

スキヤタリングマトリクス法における向かい合う 管路開口部での流体音のモデル化

鳥取大学大学院 工学研究科 機械宇宙工学専攻 生体システム解析学研究室

研究背景

音響風洞で発生する流力自励音が問題となる。

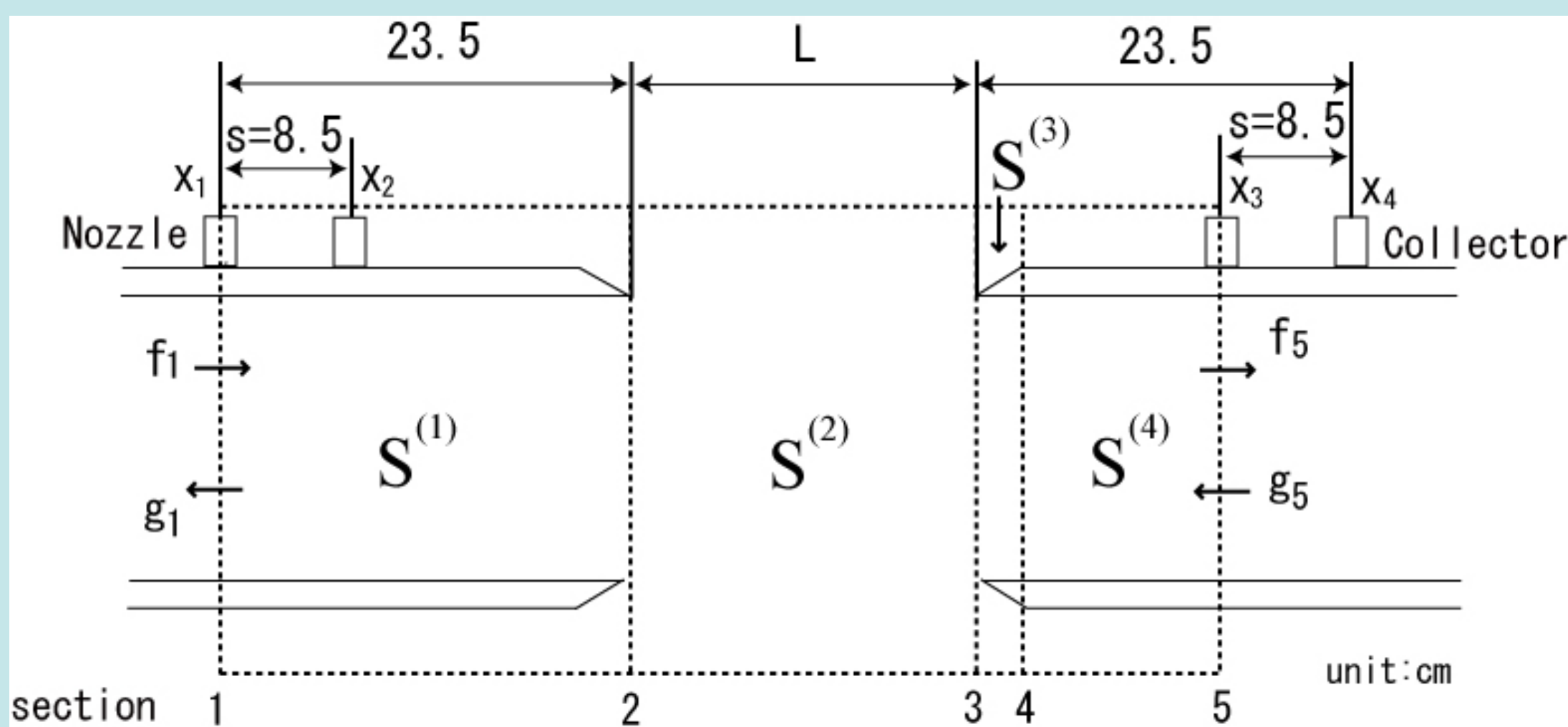
課題

解析を行う上で流力自励音を音源としてモデル化する必要がある。

理論

スキヤタリングマトリクス法

管路内を伝播する音の平面波を、管路要素の境界における右進行波 f と、左進行波に g 分け、要素ごとに f, g をつないでいく手法



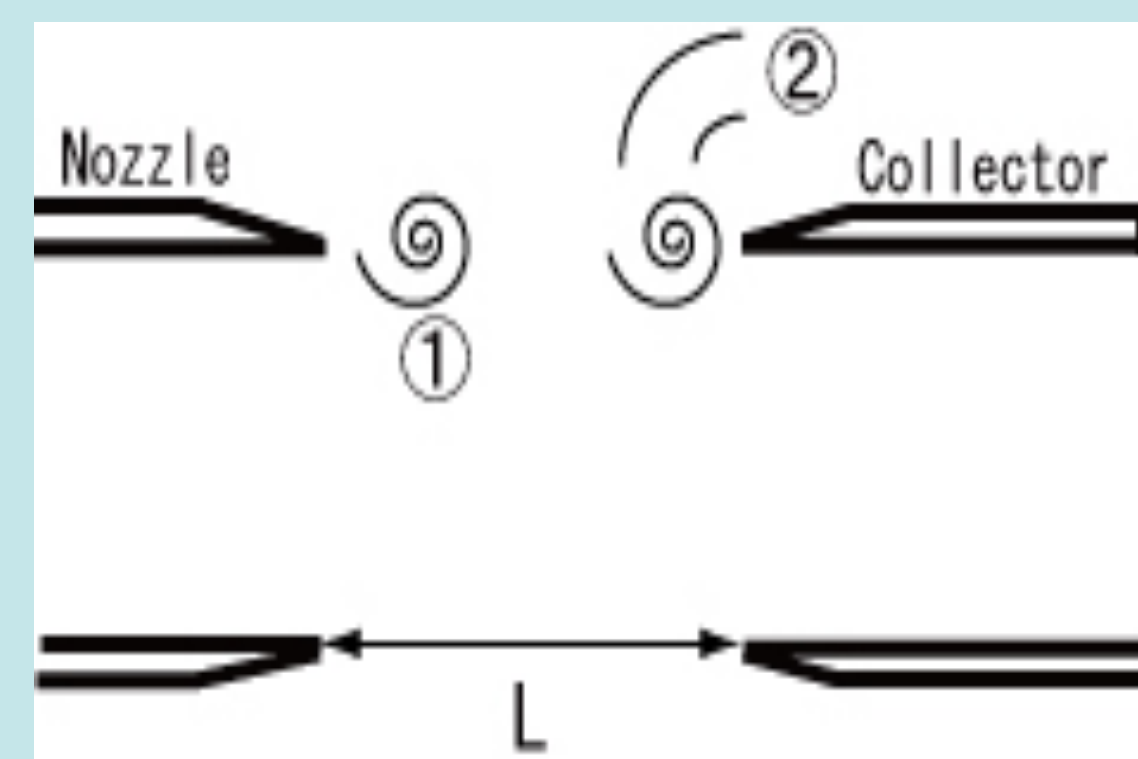
$$\begin{pmatrix} f_{i+1} \\ g_i \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} S_{11}^{(i)} & S_{12}^{(i)} \\ S_{21}^{(i)} & S_{22}^{(i)} \end{pmatrix} \begin{pmatrix} f_i \\ g_{i+1} \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} f_s^{(i)} \\ g_s^{(i)} \end{pmatrix} \quad (1)$$

式(1)を用いて左右進行波 (f_i, g_i) をつないでいく。

f, g はそれぞれの断面における音圧 p と粒子速度 u を用いて

$$\begin{pmatrix} f \\ g \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \frac{1}{2}(\frac{p}{\rho c} + u) \\ \frac{1}{2}(\frac{p}{\rho c} - u) \end{pmatrix} \text{ となる、リーマン不変量である。}$$

エッジトーンの扱い方



- ①ノズルから剥離した渦がコレクタのエッジに衝突し音波が発生
 - ②音波が上流に伝播し渦の成長を促す
- ①②のループで成長するエッジトーンを (f_s, g_s) とする。

実験からの励振成分導出

(x_1, x_2) の位置で計測された音圧から左右進行波を

$$\begin{pmatrix} p(x_1) \\ p(x_2) \end{pmatrix} = \rho c \begin{pmatrix} 1 & 1 \\ \exp(-iks) & \exp(-iks) \end{pmatrix} \begin{pmatrix} f_1 \\ g_1 \end{pmatrix}$$

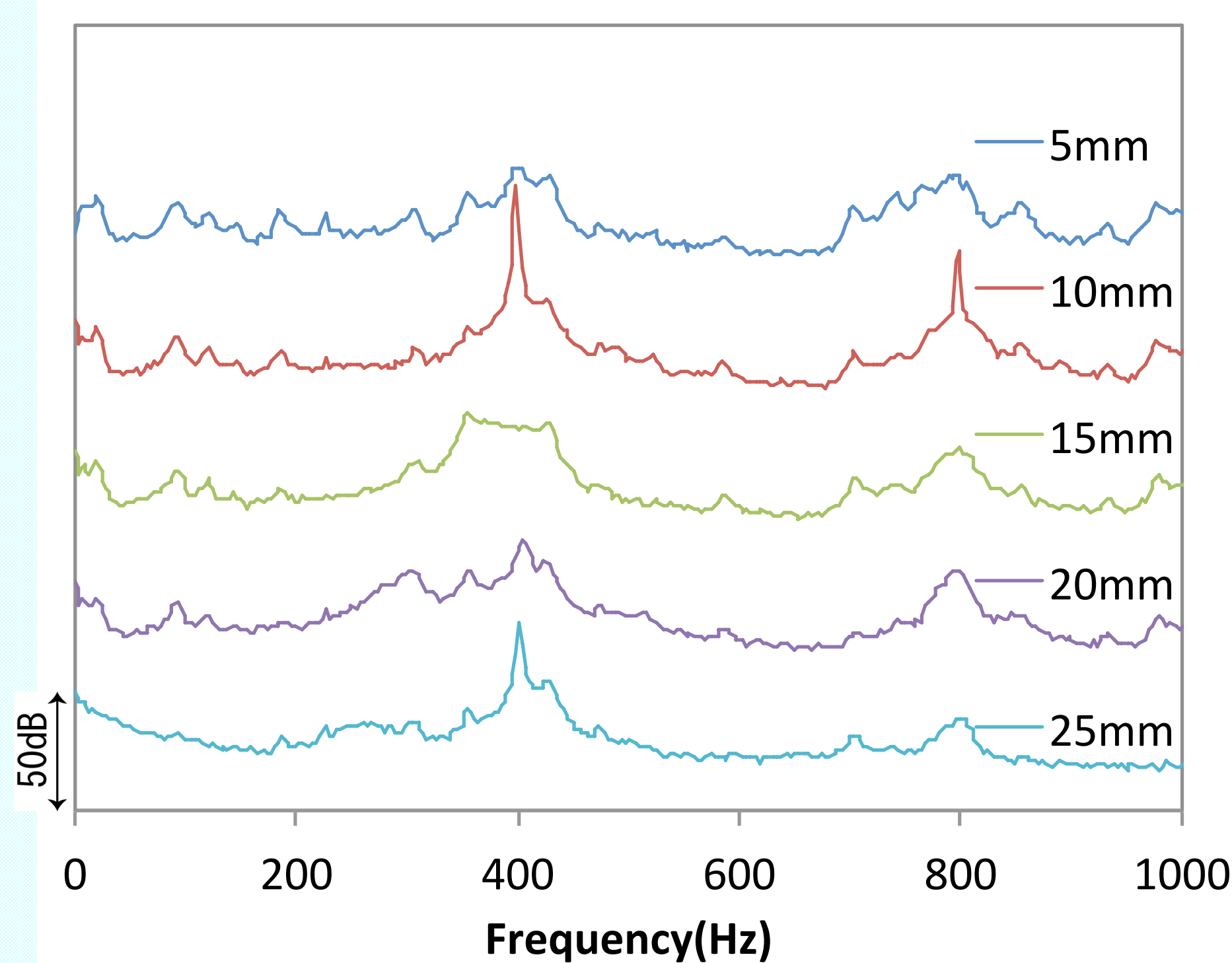
に代入して求める。 k は波数である。 (x_3, x_4) の音圧から断面5における左右進行波も同様にして求める。

S^1, S^2, S^4 は既知となっており、式(1)の $(f_s, g_s) = (0, 0)$ として両端における (f, g) をつなぐことが出来る。

音源を S^3 に加える。 S^3 は長さ0の仮想的な要素であり、単位行列となる。 $(f_1, g_1), (f_5, g_5)$ と各要素のマトリクスが既知となるので (f_s, g_s) を求めることが出来る。

実験結果

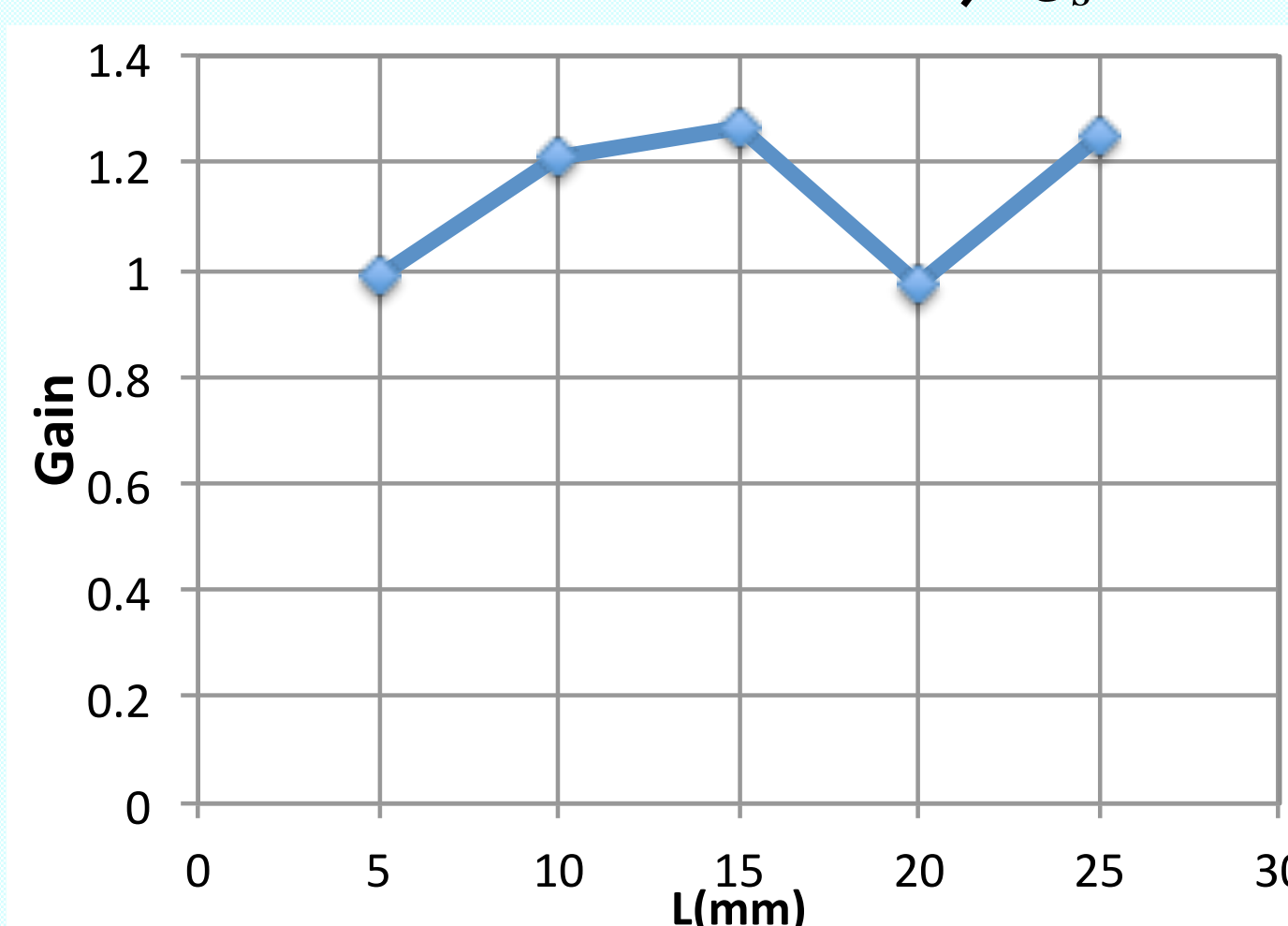
ノズル・コレクタ間距離 L を変えた時の x_3 断面の発生音
コレクタは400mmのものを設置する。



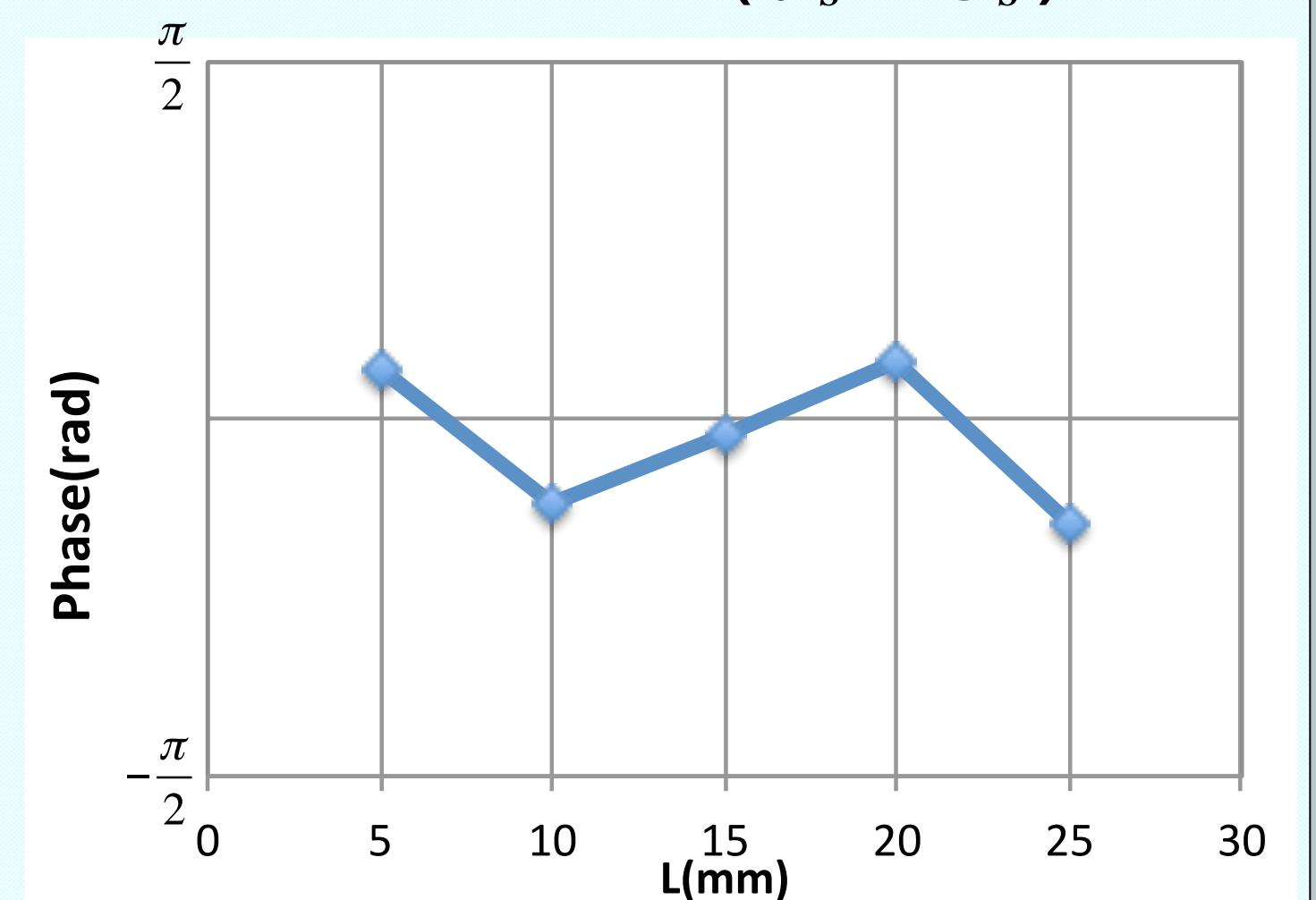
$L=10, 25\text{mm}$ では400Hzに顕著なピークが現れる。

各 L の発生音にピークが見られた周波数のGainと位相差を示す。

大きさの比 (f_s/g_s)



位相差 $(f_s - g_s)$



ノズル・コレクタ間距離に関わらずGainが1、位相差が0となる。
 (f_s, g_s) は同じ大きさとなり、位相ずれなく発生している。

結論

コレクタ前縁 S^3 に音源を入れることで、一次元単極子音源と見なすことが出来る。