

多数の平面音波の到来方向別インテンシティの検出法について

正会員 ○ 寺尾 道仁*

同 上 関根 秀久**

インテンシティ 多到来音波 分離検出法

1. はじめに

進行方向が異なる複数の平面音波の到来点においてそれぞれの音波のインテンシティベクトルの検出手法について[1], 計算手法の単純化をはかり, 二次元面内到来波に限定して, 到来音波数が多い場合への分離検出の可能性について検討した。

2. 分離計算手法の改良

文献[1]に従い, 図1のように記号を定めれば, 第*i*観測点音圧 P_i と第*j*到来波の音圧 p_j との関係は, 主要な到来音波数を*N*, 観測点の数を $M=1.5N$, 波長定数を*k*として

$$f_i = \sum_{j=1}^N p_j \varepsilon_{ij} - P_i = 0 \quad (i=1,2,\dots,N,N+1,\dots,M) \quad (1)$$

ただし, 二次元の場合

$$\varepsilon_{ij} = \exp \{ -(-1)^{i+j} k r_i \cos(\Phi_i - \phi_j) \}$$

式(1)より p_j が得られれば, Z_a を空気の固有インピーダンスとして, 第*j*音波のインテンシティが求められる。

$$I_j = |p_j|^2 / (2Z_a) \quad (2)$$

式(1)の p_j についての解法は, 文献[1]と同様である。すなわち, (1)の ϕ_j が与えられたときに p_j を連立して解く方程式群($i=1\sim N$), および ϕ_j と p_j とが与えられたとき f_i を求める方程式群($i=N+1\sim M$)とに2分し, ϕ_j の仮定値を $\Delta\phi$ ステップで試行し, 方程式群($i=1\sim$

N)を p_j について解き, すべての f_i ($i=1\sim M$)が0となる ϕ_j を求める方法をとる。文献[1]では一次検索ステップは $\Delta\phi=20^\circ$ と比較的粗く取り, 解可能領域のみについて, さらに細分化して, 解領域を狭めていく方法をとった。これは, 到来波が多くなるごとに入れ子が多重となり, コーディングが複雑になるため, このルーチンの入れ子構造に代えて, 検索密度を

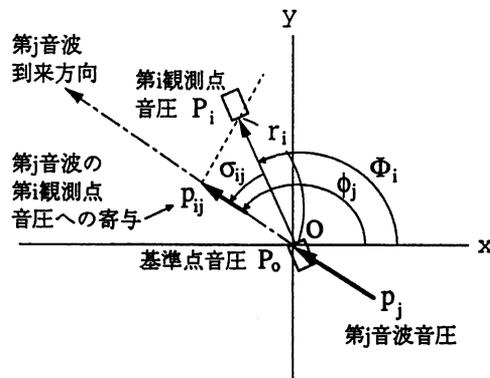


図1 第*j*音波と観測点音圧 P_i の関係

上げ($\Delta\phi=5^\circ$), 一次検索のみによる単純化を計った。

3. 数値実験結果

多音波到来点について境界要素法により(この場合は単に複数の点音源の寄与の重畳)観測点音圧を求め, それぞれの到来波のインテンシティベクトルの分離検出を試みた。そのうち6到来波の場合を図2に示す。本手法による分離検出結果は, 方向, 大きさとも理論値と良好な一致を示しており, 本手法の原理的な有効性が確認される。

4. 無響室内実験結果

図3に示すように簡易無響室内で点oに3つの音源からの3主要音波が到来する場合について, 検証実験を行った。

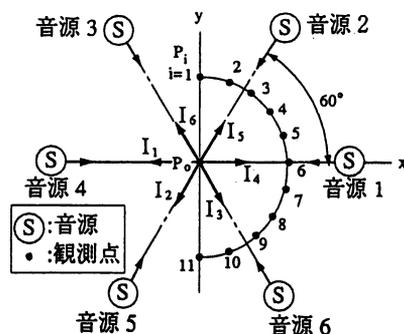


図2 二次元6音波数値実験結果

到来音波	伝搬方向 [deg]		インテンシティ [dB re 10 ⁻¹² W/m ²]	
	理論値	本手法	理論値	本手法
第1音波	180	180	71.909	71.914
第2音波	-120	-120	71.909	71.891
第3音波	-60	-60	71.909	71.924
第4音波	0	0	71.909	71.912
第5音波	60	60	71.909	71.924
第6音波	120	120	71.909	71.891

On a method to determine separately individual intensities of plane waves arriving from different directions.

a) 到来波方向の検出結果

図4 a) は、それぞれの到来波方向の検出結果である。約500Hz以上の、高周波数域においては、それぞれの到来方向がよく分離検出されている。しかしそれより低周波数域においては、方向検出誤差が大きい。その原因は、主として到来波別自由音場補正を省略したことおよび低周波数域での無響室性能の低下にあると考えられる。

b) インテンシティ

図4 b), c), d) は、それぞれのインテンシティ I_1, I_2, I_3 を分離検出した結果である。ここで、**(A)** は、3音源ONの音場内で、本手法により3主要音波を分離検出したもの、**(B)~(D)** は、これと比較のため一つの音源のみONで他の音源は、OFFとした音場内でそれぞれの音源によるインテンシティを測定したものである。**(B)** は、第j音波に対応する方向の観測点音圧 P_j から $I_j = |P_j|^2 / (2Z_a)$ より求めたもの、**(C)** は通常の音波方向2点クロススペクトル法(次式)によるインテンシティ測定値である。

$$I_i = -\text{Im}\{(P_i \cdot P_i^*) / (2Z_a r_i k)\}$$

(D) は、任意の2方向について、**(C)**の方法によって得られるネットインテンシティベクトルのベクトル合成値である。本手法による音波別インテンシティ検出結果は、他の方法とおおむね5 dB程度以内の誤差で、良好な一致を示している。

5. まとめ

到来波別インテンシティベクトルの分離検出について、非線形連立方程式の解ルーチンを単純化し、2次元音場において数値実験では6音波まで、また、無響室実験では3音波までについて、満足すべき結果が得られることを確認した。

文献

[1] 寺尾, 関根: 日本建築学会建築環境工学論文集, 第6号, pp.25~34, 1984年.

* 神奈川大学工学部建築学科 教授 工博, ** 同 教務技術員

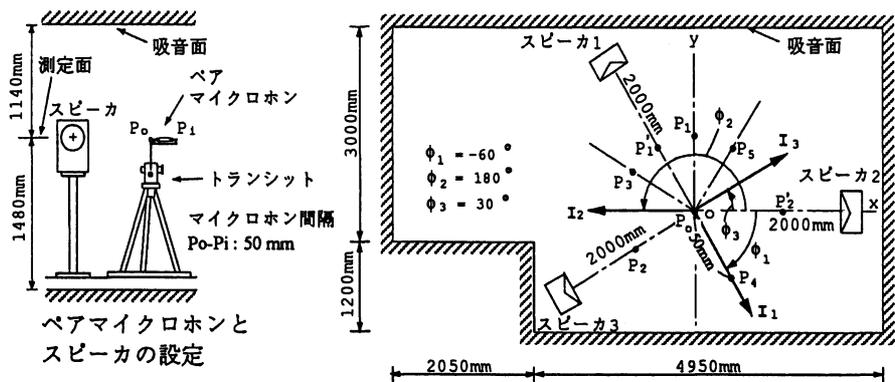
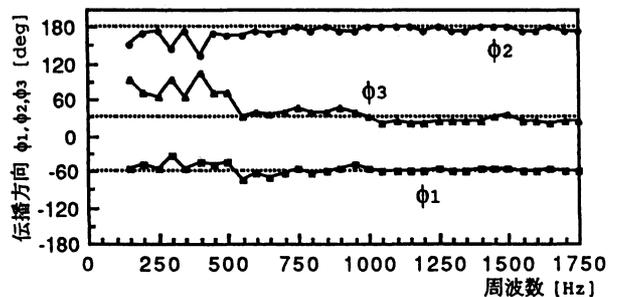
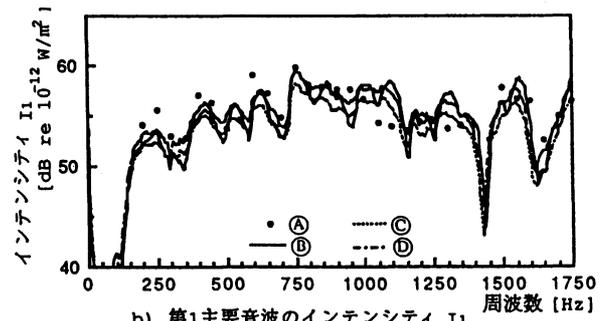


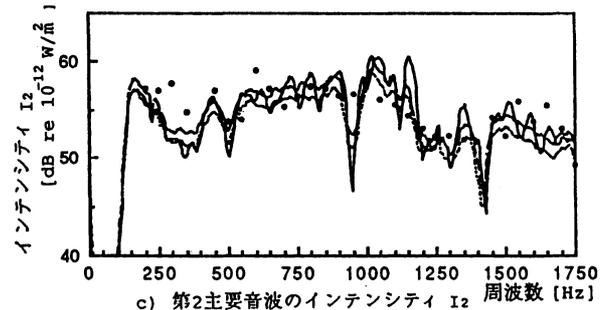
図3 検証実験における音波と受音点の配置



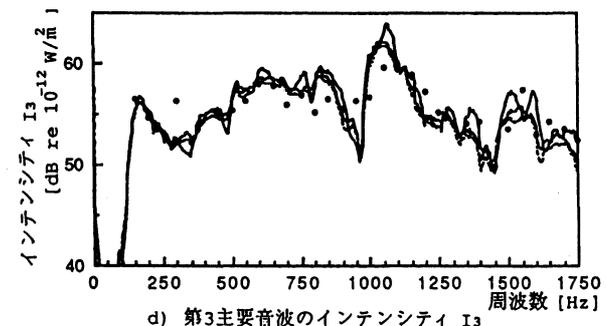
a) 第1, 第2, 第3主要音波別インテンシティベクトルの向き



b) 第1主要音波のインテンシティ I_1



c) 第2主要音波のインテンシティ I_2



d) 第3主要音波のインテンシティ I_3

図4 インテンシティベクトル I_1, I_2, I_3 の分離検出結果