

交差型とLAP型の円筒形1.5層スペースフレームの 力学特性に関する基礎研究

九州工業大学 陳研究室

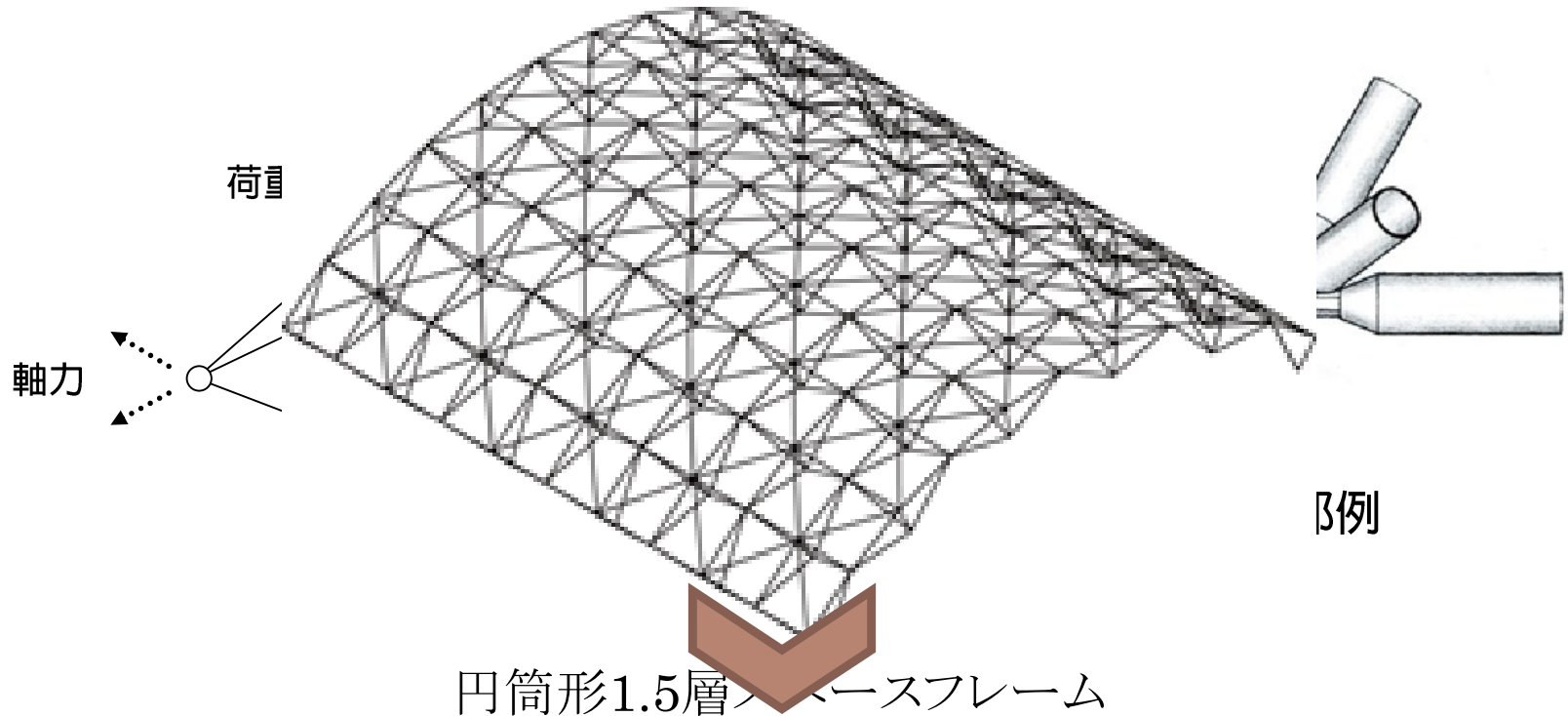
○落石謙
陳沛山

1. 研究背景

1.5層スペースフレームとは、新しい構造形式

□ 幾何学構成

2層の節点と1層の弦材と斜材で構成

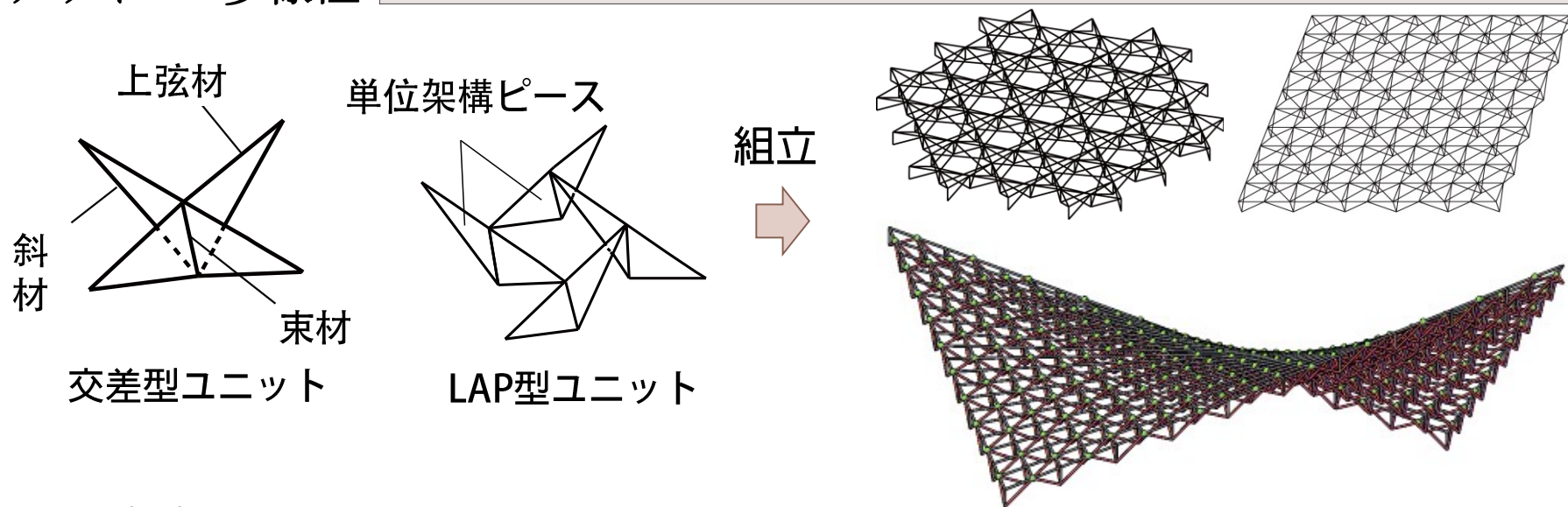


デザインの多様化、施工性の容易化、構造全体の軽量化

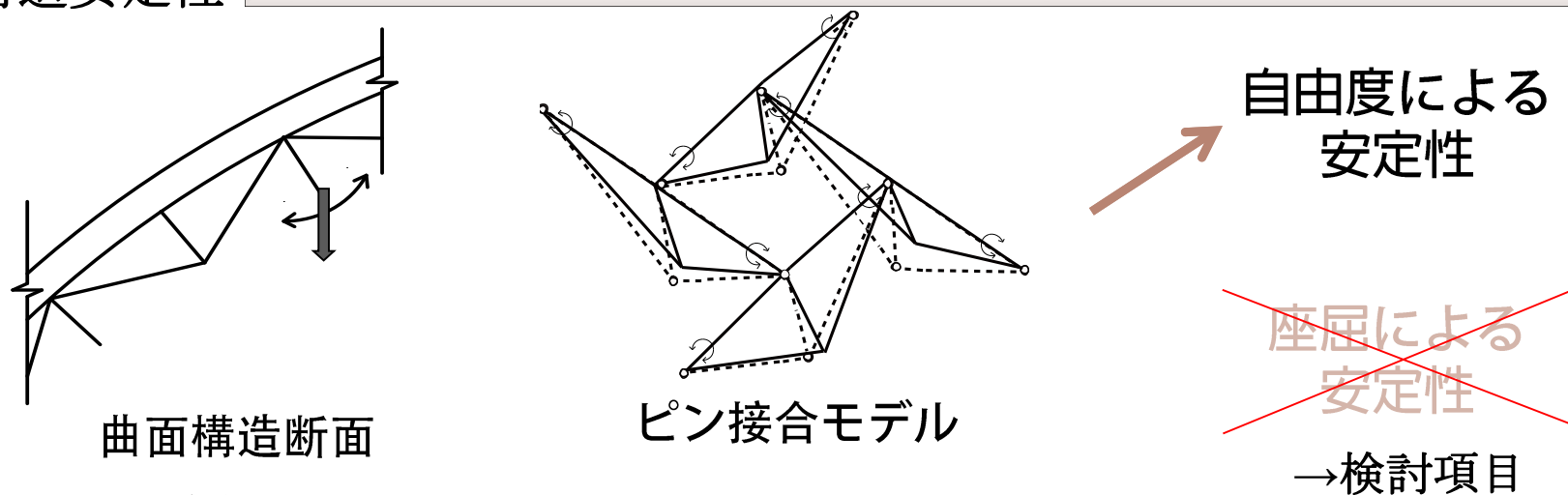
1. 研究背景

既往研究(1.5層スペースフレームに関する)

□ デザインの多様性



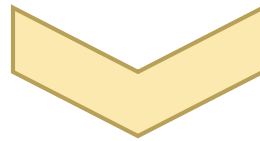
□ 構造安定性



□ 平面状1.5層スペースフレーム

2. 研究目的

曲面形状の1.5層スペースフレームに
関する研究が不十分



円筒形1.5層スペースフレームの研究

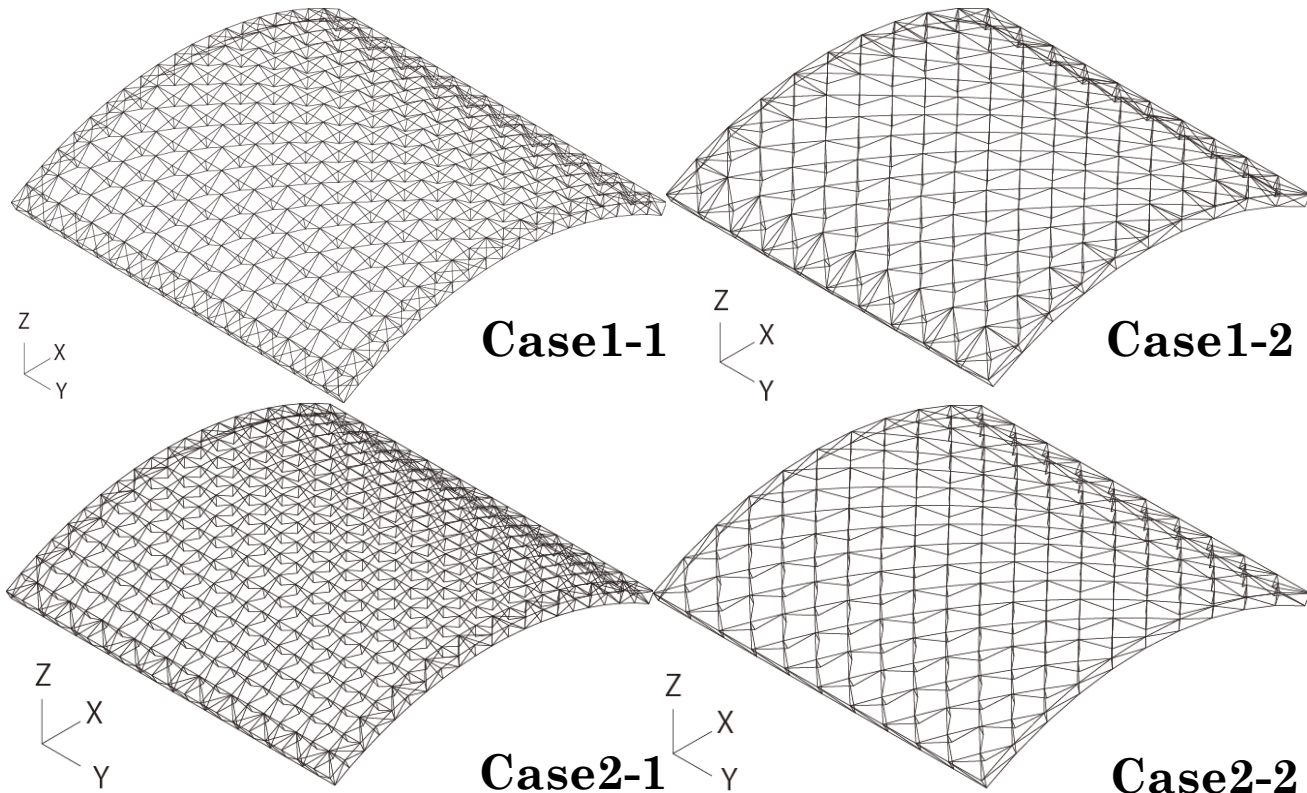
- ▶▶▶ 静的力学特性に関する解明
 - 4.1形状と変位の関係
 - 4.2軸力分布の特性
 - 4.3固有振動特性
- ▶▶▶ 実用可能なスパンや構造設計に関する情報の提言

3. 研究方法と内容 [1]解析モデル

構造解析ソフト**ADINA8.5**を用いて

1.5層スペースフレームの静的解析,固有値解析

□ 解析モデル



Case1-1: 交差型ユニット、正方向グリッド

Case1-2: 交差型ユニット、45° 斜交グリッド

Case2-1: LAP型ユニット、正方向グリッド

Case2-2: LAP型ユニット、45° 斜交グリッド

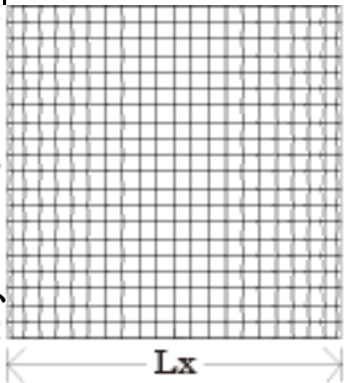
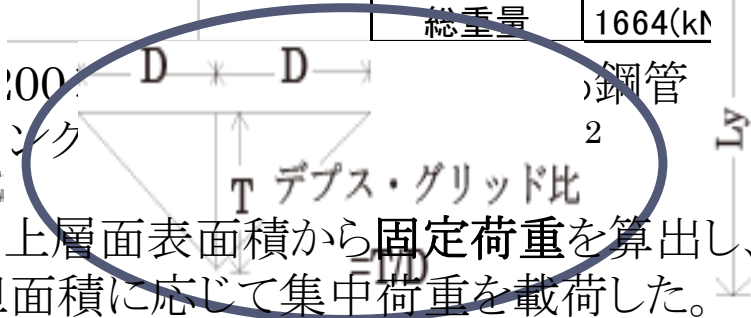
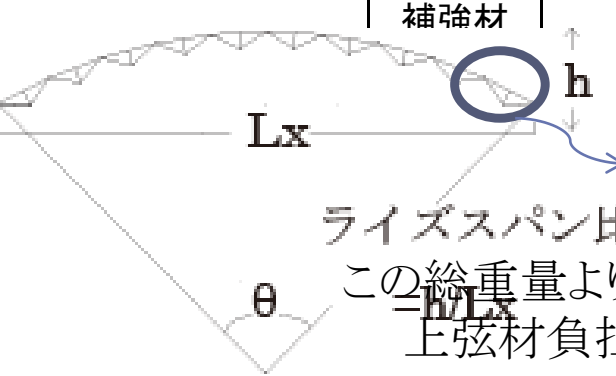
3. 研究方法と内容

[2]形状パラメータ

□ 荷重や境界条件などの設定

形状パラメータ

	単位重量(kN/m3)	長さ(m)	断面積(mm2)	本数
上弦材	7.8	2.5	3656.8	840
斜材	7.8	2.9	3656.8	840
束材	7.8	1.5	3656.8	261
補強材	7.8	-	3656.8	236
総重量				1664(kN)



ライズスパン比

デプス・グリッド比

辺長比

辺長比
= L_y/L_x

この総重量より上層面表面積から固定荷重を算出し、
上弦材負担面積に応じて集中荷重を載荷した。
スパン L_x :50m、一定条件とする。

形状パラメータによる

鉛直変位や軸力分布の変化を調べる
適切な形状を模索する

4. 研究結果 [1] 変位形状 Case1-1

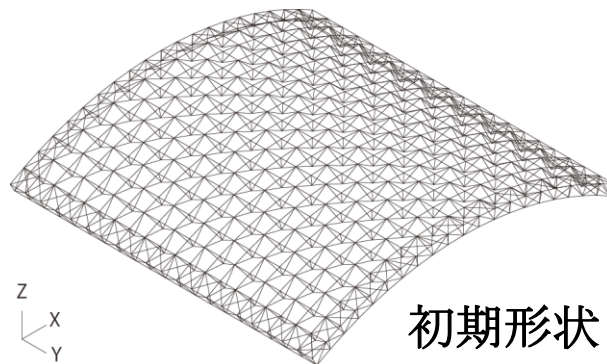
□ 支持条件による変形

集中荷重4156Nを載荷

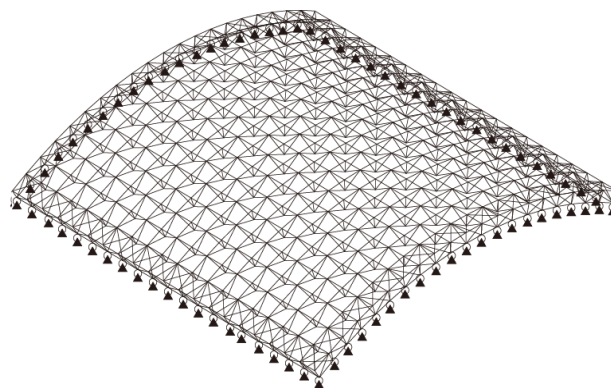
スパン50×50m

束材長さ1.5m

ライズスパン比0.13

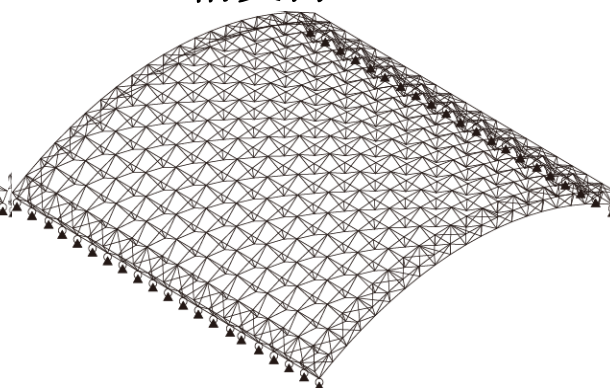


4辺支持



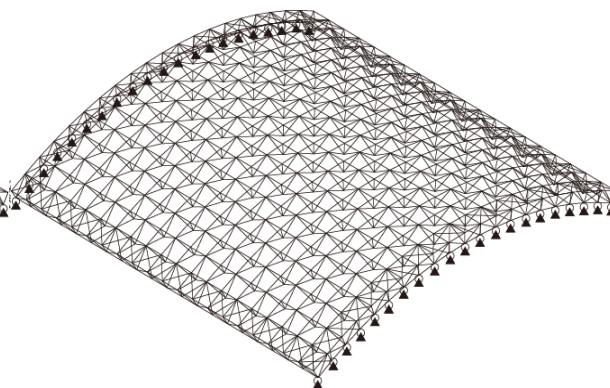
47.9mm

桁支持



43.0mm

妻支持



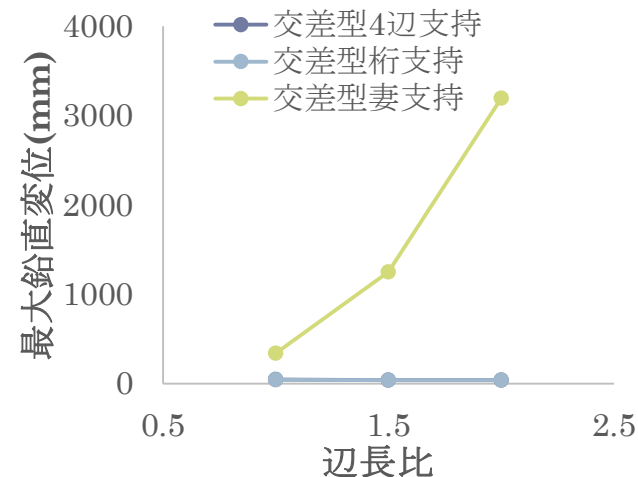
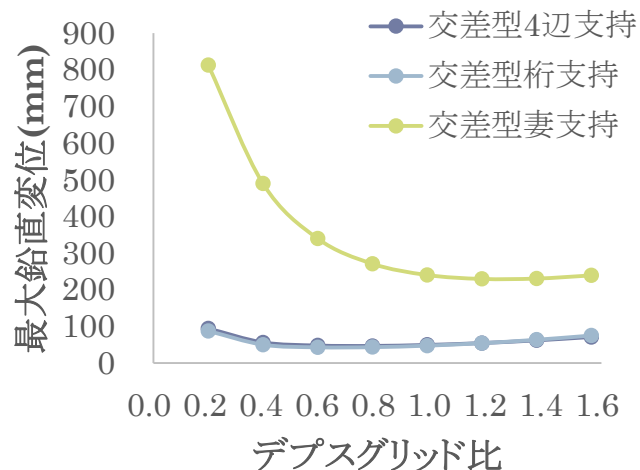
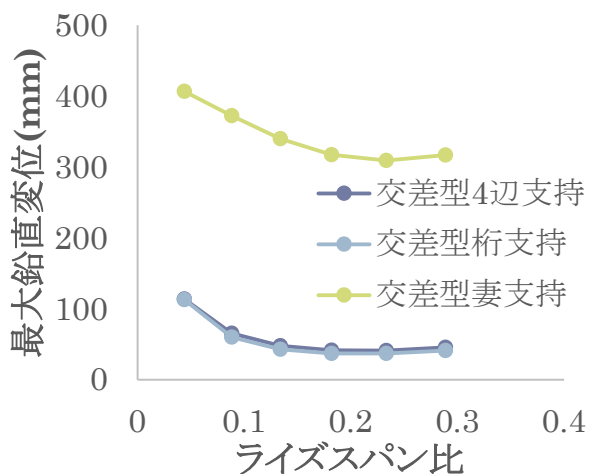
339.8mm

4辺支持や桁支持では過大な変形ではない(スパンに対するたわみ1/1000程度)

4つの解析モデルに関わらず、妻支持の場合に鉛直変位が大きい。

4. 研究結果

[1] 形状パラメータと鉛直変位 Case1-1



剛性の評価

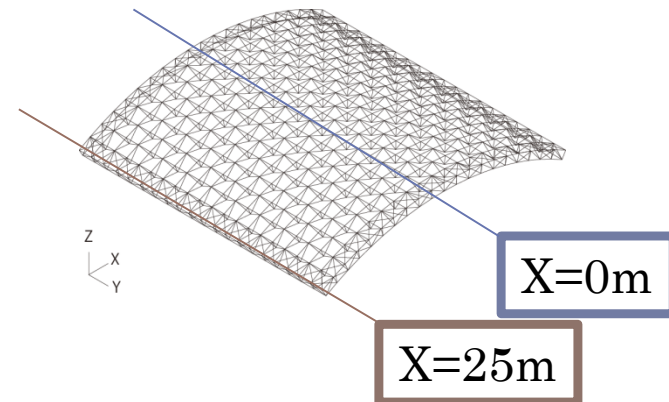
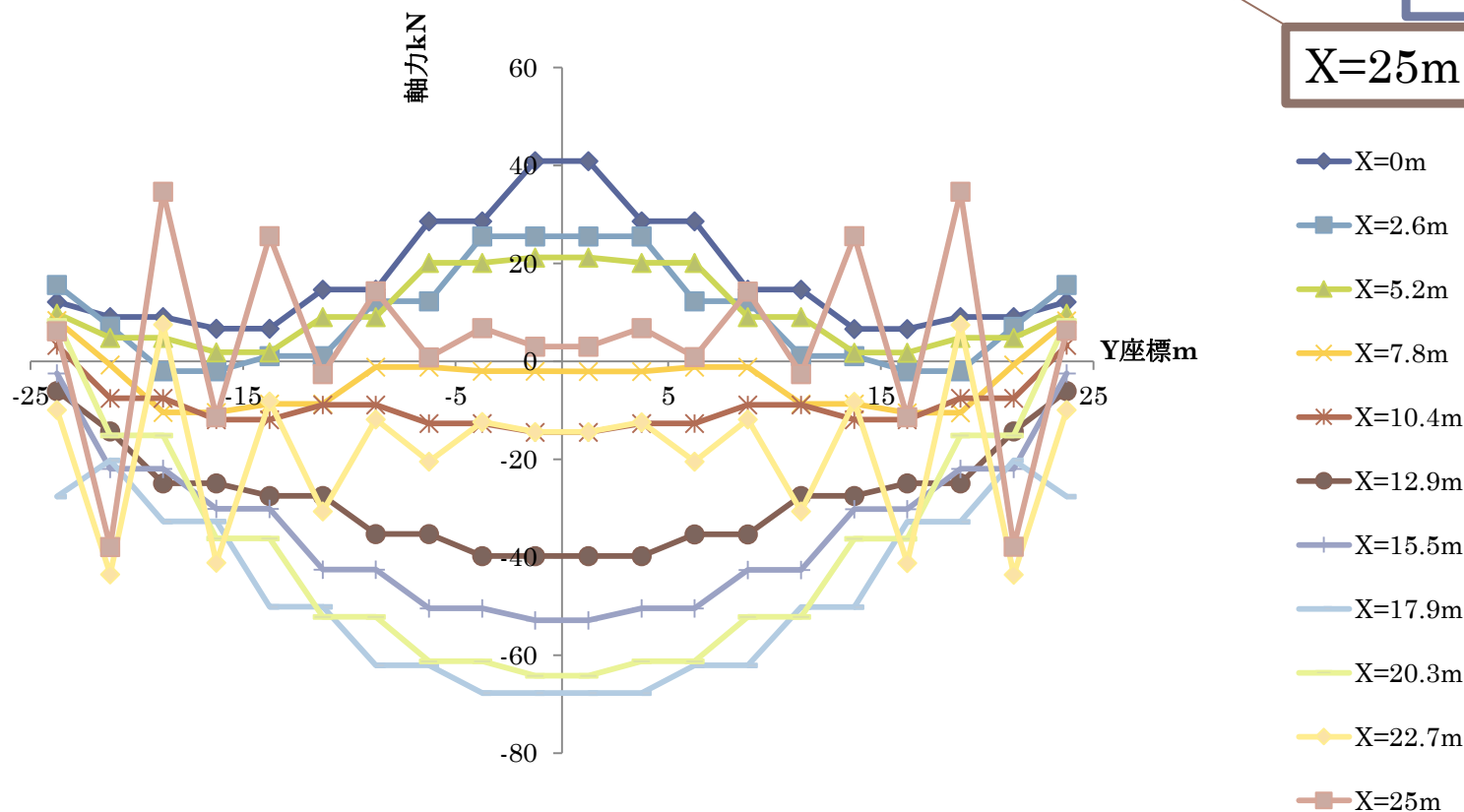
形状パラメータと鉛直変位の関係から

- (1)ライズスパン比**0.13**以下での剛性の変化が大きい。
- (2)デプスグリッド比**0.8**以下での妻支持の剛性の変化が大きい。
- (3)辺長比は、妻支持の場合に剛性の影響が大きい。

4. 研究結果 [2] 軸力分布 Case1-1 4辺支持の場合

交差型ユニットを用いた場合

上弦材円筒軸方向部材

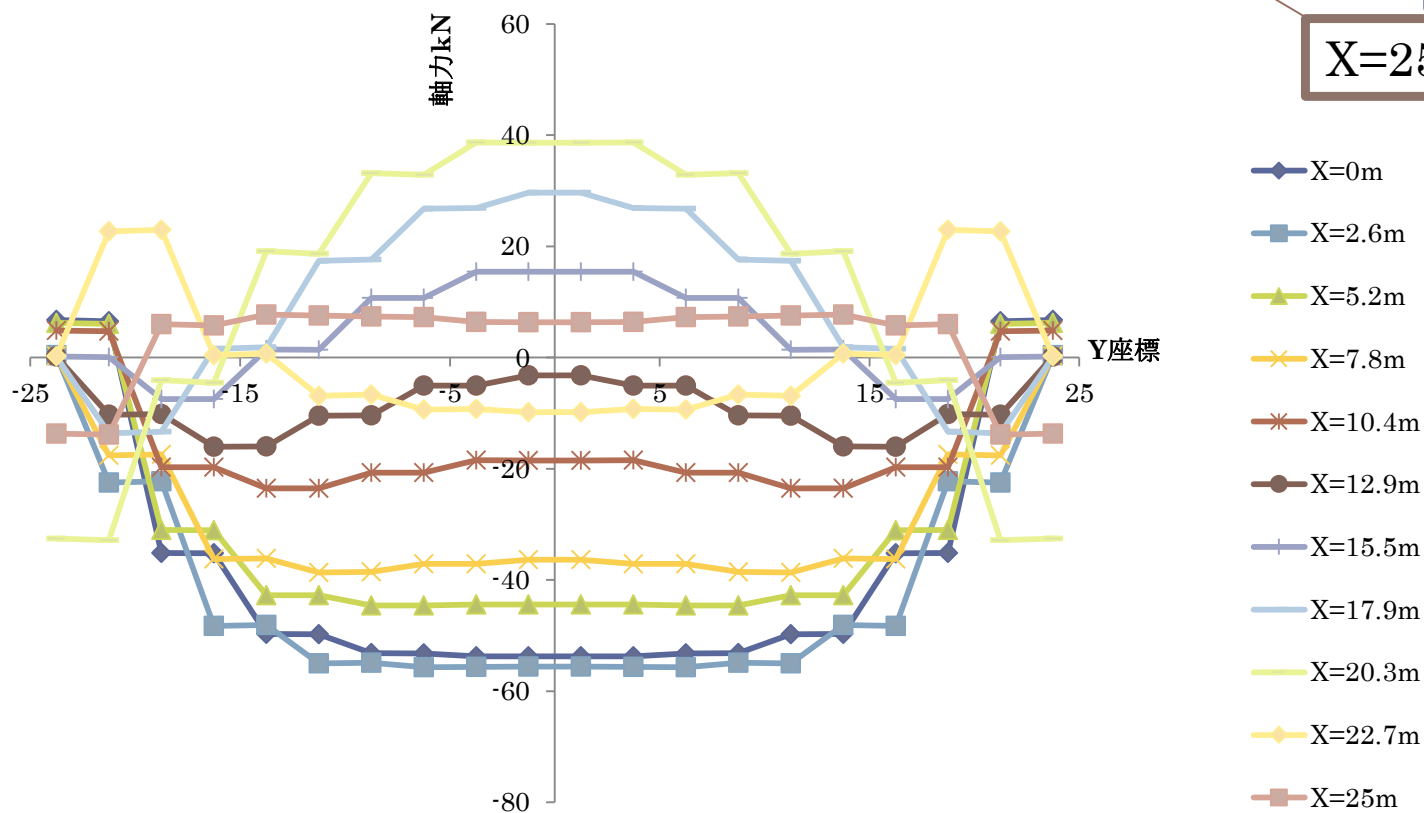


X=0m近傍部材では引張、X=25近傍部材では圧縮

4. 研究結果 [2] 軸力分布 Case2-1 4辺支持の場合

LAP型ユニットを用いた場合

上弦材円筒軸方向部材



X=0m近傍部材では**圧縮**、X=25近傍部材では**引張**

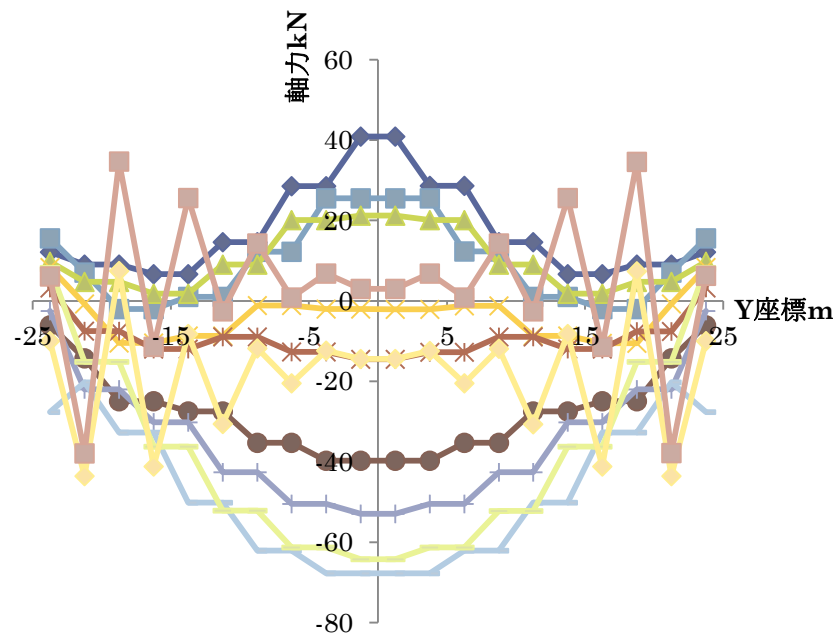
4. 研究結果

[2] 軸力分布

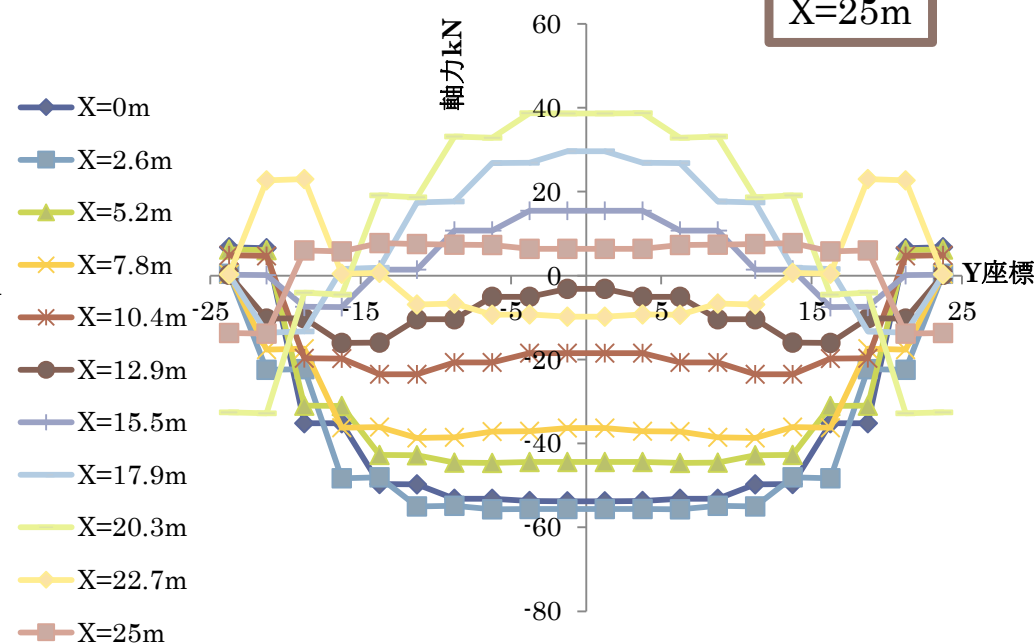
4辺支持の場合

ユニットによる軸力分布

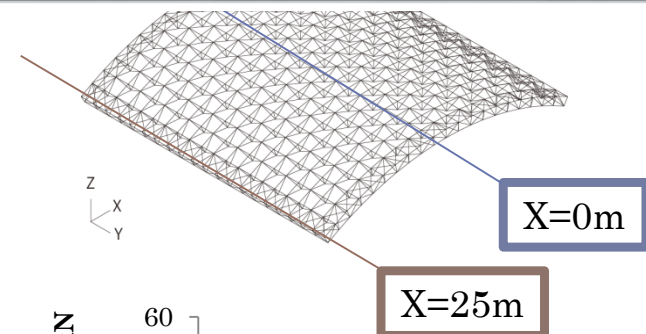
上弦材円筒軸方向部材



交差型ユニット



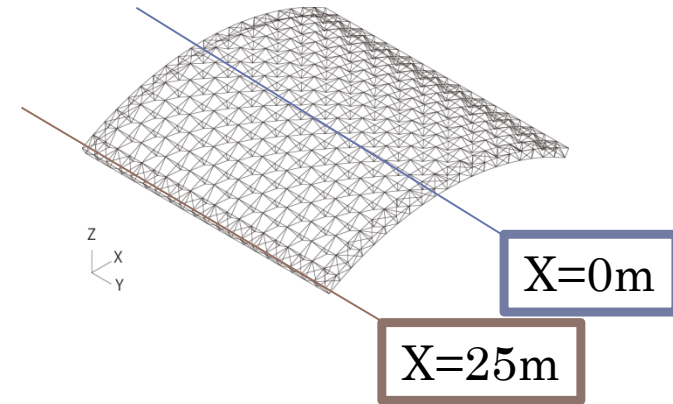
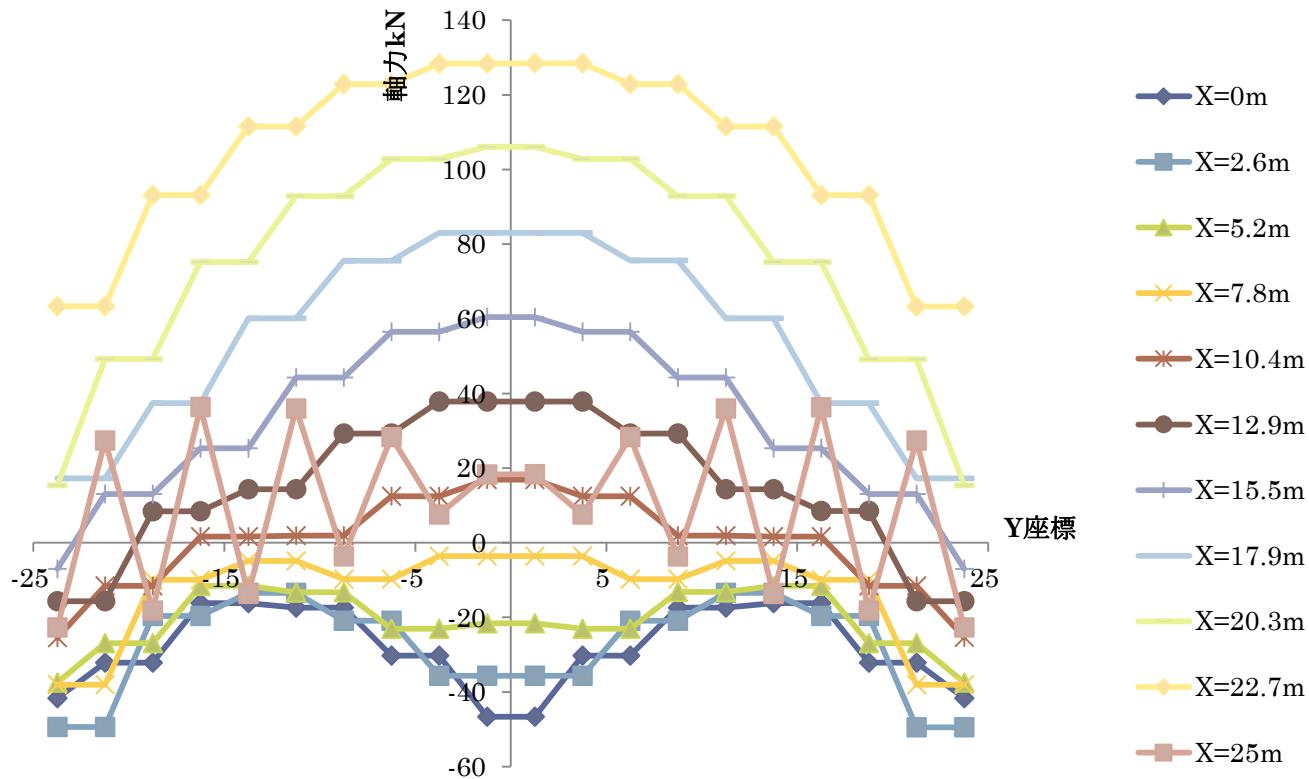
LAP型ユニット



円筒形シェルの力学特性は、形状パラメータにより異なるが、ユニットにより上弦材円筒軸方向の軸力分布が異なることがわかる。

4. 研究結果 [2] 軸力分布 Case1-1,Case2-1 4辺支持の場合

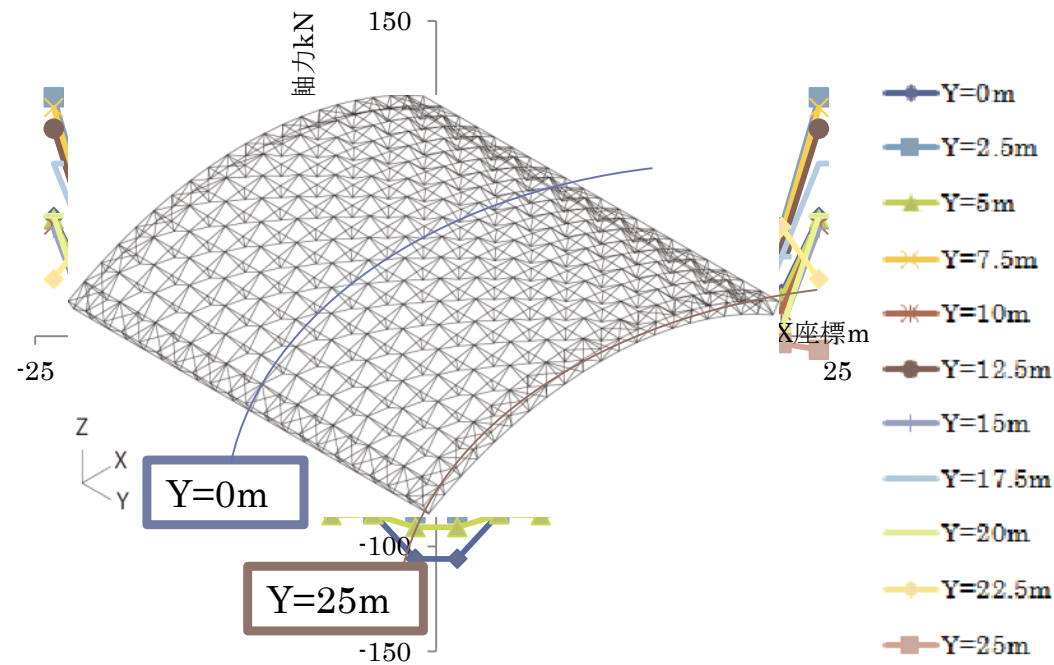
斜材円筒軸方向部材



円筒軸方向の斜材は引張を負担する。

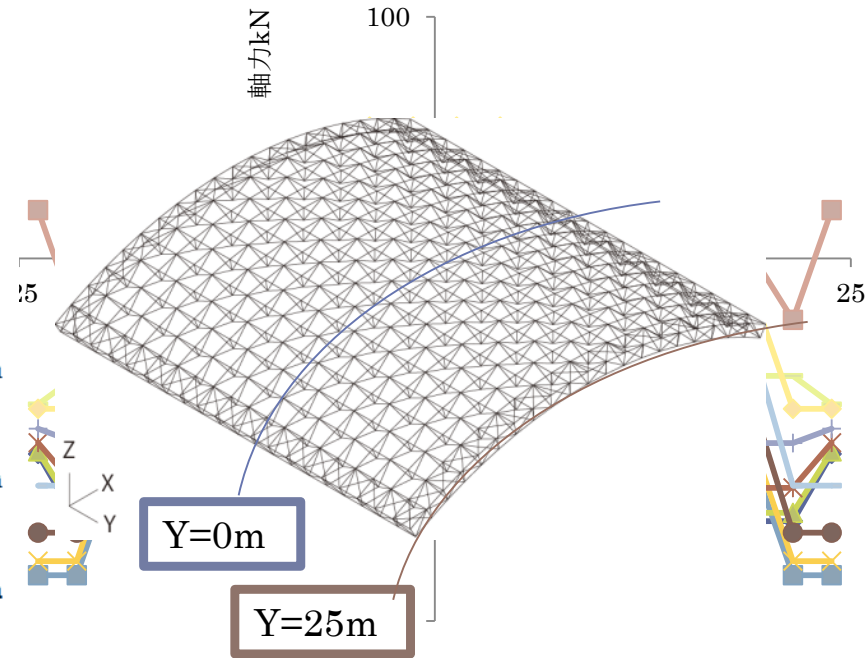
4. 研究結果 [2] 軸力分布 Case1-1, Case2-1 4辺支持の場合

上弦材アーチ方向部材



上弦材アーチ方向部材は円弧アーチの特性
→桁支持部で**引張**、スパン中央で**圧縮**

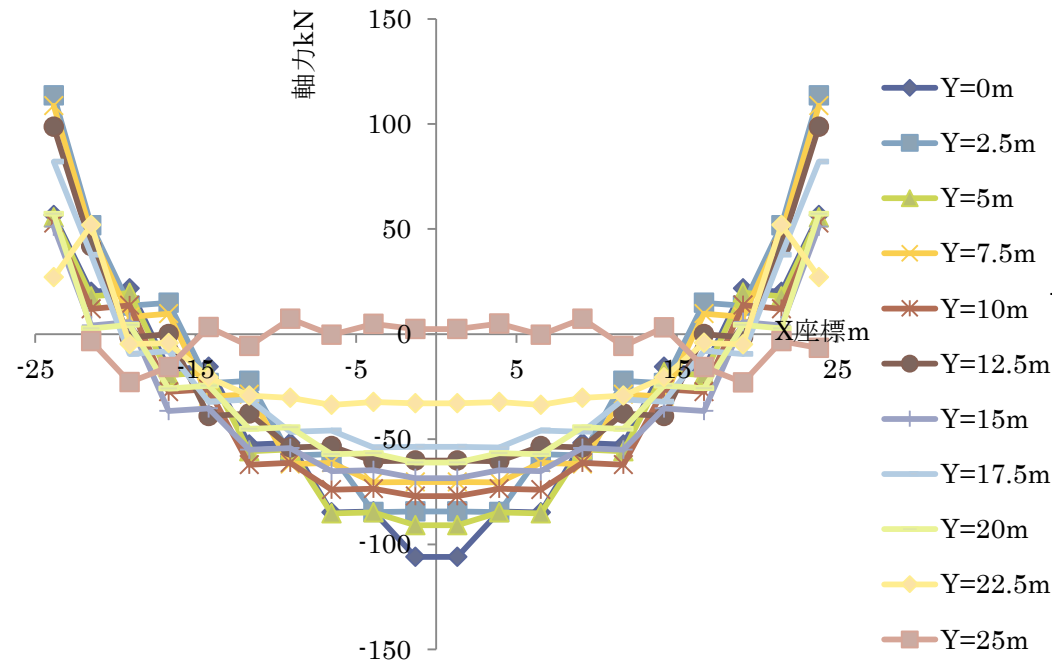
斜材アーチ方向部材



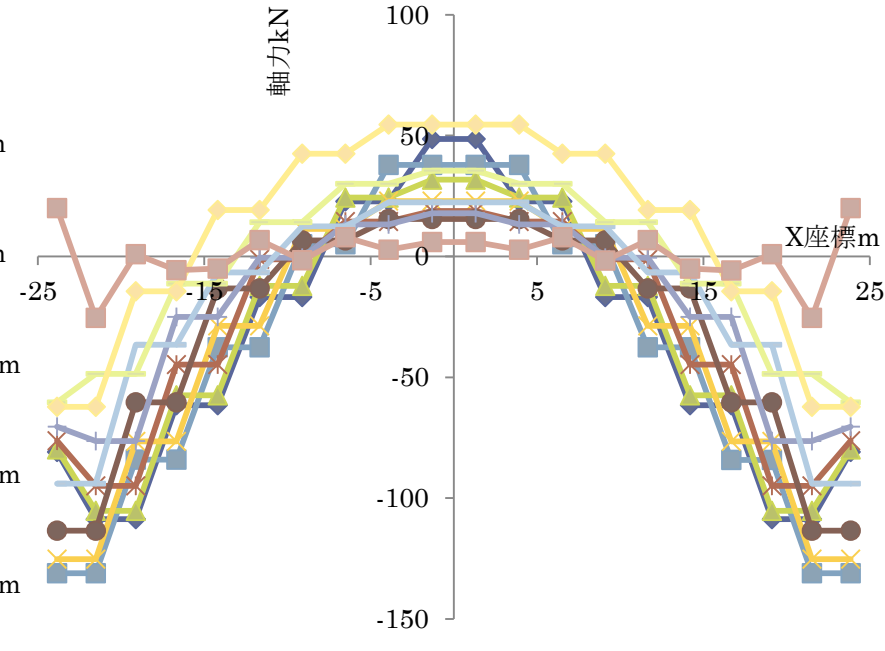
斜材アーチ方向部材は
→桁支持部で**圧縮**、スパン中央で**引張**

4. 研究結果 [2] 軸力分布 Case1-1,Case2-1 4辺支持の場合

上弦材アーチ方向部材



斜材アーチ方向部材



上弦材アーチ方向部材は円弧アーチの特性
→桁支持部で引張、スパン中央で圧縮

斜材アーチ方向部材は
→桁支持部で圧縮、スパン中央で引張

アーチ方向部材は対応していることがわかる。

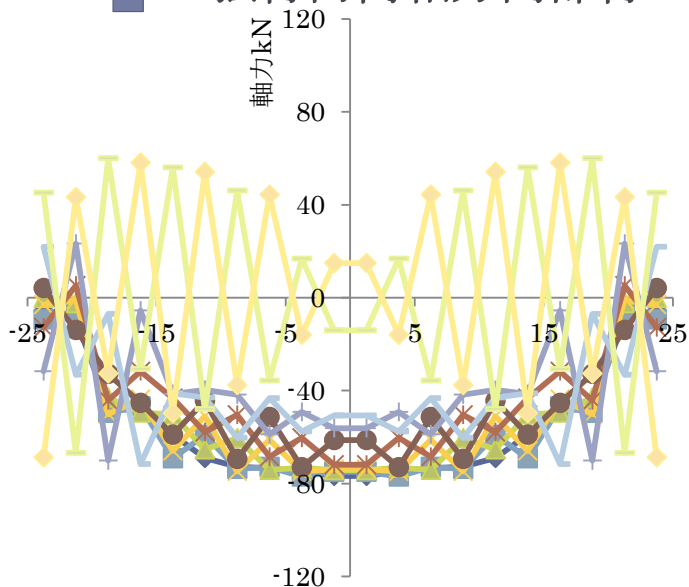
4. 研究結果

[2] 軸力分布 Case1-2

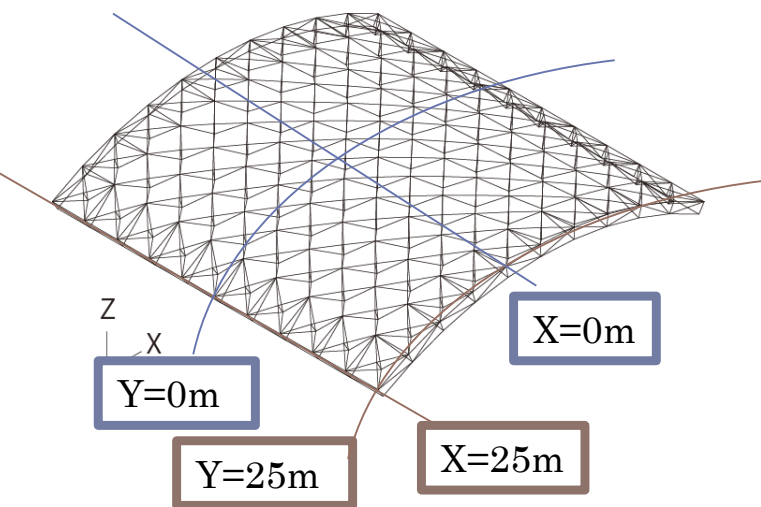
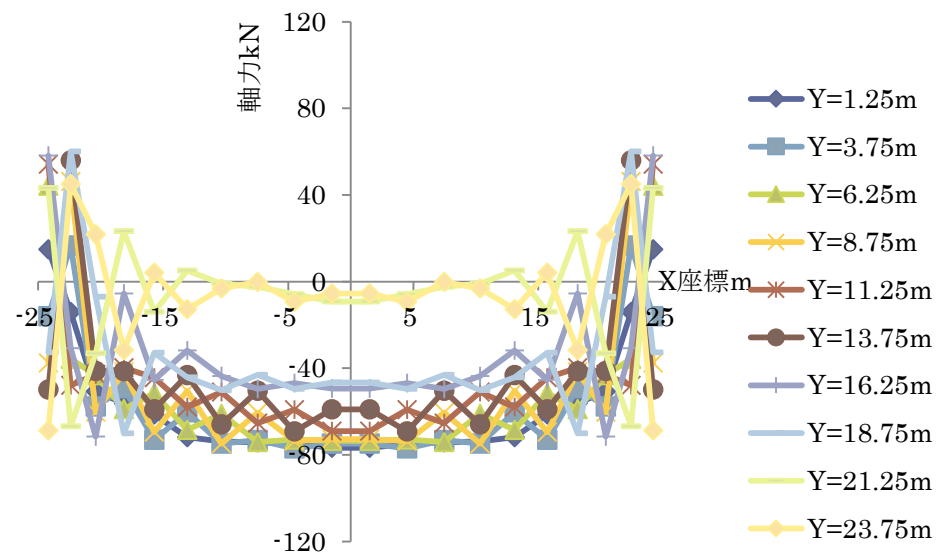
4辺支持の場合

45° 斜交グリッドの場合

上弦材円筒軸方向部材



上弦材アーチ方向部材



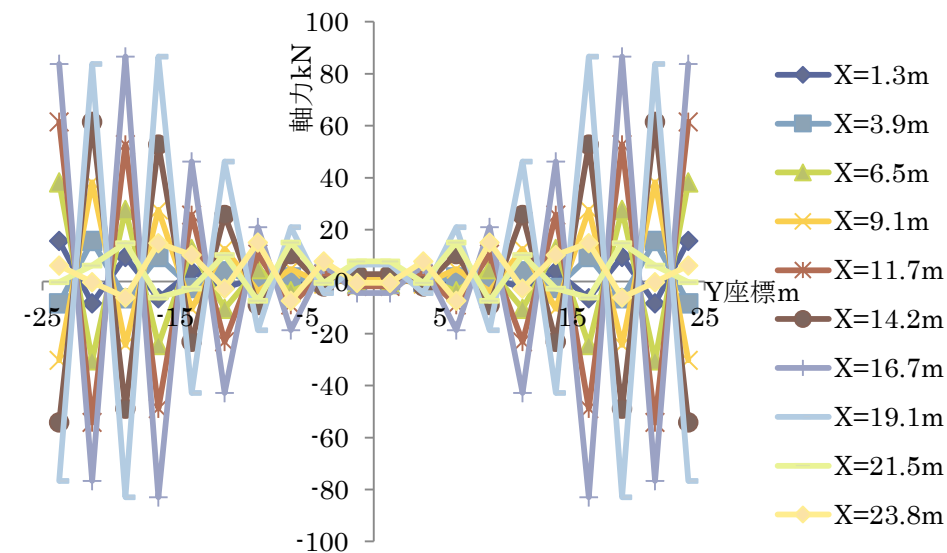
上弦材の軸力分布は円筒軸方向とアーチ方向が同じような軸力分布をしている。

4. 研究結果

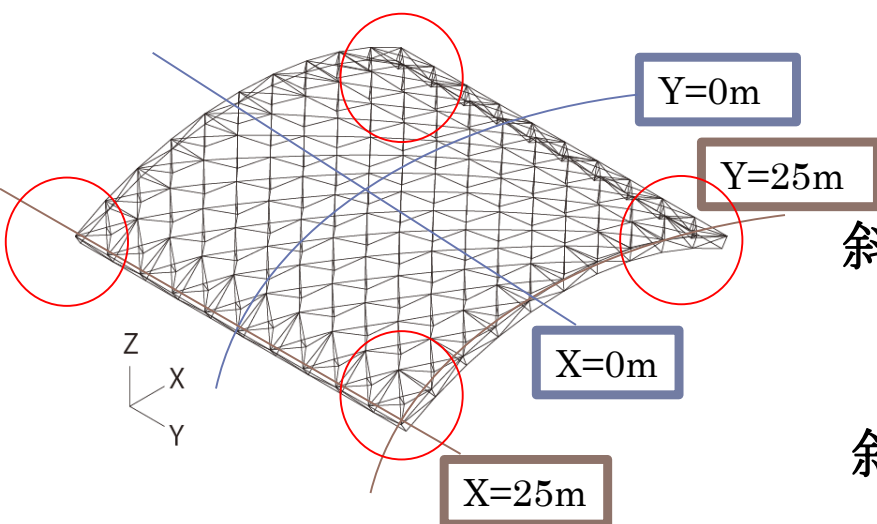
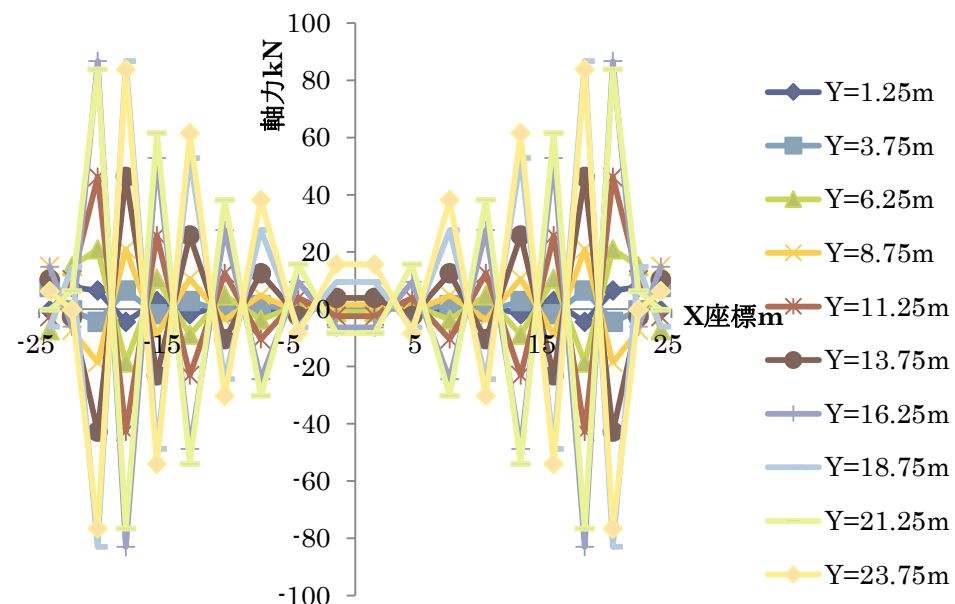
[2] 軸力分布 Case1-2

4辺支持の場合

斜材円筒軸方向部材



斜材アーチ方向部材



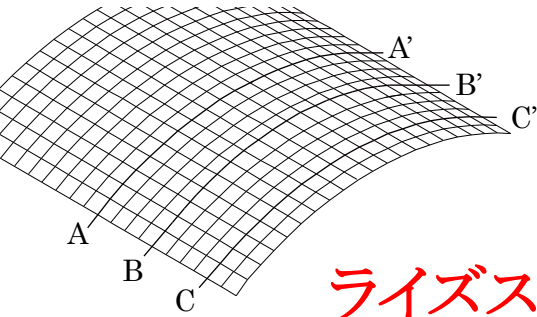
斜材の軸力分布は円筒軸方向とアーチ方向が同じような軸力分布をしている。



斜交グリッドにより軸力の伝達に偏りが小さい
4隅に軸力が集中

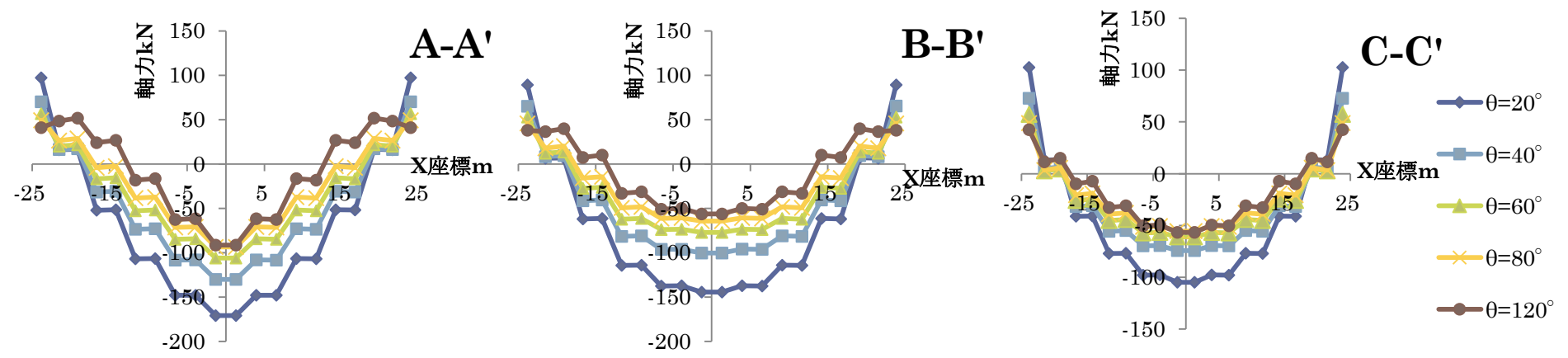
4. 研究結果

[2] 形状パラメータによる軸力分布 Case1-1

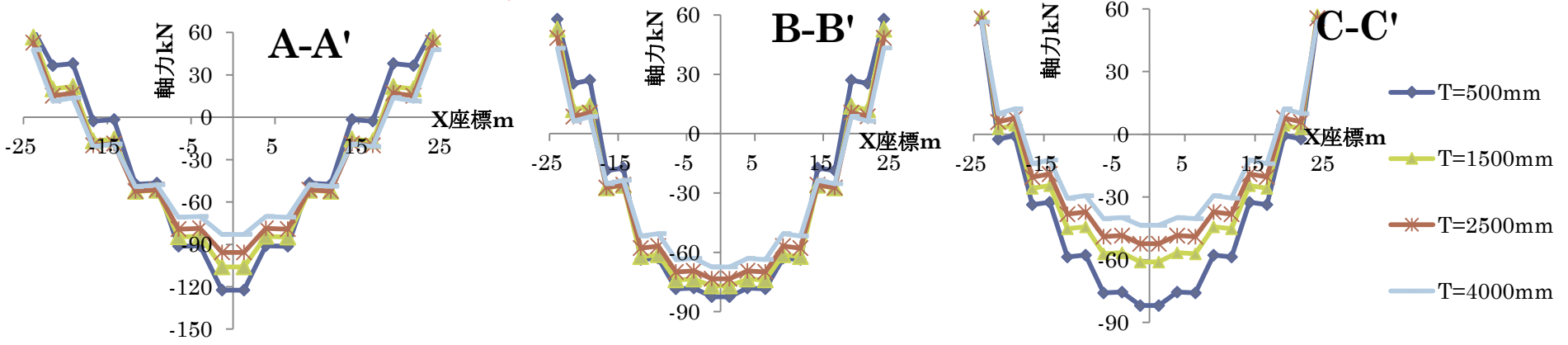


4辺支持の場合の上弦材アーチ方向部材

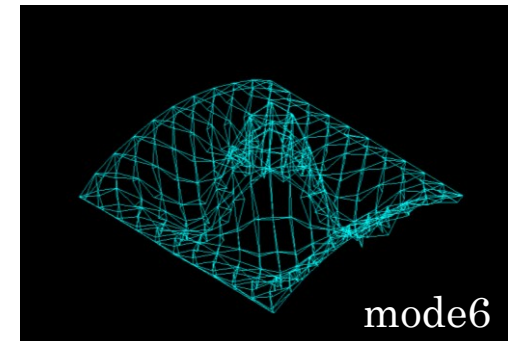
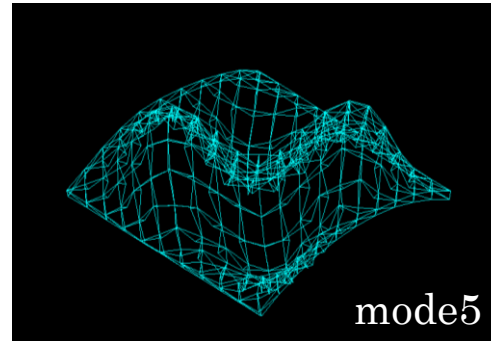
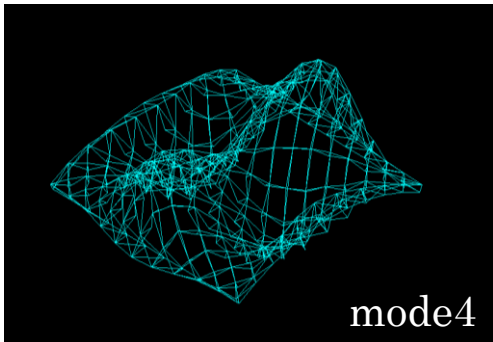
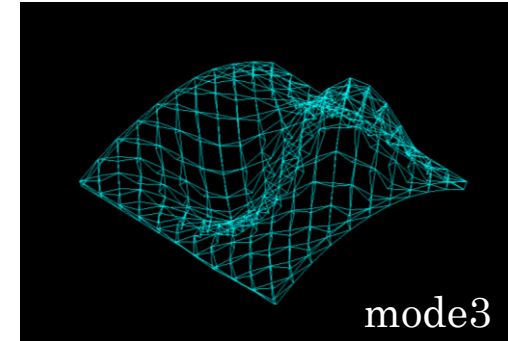
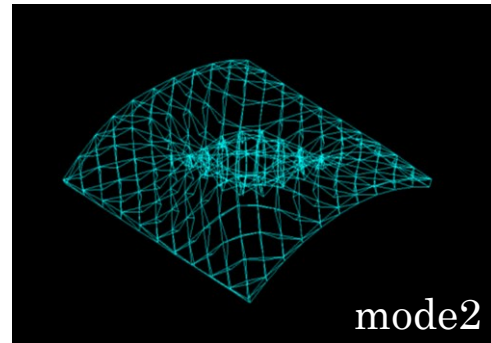
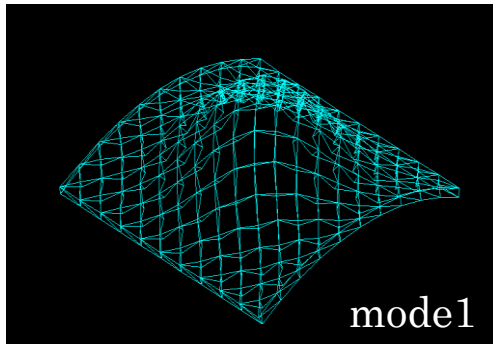
ライズスパン比による軸力分布の変化



デプスグリッド比による軸力分布の変化



固有振動特性の考察



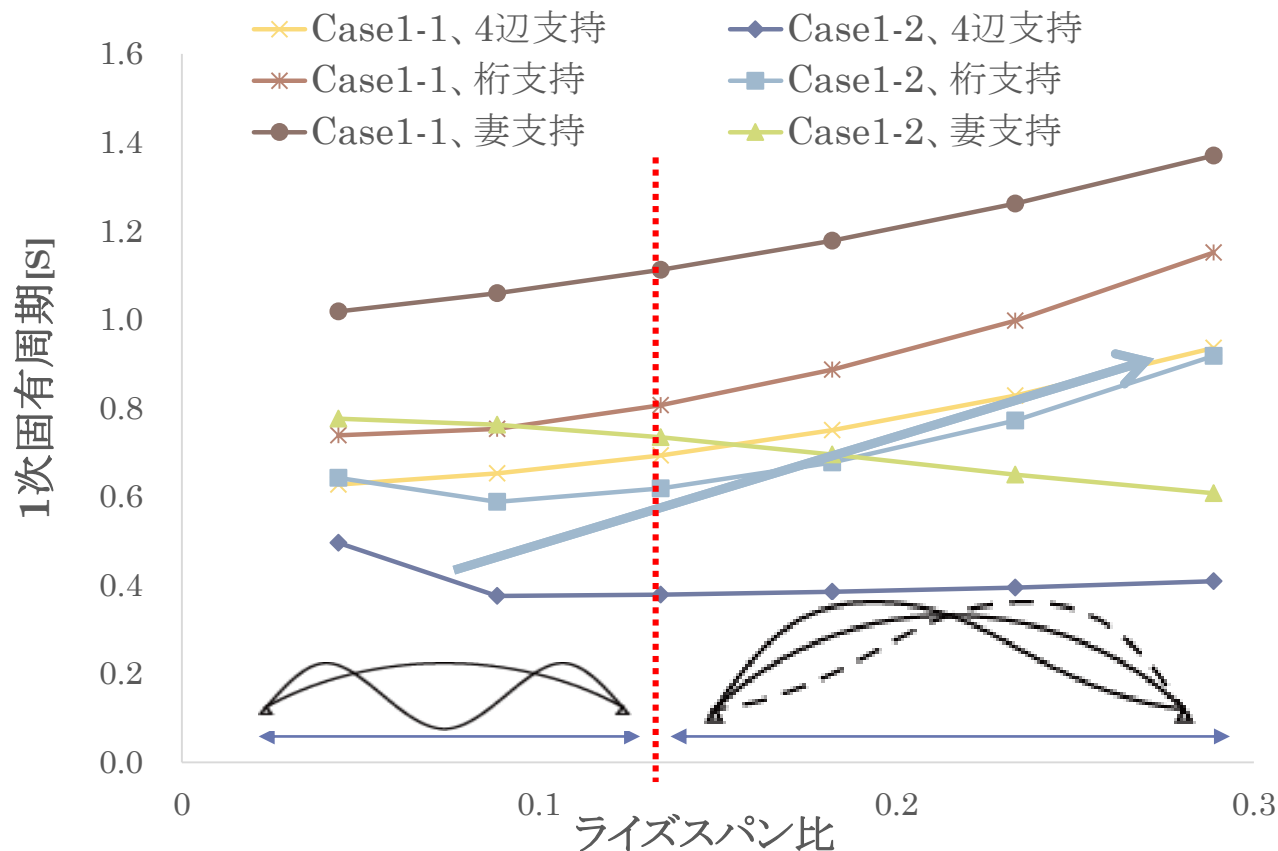
mode	固有周期	刺激係数X	刺激係数Y	刺激係数Z
1	0.270	0.00	0.00	5.42
2	0.269	-2.46	1.01	0.00
3	0.24	1.78	0.82	0.00
4	0.23	0.00	0.00	-0.72
5	0.18	0.00	0.00	-0.86
6	0.15	0.00	0.00	-6.11
7	0.15	0.92	-0.72	0.00
8	0.13	-0.33	-0.14	0.00
9	0.12	0.00	0.00	0.00
10	0.12	2.86	-2.21	0.00

水平方向X,Y刺激係数の大きな
mode2や**mode3**では、鉛直振動が励起

鉛直方向Z刺激係数の大きな**mode1**や
mode6が支配的な振動モードである。

4. 研究結果 [3] 形状パラメータによる固有値解析

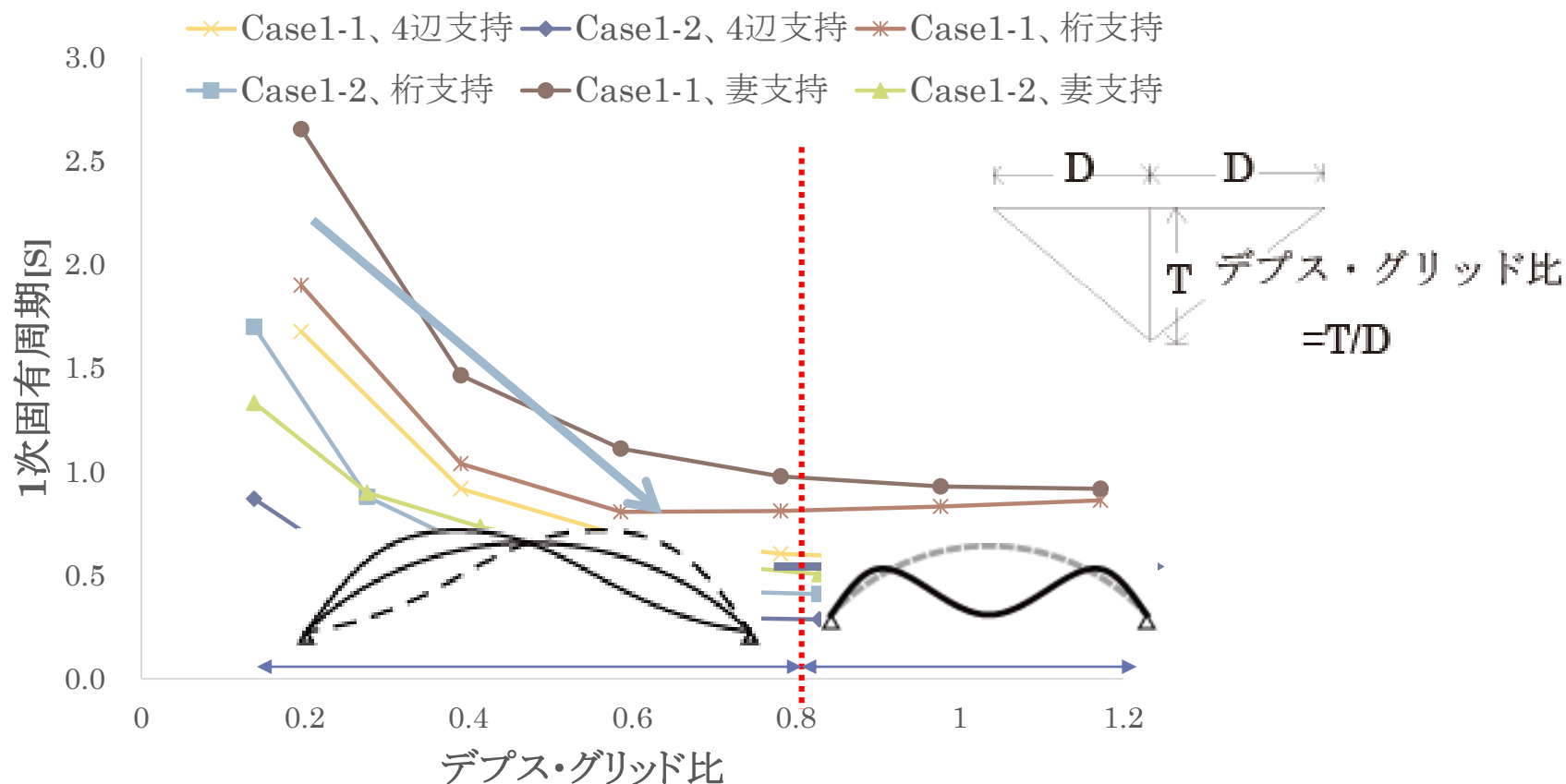
ライズスパン比と固有周期の関係



ライズスパン比が大きくなると、水平方向の振動が卓越し、固有周期が長くなる。
ライズスパン比0.13付近から、鉛直方向から水平方向の振動モードが表れる傾向がある。

4. 研究結果 [3] 形状パラメータによる固有値解析

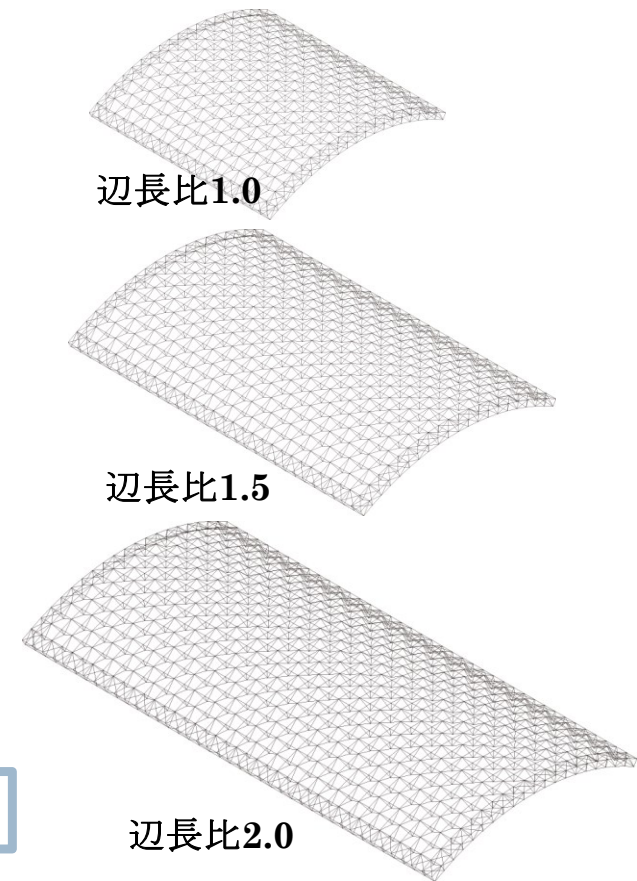
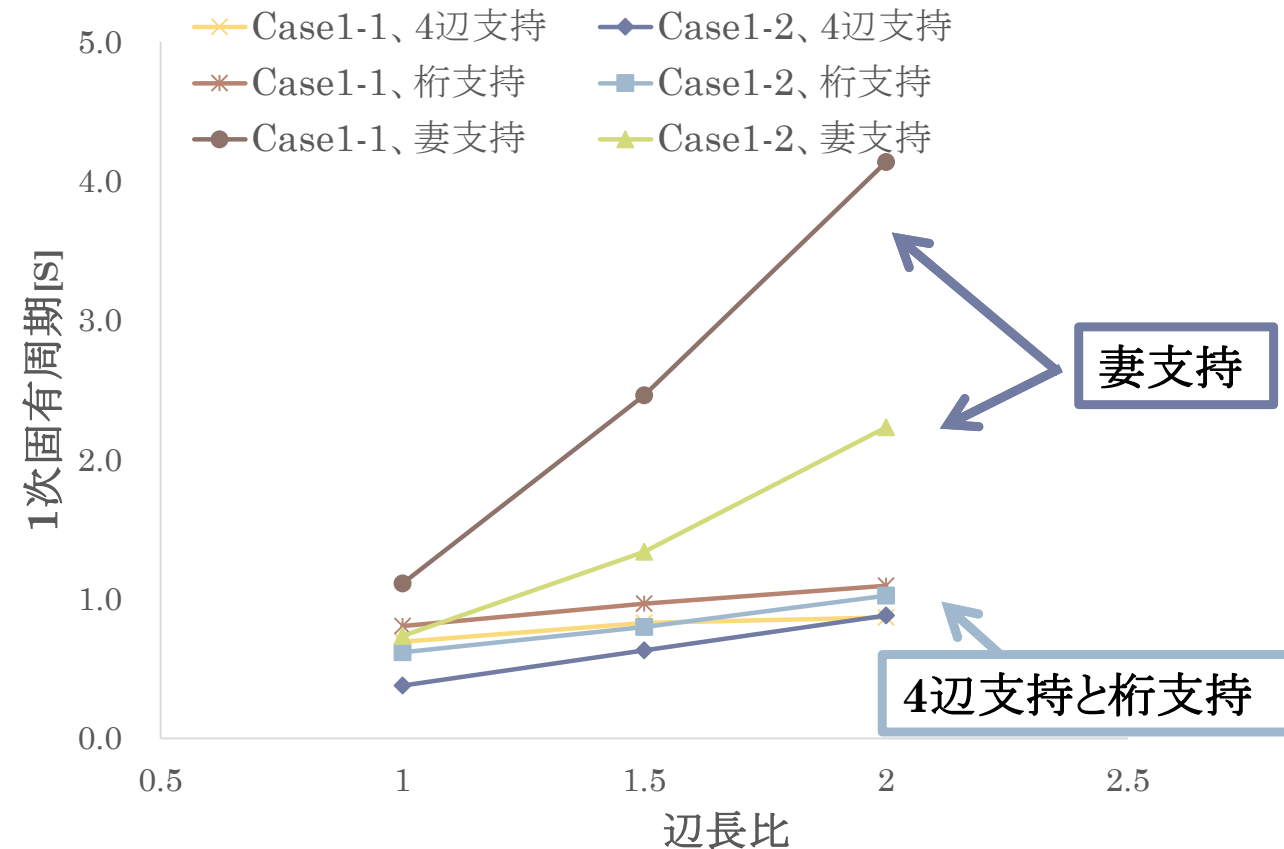
デプスグリッド比と固有周期の関係



束材長さ、デプス・グリッド比が大きくなると、固有周期が短くなることがわかる。
デプスグリッド比**0.6**以上では、全体剛性への影響が小さい。
デプスグリッド比**0.8**付近から鉛直方向の振動モードが表れる傾向がある。

4. 研究結果 [3] 形状パラメータによる固有値解析

辺長比と固有周期の関係



辺長比が大きくなると、固有周期が長くなる。

妻支持の場合に、その変化が大きいことがわかる。

妻支持では鉛直方向の振動モード、4辺支持や桁支持では逆対称の複数振動モード

5. まとめ

1. 軸力分布

4辺支持や桁支持はアーチ特性、妻支持はシェル、梁特性である。
正方向グリッドよりも 45° 斜交グリッドのほうが軸力が小さい。
交差型よりもLAP型のほうが軸力が小さい傾向にある。

2. 形状パラメータによる力学特性

- (1) ライズスパン比が大きい場合、軸力は小さくなる傾向にある。
- (2) デプスグリッド比が大きくなると、軸力が小さくなる傾向がある。

3. 固有値解析

- (1) ライズスパン比が大きくなると、固有周期が長く、水平方向の振動が卓越する。
- (2) デプスグリッド比が大きくなると、固有周期が短く、剛性が大きくなる。
- (3) 辺長比が大きくなると、妻支持の場合にその影響が大きい。

4. 今後の課題

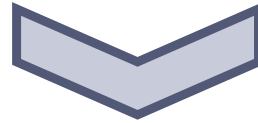
円筒形シェルの理論的な数値解析との比較

非線形解析や座屈問題、動的解析、振動性状

1.5層スペースフレーム構造形式を用いた構造設計や設計法の確立

5. まとめ

円筒形1.5層スペースフレームの静的力学特性に関する解析を行い、
解析結果の分析、比較検討を行った。



- 円筒形1.5層スペースフレームが**実用可能**な構造形式
- 部材に生じる軸力の値が小さく、**剛性**を有する
空間構造物として優れた構造形式であること
- **円筒形シェル**の特徴を有していること
- 部材断面 $\Phi 200 \times 6.0$ 程度で実用可能な構造規模**スパン50×50m**

ご静聴ありがとうございました。