

バルトーク民謡採譜の音程精度について

エジソン蠟管蓄音機のワウ・フラッター解析

伊東 乾 + 李 珍咏

On the Pitch Resolution of Folklore Transcription by Bartok Bela

Wow Flutter Analysis on Edison's Wax Cylinder Recorder

Ken ITO, Jinyoung LEE

梗概

民族音楽学のフィールドワークを創始したバルトークの採譜は、音程の精度に関しては半音の分解能に留まり、以後の音楽学に功罪両面の影響を残している。彼が終生用いたエジソン社製・蠟管蓄音機のワウ／フラッターノイズ解析から 20 世紀前半の音程分解能の限界を評価し、21 世紀、音楽フィールドワークの採譜に求められる条件を明らかにする。

Abstract

However Bartok Bela was the founder of ethnomusicology, his transcription of folklore has a limit of semitone on pitch resolution and this fact has left both influential sides of merits and demerits. With the Wow-Flutter Analysis of Edison Wax Cylinder Recorder, which was used by Bartok for his life, we evaluate limitations of pitch resolution during the former half of 20th century and would like to clarify the criteria of music fieldwork transcription in the 21st century.

*) 東京大学大学院情報学環 作曲＝指揮・AI 生命倫理／情報動力学研究室

Division of Composition/Conducting, Information Statistic Dynamics and AI Life ethics,

Interfaculty Initiative in Informatics, The University of Tokyo

7-3-1 Hongo Bunkyo-ku, 113-0032 Tokyo JAPAN

1 導入:バルトークの音程記譜に関する謎

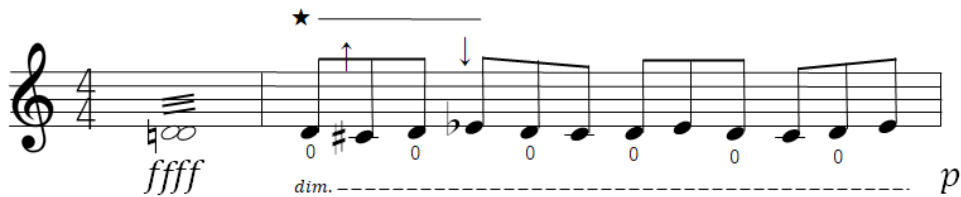
長年、不思議に思っていたことがある。あの耳のいい、リズムに関しては精緻を極めるバルトークの書法が、どうして音程、とりわけ半音より細かい音程については極めて慎重な段階に留まるのか？

例えば「弦楽器、打楽器とチェレスタのための音楽」(～1936)の任意のページを開いてみればよい。そこに現れる多彩なリズム労作にはいささかの迷いもなく、記譜上の曖昧さも一切ない(Fig.1).



Fig.1 バルトーク「弦楽器、打楽器とチェレスタのための音楽」第二楽章より

だが、その直後に書かれたヴァイオリン協奏曲第二番(1937-38)、第一楽章のカデンツァ直前部分に一度だけ登場する微分音程の表記は、いかにも不徹底で限定的である。およそ完成された表現とは思われず、何かを予告するような、しかし一定の枠組みの中から出られないような印象を与える表現になっている(Fig.2)。



★ ↑ means a quarter tone higher : ↓ a quarter tone lower.

Fig.2 バルトーク「ヴァイオリン協奏曲第二番」第一楽章より

ブダペスト音楽院でリスト直系のピアノ科教授であったバルトークは、四分音に親和性がなかったのだろうか？いや、そうではあるまい。もしそうであるなら、わざわざヴァイオリン協奏曲内に指定することはない。アメリカ亡命後に書かれた「無伴奏ヴァイオリンソナタ」(1943-44)では、最終楽章に、もう一步踏み込んだ四分音の使用が見られる。

「ソナタ」では、4分音の表記と並行して、通常の12半音階を用いた選択肢も示されている。このような2重の表記を採った一つの理由として、仮に4分音を記しても、それを奏者が再現できなければ、演奏の品位が下がってしまう懸念が挙げられるだろう。バルトークはピアノ科教授でもあり奏者の観点から安全な記譜法を選択したものと考えられる。

微分音程の使用についてはバルトーク以前に、まずF.ブゾーニ(1866~1924)の先駆的な取り組みがある。またブゾーニの没後、1920年代にはA.ハーバ(1893-1973)やI.ヴィシュネグラツキ(1893-1979)の体系的な取り組みが知られ、四分音ピアノの開発も進んでいた。

これらと比較するとき、付加的な矢印を用いるバルトークの記譜法はあきらかに不徹底、かつ限定的と言わざるを得ない。だがこれらは同時に、誰が見ても半音階の精度で音程が明らかな表記法でもある。仮に微分音程に不慣れな指揮者やオーケストラ奏者が目にしても、バルトークの意図は直ちに了解される。またヴァイオリン協奏曲でも無伴奏ソナタでも、バルトークの四分音は、高い意識をもったソリストの取り組むパートにのみ、ごく控えめに記されている。

だが、この観点で極めて不思議なのが世に名高いバルトークの「民謡採集」である。作品のみならず彼の採譜した民謡も、ほぼ例外なく「通常の半音階」で記されている。

ここで実演に供する演奏譜という以上に、民族音楽探究の対象として考えるなら、厳密に音高を記録してこそ、学術的な価値があるはずである。よく知られた「ルーマニア民族舞曲」を検討してみよう。幸いこの民族舞曲に関してはフィールド録音が残っており、現在でも再生して確認する事が出来る。だが、実際に聴いてみると平均律とは似ても似つかない東方の響きが聴き取られる。



Fig.3-a ルーマニア民族舞曲、フィールド録音からの採譜例(筆者)

だが、バルトークはこれを、平板な半音階に翻案して記譜している。



Fig.3-b ルーマニア民族舞曲、フィールド録音からの半音階的な採譜（バルトーク）

鋭敏なバルトークの耳が、およそ半音階から外れた民謡の音程を聴き逃すわけがない。しかしバルトークはあえて民謡の正調から外れた音程を記している。彼はなぜこのような記譜法を採用したのか・・・？ 1970年代から2020年まで、ほぼ半世紀近く筆者はこの点を強く疑問に感じていた。



Fig.4 バルトーク 26 歳時点でのフィールドワークの様様。エジソン式蝋管蓄音機が確認できる（1907 年、チェコ）

2 バルトークの用いた録音機：エジソン式蝋管蓄音機の音程精度

2022 年筆者らは生前のバルトークが使用していたのと同じ蝋管蓄音機[1]を入手した。



Fig.5 バルトークが生前使用していたのと同型のエジソン式蝋管蓄音機

「エジソン・スタンダード・フォノグラフ」を実際に使用して、本質的な疑問が瞬時にして氷解した。「エジソン・スタンダード・フォノグラフ」は機械仕掛けであるため、回転が安定しない（「ワウ・フラッターWow-Flutter」）。そのため音程が揺れ、正確な採譜は困難なのである。従来耳にしていたバルトークのフィールドワーク録音とされるものは、第二次世界大戦後、電力で駆動されるアナログ・オーディオ技術で十分にワウ・フラッターを取り除き、研究用音源として提供されるデジタルデータであったと思われる。

Th,エジソンが発明した蝋管蓄音機はゼンマイ clockwork を動力源とする。このため、いっぱいに撒き上げると当初は高速で回転するが、やがて速度は落ちてゆく。

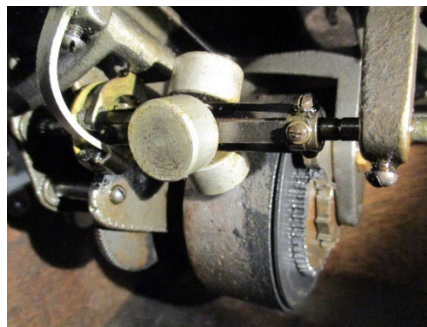


Fig.6 エジソン式蝋管蓄音機の駆動部 governor

ゼンマイの回転運動はガバナーgovernor と呼ばれるはずみ車に伝えられ、その回転を制御することで、回転速度を変化させることが出来る。バルトークはリズムの正確な聴音のため、回転速度を落として録音ドキュメントを再生し、注意深く採譜の作業を行った。



Fig.7 蝋管蓄音機はレバーの操作により、回転速度を落として再生する事が出来る。

軽量の蝋管蓄音機は単一のバネ（one spring clockwork）で駆動され、その力率は弱く、回転運動には不可避免的にムラがある。この不斉一性のノイズを **Wow ワウ** と呼ぶ。

このゼンマイが作り出す回転運動は、破線のギアを通じて駆動系に伝達され、シリンダーの軸を回転させ、またリプロデューサ reproducer と呼ばれるピックアップを並進運動させる。

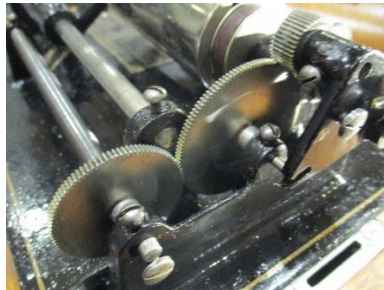


Fig.8 蠟管蓄音機の機構部。これらの運動の不斉一性が音程の不安定性を生じさせる。

組み合わせ歯車の運動は細かな振動性のノイズを伴う。このノイズが蓄音機の再生する音程を揺り動かす。このようなノイズを**フラッター Flutter** と呼ぶ。両者を合わせた「**ワウフラッター Wow and Flutter**」の音程ゆらぎを、蠟管蓄音機は免れることが出来ない。

なお蠟管式フォノグラフは一分間 80 回転（80rpm）が本来の状態である。だがバルトークがフィールドで録音を行った際、機材が正確にどのような速度で、また均一に回転しているか、較正する手段が蠟管式蓄音機には装備されていなかった。

これが円盤式のレコードであれば、ストロボ較正によって 78rpm の標準回転速度に精度高く調整することができる。

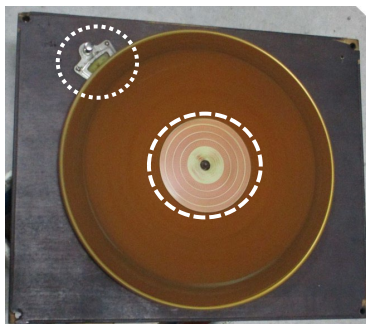


Fig.9 円盤式レコードプレーヤーのストロボ式回転数校正システム

だが 1890 年代から 1950 年前後まで約 60 年間、携帯式の録音機材はエジソンのフォノグラフ以外には存在せず、フォノグラムは回転速度の正確な較正が不可能であった。バルトークは 1945 年 9 月ニューヨークで没しており、第二次世界大戦後に本格化するアナログ・オーディオの発展を見ることはなかった[2]

バルトークが民謡採集のフィールドワークを始めたのは1905年、24歳の時が最初とされる。それから1945年、ニューヨークで客死する64歳の最晩年まで、バルトークは青春の道具であるエジソン蓄音機、すでに十分過去の技術となったフォノグラフを愛用し続けた。バルトークが1890年代の録音テクノロジーの不備を、音楽的な想像力で補いながら「採譜」したことは間違いない。最もよく整備された蝋管蓄音機の再生音であっても絶対音的に聴取することは至難ないし不可能である。

実際に彼が聴いたのと同様の再生音は、ワウとフラッターで音程が揺らぎ、また回転数を遅くすれば音程は下がってしまうので、多くの創意と想像力で補わねばならなかったはずである。

そこで生前のバルトークが悩まされた音程の揺らぎを、周波数分解能の高いフーリエ解析を適用し、ピーク幅の評価からワウ・フラッターによる揺らぎを評価することとした。もとより、バルトークがどのような状態で使用していたのかは、既に分からない。また晩年の米国亡命に当たっては、運搬に伴う機材の状態悪化なども起きていたと察せられる。

2 バルトークの用いた録音機:エジソン式蝋管蓄音機の音程精度

手許にある1903年製のエジソン・フォノグラフに録音用の針と未収録の録音用蝋管を取り付け、オクターヴバンドで準備した正弦波を10秒～12秒ほどの長さで録音した。使用した正弦波の周波数と、録音結果の明瞭さを以下に整理する。低周波ならびに高周波側のサンプルはSN比が十分ではなく解析困難と考えられたため、以下では880Hzならびに1760Hzの正弦波を用いたデータを取り扱う。

正弦波周波数	55Hz	110Hz	220Hz	440Hz	880Hz	1760Hz	3520Hz
録音状態	×	×	×	▲	◎	○	×

Fig.10 オクターヴバンドで準備された正弦波音源信号

デジタル発生させた正弦波の音源信号と、その線幅を筆者らの開発したスパースFFT[3]による高分解能フーリエ解析した結果を示す。音源については他のオクターヴバンド・サンプルについても同様の高い周波数分布を持つ試料を準備した。スパースFFTによる周波数分解能は約0.0014Hzで、Fig.11bに示すように0.1Hz程度の区間のスペクトルの変化を十分滑らかに示している。また左右のノイズはFFTバタフライ演算に起因するものである。

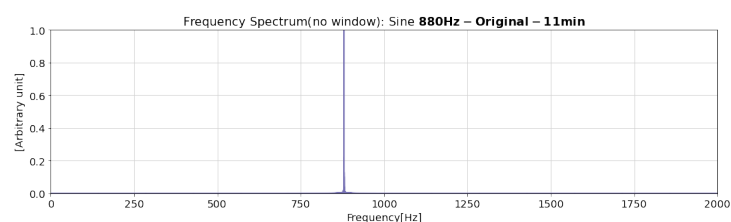


Fig.11-a 正弦波試料のスペクトル例 880Hz

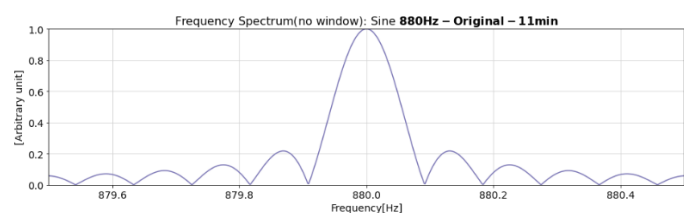


Fig.11-b 正弦波試料スペクトル線幅のスパース FFT 分解例 880Hz

このような正弦波信号を蝋管蓄音機に録音した。つぎに録音用の針を再生用の針 (reproducer) に付け替え、表面の削り屑を除去してから再度蝋管を取り付け再生、その響きを再生した。再生された、元来は正弦波であった響きは、Fig.2 のヴァイオリン協奏曲の事例を想起させる周期的な揺れを伴う音に変質していた。この再生音を収録しスパース FFT で周波数解析を行った。



Fig.10 録音状況と、録音直後の蝋管の状態、削り屑の除去

蝋管蓄音機は駆動系そのものが発する多くのノイズがあるため、今日の Hi-fi とは程遠い再生スペクトルが得られた。

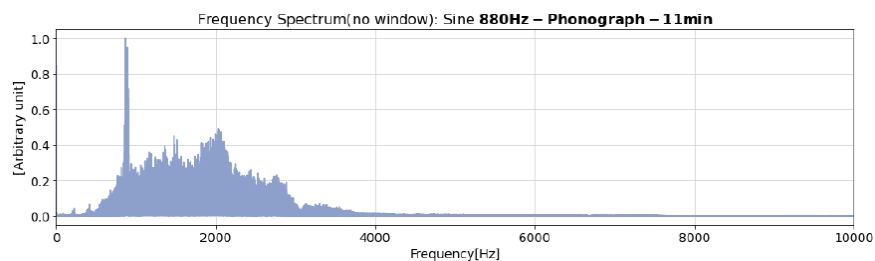


Fig.12-a 正弦波音源を蝋管録音、再生したスペクトル (880Hz 全体像)

またスペクトルの 880Hz 付近を拡大してみると、幾つかの顕著なピークとともに、850Hz から 910Hz 付近まで緩やかに分布する幅広いピークが確認された。

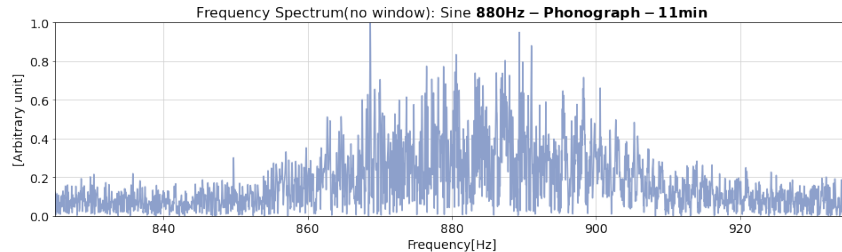


Fig.12-b 正弦波音源を蝋管録音、再生したスペクトル（880Hz 付近を拡大）

本稿は音楽の論考であるためこのピークに対するバンド幅評価などの議論は割愛[4]し、Fig.12-a のピークから音程の分布を考察してみよう。

880Hz の La 音近辺では、半音の音程は $\frac{880}{16} \approx 55[\text{Hz}]$ 程度の周波数幅と考えられる。また同様に 4 分音程度の音程は $27.5[\text{Hz}]$ 程度の周波数幅となる。このような音程幅の中で揺らぐ民謡旋律などの音高を半音よりも細かな精度で聴取することは不可能である。バルトークの民謡採譜が半音の音程分解能で記された、当時の録音技術に起因する限界の一つが傍証されると考える。

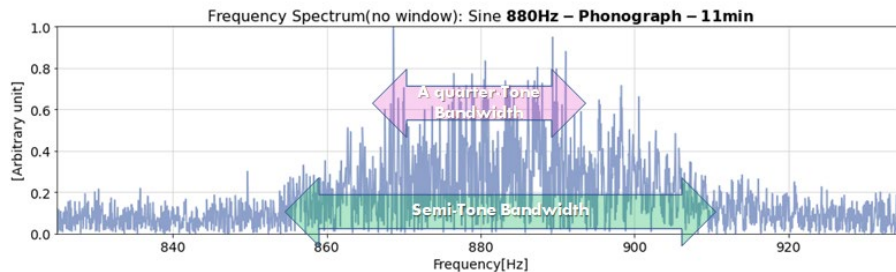


Fig.12-c 880Hz 付近のスペクトルの揺らぎと「半音幅」「4 分音幅」

4 バルトークの音楽的想像力と、Hi-fi 以降のあるべき採譜形態

1945 年のバルトークの没後、戦時中のドイツで発達した音響技術と、米国側で発達したエレクトロニクスが合流し、アナログ音響技術は急速な進展を見せた。もしバルトークがその時代まで命永らえたなら、どれだけ快活に民謡採集したか、想像するに余りある。

翻って生前のバルトークの「採譜」は、極めて不完全で Lo-fi なエジソンのテクノロジーを駆使しながら、研ぎ澄まされた音楽的な感覚を駆使して、随所に仮定や推測を補い、最終的に半音階の粒度で構造化された「民謡の旋律モデル」であると理解すべきものである。

ちょうどオリヴィエ・メシアンの「鳥の声」の採譜がそうであったように、蠟管蓄音機を用いたバルトークの民謡「採譜」の作業は、**極めて個人的なバルトークの音楽言語**の側面を含んでいる。採譜を文字通り演奏しても、必ずしも民謡の正確な再現にはならない。だが、だからこそ、バルトークは民謡素材に立脚しながら、抽象的な構造を随所に導入して彼自身の音楽言語を確立することができた。

翻って、第二次世界大戦後に一般化した「民族音楽」の採譜は、精度の低いソルフェージュによって音程もリズムも簡略化、とくに「半音階化」「平均律化」され、二次的に重篤な弊害をもたらす場合も観察される。[5]

一度定着された楽譜は、それ自身が規範ないし権威と誤解されやすい。精度の低い五線の採譜が独り歩きし、学校教育などに転用されることで、本来は西欧音楽と一切関係のない音律であった筈の民謡が、12半音階さらには平均律に強制的に近似され、平準化ないし平板化する、民族音楽学としては本来絶対に避けるべき事態が、全世界でごく普通に観察される状況となっている。専門家は、低い精度の12半音階による採譜を厳しく戒め、音の一次データを伴う慎重な分析を徹底する必要がある。さもなくば音程の分節は思考そのものの分節を規定しており、見えない形で欧州中心主義 Eurocentrism のバイアスを強制することになり、これはまさにバルトークが生前もっとも警戒した状況の一つであった。ヴァイオリン協奏曲第二番の逡巡する4分音は、この事実警鐘を鳴らしているように聴く事が可能であろう。

注 [1] 蠟管蓄音機に関しては G.E. Tewksbury G.L.Frow Ed. Complete Manual of the Edison Phonograph, Scholar's Choice (1977)を参照。

[2] バルトークは終生、録音技術に強い興味を持っており、それを共有していた次男のピーター・バルトーク(1924-2020)は戦後の RCA を代表する録音技師として活躍した。

[3] Jinyoung LEE, Shijia CHEN and Ken ITO “A High-Resolution Frequency Analysis Method based on Sparse Vector method and an Application” JASTICE Vol.8(1) pp.

[4] データ解析的な議論においては、ピークを取り出してガウス関数をフィッティングし、その半値幅から音程の揺らぎ、ないし非線形引き込み幅などの議論を行う。

[5] 筆者が直接確認した事例としては、埼玉県秩父地方の「秩父音頭」を素朴に採譜した五線譜が独り歩きし、小学校の教育現場に導入されるなどしたため、古い録音に残された豊かなリズムと音程のニュアンスがすべて失われる致命的な伝統の消失が発生していた。

本研究は科学研究費「挑戦的研究(開拓)」20K20500「機械学習を用いた東アジア数理調和思想の実証的研究と共生倫理の検討(研究代表者;筆者)」

<https://kaken.nii.ac.jp/ja/grant/KAKENHI-PROJECT-20K20500/> の助成を受けて行ったものです。関係ご各位に深く感謝します。