

## 高ライズ等張力曲面の形態解析 - サイマルコントロール法の適用

佐賀大学	学生会員	越智祐介
佐賀大学		山下修平
佐賀大学	正会員	帯屋洋之

**1.研究目的** 石鹸膜などの仮想剛性要素より構成される初期平面に対して、内圧荷重を載荷して膨張曲面を求める場合、内包体積の増加とともに内圧および曲率が増加する加圧膨張過程の解は得られても、内圧が極大値をとった後の減圧膨張過程の解を得ることはできない。また、内圧荷重下においては、全自由節点に対して変位制御解析を適用することもできない。本研究では、高いライズを有するような減圧膨張過程の等張力曲面形状解析に対してサイマルコントロール法を適用し、その有用性について検討する。

**2.サイマルコントロール法** サイマルコントロール法は、曲面上の任意の一節点に対して、強制変位と、そのときに発生する不釣合形状より算出される平均換算内圧を同時に載荷することにより、全節点の不均衡力と変位制御点の反力が収束し、変位制御点を含む曲面形状としての解を得ることができる増分解析手法である。また、非常に高い収束性を示すことが報告されている接線剛性法を用いているため、載荷する平均換算内圧の強度が反復段階ごとの曲面形状に依存して変化する場合でも、荷重の変分に起因する剛性項や数値解析上の特別な収束加速法は不要であり、内圧のみを作用させる場合に比べ収束性は劣るものの、確実に収束解を得ることができる。

全自由節点の不均衡力と変位制御の支点反力が収束すると同時に、平均換算内圧は、そのときの解形状と与えられた単位幅膜張力に対して釣合うべき一定の内圧に収束する。

**3.平均換算内圧** 変位制御点および全ての自由節点について、その節点の作用する要素端力の合力に対して釣合うべき内圧（＝換算内圧）を算出し、これを平均値として平均換算内圧を求める。

Fig.1 に示すように節点  $i$  に  $m$  個の要素が繋がっている場合、節点  $i$  における換算内圧は、

$$p_{Ci} = \frac{\mathbf{H}_i^T \bar{\mathbf{U}}_i}{\left| \sum_{j=1}^m \mathbf{A}_{ij} \right|} = \frac{\sum_{j=1}^m \mathbf{A}_{ij}^T \sum_{j=1}^m \bar{\mathbf{U}}_{ij}}{\left| \sum_{j=1}^m \mathbf{A}_{ij} \right|^2} \quad (1)$$

ここで  $\bar{\mathbf{U}}_i$  : 節点  $i$  における要素端力の合力ベクトル

$\mathbf{A}_{ij}$  : 要素  $j$  の節点  $i$  が負担する外積ベクトル

$\mathbf{H}_i$  : 節点  $i$  における曲面の法線方向余弦ベクトル

となり、変位制御点および自由節点の総数を  $n$  とすれば、平均換算内圧は、次式のようになる。

$$p_{AV} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n p_{Ci} \quad (2)$$

したがって、収束時には各点の換算内圧  $p_{Ci}$  ( $i=1,2,\dots,n$ ) は、平均換算内圧  $p_{AV}$  と等しくなり、一定の内圧を受ける釣合曲面が得られることになる。

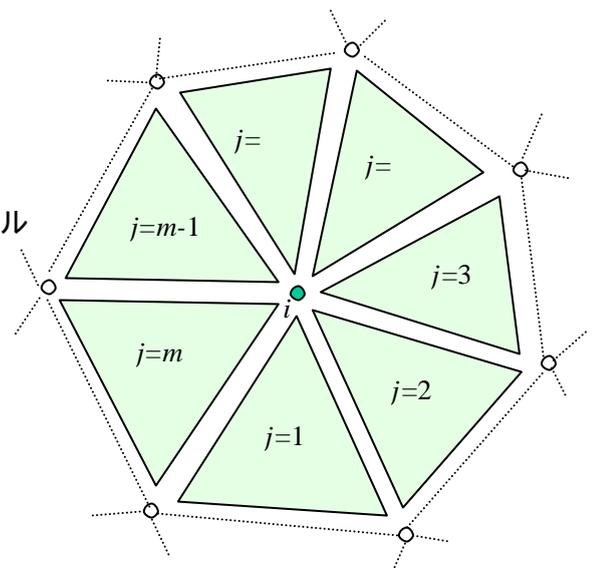


Fig.1 節点  $i$  における要素

キーワード サイマルコントロール法、平均換算内圧、高ライズ等張力曲面

連絡先 〒840-8502 佐賀市本庄町1番地 佐賀大学理工学部都市工学科 tell.(0952)28-8578

#### 4.数値計算例

Fig.3, Fig.6 のそれぞれの初期平面に変位制御点（三角のドット）を設定し、曲面法線方向に変位を漸増させることにより、Fig.2, Fig.5 の内圧 - 内包体積曲線を求めた。また、Fig.4, Fig.7 は、内圧 - 内包体積曲線上に示されている、丸いドットの解の曲面形状を表している。

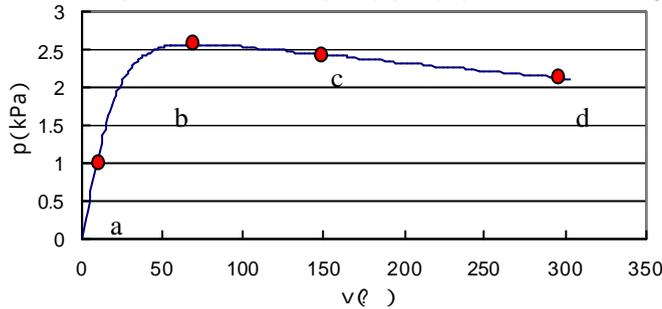


Fig.2 内圧 - 内包体積曲線\_1

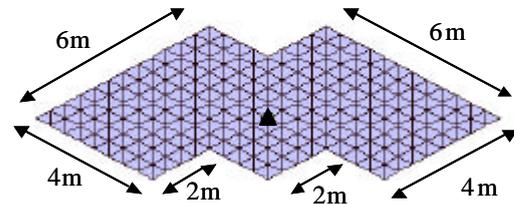


Fig.3 初期平面\_1

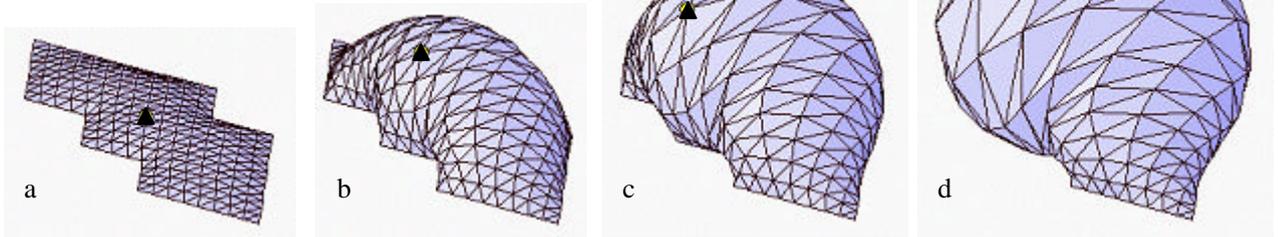


Fig.4 曲面形状\_1

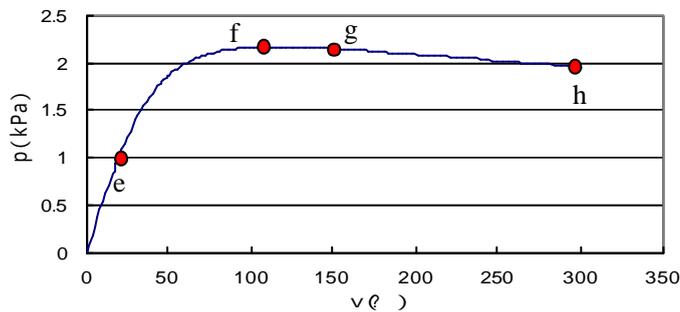


Fig.5 内圧 - 内包体積曲線\_2

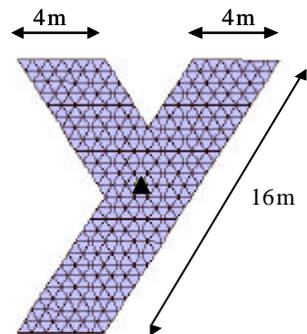


Fig.6 初期平面\_2

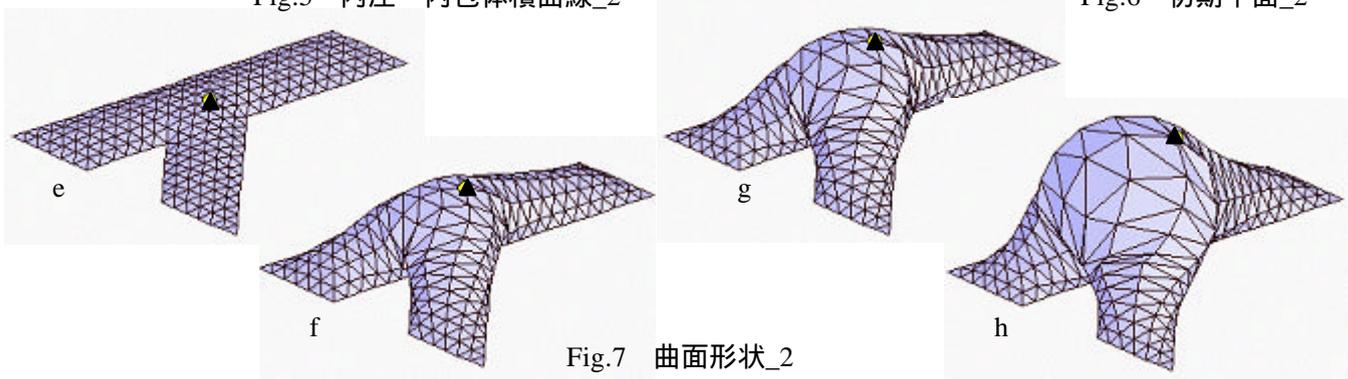


Fig.7 曲面形状\_2

5.まとめ サイマルコントロール法を適用することで、減圧膨張過程にある高ライズ曲面を得ることが可能となり、その有用性が確認された。任意の境界形状、変位制御点を用いて、高ライズ曲面を得ることが可能であることがわかった。

6.参考文献 (1) 帯屋洋之, 井嶋克志, 後藤茂夫, 荒牧軍治, 川崎徳明, サイマルコントロール法による膨張曲面の形態解析, 日本計算工学会論文集, No.20010041,

<http://homer.shinshu-u.ac.jp/jscs/trans/trans2001/trans2001j.html>, 2001