

伊勢史郎 清山信正 岡田利一 山崎芳男 伊藤 毅 (早大理工)

1. まえがき 近接4点法は4本のマイクロホンのインパルス応答の時間構造の違いに着目して、受音点からみた等価的な反射音 仮想音源 の空間座標と大きさを計算する測定方法である。この方法で得られた仮想音源分布から受音点近傍のインパルス応答の初期部分をかなり正確に推定することができる。¹⁾ このインパルス応答を使って過渡状態の特徴が据えられる筈である。

有限時間信号の過渡現象の解析にウィグナー分布が有効であることが知られている。²⁾ そこで仮想音源分布から得られたインパルス応答をウィグナー分布により分析し、音場の過渡状態の把握を試みた。

2. ウィグナー分布の特徴 ウィグナー分布には次のような性質がある。

$$g_t(\tau) = f(t + \frac{\tau}{2}) \cdot f^*(t - \frac{\tau}{2}) \quad (1)$$

$$W_f(t, \omega) = \int_{-\infty}^{\infty} \exp(-j\omega\tau) g_t(\tau) d\tau \quad (2)$$

$$f(t) f^*(0) = \frac{1}{2\pi} \int_{-\infty}^{\infty} \exp(j\omega t) W_f(\frac{t}{2}, \omega) d\omega \quad (3)$$

すなわち $f(t)$ が $0 < t \leq a$ でのみ零でない時間信号であるとすれば、式(2)における積分区間は $-a \sim +a$ でよく、しかもそのウィグナー分布は情報劣化しない。これは計算する上でも大変重要な条件である。

離散的なウィグナー分布、式(4)において

$$W_f(n, \theta) = 2 \sum_{k=-\infty}^{\infty} \exp(-j2k\theta) f(n+k) \cdot f^*(n-k) \quad (4)$$

例えば $f(n)$ が

$$f(n) = \begin{cases} a_n & 0 \leq n < M \\ 0 & \text{それ以外の } n \end{cases}$$

とすると、 k の範囲は $2M$ でよい。FFT ポイントが $2M$ ならあば、信号 f_n において

その立ち上がりから M 項まで情報劣化することなく、ウィグナー分布を求めることができる。標本化周波数 44.1kHz で 200ms の時間信号を分析するには 17620 回以上の DFT を 8810 回計算しなければならない。

3. 分析結果 図 - 1 はムジークフェラインザールのインパルス応答、図 - 2 はそのウィグナー分布、図 - 3 は仮想音源分布から計算したインパルス応答、図 - 4 は両者の差、即ち仮想音源に寄与していない相関の低い反射音のウィグナー分布である。仮想音源分布から計算されたインパルス応答は初期反射部分の相関のある反射音のみから構成されているので、そのウィグナー分布により音場の過渡状態の特徴がはっきり据えられる。

図 - 5, 6 はムジークフェラインザールと、ミュンヘンフィルハーモニーホールの仮想音源分布図、図 - 7, 8 はそれらのウィグナー分布である。前処理として時間信号は帯域制限した。また、時間信号の虚部は実部をヒルベルト変換したものである。

4. むすび 仮想音源分布からは初期反射部分の受音点近傍の任意の点あるいは方向別のインパルス応答などを計算することもできる。音場における方向別のスペクトル解析等も検討していくつもりである。

今回解析したデータは前川らの行った音響調査³⁾によるものである。関係各位に感謝する。

*Development of oVirtual Image Sources calculated by Closely Located Four Point Microphone Method -Grasp of Transient of Sound Field-. By Shiro Ise, Nobumasa Seiyama, Toshikazu Okada, Yoshio Yamasaki and Takeshi Itow (Waseda University).

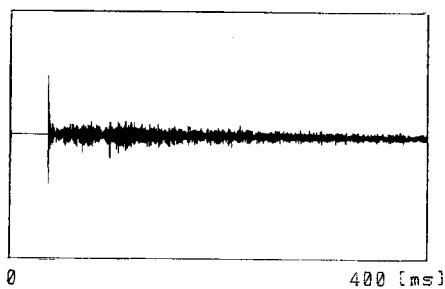


図-1 ムジークフェラインザールのインパルス応答

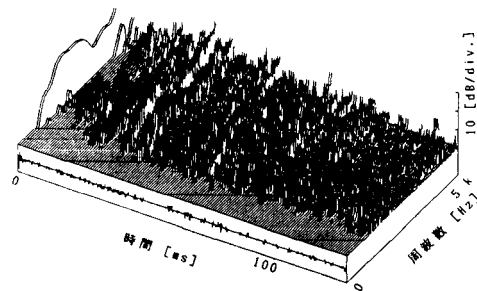


図-2 図-1のウィグナー分布

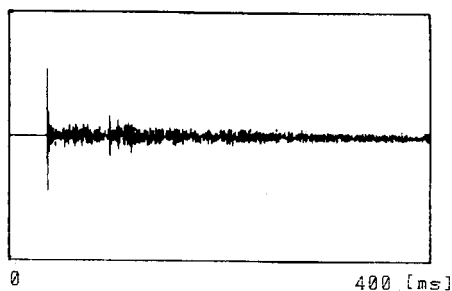


図-3 仮想音源分布から計算したインパルス応答

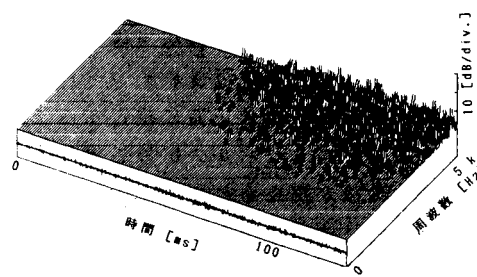


図-4 残差のウィグナー分布

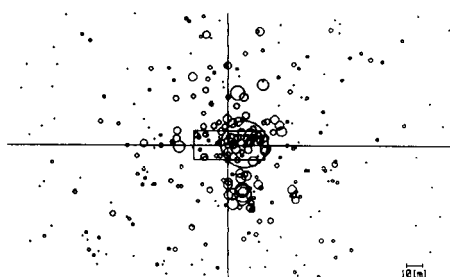


図-5 ムジークフェラインザールの仮想音源分布

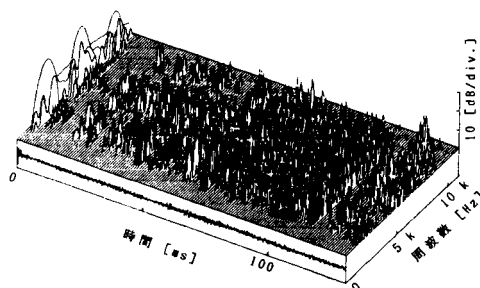


図-6 ムジークフェラインザールのウィグナー分布

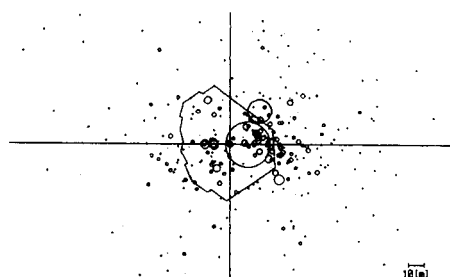


図-7 ミュンヘンフィルハーモニーホールの仮想音源分布

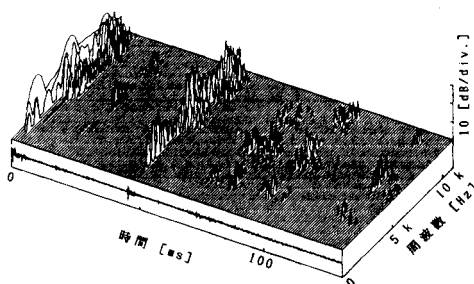


図-8 ミュンヘンフィルハーモニーホールのウィグナー分布

文献

- 1) 山崎他, 日本音響学会講演論文集 1986年10月, 3-7-13
- 2) C.P.Janse, and J.M.Kaizer J.A.E.S. 31, 198-222 (1983)
- 3) 橘, 山崎, 森本, 平沢, 前川 日本音響学会誌 43, 118-124 (1987)