

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 27 年 6 月 5 日現在

機関番号：12101

研究種目：挑戦的萌芽研究

研究期間：2013～2014

課題番号：25540119

研究課題名(和文)カオス性の異なる1/fゆらぎの感性評価と発生手法の開発

研究課題名(英文)KANSEI Evaluation of 1/f Fluctuations with Different Chaotic Properties and Development of Method for Generation

研究代表者

山田 光宏(Yamada, Mitsuhiro)

茨城大学・工学部・准教授

研究者番号：10272113

交付決定額(研究期間全体):(直接経費) 800,000円

研究成果の概要(和文):カオス的な1/fゆらぎとカオスでない1/fゆらぎを用いた歩行のヒューマンアニメーションに関して、感性評価実験による比較検討を行った。CGキャラクタの歩行動作には、Microsoft社Kinectを用いたモーションキャプチャにより取得した人間の歩行動作の1周期の時系列データを用い、1/fゆらぎによりCGキャラクタの歩幅および腕の振り幅を変化させた。被験者による評価を分析した結果、カオスでない1/fゆらぎを用いた場合のほうが、CGキャラクタの動作が、よりリアルであった。また、カオス的な1/fゆらぎの発生手法に関して検討した。

研究成果の概要(英文): Human walking animations using chaotic and non-chaotic 1/f fluctuations were investigated by subjective comparison. The motion data of human walking were obtained using Microsoft Kinect, and a period of repetitive walking was selected. The motion of the CG character was computed with the selected data and the 1/f fluctuations. The 1/f fluctuations were applied to the lengths of the stride and the arm swing, so that the lengths varied. Animations were evaluated by subjective comparison. As a result, the case with the non-chaotic 1/f fluctuation was more realistic than the case with the chaotic 1/f fluctuation. Method for generation of chaotic 1/f fluctuation was also investigated.

研究分野：感性情報学

キーワード：感性評価 1/fゆらぎ カオス性 ヒューマンアニメーション 歩行

1. 研究開始当初の背景

従来、人間の動作や自然環境に観測される 1/f ゆらぎは、コンピュータグラフィックス (CG) による自然なアニメーションや快適な人工環境の創造などに適用されてきた。ここで、1/f ゆらぎとは、パワースペクトル密度が周波数 f に逆比例するゆらぎである。カオス性の有無を検定する標準的なアルゴリズムである相関次元推定法[1]によれば、1/f ゆらぎの時系列は、カオス性を有する、すなわちカオス的な時系列と、カオス性の無い、すなわちカオス的でない時系列とに明確に区別される。いずれも、従来、自然なアニメーションや、自然で快適な人工環境の創造に用いられてきた。しかしながら従来は、スペクトルが 1/f 型であることのみが注目され、カオス性の有無に関して考慮せずに 1/f ゆらぎが適用されてきた。このため、自然さ、快適さなどとカオス性の有無との関連に関する感性評価による検討がなされておらず、いずれの 1/f ゆらぎが各応用課題に最適であるのか明らかになっていない。また、従来、およそ 1/f ゆらぎとなるカオス時系列を発生する手法はあるが、そのスペクトルは正確な 1/f 型とはならない。

2. 研究の目的

本研究の目的は、次の二つである。

- (1)カオス的な 1/f ゆらぎとカオス的でない 1/f ゆらぎのいずれが自然さなどの向上に適切であるか、感性評価により比較検討し明らかにする。1/f ゆらぎを用いる例として、近年、映画やゲームなどのエンターテインメントの分野において制作されることが多い、CG によるヒューマンアニメーションを採り上げる。より自然で人間らしい、リアルな動作の CG キャラクタによるヒューマンアニメーションを実現するため、CG キャラクタの動作へ 1/f ゆらぎを用いる場合に関して比較検討する。
- (2)従来の手法に比較し、より正確な 1/f 型スペクトルとなるカオス的な 1/f ゆらぎの発生手法を明らかにする。

3. 研究の方法

- (1)ヒューマンアニメーションにおける CG キャラクタの「動作のリアルさ」と「1/f ゆらぎのカオス性の有無」の関連の感性評価による検討
CG キャラクタの動作を、より人間らしくするため、本研究では、実際の人間の動作をモーションキャプチャによりデータ化し、それに基づきヒューマンアニメーションの制作を行い、研究を実施する。また、本研究代表者らによる、上半身のみ動作となる拍手のヒューマンアニメーションにおける、「動作のリアルさ」と「1/f ゆらぎのカオス性の有無」の関連の感性評価による検討に関する先行研究論文[2]が学術誌に掲載され公開されたため、より新規性の高い、全身での動作となる歩行に関する研究を実施する。研究は下記の手順で実施する。

載され公開されたため、より新規性の高い、全身での動作となる歩行に関する研究を実施する。研究は下記の手順で実施する。

動作の時系列データ化

比較的容易にモーションキャプチャが可能な Kinect (物品費により購入) により人間の動作を時系列データ化する。

ヒューマンアニメーションの制作

POV-Ray を用いてレンダリングを行い、カオス的な 1/f ゆらぎを用いた場合とカオス的でない 1/f ゆらぎを用いた場合のヒューマンアニメーションを制作する。

感性評価実験および分析

被験者に制作したヒューマンアニメーションを提示し、感性評価実験を行う。結果を因子分析、有意差の検定、効果量の算出などにより分析し、比較検討することにより、CG キャラクタの「動作のリアルさ」と「1/f ゆらぎのカオス性の有無」との関連に関して明らかにする。

- (2)従来手法より正確な 1/f 型スペクトルのカオス的な 1/f ゆらぎの発生手法の開発
セルオートマトンを用いた手法の適用の検討

本研究代表者らによって提案されたセルオートマトンを用いた正確な 1/f 型スペクトルを発生する手法に関する先行研究[3]では、カオス的でないゆらぎである乱数による白色雑音を用いた。乱数による白色雑音の代替として、1次元変形ベルヌーイ写像[4]によるカオス時系列による白色雑音の適用に関して検討する。

その他の手法の検討

1次元変形ベルヌーイ写像[4]によるカオス時系列を用いた、他の適切な手法に関して検討する。

4. 研究成果

- (1)ヒューマンアニメーションにおける CG キャラクタの「動作のリアルさ」と「1/f ゆらぎのカオス性の有無」の関連の感性評価

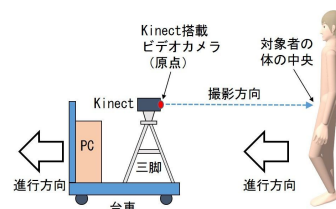


図1 標認点の時系列データの取得手法

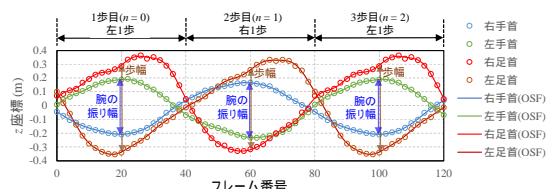


図2 取得した時系列データの例

による検討

単一のCGキャラクタによる研究

まず、単一のCGキャラクタによる研究を次の手順で実施した。

i) 動作のデータ化

Microsoft 社 Kinect を用いた低コストなモーションキャプチャのプログラ

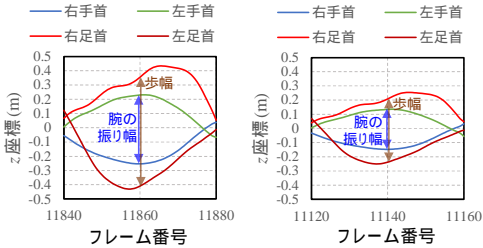


図3 足首と手首のz座標の時系列データ：(a)歩幅が大きいとき，(b)歩幅が小さいとき

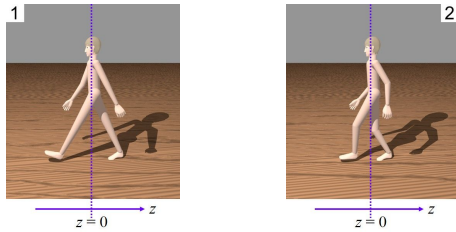


図4 フレームの例：(a)歩幅が大きいとき，(b)歩幅が小さいとき

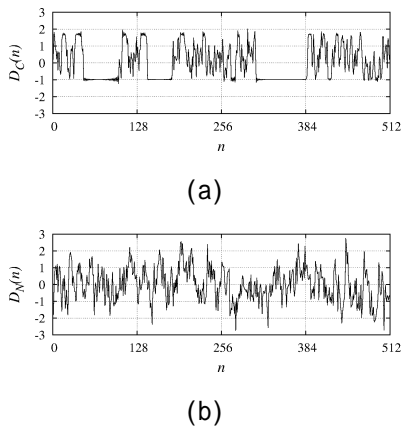


図5 波形：(a)カオス的な1/fゆらぎ，(b)カオス的でない1/fゆらぎ

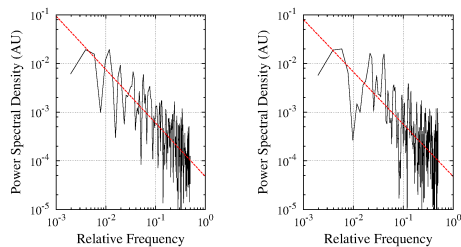


図6 パワースペクトル：(a)カオス的な1/fゆらぎ，(b)カオス的でない1/fゆらぎ

ム開発を進め、図1に示すような、全身の動作のモーションキャプチャが可能なシステムを構築した。本システムにより、比較的複雑な全身での動作となる歩行について、その1周期での身体各部位の時系列データを取得した。取得した時系列データのうち、両手首と両足首のz座標について図2に示す。

ii) ヒューマンアニメーションの制作

取得した時系列データと1/fゆらぎを用いた繰り返し動作のヒューマンアニメーションの制作手法を考案し、カオス的な1/fゆらぎを用いた場合(AC)とカオス的でない1/fゆらぎを用いた場合(AN)の、単一のCGキャラクタによる歩行のヒューマンアニメーションを制作した。その際、人間の歩行において歩幅に1/fゆらぎがみられることから[5]、CGキャラクタの歩幅の制御に1/fゆらぎを用いた。また、足に連動して動く腕の振り幅にも1/fゆらぎを用いた。アニメーションの制作に用いた1/fゆらぎの波形を図5に、それらのパワースペクトルを図6に示す。図に示すように、パワースペクトルは同様であるが、波形は異なる。

iii) 感性評価実験および分析

図7に示す感性評価票を用いて行ったACとANを比較する感性評価実験により得られた心理的評価に対して、平均値と効果量を算出し、因子分析と有意差の検定を適用した。その結果、ACに比較してANのほうが、CGキャラクタの動作が、よりリアルであった。「動作のリアルさ」

	2	1	0	-1	-2
飽きのくる					飽きのこない
アクティブな					アクティブでない
生き生きしていない					生き生きした
印象的でない					印象的な
違和感のない					違和感のある
おもしろい					つまらない
おもちゃっぽい					本物っぽい
重々しい					軽やかな
機械的な					機械的でない
元気一杯な					元気がない
心地わるい					心地よい
不自然な					自然な
親しみやすい					親しみにくい
好きでない					好きな
単調な					複雑な
滑らかな					滑らかでない
人間らしくない					人間らしい
メリハリのある					メリハリのない
ありふれた					めずらしい

図7 感性評価票

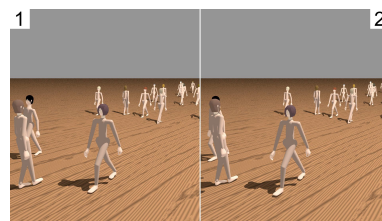


図8 フレームの例：(a)A，(b)AN.

には動作の複雑さも関わっており、よりリアルな動作であったカオス的でない1/f ゆらぎを用いた場合のほうが、より複雑な動作として被験者に評価された。カオス的でない1/f ゆらぎは、図5(b)に示すように不規則な状態が続くため、図5(a)に示すように定常状態と不規則な状態が間欠的に発生するカオス的な1/f ゆらぎと比較し、より「複雑な」ものとして被験者に評価されたと考えられる。上半身と下半身が連携した比較的複雑な全身動作であると考えられる歩行においては、より「複雑な」動作のほうが合っており、カオス的でない1/f ゆらぎを用いた場合のほうが、よりリアルな動作であったと考えられる。

複数のCGキャラクタによる研究

次に、実際のヒューマンアニメーションと同様な複数のCGキャラクタによる歩行のヒューマンアニメーションにおいて、カオス的でない1/f ゆらぎの有効性の確認を次の手順で実施した。

i) ヒューマンアニメーションの制作

形状の異なる複数のCGキャラクタを制作した。各CGキャラクタの歩行動作には、取得した時系列データを用いた。取得した時系列データとカオス的でない1/f ゆらぎを用いて、カオス的でない1/f ゆらぎを用いた場合(AN)と、1/f ゆらぎを用いない場合(A)の、複数のCGキャラクタによる歩行のヒューマンアニメーションを制作した。制作したヒューマンアニメーションのフレームの例を図8に示す。

ii) 感性評価実験および分析

ANとAについて、感性評価実験により心理的評価に関する比較検討を実施した。得られた評価に対して、平均値と効果量の算出、因子分析と有意差の検定を適用した結果、ANのほうが、よりリアルな動作であったため、カオス的でない1/f ゆらぎの有効性を確認した。

従来は、1/f ゆらぎを用いた人工環境の構築などにおいてスペクトルが1/f型であることのみが注目されてきたが、本研究結果により、カオス性の有無という新たな観点を導入した。1/f ゆらぎにおけるカオス性の有無は、人間の感性における「複雑さ」と関連しており、そのために適切なカオス性の有無が異なることが新たに分かった。以上の新規性を有する本研究結果により、当該分野の今後の進展へ貢献すると考えられる。

(2) 従来手法より正確なスペクトルのカオス的な1/f ゆらぎの発生手法の開発

セルオートマトンを用いた手法の適用の検討

本手法は、白色雑音により複数の確率的

セルオートマトンを動作させ、ローレンツ型スペクトルとなる各セルオートマトンの出力を加算することにより1/f型のスペクトルを得るものである。その白色雑音に1次元変形ベルヌーイ写像によるカオス的なゆらぎを用いてセルオートマトンを動作させることを検討した。しかしながら、先行研究[2]と本研究結果により、定常状態と非定常状態を繰り返す間欠性が感性評価に影響することがわかり、そのような間欠性を有するカオス的な1/f ゆらぎが得られない本手法は適切ではないと考えられた。

その他の手法の検討

1次元変形ベルヌーイ写像[4]によるカオス的な1/f ゆらぎ時系列は、低域においては比較的正確な1/f型スペクトルとなる。このため、1次元変形ベルヌーイ写像[4]によるカオス的な1/f ゆらぎ時系列をカットオフ周波数 f_c の低域デジタルフィルタに通した後、間引きにより標本化周波数を $2f_c$ とし、より正確な1/f型スペクトルを得た。また、相関次元推定法によるカオス性の検定の結果、カオス性を有することを確認した。 f_c を低くするとスペクトルはより正確な1/f型スペクトルになったが、波形の変化がより大きくなった。スペクトルの正確性と波形の変化はトレードオフの関係にあり、 f_c は、標本化周波数に対する相対周波数で0.02が適切であることが分かった。

<引用文献>

- [1] Grassberger, P. and Procaccia, I.: Measuring the strangeness of strange attractors, Physica D, 9, Issues 1-2, 189-208, 1983.
- [2] 山田光宏, 井上裕貴, 野月悠平, 大和田祥平, 金沢文恵, 中村雅人: カオス性の異なる ゆらぎを用いた拍手のアニメーションの感性評価, 日本感性工学会論文誌, 12, 3, pp.389-396, 2013.
- [3] Yamada, M. and Agu, M.: A digital 1/f noise generator utilizing probabilistic cellular automata, IEICE Trans. Fundamentals, E81-A, 7, 1512-1520, 1998.
- [4] Aizawa, Y., Kohyama, T.: Asymptotically non-stationary chaos, Prog. Theor. Phys., 71, 4, 847-850, 1984.
- [5] Terrier, P., Turner, V., and Schutz, Y.: GPS analysis of human locomotion: Further evidence for long-range correlations in stride-to-stride fluctuations of gait parameters, Human Movement Science, 24, pp.97-115, 2005.

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者に

は下線)

〔学会発表〕(計2件)

山田光宏、栗田大地、中島千紘、『1/f ゆらぎを用いた歩行のヒューマンアニメーションの感性評価』、第10回日本感性工学会春季大会、2015.3.28、京都女子大学(京都府・京都市)

山田光宏、大内貴弘、西木戸亜美、箱崎翔太、『カオス性の異なる1/f ゆらぎを用いた歩行のアニメーションの感性評価』、第9回日本感性工学会春季大会、2014.3.22、北海道大学(北海道・札幌市)

6. 研究組織

(1) 研究代表者

山田 光宏 (YAMADA MITSUHIRO)

茨城大学・工学部・准教授

研究者番号：10272113

(2) 研究分担者

無し

(3) 連携研究者

無し