

1/f ゆらぎ制御とその有効性*

6B-9

久能義貴 山田新一 藤川英司†
 武蔵工業大学‡

1 はじめに

1/f ゆらぎは、1925年、J.B Johnson の論文で発表されて以来さまざまところで観測されており [1]、自然現象や人間が快いと感じるものの中で多く観測される。

本研究では、人間が快いと感じる 1/f ゆらぎが制御系に与える影響、さらに 1/f ゆらぎ制御の有効性について考える。

2 1/f ゆらぎとその評価

ゆらぎには大きく分けて、1/f ゆらぎ、1/f² ゆらぎ、白色ゆらぎ (White Noise) の3種類があり、この3種類のゆらぎを用いて、扇風機とマッサージ機の制御を行った例が発表されている [2]。

その論文では、3種類のゆらぎ制御と一定値制御について、その快適性評価をしている。その評価で 1/f ゆらぎ制御は”快適な”、”自然な”など人間に対して快適であると評価されている。

3 1/f ゆらぎの生成法

1/f ゆらぎの生成法には以下の2種類の方法があり [3]、本研究では後者の方法を用いて 1/f ゆらぎを生成する。その伝達関数を式 (1) に示す。

- データを測定して解析する方法。
- 白色ゆらぎを用いた工学的方法。

$$H(z) = \frac{1 - \frac{15}{16}z^{-1}}{1 - \frac{63}{64}z^{-1}} \cdot \frac{1 - \frac{1}{4}z^{-1}}{1 - \frac{3}{4}z^{-1}} \quad (1)$$

4 1/f ゆらぎ制御

ここでは、1/f ゆらぎと白色ゆらぎを含んだ信号を振動系に入力しその出力を比較検討する。

バネに重りをつけた強制振動系 (図1参照) の外力に 1/f ゆらぎおよび白色ゆらぎを用いてシミュレーションを行う。その運動方程式を式 (2) に示す。

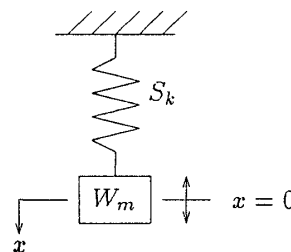


図1: 強制振動系のモデル

$$\frac{d^2x}{dt^2} + P^2x = \frac{F}{W_m} \cdot u \quad (2)$$

ここで、 $W_m = 1.6 \times 10^2 / 9.8$ [kg · s²/m], $S_k = 5.4 \times 10^4$ [kg/m], $F = 10$ [kg], $\omega = 16$ [1/s] の値を用いて、 u は入力 (外力) である。外力には 1/f ゆらぎ、白色ゆらぎを用いた。1/f ゆらぎと白色ゆらぎの振幅の大きさはほぼ等しく調節した。このシミュレーション結果を図2、図3に示す。

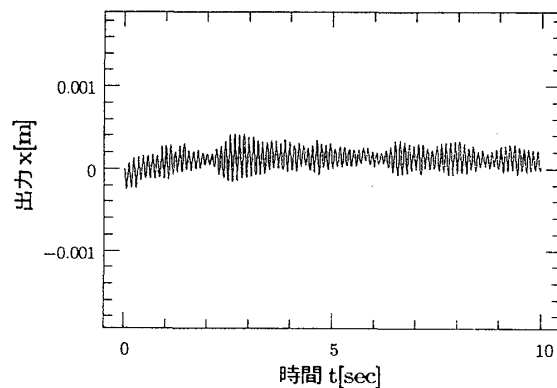


図2: 1/f ゆらぎを含む入力の場合の出力

*1/f-Fluctuation Control System and Its Effectiveness
 †Yoshiki Kunoh Shin-ichi Yamada Hideji Fujikawa
 ‡Musashi Institute of Technology

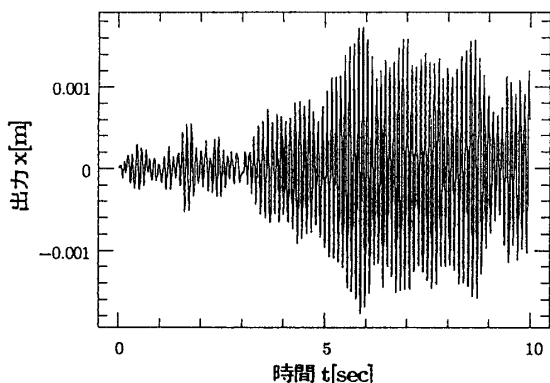


図 3: 白色ゆらぎを含む入力の場合の出力

この結果から、白色ゆらぎよりも $1/f$ ゆらぎの方が出力の振動の平均値が小さく、 $1/f$ ゆらぎの特性によって出力の振動が抑えられているものと考えられる。

そこで、各出力のスペクトル解析を行った。その結果を図 4、図 5 に示す。

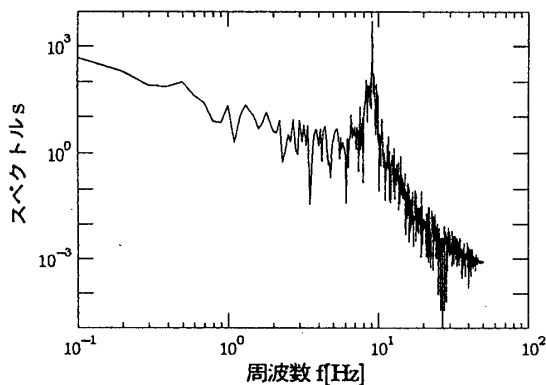


図 4: $1/f$ ゆらぎを含む入力の場合のスペクトル解析

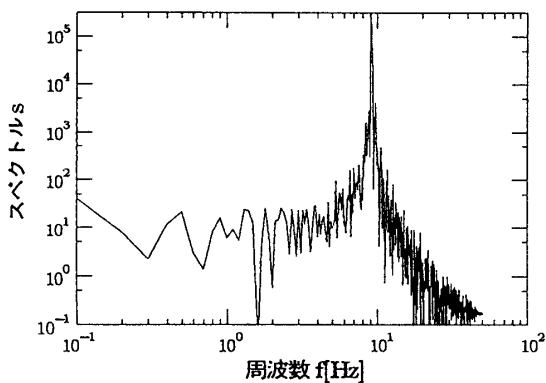


図 5: 白色ゆらぎを含む入力の場合のスペクトル解析

このように白色ゆらぎを含む入力の場合はほとんど平らな特性を示しているのに対して、 $1/f$ ゆらぎを含む入力の場合は低い周波数領域で $1/f$ 特性を示しており、この特性により振動が抑えられているものと考えられる。

また、各パワースペクトルの高い周波数領域でスペクトルが突出しているが、これは固有周波数によるものであると考えられる。

5 おわりに

$1/f$ ゆらぎは人間に快適性を与える信号として評価されている。そこで $1/f$ ゆらぎを振動系に用いてシミュレーションを行った。

$1/f$ ゆらぎと白色ゆらぎを比較すると、入力の大きさはほとんど等しいにもかかわらず、 $1/f$ ゆらぎを用いた方が振動系の振動を抑えることができた。これは、 $1/f$ ゆらぎの特性が影響していると考えられる。

参考文献

- [1] J.B Johnson: " The Shottky Effect in Low Frequency Circuit " (1925)
- [2] 住谷正夫, 安久正紘: " 扇風機とマッサージ機における $1/f$ ゆらぎ制御の快適性評価 ", 電子情報通信学会 D-2, J73-D-2, No.3, pp.478-485 (1990)
- [3] 外山薫, 蔦敏和: " カオス振動子に基づく近似 $1/f$ ゆらぎ制御器の提案 ", 日本ファジィ学会 第 2 回 W.S. 論文集, pp45-54 (1994)
- [4] 小杉幸夫, 高橋孝夫, 高倉公朋, 池辺潤, 武者利光: " $1/f$ ゆらぎのリズムを持つ電気刺激で痛みを除く ", 日経エレクトロニクス, No.5, pp.122-140 (1979)