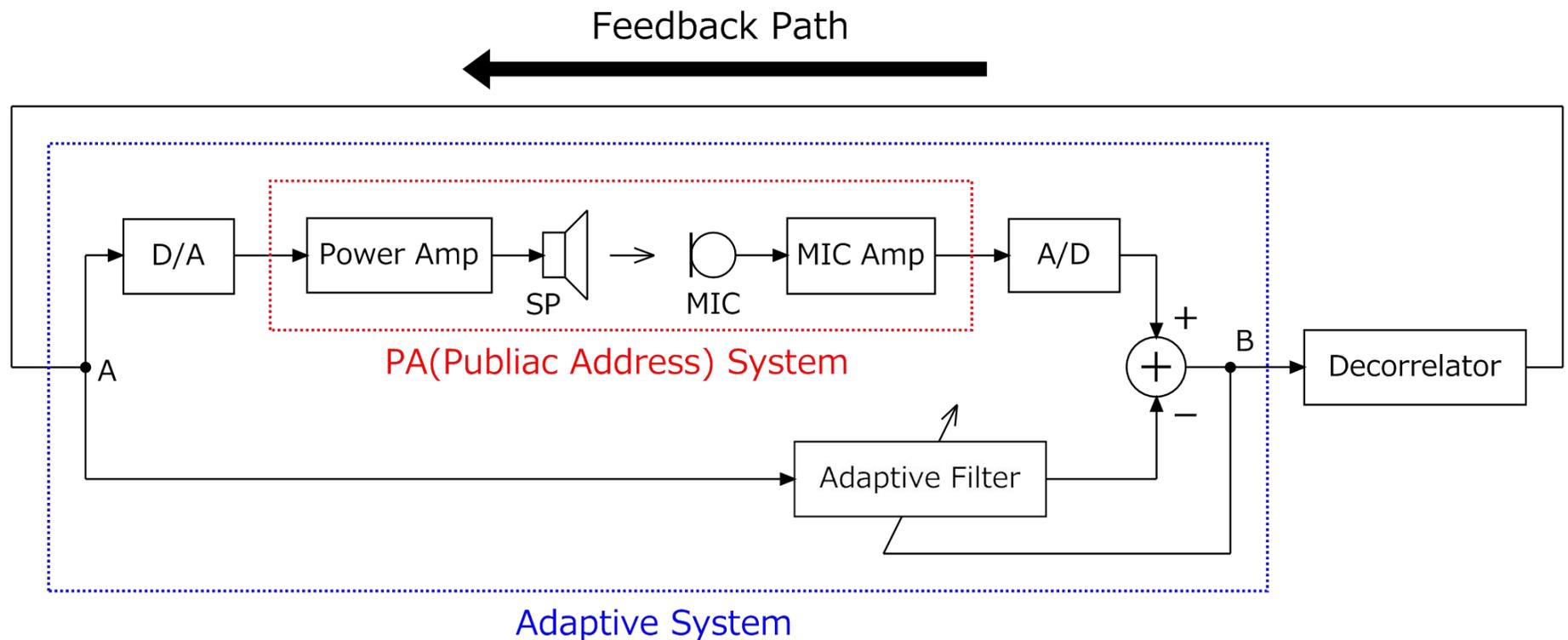

適応ハウリングキャンセラの 基本原理

有限会社ケプストラム

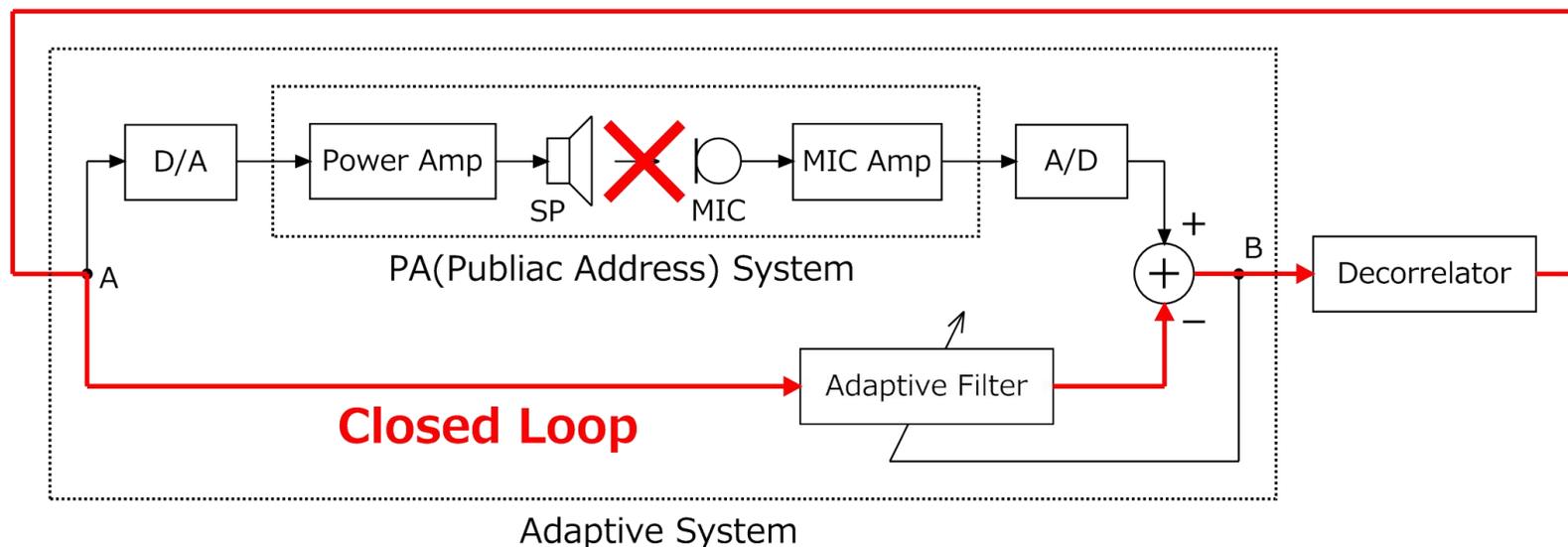
■ 適応ハウリング・キャンセラ付きの拡声システムの基本構成

- ・ システム同定の構成の適応システムの入力 (A) から出力 (B) に (Decorrelator を経て) フィードバックがかかっている



■ 適応ハウリング・キャンセラ付きの拡声システムの特徴（1/3）

- ・ 音響系（スピーカー/マイク間）の信号経路はフィードバック・パスでは無い
- ・ もし音響系がフィードバック・パスであるならば、音響系の信号伝達を遮断すれば、システムの安定性は保たれるはずである。しかし、音響系を遮断しても適応フィルタを経由する閉じた信号経路が存在するので、システムの安定性を保証することは出来ない。 ⇒ 音響系がフィードバック・パスで無いことは自明

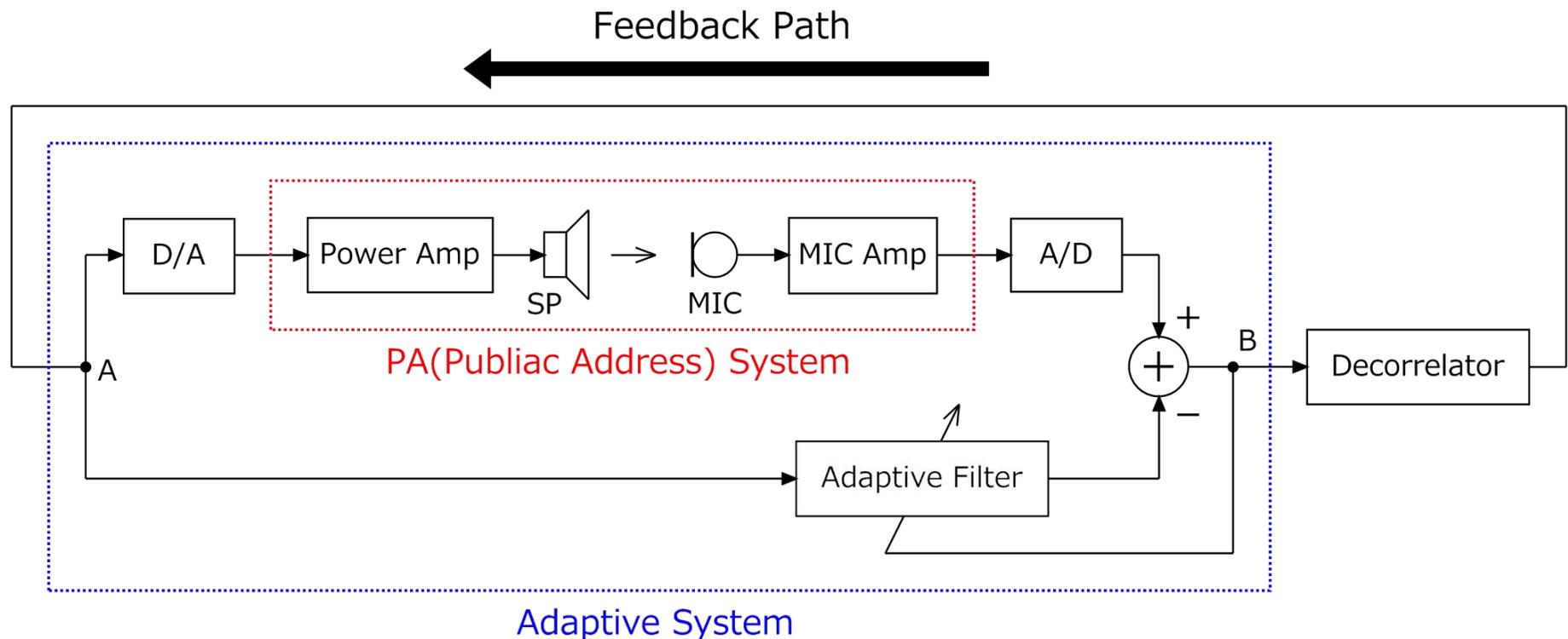


■ 適応ハウリング・キャンセラ付きの拡声システムの特徴（2/3）

- ・ 音響系の信号経路の利得は、それ単独ではシステム全体の安定条件とは無関係

⇒ 拡声系の利得が0 dB以上でもハウリングは発生しない

★ 適応ハウリング・キャンセラ無しの拡声装置の過去の常識は通用しない



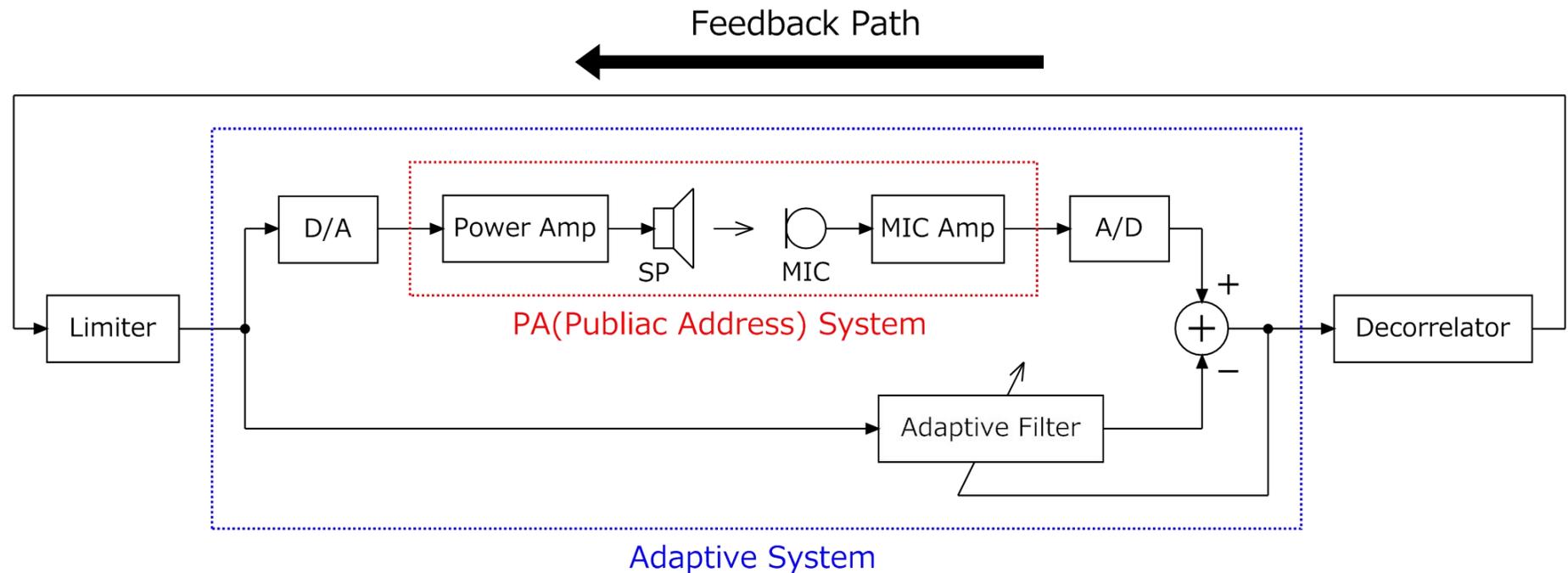
■ 適応ハウリング・キャンセラ付きの拡声システムの特徴（3/3）

- ・ D/A変換器、パワーアンプ、スピーカー、マイク、マイクアンプ、A/D変換器は有限振幅特性を有している。（飽和/クリップする）
- ・ システム起動時、初期状態からの適応フィルタの収束には時間がかかる
 - ⇒ 適応フィルタ収束前にハウリングが発生して信号が飽和。発生した歪のために適応フィルタの収束が妨げられる
- ・ 事前に適応フィルタのトレーニングをおこなっていても、起動後に音響系のインパルス・レスポンスの大きな変動が生じれば、適応フィルタの収束が遅れて信号が飽和、歪が発生する
 - ⇒ 適応フィルタの収束を保障できない

★適応ハウリング・キャンセラの基本構成は実用にならない

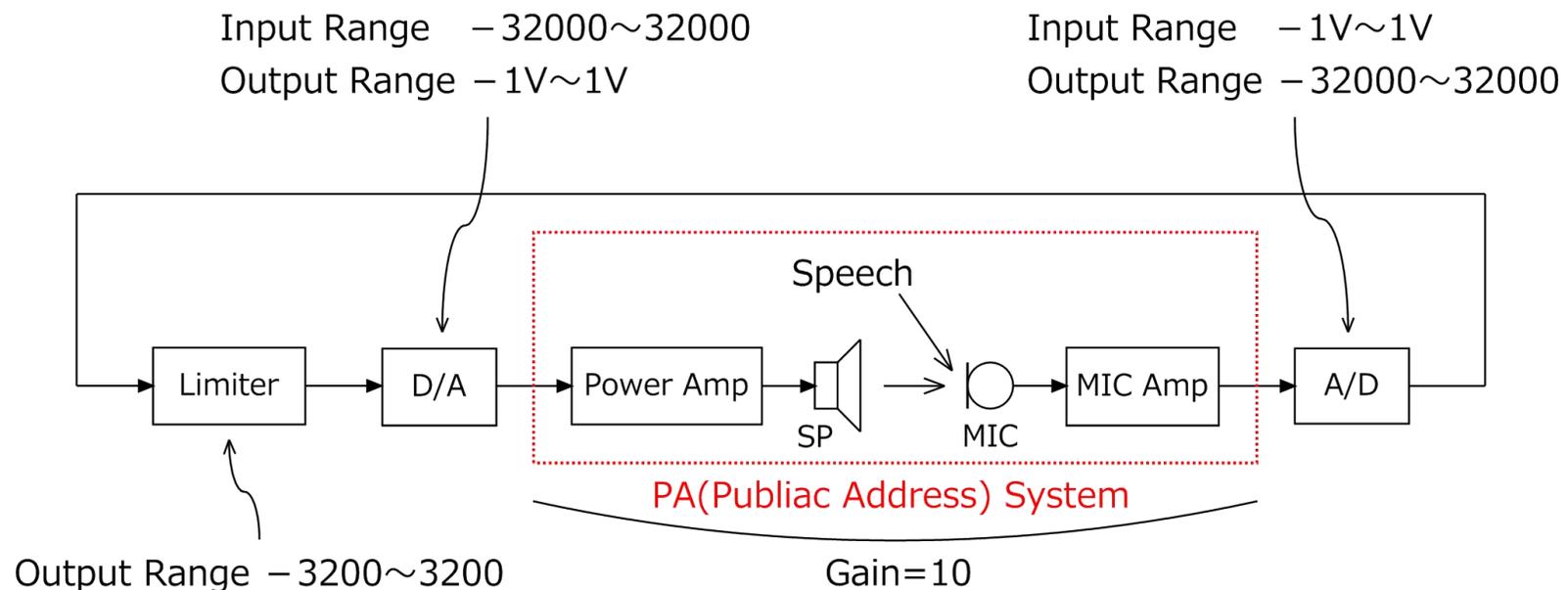
■ 収束性を保障された適応ハウリング・キャンセラ（1/2）

- ・ リミッタを追加して、適応システムの線形動作領域内に入力信号の振幅を制限すれば、収束性を保障できる。（D/A変換器、パワーアンプ、スピーカー、マイク、マイクアンプ、A/D変換器が飽和しなければ良い）



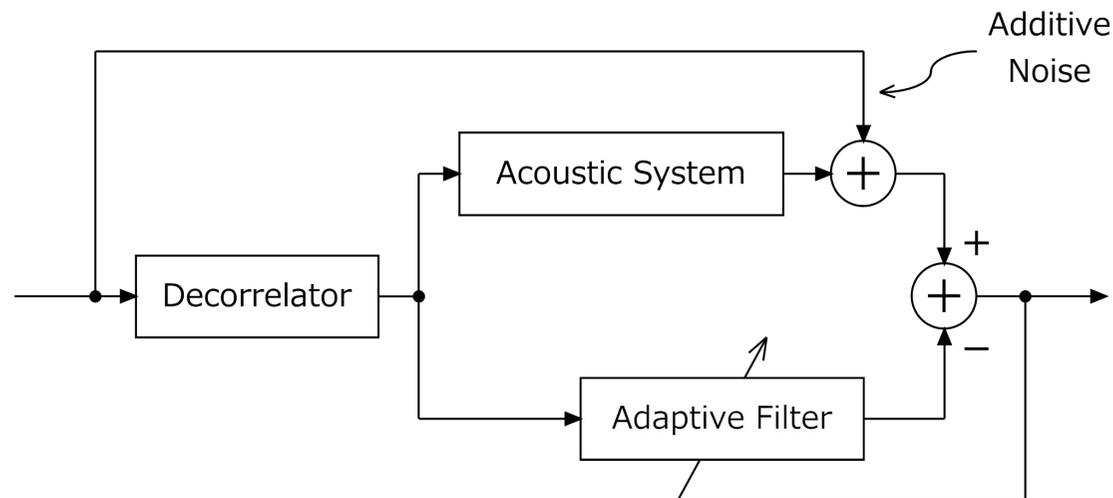
■ 収束性を保障された適応ハウリング・キャンセラ（2/2）

- ・ パワーアンプ、スピーカー、マイク、マイクアンプに十分なダイナミックレンジがあれば、D/A・A/Dの入出力特性により適応システムの線形動作領域が定まる。
- ・ D/A・A/Dの入出力信号レンジがともに ± 32000 （デジタル）、 $\pm 1V$ （アナログ）、拡声システムの利得が10倍であれば、リミッタのリミット値は $\pm 32000/10 = \pm 3200$ とすれば良い。
（厳密には最適なりミット値は ± 3200 より小さいが問題ない）



■ デコリレータ (Decorrelator) の働き

- ・ フィードバック・ループを切り開いた、オープンループ・モデル (下図) で考えると、マイクに入力される音声信号は適応システムに加わる加法性雑音と考えられる。
- ・ デコリレータは適応システムへの入力信号と加法性雑音との相関を低減して、適応フィルタの収束特性の低下を防ぐ働きを有する。
- ・ 一般的にはデコリレータには、遅延回路、周波数シフト回路、各種変調回路が用いられる。



■ハウリング・キャンセラ実現は「難しい」のか？

- ・ 拡声系の伝達特性を $H(\omega)$ 、適応フィルタの伝達特性を $W(\omega)$ とする
- ・ エコー・キャンセラでは $|H(\omega) - W(\omega)| = 0$ となることを期待されるが、ハウリング・キャンセラでは $|H(\omega) - W(\omega)| < 1$ を満たしさえすればハウリングしない。
- ・ $\max |H(\omega)| = 2$ (拡声系の最大利得6dB) とすると、
 $1 < |W(\omega)| < 3$ であれば安定条件 $|H(\omega) - W(\omega)| < 1$ を満たす。
したがって適応フィルタ $W(\omega)$ には3倍、およそ10dBの利得変動の余裕がある。(ただし位相特性無視の大まかな議論)

⇒ 考えようによっては適応フィルタを用いたハウリング・キャンセラは技術的に楽勝！？

(現実には揺らぎを有する音響系の長大なインパルス・レスポンスとの闘い。音質と動作の安定性も解決すべき問題)