

# 指向性合成技術の高S/N化とムービーへの応用

S/N Ratio Improvement Method for Beamforming Technology and its Application to Camcorders

寺田 泰宏\*  
Yasuhiro Terada

金森 丈郎\*  
Takeo Kanamori

比較的小型なマイクロホンアレイで、特定の方向から到来する音を強調して收音できる音圧傾度型指向性合成は、幅広い分野の商品に応用されている。本報告では、音圧傾度型指向性合成の課題であるマイクロホンの回路雑音によるS/N (Signal to Noise ratio) 比の低下を解決する技術を紹介する。本技術は、回路雑音に対するS/N比を改善しつつ指向性の得られる周波数帯域を拡大できる。本技術をHD (High Definition) ムービーに搭載される5.1chサラウンド收音に適用することにより、音の方向感が改善され、高音質で臨場感のある音を提供できる。

The sound pressure gradient beamformer, which is applicable to relatively small microphone arrays for recording sounds arriving from a specific direction, is widely used for products in a wide range of fields. In this report, the technology which solves the degradation of S/N ratio in the sound pressure gradient beamformer caused by the increasing inherent noise of microphone units is shown. The technology extends the frequency range in which directivity is obtained as well as improving the S/N ratio against the inherent noise of microphone units. High-Definition camcorders equipped with 5.1ch surround sound recording based on this technology improve the sound direction perception, which provides excellent sound quality and the feeling of presence to users.

## 1. 指向性合成技術の概要

複数の無指向性マイクロホンを用いて指向性を形成する一般的な方法に加算型指向性合成と音圧傾度型指向性合成がある。

加算型指向性合成は、目的方向に対する各マイクロホン出力信号の位相を遅延器を用いてそろえ加算し、目的方向の信号を強調することにより指向性を形成する方式である。加算型指向性合成は、風雑音やマイクロホン素子内部の電界効果トランジスタ増幅器が主に発生する回路雑音(以下、単に“回路雑音”と記す)を低減できS/N良く收音できる反面、周波数依存性があり低域まで指向性を得るにはアレイサイズが大きくなる欠点がある。そのため、民生用ムービーなどのステレオ、あるいは5.1chサラウンドの收音を内蔵マイクロホンで実現する指向性合成は、比較的小型なアレイサイズで周波数依存性の少ない指向性形成が可能な音圧傾度型指向性合成が用いられる。

音圧傾度型指向性合成は、感度を低下させたい方向に対する各マイクロホン出力信号の位相を、遅延器を用いてそろえ減算することにより感度死角を形成し、相対的に目的方向の感度を高め指向性を形成する方式である。このように、音圧傾度型指向性合成は、空間の2点間の位相差(音圧差)を利用して指向性を形成するため、位相差が小さくなる低域にかけて6 dB/Oct.で感度が低下する。マイクロホン出力信号としては、後段で音圧感度周波数特性を平坦化するため相対的に低域回路雑音レベルが上昇する問題が生じる。さらに、空間的に位相差が取れな

い小型アレイでは問題が大きくなる。

従来、回路雑音上昇に対する対策は、低域は指向性合成を行わず無指向性にする方法であったため、特に5.1chなどの多チャンネル收音では十分な音の方向感が得られず臨場感が損なわれていた。本稿で解説する音圧傾度型指向性合成の高S/N化は、回路雑音上昇の問題を解決し、広帯域の指向性收音を可能とするものである。

## 2. 指向性合成技術の高S/N化

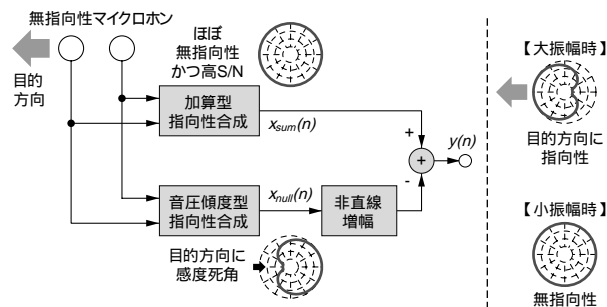
マイクロホンの回路雑音は、收音対象となる音が大きき時はマスクされ知覚されにくく、小さい時は知覚されやすい。一方、ムービーの收音を想定した場合、大きな音に関しては方向感の重要度が高いが、回路雑音レベルの小さな音に関しては方向感より低雑音の重要度が高いと考える。高S/N化は上記のことを基に大きな音は方向感が得られる音圧傾度型指向性合成で收音、特に小さな音の時には低雑音が得られる無指向性として收音するよう入力信号の瞬時振幅値に応じて指向性を可変制御する。

実際の信号処理では、高S/N化に加えて高音質を両立させるため、目的方向の音には処理歪(ひずみ)などの影響を与えず、高S/N化のための指向性制御を行う工夫が必要となる。

具体的な構成は、2つの無指向性マイクロホン、加算型指向性合成、音圧傾度型指向性合成、および非直線増幅から構成される(第1図)。

加算型指向性合成は、目的方向に対して一列に配置した2つの無指向性マイクロホン出力信号を加算し、信号 $x_{sum}(n)$ を算出する。信号 $x_{sum}(n)$ は、マイクロホン間隔が狭いため低域はほぼ無指向性となる。また、回路雑音は相関がなく音波は相関があるためS/N比が相対的に3 dB向

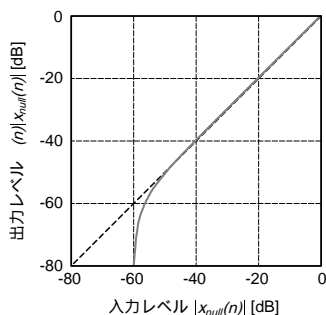
\* デジタル・ネットワーク開発センター  
Digital & Network Technology Development Center



第1図 指向性合成の高S/N化の基本構成

Fig. 1 Block diagram which shows fundamental structure of improvement method of S/N ratio for beamforming

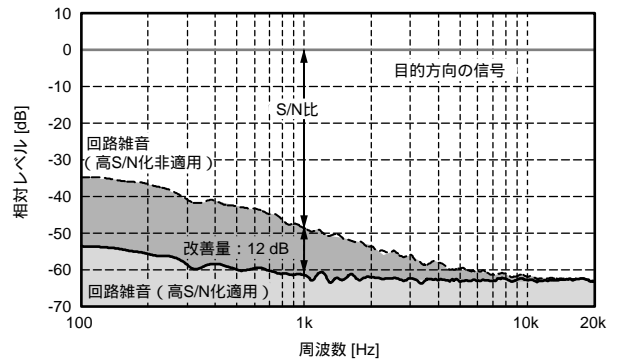
上する。音圧傾度型指向性合成は、目的方向に感度死角を形成し信号 $x_{mult}(n)$ を算出する。非直線増幅は、信号 $x_{mult}(n)$ の瞬時振幅値に応じた係数 $(n)$ を信号 $x_{mult}(n)$ に乗ずる。係数 $(n)$ には、入力信号の振幅が回路雑音レベル以下は抑圧、回路雑音レベル以上（大振幅時）は線形にตอบสนองするような値が設定される（第2図）。その結果、信号 $(n) \cdot x_{mult}(n)$ は目的方向の音および回路雑音（低振幅領域）を含まない。すなわち、ここでは抑圧すべき目的方向以外の音の大振幅領域のみが得られる。最後に、信号 $(n) \cdot x_{mult}(n)$ を信号 $x_{sum}(n)$ から差し引くことで目的方向以外の大振幅の音は打ち消され、目的方向の音が収録される。このようにして、目的方向の音に対しては処理の影響を与えることなく、瞬時振幅値に応じた指向性の制御を実現することができ、音質劣化なく回路雑音に対するS/N比の改善効果が得られる。



第2図 非直線増幅の入出力特性の例

Fig. 2 Example of I/O characteristics of nonlinear amplification

第3図に、無指向性マイクロホン単体のS/N比を60 dBとしたときの目的方向に対する音圧感度（実線）、および回路雑音（点線：高S/N化適用、一点鎖線：高S/N化非適用）の周波数特性を示す。高S/N化により、低域において回路雑音に対するS/N比が改善されることが確認できる。たとえば、1 kHzにおけるS/N比改善量は約12 dBである。

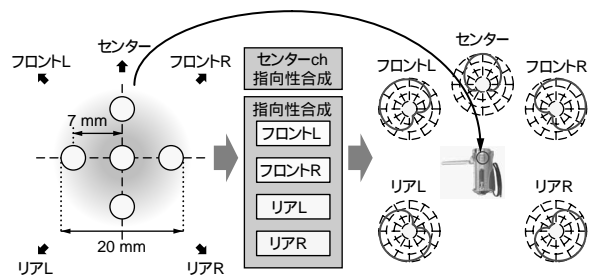


第3図 音圧感度および回路雑音の周波数特性

Fig. 3 Frequency characteristics of sound pressure sensitivity and inherent noise level

### 3. 民生用HDムービーへの応用

本高S/N化技術を、民生用HDムービーに搭載する5.1chサラウンド収録に適用した（第4図）。

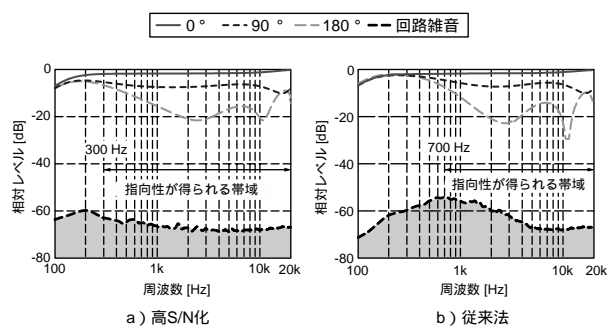


第4図 マイクロホンアレイの構成と5.1chサラウンド収録の指向特性

Fig. 4 Arrangements of microphone array and directivity patterns of 5.1ch surround recording

マイクロホンアレイは、ムービー筐体（きょうたい）上面前方の20 mm角のスペースに配置した5個の無指向性ECM（Electret Condenser Microphone）から構成される。

指向性合成は、映像ズームに連動したズームマイク機能を担うセンターchと、臨場感のある収録を担うその他4chとの2種類の処理がある。一例として、フロントL-chの従来法との比較を、第5図に示す。ECM単体のS/N比は60 dBとする。高S/N化の適用により、従来法に比べて回路雑音に対するS/N比を最大で約10 dB改善しつつ、指向性が得られる周波数帯域の下限が700 Hzから300 Hzへと拡大できる。これにより、低域まで方向感が明瞭になり、HD画像にふさわしい高音質で臨場感のある音を提供できる。



第5図 フロントL-chの音圧感度および回路雑音の周波数特性

Fig. 5 Frequency characteristics of sound pressure sensitivity and inherent noise level of Front-Left channel

#### 4. 今後の展望

本稿で解説した音圧傾度型指向性合成の高S/N化は、5.1chサラウンド收音のみならず小型マイクロホンアレイを用いる一般的な收音処理に応用可能な技術である。

今後、デジタルスチルカメラ、携帯電話での動画撮影向け、また補聴器などの小型AV機器や、小型・高性能MEMS (Micro Electro Mechanical Systems) マイクロホンなどの信号処理を組み込んだマイクロホンデバイスへの搭載が期待できる。