

聴覚フィルタの広がり考慮した臨界帯域圧縮法の有効性 ～重度の聴覚障害者に対するケーススタディ～

◎安啓一、安田美由紀、荒井隆行、村原雄二（上智大・理工）、菱谷誠人（日本無線）

1. はじめに

聴覚障害者の聴覚特性を考慮した信号処理には様々な種類がある。時間波形を考慮した処理では補充現象に対応した処理として AGC (Automatic Gain Control)法[1]がある。一方周波数軸上で信号を操作する手法としては、入力信号の広帯域スペクトルを低周波域に圧縮するというものがある[2]。この手法は、高音漸傾型や高音急墜形などの高域の聴力が低い聴覚障害者が、残存する低域の聴力を活用することを目的としているが、明瞭度の改善を示した被験者は少なく、全体としては改善が見られていない。

感音性の聴覚障害者の場合、蝸牛等の内耳や高次の聴覚器官に障害を持ち、周波数選択性の低下が認められる[3]。その結果、スペクトル構造の違いを検出する能力が低下し、音声明瞭度が低下する[3]。周波数選択性の低下の原因として、聴覚障害者の聴覚フィルタの形状の広がりがある[4]。この特徴に着目した研究としては聴覚フィルタを通した振幅スペクトルを様々な関数によって強調するというものがあるが、ここでは明瞭度と反応時間に改善が見られている[5]。

また、入力音声帯域通過フィルタにより 18 帯域に分け、偶数番目の帯域信号のみをすべて足し合わせて右耳に、奇数番目の帯域信号の和を左耳に提示する手法が報告されている[6,7]。実験の結果、健聴者、聴覚障害者のどちらにも明瞭度に改善が見られた。しかし処理の特性上、被験者の右耳と左耳の聴覚特性が違う場合に大きな改善は望めない。

先行研究[8,9]では、周波数選択性を改善する新しい手法を提案した。この手法において入力音声は臨界帯域を考慮した帯域数に分割され[10]、各帯域においてスペクトル包絡は臨界帯域ごとに中心周波数方向に圧縮される。この手法を臨界帯域圧縮と呼ぶ[8,9]。様々な被験者に対し聴取実験を行った結果、特定の条件においては音声明瞭度に改善が見られている。

本研究ではケーススタディとして、1名の被験者に対して、繰り返し実験を行うことによりこの臨界帯域圧縮処理の有効性を検証することを目的とした。

2. 臨界帯域圧縮のためのアルゴリズム

入力信号は窓長 32ms、フレームシフト 8ms のハミング窓を通過後、FFT 処理され周波数領域に移される。そして位相成分と振幅成分に分けられ、振幅成分は臨界帯域の各中心周波数方向に圧縮された後、圧縮後に成分のなくなった部分には 0 が挿入される。周波数圧縮された振幅成分は元の位相成分と掛け合わせ、IFFT により時間領域に戻される。その後 OLA (overlap add)を施され出力される。周波数圧縮率 $R\%$ で圧縮された音声は、各臨界帯域で原音の帯域幅に対し、 $(100 - R)\%$ の帯域幅に周波数圧縮される。図 1 に臨界帯域圧縮のブロックダイアグラムを示す。

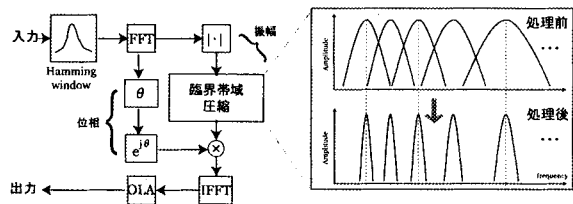


図 1 臨界帯域圧縮のブロックダイアグラム

3. ケーススタディとしての実験

3.1. 目的

今回の実験の目的は 1 名の重度の聴覚障害者に対し繰り返し実験を行った場合において、臨界帯域圧縮の有効性を検討するものである。

3.2. 刺激

刺激として、補聴器評価用音声データベースである TY-89 より 57 語表を用いた。使用する単音節を表 1 に示す。日本人男性発話による 50 単音節(母音および CV 音節)を使用した。先行研究[8,9]においてすべての被験者の成績が良かった圧縮率が 50%であったことから、今回の実験では圧縮率を 50%に固定して臨界帯域圧縮を施した。統制群として、処理なしの音声も用意した。圧縮処理有り/無しの両方を含む全 100 音節を刺激とし、各々について実効値で正規化した。

*An evaluation of the critical-band compression algorithm for the wider auditory filter of hearing impaired people: A case study of one profound hearing-impaired person.

By Keiichi Yasu, Miyuki Yasuda, Takayuki Arai, Yuji Murahara (Sophia Univ.) and Masato Hishitani (JRC)

表1 刺激に用いた50音節

	音節
Vowel	/a/, /i/, /u/, /e/, /o/
Stop+V	/ba/, /da/, /de/, /do/, /ga/, /go/, /ta/, /te/, /to/, /ka/, /ki/, /ku/, /ke/, /ko/
Fricative+V	/sa/, /ʃi/, /su/, /se/, /so/, /ha/, /çi/, /φu/, /he/, /ho/
Affricate+V	/tsu/, /dzu/, /tʃi/, /dʒi/
Nasal+V	/ma/, /mi/, /mu/, /me/, /mo/, /na/, /ni/, /nu/, /ne/, /no/
Glide+V	/ja/, /ju/, /jo/, /wa/
Liquid+V	/ra/, /ri/, /ru/, /re/, /ro/

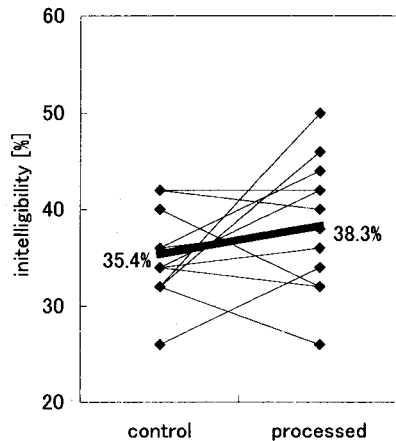


図2. 処理有り／無しの明瞭度
(図中の太線と数値は20試行の平均)

3.3. 被験者

先天性の重度聴覚障害者(90dB以上で高音漸傾型)1名(25歳・女性)が実験に参加した。実験は、両耳に補聴器(Widex SENSO P38)を装着した状態で行った。

3.4. 方法

実験は防音室内において行われた。刺激はコンピュータの画面上の操作によりスピーカより提示された。音量は被験者にとって最適なレベルに調整した。被験者は提示される刺激を回答用紙に書き取り、処理有り50音節、処理無し50音節の計100音節を1セッションとした。処理有り／無しの提示の順番はセッションごとにランダムに変えた。1回のセッションを独立した実験とみなし、合計で20セッションを繰り返し行った。

3.5. 実験結果

20セッションの結果を図2に示す。処理有り／無しの明瞭度についてt検定を行ったところ、有意な差が認められた($p < 0.05$)。

3.6. 検討

本実験結果より、一つの圧縮条件について繰り返し実験を行った場合、臨界帯域の処理が有意であることが確認できた。また、単音節の分類ごとの明瞭度について着目したが、すべての分類において、処理有り／無しの明瞭度に有意な差は認められなかった。個々の子音の素性という観点では処理の有効性を説明できないが、50音節全体としては臨界帯域圧縮の処理の効果が現れることが確認できた。

4. まとめ

本研究ではケーススタディとして、1名の重度聴覚障害者に対して、提案法である臨界帯域圧縮を50%施した処理音を用いた聴取実験を繰り返し行った。その結果、明瞭度が有意に改善されたことから提案法の効果が確かめられた。

5. 参考文献

- [1] B. C. J. Moore and B. R. Glasberg, "A compression of four methods implementing automatic gain control (AGC) in hearing aids," *Brit. J. Audiol.*, 22:93-104, 1988.
- [2] C. W. Turner and R. R. Hurtig, "Proportional frequency compression of speech for listeners with sensorineural hearing loss," *JASA*, 106:877-866, 1999.
- [3] E. Zwicker and K. Schorn, "Psychoacoustical tuning curves in audiology," *Auditory* 17:120-140, 1978.
- [4] B. R. Glasberg, and B. C. J. Moore, "Auditory filter shapes in subjects with unilateral and bilateral cochlear impairments," *JASA*, 79:1020-1033, 1986.
- [5] T. Baer, B. C. J. Moore and S. Gatehouse, "Spectral contrast enhancement of speech in noise for listeners with sensorineural hearing impairment: effects on intelligibility, quality, and response time," *J. Rehabil. Res. Dev.*, 30(1):49-72, 1993.
- [6] D. S. Chaudhari, and P. C. Pandey, "Critical band splitting of speech signal for reducing the effect of spectral masking in bilateral sensorineural hearing impairment," *ISSPA*, 22-25, 1999.
- [7] D. S. Chaudhari, and P. C. Pandey, "Dichotic presentation of speech signal with critical band filtering for improving speech perception," *IEEE ICASSP*, 6:3601-3604, 1998.
- [8] K. Yasu, K. Kobayashi, K. Shinohara, M. Hishitani, T. Arai, and Y. Murahara, "Critical-band compression method for digital hearing aids," *Forum Acusticum*, Sevilla, 2002.
- [9] K. Yasu, K. Kobayashi, K. Shinohara, M. Hishitani, T. Arai, and Y. Murahara, "Frequency compression of critical band for digital hearing aids," *JCA*, Nanjin, China, 2002.
- [10] E. Zwicker, G. Flottorp, and S. S. Stevens, "Critical band width in loudness summation," *JASA*, 3: 548-557, 1957.