

# AMCoR

Asahikawa Medical University Repository <http://amcor.asahikawa-med.ac.jp/>

音楽音響研究会資料 (2016.5) 35(1):25-28.

木魚とかの打楽器の連打演奏音を心拍数計(医療機器)で観測、分析する

松本 成史, 幸田 学, 原 量宏, 竹内 康人

## 木魚とかの打楽器の連打演奏音を心拍数計（医療機器）で観測、分析する

松本成史(1)、幸田学(2)、原量宏(3)、竹内康人(1)(3)

(1)旭川医科大学, (2)秋葉が丘研究所, (3) 香川大学

連絡著者: y.takeuchi@ieee.org

あらまし: 読経の伴奏に同期連打される木魚の音を臨床医療機器である瞬時心拍数計(いわゆるハートレートモニター、胎児監視装置)により観測、記録し、瞬時心拍数図の評価基準に準じてその心拍数(ハートレート)ないし本研究の場合はビートレート)、基線(ベースライン)およびその推移、また細変動(ヴァリアビリティ)などの分析を試みた。センサや信号処理には胎児信号採取用の具足類に関する暗黙知を援用し、心拍数抽出には適応自己相関方式の瞬時周波数計を用いた。素材としては公開されている録音および職業僧侶、一般人、アマチュア演奏家の読経の実況録音を用いた。サンプル数が少なく統計的な評価には馴染まないが、瞬時心拍数図の評価基準の視点で見ると基線の上昇や下降の推移の行程および細変動などに興味ある所見が得られ、たとえば「細変動」に関しては健常人(健常の胎児)の平常時と同程度の変動幅および変動様式が見られたが、その性質は若干異なる事が推察された。また「読経」においては一般的な性質として、一つの読経の過程には非常に緩やかな加速(アツチェレランド)が見られた。

キーワード: 木魚、読経、心拍数計、ベースライン、細変動、アツチェレランド

### Detection, Recording and Analysis of Instantaneous Beat Rate of Percussion Instrument such as Mokugyo.

Seiji Matsumoto(1), Manabu Koda(2), Kazuhiro Hara(3) and Yasuhito Takeuchi(1)(3)

(1)Asahikawa Medical University, (2)Akibagaoka Laboratory, (3) Kagawa University

Corresponding author: y.takeuchi@ieee.org

**Abstract:** In this study sounds of percussive instrument, such as mokugyo, are analyzed for rhythm strip i.e. beat rate recording, its baseline, variability, etc., using a recording heart rate meter (cardiac monitor, fetal monitor). For sensing and signal pre-conditioning these methods and means for fetal heart signal acquisition are used, followed by adaptive correlation rate meter as an instantaneous beat rate measurement. Recorded mokugyo musical (and buddhism daily practices) sounds in public domain, and of professional buddhist, of amateur musician, are used for detailed analysis. Based on diagnostic protocol for fetal heart rate recording, it was noticed that mokugyo beat rate has similar but slightly different characteristics to normal human (and fetus) on baseline, variability and trends. In "dokyo" (oral presentation of "kyo") practice it was found that the speed (tempo, beat rate) of dokyo has a common, very mild acceleration (accelerando) across entire process of a "dokyo" session.

**Keywords:** mokugyo, dokyo, heart rate monitor, baseline, variability, accelerando

#### 【1】研究の背景と課題設定:

音楽に関する科学という概念に固執するしないはさておいても、演奏行為をその結果におけるリズムストリップ(1)の観測、分析、評価は、ないし評価に至らずとも理解を深める事は一定の意味がある事と理解される。これを音楽に類似の事象ないし行為まで拡張ないし波及させると、読経とかスポーツ行為とか、また生理学、医学、病態学とかも同じ概念で扱える範囲に収まる。本研究会や関連学会においてもこの領域の研究発表は多数ある。それらの研究の感心事は大方はリズムの主の周波数上のまたは周期上のゆらぎや同期化現象を(2)、ないしはゆらぎの性質(1/f性とかランダム性とか)(3)を論ずる物である。しかしながら演奏および演奏類似行為のリズムストリップの獲得には発音ないし打音の時刻が時間軸上で確実に捕足出来る環境条件が整わない限り正確な裏づけのある科学としての実行は難しい。打楽器類、打弦楽器類および撥弦楽器類の限られた物においてはその発する音響信号を近接音場にてS/N比良く、また競合ないし妨害する他の音響信号が無視出来る状況で収録出来れば信号波形から打音ないし発音の時刻を実用上十分な精度で求める事は比較的容易である。例えば文献例(4)(5)(6)などの如く、このようにして拍ないし主導イベントの検出同定が(裏拍や欠落拍、また故意に休止符にされた表拍の検出同定まで含め)この種の研究の出発点となる。

しかしながらこれとほぼ同じカテゴリーの問題ないし問題提起と解決が医用電子・生体工学における生体信号モニタの世界に存在し、それは典型的には「心拍数計」ないし「心拍モニター」「瞬時心拍数監視記録装置」である。特に胎児監視装置を構成する胎児心拍数計は瞬時心拍数(7)を連続監視し心拍数のゆらぎないし細変動で胎児の健康度を評価する事を最も重要な課題の1つとするので、本研究の立場とも非常に高い親和性を有する。

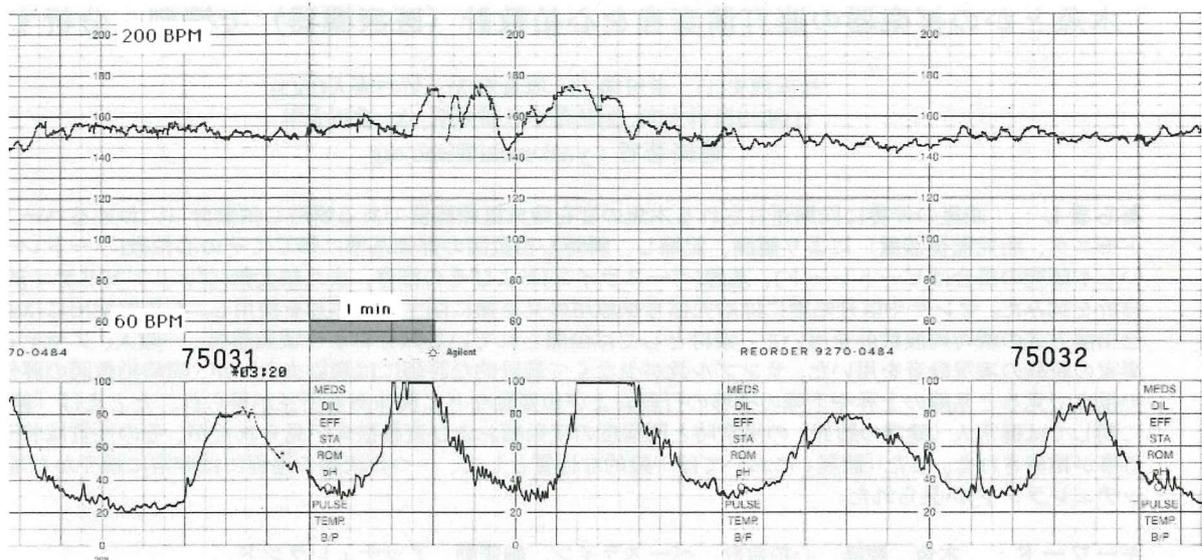


図1：分娩進行中の時相での胎児心拍陣痛図の例。上段が胎児心拍数瞬時値(50BPM~210BPM)、下段は陣痛(子宮内圧推定値)。横軸全長は約10分弱(太い縦線が1分)。上段の胎児心拍数図における基線、おおまかな変動、細かな変動(細変動)が胎児の健康状態を推察するための非常に重要な手がかりとなる。

そこで本研究では表題の通りこれを音楽演奏ないしその類似行為に援用せんとする物である。一般に胎児心拍数計には心拍イベントの時刻を具体適に検出する事から出発するタイプ(直接トリガ型ないし決定論型)と、イベント検出には固執しないで拍の信号の全体像同志を隣の拍と相関を評価するタイプ(自己相関型ないし推計論型)があり、前者は心電などの波形が単純な場合しか定常的に正しい結果が得られないが、後者は超音波ドプラ等の信号が複雑な場合でも正しく動作するので、現在では後者が主流となり、本研究で用いた物も後者である。胎児監視装置とその技術に関しては文献(8)(9)などに解説されている。図1に胎児心拍数図を例示する。

## 【2】データ採取の対象：

素材としては公開されている録音および職業僧侶、一般人、アマチュア演奏家の各々の読経の実況録音を用いた。これら音源のデータはデジタルオーディオにおける標準形式である深さ16bit、サンプリングレート44.1KHzである。

## 【3】信号の前処理および使用機材

木魚やドラム、太鼓類の連打演奏を至近距離で実況録音した結果は、多くの場合、それら打楽器の音が主成分となり読経音声や伴奏されている楽器群演奏の音声を圧倒するので、その再生信号は直接「心音」もしくは「ドプラ」のモードを模擬しつつ胎児監視装置の心拍チャンネルの外部オーディオ信号入力に与える事でもっていても簡単に「ビートレート」の計測、表示および連続記録(装置の「心拍数図」記録出力として「打拍数図」)をさせる事が出来る。しかしながら抽出観測したい打楽器の打音が読経音声とか合奏音声とかと拮抗しそのままでは埋没して「打拍数図」にならない場合には適切なフィルタで前処理する事で改善が得られる。(得られない場合もある)

図2とその説明にかかる前処理の最も成功する可能性が高い手法である打音の見本(レプリカないしテンプレート)の手動的あるいは自動的な抽出と、それを用いた相関フィルタ(コンボリューション)による改善処理の例を示す。

尚、本研究においては上記の如く「心拍数図」の記録出力として「打拍数図」を得るためにhp社の適応自己相関方式の胎児監視装置8040A型および8041A型を用い、テレメトリーモードに設定して打拍信号をその外部オーディオ信号入力として与えて利用した。これら両装置は心拍数図の記録機能に関しては本質的に同じ物であり、その心拍数抽出のアルゴリズムの概要は(8)(9)に紹介されている。

## 【4】得られたデータとその講評：

### (4-1) 職業僧侶2名による読経の合唱の公開音源(観音経普門品第二十五)

図2に説明の如く音源データにおいては木魚の音と読経の音声とがほぼ同レベルで存在する。これをそのまま胎児監視装置に入力すると途中途切れがある物の一応判読出来る打拍数図が得られる。しかし比較的独立して汚染のない木魚の打音の1つをテンプレートにして相関フィルタ(コンボリューション積分)を行うと木魚と読経音声のレベル比をおおむね10倍以上開かせる事が出来、途切れのない打拍数図が得られる。結果の打拍数図を図

3に示す。特徴的な点は開始部の略アンダンテから終了部での略アレグロに向けてテンポが単調加速する点である。また打拍数細変動は比較的小さく、心拍数図の診断基準を援用すると variability index=2程度に相当する。このように読経(演奏)全体にかけて非常に長丁場の緩やかで単調なアツチェレランドが見られる点は以下の他の全ての読経と木魚のシーケンスに共通に見られる大きな特徴である。

(4-2) 職業僧侶1名の自ら読経しつつの木魚打音、実在の家族葬(本葬)の実況録音。

この録音は木魚打音が主力であるため特に何も前処理しなくてもきれいな打拍数図(図4)が得られる。これにおいても全行程にかけて非常に緩やかで単調なアツチェレランドが見られ、また variability index の評価値は1程度である。

(4-3) アマチュア演奏家(打楽器奏者ではない)の独奏(読経や他の演奏との合奏ではない)

これにおいても全行程にかけて非常に緩やかで単調なアツチェレランドが見られる事は同じであるが、variability index の評価値は3程度と、聴いていてよたりの分る程に大きい。

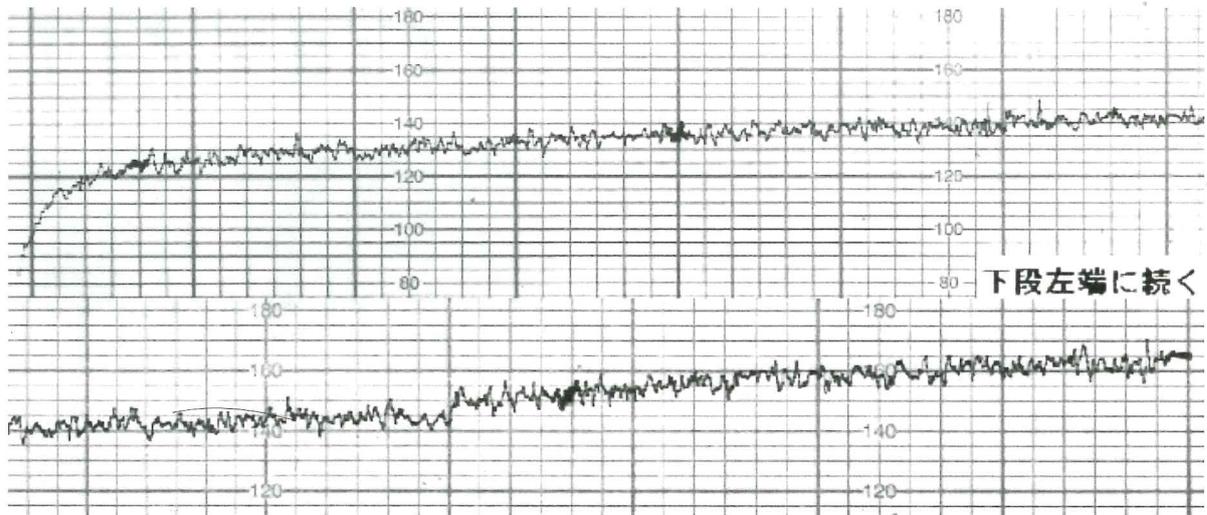


図3: 職業僧侶2名の読経と木魚打音の打拍数図。約90BPMで開始し、イントロ部を過ぎると120BPM、その後全長15分かけて単調に加速、終了直前には160BPMとなる。心拍数図の評価基準を適用すると variability index =2程度で、誠に正常な細変動に見える。

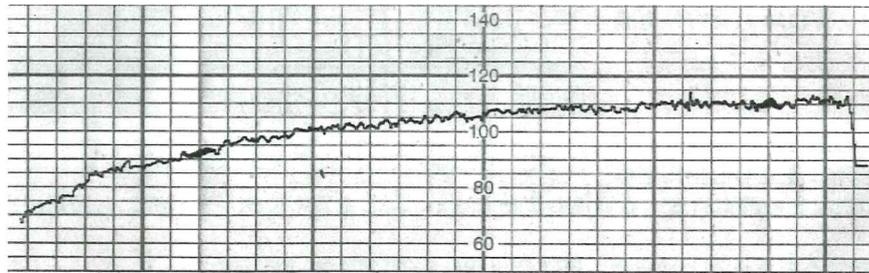


図4: 職業僧侶1名の読経および木魚自伴奏(家族葬の本葬)。全長5分強、variability index =1と評価。

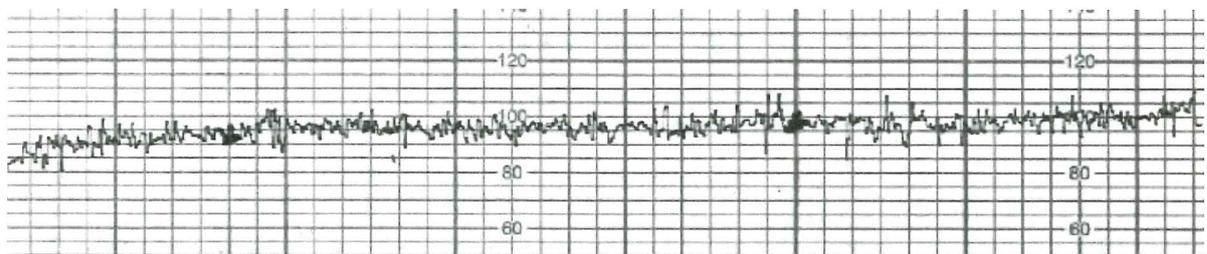


図5: アマチュア演奏家(打楽器奏者ではない)の独奏(読経や他の演奏との合奏ではない)。所々に聴いていても分るよたりの分る。Variability index =3。

(4-4) リズムないシタクトをシンセサイザに任せたとしきポップ系の音源の例

音楽としては強烈なリズムがある物の打拍計測が出来ない信号の、最高音域に定常的にあるスネアドラムのブラシ音がフィルタ抽出で打拍計測出来た例を図6a,bに示す。基線がほぼ一定で生理的な変動が見られないことから、このリズムストリップは生身のヒトではなくメトロノームまたはシンセサイザではないか強く伺われる。

【5】考察および問題提起、今後の課題：

医療モニタ用の瞬時心拍数計（胎児監視装置）を木魚連打音などに適用した結果、そのリズムストリップが良好に観測出来、また診断品位の打拍数図が得られた。音声と木魚打音の分離には木魚打音の見本をテンプレートとした相関フィルタが有益であった。得られた打拍数図を心拍数図の診断基準に準じて診断した所、細変動パターンとしてヒトの場合と非常に類似の所見が得られた。職業僧侶の読経自己伴奏木魚連打音とアマチュアないし素人のそれとを比較すると、テンポの基線が演奏開始から時間が経つにつれ非常に緩やかな加速が見られる事が共通事項として見られた。が、細変動の度合いに関しては大きな開きがあった。心拍や音楽リズムの「ゆらぎ」に関しては歴史的に見ても垣田(10)、武者(11)、富田(12)ほか多数の研究家が研究して来た物で、特に垣田(10)は手続きや定義が曖昧ではあるが本研究と類似の結果を得ている。本研究により適切な信号前処理を併用すれば胎児心拍数計がこの種の打拍とそのゆらぎの研究に大変有益である事が証明された。ゆらぎは時間軸上のみならず振幅軸上にも存在し、また打点位置の空間軸にも存在すると考えられるが、そのような発展も今後の課題であると考えられる。

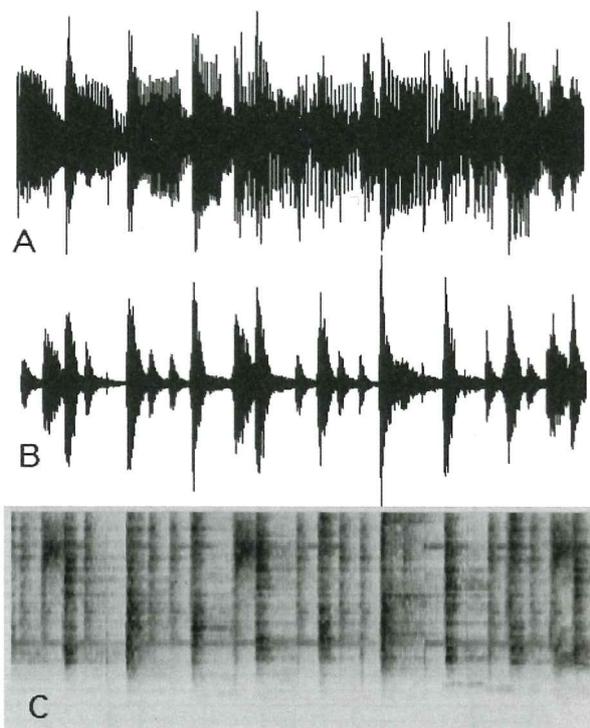


図 6a (上)、6b (下)：リズムを導くスネアドラムのブラシ音が音声と器楽に見え隠れする源信号(A)を強烈なハイパス処理で抽出(B)、そのスペクトログラム(C)を示す。Bを胎児心拍数計にかけて打拍数図 6b を得た。その一本調子ぶりからこのブラシ音の主はヒト自身ではなくシンセサイザーだろうか、ないしはメトロノーム指揮下のヒトか、と言う心証を得た。

【6】謝辞：

本研究においては以下の方々にお知恵、ご意見、ご検討、また音源データないし生演奏の収録の機会等を賜りましたので略敬称列記して謝辞に代えさせていただきます。所在地はその当時の表記による。

定光山金地禅院 河野文圭和尚（静岡県引佐郡賀賀町）、  
 恵日山開眼寺 柴田文啓和尚（長野県更級郡八幡村）、

参考資料：

- (1) このリズムストリップ診断という用語は心電図の診断学において波形診断に先立ち心拍周期の整、不整また異常や異常の状況を勘案検査する過程の事を言うが、同じ主旨の概念が本研究にも適用出来るので用いた。
- (2) 吉田、村井、“音楽における引き込みとゆらぎ” 信学技報 94, 5, (NLP94-95-103, pp9-16).
- (3) 小松、田中、“音楽における 1/f ゆらぎ分析の理解”、日本バイオミュージック研究会誌 vol.6, PP17-28 (1991.8).
- (4) 岡田、櫻井、三浦、“ポピュラー音楽の音響信号を対象とした拍適合度に基づく拍時刻推定手法”、日音誌 72, 1 (2016) pp6-10.
- (5) Elowsson, A., Freiberg, A., “Modeling the perception of tempo”, JASA 137 (6) pp3163-3177 (2015).
- (6) Henning, H, et.al., “The nature and perception of fluctuations in human musical rhythms”, Plus One, 6, 10 e26457, (2011.10).
- (7) 心拍数すなわち俗称「脈」は1分間の拍数(BPM, Beat Per Minute)で言うが、本当に1分かけて脈の数を数えると1拍1拍の刻々の緩急を観測また表現する事は出来ないので、拍ごとに拍間時間差を観測してその逆数（この段階での単位は Hz（ヘルツ）になるが、あえて伝統的表現と整合するように 60 倍して 1 分間値と数字の上で整合するように表現する。これは結果として音楽世界のテンポの表現値とも整合する事になる。）
- (8) 竹内、“モニタリングの基礎” CTG テキストブック 2012、周産期医学 42, 4 pp415-423 (2012.4)
- (9) 原、“崩壊する周産期医療を救う IT” 情報処理 51, 8, pp1039-1048 (2010)
- (10) 垣田、“太鼓の科学 特別番外編 浮の巻” たいころじい 8 (1993), pp16-21 浅野太鼓資料館発行
- (11) 武者、“太鼓のリズムは鼓動のリズム” ibid pp12-15
- (12) 富田、武者、“電子の揺らぎが宇宙を囁く” 朝日出版社発行 1985