げ切れた事例があるからであろう(その時は避難する人が少なく渋滞がなかった)。ビルの上層階に逃げれば良い、との答えがやや多いがこの場合のビルは数から見て自宅も含まれていると思われる。

2004年の大津波の時に、やや内陸では2階かその屋上に上がれば助かった例があったためであろう。

(6)で述べたように、合同調査団(山田町・石巻市担当チーム)の調査結果によれば、山田町で9%, 石巻市では16%の人が津波が来るまで逃げなかった。その理由を表-20に示すが、バンダアチェの人達と共通するところが多い。ただし、我が国の場合は逃げなかった人の多くが高齢者であり、かつ亡くなった人の理由は表-20に含まれていないことに注意する必要がある。

表-18 行こうとした目的地に着けたか(総数に対する%)

	A	B	C	D	E	計
目的地に考えた通りのルートで着いた	53	52	60	69	71	59
目的地に着いたが渋滞でルートを換えた	24	26	24	13	16	23
渋滞で目的地を換えた	11	5	4	3	3	5
目的地に着けなかった	1	1	2	4	3	2
津波が来ないと思って途中で止めた	0	1	1	1	0	1
はっきりした目的地なしに避難を始めた	10	15	9	10	8	11
総数	90	203	359	99	38	789

表-19 避難しなかった理由

(総数に対する%, Aは数が過小なため省略)

	A	B	C	D	E	計
自分の所まで津波は来ない		18	34	43	57	31
津波が来るのを確認してから		32	24	18	7	24
避難の準備に時間がかかった		0	2	2	7	1
家族を待つか探していた		10	7	4	0	7
学校など家族を迎えに行った		4	2	2	0	3
ビルの上層階へ逃げれば良い		11	18	14	14	15
神の意志に任せた		11	9	10	7	10
その他		14	4	8	7	9
総数	6	91	116	51	14	278

表-20 山田町と石巻市の人達の避難しなかった理由

(逃げずに生き残った人のみのデータであることに注意)

	山田町	石巻市
自分の所まで津波は来ない	42%	35%
様子を見ていた	10%	14%
避難の準備に時間がかかった	6%	4%
家族を待つか探していた	7%	5%
ビルの上層階へ逃げれば良い	3%	6%
防潮堤が防いでくれる	3%	1%
その他	29%	35%
総数	28	291

4. 避難ルートの図化による分析

著者の一人が図化ソフトを作成し、現地チームがインタビューで聞き取った785人の避難ルートを入力した。図-18はその結果を重ね書きしたものである。同じルートのデータが重なると赤線がより強調されるように設定している。また、地図を約40°右回転した。一方、図-19は同じ入力結果から渋滞区間(移動速度が1/10以下に低下した区間)を抽出し重ね書きしたものである。

(1) 最短経路と幹線道路

聞き取りと入力の際にルートが簡素化され細かな軌跡は再現されていない可能性があるが、避難者の多くが内陸への最短経路(図の上下方向)より幹線道路を使った傾向が見える。図化ソフトはノードとリンクで構成される道路ネットワーク(図中に黒線で示されている)を使っていて、分解能60 cmの高解像度衛星写真で判読できた道路まで反映している(道幅は現地で確認)。幹線を外れた最短経路の大部分は狭く屈曲しているが小型自動車が通れる程度の道幅はあり、大部分は舗装されているので、渋滞しない限りバイクの通行に支障は無い。

充分ではないが避難経路を示す掲示板が所々にあって、それで示される避難経路との関係性を調べる必要があるが、多くの人は日頃通る幹線道路を使ったようである。

(2) 主要幹線道路による避難経路の分析

バンダアチエにはゾーンCとゾーンDの間に海岸線とほぼ並行(図中の左右方向)に走る主要幹線道路があり、海側Cから内陸側に逃げるためにはこの幹線道路を横断しなければならない。この道路は片側2車線であるが中央分離帯が設けられており、自動車はもとよりバイクも

担がなければ乗り越えられない。反対車線に出るためには主要な交差点まで行くか、場所によっては数百メートル先の中央分離帯の切れ目まで行く必要がある。主要交差点はロータリー式か信号式であり、信号式の所は停電で混乱した。図-19に渋滞の激しかったところを白サークルで示している。海側から街の中心部に入る部分とこの主要幹線道路へ接続する部分で渋滞していることが分かる。また、主要幹線道路自体も渋滞している。図中の薄青サークルは普段から交通量が多い信号式の交差点で、信号が消え激しい渋滞が発生したとのことである。

(3) 内陸側での渋滞

図-19によれば上述の主要幹線道路を越えた内陸側でも渋滞が発生している。2004年の大津波はゾーンDより内陸へは到達しなかったが、この2012年4月の地震で住民はさらに数キロメートル先の丘陵部まで避難しようとした。しかし、郊外に出る主要道路は集約され本数が少なくなるので、そこがまた渋滞の起点になった。

(4) 大型建物の利用度

図-19の黄サークルは津波博物館とその周辺である。津波博物館は避難場所として使える盛土の上に建設されており、詰めれば4,000人は収容できる。ところが1,065名の被インタビュー者の中でここに逃げた人は2名だけであった。サンプル数が過小であるが単純に逆算すると270名で、近所の学校から集団避難した生徒(インタビューしていない)を除くと、ここに避難した人は少なかったとの目撃談もある。この博物館に数千人が逃げ込んでいればその先の渋滞は緩和されたはずである。一方、街の中心部にある最大のモスクには1,065名中の50名が、海岸部にある津波避難タワーには17名が避難していた。

図-18 785人の避難ルートの重ね書き

図-19 避難ルートから抽出した渋滞個所の重ね書き

5. 結論

(1) 津波避難対策に資する貴重な資料が得られた

2012年4月11日の地震で10万人を超すバンダアチェ市民が津波来襲を警戒して必死の避難行動を取った。幸い横ずれ主体の地震であったため大きな津波は発生しなかったが、避難実験や防災訓練などでは得られぬ貴重な資料が得られた。

バンダアチェで見られた住民の避難行動は我が国の東日本大震災で見られた避難行動と似た特徴もある。両国の事例を比較的に分析することにより、両国の津波避難対策に資する情報が得られる。

(2) 住民は揺れで避難を決断している

住民の多くが揺れを感じて避難したことはバンダアチェと東日本大震災の山田町・石巻市で共通している。ただし、バンダアチェでは公的な情報を伝える有効な手段がなかったため、住民は口伝情報にも頼って行動した。その点で我が国の防災行政無線システムとその運用は優れているが、大きな揺れを伴わない津波地震のような場合に避難を徹底するのは両国ともに大きな課題である。

(3) 住民は安心感のある内陸を第一の避難先を選ぶ

バンダアチェの住民の大部分はバイクを使い安全な内陸奥部に逃げようとした。渋滞のため内陸に行くのに40分以上かかるのに対し近隣の建物やモスクへの徒歩避難は20分以内であったが、それでも多くの住民は内陸に向かった。我が国で多くの避難ビルを指定、あるいは建設する動きがあるが、住民は避難先の安心感と避難猶予時間のバランスで行動することに留意する必要がある。

(4) 出先から戻ったり子供を学校に迎えに行っている

出先から一旦自宅にもどって避難を始める割合は山田町・石巻市の場合より少ないが、職住同一の場合が多いからであろう。子供を学校に迎えに行く割合は山田町・石巻市より高いが、子供の数が多いからであろう。これらの用事後避難の課題も両国共通である。

(5) 避難環境が厳しい地域ほど助け合う傾向がある

避難環境が厳しい海岸に近い地域ほど近隣の人達と助け合って避難する傾向が見られる。我が国の「津波てんでんこ」の本来の主旨には沿わない行動であり、この行動を推奨すべきかどうかは議論の余地がある。

(6) 交通手段別の避難開始時間は徒歩避難が最も遅い

避難開始時間は自動車、バイク、徒歩の順であった。自動車使用者は過去の経験から速く出ないと渋滞に遭うことが明白なため急いだのであろう。一方、バイク使用者の一部には遅れても逃げ切れるという思いがあったのでないかと思われる。徒歩による避難者は近くに行く事が前提となるので時間的余裕を持ったのか、あるいは避難開始が遅れた結果徒歩を選択したためと思われる。

(7) 避難しない理由に我が国と共通点が見られる

やや安全とみられる地域の男性に避難しない傾向が見られる。津波が来るのを確認してから逃げるとした人が多いのは2004年の大津波でバイクで逃げられた事例があるからであり、2階に逃げるがやや多いのも木造家屋が少なく水流の弱いところでは2階かその屋根に上れば津波をやり過ごせた経験があるからであろう。直近の経験を都合良く解釈する傾向は我が国とも共通である。

(8) 避難ルートの図化により課題が明確に出来た

インタビューで聞き取った避難ルートを図化することにより、渋滞箇所を明確に出来た。バンダアチェでは沿岸部と内陸部の間を主要幹線道路が貫通して走っており、その幹線道路が起点となる渋滞が発生して沿岸部から内陸部へ避難する人の流れを妨げた。同じ状況は石巻市にも鮮明に現れている。バンダアチェ市当局は最も混雑する交差点を立体交差化し内陸部に向かう道路を拡幅する計画を進めている。

(9) 避難シミュレーション改良の情報が多数得られた

著者等はバンダアチェの防災教育と防災都市計画に活用する目的でマルチエージェント法による津波避難シミュレーションを開発し⁹⁾、2012年4月に同市に提供していた。その直後に起きた今回の大規模避難を調査できたことにより、このシミュレーションの適用性と改良の方向性を検証する多くの情報が得られた。

この実態調査の結果とその分析から得た知見は速報として既にバンダアチェ市当局に提示しているが、今後は改良したシミュレーションをバンダアチェの防災都市計画に具体的に活用していくことが期待されている。

謝辞：まず、この調査・研究のためのインタビューに応じてくれたバンダアチェ市民の皆様に心よりの感謝を申し上げる。また、著者らの意図を理解し、協力いただいた、バンダアチェ市の統計・都市計画局、教育局、交通局、市警察、アチェ州観光・旅行局と津波博物館、シャクアラ大学TDMRC（津波・災害減災研究センター）、Serambiニュース社の関係者に感謝申し上げる。さらに、文字通りの炎天下を地域に入りインタビューデータを積み上げた現地調査チームのメンバーにも感謝する。また、BMKG（インドネシア気象気候地象庁）からは貴重な資料を提供頂いた。

この現地調査は、JST-JICAのSATREPS地球規模課題対応国際科学技術協力プロジェクトの一課題「インドネシアに於ける地震火山の総合防災策」（研究代表者：東京大学地震研究所 佐竹健治&インドネシア科学院 Hery Harjono）の下で実施したものである。加えて、JICAジャカルタプロジェクト事務所の支援があつて実施できた調査であつた。

参考文献

- 1) 土木学会：スマトラ沖地震・津波被害調査報告、ホームページ http://www.jsce.or.jp/library/eq_repo/Vol209/report.pdf (2013.2.1閲覧)
- 2) BMKG, BNPB, BPBD (Province of Aceh, Banda Aceh, West Sumatra Province and the City of Padang) : Evaluation of Tsunami Early Warning System (Initial Report with Quick Review), compiled and published by QUICK REVIEW TEAM, 2012
- 3) Goto, Y., Mikami, T. and Nakabayashi, I. : Fact-Finding about the Evacuation from the Unexpectedly Large Tsunami of March 11, 2011 in East Japan, *Proc. of 15WCEE*, DVD, 2012
- 4) Regional Planning and Development Board, Banda Aceh Municipality : BANDA ACEH IN FIGURES, 2011, *The Central Bureau of Statistics and the Regional Planning and Development Board of Banda Aceh Municipality*, 2011
- 5) US Census Bureau : International Data Base, ホームページ <http://www.census.gov/population/international/data/idb/region.php?N=%20Results%20&T=10&A=separate&RT=0&Y=2010&R=-1&C=ID> (2013.2.1閲覧)
- 6) Goto, Y., Affan, M., Agussabti, Nurdin, Y., Yuliana D. K. and Ardiansyah : Tsunami Evacuation Simulation for Disaster Education and City Planning, *JDR Vol.7 No.1* pp. 92-101, Jan. 2012
- 7) Affan, M., Goto, Y. and Agussabti : Tsunami Evacuation Simulation for Disaster Awareness Education and Mitigation Planning of Banda Aceh, *Proc. of 15WCEE*, DVD, 2012

(2012.11.7 受付, 2013.2.13 修正, 2013.2.23 受理)

SURVEY AND ANALYSIS ON THE MASS EVACUATION OF THE PEOPLE IN BANDA ACEH TRIGGERED BY THE Mw 8.6 EARTHQUAKE OF APRIL 11, 2012

Yozo GOTO, Junji INNAMI, Muzailin AFFAN and Nur FADLI

The Mw 8.6 earthquake of offing west of north SUMATRA of April 11, 2012 triggered a mass evacuation of the people in Banda Aceh, 400km away from the epicenter. Fortunately, such a tsunami more than 1 meter in height, was not observed. But, more than one hundred thousand people in Banda Aceh, who had experienced the tragic damage by the Indian Ocean Tsunami of 2004, tried to evacuate towards inland. And they encountered very heavy traffic jam. Therefore, the authors surveyed the evacuation feature by interviewing 1,065 people, about 0.73 % of the population in the coastal area of Banda Aceh, in order to extract the lessons for the better disaster-reduction operation of Banda Aceh. The feature was analyzed through comparisons with that of the East Japan Great Earthquake and Tsunami disaster case.