

IV—23

都市内での騒音伝搬特性解明のための時間延長パルス信号の応用

北海道大学工学部 杉山 茂
加嶋正一
長谷部正基
金安公造

1. はじめに

近年、都市化の進展に伴い、都市内での騒音が大きな問題となっており、都市環境の悪化に大きく寄与している。

特に都心部において高層ビルが立ち並んでいるような状況の中ではビルの間の空間は拡散音場的な性格を持ち、その中に騒音源が存在すると、周辺の騒音レベルは比較的大きなものとなり易いと考えられる。具体的な騒音源としては、自動車や商店街の呼び込みのためのアナウンス等があり、直接それらに関連を持たない歩行者などにとっては非常にうるさいと感じられるものである。またその傾向は交通量の増大等に都市内もなって増大する傾向にあり、騒音源から放出される音の抑制またその伝搬防止等がその対策として考えられる。

ところが現在のところ、都市内での騒音の伝搬特性についてはあまり研究が進んでいない。その原因としては都市内の空間を形づくる幾何学的条件、またビル表面の音響的条件の多様さによるものと思われる。この研究を進め、実際の都市内での騒音伝搬特性を明らかにし、都市計画の基礎的知識として利用するためには、理論的研究と同時に、実験的研究も同時に行われる必要がある。実験的に都市内での騒

音伝搬特性を明らかにするためには、建物の上方を回折して伝搬する騒音、また建物の壁によって反射して伝搬する騒音など、さまざまな経路をたどって受音点に到達する騒音を分離して測定する必要がある。従来の方法ではこのような測定を行う場合、パルス音を音源の音として利用する目的でピストルの音や花火の音、また建築物の中では風船の破裂音などを用いていた。

しかしこれらの音は、大きな音響パワーを持つものではなく、また音源に固有の過渡特性を持つため研究に必要な平坦な周波数スペクトルを持つ音とはなり得ず、実際に戸外での騒音測定に利用するには不適切である。

今回利用した方法は、実験的に都市内での騒音伝搬特性を明らかにする基本的な測定方法として時間延長パルス (Time-stretched pulse) を利用するものである。本報告ではこの時間延長パルスを都市内騒音伝搬機構の解明に利用する目的で行った基本的な実験について述べる。

2. 時間延長パルスについて

時間延長パルスを用いて音響特性を測定する方法は、従来より利用されてきたピストル音などのパルス音を利用

することより、より利点の多い方法として、青島¹⁾によって開発された方法であり、コンピュータ内でパルス波と同等なパワースペクトルを持つ比較的継続時間が長い、すなわちラウドスピーカーで音として放射する場合にそのラウドスピーカーに固有の過渡特性が十分小さいような信号波を作り出す。

次に、この信号波を実際の音響測定に利用し、収録した信号波を再びコンピュータ内でパルス波に復調して測定対象である音響系の時間経路毎に分離し、分析する。すなわち、パワースペクトルがほとんど平坦なものとして次の式で表される周波数特性を考える。

$$\begin{aligned} F_R(n) &= 999 \exp\{-(n-900)/800\}^{12} & 1 \leq n \leq 2048 \\ F_R(n) &= F_R(4098-n) & 2050 \leq n \leq 4096 \\ F_R(2049) &= 0 \\ F_I(n) &= 0 \end{aligned} \quad (1)$$

ここで n は周波数に対応した整数値を表し、また F_R は周波数応答の実数部、 F_I は虚数部である。(1)式で表される関数を図-1に示す。

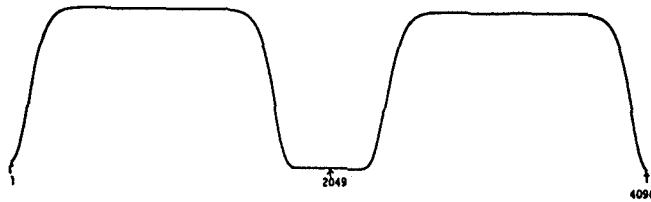


図-1 F_R を n の関数として表したもの。なお、 F_I は0である。

このほとんど平坦なパワースペクトルを持つ時系列信号は、(1)式を逆フーリエ変換して得られパルス波となる。一方、(1)式と同じパワースペクトルを持つものとして、次式で表されるものが考えられる。

$$\begin{aligned} F_R'(n) &= 999 \exp\{-(n-900)/800\}^{12} \cos(12n^2/10000) & 1 \leq n \leq 2048 \\ F_R'(n) &= F_R'(4098-n) & 2050 \leq n \leq 4096 \\ F_R'(2049) &= 0 \\ F_I'(n) &= 999 \exp\{-(n-900)/800\}^{12} \sin(12n^2/10000) & 1 \leq n \leq 2048 \\ F_I'(n) &= -F_I'(4098-n) & 2050 \leq n \leq 4096 \\ F_I'(2049) &= 0 \end{aligned} \quad (2)$$

この(2)式の逆フーリエ変換して得られる時系列信号は図-2のようになり、パルス波ではなく、比較的継続時間が長い時系列信号が得られる。

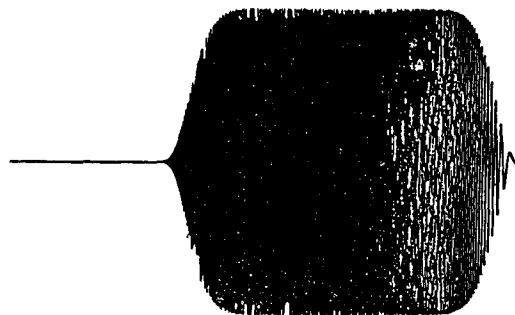


図-2 (2)式の逆フーリエ変換として得られる時系列信号

この時系列信号は(1)式で表現される信号が、次式の伝達関数を持つフィルターを通過して得られたものと考えられる。

$$H(n) = \exp[j(12n^2/10000)] \quad (3)$$

(3)式の位相を表す部分の n に関する微分が周波数を表す n に比例していることから、周波数毎に時間ずれが異なり、時間延長パルスとなっていることがわかる。すなわち、(3)式の逆フィルターである次式

$$H(n) = \exp[-j(12n^2/10000)] \quad (4)$$

によって図-1で表された時間的に引き延ばされた信号をふたたび圧縮することができる。

3. 実験方法

基礎的な実験として、無響室内に合板(1.2cm厚のベニヤ板; 0.9×1.2m)を立て、その全面に置いたマイクロフォンで、ラウドスピーカーから伝わってくる直接音と、合板によって反射された音が時間的に分離できることを確かめる実験を行った。使用した測定器の系統図を図-3に、また無響室内の配置図を図-4に示す。時間延長パルスの発生は Mtt 社製の DSP1024 によって行い、データレコーダーに録音し、再生して実験に利用した。また上述の信号復調はスペクトラムアナライザー(HP-3562A)とそのコントローラー(HP-308C)の内部で行った。

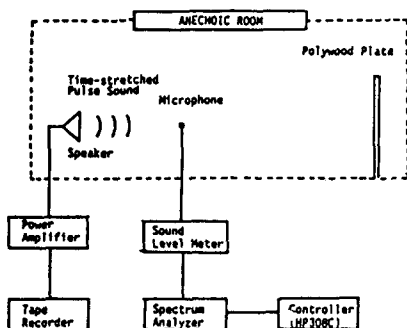


図-3 使用した測定器の系統図

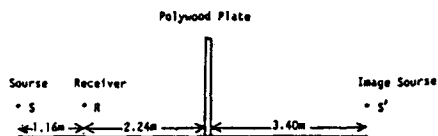


図-4 無響室内の音源、マイクロフォンなどの配置図

4. 実験結果

無響室内で行われた実験結果を図-5に示す。これは受音点で得られたデータから復調してパルス波として表した図である。左端の大きな振幅を持つ信号は、音源からの直接音である。またそれから 0.01269 秒経過した時点に現れている信号は、合板によって反射された音波であると考えられる。これは図-4に明らかにしたように、音源と受音点間の距離と虚音源と受音点間の距離の差である行路差 4.48 m を実験時の室温を考慮した音速 346.8 m/sec で割った値である 0.01292 秒と 図-5 から読み取れる直接音と反射音との時間差である 0.01269 秒とがよく一致することから明かである。

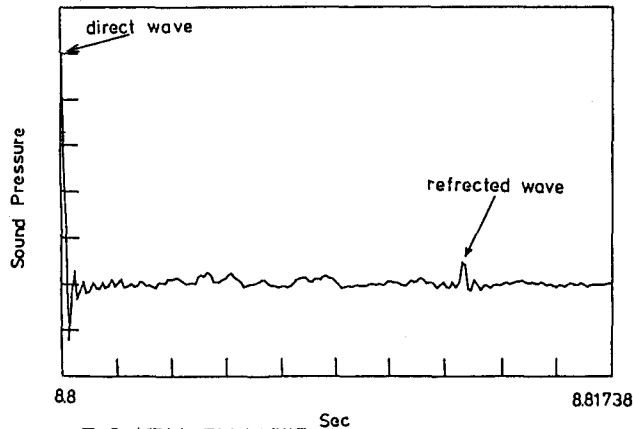


図-5 無響室内で行われた実験結果

5. おわりに

本報告では実験的に都市内での騒音伝搬特性を明らかにする基本的な測定方法として、時間延長パルス (Time-stretched pulse) を利用して、都市内騒音伝搬機構の解明に応用する目的で行った基本的な実験について述べた。今後は実際の都市内においてみられる、騒音の回折、吸音現象を含んだ伝搬経路毎に、各々のパワースペクトルを測定可能なように測定システムを改良する予定である。

参考文献

- 1) N. Aoshima, "Computer-generated pulse signal applied for sound measurement," J. Acoust. Soc. Am. 69(5) 1981, pp.1484-1488.