

超音波で皮膚の物質浸透性を促進

東京科学大学 総合研究院 未来産業技術研究所

助教 杉田 直広

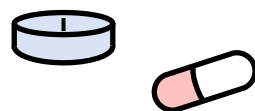


想定される用途

薬物の投与

Drug administration

- ・ 鎮痛剤
- ・ 抗アレルギー薬
- ・ 育毛剤



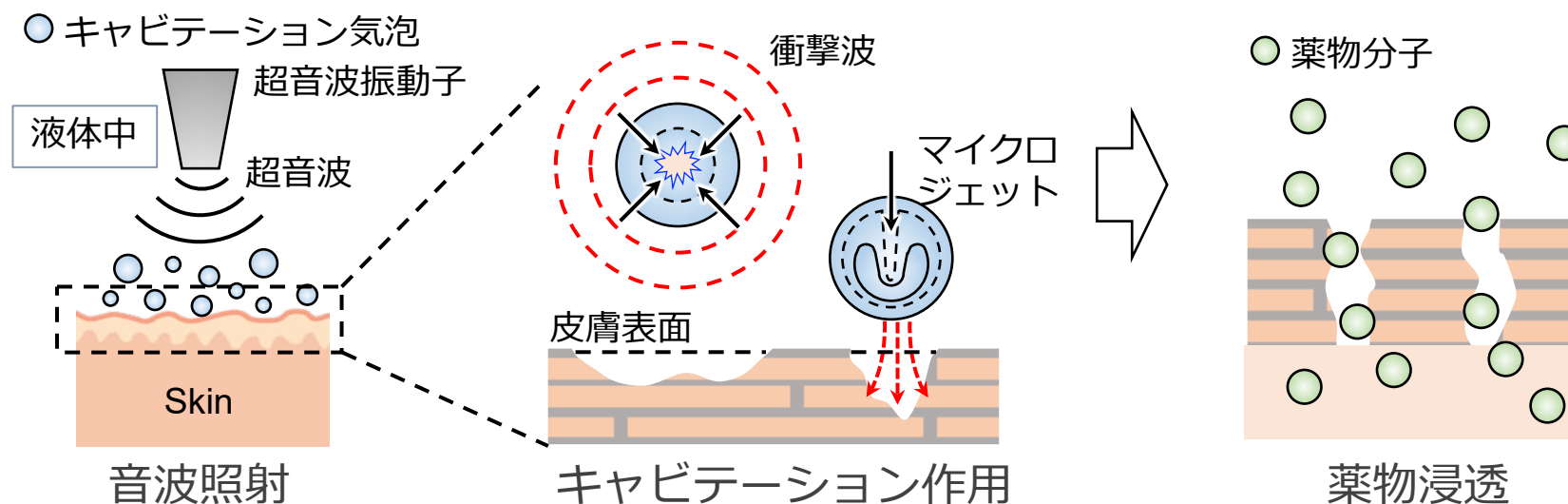
スキンケア

Skin treatments

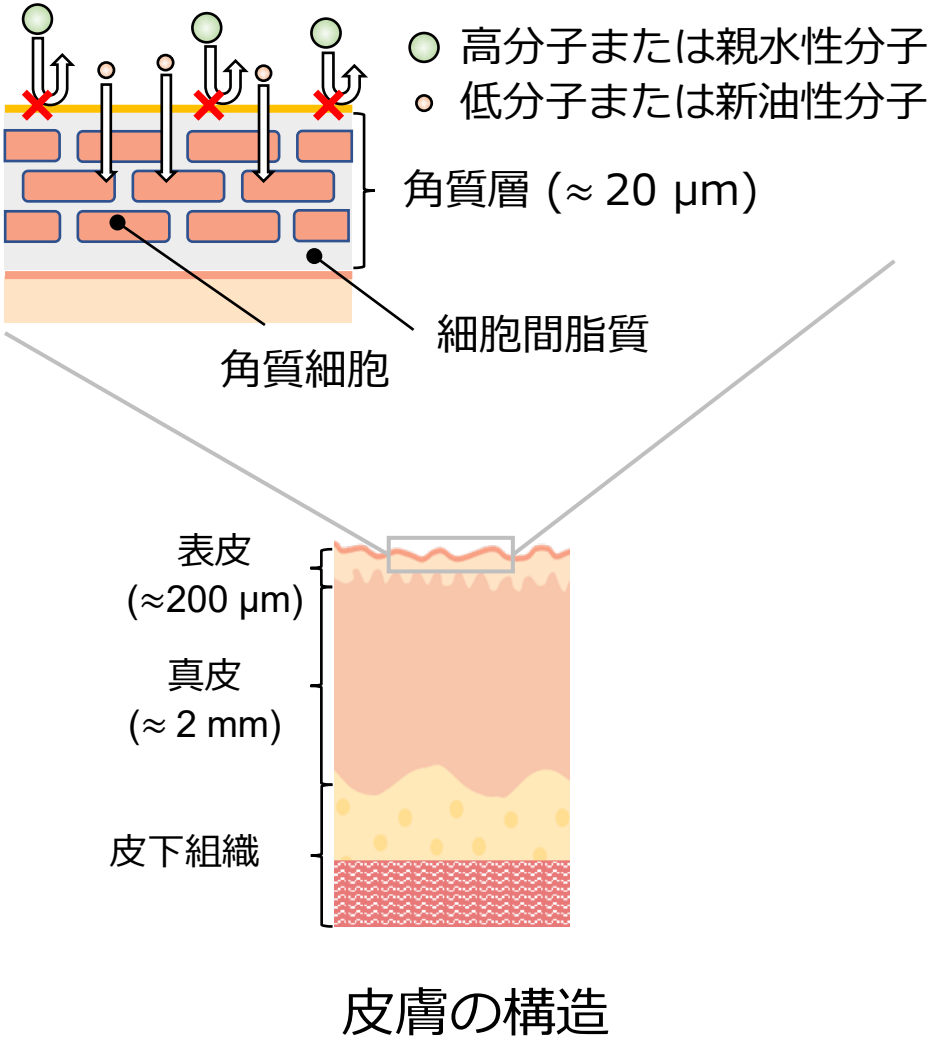
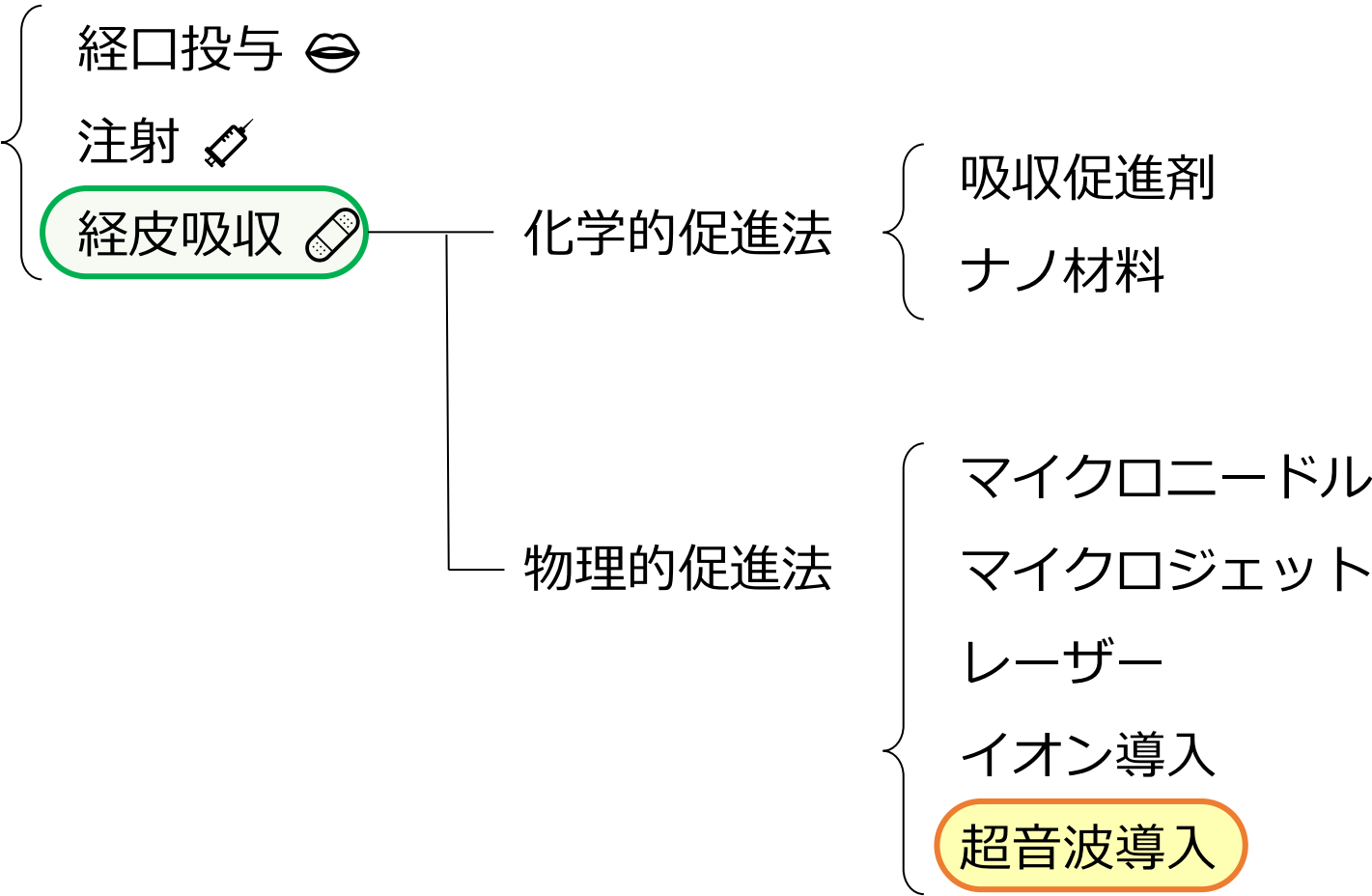
- ・ ヒアルロン酸
- ・ コラーゲン
- ・ 有効成分

超音波導入 Sonophoresis

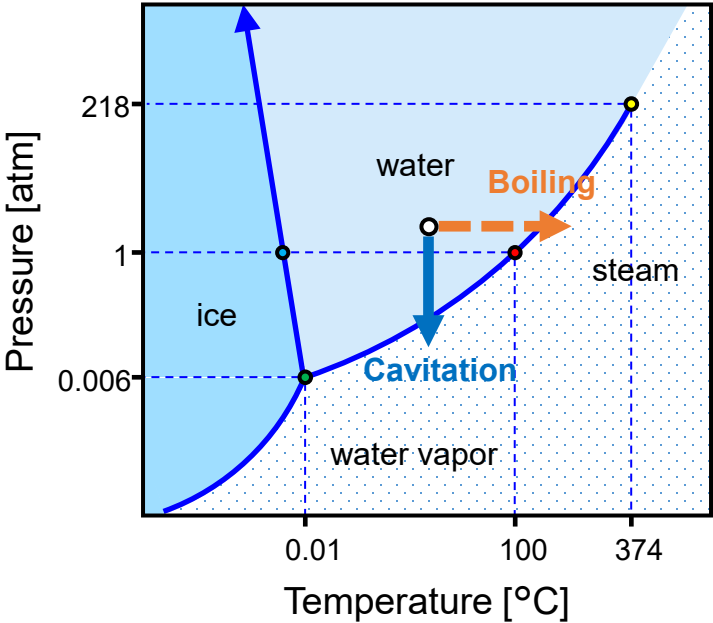
低周波の超音波
(20-100 kHz)



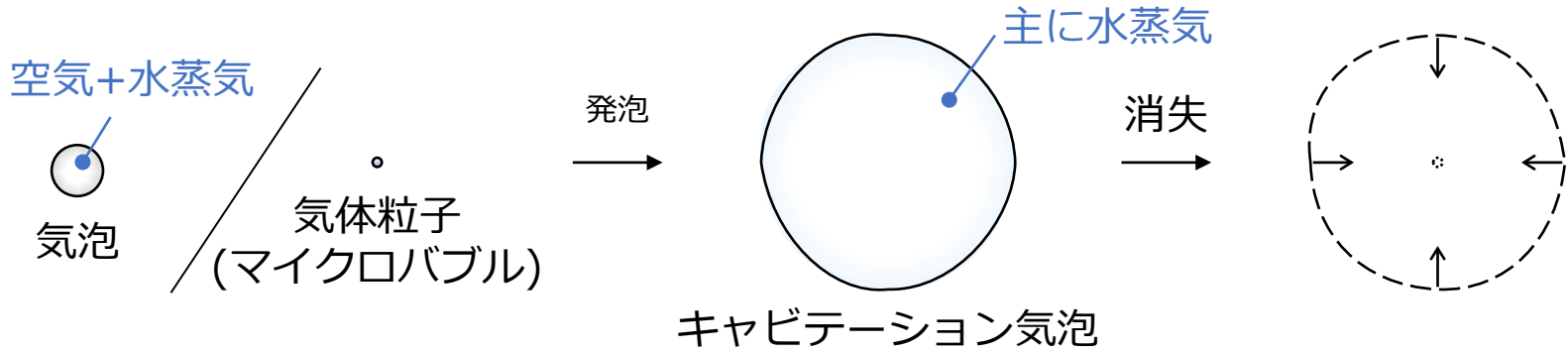
薬物の投与経路



キャビテーションとは？ 液体の空洞化＝蒸気気泡の生成

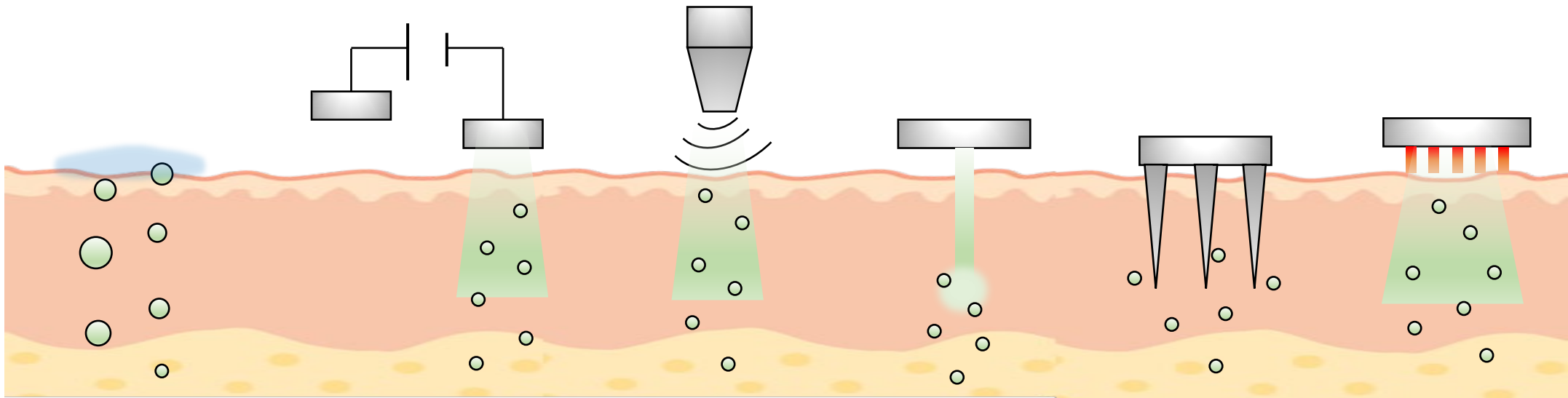


	キャビテーション	沸騰
原因	Pressure decrease	温度上昇
臨界点	$p_c < \text{蒸気圧}$ (水の場合2 kPa)	$T_c > \text{沸点}$ (1気圧水の場合100°C)

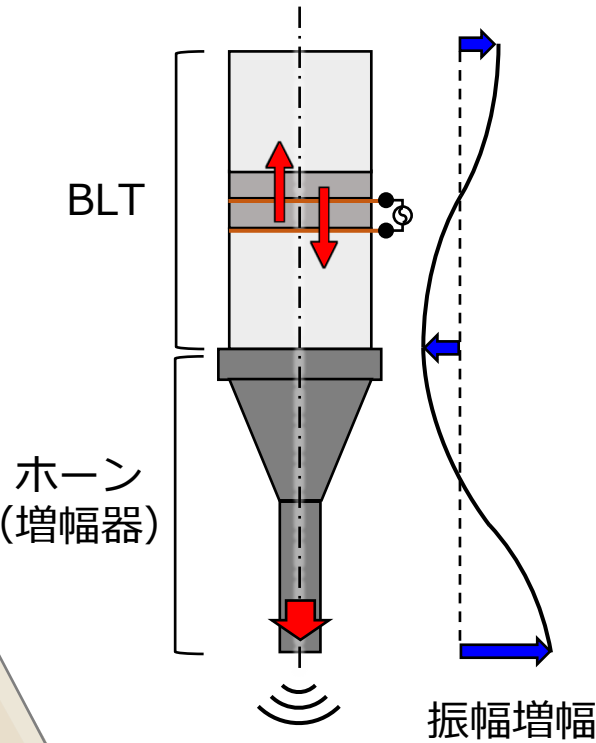
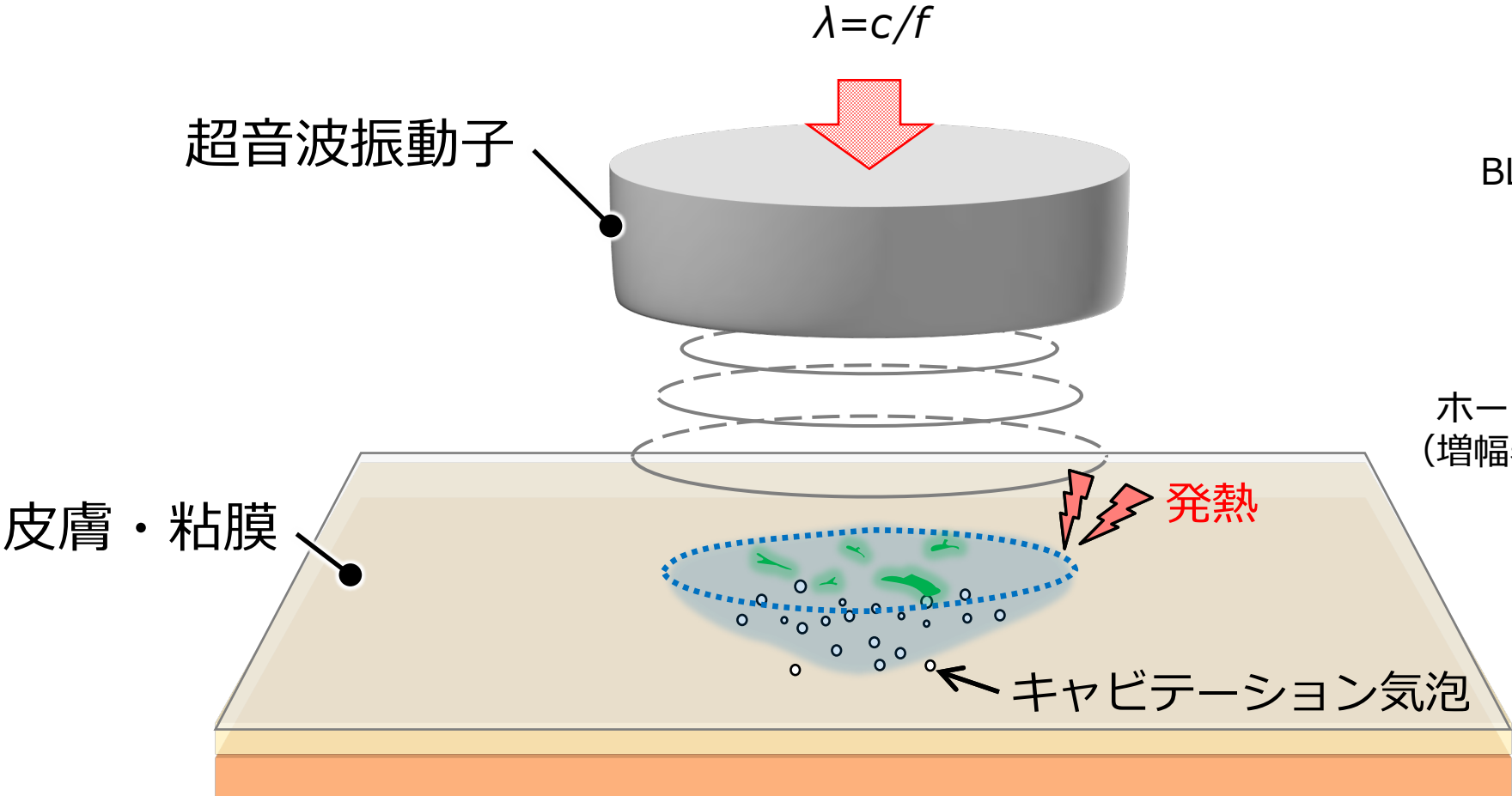


従来技術とその問題点

	化学的 導入法	イオン 導入法	電気 穿孔法	超音波 導入法	ジェット 注射	マイクロニードル	熱導入法
痛み	○	○		○	×	○	△
課題	コスト 皮膚刺激	導入量 導入薬物の制限		音響的損傷 ばらつき	痛み 物理的損傷	コスト 生体適合性	熱的損傷



従来技術とその問題点

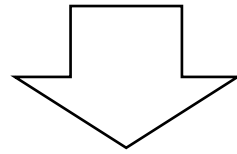


ジュラルミン(A2017)
100 kHz
波長 51 mm

- 薬物の局所輸送領域
- 皮下組織の損傷

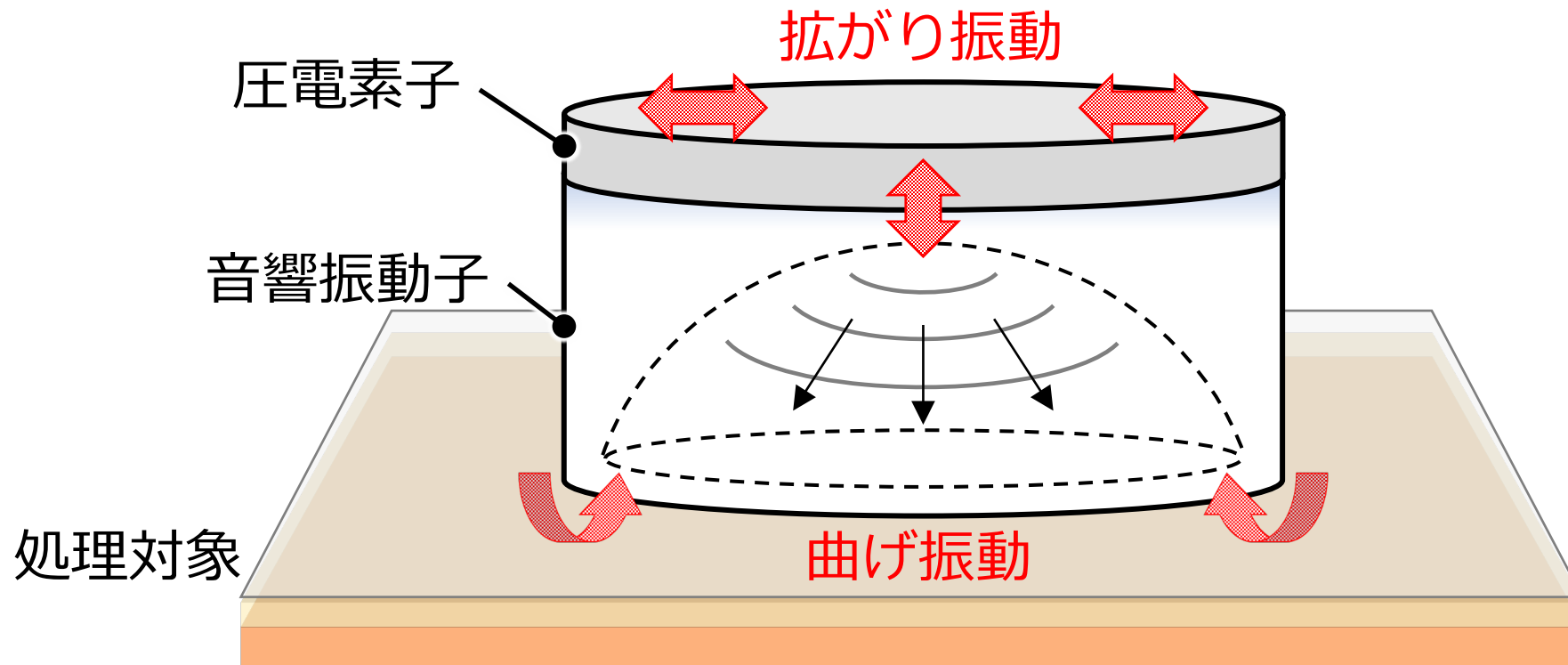
本技術の目的

- 均一かつ広範囲のキャビテーション生成
- 皮膚のダメージなし（機械的・熱的損傷）
- 装置の小型化・低電力化



キャビテーションを処理対象の表面上にのみ生成する音波照射器

新技術の特徴・従来技術との比較

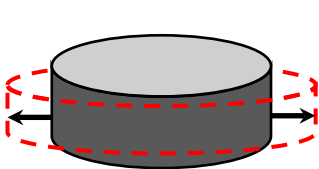


- 超音波振動子を改良することで、従来技術の課題であったデバイスの小型化に成功
- 本提案の超音波振動子は、**皮膚などの材料表面に超音波キャビテーションを作用させることに特化した設計であり、皮膚上に高密度のキャビテーションを生成することが可能**

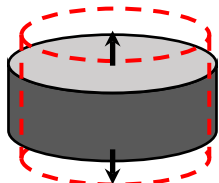
新技術の特徴・従来技術との比較

1. 低周波駆動

Material: C-21(Fuji-ceramics)
• Diameter: 28 mm
• Thickness: 2 mm

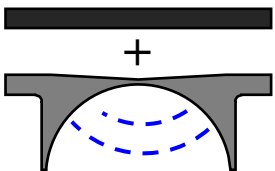


半径方向共振
78 kHz



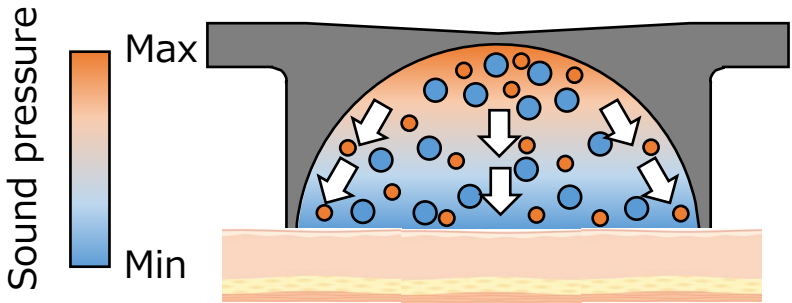
厚さ方向共振
1050 kHz

2. 小型かつハイパワー

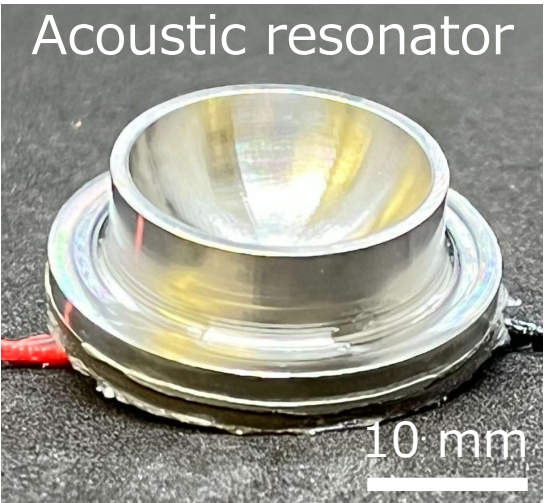


振動方向の変換 + 変位拡大機構

3. キャビテーション効果の増強



● キャビテーション気泡 ● 気泡核



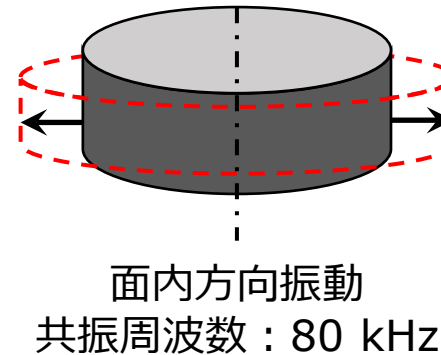
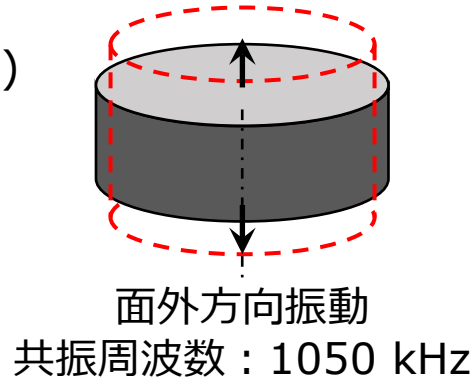
Transducer prototype

新技術の特徴・従来技術との比較

特徴① 低周波駆動

同一形状・材料における共振周波数：面内方向振動 < 面外方向振動

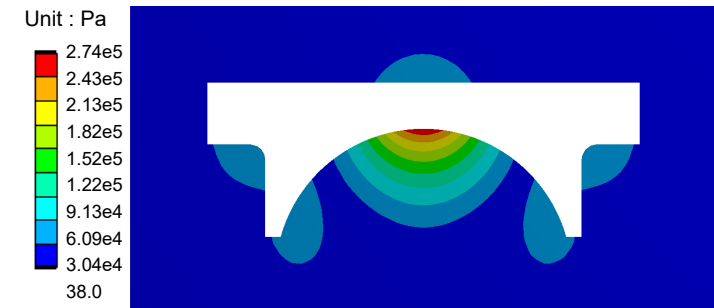
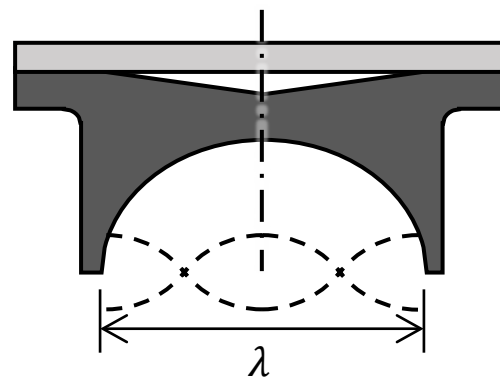
PZT円盤型圧電素子(C-21)
直径28 mm
厚さ2 mm



特徴② 音響共振

開口部に径方向の定在波を形成

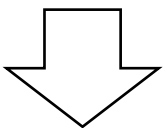
水 1000 kg/m³, 1500 m/s
100 kHz
波長 15 mm



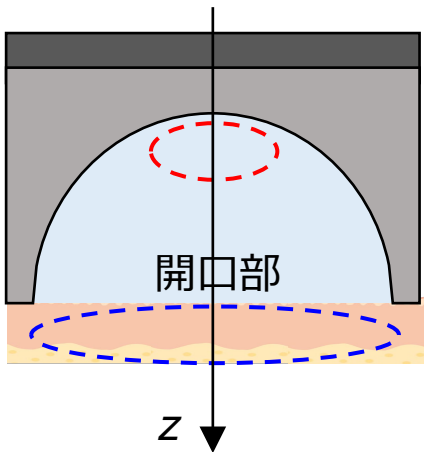
新技術の特徴・従来技術との比較

特徴③ 音圧勾配

皮膚に向かって拡散する音場

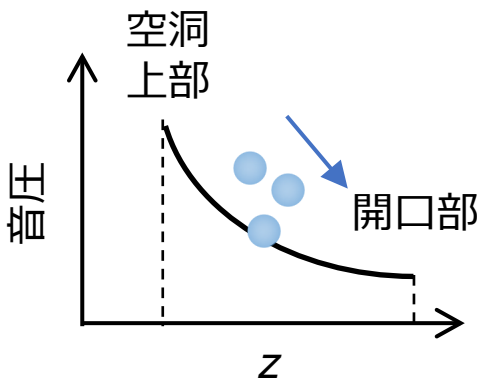


球面空洞内部に音圧勾配

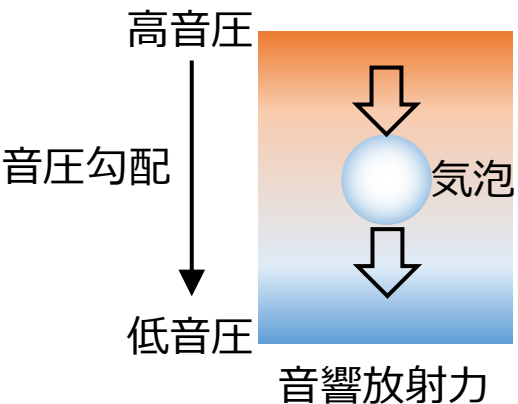


高音圧の領域

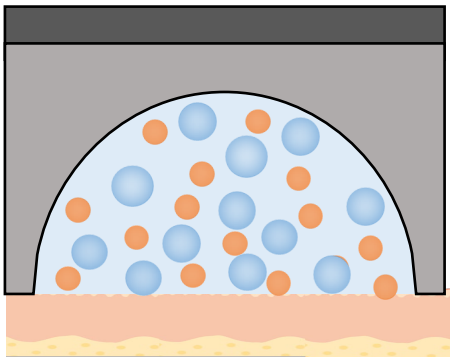
低音圧の領域



特徴④ 気泡核生成



- キャビテーション気泡
- 気泡核



高音圧領域
慣性キャビテーション



キャビテーション核供給



低音圧領域（皮膚表面）
キャビテーション生成

実用化に向けた課題

- **効果のばらつき**

超音波が生体に与える作用は、ばらつきが大きいことが知られており、実用化に向けた課題の一つとされている。ばらつき解消のため、超音波を変調する（位置やタイミングを変化させる）手法を着想し、開発を進めている。
（特許申請予定）

- **安全性**

超音波キャビテーションを皮下脂肪に作用させる「痩身技術」が既に実用化されているが、機械的合併症が発生した事例が報告されている。そこで本シーズは、皮膚表面にのみ安全に効果発現するために設計した超音波振動子を採用している。今後、照射方法と安全性のin vivo試験が必要である。

企業への期待

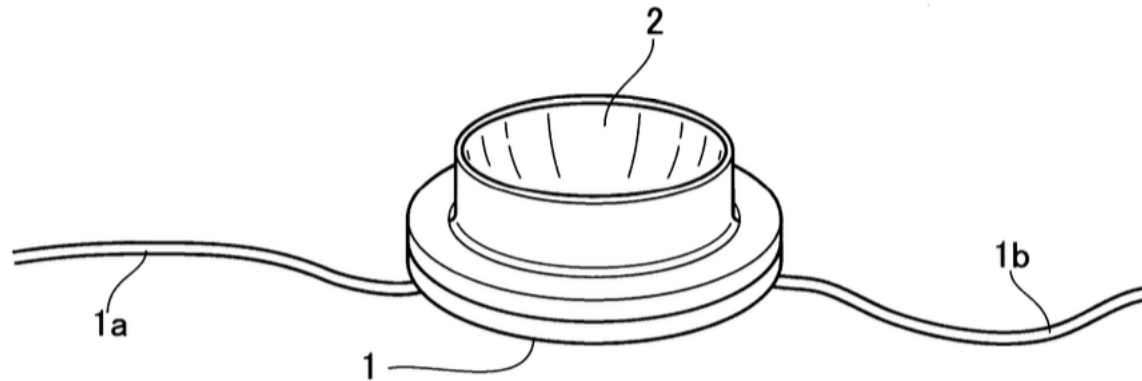
- スキンケア分野で，超音波を使った薬液浸透への応用
- その他，デリケートな材料表面をやさしく洗浄する技術への応用

企業への貢献、PRポイント

- 超音波照射器の設計・製作の技術提供
- 効果検証の可視化技術提供（高速度撮影，顕微観察）
- 応用先に応じた改良設計の提案と知財化

本技術に関する知的財産権

- 発明の名称 : 超音波照射器
- 出願番号 : 特願2023-178036 特開2025-068259
- 出願人 : 東京科学大学
- 発明者 : 進士忠彦, 杉田直広、山本真也, 富岡圭太



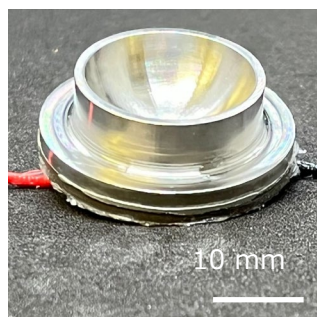
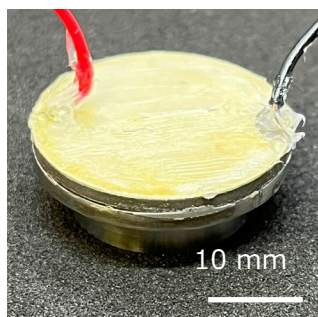
産学連携の経歴

- 2021年 旭化成株式会社 研究助成金 採択
- 2023年 東レエンジニアリング株式会社「TRENG Support」採択

まとめ

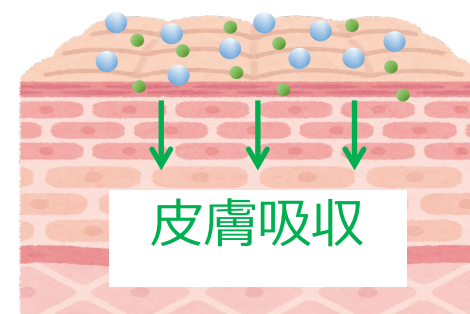
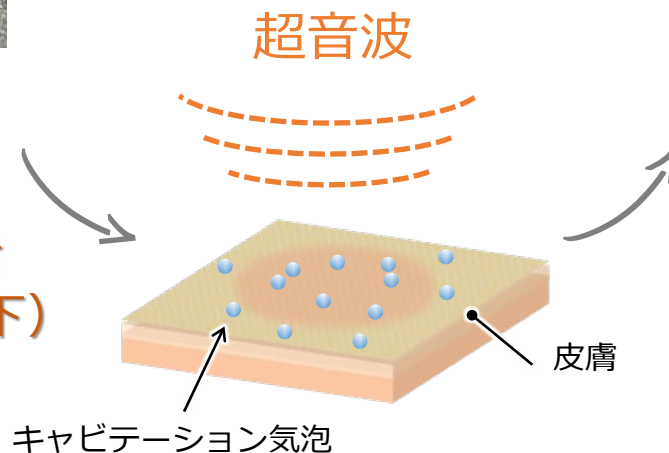
皮膚専用の超音波照射器

- 小型かつ超音波キャビテーション作用を増強
- 対象物表面をやさしく刺激（洗浄も可能）



超音波デバイス
特願2023-178036

超音波照射
(100 kHz以下)



キャビテーション作用
(皮膚角質をやさしく除去)



Thank you

お問い合わせ先

東京科学大学 (Science Tokyo)

産学共創機構技術プロモーション室

T E L 03-5734-3817

e-mail consult@cim.isct.ac.jp