

爆発騒音測定方法の検討（第2報）

黒田英司*, 小林直太**

前報において、野外爆発実験で得られた爆発騒音測定データによって、定性的にはあるが、測定値の大きな不一致とバラツキの原因を考察し、爆発騒音を正確に測定する方法について検討した。

当報告では、電子パルス実験によって、それらについて、特に、動特性応答について、もっと定量的に検討した。その結果、爆発騒音の正確な測定に関係ある重要な特性は、波高率応答精度、動特性の正確さ、過負荷特性及び表示装置の可動部分の機械的応答精度等であることが明らかとなった。

1. 緒言

騒音計を用いて、爆発騒音を測定すると、メータ指針はある程度振れ、簡単にそのピーク指示値を読みとることができるが、しかし、それが真の値であるかどうかは問題がある。実際に、前報¹において示した相馬ヶ原と王城寺原実験によって得られたデータには、大きな測定不一致とバラツキが認められ、そのとき用いたほとんどの騒音計と記録計は、爆発騒音の測定には不適当であることが明らかにされた。

当報告では、電子的パルス発生器からのバースト音信号を、各種の騒音計や記録計に印加し、このような電子パルス実験により、それらの応答特性、特に動特性応答を調べることによって、普通に行われている爆発騒音測定方法が適当であるかどうかを、また爆発騒音を正確に測定する方法を、より定量的に検討する。

2. 騒音計について

騒音計は、日本工業規格によってその規格が定められており、現在 JIS C 1502-1977 の普通騒音計と JIS C 1505-1977 の精密騒音計がある。この他に、最近ではほとんど使用されなくなったが、旧 JIS による旧 JIS C 1503-1967 の簡易騒音計がある。

現在の騒音計の JIS 規格には、インパルス性騒音の測定と関係して次のような記述がある。騒音計の規格は、適用範囲として、一般騒音の騒音レベルを測定する指針式の普通と精密騒音計について規定している。

昭和57年6月28日受理

*日本工機株式会社 白河製造所
〒961 福島県西白河郡西郷村長坂土生 2-1
TEL 02482-2-3111

**中央大学理工学部精密機械工学科
〒112 東京都文京区春日 1-13-27
TEL 03-813-417

この一般騒音とは、表現はあいまいであるが、周波数成分が比較的広い範囲に分布している通常経験される騒音のことで、特に高い周波数、又は低い周波数だけに純音成分が集中しているような特殊な騒音を測定する場合には、目的とする測定精度を保証できない場合もある、ということの意味している。

また、継続時間が30~200msec程度のインパルス性騒音の測定の場合には、ピークレベルが同じであっても、その継続時間に応じて指示値は、ピークレベルよりも10~1dB低い値を示す。また、過負荷の影響、動特性のバラツキのため、この規格に適合している騒音計ごとによる測定値のバラツキが2~4dBにも及ぶことがある。このような理由で、JIS規格騒音計で、インパルス性騒音を測定した場合の測定値は参考値程度の重みしかないが、そのようなインパルス性騒音を測定するためのインパルス騒音計が、一般に普及していないために、インパルス性騒音を測定対象外とはしなかった、と記述されている。

爆発騒音は、明らかに JIS 規格騒音計の適用範囲外の騒音であり、それを用いて爆発騒音を測定した場合には、前報に述べたように、また規格の解説に記されているように、各種の不一致とバラツキが生じる。しかしながら、我々は、普通にはそれを使用せざるを得ないので、それを使用した場合にどの程度の不一致とバラツキが生じるのか、特別な使用方法によって正確な測定ができるのかどうか、また正確な測定のためにその性能に追加すべき性能は何か、等を検討する必要がある。

3. 動特性について

JIS規格騒音計の動特性は、周波数1kHz、継続時間0.2sec (Fast) と0.5 sec (Slow) の正弦波入力及

び周波数 100Hz~8kHz の任意の周波数で振幅が一定な正弦波入力に対する最大指示値の範囲だけで規定され、また指示計器は、制動特性でいえば、やや過制動 (over damping) になっている等、かなり粗い規定である。検取試験等の便宜のために、そのような方法を採用したと思われるが、厳密には、動特性は時定数によって明確に定義されるべきである。

動特性の理論的な定義は次のようになされている。いま、2kHz の周波数で一定振幅の連続正弦波信号によって、指示計器がフルスケール振れを生じたときに、同じ周波数で、同じ振幅の時間間隔 t の、単一正弦波バースト音信号による指示値とフルスケール指示値との差を ΔL とすると、 ΔL と t の関係は次式で与えられる。

$$\Delta L = 10 \log_{10} [1 - \exp(-t/\tau)]$$

ここに、 τ は動特性によって指定される時定数、すなわち、指数平均回路の時定数で、Impulse の場合は 35 msec、Fast の場合は 125 msec、Slow の場合は 1000 msec である。この関係が動特性の定義式であり、この関係を図示すると Fig.1 のようになる。

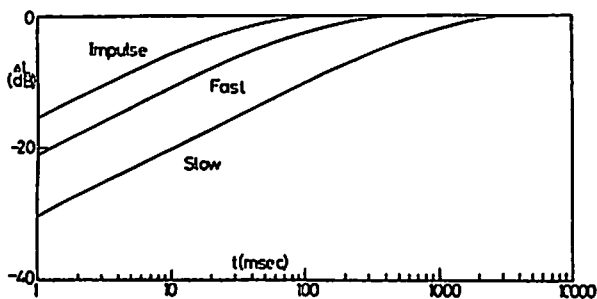


Fig. 1 Response of the dynamic characteristics Impulse, Fast and Slow to tone-burst of duration t .

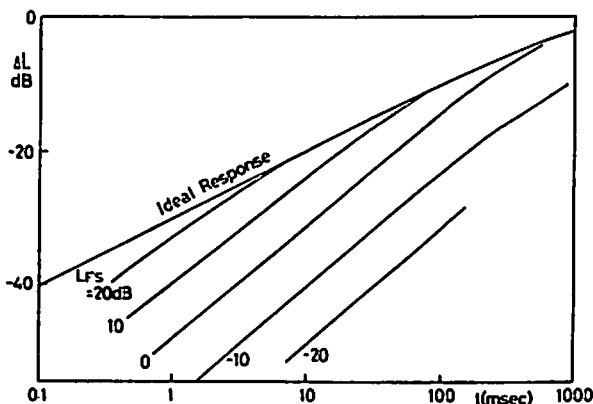


Fig. 2 Slow response of High Speed Graphic Recorder LR-50 to a 2kHz tone-burst

前報で検討した数 100g~10数 kg の地表上に置いた爆薬爆発からの爆発音の、一般に公害として問題となるような距離範囲では $L_{Impulse}$ と L_{Fast} の指示値の差は 3~5 dB であった。これは Fig. 1 から逆算すれば、10~70 msec の持続時間のバースト音信号に相当することになる。以下では、それらの持続時間を中心にして長短上げ、1~1000 msec の持続時間のバースト音信号を用いて、検討を行う。

4. 実験

パルス発生器 (イグザクト・エレクトロニクス社、7060 型 VCF/スweep 信号発生器) からの 2kHz の単一正弦波バースト音信号を、各種の騒音計や記録計に印加して、 t (バースト音信号時間間隔) と ΔL (持続時間 t のバースト音信号によるピーク指示値 - バースト音信号と同一周波数、同一振幅の連続正弦波信号による指示値) の関係を求めた。

なお、普通には連続正弦波信号による指示値は、定義の通りにフルスケールレベルに合わせ、また、バースト音信号の信号と信号の間の時間間隔は、お互いに影響がないように 10 sec 以上とした。また、バースト音信号の持続時間はメモリスコープ (Stosage Oscilloscope) を使用して目で読みとった。

5. 実験結果と考察

高速度グラフィックレコーダ (RION High Speed Graphic Recorder LR-50) は、機械的可動部分をもたないので (放電磁気記録方式)、純粋に電気的応答特性を調べることができること、及びダイナミックレンジが 60 dB と非常に高いので、広範囲にわたって応答性が検討できることから、それについて最も詳細に、各種の入力信号レベルと各種のレコーダ記録条件のもとで、実験を繰り返し、多数の t と ΔL の関係を得た。

それらのデータを総合的に眺めたところ、高速度グラフィックレコーダのフルスケールのレベルと、試験バースト音信号と同じ周波数、同じ振幅の連続正弦波 (以下連続信号と呼ぶ) のレベルの差 (以下これを L_{PS} と称することに) によって、各種のフルスケールレベルについてのデータ、及び各種の連続信号のレベルについてのデータを重ね合わせることができることがわかった。すなわち、 L_{PS} が同じであれば、フルスケールのレベルや連続信号のレベルのいかにかわからず、ある一定の応答特性カーブとなることがわかった。

ここに、連続信号レベルとフルスケールレベル、 L_{PS} の関係は、次のようになる。もし

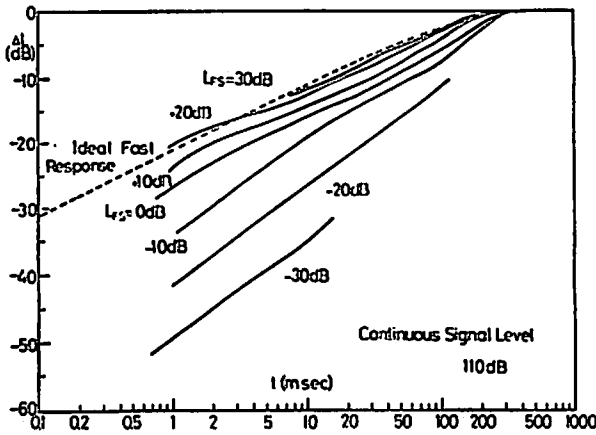


Fig. 3 Fast response of Level Recorder L.R-04 to a 2kHz tone-burst

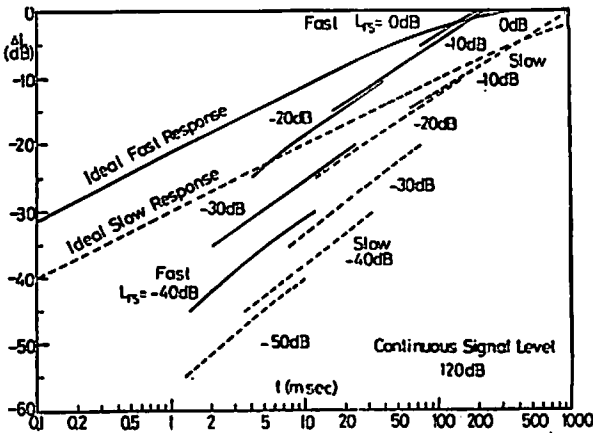


Fig. 4 Response of the dynamic characteristics of Sound Level Meter SLP-21

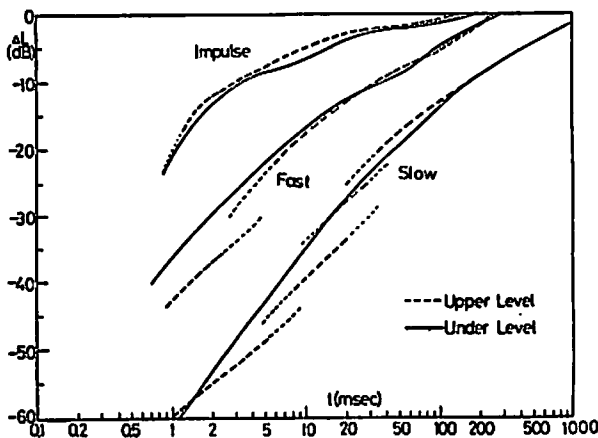


Fig. 5 Response of dynamic characteristics of precision SLM, NA-57

AdB のレベル連続信号を、レコーダのフルスケールレベルよりも BdB だけ低い位置に記録させたときは、フルスケールレベルは (A+B) dB で、 L_{FS} は BdB となる。

このような L_{FS} で実験データを整理し、更に各動特性の応答特性カーブ間の関係を検討したところ、各動特性の応答特性カーブ間で、互いの各時定数の比倍だけ対数時間間隔目盛上で平行移動させれば、それらは互いにほぼ合なり合うことが見出された。すなわち、Impulse 応答カーブを 1000/35 倍、Fast 応答カーブを 1000/125 倍だけ t の長い方に平行移動させれば、slow 応答カーブに一致することがわかった。以後、このように時定数比倍だけ平行移動させることを時定数で正規化すると称することにす。

得られた LR-50 の Slow 応答カーブを Fig. 2 に示す。多くの実験結果を L_{FS} で整理して得た結果である。また Impulse や Fast 応答カーブは、それぞれの時定数で正規化すれば ± 0.5 dB で、Fig. 2 の Slow 応答カーブに一致した。

なお、 L_{FS} が 30dB 以上であれば、動特性応答カーブは 0.1 dB 以内で、Fig. 1 に示した理論カーブに一致した。また、前報では、騒音計フルスケールレベルが LR-50 のフルスケールより 20~30dB 低いレベルに一致するようにセットして測定した場合には、正確な爆発騒音レベルが得られると判定したが、これは Fig. 2 の応答カーブからみてもそのように判定できる。

またこのグラフから、次のようなことも読みとることができる。たとえば L_{FS} が 10dB のとき、Slow 応答の場合は約 100ms のパースト音信号までしか、正確ピークレベルは読みとれないが、Fast では $100 \times (125/1000) = 12.5$ (msec)、Impulse では $100 \times (35 \times /1000) = 3.5$ (msec) まで読みとれることがわかる。すなわち短時間現象に対しては、Slow より Fast、それより Impulse の方が正確なレベルを読みとる可能性が高いことがわかる。

また、 L_{FS} の役割は過負荷のそれと同じと考えられる。 L_{FS} を十分に高くとれば、すなわち過負荷を十分に高くとれば、理論応答にとつた分だけ近づけることができるであろう。

同様な実験をレベルレコーダ (RION LR

-04) についても行った。結果の一例として、Fast 応答の場合を Fig. 3 に示す。この場合も、Fast また Slow 応答のそれぞれに対しては、 L_{FS} が同じであれば、連続信号レベル及びフルスケールレベルのいかんにかかわらず、同一応答カーブが得られた。

それに対して、Fast と Slow 応答カーブを、時定数で正規化して比較したところ、一致せず、全く異なったものとなった。Slow 応答カーブの形状は、比較的 LR-50 のそれに類似したものとなっていることから、Fast 応答の場合は、ペン可動部の時間応答性を増すために、その制動特性を調節したと考えられ、そのために不規則な応答カーブとなったと考えられる。

LR-04 は t が長くなっても、また L_{FS} が高くなっても理論値とは一致しないので、あまり望ましいものではないが、ただ L_{FS} が 0 でも、理論値から大きくは逸脱しないので、近似的な測定のためには使用することができる。

以上の二つ、LR-50 は 60dB、LR-04 は 50dB とダイナミックレンジが広い。そのために、記録波形をフルスケール位置より大きく低いところに描かせることが可能であり、したがって L_{FS} を大きくとることができる。しかしながら連続信号に相当するレベルは不明であり、 L_{FS} の値も未知である、したがって、得られた測定値が正確であるかどうかの判定ができず、また、極端な場合には、波形が記録された位置次第で、たとえば $t=10\text{msec}$ のパースト音に対しては 20dB 以上というように、非常に大きな測定値の差異が生ずることがある。

同様な実験を、指示騒音計、日本電子測器 SLP-21 と RION NA-07A 及び普通騒音計 RION NA-07 について行った。この場合は、各 t に対して騒音計指針のピーク振れを目によって読みとった。これら三つの応答カーブは大体類似したものとなった。代表例として、SLP-21 の応答カーブを Fig. 4 に示す。この騒音

計の場合は、ダイナミックレンジは +10dB までと -5dB までの 15dB と狭い範囲に限られるために、ダイナミックレンジの広い場合と異なって、 ΔL が 15dB ごとにきれぎれとなる応答カーブとなる。

Fig. 4 の応答カーブから、まずそれらが Fast では $t=0.2\text{sec}$ 、Slow では $t=0.5\text{sec}$ で理論カーブと交叉し、それらの t よりも長くなれば、指針の振れすぎが起ることがわかる。これは JIS の動特性規格に適合されるために、指針の制動特性を無理に調節したことによって生じたものと思われる。

それらの時間間隔よりも短くなると、急激に理論応答カーブから低い方に逸脱し、さらには L_{FS} 次第で、すなわち騒音計の偶然のセット次第で、大幅に異なった値を読みとる可能性があることがわかる、これらのことにより、当騒音計は明らかに爆発騒音の測定には不適当であることがわかる。

次にインパルス精密騒音計 NA-57 についての試験結果を Fig. 5 に示す。この場合には、SLP-21 の場合のような L_{FS} による明確な変化が余り認められず、また実験数が少ないこともあって不確実な応答カーブしか得られなかった。精密な実験を行えば、SLP-21 の場合と同様にきれぎれの応答カーブとなると思われる。この場合も Fast と Slow については、理論カーブからは大幅に逸脱していることが注目される。ただ Impulse については、かなりの範囲にわたって理論カーブと比較的に一致している。

最後に我々が最も多く使用したインパルス精密騒音計 RION NA-61 の応答性を Fig. 6 に示す。実線で示された理論応答カーブと Impulse 及び Slow 応答測定値は、時間読みとり精度を考慮に入れると $\pm 1\text{dB}$ とかなり良く一致しているのに対して、Fast 応答の場合は明らかに -2~-4dB の逸脱が認められる。この結果は、前報での実測データの結果と一致している。これは設定時定数が不適当なためであり、時定数を調節

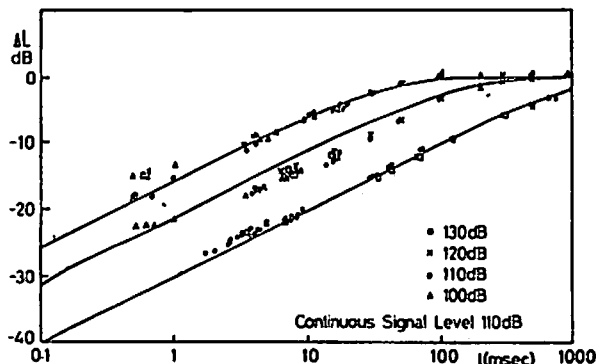


Fig. 6 Response of dynamic characteristics of precision SLM NA-61

することによって、理論値と一致させることができると思われる。

NA-61の応答性で、特に注目されることは、今まで試験した全ての騒音計や記録計の場合とは異なって、 L_{FS} に関係なく、ある一定の値が読みとられるということである。これは、大きな過負荷と実効値検出回路に True RMS 検出方式を採用していることによると考えられる。すなわち、それら二つの特性によって、波高率応答精度が、非常に高くなったために、そうなったと推測できる。他の騒音計や記録計では、過負荷はあまり高くなく、また実効値検出回路には、波高率応答精度のよくない二乗検波が採用されている。

以上のように、動特性を適当なものとするためには、まず波高率応答精度を高めることが必要である。そのためには、実効値検出回路に True RMS回路が採用されていること、過負荷が大きくなってあることが必要である。その他、フルスケールレベルよりもどの位低い位置で読みとるか (L_{FS} の大きさ)、時定数の値、機械的可動部分の応答精度等も動特性応答精度に関係する。

6. まとめ

- 1) 我々の用いた多数の測定方法のうちでは、NA-61の Impulse と Slow 読みとり値、及びLR-50でフルスケールレベルよりも若しく低いところ (L_{FS} が20 dB 以上となる) で測定した値以外の、他の多くの方法によって得られた測定値は、全て不正確であることがわかった。
- 2) 爆発騒音の測定の時、多くの測定器で、もっとも重大な逸脱を生じた原因は、動特性応答不良にある

ことがわかった。

- 3) 動特性応答をよくするには、波高率 (crest factor) 応答精度の高い測定器を選ぶ必要があり、そのためには True RMS 回路が採用され、過負荷が高くとられ、正確な時定数をもち機械的可動部分の応答精度のよいものを選んだ方がよい。
- 4) 爆発騒音の正確な測定のためには、少なくとも JIS C 1505 と IEC Pub. 179A に適合し、さらに、True RMS 回路を採用した騒音計又は記録計を選ぶべきである。
- 5) 我々が最も正確であると判定した特別な記録条件で使用する LR-50 による測定方法は、ある限られた範囲の爆発騒音に対しては、正確であった。ただ、そのような方法によっても、特に A 特性測定値には 2~4dB までのバラツキが認められた。爆発騒音の正確な測定方法を得るためには、動特性応答以外の面からも踏検討を行う必要がある。

〔付記〕

実験の機会と援助を与えられた通産省立地公害局の斉藤照光氏、及び実験を援助された中央大学小林研究室中川政之氏、加々美茂氏他学生諸氏に深く謝意を表す。

文 献

- 1) 黒田英司、吉田忠雄、伊藤清隆、小林直太、工業火薬投稿中 (1982)
- 2) IEC Publication 179A "Additional characteristics for the measurement of impulsive sounds" (1973)

Discussion on the method for measurement of blast noise (II)

by Eishi KURODA* and Naota KOBAYASHI**

In the previous report, we discussed rather qualitatively on the cause of measurement discrepancies and scatterings and also on the method for accurate measurement of blast noise from the data obtained in the field explosion experiments.

In this report, by means of a laboratory experiment employing electronically generated pulse, we discussed on them, especially on dynamic characteristics more quantitatively.

As the result, it was recognized that more important factors, related to accurate measurement of blast noise, were accuracy of response for crest factor, overload characteristics, mechanical response of moving part of measuring instruments and accuracy of dynamic characteristics.

(*Shirakawa plant, Nippon Koki Co., Nishigo-mura, Nishishirakawa-gun
Fukushima, Japan

**Faculty of Science and Engineering, University of Chuo 1-13-27 Kasuga,
Bunkyo-ku Tokyo, Japan)