

超音波計測に基づく花崗岩中の表面波伝播特性に関する研究

木本 和志・岡野 蒼(岡山大・環境生命科学) 斎藤 隆泰(群馬大・理工学府)
佐藤 忠信(神戸学院大・現代社会学部)
松井 裕哉(日本原子力研究開発機構・幌延深地層研究センター)

キーワード: 弾性波、花崗岩、不均質材、超音波、多重散乱、波数ベクトル

1. 背景

- 建設、資源、地球科学分野で対象とする多くの材料は強い不均質がある。(例えは: 岩盤、地盤、土壤、地殻、岩石コア等)
- 物性や形状の不規則性や異方性によって、弾性波は多重散乱を起こす
- 不均質性の強い媒体に対して弾性波速度や減衰を探査やモニタリングに用いるためには、多重散乱メカニズムの理解が重要。
- 多重散乱の強度や進行は、波面すなわち位相構造の空間的な乱れに最も直接的に反映されると予想される。

2. 目的

- 花崗岩供試体中を伝播する表面波を計測して波面の空間的な乱れを調べ、多重散乱が波動伝播に与える影響を可視化すること。
- 位相構造の乱れを波数ベクトルとして定量化し、その確率的な特性を調べること。

3. 研究方法

岩石供試体を使った超音波計測(→第4節)

時間波形: $a(x, y, t) \quad t > 0, (x, y) \in \mathcal{R}$ (計測領域)

供試体表面振場の可視化(→第5.1節)

$$A(x, y, \omega) = \int_{-\infty}^{\infty} a(x, y, t) e^{i\omega t} dt \quad \begin{array}{l} \text{周波数} \\ \text{スペクトル} \end{array}$$

位相の空間分布を取得(→第5.2節)

$$\phi(x, y, \omega) = \arg \{ A(x, y, \omega) \} \quad \text{位相スペクトル}$$

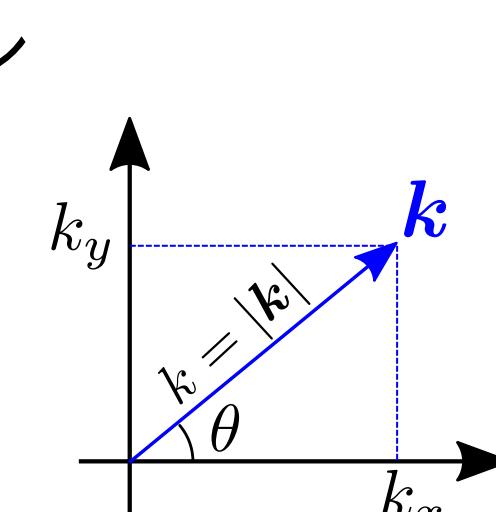
局所波数ベクトルの推定(→第5.3節)

$$\mathbf{k} = (k_x, k_y) = \nabla_x \phi(x, y, \omega)$$

波数ベクトルの確率密度分布を算出(→第5.3節)

$$Prob[k], Prob[\theta]$$

分散性と配向性(直進性)の評価



4. 実験方法

4.1. 実験供試体

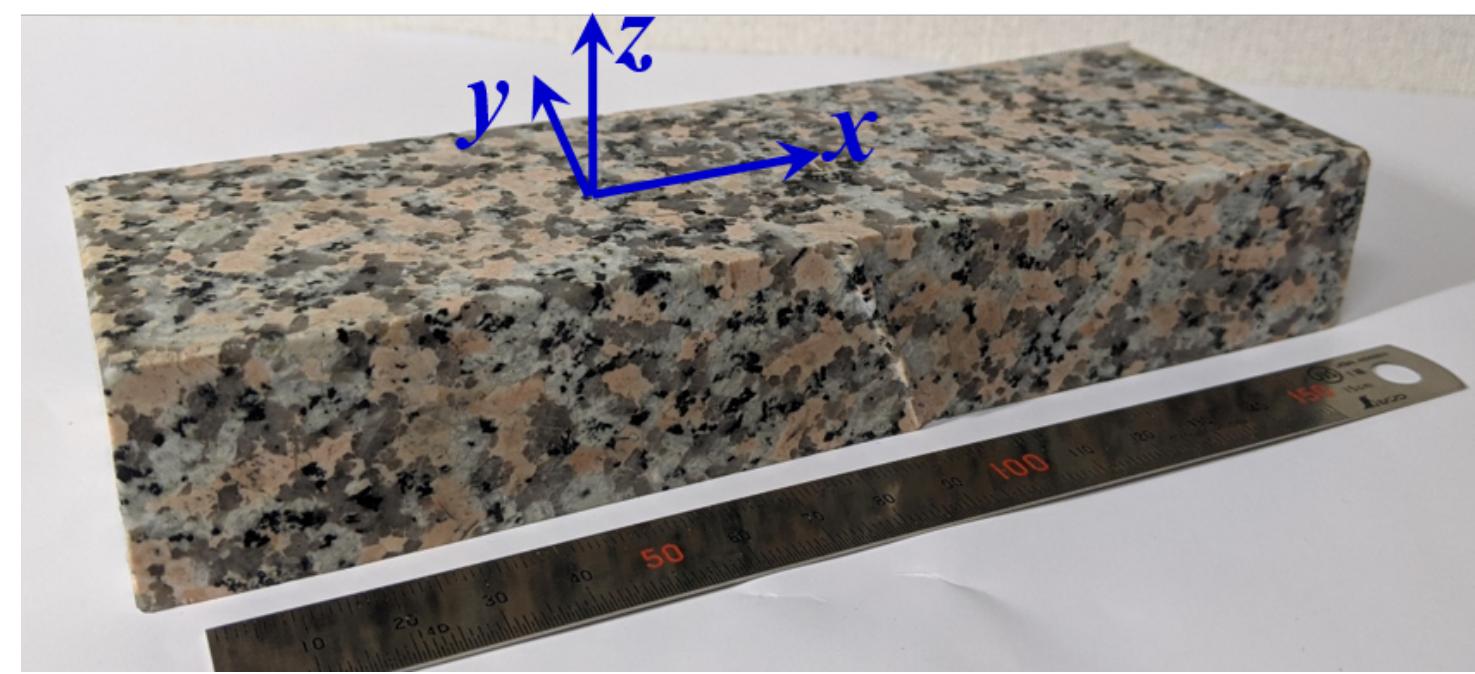


図1: 超音波計測のための花崗岩供試体

- 材料: 万成花崗岩
- 主要造岩鉱物: カリ長石、長石、雲母、石英
- 鉱物粒径: 数mm~1cm
- 風化や割れは無し

4.2. 計測位置

供試体上面に圧電トランスデューサを設置して、超音波(表面波)を励起 20mm×40mmの矩形領域で超音波波形を計測

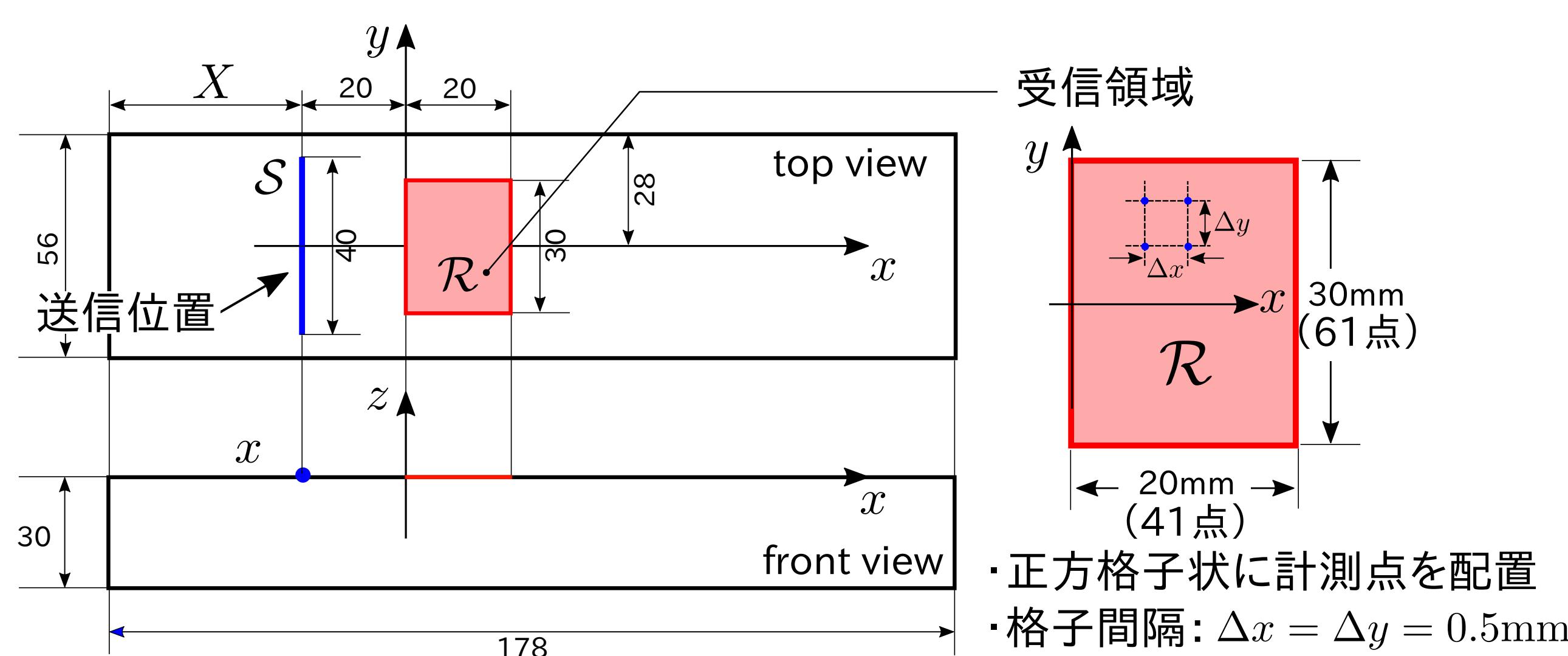


図2: 供試体寸法と超音波の送受信位置

4.3. 超音波計測(装置構成, 計測条件)

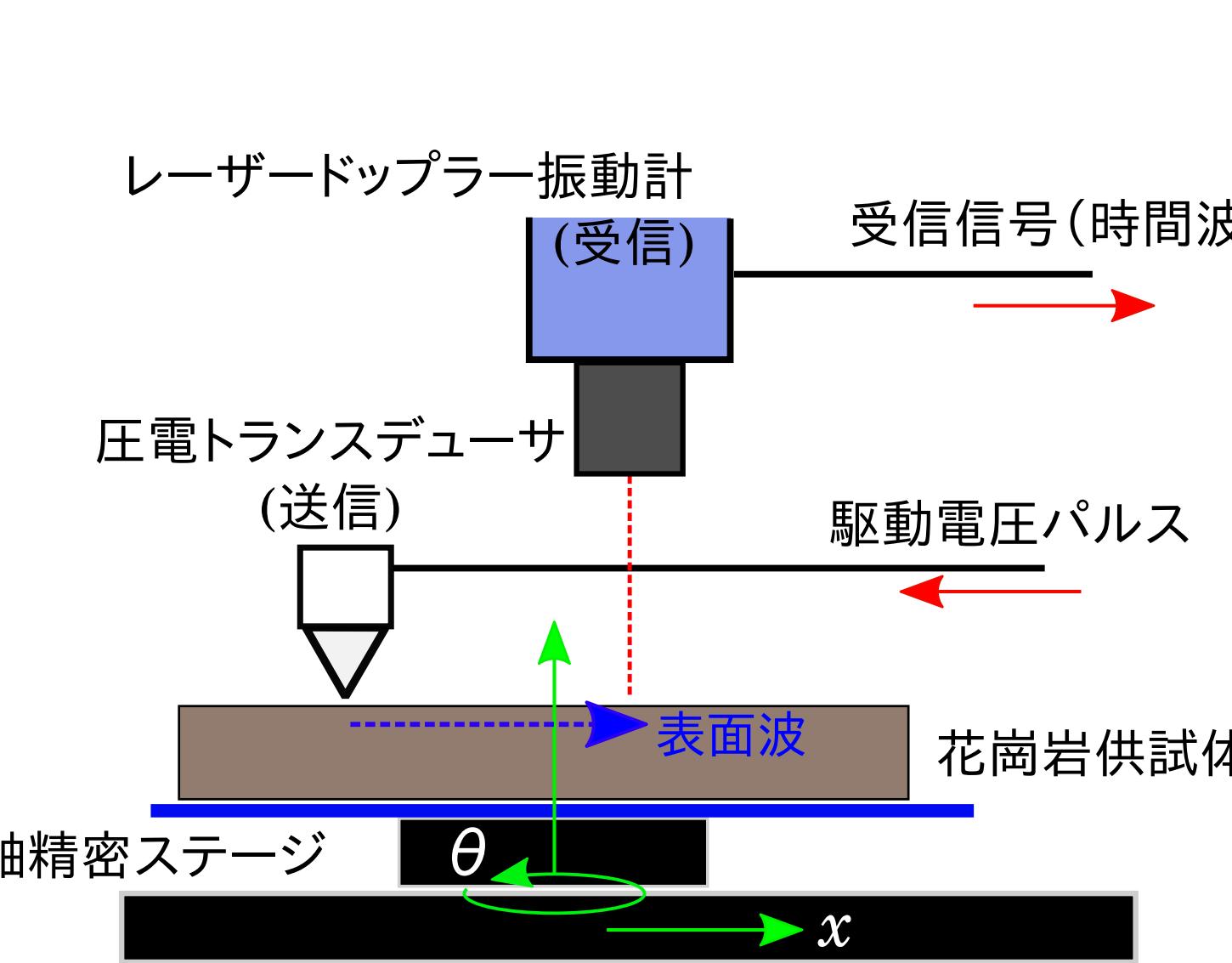


図3: 超音波計測装置の構成

- 平均化回数: 4,096回
- サンプリング周波数: 15MHz
- 計測時間: 0~200μs
- 印加電圧: 400V(矩形パルス)
- 電圧パルス幅: 0.5μs
- パルス繰返し周波数: 20kHz
- 圧電トランスデューサ
2K20x40N R26.1
1912002
JAPAN PROBE
- 共振周波数: 1MHz
- 素子サイズ: 25×40mm

5. 計測結果

5.1. 表面振動

計測した時間波形 $a(x, y, t)$ から領域 \mathcal{R} における振動速度分布を可視化。概ね x 軸方向に表面波が透過しているが、空間的に不規則に振幅が変動。

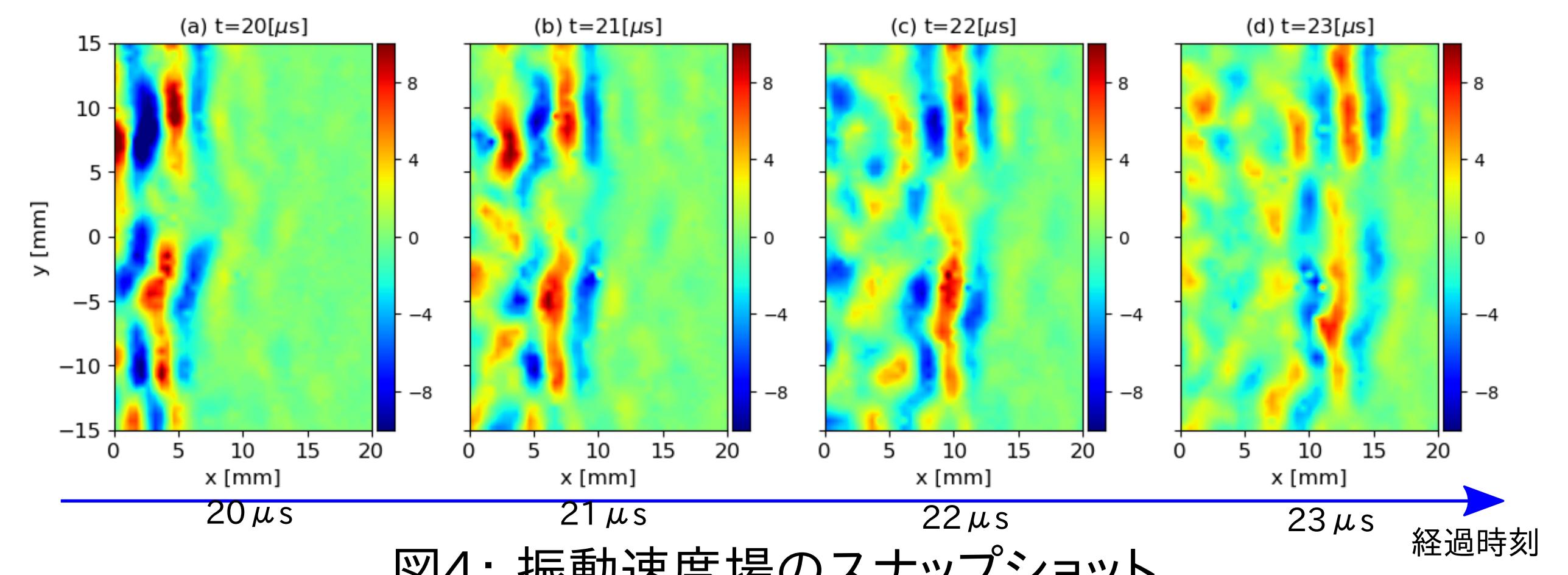


図4: 振動速度場のスナップショット

5.1. 位相の空間分布

時間波形をフーリエ変換して、位相の空間分布を周波数毎に計算(下図)。低周波領域では、 y 軸方向に伸びる波面が観察される。高周波領域では、位相分布の規則性がほとんど失われている。いずれの周波数でも波面は明らかに屈曲している。

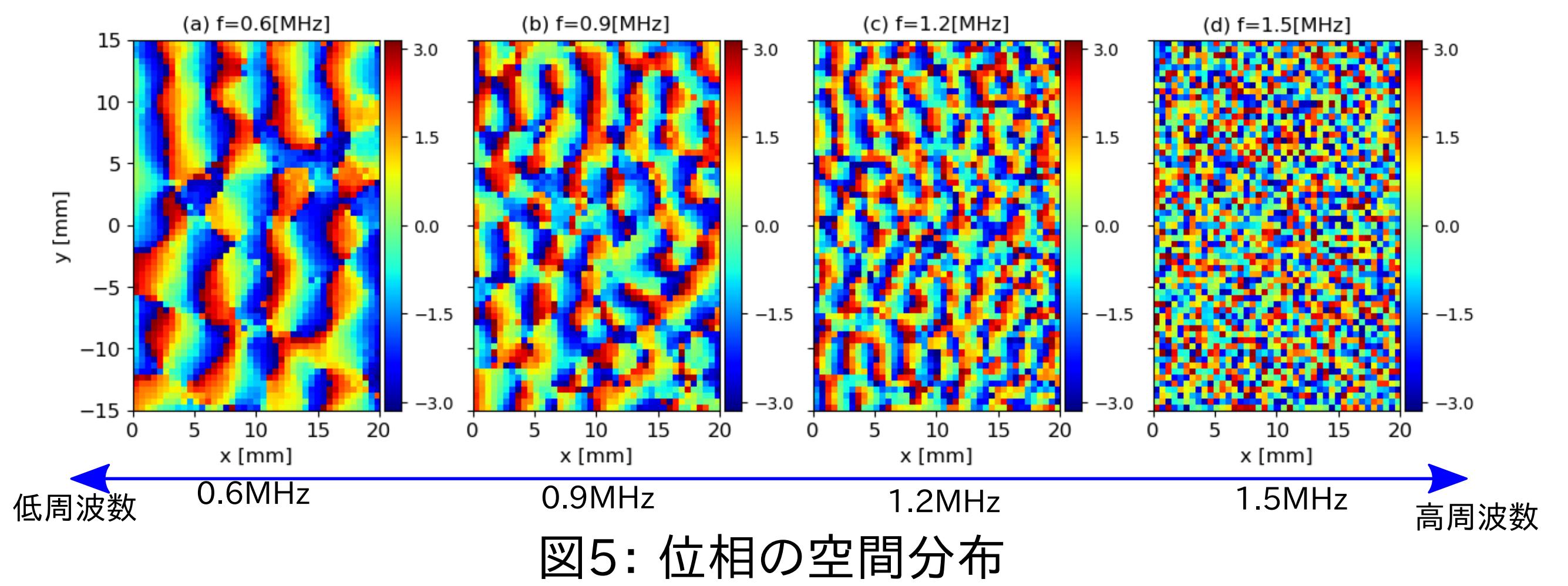
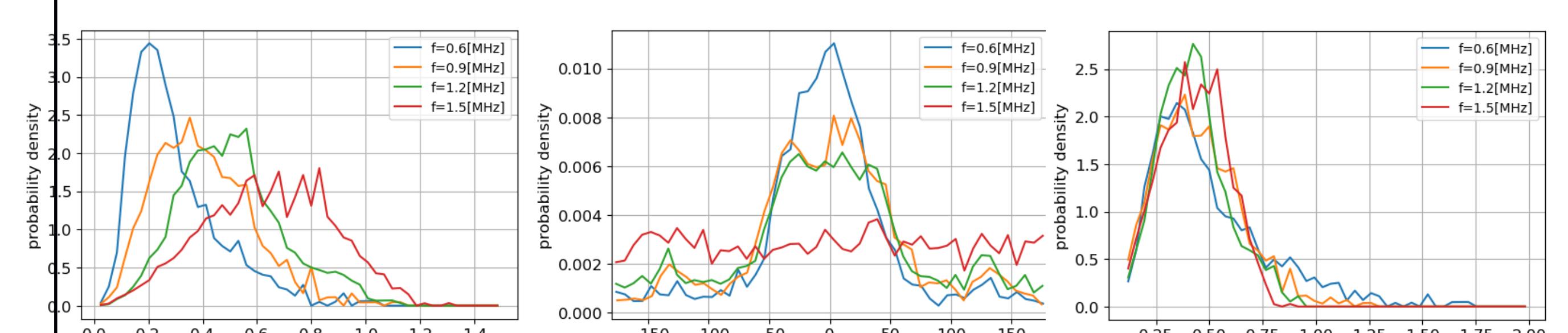


図5: 位相の空間分布

5.2. 波数ベクトルの確率密度



6. 議論

7. まとめと課題