



シンクログラムを用いた心拍－音楽同期現象の検出

メタデータ	言語: jpn 出版者: 室蘭工業大学SVBL 公開日: 2008-03-24 キーワード (Ja): キーワード (En): 作成者: 楠, 芳之, 福本, 誠, 長島, 知正 メールアドレス: 所属:
URL	http://hdl.handle.net/10258/392

シンクログラムをもちいた心拍—音楽同期現象の検出

室蘭工業大学 SVBL 楠 芳之 (非常勤講師)
 室蘭工業大学 情報工学科 福本 誠 (D3) 長島知正 (教授)

1 研究背景および目的

音楽のもつ心理的, 生理的, そして社会的な影響は大きく, これらは音楽療法により意図的・計画的に利用されてきた [1]. その影響は個別的なものであるが, 伝統的な医療とはことなつた方針・方法で利用されるものと想定され [2], 現在でも, 音楽の治療的な使用, 音楽への特有な反応による診断が期待されている [3]. これにともない, 生理的・客観的評価方法の確立は重要性を増すものと思われる.

このうえで我々は, 音楽の生理的効果, とくに音楽のリズムの心拍への影響に着目した. 歴史的には, 音楽の生理学的効果の最初の研究は 18 世紀にさかのぼるとされる. 素朴な方法ではあるが, Gretry は歌唱と心拍の同期を報告している [4]. 1972 年には Bason らが音刺激による心拍の制御の可能性を示唆し [5], 近年では Reinhardt が音楽療法における効果の指標として同期を利用して [6]. しかしこれらは, 実験時間全体にわたる, あるいは比較的長期にわたる同期の定量にとどまっている. そこでわれわれは, 音楽により引き起こされる心拍の同期 (区間) の正確な同定を目標とした. 本報では, 心拍の音楽への同期現象をシンクログラム (以下 CMS¹ とよぶ) をもちいて可視化し, 同期区間を統計的に検出したことを報告する.

2 実験および解析方法

健康な男性被験者 8 人に音楽刺激を呈示し, 心拍を測定した. 心拍測定時間は無音・音楽刺激呈示実験ともに 390[sec] におよぶ. 呈示した音楽刺激は *Gymnopédie, No. 1* (E. Satie) であり, テンポは呈示開始時の 66[bpm] から, 終了直前の 53[bpm] へと漸減する.

解析および CMS の導出は以下のように行われた. まず心電図より心拍 R 波の頂点時刻をもとめ, さらに音楽刺激中の拍の時刻を得る (図 1(a)). 音楽刺激の拍ごとに位相が 2π 進行するものとして, 音楽の位相進行上のどの位相に心拍が存在するかを算出する (図 1(b)). こ

¹われわれは呼吸-心拍同期現象を同定するためのシンクログラム (Cardio-Respiratory Synchrogram; CRS) [7] を利用し, 音楽-心拍同期を同定するためのシンクログラム (Cardio-Music Synchrogram; CMS) を開発した [8][9].

れを複数の音楽の拍を法としてモジュロ演算をおこない CMS は得られる (図 1(c)). つまり CMS は音楽刺激の複数の拍ごとに区切られた心拍の時間推移を表すものとなる.

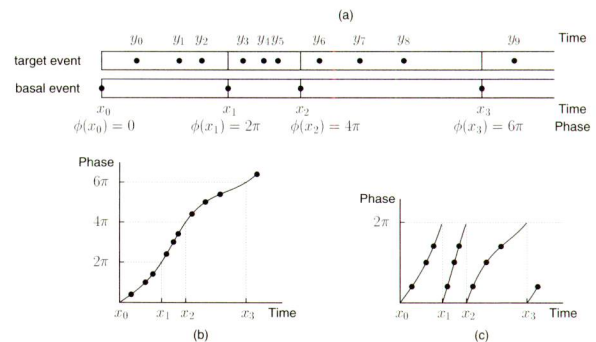


図 1: シンクログラム導出の概要. 図中 basal sequence は音楽刺激の拍の時刻集合, target sequence は心拍の時刻集合に相当する.

CMS は 2 つの事象系列間の同期を水平線として示す一方で, これのみで同期現象が特定できるわけではないことに注意が必要である [7]. たとえば, 被験者の心拍数の時間推移とは独立であるにもかかわらず, 同様な時間推移を伴った音楽を適用すると, CMS では見かけ上水平線が現れ, あたかも同期しているかのように見える. しかしながら, もし無音実験における被験者の心拍に音楽を適用した CMS を導出し, 水平線が一般に観察されないならば, 音楽呈示実験時の CMS において観察される長期にわたる水平線のある時間帯では, 同期が生じている蓋然性が高いものといえる.

このような同期現象の生じている蓋然性の高い区間の統計的検出を行った. 詳細は [10] に譲り, 概略を述べると次のようになる. まず水平区間を特徴づけるために CMS 上に観察される 2 点列²間の相関係数を定義する. さらに検定を行うための母集団を, 無音実験での心拍に音楽を適用した CMS を導出し, 任意の 2 点列間の相関係数の分布関数を得る. 音楽呈示実験の CMS 上の任意の連続する点列間より得られる相関係数の分布関数

²ここで点列とはモジュロにより分割された (心拍を表す) 部分点列を指す. たとえば図 1(c) の区間 $[x_0, x_1]$ にある心拍は一つの部分点列となる.

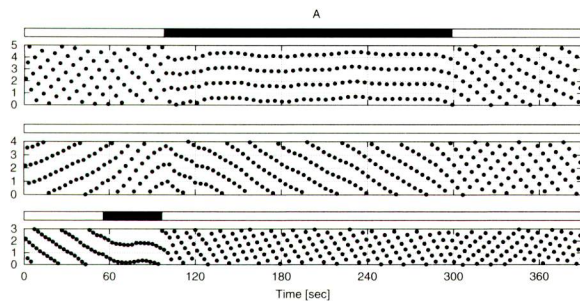


図 2: 心拍-音楽シンクログラム (CMS) と (黒帯により示される) 検出された同期区間。

を、母集団の分布関数と比較し検定を行う。帰無仮説を“試料となる区間は母集団から抽出された”とし、危険率 5%で棄却された区間を、相関係数の相対密度関数が 1.0 にかたよるものにかぎり抽出し同期区間とした。

3 結果

図 2 に、音楽呈示実験時の CMS と統計的に検出された同期区間が示されている。CMS は法を $6\pi, 8\pi, 10\pi$ とした場合を表示した。これは心拍の時間推移を音楽刺激の 3 拍、4 拍、5 拍で区切った場合に相当する。音楽刺激のテンポは漸減しているにもかかわらず、CMS では水平線が現れていることから音楽刺激の拍と心拍が同期していることが推察できる。これにたいし、図 2 中 A に (黒帯により) 示される区間は統計的に検出された同期区間である。

この同期区間は 200[sec] 以上にわたっており、被験者群においても最長の区間であるが、他の被験者の心拍の音楽刺激への同期は表 1 に示した。表 1 に見られるとおり同期の比、および同期区間長は被験者ごとに個別である。しかしながら同期区間長の総和は、最長で実験時間の 74% にもおよび、引き込みが生じている可能性がうかがえる。

4 まとめ

本報では心拍の音楽への同期現象を CMS によって可視化し、同期区間を統計的に検出した。これらの同期区間の長さが、音楽に対する被験者の心理をどのように反映するかは興味深い。反映のあり方が解明されるならば、音楽療法での指標としての利用が期待できるだろう。

参考文献

- [1] 日野原重明 (監修), 標準 音楽療法入門, 春秋社, 1998.

表 1: 各被験者についての音楽刺激の拍と心拍が同期するときの比 (心拍数:音楽刺激の拍数) とその持続時間。右端は持続時間の総和である。

Subject	Cardio-Music Synchronization	Total
A	4:3(100s), 5:4(84s), 6:5(65s), 3:2(40s)	289s
B	6:5(98s), 1:1(50s), 4:3(43s), 5:4(40s, 24s)	255s
C	4:5(201s), 2:3(42s)	243s
D	6:5(63s), 1:1(27s), 4:3(26s), 5:4(21s)	137s
E	5:4(72s), 6:5(30s)	102s
F	1:1(100s)	100s
G	5:4(49s, 34s)	83s
H	1:1(37s, 20s)	57s

- [2] D. S. Ellis and G. Brighthouse, Effects of music on respiratory- and heart-rate, *The American Journal of Psychology*, 65, 39-47, 1952.
- [3] *Music Therapy Research and Practice in Medicine from out of the Silence*, David Aldridge, Jessica Kingsley Publishers, 1996.
- [4] C. M. Diserens, Reactions to music stimuli, *The Psychological Bulletin*, Vol. 20, No. 4, 1923.
- [5] P. T. Bason and B. G. Celler, Control of the Heart Rate by External Stimuli, *Nature*, Vol. 238, Augst 4, 1972.
- [6] U. Reinhardt, Investigations into Synchronization of Heart Rate and Musical Rhythm in a Relaxation Therapy in Patients with Cancer Pain, *Research in Complementary Medicine*, Vol. 6, 135-141, 1999.
- [7] C. Schäfer, M. G. Rosenblum, J. Kurths, H.-H. Abel, Heartbeat synchronized with ventilation, *Nature*, Vol 392, 19 March 1998.
- [8] 福本 誠, 楠 芳之, 長島 知正, 音楽のテンポの変化と心拍の変動, *Proceedings of the 17th Symposium on Biological and Physiological Engineering*, pp. 87-90, 2002.
- [9] M. Fukumoto, Y. Kusunoki and T. Nagashima, Synchronization phenomena of Heart rate to Music with decreasing tempo, *International Symposium on Nonlinear Theory and its Applications*, pp. 1001-1004, 2002.
- [10] Y. Kusunoki, M. Fukumoto and T. Nagashima, A Statistical Method of Detecting Synchronization for Cardio-Music Synchronogram, *IEICE Transactions, Nonlinear Theory and its Applications*, *submitted*.