

12. 津波防災に関わる集団移転促進への土地利用の三次元重心計算の適用

山本義幸・中村栄治・倉橋奨・宮崎裕太

1. はじめに

津波防災として、各自治体がハード・ソフトの施策を組み合わせた強化が進められている。ハード対策では集団移転事業や海岸堤防、ソフト対策では津波ハザードマップが実施されている^{1) 2)}。特に津波の影響が考えられる沿岸部で望ましい土地利用形態は地域で千差万別の状況である。学会がとりまとめた提言では、重心移動が津波防災の具体的方策として示されている³⁾。先行研究では、土地利用に重みを与えて土地の重心を解析した事例がある⁴⁾。ただし、これは、二次元平面の検討結果であり、高さ方向の重心は考慮されてなかった。三次元を扱った先行研究として、航空レーザ測量成果を利用した津波避難ビル選定方法の事例がある⁵⁾。これでは、航空レーザ測量成果から津波避難ビル候補の選定が可能であることを示した。高さ情報を加えたことでシミュレーションや津波避難ビル候補を選定し直すことを可能とした。このように、津波防災の観点で三次元を利用する手法はリアルティを高めるものと思われる。そこで、津波防災を検討する指標として土地利用の三次元重心の適用を試みた。三次元重心を利用すればより具体的に津波防災計画の策定における拠り所として期待される。

本研究では、津波防災の指標として土地利用の三次元重心の適用の可能性について検証した。土地利用の重みを設定し、中部圏沿岸部を対象に三次元重心解析し、津波防災への適用を検討した。三次元重心位置の水平方向位置と鉛直方向位置を使用した津波防災に関わる指標を提案した。

2. 手法

津波防災への土地利用の三次元重心の適用についての計算方法並びに評価方法について述べる。評価方法に関しては、3つの指標を提案した。以下にこれらについて記述する。

2.1 三次元重心計算

図1は重心の概念図で、土地利用A、B、Cに重みをつけた時の三次元重心の決定の一例を示す。この図において決定された重心の座標は X_g 、 Y_g 、 Z_g である。重みは各土地利用の重み W_a 、 W_b 、 W_c の大きさに応じた円の大きさで示している。この例では、土地利用Bの重みを最も大きくしている。そのため、土地利用Bの方に重心位置が偏った結果となっている。

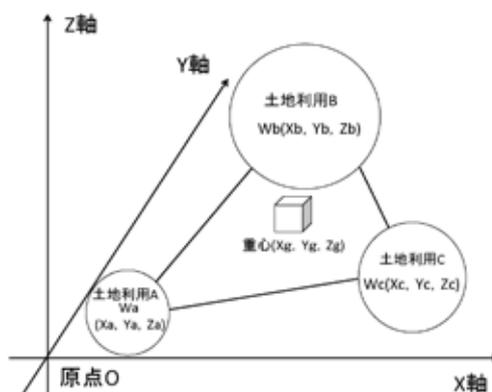


図1 三次元重心計算の概念図

土地利用に重み付けをして地域の重心位置を土地利用と標高データを利用して次式で算出した。

$$X_g = \frac{\sum_{j=0}^{m-1} \sum_{i=0}^{l-1} (iW_{i,j})}{\sum_{j=0}^{m-1} \sum_{i=0}^{l-1} (W_{i,j})} \quad (1)$$

$$Y_g = \frac{\sum_{j=0}^{m-1} \sum_{i=0}^{l-1} (jW_{i,j})}{\sum_{j=0}^{m-1} \sum_{i=0}^{l-1} (W_{i,j})} \quad (2)$$

$$Z_g = \frac{\sum_{j=0}^{m-1} \sum_{i=0}^{l-1} (H_{i,j}W_{i,j})}{\sum_{j=0}^{m-1} \sum_{i=0}^{l-1} (W_{i,j})} \quad (3)$$

ここで、 X_g 、 Y_g 、 Z_g は重心座標、 l は土地利用画像と標高データ画像の横方向メッシュ総数、 m は土地利用画像と標高データ画像の縦方向メッシュ総数、 i は画像左端のメッシュを0として右方向を正とした時の対象メッシュの横方向位置、 j は画像の上端メッシュを0として下方向を正とした時の対象メッシュの縦方向位置、 $W_{i,j}$ は対象メッシュの土地利用項目の重み、 $H_{i,j}$ は対象メッシュの標高値 (m) を示す。

2.2 重み

重心計算で土地利用毎に設定する重みは津波防災の観点から設定することにした。宮城県震災復興計画で示されている高台移転・職住分離イメージの土地利用配置を基準に設定した⁶⁾。表1は、17種類の土地利用にそれぞれ重みをつけた値である。図2に示すとおり住宅エリアは高台に移転するとともに、産業エリアは沿岸部に設置している。これは、地域の状況に応じた職住分離をはかり居住空間の安全を確保するイメージとなっている。これにならって、住宅エリアの土地利用の重みを大きくし、産業エリアの土地利用の重みを小さくした。なお、田や農用地の重みは食生活に関わる位置づけで居住に関わるものとした。居住空間に関わるものは住宅エリアよりは低く、産業エリアよりは高く設定した。

表1 土地利用状況の重みの設定

土地利用項目	重み
海	0
河川・湖沼等	0
その他	1
対象地域外	1
山林・荒地等	1
造成中地	1
空地	1
工業用地	2
商業・業務用地	3
公園・緑地等	4
田	5
畑・その他の農地	5
道路用地	6
その他の公共公益施設	7
一般低層住宅	8
密集低層住宅	8
中高層住宅地	8

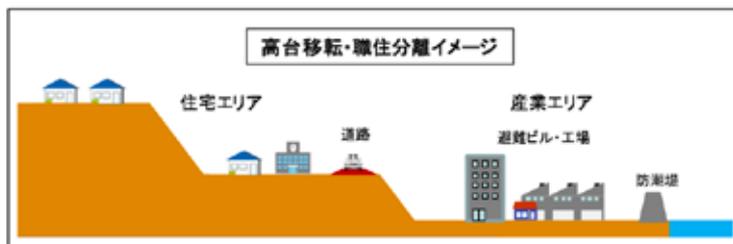


図2 宮城県震災復興計画移転イメージ⁶⁾

2.3 三次元重心を使用した津波防災の指標の提案

三次元重心を求め、その結果を津波防災へ評価利用する指標の事例を提案した。提案指標はHGIT、VGIT、GITの3つである。HGITはHorizontal Gravity Center Index for Tsunami、VGITはVertical Gravity Center Index for Tsunami、GITはGravity Center Index for Tsunamiである。HGITは三次元重心で算出した水平重心 (X_g 、 Y_g) の位置と津波浸水想定域を比較した評価結果である。VGITは三次元重心で算出した鉛直重心 (Z_g) の位置と標高平均を比較した評価結果である。GITはHGITとVGITを統合した三次元重心による土地利用の津波防災に対する評価結果である。

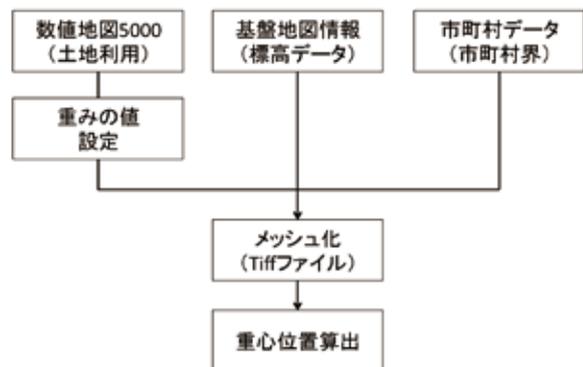


図3 重心計算の流れ

表3 使用データ一覧

データ名	制作元
数値地図 5000(土地利用) 中部圏 2003	国土地理院
基盤地図情報 (数値標高モデル)	国土地理院
全国市区町村界データ	esri ジャパン
津波浸水想定 (平成 26 年 11 月 26 日版)	愛知県 建設部河川課
津波浸水予測図一覧 (平成 23 年版)	三重県 防災対策部

2.4 使用データ

表3は使用したデータの一覧である。数値地図5000（土地利用）中部圏2003は対象地域の土地利用状況を把握するために使用した。基盤地図情報（数値標高モデル）は対象地域の標高の重心を算出するために使用した。全国市区町村界データは対象地域のデータのみ重心算出するため使用した。図3に画像入手から重心計算算出までの流れを示した。数値地図5000（土地利用）のデータはメッシュ化する前に土地利用事に重みを設定した。重心計算におけるピクセルサイズは5mメッシュに統一してメッシュ化した画像で計算を行った。

3. 結果と考察

津波防災を目的に設定した土地利用の重みで中部圏沿岸部を計算対象に三次元重心計算を行った。表4に算出した三次元重心から評価したHGIT、VGIT、GITと鉛直方向、標高平均および標準偏差を示した。以下に提案した3指標について水平方向、鉛直方向ならびに三次元的評価について述べる。

(1) GIT=◎

基本的に、標高の平均と標準偏差が高い市町村が多くを占めている。そのため、標高が高い地域に住宅地を立地可能であった。桑名市と美浜町は例外であるが、重心移動のポテンシャルを有している。

(2) GIT=○

基本的に、標高の標準偏差が高い市町村が多かった。GIT=◎の市町村と大きな差異は見られなかった。

(3) GIT=△

標高の標準偏差が高い市町村となった。よって、この市町村は標高の高い地域へ住宅等の立地は可能である。すなわち、重心移動による集団移動のポテンシャルを有している。

(4) GIT=▲

標高の平均および標準偏差とも低い市町村がほとんどであった。よって、標高の高い地域への住宅等の立地は難しい。すなわち、重心移動による集団移動のポテンシャルはなく、隣接する市町村と調整の上、合同での集団移転が必要と考えられる。

表4 三次元重心計算による提案指標評価結果

対象地域	HGIT	VGIT	GIT	鉛直重心 (m)	標高 (m)	
					平均	標準偏差
港区	×	△	▲	0	0	1.8
南区	○	△	○	1	1	3.7
弥富市	×	△	▲	0	0	1.7
飛鳥村	×	△	▲	0	0	2.6
東海市	○	△	○	3	3	11.9
知多市	○	○	◎	4	3	13.9
常滑市	○	○	◎	11	10	18
刈谷市	○	△	○	9	9	6.5
美浜町	○	×	△	6	7	16.9
南知多町	○	△	○	7	7	24.9

対象地域	HGIT	VGIT	GIT	鉛直重心 (m)	標高 (m)	
					平均	標準偏差
武豊町	○	○	◎	10	8	18.9
半田市	○	○	◎	11	10	16.4
東浦町	○	△	○	7	7	15.6
高浜市	○	△	○	3	3	3.2
碧南市	×	△	▲	1	1	3.1
西尾市	○	×	△	2	4	54
木曾岬町	×	△	▲	0	0	1.4
桑名市	×	○	△	53	24	84.9
川越町	×	△	▲	1	1	2.2
四日市市	○	○	◎	13	12	47.6

4. まとめ

土地利用の三次元重心への適用として3つの指標を提案した。結果として、提案指標による集団移転のポテンシャル評価の可能性を確認した。今後は、VGITについては標高+津波想定浸水深との比較によって評価を行っていく。また、総じて、提案指標の評価結果の正当性について検討していく予定である。

参考文献

- 1) 集団移転事業による居住者の移転実態とその背景, 新潟中越地震に置ける長岡市西谷地区及び小高地区の事例, 田中正人, 日本建築学会計画系論文集, 第76巻, 第665号, pp1251-1257, 2011
- 2) 港湾物流機能維持のための海域津波ハザードマップ開発に関する研究, 増田光一・居駒知樹・小泉佐和子・増田光弘, 土木学会論文集B 3 (海洋開発), Vol.67, NO.2, pp601-606, 2011
- 3) 土木学会日本都市計画学会共同派遣: 東日本大震災, 地域基盤再建総合調査団 (第二次総合調査団) 中間とりまとめ (案), 土木学会・日本とし計画学会, 2011
- 4) 津波防災に関わる集団移転促進への土地利用の重心計算の適用, 山本義幸・安田将康・倉橋奨・中村栄治, 応用測量論文集, vol.26, pp45-53, 2015
- 5) 津波避難ビル候補の選定における航空レーザ測量成果の利用方法, 朝香智仁・岩下圭之・工藤勝輝・青山定敬・山本義幸, 日本リモートセンシング学会誌, Vol.33, No.1, pp1-11, 2013
- 6) 宮城県: 宮城県震災復興計画, <http://www.pref.miyagi.jp/uploaded/attachment/36635.pdf>
- 7) ESRIジャパン全国市区町村界データ, <http://www.esri.com/products/japan-shp/>
- 8) 基盤地図情報標高DEM 変換ツール株式会社エコリス, <http://www.ecoris.co.jp/contents/demtool.html>
- 9) 基盤地図情報サイト, 国土交通省, 国土地理院, <http://www.gsi.go.jp/kiban/>
- 10) 津波浸水想定 (平成26年11月26日版), 愛知県建設部河川課, <http://www.pref.aichi.jp/soshiki/kasen/0000077984.html>
- 11) 津波浸水予測図一覧 (平成23年版), 三重県防災対策部, <http://www.pref.mie.lg.jp/D1BOUSAI/tsunami/shinsuiyosokuzu.htm>