

## 室内音場におけるフラッターエコーの解析

### その2 C-C法による解析

#### Analysis of flutter echo in Room Sound-field

#### Part-2 Measurement by the C-C method

○飯田のぞみ<sup>1</sup>, 中藤彩乃<sup>1</sup>, 増井大輝<sup>1</sup>, 鈴木諒一<sup>2</sup>, 星和磨<sup>3</sup>, 羽入敏樹<sup>3</sup>

\* Nozomi Iida<sup>1</sup>, Ayano Nakato<sup>1</sup>, Taiki Masui<sup>1</sup>, Ryoichi Suzuki<sup>2</sup>, Kazuma Hoshi<sup>3</sup>, Toshiki Hanyu<sup>3</sup>

#### 1. 目的

前報[1]では無指向性マイクロホンによる測定でフラッターエコーの解析を試みた. 本報ではC-C法[2]を用いて方向情報を測定し, フラッターエコーを方向成分ごとに解析した結果について報告する.

#### 2. C-C法による測定

##### 2.1 C-C法の概要

C-C法[2]は指向性のあるカーディオイドマイクを180度反対向きに對にしたものをx,y,z軸に配置し, それぞれのマイクで測定した応答の差分から音の到来方向を検出する方法である.

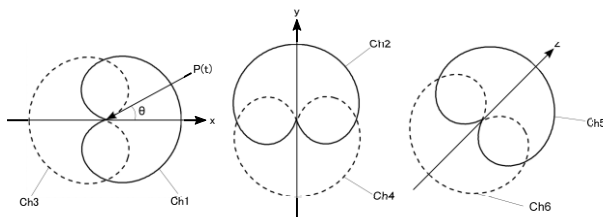


図1. C-C法

マイクの位置情報を用いるP-P方法と違い, C-C法はマイクの指向性情報を用いるため, 対象周波数によらずマイク間隔を変えずに測定することが可能である. また前報のような無指向性マイクロホンでは測定できない音の到来方向を検出することができる.

##### 2.2 測定条件

測定対象は図2に示した日本大学理工学部船橋校舎スポーツホール, 3階通路である.

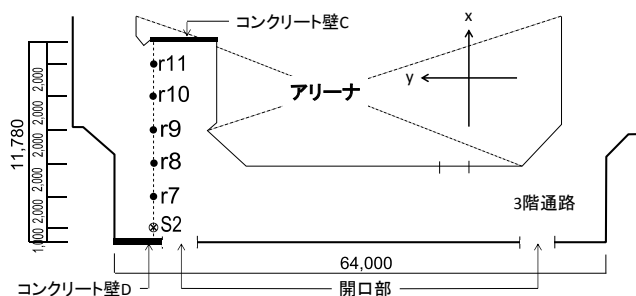


図2. 測定音場及び測定点 (平面)

図中のS2は音源位置, r7~r11は受音点位置を表している. 音源には12面体スピーカを用い, 音源と受音点の高さは共に2.0mに設定した. 各受音点ごとにC-C法(6chマイクロホン)によって6ch分のインパルス応答を測定した. C-C法では短手方向をx軸, 長手方向をy軸, 高さ方向をz軸に設定した. インパルス応答の測定方法は前報と同様である.

#### 3. 解析方法

方向別にフラッターエコーを解析するため, 以下の処理を行なった.

- 1)カーディオイドマイク ch1~ch6(図1参照)のインパルス応答をオクターブバンドフィルタに通し, それぞれ  $p_1(t) \sim p_6(t)$  を求める.
- 2)帯域ごとの2乗応答  $p_1^2(t) \sim p_6^2(t)$  から, 式(1)~(3)により x, y, z 軸方向のインテンシティ  $I_x(t), I_y(t), I_z(t)$  を求める.

$$I_x(t) = p_1^2(t) - p_3^2(t) \quad (1)$$

$$I_x(t) = p_2^2(t) - p_4^2(t) \quad (2)$$

$$I_x(t) = p_5^2(t) - p_6^2(t) \quad (3)$$

- 4)(4)式によりインテンシティの大きさ  $|I(t)|$  を得る.

$$|I(t)| = \sqrt{I_x^2(t) + I_y^2(t) + I_z^2(t)} \quad (4)$$

- 5) $|I(t)|$ の最大値  $I_{max}$  を求め, インテンシティを正規化し, 軸方向ごとに対数をとって方向別のインテンシティレベル減衰波形を式(5)~(7)により算出する.

$$IL_x(t) = 10 \log \left\{ \frac{|I_x(t)|}{I_{max}} \right\} \quad (5)$$

$$IL_y(t) = 10 \log \left\{ \frac{|I_y(t)|}{I_{max}} \right\} \quad (6)$$

$$IL_z(t) = 10 \log \left\{ \frac{|I_z(t)|}{I_{max}} \right\} \quad (7)$$

- 6)5)で求めた値をグラフ化し, フラッターエコーの方向別の違いを目視によって評価する.

#### 4. 結果と考察

受音点 r7 の無指向性マイクロホンと x 軸方向, y 軸方向, z 軸方向の 250Hz~8kHz 帯域のレベル減衰波形のグラフを並べて図 3 に示す. 無指向性マイクロホンでは 2 kHz, 4 kHz 帯域において 0~1 秒区間の間隔の狭い細かいフラッターエコーと間隔の広い大きなフラッターエコーの 2 つが混在していることが確認できる.

C-C 法の x 軸方向では, 0~1 秒区間の特に 2 kHz, 4 kHz で発生している細かいフラッターエコーが特徴的である. これは y 軸方向並びに z 軸方向では確認できないものであり, x 軸上のコンクリート壁 C, D の間で発生したフラッターエコーであると考えられる. また, y 軸方向では間隔の広い大きなフラッターエコーが特徴的である. これも他軸では見られない特徴であることから, 長手方向のコンクリート壁において発生したものと考えられる. z 軸方向においてはこれらのような特徴は見られなかった. 微量なフラッターエコーが確認できるが, y 軸方向で発生しているものと同間隔であるため長手方向のフラッターエコーの音をマイクが捉えてしまったものだと考えられる.

これら 3 つの軸を加算すると無指向性マイクロホンで測定されたフラッターエコーとほぼ一致することがわか

る. これらのことから, C-C 法によって方向別減衰波形を解析することによって無指向性マイクロホンで測定したフラッターエコーを短手方向で発生したものと長手方向で発生したものとに分けることができたと言える. このことは, C-C 法によりフラッターエコーを解析することによって, フラッターエコーが生じている壁面がより特定しやすくなることを示している.

#### 5. まとめ

本報では, 長手方向と短手方向の 2 方向で時間間隔の異なる 2 つのフラッターエコーが生じている条件において, 無指向性マイクロホンと C-C 法によって解析を行った. その結果 C-C 法で測定を行い方向成分ごとに解析したことで, 無指向性マイクロホンではわからなかった 2 方向で生じているフラッターエコーの発生方向をそれぞれ特定することができた.

#### 6. 参考文献

- [1] 鳴田健志ほか: 室内音場におけるフラッターエコーの解析 その 1 無指向性マイクロホンによる測定
- [2] 羽入敏樹ほか: 4ch カーディオイドマイクによる音場の方向情報計測, 音講論, P.1123(2008.3)

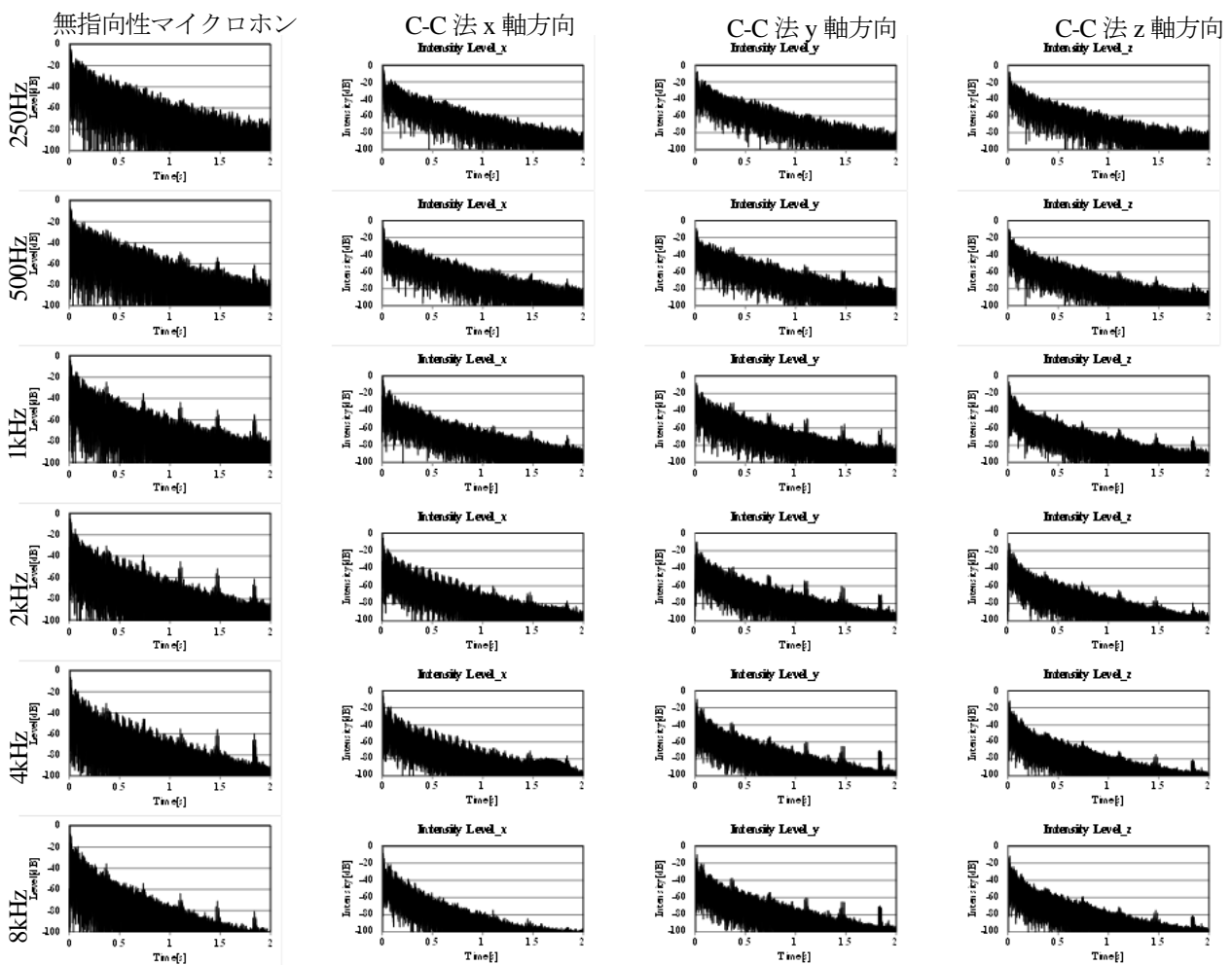


図 3 無指向性マイクロホンと C-C 法の各軸方向におけるレベル減衰波形