

九州工業大学

藤井美保

秋山哲也

寺崎俊夫

## Numerical Approach to Twisted Surface Forming with In-Plane Strain

by FUJII Miho AKIYAMA Tetsuya, and TERASAKI Toshio

キーワード：面内ひずみ、ねじれ曲面、曲面成形、シミュレーション

In-Plane strain, twisted surface, forming, simulation

**1. 緒言** 本研究では薄板の線状加熱加工条件に関する研究の一環としてねじれ曲面成形方法について検討した。近年、薄板の線状加熱加工において入熱と固有ひずみの関係については数値解析や実験により解明されつつある<sup>1)</sup>。しかし、加熱曲げ加工による変形形状についての検討はあまり行われていない。本研究では、現場の技術者が線状加熱加工を施すことによって成形しているねじれに注目した。ねじれ曲面の幾何学的性質を明らかにした上でFEM解析を用い変形形状を計算し、曲面成形方法について検討した。

**2. 微分幾何学を用いたねじれ曲面の性質** ねじれ曲面が微分幾何学では常螺旋面の一部であることを利用し、曲面の曲率と面内ひずみ量を計算した。Fig.1 に示すねじれ曲面は図中の変数  $u, v$  を使用すると次式で表わされる。

$$x = v/\theta$$

$$y = u \cos v$$

$$z = u \sin v$$

ここで  $\theta$  は単位長さ当りのねじれ角であり、定数とする。ねじれ曲面の主曲率  $\kappa$  は次式で表わされる。

$$\kappa = \pm \frac{1}{\theta(1/\theta^2 + u^2)}$$

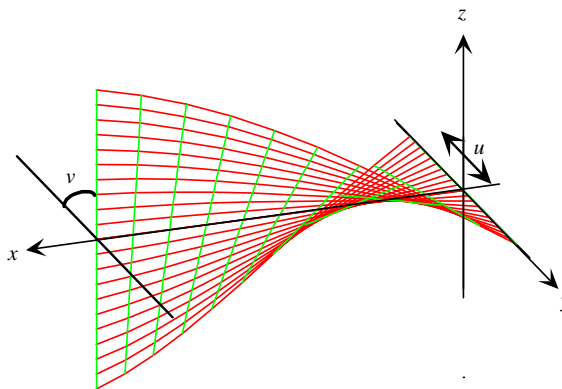


Fig.1 Twist model.

ねじれ軸上(Fig.1 では  $x$  軸)では常に  $u=0$  となるので、軸上では上記の  $\kappa$  に対応する主曲率はお互いに異符号であり、主方向は軸から 45 度傾いた方向に存在することがわかる。以上より、ねじれ曲面は曲率の性質に注目すると鞍形曲面に類似していると言える。Fig.2 は左図がねじれ曲面、右図が鞍形を示す。ねじれ曲面における主曲率  $R_v, R_h$  がそれぞれ鞍形部分における  $R_1, R_2$  に対応していることがわかる。また、面内ひずみ量  $\varepsilon$  は次式で表わされる。

$$\varepsilon = \sqrt{1 + \frac{2u^2\theta^2}{v^2}(1 - \cos v)} - 1$$

3. 数値解析方法 トーラス鞍形部分の曲面は、一次ローラー曲げ加工後線状加熱により絞り加熱を加えることで成形出来る。ねじれ曲面も同様の方法で曲面成形が可能か推定するため弾性 FEM 解析を用い板曲げ加熱変形シミュレーションを行い検討した。本研究では、レーザー加熱による横収縮を变形発生源とし、上記で得られた面内ひずみを曲面に与えることにより解析を行った。解

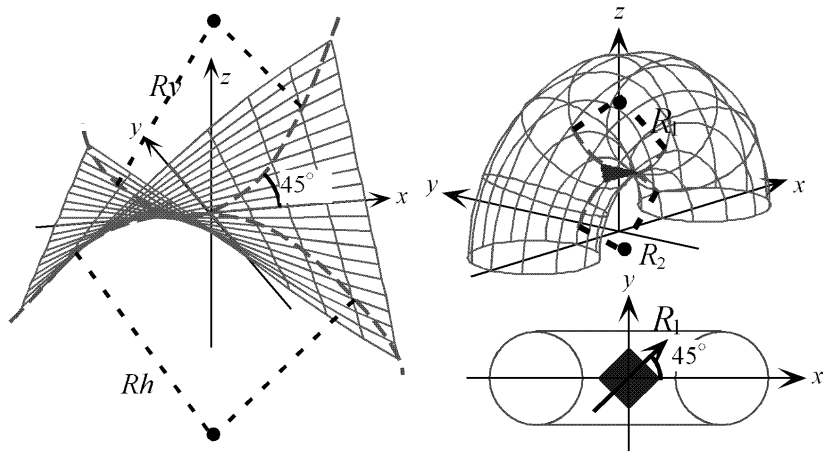


Fig.2 Twist model and saddle model.

析ソフトはABAQUSのシェル要素を用い、面内ひずみは直交異方性の線膨張係数を各要素に与え、曲面の温度を上昇させることにより与えた。

4. 数値解析結果及び考察 を 0.5 度から 2.0 度まで変化させ解析を行い、解析後得られた主曲率を主曲率の相乗平均で無次元化したものを Fig.3 に示す。Rv0 は初期曲率半径、直線が理論値である。Fig.3 より、 が 1.5、2.0 度の場合にはほぼ目的の曲率が得られていることがわかり、鞍形の曲面成形方法がねじれ曲面においても有効であることがわかる。ここで が小さくなるにつれ誤差が大きくなっているのは、線膨張係数を用い面内ひずみとして熱ひずみを与えた際に予定外の弾性ひずみが発生したことが原因であると考えられる。が小さいほど弾性ひずみの割合が大きくなっていた。

### 5. 結論

1) ねじれ曲面の主曲率の大きさ、方向、ひずみ量を導き、ねじれ曲面の が 1.5、2.0 度の場合、トーラス鞍形部と同様の方法で曲面成形が可能であることを示した。

参考文献 1) 寺崎俊夫, 山口寛一, 野本敏治, 北村貴典: 日本造船学会集, (2003), p.65-74

2) 秋山哲也, 寺崎俊夫: 溶接構造シンポジウム, (2004), 公演論文集, p.415-420

3) 曲線と曲面の微分幾何, 小林昭七, 裳華房

4) 秋山哲也, 寺崎俊夫: 溶接学会全国大会講演概要第 77 集(2005)p.288

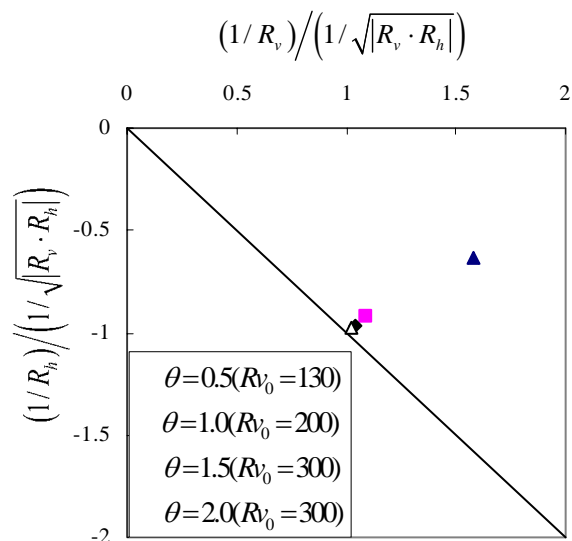


Fig.2 Principal curvature of twist model.