

III-858

音波特性から提案する鳴り砂の定義

金沢工業大学土木工学科 正 川村 國夫 学 林 研介
 運輸省第一港湾建設局 正 船越 晴世 正 大野 正人
 真柄建設(株)技術研究所 正 髭本 裕昌

1. まえがき

砂の上を歩くと、キュッキュッと音をだして鳴く砂があり、これを「鳴り砂」(鳴き砂)と呼んでいる。これまで、この鳴り砂の発音特性や粒子特性など幾つかの特性を明らかにしてきた^{1), 2)}。本研究では、とくに、発音特性に注目し、鳴り砂の範囲、すなわち、どこまでを鳴り砂として取扱うべきかの、いわば、鳴り砂の定義について提案するものである。

2. 発音装置と鳴り音

ここでは、鳴り砂の発音特性に注目してみたい。発音試験は、室内で乳鉢に鳴り砂を入れ、乳棒で突いて発音させる。写真-1に示す①空気シリンダーを用いた自動発音装置を製作し、突き力(1kgf/cm²)を、②空気レギュレータで制御し、乳棒の最下点と乳鉢との間を0.5mm、乳鉢に入れる鳴り砂は150ccに条件を統一した。鳴り音の測定は、サウンドレベルメータで集音し、③FFT(高速フーリエ変換)アナライザから暗騒音を削除して解析した。

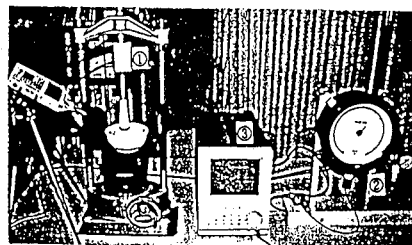


写真-1 自動発音装置

音の基本的な性質は、大きさ・高さ・音色の3要素で、それぞれは振幅・周波数・エンベロープ特性(図-1参照)に対応する。図-1, 2の(a)(b)は、鳴り砂の中でも感度の良い島根県琴ヶ浜と、鳴り砂でない石

川県羽咋市千里浜の音波に関する時間軸波形とスペクトル特性を示したものである。図-1, 2(a)から、それぞれの時間軸波形をみると、鳴り砂の波形は規則的で振幅が大きく、また、継続時間も長いことから、明らかに発音しているのに対して、千里浜の波形は振幅がほとんどなく、発音しているとは言い難い。一方、図-1(b)の鳴り砂のスペクトル特性を見ると基音周波数約700Hzで最大音圧レベルを示し、その倍数となる周波数値に第2, 第3, 第4の卓越した音圧レベルがみとれる。これは、他の鳴り砂のスペクトル特性にも見受けられ、鳴り砂の特徴的

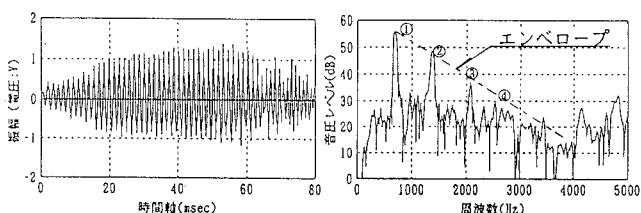


図-1(a)島根県・琴ヶ浜時間軸波形 図-1(b)島根県・琴ヶ浜スペクトル特性

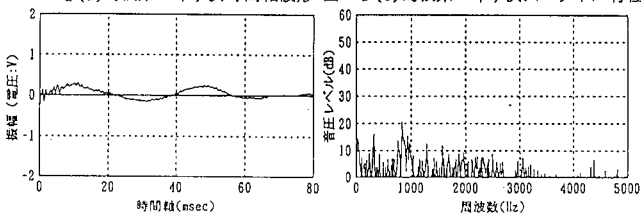


図-2(a)石川県・千里浜時間軸波形 図-2(b)石川県・千里浜スペクトル特性

なスペクトル特性である。このような特性は倍音構造と呼ばれ、擦弦楽器や管楽器にも見られるもので、鳴り砂の音がとても心地よく聞こえるのはこの様な特性をもっているからである。これに対して図-2(b)の千里浜の砂は卓越した周波数の存在は認められず、また、音圧レベルも低い。この様に、鳴り砂の音波特性は普通の砂と明らかに違うことが分かる。

3. 鳴り音の特性

ここでは、鳴り音の音波特性を以下のようにまとめてみた。測定した試料は、一定の洗浄が行われた自然の鳴り砂19箇所、鳴かない海砂4箇所(鳴り砂と比較を行うため)と、山形県飯豊山産の珪砂より精製して、

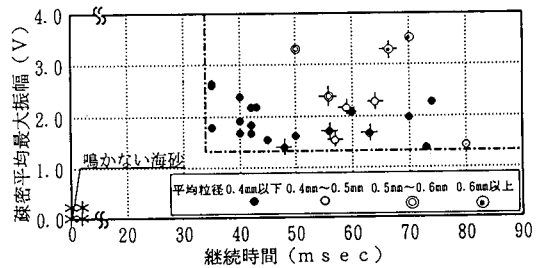
発音に成功した石英100%の人工鳴り砂8種類（粒度を人工的に調節）である。

①音の大きさと継続時間：図-1, 2(a)の時間軸波形からは音の大きさ（最大振幅）と継続時間が計測できる。図-3は、それらをまとめた結果である。一般に鳴り砂は、発音に伴う振幅と継続時間をもつにの対して、鳴り砂でない海砂は、ほとんど振幅も継続時間も表れない。また、鳴り砂でもとくに人工鳴り砂では、自然の鳴り砂の様な石英含有率による影響などを受けないため、石英の粒径が大きい程、大きな音で継続時間も長い傾向をもつ。

②音の高さとエネルギー：図-1, 2(b)のスペクトル特性からは音の高さとエネルギー（音圧レベル）が計測できる。とくに鳴り音の倍音構造に注目し、図-4に整理してみた。この結果、鳴り砂すべてに1000Hz以下の基音周波数とその倍音卓越周波数を確認できたのに対して、鳴り砂でない海砂は、この倍音構造を示さなかった。また、この図-4の傾きそのものが、エンベロープであり、音色を表わす。鳴り砂のエンベロープはほとんど右下りの直線で、同じ音色をもつことがわかる。

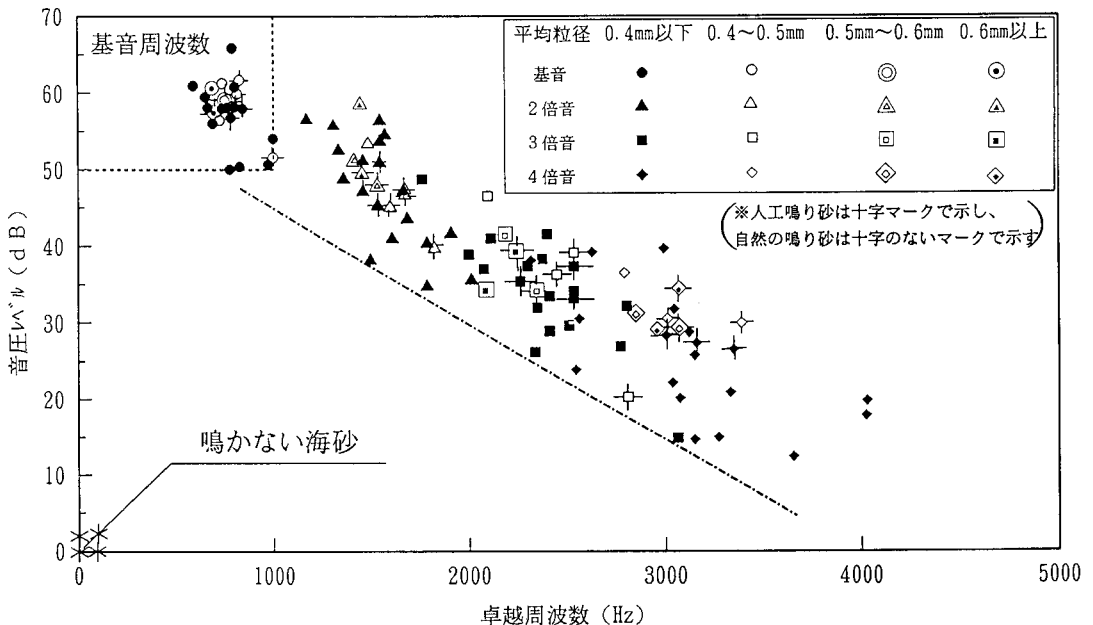
4. 鳴り砂の定義

以上の結果から、鳴り砂を定義してみる。鳴り音の最大振幅と継続時間は、図-3の一点鎖線で囲まれた、疎密平均最大振幅が1.4(v)以上、継続時間が35(msec)以上の範囲に、また、音の高さとそのエネルギーは、図-4より倍音構造を基本として、基音周波数が1000Hz以下で50dB以上をもち、図中の一点鎖線以上のエンベロープをもつことがわかる。したがって、図-3, 4の発音特性を同時に満たす砂が鳴り砂と定義できよう。



※人工鳴り砂は十字のマークで示し、自然の鳴り砂は十字のないマークで示す。

図-3 鳴り音の大きさと継続時間



（※人工鳴り砂は十字マークで示し、自然の鳴り砂は十字のないマークで示す）

図-4 鳴り音の周波数特性

【参考文献】

- 1) 川村國夫, 船越晴世, 佐久間敏昭, 髭本裕昌: 日本の鳴り砂, 土と基礎, Vol. 45, No. 4, 1994
- 2) 川村國夫, 村山秀幸, 髭本裕昌: 画像処理技術による鳴き砂の粒度と鉱物組成, 第37回土質工学シンポジウム論文集, 1992
- 3) 川村國夫, 船越晴世, 髭本裕昌, 西出幸雅: 鳴り砂の音波特性, 第1回環境地盤工学シンポジウム論文集, 1994