

# CFRP製スキン・ストリンガー周期構造を伝播するガイド波の分散関係

## 研究目的



ボーイング777のスキン・ストリンガー構造

近年、航空機等への複合材料構造の実用化が進んでいる。そして、その構造内に生じた損傷をリアルタイムに検知することを目的とした、構造ヘルスマニタリング技術の研究開発が行われている。その一つに超音波を用いた診断手法が挙げられるが、その診断の信頼性を高めるためには、超音波の伝播挙動を明らかにしておく必要がある。そこで本研究では、CFRP製スキン・ストリンガー周期構造を対象として、その構造中の超音波伝播モードを明らかにできる理論計算手法を構築する。

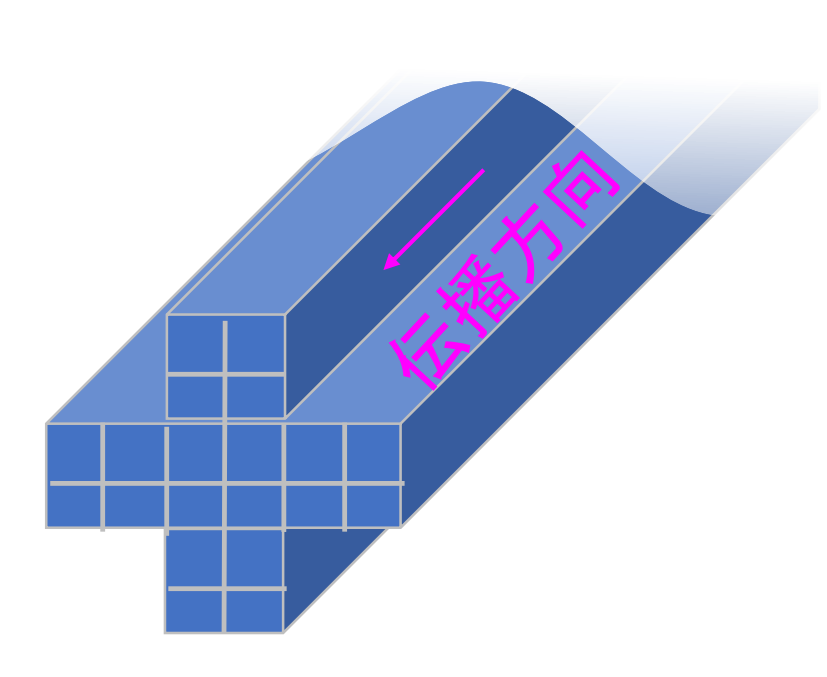
## 半解析的有限要素法による伝播モードの算出

### 半解析的有限要素法とは？

柱状体における超音波伝播挙動を明らかにする理論解析方法の一つで、超音波の伝播方向には解析的に扱い、垂直断面内では有限要素に分割して計算を行う。

- ・異方性材料にも適用可能
- ・任意断面形状を扱える

T. Hayashi, W-J. Song, J L. Rose , Ultrasonics, 41 (2003) 175-183

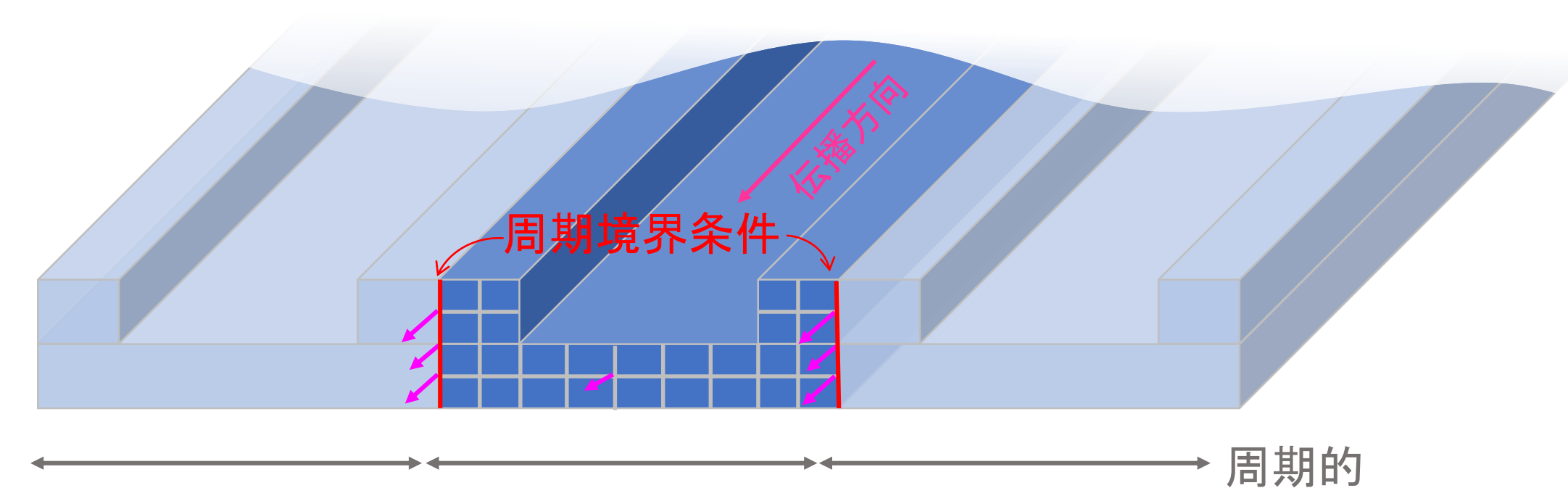


変位  

$$u(x, y, z) = N(x, y)U^j e^{i(kz - \omega t)}$$
 断面内では要素分割      伝播方向には理論式

仮想仕事の原理  $\Rightarrow H(\omega, k)U = 0$   
 $3n \times 3n$  行列     $3n$  縦ベクトル  
 ( $H$ は密度、弾性定数、幾何形状で定まる)  
 $\Rightarrow$  非自明な解が、各伝播モードに対応

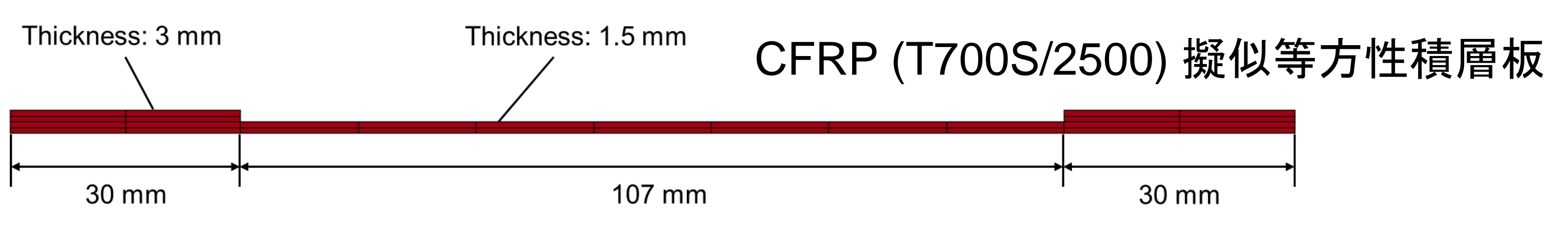
### 拘束条件(周期境界を含む)のある場合へと拡張



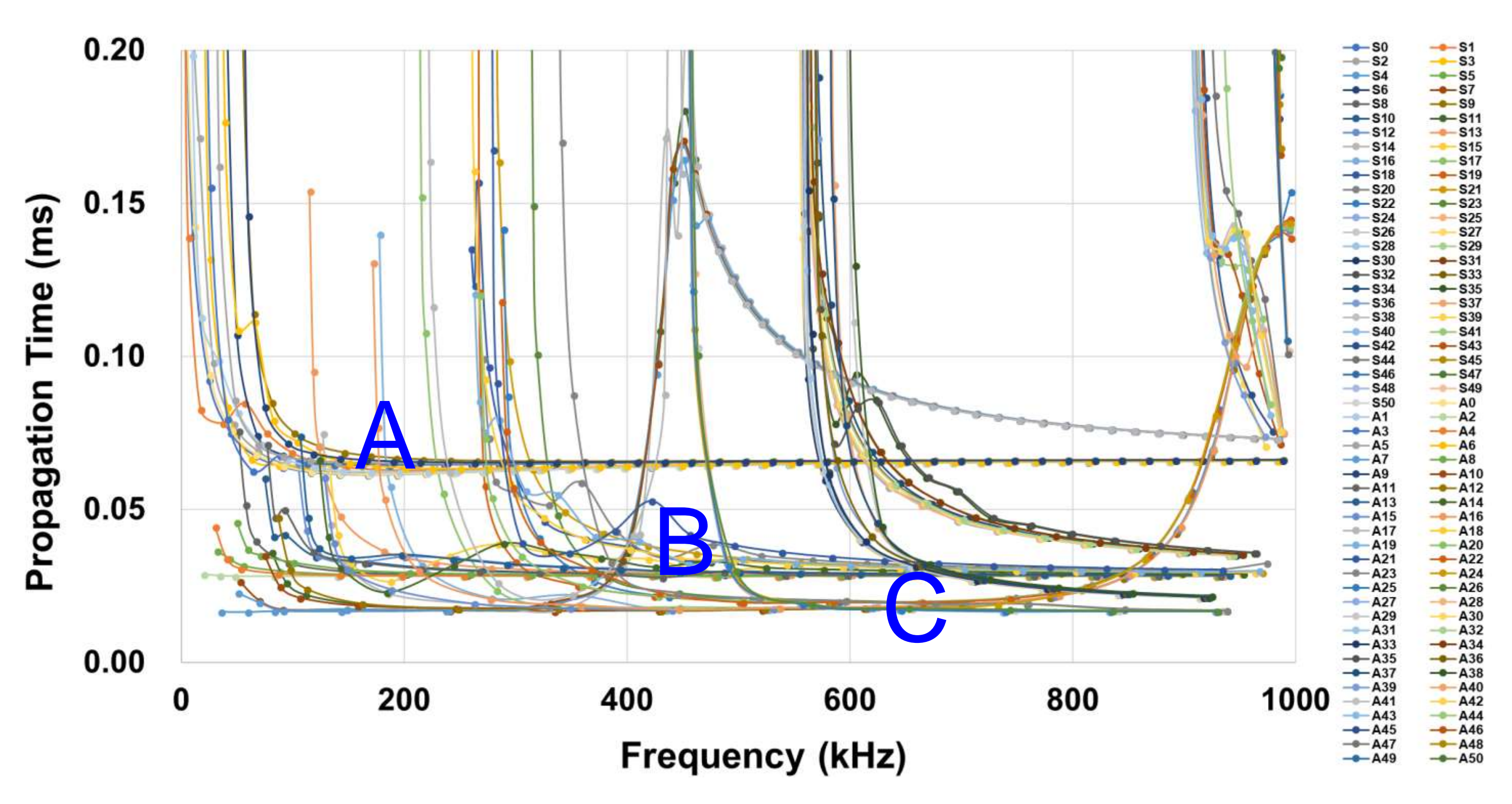
独立自由度の成分で記述  

$$\begin{pmatrix} u_1 \\ u_2 \\ \vdots \\ u_{3n} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} a_{11} & a_{12} & \cdots & a_{1f} \\ a_{21} & & & \vdots \\ \vdots & & \ddots & \\ a_{3n1} & \cdots & & a_{3nf} \end{pmatrix} \begin{pmatrix} v_1 \\ \vdots \\ v_f \end{pmatrix}$$
 変位  $U$                       変数変換  $a$                       独立自由度  $V$   
 $\Rightarrow G(\omega, k)V = 0$  非自明な解を求める  
 ここで  $G(\omega, k) \equiv a^T H(\omega, k) a$

## CFRPスキン・ストリンガー周期構造における分散関係

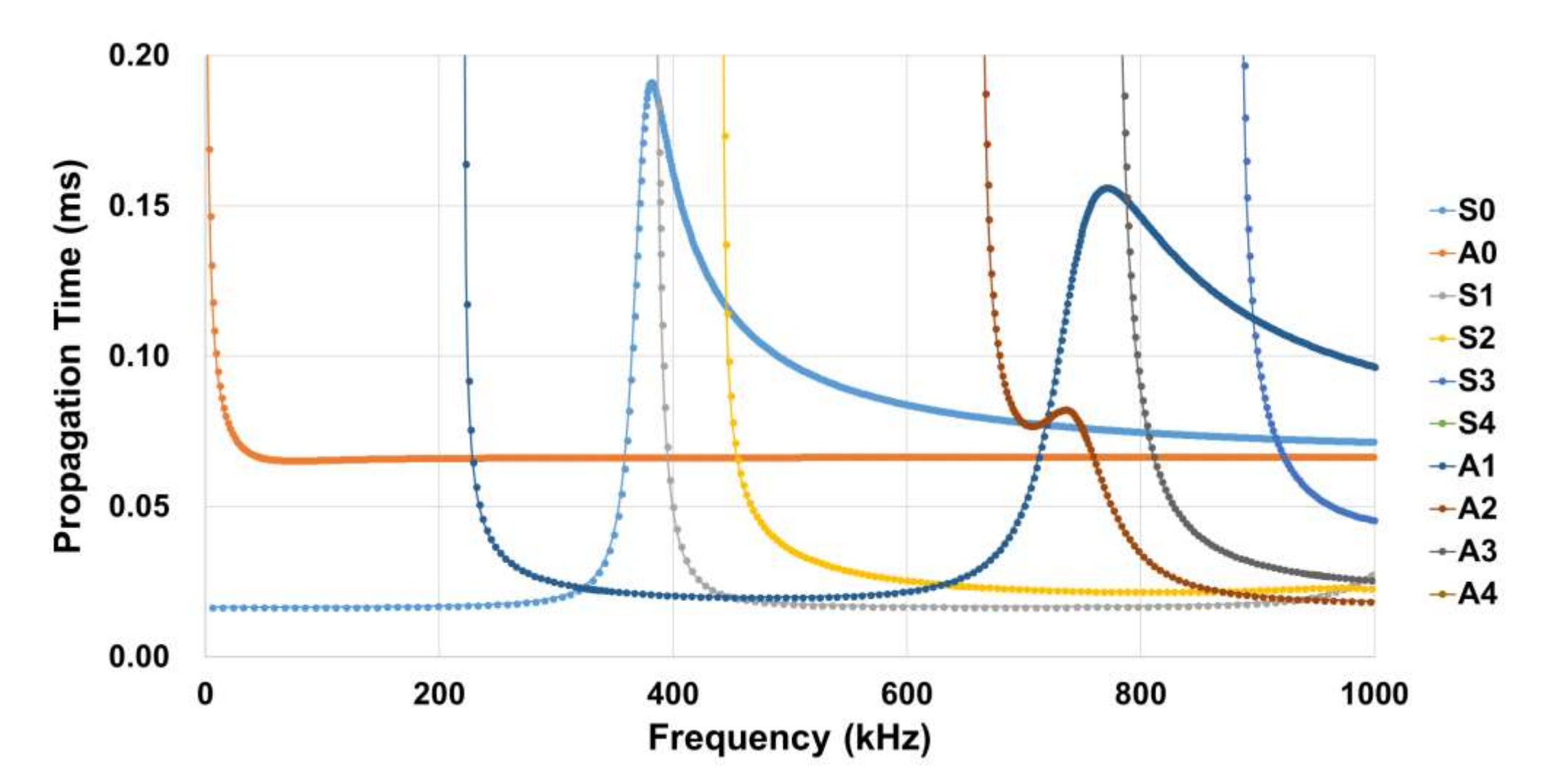


スキン・ストリンガー周期構造の断面図



距離100mmにおける各モードの伝播時間の分散性

CFRP (T700S/2500) 擬似等方性の無限幅スキン平板 (板厚: 1.5mm) の場合



距離100mmでの伝播時間分散性

平板と比べるとモードの数が極めて多い  
 平板とは異なる伝播速度のモード群が存在  
 (ストリンガー補強部分に対応)

## 結言

複雑な周期構造におけるガイド波のモード伝播挙動を明らかにでき、構造ヘルスマニタリングシステムのデバイス配置の検討などに寄与することが期待できる。