

音楽の主観的曲長に楽曲構造が与える効果

Effects of Musical Structure on Subjective Duration of Music Pieces

山口 星香¹, 小野 貴史², 大西 仁¹
Seika Yamaguchi¹, Takashi Ono², Hitoshi Ohnishi¹

¹放送大学, ²信州大学

¹Graduate School of Arts and Sciences, The Open University of Japan, ²Shinshu University, Academic Assembly
School of Humanities and Social Sciences Institute of Education
2317001162@campus.ouj.ac.jp

概要

本研究は、音楽を聴いている際に感じる主観的時間と音楽の楽曲構造との関連を探求することを目的とし、2つの楽曲セット（①4/4 拍子ハ長調、②3/4 拍子ニ長調）を用いて一対比較法による主観時間測定を行った。オリジナルの楽曲に対し、リズムや音高などを変化させた16の変奏を比較聴取し、より主観的曲長が長く感じる方を選択する課題を実施した。Bradley-Terry モデルによる分析の結果、主観的曲長に伸縮が見られたのは3/4 拍子ニ長調の楽曲セットのみであった。

キーワード：時間評価 (time estimation), 音楽知覚 (music perception), 一対比較法 (paired comparison)

1. はじめに

主観的曲長とは、音楽を聴取している間の物理的な時間に対し、どれくらいの時間が経過したのかという個人の心理的時間感覚をいう。楽曲構造とは、音楽として認識されるための音配列の規則性であり、一般的にはリズム、メロディ、ハーモニーが音楽の三大要素として定義されている。加えて、楽曲が持つ形式（二部形式、三部形式、ソナタ形式など）を包括したものが本来の楽曲構造である。これまで、音を刺激とする時間知覚研究は多く行われてきたが、その多くが音楽パラメータ（音高、音強、テンポなど）を含む楽曲構造の統制がされていないものや、短い時間間隔の評価であった。そのため、楽曲構造を十分に考慮して主観的曲長を検証した研究は未だ存在しないのが現状である。本研究では、楽曲構造が主観的曲長に与える影響を評価するため、オリジナル楽曲に対し楽理的操作を施した複数の楽曲の主観的曲長を一対比較により測定した。

2. 関連研究

これまで行われてきた音楽の時間研究では、音高やテンポ、調性などを独立変数として操作した研究はいくつか存在する。例えば、テンポや音符の種類が時間評価に及ぼす影響を検討した研究において、テンポが

速いほど時間は過大評価されることが報告されている[1][2]。しかし、音符の種類を操作した条件では有意な主効果はないことが報告され、楽曲に使用する音符の種類ごとの操作基準も明示されていなかった[2]。調性に関する研究には、楽曲の一部抜粋を長調、短調、また調性が無くなるよう楽曲の調性を操作した研究があり、無調性的な操作をした刺激より長調と短調の刺激の方が時間が過小評価されると報告された。しかし、楽曲の再生音が長調、短調と無調性の刺激で異なっていることに加え、刺激の操作方法が不明確であった[3]。このように、楽曲内の音楽パラメータについてのみならず、楽曲構造が統制されていない研究が多い。つまり、楽曲構造の異なる楽曲を比較しているため、操作した独立変数とその楽曲の主観的曲長に与える影響が明確でない。他にも純音のペアを用いた音高に関する研究において、高い周波数の音をより長く知覚する傾向があることが報告されている[4]。しかし、音楽の知覚は楽曲全体の楽理的な構造に支配されるため、そのような短い音刺激を対象とした研究の知見が大きなまとまりである音楽においても成立するとは限らないと考える。

一般的に音楽を聴いている時間は音楽を聴いていない時間に比べて短く感じるとされている[5]。しかし、音楽的時間に関する主観的曲長の研究においては、音楽が楽しんでいる方が長く感じられること[6]や、反対にその音楽が好ましいほど時間が短く感じられるという結果も報告されている[7]。著者が発表した楽曲の好悪と主観的曲長に関する研究においても、楽曲が好ましいほど時間は過小評価される結果が得られた[8]。この矛盾した結果について Oakes (2003) は、与えられた音楽刺激に対する時間評価は、単純な音楽の好みに帰着されるべきではないと指摘している[5]。また、その楽曲に対する感情価が時間推定に影響を与えるか検証した研究においても、感情価が時間の知覚に与える有意な影響は見られないことが示唆された[3]。

これらの関連研究を踏まえ、本研究は楽曲構造を体系的に操作することによって、楽曲のどのような構造の変化が主観的曲長に影響を与えているのかを探索した。

3. 方法

参加者：正常な聴力を持つ満 18 歳以上の 43 名が参加した。そのうち、データに不備がなかった 39 名を分析対象とした。男性 20 名、女性 18 名、その他 1 名、平均年齢 32.7 歳、SD は 12.5 であった。

刺激と装置：音楽刺激は全て音楽聴取用モニターヘッドフォン（アシダ音響 ST-90-05）を用い、楽譜作成ソフト（MuseScore³）上で稼働する MIDI 音源（Microsoft GS Wavetable SW Synth のピアノ音源）により再生した。音源は WAV ステレオ録音、量子化ビット数 16bit、サンプリング周波数 44.1kHz、BPM 120 に統一した。

サンプル楽曲は、単純リート形式を用いた 8 小節から成る楽曲を作成した。これは音楽において最も単純な楽曲構造を有している。

また本実験のサンプル楽曲は Sample1 と Sample2 の 2 セットを用意した。Sample1 はハ長調 4/4 拍子 8 小節、Sample2 はニ長調 3/4 拍子で作成した。各 Sample はオリジナルとなる原型（00）1 曲と原型を変奏させた 16 曲の変型（01～16）の計 17 曲で構成した（表 1）。

すべての変型は原型 00 がもとになっているが、表 1 において基本形変型と細分化変型の分類基準について定義すると、基本形変型は原型 00 をベースにリズム変奏（01～03）や音高変奏（09～12）を行った変型である。細分化変型は原型 00 を 8 分音符に細分化（図 1 参照）した変型 04 をベースにリズム変奏（05～06）や音高変奏（13～16）した変型である。

表 1 作成楽曲の変奏パターン

リズム変奏	原型	下拍細分	上拍細分	3連符	16分音符
基本形変型	00	01	02	03	-
細分化変型	04	05	06	07	08

音高変奏	音程跳躍	反行	逆行	移旋
基本形変型	09	10	11	12
細分化変型	13	14	15	16

Sample1 は 16.5 秒/曲、Sample2 は 12.5 秒/曲にそれぞれ統一した。Sample1 のハ長調に対し、Sample2 でニ長

調を採用した理由は、ニ長調はハ長調の遠隔調であるためである。ト長調やヘ長調などの近親調を使用すると、Sample1 と Sample2 の楽曲が転調したように聴こえたり、関連のある楽曲に聴こえたりすることで、別の楽曲として認識されない可能性があるためである。また、拍子を変えることで Sample 群ごとの差を明確化した。

本稿における「下拍細分」と「上拍細分」の技法について説明する。図 1 に示した音符の組み合わせは全て 4 分音符の音価と等価である。下拍とは、連続した 2 つの 8 分音符の後者を指し、上拍は前者を指している。次に、細分とは 4 分音符で記譜されている箇所を 8 分音符に、8 分音符を 16 分音符に細分することを指している（図 1）。

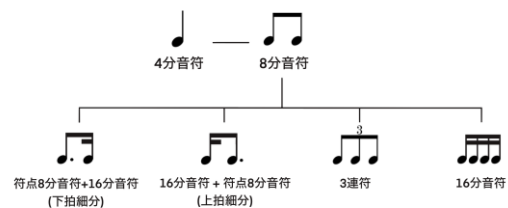


図 1 リズム変型の変奏パターン

下の譜例 1 は、Sample1 の原型 00 と変型 01 の変奏部分を示したものである（表 1 参照）。変型 01 は原型 00 の 8 分音符の箇所を下拍細分変奏した変型である。また譜例 2 は、Sample2 の原型 00 である。

譜例 1 Sample1 の原型 00 と変型 01

原型00

変型01

譜例 2 Sample2 の原型 00

原型00

また、反行は、音高推移を上下反転させる技法であり、逆行は、楽曲内の発音を始終逆順にする技法のことである。移旋は、楽曲の調を主音は変えずに長調や短調に旋法を変える技法である。

手続き：本実験は 1～6 名の小集団で複数回に分けて実施した。

Sample ごとに 17 通りの楽曲を対にし、各対につき 1 回ずつ主観的曲長を比較させた。また、対内の楽曲の

¹ <https://musescore.org> (MuseScore3) 2024.05.30.

先行・後続の提示順はランダムとした。

各試行において、1.4s の無音区間 (0.2s のブランク画面, 1.0s の"次「先行曲」"という文字表示, 0.2s のブランク画面) の後, 対内の先行曲を提示し, 1.4s の無音区間 (0.2s のブランク画面, 1.0s の"次「後続曲」"という文字表示, 0.2s のブランク画面) の後, 対内の後続曲を提示した。後続曲提示後, 先行曲と後続曲のどちらが長く聴こえたか, 指定のキーで回答させた。回答後直ちに次の試行に移った。約 10 試行ごとに 1 分ほどの小休憩を取るよう画面に指示した。また小休憩とは別に, 約 30 分ごとに 5 分程度の休憩を取るよう画面に表示した。比較聴取終了後, 各楽曲への好ましさを 5 段階 (1:好ましくない, 2:やや好ましくない, 3:どちらでもない, 4:やや好ましい, 5:好ましい) で回答する項目を設けた。

分析方法: 一対比較データの分析には順序効果を考慮した Bradley-Terry モデル (R version 4.4.1 BradleyTerry2 パッケージ) を用いた [9]。楽曲 i の主観的曲長を λ_i , 順序の効果 (先行曲による伸長) を δ_z , 楽曲 i が楽曲 j より長く感じる確率を p_{ij} とし, 以下のロジスティック回帰モデルを仮定し, 最尤法で λ_i を推定する。

$$\log \frac{p_{ij}}{1 - p_{ij}} = \lambda_i - \lambda_j + \delta_z$$

4. 結果と考察

Bradley-Terry モデルにより推定した主観的曲長を表 2 に示す。Sample1 におけるモデルの逸脱度は自由度 255 の χ^2 分布の上側 1% 点より小さく, Sample2 におけるモデルの逸脱度は自由度 255 の χ^2 分布の上側 5% 点より小さかった。したがって, Bradley-Terry モデルにより楽曲の主観的曲長を適切に尺度化できたと判断した。

Sample1 ではすべての楽曲において主観的曲長の有意な伸縮はなかった。Sample2 では効果が大きい順に変型 13 (細分化形音程跳躍), 07 (細分化形 3 連符) 09 (基本形音程跳躍), 04 (細分化原型), 03 (基本形 3 連符), 15 (細分化逆行), 12 (基本形移旋), 14 (細分化反行), 02 (基本形上拍細分), 01 (基本形下拍細分) に有意な伸長が認められた。また, 各 Sample の順序効果はどちらも有意であり ($p > .05$), 後続曲が長いと判断される傾向があった。主観的曲長と楽曲の選好の相関は有意な差はなかった。

各変型の特徴をもとに Sample2 の結果を考察する。

有意な伸長が認められた 10 曲の変型において, 変型 01, 02 を除いた 8 曲の特徴はどれも音高推移に変化が伴っている点が共通している。まず, 音高変奏した変型は, 音程跳躍, 反行, 逆行, 移旋の 4 種類であり, 音程跳躍の変型 09 と変型 13 は, 一部の音程がもとの音程から 1 オクターヴ (完全 8 度) 以内の範囲で, 原型 00 内で推移している音高推移の幅より大きい幅の推移が伴う変型であった。反行の変型 14 は, 変型 04 をベースに音高推移が上行 (音高が高くなっていく) している箇所は下行 (音高が低くなっていく) するように, 下行している箇所は上行するように変奏した変型であった。逆行変奏の変型 15 は変型 04 の曲の最後の音からはじまり最初の音で楽曲が終わるように変奏された変型であった。最後に移旋変奏の変型 12 は, ニ長調である原型 00 をニ短調に変奏した変型であった。

次に, リズム変奏した変型の特徴から挙げていくと, 変型 04 は原型 00 を構成する 4 分音符を 8 分音符に細分変奏した変型であった (図 1 参照)。3 連符変奏の変型 03 と変型 07 は, 原型 00 と原型 04 をそれぞれ 3 連符変奏した変型であった。変型 01 と変型 02 は, 原型 00 をベースにそれぞれ下拍細分変奏, 上拍細分変奏を行った純粋なリズム変奏のみの変型であったため, これら 2 つの変型は音高推移の変化は伴わない。リズム変奏の中でも, 変型 04, 変型 03, 変型 07 はリズムを操作する際に音高の推移を伴っており, 音高変奏を含め有意差のあった変型はどれも音高推移に変化がある楽曲であったことから。Sample2 においては, 音高の変化が主観的曲長の伸縮に影響を与える可能性があると考えられる。この結果は, 時間知覚研究で一般的に知られている, 提示される情報の変化が大きいほど時間が長く感じられるという傾向と一致している [10]。

しかし, Sample2 と同じ操作を行った Sample1 においては主観的曲長の有意な伸縮は見られなかった。その要因として考えられるのが, 拍子と和声進行 (コード進行) および休符の位置である。

拍子について, 4/4 拍子 (Sample1) というのは日本人にとって非常に馴染みのある拍子であり, 一般的に日常的に耳にする音楽のほとんどが 4 拍子系の楽曲である。そのため Sample2 が比較的聴きなじみのない 3/4 拍子であったことが影響した可能性も要因の一つとして考えられるだろう。コード進行について, 本稿では実際に和音を提示したわけではないが, Sample を作成する上で楽曲として成り立つハーモニーの推移, つまりコード進行に準拠している。調性を持つ音楽におい

表2 Bradley-Terry モデルによる Sample1・Sample2 の分析結果

変奏の種類	変型	Sample1				Sample2			
		推定値	標準誤差	z 値	p 値	推定値	標準誤差	z 値	p 値
原型	04 (細分化形)	0.0438	0.1111	0.3940	0.6936	0.4110	0.1111	3.7013	0.0002 ***
16分音符	08 (細分化形)	-0.1671	0.1112	-1.5023	0.1330	0.1479	0.1109	1.3338	0.1823
下拍細分	01 (基本形)	-0.0769	0.1111	-0.6923	0.4887	0.2252	0.1108	2.0320	0.0422 *
	05 (細分化形)	-0.2072	0.1113	-1.8616	0.0627	0.0471	0.1111	0.4237	0.6718
上拍細分	02 (基本形)	-0.1648	0.1112	-1.4820	0.1383	0.2276	0.1108	2.0541	0.0400 *
	06 (細分化形)	-0.1690	0.1113	-1.5191	0.1287	0.1228	0.1109	1.1071	0.2683
3連符	03 (基本形)	0.0324	0.1111	0.2917	0.7705	0.3424	0.1109	3.0874	0.0020 **
	07 (細分化形)	0.1235	0.1112	1.1104	0.2668	0.5274	0.1115	4.7311	2.23E-06 ***
音程跳躍	09 (基本形)	0.0880	0.1112	0.7911	0.4289	0.4502	0.1112	4.0491	5.14E-05 ***
	13 (細分化形)	-0.0108	0.1110	-0.0972	0.9225	0.6009	0.1118	5.3731	7.74E-08 ***
反行	10 (基本形)	-0.0380	0.1110	-0.3424	0.7321	0.1455	0.1109	1.3122	0.1895
	14 (細分化形)	-0.0116	0.1111	-0.1040	0.9172	0.2409	0.1108	2.1746	0.0297 *
逆行	11 (基本形)	0.0200	0.1111	0.1797	0.8574	0.1525	0.1109	1.3753	0.1690
	15 (細分化形)	0.1215	0.1112	1.0925	0.2746	0.3372	0.1109	3.0410	0.0024 **
移旋	12 (基本形)	0.0524	0.1111	0.4715	0.6373	0.2653	0.1108	2.3938	0.0167 *
	16 (細分化形)	0.0322	0.1111	0.2895	0.7722	0.1557	0.1108	1.4045	0.1602
	順序効果	-0.2804	0.0278	-10.0709	7.43E-24 ***	-0.0966	0.0277	-3.4866	0.0005 ***
		Null deviance: 426.90 on 272 degrees of freedom				Null deviance: 347.64 on 272 degrees of freedom			
		Residual deviance: 297.12 on 255 degrees of freedom				Residual deviance: 263.83 on 255 degrees of freedom			
		AIC: 1241.1				AIC: 1214.2			
		Number of Fisher Scoring iterations: 3				Number of Fisher Scoring iterations: 3			

* $p < .1$, ** $p < .05$, *** $p < .01$, **** $p < .001$

て、コード進行が楽曲の終止感やフレーズの区切りを示すことは和声学の中で体系立てられている。Sample1 は、4小節目と8小節目に属和音(V)から主和音(I)に解決するドミナントモーション(V→I)がある。ドミナントモーションとは、特に楽曲の区切りや終わりを意識させる効果のあるコード進行である。また、属和音ほど強くはないが、下屬和音(IV)も主和音に解決しようとする効果があり、2小節目と6小節目にIV→Iというコード進行を含んでいる。いずれも小節の最後に4分休符があり、これらもフレーズの区切りを大きく意識させる要因になったと考えられる(譜例1)。対してSample2は、ドミナントモーションを含む小節は8小節目のみであり、休符の位置も4小節目と8小節目のみに配置されていた(譜例2)。要約すると、Sample1は楽曲構造を分割して捉えやすい楽曲であったのに対し、Sample2は楽曲構造を部分的に捉えにくい楽曲であった。そのため、Sample1においては変型を聴いても原型が想起され、主観的曲長も原型に引き込まれた可能性があると考えた。

そこで今後の計画として、Sample1と同じハ長調4/4拍子8小節で、Sample2の和声進行や音型などの楽曲構造に則ったSample3を作成し、追実験を行うことで主観的時間に対するドミナントモーションと休符の効果について明らかにしたいと考えている。

謝辞：本研究の一部はJSPS科研費22H00247の補助を受けた。

文献

- [1] Plastira, M. N., & Avraamides, M. N. (2021). "Music Tempo and Perception of Time: Musically Trained vs Nontrained Individuals". *Timing & Time Perception*, 10(2), 142–157.
- [2] 松田憲, 一川誠, & 矢倉由果里. (2013). "BGMの音楽的特徴が聴覚的時間評価に及ぼす影響". *日本感性工学会論文誌*, 12(4), 493–498.
- [3] Droit-Volet, S., Bigand, E., Ramos, D., & Bueno, J. L. O. (2010). "Time flies with music whatever its emotional valence". *Acta Psychologica*, 135(2), 226–232.
- [4] Jeon, J. Y., & Fricke, F. R. (1997). "Duration of Perceived and Performed Sounds". *Psychology of Music*, 25(1), 70–83.
- [5] Oakes, S. (2003). "Musical Tempo and Waiting Perceptions". *Psychology and Marketing*, 20, 685–705.
- [6] Guéguen, N., & Jacob, C. (2002). "The Influence of Music on Temporal Perceptions in an on-hold Waiting Situation". *Psychology of Music*, 30(2), 210–214.
- [7] Lopez, L., & Malhotra, R. (1991). "Estimation of time intervals with most preferred and least preferred music". *Psychological Studies*, 36(3), 203–209.
- [8] 山口星香, & 小野貴史. (2020). "音楽聴取時における体感的時間感覚の測定分析". *信州大学教育学部研究論集*, 14, 230–248.
- [9] Turner, H., & Firth, D. (2012). "Bradley-Terry Models in R: The BradleyTerry2 Package". *Journal of Statistical Software*, 48, 1–21.
- [10] Ichikawa, M., & Miyoshi, M. (2020). "Perceived Duration Depends Upon Target Detection in Rapid Serial Visual Presentation Sequence". *I-Perception*, 11(6), 1–18.