

雑音環境下における携帯電話・PHSの明瞭度改善の為 の簡易型アナログフィルタ

古賀, 淳一
パナソニックコミュニケーションズ株式会社

川崎, 直人
パナソニックコミュニケーションズ株式会社

藤井, 成清
松下電器産業株式会社ヘルスケア社

高木, 英行
九州大学大学院芸術工学研究院

<https://hdl.handle.net/2324/1808445>

出版情報：電子情報通信学会論文誌A. J87-A (7), pp.881-889, 2004-07-01
バージョン：
権利関係：

雑音環境下における携帯電話・PHSのめいりょう度改善のための簡易型アナログフィルタ

古賀 淳一^{†a)} 川崎 直人[†] 藤井 成清^{††} 高木 英行^{†††}

Simple Analog Filter to Improve the Voice Articulation of Mobile Phones and PHS Under Noisy Environment

Jun-ichi KOGA^{†a)}, Naoto KAWASAKI[†], Shigekiyo FUJII^{††}, and Hideyuki TAKAGI^{†††}

あらまし 街頭雑音環境下における携帯電話・PHSの単音めいりょう度を改善するための簡易なアナログフィルタを設計し、評価を行う。小振幅の音声をより聞きやすくすることを設計方針とし、高域強調型の音声補正フィルタ、及び一定以上の振幅波形をカットするリミッタ、リミッタで生じた非線形ひずみを低減する低域通過型フィルタを組み合わせる。背景雑音の騒音レベルが70dB(A)及び80dB(A)の環境下で、24名の被験者による評価実験を行った結果、このフィルタを装着したPHSは、装着していない従来のPHSに比べ、単音めいりょう度を平均9%改善できることが明らかになった。

キーワード 耐雑音, 携帯電話, PHS, 単音めいりょう度, アナログフィルタ

1. ま え が き

昨今の携帯電話・PHSの普及は目覚ましく、平成14年1月末現在合計73,211,700件の契約数があり[1]、国民の約半数が携帯電話・PHS等を所有しているという計算になる。携帯できるという基本機能のため通話の場所と機会の制約が少なく、人が集まる場所では必ず誰かが携帯電話やPHSを利用しているというのが昨今の様子である。このような利用形態がゆえに生じる問題の一つに、雑音環境下での通話が増加し、人込みの中や駅のコンコース等人が騒々しくしゃべっているような環境では、通話相手の音声が聞き取れないため会話が成立しないという点が挙げられる。

雑音環境下での通話を妨害する要因としては、(a) 端末の側音回路を経由したフィードバック、(b) 受話

口をあてた耳介周辺からの雑音の混入、(c) 両耳マスキング、が考えられる。側音回路は携帯電話・PHSに内蔵されていない場合が多く、Wegelらの実験によれば、両耳マスキングは非常に生じにくい[2]。更に、使用者の端末の耳介へのあて方若しくはデザイン形状により、筐体と耳介のすき間がヘルムホルツ共鳴器となり、増幅された雑音が耳へ混入する場合もある。よって、雑音環境下での通話を妨げる主因は(b)であると考えられる。

携帯電話・PHS使用時に限らず、雑音環境下でSN比を改善する単純な方法は、音量を上げることである。公衆電話には音量調整機能が付いた機種もあり、受話器のスイッチや、ISDN方式の公衆電話機では音量調整キーで調整することができる。また最近では、周囲雑音レベルに応じて自動的に音量調整ができる携帯電話も市販されている。これらの方式は、他のSN比改善手法に依存しないため併用が可能である。

音声認識研究などでは、雑音のスペクトルをあらかじめ測定しておき、雑音下の音声スペクトルからその雑音のスペクトルを減算するスペクトルサブトラクションがよく利用される。計算量が少なく、雑音が平常の場合には有効な方法であり、電話音声受聴にも応用が検討されている[3]。しかし、実際には街頭騒音な

[†] パナソニックコミュニケーションズ株式会社, 福岡市
Panasonic Communications Co., Ltd., Fukuoka-shi, 812-8531 Japan

^{††} 松下電器産業株式会社ヘルスケア社, 横浜市
Matsushita Electric Industrial Co., Ltd., Yokohama-shi, 224-8539 Japan

^{†††} 九州大学大学院芸術工学研究院, 福岡市
Kyushu University, Faculty of Design, Fukuoka-shi, 815-8540 Japan

a) E-mail: koga.junichi@jp.panasonic.com

どは受話音声と相関があるため雑音除去が十分には行えず、性能を上げるためには、種々の工夫が必要である [3], [4]。その結果信号処理量が増大し、本論文で目指すような簡易なハードウェア若しくは低コストでの実現が困難になってくる。これは他の雑音除去信号処理技術一般に見られる傾向である。

電話受聴における補聴器の利用に関しては、環境雑音下での電話機にデジタル補聴器 CLAUDHA [5] を適用し、ラウドネスが健聴者と同等になるように各周波数を増幅若しくは減衰することによって、電話音声の聞き取りが改善されることを示す研究がある [6]。従来の線形増幅補聴処理と比べてもより高い効果があることが報告されている。しかし、CLAUDHA には DSP (Digital Signal Processor) が必須であり、従来より DSP を搭載していない PHS には、低コストでの実現は不可能である。

本論文では、騒音下でも相手の音声をより聞き取りやすくするため、DSP を内蔵しない PHS への応用も考慮した新しい受話音声処理方式を検討し、単音めいりょう度を用いた評価実験により有効性を検証する。この提案手法の特長は、DSP を使用しないことでコストの増加を実用的なレベルに押さえ、かつ雑音環境下でもめいりょう度を向上させるという性能価格比の良さにある。以後 2. では提案手法について述べ、3. では単音めいりょう度試験を行ってその性能を評価する。4. でこの評価実験結果について考察し、5. でまとめる。

なお、本論文で対象とする雑音環境としては、通常の携帯電話や PHS の使用環境である街頭や駅のコンコースなどを想定しており、Lombard 効果を想定しなければならぬコックピットのような強雑音環境は対象としない。具体的には背景雑音の騒音レベルが 60 ~ 80 dB (A) 程度の環境を想定している。

2. めいりょう度改善フィルタの設計

本論文で提案する雑音環境下でのめいりょう度改善のアプローチは、補聴器の聴覚障害補償処理にヒントを得ている。雑音環境下において携帯電話・PHS の使用者は、雑音によるマスキング効果のため最小可聴値は上昇するが、音圧レベルの高い音の聞こえはあまり変わらず、結果として可聴域が狭くなるという状況にある。この通話相手の声が聞き取りにくくなる現象は、リクルートメント現象を伴った感音性聴覚障害の一症状と類似している。補聴器ではこの聴覚障害を補償す

るため、最小可聴値以下の領域の抑圧とめいりょう度寄与の大きい領域の増強を行い、かつ受話音のレベルを適当な範囲に収めるという処理が用いられている。そこで、騒音下での通話めいりょう度を改善する手法としてこの音声処理を携帯電話・PHS へ応用した。

本論文で提案するフィルタは、高域強調型の増幅フィルタである。通話相手の音声のめいりょう度を向上させるためには、レシーバからの出力音圧を上げる必要がある。よって、音声の増幅を行うが、ターゲットとした街頭雑音の周波数特性のピークである 800 Hz 近辺のパワーを抑圧する一方、音声の高域を増幅することによってめいりょう度の改善を試みる。これは、めいりょう度に貢献する情報は高域に多く存在するという考え [7] に基づいており、高域部分を増幅強調するフィルタをめいりょう度改善フィルタとして設計する。

ハードウェア面でのフィルタ設計方針としては、DSP が非搭載の PHS でも利用可能であることとする。前述の増幅処理には、大別してリニア増幅処理とノンリニア増幅処理の二つがある。リニア増幅処理では、入力された音声を入力音圧レベルによらず一律に増幅するもので、フィルタ・アンプなどで構成し音声処理を行う。この処理はアナログ回路・デジタル回路のどちらでも可能であり、コスト面においても有利である。一方ノンリニア増幅処理では、デジタル信号処理を用いて、入力音圧レベルにより増幅率を変化させて音声処理する。しかしながら実装するためには DSP が必須であり、コスト面及びハードウェアの面で DSP が搭載されていない PHS 等に導入するには困難である。以上の設計方針から、携帯電話・PHS のめいりょう度改善フィルタとして、すべてアナログ回路で実現する線形増幅処理フィルタを採用することとする。図 1 に本論文で提案する音声処理方式を示す。

図中の各素子について左側から順に説明する。

音質補正フィルタは、図 2 に示す周波数特性をもった高域強調型のフィルタである。ターゲットとした街頭や駅のコンコース等の騒音スペクトルを解析した結果、800 Hz 付近にピークをもつ特性であったことから、相対的に SN 比を改善させるため、800 Hz 付近にディップをもつ高域強調型のフィルタ特性を設計する。フィルタは、3 次のパッシブフィルタでカットオフ周波数が 1,026 Hz の低域通過フィルタと、3 次のパッシブフィルタでカットオフ周波数が 2,340 Hz の高域通過フィルタとを組み合わせる。当然のことながら、高域を増幅するとめいりょう度は改善される



図 1 雑音環境下での単音めいりょう度を向上させる携帯電話・PHS のためのシステム
 Fig.1 A system to improve articulation of mobile phone speech under noisy environment.

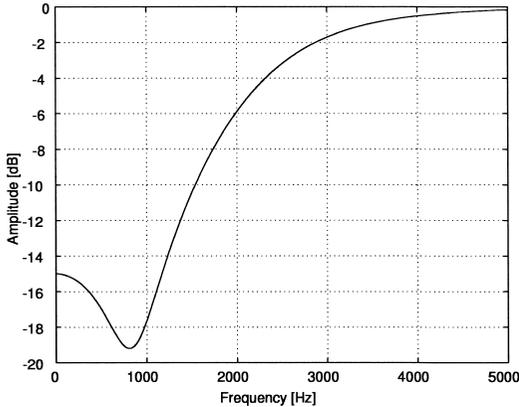


図 2 音質補正フィルタの周波数特性

Fig. 2 Frequency characteristics of a filter improving sound quality.

が、音声がキンキンした感じになり自然性が損なわれる [7]。しかしながら、本研究は周囲の騒音レベルがある程度大きい環境下での単音めいりょう度改善を目的としており、今回のフィルタ設計では音声の自然性よりめいりょう度の改善度を重視する設計方針を採用している。

増幅器 (1 段目) とリミッタは、小振幅の音声信号を聞きやすくする役割をもつ。音声信号を増幅してリミッタをかけると、増幅されたもと信号のリミッタ以上の振幅が切り取られ、リミッタにかからない小振幅の信号は単純に増幅される。信号が切り取られると音声はひずみ高調波が発生するが、これは後処理の高調波ひずみ除去フィルタ処理で影響を低減することで、実用に耐え得るものとした。めいりょう度向上のためには、高調波ひずみ以上に小振幅の音声をも更に増幅する方がより重要であるとする設計方針に基づくものである。

高調波ひずみ除去フィルタは、前段で発生した高調波を除去するためのフィルタである。このフィルタには 1 次のパッシブフィルタでカットオフ周波数 3,386 Hz の低域通過フィルタを使用する。

増幅器 (2 段目) は、パワーアンプである。

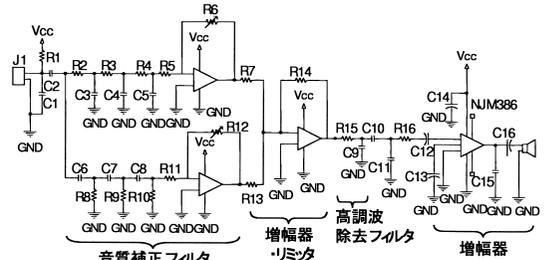


図 3 音声処理部の回路図。図 1 を参照

Fig.3 Schematic of speech processing block. Refer to Fig.1.

図 3 は、音声処理部を実現する回路図を示したものである。入力された信号に対し、それぞれ低域通過型フィルタ及び高域通過型フィルタを通し、バランスを調整することで所望の周波数特性を得る。次にそれらを加算しリミッタをかける。生じた高調波ひずみは低域通過型フィルタで除去し、最後に増幅する。

以上のようにオペアンプと受動部品のみで構成でき、低コストで音声処理部を実現することが可能である。なお、実験で使用した増幅器及び加算回路・リミッタはプログラマブルアナログ回路で構成している。

本提案回路は人込み雑踏等の雑音環境対策を主な目的にしているため、全体の回路特性の概略は、3. の実験に用いる疑似音声雑音 [8] に対して、おおむね逆の周波数特性になっている。

3. めいりょう度改善評価実験

以上の音声処理方式を施した PHS (以下改良型 PHS と略記) を騒音下で使用した場合、市販されている PHS (以下従来型 PHS と略記) と比較して、どの程度聞き取りやすさが改善するのかを評価するため、被験者を用いて単音めいりょう度の比較試験を行う。

3.1 予備実験

雑音下での携帯端末通話時における、耳介への周囲雑音の混入程度を確認するため予備実験を行った。本実験で用いる PHS と携帯電話の受話口内のスピーカをマイクロホンに置換し、本実験と同じく騒音レベル

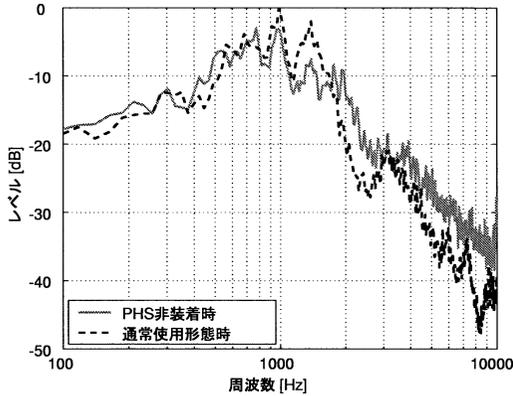


図 4 騒音レベル 80 dB (A) 時の PHS 受話口における騒音の周波数特性
 Fig. 4 Frequency characteristics of noise at receiver of PHS under noise level 80 dB (A).

が 70 dB (A) と 80 dB (A) の残響室内で、携帯端末を耳介に装着しなかった場合（騒音測定に相当）、通常使用形態の場合、及び強く耳介に圧着した場合の音圧差を計測した。

この結果、受話口が直線形状である携帯電話では、いずれの場合も 0～数 dB の減衰、受話口が外側に多少湾曲しているデザインの PHS では、通常使用の場合 0～2 dB の増幅、強く圧着しても増幅傾向であった。図 4 に騒音レベル 80 dB (A) における PHS 非装着時と通常使用形態時の受話口部での騒音の周波数特性を示す。実験に使用した PHS では、受話口のデザイン形状によって耳介と受話口の間にすき間が生じ、耳介内空間が 1 kHz 強で共振するヘルムホルツ共鳴器を形成している可能性が疑われた。

以上の実験より、外部雑音がほぼ減衰なく携帯端末装着耳に混入することが明らかになり、本論文のような雑音下でのめいりょう度を向上させる信号処理の必要性が明らかになった。

3.2 実験条件

測定項目は、各被験者について 2 種類の背景雑音（騒音レベルは 70 dB (A) 若しくは 80 dB (A)）が被験者の周囲にある環境で、従来型 PHS を用いた場合の単音めいりょう度（図 5）、及び同様に 2 種類の背景雑音（騒音レベルは 70 dB (A) 若しくは 80 dB (A)）が被験者の周囲にある環境で、改良型 PHS を用いた場合の単音めいりょう度（図 6）、の合計 4 項目である。

めいりょう度測定用音源は、補聴器適合用 CD (TY-89)[8] 収録の成人用単音節 50 単語 × 8 パターンを

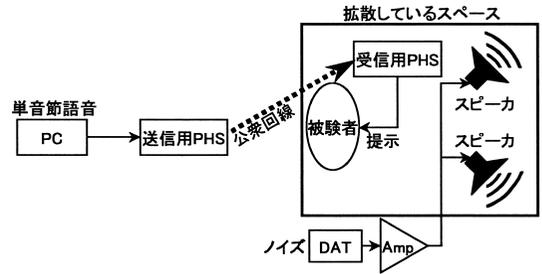


図 5 従来型 PHS を用いた実験システム
 Fig. 5 Experimental system without a proposed filter.

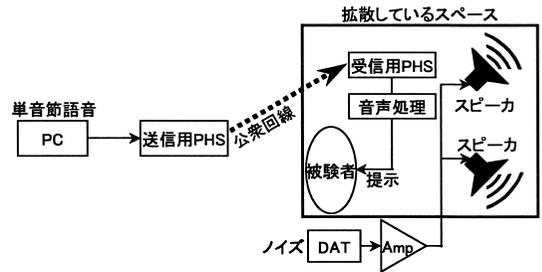


図 6 改良型 PHS を用いた実験システム
 Fig. 6 Experimental system with a proposed filter.

表 1 年齢層別被験者数
 Table 1 Number of subjects by age brackets.

	10代	20～30代	40～50代	合計
男性	2名	9名	4名	15名
女性	4名	5名	0名	9名
合計	6名	14名	4名	24名

使用し、被験者ごとに 8 パターンよりランダムに 4 パターンを選択する。単音節をパーソナルコンピュータ（以下 PC と略記）で再生し、PC 側 PHS から送信する。

公衆回線を経由し被験者側の PHS で受信した単音節を被験者に提示し、単音めいりょう度を測定する。

人込みや駅のコンコース等の周囲騒音を模擬した雑音には、音源として補聴器適合用 CD (TY-89)[8] 収録の擬似音声雑音を用い、スピーカより提示する。騒音レベルは、被験者が着席した耳の位置において 70 dB (A) 及び 80 dB (A) の 2 種類を用意する。

被験者は表 1 に示す 24 名である。この年齢別被験者数は、携帯電話の利用者の年代別及び男女別比率 [9] から決定した。順序効果の影響を避けるため、被験者の半数 12 名（年齢別、男女別それぞれに半分）は従来型 PHS → 改良型 PHS の順序でめいりょう度測定実験を行い（以下、正順試行と略記）、残りの 12 名は



図 7 実験場所の全景

Fig. 7 Overview of an experimental place.

改良型 PHS → 従来型 PHS (以下、逆順試行と略記) の順序で同様の実験を行う。

3.3 実験手順

実験を行った手順について述べる。まず最初に送信レベルと受信レベルの校正を行う。純音を送信用 PHS より送信し、オシロスコープで確認しながら、受信側の PHS での振幅を一定にする。次に、実環境における騒音を模擬した疑似音声雑音をスピーカから提示し、着席した被験者の耳の位置において、すべての方向の騒音レベルが等しくなることを確認する。なお、実験場所の全景を図 7 に、実験場所の実測値見取り図を図 8 に示す。

被験者にはまず練習試行として単音節語音 10 個を提示する。以降の本番試行では、各試行において単音節語音 50 個を提示する。本番試行 1 回目では背景雑音の騒音レベルを 70 dB (A) とし、正順試行では従来型 PHS を、逆順試行では改良型 PHS を使用する。本番試行 2 回目では背景雑音の騒音レベルを 80 dB (A) に変更し、1 回目と同様の PHS を使用する。

ここで再度送受信レベルの校正を行う。

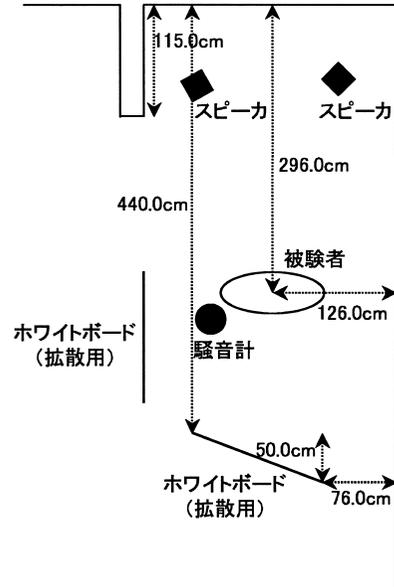


図 8 実験場所の実測値

Fig. 8 Size of an experimental place.

本番試行 3 回目では、背景雑音の騒音レベルを再度 70 dB (A) とし、正順試行では改良型 PHS を、逆順試行では従来型 PHS を使用する。本番試行 4 回目では、背景雑音の騒音レベルを 80 dB (A) に変更し、正順試行では改良型 PHS を、逆順試行では従来型 PHS を使用する。

3.4 実験結果

単音めいりょう度測定結果を、表 2、図 9、図 10 に示す。また、各条件におけるめいりょう度の分布を図 11、図 12 に示す。すべての条件における単音めいりょう度の改善度は、平均 9% であった。また、背景雑音の騒音レベルごとの改善度においても、70 dB (A) 及び 80 dB (A) とともに全被験者平均 9% であった。更に、正順試行における平均改善度は、騒音レベル 70 dB (A) 及び 80 dB (A) でそれぞれ 22% と 19%、逆順試行における平均の改善度は、騒音レベル 70 dB (A) 及び 80 dB (A) でそれぞれ -3% と 4% であった。なお、被験者 No.24 における背景雑音の騒音レベル 80 dB (A)・従来型 PHS でのめいりょう度試験は、回答がふめいりょうであったためめいりょう度を算出していない。よって騒音レベル 80 dB (A) における改善度の平均は 23 人で算出している。

3.5 検 定

以上の実験において、めいりょう度が有意に改善で

表 2 単音めいりょう度測定結果

Table 2 Experimentally measured monosyllable articulation.

No.	性別	年齢層	試行順序	従来型 PHS めいりょう度		改良型 PHS めいりょう度		改善度	
				騒音レベル		騒音レベル		騒音レベル	
				70 dB (A)	80 dB (A)	70 dB (A)	80 dB (A)	70 dB (A)	80 dB (A)
1	男	40~50代	正順	72%	48%	82%	56%	10%	8%
2	男	20~30代	正順	14%	10%	64%	44%	50%	34%
3	男	40~50代	正順	40%	30%	64%	42%	24%	12%
4	女	20~30代	逆順	90%	76%	88%	72%	-2%	-4%
5	男	20~30代	逆順	64%	52%	68%	48%	4%	-4%
6	男	20~30代	逆順	70%	52%	72%	72%	2%	20%
7	男	20~30代	逆順	74%	70%	64%	70%	-10%	0%
8	男	20~30代	正順	52%	58%	74%	70%	22%	12%
9	男	10代	逆順	50%	48%	52%	42%	-18%	-6%
10	男	10代	正順	56%	34%	70%	60%	14%	26%
11	男	20~30代	正順	82%	80%	94%	84%	12%	4%
12	男	20~30代	正順	80%	76%	92%	86%	12%	10%
13	男	40~50代	逆順	38%	14%	70%	36%	32%	22%
14	女	10代	正順	62%	30%	76%	42%	14%	12%
15	女	20~30代	正順	30%	36%	68%	54%	38%	18%
16	男	20~30代	正順	70%	54%	78%	66%	8%	12%
17	女	20~30代	逆順	82%	58%	80%	66%	-2%	8%
18	男	20~30代	逆順	86%	74%	80%	68%	-6%	-6%
19	女	10代	逆順	86%	68%	74%	76%	-12%	8%
20	女	20~30代	逆順	68%	56%	66%	50%	-2%	-6%
21	女	10代	正順	62%	48%	66%	50%	4%	2%
22	男	40~50代	逆順	82%	44%	58%	40%	-24%	-4%
23	女	10代	逆順	70%	34%	72%	58%	2%	24%
24	女	20~30代	正順	30%	-	84%	72%	54%	-

表 3 騒音レベル 70 dB (A) における検定データ

Table 3 Experimental data under noise level 70 dB (A) for a statistical test.

摘要	表示	データ
従来型 PHS での異聴数	T_1	410
従来型 PHS でのデータ数	n_1	1,200
改良型 PHS での異聴数	T_2	303
改良型 PHS でのデータ数	n_2	1,200
平均異聴率	p	0.297

表 4 騒音レベル 80 dB (A) における検定データ

Table 4 Experimental data under noise level 80 dB (A) for a statistical test.

摘要	表示	データ
従来型 PHS での異聴数	T_1	571
従来型 PHS でのデータ数	n_1	1,150
改良型 PHS での異聴数	T_2	470
改良型 PHS でのデータ数	n_2	1,150
平均異聴率	p	0.452

きたかを調べるため、文献 [10] に基づいて検定を行う。各条件における検定データを表 3、表 4 に示す。

検定命題は、「 n_1 個のデータを用いてめいりょう度改善方法 A の性能を調べたところ、被験者の異聴数が T_1 個であった。一方、 n_2 個のデータを用いてめいりょう度改善方法 B の性能を調べたところ、被験者の異聴数が T_2 個であった。めいりょう度改善方法 A と B の間に性能差はあるか」となる。

有意差検定方法には二項分布における平均の差の検定を用いる。この検定方法が適用できる条件は、評価用データが同じ母集団から抽出されたサンプルでありかつデータ数が 200 を超える、であり [10]、本実験のデータはこの適用を満たしている。検定用データは、

背景雑音の騒音レベルが 70 dB (A) の場合、被験者 24 人分のデータである。また、騒音レベルが 80 dB (A) の場合、被験者 No.24 を除く被験者 23 人分のデータである。

結果は、背景雑音の騒音レベルが 70 dB (A) の場合、

$$\frac{\left| \frac{T_1}{n_1} - \frac{T_2}{n_2} \right|}{\sqrt{p(1-p)\left(\frac{1}{n_1} + \frac{1}{n_2}\right)}} \approx 4.78 \geq 2.58 \quad (1)$$

また騒音レベルが 80 dB (A) の場合、

$$\frac{\left| \frac{T_1}{n_1} - \frac{T_2}{n_2} \right|}{\sqrt{p(1-p)\left(\frac{1}{n_1} + \frac{1}{n_2}\right)}} \approx 4.23 \geq 2.58 \quad (2)$$

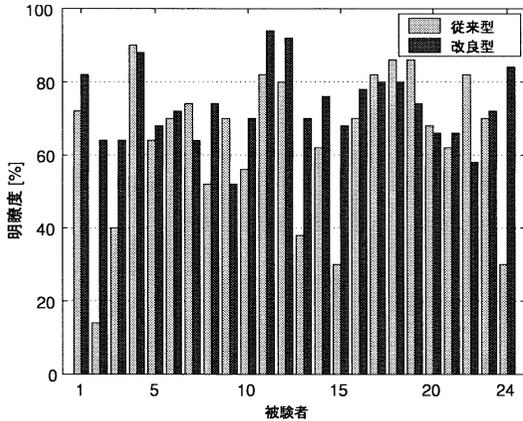


図 9 騒音レベル 70 dB (A) における被験者別の単音めいりょう度

Fig. 9 Monosyllable articulation by subjects under noise level 70 dB (A).

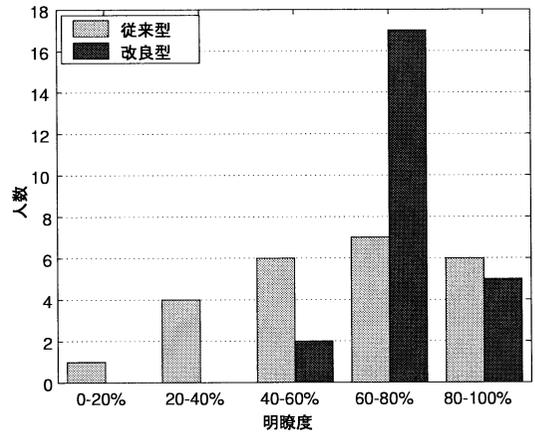


図 11 騒音レベル 70 dB (A) における単音めいりょう度の分布

Fig. 11 Distribution of monosyllable articulation under noise level 70 dB (A).

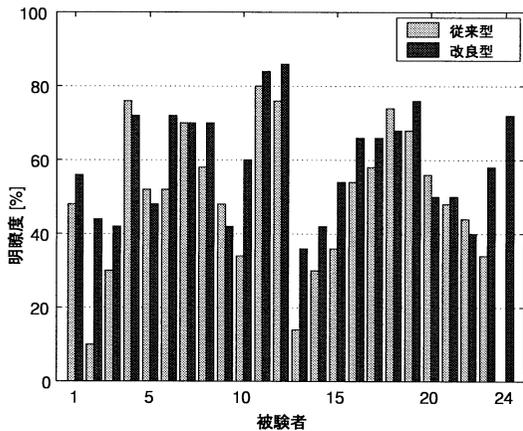


図 10 騒音レベル 80 dB (A) における被験者別の単音めいりょう度

Fig. 10 Monosyllable articulation by subjects under noise level 80 dB (A).

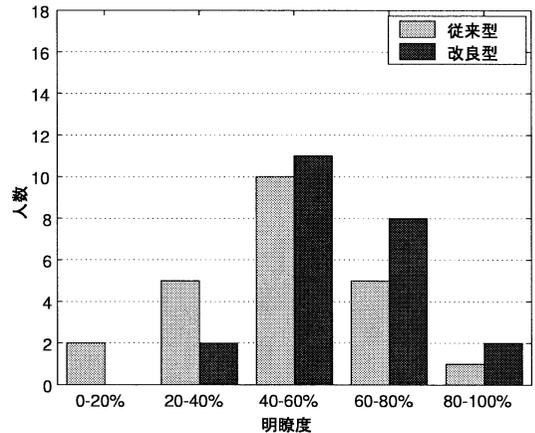


図 12 騒音レベル 80 dB (A) における単音めいりょう度の分布

Fig. 12 Distribution of monosyllable articulation under noise level 70 dB (A).

となり、ともに危険率 1% で有意である。

以上より、騒音レベル 70 dB (A) と 80 dB (A) の雑音環境下において、改良型 PHS は従来型 PHS より有意に単音めいりょう度を向上させることができたといえる。

4. 考 察

本論文での提案手法による単音めいりょう度の改善効果を実用性の観点から考察する。背景雑音の騒音レベルにかかわらず、めいりょう度 40% 以下の被験者数が減少していることに注目したい。騒音レベル 70 dB (A) では単音めいりょう度が 40% 以下の被験者が 5 人

から 0 人へ、また騒音レベル 80 dB (A) では 7 人から 2 人へと減少した。その結果、単音めいりょう度が 40% 以上ある被験者の人数は、騒音レベル 70 dB (A) で 19 人から 24 人へ、また騒音レベル 80 dB (A) では 16 人から 21 人へ増加した。単音めいりょう度が 40% あれば中程度の努力で通話可能であるため [11]、本提案手法を用いると人が騒々しくしゃべっているような雑音環境において、その騒音レベルが約 70 dB (A) ではスムーズに会話ができ、約 80 dB (A) になるとほぼ通話可能であるということを示している。

次に、実験における順序効果について考察する。正順試行 (従来型 PHS → 改良型 PHS の順で単音めいりょ

う度を測定)と比較して、逆順試行(改良型 PHS → 従来型 PHS の順で単音めいりょう度を測定)では、改良型 PHS と従来型 PHS のめいりょう度が同等、若しくは改良型 PHS の方が悪化するという結果になった。実験中に 1 人の被験者に提示した四つの単音節語音のパターンはすべて異なるため、被験者が受話側の PHS から提示される単音節を予測することは不可能である。したがって、この結果は実験に対する「慣れ」が影響しているものと考えられる。すなわち、最初の試行においてある程度「慣れ」が生じると、次の試行はその「慣れ」をもとにして回答するため正答率が改善する。この結果、逆順試行では改良型 PHS と「慣れ」が生じた後の従来型 PHS の正答率に余り差が見られないが、正順試行では、めいりょう度が低い従来型 PHS の後にめいりょう度が高い改良型 PHS の実験を行っているため、このような現象は見られない。

本研究では、以上のような影響を避けるために、被験者の半数の試行順序を入れ換えて実験を行った。この考察が正しいとすれば、本実験結果の定量的な評価値には慣れの効果が含まれていることを考慮した上で評価値を扱わなければならない。しかし同時に、この考察が正しいとすれば、改良型 PHS が従来型 PHS よりめいりょう度を向上させるという実験結果を否定するどころか、強化する実験結果であったといえる。

また、単音めいりょう度の試験結果及びめいりょう度の改善度を、年齢層別・男女別の観点から考察を行ったが、特に顕著な傾向は見出せなかった。年齢男女を問わず、同様のめいりょう度改善効果が期待できる。

次に、本手法を雑音環境下ではなく静かな環境で適用した場合の影響について述べる。入力音声の振幅周波数特性を変形する本手法を静音環境下で適用すれば、音声品質の劣化が生じる。しかし、本手法は人が騒々しくしゃべっている人込み雑踏下での受話音声の単音めいりょう度を改善する手法である。したがって実用化に際しては、本提案手法を適用する「騒音モード」と適用しない「通常モード」を切り換えて使うことになる。

人込み雑踏下でのめいりょう度改善を目的とした本論文の実験では、被験者への妨害騒音として擬似音声雑音を用いた。このスペクトルと大きく異なる雑音環境下での本手法の有効性評価は行っていない。しかし、交通騒音をはじめほとんどの騒音は低域が優勢であるため、音声の低域を抑圧し高域を強調した本手法は、騒音下でのめいりょう度の改善に有効であると考えて

いる。

5. む す び

本論文では、騒音下での携帯電話・PHS 通話時における音声の聞き取りを改善させるため、DSP を不要とする単音めいりょう度改善のためのフィルタを提案し、被験者実験を通じてその効果を評価した。その結果、人が騒々しくしゃべっているような環境において、提案手法によりめいりょう度は改善することが示された。この改善度合は、人込みの中や駅のコンコースなどで、通話時における聞き取りの向上が期待できる性能である。また提案手法は数点のアナログ部品で構成できるためコスト的ハードの観点からも実用化が容易である。

謝辞 本研究を遂行するにあたりまして、金沢工業大学工学部 新居康彦教授より、実験機材の提供を受けました。ここに厚く御礼申し上げます。

文 献

- [1] 社団法人電気通信事業協会,
<http://www.tca.or.jp/japan/daisu/yymm/0201matu.html>
- [2] 境 久雄, 中山 剛, 聴覚と音響心理, 音響学会(編), 音響工学講座 6, コロナ社, 1978.
- [3] 中島栄俊, 宇佐川毅, 江端正直, “調波型フィルタを用いた音声強調,” 信学技報, EA99-82, 1999.
- [4] 北岡教英, 赤堀一郎, 中川聖一, “スペクトルサブトラクションと時間方向スムージングを用いた雑音環境下音声認識,” 信学論 (D-II), vol. J83-D-II, no.2, pp.500-508, Feb. 2000.
- [5] 浅野 太, 鈴木陽一, 曾根敏夫, 林 哲也, 佐竹充章, 大山健二, 小林俊光, 高坂知節, “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,” 音響誌, vol.47, no.6, pp.373-379, 1991.
- [6] 新井大輔, 小澤賢司, 鈴木陽一, 曾根敏夫, “環境騒音下での電話受聴へのラウドネス補聴処理の適用,” 音響学聴覚研資, H-95-73, pp.1-8, 1995.
- [7] 小寺一興, 補聴器フィッティングの考え方, 診断と治療社, 1999.
- [8] 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, 61870069, 1991.
- [9] 郵政省平成 11 年度版通信白書, “第 2 章情報通信の現状 第 9 節 情報化,” 2000.
- [10] 中川聖人, 高木英行, “パターン認識における有意差検定と音声認識システムの評価法,” 音響誌, vol.50, no.10, pp.849-854, 1994.
- [11] 電子情報通信学会(編), 新版聴覚と音声, 電子情報通信学会, 1980.

(平成 15 年 8 月 11 日受付, 11 月 27 日再受付,
16 年 2 月 16 日最終原稿受付)



古賀 淳一 (正員)

平 9 九芸工大・音響設計卒, 平 11 同大大学院博士前期課程情報伝達専攻了。同年九州松下電器(株)入社, パナソニックコミュニケーションズ(株)勤務。日本音響学会会員。



川崎 直人

平 5 慶大・理工・物理卒, 同年九州松下電器(株)入社, パナソニックコミュニケーションズ(株)勤務。



藤井 成清

平 12 九芸工大・音響設計卒, 平 14 同大大学院博士前期課程情報伝達専攻了。同年松下電器産業(株)入社, ヘルスケア社勤務。日本音響学会, 日本聴覚医学会各会員。



高木 英行 (正員)

昭 56 九芸工大修士課程了。同年松下電器産業(株)入社, 中央研究所勤務。平 3~5 UC Berkeley 客員研究員。平 7 九州芸工大助教授。平 15 九大との統合により九大助教授。博(工)。ファジィ, ニューラルネット, 進化計算, ヒューマンインタフェース等の研究に従事。本学会篠原記念学術奨励賞(1989), 最優秀論文賞(KES'97 及び HIZUKA'98), プログラム委員会最優秀論文賞(ICOIN-15), スロバキア人工知能学会功労賞(2002) 各受賞。IEEE SMC Society, IEEE Neural Network Society, 人工知能学会, 日本知能情報ファジィ学会, 日本音響学会, 日本 VR 学会各会員。