

対話型EC組み込み補聴器フィッティングシステムの 構築と評価

大崎, 美穂
静岡大学情報学部

高木, 英行
九州芸術工科大学芸術情報設計学科

<https://hdl.handle.net/2324/4481608>

出版情報 : pp. 381-384, 1999-06-02. 日本知能情報ファジィ学会
バージョン :
権利関係 :

対話型 EC 組み込み補聴器フィッティングシステムの構築と評価

Evaluation of an Intercative EC-based Fitting System for Digital Hearing Aids

大崎 美穂* 高木 英行**

Miho Ohsaki Hideyuki Takagi

* 静岡大学 情報学部, ** 九州芸術工科大学 芸術情報設計学科

*Shizuoka University, Faculty of Information, **Kyushu Institute of Design, Dept. of Art and Information Design

Abstract: We have proposed a system for fitting digital hearing aids based on Interactive Evolutionary Computation (IEC fitting system). This paper evaluates the IEC fitting system through psychological tests and proposes a new approach to studying hearing characteristics by analyzing the optimized parameters with IEC fitting system. It was shown that the IEC fitting system is significantly effective to improve syllable articulation and the sound quality for speech and music. Several knowledges on hearing characteristics, loudness and the dependence of parameter setting on the kinds of sound, are obtain with our proposed approach.

1 はじめに

高齢化社会を迎え、高齢者の社会活動を支援する技術が一層求められる時代になってきた。特に加齢による聴覚障害は、コミュニケーションに支障をきたす大きな問題であり、聴こえを補聴器などによって補う(聴覚障害補償)必要がある。補聴器は、音の大きさ、高さ、早さなどを変化させるように入力音に対して様々な信号処理を行うが、信号処理のパラメータ設定(フィッティング)が困難である。従来の補聴器フィッティングは、ユーザの聴覚特性を事前に測定し、健聴者に比べて劣っている特性を補正することで、聴力の衰えや欠如を補おうというアプローチに基づいていた。しかし、本質的に誰にもユーザの聴こえは分からないのであり、聴こえが分からない他人が補聴器フィッティングを行う事自体、従来のアプローチの限界である(図1左)。

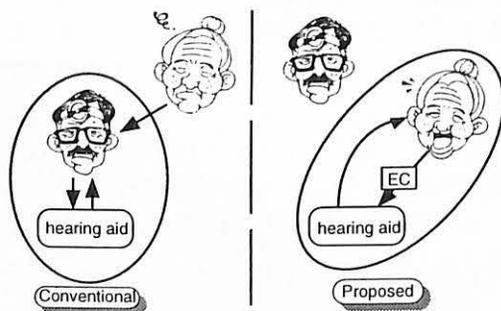


図 1: 従来の補聴器フィッティング(左)と提案する IEC フィッティング法(右)

そこで我々は、「事前計測した聴覚特性ではなく、末梢から中枢までの総合特性であるユーザ本人の最終的な聴こえのみに基づいてフィッティングするべきで

ある。」と考え(図1右)、新しい補聴器フィッティング方法を提案してきた[1, 2, 4, 5, 6, 7]。この提案手法は、対話型 EC (Interactive Evolutionary Computation, インタラクティブ EC と呼ぶ) に基づいており、以後では IEC フィッティング法と呼ぶことにする。

本論文では、IEC フィッティングシステムを実際に構築し、音声や音楽の聴取において有効であることを示す。さらに、このシステムが聴覚障害補償における新しい知見を獲得するツールとなり、従来にない研究アプローチを提案する可能性があることを示す。

2 IEC フィッティングシステムの構築

2.1 IEC フィッティング法

IEC フィッティング法では、EC が補償の信号処理パラメータの候補を複数生成し、ユーザは提示された処理音に対して聴こえの善し悪しに基づく評価値を EC に返す。この作業を EC と人間が対話的に繰り返すことで、人間が求める聴こえを実現する信号処理パラメータを得られる(図2)。

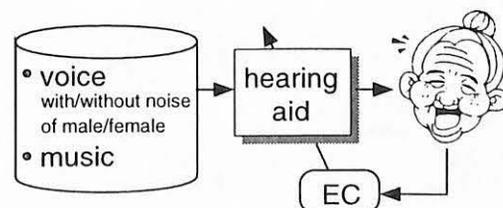


図 2: IEC フィッティングシステム

この手法では、原理的に医師や補聴器技師に調整を

依頼する必要がなくなり、いつでもどこでも本人が補聴器特性を調整でき、毎日少しずつでも改善が可能である。さらに、任意の生活音によるフィッティングが可能のため、音楽を楽しむ、雑踏の中にいる、オフィスで仕事をする、などの様々な状況に適応した設定を得られる。また、フィッティングの方法論が補償処理に依存しない。これらは、従来のアプローチでは原理的に不可能だったことである。

一方、現状での課題の1つに、対話型 EC が生身の人間に多くの反復評価を要求することによる疲労問題がある。この課題については、収束の高速化と対話型 EC のインタフェース改善の面から、様々な取り組みがなされている [8]。

2.2 ラウドネス空間構成法

IEC フィッティング法は聴覚障害補償の信号処理自体を作成するのではなく、処理パラメータの調整法であるため、どのような補聴器にも対応可能である。補償処理には様々な種類があるが、ここでは補償効果が大きいと言われているラウドネス (人間が感じる音の大きさ) の補償処理を用いて、IEC フィッティング法を評価する。ただし、従来のラウドネス補償では多くの問題があったため、我々は新しいラウドネス補償を提案し、IEC フィッティングシステムに組み込むことにした。

ここでは、入力音圧レベル、周波数、増幅レベル、の3軸から成るラウドネス空間という概念を導入する。従来のラウドネス補償は、この空間をメッシュで区切り、これらの交点を事前測定して、そのデータに基づいて補償特性を決定していたことに等しい (図3の左)。一方、提案するラウドネス空間構成法は、この空間を3次元ガウス関数の加算で表現し、関数式のパラメータと加算数を EC で生成する、パラメトリックな手法である (図1の右)。このため、1点1点を計測する従来法に比べ、パラメータ数の低減と調整時間の短縮が期待できる。

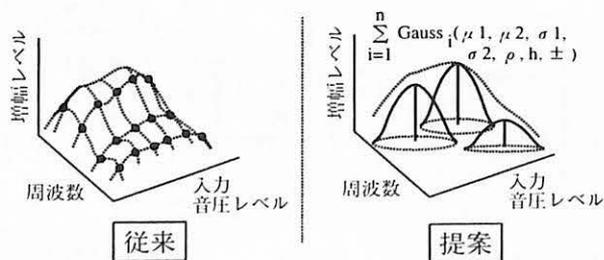


図3: 従来(左)と提案(右)のラウドネス補償

3 IEC フィッティングシステムの有効性検証

ラウドネス空間構成法を用いた IEC フィッティングシステムの有効性を検証する。まず、音声聴取における検証として、従来の評価基準である音声明瞭度だけでなく、音質の主観評価実験を行い、「言葉もはっきり聞き取れ、かつ聞きやすいか」を総合的に評価する。さらに、従来ほとんど研究が行われていない、聴覚障害者の音楽聴取においても提案システムを検証し、聴覚障害者のより豊かな聴こえの実現への可能性を調べる。

3.1 音声による評価実験

3.1.1 音質の主観評価実験

音声聴取における提案システムの音質向上の効果を調べる。被験者は、6パターンの聴覚障害のシミュレーションを施した健聴者8名、感音性難聴者3名である。補償の対象音は、健聴者では、男声、女声の2種類、聴覚障害者では、さらに multi talker noise を付加したものを加えた4種類である。被験者は、(P) 提案システムによって処理された音声、(O) 無処理音声、(C) 従来のラウドネス補償による処理音声 [9]、の3つからランダムに選ばれた音声対を聞き比べ、「聞きやすい、好みである」と思う方を強制選択する。各対の提示回数は15回である。得られたデータの検定には符号検定を用いた。

(P)-(O)、(P)-(C)、(C)-(O)、の比較結果を、被験者と対象音を全てまとめて表1に示す。ただしこの表は、全条件数75のうち音質がより良い(危険率1%か、5%)と評価された条件数を示している。

(P)-(O)、(P)-(C)のどちらにおいても、(P)の選択数が非常に多く、補聴器ユーザの最終的な聴こえに基づく IEC フィッティングシステムは、無処理や従来法よりも有意に音質を向上できることが示された。一方、(C)-(O)では(C)の音質向上の効果が見られず、事前測定した感覚・知覚レベルの聴覚特性に基づく従来法は、ユーザの聴こえを十分補償することが困難であると示された。

3.1.2 音節の明瞭度試験

提案システムによって音質が向上されても、明瞭度が低下してはコミュニケーションに支障が生じてしまう。そこで、明瞭度向上の効果を調べる VCV 音節 (Vowel-Consonant-Vowel syllable) 明瞭度試験を行った。被験者は、音質評価実験に参加した感音性難聴者3名である。用いた VCV 音節は、先行母音5、子音14、後続

3.2 音楽による評価実験

3.2.1 主観評価実験 (同じ対象音)

音楽聴取における提案システムの音質向上の効果を調べる。被験者は、音声による評価実験に参加した被験者のうち、3パターンの聴覚障害のシミュレーションを施した健聴者3名、感音性難聴者3名である。補償の対象音は、CDから切り出した約4[s]の管弦楽曲である。被験者はまず、管弦楽曲を用いて提案システムを操作する。そして同じ管弦楽曲について、(P)提案システムによって処理された音楽と(O)無処理音楽の対を聴き比べ、「聴きやすい、好みである」と思う方を強制選択する。各対の提示回数は15回である。得られたデータの検定には符号検定を用いた。

被験者と対象音を全てまとめて、比較結果を表3に示す。ただしこの表は、全条件数6のうち音質がより良い(危険率1%)と評価された条件数を示している。ほとんどの条件で(P)が選択され、補聴器ユーザの最終的な聴こえに基づく提案システムは、音楽でも有意に音質を向上できることが示された。

表3: 音楽に対する音質の向上効果 (同じ対象音)

(P) 提案システム処理 vs. (O) 無処理		
(P)の方が良い	(O)の方が良い	差なし
5/6	0/6	1/6

表1: 音声に対する音質の向上効果

(P) 提案システム処理 vs. (O) 無処理

(P)の方が良い	(O)の方が良い	差なし
53/75	4/75	18/75

(P) 提案システム処理 vs. (C) 従来法処理

(P)の方が良い	(C)の方が良い	差なし
58/75	0/75	17/75

(C) 従来法 vs. (O) 無処理

(C)の方が良い	(O)の方が良い	差なし
13/75	42/75	20/75

母音1、の計70種類の男声である。被験者は、(P)(O)(C)の各条件で聴こえたVCV音節を強制選択する。各音節はランダムに提示され、提示回数は10回である。

(O)から(P)、(O)から(C)、での明瞭度の変化を、被験者と対象音を全てまとめて表2に示す。ただしこの表は、全条件数210のうち明瞭度が変化した条件数を示している。

(O)から(P)の方が(O)から(C)よりも、明瞭度の向上量、向上回数ともに多く、IECフィッティングシステムは音質向上だけでなく明瞭度向上にも有効であると示された。

表2: 音声に対する明瞭度の向上効果

(O) 無処理 → (P) 提案システム処理

明瞭度の変化量	低下	向上
20% ~ 40%	13/210	16/210
40% ~ 60%	0/210	13/210
60% ~ 100%	0/210	16/210
合計	13/210	45/210

(O) 無処理 → (C) 従来法処理

明瞭度の変化量	低下	向上
20% ~ 40%	14/210	13/210
40% ~ 60%	14/210	11/210
60% ~ 100%	13/210	14/210
合計	41/210	38/210

3.2.2 主観評価実験 (異なる対象音)

次に、ある音楽で得られたフィッティング特性を他のジャンルの音楽に適用し、提案システムの有効性が汎用的であるかを調べる。そこで、管弦楽曲で得られたパラメータ設定で他の音楽を補償処理し、音質の評価実験を行う。

対象音は、CDから切り出した約4[s]の3種類の音楽(サクソのソロ、ラテン女声ボーカル、ロック男声ボーカル)である。その他の実験条件は、同じ対象音の場合と等しい。

被験者と対象音を全てまとめて、比較結果を表4に示す。ただしこの表は、全条件数18のうち音質がより良い(危険率1%)と評価された条件数を示している。多くの条件で(P)が選択され、IECフィッティングシステムが様々な種類の音楽に汎用的に有効であることが示された。

表 4: 音楽に対する音質の向上効果 (異なる対象音)

(P) 提案システム処理 vs. (O) 無処理		
(P) の方が良い	(O) の方が良い	差なし
13/18	1/18	4/18

4 聴覚障害補償の知見獲得

従来の聴覚に関する研究は、制限した条件下で知覚・感覚レベルの聴覚特性を個別測定し、それらの知見を総合していくボトムアップ的なアプローチが主流であった(図4左)。一方、IEC フィットティングシステムは聴覚系を black box として、認知や感性レベルの最終的な聴こえのみでパラメータ最適化を行う。したがって、提案システムで得られた補償特性を解析し、聴覚に関する新しい知見を獲得するというトップダウン的な研究アプローチが可能になる(図4右)。さらに、我々が提案する IEC をベースとしたトップダウン的な研究アプローチは、人間の聴覚系に限らず、視覚などの他のモダリティやマルチモダリティに関する研究に展開可能である。

これまでに提案システムに基づいて得られた知見としては、(1) ラウドネス特性に関する知見(ノイズ・純音と音声では大きさの知覚が異なる)、(2) 補償特性の対象音依存性に関する知見(音声・音楽の種類、背景雑音の有無によってパラメータ設定を変更する必要はないが、音声と音楽では設定を切り替えるべきである)、などが得られ始めている。今後は、より複雑な音環境下における(1)(2)の獲得、得られた知見の定量的な指標の確立、従来アプローチによる知覚・感覚レベルの知見と提案アプローチによる認知や感性レベルの知見の対応関係のモデル化、などが期待される。

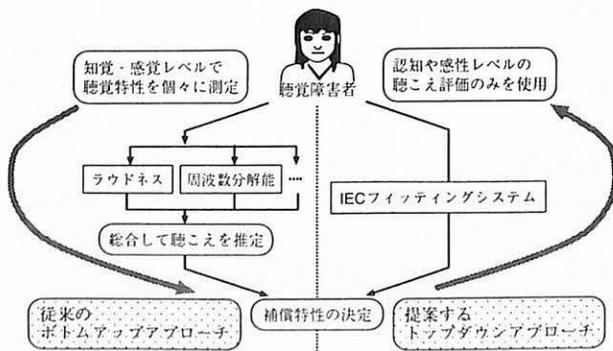


図 4: 従来(左)と提案(右)の研究アプローチ

5 まとめ

対話型 EC を補聴器のフィッティングに応用し、構築した IEC フィットティングシステムの有効性検証を行った。音声聴取については、音質・明瞭度の両方とも、無処理や従来法による処理よりも有意な効果が得られた。また、従来あまり研究がなされていない音楽聴取についても、音質向上の有意な効果が得られた。

さらに本稿では、IEC フィットティングシステムに基づく解析的な研究アプローチを提案した。そして、今までに得られた知見と今後期待される知見、および提案アプローチの他分野への展開の可能性について述べた。

参考文献

- [1] 高木英行, 大崎 美穂, 印具 毅雄, “インタラクティブ EC 操作者の疲労低減手法”, ワークショップ「インタラクティブ進化的計算論」, pp.47-52, 福岡 (1998 年 3 月)
- [2] 大崎美穂, 高木英行, “デジタル補聴器フィッティングへの対話型 EC の応用”, 第 14 回ファジィ・システム・シンポジウム, pp.193-194, 岐阜 (1998 年 6 月)
- [3] Miho Ohsaki, and Hideyuki Takagi, “Application of Interactive Evolutionary Computation to Optimal Tuning of Digital Hearing Aids”, International Conference on Soft Computing (IIZUKA'98), pp.849-852, Iizuka, Japan (Oct., 1998)
- [4] 大崎美穂, “進化的計算手法を用いた聴覚障害補償に関する研究”, 九州芸術工科大学大学院博士論文, (1998 年 12 月)
- [5] 高木英行, 大崎美穂, “聴覚障害者の聴こえに基づく聴覚補償の自動最適化”, 日本音響学会春季研究発表会, pp.359-360, 川崎, (1999 年 3 月)
- [6] 高木英行, 大崎美穂, “IEC フィットティングシステムの音声聴取に対する評価”, 日本音響学会春季研究発表会, pp.361-362, 川崎, (1999 年 3 月)
- [7] 高木英行, 大崎美穂, “IEC フィットティングシステムの音楽聴取への応用”, 日本音響学会春季研究発表会, pp.363-364, 川崎, (1999 年 3 月)
- [8] 高木英行, 畝見達夫, 寺野隆, “対話型進化計算法の研究動向”, 人工知能学会誌, vol.13, no.5, pp.692-703 (1998 年)
- [9] 浅野 太, 鈴木 陽一, 曾根 敏夫, 他, “ラウドネス補償特性を有するデジタル補聴器の一構成法”, 日本音響学会誌, 47 巻, 6 号, pp.373-379, (1991 年)

【連絡先】

〒 815-8540 福岡市南区塩原 4 丁目 9-1
九州芸術工科大学 芸術情報設計学科
高木英行
TEL&FAX : 092-553-4555
E-mail : takagi@kyushu-id.ac.jp