

PDA版 Visualized IECフィッティングシステム

藤井, 成清
九州芸術工科大学

林田, 憲昌
九州芸術工科大学

高木, 英行
九州芸術工科大学

大崎, 美穂
静岡大学

<https://hdl.handle.net/2324/4482099>

出版情報 : Proceedings of Annual Conference of SOFT Kyushu Chapter. 3, pp.61-64, 2001-12-01. 日本知能情報ファジィ学会
バージョン :
権利関係 :



B303

PDA 版 Visualized IEC フィッティングシステム

九州芸術工科大学

○藤井成清

林田憲昌

高木英行

静岡大学

大崎美穂

Visualized IEC-based Hearing Aids Fitting System in a PDA

Shigekiyo Fujii, Norimasa Hayashida and Hideyuki Takagi, Kyushu Institute of Design

Miho Ohsaki, Shizuoka University

Abstract : We install a Visualized interactive evolutionary computation (IEC)-based hearing aid fitting method, Visualized IEC Fitting, in a personal digital assistance (PDA). The system allows us to use any kinds of fitting sound source in real-life listening situations at anytime. For the purpose of decreasing user fatigue in practical use, following methods, (a) and (b), are applied to the fitting system. (a)Displaying individuals in series: this method significantly improves the IEC operability. (b)Visualized IEC: this method provides the visual landscape of searching space to users and lets them actively participate in EC searching with less fatigue, which results in a faster EC convergence.

1 はじめに

聴覚障害者は、周波数分解能や時間分解能などが変化したきこえのため、健聴者に比べると騒音下での語音聴取などが難しくなる。よって、1種類の補償特性を実環境で用いて、十分な聴取と満足度を得ることは困難であり、それが「調整してもらったときは良かったが、家や職場で実際に使ってみると、どうも感じが違う。」というユーザの不満へつながっていると言える。また、きこえは時間的にも変化し、同じような環境でも、その日は良かったが、数日後には補聴器の調整が合わなくなっていることもある。

このような問題には、環境音の種類によって、補聴器の増幅特性や信号処理を変化させることが有効であり[1-3]、きこえに不快感を感じたときに、その場で容易に補聴器の調整を行うことができるシステムが望まれる。また、ユーザ側だけでなく、フィッタ(フィッティングを行う専門家)にとっても、実環境下で得られた補聴器パラメータは有用であると考えられる。

そこで、本研究では、きこえにくいとユーザが不満を訴える環境において、実際にその環境音を用いて容易にフィッティングを行うことを目的として、PDA(Personal Digital Assistance, 携帯情報端末)に補聴器フィッティングソフトを組み込んだシステムを開発した。まず、過去に我々が提案したIECフィッティング(対話型進化計算[4-6]を用いた補聴器フィッティング)において、市販の補聴器を用いた評価実験を行い、有効性の検証とユーザインタフェースなどの改善を行った(第2節, 第3節)。さらに、ユーザの心理的負担の緩和と、収束の高速化による肉体的負担の軽減のために、ユーザ自らが能動的に最適解の探索に参加できる Visualized IECを取り入れた。そして、実環境下でのフィッティングを容易にするため、PDAにIECフィッティングを組み込んだ(第4節)。

2 IEC フィッティングとは

現在の補聴器フィッティングでは、オーディオグラムなどの聴力データを基に、フィッタが補聴器ユーザのきこえの変化を推定し、ユーザの意見によって微調整を行っている(図1下)。しかしながら、きこえは本人にしか分からないという根本的な問題がある。また、

純音や帯域ノイズで求めたラウドネス補償特性が、実環境下での音声などを補償するのに適しているのかは疑問である[16-18]。

IECフィッティングでは、このような問題点を解決することができ、ユーザ本人しか分からない感性レベルでの知覚(好みなど)に基づいて、任意の音で補償特性を求めることが可能である(図1上)[7-18]。このシステムでは、ユーザである人間を評価系に組み込むために、探索や最適化のアルゴリズムである進化計算を、人間とコンピュータとの対話関係に適用している(図2)。具体的には、あるパラメータ設定で処理された入力音源が提示され、ユーザはその音に対して、きき易さや好みなどの評価基準で評価値を入力する。進化計算部は、評価の良かった個体(パラメータ)の情報をできるだけ保持しながら、ユーザの評価がさらに高くなりそうな個体の候補群を提示する。このように、人間の主観的な評価と、コンピュータの機械的な探索を繰り返すことにより、人間の心理空間上の最適解を見付ける、すなわち、主観的評価を最大化することができる。

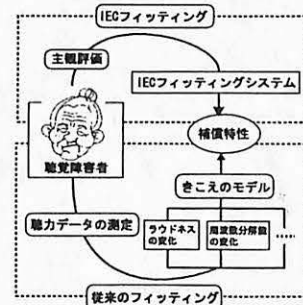


図1: フィッティングアプローチの違い

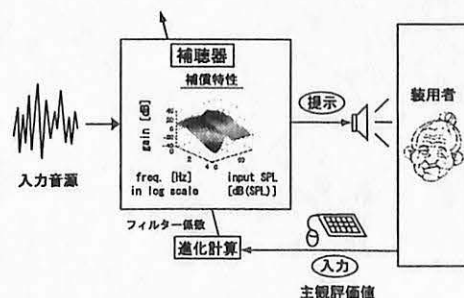


図2: IEC フィッティングシステムの構成図

3 IEC フィッティングの評価

ここでは、IEC フィッティングの評価実験結果について述べる。まず、補聴器機能のシミュレートを組み込んだシステムを用いて、IEC フィッティングの原理的な有効性を確認し(3.1節)、実際の市販補聴器を用いたシステムにより、IEC フィッティングの実用的な有効性を検証した(3.2節)。

3.1 原理性の評価

コンピュータ上に補聴器機能のシミュレートを組み込んだ IEC フィッティングシステムの評価実験結果について説明する [9, 10]。

まず、音声を用いて IEC フィッティングを行った場合、得られる補償特性が音質向上と明瞭度向上に効果があるのかを調べるため、(a) 無処理音声、(b) 従来のラウドネス補償処理音声 [19]、(c) IEC フィッティングシステム処理音声、これら 3 種類の音声による主観評価実験と音声明瞭度試験を行った。その結果、ほとんどの条件で (c) の方が、(a)(b) よりも有意に評価が高く、IEC フィッティングによる音質向上と明瞭度向上への有効性が示された。

次に、従来ほとんど研究がなされていない音楽聴取に、IEC フィッティングシステムを応用し、システムの操作・評価実験を行った。実験では、システム操作で得られた補償特性を用いて、(1) 無処理音楽、(2) IEC フィッティングシステムによる処理音楽、を比較する主観評価実験を行った。その結果、ほとんどの被験者で (2) が、(1) に比べて有意に評価が高く、音楽聴取において IEC フィッティングの音質向上への有効性が示された。

さらに、パラメータ設定の対象音依存性について、(i) 音声聴取における場合、(ii) 音楽聴取における場合、(iii) 音声と音楽を比較した場合、の 3 種類の条件下で解析実験を行った。実験より、音声のみ、あるいは音楽のみを聴取する場合には、各環境音内でのパラメータの汎用性が示された。また、音声と音楽ではパラメータ設定を変える必要があることが示された。

3.2 市販補聴器による実用性の評価

市販補聴器として一般的な非線形増幅型補聴器 (リオン社製 HI-P1K) を用いて、IEC フィッティングシステムを構築した。IEC フィッティングでは、インタフェースが操作性に大きく影響するため [20]、同時提示 (1 世代分の個体をすべて同時に表示)、および時系列提示 (各個体を連続的に表示) の 2 種類のインタフェースを使用可能にした。

被験者は HI-P1K ユーザ 5 名である。実験手順として、フィッタによる従来のフィッティング、およびユーザ本人による IEC フィッティングを行い、フィッティング後 1 週間以内に、各設定で評価を行った。評価には、オージオグラム、語音明瞭度、音質の主観評価、操作時間、内観報告を用いた。

実験結果について、まず、IEC フィッティングに適した提示インタフェースについて検討する。IEC フィッティングの操作時間は、同時提示、時系列提示とも 10 分未満と実用可能な範囲で、特に時系列提示では同時

提示と同等のフィッティング効果があり、操作時間もより短かった。また、時系列提示は同時提示よりも操作性が有意に良いことが他の研究でも示されている [20]。よって、4.4 節の PDA への組み込みシステムでは、各提示方法の利点を考え、評価が終わると自動的に次の個体を提示し、かつ、過去の評価履歴を示すことで他の個体との相対評価も可能な提示方法を用いた。

従来法と IEC フィッティングの比較では、操作時間以外の性能評価測度で大きな差は見られなかった。また、被験者 5 名中 3 名が IEC フィッティングの設定を自分の補聴器に使用することを望んだ。以上より、フィッタによる数回の繰り返しを必要とする従来法に相当する設定を、IEC フィッティングはかなり短時間に実現できることが確認された。

4 Visualized IEC 版 IEC フィッティング

ここでは、IEC フィッティングを PDA に組み込む場合に、ユーザの疲労軽減のために取り入れた Visualized IEC について説明し、最後に PDA への組み込みシステムである PDA 版 Visualized IEC フィッティングについて述べる。

IEC は、補聴器のフィッティング以外にも、音声の歪改善、3 次元 CG のライティングなどの様々なアプリケーションに用いられている [4-6]。従来の IEC では、EC のみが探索を行い、人間はその探索結果を評価するだけという受動的なものであった。そのため、原理的に収束率が低下し、結果としてユーザが受ける心理的・肉体的負担が大きくなるという問題点があった。よって、IEC をより実用的なものにするためには、ユーザの負担を減らすなどの改善が望まれた。

そこで我々は、(a) ユーザの心理的負担の緩和、(b) 収束の高速化による肉体的負担の軽減、を目指し、ユーザ自らが能動的に最適解の探索に参加できるシステムである Visualized IEC を提案した [21-24]。

4.1 Visualized IEC とは

Visualized IEC とは、EC と人間、それぞれの探索法が持つ異なる長所を組み合わせた手法であり、収束の高速化を果たした。EC は直接的に多次元空間の探索を行うことができ、その能力は人間よりも優れている。しかしながら一方で人間は、2 次元平面上において、探索空間内の個体の大まかな分布を把握する能力に長けており、最適解の位置を推測、すなわち探索の方向性を EC に指示することができる。これは、EC には解釈できない人間固有の能力である。

次元数を落とすことにより個体を持つ情報のいくらかは失われるが、個体間の関係性はできるだけ保持されるように写像される。よって、2 次元平面上においては、評価値の高い個体の周辺に評価値の高い個体が集まる可能性が高くなる (図 3)。

4.2 Visualized IEC の構築

Visualized IEC では評価対象である音や CG などに加え、EC が過去に探索した個体群をそのパラメータを基に写像し、2 次元平面上に提示する (図 4(下) 参照)。この平面上では、例えば、グレイスケールや異な

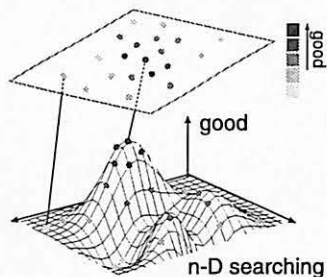


図 3: 写像のイメージ。データ間の関係性を保持したまま 2 次元平面上に写像される。

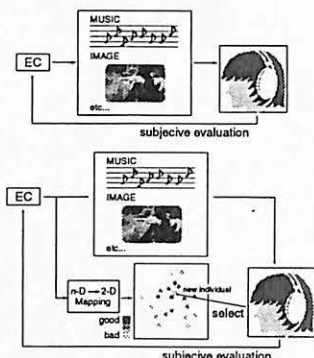


図 4: IEC(上) と Visualized IEC(下)

る色・大きさを用いる方法などにより、各個体をその評価値を基に分類し、探索空間の形状を視覚化する。ユーザは自分が求めるイメージに近い個体、つまり高い評価値の個体が存在すると思われる領域の 1 点を選択し、新しいエリート個体を生成する。多次元空間上で近傍に存在する個体は 2 次元平面上でも近傍に位置するように写像されているため、新しく生成される個体も、ユーザの求める個体と類似することが期待される。新たに生成された個体は、評価値の低い個体と入れ替えられ、進化計算部は通常の演算を行う。

本手法を用いることにより、各世代ごとに、優秀な個体がユーザによって追加される可能性が高くなり、収束の高速化が期待できる。

4.3 Visualized IEC のための写像法評価

ここでは、特徴が異なる様々な 2 次元可視化法の中で、どの手法が Visualized EC/IEC に最も適しているのかを評価した。今回は、Sammon's Non-linear Mapping(NLM) [25], Self-Organizing Maps(SOM) [26], VISOR [27], TOPAS [28] の 4 つの写像法について、計算速度や収束率、視覚的な印象の点から 5 つのベンチマーク関数を用いて比較した。

実験結果より、(1)NLM と TOPAS の計算時間は実用にはほど遠い、(2)VISOR よりも SOM の方が探索空間の形状を把握しやすい、(3)SOM と VISOR の収束率に関してはタスクに依存する、ことが分かった。また、SOM を用いた Visualized GA を用いた実験では、通常の GA よりも少なくとも約 5 倍早く収束するという結果を得た。本研究ではユーザの負担を軽減することを目的としているので、良い個体を探索しやすいということが重要である。さらに計算速度の許容範囲も考慮し、Visualized IEC には SOM を用いるのが妥当であると結論づけた [22]。

4.4 PDA 版 Visualized IEC フィットティングシステム

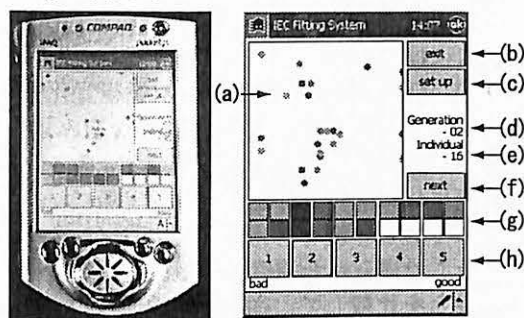


図 5: PDA 版 Visualized IEC フィットティングシステム

図 5 は Visualized IEC を組み込んだ PDA 版 IEC フィットティングシステムである。開発には、マイクロソフト社製 Windows 2000 SP2 と同社製 eMbedded Visual C++ 3.0 日本語版を用いた。また、ハードウェアには、コンパック社製 iPAQ Pocket PC H3630 を用いた。図 5 の右図を用いてインタフェースの説明をすると、(a) は、GA が生成する各パラメータ群を基に各個体(フィルタ)を SOM で 2 次元平面上に写像したものである。これにより、探索空間上での各個体の類似性(散らばり具合)を容易に視覚的にとらえることができる。次に、(b) 操作終了のボタン、(c)GA と SOM の条件設定用ボタン、(d) 現在の世代数、(e) 提示中の個体番号、(f) 次の世代へのボタン、(g) 過去の評価履歴、(h) 5 段階で評価値を入力するボタン、である。以下では、これら (a)~(h) を説明に用いる。

提示音は、(a) と (g) においてピンク色の個体(パラメータ群)でフィルタ処理された音である。きき易さや好みに応じてユーザが (h) に評価値を入力すると、その個体は、評価値に応じた 5 段階濃度の青色で (a) と (g) に示され、次の個体に進む。各世代において、過去に評価した個体を再評価したい場合には、その個体番号に相当する (g) のボタンをクリックすると、その個体が再提示される。それに加えて、操作者は (a) 2 次元平面上の評価値の偏り具合を判断し、良い個体があると思われる位置をクリックする。それにより、その点に対応するパラメータが決定するフィルタで処理された音声がきこえ、同様に評価値を入力する。ユーザの能動的な介入である個体の生成は、何度でも可能で、next ボタン (f) を押す前に、最後に生成し評価した個体が次の世代への探索に寄与する。

図 5 は 2 世代目の様子を表したもので、2 次元平面上には 1 世代目での個体を含む (20 × 2) 個体 + 操作者によって生成された個体が表示されている。操作者は濃度が濃い個体付近を探索することで、自分にとってより満足なパラメータ設定を従来の IEC よりも早く得ることができると思われる。

5 まとめと今後の展開

本研究では、補聴器ユーザがきこえにくいと不満を訴える環境で、実際にその環境音を用いてフィッティングを行うことを目的とした。実環境下でのフィッティングを容易にするため、PDA に IEC フィットティングを組み込んだシステムを開発した。これにより、都合の良い時間と場所において、ユーザ自身で納得できるま

でフィッティングを行うことも可能となった。本システムでは、IECを用いたアプリケーションが抱える課題の1つである操作者の負担軽減のために、(a)インタフェースには操作時間と操作性を考慮した時系列提示法を用い、(b)多次元データの2次元視覚化を用いた能動的探索法である Visualized IECを組み込んだ。

今後は、PDA版 Visualized IEC フィッティングシステムの実用化に向けた評価を行う。実際に、ユーザがきこえにくいと不満を訴える環境でフィッティングを行い、そこで得られた補償特性と従来法から得られた補償特性とを比較して、従来法の改善やフィッタのレベルアップにつながることも期待される。

謝辞

本論文は、科研費(平成12年度奨励A No.12780273, 平成13年度基盤研究(C)(2) No.13680451)の補助を受けている。

参考文献

- [1] J. M. Kates, "Classification of background noises for hearing-aid applications," *J. Acoust. Soc. Am.* **97**, 461-70 (1995).
- [2] G. Keidser, H. Dillon and D. Byrne, "Guidelines for fitting multiple memory hearing aids," *J. Am. Acad. Audiol.* **7**(6), 406-418 (1996).
- [3] 藤井成清, 高木英行, "動的聴覚障害補償特性実現のための予備的検討," 日本音響学会九州支部第4回学生のための講演会, 福岡, 35-38 (2001).
- [4] 高木英行, 畠見達夫, 寺野隆雄, "インタラクティブ進化計算," 遺伝的アルゴリズム4 (産業図書, 東京, 2000).
- [5] 大崎美穂, 高木英行, "インタラクティブ進化計算のヒューマンインタフェースと評価," 遺伝的アルゴリズム4 (産業図書, 東京, 2000).
- [6] H. Takagi, "Interactive Evolutionary Computation: Fusion of the Capacities of EC Optimization and Human Evaluation," *Proceedings of the IEEE*, **89**(9), 1275-1296 (2001).
- [7] 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回ファジイシステムシンポジウム, 岐阜, 193-194 (1998).
- [8] M. Ohsaki and H. Takagi, "Application of Interactive Evolutionary Computation to Optimal Tuning of Digital Hearing Aids," 5th Int'l Conf. on Soft Computing (IIZUKA'98), 849-852, World Scientific, Iizuka, Fukuoka, Japan, (1998).
- [9] 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," 九州芸術工科大学博士論文, (1998).
- [10] 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," 日本音響学会講演論文集 1-2-18, 359-360 (1999).
- [11] H. Takagi and M. Ohsaki, "IEC-based Hearing Aids Fitting," *IEEE Int'l Conf. on System, Man, and Cybernetics (SMC'99)*, Tokyo, Japan, vol.III, 657-662 (1999).
- [12] 大崎美穂, 高木英行, 渡辺政博, 坂本真一, "IEC フィッティングシステムの実用化 - 従来式補聴器への適用 -," 日本音響学会講演論文集 2-10-1, 331-332 (2000).
- [13] M. Ohsaki and H. Takagi, "Design and Development of an IEC-based Hearing Aids Fitting System," 4th Asia Fuzzy System Symposium (AFSS'00), Tsukuba, Japan, 543-548 (2000).
- [14] 大崎美穂, 坂本真一, 高木英行, "IEC フィッティングの実用性の評価," 日本ファジイ学会東海支部主催, 第11回東海ファジイ研究会, 1.1-1.4, 愛知県知多郡 (2001).
- [15] M. Ohsaki, S. Sakamoto and H. Takagi, "Development and Evaluation of an IEC Fitting System for Hearing Aids," *Int'l Conf. on Acoustics (ICA2001)*, Rome, Italy, 5A.15.02 (2001).
- [16] 藤井成清, 高木英行, 大崎美穂, 新居康彦, "IEC フィッティング技術に基づく聴覚補償上の知見獲得," 日本音響学会聴覚研究会資料, H-99-121 (1999).
- [17] 藤井成清, "IEC フィッティング技術に基づく聴覚障害補償上の知見獲得," 九州芸術工科大学音響設計学科卒業論文, (2000).
- [18] S. Fujii, H. Takagi, M. Ohsaki, M. Watanabe and S. Sakamoto, "Evaluation and Analysis of IEC Fitting," *Western Pacific Regional Acoustics Conference (WESTPRAC VII)*, Kumamoto, Japan, 369-372 (2000).
- [19] 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**(6), 373-379 (1991).
- [20] Y. Todoroki and H. Takagi, "User Interface of an Interactive Evolutionary Computation for Speech Processing," 6th Int'l Conf. on Soft Computing (IIZUKA2000), Iizuka, Fukuoka, Japan, 112-118 (2000).
- [21] N. Hayashida and H. Takagi, "Visualized IEC: Interactive Evolutionary Computation with Multidimensional Data Visualization," *IEEE Int'l Conf. on Industrial Electronics, Control and Instrumentation (IECON2000)*, Nagoya, Japan, 2738-2743 (2000).
- [22] D. K. Pratihar, N. Hayashida and H. Takagi, "Comparison of Mapping Methods to Visualize the EC Landscape," 5th International Conference on Knowledge-Based Intelligent Information Engineering Systems & Allied Technologies (KES2001), Osaka/Nara, Japan, 223-227 (2001).
- [23] 林田憲昌, 高木英行, "適合度空間のランドスケープ可視化とユーザの能動的探索による進化計算の高速化," MPS シンポジウム (進化的計算シンポジウム), 情報処理学会シンポジウムシリーズ **2001**(12), 41-48, 京田辺, 京都 (2001).
- [24] N. Hayashida and H. Takagi, "Acceleration of EC Convergence with Landscape Visualization and Human Intervention," *Applied Soft Computing*, Elsevier Science (2001) (will appear).
- [25] J. W. Sammon, "A nonlinear mapping for data structure analysis," *IEEE Trans. on Computers* **C-18**(5), 401-409 (1969).
- [26] T. コホネン著, 徳高平蔵・岸田 悟・藤村喜久郎訳, 自己組織化マップ (シュプリンガー・フェアクラーク東京, 東京, 1996).
- [27] A. König, O. Bulmahn and M. Glesner, "Systematic methods for multivariate data visualization and numerical assessment of class separability and overlap in automated visual industrial quality control," 5th British Machine Vision Conf., **1**, 195-204 (1994).
- [28] A. König, "A survey of multivariate data projection, visualization and interactive analysis," 5th Int'l Conf. on Soft Computing and Information/Intelligent Systems (IIZUKA'98), Iizuka, Japan: World Scientific, Singapore, 55-59 (1998).