

ゆらぎ信号を用いた電子機器制御技術

橋場 参生, 新井 浩成, 大崎 恵一

Control of Electronic Equipments using Fluctuation Signal

Mitsuo HASHIBA, Hironari ARAI, Keiichi OOSAKI

キーワード：ゆらぎ, 1/f特性, 制御, 電子機器

1. はじめに

小川のせせらぎ, 草原のそよ風, 暖炉やロウソクの炎といった自然界の信号は, 我々に安らぎや心地よさを感じさせる。このような自然界の信号は, その周期や振幅が決して一定ではなく, 微妙な変動, 即ち「ゆらぎ」を含んでいる。一方, 現在の私たちの生活環境には, 実に様々な電子機器が存在しており, 音, 光, 振動, 風, 熱などの各種信号を発している。しかし, これらの信号の多くは, 人に対して無味乾燥な感覚や人工的な感覚しか与えておらず, 時には不快感を生じさせることさえある。このような感覚の違いが生じる原因の一つとして, 電子機器が発する信号の多くは, 自然界の信号とは異なり, 「ゆらぎ」を持たない規則的な信号であることが考えられる。

このような考えに基づき, 近年, 自然界の信号に含まれる「ゆらぎ」の特徴を模倣し, 家電機器などの制御に応用しようとする研究が行われており, 実用化の事例も幾つか存在する。しかし, 「ゆらぎ」を取り入れた制御技術は, まだ広く一般化しておらず, 特に, 道内の中小企業が容易に活用できる段階には至っていない。

そこで本開発では, 自然界の「ゆらぎ」を取り入れた電子機器制御を容易に導入可能にする開発ツールの提供を目的として, パーソナルコンピュータ上で人工的な「ゆらぎ」を生成するソフトウェアと, 生成した「ゆらぎ」をワンチップマイコンに実装した小型コントローラを製作した。これらの開発ツールは, 今後成長市場として期待される生活関連機器や健康福祉機器などを開発する際に, 製品の機能向上や付加価値付与を図る一手段として活用できる。

2. 自然界の信号に含まれる「ゆらぎ」

2.1 自然界の「ゆらぎ」の特徴

人間に安らぎや心地よさを与える自然界の信号については, 自然風の風速・風向, 鳥のさえずり, 潮騒などについて, その特徴を調べた事例があり¹⁾, 何れにも, 後述する「1/f ゆらぎ」が存在すると報告されている。この「1/f ゆらぎ」は, 他にも, 蛍の発光パターン²⁾や, 木目模様, 絵画, クラシック音楽など^{3,4)}に観測されており, さらに, 人間自身の心拍や脳波などにも「1/f ゆらぎ」が含まれることが報告されている³⁾。

2.2 1/f ゆらぎ

「1/f ゆらぎ」を有する信号を周波数分析し, 横軸に周波数, 縦軸にパワースペクトルをとり, 両対数軸でグラフ化すると, 図1に示すように45度の傾きを有する右下がりのパワー

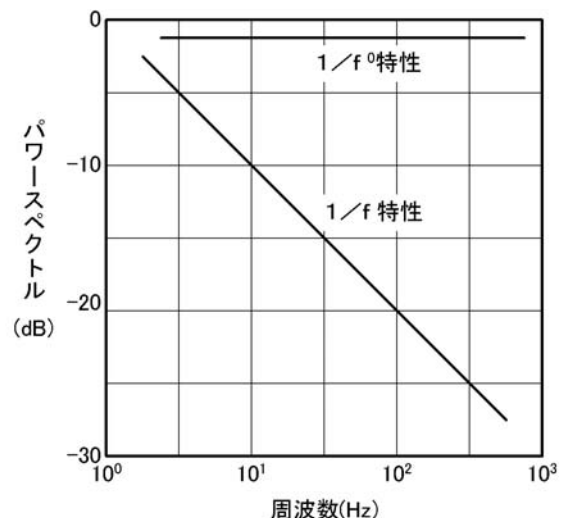


図1 1/f特性

事業名：一般試験研究

課題名：ゆらぎ信号を用いた電子機器の快適性向上に関する研究

スペクトルになる。この、周波数とパワースペクトルが反比例する特性が $1/f$ 特性であり、人に安らぎ、心地よさ、自然さ、快適感などを与える信号には、このような特性を持つ「 $1/f$ ゆらぎ」が含まれると報告されている³⁾。

なお、図1に示した $1/f^0$ 特性を持つ信号は、全ての周波数成分を均等に有する白色雑音である。また、周波数特性の傾きが45度よりも急になるに従って、その信号は、ゆらぎの乏しい単調な信号になっていく。

3. ゆらぎを用いた電子機器制御

3.1 ゆらぎを用いた機器制御方法

$1/f$ ゆらぎを用いた電子機器制御方法を図2に示す。コントローラが生成する制御信号の周期や振幅に $1/f$ ゆらぎを含ませることによって、電子機器が発生する音、光、風、振動、熱などに、自然界のゆらぎに似た微妙な変動を生じさせる。

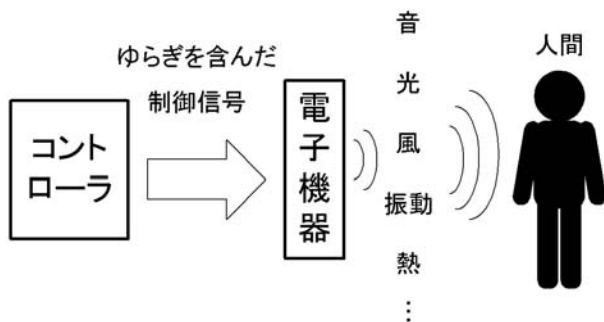


図2 ゆらぎ信号を用いた電子機器制御方法

3.2 研究開発の動向

$1/f$ ゆらぎを用いた制御に関する研究には、扇風機、マッサージ機、ロッキングチェア、照明などを対象としたものがあり⁵⁻⁸⁾、それぞれ、人に対して快適感や心地よさを与える効果が得られたことが報告されている。また、実用化の事例としては、大手家電メーカーの扇風機⁹⁾が代表的である。

前記の研究においては、機器の制御に、パーソナルコンピュータ等で構成した実験用のコントローラが使用されており、後者の実用機の場合には、機器と一体化された専用のコントローラが使用されている。従って、現在の所、 $1/f$ ゆらぎを利用した機器制御は、容易に導入可能な技術として一般化するには至っていない。

4. ゆらぎ制御用開発ツール

本開発では、 $1/f$ ゆらぎを取り入れた機器制御を容易に実現可能にする開発ツールとして、人工的な $1/f$ ゆらぎを生成するソフトウェアと、生成した $1/f$ ゆらぎをワンチップマイコンに実装した小型コントローラを製作した。

4.1 ゆらぎ生成用ソフトウェア

図2の制御方法において、コントローラが発生する制御信号に $1/f$ ゆらぎを含ませるためには、何らかの方法によって $1/f$ ゆらぎ有する信号(以下では $1/f$ ゆらぎ信号と記す)を生成する必要がある。この $1/f$ ゆらぎ信号を生成する方法には、自然界に存在する各種の信号から直接抽出する方法の他に、抵抗に電流を流した際に生じる電圧のゆらぎを利用する方法や、デジタル信号処理によって人工的に作り出す方法などがある。本開発では、デジタル信号処理を用いる一方法として、M系列発生器と高速フーリエ変換を用いて $1/f$ ゆらぎ信号を生成するソフトウェアを製作した。その処理手順を以下に記す。

- (1) ソフトウェア的に構成したM系列発生器により、M系列信号(疑似白色雑音)を生成する。
- (2) (1)で作成したM系列信号をFFT(高速フーリエ変換)し、パワースペクトルを求める。
- (3) (2)で求めたパワースペクトルを加工し、周波数領域において、 $1/f$ 特性を実現する。
- (4) 加工したパワースペクトルをIFFT(逆高速フーリエ変換)し、 $1/f$ ゆらぎ信号を得る。

(1)~(4)の処理過程を図3~図6に示す。図3は、手順(1)によって生成したM系列信号、図4は、手順(2)によって得

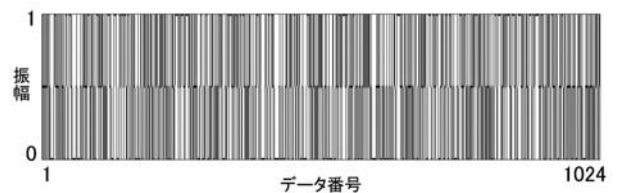


図3 M系列信号

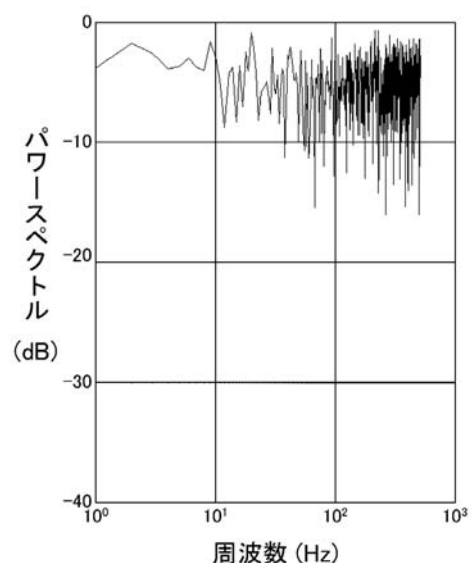


図4 M系列信号のパワースペクトル

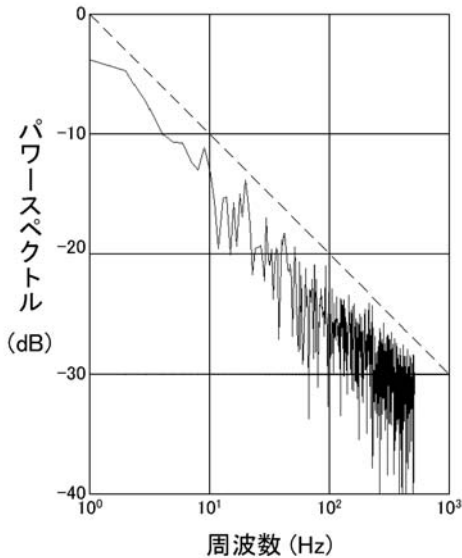


図5 加工したパワースペクトル

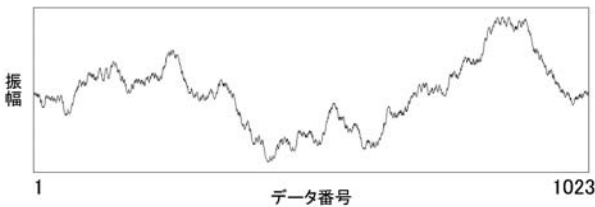


図6 人工的に生成した1/fゆらぎ信号

られたM系列信号のパワースペクトル，図5は，手順(3)によって1/f特性になるように加工されたパワースペクトル，そして図6が，手順(4)によって得られた人工的な1/fゆらぎ信号である。

4.2 ゆらぎ制御用コントローラ

本開発では，様々な電子機器への組込用途にも容易に活用できるように，ワンチップマイコンを用いて，ゆらぎ制御用コントローラを製作した。図7に，ルネサステクノロジー社製ワンチップマイコンH8/3664を使用したコントローラの概要を示す。

図7に示すように，本コントローラは，パーソナルコンピュータ上で作成した1/fゆらぎ信号をデータ化してワンチップマイコンの内部メモリに格納し，このデータを利用して矩形波の周期 T_1 やパルス幅 T_2 にゆらぎを与え，制御信号として出力する仕組みになっている。内部メモリに格納する1/fゆらぎ信号のデータは，人工的に生成したものに限らず，自然界の信号から直接抽出したデータであっても良い。また，H8/3664はD/Aコンバータを内蔵していないが，D/Aコンバータを有するマイコンを利用して，振幅にゆらぎを含んだ制御信号を生成することも容易に実現できる。

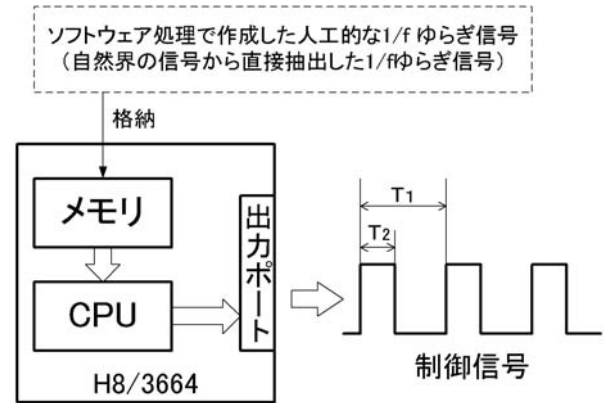


図7 ワンチップマイコンを用いたコントローラ

5. ゆらぎ信号を用いた制御例

ゆらぎ信号の制御への適用例として，製作した開発ツールを用いてLEDの発光制御を行った。図8が使用したハードウェア式で，左側がH8/3664マイコンボードやスイッチ等を取り付けたユニバーサル基盤と006P型電池，右側が制御対象のLEDである。本例では，コントローラとして使用したH8/3664の内部メモリに，図6に示した1/fゆらぎ信号をデータ化して格納し，このデータを利用してLEDの明るさにゆらぎを与えた。

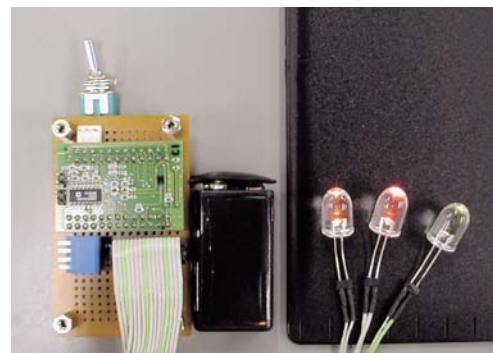


図8 コントローラとLED

制御結果の一例を図9に示す。図9は，LEDを薄白色のシートで覆って光を拡散させた場合の動作の様子で，1/fゆらぎ信号を用いてLEDの明るさを変化させることによって，ロウソクの炎のような演出効果を実現できている。この他にも，同様の仕組みを用いて，ホテルの光や，夜空の星のまたたき等に似た効果を作り出すことも可能である。また，近年，高輝度LEDを用いた照明装置が実用化されつつあることから，人に安らぎ感を与える間接照明などへの応用も期待できる。

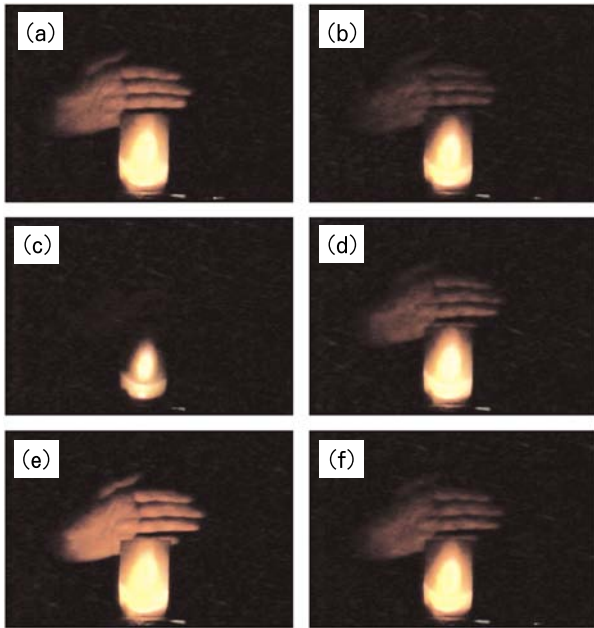


図9 LEDによりろうソクのような効果を実現した例

6. おわりに

自然界の「ゆらぎ」を取り入れた電子機器制御技術の導入を容易にするために、パーソナルコンピュータ上で人工的な「ゆらぎ」を生成するソフトウェアと、生成した「ゆらぎ」をワンチップマイコンに実装した小型コントローラを製作した。現在、これらの開発ツールを活用して、生活関連機器や健康福祉機器を開発する道内企業への技術移転を進めている。

今後の課題としては、以下の項目があげられる。まず、本開発ツールを利用することによって、 $1/f$ ゆらぎを含んだ制御信号の生成は容易になるが、具体的機器に適用する場合には、制御信号のどの部分に、どの程度の変動幅で、 $1/f$ ゆらぎを反映させるかを適切に設定しなければならない。この設定は、制御対象毎に異なることが予想されるため、具体的な応用を通じて、その技術蓄積を図っていく必要がある。また、この課題に関連して、制御の効果、即ち、 $1/f$ ゆらぎ信号を用いた制御が、最終的に人間に与える感覚について評価することも重要である。このような評価には、従来の研究⁵⁻⁹⁾同様、SD(Semantic differential)法による因子分析や、生体信号の観測が有効と考えられるため、今後、導入と適用を図って行きたい。

謝 辞

本研究で使用した音声・音響分析システムは、日本自転車振興会の補助により整備されました。記して感謝いたします。

引用文献

1) 安久正紘・大口國臣：人に快適感を与える $1/f$ ゆらぎと

その家電機器への応用，電気学会誌，Vol.113，pp.27-33 (1993)

- 2) 稲垣照美・犬塚浩二・安久正紘・赤羽秀郎・阿部宣男：ホタルの発光パターンにおける $1/f^n$ ゆらぎ現象と癒し効果，機械学会論文誌C，Vol.67，No.657，pp.1583-1590 (2001)
- 3) 武者利光：ゆらぎの世界，講談社 (1991)
- 4) ゆらぎ現象研究会：ゆらぎの科学，Vol.1-9，森北出版 (1991-1999)
- 5) 住谷正夫・安久正紘：扇風機とマッサージ機における $1/f$ 揺らぎ制御の快適性評価，信学論，Vol.J73-D- ，No.3，pp.478-485 (1990)
- 6) 住谷正夫・安久正紘：風向および風速にゆらぎ制御を行った風の快適性評価について，信学論，Vol.J80-D- ，No.7，pp.1994-2001 (1997)
- 7) 川島 豪：心地よい揺れに関する研究(アクティブロッキングチェアにおける心地よい揺れ)，機械学会論文誌C，Vol.69，No.677，pp.219-226 (2003)
- 8) 土井滋貴・大塚智仁・高橋晴雄：照明における $1/f$ ゆらぎ制御法の実験的検討，電気学会論文誌C，Vol.117，No.4，pp.409-415 (1997)
- 9) 「 $1/f$ のスペクトルで風速を変動させる扇風機，さらに快適な風を目指す」，日経エレクトロニクス，No.446，pp.104-105 (1998)