

平成 21 年 4 月 1 日現在

研究種目：若手研究（B）
 研究期間：2007～2008
 課題番号：19700210
 研究課題名（和文） 心拍フィードバックによるオーダーメイド音楽編曲システムの開発
 研究課題名（英文） Development of heartbeat feedback system arranging musical piece for each user

研究代表者

福本 誠（FUKUMOTO MAKOTO）
 福岡工業大学・情報工学部・講師
 研究者番号：60422028

研究成果の概要：

本研究では、ユーザ個人に合うリラクセーション楽曲を編曲するシステムの開発と検証を行った。具体的には、生物の進化を模倣した遺伝的アルゴリズムと呼ばれる最適化手法を利用し、ユーザの心拍をもとにリラクセーション楽曲を自動作曲する手法を提案するとともに、構築したシステムの評価実験を行った。また、テンポの影響を利用したシステムとして、ユーザの心拍数を楽曲のテンポとして付加するシステムの構築を行った。これらのシステムは、個人適応する新しいリラクセーション楽曲を作り出す可能性を持っている。

交付額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
2007 年度	2,200,000	0	2,200,000
2008 年度	600,000	180,000	780,000
年度			
年度			
年度			
総計	2,800,000	180,000	2,980,000

研究分野：総合領域

科研費の分科・細目：情報学・感性情報学・ソフトコンピューティング

キーワード：感性デザイン，進化計算，個人適応，音楽情報処理，生体計測

1. 研究開始当初の背景

音楽が人間にもたらす影響は古代ギリシャ時代から知られており、現代では個人的な気分転換から手術中の患者の緊張緩和まで様々な場面で用いられている。特に、音楽療法が進んでいる欧米では“Music Medicine”という概念があり、薬を用いるように患者に合った音楽の適用が理想とされている。このような音楽のリラクセーション効果については、Journal of Music Therapy を代表と

する国内外の論文誌においてその実験的な成果が発表されており、ある種の楽曲には心理的・生理的な効果があることが確かめられている。

しかし、音楽のような個人の感性に訴えるメディアでは、好みの違いなどの個人差が非常に大きな問題である。このようなユーザ個人に合った音楽を生み出すための工夫として、

- ・先行研究群(a)：ユーザの心拍数から単

音や既存の楽曲の平均的なテンポを決定する手法

・先行研究群(b)：ユーザの心拍情報をリアルタイムフィードバックして作曲する手法

という二つの流れがある。これらの先行研究は、生体計測と音楽コンテンツ操作をつないでいるという観点から技術的な難易度が高くかつ非常に独創的な研究であるが、一方で、心拍間隔を音程に置き換えるなど音楽的な根拠が薄いと思われる手法も散見される。

そこで本研究では、これらの先行研究群から効果的であると考えられる要素を選択し、より効果の高いユーザ個人に合うリラクセーション楽曲の編曲や作曲を行うシステムの開発を行う。また、聴取実験を通じ、構築されたシステムの効果の検証を行う。

2. 研究の目的

本研究の目的は、ユーザ自身の心拍情報をもとにユーザに合う楽曲を編曲・作曲するフィードバックシステムの提案と、その効果の検証である。研究内容は、大きく2つの内容に分けられる。遺伝的アルゴリズムによる自動作曲と、心拍数を楽曲のテンポに反映するシステムである。いずれも、ユーザに合った楽曲を提供するための手法である。以下に、それぞれの概要を述べる。

(1) 生理指標を評価値とする、遺伝的アルゴリズムを用いた自動作曲システム

遺伝的アルゴリズムは、生物の進化を模倣した最適化手法であり、新幹線のデザインなどさまざまな分野での利用がなされている。この手法は進化計算の一手法であり、環境に適応している個体同士が組み合わせることで、より環境に適応した優秀な個体が生成されるという手法である。ここでいう個体は、構築されるシステムにおける楽曲のパターンであり、環境はユーザの評価である。つまり、ユーザの好みなどの評価に合った楽曲パターンが組み合わせることで、最終的には非常にユーザに好まれる楽曲が作られるということである。

しかし、ユーザの好みに合うと言っても、興奮性の好みから鎮静性の好みまでさまざまである。また、ここで扱う楽曲のパターンは比較的短いものではあるが、楽曲を聴取するたびにユーザが主観的な評価を行うようでは、ユーザに多大な負担がかかることが考えられる。これらの問題を解決するために、本研究では、楽曲を聴取している際のユーザの心拍間隔を評価とする手法を提案する。こ

の研究では、音刺激の聴取による心拍間隔の変化が生じるまでの時間を調べる基礎的な実験も行う。構築したシステムの評価実験も行うが、これらの詳細は次章で述べる。

(2) 心拍数をテンポに反映させるシステム

このシステムは、引き込みの概念を音楽のテンポと生体リズムである心拍に応用することで、ユーザを「リラックスしたい」あるいは「快活になりたい」などの望みの状態へと積極的に導くことを狙いとしている。先行研究では、単音や音楽のテンポによって心拍数が変化することが確認されている。具体的には、楽曲を聴取しているユーザの心拍数を楽曲のテンポに反映させることで、ユーザの心理・生理状態をリラクセーション状態へと誘導する。

3. 研究の方法

3章と4章では、主に、システムの構築と評価実験が済んでいる研究目的(1)について述べる。研究目的(2)については、システム構築は済んでいるものの、評価実験はまだ中途であるため、システム構成についてのみ述べる。

(1) 生理指標を評価値とする、遺伝的アルゴリズムを用いた自動作曲システム

図1に、構築するシステムの概要を示す。図1の右下にあるように、ユーザはシステムから提示される楽曲を聴取する。同時に、ユーザの心電図(ECG:Electrocardiogram)の計測が行われ、これが生理指標としてシステムに取り込まれる。図1の左側を占めている進化計算システムは、生理指標をもとにユーザに合うリラクセーション楽曲を生成するものであり、大きく3つの部位から構成される。以下、各部位について説明する。

①は、心電図の計測とその解析を行う部位である。ここでは、計測された心電図中のR波を検出し、これをもとに心拍間隔の算出を行う。R波は、心臓の拍動一拍ごとに生じる電気的な変化であり、この時刻を検出することで心拍の拍動時刻がわかる。評価値としては、楽曲を聴取している時間における心拍間隔の平均値を用いる。リラックスしていると、心拍数は低下することが知られており、これは心拍間隔の高い値として観察される。

②では、遺伝的アルゴリズムによるパターンの最適化を行う。通常の遺伝的アルゴリズムでは、計算機の中でこのような最適化の計算を行うが、ここでは①の処理で得られた平

均心拍間隔を評価値とする。遺伝的アルゴリズムでは、メディアのパターンを生物の個体のようにみなし、環境に適応しているか否か、すなわち目的に沿ったパターンであるか否かを評価値として算出する。この評価値をもとに、評価値の高い個体を優先的に交配に用いることで、徐々に評価値の高い個体を生成するというのが、このアルゴリズムの骨子である。楽曲のパターンは、図2に示されるような規則で数値化される。また、このシステムはユーザをリラックスさせることを目指すため、①の処理で算出された平均心拍間隔の値をそのまま評価値として用いる。なお、本研究のように、生理指標を評価値として取り込むシステムはこれまで作られておらず、システムの構築は本研究が世界で初である。

③の部位では、パターンを音楽メディアファイルに変換する。ここでは、音楽メディアとしてMIDI規格を用いる。具体的には、図2の規則をもとに数値を音階に直し、別のプログラムでMIDIファイルへと変換を行う。

これらの処理は、図3に示すような処理の流れで行われる。また、全ての処理はC言語で記述されたプログラムによって実行される。

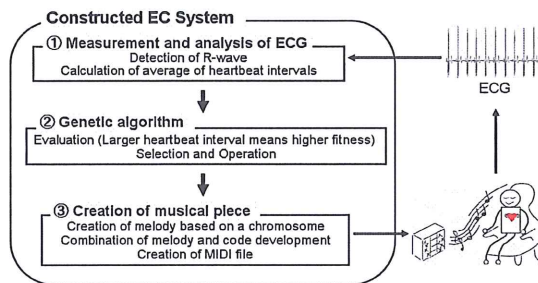


図1：ユーザに合ったリラクセーション楽曲の生成を目的とした、心拍間隔を評価値とする進化計算システム

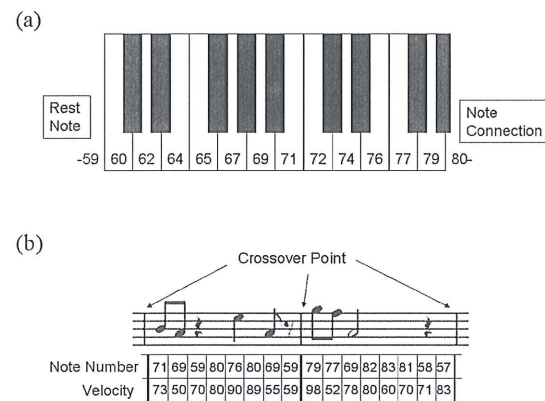


図2：楽曲と数値の対応規則

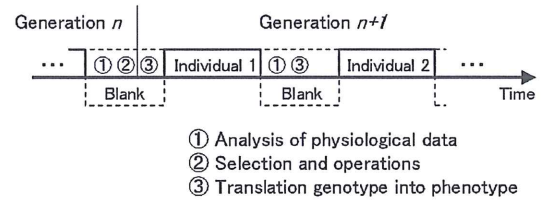


図3：システムにおける処理の流れ

(2) 心拍数をテンポに反映させるシステム

このシステムでは、(1)のシステムとは異なり、ユーザの心拍数を楽曲のテンポとして反映する。図4にその概要を示す。ユーザの心拍数は、楽曲のテンポとして適用されるが、その際、テンポ調節関数によって若干の値の調節が行われる。どの程度の調節を行うかは利用目的によって異なるが、これらの評価実験については現在実施中でありまだ結果は出ていない。

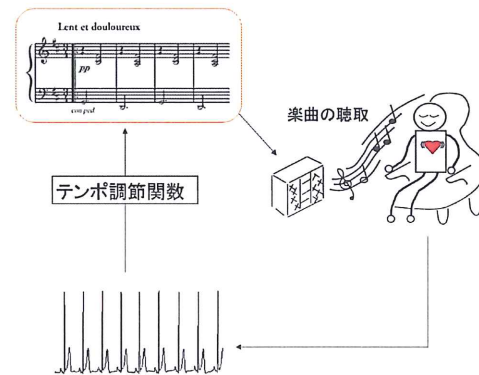


図4：心拍をテンポに反映させるシステムにおける処理の流れ

4. 研究成果

システム構築を行い、正常に動作することを確認した。また、生理指標を評価値とする、遺伝的アルゴリズムを用いた自動作曲システムについては、システムの評価実験を行った。以下、(1)生理指標を評価値とする、遺伝的アルゴリズムを用いた自動作曲システムに関する実験結果を簡潔に記す。

評価実験には、6名の被験者が参加した。実験は2条件から構成され、それらは、交叉と突然変異を用いる通常のGAを用いたシステムと、GAの選択においてランダム選択を行うシステムであった。ランダム選択よりも通常のGAにおいて高い評価値が得られれば、選択における評価値に心拍間隔を用いることの効果を示したことになる。また、全ての

被験者が2条件両方に参加した。GAの設定としては、一世代あたりの個体数を6，世代数を10とした。

図5は、一被験者の通常のGA条件における評価値の推移である。Averageは一世代中の個体の平均評価値であり、Eliteは最高得点である。また、評価値は心拍間隔をそのまま用いている。世代の推移とともに、評価値が上昇していることが確認できる。

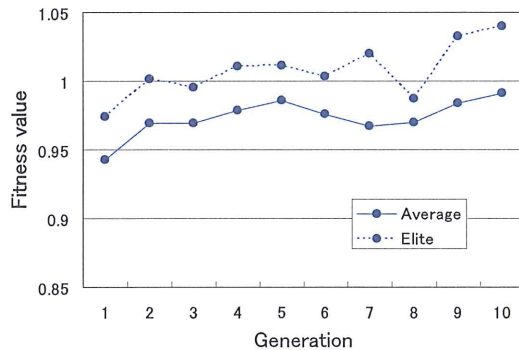
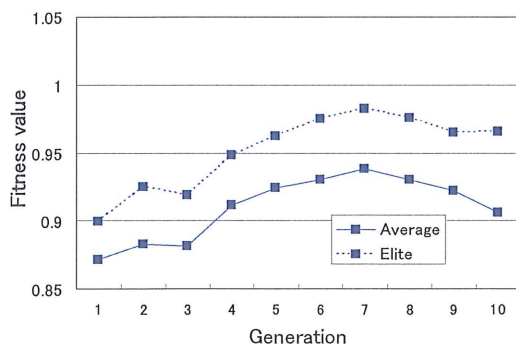
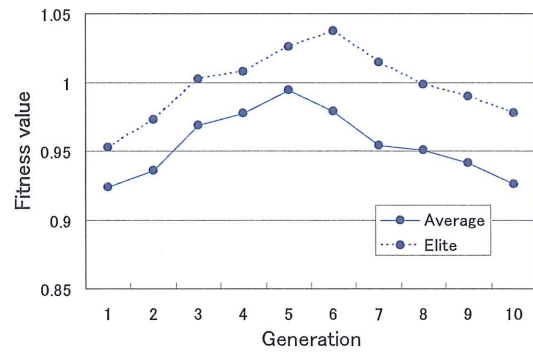


図5：通常のGA条件における一被験者の結果

図6は、ランダム選択と、通常のGA条件における6被験者の平均評価値の推移である。通常のGA条件では、ランダム条件との比較において、5，6世代付近までの急速な評価値の上昇が観察される。このことから、システムの有効性が伺える。一方で、その後の評価値は徐々に下がっており、最終的にはほぼ同一の値となってしまっている。これらの結果は、部分的には本システムの有効性を示しているものの、その有効性は十分とはいえない。今後、被験者数を増やした実験などを行う予定である。



(a)



(b)

図6：2条件における被験者間の平均評価値 (a)はランダム条件，(b)は通常のGAによるもの)

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)

[雑誌論文] (計2件)

① 挟間貴史, 福本誠, 生理指標と主観評価に基づく進化計算手法の提案, 電気学会論文誌C, Vol. 129, No. 4, pp. 764-765, 2009, 査読有り

② Makoto FUKUMOTO, Jun-ichi IMAI, Evolutionary Computation System for Musical Composition using Listener's Heartbeat Information, IEEJ Transactions on Electrical and Electronic Engineering, Vol. 3, No. 6, pp. 629-631, 2008, 査読有り

[学会発表] (計12件)

① 挟間 貴史, 福本 誠, 生理・主観併用GAにおける心拍間隔と主観評価の関係調査, 2009年電子情報通信学会総合大会, 2009. 3. 20, 愛媛大学

② 坂野雄介, 挟間 貴史, 福本 誠, 精神テンポをテンポとする楽曲の影響, 第3回日本感性工学会中四国・九州支部大会, 2009. 2. 7, 九州大学

③ Makoto FUKUMOTO, Kazuhisa MATSUO, Effects of musical tempo on subjective impressions, Kansei Engineering & Affective Systems 2008, 2008. 11. 22-24, 長岡技術科学大学

④ 挟間 貴史, 福本 誠, 主観評価と生理指標に基づく進化計算による自動作曲システム, 電気関係学会九州支部第61回連合

大会, 2008. 9. 24, 大分大学

- ⑤ Makoto FUKUMOTO, Takashi HAZAMA, Jun-ichi IMAI, Evolutionary computation for creating musical melody based on user's physiological index, SCIS&ISIS (Joint 4th International Conference on Soft Computing and Intelligent Systems and 9th International Symposium on Advanced Intelligent Systems) 2008, 2008. 9. 18, 名古屋大学
- ⑥ 福本 誠, 主観評価と生理特性を利用した音メディアの生成, 第 10 回日本感性工学会大会, 2008. 9. 9, 大妻女子大学
- ⑦ 福本 誠, 音楽のテンポに対する印象評価に関する検討, 第 10 回日本感性工学会大会, 2008. 9. 9, 大妻女子大学
- ⑧ 福本 誠, 長谷川雄一, 松尾一壽, 音刺激の変化における心拍間隔の経時変化, 平成 20 年電気学会全国大会, 2008. 3. 20, 福岡工業大学
- ⑨ 福本 誠, 長谷川雄一, 田中秀典, 松尾一壽, 長島知正, 音刺激聴取時におけるリラックス感と心拍間隔, 第 4 回日本感性工学会春季大会, 2008. 3. 7, 宮城大学
- ⑩ 福本 誠, 音楽のテンポがもたらす心理的影響に関する一考察, 第 2 回日本感性工学会中四国・九州支部大会, 2008. 2. 16, 香川大学
- ⑪ Makoto FUKUMOTO, Yuichi HASEGAWA, Hidenori TANAKA, Tomomasa NAGASHIMA, Successive Analysis of Heart Rate Variability in Listening Relaxation Music and Noise, International Symposium on Humanized Systems 2007, 2007. 9. 14, 室蘭工業大学
- ⑫ 福本 誠, 田中秀典, 長島知正, 快・不快な音刺激の聴取による心拍間隔の経時的变化, 第 9 回日本感性工学会大会, 2007. 8. 2, 工学院大学 ※優秀発表賞を受賞

6. 研究組織

(1) 研究代表者

福本 誠 (FUKUMOTO MAKOTO)
福岡工業大学・情報工学部・講師
研究者番号: 60422028

(2) 研究分担者

なし

(3) 連携研究者

なし