適応処理時代のノイズ・キャンセル実験室

ダウンロード・データあります

第4回 確率密度関数を可変にして性能UP…可変分布MAP推定法

川村 新

前回（本誌2016年12月号）は，事後確率を最大化するMAP（Maximum a posteriori）推定法について説明しました．今回はその応用編として，音声の確率密度関数を可変とするMAP推定法について説明します．

原理

可変分布に基づくMAP推定法を実現するブロック図を**図1**に，効き目（シミュレーション）を**図2**（次頁）に示します．

信号の流れは，前回のMAP推定法と全く同じです．MAP推定法は，選択する確率密度関数によって，ゲインの推定値が変わります．前回は確率密度関数の形状を決定するパラメータを固定していましたが，今回は音声の状態に応じてパラメータを変化させます．

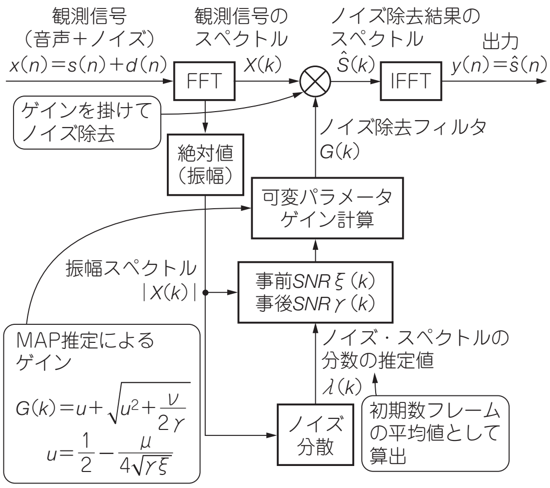

図1 可変分布に基づくMAP推定法を実現するブロック図

● 最もそれらしい音声記号を選ぶMAP推定法の復習

FFT（Fast Fourier Transform：高速フーリエ変換）で音声を分析し，ハーフ・オーバラップで分析を進める流れは，前回と同様です．

MAP推定法は，事後確率を最大化する方法です．事後確率とは，観測信号スペクトル$X(k)$が既に生じた状態（事後）で，音声スペクトル$S(k)$がとる値の確率のことで，$p(S \mid X)$のように書きます．ここで周波数番号kは省略しています．Sを動かして，$p(S \mid X)$が最大になれば，そのときのSを音声スペクトルの推定値とします．

ベイズの定理を用いて変形すれば，音声スペクトルのMAP推定値，$\hat{S}$を次のように表現できます．

$$\hat{S} = \arg\max_{S} [\log \{p(X \mid S)\, p(S)\}]$$

● 確率密度関数を与える

MAP推定法による音声スペクトルの最適解は，確率密度関数$p(X \mid S)$と$p(S)$を具体的に与えることにより，導出することができます．$p(X \mid S)$は，前回のMAP推定と同様に，実部と虚部が独立のガウス分布として与えます．また，音声の確率密度関数は，

$$S = |S| \exp(j\angle S)$$

と書いて，振幅スペクトル$|S|$と位相スペクトル$\angle S$を独立の確率信号であると仮定します．そして，位相スペクトルの確率密度関数$p(\angle S)$を一様分布とします．音声振幅スペクトルの確率密度関数は，LotterとVaryによって提案された，

$$p(|S|) = \frac{\mu^{\nu+1}}{\Gamma(\nu+1)} \frac{|S|^{\nu}}{\sigma_s^{\ \nu+1}} \exp\left(-\mu\frac{|S|}{\sigma_s}\right)$$

とします．ここで，$\Gamma(\cdot)$はガンマ関数です．また，μとνは確率密度関数の形状を決定するパラメータです．

$\mu = 3.2$として，νを変更した場合の$p(|S|)$のグラフを**図3**（次頁）に示します．νが大きくなるほど，緩やかなカーブになります．この確率密度関数を利用して，位相スペクトルと振幅スペクトルのMAP推定解を求め，両者を結合すれば，joint MAP推定解が次のように得られます．

$$G = u + \sqrt{u^2 + \frac{\nu}{2\gamma}} \qquad u = \frac{1}{2} - \frac{\mu}{4\sqrt{\gamma\xi}}$$

ここで，ξとγはそれぞれ，事前SNRと事後SNRです．LotterとVaryは，適切なパラメータ値として，$\nu = 0.126$，$\mu = 1.74$を推奨しました．

関連特集：本誌2016年6月号「体感！全集CD付き！音声信号処理」[1]では，さまざまな音声処理の方式と，それらを実現するプログラムを紹介しています．