

聴覚障害者のメロディ認知におけるピッチ変形とリズム変形の効果

三井 颯人¹ 若狭 健太² 平賀 瑠美³ 安 啓一⁴ 田淵 経司⁵ 寺澤 洋子⁶

概要: 聴覚障害者は、音楽のメロディ、リズムといった要素を認知、識別する能力を、健聴者より低いものの有していることがわかっている。ただ、過去の研究で用いられた音楽は単純な音列が多い。そこで、本研究は聴覚障害者のメロディ認知に着目し、ポピュラー音楽のメロディの一節を刺激として使用し、ピッチ、リズムを一部変形させた選択肢から、正解を選ぶ弁別実験を実施した。その結果、聴覚障害者はポピュラー音楽のメロディのリズムの変形については比較的高い精度で弁別できることが分かった。ピッチの変形についても、音高の上下行の概形の違いについては判別できていたが、半音単位の変形については判断に時間を要し、正答率が低下した。特に、人工内耳装用者については、ほぼ判別ができていなかった。また、実験の正答率は実験参加者の聴力レベルと負の相関があった。その一方で、音楽鑑賞頻度が高いほど正答率が高くなる傾向もあり、聴力レベルに対して高い正答率の参加者も存在した。特に、メロディ内のリズムの細かな差異を認知する能力は、音楽を頻繁に聴くことが向上に役立つ可能性が示唆された。

Effects of Pitch and Rhythm Modifications on Melody Perception of Deaf and Hard of Hearing People

MITSUI HAYATO¹ SHORI HANAKO² HIRAGA RUMI³ YASU KEIICHI⁴ TABUCHI KEIJI⁵
TERASAWA HIROKO⁶

1. はじめに

音楽活動に親しむ聴覚障害者は多く存在する。聴こえの変化や、補聴器や人工内耳といった機器の制約から、音楽を認知する能力は健聴者と比べて低下する [1][2][3][4]。ただ、音楽認知能力は音楽経験によって向上がみられるほか、音楽経験が言語の知覚や騒音下での音声の聴き取り能力を向上させることが示されている [5]。聴覚障害者が音楽をどのように認知しているか理解することは、現在の課題を把握し、効果的なトレーニング手段等を考案する上で重要になる。

本研究は、音楽において重要な要素のひとつである、メ

ロディに着目する。過去の研究から、聴覚障害者はメロディ内の音高（ピッチ）の遷移の概形や、調性を把握する能力があることがわかっている [6][7][8][9]。また、メロディにリズムパターンやアクセントを付加すると弁別、再生実験の成績が向上することから、メロディ構成音の時系列がメロディ認知において重要となっていると考えられる [10][11][12]。人工内耳装用者は補聴器装用者と比べ、メロディ内の音高の変化を認知する能力が大きく低下する [13]。また、これらの課題の結果には個人差があり、聴力レベルや音楽経験、音楽鑑賞時間が影響を与えているとみられる。

先行研究は、数音の系列や音価（音の長さ）を単純化したものなど、日常的に聴かれる音楽と比べて単純な音列が用いられている。リズム認知に関する研究についても、メロディのリズムパターンを変化させ、識別する課題は実施されていない。

そこで、本研究では、ポピュラー音楽のメロディの一節

¹ 筑波大学大学院 人間総合科学学術院 人間総合科学研究群 情報学学位プログラム 博士前期課程

² 株式会社クミナス

³ 筑波技術大学 産業技術学部 産業情報学科

⁴ 筑波技術大学

⁵ 筑波大学 医学医療系

⁶ 筑波大学 図書館情報メディア系

表 1 使用した楽曲の一覧

セクション	楽曲名	アーティスト名
ピッチ	アイネクライネ	米津玄師
ピッチ	糸	中島みゆき
ピッチ	キセキ	GReeeeen
ピッチ	サウダージ	ポルノグラフィティ
ピッチ	さよならエレジー	菅田将暉
ピッチ	残酷な天使のテーゼ	高橋洋子
ピッチ	シャルル	バルーン
ピッチ	チェリー	スピッツ
リズム	愛をこめて花束を	Superfly
リズム	奏	スキマスイッチ
リズム	3月9日	レミオロメン
リズム	Story	AI
リズム	世界が終るまでは…	WANDS
リズム	小さな恋のうた	MONGOL800
リズム	ハナミズキ	一青窈
リズム	ひまわりの約束	秦基博

を提示刺激とし、そのピッチやリズムの一部を変形させたものと弁別する実験を行う。メロディを変化させる条件を複数設定し、聴覚障害者が認知、識別できる音楽的要素について調査、考察する。

2. 実験デザイン

聴覚障害者のメロディ認知に影響を及ぼしている要素を明らかにするため、メロディの一部のピッチ、リズムを変化させた選択肢の中から、出題されたものと同一のメロディを選ぶ実験を実施した。実験は、筑波技術大学研究倫理委員会の承認を得て行われた。

実験内容は、J-POPのメロディの一節をピアノで演奏した刺激が問題として提示され、3つの選択肢から問題と同一のメロディを選択してもらうものである。

実験の1つの設問は、正解のメロディと、3つの選択肢から構成される。3つの選択肢は、1つが正解と同一のもので、残りは正解のメロディを、後述するメロディ変化条件で変化したものになっている。

2.1 使用楽曲

使用する楽曲は、配信カラオケのDAMにおける、2020年および2021年上半期の総合ランキング[14]の上位100曲から、年代、性別、曲調等を考慮して選曲した。使用した楽曲を、表1に示す。すべての楽曲で、楽曲の中で最も盛り上がる部位とされるサビの冒頭4~8小節を抜粋した。

2.1.1 メロディ変形条件

メロディの変形は、ピッチ条件とリズム条件に分かれており、それぞれ2つの変化バリエーションが存在する。各バリエーションの概要および譜例を、表2、図1、2に示す。

2.1.2 ピッチ変化条件

ピッチ変化条件のバリエーション1では、刺繍音や経過

表 2 メロディ変形バリエーション

条件	バリエーション	バリエーション概要
ピッチ	1	刺繍音や経過音の音高移動
ピッチ	2	旋律の構成音を半音移動
リズム	1	音価を移動(16分または32分)
リズム	2	音符の分割および結合



図 1 本実験のピッチ変形条件の譜例(原曲: さよならエレジー [15])



図 2 本実験のリズム変形条件の譜例(原曲: 3月9日 [16])

音など、メロディの該当部分における楽曲の非和声音の音高を変化させている。メロディとしての雰囲気や調性は大きく変化しないものの、音高の概形が変化する。

バリエーション2では、旋律の一部を、その旋律の調を構成しない音高になるよう、半音上下させている。調性感の変化が大きい、音高の変化は小さい。特に、人工内耳装用者にとって難しい条件となることを想定した。

ピッチ変化条件の各条件バリエーションでメロディーを変化させる割合は、全音符の1/4 - 1/3程度になっている。

2.1.3 リズム変化条件

リズム変化条件のバリエーション1では、音価の一部を前後に移動させている。譜例のように、ある音符の演奏時刻を変更した場合、それに伴って隣接する音符の長さも変化する。聴覚障害者のメロディ認知による時間分解能や、時系列情報を比較、認知する能力を検証することを目的としている。

バリエーション2では、同一音程で連続する音価を結合したり、ひとつの音符を等分割したりしている。メロディにおいて同一音高で再度演奏される箇所を認知、記憶する能力を検証することを目的としている。

リズム変化条件の各条件バリエーションでメロディーを変化させる割合は、全音符の1/5 - 1/4程度になっている。

2.1.4 音声刺激の作成方法

音声刺激の作成は、執筆者がコンピュータで行った。ピアノの音源として、Native Instrument社のThe Grandeur[17]

表 3 本実験の実験参加者

ID	聴力 (dB)	使用機器	音楽鑑賞	音楽経験
s03	70	補聴器	ほぼ毎日	特になし
s04	107.5	人工内耳	ほぼ毎日	特になし
s05	105	人工内耳	ほぼ毎日	特になし
s06	95	補聴器	週 4~5 日	歌唱, ギター
s07	82.5	補聴器	月 2~3 日	特になし
s08	110	人工内耳	週 2~3 日	特になし
s09	68.5	補聴器	ほぼ毎日	ヴァイオリン
s10	103	補聴器	週 2~3 日	特になし
s11	98.8	補聴器	ほぼ毎日	特になし
s12	102.5	人工内耳	週 4~5 日	特になし
s13	100	補聴器	週 2~3 日	特になし
s14	130	補聴器	ほぼ毎日	ダンス, 吹奏楽
s15	84	補聴器	週 4~5 日	ダンス
s16	70.65	補聴器	ほぼ毎日	三線
s17	100	補聴器	ほぼ毎日	合唱
s19	106.5	補聴器	月 2~3 日	手話歌

を使用した。

実験で使用した音声刺激は、ソフトウェア音源の設定で音色をモノラル化した上で、16bit / 320kbps の mp3 ファイルとして書き出したファイルである。mp3 とした理由は、実験プログラムがオンラインアプリケーションであるため、ファイルサイズを小さくするためである。mp3 は不可逆圧縮であるため音声の劣化が生じるが、本研究においては問題にならない範囲であると判断した。

3. 実験概要

3.1 実験参加者

実験参加者は聴覚障害者 16 名 (20~24 歳, 男性 9 名, 女性 7 名), 健聴者 6 名 (22~28 歳, 男性 4 名, 女性 2 名) である。実験参加者のうち、聴覚障害者の参加者の情報をまとめた表が表 3 である。聴力は、平均聴力レベルを示している。音楽経験は、学校の授業以外で経験のある活動を記載している。

実験参加にあたって、実験参加者には書面によって本研究の目的、方法を説明した。参加者は個人情報の取扱い、身体的負荷、実験参加の自由意志について十分な説明を受け、同意した場合のみ実験同意書に署名し、実験に参加した。付録に実験概要書、実験参加同意書を記す。参加者には、970 円または 1150 円の謝金が支払われた。

なお、被験者 ID が s18 にあたる参加者については、全 32 設問中 14 問で音声を一度も再生せずに回答していたため、有効なデータではないと判断し、分析対象から除外している。

3.2 実験環境

実験は、ビデオ会議システムを用いて遠隔で行われた。参加者は筑波技術大学の研究室または自宅で実験に参加し

た。実験端末は Apple 社の iPod Touch または iPhone を用いた。音声刺激の聴き方は、普段音楽を聴取する時と同様にしよう教示した。

実験は Flutter で作成されたアプリで実施した。各セクションの問題の提示順および、設問の 3 つの選択肢の正解の位置は、実行の都度ランダム化するようにした。

3.3 実験手続き

聴力レベルや音楽経験などの事前アンケートは、ビデオ会議に先立って参加者に Google フォームのリンクを送り、回答してもらった。

メロディ変形条件毎に、16 問の設問が出題された。各設問では、正解となるメロディと、3 つの選択肢が提示された。参加者にはそれぞれの音声刺激を回答を決めるまで任意の回数聴き、正解のメロディと同じと思う選択肢を決定してもらった。

各設問の直後に設問別アンケートを実施し、楽曲の認知度、回答の自信度、メロディの聴き取りやすさについて 7 段階で回答してもらった。

4. 結果

最初のセクションおよび正答率の比較部分を除き、集計、分析は基本的に聴覚障害者のデータを用いている。

4.1 健聴者の結果

健聴者の正答率は全体で 98.4% と、ほぼ全問正解となった。また、難しいと感じたメロディ変形条件について調査したところ、6 名全員がリズム変形条件と回答した。

4.2 実験参加者、条件バリエーション別の正答率

本実験の全体、メロディ変形条件、条件バリエーション別の正答率を、表 4 に示す。

表 4 本実験の条件別正答率

条件	正答率	標準偏差
総合	0.609	0.488
ピッチ条件全体	0.547	0.499
リズム条件全体	0.672	0.470
ピッチ条件 1	0.586	0.494
ピッチ条件 2	0.508	0.502
リズム条件 1	0.719	0.451
リズム条件 2	0.625	0.486

なお、各条件バリエーション別の正答率を健聴者と Welch の t 検定で比較したところ、すべての条件で有意に低かった ($p < 0.01$)。

4.3 回答と各要素の分析

回答と他の要素を、Kruskal-Wallis 法のノンパラメトリッ

ク ANOVA で分析した結果を、表 5 に示す。

有意差があるものは、変形条件、条件バリエーション、参加者、曲を知っているか、回答の自信度、メロディの聴き取りやすさとなった。

表 5 回答と各要素の ANOVA

Factor	Statistic	df	p
変形条件 **	8.386	1	0.004
条件バリエーション **	12.382	3	0.006
参加者 ***	96.435	15	< .001
楽曲	18.606	15	0.232
音声刺激	33.018	31	0.369
提示順序	17.113	15	0.312
回答時間	3.564	1	0.059
再生回数	0.511	1	0.475
楽曲の認知度 **	26.067	6	< .001
回答の自信度 **	74.600	6	< .001
メロディの聴き取りやすさ **	53.271	6	< .001

** : p < 0.01, *** : p < 0.001.

条件バリエーション間の回答について Dunn-Bonferroni 法による多重比較を行った。ピッチ条件 2 とリズム条件 1 の間で、有意差が認められた (p < 0.01)。

4.4 回答時間、再生回数

条件のバリエーション毎の回答時間、再生回数の基本統計量を表 6 に示す。

表 6 条件バリエーション別の回答時間、再生回数の基本統計量

		Mean	Std. Deviation
回答時間 (s)	ピッチ条件 1	49.799	32.161
	ピッチ条件 2	58.773	37.965
	リズム条件 1	44.322	30.405
	リズム条件 2	48.885	31.996
再生回数	ピッチ条件 1	8.914	5.667
	ピッチ条件 2	10.148	6.292
	リズム条件 1	7.664	4.751
	リズム条件 2	8.281	4.302

また、回答時間、再生回数について、条件バリエーションを固定要因とした Kruskal-Walls 法のノンパラメトリック ANOVA を実施した結果を、表 8 に示す。回答時間、再生回数の双方で有意差がみられた。

表 7 条件バリエーションと回答時間、再生回数の ANOVA

Factor	Statistic	df	p
回答時間 - 条件バリエーション **	13.964	3	0.003
再生回数 - 条件バリエーション **	12.728	3	0.005

** : p < 0.01.

条件バリエーション間の回答時間、再生回数について

Dunn-Bonferroni 法による多重比較を行った結果、ピッチ条件 2 とリズム条件 1 の間で有意差が認められた (p < 0.001)。

4.5 実験参加者と各要素の分析

実験参加者を固定要因として、時間、再生回数、設問アンケートとの関係について Kruskal-Walls 法のノンパラメトリック ANOVA を実施した結果を、表 8 に示す。それぞれの項目で、有意差が見られた。なお、設問アンケート項目のうち、曲を知っているかと、メロディの聴き取りやすさについては、回答内容が単一となる参加者がおり、分析が不可能だった。

表 8 実験参加者と各要素の ANOVA

Factor	Statistic	df	p
回答時間 ***	185.447	15	< .001
再生回数 ***	163.302	15	< .001
回答の自信度 ***	210.527	15	< .001

*** : p < 0.001.

4.6 条件バリエーションと設問アンケート回答の分析

条件バリエーションを固定要因として、設問アンケートの回答内容との関係について Kruskal-Walls 法のノンパラメトリック ANOVA を実施した結果を、表 9 に示す。回答の自信度について有意差がみられた。

表 9 浄華バリエーションと設問アンケート内容の ANOVA

Factor	Statistic	df	p
楽曲の認知度	0.410	3	0.938
回答の自信度 ***	24.570	3	< .001
メロディの聴き取りやすさ	1.661	3	0.646

*** : p < 0.001.

条件バリエーション間の回答の自信度について Dunn-Bonferroni 法による多重比較を行った結果を、表 10 に示す。ピッチ条件の各バリエーションと、リズム条件の各バリエーションのそれぞれの組み合わせの間で有意差が認められた。

4.7 聴力レベルとメロディ変形条件の関係

各参加者のメロディ変形条件別の正答率と、平均聴力レベルを図示したものを、図 3 に示す。横軸が平均聴力レベル、縦軸が正答率を表している。緑点がピッチ変形条件、青点がリズム変形条件の正答率である。同一参加者の条件別の正答率は、リズム条件の正答率のほうがピッチ条件よりも高い場合は黒線、反対の場合は赤線で結ばれている。

また、聴力レベルと正答率の Spearman の相関係数を求めた結果を、表 11 に示す。リズム条件のバリエーション 2

表 10 条件バリエーションと回答の自信度の関係

Comparison	P_{bonf}
ピッチ条件 1 - ピッチ条件 2	1.000
ピッチ条件 1 - リズム条件 1 ***	< .001
ピッチ条件 1 - リズム条件 2 **	< .001
ピッチ条件 2 - リズム条件 1 **	0.006
ピッチ条件 2 - リズム条件 2 **	0.002
リズム条件 1 - リズム条件 2	1.000

Note. ** : $p < 0.01$, *** : $p < 0.001$.

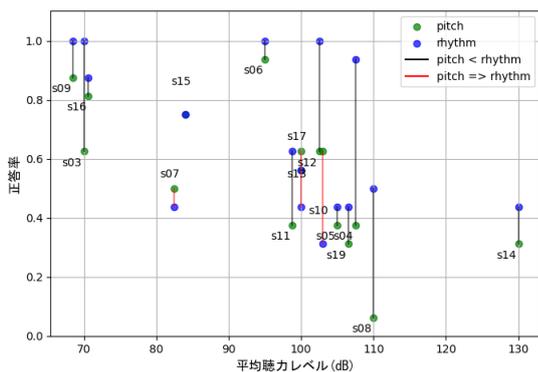


図 3 各参加者メロディ変形条件別の正答率、平均聴力レベルのプロット

を除く条件で、有意な負の相関を示した。

表 11 平均聴力レベルと正答率の相関係数

条件	相関係数	p 値
総合 **	-0.730	0.001
ピッチ条件全体 ***	-0.770	<0.01
リズム条件全体 *	-0.507	0.045
ピッチ条件 1 **	-0.694	0.003
ピッチ条件 2 *	-0.570	0.021
リズム条件 1 *	-0.546	0.029
リズム条件 2	-0.368	0.160

* : $p < 0.05$, ** : $p < 0.01$, *** : $p < 0.001$.

4.8 使用機器、聴取機器との関係

参加者の使用する補聴機器（補聴器、人工内耳）と正答率の関係について、Welch の t 検定を行った結果が、表 12 である。参加者 16 名のうち、補聴器を使用していた者が 12 名、人工内耳が 4 名であった。ピッチ条件のバリエーション 2 において、有意差がみられた。

各条件バリエーションの使用機器別の正答率を、表 13 に示す。

4.9 音楽に関する習慣と正答率の関係

事前アンケートの「音楽を聴く頻度」を固定要因として、

表 12 使用機器と正答率の t 検定

	t	df	p
総合正答率	0.181	13.960	0.859
ピッチ全体正答率	1.921	4.793	0.115
リズム全体正答率	-0.383	4.687	0.719
ピッチ 1 正答率	0.849	4.637	0.438
ピッチ 2 正答率 *	3.009	7.457	0.018
リズム 1 正答率	-0.551	5.478	0.603
リズム 2 正答率	-0.216	4.619	0.838

Welch's t-test. * : $p < 0.05$.

表 13 本実験の条件別正答率

条件	補聴器正答率	人工内耳正答率
総合	0.633	0.539
ピッチ条件全体	0.609	0.359
リズム条件全体	0.656	0.719
ピッチ条件 1	0.625	0.469
ピッチ条件 2	0.594	0.250
リズム条件 1	0.698	0.781
リズム条件 2	0.615	0.656

各条件バリエーション別の正答率との、Kruskal-Wallis 法のノンパラメトリック ANOVA を行った結果を、表 14 に示す。リズム条件 1 において、有意差がみられた。なお、リズム条件全体については、分散が 0 になる集団があり、分析を実施できなかった。

表 14 音楽聴取頻度と正答率の ANOVA

Factor	Statistic	df	p
総合	6.887	3	0.076
ピッチ条件全体	4.759	3	0.190
ピッチ条件 1	5.813	3	0.121
ピッチ条件 2	1.576	3	0.665
リズム条件 1 *	7.925	3	0.048
リズム条件 2	5.226	3	0.156

* : $p < 0.05$.

5. 考察

5.1 実験条件

ピッチ変形条件とリズム変形条件の正答率に有意差があり、リズム条件の方が正答率が高かった。条件バリエーション毎の比較では、ピッチを半音上下させるピッチ条件の条件バリエーション 2 と、リズム条件 1 の間で有意差がみられた。

ただ、メロディのピッチ変形とリズム変形は本質的に異なるものであり、両者の認知の難度について単純に比較することはできない。あくまで、本研究で設定した条件ではリズム変形条件の方が正答率が高かったことにすぎないことに留意する必要がある。

以下では、リズム変形条件、ピッチ変形条件それぞれに

ついて考察する。

5.1.1 リズム変形条件

変形条件間の有意差が発生した要因は、ピッチ条件2の正答率が他の条件バリエーションを大きく下回っていることによるものが大きい。したがって、本研究で設定したピッチ条件1とリズム条件の各バリエーションについては、聴覚障害者にとって大きく難度が異なるものではなかったと思われる。

先述したように、音高と音価の変形量は同列に比較できないものの、リズム条件は音符の変形量、変形割合共に相応に小さくしている。健聴者の実験参加者も、全員がリズム変形条件の方が難しいと回答している。それにも関わらず正答率がピッチ条件を上回る結果になったため、聴覚障害者はメロディ内の音価の変形を、相応の精度で把握できていると考えられる。

5.1.2 ピッチ変形条件

ピッチ変形条件のバリエーション1における、刺繍音や経過音の音高の変形は、楽曲の1番と2番、あるいは歌手のアレンジやアドリブなどで変形しうる程度の、音楽的に違和感の少ないピッチ変形を設定した。ただ、経過音や刺繍音のピッチ変形は、その前後の音符のピッチとの関係性（上行、維持、下行）を異なるものにする。

該当部分のピッチ変形量は2半音から4半音程度であり、人工内耳のピッチ弁別閾に近い値になっているが、補聴器装用者と人工内耳装用者の正答率には大きな差はなかった。このことから、人工内耳装用者にとって絶対的には識別が難しい度合いのピッチ変形であっても、旋律内の相対的なピッチ遷移の違いから、メロディとしての差異を認識できるケースがあるのではないかと考えられる。

ただし、メロディはピアノのソフトウェア音源で演奏されている。先述した人工内耳のピッチ弁別閾は純音に対するものであり、倍音を含んだ複合音である楽器音でメロディが演奏されていることは、少なからず影響を与えている可能性がある。

一方、ピッチ変形条件のバリエーション2は、音符の音高を、その楽曲の調では基本的に用いられないものに変形させている。ピッチ変形後のメロディの印象は、義務教育の音楽の授業を履修した健聴者にとっては音を外している、もしくは長調が短調になったのではと感じさせるほどである。それでもなお、人工内耳装用者の平均正答率はチャンスレベルを下回るものとなった。半音のピッチ変形は人工内耳の分解能よりも細かい上、メロディ内のピッチの上下動の遷移としては元のメロディから変形していないことが、この結果につながったと思われる。以上を踏まえると、特に人工内耳装用者は、メロディのピッチの半音単位の変形を認知することが難しく、メロディの調性を認識することも困難である可能性が示唆される。

回答時間や再生回数に目を向けると、ピッチ変形条件の

バリエーション2において、他の条件バリエーションとの間に有意差がみられた。また、使用機器別の各条件バリエーションでの回答時間、再生回数に有意差がみられなかった。ピッチ変形条件のバリエーション2ではこれらの値が大きいことからことから、人工内耳装用者のみならず、補聴器装用者においても、他の条件バリエーションと比べて難度が高く、差異を把握するのに時間を要したことが推測される。

5.2 設問アンケートの回答内容

設問アンケートについては、実験参加者によって回答内容に偏りがみられた。分散分析の際に触れたように、曲の認知度とメロディの聴き取りやすさについては、全ての設問で同じ回答をした参加者が存在する。

曲の認知度については、s11, s14, s17が全設問で最小値（まったく知らない）と回答していた。これらの参加者はいずれもほぼ毎日音楽を聴いているため、普段聴く音楽のアーティスト、ジャンルが本実験の選曲から外れていた可能性がある。あるいは、設問アンケート提示時に楽曲名を提示していなかったため、楽曲を聴いたことがあっても、提示されたメロディが当該楽曲であると認識できていなかった事例も考えられる。

メロディの聴き取りやすさについては、s06が全設問で最大値（聴き取りやすい）で回答していた。s06は総合正答率が9割を越えており、どの設問も比較的容易に聴き取ることができていたと思われる。

回答の自信度については、ピッチ変形条件とリズム変形条件の間で有意差がみられた。リズム変形条件の方が自信度が高くなっており、実際の正答率もリズム変形条件の方が高い。

また、3つの設問アンケート項目は設問が正答であるかどうかで有意差があった。回答が好意的であるほど、正答率が高い傾向にあった。

以上のことから、曲の認知度とメロディの聴き取りやすさは参加者によって回答に偏りがあり、参加者間で正答率にも有意差があることから、正答であるかどうかによってこれらの回答内容に差が生じたものと考えられる。加えて、回答の自信度についてはメロディ変形条件間の難度の差が、参加者の回答に表れたものと思われる。

5.3 楽曲の影響

楽曲ごとの平均正答率と、参加者の平均認知度を、表15, 16に示す。認知度については、0-6の7段階評価の平均値であることを留意する必要がある。ピッチ条件では、正答率に最大25%の差異がみられる。

ピッチ条件で最も正答率の高い「サウダージ」（ポルノグラフィティ）と「残酷な天使のテーゼ」（高橋洋子）は、旋律的短音階が含まれていたり、音高の大きな跳躍が存在し

たりするなど、メロディとして容易な楽曲ではないと感じられる。「残酷な天使のテーゼ」については、設問アンケートにおける認知度が全楽曲中で最も高く、聴き馴染みのあるメロディからの変形を認識しやすかった可能性がある。「サウダージ」は参加者の認知度はそれほど高くなかった。条件バリエーション1の正答率が高めで、比較的変形が分かりやすい刺激になっていた可能性がある。

最も正答率の低い楽曲は「アイネクライネ」であった。この楽曲は参加者の認知度が、全楽曲で最も低かった。加えて、旋律のピッチの上下動が多く、抜粋したフレーズ内の音符数も多かったため、選択肢間のピッチ変形の差異を把握することが難しかったおそれがある。

以上のことから、統計的な有意差はみられなかったものの、少なくとも一部の楽曲や設問については、メロディ変形の認知難度に影響を与えたのではないと思われる。

表 15 楽曲別の平均正答率

条件	楽曲名	Mean	Std. Deviation
ピッチ	サウダージ	0.656	0.483
ピッチ	チェリー	0.594	0.499
ピッチ	さよならエレジー	0.438	0.504
ピッチ	残酷な天使のテーゼ	0.656	0.483
ピッチ	アイネクライネ	0.406	0.499
ピッチ	キセキ	0.469	0.507
ピッチ	シャルル	0.531	0.507
ピッチ	糸	0.625	0.492
リズム	ハナミズキ	0.656	0.483
リズム	小さな恋のうた	0.688	0.471
リズム	3月9日	0.688	0.471
リズム	Story	0.688	0.471
リズム	奏	0.656	0.483
リズム	ひまわりの約束	0.656	0.483
リズム	世界が終るまでは…	0.719	0.457
リズム	愛を込めて花束を	0.625	0.492

5.4 実験参加者の特性

5.4.1 平均聴力レベル

全てのメロディ変形条件、条件バリエーションにおいて、平均聴力レベルと正答率には有意な負の相関がみられた。すなわち、平均聴力レベルが高いほど、すなわち聴覚障害が重度であるほど、実験の正答率が低くなる傾向になることを示している。この傾向は先行研究と同様であり、妥当な結果だといえる。

ただ、実験参加者の中には、聴力レベルに比して高い正答率を示す者もみられた。例えばs04は平均聴力レベルが100dB以上の人工内耳装用者であるものの、ピッチ変形条件の正答率が9割以上である。s06は総合的な正答率が9割以上で全参加者中最も高いのに対して、平均聴力レベルは補聴器装用者の中で比較的高い。両者は音楽を聴く頻度

表 16 楽曲別の平均認知度

条件	楽曲名	Mean	Std. Deviation
ピッチ	サウダージ	1.250	1.723
ピッチ	チェリー	1.750	2.342
ピッチ	さよならエレジー	0.969	1.805
ピッチ	残酷な天使のテーゼ	2.375	2.791
ピッチ	アイネクライネ	0.531	0.842
ピッチ	キセキ	1.281	1.764
ピッチ	シャルル	1.031	1.732
ピッチ	糸	1.344	1.961
リズム	ハナミズキ	1.781	2.239
リズム	小さな恋のうた	1.719	2.144
リズム	3月9日	0.813	1.061
リズム	Story	1.406	1.775
リズム	奏	1.094	1.532
リズム	ひまわりの約束	1.375	1.996
リズム	世界が終るまでは…	0.938	1.458
リズム	愛を込めて花束を	1.219	1.827

が高く、s06は複数の音楽経験があるため、こうした行動が高い正答率につながった可能性が考えられる。

5.4.2 音楽習慣、経験

事前アンケートの「音楽を聴く頻度」と正答率については、リズム変形条件のバリエーション1において、有意差がみられた。リズム変形条件のバリエーション1は、16分音符や32分音符といった、比較的小さい単位で音価が変形する条件である。音楽を普段よく聴くことが、メロディ内の音符の時系列の変形を認知する能力の向上に役立つ可能性がある。

他の条件バリエーションにおいても、音楽鑑賞頻度が高いほど正答率も高くなる傾向が見受けられる。今回のアンケートでの本設問の回答方法が全5段階と比較的少なかったことや、どのくらいの時間や曲数を聴けば音楽を聴いたことになるかが曖昧であったことなど、アンケート手法には改善の余地が複数点存在する。先行研究も踏まえると、今回有意差が出たリズム変形条件のバリエーション1以外でも、音楽聴取頻度が正答率に影響を与えていた可能性がある。

6. まとめと今後の展望

6.1 まとめ

聴覚障害者のメロディ認知に影響を与える要素を調べるため、ポピュラー音楽のメロディの一節をピアノで演奏した音声刺激を作成し、ピッチ、リズムを一部変形させた選択肢の中から、正解と同一のメロディを選ぶ実験を実施した。実験結果から、聴覚障害者は比較的短いメロディに含まれる音符の時系列や、音高の上行、維持、下行といった旋律の概形を把握し、その差異を認知することが可能であると考えられる。ただし、その能力には個人差があるほか、ピッチの上下動が変わらない半音単位の差異については、

把握が困難あるいは不可能であるおそれがある。また、音楽を普段から頻繁に鑑賞することが、メロディ内のリズムの細かな差異を認知する能力の向上につながることを示唆された。

6.2 今後の展望

本研究のメロディ変化条件の設定や設問作成には、刺激作成者の主観的な判断に委ねられる要素が多い。実験を継続し、結果の客観性を高めるためには、それぞれのメロディ変形条件において、より厳密な規則を定める必要がある。

実験参加者の補聴機器装用時の聴力や、音楽経験、音楽的嗜好についてより詳細な調査をすることで、新たな知見を得られる可能性がある。

本研究の目的は、聴覚障害者がメロディの概形を把握し、その変形を認知する能力を調べることにある。移調したりテンポを変更した場合もメロディの概形は変わらないので、そのような条件下での実験も検討すべきである。

参考文献

- [1] Greasley, Alinka, Harriet Crook, and Robert Fulford. Music listening and hearing aids: perspectives from audiologists and their patient. *International Journal of Audiology*, 59.9 (2020): pp. 694-706.
- [2] 太田岳, 任書晃, 日比野浩. 人工内耳の現状と展望. *精密工学会誌* Vol.83, 2017, pp. 992-995.
- [3] Jeremy Marozeau. Why People with a Cochlear Implant Listen to Music. *Proc. of the 14th International Symposium on CMMR*. 2019 Oct, pp. 269-275.
- [4] Catherine M. Sucher, Hugh J. McDermott. Pitch ranking of complex tones by normally hearing subjects and cochlear implant users. *Hearing Research*, 2007, Volume 230, Issues 1-2, pp. 80-87.
- [5] Torppa, Ritva, and Minna Huutilainen. Why and how music can be used to rehabilitate and develop speech and language skills in hearing-impaired children. *Hearing research*, 380 (2019): pp. 108-122.
- [6] 緒方啓一, 吉野公喜. 聴覚障害者のメロディの知覚-ショートピッチシークエンスの弁別 実験-. *特殊教育学研究*, 1999, Vol. 37, No. 3, pp. 43-51.
- [7] Galvin III, John J., Qian-Jie Fu, and Geraldine Nogaki. Melodic contour identification by cochlear implant listeners. *Ear and hearing*, 28.3 (2007): pp. 302.
- [8] 大金 さや香, 城間 将江, 小渕千絵. 人工内耳装用者と補聴器装用者の音楽知覚の比較検討. *AUDIOLOGY JAPAN*, 2015, 58 巻-1, pp. 60-68.
- [9] 寺澤洋子, 相馬翔太, 安敬一, 平賀瑠美. 聴覚障害者の調性認知に関する検討. *研究報告アクセシビリティ*, 2020, 2020-AAC-12: pp. 1-6.
- [10] 林田真志. 聴覚障害者のリズム再生能力に関する検討. *音声言語医学*, 2015, 56(3): pp. 226-235.
- [11] Kong YY, Cruz R, Jones JA, Zeng FG. Music perception with temporal cues in acoustic and electric hearing. *Ear Hear*, 2004 Apr, 25(2): pp. 173-85.
- [12] 狩野直哉, タッピングゲームと Beat Alignment Test を用いた聴覚障害者の音楽リズム認知に関する研究. *筑波大学修士論文*, 2017.
- [13] Looi, Valerie, et al. Music perception of cochlear implant users compared with that of hearing aid users. *Ear and hearing*, 29.3 (2008): pp. 421-434.
- [14] DAM CHANNEL. カラオケランキング (DAM・総合・年間). <https://www.clubdam.com/app/dam/ranking/total-year.html> Accessed December 20, 2021.
- [15] 菅田将暉 (2015) 「さよならエレジー」 『PLAY』 Epic Records Japan, ESCL-5041.
- [16] レミオロメン (2004) 「3月9日」 『ether [エーテル]』 SPEEDSTAR RECORDS, AVCO-36020.
- [17] Native Instruments. キーボード: The Grandeur — Komplete. <https://www.native-instruments.com/jp/products/komplete/keys/the-grandeur/> Accessed December 20, 2021.