

都市の風況解析用メッシュにおける要素サイズ調整方法の検討

日本大学大学院理工学研究科土木工学専攻 学生会員 小野 大輔

日本大学理工学部土木工学科 正会員 長谷部 寛

日本大学理工学部土木工学科 正会員 野村 卓史

1. はじめに

ビル風やヒートアイランド現象など都市の風環境に関する問題に対し数値シミュレーションによる風況予測の重要性が高まりつつある。本研究では有限要素法により都市の風況解析を行うため、領域の底面のメッシュを作成し、積み上げることで三次元メッシュを作成する手法を開発している。また建物内部と外部の解析メッシュの要素サイズの違いを調整する必要があるため、対処法を検討した。

2. メッシュ作成アルゴリズム

清水らの方法¹⁾を参考に、底面メッシュ作成アルゴリズムを構築した。底面メッシュ作成手順の詳細に関しては参考文献(2)を参照していただきたい。

(i) 解析領域内の構造物を線分のみで構成する。これを幾何モデルと呼ぶ。〔図1(a)〕

(ii) 各線分を直交座標軸(ξ , η)に平行な線分に割り当て、長さを決定する。このモデルを認識モデルと呼ぶ。〔図1(b)〕

(iii) 認識モデルを含む領域を直交格子状に要素分割する。このモデルを写像モデルと呼ぶ。〔図1(c)〕

(iv) 写像モデルの節点と実空間の節点との間の写像関係に関する方程式(弾性体の方程式)を解くことで実空間での節点座標値を求め、解析メッシュを作成する。〔図1(d)〕

3. 要素サイズの調整

作成された底面メッシュを積み上げ三次元解析メッシュを作成する際、建物の屋根面では図形の内部にもメッシュが必要となる(図2)。だが、円のように直交座標軸に写像する際に変形が大きい図形(図1(a), (b))では、図形外部と図形内部のメッシュの要素サイズにギャップが生じてしまう(図3)。しかし、風況解析用メッシュは表面近傍で要素の大きさが極端に変わらないことが望ましい。この問題の対処法として、図形内部の各節点に外向きの集中荷重を与え、中心から境界に向けて内部を広げるように変形させることを検討した。

集中荷重を図形内部の節点に加えるタイミングとしては、

- 1) 写像モデルから、方程式を解きメッシュを作成する時
- 2) 一度解析メッシュを作成し、重みづけをし、再度方程式を解きメッシュを作成する時

- 3) 1)の時と2)の時とで集中荷重を二度加えた時

この3パターンを検討したが、完成した解析メッシュに大きな違いは見られなかったため、2)の方法を用い、メッシュを作成する。

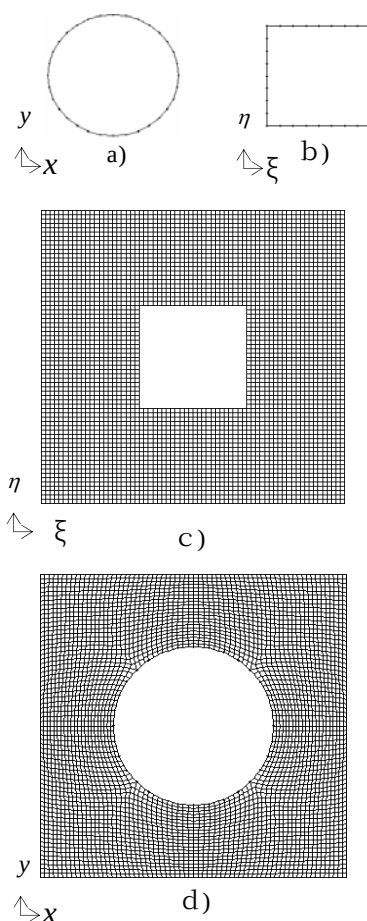


図1 メッシュ生成方法

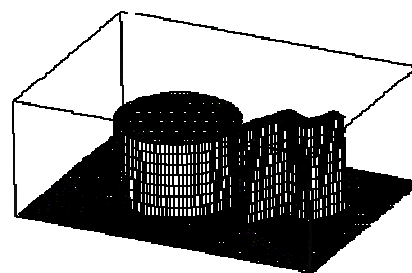


図2 三次元解析メッシュ

キーワード：風況解析、有限要素法、写像、集中荷重

連絡先：千代田区神田駿河台 1-8-14 日本大学理工学部土木工学科 Tel03-3259-0411

4. 集中荷重の与え方

写像モデルから方程式を解き解析メッシュを作成すると各節点に変位が生じる(図4). ここで集中荷重の与え方として, 図形内部の節点 i に生じる変位ベクトル $\mathbf{u}_i$ を集中荷重のベクトル $\mathbf{P}_i$ に置き換え, その節点に作用させる.

$$\mathbf{P}_i = \alpha \mathbf{u}_i \cdots (1)$$

α は集中荷重の大きさを表す係数である. $\mathbf{P}_i$ を作用させて, 再度方程式を解きメッシュを作成する.

式(1)の係数 α の大きさを自動的に定める基準は, 図形の境界に隣接している二つの要素の大きさに着目して, 以下のように設定した.

集中荷重を与えないで方程式を解き解析メッシュを作成した後, 図5のように図形の境界に沿って内側と外側に向き合った二要素 A, B において, 境界となっている辺に隣接した2辺の長さ r_i ($i=1 \sim 4$) から, 外側の要素の平均 H_1 と内側の要素の平均 H_2 をとる.

$$\left. \begin{aligned} H_1 &= (r_1 + r_2)/2 \\ H_2 &= (r_3 + r_4)/2 \end{aligned} \right\} \cdots (2)$$

H_1, H_2 を要素の大きさとして, 図形外部と図形内部の要素の大きさを比較し, 比較値 X_1 を求める.

$$X_1 = |H_1 - H_2| \cdots (3)$$

次に図形内部の節点に変位に応じた集中荷重として式(1)の $\alpha = 1/10$ とした荷重を加え, 解析メッシュを作成する. r_i の値が変わるので, 要素の大きさ H_1, H_2 を式(2)より再計算し, 式(3)より比較値 X_2 を求める.

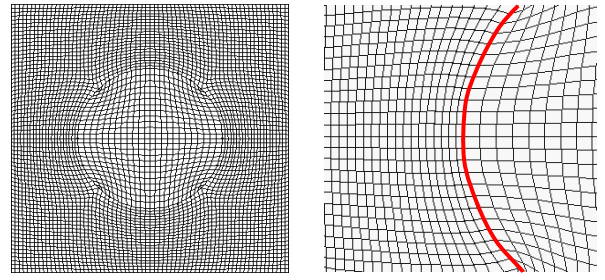
ここで $X_1 > X_2$ ならば, さらに $\mathbf{P}_i/10$ の集中荷重を図形内の各節点に加えメッシュを作成し, 式(2)~式(3)の手順を行う.

ここで, $X_1 < X_2$ になるまでこの計算を繰り返すが, 図形の角付近ではこの条件を満たすことは難しいため境界に隣接している全要素の2/3以上がこの条件を満たすまで計算を繰り返すことにした.

以上の手順で, 図形の境界近傍の要素サイズが連続な解析メッシュを作成することができた(図6). なお, 図6の右の図形では最初に写像した段階で境界以外の要素寸法の差がほとんど同じであり, 集中荷重による要素サイズの調整は不要と判別された.

参考文献

- 1) 清水ひろみ, 高橋宏明, 千葉矩正, 山下禎文: 3次元シェル構造物の有限要素自動生成, 日本機械学会論文集(A編), 1993
- 2) 小野大輔, 長谷部寛, 野村卓史: 都市の風況解析に向けた任意形状の建物を含む領域の解析メッシュ作成法, 第60回土木学会年次学術講演会講演概要集, 2005



(a) (b)
図3 図形内部のメッシュと境界での要素サイズのギャップ

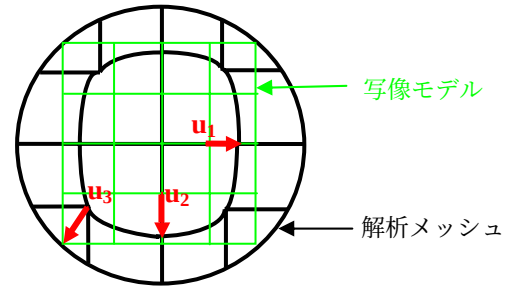


図4 節点の変位

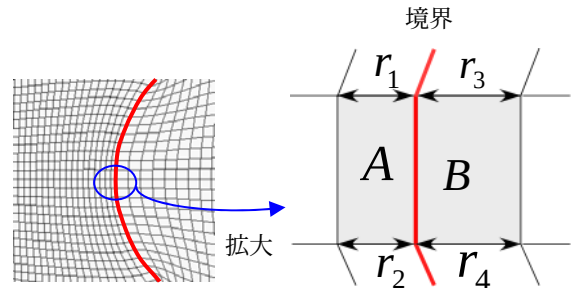


図5 要素サイズの測定

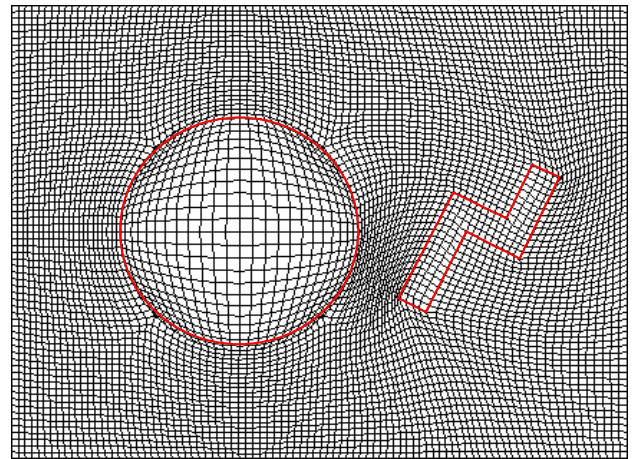


図6 改良されたメッシュ