

## 南海地震における高知市の地震時津波・高潮による避難対策の提案

工学研究科 基盤工学専攻 社会システム工学コース

1065071 原 武士

### 1. 序

#### 1-1. 研究背景・目的

2030 年～2050 年の間に発生する確率が高いと予測されている南海地震では、高知市は甚大な被害を受けると予測されている。中央防災会議の東南海・南海地震等に関する専門調査会の地震の規模の想定は、マグニチュード (M) は 8.4 と 1707 年に起きた宝永地震と同規模とされている。これは、1995 年に甚大な被害をもたらした阪神・淡路大震災レベルの被害がもたらされると予測しなければならない。

阪神・淡路大震災時には無かった津波・高潮の被害が非常に高くなるのが過去の宝永地震の被害記録に記されている。中央防災会議では、高知市の海岸部には 10 メートルを超える大津波が押し寄せ、また、中心部は浸水高さ 5 メートルが 9 時間継続することを想定しなければならない。また津波・高潮は震後約 30 分でくると予測され、これらのことから地震避難を考える際、まず、津波・高潮から避難することを考えることが急務とされる。

本研究は、上記のような想定に対する避難対策を提案し、またその対策の優先順位をつける指標を提案することを目的とする。なお、本研究では防潮堤の耐震性が問題視されていることから、防潮堤が機能しない場合を想定している。

#### 1-2. 避難対策策定プロセス

地理情報システム (GIS) にこれまでに収録した、建物データに加えて新たに等高線データ、都市計画データ、道路幅員データなどの収録作業を行い、各地域の避難対策を策定する。これらのデータを使用し、次の 5 項目をもとに 113 に分けられた各地区の優先順位と対策を検討する。

- 1) 津波・浸水被害地域
- 2) 町別避難施設状況
- 3) 町別道路通過障害率
- 4) 町別避難施設到達困難度

なお、等高線データを GIS に投影させ浸水を免れる地域は、本研究の対象から除外した。

### 2. 津波・浸水被害地域の設定

宝永南海地震時には高知市は過去に甚大な被害を受けた。高知県南部では津波は山まで達し、建物はほとんどのものが流出した。高知市中心部では、川を遡上した津波が堤防の低い部分から侵入し、また湾の堤防を破壊もしくは乗り越え、深さ 5m 程度浸水した。

次期南海地震はこの宝永地震と同規模と予測されている。被害もほぼ同規模だと推測される。被害の範囲は宝永地震時と同じものとした。高知市は高知港の東西に丘陵がせり出



図-2.1 津波・浸水被害地域

した「はらみ」と呼ばれる地域があり、そこを境に、南は津波被害、北は津波浸水被害となる。図-2.1 は高知市をこの予測被害タイプ別に示したものである。この場合分けにより、対策としてその町のどのくらいの高さの建物が必要かを判断する。前述のとおり、はらみの北側の津波浸水地域は 5m の浸水被害が起こるので、それ以上の建物、約 3 階建て以上の建物を避難施設にしなければならない。はらみの南側は 10m の浸水被害が起こるので 4 階以上の建物を避難施設としなければならない。

### 3. 町別避難施設状況

避難施設は津波被害地域で 4 階建て以上、浸水地域で 3 階建て以上と設定した。また、



図-3.1 避難場所の有無

建物だけでなく、想定された津波高さ及び浸水高さ以上の高さの高台や山がある場合にはそれらを避難施設とすることとする。また避難する人間の速度は老人が歩く速度を基準に毎分 40m とし、移動できる時間は 10 分間と想定し、400m 以内と想定した。地震後 30 分で津波が来ると想定されており、震後パニックを考慮した場合避難できる時間は正味 10 分程度と想定した。

これらを 400m 以内に「避難場所がある地域」及び「避難場所が無い地域」の 2 つのパターンに色分けして図-3.1 に示した。

避難建物が無い地域は、新たに避難建物を建てるという対策が第一条件となる。

### 4. 避難施設の有無による緊急対策の提案

避難施設がある場合は、建物倒壊で道路閉塞が起こる可能性があるため、道路閉塞解消のための建物の耐震補強がなさねばならない。また、共通した対策として、避難施設建物のロックなどを破壊したりするためのハンマーなどの道具を町内会各班レベルであらかじめ準備しておくことを提案する。避難施設が 400m 以内でない地域で避難施設建物を新たに設置する場合は、木造倒壊等による既存の道路の閉塞条件を良く吟味してその場所を決定されなければならない。

## 5. 道路通過障害率

避難する際、避難場所があっても、避難場所までいけなければ意味が無い。そこで、地区別に阪神大震災時のデータを使用した建物倒壊による通過障害率を算出する。通過障害率の算出方法は東京都火災予防審議会答申の算出式を国道交通省住宅局が地震用に簡略化したものを採用した。

### 5-1 算定に必要なデータの整理

市街地倒壊危険性を検討するための、通過障害率の算定に必要なデータは S55 年以前の木造率、棟数密度、建物棟数、全道路本数、全交差点数、幅員別道路構成比の 6 種類である。このなかで道路本数及び交差点数の数え方は H9 年東京消防庁火災予防審議会答申を踏まえ、道路と道路の交点を交差点とし、交差点により分割されるものを道路として数えた。

### 5-2 道路通過障害率の算定手順

5 つの手順で道路通過障害率を算定した。これは H9 年東京消防庁答申を参考にし、倒壊危険建物を算出し、これより倒壊危険建築物棟数を算出する。倒壊危険建築物棟数より、幅員別に倒壊危険建築物がある道路本数を算出する。これに幅員別の道路閉塞発生率をかけ幅員別道路閉塞率を算出する。幅員別道路閉塞率をすべて足し合わせ、全道路本数で割り、町別道路閉塞率を算出する。最後に町別道路閉塞率を用い道路通過障害率を算出した。

### 5-3 道路通過障害率の地図化

下の図-5.3.1 が道路通過障害率の算出結果を図化したものである。道路通過障害率が 30%

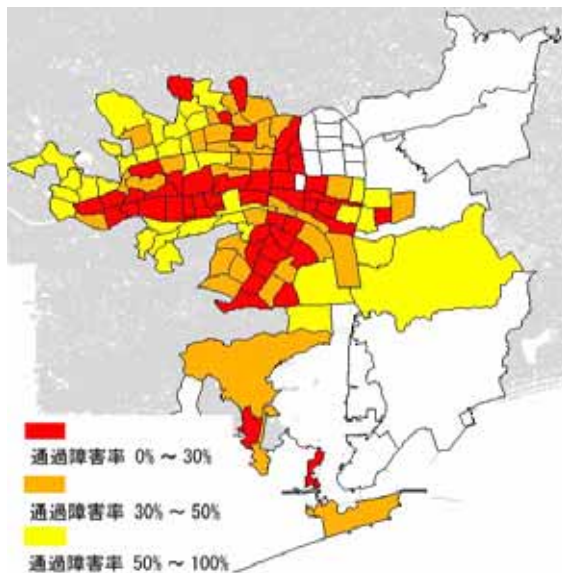


図-3 通過障害率

を越えるとその 2 で述べる孤立する交差点が発生し、避難が難しくなるとされている。0% ~ 30%、30% ~ 50%、50% ~ 100%と分類し図示した。

## 6. 道路通過障害率にもとづく避難施設到達困難度

道路通過障害率より、高知市が町ごとにどれだけ津波浸水の避難が困難になるかを把握する必要がある。道路が通過障害によってどれだけ避難が困難になるかをあらかず指標として、家屋倒壊からの通過障害により発生する交差点が孤立する割合を相対的な避難到達困難度とした。

### 6-1 道路格子サイズの考え方

各地区の道路の通過障害率により避難が不可能となる恐れが生じてくる。ここで行う解析は文献『耐震改修の推進に向けて』を利用した。図-6.1.1 に示すような概念の道路格子サ

イズを考える。これは外周の道路が建物の倒壊が起きても消防車の通過障害とならない幅員 8m 以上と想定されており、幅員 8m 以上の道路で囲まれた地域内の道路が、縦横何本で構成されているかを表すものである。参考文献の消防自動車がこの地区の内部に障害なしで入れる可能性を解析した事例を利用する。ここで、小型消防自動車が入れなくなる 6m 以下の道路では道路が塞がれて人間も避難路として使用できないと想定した。即ち、消防自動車が入れる確率と、逆に内部から人間が避難施設へ到達出来る確率そのものは 1 対 1 に対応しないが、相対的な比率は同等と想定した。道路格子サイズによって、道路通過の妨げによって消防車が建物の倒壊により行き着けない孤立する交差点の割合、孤立交差点数割合(行き着けない交差点数/全交差点数)が求まる。

これを、道路格子内から外周 8m 道路へ出られる確率と同等とみなし、地域の中で外周 8m 道路へ出られる最も困難な位置はこの道路格子の中心部と想定し、この中心部から外周 8m 道路へ向け避難すると想定した。つまり、津波・浸水避難を考える際に、外周のすべての交差点に避難建物があると想定したものと同等と考えた。しかし実情は外周すべてには避難建物を想定できず、本解析では、図-6.1.2 に示すように、外周に 3 箇所の避難建物がある実際の地域について解析した。また、今回は町別に計算を行っているので、町の中でいくつか道路格子が作成できるが、その中で危険側に見積もれる、最大の道路格子サイズをその町の道路格子サイズとした。

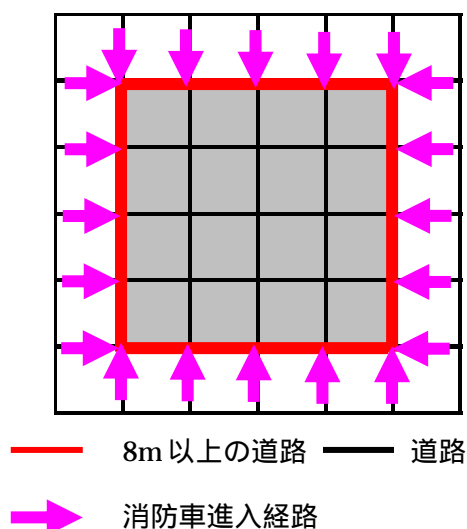


図-6.1.1 格子サイズ模式図

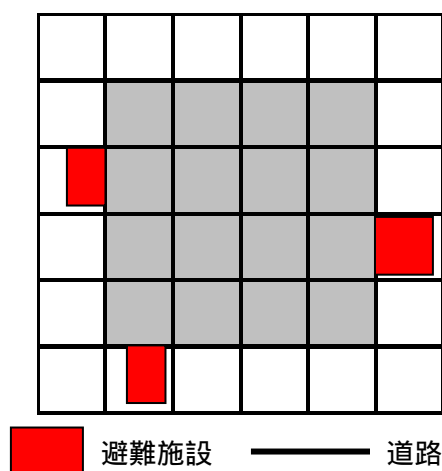


図-6.1.2 格子サイズ模式図

## 6-2 避難施設到達困難度(孤立交差点割合)の読み取り

孤立交差点が発生する確率について検討する。8mより小さい道路即ち 6m、4mでは建物倒壊で消防車が通過出来ない。また 6m以下の道路では神戸の地震で木造倒壊により人間も通過出来なかったのが共通の通過障害と想定した。この解析で通過障害率による孤立した交差点の発生についてモデル的に検討が行われた結果、図-6.2.1 のような関係が示された。またこれより、想定する道路格子サイズに係わらず通過障害率が 3 割を越えると孤立交差点が発生することが示された。この関係を使って孤立交差点割合を読み取った。しかし、

本来は想定される道路格子の外周すべてに避難施設が無ければならないが、本研究では 3 つの避難施設で道路格子を作成しているため絶対的な数値として扱うことができない。すべての地域で避難場所を 3 つ使い、道路格子サイズを考えていること、道路格子サイズが同じであること、道路通過障害率が同じであることから、相対的な困難度は同じであると考えた。この相対的な孤立交差点割合を避難施設到達困難度とした。

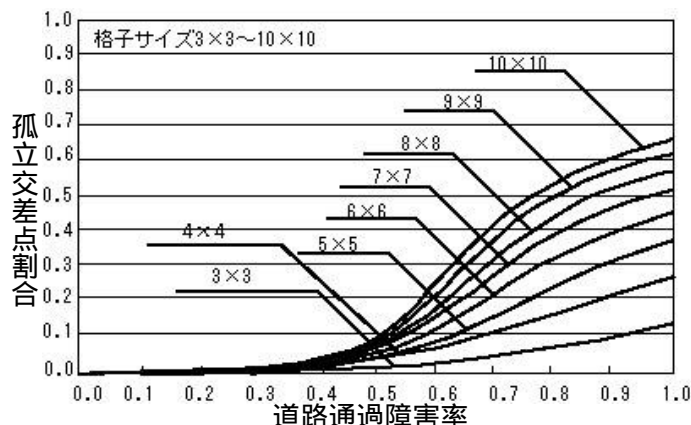


図-6.2.1 格子サイズ別道路閉塞率と孤立交差点割合の関係

## 7. 避難対策優先順位付け

第一に避難場所が無い地域は、速やかにその地域に避難建物を建てなければならない。これが高知市において最優先事項ではないかと思われる。

次に、避難施設（場所）がある地域は、町の性状により、どの地域が優先的に対策を行わなければならないかを避難施設到達困難度（孤立交差点割合）、人口密度を掛け合わせ、優先度を求め、これを図-7.1 に図示した。また上位 4 つの地域を表-7.1 に示した。人口密度は夜間人口を基にしたものしか所有していなかったため、これに昼の滞在割合を夜の人口密度に掛け合わせ昼の人口密度を算出し、夜の人口密度と昼の人口密度の平均を本研究の人口密度とした。

また通過障害率が 0.3 以下や、格子サイズ 0×0 の時、優先度は 0 となり、計算上避難施設へは到達できるとされるため、高知市の対策順序としては後回しとなる。

表-7.1 最優先対策地域

地区名	避難施設到達困難度	昼夜平均人口密度	優先度
南ノ丸町	0.02	1602.92	32.06
稻荷町	0.01	1338.15	13.38
前里	0.12	100.30	12.04
元町	0.09	114.47	10.30

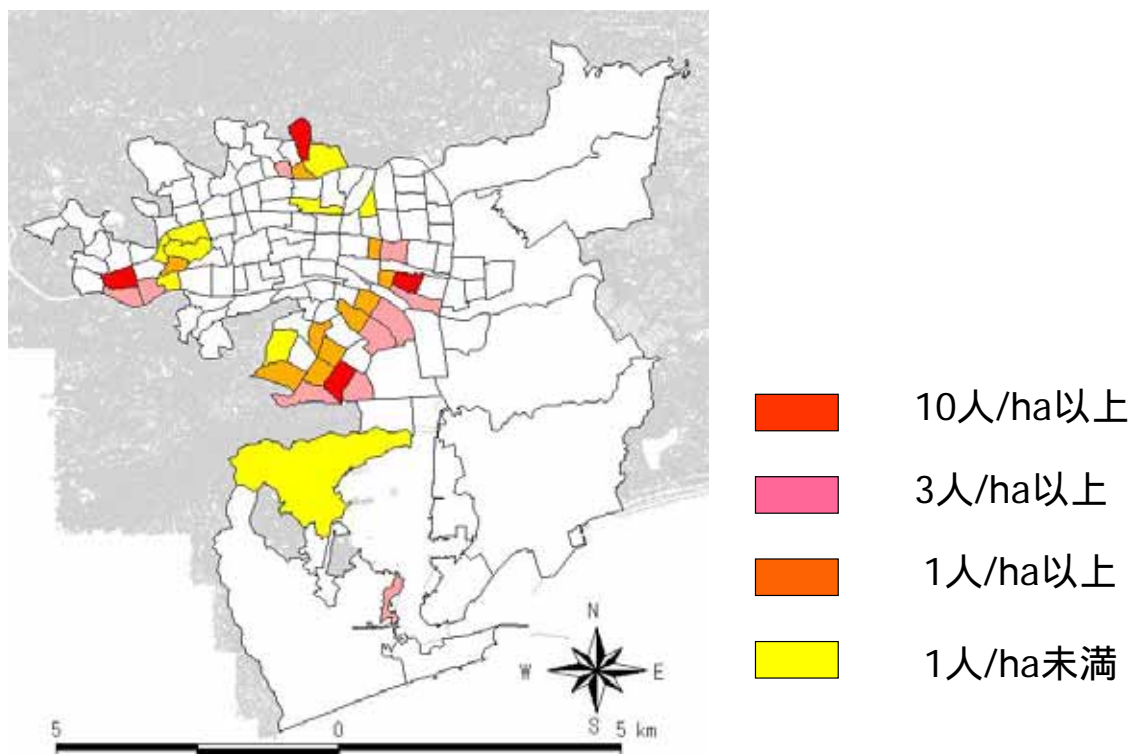


図-7.1 対策優先順位

#### 8. 今後の課題

本研究では、津波・浸水の被害想定に対して避難できる場所の有無と、道路通過障害率を元に高知市のどの町から津波に対する避難対策を行っていけばよいか分かった。避難場所がない地域は早急にどの場所にどのような建物が必要かを議論する必要がある。避難施設はあるが道路通過障害により避難が困難になる地域は、どの道路に通過障害が発生するかを特定し、その道路に面する木造建物の耐震化を行い、道路通過障害率を0.3未満に抑えることが今後の課題となってくる。

# A Proposal of the Evacuation Measure in Kochi City from the Tsunami and Tidal Wave in Nankai Earthquake

Kochi University of Technology  
Graduate School of Engineering Department of Engineering  
Infrastructure Systems Engineering Course 1065071  
Takeshi Hara

Next Nankai earthquake is expected to be the same scale as the Hoei Nankai earthquake which occurred in 1707. The expected height of tsunami is exceeding 10m rolls to the seashore part of Kochi, and we have to assume that the tsunami flood height of 5m which continues the central part for 9 hours. It is predicted that tsunami and tidal wave come within about 30 minutes after an earthquake vibration. From these conditions, it is the most important to consider taking evacuation from tsunami and tidal wave. This research aims at proposing evacuation and countermeasure schemes, against tsunami and tidal wave.

Building data recorded in GIS, works of contour line data, city planning data, road width data, etc were done on a geographic information system, and determine the evacuation scheme each regional area. Tsunami and the flood stricken area are clarified. Moreover, by data analysis, then the evacuation facilities were checked. In case that there is no evacuation area, it was proposed to construct new buildings evacuation facilities. In the regional areas evacuation which has the rate of a road passage obstacle and the isolation rate at road crossing was computed. The isolated area at road crossing due to collapse of buildings means impossible evacuation from the tidal wave. Further daily expected floating population and population density are also taken into this evaluation for evacuation considering the reduction of number of dead people in the tidal wave.

Finally the evaluation index for the evacuation against tsunami was proposed considering effective items. Computed index showed the patterns of each regional area for the countermeasure against tsunami and tidal wave.