

聴覚障害者のための視覚情報を併用した環境音学習の基礎的検討

加藤優^{†1} 平賀瑠美^{†2} 若月大輔^{†2} 松原正樹^{†3} 寺澤洋子^{†3}

概要: 従来、音の認知については音声言語の学習を中心に行ってきた聴覚障害者にとっても、環境音を認知することは重要である。我々は聴覚障害者の環境音認知を向上させるためには環境音の視覚情報を併用した環境音学習が効果的であるという仮説を立てた。本仮説を明らかにするために、環境音学習の実験を行い、学習において聴覚情報のみによる学習と視覚情報を併用する場合でどのような違いがあるかについて、基礎的検討を行った。環境音を認知するのに必要な音圧ならび学習時間の長さに関して、視覚情報を併用する環境音学習はより良い学習効果をもたらし、音の特徴を把握するのに精神的な負担が少ないことであった。今後は視覚情報を併用した環境音学習の有効性について、さらなる実験と検証を行う。

キーワード: 聴覚障害者, 環境音学習, 視覚情報

Towards Building a Learning System for Environmental Sounds for Deaf Children an introductory study on the effectiveness of sound information visualization in learning

YUU KATO^{†1} RUMI HIRAGA^{†2} DAISUKE WAKATSUKI^{†2}
MASAKI MATSUBARA^{†3} HIROKO TERASAWA^{†3}

Abstract: Even for deaf and hard of hearing people (DHH), who have taken time mainly on voice as for sound learning, it is important to recognize environmental sounds (ES). We hypothesized that learning ES with visual information is effective. In order to examine the hypothesis, we conducted an experiment where participants learned ES with and without visual information. We found that learning ES with visual information was more effective than learning ES only with the sound in terms of the sound pressure level in recognizing the learned ES and the time to spend in learning. Furthermore, participants mentioned that they could learn ES with less mental burden with visual information. We will continue the experiment to investigate the effectiveness of using sound information visualization in learning ES.

Keywords: Deaf and hard of hearing, Learning environmental sounds, Visualization

1. はじめに

1.1 背景

環境音は我々に季節の変わり目を感じる機会や暮らしの心地よさを提供してくれるだけでなく、自分が置かれている状況を把握し、適切な行動をとるためのヒントを与えてくれる[1]。例えば、生活のなかで発生する環境音を認知できないことは、身の回りの危険を察して自らの身を守ることが困難になることになる。したがって、聴覚に障害がある人々が環境音に応じた行動をとることができるようになるためには、環境音の存在を認知する機器や、残存聴力を活用して環境音を認知する必要がある。

これまで、認知心理学や脳科学など幅広い分野において、健聴者や人工内耳を装用する聴覚障害者を対象とした環境音認知について研究がなされてきた[1]~[5]。Valeriyら[2]は、人工内耳装用者と健聴者の成人について環境音の同定の正答率を調査した。ここでは、人工内耳装用者は45%~79%

であるに対して、健聴者は90%~100%であることが報告されている。この時に使用された環境音刺激は60~90種類であった。このように聴覚障害者を対象とした環境音認知の研究として、人工内耳装用者についての報告はあるが、補聴器装用者については、上記の研究で使用された環境音刺激の数量に見合う報告がまだ見られていない。一方、補聴器を装用する多くの聴覚障害者は、「後ろから走る車の音に気付かなくてはねられそうになった」という経験をしており、残存聴力によって環境音を認知して適した行動をとることは困難である。このような状況を改善するために、補聴器装用者に対する環境音認知の調査ならびにその能力向上のための研究を行う必要があると考える。

筆者は両耳とともに100dB以上の補聴器装用者であるが聴覚だけでは正確に環境音認知が出来ないことが多い。そのため、随時に状況把握するだけの必要な視覚的情報を瞬間的に選択し、環境音のきき取り経験から形成された聴覚的記憶をもとに環境音を推定していると経験的に感じてい

†1 筑波技術大学大学院 技術科学研究科
National University Corporation of Tsukuba University of Technology
†2 筑波技術大学 産業技術学部
Department of Industrial Information, Tsukuba University of Technology

†3 筑波大学 図書館情報メディア系
Faculty of Library, Information and Media Science, University of Tsukuba

る。それに関連して聴覚障害者の視覚情報処理は健聴者より優れていることが報告されている [7][8]。さらに音響情報を可視化した映像にあわせて音をきくことについて、松原ら[9]は聴覚障害者向けタッピングゲームにおける視覚手がかりがリズム認知能力の短期学習に与える影響を報告している。視覚情報の手がかりが場合は、ない場合に比べて、リズム認知の成績が向上したことを示した。

1.2 仮説と本研究のねらい

聴覚障害者の環境音の認知についても視覚情報と関連が深いと考えられるため、我々は「環境音を聴覚情報だけでなく視覚情報を同時に呈示することによって、補聴器を装着している聴覚障害者が環境音を効率よく学習できる」という仮説を立てた。我々は本仮説を検証し、さらに聴覚障害が重い子どもたちが効率よく環境音を学習できるシステムを構築することを目的としている。

これまで作成した環境音学習システム[10]のように聴覚情報のみによる学習によって、環境音の認知能力がある程度向上する可能性はある。しかし、本仮説が正しければ、環境音学習に視覚情報を併用することで、学習効果をさらに高められるのではないかと。そこで我々は、上記の仮説に基づき、視覚情報の併用が学習効果を高める可能性があるかどうかを検証するための基礎的な検討を行った。本稿ではその結果について報告する。

2. 実験

2.1 実験概要

本実験は、聴覚のみで環境音学習をする場合と比べ、視覚情報を伴う環境音学習が環境音認知に有効である可能性を探るものである。聴覚に障害がある実験参加者に、聴覚のみによる環境音学習と視覚情報を伴う環境音学習を行ってもらった。実験参加者が主観的に学習終了を判断し、学習前後で環境音のきき取りに必要な音圧（最小可聴音圧）を測定した。二つの学習方法で学習前後の最小可聴音圧がどのように変化するかについて調査する。聴覚的記憶が形成されれば音量が足りない場面でも環境音のきき取りが可能になるのであろうという先行研究[11]の主張に基づき、本実験では学習効果を学習前後の最小可聴音圧で測定することにした。

2.2 実験参加者・実験責任者

実験参加者は、S1～S4の聴覚障害者4名（F:0、全員先天性・感音性）を対象にした。補聴器装着で実験可能な学生かつ両耳ともに100dB以上であり、聴取経験の差を少なくするために同じ年齢（1995年生まれ）の者に依頼した。

実験責任者は、実験の進行やパーソナルコンピュータ（PC）の操作などを行う人のことを指し、筆者が担った。

表 1. 実験参加者それぞれが選択した刺激音

	刺激音①	刺激音②
S1	自転車のベル	カエルの鳴き声
S2	鈴虫	電話のベル
S3	鈴虫	小川のせせらぎ
S4	鈴虫	セミ

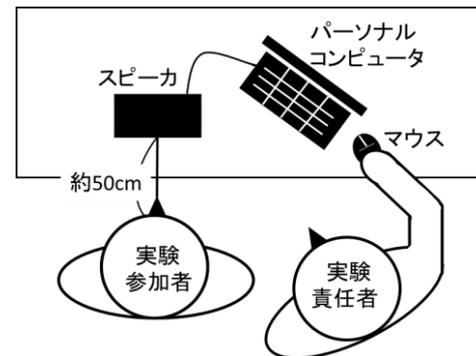


図 1. 実験時の配置図

2.3 使用機材・環境

実験で使用した機材については次のとおりである。PCは、富士通製 LIFEBOOK を使用し、スピーカの audio-technica 製 BOOGIE BOX AT-SPB5 に繋げた。音声再生には Microsoft 製 Groove ミュージックを使用した。

音量の初期設定については、Groove ミュージックの音量、スピーカの音量はともに最大値で設定した。PCの音量は10（最大値は100である）でスタートし、音量はPCで調整する。音圧測定については、普通騒音計の RION 製 SOUND LEVEL METER NL-42 を A 特性で使用した。

実験は筑波技術大学の無響室にて実施した。スピーカは机の上に置き、スピーカの中心の高さは無響室の床より約90cm、実験参加者との距離は正面で約50cmと固定した。スピーカを正面で見てPCは右隣に配置した。

2.4 刺激

本実験で刺激として用いた環境音は、中川[12]の環境音認知検査リストを参考にして、31種類を採用した。刺激としての環境音は、キングレコード製「新・効果音大全集」（発行年：vol.1（自然音）・vol.2（動物）1986年、vol.6（家庭・人間）1987年）からその31種類の音声を使用した。環境音学習で用いる視覚情報は、Audacityによる波形を用いた。それぞれの刺激音に対応した波形が表示され、現在の再生位置をシークバーのアニメーションで呈示されるものである。

実験参加者それぞれに、きき慣れないと思う環境音をリストから2種類選択してもらった。表1に実験参加者それぞれが選択した環境音を記す。環境音①の方が、環境音②よりもきき慣れていない環境音として選択してもらった。

学習方法は聴覚のみによる学習（以下、A法と呼ぶ）と聴覚と視覚による学習（以下、AV法と呼ぶ）の2種類である。よりきき慣れていない環境音①はAV法、環境音②はA法での学習を行った。

2.5 手順

実験装置と実験参加者と実験責任者の配置図を図1で示す。

1) きき慣れないと思う刺激音の選択

選択方法は、中川[12]の環境音検査リストを呈示し、実験参加者が自らきき慣れないと思う環境音を2種類選択してもらった。

2) 学習前の、刺激音に対する最小可聴音圧の測定

実験参加者に自ら音量調整をしてもらい、二つの刺激音の最小可聴音圧を測定した。「最小可聴音圧とは、呈示された音に対して特徴を把握するために必要な音量のことである。」と説明した。一般的な聴力検査ではサイン波による刺激音に対し、音がきこえたらボタンを押して反応するだけである。この検査を聴覚障害者は幼いころから繰り返し受けてきた。単に音が存在していると理解するだけでは環境音理解にはつながらないため、聴力検査における音に対する反応とは違うことを最小可聴音圧についての説明のなかで行った。

実験参加者に対し、スピーカを正面とするため、実験責任者が主にPC操作や質問を行った。実験参加者は、口頭での回答を実験責任者に示した。

実験責任者は、実験終了後に記録した音量の値や再生されたときの環境を再現して騒音計で測定した。

3) A法学習実施と学習時間の記録

手順2)できいた音を記憶してしまわないように、1時間以上の休息を設け、休息後に環境音②についてA法による学習を行った。A法による学習での環境音②は、Grooveミュージックで呈示した。実験参加者に学習を行ってもらうことが目的であるため、音量調整やPC操作は実験参加者が自ら行った。実験参加者はスピーカとの距離の50cmを保ちつつ、ワイヤレスマウスでスピーカの隣に置いたPCの操作を行った。

実験責任者は、音の呈示からその音の特徴を把握したと自信が持つことが出来るまで学習を続けるように実験参加者に依頼した。この時、実験責任者はストップウォッチで学習時間を測定した。

4) 学習後の環境音②の最小可聴音圧の測定

手順2)で記録した最小可聴音圧に設定してから、音圧測定を行った。

5) AV法学習実施と学習時間の記録

手順5)の環境は、基本的にA法学習と同様だが、刺激音①についてはAudacityで刺激音と刺激音の波形を呈示した。

設問	回答人数		
	苦勞しなかった	どちらでもない	苦勞した
Q1. 聴覚のみによる学習は、苦勞したか？	1	0	3
Q2. 聴覚と視覚による学習は、苦勞したか？	4	0	0
Q3. 聴覚のみによる学習で、音の特徴を把握するのに自信はどうか？	自信ある	どちらでもない	自信ない
	1	0	3
Q4. 聴覚と視覚による学習で、音の特徴を把握するのに自信はどうか？	2	2	0
Q5. 学校や家庭で、音の学習を行う環境はあったか？	はい	いいえ	
	0	4	
Q6. 「聴能」の向上のために、幼いうちから音の学習はあったほうが良いと思うか？	4	0	

表2. アンケートの設問と回答について

6) 学習後に環境音①の最小可聴音圧の測定

手順2)で記録した最小可聴音圧に設定してから、音圧測定を行った。

7) アンケート調査

実験実施後、主観評価アンケートを行った。人数を表2に示す。また、3.3節でその結果について述べる。

3. 結果

3.1 A法とAV法間の最小可聴音圧の差

全試行のすべてが学習後に音圧が低かった。A法とAV法のそれぞれ学習前後の最小可聴音圧からdB SPL単位で差を算出した。A法学習前後の最小可聴音圧の差の平均は、4.5dB (SD=5.7)であり、AV法学習前後の最小可聴音圧の差の平均は、7.1dB (SD=5.9)であった(図2)。表3に各実験参加者のA法とAV法のそれぞれ学習前後の最小可聴音圧の差を示す。4名中3名はAV法による学習の方が、最小可聴音圧の差が大きい結果になった。

3.2 A法とAV法間の学習時間の差

A法とAV法のそれぞれ学習時間は、秒単位で記録した。学習時間の平均は、237秒 (SD=97)であった。A法学習時間の平均は、285秒 (SD=112)、AV法学習時間の平均は、191秒 (SD=57)であった(図3)。A法の学習時間よりAV法の学習時間が短かった。表4に各実験参加者のA法とAV法のそれぞれ学習時間を示す。

3.3 主観評価アンケート

主観評価アンケートは表2に質問と回答内容を記す。学習に関し、おおむねA法よりAV法のほうが良いという回答を得た。Q2については、AV法は音の特徴を目で確認しつつきくことは聴覚障害者にとっての精神的負担が少ないというコメントがあった。Q4に対してのコメントでも音の特徴を把握するのに自信が持てることであった。一方、Q1のコメントではA法については音が出るタイミングがつかめず、神経酷使で疲れるというマイナスな印象が目立った。

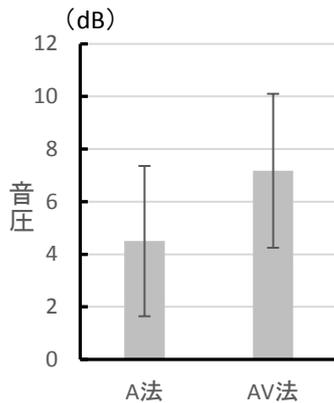


図 2. 学習前後の最小可聴音圧の差の平均

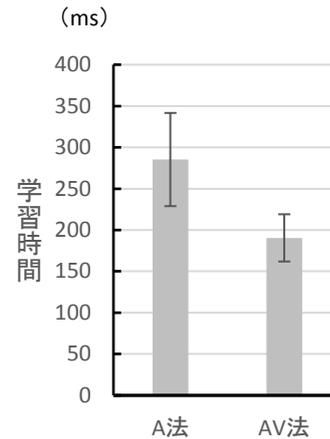


図 3. 学習時間の平均

表 3. 各実験参加者の最小可聴音圧について

	刺激音②		刺激音①	
	学習前 学習後	A法差分	学習前 学習後	AV法差分
S1	66.7	12.9	75.9	15
	54.3		60.9	
S2	49	1.7	86.2	8.3
	47.3		77.9	
S3	53.4	3.1	75.7	3.1
	50.3		72.6	
S4	75.7	0.3	92.3	2.3
	75.4		90	
MEAN		4.5		7.1
SD		5.7		5.9

表 4. 各実験参加者の学習時間について

	学習時間(秒)	
	A法	AV法
S1	260	192
S2	140	120
S3	340	190
S4	401	260
MEAN	285	191
SD	112	57

Q6については、全員が「はい」と回答し、コメントでは車の音やサイレンは学習するべきであって、時によっては命にかかわることがあるからという意見があった。さらに、聴覚障害のある子どもたちにとっては音だけの学習に対してモチベーション低下の恐れがあるという意見が寄せられた。

4. 考察

聴覚のみによる学習と聴覚と視覚による学習では、学習前後の最小可聴音圧の差の大きさが異なった。実験参加者全員4人のうち3人はAV法の方が大きく、また主観評価アンケートからもAV法は視覚情報によって音の特徴が分かりやすく負担が少ないことを示された。学習後の最小可聴音圧が学習前よりも小さくなることは環境音の特徴を把握したことを示唆すると考える。

さらに、A法とAV法間の学習時間は、すべての実験参加者においてAV法の方が短かった。学習前後の最小可聴音圧の差が等しかったS3についても、学習時間に着目するとAV法のほうがA法より短かった。以上のことにより、AV法はA法より学習の容易さがあることが分かった。

5. まとめ

聴覚障害が重い子どもたちに充実した環境音学習を提供することを目指して、聴覚障害者の環境音学習における視覚情報提示の効果を確認するための実験を行った。本実験では聴覚のみによる学習をした後と聴覚と視覚による学習をした後では最小可聴音圧に差異が生じるかについて調査した。実験結果により、最小可聴音圧の差の大きさと学習時間により学習の容易さについて検討し、次のような傾向を確認した。1) 聴覚のみによる学習より聴覚と視覚による学習の方が、学習後の最小可聴音圧が学習前の最小可聴音圧より下がる量が多かった。2) 聴覚のみによる学習を行った学習時間と、聴覚と視覚による学習を行った学習時間を比べて後者の方が短縮された。3) 主観評価アンケートによりAV法は学習の容易さがあることが認められた。

しかし、今回は学習する刺激音の数が少ないため、実験環境のコントロールとしては不十分である。今後は、多くの環境音を呈示してその中により実験参加者が同定できない音を抽出したものをを用いて、学習効果を言及する必要がある。さらに、学習前後の最小可聴音圧の測定ほかに、学習後にも環境音同定確認を行うなど聴能変化を実質的に測る方法を検討しなければならない。また今回の実験参加者の条件は100dB以上の聴力を有している者であったが、

今後は100dB以下の聴力を有している者も対象にして実験をすることによって、聴覚障害の重さによる聴能の伸び具合を調査することにより聴能に関する新たな知見を確認できればと考えた。

今後の実験により環境音の可視化が学習において有効であることを確認し、実際に環境音学習システムに環境音の可視化を搭載することによって効果的な学習が実現されることを目指し研究を続ける予定である。

謝辞 本研究の一部は、JSPS 科研費 2628001, 15K01056, 17K14058 の助成を受けたものである。

参考文献

- [1] Valeriy Shafiro. Development of a large-item environmental sound test and the effects of short-term training with spectrally-degraded stimuli. *Ear & Hearing*, 2008, vol. 29, no. 5, p. 775–790
- [2] Valeriy Shafiro, Stanlry Sheft, Sejal Kucadia, and Brian Gygi. Environmental sound training in cochlea implant users. *Journal of Speech, Language, and Hearing Research*, 2005-4, vol. 58, p. 509-519
- [3] Julia Hocking, Ilvana Dzafic, Maria Kazovsky, David Copland. NESSTI: Norms for Environmental Sound Stimuli; PLOS ONE, 2013, vol. 8, Issue 9, e73382, p. 1-12
- [4] Michael Marcell, Diane Borella, Michael Greene, Elizabeth Kerr, and Summer Rogers College of Charleston, Charleston, SC. Confrontation Naming of Environmental Sounds. *Journal of Clinical and Experimental Neuropsychology*, 2000, vol. 22, no. 6, p. 830-864
- [5] Shu-Yu Liu, Tien-Chen Liu, Ya-Ling Teng, Li-Ang Lee, Te-jen Lai, Che-Ming Wu. Environmental Sounds Recognition in Children with Cochlear Implants, PLOS ONE, 2013, vol. 8, Issue 6, e66100, p. 1-7
- [6] Valeriy Shafiro, Brian Gygi, Min-Yu Cheng, Jay Vachhani, and Megan Mulvey. Perception of environmental sounds by experienced cochlear implant patients. *Ear Hear*, 2011, vol. 32, no. 4, p. 511–523
- [7] Ker Than, "Why the Deaf Have Enhanced Vision", <http://news.nationalgeographic.com/news/2010/10/101011-deaf-enhanced-vision-brain-health-science/>, 2010-10-12 (参照 2017-7-30)
- [8] 深間内文彦, 西岡知之, 松田哲也, 松島英介, 生田目美紀. 聴覚障害における視覚情報処理特性—アイマーク・レコーダーによる眼球運動の解析—. 筑波技術大学テクノレポート, 2007, vol. 14, p. 177-180
- [9] 松原正樹, 狩野直哉, 寺澤洋子, 平賀瑠美. 聴覚障害者向けタッピングゲームにおける視覚手がかりによるリズム認知の短期的学習効果. 情報処理学会論文誌. 2016, vol. 57, no. 5, p. 1-10
- [10] 加藤優, 平賀瑠美, 松原正樹, 寺澤洋子, 田原敬. 環境音とコンテキスト理解を支援するシステム—聴覚障害児のための環境音学習システム—. 信学技報, 2016, vol. 115, no. 491, p. 1-5
- [11] 木村淳子, 中川辰雄. 聴覚障害幼児に対するパーソナルコンピュータを用いた聴覚学習. 横浜国立大学教育人間科学部紀要 I, 2009, 教育科学, no. 11, p. 89-107
- [12] 中川辰雄. 聴覚障害学生の環境音認知. 横浜国立大学教育人間科学部紀要 I, 1998, no. 1, p. 81-88