

演奏環境の変化がドラム演奏における テンポキープの精度に及ぼす影響*

☆上田恭平, 辻慎也, 荒井隆行 (上智大)

1 はじめに

バンドやオーケストラなど複数の楽器演奏者によって楽曲が演奏される編成では、演奏者間でテンポを統一するための方法が必要である。近年ではインイヤーマニターを装着し、メトロノームなどで規定のテンポをカウントしながら演奏する者が増加している。

一方で、アマチュア演奏の現場ではドラムやベースの音が演奏全体のテンポの指針となることが多い。この場合、ドラムやベースの演奏者は自身の楽器からの直接音に加えて演奏場所による反射音の両方を聞くことになる。

また、音楽スタジオなど演奏者が普段練習場所として使用する空間と、コンサートホールなどの講演を行う空間では残響時間に大幅な差があるため、演奏者への反射音による影響は、演奏場所によって異なると予想される。

残響による音を発する行動の変化について、Bolts らの先行研究[1]では発話におけるマスキングを伴う音響的特徴の変化が確認されることが述べられ、清水らの先行研究[2]ではピアノ演奏におけるサステインペダルを踏む深さに変化が生じることが分かっている。

このように残響下では発音行動に一定の変化が生じることから、残響下でのドラム演奏に注目し、ドラム演奏における重要な要素である「演奏全体を通して一定のテンポをキープする」ことの精度が、演奏場所の残響時間に影響されると予想した。

そこで、本研究ではテンポキープの精度を規定テンポに基づく理想的な打叩時刻と演奏者の打叩時刻の差 (以下、打叩時刻ずれと表す) によって評価し、残響時間の違いによる打叩時刻ずれの差異を検討した。

2 実験方法

2.1 実験概要・仮説

実験の目的は、非残響下と残響下でテンポをキープする精度がどのように変わるのかを

検討することである。そのために、本研究では電子ドラム (ALESIS, STRIKE KIT) による演奏課題で収集された演奏データを用いて、テンポをキープする精度を定量化した。

演奏の記録は電子ドラムと Digital Audio Workspace (DAW) ソフトを使用し、Musical Instrument Digital Interface (MIDI) 形式にて行った。演奏データとして、DAW 上に記録された各音の開始時刻を収集した。

テンポキープの精度に影響すると考えられる要素である (1) 演奏場所の残響時間、(2) 演奏するドラムの種類、(3) 演奏時の Beats Per Minute (BPM) を説明変数とした。また、目的変数である打叩時刻ずれを以下のように定義した (*)。

$$\text{打叩時刻ずれ} = |t_i - T_i| \quad (*)$$

t_i は i 回目の打叩における打叩時刻、 T_i は規定テンポに基づく場合の i 回目の打叩における打叩時刻である。

実験を行うにあたり、上述の説明変数と目的変数を踏まえた以下の仮説を立てた。

1. 残響時間が長くなると打叩時刻ずれが大きくなる
2. ドラムの種類の差異は結果に寄与する
3. 演奏時の BPM の差異は結果に寄与する

2.2 演奏課題

演奏課題ではスネアドラムのみを使用したリズムパターン (Fig. 1) を使用した。

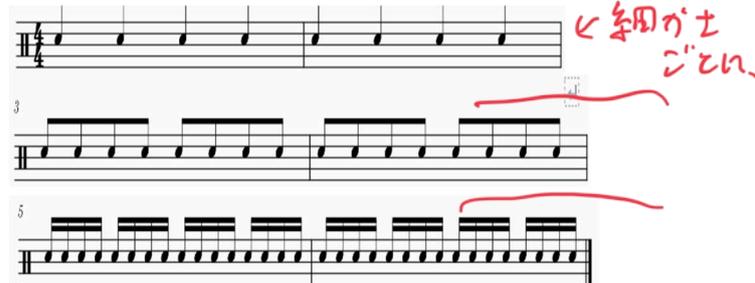


Fig. 1 Score used in performance tasks

* An effect of varying room acoustics on the accuracy of keeping tempo in drum performance, by UEDA, Kyôhei, TSUJI, Shinya, and ARAI Takayuki (Sophia University).

2.3 残響の付与

残響時間が異なる空間の音響設計を疑似的に再現する方法として、3次元立体音響付加装置 (Roland, RSS-303) を用いた。

RSS-303 の残響時間のパラメータ設定について、防音室の残響時間[3](0.1 s) と最適な残響時間をもつコンサートホール[4]に最も近くなるような設定 (2.1 s) とした。

音場再現と電子ドラムの出力をミキサー (YAMAHA, DME-24N) によってミキシングし、それを4台のスピーカー (Genelec, 8020A) から出力した。

2.4 電子ドラムの音源の選定

MATLAB を用いてドラムモジュールの12種類の内蔵音源 (001~012) の波形・包絡線・スペクトルを解析した。

残響下での発話への影響の要因として、Boltsらの先行研究[1]では残響の「尾」によるマスキングが挙げられていたことから、音の

長さの影響に注目して音源を選定した。演奏に影響を及ぼす要因として音の長さ以外をできるだけ取り除くため、本実験では「類似したスペクトルを持つが、音の長さは異なる」ような2つの音源「音源A: 001BirchRock」と「音源B: 003BirchGate」を選定した。それぞれのスペクトルと包絡線を Fig. 2-1, 2-2 と Fig. 3-1, 3-2 に示す。

2.5 演奏課題のBPMの選定

異なる条件下でのドラム演奏を比較した田中らの先行研究[5]を踏まえると、BPMの数値を変更する場合は少なくとも「速い・遅い」が区分できる程度の差で設定すべきだと考えられる。本実験では参加者に打楽器演奏未経験者が含まれていることを考慮し、参加者が16分音符を演奏できる上限のBPMを120と予測し、BPMの設定は90と120とした。

2.6 実験手続き

実験は上智大学の防音室で行った。参加者

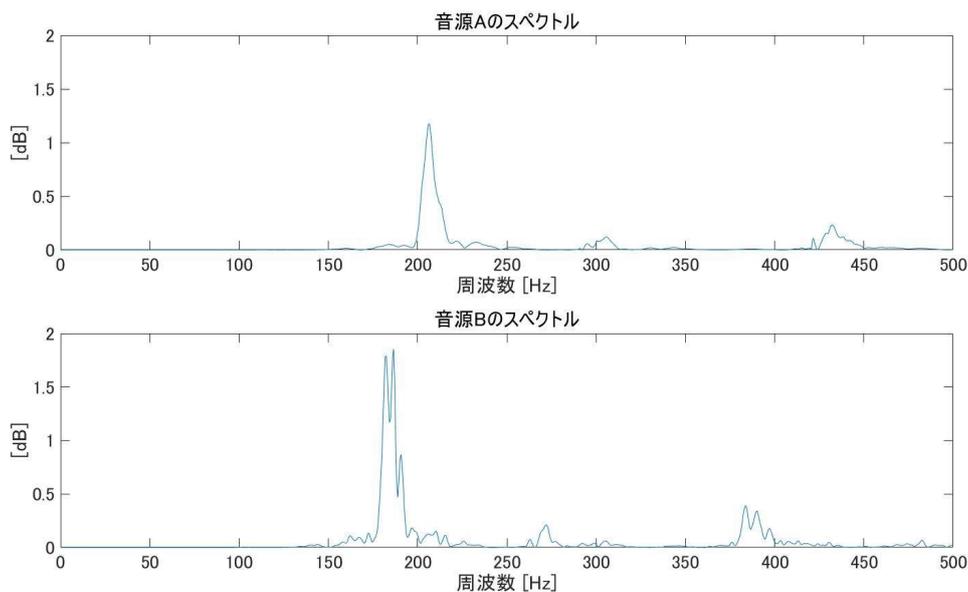


Fig. 2-1・2-2 Spectra of Sound A and Sound B

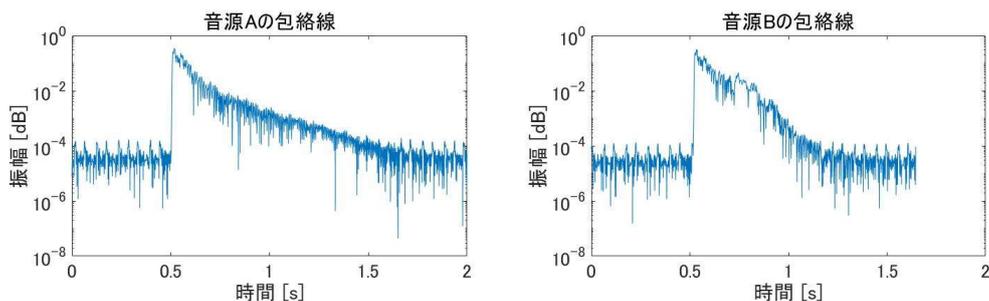


Fig. 3-1・3-2 Envelopes of Sound A and Sound B

は、Table 1 に示した演奏時の条件の組み合わせすべての下で Fig. 1 の譜面通りに電子ドラムパッドを打叩し、演奏課題の各回のインターバルに2分間の休憩を行った。演奏させる順序は参加者ごとにカウンターバランスを取った。演奏課題の開始前に参加者が条件を予測することを防ぐため、参加者へインターバル中は実施者の操作を見ないように指示した。

演奏課題の開始合図として DAW 内蔵音源 (GM115 Steel Drum) のリムショット音を4分音符で4回呈示した。更に、2小節経過の合図として、同音源のクラッシュシンバルを1・3・5・7小節目の1拍目に呈示した。これらの呈示音は DAW を動作させるノートパソコン (Microsoft, Surface laptop 3) のスピーカーから直接出力させたため、RSS のパラメータによる影響は受けてない。また、譜面通りに演奏が行われなかった場合にはリテイクを行った。演奏課題の際には、ドラムスティックを左右交互に振るように指示した。

3 結果・分析

2.1 節で述べた仮説 1-3 を検証する分析手法として、帰無仮説を棄却するための分散分析を行った。本研究で収集したデータは正規分布に従わないため、Aligned Rank Transform ANOVA (ART-ANOVA) を選択した。このとき、説明変数は残響時間・音源・BPM とそれらの交互作用とし、有意水準は 0.05 とした。分析結果は Table 2 に示す。

Table 2 から、残響時間を因子とした場合の p 値と、残響時間と音源を因子とした場合の p 値は有意水準を下回っていることが分かる。

以上の分析により、残響時間の違いが打叩時刻ずれに対して統計的に有意な差を生じさせること、更に、音源の違いは残響時間による打叩時刻ずれへの影響に寄与するが、一方

Table 1 Combination of conditions in experiment

Number	RT	Sound	BPM
①	2.1 s	A	90
②	2.1 s	A	120
③	2.1 s	B	90
④	2.1 s	B	120
⑤	0.1 s	A	90
⑥	0.1 s	A	120
⑦	0.1 s	B	90
⑧	0.1 s	B	120

で BPM の違いは残響時間による打叩時刻ずれへの影響に寄与しないことが分かった。

また、ANOVA の結果に対してペアワイズ比較による事後検定を行った。その結果、RT では 2.1 s で打叩時刻ずれが有意に大きく、Sound では音源 B で打叩時刻ずれが有意に大きかった。RT と Sound の交互作用について、平均値と標準偏差を Table 3 に示す。音源 A・B 間の打叩時刻ずれの有意差が、RT の差によって更に大きくなり、RT の違いによって生じた打叩時刻ずれの有意差が、音源 A の場合では更に大きくなったと考えられる。また、RT が 2.1 s の場合で音源 A・B 間の打叩時刻ずれの差は有意ではなかった。

4 考察

残響時間が 2.1 s の場合では 0.1 s の場合に比べ有意に打叩時刻ずれが大きくなったことについて、マスキングの影響が考えられる。

残響のある空間でのマスキングについて、Bolts らの先行研究[1]においてパルス性の高い音に関しては self-masking と overlap-masking の 2 種類が存在することが言及されている。Self-masking とは、残響のある空間で発せられた音の時間構造が変化することであり、overlap-masking とは、残響によって時系列的構造が変化した音が後続音を覆ってしまうことである。また、Bolts らは発話の明瞭性に影響が生じる残響時間の下限は 0.35 s であると述べている[1]。

本研究で用いたスネアドラムの音源は、Fig. 3-1, 3-2 の包絡線の形状から、急速な立ち上

Table 2 Statistical results

Factor	p	F
RT	$p < 10^{-15}$	124.820
Sound	$p < 10^{-5}$	19.773
BPM	$p > 0.05$	0.175
RT : Sound	$p < 0.05$	4.196
RT : BPM	$p > 0.05$	0.441
BPM : Sound	$p > 0.05$	2.876

Table 3 Mean and standard deviation of data

RT	Sound	mean	SD
2.1 s	A	0.375 s	0.374
2.1 s	B	0.377 s	0.339
0.1 s	A	0.247 s	0.281
0.1 s	B	0.342 s	0.400

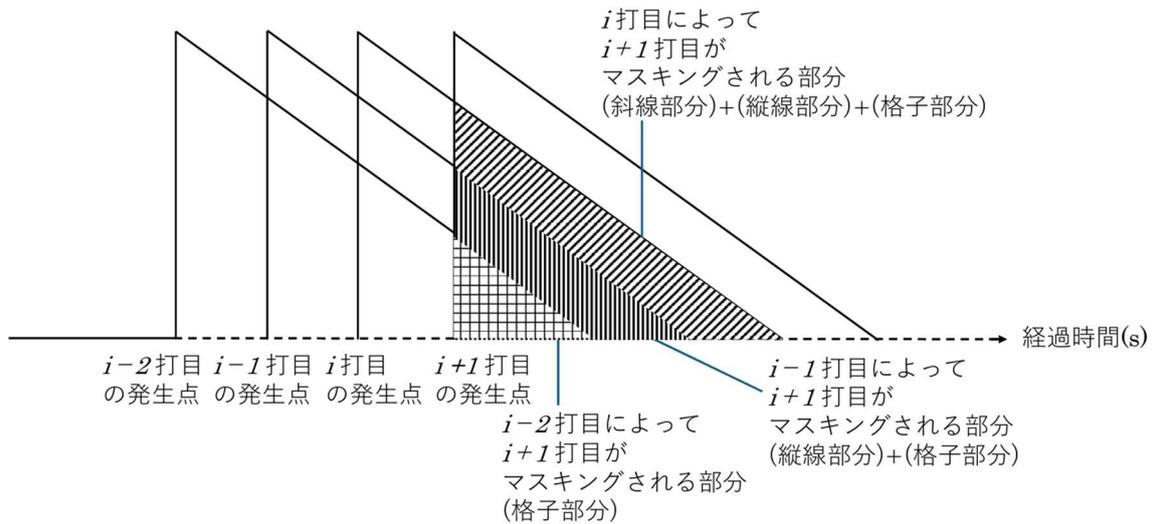


Fig. 4 An image of overlap-masking

がり短時間での減衰という性質を持つため、パルス性が高く、残響のある空間でのマスキングの影響が考えられる。

また、演奏課題における残響時間の設定は2.1 sと0.1 sであった。Boltsらの先行研究[1]におけるマスキングの影響を論じる上での残響時間の境界値を前者は上回り、後者は下回っている。このことから、残響時間が2.1 sの場合では、self-maskingによって演奏音の時系列的構造が変化し、overlap-maskingによって後続の演奏音をFig. 4のようにマスキングしたと考えられる。その結果、演奏者は直接音とself-maskingにより延伸した前拍の打叩音との境界を聞き分ける精度が低下し、拍を正確に把握できなくなったことで、残響時間が0.1 sの場合に比べ打叩時刻ずれが大きくなったと考えられる。

音源の差異が残響時間による打叩時刻ずれの有意差に寄与したことについても、残響によるマスキングの作用を考慮することができる。self-maskingによる音の時系列的構造の変化は主に時間軸上の正方向に音が延伸することである。そのため、非残響下で音の長さが異なる音源を用いた場合では、それぞれの音源へのself-maskingによる影響量に差が生じる。その結果、self-maskingによって延伸された音が直接影響するoverlap-maskingにおいても、音源ごとでの影響量は異なると考えられる。

一方で、BPMと残響時間には交互作用は見られなかった。田中らの先行研究[5]では演奏課題における演奏全体に要した時間と規定の演奏時間の差をテンポキープ精度の指標とし

ている。田中らの先行研究[5]では演奏課題を3種類のBPM下で行っており、演奏時間のずれが最小になるBPMに特定の傾向はないことが分かっている。

Fig. 4においては、演奏間隔が変化することは、音の発生点どうしの間隔が変化することを意味する。しかし、その変化幅は演奏課題の規定BPMの変化を知覚した演奏者が演奏間隔を調整することに依存するため、音源が変化する場合と異なり、条件の変化がマスキングに与える影響は一定ではない。

以上のことから、BPMの変化による打叩時刻ずれへの影響は、残響時間の変化に関わらず個人差によるものであると考えられる。

謝辞

実験に際して、上智大学「人を対象とする研究」に関する倫理委員会の承認(2024-079)を受けています。

参考文献

- [1] Bolt and MacDonald, J. Acoust. Soc. Am., 21(6), 577–580, 1949.
- [2] 清水, 饗庭, 情報処理学会研究報告, 2019–MUS–122(19), 2019.
- [3] Osawa *et al.*, Acoust. Sci. Tech., 41(5), 751–760, 2020.
- [4] Beranek, Bull. Am. Acad. Arts. Sci., 45(8), 25–46, 1992.
- [5] 田中 他, 日本音響学会音楽音響研究会資料, 31(8), 1–6, 2013.