

一側性難聴者の残響下での音声聴取に関わる要因の検討*

○辻慎也, 荒井隆行 (上智大)

1 はじめに

一側性難聴 (UHL; unilateral hearing loss) は片耳は正常聴力を有する一方, 対耳に何らかの難聴を呈する状況である。一側性難聴者が聴取に困難を要する場面として, 従来より, 難聴側聴取・騒音下聴取・音源定位の3点が指摘されてきた[1]。

我々が行った聴取実験の結果, 一側性難聴では特にその発症直後, 残響時間の長い環境において, 音声や音楽の聞こえが影響されることが明らかになった[2]。さらに, 残響下の聴取には適応があることが示唆された[2]。

聴取したい音声に対して競合するマスクがある場合, それぞれが同じ方向にあるときと比べ別の位置から到来するとき, 音声聴取の閾値が改善する (方向性マスク解除: spatial release from masking; 以下 SRM)。

過去の検討では, 一側性難聴では残響下においてターゲット音声が良い聴取側にあるときの SRM に適応があることが示唆された[2]。しかし, 一側性難聴者の残響下聴取についての研究は少なく, 年齢[3]や音楽的能力[4]などの音声聴取に関わる要因とどのような相関があるか検討が進んでいない。

そこで本研究では, 過去の検討[5]では分析から外したデータも含めて, 一側性難聴者の残響下での文章理解度と SRM にどのような要因が関わっているかを検討した。

2 方法

一側性難聴者 16 名 (男性 5 名, 女性 11 名; 22-62 歳) が対象であった。属性を Table 1 に示す。難聴期間は 0.5-51.0 年, 先天的発症が 9 名, 後天的発症が 7 名。難聴側は左が 7 名, 右が 9 名であった。良聴耳の平均聴力レベル (四分法) は全て 25 dB HL 以下であり, 難聴の程度は高度難聴が 2 名, 重度難聴が 4 名, スケールアウトが 10 名であった。Fig. 1 に, 患耳側に残存聴力を有した参加者のオーディオグラムを示す。その他, 10 名の患耳は全ての

周波数でスケールアウトを呈した。

2.1 インパルス応答

無響の刺激は Kayser ら[6]のデータベースより, 音源をダミーヘッドに対して仰角 0° , 方位角正面 (0°)・左右 ($\pm 35^\circ$), 距離 3.00 m に置いて収録された無響室の両耳インパルス応答を使用した。

残響下の刺激では上智大学 10 号館講堂で収録した両耳インパルス応答[2]を畳み込み, 刺激に残響を付与した。ダミーヘッドに対し音源の角度を変え, 複数収録されたインパルス応答のうち正面 (0°)・左右 ($\pm 35^\circ$) の 3 点を用いた。音源と受聴点の高さは床から約 1.35 m, 距離は約 3.00 m, 残響時間は約 1.6 秒であった。

2.2 文章理解度テスト

文章理解度 (speech reception threshold; 以下 SRT) テストでは, ターゲット文章は NTT-AT 音素バランス 1000 文[7]から, 1) 話者が男性アナウンサーで, 2) 話速が 7.5-9.0 モーラ/秒, 3) 4-5 文節の, 3 つの条件を満たす 250 文を選択し, 20 文リストを 12 個, 10 文リストを 1 個作成した。各文では文節毎にキーワードを設定した。マスクとして, 選択した 250 文の長時間平均スペクトルと白色雑音をマッチさせた speech-shaped noise を用いた。

Matlab により, 両耳インパルス応答を畳み込み, ターゲット音声とマスクに残響を付与した。ターゲット音声とマスクは振幅を RMS 正規化した。ターゲット音声の立ち上がり立ち下がりには 10 ms のコサイン関数によって時間包絡を付与した。

One-up / one-down の階段法により, 50% 閾値[8]で SRT を測定した。実験参加者には呈示した刺激音声の復唱を求め, 各文節に設定したキーワードを 3 つ以上復唱できた場合は SN 比を 2 dB 下げ, 復唱できなければ SN 比を 2 dB 上げた。テストの冒頭では, マスクの等価騒音レベルは 65 dB (A), 音声は 75 dB (A) とした (SN 比は+10 dB からスタートした)。

* An investigation of what factors affect speech recognition under reverberation for individuals with unilateral hearing loss, by TSUJI, Shinya and ARAI, Takayuki (Sophia University).

Table 1 The demographics of the participants with unilateral hearing loss.

対象	年齢	難聴の期間	難聴耳	平均聴力レベル*		難聴の原因	音楽的洗練
				(良聴耳, 難聴耳)			スコア
01	25	25.0	右	3.8,	77.5	小耳症	99
02	38	38.0	右	5.0,	SO	不明	74
03	27	20.0	右	12.5,	SO	ムンプス	72
04	28	28.0	右	18.8,	SO	アブミ骨形成不全	84
05	22	22.0	右	10.0,	97.5	ムンプス	66
06	33	33.0	左	6.3,	SO	不明	36
07	50	1.5	左	5.0,	76.3	突発性難聴	95
08	62	0.5	左	21.3,	100.0	突発性難聴	72
09	51	51.0	右	13.8,	SO	不明	75
10	58	25.0	左	23.8,	SO	聴神経腫瘍	61
11	27	15.0	右	10.0,	91.3	突発性難聴	22
12	47	47.0	右	22.5,	SO	不明	58
13	48	48.0	左	11.3,	SO	不明	89
14	57	37.0	右	12.5,	95.0	不明	41
15	27	27.0	左	10.0,	SO	ムンプス	90
16	29	20.0	左	6.3,	SO	突発性難聴	56
平均	39.3	27.4		12.0,	102.4		68.1
(SD)	(13.7)	(14.8)		(6.5)	(11.8)	SO: スケールアウト	(21.8)

* 難聴耳の平均聴力レベルは、SO = 110 dB HL として算出

ターゲットの最大音圧は 75 dB (A) とした。設定した最大の音圧まではターゲット音声を音圧操作し、最大音圧の時はマスクの音圧を操作して SN 比を増減させた。SN 比の増減が 2 回折り返した後、6 回折り返すまで試行を行い、最後の 6 回の SN 比を平均することで SRT を求めた。テスト前に、10 文章リストの音声を使用して練習を行った。

SRT は SRM をみるために 3 回測定した。1 回目はターゲット音声とマスクの両方に同位置 (正面, 0°), 2 回目はターゲット音声に左側 (-35°), マスクに正面 (0°), 3 回目はターゲット音声に右側 (35°), マスクに正面 (0°) の両耳インパルス応答を畳み込んだ。無響下の測定では 12 の 20 文リストのうち 3 つを、残響下の測定ではそれと重複しない 3 つの 20 文リストをターゲット音声として用いた。

2.3 音楽洗練指標

音楽的能力は日本語版ゴールドスミス音楽洗練指標[9]によって評価した。この質問紙は 38 個の音楽に関する問いに対し 1 から 7 の 7 段階で回答を求める設問と、1 個の最も得意な楽器を選択肢により選択させる設問の、計 39 の設問からなり、それらを集計して音楽的能力を評価するものである。年齢による影響

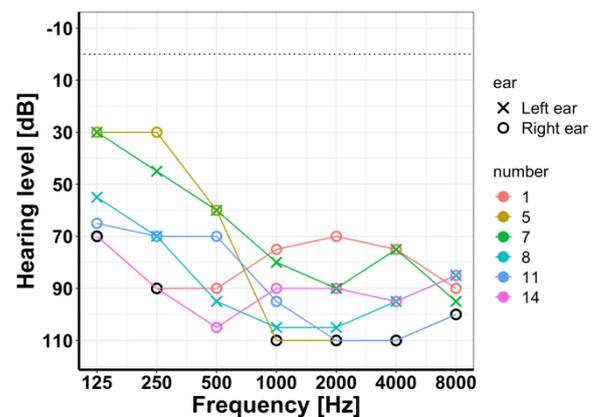


Fig. 1 The audiogram of the poor ears of the participants with some hearing level (Black bold icons indicate that there were no responses at the limits of the audiometer).

を避けるため、設問 32 の「私はここ〇〇年間、日常的・定期的に楽器 (歌を含む) の練習をしている」は集計から除外した。

2.4 手続き

実験の前に、アンケートによって参加者の音楽洗練指標を収集した。

実験は上智大学の防音室で行われた。本稿に関わる手続きは 1) 紙面によるデモグラフィック要因の収集, 2) オーディオメータ (RION, AA-79S) による純音聴力測定, 3) 文章理解度

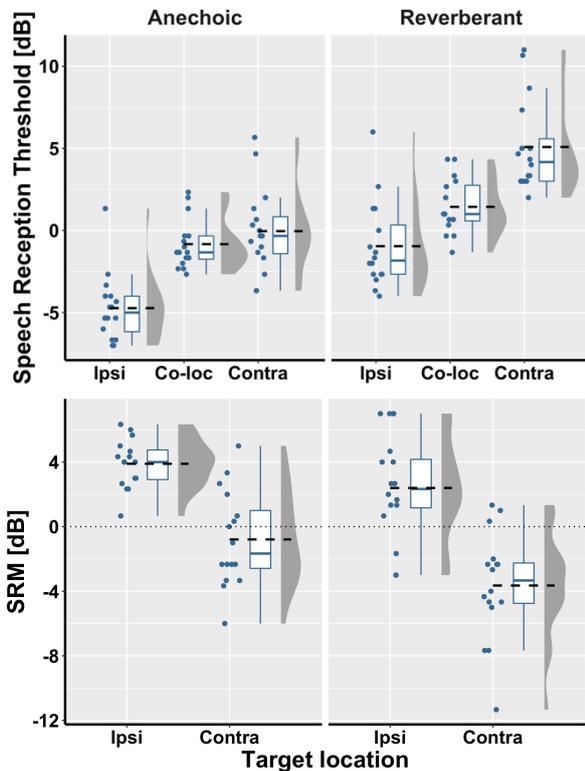


Fig. 2 Raincloud plots for speech reception thresholds and the degree of spatial release from masking (SRM) including row jittered data, box-whisper plots, and split-half violins. The solid and broken horizontal lines indicate the median and mean respectively.

テストであった。

刺激音の呈示と回答の正誤・刺激音の SN 比の記録には Matlab の UI を用いた。刺激音はコンピュータからオーディオインタフェース (Roland, Rubix24) を介し, ヘッドホン (SENNHEISER, HDA300) によって呈示した。

3 結果

Fig. 2 に SRT・SRM の raincloud plot を記す。統計分析には R (4.2.2) を用いた。SRT・SRM を応答変数, 参加者のデモグラフィック要因を説明変数として, 線形混合モデルを用いたパラメータ推定を行い, 変量効果は実験参加者とした。全説明変数を考慮したモデルから lmerTest パッケージの step 関数により AIC (Akaike's information criterion) に基づく変数選択を行い, 最適モデルによりパラメータを推定した。推定結果を Table 2 に記す。

無響下でターゲット音声とマスクが同位置のとき, 右耳に難聴のある場合, 閾値が有意に高いと推定された。正面のマスクに対してターゲット音声が良い聴耳側にあるとき, SRT

Table 2 Results from regression models analyzing speech reception thresholds (SRT) and spatial release from masking (SRM).

			推定値	標準誤差	T 値	P 値	
A: 無響下							
SRT	同位置 (Co-loc)	切片	-0.16	1.20	-0.13	0.90	
		音楽的能力	-0.02	0.02	-1.42	0.18	
	難聴側 (右)	切片	1.44	0.66	2.20	< 0.05	
		音楽的能力	-0.05	0.02	-2.58	< 0.05	
良聴耳側 (Ipsi)	切片	音楽的能力	-0.05	0.02	-2.58	< 0.05	
		難聴側 (右)	1.73	0.80	2.16	0.05	
	SRM	良聴耳側 (Ipsi)	切片	2.73	1.18	2.32	< 0.05
		年齢	0.03	0.03	1.04	0.32	
		発症時期 (先天的)	1.51	0.68	2.23	< 0.05	
B: 残響下							
SRT	良聴耳側 (Ipsi)	切片	2.15	1.81	1.18	0.26	
		音楽的能力	-0.06	0.02	-2.76	< 0.05	
	難聴側 (右)	切片	2.25	0.99	2.27	< 0.05	
		患耳側 (Contra)	切片	2.91	2.76	1.05	0.31
SRM	患耳側 (Contra)	性別 (男性)	1.98	1.09	1.82	0.10	
		年齢	0.12	0.04	3.02	< 0.05	
		音楽的能力	-0.06	0.02	-2.61	< 0.05	
	難聴側 (右)	切片	1.85	0.99	1.86	0.09	
		患耳側 (Contra)	切片	2.31	3.02	0.77	0.46
		年齢	-0.15	0.04	-3.59	< 0.01	
		音楽的能力	0.08	0.02	3.26	< 0.01	
		難聴側 (右)	-2.64	1.08	-2.44	< 0.05	

と音楽的能力の間に有意な負の相関がみられた。また, 後天的発症と比べて先天的発症の方が SRM の程度が有意に大きいと推定された (Table 2, A)。

残響下でターゲット音声が良い聴耳側にあるとき, SRT と音楽的能力の間に有意な負の相関がみられ, 右耳に難聴のある場合, 閾値が有意に高いと推定された。ターゲット音声が良い聴耳側にあるとき, SRT と年齢の間に有意な正の相関が, SRT と音楽的能力の間に有意な負の相関がみられた。さらに, SRM の程度と年齢の間に有意な負の相関が (Fig. 3, A), SRM の程度と音楽的能力の間に有意な正の相関がみられた (Fig. 3, B)。また, 右耳に難聴のある場合, SRM の程度が有意に低いと推定された (Table 2, B)。

AIC による変数選択の結果, その他の要因と SRT・SRM との関わりは有意でなかった。

4 考察

本研究では一側性難聴者の音声聴取に関わる要因を検討した。その結果, 無響下において有意でなかった一方で, 残響下の聴取ではターゲットが良い聴耳側にあるとき, 年齢が高い

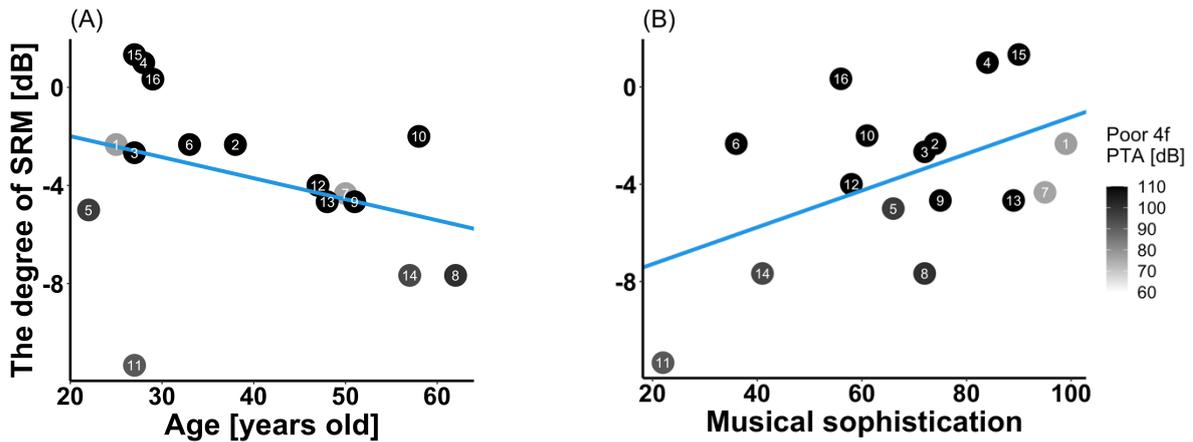


Fig. 3 Association between spatial release from masking (SRM) and participants' demographics under reverberation (contralateral condition: target speech was located on the poor ear side). Shading of the individual data points indicates four frequency pure-tone averages (4fPTA) of the participants' poor ear.

ほど SRT が高く (i.e., 音声明瞭度が低く), SRM の程度が低くなる傾向がみられた (Table 2, B; Fig. 3, A)。健聴者を対象とした調査では, 正常聴力を有していても加齢により 50–60 歳を境に音声明瞭度が低下することが報告されている[3]。本研究では, 残響下で, 特に音声が悪耳側にあるとき, 一側性難聴者の聞こえに加齢が影響することが示唆された。

一側性難聴における左右差について, 右耳難聴のある子どもは左耳難聴と比べて言語力などが低く, 言語野のある左脳への伝達に関して影響があると指摘された[10]。本研究では過去の見解と同様に, 右耳難聴の参加者は SRT が高く (i.e., 音声明瞭度が低く), SRM の程度が低い傾向がみられた (Table 2)。

また, 無響下でターゲットが良聴耳側にあるとき, 後天的発症と比べ先天的発症の参加者は SRM の程度が高いと推定された。我々の過去の検討では, 残響下でターゲットが良聴耳側にあるとき, 難聴の期間が長いほど SRM の程度が高いという相関がみられた[2]。今回の検討では変数選択の結果, 有意でなかったが同様の相関がみられ, 一貫して一側性難聴で得られるキューへの適応が示唆された。

線形混合モデルを用いたパラメータ推定の結果, 音楽的能力が高いほど SRT が低く (i.e., 音声明瞭度が高く), SRM の程度が高くなる傾向がみられた (Table 2, Fig. 3, B)。先行研究では, 雑音下の音声聴取において, 音楽家でない者とは比べ, 音楽家は有意に優れた成績を示すという報告もあれば[4], 音楽家であっても音声明瞭度に差はないという報告もあり[11], 音楽的能力による音声聴取への寄与に

ついては見解が一致していない。本研究では日本語版ゴールドスミス音楽洗練指標[9]を用いて音楽的能力を評価した結果, 特に残響下において音楽的能力が一側性難聴者の音声聴取に寄与し得ると示唆された。

謝辞

本研究は上智大学「人を対象とする研究」に関する倫理委員会の承認を受けた (2021-52)。実験にご参加いただいた方々に感謝申し上げます。

参考文献

- [1] E. Harford and J. Barry, *J. Speech Hear. Disord.*, 30(2), 121–138, 1965.
- [2] S. Tsuji and T. Arai, *Acoust. Sci. Tech.*, 44(6), 419–430, 2023.
- [3] T. Goossens *et al.*, *Hear. Res.*, 344, 109–124, 2017.
- [4] K. Meha-Bettison *et al.*, *Int. J. Audiol.*, 57(1), 40–52, 2018.
- [5] 辻, 荒井, 音講論 (秋), 933–936, 2023.
- [6] H. Kayser *et al.*, *EURASIP J. Adv. Signal Process.*, 298605, 2009.
- [7] NTTアドバンステクノロジー株式会社, “音素バランス1000文,” 1999.
- [8] H. Levitt, *J. Acoust. Soc. Am.*, 49(2B), 467–477, 1971.
- [9] M. Sadakata *et al.*, *Musicae Scientiae*, 102986492211100, 2022.
- [10] A. Niedzielski *et al.*, *Int. J. Pediatr. Otorhinolaryngol.*, 70(9), 1529–1532, 2006.
- [11] S. M. K. Madsen *et al.*, *Sci. Rep.*, 9(1), 1–10, 2019.