



…平成5年度助成研究より…

生理的不快音の解析と合成

拓殖大学工学部

教授 工学博士 幹

康

1. はじめに

ガラスで爪を引っ掻いたときの、あの独特な音は何故不快なのか、誰しもが抱く疑問であろう。引っ掻くときの爪が浮くような感覚を連想するため、特定の入力パターンに対する聴覚器官の異常反応等、心理的、生理的要因も多々あるかと思われるが、その本質はほとんど解明されていない。上に述べた連想についても、むしろ逆に爪の感覚から音を連想しているのではないかという感じもする。このような音は、その発生過程を考えると、摩擦音として位置付けられる。しかしながら、一方では同じ摩擦音でありながらバイオリンのように美しい音を奏でる楽器もあるし（もともと、下手なバイオリンほど不快なものもないが）、対象をガラスに限っても、ワイングラスの縁を指で擦れば澄んだ音が発生する。本研究の目的は不快音と呼ばれる信号の発生機構に着目し、その物理的本質を解明することにある。

2. 摩擦音の発生機構

2.1 スティック・スリップ現象

摩擦音は摩擦振動によって発生する。摩擦振動とは、互いに接触する2つの物体の間に働く摩擦力によって、相対的な静止の状態と滑りの状態とが交互に繰り返される現象である。これは、通常、スティック・スリップ現象と呼ばれている。バイオリンに代表される弦楽器の音、鳥取砂丘の鳴き砂、自動車のブレーキの鳴き、

そしてガラスを引っ掻いたときのあの音、これらはすべてスティック・スリップ現象に基づくものである。バイオリンの弦の振動については古くはヘルムホルツが解析を行なっているが、近藤他による最近の報告¹⁾もある。

2.2 摩擦振動モデル

図1に摩擦振動モデル^{2),3)}を示す。2つの物体 M_1 、 M_2 を互いに接触させ、一方 M_1 をバネ S_1 、ダンパ D_1 を介して一定速度 V で引く。物体 M_2 はバネ S_2 、ダンパ D_2 を介して固定されている。初め両物体は一体となって右方向に引かれるが、バネの張力が静止摩擦力を越えた瞬間から、物体 M_1 は滑り始める。以後、動摩擦力を無視すると、両者はそれぞれに接続されているバネ S_i 、ダンパ D_i ($i=1, 2$) に従って、自由振動を開始する。この振動は物体間の相対速度がゼロになるまで継続し、それ以後は再び一体となり、一連のスティック・スリップ現象が繰り返されることになる。

以上の摩擦振動は2階微分方程式で記述されるが、その解の一例を図2に示す。この波形は物体 M_1 の平均位置からの変位を与えている。設

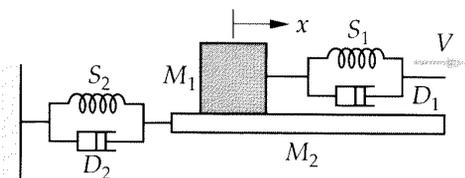


図1 摩擦振動モデル



図2 振動波形

定したモデルとの対応は若干異なるが、物体 M_1 をバイオリンの弦、物体 M_2 を弓と解釈すると、この図は弦の振動波形と考えることができ、ヘルムホルツの観測結果と良い一致が得られている。

2. 3 摩擦振動モデルの解析

引っ張り速度 V を変化させたときの振動周期の変化を図3に示す。横軸は時間(データ数2,000点)、縦軸は速度(データ数27点)に対応してい

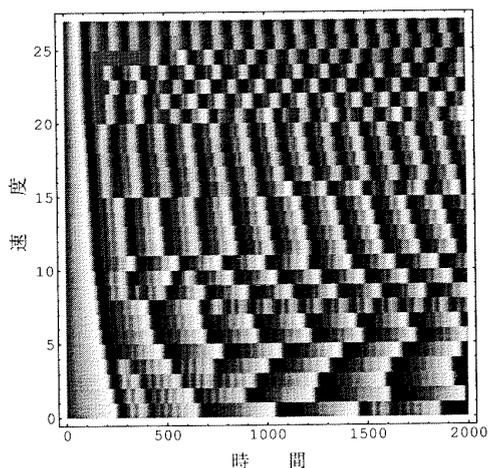


図3 引っ張り速度に対する振動周期の変化

る。横方向の濃淡パターンは、それぞれの速度に対応する振動波形(図2参照)に左斜め上方から照明を当ててできる陰影を上から見たものである。縞の間隔が振動周期を表している。基本的には速度が大きくなると周期は短くなるが、所々に周期が不連続的に変化したり、不安定な様相を呈している箇所が認められる。さらに、8番目のデータでは倍モードの振動が突然発生している。このように、摩擦振動においては、引っ張り速度に僅かな変動があっても周期が不連続的に変化したり、不安定な状態になることが確認できる。また、摩擦係数の変化に対しても、ほぼ同様の現象が確認されている。

3. 不快音の本質

不快音の本質といっても、未だ解明されたとはいえない状態であるが、実際にガラスを引っ掻く状況を考えると、引っ掻く速度、力加減などは時々刻々変化するし、ガラス表面の状態も均一とはいえないから、上で解析した引っ張り速度、摩擦係数の変動に伴う振動周期の不規則な変化は極めて現実的なものといえる。

実際の不快音は、この摩擦振動におけるスリップの発生の度に、インパルス的な力がガラス

に加えられ、音として放射されることになる。ガラスのインパルス応答自体は、単に音色を決めているだけのものか、あるいは、この中にも不快性の本質が隠されているのか、今後の解析を待たねばならないが、少なくとも、ガラスに加えられる不規則なインパルス列に不快音の本質があることは間違いないと思われる。

4. おわりに (雑感)

このようなモデルによる振動解析と並行して、生の音の採取も行っているが、なかなかこれといった音が採れない。引っ搔く技術も問題であろうが、採取する側の不快音に対する慣れも出てくる。また、録音再生を行うと生の迫力が失われる傾向もある。近年、オーディオの分野で話題になっていることであるが、これまで人間の可聴帯域が20kHzまでであるとして規格化されたコンパクトディスクの音質に対して疑問が投げかけられている。さらに高い周波数成分が聴感上無視し得ないという。不快音に関してもこの問題を十分検討しなければならない。

不快音は摩擦音であるという断定もできない。実際、ドライアイスにスプーンを押し付けると、何とも不快な音というか皮膚感覚を覚える。昇華した炭酸ガスの圧力によってスプーンがラン

ダムに振動し、これがドライアイスと接触して音が発生すると思われる。この現象も不規則なインパルス列が原因となっている。

これまでの一応の結論としては、インパルス列の不規則性が不快さの原因になっていると考えられるが、このような信号が何故不快なのかという間には何一つ答えてはいない。心理的あるいは生理的側面からの追及も不可欠であろうが、だんだん工学の分野から遠ざかって行く気がする。筆者の進むべき方向としては、むしろ、工学的立場での応用を考えたい。どれだけ不快な音が合成できるかを興味の対象とし、「不快音シンセサイザ」の試作を行いたい。世界の名器ストラディバリウスに対抗してロックミュージシャンがはたして使ってくれるだろうか。

本研究に対して御助成頂いたサウンド技術振興財団に深謝申し上げます。

参考文献

- 1) 近藤他、"バイオリンの発音機構"、日本音響学会誌、pp. 184-192, 49, 3 (1993)
- 2) 配川、"不快音の合成と解析"、東京大学大学院修士論文 (1981)
- 3) 村越、幹、"生理的不快音の解析"、音講論集、pp. 699-700 (1993.10)

