

市街地の風況解析のための六面体有限要素メッシュ生成アルゴリズムの構築

日本大学大学院理工学研究科土木工学専攻(研究当時) 正会員 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

市街地の風況シミュレーションを行うためにはメッシュ作成が重要な要素技術の一つとなる。本研究では乱流解析における境界層の離散化の観点から六面体要素を用いたメッシュ作成方法の開発について試みる。メッシュ作成の基本方針は始めに領域の底面をメッシュ分割して二次元メッシュを作成し、それを高さ方法に積み上げて三次元メッシュを作成するというものである。これにメッシュサイズを調整するための種々の技法を考案して組み込んだ。

2. 底面メッシュ作成アルゴリズム

2.1 アルゴリズム

清水らの方法¹⁾を参考に、底面メッシュ分割アルゴリズムを構築した。その手順は次の4つのプロセスからなる²⁾。

- (1) 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)].
 - (2) 各線分を直交座標軸 (ξ, η) に平行な線分に割り当て、
これを認識モデルと呼ぶ[図 1(b)].
 - (3) 認識モデルの外部の領域を有限要素で分割する。
これを写像モデルと呼ぶ[図 1(c)].
 - (4) 写像モデルに対し写像関係に関する方程式を解くことで
実空間に写像し解析メッシュを作成する[図 1(d)].
- 本研究では、写像方程式に弾性体の方程式を採用した。

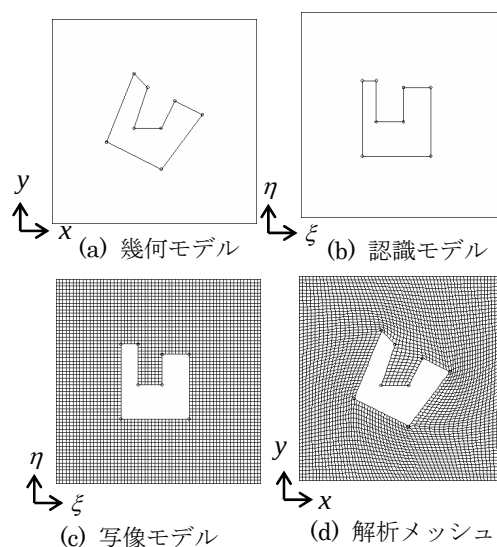


図1 メッシュ生成の流れ

2.2 ひずみの平滑化³⁾

要素のひずみを平滑化するために次の手順を用いた。はじめに式(1)で表されるひずみのノルム $\bar{\varepsilon}_e$ を要素ごとに求める。 $\bar{\varepsilon}_e$ が最大となる要素を基準として各要素の重みを式(2)より求める。

$$\bar{\varepsilon}_e = \sqrt{\varepsilon_x^2 + \varepsilon_y^2 + \gamma_{xy}^2} \quad C_e = 1 + \frac{\bar{\varepsilon}_e}{\varepsilon_{e \max}} \alpha \quad (1), (2)$$

α は重みの幅であり 20 とする。各要素のヤング率を $C_e E$ として弾性体の方程式を再度解きメッシュを作成する。

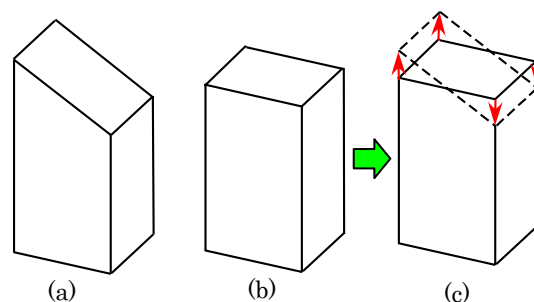


図2 平らではない屋根面のメッシュ作成方法

3. 平らではない屋根面への対応

3.1 解析メッシュ作成方法

屋根面の形状として、図 2(a)のように屋根面の高さが平らではない形状がある。これらの形状に対し、次の手順でメッシュを作成する方法を検討した(図 2)。

- (1) 屋根面が平らな三次元メッシュを作成する[図 2(b)].
- (2) 屋根面にある節点に強制変位を与える方程式を解くことで平らではない屋根面を作成する[図 2(c)].

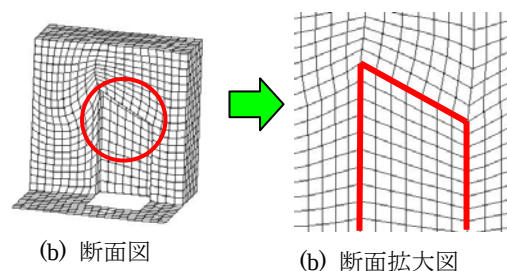


図3 平らではない屋根面のメッシュ

キーワード：風況解析，有限要素法，写像，解析メッシュ，六面体有限要素
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

強制変位を与える方程式として、三次元弾性体の支配方程式を用いる。また強制変位を与える際、物体の高さの基準面を屋根の平均高さにすることで節点の変位を小さくすることができる。方程式を解き、作成したメッシュを図3に示す。

3.2 ひずみの平滑化³⁾

物体の角付近の節点は変位量が大きいため、底面の二次元メッシュ作成時と同様のひずみの平滑化をこの時点でも行う。三次元の場合のひずみのノルムは式(3)である。

$$\bar{\varepsilon}_e = \sqrt{\varepsilon_x^2 + \varepsilon_y^2 + \varepsilon_z^2 + \gamma_{xy}^2 + \gamma_{yz}^2 + \gamma_{zx}^2} \quad (3)$$

重み操作を行うことで、要素のひずみを平滑化できる。

4. 解析メッシュの細分

以上のアルゴリズムで作成される解析メッシュは領域全体をほぼ等間隔で分割するため、境界層が形成される固体表面の要素サイズを以下のように細分する方法を検討した(図4)。

(1): 地表面付近は底面メッシュの積み上げ幅を細かくする

(2): 物体近傍の要素を物体を覆うように再分割する

また、再分割する際に発生させる要素の厚さ b_i はもとの要素幅を1として物体に近い箇所ほど細くなるように式(4)で与えた。

$$b_i = \frac{2^{(i-1)}}{2^n - 1} \quad (4)$$

ここで n は1要素の分割数を、 i は物体境界からの要素数を示す。図4(c)のように要素を4分割する場合、それぞれの要素間隔は図4(d)のようになる。

以上の手順で作成された解析メッシュを図5に示す。地表面付近や物体の境界近傍の要素サイズを細かくすることができた。

5. 終わりに

市街地の風況解析を行うための六面体有限要素生成アルゴリズムを構築した。任意の形状の建物が不規則に配置される空間をメッシュ分割することができた。図6、図7に上記以外に本研究のアルゴリズムで作成した解析メッシュを示す。

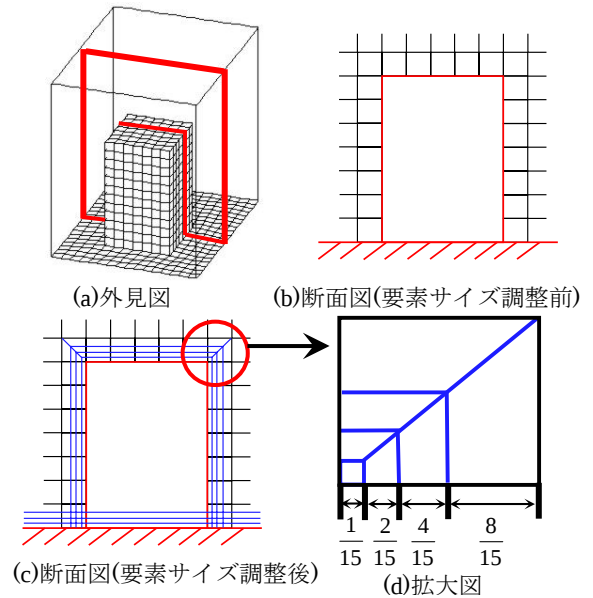


図4 メッシュサイズ調整方法

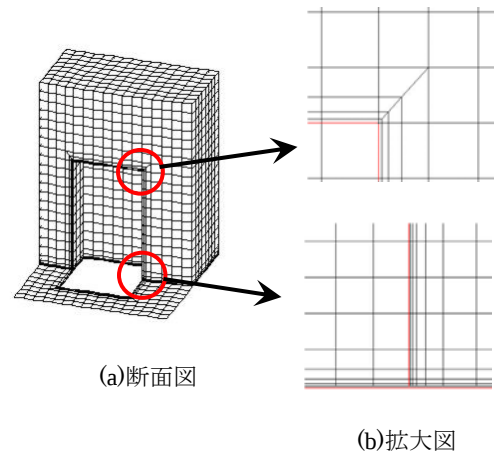


図5 要素サイズ調整後のメッシュ

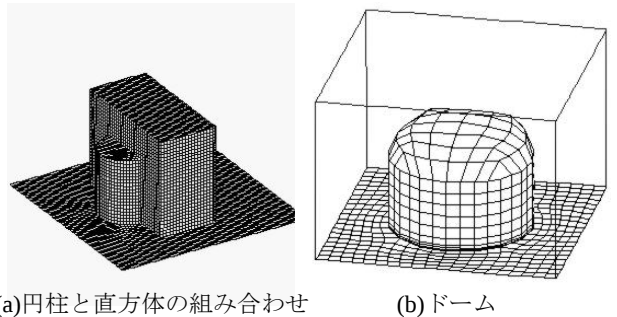
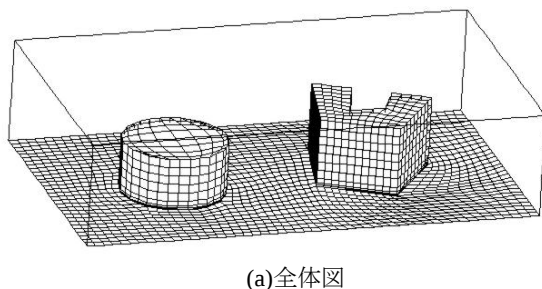
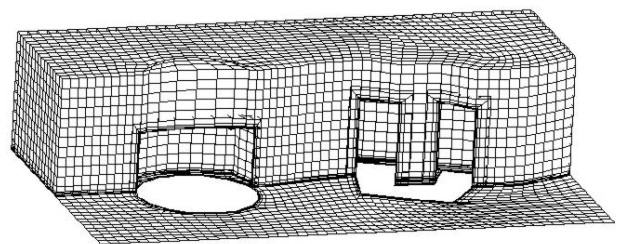


図6 屋根面形状が平らではない物体の三次元メッシュ



(a)全体図



(b)断面図

図7 二つの建物周りの解析メッシュ

参考文献

- 1) 清水ひろみ, 高橋宏明, 千葉矩正, 山下禎文: 日本機械学会論文集(A編), Vol. 59, No. 565, pp. 188-195, 1993
- 2) 小野大輔, 長谷部寛, 野村卓史: 第11回計算工学講演会論文集, pp. 239-242, 2006
- 3) 野村卓史, 西村拓: 土木学会論文集, No. 455, I-21, pp. 65-74, 1992