

3.2 音・音楽と1/f ゆらぎ

3.2.1 1/f ゆらぎの概要

“ゆらぎ”とは物理学では「熱運動や確率現象における平均値のまわりの観測量の変動」と定義される。1/f ゆらぎはその代表的なものである。小川のせせらぎ、波の打ち寄せる音、木目模様など我々が心地良く感じる自然界のリズムに1/f ゆらぎが潜んでいる。

1/f ゆらぎは、フーリエ分析したパワースペクトルがフーリエ周波数 f に反比例して図 3.

2.1の(a)のように45°の傾斜をもつ傾向のあるものをいう。

ゆらぎ具合がバラバラであらゆる周波数成分を均等に有する白色雑音のパワースペクトル ($1/f^0$: 同図(b)) と、逆にゆらぎ具合に規則性があり過ぎ直前の値に強く影響されるようなパワースペクトル ($1/f^2$: 同図(c)) の中間あたりに位置する。

自然界のゆらぎは一般に $1/f^0$ と $1/f^2$ の間の特徴を持つが、中間の $1/f$ ゆらぎは規則的でもなくバラバラでもない適度なばらつきを持っている。

スペクトル上でピークが認められるような場合は一般にはリズムと呼ばれる。

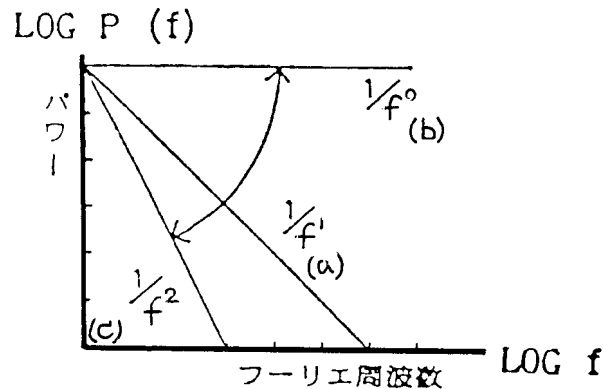


図3.2.1 $1/f$ 特性のいろいろ

人間のいろいろな行為にも $1/f$ ゆらぎが存在することが、東京理科大学の武者利光教授によって明らかになっているのでここで概括しておく。

図3.2.2(イ)はメトロノームを聴いた後で自由に手拍子を打った場合のリズムのゆらぎとそのパワースペクトルの例である。

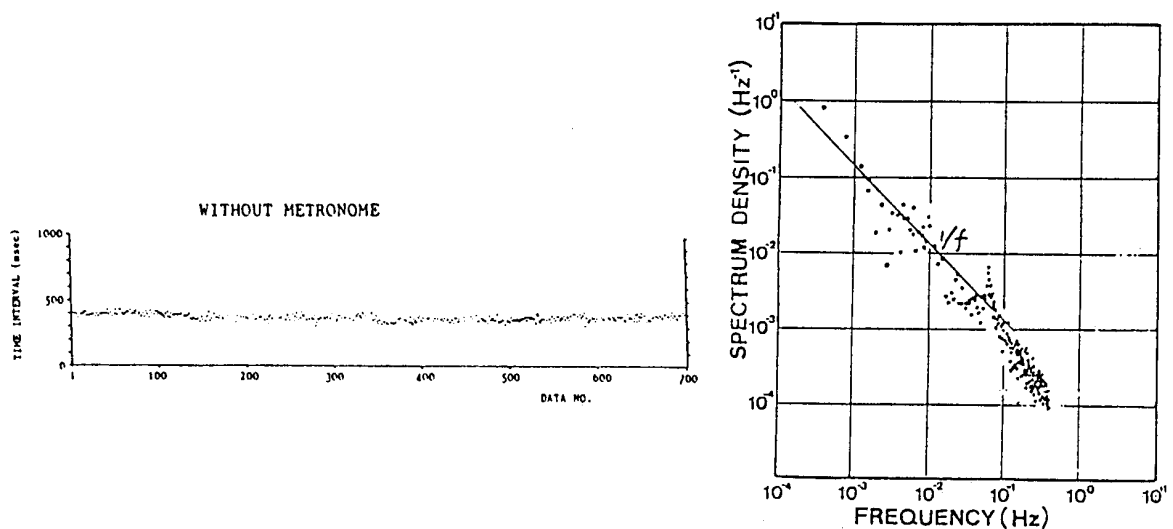


図3.2.2(イ) 手拍子リズムのゆらぎとそのパワースペクトル²²⁾

図 3.2.2 (口) は絵画の例であり、絵を水平方向に走査した線上の濃淡変化の信号から得たパワースペクトルを平均して絵のパワースペクトルとしている。

濃淡があまりランダムに変化しない(a)のような写実的な絵は $1/f^2$ 型のスペクトルを示し、(b) (c)のように濃淡変化が比較的唐突に起り抽象性が増してくると $1/f$ に近づく。放送終了後のテレビ画像のように濃淡の分布が全くランダムなものは $1/f^0$ ゆらぎとなる。

この絵画の例からも判るように $1/f^0$ 型は意外なことばかり続いて起り意味もないため疲れるし、 $1/f^2$ 型はそれほどの意外性もなく濃淡の変化もない。これに対し $1/f$ 型は輪郭線のように濃淡の変化があり意外性が多いし、離れた輪郭線の間には相関があるので意味もあり、意外性と期待性を適度に合わせ持つスペクトルと言える。

$1/f$ ゆらぎを持つものが芸術性が高いとか低いとかには無関係であることはこの絵の例からも自明である。

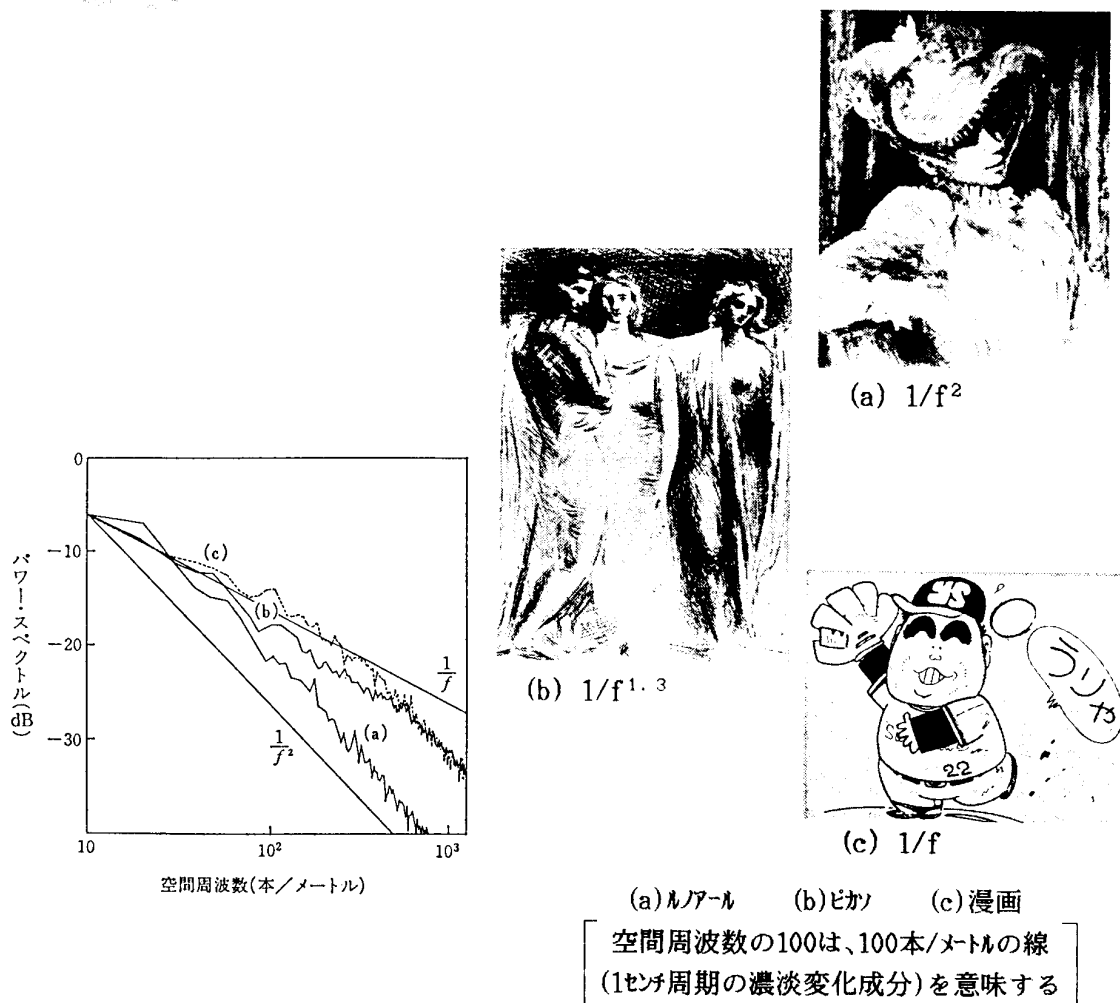


図 3.2.2 (口) 絵画の濃度パターンとそのパワースペクトル²³⁾

生体情報を伝達する電気信号である活動電位の伝わり方にも $1/f$ ゆらぎが見出されている。生体情報の通信路ともいべきヤリイカの「神経軸索」の一端に $1/f$ 型のスペクトルを示すランダムなパルス列を与えて活動電位パルス列を励起すると、軸索を伝搬したパルス列は軸索の興奮状態による性質変化 (パルス密度が大きいとその伝搬速度が遅くなる) の影

響を受けて $1/f$ 型になってくることが明らかになってきた。又、アフリカ・マイマイという巨大なかたつむりの神経細胞を含む神経節を切り出し、生理学的な実験により細胞内部の電位を記録して得た内部電位の自発発火間隔にも、安定して発火しているときには $1/f$ ゆらぎが観測されている。^{22), 23)}

ゆらぎの重要性は医学界でも注目されている。生体信号の分析は定常的なデータを抽出して分析の対象とする傾向が強かったが、ゆらぎは無意味なものではなく役立つものという発想が生れてきた。ネコのレム睡眠時における脳の単一ニューロン活動にも $1/f$ ゆらぎが見られ、“脳が自然に帰った状態”を反映していると推測されている。²⁴⁾

生物はゆらぎのある環境下で進化し生活してきた。特に高等生物は外界のゆらぎに適応しながら、無意識のうちに積極的に活用していることも考えられる。自然界と生体との間にゆらぎに関する相関が次々と見出され、次第に $1/f$ ゆらぎは飽きがこないで馴れが生じない、生体にとって自然な快い刺激であることが認知されつつある。

3.2.2 音楽と $1/f$ ゆらぎ

音楽においても $1/f$ ゆらぎがその音響パワーや周波数のゆらぎに共通して存在することが知られている。

$1/f^0$ 型はピアノの鍵盤をでたらめにたたいている音楽、 $1/f^2$ 型は音量やピッチの変化がなだらかで強弱変化や音の飛びが少ない意外性の少ない音楽、そして $1/f$ 型は意外性と期待性を適度に合わせ持つ音楽であると言える。

各々のスペクトルを持つ乱数で作曲した例である図 3.2.3 にもこの傾向が読み取れる。 $1/f^n$ の指数 n が小さくなるにつれてゆらぎ波形の相関の度合も小さくなっている。

いろいろな分野の音楽について、ゆらぎを分析して比較した図 3.2.4 から、音楽療法者が過去に治療のために選んだセラピーミュージックやクラシックの名曲が $n=1$ 付近に分布し、歌謡曲、ロックと $n=0$ に近づいているのが判る。

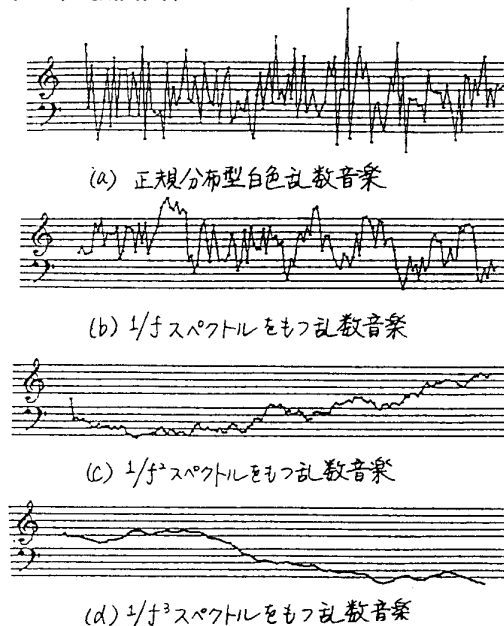


図 3.2.3 スペクトルと乱数音楽²⁵⁾

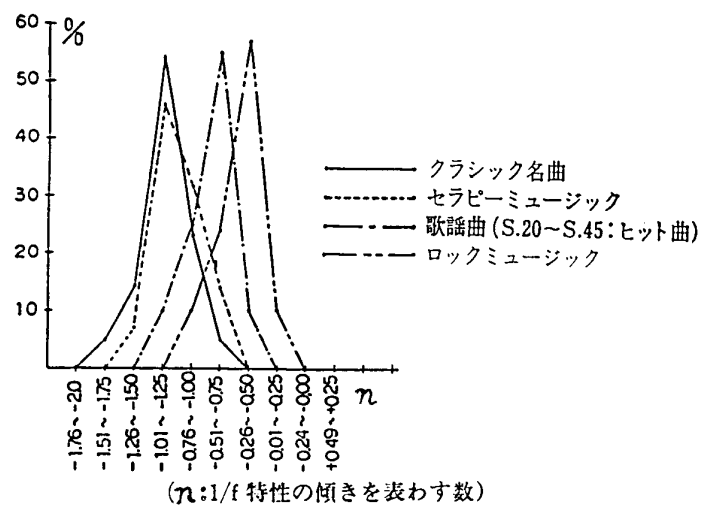


図 3.2.4 音楽群による $1/f$ パワー
スペクトルの傾き特性の差¹⁶⁾

素直で気持ちよく聴ける音楽は $1/f$ ゆらぎの性質を持っていると言えるが、この逆が成立しないことは絵画の例と同様であろう。 $1/f$ ゆらぎを取り入れて作曲された音楽は、単に意外性と期待性を適度に合わせ持っている曲にすぎない。浜松職業能力開発短期大学の坪井邦明氏も $1/f$ 音楽を作っているが、ただ $1/f$ だけを考慮して作曲しても曲らしくならないという。そのために4小節単位で全音符を配置したり、短調・長調などの調性を意識的に入れることが必要であり、曲らしさを感じさせるためには文化との係わりが曲に反映される必要があるという。