

1/f で揺らぐ椅子の開発

川 島 豪*

Development of Chair rocking by 1/f spectrum

Takeshi KAWASHIMA

Abstract

Many people living in big cities feel the stress. There are many ways to release oneself from the stress, such as taking bath, playing sport and talking with friends. But these ways are not easy to do at anywhere and at any time. Therefore, an apparatus releasing oneself from the stress is required. The comfortable chair shrouding the head in atmospheric music was developed. But music is too weak to release oneself from the tight stress. Vibration is more powerful stimulus than music. Vibration is generally a burden which has to be suppressed, but pleasant vibration also exists such as swing of vehicle and breeze in highland. It is known that these pleasant swings and sounds have 1/f spectrum, which means that the power of the swing is in inverse proportion to the frequency. In this study, to release oneself from the stress, a chair rocking by 1/f spectrum is developed. And the characteristics of pleasant vibration are investigated. As results, it is clarified that the vibration with 1/f spectrum is not always pleasant though pleasant swings have 1/f spectrum, and pleasant vibration has smooth amplitude change of the time rate of acceleration change.

1. はじめに

変化の激しい現代は人々に大きなストレスを与える。ストレスがたまると人々は不快な気分になったり無性に腹立たしくなったりノイローゼになったりする。また、ストレス性の胃炎などといった病気になったりする場合もある。ストレスを解消する方法は人それぞれ異なっているが、お風呂に入ったり、スポーツで汗を流したり、人と会話をするなどである。しかし、これらの方法はいつでもどこでも気軽にできるストレス解消法ではない。現代の私たちの生活を考えるとストレスを解消する機会が極めて少ないことに気づく。そこで現代社会、特に都市の生活において、ストレスを簡単に解消することのできる器具の必要性が増している。

現在でも耳もとから心地よい音楽が流れるゆったりとした椅子がストレス解消用に開発されている。しか

しあまりにいらいらしていたり不安なときには音楽のみでは瞑想状態に入れずストレスを解消できない。そこで、電車に乗るとよく眠くなることをヒントにストレスの解消に音楽よりも強い刺激である振動を利用することを考える。振動というと環境問題では抑えなければならない厄介者であるが、人を心地よくさせ、さわやかな気分にする振動もある。その代表は乗り物の揺れ、高原のそよ風などである。乗り物の揺れ、高原のそよ風、穏やかな波音、小川のせせらぎなどの心地よい振動や音は単純で画一的なリズムではなく微妙な「ゆらぎ」をともなっている。これらを周波数分析するとパワーと周波数が反比例の関係、すなわち「1/f」になっていることが知られている。これが「1/fのゆらぎ」である。しかし心地よい振動は「1/f」のスペクトルを有しているが「1/f」のスペクトルを有する振動全てが心地よいかは解らない。そこで本研究では、まず「1/f」で揺らぐロッキングチェアを製作し、「1/f」のスペクトルを有する色々な波形で揺らしてどの様な「1/f」のスペクトルを有する振動が人に心地よさを与えるか調べる。特に「1/f」という表現からは振動の振

幅に関する情報は得られるが位相差に関する情報が得られないので、位相差を色々と変えて「 $1/f$ 」の揺れを実現し、心地よい振動とはどのようなものか考える。

2. 実験装置

2.1 駆動システム

実験装置の概略図を Fig. 1 に示す。椅子には市販の木製のロッキングチェアを用い、駆動には位置制御の簡単なパルスモータを用いた。椅子の座面の裏には前後方向にステンレスの支柱を取り付け、2本のワイヤを両端に固定した。ワイヤの他端は滑車を介してモータに取り付けられているプールの2本の溝に固定し、このワイヤがパルスモータにより引っ張られることにより椅子が駆動されるようにした。また、椅子の運動の非線形性により生ずるワイヤのたるみは、ワイヤをターンバックルを用いて強めに張ることによりワイヤの弾性で吸収させた。

2.2 制御システム

希望する「 $1/f$ 」の波形で椅子を動かすため、パーソナルコンピュータ (PC9801VX2)、D/A コンバータ、ファンクションジェネレータ、パルスモータ用アンプにより制御システムを構成した。パーソナルコンピュータにより希望する波形の速度からプールの角速度が計算され、その角速度に比例した電圧が 0.01 秒ご

とに内蔵の D/A コンバータよりファンクションジェネレータに出力される。ファンクションジェネレータでは入力電圧に比例したパルス列がつけられ、パルスモータ用アンプに出力される。さらにモータの回転方向指令がパーソナルコンピュータで計算され、D/A コンバータよりモータ用アンプに出力される。これらアンプに送られた速度に比例したパルス列と回転方向指令によりパルスモータが回転し、椅子が希望する波形で動くことになる。また、椅子は最も後ろに倒した状態からスタートさせることとし、希望する波形の初期値までは正弦波により速度と加速度が滑らかに変化するようつなげられる。

3. 実験

3.1 予備実験

まずどれ位の振幅と振動数の揺れが心地よいかを調べるために、色々な振幅と振動数の正弦波で椅子を動かした。その結果、振動数を大きくし振幅を大きくすると加速度が大きくなり、乗っている人が振り落とされるような不安を覚え、心地よくないことが解った。また、あまり加速度が小さいと刺激が少なすぎて物足りないことも解った。そこで人が乗ったときの椅子の固有振動数が 0.37 Hz であること、椅子の動きの非線形性によるワイヤのたわみをワイヤの弾性で吸収しているためあまり振幅を大きくできないことを考慮し、ワ

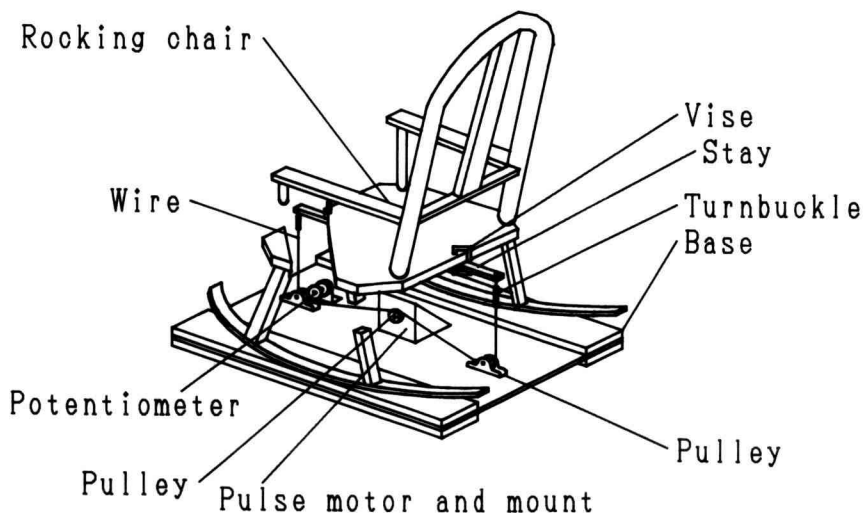


Fig. 1. Schematic illustration of chair rocking by $1/f$ spectrum

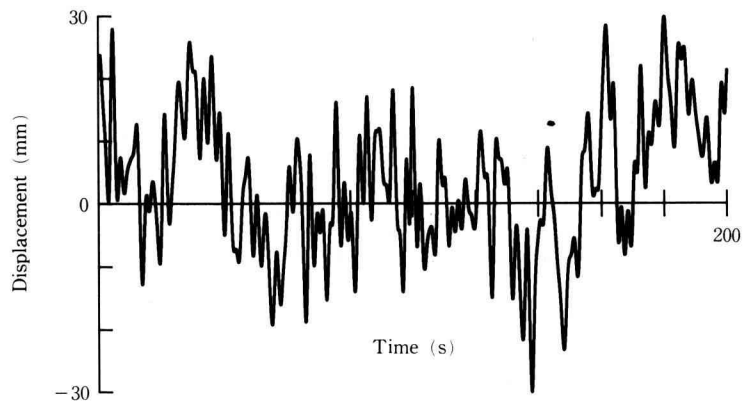


Fig. 2. (a) Time history of displacement of wave with 1/f spectrum

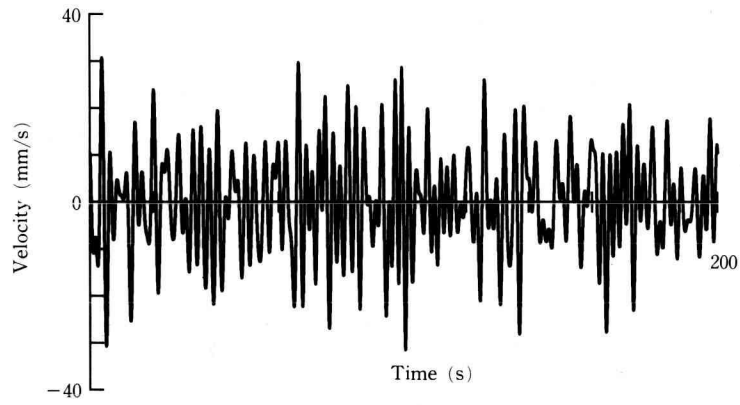


Fig. 2. (b) Time history of velocity of wave with 1/f spectrum

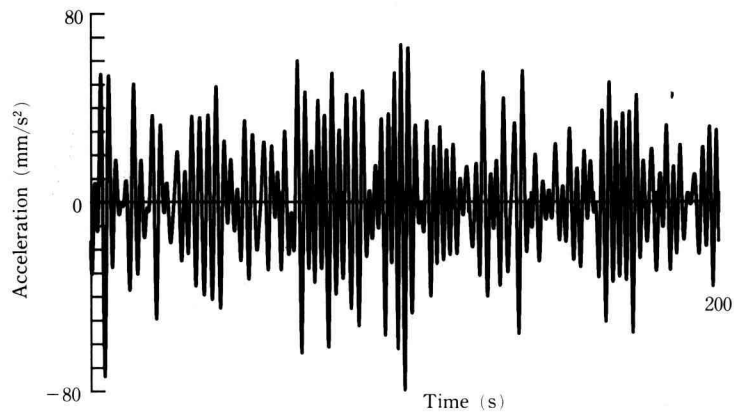


Fig. 2. (c) Time history of acceleration of wave with 1/f spectrum

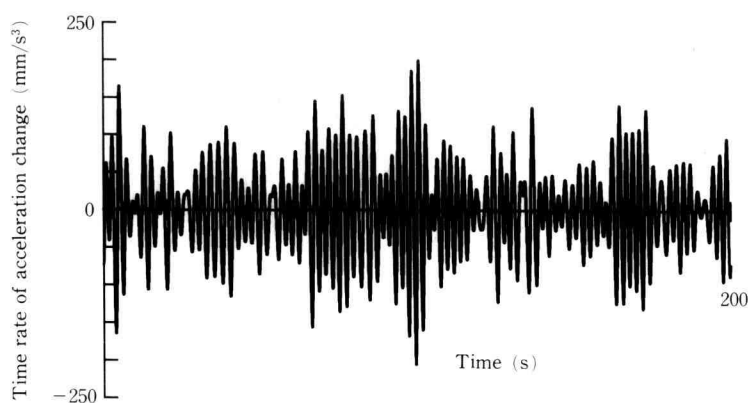


Fig. 2. (d) Time history of time rate of acceleration change of wave with $1/f$ spectrum

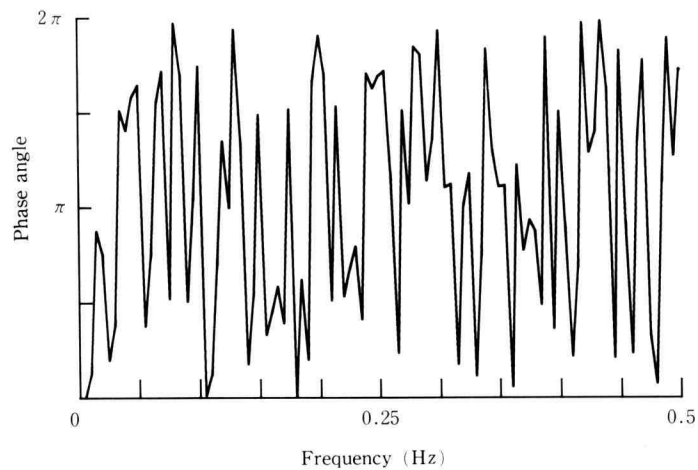


Fig. 2. (e) Phase angle of wave with $1/f$ spectrum

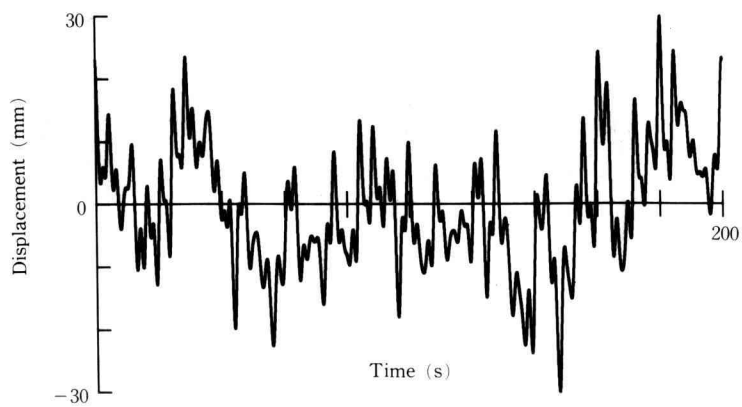


Fig. 3. (a) Time history of displacement of wave with $1/f$ spectrum

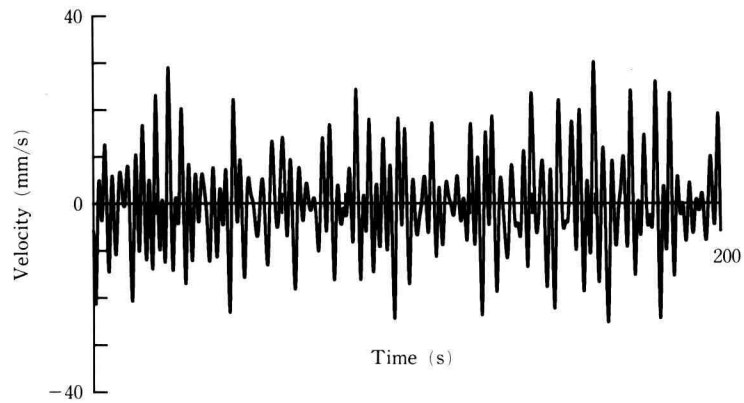


Fig. 3. (b) Time history of velocity of wave with 1/f spectrum

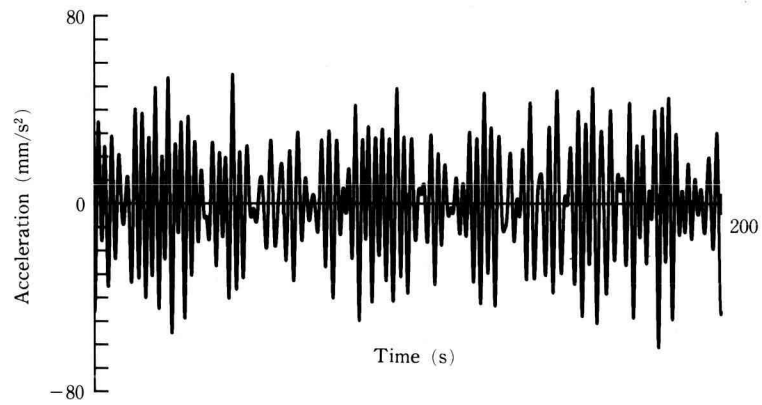


Fig. 3. (c) Time history of acceleration of wave with 1/f spectrum

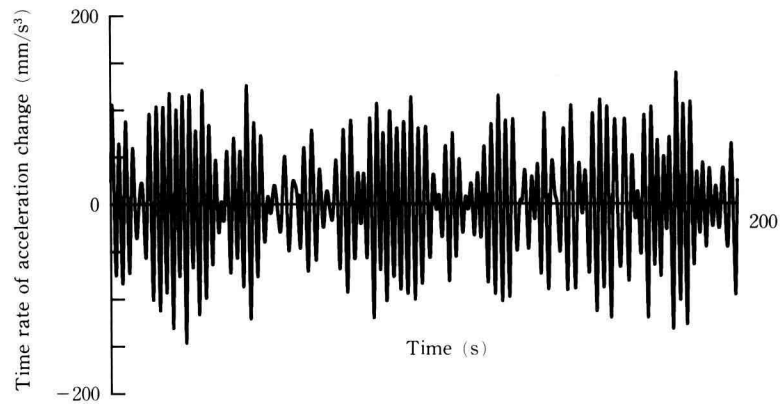
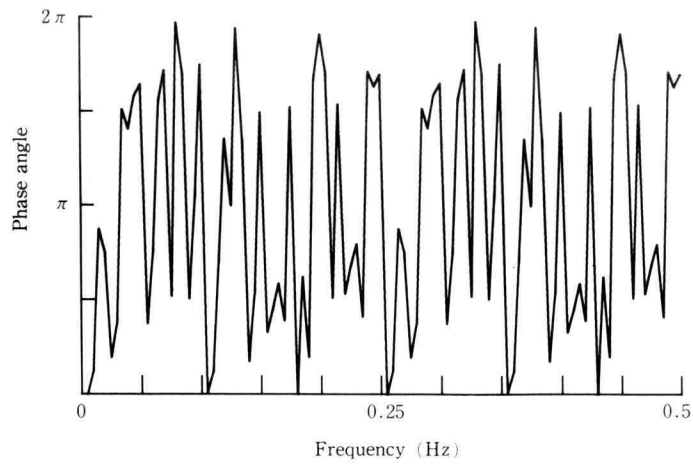
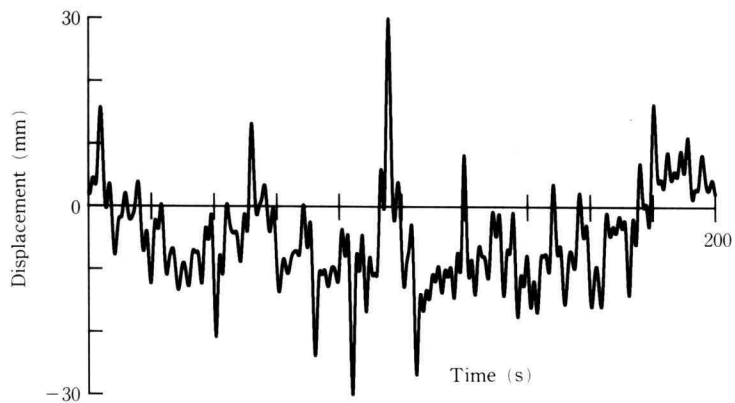
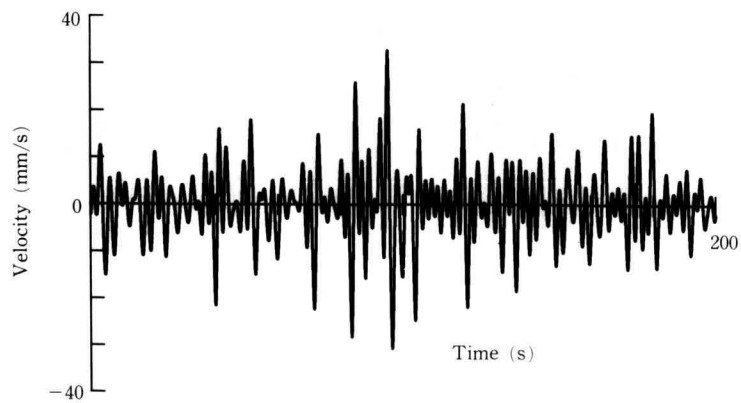


Fig. 3. (d) Time history of time rate of acceleration change of wave with 1/f spectrum

Fig. 3. (e) Phase angle of wave with $1/f$ spectrumFig. 4. (a) Time history of displacement of wave with $1/f$ spectrumFig. 4. (b) Time history of velocity of wave with $1/f$ spectrum

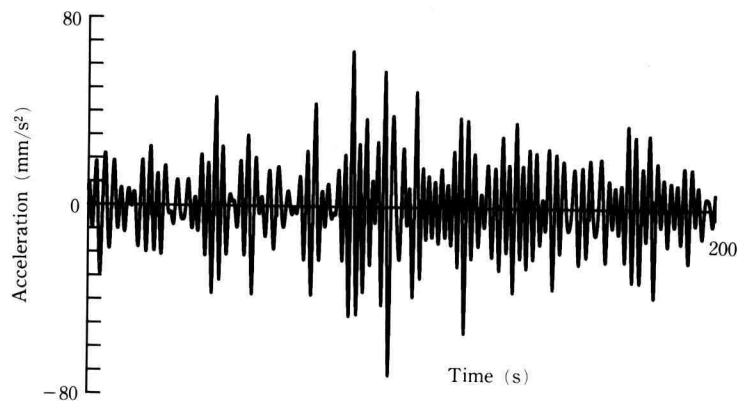


Fig. 4. (c) Time history of acceleration of wave with 1/f spectrum

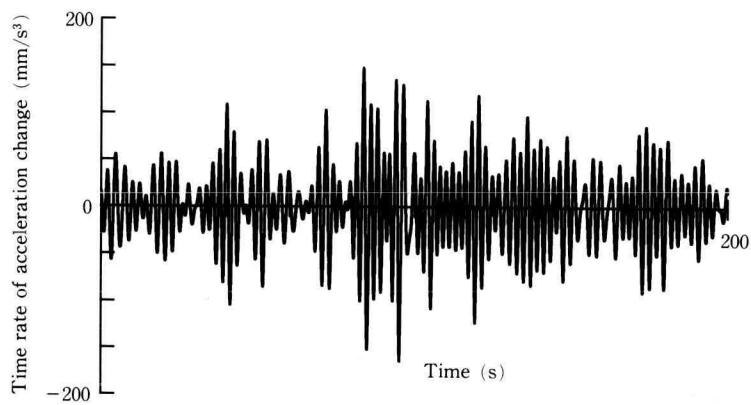


Fig. 4. (d) Time history of time rate of acceleration change of wave with 1/f spectrum

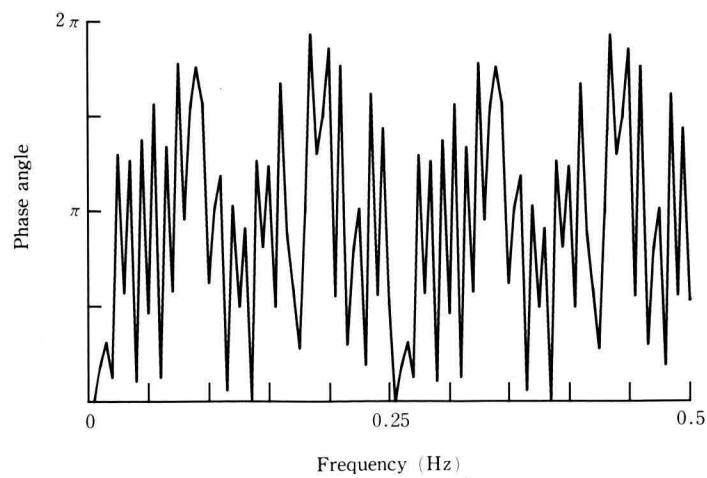


Fig. 4. (e) Phase angle of wave with 1/f spectrum

イヤにおける最大振幅を 30 mm, 最大振動数を 0.5 Hz とした。

3.2 1/f 波形

「1/f」のスペクトルを有する波形の作り方は色々あるが、本研究では最も簡単な次式で表される正弦波を加え合わせる方法を用いた。

$$x(t) = \sum_{i=1}^n a_i \cos(2\pi f_i t + \phi_i) \quad (1)$$

本研究では、0.005 Hz ごとに 100 個の正弦波を位相差を変えながら $0.005 \text{ Hz} \leq f_i \leq 0.5 \text{ Hz}$ の周波数帯域にわたって加え合わせた。ここで、 a_i は次式で表される「1/f」の関係より求められる振幅である。

$$a_i = A(0.005 \text{ Hz}/f_i)^{1/2} \quad (2)$$

ただし、 A はつくられた波形の最大両振幅が 60 mm になるよう調整される値である。一方、「1/f」という表現からは振幅 a_i に関する情報は得られるが位相差 ϕ_i に関する情報は得られない。そこで、コンピュータの一樣乱数を発生させる機能を用いて加え合わせる正弦波の位相差を決めた。一樣乱数を発生させる関数の種を変えることにより色々な位相差の組合せをつくり、色々な「1/f」の波形をつくりだした。

3.3 評価法

本研究では研究室の学生 6 名が全ての「1/f」の揺れを体験し、その中から「心地よい」揺れを選び出す方法で波形の評価を行った。

3.4 実験結果

一樣乱数を発生させる関数の種を変えて色々な位相差の異なる「1/f」の波形をつくり実験した結果、全ての「1/f」の揺れが心地よいわけではなく、逆に気持ち悪くなる波形もあることが解った。したがって、心地よい揺らぎは「1/f」のスペクトルを有するが「1/f」のスペクトルを有する揺れが全て心地よいとは限らないことが明らかになった。比較的心地良く感じられた波形の変位、速度、加速度、加速度の時間変化率の時刻歴をそれぞれ Fig. 2(a)~(d) に示す。また、そのときの位相差を Fig. 2(e) に示す。さらに心地よい揺れを探すために一樣乱数の種を変えるだけでなく、位相差の分布を人為的に変えて実験した。その結果、比較的心地よく感じられた波形の一樣乱数を用いて $0.005 \leq f_i \leq 0.25 \text{ Hz}$ の位相差をつくり、 $0.255 \leq f_i \leq 0.5 \text{ Hz}$ の

位相差を $0.005 \leq f_i \leq 0.25 \text{ Hz}$ の位相差と同じにしてつくられた「1/f」の波形が心地よく感じられた。その波形の変位、速度、加速度、加速度の時間変化率の時刻歴をそれぞれ Fig. 3(a)~(d) に示し、そのときの位相差を Fig. 3(e) に示す。また比較のために、あまり心地よく感じられなかった「1/f」の波形の変位、速度、加速度、加速度の時間変化率の時刻歴をそれぞれ Fig. 4(a)~(d)、そのときの位相差を Fig. 4(e) に示す。

4. 検 討

心地よく感じられた Fig. 2(a) や Fig. 3(a) の「1/f」の波形の特徴は、揺れの幅が大き過ぎなくまた小さ過ぎもなく、同じような揺れ幅の振動が椅子の前側で生じたり椅子の後ろ側で生じたりして予想される揺れと予想外の揺れが適度に組合わさっていることである。心地よく感じられなかった Fig. 4(a) の「1/f」の波形の特徴は所々で揺れが極端に変化していることである。また、動きに関する刺激量は加速度で示され、車の乗り心地の評価などにも加速度が用いられている。その加速度の時間変化率は刺激の変化の割合を示している。この加速度の時間変化率に注目すると、心地よく感じられた Fig. 3(d) に示す加速度の時間変化率波形はその振幅がゆっくりとなめらかに変化しているのに対し、心地よく感じられなかった Fig. 4(d) に示す加速度の時間変化率波形はその振幅が激しく変化している。つまり心地よい揺れとは、加速度の時間変化率波形の振幅がゆっくりとなめらかに変化し、ある程度の刺激が適当に変化しながら与えられる場合であるといえる。したがってこのような加速度の時間変化率波形の振幅がゆっくりとなめらかに変化する「1/f」の波形を用いて椅子を揺らせば、乗っている人をリラックスさせストレスを解消させられることになる。

5. 結 論

本研究では、人に心地よさを与えストレス解消に役立つ器具を開発することを目的に、「1/f」のスペクトルをもつ波形で揺れるロッキングチェアを製作した。そして、「1/f」という表現からは振幅に関する情報しか得られないので、色々な位相差をもつ「1/f」の波形をつくり、比較的心地よく感じられる揺れを探した。その結果、心地よい揺れは「1/f」のスペクトルを有するが「1/f」のスペクトルを有する全ての揺れが心地よく

感じられるわけではないことが明らかになった。さらに心地よく感じられる揺れの波形の特徴はその加速度の時間変化率波形の振幅がゆっくりとなめらかに変化することであることが確認された。

また今後の課題として、人が感じることのできる加速度が「1/f」のスペクトルとなる波形など、色々な波形でロッキングチェアを動かし、より心地よい揺れを調べていく予定である。