

# ドローンによる收音のためのビームフォーミング

金子 格†

名古屋市立大学†

## 1. はじめに

ドローンの利用が広がっている[1]．空中からの撮影が格段に容易になったが，收音についてはドローン自体が発生する騒音をどう抑制するかが課題となっている．本発表ではドローンによる收音時にドローン音の騒音を抑制するためIV2CNB(Insulated Vertical Two Channel Null-formed Beamforming; 隔離二極ゼロビームフォーミング)を提案する．本手法は軽量でドローンへの搭載が容易で，ドローンの音を効果的に抑制できると期待できる．本手法の効果は確認中であるが，十分な効果が確認できればドローンの用途を大幅に広げることができると期待できる．

## 2. 手法

特定方向からの音を抑制する方法の一つにビームフォーミングがある[2]．そこでドローンの騒音妨害を除去するためビームフォーミングを提案する．

2つの無指向性マイクロホンの信号を合成するとある点からの音の伝達関数をゼロとすることが可能である．これはNull-formed Beamformingとして知られている．

図1に通常のNull-formed Beamformingを示す．音源  $x_1$  ,  $x_2$  に対し2つのマイクロホンを水平に配置し，適切な伝達関数を適応することで， $x_1$  の利得を消滅できる．実際には利得はゼロにならないがほぼゼロとすることができると期待できる．

$$\begin{aligned} z_1 &= H_2 y_1 - H_1 y_2 \\ &= H_2(H_1 x_1 + H_3 x_2) - H_1(H_2 x_2 + H_4 x_2) \\ &= (H_2 H_3 - H_1 H_4) x_2 \end{aligned}$$

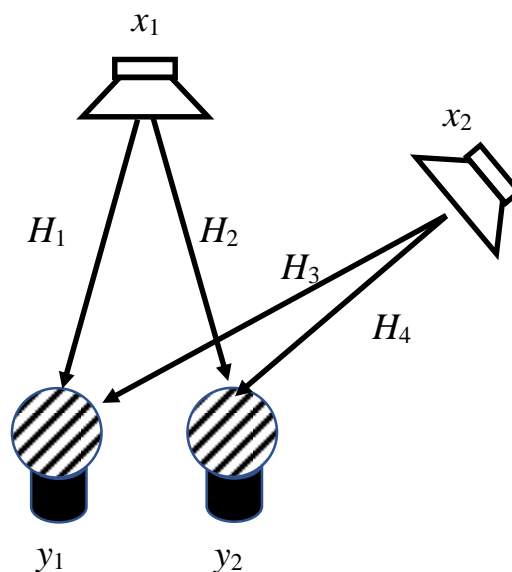


図1 Null-Formed Beamforming

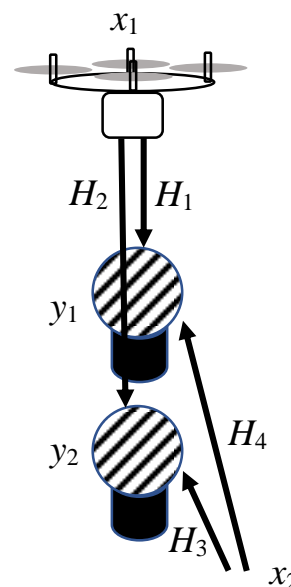


図2 垂直2チャンネルNFB

この時，Null の方向( $x_1$ )はマイクロホンをむすぶ直線と垂直の平面上に分布するので，スピーカと反対方向の音も抑制されてしまう．ドローン

Beam forming for the sound acquisition using drone  
†Itaru Kaneko · Nagoya City University

に応用した場合、地上の音の一部まで抑制されてしまうことになる。

そこで 図 2 のように垂直方向に 2 つのマイクロホン配置する Null formed beamforming を用いる。この場合, Null はやはり 2 つのマイクロホンを通る直線から一定角度の円錐上に分布するが, これをほぼ上向きにすることでドローンの音のみを選択的に削除することができる。またこの場合上方向を Null としてもした方向は Null にならない。

### 3. 地上音の補正

地上側は 2 つのマイクロホンからみて逆方向になるがこちらの伝達関数はどうなるだろうか。マイクロホンの距離を  $d$  とするとマイクロホンへの到達時間は  $d/v$  だけ異なるから, ドローン側を null にする伝達関数はドローン側マイクロホンを  $d/v$  だけ遅らせるものとなる。したがって地上音はドローン側のマイクロホンに  $2d/v$  遅れて到達する。この  $2d/v$  デイレイを持つ応答は容易に補正することができる。

$$\begin{aligned} G &= (H_2H_3 - H_1H_4)^{-1} \\ z_2 &= (H_2y_1 - H_1y_2)/G \\ &= (H_2H_3 - H_1H_4)/G x_2 \\ &= x_2 \end{aligned}$$

### 4. ドローン音の遮蔽

ドローンのプロペラは一定の大きさを持っている。そのためこのままではマイクロホンへの伝達関数が一定でないため, ドローンの音を完全に削除することができない。そこで Insulator を提案する。

図 3 にドローン音の遮蔽を示す。遮蔽には軽く剛性の高い素材で円形のエッジを持つ形状とする。軽量の小さな物体は一般に遮蔽効果は期待できない。物体自体も振動し, またエッジでの回折も生じるから音はほぼ素通りする。しかし, 本提案の場合, もともとドローンからマイクに到達する音は Null-formed Beamforming で抑制されている。そして抑制効果はマイクを頂点とする円錐面で最大になる。

遮蔽物を経た音波は, 仮想的に円錐面を起点とする音源となるよう波面が制約される。したがって遮蔽を経た音を Null-formed Beamforming 処理することで, Null-formed Beamforming から漏洩する騒音を削減できると期待される。

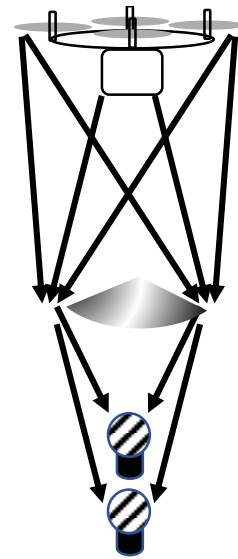


図 3 ドローン音の遮蔽

### 5. 謝辞

本研究にあたって, 実験の実施および実験データの収集を担当してくれた東京工芸大学コンピュータ応用学科 4 年生鳥居 敦君, および 11 月以後の研究指導を行っていただいた荒井准教授にこころより感謝いたします。

#### [参考文献]

- [1] 高橋 亮輔他, 世界初! 民間防犯用ドローン, 電気学会誌, 136 巻, 9 号(2016)
- [2] 越川常治, ビームフォーミングの主要なアルゴリズムと方式例について, 日本音響学会誌, 45 巻, 10 号(1989)