

ISO2394 に基づく津波被害に対する防災対策の社会的支払意思額の検討

中央大学 学生会員 ○中川 碧 中央大学 正会員 佐藤 尚次

1. はじめに

ISO2394 とは、国際標準化機構 ISO(International Organization for Standardization)が作成した、設計基準作成者のための指針であり、土木・建築構造物の使用、建設に関する設計規則のための共通基礎を定めたものである。その中の付属書 G「人命の安全に関する最適化と規範」では、LQI(Life Quality Index)すなわち生活の質指標に関する記載がある。この考えを用いることで、人命安全への投資に関する選択の決定を容易に行うことができると記載されている¹⁾。

これに対し、実際に国の経済力がどのように人命救助コストに影響するのかという疑問が生じる。

そこで本研究では、2004年に発生したスマトラ島沖地震に伴う津波を対象として、各国の経済力から算出される人命救助活動の社会的支払意思額(以下、支払意思額)が防災対策にどのように影響するかを求め、その差について検討する¹⁾。

2. 対象地域

対象地域は、スマトラ島沖地震に伴う津波により、死者が発生した国とする。一番被害が大きかったインドネシアのバンダ・アチェの他に、タイのプーケット県カトゥー、マレーシアのペナン州タンジュン・ブング、インドのタミル・ナドゥ州チェンナイの4地域を選定した。

3. 研究手法

ISO2394 に基づいて、各国のスマトラ島沖地震に伴う津波に対する防災対策に支払できる人命救助費用を算出する。防災対策は、インド洋津波浸水域における全人口を救うために津波避難ビルを建設するものとする。津波避難ビルの適切な建設位置と数の決定には、ハワイ大学の研究を参考にし、GISを利用する²⁾。また、各国の全人口を救うために必要なコストを算出し、支払意思額に基づく津波避難ビル建設のために支払できるコストと比較することで、防災対策による生存率の検討を行う。比較対象として、現地住民だけでなく、日本人が住んでいた場合も検討する。

4. 解析方法

4.1. GISについて

4地域それぞれにおいて、ハワイ大学の研究を参考に避難ビルの必要数と適切な位置を解析する²⁾。GISによる解析法を図-1に示す。建物のポリゴンデータから人口のポイントデータと、道路のラインデータから道路ネットワークデータセットを作成し、各地域の浸水域における全ての人口が救われるような津波避難ビル TEB の位置と数を繰り返し分析し、決定する。到達圏解析を行うにあたり、それぞれ津

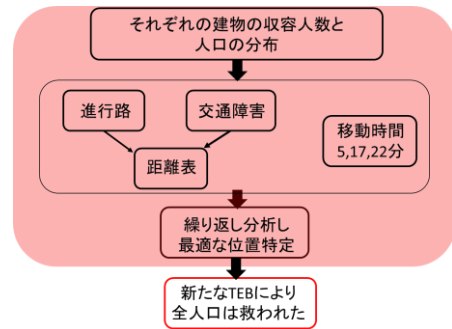


図-1 解析手順

表-1 各国の建設コスト

国	建設コスト (\$/m ²)
インドネシア	440
インド	289
マレーシア	340
タイ	517

波避難ビルから5分、17分、22分での到達圏を求める。歩行速度は、高齢者の0.75m/sを採用している。

4.2. 建設コストについて

津波避難ビルの建設コストは、Spon'sの文献を参考にし、エアコンが完備されていないオフィスビルの建設コストを用いて、比較する³⁾。各地域における建設コストを表-1に示す。文献には現地通貨での表記であったため、2019年1月現在のレートでドル換算し、各国の建設コストと比較する。

5. LQIに基づく人命救助にけるコストの算出

LQIとは前述の通り、Life Quality Indexの略で、生活の質を表わす指標のひとつである。支払意思額とは、人命リスク低減活動において、一人の人命を救うために投資することが望ましい金額である。また、統計的人命価値は、一人の死亡に対して補償されることが望ましい金額に相当するものである。異なった国のそれぞれの法制度は、異なった活動をもたらす。社会的支払意思額 SWTP は、

$$SWTP = \frac{g}{q} \frac{de_d}{e_d} \approx \frac{g}{q} C_x dm = G_x dm \quad (1)$$

から算出することができる。

また、統計的人命価値 SVSL は、

$$SVSL = \frac{g}{q} e_d \quad (2)$$

から算出することができる。

ここで、 g は国民一人当たりのGDP、 e_d は平均寿命を割り引いた年齢、 q は消費に使用できる資金と健康寿命のトレードオフに関する尺度、 m は死亡率である。

キーワード ISO2394, 社会的支払意思額, 津波避難ビル, スマトラ島沖地震, GIS

連絡先 〒112-8551 東京都文京区春日1-3-27 中央大学後楽園キャンパス TEL:03-3817-1816 FAX:03-3358-6620

de_d/e_d 算出に必要となる, リスク低減率はスマトラ島沖地震の再現率 1/2000 を用いる.

また, q は,

$$q = \frac{w}{(1-w)\beta} \quad (3)$$

から算出され, 経済活動に割り振られる時間の比, つまり自由時間に対する勤務時間の比 w に依存する. β はコブーダラス型の弾力性の定数で, 先進国では 0.7, 発展途上国では 0.6 と設定する. したがって今回の国々は中進国であるため 0.65 と設定した. q の値は, 0.12 付近で生活の質は高いと言え, 0.26 付近で生活の質は低いと言える.

平均寿命を割り引いた年齢は,

$$e(a) = \frac{1}{r}(1 - e^{-rx}) \quad (4)$$

から算出することができる.

ここで, r は割引率であり, 途上国では 10 から 15% を用いることから, インドネシア, インド, マレーシア, タイでは 10%を使用し, 日本は先進国であるから 4%を使用する. $e(a)$ は a 歳のときの平均寿命 X を用いて算出する. なお, 今回, WHO から引用した平均寿命のデータは 0 歳から 85 歳までのデータであったため, 計算にはその平均値を用いた. 式(1)と式(2)に収集した数値を代入し, 各国の支払意思額および統計的人命価値を算出する.

各国の支払意思額の算出結果を表-2 に示す. マレーシアは, 日本を除く他国より GDP だけでなく生活の質 q も高いため, 支払意思額が高い値となっている. また, インドネシアとインドにおいて, インドネシアの方が GDP は高いが, 生活の質 q が低いため, 最終的な支払意思額は, インドネシアの方が低くなっている.

6. 解析結果

今回, チェンナイ, タンジュン・ブング及びカトウーにおいて解析を行った. 代表例としてインドネシアのバンダ・アチェの GIS による解析結果を図-2 に示す. 全部で 12 棟の津波避難ビルを図-2 のように配置することで, 22 分以内に浸水域にいる全人口が津波避難ビルに到達できることがわかった. また, それぞれの浸水域の人口がわかるため, 支払意思額より津波避難ビルの建設に対して支払うことのできるコストを算出する. ここで, 各国の計算結果を表-3 に示す. インドネシアにおいて, 津波避難ビルの建設のために支払できるコスト総額は 1,354,444 ドルであり, これは実際に必要な建設コストのうち 6.4%である. つまり, インドネシアの経済力では浸水域のうち 6.4%の人口しか助からないということがわかった. インドでも 23.91%, タイでも 22.04%の人口しか助からないことが分かった. 一方で, 支払意思額が一番高かったマレーシアでは, 支払できる建設コストの方が上回り, すべてのビルを建設することができるため, 全人口が助かることがわかった. この地域に日本人が住んでいると仮定して, 支払できるコストを

表-2 各国の SWTP

	GDP (\$/person/year)	生活の質 q	SWTP (\$/person)	割り引いた値 (\$/person)
インドネシア	3,570	0.26	200.33	182
インド	1,706	0.13	251.03	228
マレーシア	9,508	0.10	1900.89	1728
タイ	5,911	0.29	413.41	376
日本	38,968	0.14	5453.81	5,244

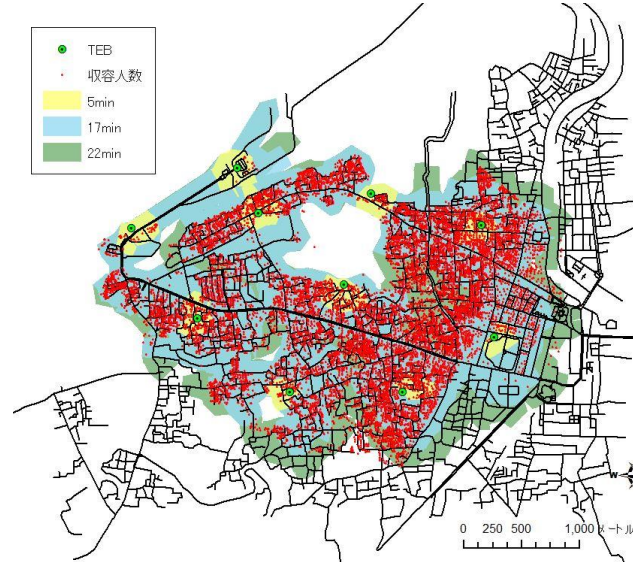


図-2 インドネシアの解析結果

表-3 各国の計算結果

国	ビル数 (棟)	浸水域人口 (人)	延床面積 (m^2)	必要なコスト (\$)	支払できるコスト(\$)		生存率(%)	
					各国	日本	各国	日本
インドネシア	12	14,582	48,121	21,173,064	1,354,444	39,025,848	6.40	184.32
インド	19	53,565	176,765	51,081,582	12,212,820	280,894,860	23.91	549.89
マレーシア	5	7,824	25,819	8,783,692	13,519,872	41,029,056	153.92	467.10
タイ	15	36,501	120,453	23,893,876	5,266,632	73,452,708	22.04	307.41

算出すると全ての地域において必要な建設コストを上回り, すべての津波避難ビルを建設でき, 全人口が助かることがわかった.

7. おわりに

今回は, スマトラ島沖地震の被災国のうちの 4 か国において支払意思額の算出及びそれに基づいた各国の津波避難ビルの建設の可否を検討した. 比較基準として日本の支払意思額も算出して比較した. ほとんどの地域で, 経済力が不足し, 十分な津波避難ビルの建設が困難であったが, これは再現率が極めて低い作用を対象にしていたからであるといえる. また, 他のリスク削減対策をとれば人命は守られた可能性もある. 今回の計算や検討には, 国の平均値を利用しているため, 地域性を完全に考慮しているとはいえない. したがって, 地域の値を利用してより地域性を考慮した検討を行うことを今後の課題とする.

参考文献

- 1) ISO, ISO2394, General principals on reliability for structures 4th edition, 2015
- 2) University of Hawaii at Manoa : Tsunami evacuation buildings and evacuation planning in Banda Aceh, Indonesia, 2014
- 3) Langdon & Seah : Spon's Asia Pacific Construction Costs Handbook, 2015