

©中川 朗 島内 末廣 牧野 昭二 (NTT ヒューマンインタフェース研究所)

1. はじめに

遠隔地と会議を行う際、ハンドセット等を用いないハンズフリー音声会議装置を利用することにより、快適な会議が行なえる。この際、ハンズフリー音声会議装置を一つの筐体で実現すれば、スピーカーやマイクロホンの設置が不要となるため、手軽に会議を行うことができる。しかし、同一筐体にスピーカーとマイクロホンを収容するため、両者の距離が近く、音響結合量が大きくなり、エコーキャンセラを使っても、エコーを除去しきれない問題が生じる。

本報告では、各マイクロホン出力信号の位相を90度ずらして加算することにより、この問題を解決する手法を提案し、計算機シミュレーションおよび、実機での測定により、その効果を確認する。

2. スピーカ/マイク一体型音声会議装置

同一筐体にスピーカ/マイクロホンを収容した音声会議装置 [1][2] は、少人数の会議に用いられることが多く、装置を取り囲んで会議を行う形態がほとんどである。あらゆる方向からの話者の音声を収音するために、無指向性マイクロホンか、指向性マイクロホンを複数用いて構成する必要がある。

この装置では、同一筐体にスピーカ/マイクロホンを収容しているため、音響結合量が大きくなる。会議装置に含まれる音響エコーキャンセラの負荷を軽減するためにも、音響結合の低減が重要な課題となる。

3. 複数マイクロホン構成とその問題点

上記の課題に対し、図1の様にスピーカを中央に配し、単一指向性マイクロホンを四隅に配置する構成がある。相手へ送る送出信号 $e1$ は、以下の式で与えられる。

$$e1 = y1 + y2 + y3 + y4 \quad (1)$$

この際、指向性マイクロホンの背面は中央に向けられるため、スピーカ方向に対する感度は低い。しかし、実際の指向性マイクロホンでは、背面の感度も0ではないため、全体で4倍されると、音響結合量 ($x-e1$ 間の利得) も無視できなくなる。

2本のマイクロホンを逆相で足しあわせることにより、スピーカからの反響音を抑えることができる。相手へ送る送出信号 $e2$ は、以下の式で与えられる。

$$e2 = y1 - y2 + y3 - y4 \quad (2)$$

この手法を用いることにより、音響結合量を抑えることができるが、図1において、例えばマイクロホン1と2の間(0度方向)から入射した音声は、両マイクロホンに同相/同レベルで収音され、キャンセルされてしまう。すなわち、この角度からの話者の音声は相手へ送出されないといった問題がある。

4. 90度位相差による構成

上記の問題を解決するため、相手へ送る送出信号 $e3$ を以下の式で求める手法を提案する。

$$e3 = y1 \cdot f_0 + y2 \cdot f_{90} + y3 \cdot f_{180} + y4 \cdot f_{270} \quad (3)$$

ただし、

f_k …位相を k 度ずらす全域通過フィルタ

式(2)の手法(これを従来法とする)では、位相を180度ずらしていたため、隣合うマイクロホン同士で信号をキャンセルしてしまい、これが送出レベル低下の原因となっていた。提案手法では、各マイクロホン出力信号の位相を0度、90度、180度、270度とずらすことにより、隣合うマイクロホンの位相差は90度になり、両マイクロホンに同相/同レベルで収音されても、キャンセルされず、送出レベルの低下を抑えら、かつスピーカからの反響音をキャンセルすることができる。新しい構成例を図2に示す。図2において、移相器は、振幅特性を変えずに、位相のみを変える。

5. 計算機シミュレーション

各入射角における、主通話周波数特性の計算機シミュレーション結果を図4(従来法)、図5(提案法)に示す。計算機シミュレーションでの条件は、図3において $r = 10$ cm、 $d = 50$ cm、入射角は、0度、15度、30度、45度とした。従来法では、低域の出力が低く、入射角0度においては、どの周波数でも出力が0となる(図には表れない)。提案手法を用いることにより、音声に重要な低域の周波数特性は、入射

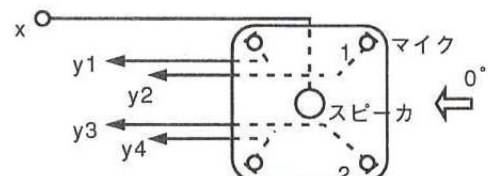


図1 スピーカ/マイク一体型音声会議装置例

* A study of microphone system for the hands-free tele-conferencing unit

By Akira Nakagawa, Suehiro Shimauchi, and Shoji Makino (NTT Human Interface Laboratories)

角によらずほぼ平坦である。

指向性の計算機シミュレーション結果を図6に示す。音源、スピーカ、マイクロホンの位置関係は上記シミュレーションと同じとした。音源から疑似音声を出した場合の出力の大きさの指向性パターンを示す。従来法では、0度、90度、180度、270度からの入射に対しての出力は0となる。提案手法では、入射方向によらず出力はほぼ一定である。

6. 実機による測定

提案手法を用いた拡声通話装置の試作機を用いて主通話を測定した。帯域は電話帯域(300-3400 Hz)とし、音の入射角は0度方向からとした。試作機のスピーカからマイクロホンまでの距離は14.5 cm、音源からスピーカまでの距離は50 cmである。相手へ送出される主通話の周波数特性を図7に示す。従来法に比べて、低域(～2 kHz)が約15 dB改善されていることがわかる。

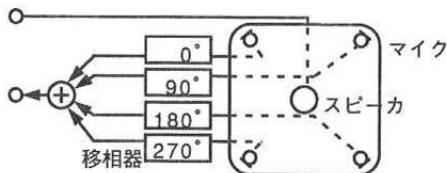


図2 提案手法による音声会議装置例

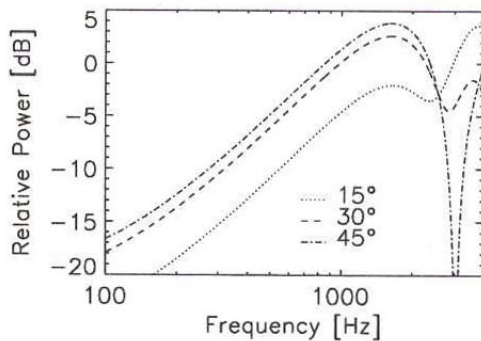


図4 計算機シミュレーション結果
(各入射角度の周波数特性：従来法)

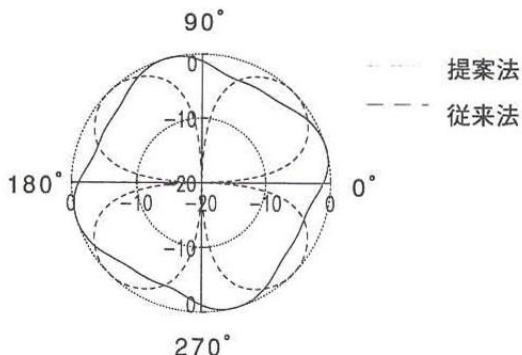


図6 計算機シミュレーション結果
(指向性パターン)

7. おわりに

スピーカとマイクロホンを同一筐体に収めた、ハンズフリー音声会議装置において、各マイクロホンの位相を0度、90度、180度、270度ずらし、それらの加算信号を送出信号とする構成を提案した。

これにより、音響結合量を抑え、なおかつ、音の入射角に依存しない主通話出力が得られることを、計算機シミュレーションおよび、実機の測定により確認した。

【謝辞】

日頃御指導頂く、当所西野音声情報研究部長、金田GLに感謝します。

【参考文献】

- [1] 林、長谷川 他、信学全大、B-962、(Mar. 1995)
- [2] 羽田、島内、金田、信学全大、A-10-2、(Sep. 1998)

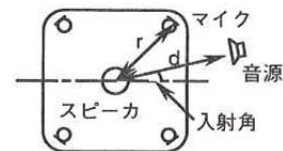


図3 計算機シミュレーションの条件

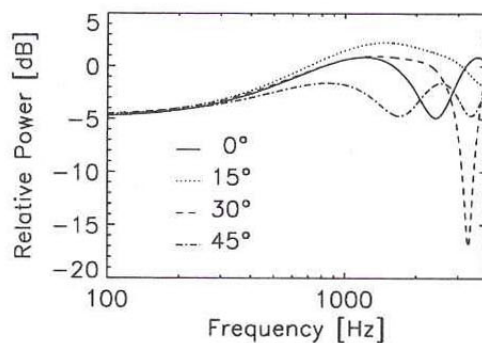


図5 計算機シミュレーション結果
(各入射角度の周波数特性：提案法)

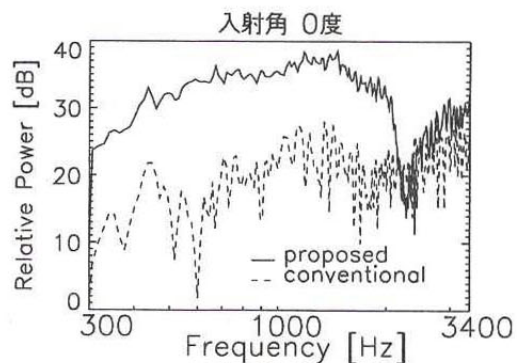


図7 実機による測定結果