九州大学学術情報リポジトリ
Kyushu University Institutional Repository

動的聴覚障害補償特性実現のための予備的検討

藤井, 成清
九州芸術工科大学大学院芸術工学研究科

高木, 英行
九州芸術工科大学

https://hdl.handle.net/2324/4482096

出版情報：日本音響学会講演論文集, pp.35-38, 2001-10-20. The Acoustical Society of Japan
バージョン：
権利関係：

KYUSHU UNIVERSITY

動的聴覚障害補償特性実現のための予備的検討 *

藤井成清 *1　高木英行 *2

[要旨] 実環境下で補聴器を用いる場合，環境音に応じて補償特性を変化させることが有効である．その効果を高めるためにはまず，どのような環境下で特性を変えるのかを適切に分類する必要がある．本研究では，従来のように物理特徴量から環境音を分類するのではなく，IEC(Interactive Evolutionary Computation) フィッティングを用いることによって補聴器装用者のきこえに基づいて環境音の分類を行った．その結果，補償特性を変化させるべき環境音の種類は個人に依存し (実験 1)，残響時間と最適な補償特性との相関は低い (実験 2)，という可能性が示唆された．

キーワード　聴覚障害補償，インタラクティブ進化計算，補聴器フィッティング
Compensation for hearing impairment, Interactive evolutionary computation, Hearing aids fitting

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．それゆえ，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，家や職場で実際使ってみると，どうも感じが違う.」という装用者の不満へつながっていると言える．

このような背景により，補聴器を実環境下で用いた場合，環境音の種類によって増幅特性や信号処理を変化させることの有効性が考察され [1-5]，その研究に基づく補聴器も市販されている．また，最近では，調整時に実環境下でのきこえを模擬できるように，ノイズ負荷下の明瞭度検査法や実環境を再現するシステムも提案されている [6]．

以上のように，環境音によって補償特性を変化させることの重要性は一般的になりつつあるが，(a) 市販の補聴器に多くみられる2種類の特性の切替えで十分であるか，(b) これまで着目していた物理特徴量からの環境音の分類は，装用者にとって最適であるのか，(c) 特性を切り替えた方がよい環境音は個人に依存するのか，などの解決すべき問題点がある．

そこで，本研究では以下のことを目的とする．(1) 装用者自身で各環境音に最適な補償特性を求め，その類似性に基づいて，同じ特性で補償することができる環境音の分類を行い，(2) 各グループに対応する物理特徴量を見出す．最終目標は，環境音の変化，すなわち，補聴器入力音の物理特徴量に応じて，装用者自身がその環境に適していると感じた補償特性に自動的に変化させて，補償処理を行うことである．

---

* Preliminary study on realizing dynamic characteristics of hearing compensation.

*1 九州芸術工科大学大学院芸術工学研究科
*2 九州芸術工科大学芸術情報設計学科
(問合先: 高木英行　〒815-8540 福岡市南区塩原 4-9-1 九州芸術工科大学 芸術情報設計学科 email: takagi@kyushu-id.ac.jp, fujii@athena.aid.kyushu-id.ac.jp)

2　本研究の流れ

本研究では，従来のように物理特徴量から環境音を分類するのではなく，最適な聴覚障害補償特性の類似性から環境音を分類し (図1上)，それから物理特徴量を抽出する (図1下) アプローチである．研究の特徴は，任意の音で補聴器フィッティングが可能な IEC フィッティング (対話型進化計算を用いた補聴器フィッティング，図3)[7-10] を行い，同じ特性で補償してよい環境音であるかを，装用者自身で求めることである．これまでは，装用者のきこえに基づいて環境音を分類する方法はなく，この IEC フィッティングを用いることによってはじめて可能となった研究である．それゆえ，現在着目されている物理特徴量の点では異なる増幅特性が必要であると考えられる場合でも，装用者にとっては同じ増幅特性で十分であるという可能性を見出すことができる．

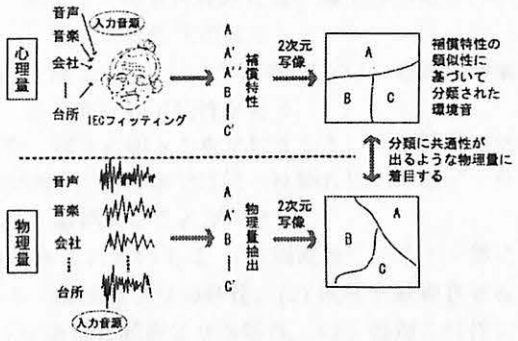

図 1: 本研究の流れ

3　IEC フィッティング

現在の補聴器フィッティングでは，オージオグラムなどの聴力データを基に，フィッタ (フィッティングを行う専門家) が補聴器装用者のきこえの変化を推定し，装用者の意見によって微調整を行っている (図2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 [11, 12].

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，装用者本人しか分からないような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 2 上)．このシステムでは，装用者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応用している (図 3)．よって，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．

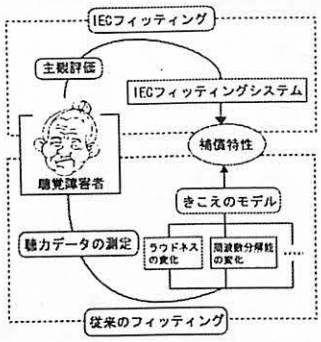

図 2: フィッティングアプローチの違い

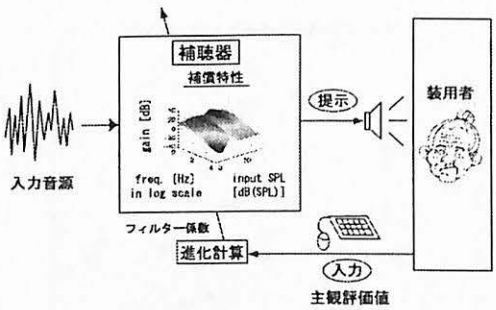

図 3: IEC フィッティングシステムの構成図

4 聴覚障害補償特性の類似性による環境音の分類実験 (図 1 上)

装用者のきこえに基づいて環境音を分類するため，異なる環境音を入力音源として IEC フィッティングを行い，各環境音ごとに得られた補償特性間の類似性を求めた．実験 1 では 35 種類の環境音を音源として (4.1 節)，実験 2 では残響時間の異なる 10 種類の音声を音源として (4.2 節)，環境音の分類を行った．

4.1 実験 1: 35 種類の環境音と補償特性

実験 1 では，実環境下で録音した 35 種類の環境音を入力音源として，各音源ごとに得られた聴覚障害補償特性間の類似性に基づいて環境音を分類した．

4.1.1 実験手順

被験者は，健聴者 2 名と軽度聴覚障害者 1 名 (76 歳，4 分法平均聴力レベル 35dBHL) の計 3 名である．以後は順に被験者 A, B, C とする．平均聴力レベルは，実験で用いた聴力レベルの高い方の片耳についてを示す．なお，健聴者には模擬難聴処理を行った．

入力音源の詳細は省略するが，音源 10 は駅のホームで録音しアナウンス (女声) と電車の車輪音「キー」という衝撃音を含み，音源 35 はクラシック音楽 CD をラインで録音したものである．それら以外は，実環境下での音声などであり，衝撃音などは特に含まない．

実験では，各音源において，20 個体 ×10 世代目 (被験者 B, C は疲労を考慮して 5 世代目) まで操作を行い，最終世代で最も評価の良かった増幅特性をデータとして用いた．各音源から得られた 35 種類の増幅特性は，データ相互間の距離 (散らばり) を視覚的にとらえやすいように，非線形写像法である KFM (Koontz and Fukunaga's mapping)[13] を用いて 2 次元平面に写像した (図 4- 図 7).

4.1.2 実験結果と考察

被験者 A においては，データの安定性 (グループ数，特性間の距離など) を考察するため，1 回目の実験から 2ヶ月ほど経過して同じ実験を行った．実験結果については，被験者 A の 1 回目を図 4，被験者 A の 2 回目を図 5，被験者 B を図 6，被験者 C を図 7 に示す．図中の番号は入力音源の種類であり，距離が近いほど，得られた補償特性も類似していることを表している．

被験者 A について，図 4 より，音源に 10 と 35 を用いたもの以外は，増幅特性の類似度が比較的高いことが分かり，以下の傾向が示唆された．

- 音源 10 のように衝撃音がある場合を除き，実環境下での音声聴取には，線形な増幅特性が適している可能性がある．
- 音源 35(クラシック音楽 CD) は，最適な増幅特性が異なる可能性がある．

また，図 4 と図 5 とを比較すると，分類結果に同じ傾向があり，現段階では同一被験者におけるデータの安定性を確認することができた．

被験者 B においては，(1) 周波数によらず一律に増幅あるいは減衰させる特性，(2) 低域を減衰させる特性，(3) 高域を減衰させる特性，の 3 種類の特性に大別することができたが，現段階では入力音源の種類と補償特性との対応関係は得られなかった．

被験者 C では，音源 29(電話の時報) と音源 35(クラシック音楽 CD) に対する増幅量が，それ以外に対する増幅量よりも多い傾向があった．

以上のように，これまでの実験では被験者が 3 名と少ないが，環境音の分類結果は個人に依存する可能性が示唆された．今後は被験者を増やし，最終的に個人への依存度が高いという結果が得られたとすると，

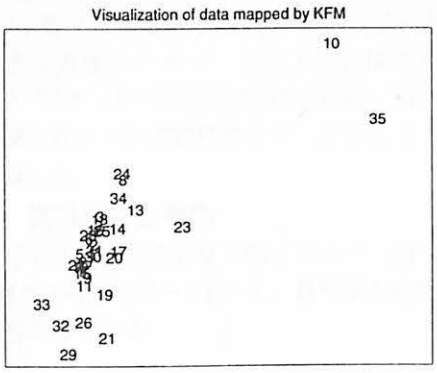

図 4: 被験者 A について，10 世代目において最も評価の良かった増幅特性を 2 次元写像した結果 (1 回目)

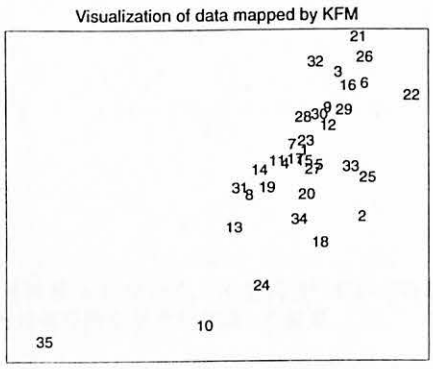

図 5: 被験者 A について，10 世代目において最も評価の良かった増幅特性を 2 次元写像した結果 (2 回目)

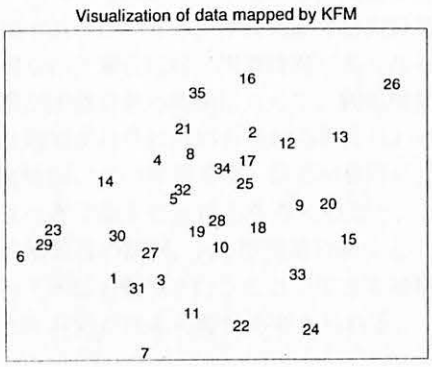

図 6: 被験者 B について，5 世代目において最も評価の良かった増幅特性を 2 次元写像した結果

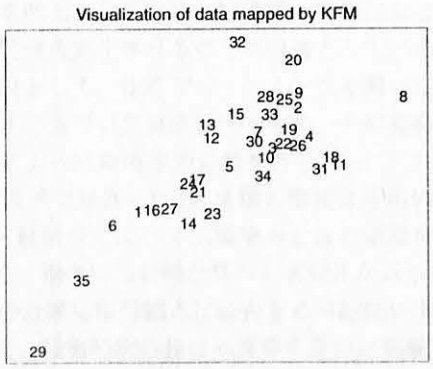

図 7: 被験者 C について，5 世代目において最も評価の良かった増幅特性を 2 次元写像した結果

環境音によって補償特性を変化させる際には，装用者の生活環境に応じて，(a) 切替えの必要性，(b) 変化させるタイミング，(c) 変化させるべき環境音の種類，などを十分に考慮する必要があると言える．

ここで，補聴器で音楽をきくことについて考える．本研究の被験者 A と C の実験結果では，音源 35(クラシック音楽 CD) について，写像後の 2 次元平面では，それ以外の音源と特性が離れた．しかしながら，補償特性としては，音声などを用いた場合に得られた増幅特性を全体的に持ち上げたような線形特性であった．そのため，実際 CD で音楽をきく場合には，補償特性としては音声用を用いて，オーディオアンプのボリューム類を調整することで好みの音 (量) を得ることができる可能性がある．よって，IEC フィッティングを用いて音楽聴取用に最適な補償特性を求める場合，次のように二通りに分けることを考えている．

a) 生演奏など，つまり自分で音量などを調整できない場合 → 実際の演奏を録音して，そのときの平均音圧レベルに合わせたものを入力音源とする．しかし，再現性の問題で，録音した場所と実際に補聴器を使用する所とが異なると，音場の違いや音源からの距離の違いにより有効性は低くなる可能性がある．

b) CD など，つまり自分で音量などを調整できる場合 → 個人の好みは異なり，健聴者であっても，ボリュームやイコライザなどで調整する．スピーカを含む再生系が変われば設定も異なる．よって，補聴器側では音声などを補償する特性を用いて，オーディオアンプのボリュームなどで調整する方法が考えられる．

補聴器装用者によっては，音声よりも音楽をきくことに満足感の重みを置く場合もある．よって，今後は音楽をきく場合に適した利得計算法やフィッティング方法の研究だけでなく，高い周波数まで十分に出力可能な補聴器用ハードウェアの開発も課題である．

4.2 実験 2: 残響時間と補償特性

実験 2 では，残響時間と補償特性との関係に着目した実験を行った．これまでに，残響時間が長くなるにつれて明瞭度は低下することが研究されている．また，聾学校の教室を作るときの基準は確立されていなく，中には残響時間の長い教室もあり，生徒のききとりが悪いという問題も現実に生じている．このような背景により，ここでは残響時間の異なる音声を用いて，残響時間と補償特性との関係を考察した．

4.2.1 実験手順

IEC フィッティング用の音源として，補聴器適合評価用 CD[14] から男声「おそうじをしなさい」を選んだ．そして，ヤマハの SREV1(インパルス応答: Large

Live Stage) を用いて，0.2 秒間隔で 0.3 秒, 0.5 秒, ···, 2.1 秒の残響を付加した 10 種類の音源を作成した．

被験者は実験 1 の A で，実験 1 と同様に各音源において 20 個体 ×10 世代まで操作を行い，最終世代で最も評価の良かった増幅特性をデータとして 2 次元平面に写像した．

4.2.2 実験結果と考察

2 次元平面への写像結果を図 8 に示す．図中の番号 1 は元音声 (残響時間 0.2 秒) で，番号 2 から順に付加した残響が長くなる．

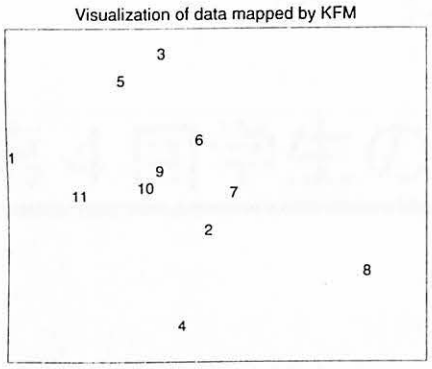

図 8: 被験者 A について，10 世代目において最も評価の良かった増幅特性を 2 次元写像した結果

被験者はまだ 1 名であるが，残響時間と補償特性の間に相関は見られなかった．今回用いた補償処理システムは，利得特性の調整，すなわち，閾値やラウドネスの補償であった．もし，今回のような実験結果が最終的に得られた場合には，残響時間が長くなることで語音聴取が困難である問題に対して，利得調整のみでは十分な効果が得られない可能性も考えられる．よって，残響時間の長い部屋では，話者が普段以上にゆっくり，はっきり話すことはもちろんのこと，(a) 語音強調型の補聴器の試用，(b) 準同型分析などの信号処理を用いて残響の軽減を行うことができる補聴器の開発，などが有効となる可能性も考えられる．

5 まとめ

本研究は，補聴器装用者の実環境下での語音聴取や満足度を向上させるため，環境音の種類によって動的に補償特性を変化させることを目標としている．その第一段階として，IEC フィッティングを用いて装用者のきこえに基づいた補償特性を求め，その補償特性の類似性によって環境音の分類を行った．

実環境下で録音した 35 種類の環境音を用いた実験 1 より，被験者によっては衝撃音を含む環境音や音楽 CD をきく場合には動的な特性の有効性が見られたが，これらの分類結果は個人に依存する可能性が示唆された．また，残響時間の異なる音声を用いた実験 2 より，残響時間と最適な補償特性との相関は低いという可能性が示唆された．

今後は，被験者を増やし，主観的に求めた環境音分類の汎用性についてさらに考察すると同時に，着目する物理特徴量を決定する予定である．また，本手法をより現実に近づけるため，現在開発中の携帯情報端末版 IEC フィッティングを実環境で行い，環境音を分類することも検討中である．このシステムを用いると，装用者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が可能となり，そこから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することにより，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．

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, "The relationship between listening conditions and alternative amplification schemes for multiple memory hearing aids," J. Acoust. Soc. Am. **97**, 461-470 (1995).

[3] G. Keidser, "Selecting different amplification for different listening conditions," J. Am. Acad. Audiol. **7**(2), 92-104 (1996).

[4] G. Keidser, H. Dillon and D. Byrne, "Guidelines for fitting multiple memory hearing aids," J. Am. Acad. Audiol. **7**(6), 406-418 (1996).

[5] S. Köbler, A. Leijon, "Noise analysis of real-life listening situations for maximal speech audibility in hearing aid fitting," Scand. Audiol. **28**(3), 179-189 (1999).

[6] 伊丹永一郎, 杉浦公恵, 鹿島卓也, 真後理英子, "補聴器装用評価援助装置 FiVES の開発," Audiology Japan **43**(5), 307-308 (2000).

[7] 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).

[8] H. Takagi and M. Ohsaki, "IEC-based Hearing Aids Fitting," IEEE Int'l Conf. on System, Man, and Cybernetics (SMC'99), Tokyo, Japan, pp.657-662 (1999).

[9] S. Fujii, H. Takagi, M. Ohsaki, M. Watanabe, and S. Sakamoto, "Evaluation and Analysis of IEC Fitting," Western Pacific Reginal Acoustics Conference (WESTPRAC VII), Kumamoto, Japan, 369-372 (2000).

[10] 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).

[11] 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).

[12] 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," 九州芸術工科大学卒業論文, (2000).

[13] A. König, "A novel supervised dimensionality reduction technique by feature weighting for improved neural network classifier learning and generalization," 6th Int'l Conf. on Soft Computing (IIZUKA2000), Iizuka, Fukuoka, Japan, 746-753 (2000).

[14] 田中美郷, "補聴器適合評価機器の試作に関する研究," 昭和 63 年度科学研究費補助金研究成果報告書, No. 61870069 (1991).