

招待論文 asEars: 片耳難聴者用のウェアラブルデバイスのデザインとそのユーザ体験の評価

高木 健* 野崎 悦* 金井 智美* ハウタサーリ アリ*
 樫尾 明憲* 佐藤 大介† 鴨頭 輝* 浦中 司‡
 浦田 真次* 小山 一* 山嵜 達也§ 川原 圭博*

概要. 片耳難聴は、聞こえない側の会話が聞き取りにくいと、社会参画に支障がある。しかし、補聴器の普及率は4%に留まっている。そこで、著者2名を含む53名の片耳難聴者と共に、眼鏡に装着する骨伝導デバイスを設計・開発した。提案したデバイスと従来のCROS補聴器を比較する4週間の日記調査を行った結果、提案した装置は、有効性、社会的受容性などから、片耳難聴者にとってより受け入れられやすいことを示した。口頭発表では、骨伝導デバイスの設計プロセス、片耳難聴者との当事者実験、病院との共同研究を通して、アクセプトに至ったまでの経緯についても説明する。

1 はじめに

人口のうち1%が有すると言われている片耳難聴を持つ人は、(i) 難聴側からの聞き取りが難しい、(ii) 雑音下での聞き取りが難しい、(iii) 音の方向が分からない、といった困難を日常的に経験している [5] [7]。このような経験により、片耳難聴者は日常生活に影響を及ぼすほど社会参画にハードルを感じ、コミュニケーションの中で他人に頼らざるをえないことを負担に感じている [8]。その結果、片耳難聴者は拒否感、怒り、抑うつ、孤独感、といったネガティブな感情を持つことがある [3]。

それを解決するために、難聴側の音を健聴側に伝える補聴器である Contralateral Routing of Signals (CROS) 補聴器や埋め込み型骨導補聴器、人工内耳が用いられ、何も装着していないときと比べて生活の質や聞き取り能力が向上することが報告されている [4] [6] [10]。このような利点があるにも関わらず、片耳難聴者のうちわずか4%しか補聴器を使用していない [5]。片耳難聴者が補聴器を使用しなくなる理由について、デバイスを装用することで障害のことを周りに知られてしまうことが挙げられるが [2]、詳細は明らかになっていない。

そこで、本研究では片耳難聴者にとってより聞こえやすく、使いやすく、社会的に受け入れられやすいデバイスを開発し、片耳難聴者に受容されるデバイスを実現することを目的とする。さらに、そのデバイスを用いて経時的なユーザ体験を調査し、デバ

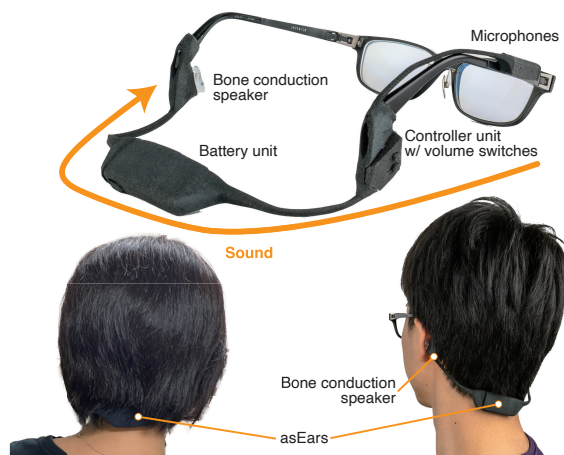


図 1. 片耳難聴者のコミュニケーションをサポートするメガネ型デバイス asEars とユーザが装着した例。

イスの受容要因を明らかにし、より普及しやすい福祉機器のデザインのあり方を示す。

2 オンライン調査と設計方針

51人の片耳難聴者を対象に、片耳難聴の課題や片耳難聴が補聴器に感じる問題点についてオンラインで事前調査を行った。その結果、難聴側からの聞き取り (N=44)、雑音下での聞き取り (N=27)、音の方向が分からない (N=10) の順に問題を感じる人が多いことがわかった。その中で補聴器等の装用経験がある12名から補聴器に関する問題点を調査したところ、装着感が不快 (N=3)、音が不快 (N=2)、スマートフォンの補聴器アプリを使っていたためにスマートフォン自体が使いにくくなった (N=2)、他人に補聴器について話されるのが嫌だ (N=2)、日常生活で不要と感じた (N=2)、装着が難しい (N=1)、

Copyright is held by the author(s). This paper is nonrefereed and non-archival.

* 東京大学


† カーネギメロン大学

‡ 虎の門病院耳鼻咽喉科


§ 東京通信病院耳鼻咽喉科

表 1. 従来の補聴器である CROS 補聴器とこれまでに開発した asEars の比較.

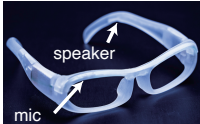
	A) CROS 補聴器	B) 第一世代	C) 第二世代	D) 第三世代
音の提示方法	空気 (耳の中)	骨 (頭部)	骨 (頭部)	骨 (耳介)
耳が開放されている	部分的に	はい	はい	はい
装着方法	イヤチップを挿入	メガネを装着	メガネを装着	メガネを装着して接続
外観	補聴器	3D プリントメガネ	3D プリントメガネ	バンド付きのメガネ
電池の配置	耳の上	外部電源	メガネの内部	首の後ろ
電池持ち	12 時間	N/A	1 時間	12 時間
重量	4.8 g	37.6 g (電池を除く)	47.3 g	28 g (メガネを除く)




mic mic
ear tips



speaker
mic



speaker
mic



speaker
battery unit
mic

といった意見が挙げられた。

このような問題点を踏まえ, (i) 難聴側からの聞き取りができるように難聴側の音を健聴側に届け, (ii) 装着感を良くするために耳を塞がずに音を提示できる骨伝導を用い, (iii) 補聴器だと周りから気づかれないメガネ型にすることを設計方針とした。

表 1 に従来の補聴器である CROS 補聴器と, 第三世代にわたる asEars に対する機能比較表を示す。いずれも難聴側の音を健聴側に伝えるものである。まず, 表 1B) に示す第一世代では難聴側の音を拾うマイクと音を提示する骨伝導スピーカのみを備え, 音声処理装置や電池は外部に置いたものを作成し, 片耳難聴を持つ著者がコンセプトの検証を行った。次に, 表 1C) に示す第二世代では全ての機能をメガネに搭載したものの, 3D プリントしたメガネでは骨伝導スピーカの位置の微調整ができず, 装着の快適さと聞こえやすさが両立できないことがわかった。そして, 表 1D) に示す第三世代ではあらゆるメガネに後付けする方式にすることで, ユーザのメガネの好みに対応しやすく, 骨伝導スピーカの位置の微調整もできるようになった。

3 ユーザスタディ

10 名の片耳難聴者を対象に, asEars と CROS 補聴器をそれぞれ 2 週間ずつ装着してもらい, 日毎のリッカート尺度によるデバイスの評価とユーザ体験を記録してもらった。なお, デバイスの装用の順番は, 参加者の半数が asEars を, 半数が CROS 補聴器を最初とした。また, 2 週間の装用期間の後に半構造化インタビューを実施した。

技術の受容要因を説明する the Unified Theory of Acceptance and Use of Technology (UTAUT) によると, performance expectancy (効果の程度), effort expectancy (使いやすさの程度), social influence (周囲の影響), facilitating conditions (使うためのインフラ) が受容要因となる [9]。なお,

UTAUT は視覚障害用の福祉機器の受容調査に用いられた例がある [1]。本研究では, performance expectancy は聞こえやすさと聞こえの自然さ, effort expectancy は使い勝手と着用 of 快適さと音による疲れ, social influence は見た目と周りの人に着用するべきと思われること, に分けて考え, 満足度の評価と合わせてユーザが毎日評価した。なお, Facilitating conditions は今回の研究では扱わなかった。要因の解析のためには固定効果順序付きロジスティック回帰を用い, 各要因において asEars と CROS 補聴器のどちらかが良いかの判定のためにウィルコクソンの符号順位検定を行った。その結果, 聞こえやすさ, 聞こえの自然さ, 周りの人に着用するべきと思われること, 使い勝手が満足度に寄与することがわかり, 聞こえやすさと聞こえの自然さと周りの人に着用するべきと思われることは asEars の方が良く, 使い勝手は CROS 補聴器の方が良かった。

ユーザ体験については, 使用初期における不満足な体験の数の急減が最終的に, よりデバイスが受容されることに繋がった。

半構造化インタビューではより受容されやすい福祉機器のあり方が示唆され, 福祉機器がユーザが元々持っていたお気に入りのデバイスと一緒に使えることが重要であることがわかった。具体的には, イヤホンのユーザからは, CROS 補聴器を装着しているときは物理的に干渉するため補聴器を外す必要があり, 補聴器を使いたくなくなった, その一方で asEars は耳を塞がないためにそのようなことがなかったという意見が挙げられた。

4 結論

本研究では, 片耳難聴者のための眼鏡に装着する骨伝導デバイスを設計・開発した。提案デバイスと CROS 補聴器を比較する 4 週間の日記調査を行った結果, 提案した装置は, 有効性, 社会的受容性などから, 片耳難聴者に受容されやすいことを示した。

謝辞

本研究の一部は、JSPS 特別研究員奨励費 (JP21J22-274)、AMED 課題番号 (JP21dk0310104)、JST ERATO 川原万有情報網プロジェクト (JPMJER1501)、株式会社メルカリ R4D と RIISE との共同研究である価値交換工学によって実施された。

参考文献

- [1] W. Al Shehri, J. Almalki, S. M. Alshahrani, A. Alammari, F. Khan, and S. Alangari. Assistive technology acceptance for visually impaired individuals: a case study of students in Saudi Arabia. *PeerJ. Computer science*, 8:e886, Mar. 2022.
- [2] P. F. Chang and R. V. Tucker. Assistive Communication Technologies and Stigma: How Perceived Visibility of Cochlear Implants Affects Self-Stigma and Social Interaction Anxiety. *Proc. ACM Hum.-Comput. Interact.*, 6(CSCW1):1–16, Apr. 2022.
- [3] P. F. Chang, F. Zhang, and A. J. Schaaf. Deaf in one ear: Communication and social challenges of patients with single-sided deafness post-diagnosis. *Patient education and counseling*, 103(3):530–536, Mar. 2020.
- [4] J. E. Choi, S. M. Ma, H. Park, Y. Cho, S. H. Hong, and I. J. Moon. A comparison between wireless CROS/BiCROS and soft-band BAHA for patients with unilateral hearing loss. *PLoS one*, 14(2):1–17, Feb. 2019.
- [5] J. S. Golub, F. R. Lin, L. R. Lustig, and A. K. Lalwani. Prevalence of adult unilateral hearing loss and hearing aid use in the United States. *The Laryngoscope*, 128(7):1681–1686, July 2018.
- [6] M. K. S. Hol, S. J. W. Kunst, A. F. M. Snik, and C. W. R. J. Cremers. Pilot study on the effectiveness of the conventional CROS, the transcranial CROS and the BAHA transcranial CROS in adults with unilateral inner ear deafness. *European archives of oto-rhino-laryngology: official journal of the European Federation of Oto-Rhino-Laryngological Societies : affiliated with the German Society for Oto-Rhino-Laryngology - Head and Neck Surgery*, 267(6):889–896, June 2010.
- [7] S. Iwasaki, H. Sano, S. Nishio, Y. Takumi, M. Okamoto, S. Usami, and K. Ogawa. Hearing handicap in adults with unilateral deafness and bilateral hearing loss. *Otology & neurotology: official publication of the American Otological Society, American Neurotology Society [and] European Academy of Otology and Neurotology*, 34(4):644–649, June 2013.
- [8] L. Lucas, R. Katiri, and P. T. Kitterick. The psychological and social consequences of single-sided deafness in adulthood. *International journal of audiology*, 57(1):21–30, Jan. 2018.
- [9] V. Venkatesh, M. G. Morris, G. B. Davis, and F. D. Davis. User Acceptance of Information Technology: Toward a Unified View. *The Mississippi quarterly*, 27(3):425–478, 2003.
- [10] K. Vermeire and P. Van de Heyning. Binaural hearing after cochlear implantation in subjects with unilateral sensorineural deafness and tinnitus. *Audiology & neuro-otology*, 14(3):163–171, 2009.

未来ビジョン

本研究は、片耳難聴の当事者でもある著者の高木が日常生活における片耳難聴の不便を強く感じる中、ニーズに合ったデバイスがないと感じて始めたものである。今後はさらに使いやすく、聞こえやすいデバイスを目指して HCI や音声分野における研究を進め、将来的にはデバイスを世界中で販売したいと考えている。

片耳難聴の不便さは医師の間でも長年認識されておらず、2021年に世界保健機関 (WHO) に片耳難聴の定義が追加され、今年の日本聴覚医学会の学術講演会の主題になるなど近年急激に支援が必要であるという認識が広まりつつある。片耳難聴者に対する支援の形として、まず大事であるのはその認知度を広め、正確な情報を届けることである。それに関しては 2019年に立ち上がった「きこいろ 片耳

難聴のコミュニティ」(<https://kikoiro.com/>)が行っている。当事者が周りに協力してもらうことで日常の不自由を緩和することは重要であるが、支援デバイスを用いて自ら解決する手段を提供することも重要であり、asEars (<https://www.asears.net/>)はその解決策という位置付けにある。私たちはデバイスの社会普及のために HCI、電気、音響の知見を合わせてデバイスを開発し、病院との共同研究を通して社会に普及させていきたいと考えている。

開示していないだけで片耳難聴である人も意外と多く、より多くの当事者に片耳難聴に関する情報を届けることが重要であり、読者の皆様のご協力もいただければ大変幸いである。