

## 空中超音波音場を利用した小物体の非接触制御の基礎検討

## A basic study on non-contact control of small objects using aerial ultrasonic waves sound field

○加藤佑弥<sup>1</sup>, 大隅歩<sup>2</sup>, 伊藤洋一<sup>2</sup>\*Yuya Kato<sup>1</sup>, Ayumu Osumi<sup>2</sup>, Youichi Ito<sup>2</sup>

Abstract: In this study, we proposed a new method of direction control of small objects in non-contact way using sound field is formed at two stripe mode vibration plates. In this report, it was clarified to be possible to control the direction of the small objects in proposed method.

## 1. はじめに

近年, 空中超音波を利用した非接触のマニピュレーション技術が盛んに研究されており, これらは精密な電子部品の製造工程やバイオテクノロジーの分野などにおいて応用が期待されている.

これまでの報告で, 直径が数 mm 程度の微粒子及び液体を単体あるいは複数のかたまりとして補足し, さらに形成音場の位相特性を制御することで非接触搬送が可能になることが明らかにされている<sup>[1,2]</sup>. 一方, 異なる大きさや形状の微小体を分離, 配列させる, あるいはその向きを制御する等の検討は行われておらず, これが可能になれば飛躍的な応用が期待される.

本研究では, その基礎検討として細長い小物体を非接触で配列させ, その方向を制御する検討を行ったので報告する.

## 2. マニピュレーションの原理

Fig.1(a)は, x 方向には音圧が一様で, y および z 方向に定在波が形成された音場の概略を示す. この音場内に断面が音波長に比べて十分小さく細い軽量の小物体を挿入すると, 小物体には音響放射力が作用し, 定在波音場の節に沿って保持されることになる. また, Fig.1(b)は Fig.1(a)の音場を 90 度回転させたものであり, この場合, 音場に挿入した小物体は図のように保持される. したがって, この二つの音場を同一空間で交互に形成すれば, 小物体の向きが瞬時に 90 度回転することになる.

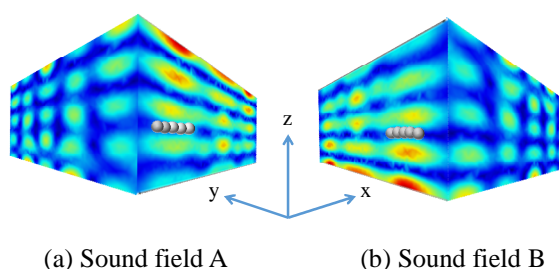


Figure 1. Principle of the proposed manipulation

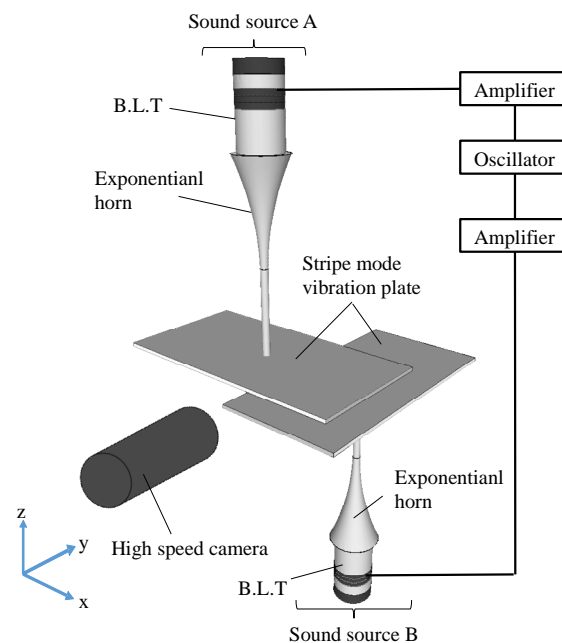


Figure 2. Experiment device

### 3. 実験装置

上記マニピレーションの原理を確かめるため、Fig.2 の装置を構成して、実験を行う。Fig.1 の音場を実現するために縞モードたわみ振動板からの放射音波を利用する<sup>[3,4]</sup>。すなわち、図に示すように縞モード振動板式の空中超音波音源 2 組を、互いの振動板面を平行かつ直交するように配置する。実験はこの振動板が重なり合った板間で行う。実験に用いる試料は、直径 2mm の発泡スチロール球を 5 つ繋げて棒状（長さ 12mm）にしたものである。なお、二つの音源は音響特性を等しく揃えてある（駆動周波数 20.38kHz）。

### 4. 実験結果

#### 4.1 振動板 1 枚を駆動した場合

Fig.3(a),(b)は 2 枚の各振動板をそれぞれ単独で振動させたときに板間に形成する音場を示す。また Fig.4(a),(b)は Fig.3(a)および Fig.3(b)の音場に試料を挿入したときの様子を示す。結果より、いずれも試料は定在波音場に沿った向き(x 軸と y 軸)で、定在波の節の位置で捕捉されているのが分かる。

#### 4.2 振動板を同時に駆動した場合

Fig.5 に、振動板を同時に駆動させたときの資料の様子である。板間に形成する二組の音場の強度を調整することにより、小物体を 0 度から 90 度の間の角度に回転制御した様子を示している。図では、小物体を 45 度回転させた状態を示している。

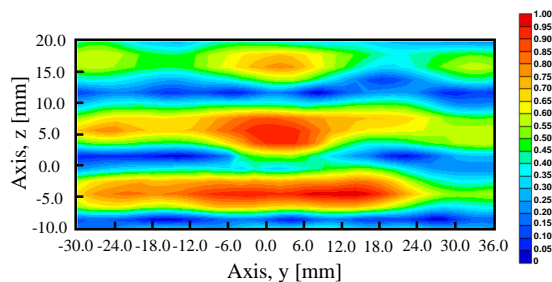
### 5. まとめ

細長い小物体を超音波音場内の定位置に保持し、しかもその向きを制御する方法について検討した。

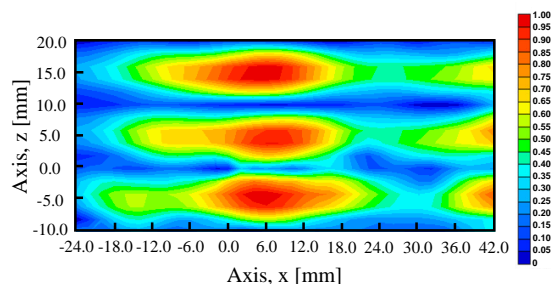
その結果、直交して配置した 2 枚の縞モードたわみ振動板間に形成する定在波音場を制御することで、小物体を定位置に保持し、その向きを 0 度から 90 度の範囲で制御できる可能性を得た。

### 6. 参考文献

[1] 小塚晃透, 安井久一:「空中超音波を用いた非接触マニピュレーション」, 日本機械学会関東支部総会講演会論文集, 443-444, 2009

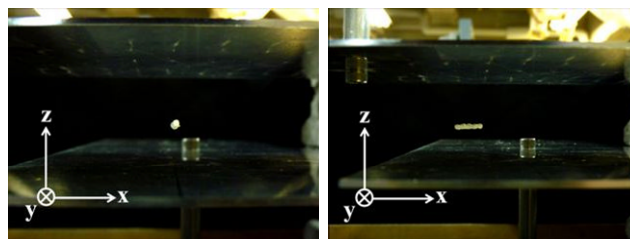


(a) Sound source A



(b) Sound source B

Figure 3. Sound pressure distribution  
Between the two vibration plates



(a) Sound source A (b) Sound source B

Figure 4. Photograph of the manipulation in single drive

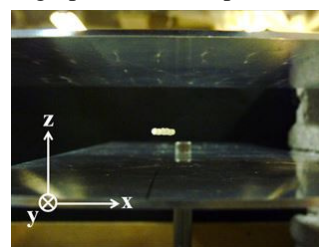


Figure 5. Photograph of the manipulation at the 45 degrees in both sound source drive

- [2] 小山大介, 中村健太郎:「たわみ振動板と反射板による微小物体の非接触長距離搬送」, 電子情報通信学会技術研究報告.US.超音波, 13-18, 2009
- [3] 山根宏之, 伊藤洋一:「縞モード矩形版からの音波の放射」, 日本音響学会誌, 308-387, 1983
- [4] 三浦光:「空中強力定在波音場の音圧とエネルギー密度」, 日本音響学会誌, 768-776, 1987