



2009 年度修士学位論文

信号処理による受聴者位置情報の検出

1125086 金井宏一郎

高知工科大学大学院工学研究科

福本研究室



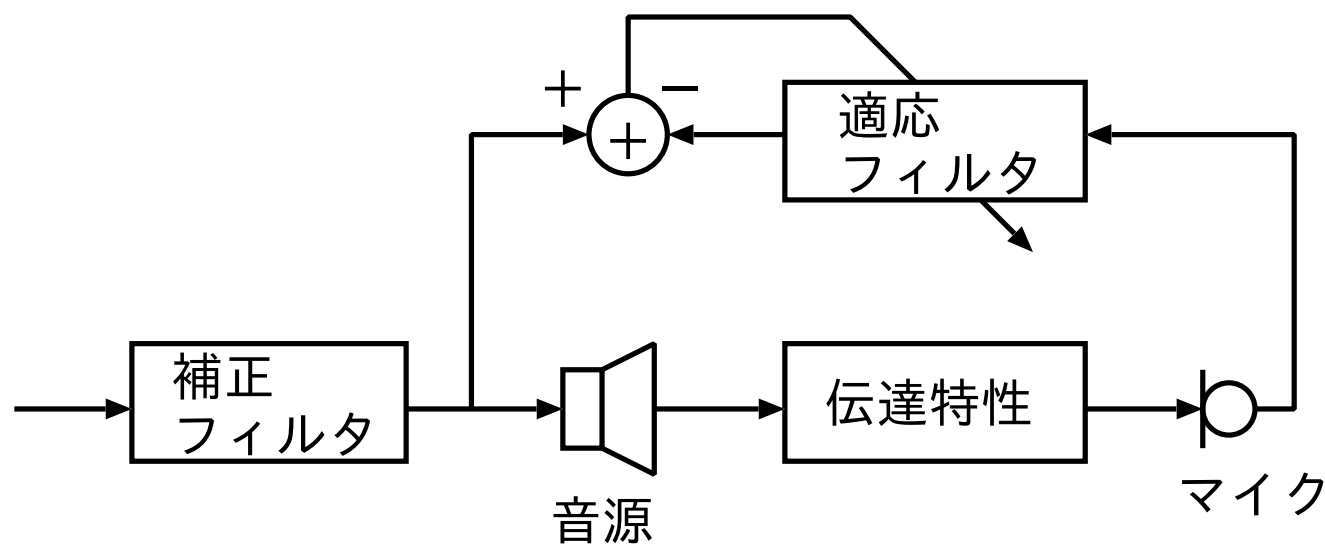
背景

- 音響の分野では，原音場の再現による音場再生が注目されている
- 音場再生は観測点の位置で原音を再現する
- 出力した音が受聴者に届くまでに受ける影響を補正フィルタを用いて除去
- 受聴者が移動した場合，正確に再現することができない



信号補正システム

- 受聴者地点での観測音をフィードバック
- 適応フィルタを用いて補正フィルタを構築
- 補正フィルタを通した音を再生



信号補正システムの問題点

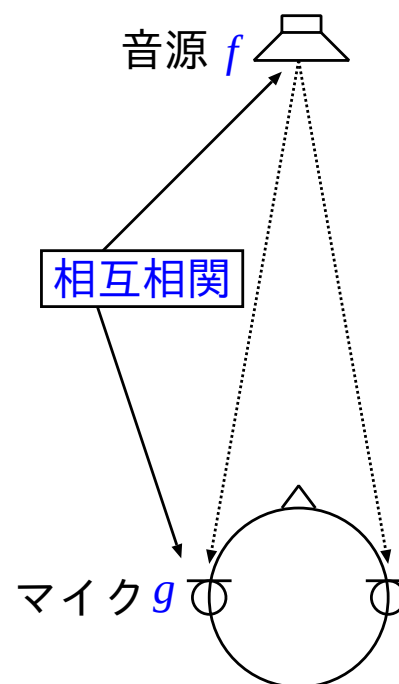
- 受聴者が移動した場合，原音再生の性能が劣化
- 移動前の補正フィルタが適用される
 - 各場所における補正フィルタを適用することにより解決
 - 位置を特定するデバイスが必要
- デバイスを用いず容易に位置情報を得る手法を提案
 - 音源から受聴者までの音の伝達時間を求める
 - 音源信号と観測音を用いる
 - 相互相関と適応フィルタを用いる



相互相関

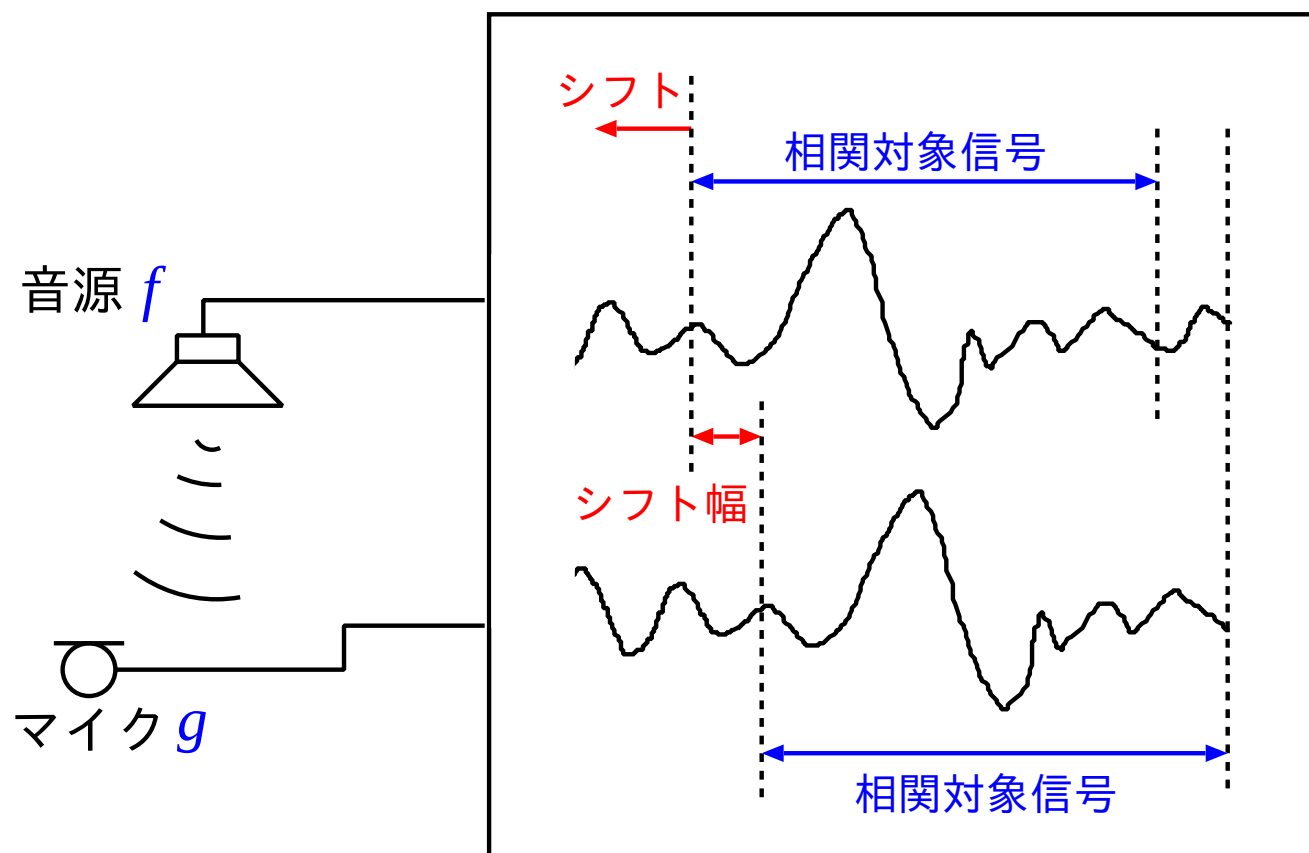
- 音源から受聴者までの伝達時間は距離に応じて変化
- 伝達時間を相関の強さから推定
- 音源信号 f と観測信号 g の相互相関係数
- $f = \{f_0, f_1, \dots, f_{N-1}\}$, $g = \{g_0, g_1, \dots, g_{N-1}\}$

$$R_n^{(fg)} = \frac{\sum_{i=0}^{N-1} f_i g_{i+n}}{\sqrt{\sum_{i=0}^{N-1} f_i^2} \sqrt{\sum_{i=0}^{N-1} g_i^2}}$$



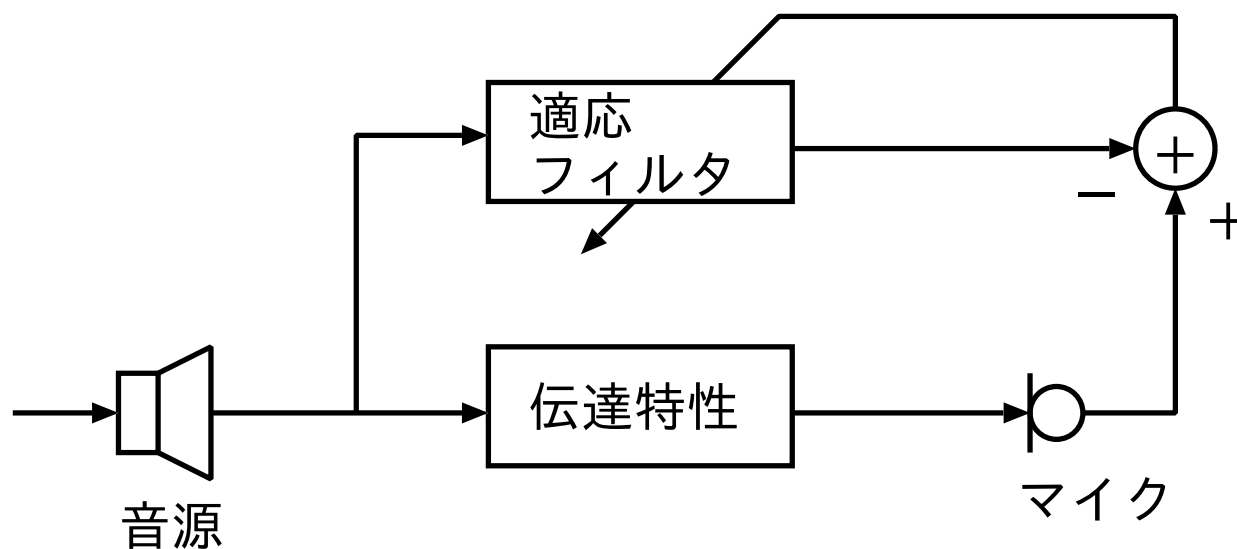
相互相関を用いた伝達時間推定

- 最大の相関値が算出された際のシフト幅が伝達時間



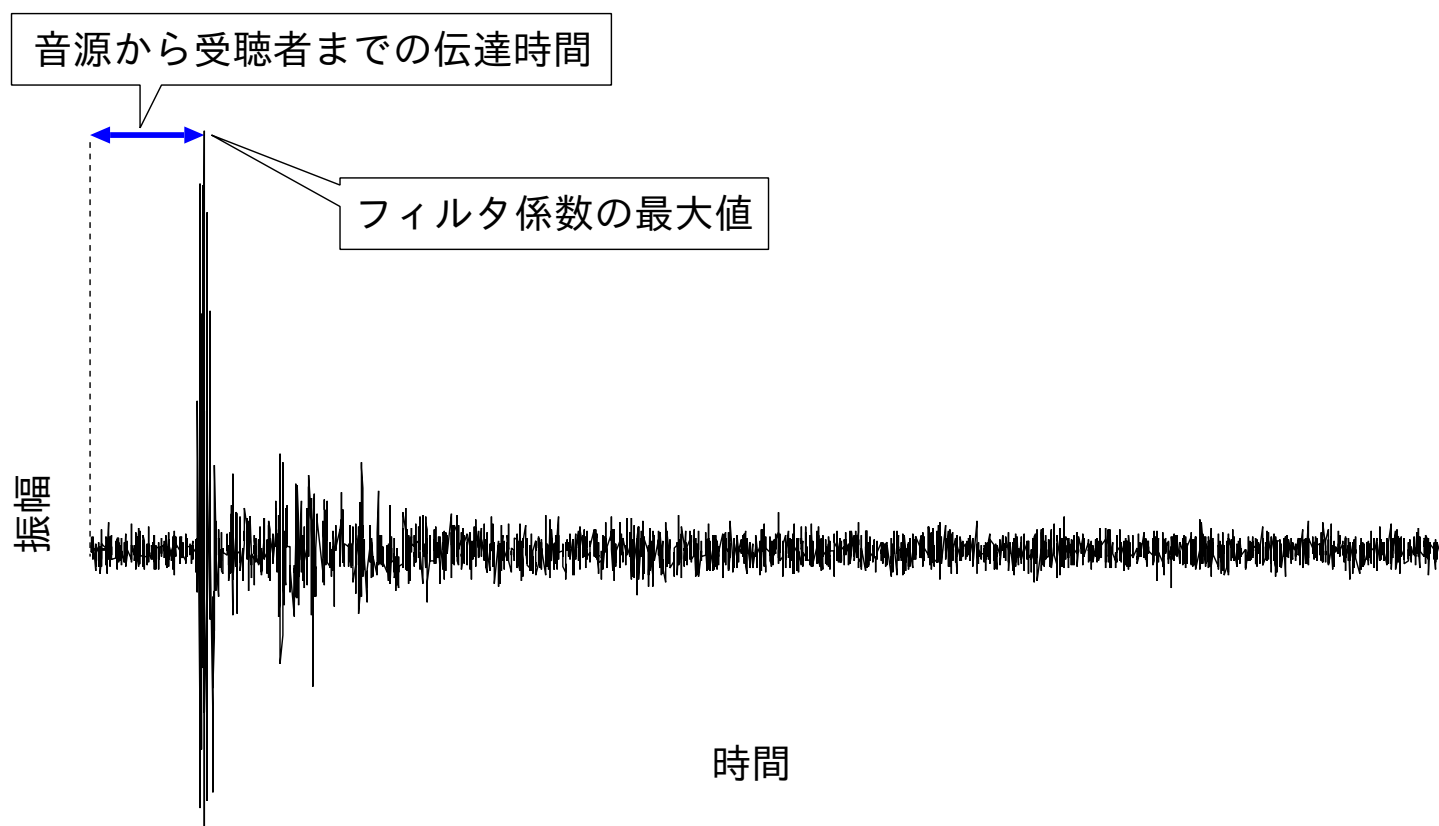
適応フィルタ

- 相互相関では，非定常信号において伝達時間推定が困難
- 音源から受聴者までの空間伝達特性は未知
- この特性を適応フィルタにより算出

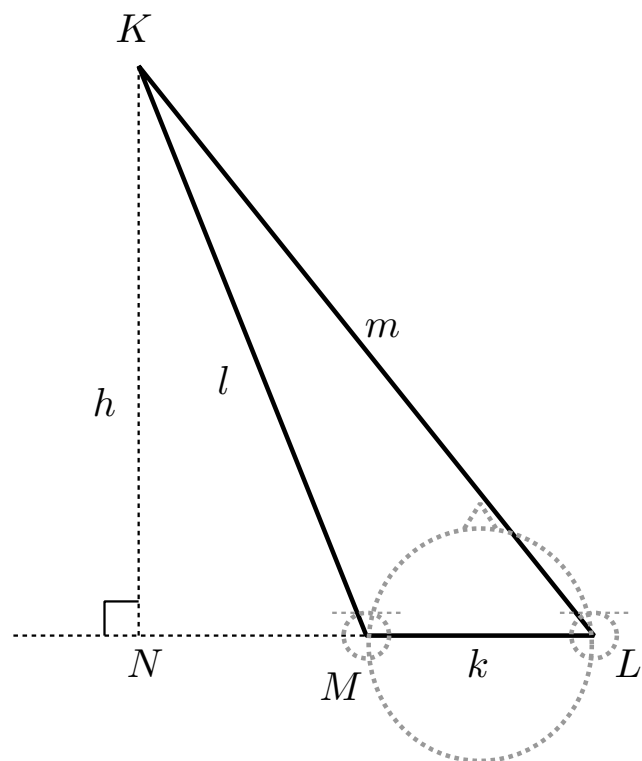


適応フィルタを用いた伝達時間推定

- 最大の振幅をとった時間を伝達時間であると推測



受聴者位置の検出

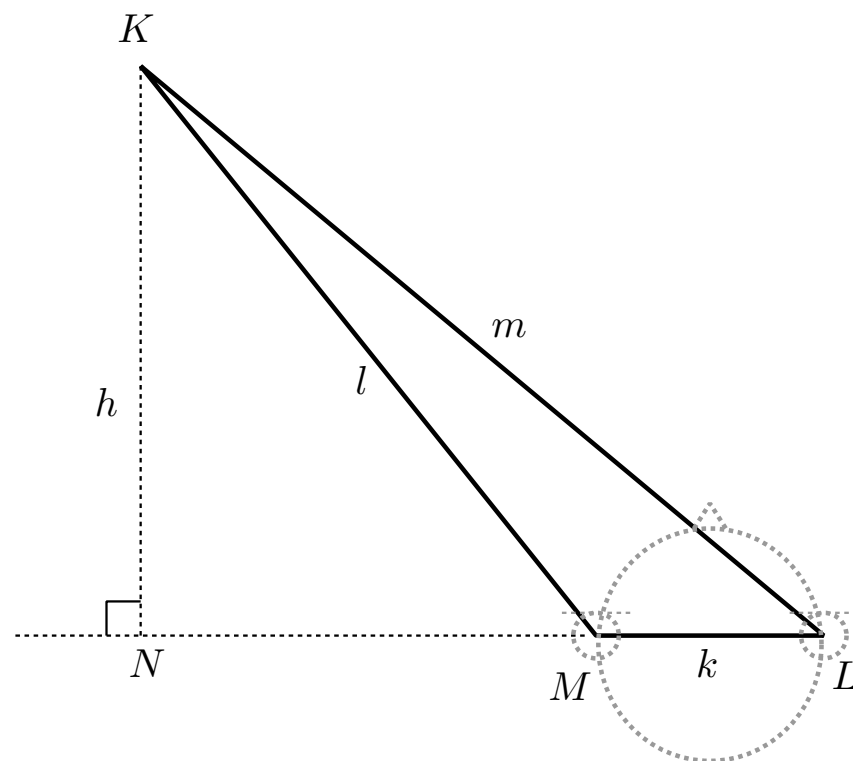


$$\begin{aligned}s &= (k + l + m)/2 \\ S &= \sqrt{s(s - k)(s - l)(s - m)} \\ h &= 2S/k \\ L &= \sin^{-1}(h/m) \\ LN &= m \cos L\end{aligned}$$

- 音速 $a(\text{m/s})$, サンプリング周波数 $f(\text{Hz})$ とする

受聴者位置の座標 $\left(\frac{a}{f} \left(m \cos L - \frac{1}{2}k \right), \frac{a}{f}h \right)$

受聴者位置の検出



$$s = (k + l + m)/2$$

$$S = \sqrt{s(s - k)(s - l)(s - m)}$$

$$h = 2S/k$$

$$L = \sin^{-1}(h/m)$$

$$LN = m \cos L$$

- 音速 $a(\text{m/s})$, サンプリング周波数 $f(\text{Hz})$ とする

$$\text{受聴者位置の座標} \left(\frac{a}{f} \left(m \cos L - \frac{1}{2}k \right), \frac{a}{f}h \right)$$

実験条件

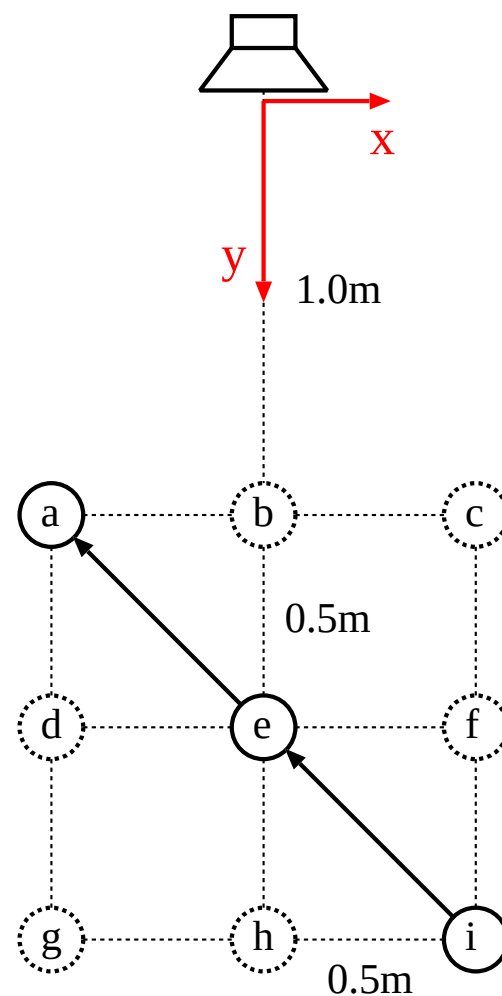
- 入力信号：サンプリング周波数 **44.1kHz** の音声信号

- 相互相関のパラメータ

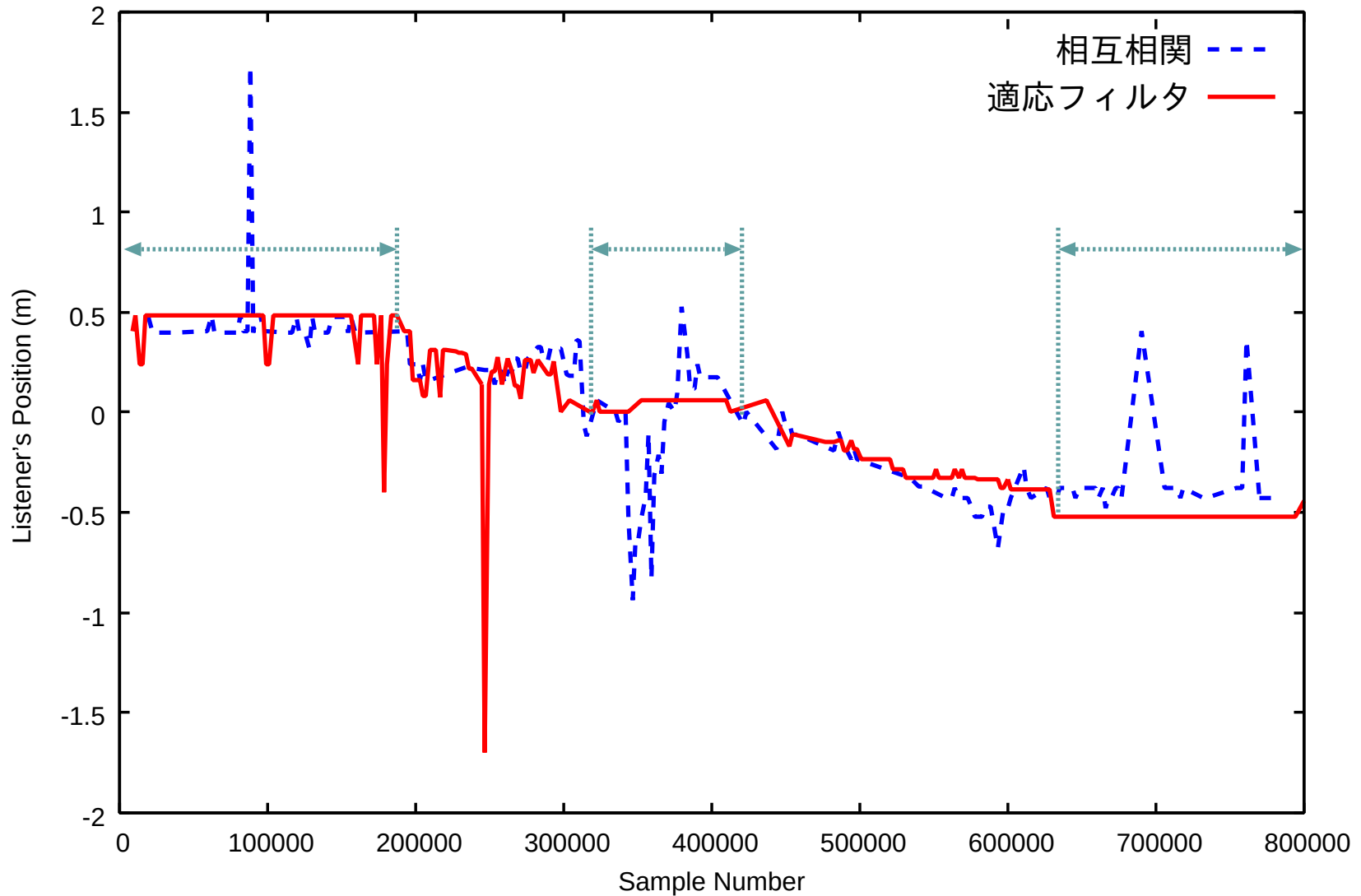
サンプル区間	8,820 サンプル
シフト幅	0~500 サンプル

- 適応フィルタのパラメータ

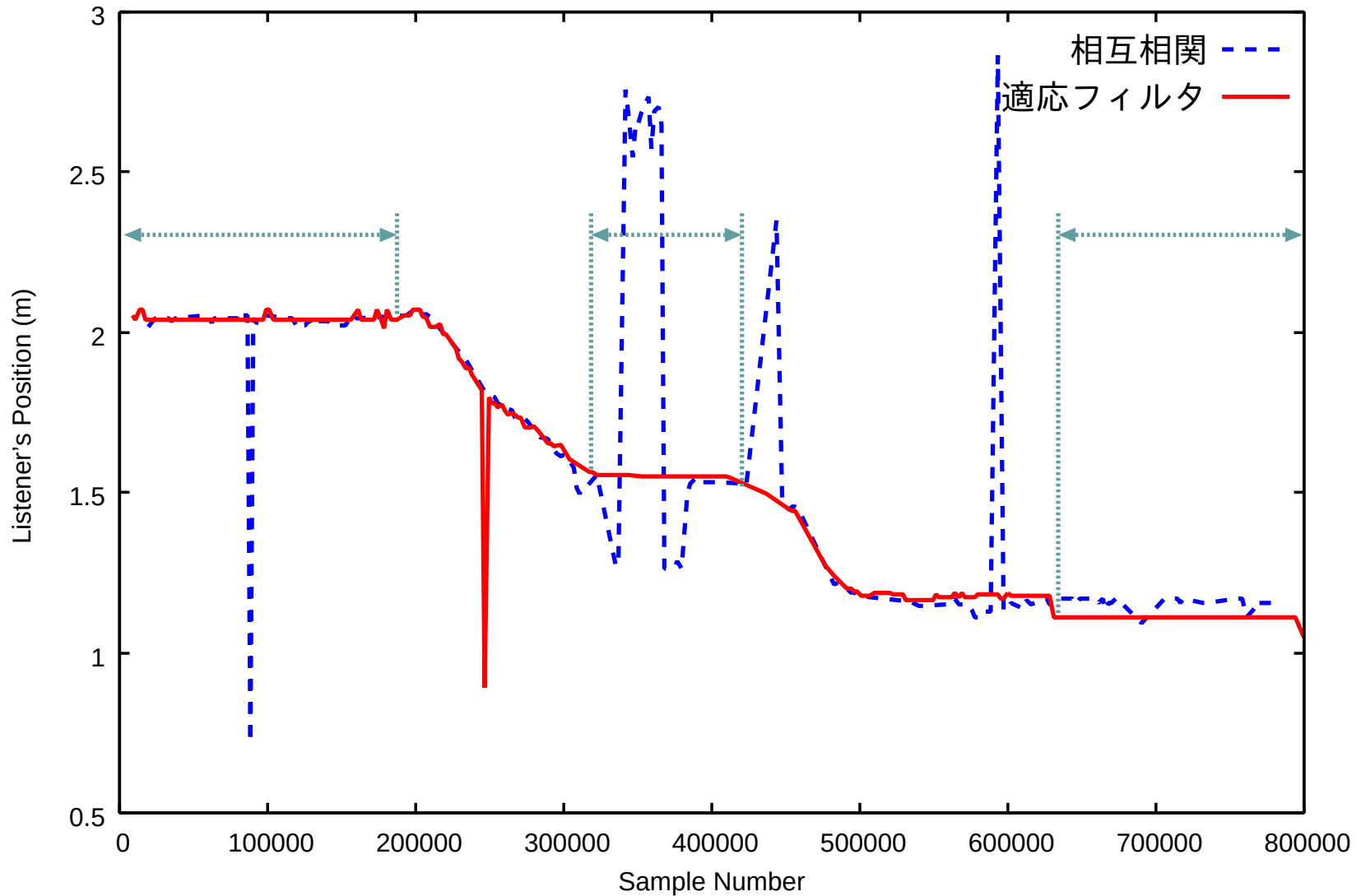
フィルタ長	500
-------	------------



相互相関と適応フィルタの比較 (x 座標)



相互相関と適応フィルタの比較 (y 座標)



誤検出を削減するための手法



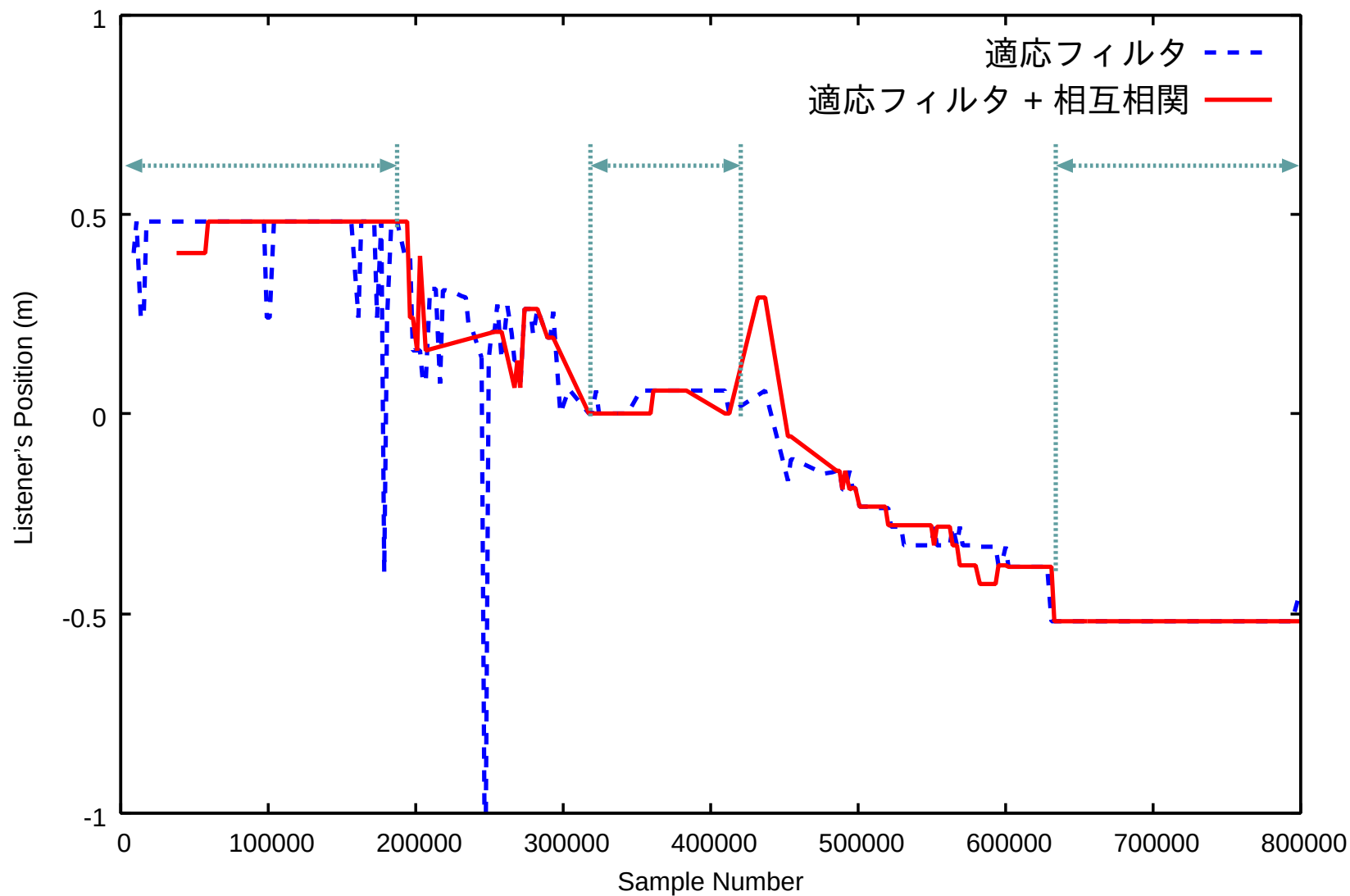
- 相互相関の欠点
 - 音源信号が小さい場合に急激な位置変化を検出
- 適応フィルタの欠点
 - 移動中に急激な位置変化を検出

適応フィルタの欠点を相互相関の結果を用いることで補う

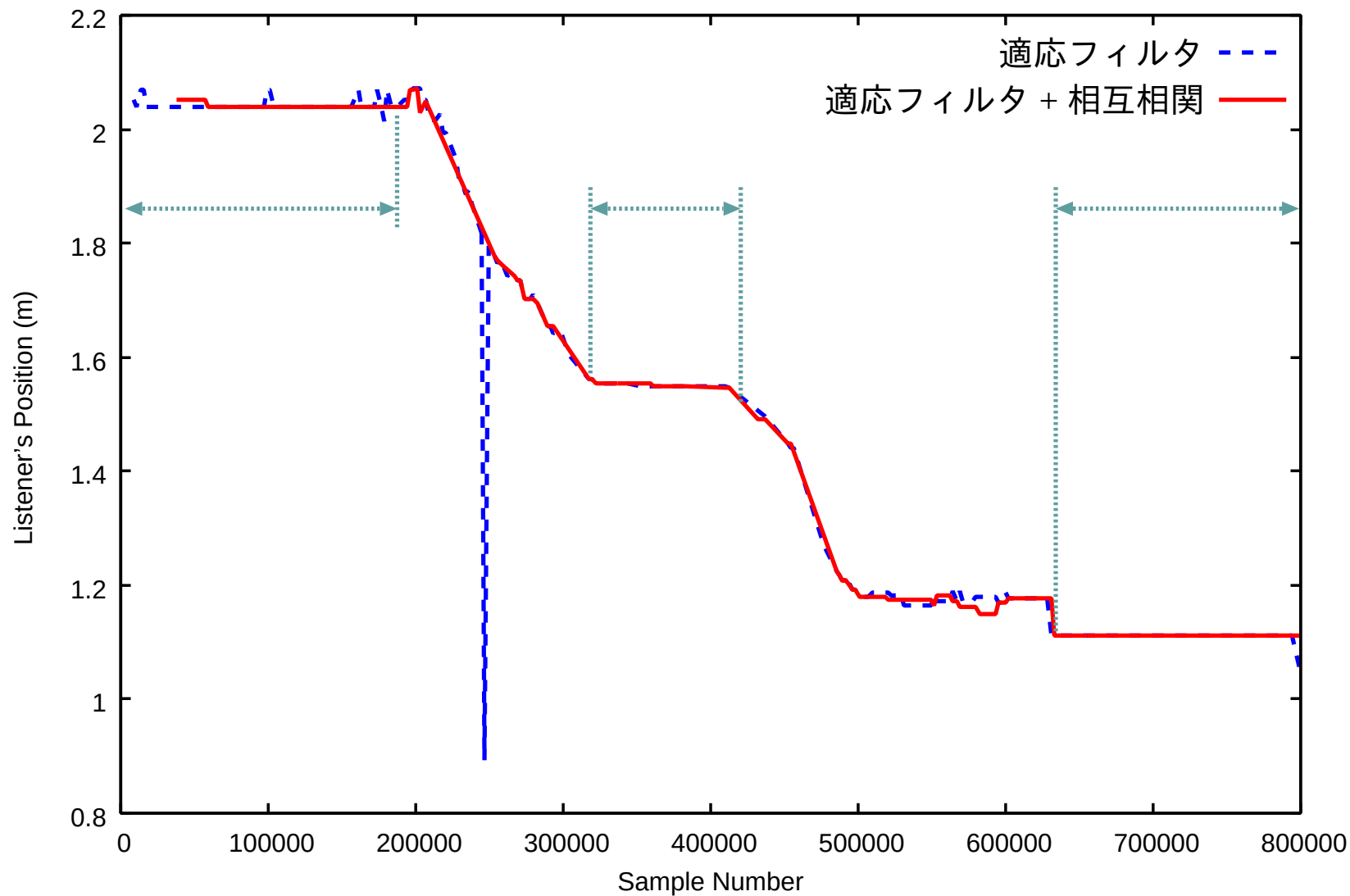
- 短時間に急激な移動をしないと仮定
- 相関係数がしきい値以上である場合のみフィルタ係数を更新
→ 誤った学習を未然に防ぐ



提案手法の実験結果 (x 座標)



提案手法の実験結果 (y 座標)





まとめ

- 信号補正システムへの利用を目的とした受聴者位置検出法を提案
- 実験により有効性を確認
- 今後の展開
 - 他の環境における検証
 - 音源が複数ある場合
 - しきい値の決め方

