

本著作物の著作権は情報処理学会に帰属します。本著作物は著作権者である情報処理学会の許可のもとに掲載するものです。利用にあたっては、著作権法ならびに[情報処理学会倫理綱領](#)に従ってください。

The copyright of this material is retained by the Information Processing Society of Japan (IPSJ). The material has been made available on the website by the author(s) under the agreement with the IPSJ. Please be complied with Copyright Law of Japan and [Code of Ethics of the IPSJ](#) if any users wish to reproduce, distribute, or modify the whole or any part of the material.

歌いやすさ・歌いにくさに着目した楽曲検索システムのための のポピュラー楽曲の歌唱難易度算出の検討

山本 雄也^{1,a)} 平賀 譲^{1,b)}

概要：楽曲には歌いやすいものと歌いにくいものがあり、歌いやすさ・歌いにくさで楽曲を検索できれば、歌唱者の技量に合った楽曲選択が可能になると考える。しかし歌いやすさ・歌いにくさは主観的かつ定性的な指標であり、それを定量化しコンピュータによる分析を可能にする手法については知見が十分でない。本研究は歌いやすさ・歌いにくさを、難易度として楽曲の楽譜情報を用いて数値化し推定する手法について検討することを目的とする。楽曲の歌いやすさ・歌いにくさについてデータを得るため、実験では12名の実験参加者を対象に楽曲を実際に歌い質問に回答する歌唱実験を行った。質問調査では楽曲の歌いにくさとどのように難しいかを回答させた。歌いにくさと音楽特徴の関係を分析するため相関分析を行った結果、相関のある音楽特徴に個人差を確認したため、個人ごとに音楽特徴から難易度を算出する重回帰分析モデルを提案して性能を検証した。その結果、決定係数の値の良し悪しは個人により差がみられた。また、楽曲がどのように歌いにくいを示すため、歌いにくさの性質についての回答データを用いて対応分析・クラスタ分析を行い要因を分類した。その結果要因は大きく「跳躍」「音域」「複雑さ」に大別できた。楽譜データから歌いにくさの性質を予測するための分析として、楽曲の音楽特徴量と回答データの相関分析を行った。これらの分析によって、楽曲がどの程度、どのように歌いにくいのかを楽譜データから自動評価ができることへの第一歩となった。

1. はじめに

近年、カラオケや歌ってみた動画、音楽SNSなど、歌唱の形態が多様化し、プロではでないアマチュア歌唱者が歌う機会が増加している。そうした中、現存する楽曲数が膨大になった今日では、アマチュア歌唱者は歌唱する楽曲の選択を迷うことがある。カラオケユーザーへの意識調査[10]によると、歌唱者がカラオケで歌いたい楽曲は自分に合った楽曲という回答が最も多かった。こうしたアマチュア歌唱者に対し、自分の技量に合った楽曲選択の支援としての楽曲検索ができれば、アマチュア歌唱者は歌うことをより楽しむことができると考える。

本研究では、この「自分に合った楽曲」を「歌唱者の技量に合った難易度の楽曲」と捉え、楽曲の歌いにくさ、すなわち歌唱難易度を基に検索する手法の考案を目的とする。そのために、楽曲が歌唱者にとってどの程度歌いにくいか、また、どのような歌いにくさがあるのかを自動評価することを試みる。

従来より楽器演奏の難易度を算出する研究は数多く行われてきた。ピアノ[1]、[2]やギター[5]、[6]、複数の楽器[3]など、様々な楽器演奏において難易度算出の研究事例が存在する。これらの研究は楽譜データから特徴抽出し、難易度の正解データとの関連性を分析することが手法の中心となっている。本研究はこれら関連研究でのアプローチを踏襲する。すなわち、楽譜データから音楽特徴量を抽出し、難易度との関連性の分析することにより歌唱難易度算出を行う。本研究に類似する研究として、青野らによる90年代おじさん予備軍の歌いにくい歌モデル[4]がある。この研究は歌詞の音韻や旋律方向の変換点などのアクセントを4分の1拍ごとに算出した系列と、最も歌いやすい理想的な系列との相関値を算出し、楽曲ごとに比較し考察するものである。しかし、歌いにくさは主観的な側面を多分に含む指標であり、歌唱者による感じ方の差は世代差以上に見られると考えられる。そこで本研究では正解データとして主観的難易度評価を用いる。心理実験を行いデータを集め、青野らの研究や楽器演奏難易度の先行研究のような楽譜情報の利用による手法と組み合わせて分析を行う。

本研究の概要は次の通りである。まず楽曲の歌いにくさの主観評価を得るために、歌唱実験を行う。質問紙調査を通し楽曲の主観的な難易度評価とどのように歌いにくい

¹ 筑波大学 大学院 図書館情報メディア研究科
Graduate School of Library Information, and Media Studies,
University of Tsukuba.

a) s1921652@s.tsukuba.ac.jp

b) hiraga@slis.ac.jp

の性質の回答を得る。次に、楽曲の難易度算出について分析する。歌いにくさに影響を与える音楽特徴量を抽出し、それを用いて難易度評価との相関分析及び難易度推定のための重回帰分析を行う。最後に、楽曲がどのように歌いにくいかを明らかにするため、難しさの性質の回答を用いて対応分析およびクラス分析、回答と音楽特徴量の相関分析を行う。

2. 音楽特徴量の抽出

著者らによる以前の研究報告 [11] にて、歌いにくい楽曲の定性的な特徴を列挙した。それらの特徴を定量化したものととして以下の音楽特徴量を考案し、歌唱難易度の算出に用いる。

2.1 音高

- 1 音高の平均値
- 2 最高音
- 3 音域
- 4 ピッチエントロピー

音高の集中・発散を表すものである。 $p(x_i)$ を音高 x_i の全音符に対する出現割合とし、以下の式で定義する。

$$PE = - \sum_{i=1}^N p(x_i) \log(p(x_i))$$

5 Weighted Pitch Count Sum (WPCS)

発声が困難な音域の音に大きい重みをかけた音長の重み付け和である。この値が大きいほど無理のある音域が長く続く。人の声には胸声区・胸声・裏声混交区、裏声区の3つの音域がある。WPCSは、この3つの音域で歌唱の難易度が異なることを仮定し、それぞれ重みづけをすることで算出する特徴量である。分析区間中の全 N 個の音のうち、 i 番目の音 $note_i$ の音長 d_{note_i} に対し、 $note_i$ の音高に応じて重み w_{note_i} をかけ、その総和を WPCS 値とする。

$$WPCS = \sum_{i=1}^N w_{note_i} \cdot d_{note_i}$$

ここで、 w_{note_i} は $note_i$ が胸声区の音高のとき 1.25、胸声・裏声混交区のとき 1、裏声区のとき 1.5 とした。

2.2 音程

進行の急な上下に関して、3 半音以上の音程を跳躍進行とした。以下の [6]~[8] はその跳躍進行について、全体、上向のみ、下降のみの割合を求めたものである。

- 6 跳躍進行割合
- 7 上向跳躍進行割合
- 8 下降跳躍進行割合
- 9 旋律方向変化割合

旋律の進行方向が入れ替わる個所が多いメロディは歌いにくいと考えられる。旋律進行方向変化割合は分析区間中隣接する3音のうち進行の方向が入れ替わるパターンの割合である。

10 Leaping Register (LR)

男声の音域において胸声区と裏声区の境目は喚声点 (Register) と呼ばれており、地声と裏声の切り替え地点となる音高であり、喚声点の付近では発声が不安定になり易い。Leaping Register は喚声点となる音を越えて音が下がる・上がる回数である。今回喚声点は D # 5 の音とした。

2.3 リズム

11 音価の平均値

音価の値は4分音符を1とした比で表す。

12 Beats per Minute (BPM)

13 音価密度

BPM を分析区間の音価の平均値で割った値である。この値が大きいほどテンポが速く、かつ細かい音価を含むことを示す。

14 音価の変化割合

隣接する2音の音価が変化する頻度である。

15 タイの数

タイの数は先行研究 [7] において、シンコペーションの多さを定量的に算出するために用いられた。本研究でもシンコペーションの多さをタイの数で定量化する。

16 音価エントロピー

音価の集中・発散を表すものである。 $p(d_i)$ を音価 d_i の全音符に対する出現割合とし、以下の式で定義する。

$$VE = - \sum_{i=1}^N p(d_i) \log(p(d_i))$$

17 Moving with Same Duration Rate (MSDR)

同じ音価・異なる音高で音が遷移するようなメロディはせわしない印象を持ち、難しいと受け取られると考えられる。MSDR は同じ音価・異なる音高で音が遷移した割合である。対象区間中の音符の数を N 、同じ音価・異なる音高で音が遷移した回数を y とすると、MSDR は以下になる。

$$MSDR = \frac{y}{N-1}$$

3. 歌唱実験

分析において正解データとする楽曲の主観的難易度評価を得るために歌唱実験を行った。

3.1 実験条件

実験参加者は20代の男性12名であった。実験対象を男女混合対象とした場合、使用楽曲の選定やキーの設定にさ

らなる議論を要するため、本実験の対象は男性のみとした。使用楽曲は表 1 に示す 10 曲とした。選定基準として、日本語の歌唱曲であること、なるべく多くの実験参加者が歌えること、使用する楽曲全体でメロディの形態が多様になること、この 3 点を満たすものとした。

カラオケマシンを使い、実験参加者に楽曲をそれぞれ 1 番のみ原曲キーで歌唱してもらった後、質問紙への回答を行わせた。この際、歌唱者がメロディを全く覚えておらず歌えない場合はその楽曲での歌唱・質問紙回答の手続きをスキップした。

表 1 使用楽曲

楽曲名	アーティスト名
Lemon	米津玄師
ultra soul	B'z
キセキ	Greeeen
チェリー	スピッツ
小さな恋のうた	MONGOL800
恋	星野源
前前前世	RADWIMPS
世界に一つだけの花	SMAP
天体観測	BUMP OF CHICKEN
粉雪	レミオロメン

3.2 質問項目

質問項目は以下の通りである。

Q1. 楽曲の難易度（7 段階のリッカート尺度。1：簡単 7：難しい）

Q2. 楽曲がどのように難しかったか、またその度合い（以下の項目を自由選択、選択した項目について 3 段階のリッカート尺度。1：あてはまる、2：よくあてはまる、3：非常によくあてはまる）

- (1) 音の跳躍がある
- (2) 自分の音域に合っていない
- (3) メロディが複雑
- (4) リズムが複雑
- (5) リズムが細かい
- (6) テンポが速い
- (7) 息継ぎタイミングがつかめない
- (8) 歌詞が発音しづらい
- (9) その他（自由回答）

Q1, Q2 はそれぞれ楽曲の A メロ、B メロ、サビについて回答を行ってもらった。Q1 の回答は楽曲の難易度として、Q2 の回答は楽曲の歌いにくさの性質としてそれぞれ分析に用いる。

3.3 実験結果

12 名× 10 曲=120 通りの試行のうち参加者が楽曲を知らなかった試行を除き、有効な回答として 102 曲分× 3 セクション (A メロ・B メロ・サビ)=306 件の回答を得た。

以後、実験参加者個人について言及する場合、No.1, No.2

のように実験参加者番号で記す。

4. 分析

4.1 難易度評価と音楽特微量の関係の分析

4.1.1 相関分析

まず、特微量に対しどのようにして難易度を算出するかを決定するため、各参加者ごとに難易度評価と音楽特微量の相関係数を算出する。相関係数は順序尺度の変数と間隔尺度以上の変数の相関を算出する際に用いるポリシリアル相関係数 [9] により算出した。結果を図 1 に示す。

図 1 を見ると、例えば No.5 は音程に関する音楽特微量を中心に正の相関がみられているが、No.11 はそれらの音楽特微量との相関は弱く、音高の平均値や最高音といった音高に関する音楽特微量を中心に正の相関がみられている。また、No.9 は相関係数の絶対値が 0.4 を超えた音楽特微量はなかった。このように相関係数の絶対値が 0.4 を超える音楽特微量は参加者によって異なり、歌いにくい楽曲の特徴は個人により異なることが示唆される。

このような難易度と音楽特微量の相関が歌唱者により異なる状況下、単一基準のみで任意の歌唱者にとっての難易度を算出するのは困難である。そこで、難易度の算出を個人ごとに行うことを考える。

4.1.2 重回帰分析による個人の歌唱難易度算出

音楽特微量を説明変数、個人ごとの難易度評価を目的変数として重回帰分析を行った。個人により難易度評価と相関のある音楽特微量は異なるため、AIC を基準とするステップワイズ法による説明変数の選択 [8] を行い個人ごとの難易度評価の回帰モデルを設計した。表 2 にその結果を示す。

表 2 重回帰分析モデルの変数選択の結果と決定係数

実験参加者	選択された変数, () 内は偏回帰係数	切片	決定係数
No.1	旋律方向変化割合 (2.262), BPM (0.017), 最高音 (0.178), ピッチエントロピー (1.514)	-13.29	0.528
No.2	下降跳躍割合 (4.817), LR(0.085), 上向跳躍割合 (9.698), 音価平均 (-1.846)	2.83	0.765
No.3	WPCS (0.359), BPM (0.299), 音高の平均値 (0.447), 下降跳躍割合 (11.28), LR(0.054)	-30.53	0.753
No.4	旋律方向変化割合 (3.193), 音域 (-0.202), タイの数 (-0.061)	7.345	0.337
No.5	旋律方向変化割合 (2.735), 下降跳躍割合 (6.249)	3.789	0.456
No.6	タイの数 (-0.143), ピッチエントロピー (2.897), LR(0.098), 最高音 (-0.151), 音価エントロピー (0.723)	8.51	0.737
No.7	LR(0.048), BPM (0.011), 下降跳躍割合 (5.178)	1.967	0.421
No.8	音高の平均値 (0.254), 音価エントロピー (2.198)	-13.51	0.485
No.9	ピッチエントロピー (1.681), タイの数 (-0.055)	1.883	0.178
No.10	音価密度 (0.035), 音価の平均値 (3.558), 最高音 (0.179), 音価エントロピー (1.409)	-18.38	0.507
No.11	最高音 (0.196)	-8.201	0.237
No.12	下降跳躍割合 (15.66), 音域 (-0.436), ピッチエントロピー (4.516)	-1.6533	0.512

いずれの実験参加者においても、相関分析で難易度評価

分類	音楽特徴量名	No.1	No.2	No.3	No.4	No.5	No.6	No.7	No.8	No.9	No.10	No.11	No.12
音高	音高の平均値	0.288	0.400	0.284	0.147	0.205	0.236	0.293	0.641	0.001	0.249	0.405	0.018
	最高音	0.392	0.490	0.502	-0.035	0.291	0.244	0.266	0.429	0.067	0.357	0.505	0.140
	音域	0.261	0.333	0.519	-0.243	0.200	0.432	0.111	-0.334	0.169	0.058	0.153	0.167
	ビッチエントロピー	0.307	0.268	0.482	-0.066	0.338	0.554	0.059	-0.269	0.292	-0.007	0.302	0.459
	WPCS	0.332	0.478	0.586	-0.238	0.345	0.505	0.099	-0.212	0.154	0.073	0.358	0.301
音程	跳躍割合	0.379	0.721	0.577	0.346	0.773	0.287	0.359	-0.028	0.215	0.394	0.174	0.644
	上向跳躍割合	0.265	0.506	0.361	0.273	0.585	0.116	0.192	-0.130	0.242	0.273	0.134	0.511
	下降跳躍割合	0.407	0.726	0.591	0.325	0.697	0.370	0.408	0.102	0.152	0.422	0.179	0.634
	旋律方向変化割合	0.438	0.443	0.235	0.455	0.740	0.441	0.330	-0.192	0.271	0.390	0.156	0.646
	LR	0.433	0.665	0.424	0.136	0.242	0.437	0.487	0.234	-0.165	0.467	0.393	0.053
リズム	音価の平均値	0.196	-0.313	0.243	0.188	0.144	-0.105	0.273	-0.362	-0.037	0.166	-0.141	-0.119
	BPM	0.422	-0.090	0.229	0.205	0.201	-0.144	0.433	-0.490	-0.133	0.425	-0.085	0.054
	音価密度	0.450	0.390	0.107	0.100	0.166	-0.032	0.404	-0.345	-0.182	0.536	0.090	0.262
	音価変化割合	-0.187	0.051	0.051	-0.111	-0.228	0.044	-0.154	0.426	-0.084	-0.123	0.039	-0.186
	タイの数	-0.286	-0.184	-0.098	-0.304	-0.428	-0.382	-0.234	-0.088	-0.305	-0.374	-0.146	-0.212
	音価エントロピー	-0.238	0.149	0.012	-0.090	-0.251	0.337	-0.128	0.611	-0.039	-0.186	0.013	0.028
	MSDR	0.356	0.234	0.135	0.348	0.538	0.197	0.345	-0.215	0.152	0.293	0.019	0.461

図 1 各実験参加者と音楽特徴量の相関係数。太字は相関係数の絶対値が 0.4 以上となったものを示す。

との相関が比較的高かった音楽特徴量がモデルの説明変数として選択された。No.2, 3, 6 の難易度評価に対しては決定係数が 0.7 を超えるモデルが構築できており、提案した音楽特徴量の有効性を示すことができているが、No.9, 11 の難易度評価に対しては 0.3 を下回っており、提案した音楽特徴量では難易度評価を説明するには不十分であることがわかる。

4.2 歌いにくさの性質の分析

次に、楽曲がどのように歌いにくいを解釈し定量的に議論するための分析について述べる。まず対応分析を行い、大まかに楽曲と歌いにくさの項目の関連を可視化して歌いにくさの性質が大まかにどのように解釈できるかを考察する。次に楽曲・質問項目それぞれに対し詳細に歌いにくさの性質について考察する為にクラスタ分析を行う。クラスタ分析はいずれも階層的クラスタ分析であるウォード法により行う。

4.2.1 対応分析

最初に楽曲と質問項目間の関連を対応分析にて視覚的に確認する。結果を図 2 に示す。赤文字と赤矢印のペアが質問項目、青文字と青丸のペアが楽曲を示す。2 つの質問項目の位置が近いことは、それらの項目が同時に回答される頻度が高いことを示し、質問項目と楽曲の位置が近いことはその楽曲に対しその質問項目が多く回答されたことを示す。この結果より、質問項目は大きく「音域」「跳躍」「複雑さ」の 3 つの難しさに大別できると解釈できる。

4.2.2 楽曲のクラスタ分析

歌いにくさの性質を楽曲ごとに詳細に分析するため、Q2 の回答を楽曲ごとに集計したデータを用いてクラスタ分析

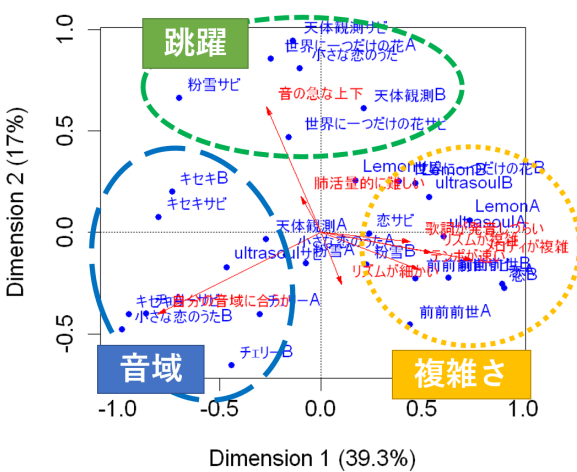


図 2 対応分析の結果

を行う。クラスタ分析は階層的クラスタ分析であるウォード法により行う。距離尺度にはユークリッド距離を用いる。結果を図 3 に示す。互いに折れ線で結ばれた 2 つの楽曲もしくはクラスタが階層的にクラスタを形成していることを示す。結果は同図に色枠で示したクラスタで楽曲を大別できる。以下の A~D は図中の同じ文字で示したクラスタに対応し、各々については以下の共通性が見出される。クラスタ A には、「世界に一つだけの花」、「粉雪」の A メロなど大きく音域を外れることもなければ複雑さもさほど感じないような楽曲と「ultrasoul」の A メロや「前前前世」の A メロなどそれほど簡単な印象は受けないが特筆して歌いにくい理由がない楽曲が属した。クラスタ B には、「キセキ」や「ultrasoul」のサビのような非常に高い音域が続く楽曲と、逆に「小さな恋のうた」の B メロのような低い音域が続く楽曲が属した。クラスタ C には「粉雪」のサビ、「天体観測」といった局所的に歌いにくい跳躍進行が

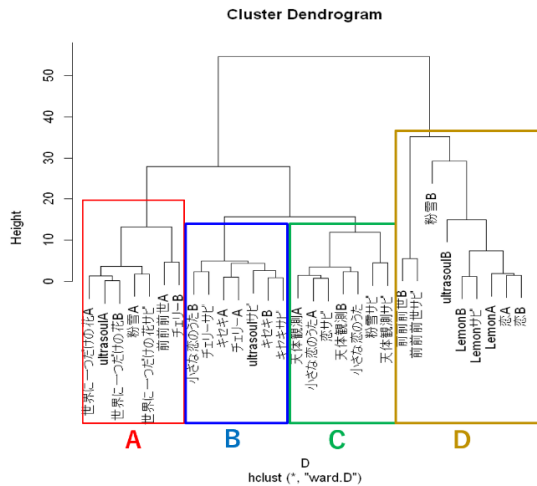


図 3 楽曲のクラスタ分析の結果

含まれる楽曲が属した。クラスタ D には、「粉雪」の B メロや「前前世」の B メロとサビのようなリズムが細かい楽曲、「Lemon」のようなリズム・メロディが複雑な楽曲が属した。対応分析の結果と併せて考えると、クラスタ D には複雑さのある楽曲が属すると考えてよいだろう。このように楽曲は対応分析で大別された歌いにくさの要因である音域・跳躍・複雑さを主理由とするものと、特筆すべき理由がないものでクラスタが形成された。

また参加者ごと、クラスタ別に難易度評価の平均を算出した。図 4 に結果を示す。軒並み各参加者でのクラスタ A の難易度評価が低いことが読み取れる。

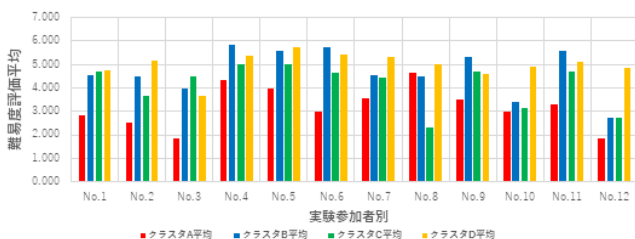


図 4 実験参加者のクラスタ別難易度評価平均

4.2.3 質問項目のクラスタ分析

Q2. の 8 つの質問項目を回答の共起関係に基づきクラスタ分析し、グループに分ける。クラスタ分析は階層的クラスタ分析であるウォード法により行う。距離尺度にはユークリッド距離を用いる。結果を図 5 に示す。

互いに折れ線で結ばれた 2 つの質問項目もしくはクラスタが階層的にクラスタを形成していることを示す。質問項目はクラスタ数を 3 にすると対応分析にて確認できた跳躍・音域・複雑さの 3 クラスタに分類できると考えられる。また、クラスタ数を 4 にすると、複雑さに属する質問項目が「メロディが複雑である」とそれ以外の「リズムが複雑」、「テンポが速い」、「リズムが細かい」、「息継ぎタイミングがつかめない」、「歌詞が発音しづらい」の 5 項目でクラスタ

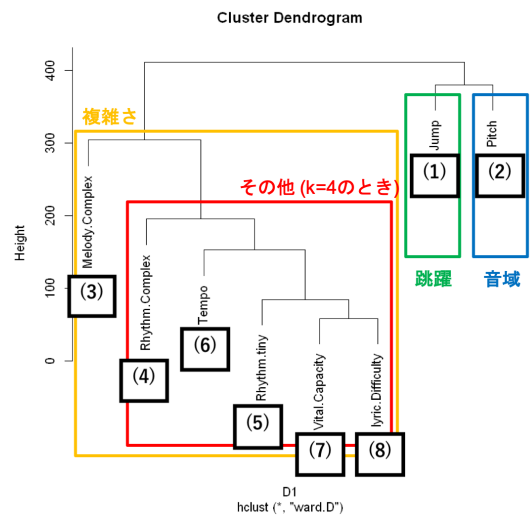


図 5 質問項目のクラスタ分析の結果. 図中の () 内の数字は、小節 3.2 で示した Q2. の質問項目の番号を示す。

が分離した。この 4 つ目のクラスタの項目同士は、共起しやすいというよりは回答数が少なかったためにクラスタを形成したと考えられる。

以上の結果より、楽曲がどのように難しいかを算出する際、跳躍・音域・複雑さの 3 つ観点を主として算出するのが妥当であると考えられた。

4.2.4 音楽特徴量との相関分析

楽譜データからどのように歌いにくさ算出するため、それぞれの歌いにくさの性質に寄与する音楽特徴量を相関分析により調べる。各楽曲ごとに Q2. のそれぞれの項目が選択された割合を求め、各楽曲で求めた音楽特徴量との相関をピアソンの積率相関係数を算出する。図 6 に結果を示す。

この結果に対しいくつか考察を述べる。

- 「メロディが複雑」の回答が多かった楽曲では、下降跳躍割合、旋律方向変化割合などの音楽特徴量との相関が高かった。
 - 「跳躍がある」の回答が多かった楽曲では、上向跳躍割合と、高音域であることを示す音楽特徴量との相関が高く、高い音域に上がる跳躍があると跳躍と捉えられることが示唆された。
 - 「音域があていない」の回答割合に強く相関を示す音楽特徴量はなかった。実験参加者ごとに音域は異なるので、個人化した音域の特徴量が必要だと考えられる。
 - 「リズムが細かい」、「息継ぎタイミングが掴めない」の回答割合にも強く相関を示す音楽特徴量はなかった。この二つに関しては難しさの性質から考えると、全体的というよりは局所的な難所となっているため、局所構造を捉える音楽特徴量が必要であると考えられる。
- この分析の結果のみでは、歌いにくさの性質を直接算出

	跳躍割合	上向跳躍割合	下向跳躍割合	音域	音価エントロピー	タイの数	音価平均	BPM	音価密度	旋律方向変化割合	ビッチエントロピー	MSDR	音価変化割合	音高平均	最高音	WPCS	LR
メロディが複雑	0.605	0.363	0.682	0.280	-0.045	-0.199	-0.203	0.077	0.437	0.634	0.234	0.404	-0.166	-0.079	0.072	0.205	0.047
跳躍がある	0.383	0.429	0.258	0.289	0.084	-0.073	-0.154	-0.083	0.106	0.246	0.393	0.152	0.107	0.441	0.555	0.502	0.291
音域が合っていない	-0.009	0.080	-0.065	0.078	0.010	-0.192	-0.101	-0.132	-0.070	-0.110	0.251	-0.092	0.138	0.297	0.262	0.245	0.018
リズムが複雑	0.574	0.332	0.660	0.214	-0.058	-0.241	-0.049	0.178	0.376	0.632	0.158	0.367	-0.162	-0.155	0.043	0.128	0.035
リズムが細かい	-0.294	-0.357	-0.163	-0.286	0.104	-0.073	0.045	-0.129	-0.222	-0.062	-0.233	-0.053	0.003	0.202	0.070	-0.258	0.056
テンポが速い	0.269	0.201	0.266	-0.111	-0.525	-0.235	0.523	0.753	0.537	0.434	0.477	-0.422	0.013	0.003	-0.146	0.314	
息継ぎ	-0.035	-0.070	0.007	-0.265	0.031	0.297	0.099	0.208	0.154	-0.159	-0.343	-0.199	0.184	0.200	0.120	-0.174	0.490
歌詞	0.225	0.163	0.239	0.020	-0.383	-0.274	-0.093	0.150	0.414	0.278	0.049	0.496	-0.356	0.259	0.357	0.025	0.130

図 6 Q2. の各項目が選択された割合と音楽特徴量との相関. 太字は相関係数の絶対値が 0.4 以上となったものを示す.

することはできないが、今後さらなる分析・実験を行い歌いにくさの性質を自動算出する方法を追求する予定である。

5. 考察

5.1 音楽特徴量の抽出手法について

今回相関分析と重回帰分析にて難易度評価と相関のある特徴量が少ない、あるいは相関係数の絶対値が小さい実験参加者がみられた。調や歌詞と音形の組み合わせ、繰り返しの有無など、本研究で取り入れた歌いにくさに関わる特徴は無数にある。今後そういった観点で用いる音楽特徴量を適切に取り入れることでより精度のよい難易度算出回帰モデルを構築できる見込みがある。

5.2 記憶・嗜好の影響

著者らによる前回の報告 [11] でも指摘したが、歌唱実験での難易度評価は記憶の確かさや好みといった楽曲の音楽的要素でない外的要因の影響を受けたことが示唆される。個人ごとに詳細に考察したところ、歌唱力が低い実験参加者において記憶・好みの影響が顕著であった。実験参加者の中では音程を合わせる能力が低かった No.8 の難易度評価と好みは高い負の相関を示した。音楽的要素というよりはその楽曲の好みやよく聴いていたり歌っているかどうかで難易度を判断している可能性が示唆された。実験参加者のうち No.8 以外は音程を合わせることはできる程度の歌唱力を持っていたが、今後難易度算出のためには歌唱力が低めの人も実験対象に追加していく必要がある。

6. おわりに

本研究は主観的な楽曲の歌いにくさを歌唱難易度として数値化する手法について検討した。楽曲の難易度算出のため楽譜データから歌いにくさに関わる音楽特徴量を抽出し、歌いにくさとの関係を分析した。歌唱実験での難易度評価との相関分析にて主観的難易度に相関のある音楽特徴量は実験参加者間で異なることが示唆された。個人の難易度評価に対し重回帰分析を行い性能を検証したが、モデルの決定係数は必ずしも実験参加者全員では高くなかった。また楽曲がなぜ歌いにくいかを提示する手段として、対応分析・クラスタ分析を通し跳躍・複雑さ・音域という 3 つの大きな要因にまとめる方法が考えられた。そのうえで、

楽譜情報から歌いにくさの性質を算出するため、音楽特徴量との相関分析を行い考察した。

本研究は主観評価を用いた歌いにくさの定量化としては極めて初期的な検討であり、楽曲や実験対象者の偏り、好みや記憶の影響の考慮、特徴抽出や難易度算出モデルの再考、いずれにおいても十分に改善の余地がある。今後これらの課題を解決して計算機による歌いにくさの分析を可能にし、歌唱者への楽曲推薦システムや歌唱難易度を考慮した自動作曲など広く応用されることを期待する。

参考文献

- [1] Shih-Chuan Chiu, et al. (2012). A Study on Difficulty Level Recognition of Piano Sheet Music. Proceedings of the 2012 IEEE International Symposium on Multimedia. IEEE Computer Society, pp. 17-23.
- [2] Sebastien Veronique, et al. (2012). Score analyzer: Automatically determining scores difficulty level for instrumental e-learning. 13th International Society for Music Information Retrieval Conference (ISMIR 2012). pp. 571-576.
- [3] Ethan Holder, et al. (2015). Musiplectics: computational assessment of the complexity of music scores. 2015 ACM International Symposium on New Ideas, New Paradigms, and Reflections on Programming and Software (Onward!).
- [4] 青野裕司, 岡野真一, 片寄晴弘. (1998). 90 年代おじさん予備軍の歌えない若者の歌. 情報処理学会研究報告音楽情報科学 (MUS) 1998.96 (1998-MUS-027) pp. 21-26.
- [5] 齋藤落生, 島田広, 田村直良. (2018). ギター練習支援システムのためのフレーズ難易度評価. 研究報告音楽情報科学 (MUS), 2018.(21), 1-3.
- [6] 吉原拓海, 加藤誠, 吉川正俊. (2018). 生成モデルに基づくギター楽譜からの演奏難易度推定. 第 10 回データ工学と情報マネジメントに関するフォーラム (第 16 回日本データベース学会年次大会) DEIM Forum 2018 F4-4.
- [7] 横山真男, 斎藤勇也. (2015). ヒットチャートランキング上位に入る楽曲の特徴分析. 研究報告音楽情報科学 (MUS) 2015.22: 1-6.
- [8] 川端 一光, 岩間 徳兼, 鈴木 雅之. (2018). R による多変量解析入門 データ分析の実践と理論. オーム社.
- [9] 狩野裕, 三浦麻子. (2002). グラフィカル多変量解析 - AMOS, EQS, CALIS による 目で見る共分散構造分析: 現代数学社.
- [10] ネットリサーチの DIMSDRIVE『カラオケ』に関するアンケート.
<http://www.dims.ne.jp/timelyresearch/2008/080124/>
- [11] 山本雄也, 平賀謙. (2019). ポピュラー音楽の歌唱における主観的難易度と音楽的要因の調査. 日本音楽知覚認知学会 2019 年度春季研究発表会資料. JSMPC2019(1)-1, pp. 1-6.