

# 構造物の地震応答計算の三次元可視化ツールの開発

徳島大学 学生会員 河野杏南

## 1. 序論

近年，地震の多発により様々な地震対策が行われている．その1つとして構造物の地震応答解析が行われている．この解析の計算結果は複雑であるため，判断が容易ではない．そこで，判断指標の1つとして本研究では様々なツールから求められた構造解析の計算結果を三次元的に可視化するツールの開発を行う．

## 2. 三次元モデルの作成と可視化の方法

本研究では，既存の地図情報からポリゴンデータの情報（各点の緯度経度，建物の階数）を得て，三次元的モデルを作成し，構造解析の計算結果を考慮しポリゴンデータを更新することで地震応答計算の三次元の可視化を図る．この可視化を行うためにプログラミング言語 Python で複数のモジュールを使用し，グラフとして三次元モデルを表現した．

### 3.1. 座標変換と基準点の変更

地震応答計算で得られる結果データは平面直角座標なので，既存の地図情報から得たポリゴンデータも平面直角座標に変換しなければならない．また，緯度経度の基準は赤道，子午線であるため，建物の付近に基準点を変更する．変更の仕方を以下に示す．

まず，緯度経度から平面直角座標に変換する．変換方法は多々あるが本研究では簡潔な方法を用いる．地球の極半径を  $R=6356.0789 \times 1000\text{m}$ ，ポリゴンデータの経度を  $x_p$ ，緯度を  $y_p$  とし，赤道からポリゴンの点までの距離  $x_m$ ，子午線からの距離  $y_m$  は以下の式で表せる．

$$x_m = \frac{R \times \cos(y_p) \times 2 \times \pi}{360} \times x_p$$

$$y_m = \frac{R \times 2 \times \pi}{360} \times y_p$$

また，建物ポリゴンデータ  $(x_m, y_m)$  のそれぞれの平均値  $(x_A, y_A)$  を新たな基準点とし，地図情報のポリゴンデータを新たに作成しなおす．この新たなデータを  $x, y$  とする．以下に  $x_A, y_A$  と  $x, y$  を求める式を示す．

$$x_A = \frac{\sum x_m}{(x \text{ の個数})}$$

$$y_A = \frac{\sum y_m}{(y \text{ の個数})}$$

$$x = x_p - x_A$$

$$y = y_p - y_A$$

### 3.2. 平面情報から三次元モデルへの拡張

3.1 で更新した  $x, y$  の情報を基に三次元に拡張する．まず，三次元に拡張したときのポリゴンのノードに番号を付ける．1階部分にノードが  $m(m:任意)$  個ある  $n(n:任意)$  階建てのポリゴンのノード番号の付け方を図1に示す．このノード番号  $i$  の  $x, y, z$  座標の値を  $x_i, y_i, z_i$  とし，その求め方を以下の式に示す．

$$x_i = x_{i-m} \quad (i \geq m)$$

$$y_i = y_{i-m} \quad (i \geq m)$$

$$z_i = n_i \times h \quad (n_i: \text{ノード } i \text{ がある階数})$$

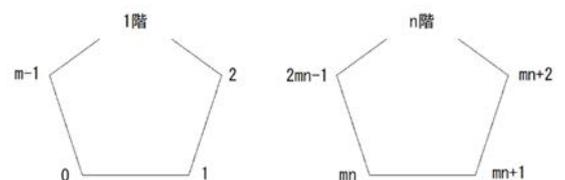


図 1: 平面のノード番号の付け方

建物の壁、床、天井を作成する。まず、三次元でのノード番号の付け方を図 2 に示す。この時、 $z$  の値が同じノードをノード番号順に線で結び、 $i$  番目と  $i+m$  番目のノード同士も線で結び、この線を建物のアウトラインとした。その後  $x$ - $y$  平面と平行の面を床及び天井とし、 $x$ - $y$  平面と直交する平面を壁とし、それぞれ色を付けた。

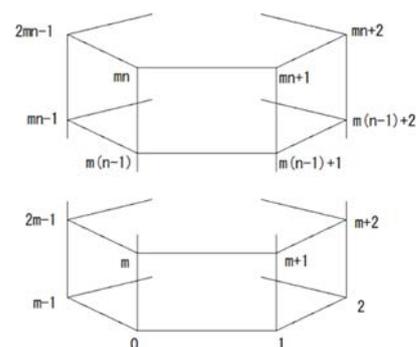


図 2:三次元のノード番号の付け方

### 3. 3. 地震応答解析結果の三次元可視化方法

3.1, 3.2 で作成した三次元モデルを基に地震応答解析で得た計算結果を考慮し、ノードそれぞれの  $x,y,z$  座標の値を更新する。更新した三次元モデルを連続的に変化させることで、地震応答計算の時間的変化を動的に可視化（アニメーション）ができる。

## 4. 適用例

徳島大学常三島キャンパスの総合科学部 1 号館と建設棟を上記の手順で可視化した三次元モデルを図 3, 図 4 に示す。ただし、建設棟は地震応答解析の可視化は行っていない。元の三次元モデルを黒色、地震応答解析の計算結果（ここでは変位として任意の値を入力した）を考慮した後の壁と床を黄色、天井を青色、点を緑、線を黄色で示した。

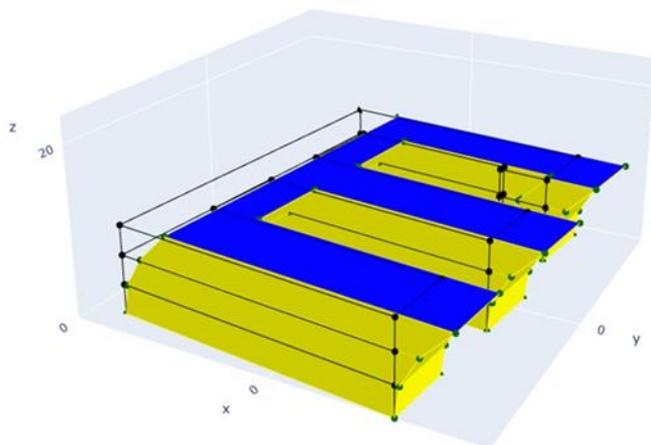


図 3:徳島大学常三島キャンパス総合科学部 1 号館

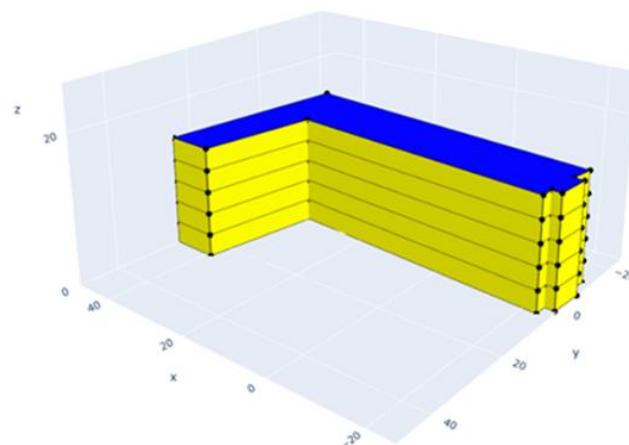


図 4:徳島大学常三島キャンパス建設棟

これらの図より既存の地図情報からポリゴンデータとしてノードの緯度経度、建物の階数が利用可能であれば三次元モデルの作成が可能であった。また、各ノードに変位を与えることで構造物の変形も可視化ができた。しかし、図 4 の徳島大学常三島キャンパス建設棟は実際には 3 階と 5 階が混在する建物であり、このように高さが一様でない構造物には適用できないことがわかった。

## 5. 結論

本研究では地震応答解析計算結果の判断指標の 1 つとして可視化するツールの開発を行った。このツールを適用することで高さが一様な構造物のみ可視化が可能であった。しかし、このツールでは実際の建物の形状を正確に表現できていないため、プログラムの再構築とそれに伴い既存の地図情報から得る情報を増やす必要がある。また、今後 1 つの建物だけではなく多数の構造物を同時に可視化するためにプログラムの効率化が必要となる。

## 6. 参考文献

1. 小白井亮一, 地球の形と経度・緯度~地図の根底にあるもの~, 令和元年 7 月 22 日, <https://www.gsi.go.jp/common/000203066.pdf>
2. Plotly, <https://plot.ly/>, (2020 年 2 月 4 日閲覧)