

有色雑音が発生する条件

Conditions under which colored noise occurs

千葉県立船橋高等学校理数科 3 年

吉田 壮汰 市川 大志

はじめに(研究背景)

そもそも自分達は音に興味を持ち研究を始め、調べる内に、「有色雑音」という音があり、その中でもピンクノイズが「 $1/f$ ノイズ」や「 $1/f$ のゆらぎ」と呼ばれ、自然界でよく発生する音である事であり、人が聴いていて心地よい音であることに疑問を持ち、なぜ聴いていて心地が良いのか、またどのような条件下で有色雑音が発生するのかを研究しようと考えた。

$1/f$ ノイズとはそもそもスペクトル密度が周波数に反比例するものであり、広い意味ではスペクトル密度が $1/f^\alpha$ に比例するものも $1/f$ ノイズと呼ばれ、人間の感覚がログスケールな事（オクターブは周波数の 2^α に比例する音が同じ音に聞こえるものであり、デシベルとはノルムが 10 倍になる毎に 1 上がる単位で、人間もデシベルが 1 上がると音量が 1 段階大きくなったと感じる）から、 $1/f$ ノイズはオクターブ当たりの人が感じる音量の降下量が等しいノイズとも表せる。

人が聴いていて心地よく感じる理由はこの点にもあると考えていて、また人の心臓の鼓動も $1/f$ で揺らいでいるらしく、なぜ聴いていて心地よいのかというテーマでは研究の広げ方が難しく、また既に研究も重ねられているのではないかと考えた。

そこで、どのような条件下で有色雑音が発生するのかを研究するのが無難ではないかと考えたのがこの研究を始めた経緯である。

目的

有色雑音が自然界のどのような条件下で発生するのかを調べる。

今回は一般に「 $1/f$ 」ノイズと呼ばれるもの（ピンクノイズ、ブラウニアンノイズ）を中心に調べた。

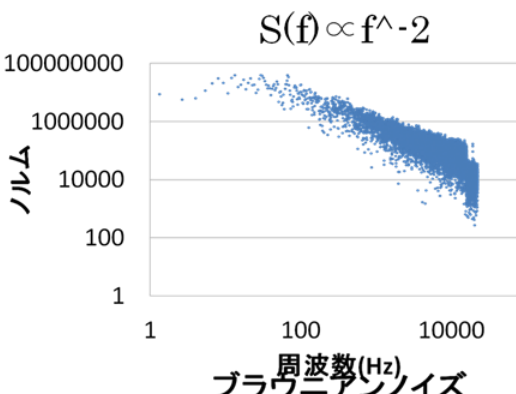
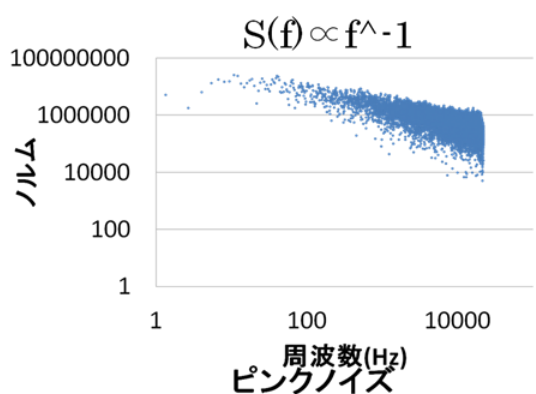
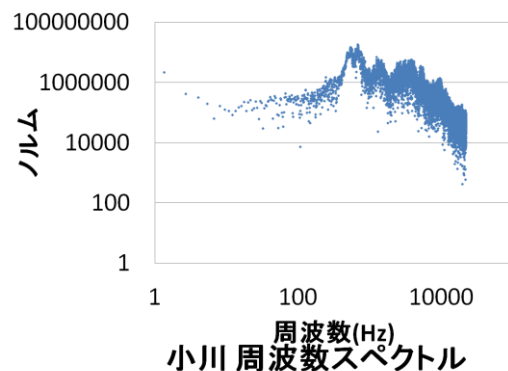
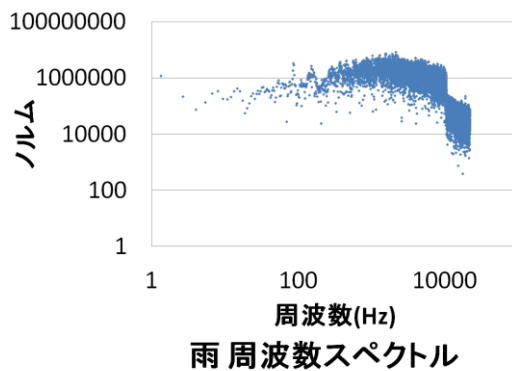
実験 1

方法

PC ソフト「sound1ch」で環境音のサンプルを時系列データで記録し、エクセルのフーリエ変換ツールで周波数解析を行う。環境音の素材はブラウザ上のフリー素材を使用する。有色雑音の周波数スペクトルと比較し、どのような環境下で有色雑音が発生するのかを調べる。

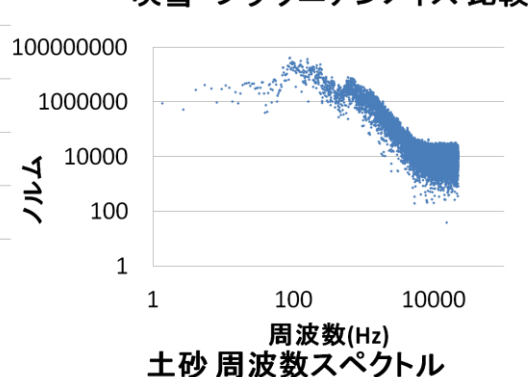
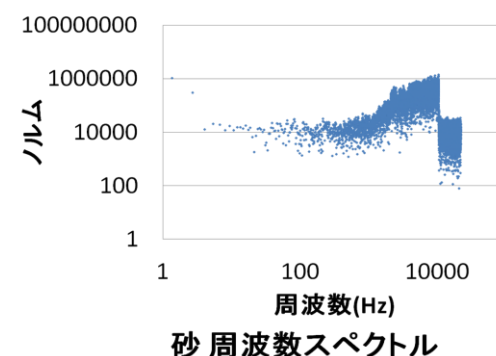
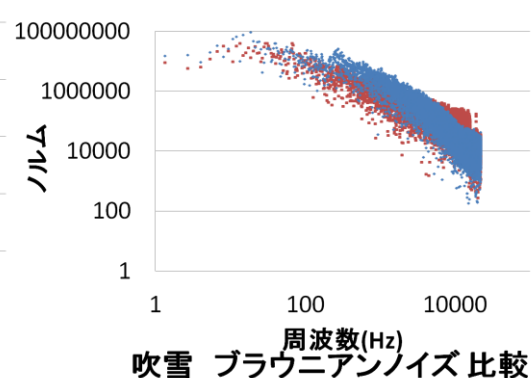
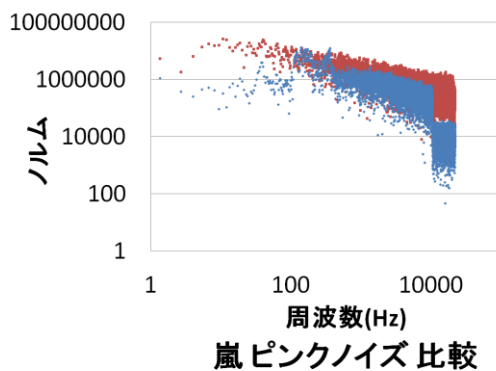
結果

今回使用した有色雑音はスペクトル密度が $f^{-\alpha}$ に比例するため、両対数グラフにすると α 乗の部分が傾きとなり、直線で近似する。ちなみにピンクノイズが $\alpha=-1$ 、ブラウニアンノイズが $\alpha=-2$ 、ブルーノイズが $\alpha=1$ 、パープルノイズが $\alpha=2$ である。



上の2つのグラフのように、有色雑音の周波数スペクトルを両対数グラフで表すと直線になることがわかる。よって、特定の環境音が有色雑音であるかをグラフが直線であるかによって判断する。どの色なのかはグラフの傾きの大きさによって判断する。

これらの「水」に関する環境音は、周波数に対してノルムが減少している部分は見受けられたが、直線で減少しているとは考えにくいものだった。

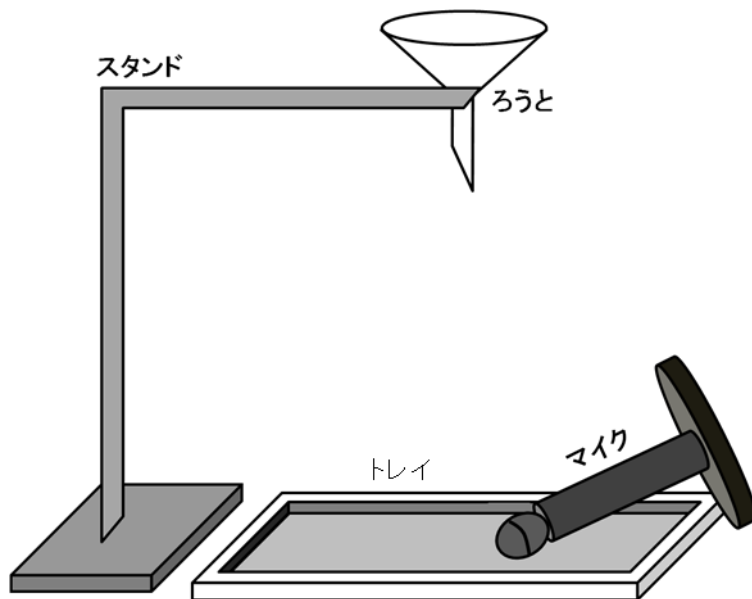


水や砂の音では見えなかった $1/f$ の傾きが嵐や吹雪、土砂の音で確認できたため数の環境音が重なりあうことで $1/f$ ノイズになるのではないかと予想した。

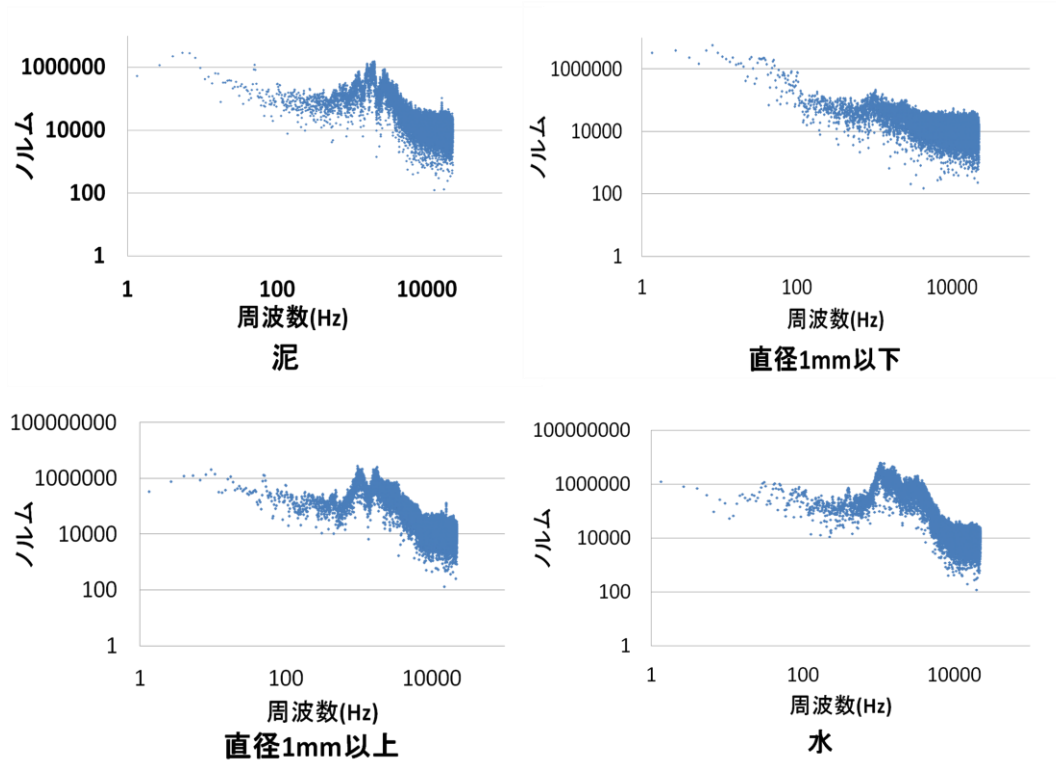
実験 2

方法

下の図のような装置を用意し、ろうとから砂や水をトレイに注ぐ。その際に発生する音をマイクで録音し、実験 1 と同様に周波数解析を行い、有色雑音と比較する。



結果



考察

実験 2 ではすべてのデータで 1000Hz 辺りのノルムの増加があったため、使用したトレイの反響や、砂粒や水がトレイに当たった音に関係してしまったのではないかと考えられる。対策案としては、ゴム板やスポンジなどに直接注いで、水や砂以外の条件ができるだけ関わらないようにすることなどが考えられる。また、実験 1 と実験 2 の砂のスペクトルが明らかに違っていたので、砂の種類の違い(粒径など)によっても発生する音が変化すると考えられるため、その点に絞って研究を行うのも検討したい。ただ、今回の研究の全体の仮説としては「環境音を重ね合わせることで $1/f$ ノイズが発生する」というものなので、今後は風の音をサンプリングする方法を模索していく方向でも研究を進めていきたい。

結論

目的に対し、考察から導かれた結論を書く。

謝辞

外部の方に協力して頂いた得た場合は謝辞を記す（校内関係者は不要）。

参考文献

「sound1ch」

「技術計算製作所-Excel アドイン」

「ノイズ置場」

「効果音『環境系音』 by On-Jin ～音人～」

研究の経過・反省・感想等（最終レポートのみ）

現時点での研究の段階はまだまだ結論を出すには不足、実験 1 の結果から考えられる仮説を実験 2 で正確に検証出来ず、その問題点を分析した段階である。本来ならばこの後実験 2 を改めて行い、明確に実験 1 からの仮説に答えを出し、結論を出さなければならなかったが、こんな中途半端な段階で研究を終える形になるのが残念でならない。

個人的にはまだまだ広げていける、掘り下げていける研究だと思うので、音や人間の感覚に興味のある生徒がいればこの研究を進めていって欲しい。