

令和3年度
修士論文

日本人と中国人の音環境の認知の違いに
関する主観的評価実験

－中国における音環境の改善に関する基礎的研究－

指導教員 寺島貴根 准教授

三重大学大学院工学研究科
建築学専攻
GONG XUE

目次

第1章 序論	4
1-1 研究背景	5
1-2 研究目的	6
1-3 既往研究	6
1-4 研究概要	7
第2章 音環境に対する主観評価実験・日本人と中国人の比較（予備実験）	8
2-1 実験概要	9
2-1-1 実験刺激の作成	9
2-1-2 実験システム	10
2-1-3 実験手順	12
2-2 実験結果と分析	12
2-2-1 有意差検定の結果	12
2-2-2 聴覚シングルモードにおける評価結果	13
2-2-3 視聴覚マルチモードにおける評価結果	14
2-2-4 シングルモードとマルチモードにおける評価結果の比較	14
2-2-5 因子分析の結果	15
2-3 小括	16
第3章 音環境に対する主観評価実験・日本人と中国人の比較（本実験）	17
3-1 実験概要	18
3-1-1 実験刺激の作成	18
3-1-2 実験システム	24
3-1-3 実験手順	24
3-2 実験結果	26
3-2-1 聴覚シングルモードにおける評価結果	26
3-2-2 視聴覚マルチモードにおける評価結果	37
3-2-3 シングルモードとマルチモードにおける評価結果の比較	49
3-2-4 有意差検定の結果	55
3-3 結果の分析	57
3-3-1 有意差検定の結果分析	57
3-3-2 シングルモードとマルチモードにおける評価結果分析	57
3-3-3 因子分析	59
3-4 小括	66

第4章 <u>騒音レベルに基づく日本人と中国人の感度の違いに関する実験.</u>	67
4-1 実験の概要	68
4-1-1 実験システム	68
4-1-2 実験方法	68
4-1-3 実験の手順	68
4-2 実験の結果と分析	69
4-2-1 適合レベルにおける測定結果	69
4-2-2 許容レベルにおける測定結果	70
4-2-3 平均値と有意差	71
4-2-3 適合レベルと主観評価実験結果の比較	73
4-2-4 許容レベルと主観評価実験結果の比較	74
4-3 小括	75
第5章 <u>実験結果のまとめ</u>	76
第6章 <u>結論</u>	78
謝辞	81
参考文献	82

第 1 章

序論

1-1 研究背景

世界経済が急速に発展している今の社会では、人々は時々様々な声に囲まれている。中には気持ちを楽しませてくれる音もあれば、生理的に不快感を与える騒音もある。世界保健機関(WHO)は、8000万人のEU国民が基準を超えた環境騒音レベルで生活しており、交通騒音の社会コストはGDPの0.2%~2%に達すると指摘している。英国環境省のデータによると、英国の騒音による損失は毎年70~100億ポンドに達している。特に中国では、都市の音環境問題も都市基礎建設の高速発展と工業文明の持続的な発展に伴って日増しに際立っている。中国の環境保護部は環境苦情の中で騒音が35%を占め、環境問題のトップを占めていると指摘した。都市計画建設において、騒音の研究を無視したため、騒音汚染は都市の主要な汚染の一つとなっている。そのため、都市の既存計画を変え、より高品質な音環境を追求することも切実で必要とされている。

一方で、2017年に習近平主席は美しい中国の建設に関する重要な演説を発表し、音環境の改善は都市部にとどまらず、郷鎮(村と町)でより発展させるべきだと要求した。中国国内の多くの郷鎮の形成、発展は国道に頼っている。国道は外部交通の役割を担っているだけでなく、内部交通の役割も担っている。郷鎮建設事業を大いに発展させるため、都市と農村の交通システムは日増しに発達し、交通騒音はすでに郷鎮騒音汚染の最も主要な源となっている。わが国はすでに相応の基準と法規を確立したが、郷鎮の音環境問題に対する重視度と普及度は低い。騒音による被害を効果的に防止し、住民の生活の質をよりよく向上させるため、良い音環境の構築が切実である。

上述したように、騒音に対する中国の研究は都市範囲に多く存在しているが、都市の主な声音を測定する基準は中国が2008年に発表したGB 3096-2008(中華人民共和国国家標準-声音品質基準)である。この基準は地域の区分及び騒音レベルの分布を表1に示す。

表1 中華人民共和国国家標準-声音品質基準(GB 3096-2008)の抜粋

地域の類型	時間帯	
	昼間	夜間
0類 療養施設、社会福祉施設など地域	50dB	40dB
1類 住宅、医療衛生、文化教育、科学研究設計、行政事務など地域	55dB	45dB
2類 商業金融、市場貿易または居住、商業、工業など地域	60dB	50dB
3類 工業騒音が周囲環境に深刻な影響を与えることを防止する区域	65dB	55dB
4類 4a類 高速道路、国道	70dB	55dB
4b類 鉄道	70dB	60dB

表2 日本の「騒音に係る環境基準」の抜粋

地域の類型	時間帯	
	昼間	夜間
AA 療養施設、社会福祉施設など地域	50dB	40dB
A及びB 専ら住居の用と主として住居の用に供される地域	55dB	45dB
C 相当数の住居と併せて商業、工業等の用に供される地域	60dB	50dB

日本の騒音に係る環境基準と比較して明らかなように、地域の区分では日本と中国の規定がほぼ同じである。中国は0類から2類まで日本のAA、A、B、C類にちょうど対応しており、いずれも静かな地域が主である。しかし、中国が高速道路、国道、鉄道などを個別の機能区域に分けていることだ。たがら、騒音レベルの基準値も比較的高い。要するに、中国地域の類型の騒音レベル基準値も日本地域の類型の基準値と一致している。これは日本と中国が騒音等級を区分する基準でほぼ同じであることを示している。しかし、歴史文化や都市構造など多くの面で異なる日本と中国では、騒音や音環境に対する考え方も異なると思われる、同じ基準を当てはめていることに疑問を感じざるを得ない。

また、「中国環境騒音汚染防止報告」のデータによると、2010年-2020年の10年間に於いて、中国の騒音の割合が初期には工場騒音と建設騒音の割合が大きく占めていたが、現段階では交通騒音と生活騒音の割合が大きくなりつつある。日本は高度経済成長期から安定成長期に至る過程で、これと同様の変化を経験しており、今後中国社会も高度成長期から安定成長期に至る過程の中で、音環境の問題も次第に身近な音源にフォーカスしていく傾向にあると思われる。一方、現在は騒音に関する評価量は主として騒音レベルという物理量に基づいている。しかし、実際には音源が受け入れられずに騒音と判断される基準は、音源の騒音レベルのみならず、その時の状況、受聴者との関連性や歴史など背景が大きく影響する。騒音は音環境の一部にすぎず、音環境全体の評価を研究する必要がある。快適な音環境を得るためには、これからは騒音制御の中にサウンドスケープの考え方を導入することが望ましいと思われる。

サウンドスケープとは、カナダの作曲家M. ジェューファーが提唱した概念で日本語では「音風景」「音景」などと訳されることが多いが、音の成り立ちや背景を含めて捉えた音の状態を指している。音の存在には必ず理由や歴史・背景があり、これが明らかになることで、音は受け入れられたり、騒音として排除されたりする。しかし、環境基準などの騒音レベルによる規制は、音響エネルギーに基づく一律で客観的な指標による制御ではあるが、排除すべきでない快適性を含む音源まで排除する危険性を孕んでいる。より良質な都市の音環境の構築を目指すためには、状況に応じたきめ細かな対策が必要である。そして本研究では、このサウンドスケープの考え方にに基づき、音源の存在場所における視覚情報を含めた音環境評価を研究手法として取り入れている。

1-2 研究目的

本研究の目的は、日本人と中国人の音環境に対する認知の違いを明らかにし、中国の音環境問題の解決に資する知見を提供するである。

1-3 既往研究

○中国の音環境の研究

康健はその論文「音風景:現状と将来性」の中で音風景の現状と未来の発展の見通しを明らかにし、従来の騒音低減方式とは異なり、音風景が重視しているのは感知であ

り、単調な数字ではないことを説明した。音の騒音の影響だけでなく、積極的な役割も考慮しなければならない。騒音のみを「廃棄物」として扱うのではなく、利用可能な資源と見なす。音風景は物理、工程、心理学などの多くの専門を結合した学科であり、それは中国の音環境研究という分野に革命的な進展をもたらした。¹⁾

張靚は論文「合肥沿街住宅建築音環境及び騒音防止設計戦略研究」で合肥の異なるタイプの道路に対して騒音と車流量のテストを行い、両者の関係を分析し、シミュレーションソフトを利用して街二面した居住区の騒音の昼間と夜間の異なる分布状況を分析した。著者らは、SD 因子分析法を用いて居住区騒音調査アンケートの結果を解析した。最終的に主観と客観的な分析を結びつけて、合肥市の街に面した居住区に適した騒音防止措置を提出した。²⁾

○視聴覚刺激を用いた音環境の主観評価実験を行った研究

「VR Environment-based Evaluation of Impact Factors on the Urban Soundscape Recognition」

--Rosa SE01; Hyun In J01; Jin Yong JEON1

都市環境における音風景変化要因の影響を調べるため、今回の実験では仮想現実環境における音環境を評価し、音景観空間変化に及ぼす視聴覚要因の影響を考察した。まず、A 区域周辺で9 地点を選択し、各地点で360 度カメラとSoundField(SPS 200)マイクを使用し、3 分間を視聴覚環境として選択し、音圧レベルと周波数特性の変化を調べた。音環境測定データから、3つの音環境(聴覚, 視覚, 視聴覚)において主観評価を行った。臨場感のある環境を実現するために、音源の方向と頭部の回転を反射することで、被験者をVR 中で自由に移動させる。実感の評価により実験環境を検証した。

実験の結果に通して、音風景評価因子では、全体満足度は交通騒音の増加とともに低下し、人の声の低下に伴い低下することが分かった。また、景観評価因子では植生因子が支配的であり、緑地面積の増加に伴い騒音要因が存在するにもかかわらず全体満足度が増加した。緑地面積など自然要素に関する視覚因子の増加に伴い、聴覚因子が制御され、都市音景観に対する満足度が向上した。³⁾

1-3 研究概要

日本国内と中国国内の音環境の異なるいくつかの場所において採取された360° パノラマ映像とアンビソニックマイクロホンによる環境音の録音データを視聴覚刺激として用いて、その場所の視聴覚環境をVR システムによって実験室内に再現し、日本人と中国人の被験者による主観評価実験を実施した。視覚刺激または聴覚刺激を単独で被験者に提示する場合(シングルモード)と視聴覚刺激を同時に提示する場合(マルチモード)のそれぞれにおいて、多数の評価項目(形容詞対)による7段階カテゴリー尺度の主観的評価結果を分析し、音環境に対する日本人と中国人の評価傾向の違いについて場所の特性や視覚情報の影響を考慮して考察するとともに、音環境に対する評価構造の違いについても調べている被験者に視覚刺激を提示し、予測される各地点における騒音レベル(適合レベルと呼ぶ)および許容できる騒音レベル(許容レベル)を調整法によって測定した。

第二章
主観評価実験
日本人と中国人の比較（予備実験）

本実験を始める前に、実験方法の妥当性・実現性について検討するため、予備実験を行った。

2-1 実験概要

騒音レベルの異なる2地点の音環境において動画と音声を採取した視聴覚刺激を、実験室のVR環境において被験者に提示し、視聴覚刺激のシングルモード提示・マルチモード提示における音環境の主観評価を測定する実験を行った。

2-1-1 視聴覚刺激の採取

三重大学の周辺において、騒音レベルが高い国道23号線の歩道上と騒音レベルの低いキャンパス内緑地の2地点（地点1および2）を選定し、動画の撮影と環境音の録音を行った。動画は、地点の周囲の状況が分かるように360°カメラ(RICOH THETA SC 2)を用いてパノラマ動画として撮影された。音声は、地点における立体的な音場が実験時に再生できるようにアンビソニック方式のICレコーダー(ZOOM H 3-VR)によって録音された。録音と同時に騒音計(ONO SOKKI LA-260)による騒音レベル(L_{Aeq})の測定を行った。撮影、録音、測定の時間は3分であった。 L_{Aeq} は地点1で73dB、地点2では45dBであった。



写真1 地点1（国道23号沿い）



写真2 地点2（大学キャンパス内の緑地）

2-1-2 実験システム

実験室において、パソコンに接続されたヘッドマウントディスプレイ（HTC 社 Vive、以降では HMD と略す）とステレオヘッドホン(Bose 社 QuietComfort 25)による視聴覚刺激提示のシステムを構築した。これらはソフトウェア Unity（ゲーム開発エンジン）で構築された VR 環境で制御されており、HMD を装着した被験者の頭部の動きに合わせて映像も音像も連動して動くため、地点それぞれの視聴覚環境を高い臨場感・没入感で被験者に提示できるようにした。聴覚刺激のヘッドホンによる再生音のレベルは、ダミーヘッドマイクを用いて現地で測定された L_{Aeq} に等しくなるよう調整した。



写真3 ヘッドマウントディスプレイとステレオヘッドホン、ダミーヘッドマイク

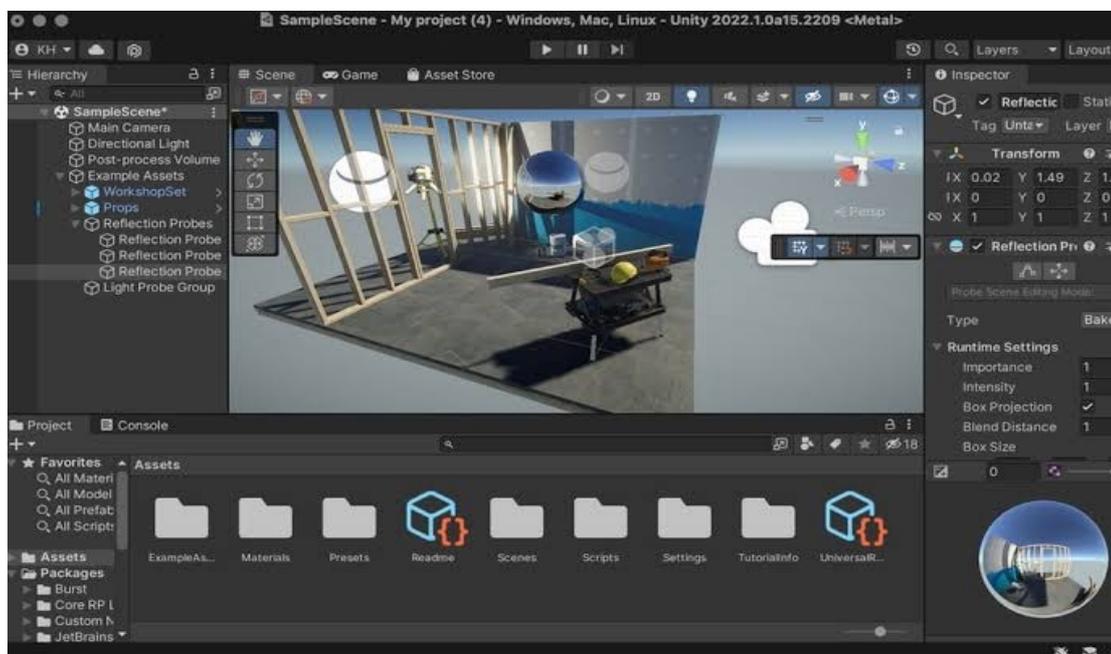


写真4 ゲーム開発環境のUnity

図 2-1 実験システム

実験の実施では、日本人と中国人の被験者に対して、地点1と地点2の視聴覚刺激を提示し、表1に示す評価項目について7段階(表左側：ポジティブな評価+3～右側-3：ネガティブな評価)のカテゴリ尺度で主観評価させた。被験者は評定値を、VR環境内に表示されたスライダー上の値をコントローラで指定することにより回答した。被験者は20代の日本人6名、中国人6名の計12名であった。

評価項目については、一般的な騒音評価に用いられる形容詞対の中から日本人にも中国人にも共通する概念を持つものを多く選択したが、回答スライダーに表示される形容詞対は、中国人の被験者に対しては中国語で表記した方が分かりやすいとの判断で、同じ意味の中国語に変換して表示された。



図 2-2 実験の概要

表 2-1 主観評価に用いた形容詞対

聴覚印象					視覚印象				
-3			3		-3			3	
日本語	中国語		日本語	中国語	日本語	中国語		日本語	中国語
大きい	大	<-->	小さい	小	醜い	难看、丑	<-->	美しい	漂亮、美丽
汚い	刺耳	<-->	美しい	悦耳	暗い	昏暗	<-->	明るい	明亮
濁った	沙哑	<-->	澄んだ	清脆	汚い	脏	<-->	清潔な	干净
硬い	生硬	<-->	柔らかい	柔和	恐い	不安	<-->	安心な	放心
強い	強	<-->	弱い	弱	古い	旧的	<-->	新しい	新的
高い	高	<-->	低い	低	狭い	狭窄	<-->	広い	宽广
荒々しい	粗犷	<-->	穏やかな	平静	危険な	危险	<-->	安心な	安全
不快な	不舒适	<-->	快い	舒适	さむさむしい	凄凉的	<-->	暖かい	温暖
不満足	不满足	<-->	満足	满足	地味な	朴实	<-->	賑やかな	热闹
甲高い	高亢	<-->	落ちついた	低沉	くすんだ	暗淡	<-->	鮮やかな	鲜艳
やかましい	嘈杂	<-->	静かな	安静	沈滞	沉闷	<-->	活気	生机
					閉鎖的な	封闭的	<-->	開放的な	开放的
					乱雑	杂乱	<-->	整然	整齐
					不快な	舒服	<-->	快適な	不舒服

2-1-3 実験手順

1名の被験者に対して聴覚刺激のみ（シングルモード）→視覚刺激のみ（シングルモード）→同じ地点の視聴覚刺激（マルチモード）の順で提示され、それぞれの段階で被験者は、示された主観評価項目について7段階のカテゴリー尺度で回答した



図 2-3 実験手順

2-2 実験結果と分析

2-2-1 日本人と中国人の評定平均値における有意差

実験結果は被験者の国籍に基づいてクロス集計され、日本人と中国人の評定平均値の有意差検定を行なった。表 2 には、聴覚シングルモードと視聴覚マルチモードの提示条件別の、聴覚評価項目における日本人と中国人の有意差検定の結果をまとめている。

表 2-2 日本人と中国人の評定平均値における有意差検定結果

提示	地点	表 1 における聴覚評価項目 No.										
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
聴覚	1	-	-	**	*	-	**	*	*	*	-	*
	2	-	-	-	*	-	-	-	-	-	-	-
視聴覚	1	*	-	-	-	-	*	-	-	-	-	*
	2	-	-	**	-	-	-	-	-	-	-	-

** 1%水準、* 5%水準、- 有意差なし

マルチモードよりもシングルモード、地点 2 よりも 1 の方が、多くの有意差を検出している。また、No. 3・4・6 などの音質に関わる評価項目、No. 7, 11 などの総合的な音環境の評価に関わる項目において有意差が検出された。

2-2-2 聴覚シングルモードにおける評価結果

2-2-1 で共通的に有意差が検出された項目 No. 3, 4, 6, 7, 11 について図 2~5 に刺激提示条件・評価項目毎に評定値の平均・分布を比較している。このうち、青い折れ線が日本人、オレンジの折れ線が中国人における評価の平均値であった。

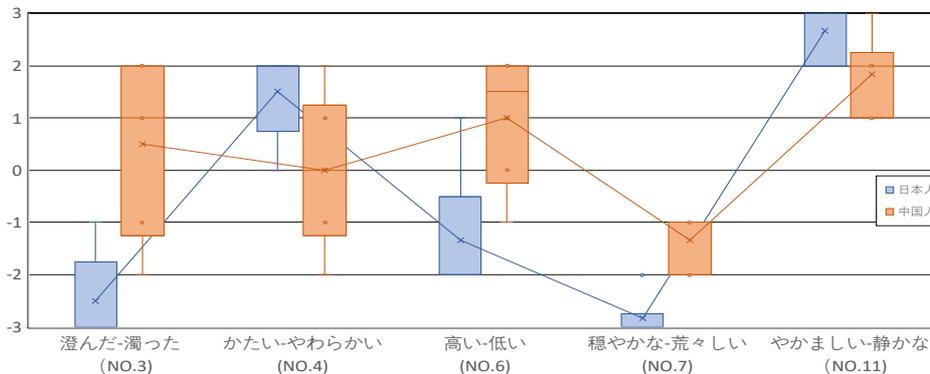


図 2-4 地点 1 における聴覚刺激のみに対する聴覚印象

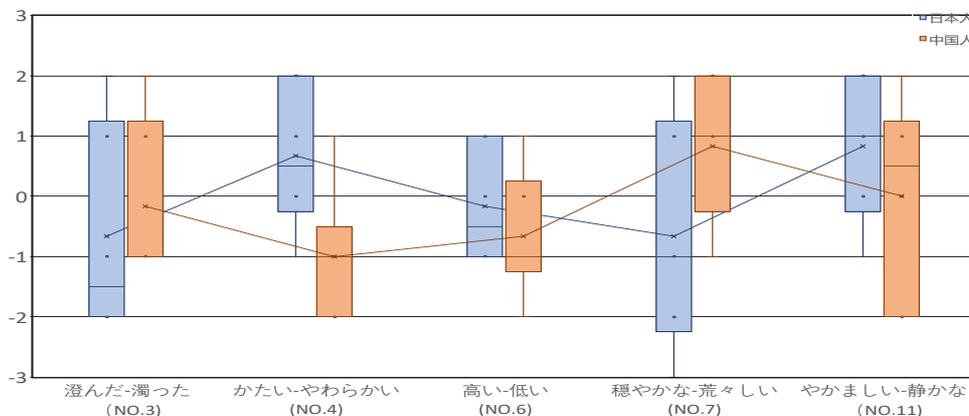


図 2-5 地点 2 における聴覚刺激のみに対する聴覚印象

2-2-3 視聴覚マルチモードにおける評価結果

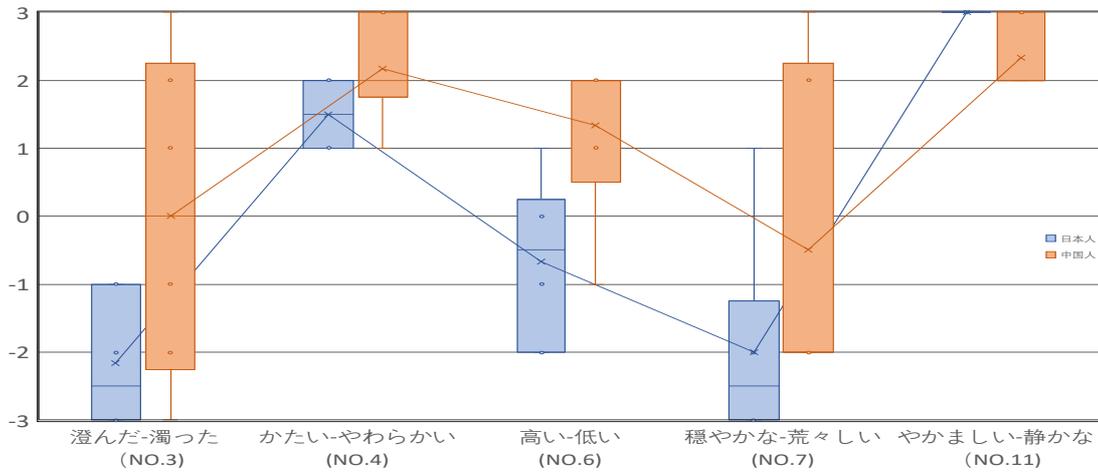
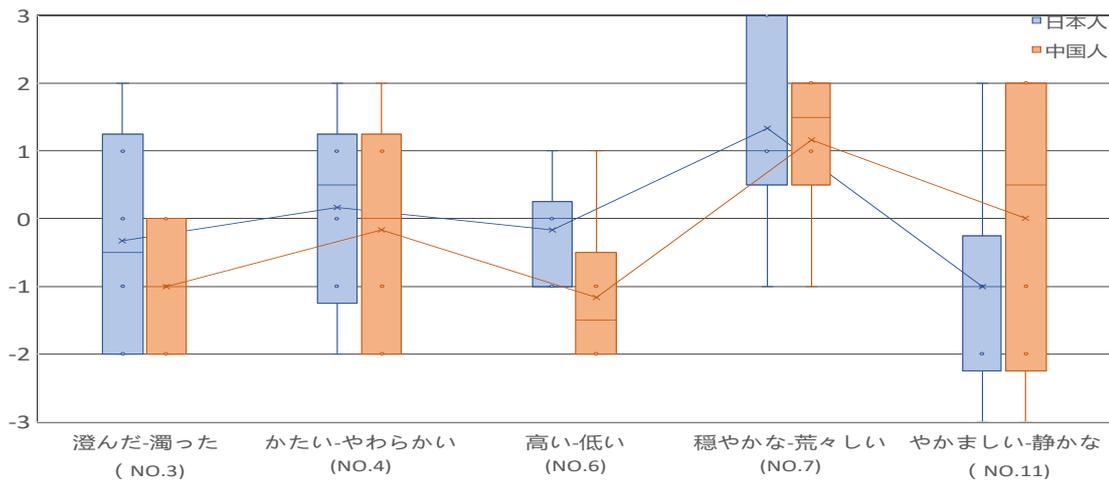


図 2-6 地点 1 における視聴覚刺激に対する聴覚印象



地点 2-7 における視聴覚刺激に対する聴覚印象

2-2-4 聴覚シングルモードとマルチモードにおける評価結果の比較

聴覚刺激のみを提示した場合、地点 1 では、日本人と中国人の評定平均値の差が大きく、特に NO. 3 ではより顕著に反映された。日本人は中国人より評価値のバラツキが大きい。一方、比較的静かな地点 2 では、NO. 4 評価値のバラツキが見られた以外は評価平均値の分布にほとんど差がなかった。

視聴刺激については、地点 1 の聴覚刺激と比較して両者の平均値差は縮小したが、NO. 3 と NO. 7 では中国人の評価値の分布が大きくなった。地点 2 では、両者の評価平均値が近づき、分布も同程度となった。

2-2-5 因子分析の結果

音環境の評価構造を分析するため、12名の被験者に対する聴覚刺激、視聴覚刺激の実験結果を因子分析した結果を表3~4に示す。

表 2-3 聴覚刺激に対する主観評価の因子分析

日本人	美的	金属	迫力
美しい-汚い	0.927	0.180	-0.321
澄んだ-濁った	0.816	0.404	-0.327
かたい-やわらか	-0.791	0.025	0.481
満足-不満足	0.488	0.812	-0.255
高い-低い	0.577	0.692	-0.250
やかましい-静か	-0.494	-0.641	0.546
甲高い-落ち着いた	0.115	-0.795	0.264
強い-弱い	-0.438	-0.433	0.751
大きい-小さい	-0.467	-0.570	0.626
快い-不快な	0.530	0.478	-0.650
穏やかな-荒々し	0.516	0.452	-0.685

中国人	美的 + 迫力	金属	美的
快い-不快な	0.931	-0.162	0.030
穏やかな-荒々しい	0.903	-0.331	0.163
美しい-汚い	0.891	0.134	-0.316
満足-不満足	0.818	-0.229	-0.120
やかましい-静かな	-0.821	0.391	0.068
かたい-やわらかい	-0.883	-0.222	-0.296
強い-弱い	-0.908	0.270	-0.084
甲高い-落ち着いた	0.141	0.780	-0.328
高い-低い	-0.374	0.726	-0.124
大きい-小さい	-0.448	0.533	0.367
澄んだ-濁った	0.062	-0.163	0.586

表 2-4 視聴覚刺激の聴覚印象に対する主観評価の因子分析

日本人	迫力 + 金属	美的	金属
穏やかな-荒々し	0.889	0.443	0.060
快い-不快な	0.862	0.403	0.144
満足-不満足	0.785	0.347	-0.169
強い-弱い	-0.802	-0.546	0.021
甲高い-落ち着いた	-0.830	-0.392	-0.191
かたい-やわらか	-0.836	0.066	-0.095
やかましい-静か	-0.887	-0.403	-0.032
美しい-汚い	0.151	0.961	0.067
澄んだ-濁った	0.344	0.885	0.061
大きい-小さい	-0.474	-0.789	0.116
高い-低い	0.072	0.020	0.813

中国人	美的 + 迫力	迫力	金属
かたい-やわらかい	0.964	-0.154	0.215
やかましい-静かな	0.949	-0.226	0.102
強い-弱い	0.868	-0.356	0.297
快い-不快な	-0.756	0.433	-0.414
美しい-汚い	-0.815	-0.186	-0.320
満足-不満足	-0.877	0.172	-0.234
穏やかな-荒々しい	-0.330	0.870	-0.073
大きい-小さい	0.604	-0.624	0.407
澄んだ-濁った	-0.057	-0.677	0.069
甲高い-落ち着いた	0.296	-0.091	0.791
高い-低い	0.267	-0.547	0.568

表 2-3 と 2-4 は、各評価項目を国籍別に観測変数として因子分析を行なった結果(因子負荷量)を示す。表 3 から日本人の場合は、聴覚刺激の第一因子は美的因子、第二因子は金属因子、第三因子は「強-弱」「大-小」を含む迫力因子であることが分かる。一方、中国人の場合、第一因子は美的因子+迫力因子であり、第二因子は日本人と同じ金属因子であり、第三因子は美的因子である。したがって、聴覚刺激のみの場合、美的因子は中国人の音環境に大きな影響を及ぼし、音環境の異なる評価構造も明確に示されていることが分かった。逆に、視覚刺激を加えると、視聴覚刺激の場合に両者の差が弱くなる。

2-3 小括

本章では主に予備実験について大まかな説明を行い、地点の選択、実験の方法および各結果の分析から、研究内容の実行可能性を確定した。一方、日本人と中国人の異なる地点での主観評価平均値と音環境評価構造の違いを比較することで、その後、日本と中国における音環境の主観評価実験に堅固な基礎を築いた。

第 3 章
日本と中国の
主観評価実験(本実験)

3-1 実験概要

対象地点を日本国内6ヶ所、中国国内6ヶ所の計12ヶ所に増やして、第2章で検討した予備実験に準ずる実験方法によって、音環境に対する主観評価実験を行なった。

3-1-1 視聴覚刺激の採取

対象地点に、予備実験で採用した2地点に加え、日本国内4ヶ所と中国国内6ヶ所を追加した。追加した日本国内の4箇所は、より音環境にバリエーションが加わるように、緑地公園（中勢グリーンパーク）、津市内のマンション中庭、国道23号線とフェニックス通りの交差点付近、津駅前での4ヶ所である。刺激を採取した地点分布を図3-1に示す。さらに中国国内は、日本で選択した地点と同様の属性を持つ場所（属性が近似する地点）を安康市から6ヶ所選定した。



図 3-1 日本における刺激を採取した地点

安康市（図 3-2）は陝西省の南東部に位置し、東は湖北省に臨み、西は四川省に臨む。漢江を境界線として江南区と江北区の 2 つの地域に分けられている。このうち、江南区は旧市街地で安康市の行政中心と経済中心である。江北区は近年安康市が新たに発展したハイテク区域と文化区域である。今回の実験の場所は江南区の国道沿いと交通量の大きい交差点の 2 つの場所を選んだ。江北区は住宅地の付近、大学のキャンパス、公園、駅の 4 つの地点を選んだ。刺激を採取した地点分布を図 3-3 に示す。

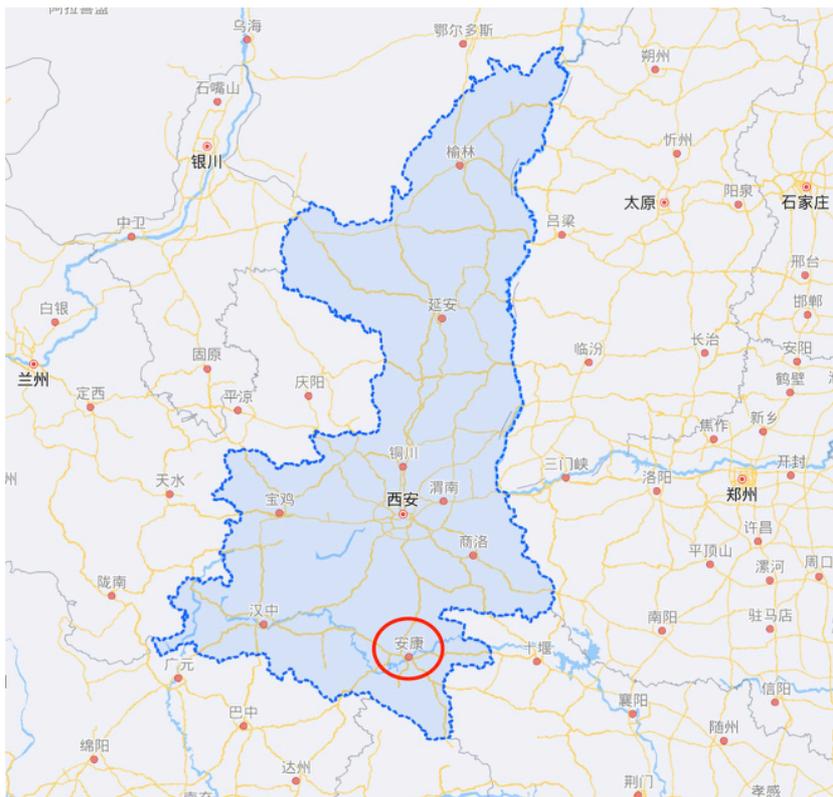


図 3-2 安康市の位置



図 3-3 中国における刺激を採取した地点

これらの地点において、360°カメラ(RICOH THETA SC2またはV)によるパノラマ動画撮影を行った。また日本国内の地点においては、アンビソニックス方式のICレコーダー(ZOOM H3-VR)による録音と騒音計(ONO SOKKI LA-2560)による L_{Aeq} の測定を同時に行った。撮影・録音・測定の時間は3分間であった。新型コロナウイルス感染拡大の時期であり、実験者本人が中国に行くことは困難であったため、中国国内の対象地点については、現地にいる関係者によってRICOH THETA Vによるパノラマ動画撮影およびTHETAに内蔵された4chマイクによる音声録音が行われ、動画・録音データのみインターネットを介して入手した。また騒音レベルの測定もできなかったため、実験における再生レベルは、属性が対応している日本国内の地点で測定した値と同じレベルになるように調整された。写真1~12は日本と中国国内選定した各6地点それぞれのパノラマ写真である。



写真1 地点1(日本) 交通量の多い国道沿い



写真2 地点2(日本) 大学キャンパス内の緑地



写真 3 (日本) 地点 3 緑地公園



写真 4 (日本) 地点 4 マンション付近



写真 5 (日本) 地点 5 交通量の多い交差点



写真6 (日本) 地点6 鉄道駅の前



写真7 地点1 (中国) 交通量の多い国道沿い



写真8 (中国) 地点2 大学キャンパス内



写真9 (中国) 地点3 公園



写真10 (中国) 地点4 マンション付近



写真11 (中国) 地点5 交通量の多い国道沿い



写真 12 (中国) 地点 6 鉄道駅の前

3-1-2 実験システム

本実験における実験システムは予備実験と同じである。パソコン上のゲーム開発エンジン Unity によって作成された VR 環境において、各対象地点の 360° パノラマ画像を立体音声を視聴覚刺激として HMD およびステレオヘッドホンを通して被験者に提示した。

c

2-1-3 実験手順

実験手順も概ね予備実験と同じである。視聴覚刺激を被験者に提示し、表 1 に示す形容詞対からなる主観評価項目を 7 段階(表左側+3~右側-3)のカテゴリー尺度で回答させた。評価項目として用いた形容詞対の選定については、予備実験の結果を考慮して行われ、日本語を中国語に変換する際のニュアンスの変化を避け、また中国人被験者はすべて日本語も理解できることを勘案して、スライダーには日本語で表示した。また、表 2 及び表 3 に中国と日本国内それぞれの地点 1 ~ 6 の場所の特徴と L_{Aeq} の値を示す。

被験者には 20 代の日本人 10 名、中国人 10 名の計 20 名であった。ある地点の聴覚刺激(シングルモード)→同じ地点の視覚刺激(シングルモード)→同じ地点の視聴覚刺激(マルチモード)の順で提示され、地点の提示順は被験者によってランダムとなる。実験に要する時間は一人当たり 30 分程度であった。

表1 主観評価項目の形容詞対

聴覚印象			視覚印象		
-3		3	-3		3
大きい	<-->	小さい	醜い	<-->	美しい
汚い	<-->	美しい	暗い	<-->	明るい
濁った	<-->	澄んだ	汚い	<-->	清潔な
硬い	<-->	柔らかい	恐い	<-->	安心な
強い	<-->	弱い	古い	<-->	新しい
高い	<-->	低い	狭い	<-->	広い
荒々しい	<-->	穏やかな	危険な	<-->	安心な
不快な	<-->	快い	さむさむしい	<-->	暖かい
不満足	<-->	満足	地味な	<-->	賑やかな
甲高い	<-->	落ちついた	くすんだ	<-->	鮮やかな
やかましい	<-->	静かな	沈滞	<-->	活気
			閉鎖的な	<-->	開放的な
			乱雑	<-->	整然
			不快な	<-->	快適な

表2 刺激を採取した地点の特徴と騒音レベル（日本）

地点	場所の説明	主な音源	L _{Aeq} (dB)
1	交通量の多い国道沿	車、人	73
2	大学キャンパス内の緑地	鳥、機械	45
3	緑地公園	鳥、虫、風	45
4	マンション内の空地	蝉、機械	51
5	交通量の多い国道の交差点	車、人、バイク、信号機	69
6	鉄道駅の前	車、人、自転車、駅	58

表3 刺激を採取した地点の特徴と騒音レベル（中国）

地点	場所の説明	主な音源	L _{Aeq} (dB)
1	交通量の多い国道沿	車、人、バイク	73
2	大学キャンパス内	鳥、風、人	45
3	公園	鳥	45
4	マンションの付近	車、機械、人	51
5	交通量の多い国道の交差点	車、人、バイク、売り声	69
6	鉄道駅の前	車、人、バイク	58

3-2 実験結果と分析

3-2-1 視聴覚シングルモードにおける評価結果

図 3-5～3-16 は、視聴覚シングルモードにおける日本人と中国人の主観評価の結果を（聴覚シングルモードと視覚シングルモードのそれぞれの結果を合わせて）示す。左側の図において、青の実線は中国人、赤い実線は日本人の評定平均値である。右側の図においては、青い実線は日本人、赤の実線は中国人の評定値の標準偏差を示す。

○日本の地点における評定平均値と標準偏差

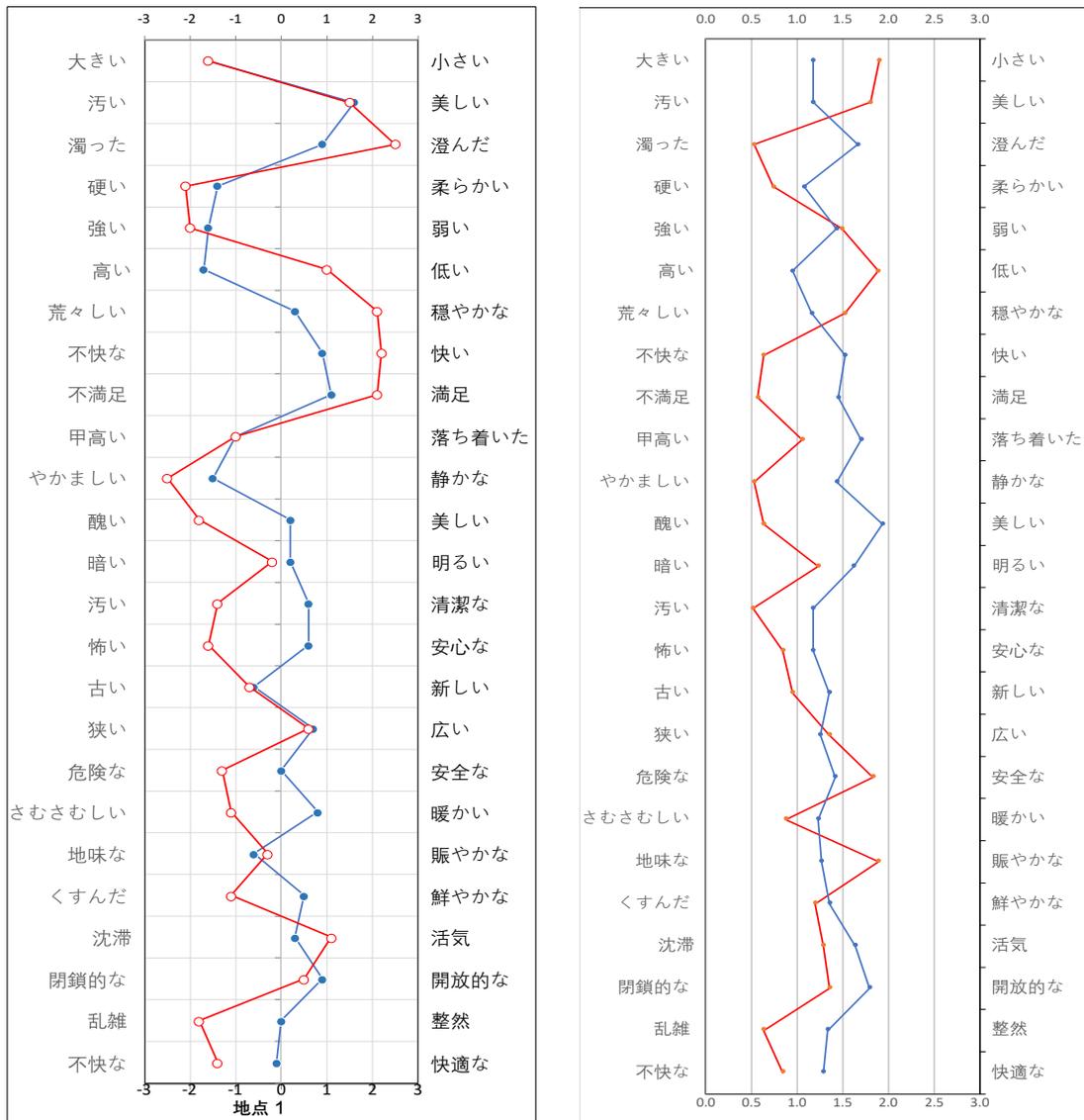


図 3-5 日本の地点 1 における視聴覚シングルモードの平均値

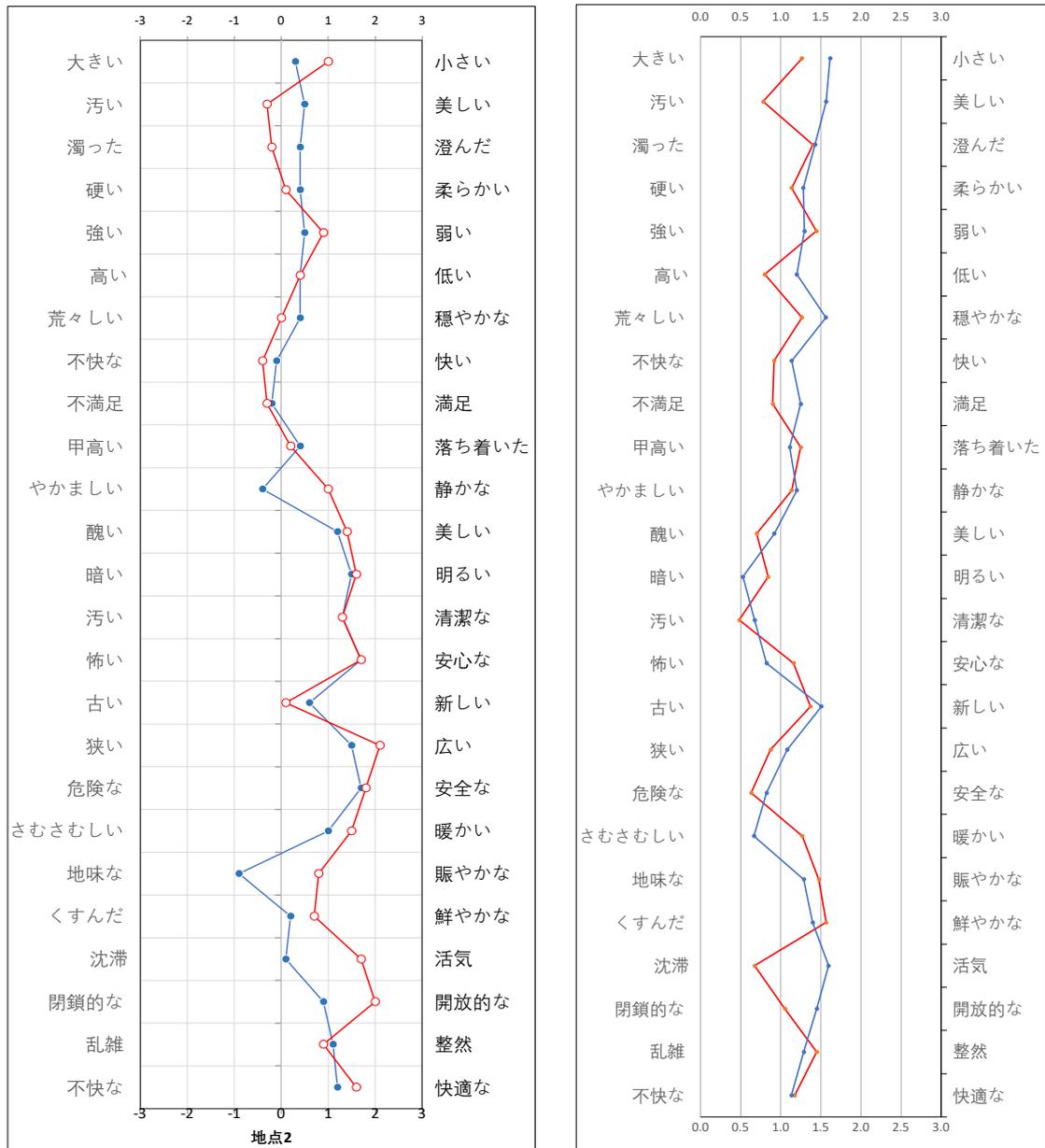


図 3-6 日本の地点 2 における視聴覚シングルモードの平均値

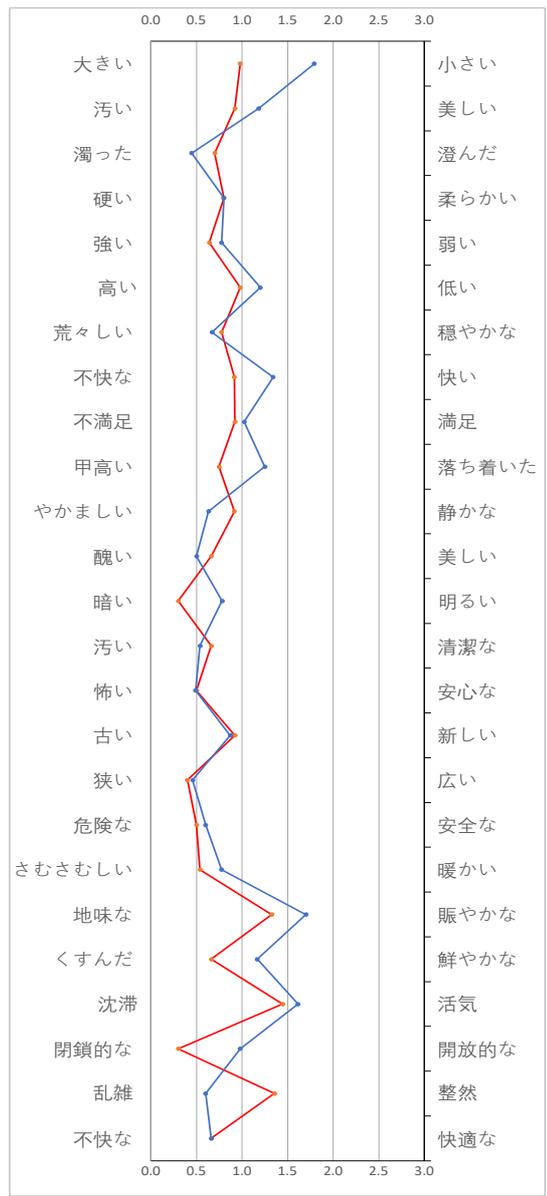
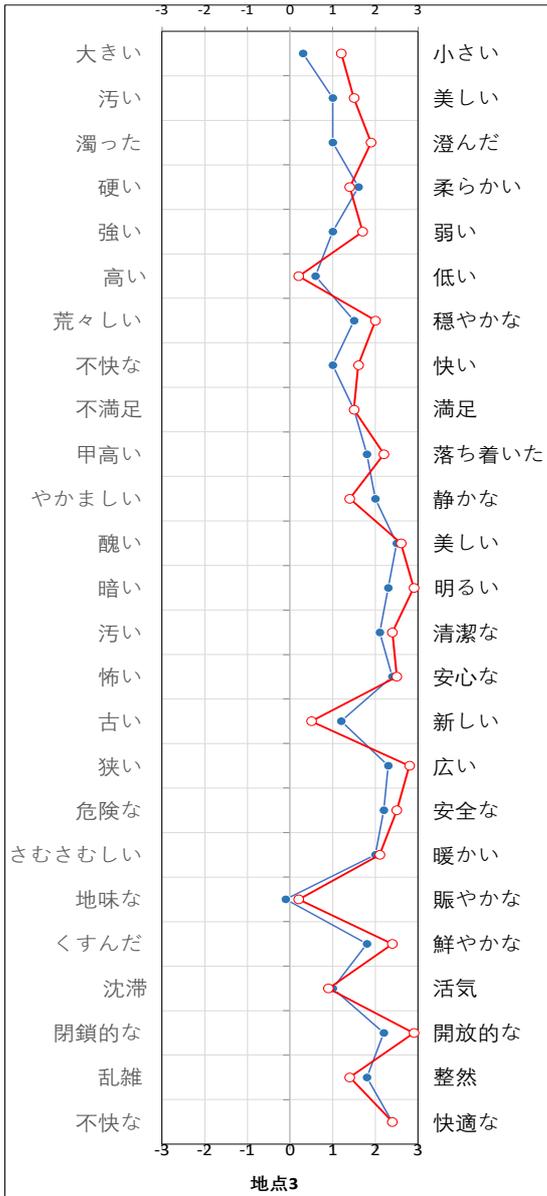


図 3-7 日本の地点 3 における視聴覚シングルモードの平均値

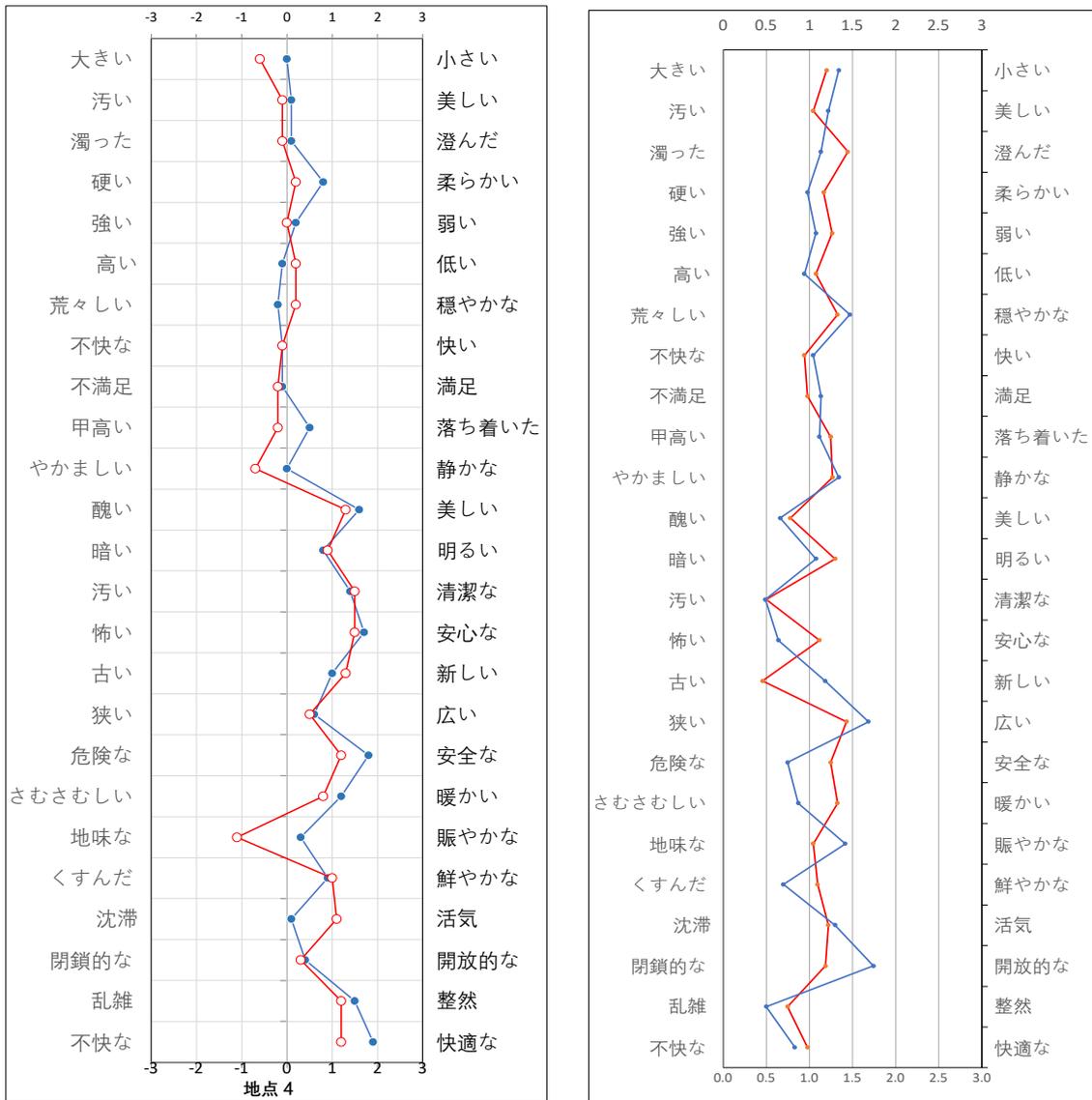


図 3-8 日本の地点 4 における視聴覚シングルモードの平均値

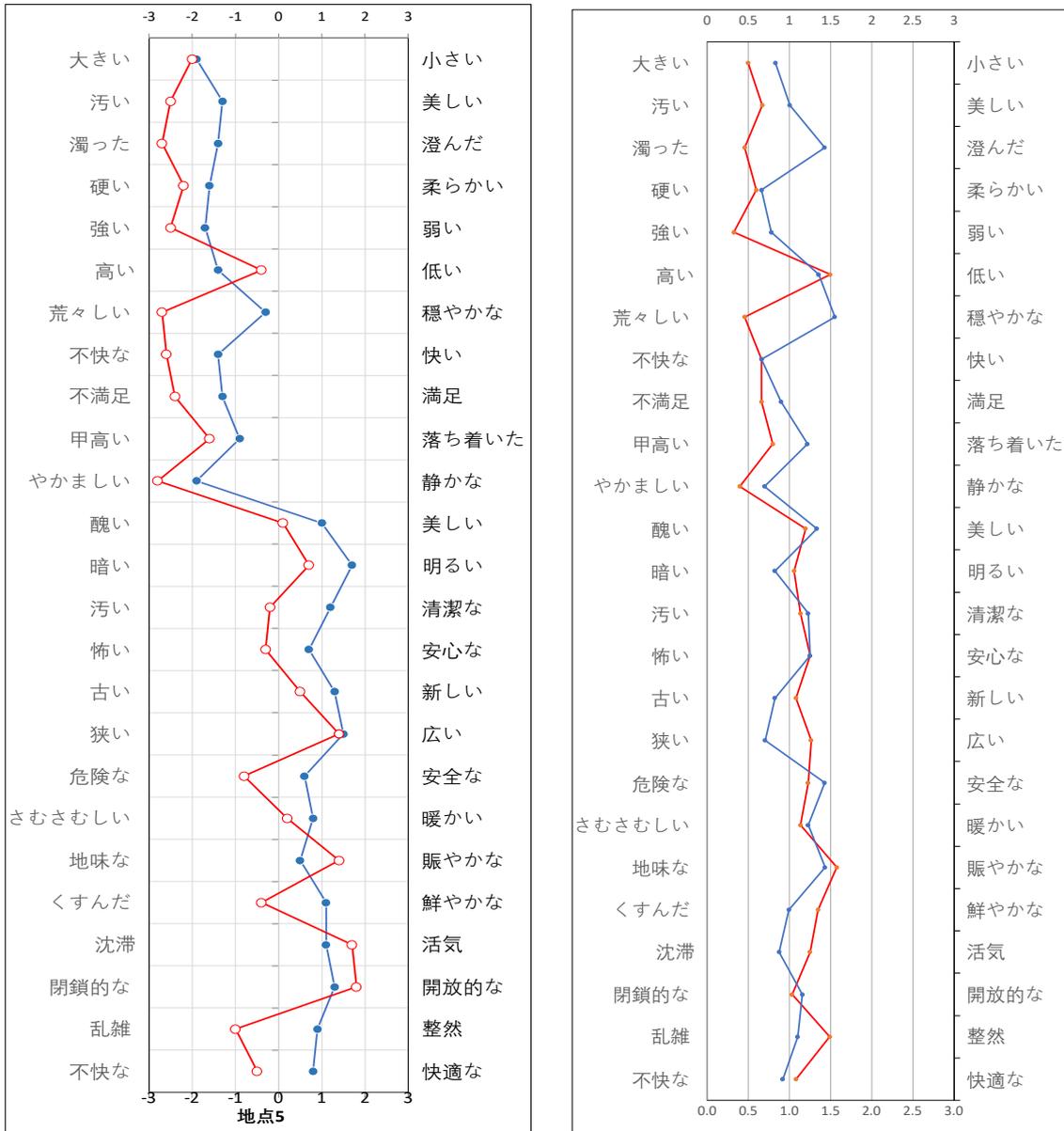


図 3-9 日本の地点 5 における視聴覚シングルモードの平均値

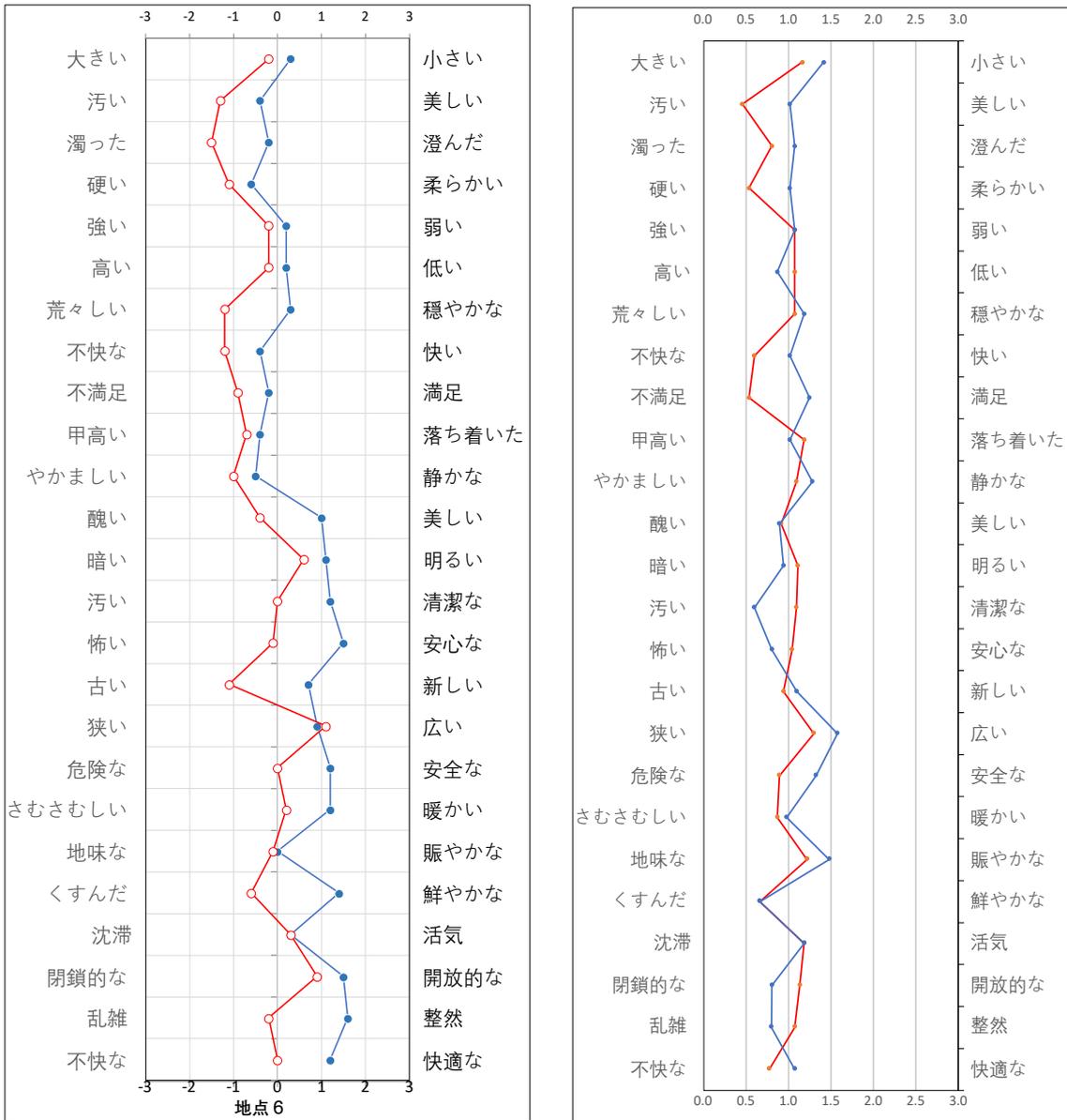


図 3-10 日本の地点 6 における視聴覚シングルモードの平均値

○中国の地点における評定平均値と標準偏差

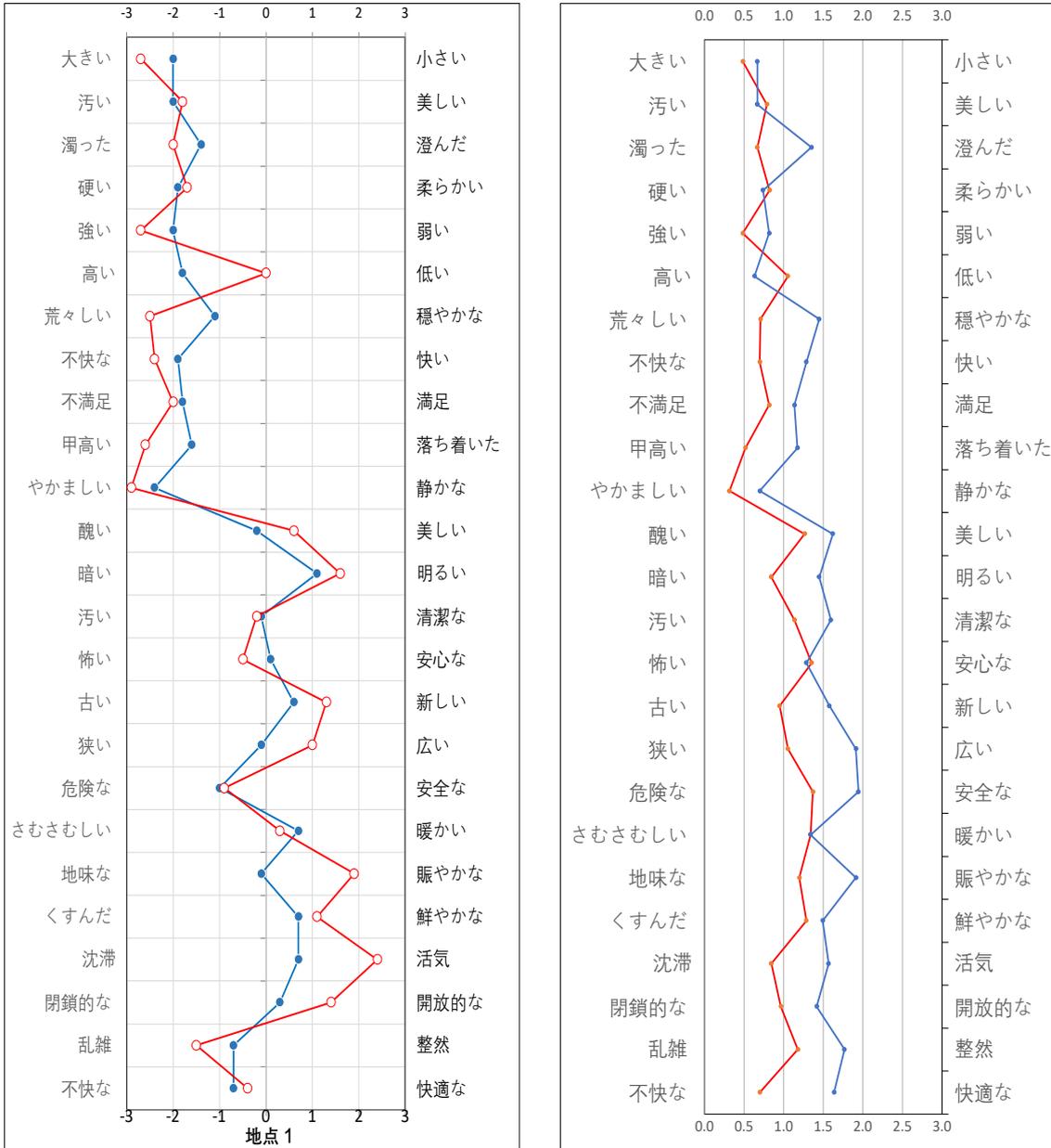


図 3-11 中国の地点 1 における視聴覚シングルモードの平均値

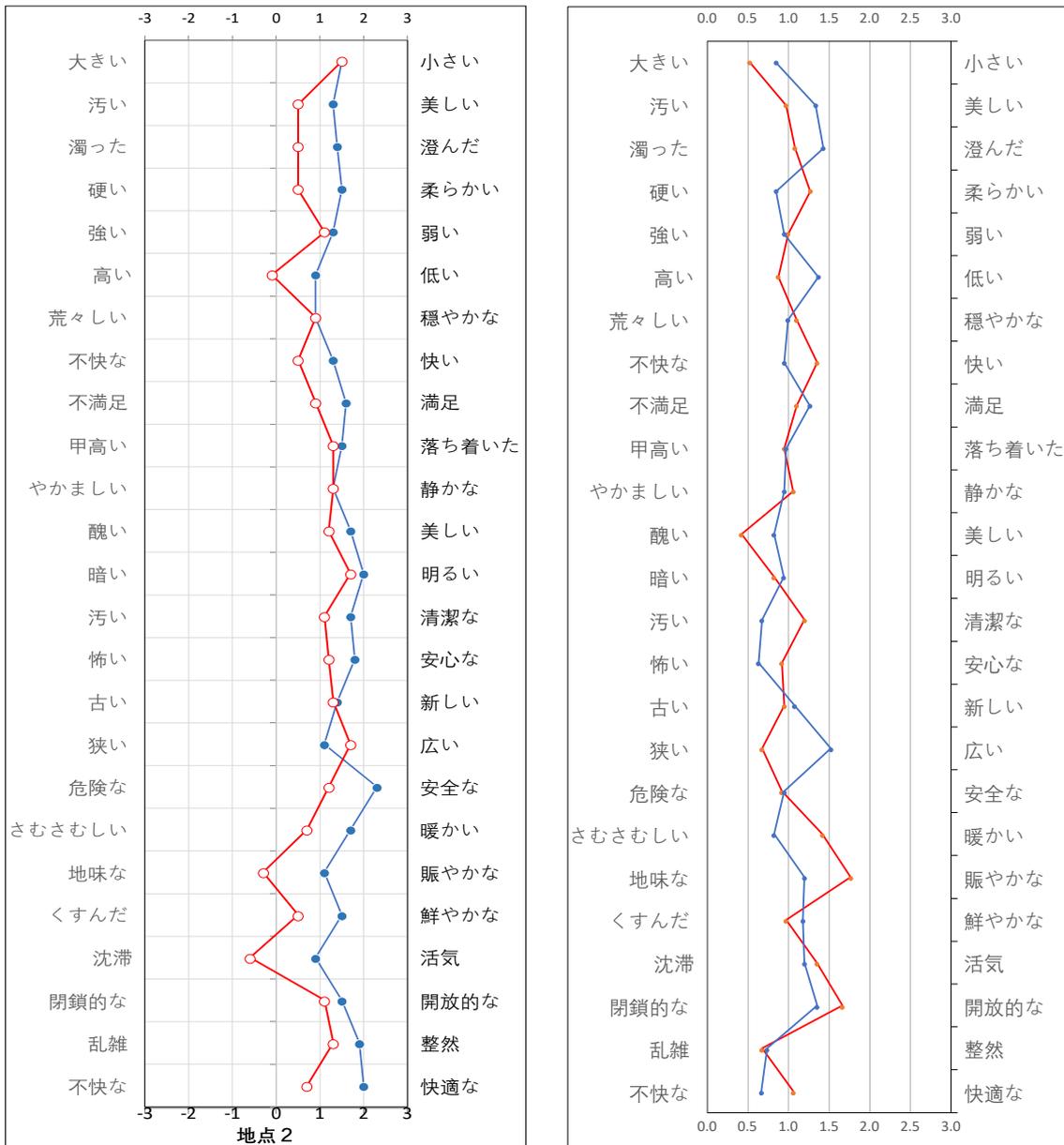


図 3-12 中国の地点 2 における視聴覚シングルモードの平均値

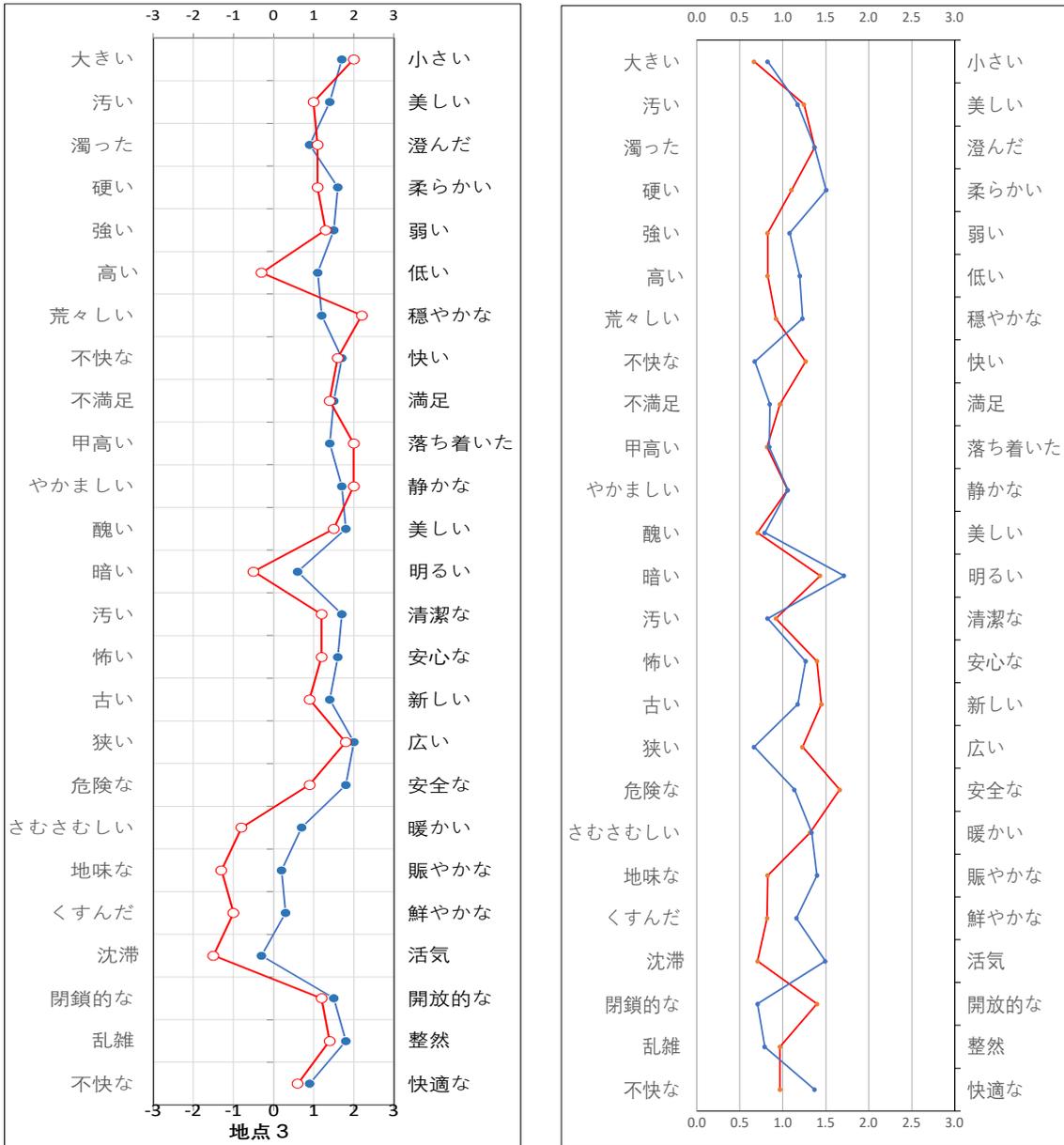


図 3-13 中国の地点 3 における視聴覚シングルモードの平均値

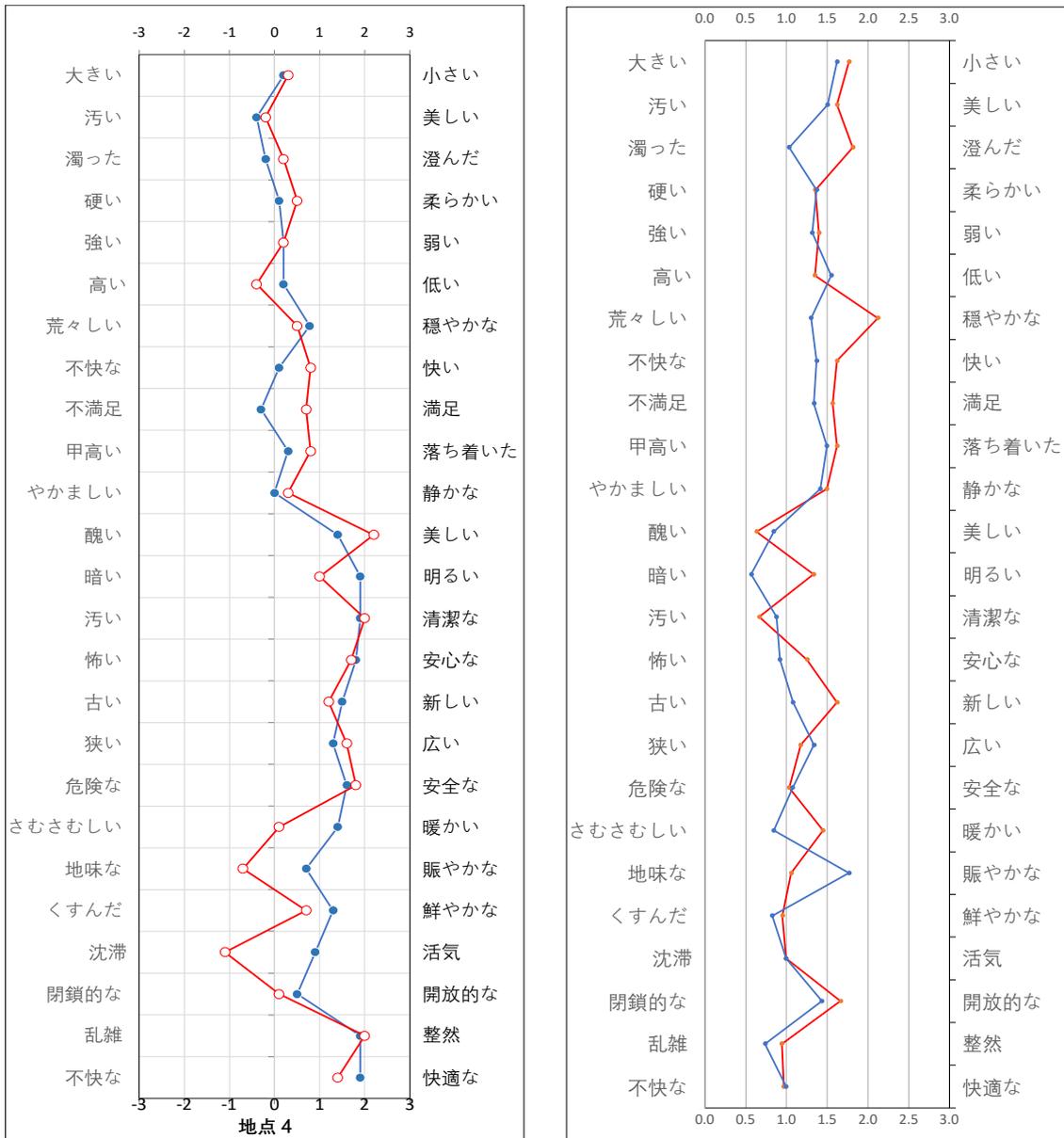


図 3-14 中国の地点 4 における視聴覚シングルモードの平均値

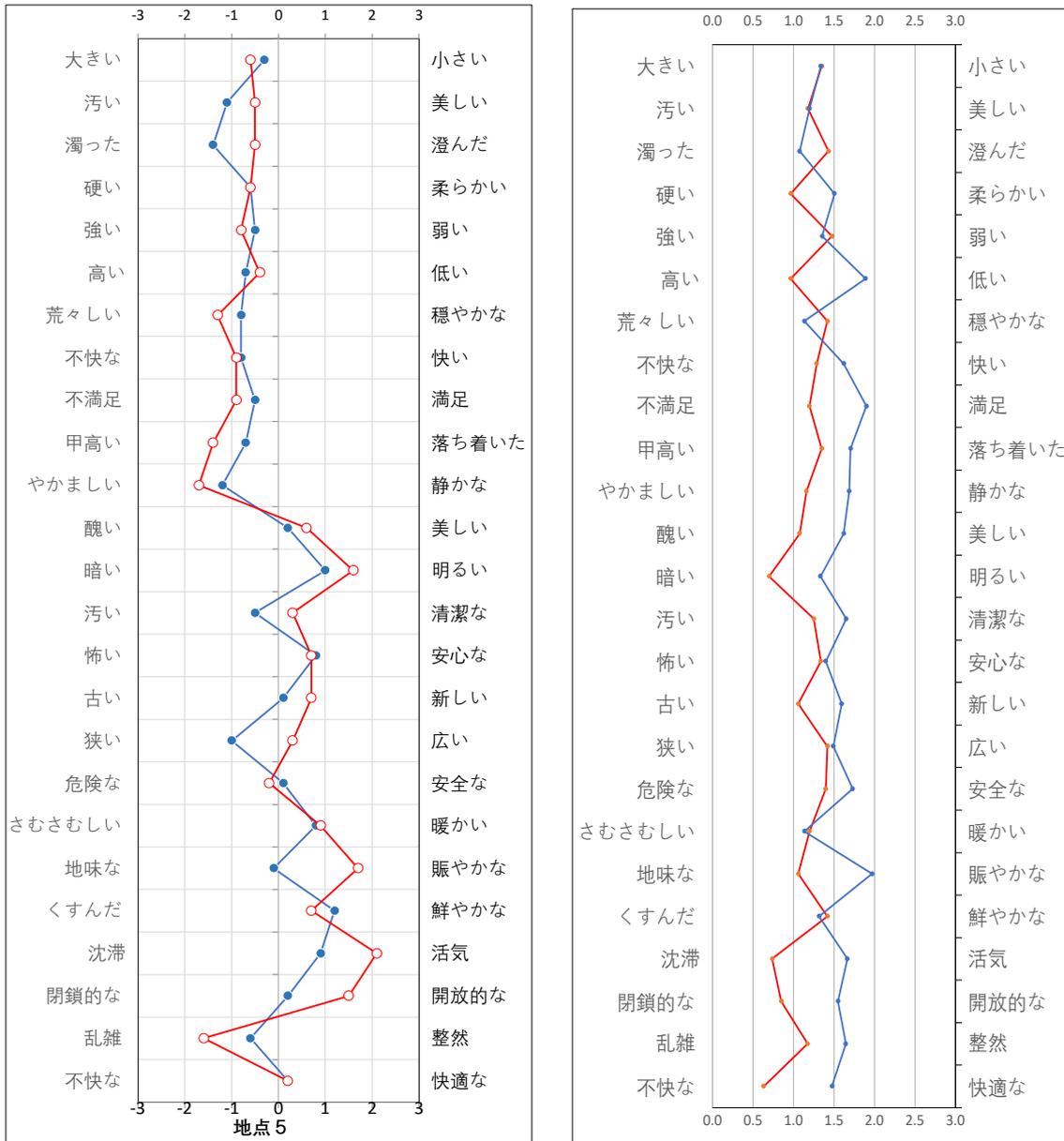


図 3-15 中国の地点 5 における視聴覚シングルモードの平均値

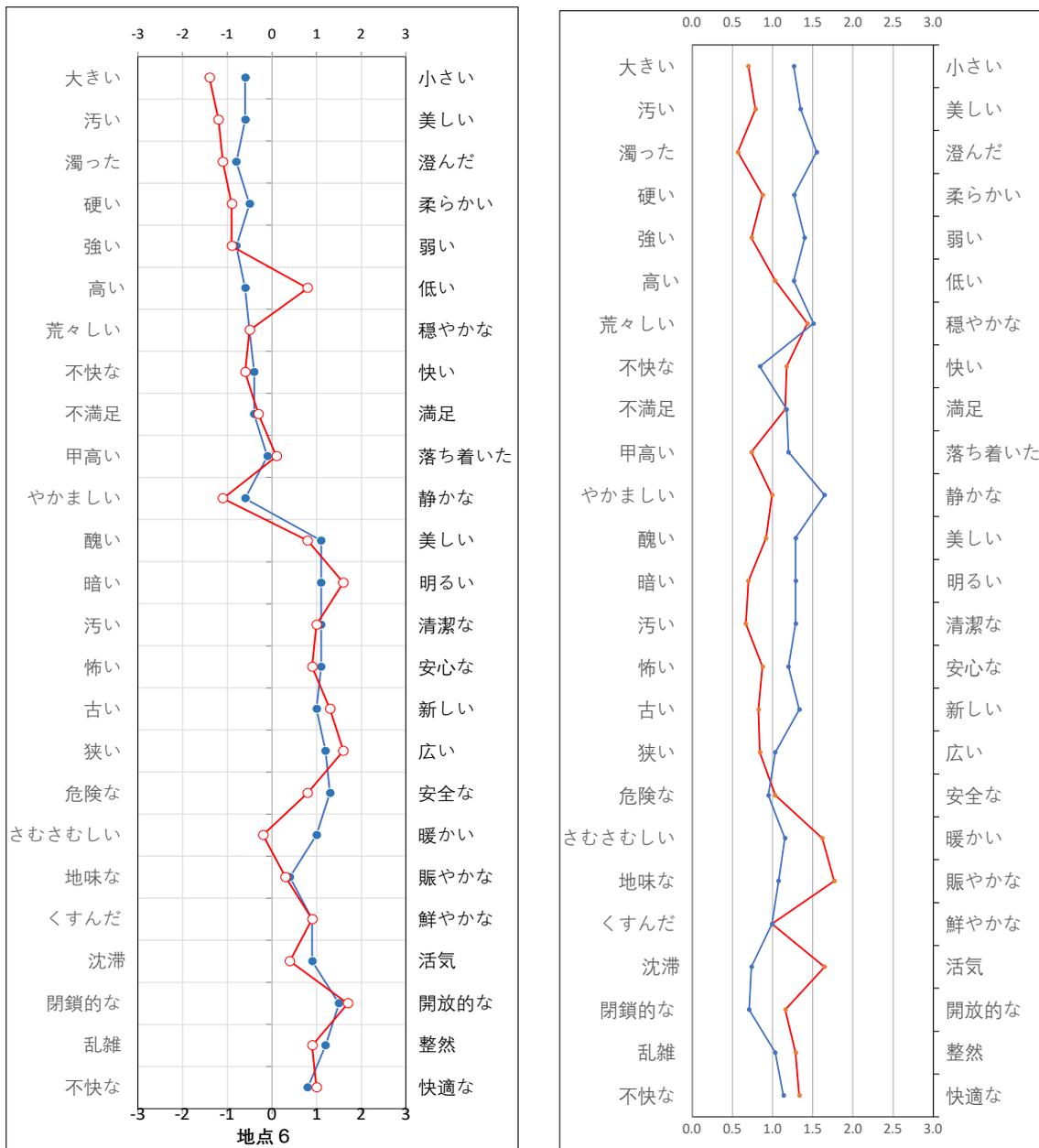


図 3-16 中国の地点 6 における視聴覚シングルモードの平均値

3-2-2 視聴覚マルチモードにおける評価結果

図 3-17～3-28 は、視聴覚マルチモードにおける日本人と中国人の主観評価の結果を示す。左側の図において、青い実線は中国人、赤い実線は日本人の評定平均値である。右側の図において、青い実線は日本人、赤い実線は中国人の標準偏差を示す。

○日本の地点における評定平均値と標準偏差

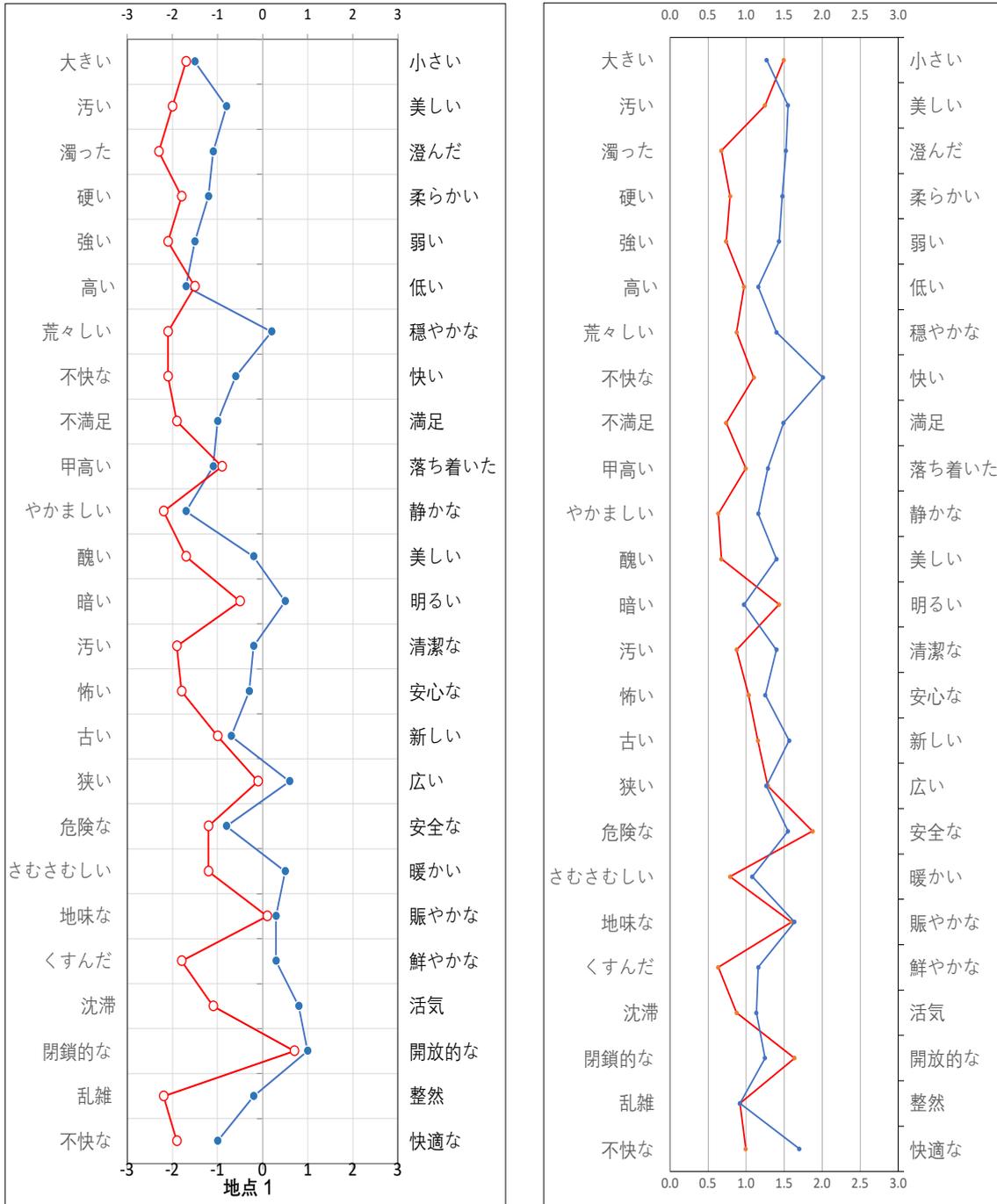


図 3-17 日本の地点 1 における視聴覚マルチモードの平均値と標準偏差

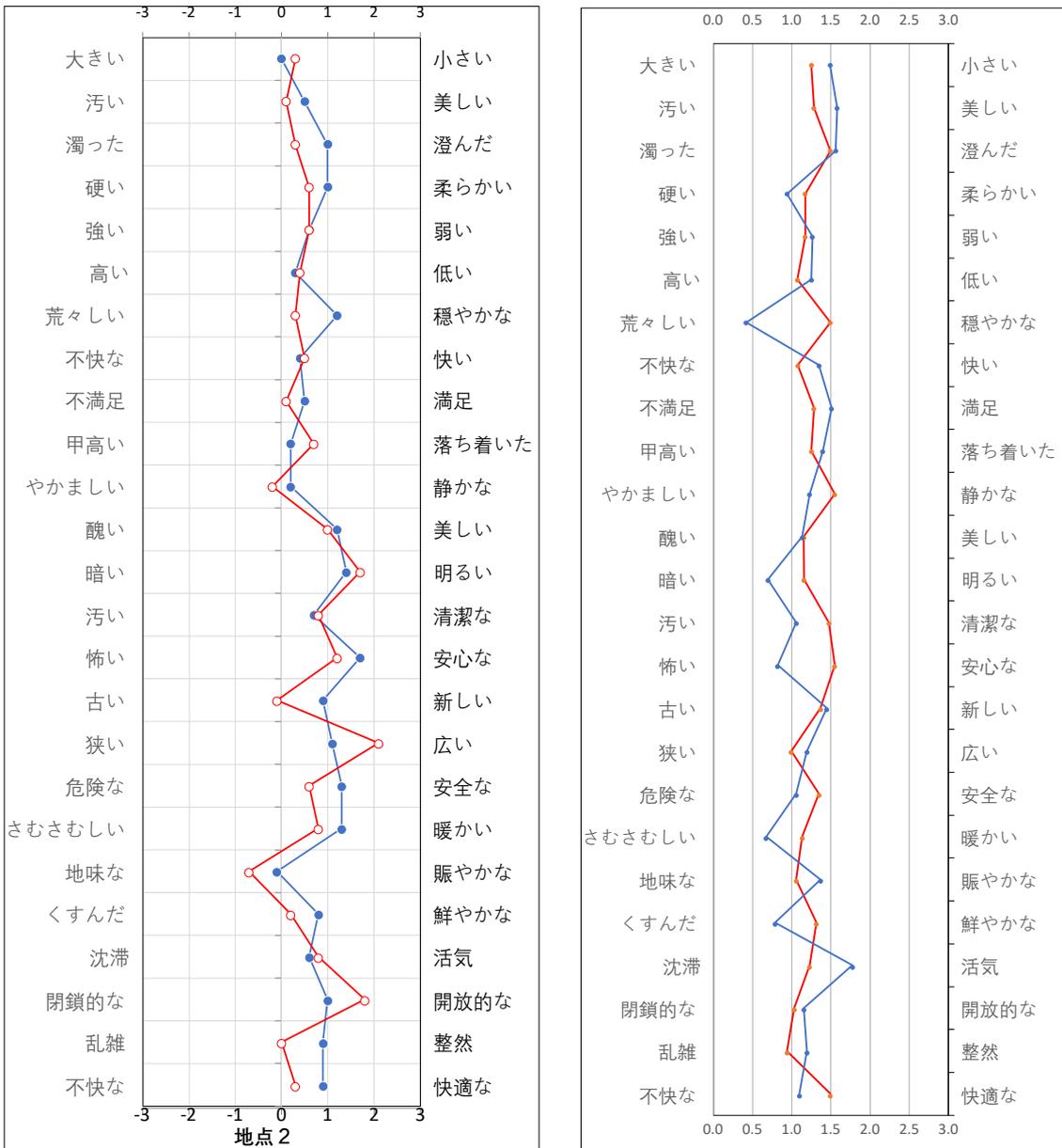


図 3-18 日本の地点 2 における視聴覚マルチモードの平均値と標準偏差

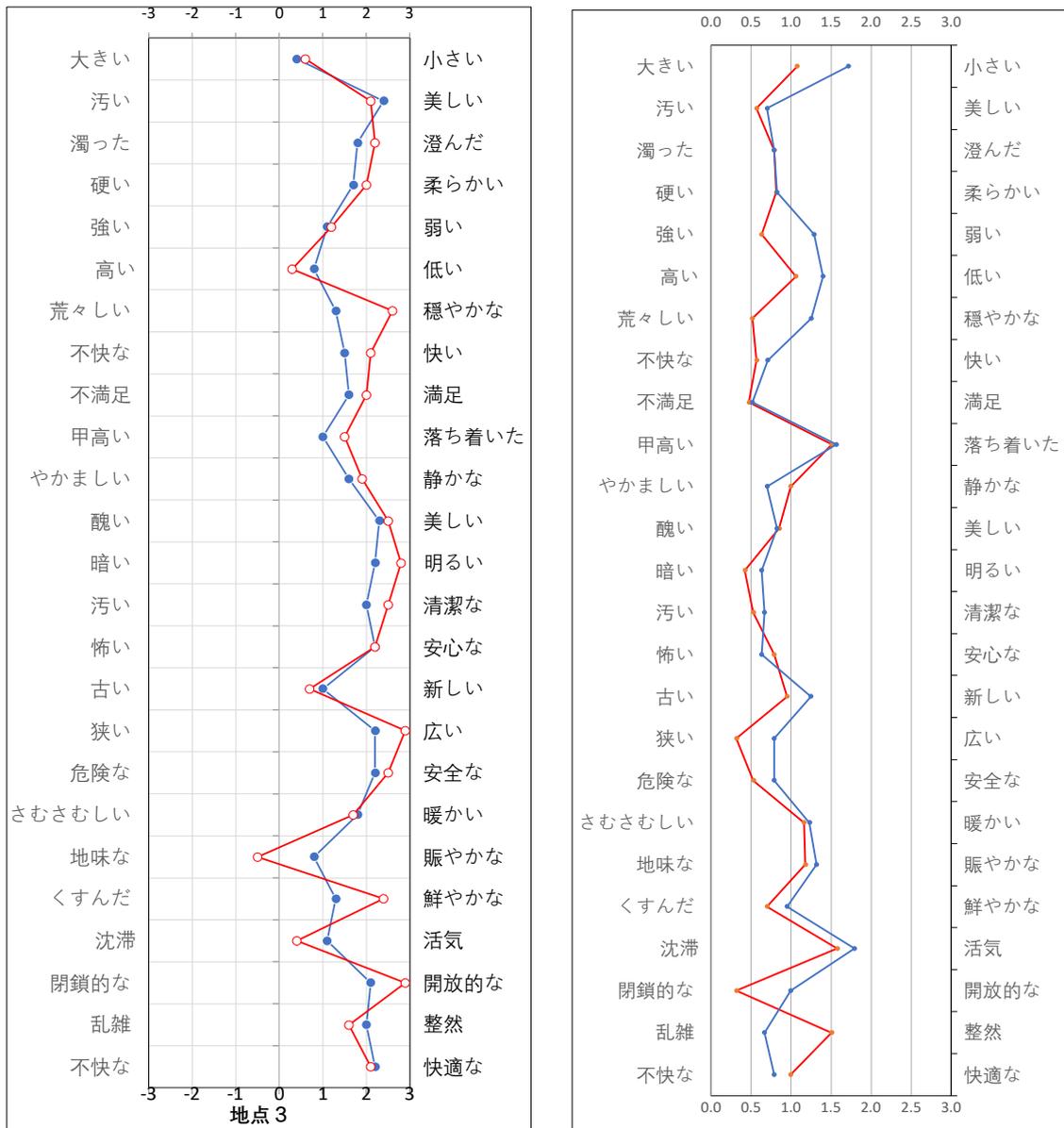


図 3-19 日本の地点 3 における視聴覚マルチモードの平均値と標準偏差

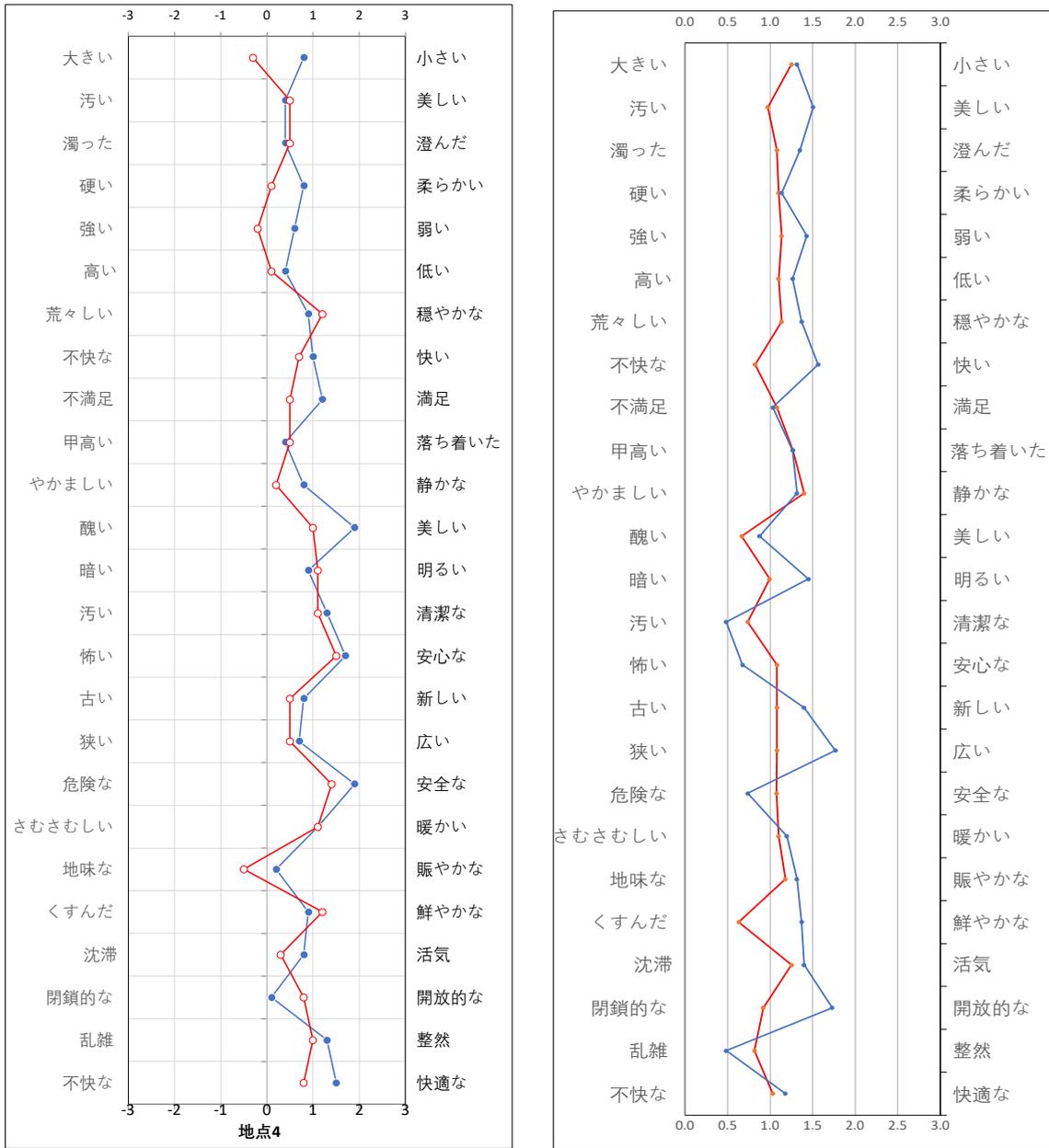


図 3-20 日本の地点 4 における視聴覚マルチモードの平均値と標準偏差

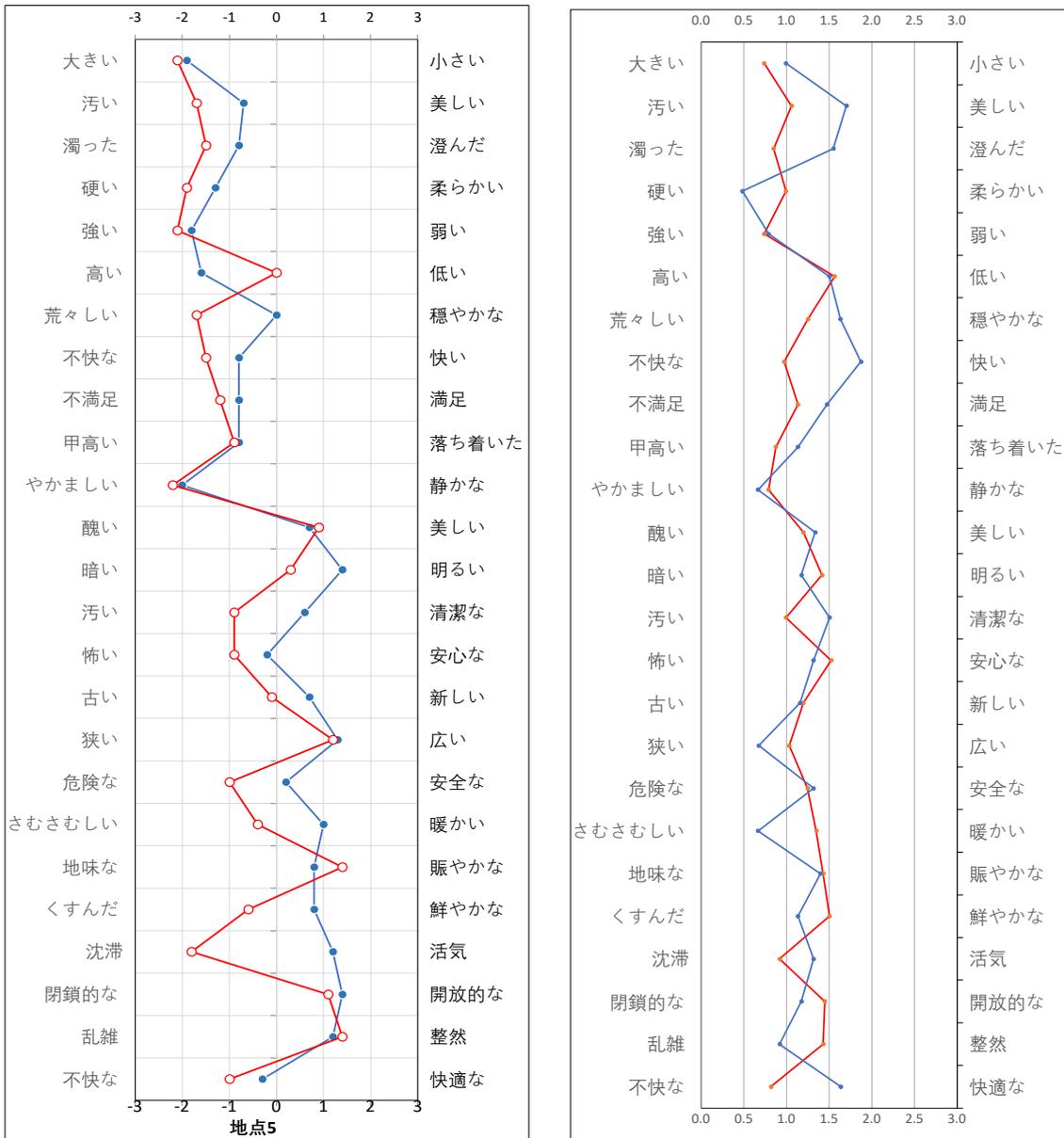


図 3-21 日本の地点 5 における視聴覚マルチモードの平均値と標準偏差

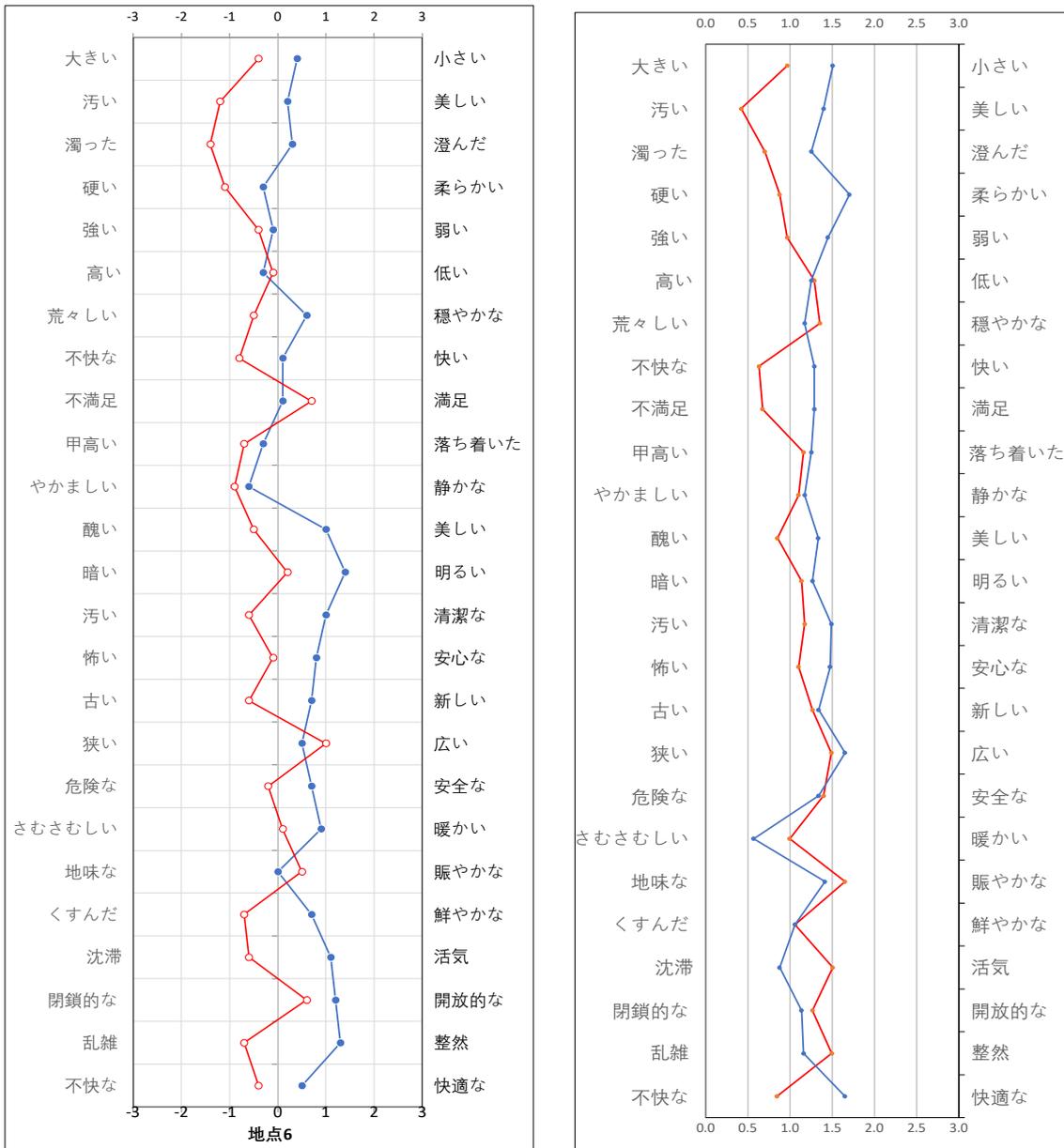


図 3-22 日本の地点 6 における視聴覚マルチモードの平均値と標準偏差

○中国の地点における評定平均値と標準偏差

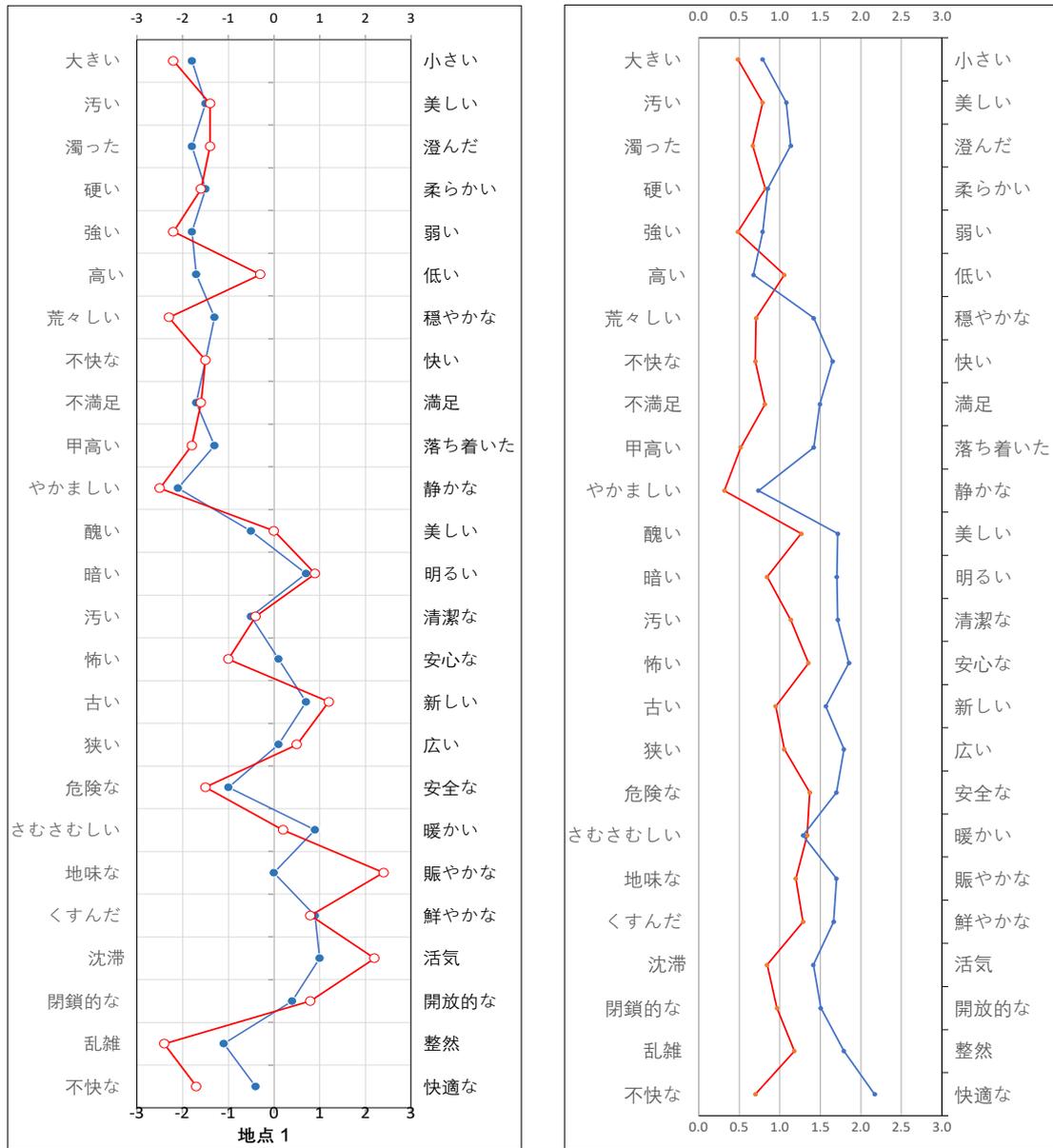


図 3-23 中国の地点 1 における視聴覚マルチモードの平均値と標準偏差

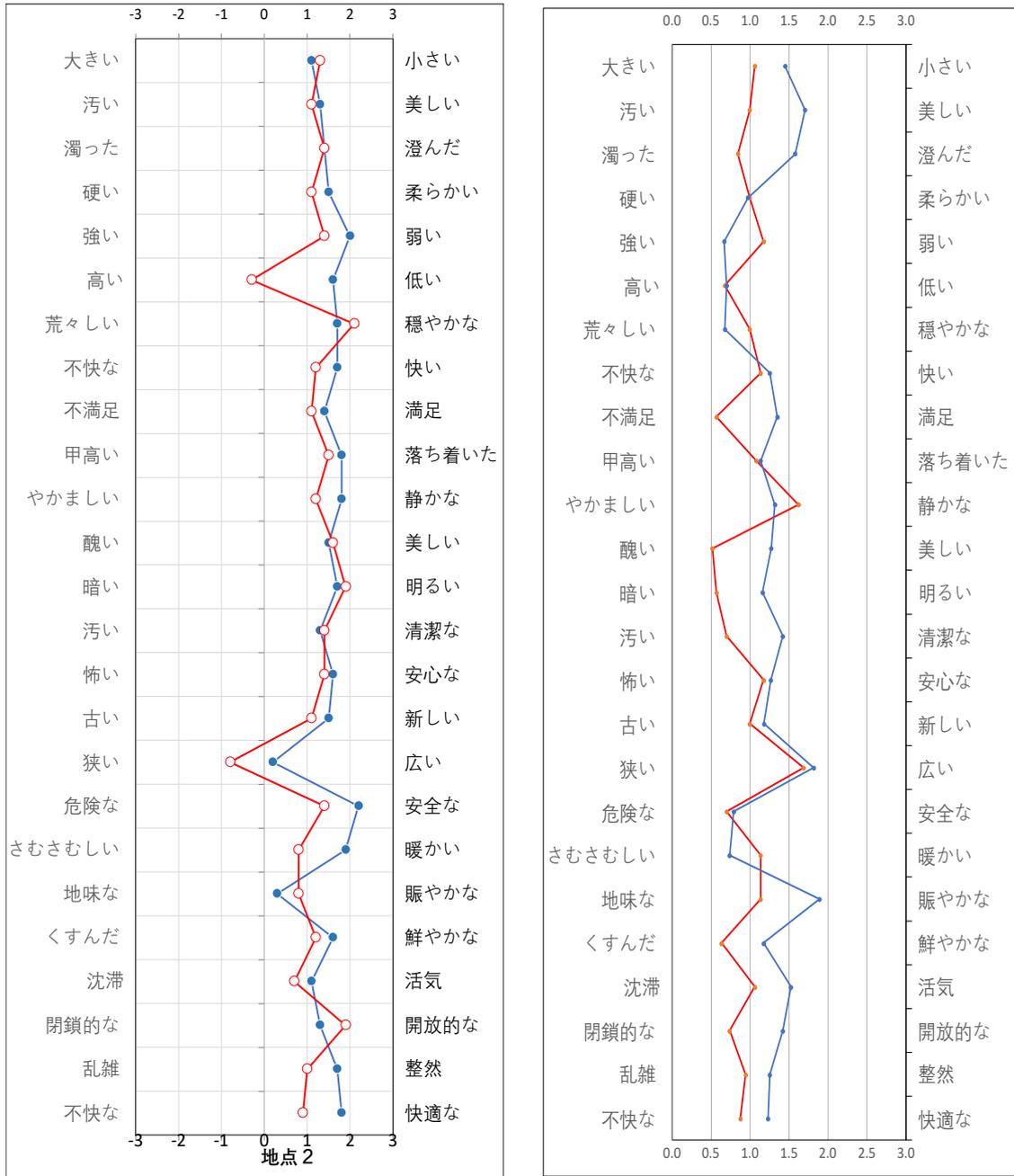


図 3-24 中国の地点 2 における視聴覚マルチモードの平均値と標準偏差

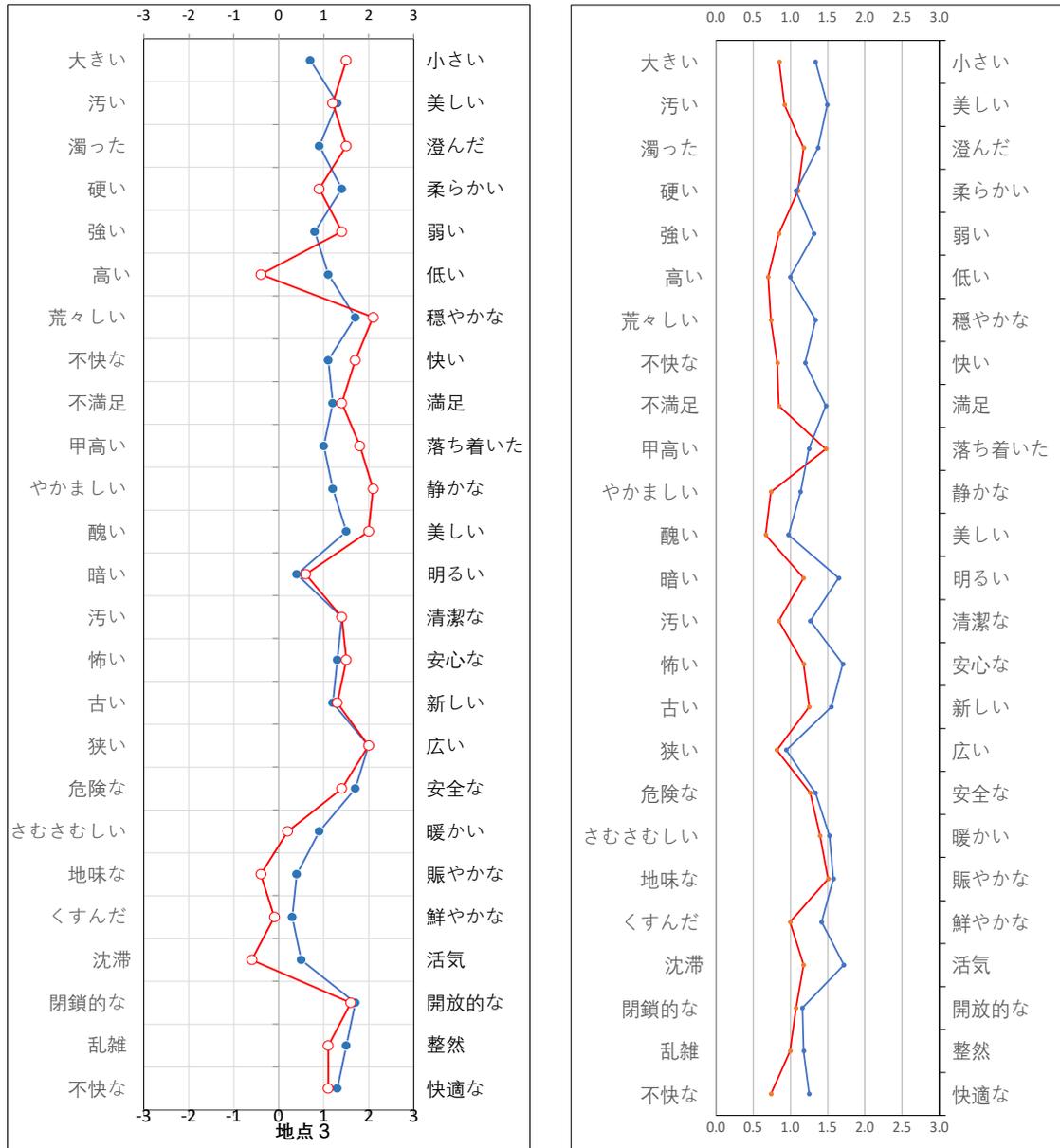


図 3-25 中国の地点 3 における視聴覚マルチモードの平均値と標準偏差

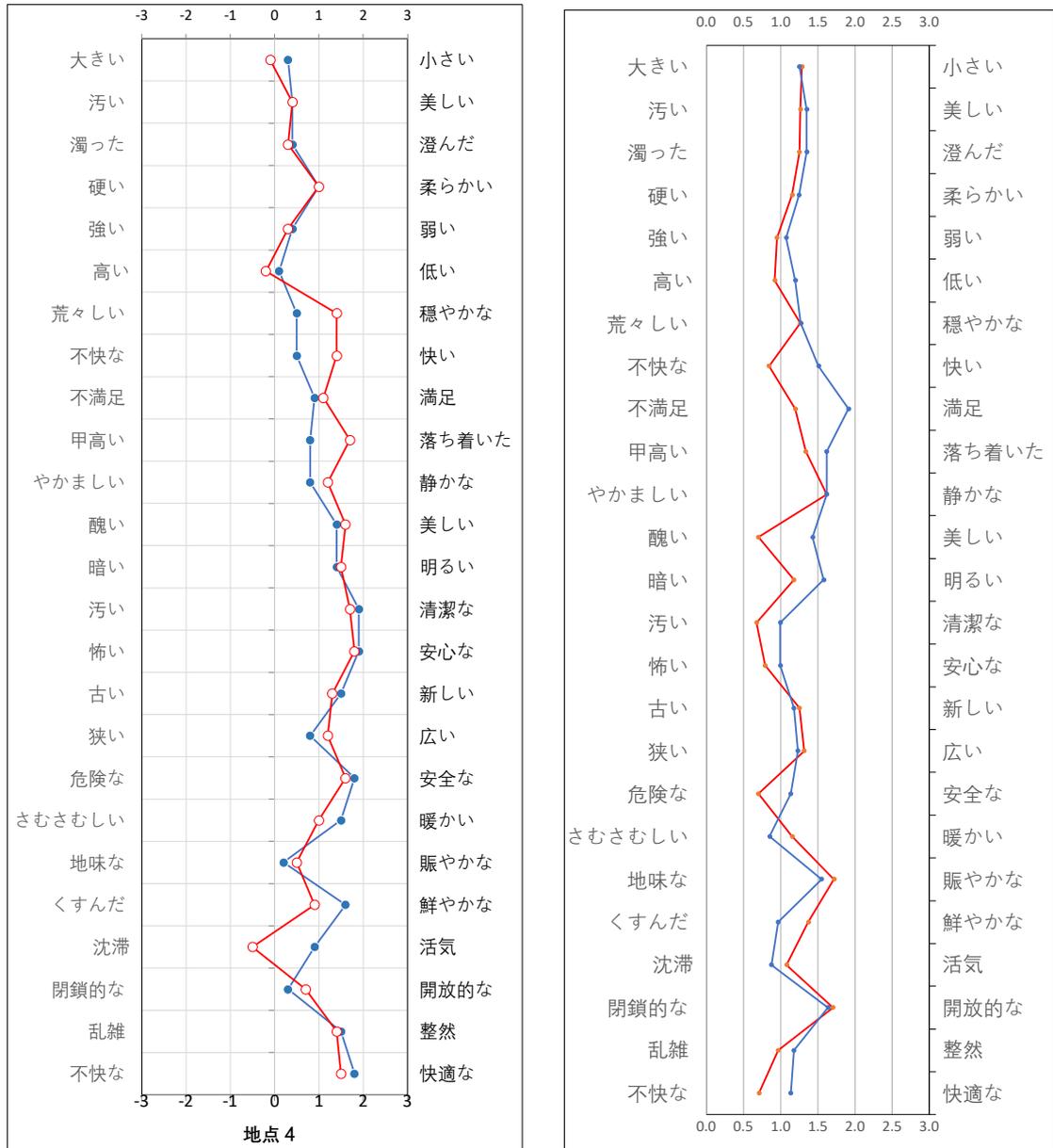


図 3-26 中国の地点 4 における視聴覚マルチモードの平均値と標準偏差

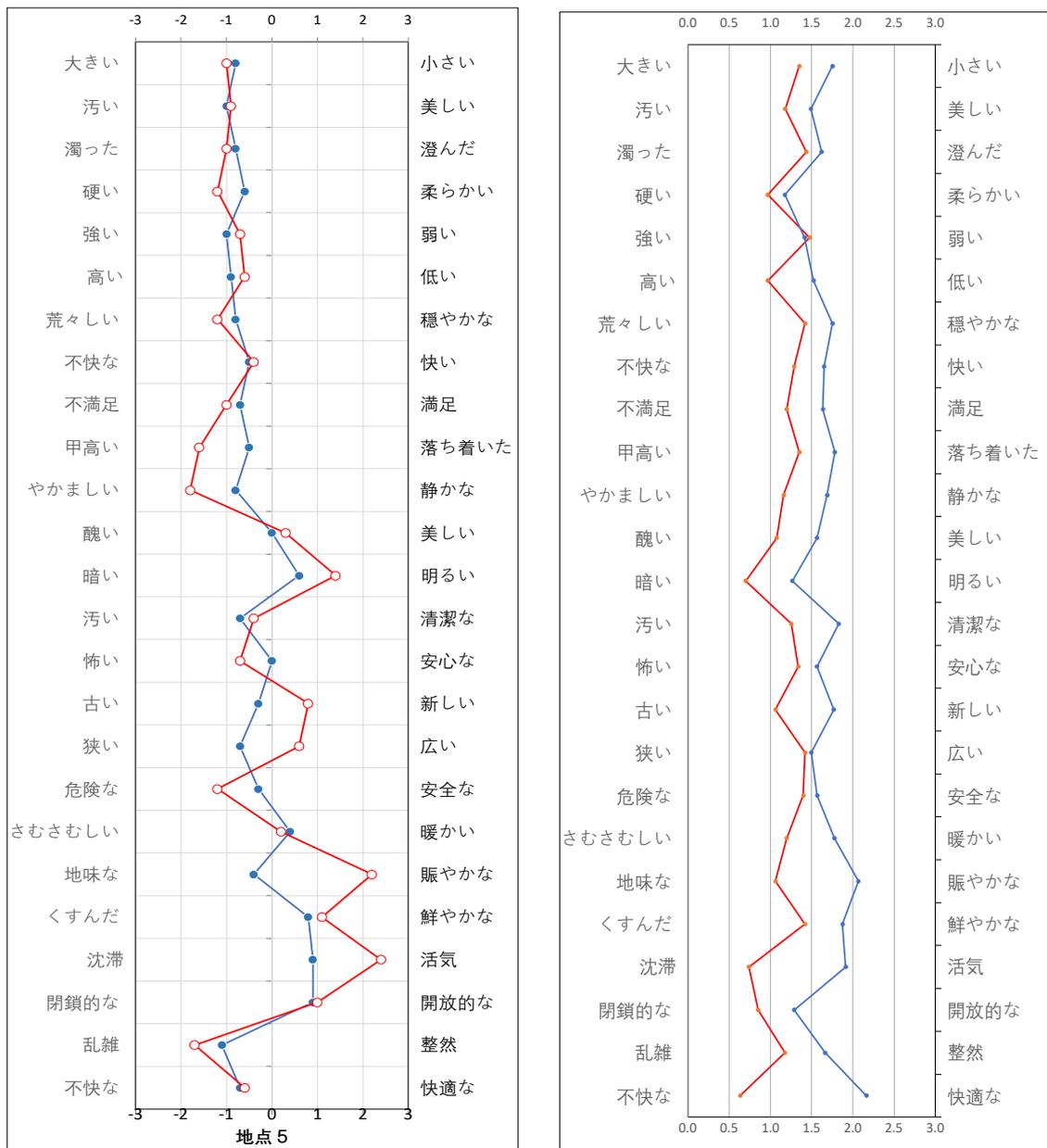


図 3-27 中国の地点 5 における視聴覚マルチモードの平均値と標準偏差

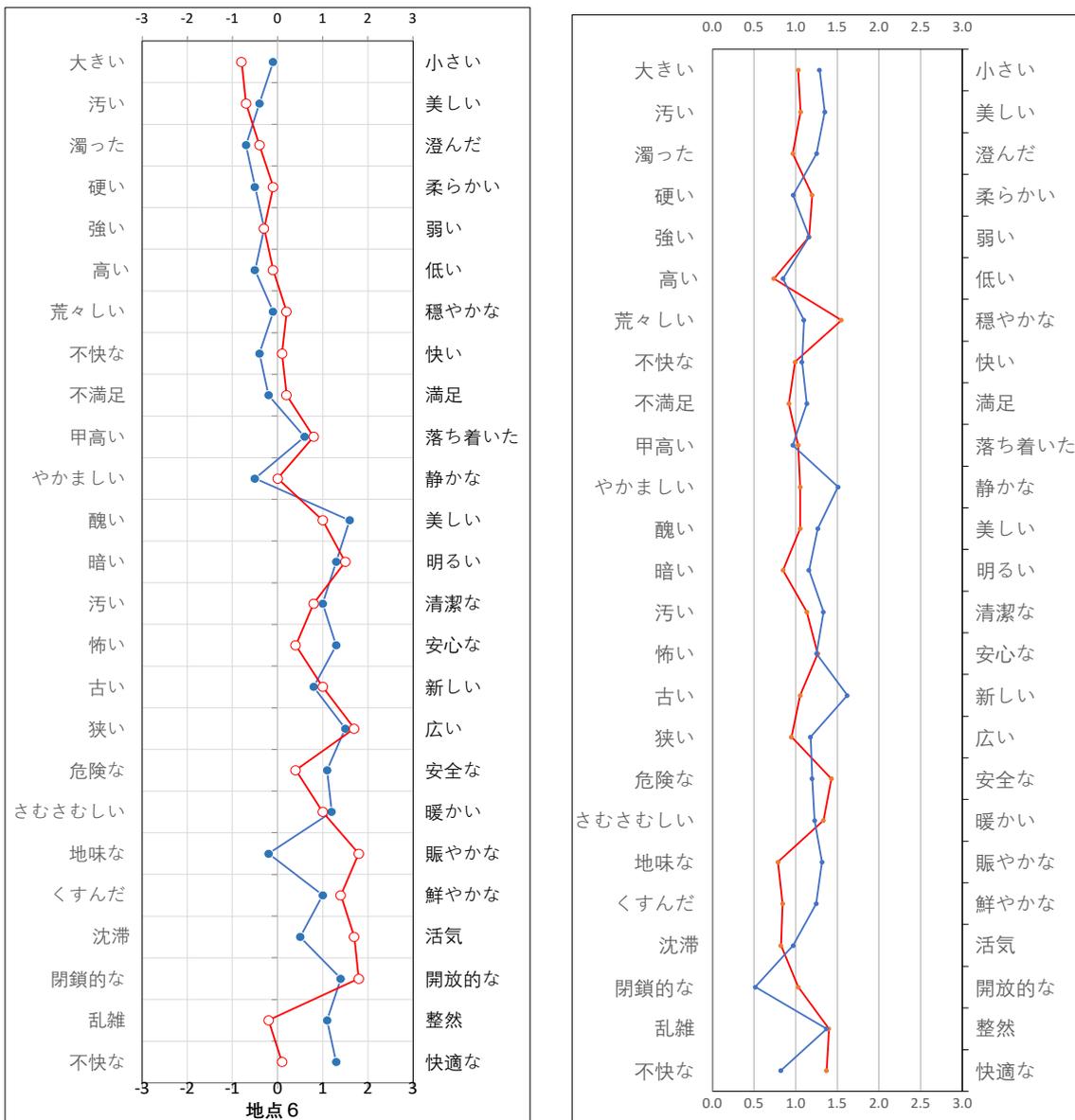


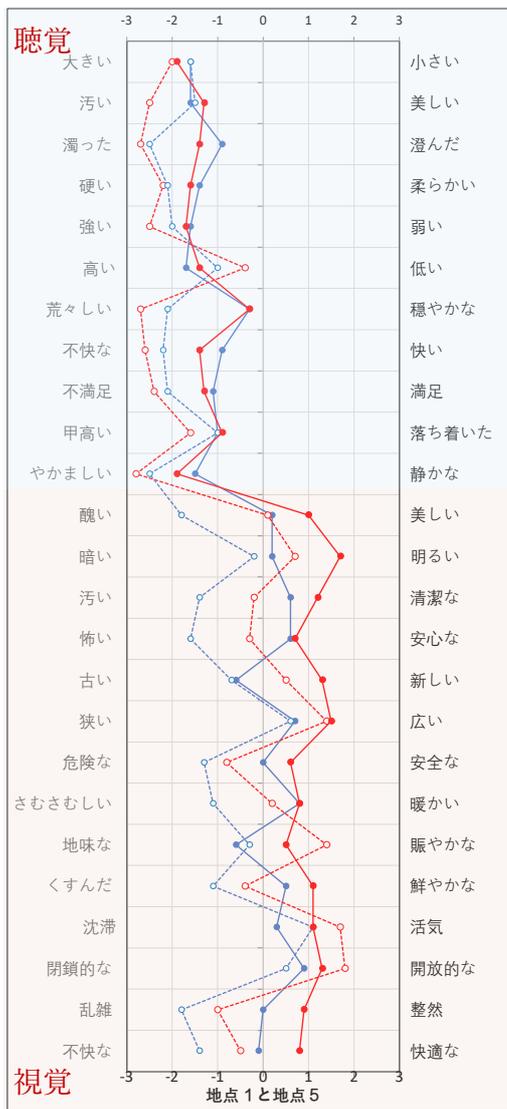
図 3-28 中国の地点 6 における視聴覚マルチモードの平均値と標準偏差

3-2-3 シングルモードとマルチモードにおける評価結果の比較

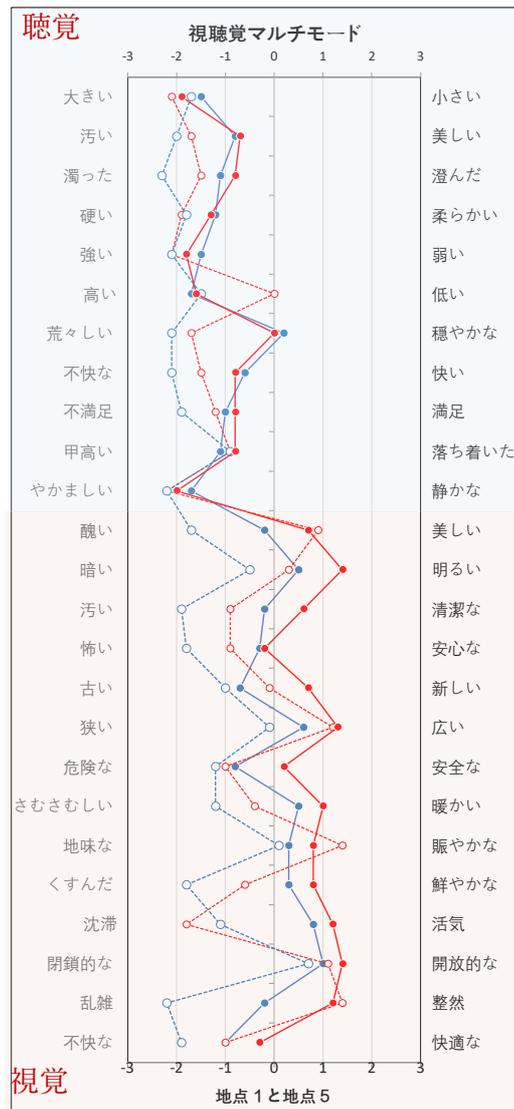
騒音レベルが比較的近接している地点 1 と地点 5、地点 2 と地点 3、地点 4 と地点 6 を組み合わせて、シングルモードとマルチモードの主観評価のプロファイルを比較した。

○日本地点 1～6 におけるシングルモードとマルチモードにおける評価結果

図 3-29 は騒音レベルが 70 dB 前後の大きい日本の地点 1 と地点 5、図 3-31 は騒音レベル 50 dB 以上のやや大きい日本の地点 4 と地点 6、図 3-30 は騒音レベル 45 dB と小さい日本の地点 2 と地点 3 の主観評価の平均値である。このうち、青と赤の 2 本の実線はそれぞれ地点 1 と地点 5 の中国人の評定平均値を示している。これに対応して、青と赤の 2 本の破線がそれぞれ地点 1 と地点 5 の日本人の評定平均値である。



●● : 地点1・中国人 ●● : 地点5・中国人



視覚

○●○ : 地点1・日本人 ○●○ : 地点5・日本人

図 3-29 日本の地点1と5におけるシングルモードとマルチモード評価結果の比較

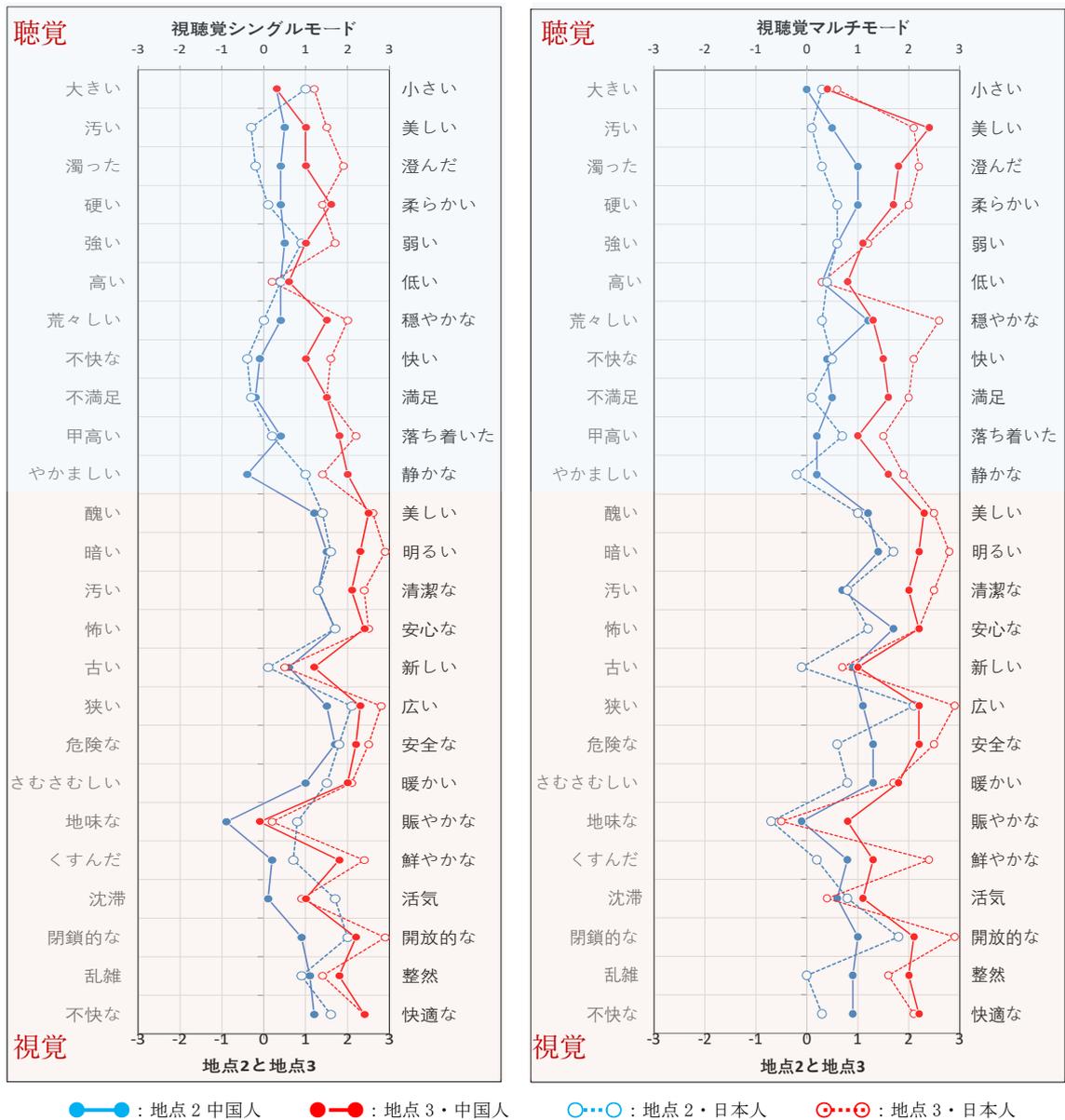


図 3-30 日本の地点 2 と 3 におけるシングルモードとマルチモード評価結果の比較

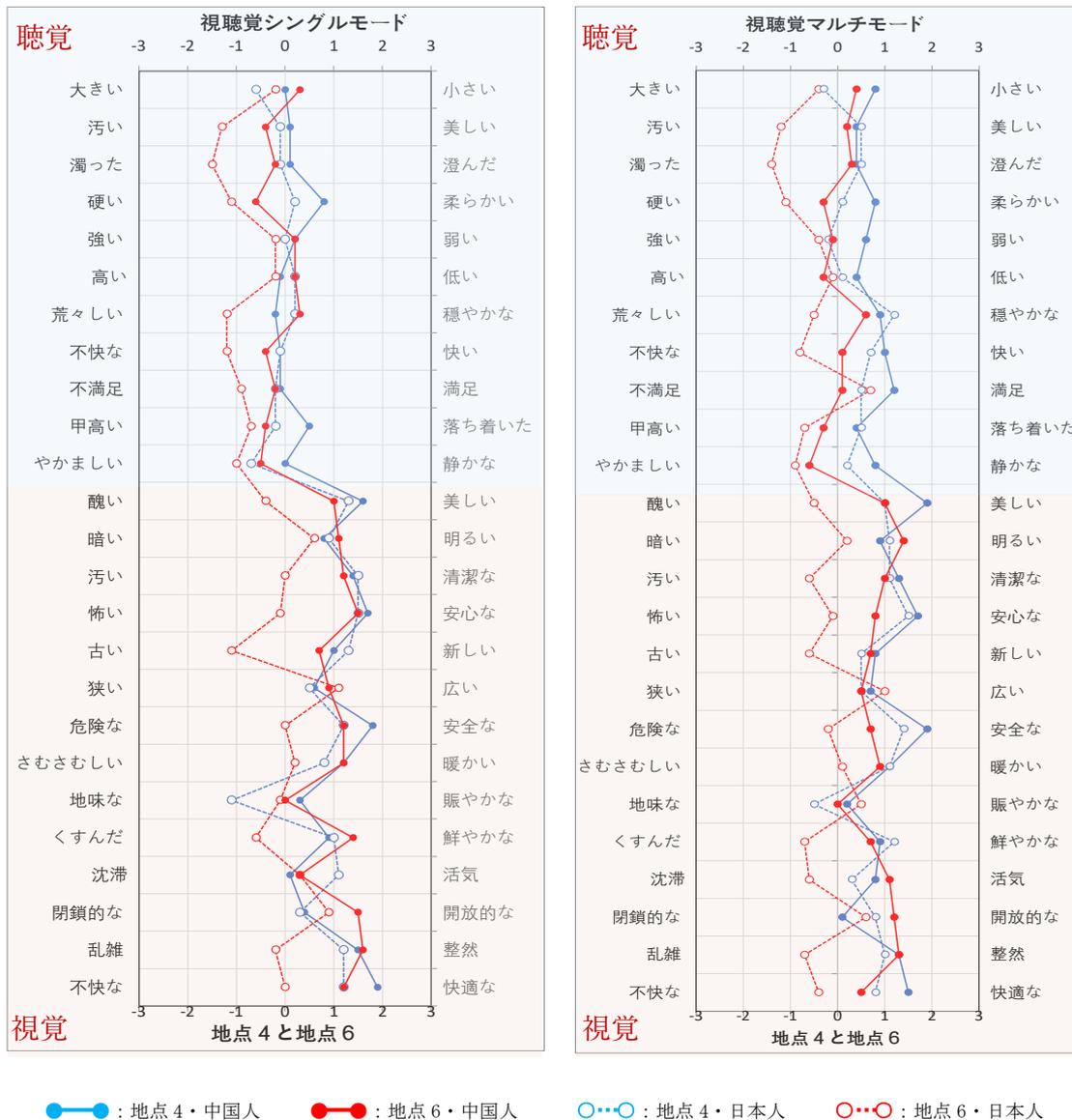
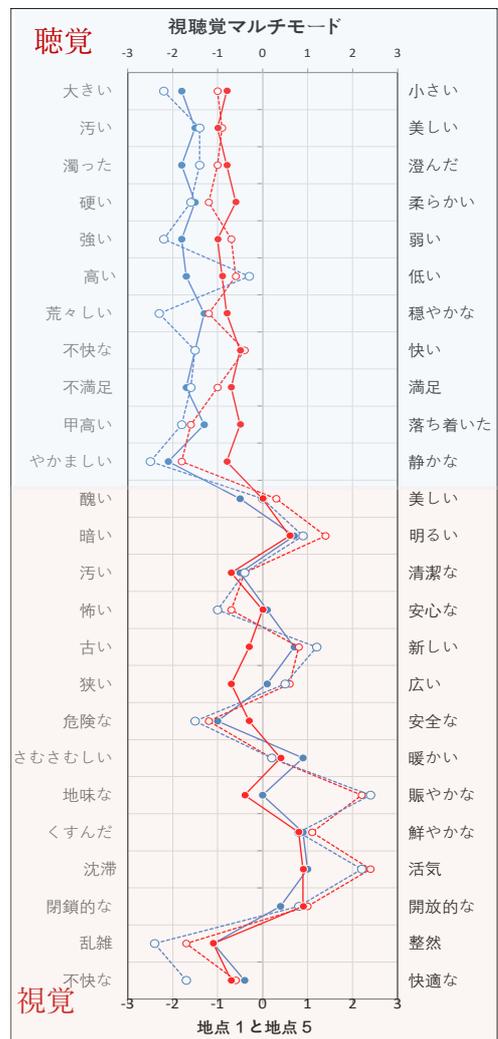
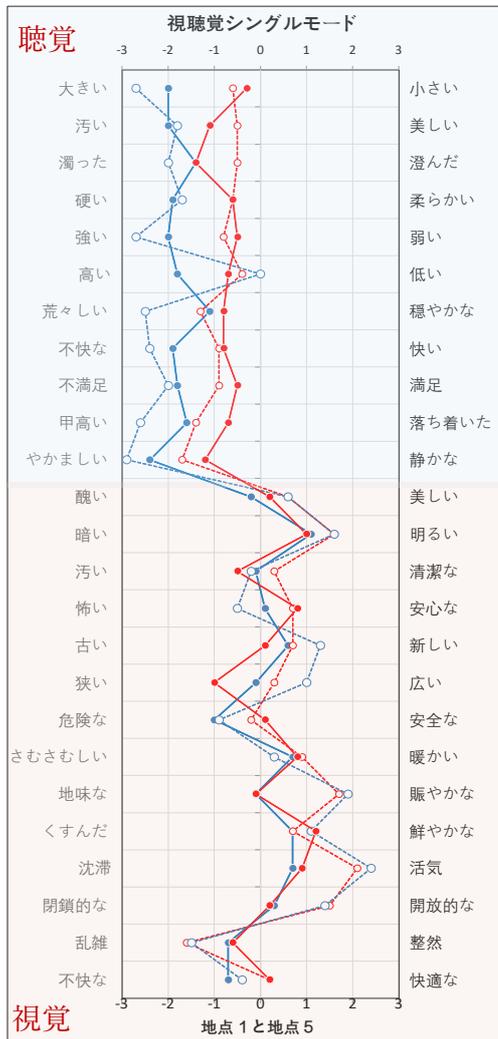


図 3-31 日本の地点4と6におけるシングルモードとマルチモード評価結果の比較

○中国地点1～6におけるシングルモードとマルチモードにおける評価結果

図 3-32 は騒音レベルが 70 dB 前後の大きい中国の地点1と地点5、図 3-34 は騒音レベル 50 dB 以上のやや大きい中国の地点4と地点6、図 3-33 は騒音レベル 45 dB と小さい中国の地点2と地点3の主観評価の平均値である。このうち、青と赤の2本の実線はそれぞれ地点1と地点5の中国人の評定平均値を示している。これに対応して、青と赤の2本の破線がそれぞれ地点1と地点5の日本人の評定平均値である。



●●● : 地点1・中国人 ●●● : 地点5・中国人 ○●○ : 地点1・日本人 ○●○ : 地点5・日本人

図 3-32 中国の地点1と5におけるシングルモードとマルチモード評価結果の比較

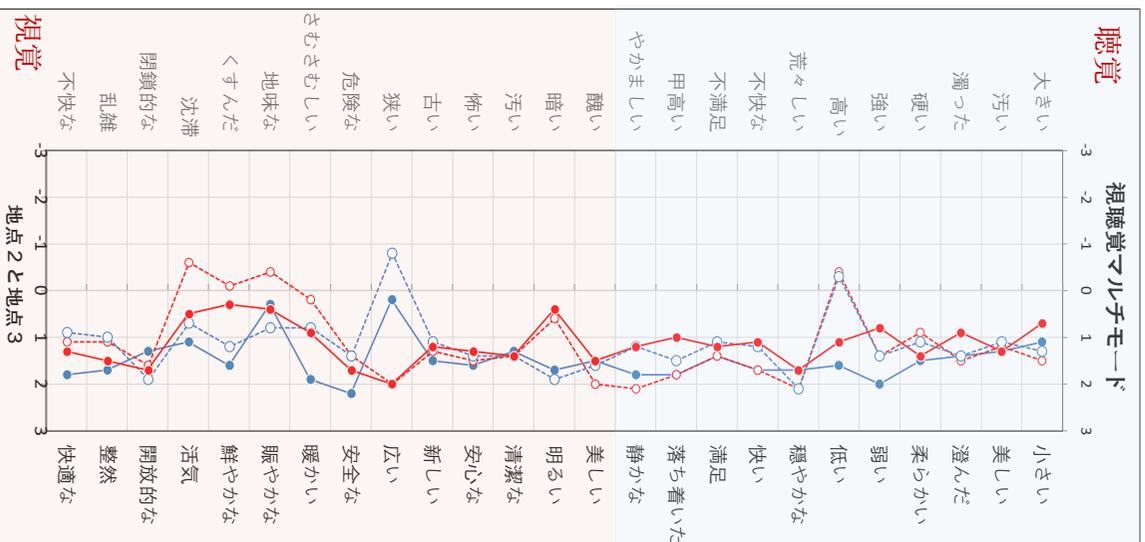
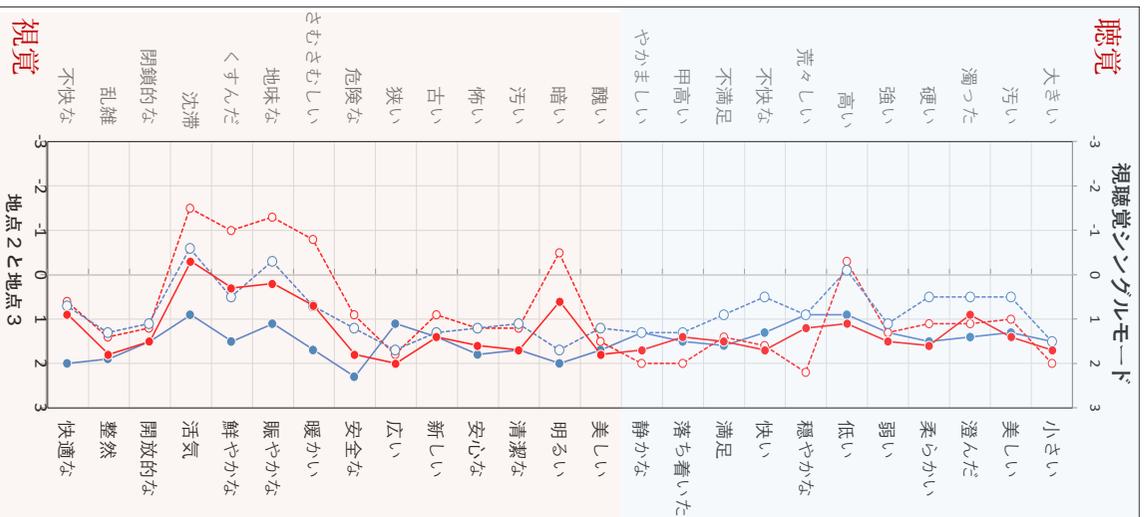
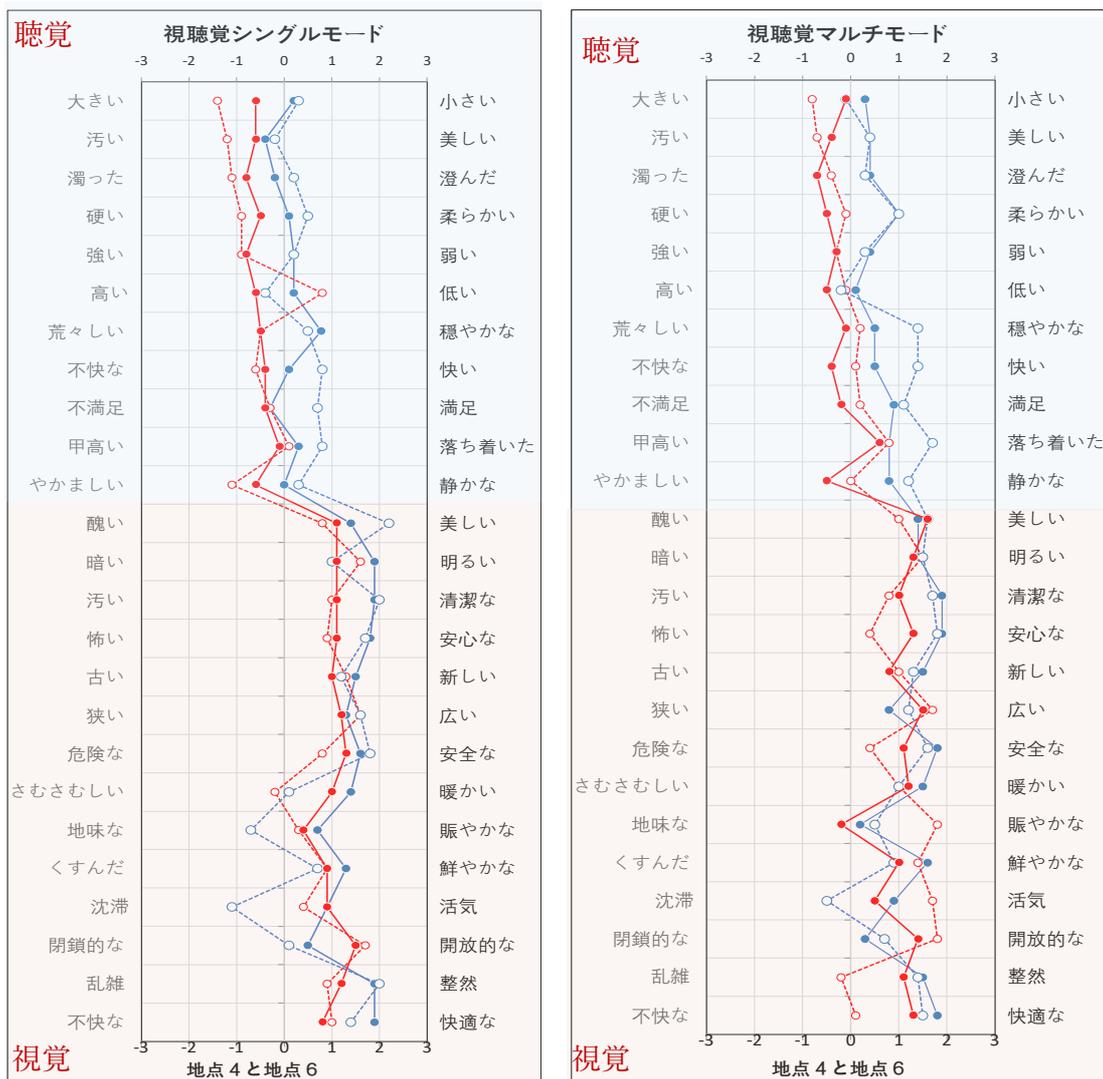


図 3-33 中国の地点2と3におけるシングルモードとマルチモード評価結果の比較

●—●: 地点2・中国人 ●—●: 地点3・中国人 ○---○: 地点2・日本人 ○---○: 地点3・日本人



●● : 地点4・中国人 ●● : 地点6・中国人 ○○ : 地点4・日本人 ○○ : 地点6・日本人
 図 3-34 中国の地点4と6におけるシングルモードとマルチモード評価結果の比較

3-2-4 有意差検定の結果

平均値を算出する前に、日本と中国の各評価項目について有意差検定を行い、2020年と2021年の日本国内6拠点視聴覚シングルモードとマルチモードの評価項目での日本人及び中国人について得られた有意差の結果を表4~5、中国国内6地点の視聴覚シングルモードとマルチモードの評価項目での両者の有意差結果を表6~7に示す。

表 4 2020 と 2021 年に日本人及び中国人視聴覚（シングルモード）評価項目の有意差検定

国籍	地点	騒音レベル (dB)	大きい-小さい (Audio)	美しい-汚い (Audio)	澄んだ-濁った (Audio)	硬い-柔らかい (Audio)	強い-弱い (Audio)	高い-低い (Audio)	穏やかな-荒々しい (Audio)	快い-不快な (Audio)	満足-不満足 (Audio)	甲高い-落ち着いた (Audio)	やかましい-静かな (Audio)	美しい-醜い (Visual)	暗い-明るい (Visual)	汚い-清潔な (Visual)	怖い-安心な (Visual)	古い-新しい (Visual)	広い-狭い (Visual)	安全な-危険な (Visual)	暖かい-さむさむしい (Visual)	賑やかな-地味な (Visual)	鮮やかな-くすんだ (Visual)	活気-沈滞 (Visual)	閉鎖的な-開放的な (Visual)	整然-乱雑 (Visual)	快適な-不快な (Visual)
日本人	1	73		**	**				**	**	**			**	**	**	*	**	**	**	*		*		**	**	**
	2	45										*	*				*	**	**	**	**	*	**	**	**	**	**
	3	45		**	**				**	**	**	*	*	**	**	**	*	*	**	**	*	*	**	**	**	**	**
	4	51												**	**	**	*	*	**	**	*	*	**	**	**	**	**
	5	69																					**	**	*	**	**
	6	58		**	**	*						*	*		*	*	**	**	**	**	*	*	**	*	*	*	**
中国人	1	73		**	**				*	**	**										**					**	**
	2	45		*	**	*	*	*	**	**	**	*	*	**	*	*	*	*	*	*	**	**	**	**	**	**	**
	3	45		**	**				**	**	**	*	*	**	*	*	*	*	*	*	**	**	**	**	**	**	**
	4	51												**	**	**	*	*	**	**	*	*	**	*	*	**	**
	5	69																									
	6	58												**	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	**

n. s. : p 値 ≥ 0.05, * : p 値 < 0.05, ** : p 値 < 0.01

表 5 2020 と 2021 年に日本人及び中国人視聴覚（マルチモード）評価項目の有意差検定

国籍	地点	騒音レベル (dB)	大きい-小さい (Audio)	美しい-汚い (Audio)	澄んだ-濁った (Audio)	硬い-柔らかい (Audio)	強い-弱い (Audio)	高い-低い (Audio)	穏やかな-荒々しい (Audio)	快い-不快な (Audio)	満足-不満足 (Audio)	甲高い-落ち着いた (Audio)	やかましい-静かな (Audio)	美しい-醜い (Visual)	暗い-明るい (Visual)	汚い-清潔な (Visual)	怖い-安心な (Visual)	古い-新しい (Visual)	広い-狭い (Visual)	安全な-危険な (Visual)	暖かい-さむさむしい (Visual)	賑やかな-地味な (Visual)	鮮やかな-くすんだ (Visual)	活気-沈滞 (Visual)	閉鎖的な-開放的な (Visual)	整然-乱雑 (Visual)	快適な-不快な (Visual)
日本人	1	73		**	**			**	**	**	**	*		**	*	*		**	**	**	*		**	**	**	**	**
	2	45		**	**				**	**	**	*	*	**	*	*	*	*	*	*	**	**	**	**	**	**	**
	3	45		**	**	*			**	**	**	*	*	**	**	**	*	*	**	**	*	*	**	**	**	**	**
	4	51							**	**	**	*	*	**	*	*	*	*	*	*	**	**	**	**	**	**	**
	5	69																									
	6	58													**	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	**
中国人	1	73		**	**			*	**	**	**	*	*							*	*	*	*	*	**	**	**
	2	45		*	**	*	*	*	**	**	**	*	*	**	*	*	*	*	*	*	**	**	**	**	**	**	**
	3	45		**	**				**	**	**	*	*	**	**	**	*	*	*	*	**	**	**	**	**	**	**
	4	51							**	**	**	*	*	**	*	*	*	*	*	*	**	**	**	**	**	**	**
	5	69																									
	6	58												**	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	**

n. s. : p 値 ≥ 0.05, * : p 値 < 0.05, ** : p 値 < 0.01

表 6 中国における日本人及び中国人の視聴覚（シングルモード）評価項目の有意差検定

国籍	地点	騒音レベル (dB)	大きい-小さい (Audio)	美しい-汚い (Audio)	澄んだ-濁った (Audio)	硬い-柔らかい (Audio)	強い-弱い (Audio)	高い-低い (Audio)	穏やかな-荒々しい (Audio)	快い-不快な (Audio)	満足-不満足 (Audio)	甲高い-落ち着いた (Audio)	やかましい-静かな (Audio)	美しい-醜い (Visual)	暗い-明るい (Visual)	汚い-清潔な (Visual)	怖い-安心な (Visual)	古い-新しい (Visual)	広い-狭い (Visual)	安全な-危険な (Visual)	暖かい-さむさむしい (Visual)	賑やかな-地味な (Visual)	鮮やかな-くすんだ (Visual)	活気-沈滞 (Visual)	閉鎖的な-開放的な (Visual)	整然-乱雑 (Visual)	快適な-不快な (Visual)	
日本人	1	73		*	*			*	*	*	*	*			*	**	*	*	*	*	**	*	*	*	*	**	*	
	2	45													*				*	*	*	*	*	*	*	*	*	
	3	45			*	*		*	*	*	*	*	*					*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	
	4	51													*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	
	5	69	*	**	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
	6	58		*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
中国人	1	73	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	
	2	45																*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	
	3	45						**	**	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	
	4	51												*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	
	5	69																			*	*	*	*	*	*	*	
	6	58						*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*

n. s. : p 値 ≥ 0.05, * : p 値 < 0.05, ** : p 値 < 0.01

表 7 中国における日本人及び中国人の視聴覚（マルチモード）評価項目の有意差検定

国籍	地点	騒音レベル (dB)	大きい-小さい (Audio)	美しい-汚い (Audio)	澄んだ-濁った (Audio)	硬い-柔らかい (Audio)	強い-弱い (Audio)	高い-低い (Audio)	穏やかな-荒々しい (Audio)	快い-不快な (Audio)	満足-不満足 (Audio)	甲高い-落ち着いた (Audio)	やかましい-静かな (Audio)	美しい-醜い (Visual)	暗い-明るい (Visual)	汚い-清潔な (Visual)	怖い-安心な (Visual)	古い-新しい (Visual)	広い-狭い (Visual)	安全な-危険な (Visual)	暖かい-さむさむしい (Visual)	賑やかな-地味な (Visual)	鮮やかな-くすんだ (Visual)	活気-沈滞 (Visual)	閉鎖的な-開放的な (Visual)	整然-乱雑 (Visual)	快適な-不快な (Visual)	
日本人	1	73																		*							*	
	2	45																										
	3	45																										
	4	51											*							*								
	5	69				**	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
	6	58											*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
中国人	1	73						**	**	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
	2	45						**	**	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
	3	45						**	**	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
	4	51							**	**	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
	5	69											*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
	6	58											*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*

n. s. : p 値 ≥ 0.05, * : p 値 < 0.05, ** : p 値 < 0.01cc

3-3 結果の分析

3-3-1 有意差検定の結果分析

表4と表5は騒音レベル等しい場所で日本国内と中国国内の6カ所における日本人と中国人の視聴覚評価項目ごと有意差検定した結果である。対比してみると、日本人と中国人はシングルモードでもマルチモードでも有意差が出ている。騒音レベルの高い地点に集中している。シングルモードでは、有意差は主に視覚刺激に分布し、いずれも大きな有意差である。マルチモードでは、一部の地点では有意差が小さくなったり、なかったりすることがありますが、全体的には明らかな変化はありません。日本人のほとんどの有意差は主に地点1、地点2、地点6に集中している。中国人の有意差は地点1、地点2、地点3に集中している。しかし、聴覚刺激と視覚刺激を同時に行った後、日本人と中国人の有意差はいずれも地点1、地点2と地点3に集中した。視覚刺激の部分は表5に示すように変化しなかったと思う。

表6と表7は主に中国国内の日本人と中国人シングルモードとマルチモードの有意差検定結果である。表7から、シングルモードでは、日本人と中国人の日本人が地点5と地点6で有意差を多く発見したが、中国人は地点1で有意差を多く発見した。マルチモードでは、日本人でも中国人でも、有意差はシングルモードより少なく、日本人も地点5に有意差が現れただけである。逆に、中国人の地点1での有意差もほとんどなくなった。さらに、視覚刺激が人々の主観的な判断と感覚にある程度の影響を及ぼしていることを示している。

3-3-2 シングルモードとマルチモードにおける評価結果分析（日本）

騒音レベルの高い地点1と5では、聴覚刺激のみの場合、両者とも明らかにネガティブな評価を示した。しかし、「高い-低い」の評価項目では両者に差があり、日本人の評価平均値は中立的な傾向があり、中国人はネガティブな状態を維持してきた。一方、聴覚刺激のみの場合、両者の評価平均値に大きな変化はなかった。視覚刺激のみの場合、両者はやや中立的な傾向があり、それぞれの評価平均値はほぼ等しい。

また、地点1の騒音が主に車の走行音ばかりなのに対し、地点5の騒音がバイクや歩行者用信号機のメロディなど多彩に存在しているからではないかと考えられる。不快な音源の種類が豊富な音は、大きいだけの単純な騒音よりも人間に不快感を与えらると思われる。

図3-29から見ると、中国人の評価平均値はいずれも日本人より高い。聴覚刺激では中国人の評価平均値はいずれもネガティブであるが、視覚刺激では中国人の評価平均値はほぼポジティブな傾向にあり、日本人は中国人の結果とは逆である。このような状況は日本と中国の生活環境と関係があると思う。中国は道路でも他の場所でも一日でとてもにぎやかで、いろいろな音があふれています。毎日このような音環境の中で生活している。騒音にも視覚環境にも耐えられている。したがって、同タイプの視聴覚刺激に直面すると、評価平均値がポジティブになった。

騒音レベルの小さい地点2と地点3では、どちらの地点においてシングルモードとマルチモードの評価平均値に有意差はなくなった。両者の変化傾向もほぼ同じであることが図から分かる。図3-30から、両者ともおおむねポジティブな評価であるが、地点3は聴覚印

象や視覚印象において他の地点よりも際立っており、高い評価を得ていることが分かる。シングルモードとマルチモードの評価を比較すると、聴覚印象の評定平均値は他の地点と同様に上昇するが、上昇量は決して多くはないとはいえ、視覚印象の評価平均値が高いほど聴覚印象が良いという結論は簡単には得られない。

地点2では、日本人と中国人で異なる傾向がある。シングルモードでは、中国人全体がポジティブな傾向にあるが、ネガティブな場合もある。逆に、日本人は全体的にポジティブである。シングルモードがマルチモードに移行するにつれて、中国人の視覚印象評定平均値は減少し、日本では評価の平均値が増加する状況が現れた。この結果から、日本人と中国人では音環境に対する評価構造には確かに違いがあると言うが、この問題を理解するためには、両者の生活環境や習慣の違いを明確にすることが今後の課題と言えらると思われる。

シングルモードとマルチモードにおける評価結果分析（中国）

まず、騒音レベルが高い地点1と地点5(図3-32)では、聴覚刺激の評価は全体的に良くなく、すべて評価ネガティブにある。しかし、「高い-低い」という形容詞では、日本人は中立にあり、騒音レベルの大きさが音環境の満足度に影響を及ぼしていることを示している。地点1は交通量の多い国道沿いで、主な騒音は自動車が走る音とクラクションの音である。地点5の騒音はバイクの声、クラクションの声、販売音である。異なる音が豊かな音環境を構成しているが、不快な音は、単純な騒音よりも不快な感じを与える。

視覚刺激では、日本人と中国人の評価平均値はいずれも中立的である傾向にあった。地点1では、日本人は「地味-賑やかな」、「沈滞-活気」、「閉鎖的-開放的」の3つの形容詞に対して明らかなポジティブ評価を示した。日本人にとって、中国人3つの形容詞の主観評価はほぼ中立になった。地点5では、このような状況も現れている。

聴覚マルチモードの評価では、日本人と中国人は地点1でも地点5でも聴覚シングルモードの評価平均値とほぼ同じネガティブであった。視覚マルチモードの評価では、地点1と地点5の日本人はポジティブに評価する傾向がある。中国人は中立を保つ。全体的に騒音レベルの高い地点1と地点5では中国人と日本人の評定平均値は大きく変化しなかった。

これは騒音レベルの高い音環境に対して、みんなの主観的な感覚が同じであることを反映している。また、視覚刺激マルチモードを加えると、日本人と中国人の主観評価はいずれも積極的に変化するため、視覚的にその発生源を捉えることは主観印象を向上させるのに非常に有効であると言える。

次に騒音レベルの低い地点2と地点3であり、騒音レベル低いため、日本人と中国人の評価平均値はほぼポジティブな傾向を示した。しかし、視覚シングルモードでは、地点5における日本人の評価値はネガティブな傾向にあった。視覚マルチモードでは、日本人のネガティブな傾向が中立になった。日本人の視聴覚マルチモードの評価では、地点2が地点3より高く、地点3の聴覚印象はシングルモードとマルチモードの評価の間に有意差があった。中国人がシングルモードからマルチモードに移行した場合の評価値の上昇量は地点3よりやや高かった。

最後に騒音レベルがやや大きい地点 4 と地点 6 で、聴覚シングルモードでは、日本人と中国人の評価平均値はほぼ中立的であった。特に形容詞「高い-低い」である。評価結果から言えば、日本人の評定平均値はポジティブである。一方、中国人はネガティブな傾向が見られた。しかし、聴覚マルチモードでは、日本人は「高い-低い」という評価項目で、前のポジティブな評価から中立に変わり、中国人は中立的な傾向を保ってきた。

一方、視覚刺激シングルモードでは、日本人と中国人の評価平均値はほぼネガティブであった。しかし、「さむさむしい-暖かい」、「地味-にぎやかな」、「沈滞-活気」の3つの評価項目では、日本人の評価平均値はいずれもネガティブだった。表7の有意差検定の結果から、日本人と中国人では地点4と地点6でいずれも3組の形容詞の異なる程度の有意差が検出された。これは同時に主観的な評価項目において、中日両国に明らかな違いがあることを示している。

上記の地点の写真から分かるように、中国国内の地点4と地点6はそれぞれマンション付近と鉄道駅の前である。視聴覚刺激シングルモードのみを行う場合、被験者はパノラマ画像と録音刺激のみを見ることができた。シングルモードのみの場合、人々は現在聞いていることと見ていることに傾き、主観評価も明らかになる。同時に視聴覚刺激マルチモードを行うと、個人の主観的感じも視覚または聴覚刺激に伴って異なる程度に変化すると思っている。

3-3-3 因子分析

因子解析とは、因子分析とは、たくさんある変数から少ない変数で説明することができる分析手法のことである。本研究所で用いた日本国内と中国国内の視聴覚刺激においても音タイプや音色構造が異なることから、日中の音環境評価構造の違いを調べるため、被験者を合計20名の日本人と中国人についてそれぞれ聴覚刺激、視覚刺激、視聴覚刺激の実験結果を因子分析した。結果を表8~21に示す。

○日本地点における日本人と中国人主観評価の因子分析表

表8 聴覚刺激に対する日本人の主観評価の因子分析表

日本人-聴覚シングル	因子1	因子2	因子3
やかましい-静かな (Audio)	0.797	-0.523	-0.229
強い-弱い (Audio)	0.718	-0.314	-0.499
甲高い-落ち着いた (Audio)	0.706	-0.495	-0.132
大きい-小さい (Audio)	0.564	-0.351	-0.436
硬い-柔らかい (Audio)	0.533	-0.529	-0.464
穏やかな-荒々しい (Audio)	-0.581	0.531	0.541
快い-不快な (Audio)	-0.436	0.807	0.317
満足-不満足 (Audio)	-0.496	0.734	0.344
澄んだ-濁った (Audio)	-0.543	0.630	0.450
美しい-汚い (Audio)	-0.455	0.539	0.548
高い-低い (Audio)	-0.086	0.111	0.444

表 9 聴覚刺激に対する中国人の主観評価の因子分析表

中国人-聴覚シングル	因子1	因子2	因子3
満足-不満足 (Audio)	0.835	-0.266	0.291
快い-不快な (Audio)	0.811	-0.203	0.295
穏やかな-荒々しい (Audio)	0.723	-0.049	0.055
澄んだ-濁った (Audio)	0.641	-0.336	0.421
甲高い-落ち着いた (Audio)	-0.534	0.381	-0.213
硬い-柔らかい (Audio)	-0.600	0.577	-0.349
やかましい-静かな (Audio)	-0.651	0.589	-0.188
強い-弱い (Audio)	-0.310	0.919	-0.092
大きい-小さい (Audio)	-0.027	0.676	-0.206
高い-低い (Audio)	-0.213	0.673	-0.107
美しい-汚い (Audio)	0.480	-0.310	0.820

表 10 聴覚刺激に対する日本人の主観評価の因子分析表

日本人-聴覚マルチ	因子1	因子2	因子3
満足-不満足 (Audio)	0.834	-0.359	0.246
快い-不快な (Audio)	0.818	-0.365	0.338
澄んだ-濁った (Audio)	0.777	-0.510	0.228
穏やかな-荒々しい (Audio)	0.755	-0.542	0.243
美しい-汚い (Audio)	0.719	-0.518	0.288
やかましい-静かな (Audio)	-0.679	0.630	-0.149
硬い-柔らかい (Audio)	-0.683	0.591	-0.152
甲高い-落ち着いた (Audio)	-0.773	0.476	0.414
大きい-小さい (Audio)	-0.349	0.777	-0.155
強い-弱い (Audio)	-0.503	0.767	-0.168
高い-低い (Audio)	0.100	-0.089	0.420

表 11 聴覚刺激に対する中国人の主観評価の因子分析表

中国人-聴覚マルチ	因子1	因子2	因子3
強い-弱い (Audio)	0.916	-0.256	-0.148
硬い-柔らかい (Audio)	0.803	-0.281	-0.354
高い-低い (Audio)	0.775	-0.276	0.032
やかましい-静かな (Audio)	0.762	-0.493	-0.078
大きい-小さい (Audio)	0.707	-0.172	-0.104
満足-不満足 (Audio)	-0.265	0.846	0.111
快い-不快な (Audio)	-0.252	0.760	0.284
澄んだ-濁った (Audio)	-0.351	0.711	0.312
美しい-汚い (Audio)	-0.350	0.689	0.142
穏やかな-荒々しい (Audio)	-0.135	0.326	0.834
甲高い-落ち着いた (Audio)	0.499	-0.303	-0.116

表 12 視覚刺激に対する日本人の主観評価の因子分析表

日本人-視覚シングル	因子1	因子2	因子3
汚い-清潔な (Visual)	0.848	0.356	0.147
怖い-安心な (Visual)	0.844	0.341	0.213
古い-新しい (Visual)	0.505	-0.154	-0.335
暖かい-さむさむしい (Visual)	-0.629	-0.462	-0.067
安全な-危険な (Visual)	-0.754	-0.376	-0.122
鮮やかな-くすんだ (Visual)	-0.769	-0.274	0.050
整然-乱雑 (Visual)	-0.787	-0.107	-0.183
快適な-不快な (Visual)	-0.809	-0.407	-0.209
美しい-醜い (Visual)	-0.830	-0.328	-0.161
閉鎖的な-開放的な (Visual)	0.200	0.866	-0.099
暗い-明るい (Visual)	0.504	0.726	-0.031
広い-狭い (Visual)	-0.227	-0.828	0.013
活気-沈滞 (Visual)	0.428	0.096	0.780
賑やかな-地味な (Visual)	0.024	-0.193	0.780

表 13 視覚刺激に対する中国人の主観評価の因子分析表

中国人-視覚シングル	因子1	因子2	因子3
暖かい-さむさむしい (Visual)	0.749	-0.023	0.077
快適な-不快な (Visual)	0.742	-0.512	0.024
安全な-危険な (Visual)	0.700	-0.293	-0.062
整然-乱雑 (Visual)	0.619	-0.461	0.144
美しい-醜い (Visual)	0.585	-0.526	0.137
閉鎖的な-開放的な (Visual)	-0.550	-0.136	-0.442
怖い-安心な (Visual)	-0.704	0.410	0.044
汚い-清潔な (Visual)	-0.345	0.684	-0.116
古い-新しい (Visual)	-0.174	0.672	-0.344
鮮やかな-くすんだ (Visual)	0.239	-0.253	0.694
活気-沈滞 (Visual)	-0.017	-0.140	0.637
広い-狭い (Visual)	0.231	-0.182	0.546
暗い-明るい (Visual)	-0.042	0.353	-0.260
賑やかな-地味な (Visual)	-0.104	-0.024	0.308

表 14 視聴覚刺激の視覚印象に対する日本人の主観評価の因子分析表

日本人-視覚マルチ	因子1	因子2	因子3
汚い-清潔な (Visual)	0.880	-0.347	0.159
怖い-安心な (Visual)	0.869	-0.263	0.240
暗い-明るい (Visual)	0.665	-0.554	0.053
古い-新しい (Visual)	0.524	-0.084	-0.218
暖かい-さむさむしい (Visual)	-0.607	0.406	-0.235
整然-乱雑 (Visual)	-0.695	0.154	-0.343
安全な-危険な (Visual)	-0.699	0.322	-0.218
快適な-不快な (Visual)	-0.769	0.422	-0.235
美しい-醜い (Visual)	-0.842	0.412	-0.205
鮮やかな-くすんだ (Visual)	-0.875	0.249	-0.051
広い-狭い (Visual)	-0.270	0.835	-0.001
閉鎖的な-開放的な (Visual)	0.338	-0.754	-0.128
活気-沈滞 (Visual)	0.205	-0.091	0.973
賑やかな-地味な (Visual)	0.092	0.103	0.741

表 15 視聴覚刺激の視覚印象に対する中国人の主観評価の因子分析表

中国人-視覚マルチ	因子1	因子2	因子3
怖い-安心な (Visual)	0.905	-0.023	-0.117
汚い-清潔な (Visual)	0.773	-0.076	0.388
暖かい-さむさむしい (Visual)	-0.530	0.091	-0.434
整然-乱雑 (Visual)	-0.657	0.126	-0.276
美しい-醜い (Visual)	-0.706	0.169	-0.376
安全な-危険な (Visual)	-0.838	0.090	-0.070
快適な-不快な (Visual)	-0.888	0.089	-0.197
賑やかな-地味な (Visual)	-0.029	0.808	-0.181
鮮やかな-くすんだ (Visual)	-0.293	0.799	-0.243
活気-沈滞 (Visual)	0.008	0.720	-0.112
暗い-明るい (Visual)	0.300	-0.284	0.644
閉鎖的な-開放的な (Visual)	0.059	-0.089	0.590
広い-狭い (Visual)	-0.153	0.249	-0.633
古い-新しい (Visual)	0.438	-0.410	0.361

○中国地点における日本人と中国人主観評価の因子分析表

表 16 聴覚刺激に対する日本人の主観評価の因子分析表

日本人-聴覚シングル	因子1	因子2	因子3
やかましい-静かな (Audio)	0.867	0.391	-0.062
甲高い-落ち着いた (Audio)	0.837	0.439	0.070
穏やかな-荒々しい (Audio)	0.809	0.488	-0.063
強い-弱い (Audio)	0.808	0.474	-0.100
大きい-小さい (Audio)	0.768	0.490	0.081
満足-不満足 (Audio)	0.764	0.387	-0.196
快い-不快な (Audio)	0.762	0.479	-0.276
澄んだ-濁った (Audio)	0.556	0.810	0.009
硬い-柔らかい (Audio)	0.559	0.715	-0.004
美しい-汚い (Audio)	0.614	0.671	-0.137
高い-低い (Audio)	-0.032	-0.008	0.531

表 17 聴覚刺激に対する中国人の主観評価の因子分析表

中国人-聴覚シングル	因子1	因子2	因子3
やかましい-静かな (Audio)	0.818	0.467	0.241
甲高い-落ち着いた (Audio)	0.782	0.326	0.255
大きい-小さい (Audio)	0.735	0.536	0.178
強い-弱い (Audio)	0.734	0.432	0.364
高い-低い (Audio)	0.696	0.281	0.369
快い-不快な (Audio)	0.680	0.444	0.396
硬い-柔らかい (Audio)	0.670	0.564	0.301
満足-不満足 (Audio)	0.577	0.537	0.411
美しい-汚い (Audio)	0.389	0.885	0.211
澄んだ-濁った (Audio)	0.456	0.640	0.309
穏やかな-荒々しい (Audio)	0.301	0.237	0.914

表 18 視聴覚刺激の聴覚印象に対する日本人の主観評価の因子分析表

日本人-聴覚マルチ	因子1	因子2	因子3
美しい-汚い (Audio)	0.837	0.353	-0.071
強い-弱い (Audio)	0.764	0.483	0.156
大きい-小さい (Audio)	0.737	0.407	0.121
硬い-柔らかい (Audio)	0.677	0.554	0.139
澄んだ-濁った (Audio)	0.626	0.577	-0.113
満足-不満足 (Audio)	0.390	0.857	0.098
快い-不快な (Audio)	0.426	0.832	-0.059
やかましい-静かな (Audio)	0.611	0.698	0.083
穏やかな-荒々しい (Audio)	0.593	0.671	0.021
甲高い-落ち着いた (Audio)	0.599	0.637	0.142
高い-低い (Audio)	0.022	0.013	0.405

表 19 視聴覚刺激の聴覚印象に対する中国人の主観評価の因子分析表

中国人-聴覚マルチ	因子1	因子2	因子3
穏やかな-荒々しい (Audio)	0.767	0.290	0.235
美しい-汚い (Audio)	0.759	0.292	0.327
満足-不満足 (Audio)	0.719	0.346	0.297
硬い-柔らかい (Audio)	0.688	0.436	0.337
やかましい-静かな (Audio)	0.644	0.461	0.459
快い-不快な (Audio)	0.593	0.416	0.453
甲高い-落ち着いた (Audio)	0.219	0.813	0.231
高い-低い (Audio)	0.389	0.717	0.164
強い-弱い (Audio)	0.378	0.625	0.542
大きい-小さい (Audio)	0.513	0.596	0.230
澄んだ-濁った (Audio)	0.534	0.286	0.741

表 20 視覚刺激に対する中国人の主観評価の因子分析表

中国人-視覚シングル	因子1	因子2	因子3
暖かい-さむさむしい (Visual)	0.749	-0.023	0.077
快適な-不快な (Visual)	0.742	-0.512	0.024
安全な-危険な (Visual)	0.700	-0.293	-0.062
整然-乱雑 (Visual)	0.619	-0.461	0.144
美しい-醜い (Visual)	0.585	-0.526	0.137
閉鎖的な-開放的な (Visual)	-0.550	-0.136	-0.442
怖い-安心な (Visual)	-0.704	0.410	0.044
汚い-清潔な (Visual)	-0.345	0.684	-0.116
古い-新しい (Visual)	-0.174	0.672	-0.344
鮮やかな-くすんだ (Visual)	0.239	-0.253	0.694
活気-沈滞 (Visual)	-0.017	-0.140	0.637
広い-狭い (Visual)	0.231	-0.182	0.546
暗い-明るい (Visual)	-0.042	0.353	-0.260
賑やかな-地味な (Visual)	-0.104	-0.024	0.308

表 21 視覚刺激に対する日本人の主観評価の因子分析表

日本人-視覚シングル	因子1	因子2	因子3
汚い-清潔な (Visual)	0.848	0.356	0.147
怖い-安心な (Visual)	0.844	0.341	0.213
古い-新しい (Visual)	0.505	-0.154	-0.335
暖かい-さむさむしい (Visual)	-0.629	-0.462	-0.067
安全な-危険な (Visual)	-0.754	-0.376	-0.122
鮮やかな-くすんだ (Visual)	-0.769	-0.274	0.050
整然-乱雑 (Visual)	-0.787	-0.107	-0.183
快適な-不快な (Visual)	-0.809	-0.407	-0.209
美しい-醜い (Visual)	-0.830	-0.328	-0.161
閉鎖的な-開放的な (Visual)	0.200	0.866	-0.099
暗い-明るい (Visual)	0.504	0.726	-0.031
広い-狭い (Visual)	-0.227	-0.828	0.013
活気-沈滞 (Visual)	0.428	0.096	0.780
賑やかな-地味な (Visual)	0.024	-0.193	0.780

表 22 視聴覚刺激の視覚印象に対する中国人の主観評価の因子分析表

中国人-視覚マルチ	因子1	因子2	因子3
怖い-安心な (Visual)	0.905	-0.023	-0.117
汚い-清潔な (Visual)	0.773	-0.076	0.388
暖かい-さむさむしい (Visual)	-0.530	0.091	-0.434
整然-乱雑 (Visual)	-0.657	0.126	-0.276
美しい-醜い (Visual)	-0.706	0.169	-0.376
安全な-危険な (Visual)	-0.838	0.090	-0.070
快適な-不快な (Visual)	-0.888	0.089	-0.197
賑やかな-地味な (Visual)	-0.029	0.808	-0.181
鮮やかな-くすんだ (Visual)	-0.293	0.799	-0.243
活気-沈滞 (Visual)	0.008	0.720	-0.112
暗い-明るい (Visual)	0.300	-0.284	0.644
閉鎖的な-開放的な (Visual)	0.059	-0.089	0.590
広い-狭い (Visual)	-0.153	0.249	-0.633
古い-新しい (Visual)	0.438	-0.410	0.361

表 23 視聴覚刺激の視覚印象に対する日本人の主観評価の因子分析表

日本人-視覚マルチ	因子1	因子2	因子3
汚い-清潔な (Visual)	0.880	-0.347	0.159
怖い-安心な (Visual)	0.869	-0.263	0.240
暗い-明るい (Visual)	0.665	-0.554	0.053
古い-新しい (Visual)	0.524	-0.084	-0.218
暖かい-さむさむしい (Visual)	-0.607	0.406	-0.235
整然-乱雑 (Visual)	-0.695	0.154	-0.343
安全な-危険な (Visual)	-0.699	0.322	-0.218
快適な-不快な (Visual)	-0.769	0.422	-0.235
美しい-醜い (Visual)	-0.842	0.412	-0.205
鮮やかな-くすんだ (Visual)	-0.875	0.249	-0.051
広い-狭い (Visual)	-0.270	0.835	-0.001
閉鎖的な-開放的な (Visual)	0.338	-0.754	-0.128
活気-沈滞 (Visual)	0.205	-0.091	0.973
賑やかな-地味な (Visual)	0.092	0.103	0.741

表 8～15 から分かるように、日本人の場合、シングルモードでは迫力因子が因子 1、マルチモードでは因子負荷量の合計が小さい因子 2 となっている。この結果から、聴覚刺激のみが迫力因子を主な評価対象としていると推測されるが、視覚情報が付与されているため、複数因子の総合音環境を評価した。また、美的因子としては、表 11 の因子負荷量が表 8 の因子 2 の因子負荷量よりも大きいいため、総合的な音環境に対する視覚情報の評価から、美的因子の影響がより大きいことが分かった。

日本人の場合、シングルモードとマルチモードの因子分析結果はほぼ同じで、唯一異なるのはシングルモードの場合、中国人の第一因子は総合評価因子であり、日本人は迫力因子である。しかし、マルチモードでは、因子移行の傾向は中国人と同じで、第 1 因子から第 2 因子に変わった。これも、異なる音環境において、両者の音構造に対する評価が同じである場合があることを示している。従って、音の迫力を表現するこれらの因子は音のみの評価において重要であるが、視覚印象における聴覚印象の総合評価との関係性は薄いと思う。

中国人の場合、シングルモード第一因子は総合評価因子であり、因子負荷量は 0.835 であることが分かった。マルチモードでは、第一因子は迫力因子であり、因子負荷量は 0.916 であった。しかし、本来の総合評価因子 1 が因子 2 となり、因子 2 の迫力因子がマルチモードでの第一因子となった。この結果から、視覚刺激を加えると、中国人の音環境評価の構造が変化し、さらに日中両国の視聴覚刺激環境の違いが総合的な音環境評価に影響を及ぼしていることがわかる。

また、「穏やかな-荒々しい」は、日本人では総合評価因子と因子 1 に相当するが、表 5 では、因子 1 は因子 3 に移動し、因子負荷量は 0.834 であった。この結果から、視聴印象の形容詞である「穏やかな-荒々しい」という形表容詞の意味も確かに音環境の影響の一部であると考えられる。

表 16 および 19 から、日本人の場合、シングルモードでは第一因子は迫力因子と思われるが、マルチモードでは金属・美的因子が混在する結果となっている。視覚情報が付与されたことによって、聴覚の評価構造が変化している。

中国人の場合、シングルモードでは第一因子は金属・美的などの混在しているが、マルチモードでは迫力因子が第一因子と見られる。視覚情報を加えると、中国人は「硬い-柔らかい」、「やかま

しい-静か」の 2 つの形容詞を金属因子と迫力因子とより明確に判断し、結果的に総合評価とは切り離れたように見える。

「穏やかな-荒々しい」は表 4 の中国人において美的因子と同一因子 1 に相当するが、表4の日本人において因子2となり、因子負荷量 0.671 であり、結果は他の因子と大きく異なる。この結果から、視聴印象の形容詞である「穏やかな-荒々しい」という言葉は、中国人の認識では日本人とは異なる可能性があり、だから言語の違いが生じていることがわかる。

聴覚刺激のみの場合、評価構造の違いが明確に現れているが、視聴覚刺激の場合は両者の差が薄れている。

3-4 小括

本章では、日本人と中国人が平均値を評価した結果を分析したところ、音環境に優れた地点で、中国でも日本でも評価平均値はほぼポジティブであることが分かった。音環境の悪い地点では、両者の全体的な評価はネガティブであるが、特殊な状況の存在は排除されない。両者国籍の違い、成長環境の違い、言語文化の違いにより、同じ音環境で両者の評価平均値が異なる可能性がある。また、視覚刺激を加えると、もともとネガティブな評価が視覚印象を与えることでポジティブになった。これは視覚印象も主観評価に影響を与える重要な要素であることを示している。一方、日中両国の音環境の違いを因子分析することにより、異なる因子間の差異性及び異なる地点における因子間の変化が認められた。これにより、視覚情報が音環境の主観評価に影響を及ぼすことが確認できる。

第四章

騒音レベルに基づく日本人と中国人 の感度の違いに関する実験

4-1 実験の概要

4-1-1 実験システム

本章で実験に用いた実験システムは第3章で述べたことと同じである。いずれもゲーム作成ソフトunityを用いて聴覚刺激、視覚刺激、視聴覚刺激を構築し、VRのパノラマ画像とヘッドホンで被験者に提示した。本回の実験では、日本と中国で採取した異なる視聴覚刺激についてVR技術を用いて被験者の回答に主観評価を分析し、各地点の視聴覚刺激の騒音適応レベルと許容レベルについて評価分析を行い、日本人と中国人の視聴覚刺激の時、主観的な騒音レベルの違いを調べた。各地点に適合すると予想される騒音レベルを適合レベルと定義し、その地点で許容可能と予測される騒音レベルを許容レベルと定義した。

4-1-2 実験方法

実験の実施前に、視覚情報と聴覚情報に基づいて騒音レベルを予想される適合レベルと許容レベルに調整した後、ゲーム開発環境unityによって構築されたVR環境で視聴覚刺激を被験者に提示した。被験者はVRコントローラを用い、スライダのハンドルを移動して主観評価の回答が可能であった。各地点の360°パノラマ画像(視覚刺激)は予備実験と同ヘッドマウントディスプレイ(HTC Vive)、録音後の音(聴覚刺激)はステレオヘッドホン(Bose QuietComfort 25)により試験対象に提示した。



図 4-1 実験の映像

4-1-3 実験の手順

被験者は20代の日本人10名、中国人10名の計20名であった。測定精度を高めるため、1名の被験者に対して全12箇所の評価に3度回答し、同一地点の評定平均値を測定値とした。計20種類の36シーンをランダムに交換する提示順が用意されている。実験に要する時間は1人20分程度である。

4-2 実験の結果と分析

図 4-2、4-3 に示すように日本と中国国内の地点であり、これは中国の適合レベルの測定結果である。オレンジ色の棒状は日本の被験者の平均値を示し、緑色は中国の被験者の平均値を示した。棒グラフは、元の騒音レベルの小さい場所を左から右に順に並べます。黒線で示すのは、各地点で回答可能なスライダーの最大騒音レベルである。

4-2-1 適合レベルにおける測定結果

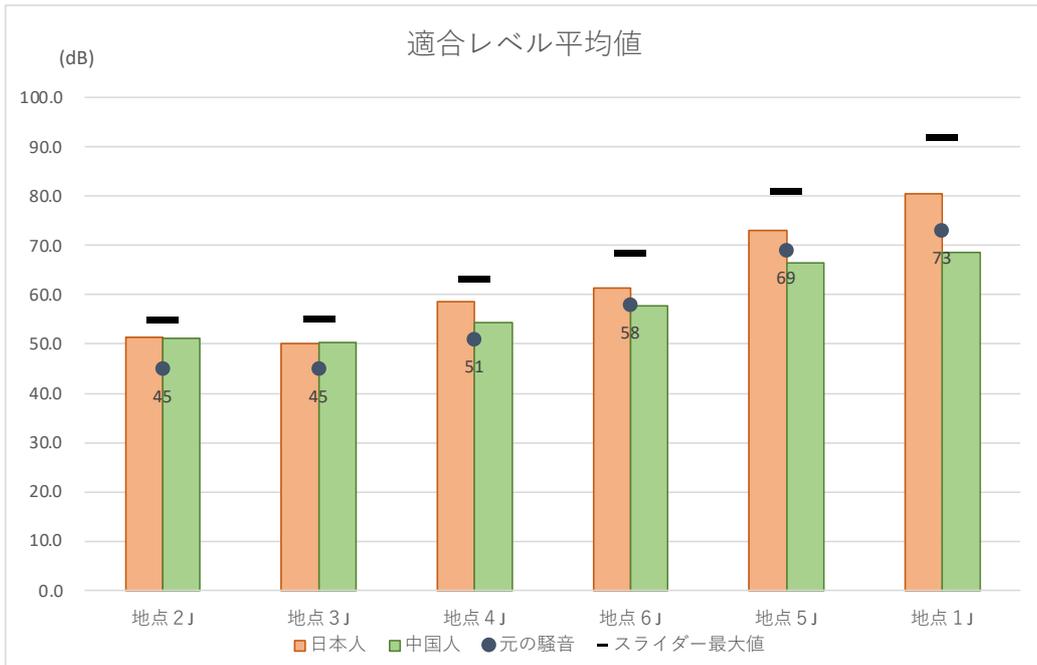


図 4-2 日本における地点 1~6 に適合レベルの平均値

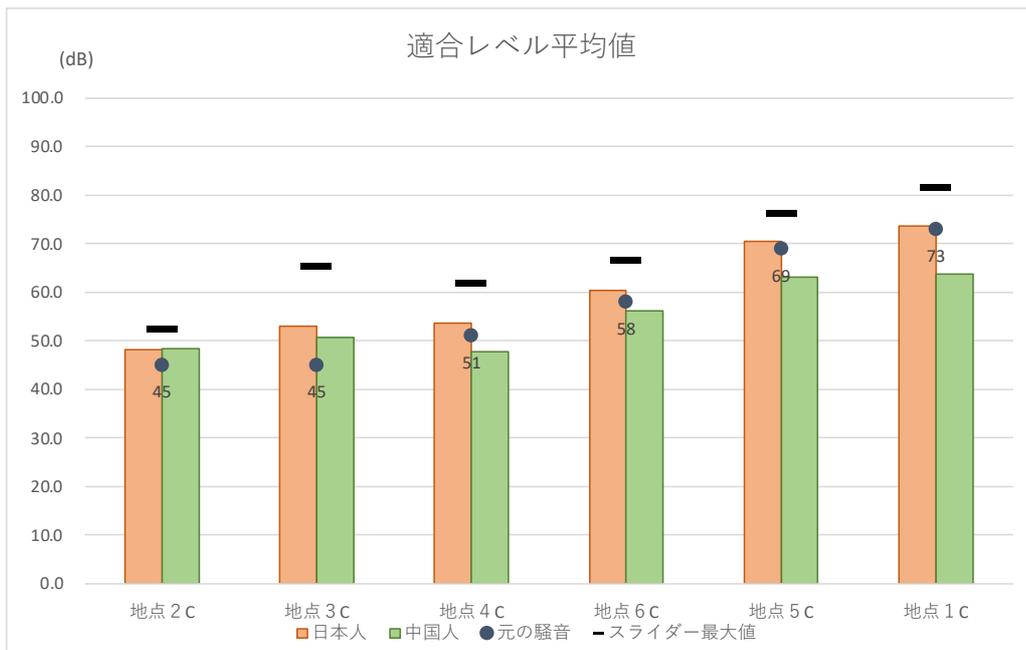


図 4-3 中国における地点 1~6 に適合レベルの平均値

4-2-2 許容レベルにおける測定結果

図 4-4、4-5 に示すのは、日本と中国国内の地点であり、これは中国の適合レベルの測定結果である。黄色の棒グラフが日本人被験者の平均値を、青いが中国人被験者の平均値を示している。元の騒音レベルが小さい地点を左から順に並べ替えている。黒線で示しているのは、それぞれの地点で回答できるスライダーの最大騒音レベルである。

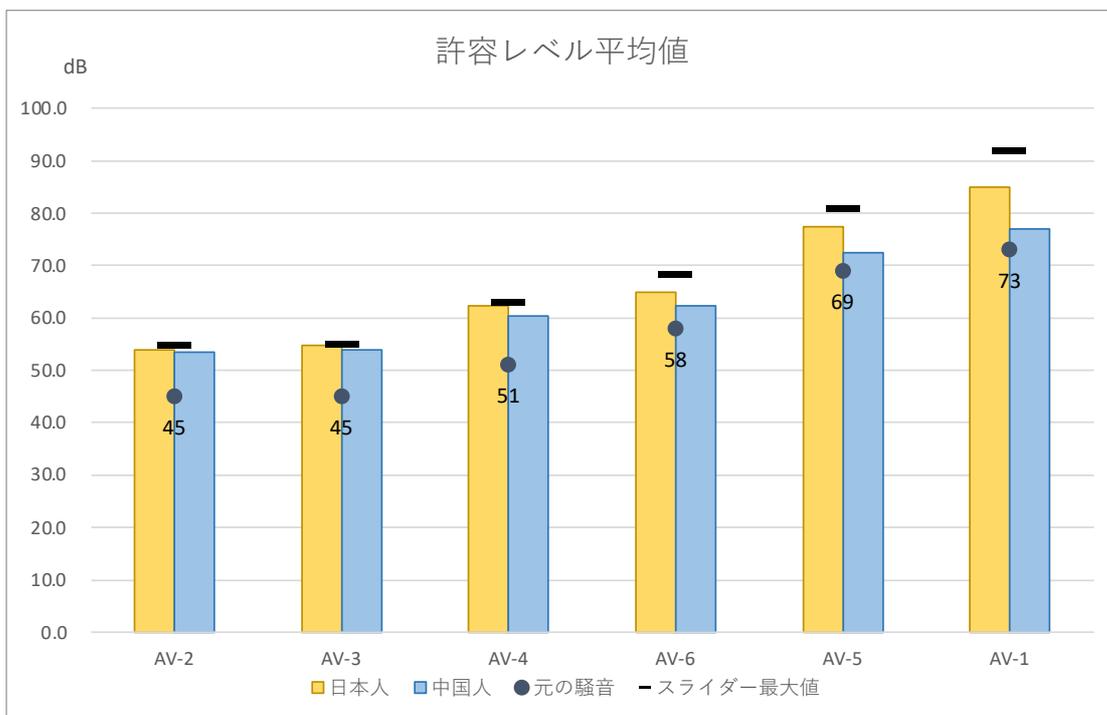


図 4-4 日本における地点 1～6 に許容レベルの平均値

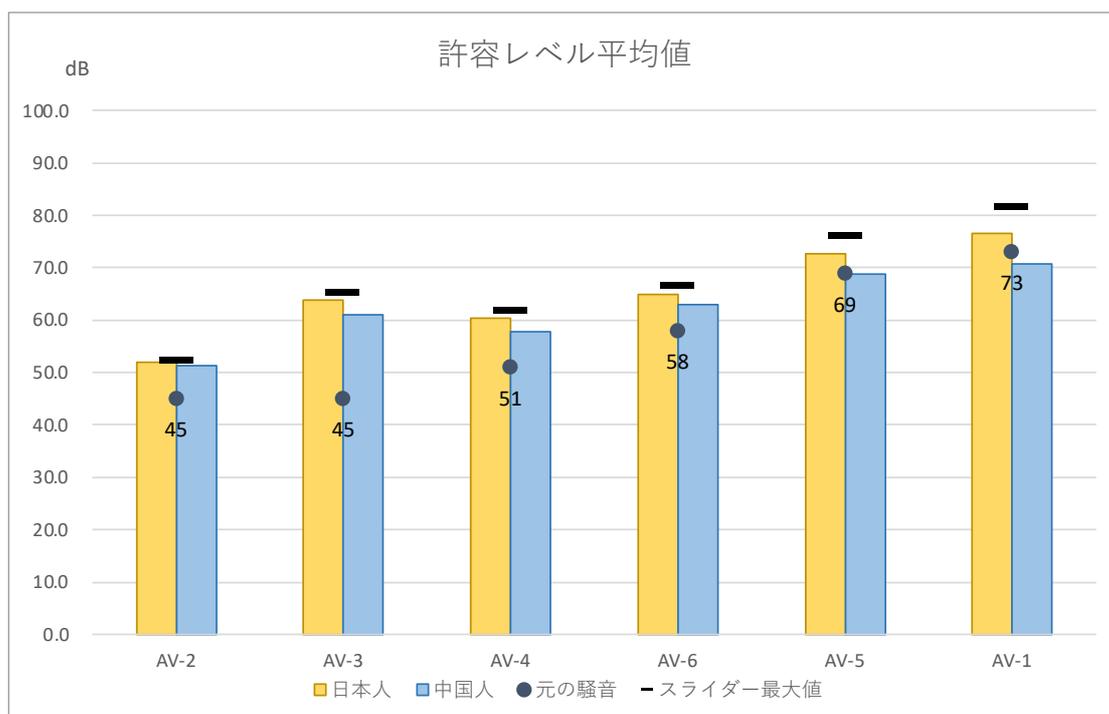


図 4-5 中国における地点 1～6 に許容レベルの平均値

測定平均値を比べると、適合レベルにおいては地点3Jと地点2Cを除き中国人よりも日本人の方が大きい値となっている。許容レベルにおいては12箇所全てで中国人よりも日本人の方が大きい値が出た。実験結果として予想されていたのは、適合レベル、許容レベルのいずれにおいても日本人に比べて中国人の方が大きい値を示すことだったが、予想に反する結果となった。元の騒音レベルが小さければ日本人平均値と中国人平均値の差は小さく、元の騒音レベルが大きい地点では日本人平均値と中国人平均値の差が大きくなるという傾向がある。

許容レベルにおいては、適用レベルと同様に騒音レベルの大きい地点では有意差があったが、元の騒音レベルが45.0dB程度の地点2や地点3において有意差が認められなかった。ただ地点6Jと地点5Jでは有意差が認められなかったのに対し、地点4Jで有意差があった点は精査の必要があるといえるだろう。これらからわかるのは、騒音レベルが大きくなるほど、日本人と中国人の騒音に対する主観的な印象が異なるということである。元の騒音レベルが小さい地点2と3に関して、前章の図3～6をみると地点によってスライダーによって回答できる騒音の最大値が異なっていることがわかる。地点2Jや2Cの許容レベルをみると、ほとんどスライダーで回答できる最大値を示している。

一方で、元の騒音レベルが同じ地点3Jと3Cを比べると、地点3Jの方が回答できる騒音の最大値が小さいため日中ともに平均値に差はないが、地点3Cは回答できる最大の音レベルが大きいため日本人と中国人との平均値に差が生まれている。また、地点3Cと4Cを比べると元の騒音レベルは4Cの方が大きいにも関わらず、3Cの方が両者とも平均値が大きくなっている。

この結果も、地点4Cより3Cの方がスライダーで回答できる最大値が大きく設定されていることが影響していると考えられる。このような結果になってしまった要因は、本実験で使用しているゲーム開発環境unity上にて回答できる最大の音の大きさを設定してしまったことである。そのため採集した刺激によってその値の騒音レベルが異なり、地点によって回答できる値の幅が異なってしまった。よって、適合レベル・許容レベルともに、元の騒音レベルが小さいと日本人と中国人の測定値に差は現れないとは必ずしも言い切れない。

4-2-3 平均値と有意差検定

各地点において、日本人と中国人の測定値の平均、日本人と中国人の測定平均値の差、日本人と中国人の評定に有意差があるかを調べまとめた。適合レベルと許容レベルにおけるものを表1に示す。

場所	地点	騒音レベル [dB]	適合レベル				許容レベル			
			日本人	中国人	平均値差	有意差	日本人	中国人	平均値差	有意差
日本	2	45	51.5	51.2	0.3	-	53.82	53.57	0.25	-
	3	45	50.1	50.4	-0.3	-	54.84	53.88	0.96	-
	4	51	58.6	54.2	4.4	**	62.40	60.37	2.04	*
	6	58	61.4	57.7	3.7	*	64.92	62.34	2.58	-
	5	69	73.0	66.5	6.5	*	77.40	72.48	4.91	-
中国	1	73	80.4	68.6	11.8	**	84.97	76.99	7.98	**
	2	45	48.2	48.3	-0.1	-	52.04	51.27	0.77	-
	3	45	53.1	50.6	2.5	-	63.92	60.92	3.00	-
	4	51	52.8	47.1	5.7	-	60.37	57.82	2.55	-
	6	58	60.4	56.1	4.3	**	64.92	62.86	2.05	-
	5	69	70.4	63.6	6.8	**	72.66	68.87	3.78	*
1	73	73.6	63.8	9.8	**	76.50	70.63	5.87	*	

表1 日本人と中国人の評定平均値と有意差検定

測定平均値を比較すると、3J点と2C点を除き、許容レベル内で日本人の数値が中国人に比べて高くなっている。許容レベル内では、12項目すべてにおいて、日本人の数値が中国人の数値より高くなっている。実験の結果、中国人は適合レベル、許容レベルともに日本人より高い値を示すと予想されたが、結果は予想に反していた。元の騒音レベルが小さいと日中平均の差は小さくなり、元の騒音レベルが大きいと日中平均の差は大きくなる傾向がある。

適合レベルでは、日本の地点4が元の騒音50.8dB以上、中国の地点6が元の騒音58.3dBよりうるさい地点で有意差がある。中国においてはおよそ38.8dBと推定できたが、地点4Cの51dBでは有意差は検定されなかった。しかし地点4Cのp値は0.056であるため、およそ騒音レベルが51dBを超える地点で有意差があるといえる。

許容レベルでは、適用レベルと同様に、騒音レベルが最も高い地点で有意差がありますが、元の騒音レベルが約45.0dBAである地点2、3では有意差はありません。しかし、生音レベルが約45.0dBである地点2と3、地点6Jと5Jでは有意な差はない。騒音レベルの上昇に伴い、日本人と中国人では騒音に対する主観的な認識が異なっていることがわかる。

元の騒音レベルが低い地点2と3については、前の図4-2～4-5から、地点によってスライダーで回答できる騒音の最大値が異なることがわかる。地点2Jと2Cの許容レベルから、スライダーでほぼ回答可能な最大値を示した。一方、原騒音レベルと同じ地点3Jと3Cとでは、地点3Jでの騒音最大値が小さいため日中平均値に差はなかったが、地点3Cでの最大音レベルが大きいため、日本人と中国人の平均値に差が生じた。この結果も、地点4Cの3Cはスライダーが回答できる最大値よりも大きく設定されている影響と考えられる。この結果の主な原因は、本実験で用いたゲーム開発環境unityで回答できる音の大きさを設定したことである。したがって、採取した刺激や騒音レベルによって、地点によって回答可能な値の幅が異なる。適合レベルと許容レベルでは、本来の騒音レベルが小さければ、日本人と中国人の測定値に差が出るとは限らない。

4-2-4 騒音レベルの測定実験結果と主観評価実験結果の比較

今回の実験では、視覚情報から音の大きさを予想し、情景に見合った適合レベルと許容できる最大のレベルを回答させている。よって、中国人は日本人に比べて情景に対するネガティブな印象が少なく、騒音レベルが高い地点においても「うるさい」「やかましい」といった評価をしなため、適合レベル・許容レベルともに小さい値を示したのではないかと考えたため、本実験の結果と予備実験で行った主観評価実験の結果を比較した。

4-2-5 適合レベルと主観評価結果における比較

第3章の本実験から得られた聴覚印象に対する主観評価結果において形容詞対ごとに、日本人と中国人の主観評価平均値と適合レベルを比較したものについて地点：日本を図4-6に、地点：中国を図4-7に示す。ここで取り上げる形容詞については、音の大きさを表す「大きい-小さい」と、有意差があった「濁った-澄んだ」「荒々しい-穏やかな」「不快な-快い」「満足-不満足」「やかましい-静かな」の6つとする。「高い-低い」の項目については、有意差は見られるものの、日本人と中国人において形容詞に対する印象が違うのではないかという疑問があるため、今回は取り上げない。

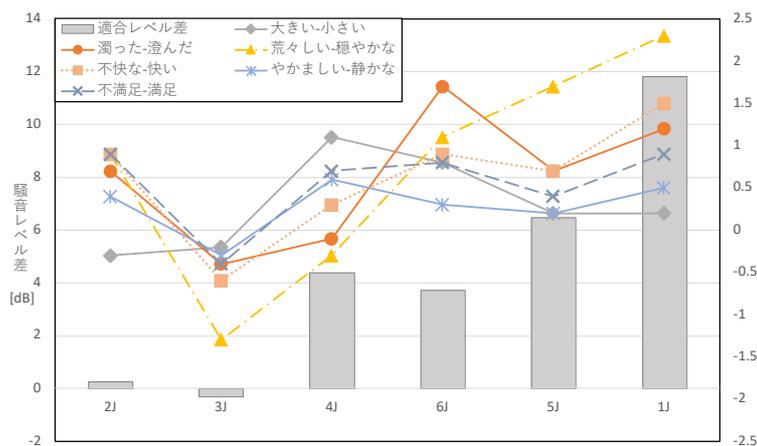


図 4-6 地点：日本における適合レベルとの比較

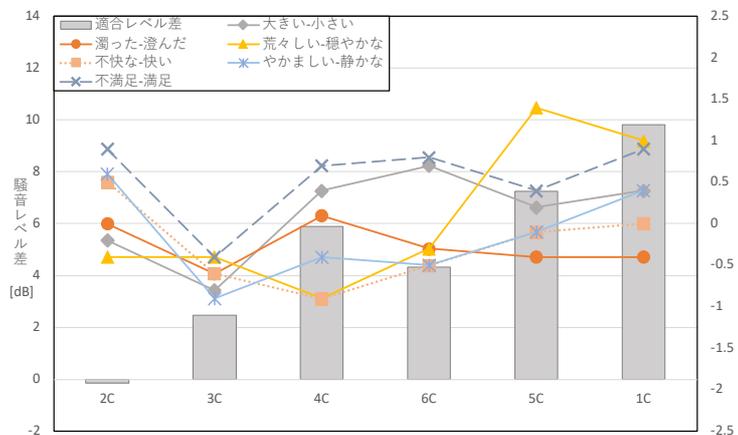


図 4-7 地点：中国における適合レベルとの比較

図 4-6 と 4-7 のグラフを見ると、元の騒音レベルが小さい地点を除いて、中国人より日本人の方が主観評価の値が大きく、適合レベルについても大きい値となっている。地点；日本でも地点；中国でも同様の傾向がある。これらより、視覚情報によって予想される音の大きさが大きいほどその場面に対して大きい音を適切な騒音レベルだと評価したと言える。

日本と中国における「大きい-小さい」を除いた 5 項目に関して、元の騒音レベルが同じ 45dB である地点 2J と 3J を比較すると、日本人中国人ともに地点 2J の方が適合レベルは大きく、主観評価も悪い値となっている。これは第 3 章の表 2 と表 3 からわかるように主な音源が影響していると思われる。地点 3J の緑地公園は鳥、虫、風であるのに対し、地点 2J のキャンパス内の緑地では機械音が入ってきている。この機械音によって地点 2J の視聴覚印象に対する評価が地点 3J よりも悪いものになり、日中両者とも大きい音を予想したために適合値が大きくなったのではないかとと言える。

地点：日本の適合レベルと主観的評価では、騒音の低いところを除いて、日本人は形容詞の項目をどのように評価しても良くなく、適合レベルの測定値も大きくなった。

4-2-6 許容レベルと主観評価結果における比較

第 3 章の本実験から得られた聴覚印象に対する主観評価結果において形容詞対ごとに、日本人と中国人の主観評価平均値と許容レベルを比較したものについて地点；日本を図 4-8 に、地点；中国を図 4-9 に示す。ここで取り上げる形容詞については、4-2-4 と同様の 6 つである。

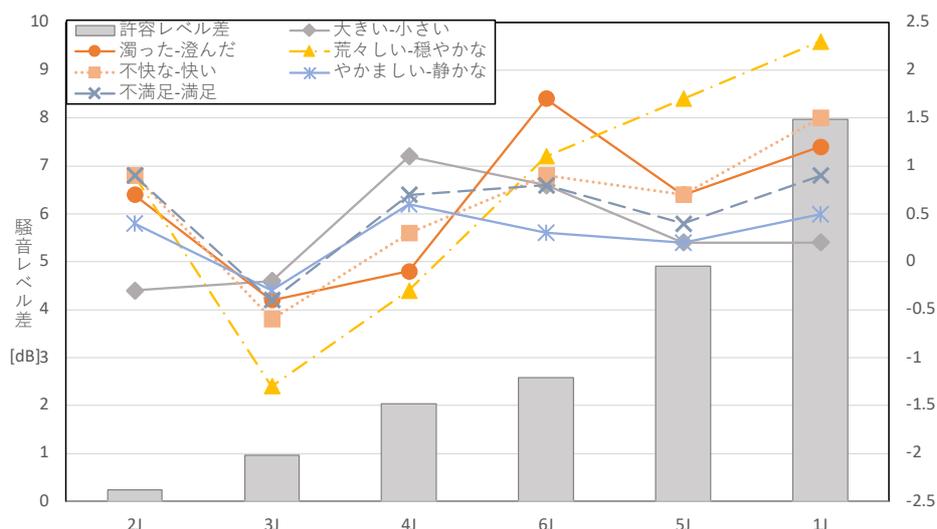


図 4-8 地点：日本における許容レベルとの比較

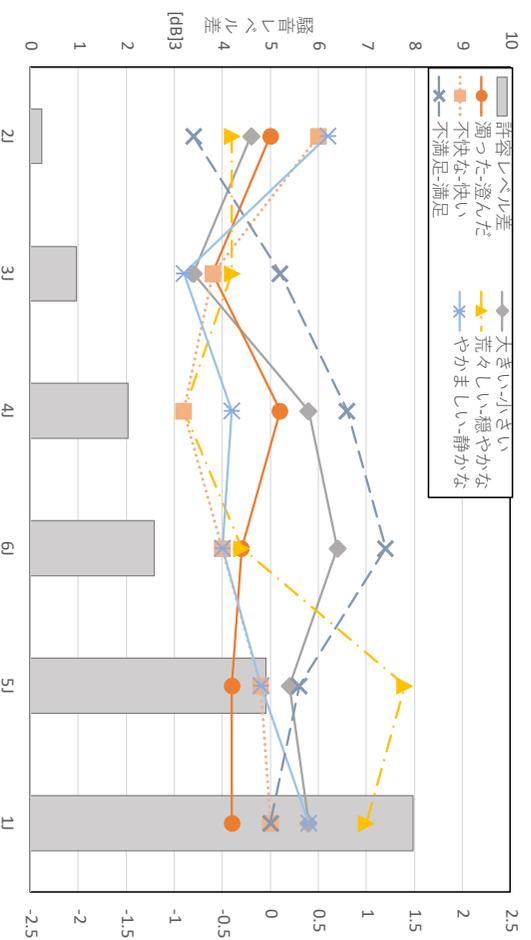


図 4-9 地点：中国における許容レベルとの比較

適合レベルと同様に、地点；日本、地点；中国の両者とも、「大きい-小さい」のグラフに注目すると、騒音レベルの低い地点 2、3を除いた 4 地点で中国人よりも日本人の方が主観評価の結果が悪く、測定した許容レベルも高い値となっている。

4-3 小括

本章では、日本と中国で採集された音環境の異なる視覚刺激を提示し、刺激条件の異なる主観評価を分析し、日本人と中国人の音環境に対する感受性の違いを明確にすることを目的とした騒音レベルに基づき日本人と中国人の感度の違いに関する実験を行う。

第 3 章の実験と同様の実験システムを用いて、日本と中国国内の地点 1-6 でそれぞれ適合レベルと許容レベルの測定を行った。図 4-2 から 4-5 まで分かるように適合レベルと許容レベルにおいて、元の騒音レベルが小さければ日本人平均値と中国人平均値の差は小さく、元の騒音レベルが大きい地点では日本人平均値と中国人平均値の差が大きくなるという傾向がある。

図 4-6~4-9 では、主に音の大きさを表す「大きい-小さい」と、表 3 において有意差があった「濁った-澄んだ」「荒々しい-穏やかな」「不快な-快い」「満足-不満足」「やかましい-静かな」の 6 つ主観評価の形容詞が主観評価実験で用いられた形容詞である。この結果によると、視覚刺激によって判定される騒音レベルは、印象が消極的であるほど大きく、中国人に比べて日本人が視覚情報から予測した適合レベルや許容レベルが大きいと評価されている。

第五章

実験結果のまとめ

第三章及び第四章は主に日本と中国で採取した異なる音環境の視聴刺激を行い、その後、それぞれ聴覚刺激、視覚刺激、視聴覚刺激の提示を行い、刺激提示条件の違いによる視聴覚印象の主観評価の変化を分析して、日本人と中国人における音に対する感受性の違いを明確し、騒音レベルによって日本人と中国人の主観評価が異なることが明らかになった。

第三章本実験の結果から、日本人と中国人は生活環境や言語文化において異なるが、音レベルに対する感受性はほぼ同じであることが分かった。騒音レベルが高い地点では、聴覚刺激のみを行う場合、両者の主観評価値はいずれもネガティブな傾向を示し、日本人の評定平均値は中国人の評定平均値よりもネガティブな評価側に傾いていることも、日本人の音レベルに対する判断力がより顕著であることを示している。

一方、中国人に比べて騒音レベルの高い地点での日本人の主観評価はネガティブが、主観評価で使われる形容詞の対には、例えば「高い-低い」「荒々しい-穏やかな」など、両者に大きな違いが見られ、日本人の評価値は中立的である傾向があり、中国人はネガティブ傾向がある。この結果によると、聴覚印象に対する主観評価は、視覚情報を通じてポジティブな印象を与える傾向がある。また、因子分析を行うことで、美的因子や迫力因子などの因子の違いを数値的に捉えることができ、視覚情報が音環境の主観評価に影響を及ぼすことが確認できた。

第4章では第3章の実験に基づいて、騒音レベルに日本人と中国人の感度の違いに関する実験を行った。その結果から、適合レベルと許容レベルにおいて、元の騒音レベルが小さければ日本人平均値と中国人平均値の差は小さく、元の騒音レベルが大きい地点では日本人平均値と中国人平均値の差が大きくなるという傾向があると考えている。

一方、日本の地点2と中国の地点2では、そもそもの視覚的な違いと主な音源の違いがあった。例えば、マンションにおいても、日本の一般的な低層の集合住宅付近である。でも中国でマンションのは高層ビル群のような印象に捉えられるような地点だった。国が違えば文化が異なるため、対応するような地点を探すのは困難ではあるが、今回の視聴覚刺激においてはそれぞれの地点の日本と中国とで印象が異なる地点を採取してしまったということも考えられ、それが今実験結果に影響していることもあり得ると思う。

第六章

結論

本研究では、日中両国の異なる地点における聴覚印象、視覚印象および視聴覚印象の感覚を主観評価する実験を行った。これにより日中両国の異なる音環境の違いが明らかになった。また、因子分析を行うことで、美的因子と迫力因子を主とする因子の違いを具体的な数値から捉え、同時に中国の音環境問題にも有効な対策を提供した。

本文の第1章は主に本研究の背景、中国国内の音環境問題の具体的な現状を述べ、研究目的と意義、主な研究対象及び使用した研究方法を分析し、文章の全体構成と枠組みを概況した。

第2章では、本実験に先立って予備実験を行い、日本国内で騒音レベルの高い国道沿いと騒音レベルの低い大学キャンパスを選択して主観評価の分析を行った。被験者はVRでランダムに提示した聴覚刺激、視覚刺激、視聴覚刺激を用いて主観評価項目の選択を行った。この二つの地点の結果から、中国人は騒音レベルの高い音環境に対する感受力と受容力はいずれも日本人より高いが、騒音レベルの低い音環境では両者の主観評価値は非常に近い。この結果をもたらす原因は音そのもののほかに、視覚刺激も重要な要素だと思っている。

本文の第3章は第2章の継続として、まず地点の選択と対応し、日中両国の音環境の異なる地点で聴覚刺激、視覚刺激と視聴覚刺激の採取を行い、採用基準は第2章で述べたように、騒音レベルが高い地点、騒音レベルがやや高い地点、騒音レベルが低い地点である。次に、騒音レベルの調整を行い、去年は新型コロナウイルスの原因で本人が帰国できないため、刺激に関する採取はすべて国内の友達が撮って代わって私にアップロードしたもので、もともと騒音計を利用して音の騒音レベルを測定すべきだったが、法律法規の制限のため、騒音計は国内に持ち帰ることができなかった。そこで今回の実験では、中国国内の地点の騒音レベルは日本の地点と同じ騒音レベルはダミヘッドフォンを用いて調整した。そして、VRを用いて主観評価の実験を行った。筆者は、日本人と中国人は静かな地点は音に対する感覚がほぼ同じである。しかし、騒音レベルが高い地点において、中国人の騒音に対する受容力は日本人よりも高く、生活環境の違いも主観的な評価の違いの原因であることを反映している。また、主観評価を利用した形容詞では、両者の評価値も異なり、地点で大きな差が見られた。結果分析により、それらの違いがある言葉は日中両国の言語の使用した場面の違いや言語に対する理解の誤りによるものであると考えている。

一方、本実験では30分時間がかかり、VRを長期にわたって使用するめまいがすると眠気が生じ、評価値にばらつきが生じることが分かったと考えた。また、聴覚印象に対する人間の主観評価が視覚情報によりポジティブな印象になるという傾向が見られた。また、因子分析を行うことで美的因子や迫力因子といった因子の違いを数値的に捉えることができ、視覚情報が音環境の主観評価に影響を及ぼすことが確認できた。

第4章では第3章の実験に基づいて、より具体的な研究を行った。その結果から、適合レベル、許容レベルを測定する際の回答できる音の大きさを地点ごとに変えてしまい、特に許容レベルの回答の傾向的にそのことが回答値に影響してしまったように思える。全て

の地点において回答できる音の大きさを揃えると、もっと正確な詳しいデータが集まった可能性も考えられる。

一方、日本の地点と中国の地点は、もともと視覚的な違いと主な音源の違いがある。例えば、中国の公園は主に人々に活動場所を提供するのが主で、日本の公園は自然の風景が主である。マンションでは日本の一般的な低層集合住宅の近くにあり、中国のマンションは高層ビル群とされている場所だった。国によって地域のタイプが違うので、対応する場所を探すのは難しいので、日本と中国の印象の異なる地点が今回の実験結果に影響を与える可能性があると考えられる。

中国は現在、経済の高速発展の時期にあり、経済発展は必ず汚染をもたらす、大気汚染、水汚染、私が研究している音汚染にかかわらず、これらは人々に体や心理的な傷害をもたらす。日本は先進国として、特に第二次世界大戦後、音環境問題が著しく改善された。中国は日本に比べて、音環境に関する研究のスタートが遅く、理論的にも技術的にもより良い方法で支えなければならないが、今回の実験を通じて、日中両国の音環境の違いを明確にすることができるだけでなく、今後の中国の音環境の改善に有効な方法と理論的な支持を提供することができると思っている。

一方、本研究では、ゲームソフト unity により VR 環境下で実験システムを構築し、実験の自由度が飛躍的に向上した。また、VR を用いたアンケート調査は実験全体をより興味深いものにすることができる。今後、実験システムのさらなる発展を図るとともに、サウンドスケープの手法による種々の音環境の改善がもたらす影響を期待し、より多くの研究により建築音響の発展に寄与することを望んでいる。

謝辞

あっという間に、3年間の大学院の勉強が終わりに近づいて、思い出してみると、入学時間のシーンは昨日のようです。3年間の学習生活の中で、私は絶えず専門知識の学習を強化して、絶えず努力して自分を高めます。この過程の中で、私のために助けてくれた先生、同級生、友達に感謝しなければなりません。あなたたちの励ましの下で、私を悩ませた問題が解決することができます。

まず、尊敬する指導先生の寺島教授に感謝の言葉を言います。三年間、勉強においても生活においても、先生は私を無私に助けてくれた。私が多くの分からない問題がある時、先生も辛抱強く私のために提出した問題を解答して、留学生として、私はとても寺島先生の3年来の私に対する教えに感謝して、私がある時日本語の表現能力はよくありませんが、しかし先生も辛抱強く私の話を聞いて、そして真剣に私の言う意味を理解して、先生の学生として私はとてもうれしくてラッキーです。また、同研究室の先生と学生に感謝して、私が分からない問題がある時、とても熱心に私のために解答して、いろいろな本当に感謝します。本研究における主観実験には、本学の学生の方々に被験者としてご協力いただきました。感謝致します。

その他、多くの方のご協力によってこの論文を完成させることができました。改めて感謝の意を申し上げます。

参考文献

- (1) 康健：音風景：現状と将来性[J]. 2014, 4-7.
- (2) 張靚：合肥沿街住宅建築音環境及び騒音防止設計戦略研究[D]. 安徽：合肥工業大学, 2012.
- (3) Rosa SEO1; Hyun In JO1; Jin Yong JEON1 : VR Environment-based Evaluation of Impact Factors on the Urban Soundscape Recognition
- (4) GBT 3222-1994, 声学環境騒音測定方法[S].
- (5) GB 3096-2008, 声環境質量基準[S].
- (6) 吴碩賢. 道路交通騒音及び住宅区防音評価[J]. 環境科学, 1981, 2(6):27-31
- (7) 趙敬源, 張琳, 霍小平. 臨街建築音環境の研究と改善[J]. 西安科技大学自然科学学报, 2004, 36(2), 191-194.
- (8) 吴静. 高層建築室内外音環境評価と分析[D]. 重慶：重慶大学, 2007.
- (9) 後藤靖宏. 札幌の音風景(サウンドスケープ)・2 ——札幌の音環境の印象分析 —— 北星論集(文) 第48巻 第2号(通巻第55号) 2011.3
- (10) 康健, 馬蕙, 謝輝, 張円, 李忠哲. 健康建築音環境研究の進展[J]. 科学通報, 2020, (04):288-299.
- (11) 張玫, 康健. 都市公共開放空間における音景SD法分析の異文化研究[J]. 声学技術, 2006, (06):523-532.
- (12) 李国棋. 音景研究と音景設計[D]. 清華大学, 2004.
- (13) 難波精一郎, 桑野園子：「音の評価のための心理学的測定法」、1998、コロナ社
- (14) 藤多庸雄：「中国の環境問題の現状上対応策」中国企業国際化支援レポート。2005.
- (15) 龔雪他：視聴覚刺激による日本と中国の音環境の認知の違いに関する実験的研究、日本建築学会大会学術講演梗概集（関東）、環境工学 I、pp. 341-342、2020.9