

ベイズ境界性を最大にする新しい学習法の評価

大角 朋弘[†] 千田 将大[†] 片桐 滋[†] 渡辺 秀行^{††} 大崎 美穂[†]
[†] 同志社大学 ^{††} ATR

1. まえがき

パターン分類器開発における究極の目標は、最小分類誤り確率(ベイズ誤り)状態に対応する分類境界、ベイズ境界をもたらす分類器(パラメータ)を見出すことである。最近、従来手法の多くとは異なり、ベイズ境界性¹⁾に基づく損失の最小化を通して、ベイズ境界に対応する分類器パラメータを直接的に求める新しい識別学習法、最大ベイズ境界性(MBB: Maximum Bayes Boundary-ness)学習法²⁾が提案された。本稿は、交差検証(Cross-Validation: CV)法を交えた体系的な評価実験を通して、MBB学習法の有用性の検証を行うものである。

2. 最大ベイズ境界性学習法

MBB学習法は、次の2ステップで構成され、その手続きの基本的な流れは、有限個の学習用パターン標本(およびそのクラス属性)上で計算される損失の最小化(ベイズ境界性の最大化)を目指す勾配法に沿う。

- S1: ベイズ境界性尺度の推定(評価)
- S2: 分類器パラメータの更新(学習)

多くの識別学習と同様に、S2において全学習用標本を用いるパラメータ更新をエポックと呼ぶ。学習は、損失が予め定めた基準を満たす(十分小さくなる)まで、このエポックを繰り返す。なお、このS2の学習の途上で、分類器パラメータの変更に伴って、損失計算における目標値(識別学習の文脈における教師信号)であるベイズ境界性尺度値も変動する。そのため、一定数のエポックの繰り返し毎に間欠的にベイズ境界性尺度の再推定を行う。

従来手法の多くは、ベイズ誤りの過小推定、いわゆる過学習を抑制するため、学習用標本とは独立の検証用標本を用いる正則化やCV法などの援用を必要とする。これに対しMBB法は、分類器がベイズ境界の記述に必要とされる十分な表現力さえ持てば、そうした補助的手段を必要としない。評価実験で検証されるべき点は、この学習用標本のみを用いて正確にベイズ境界を達成し得る能力に他ならない。

4. 評価実験

一般に実世界データのベイズ境界は不明である。従って、MBB学習法の効果の確認はベイズ誤りの推定を経由して行わざるを得ない。そのため、サポートベクターマシン(Support Vector Machine: SVM)にCV法(10分割)を組み合わせた手法で求めたベイズ誤り推定値を、MBB学習法による推定値の比較基準とした。また、先行研究において分割(Hold-Out: HO)学習法によって得られた推定値²⁾も比較対象とした。

本実験で行ったMBB学習法の評価は、十分大きな境界表現力を持つ複数プロトタイプ型(Multi-ProtoType: MPT)分類器(プロトタイプ数=100/クラス)を対象とし、それにMBB法とCV法(10分割)を組み合わせ適用して行った。損失最小化を行う際の最急降下法の学習係数は、データセットごとに異なる値とした(後述)。最大エポック数は10,000、ベイズ境界性尺度の間欠的再推定の間隔は1,000エポックとした。

用いたデータセットは、Spambase(標本数4601,クラス数2,次元数57,学習係数1.0)とGerman(標本数1000,クラス数2,次元数24,学習係数0.5)であった。

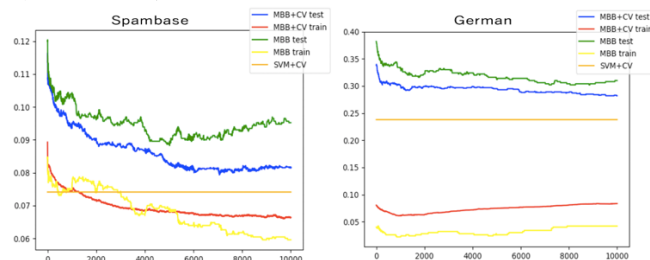


図1. 実験結果: “Spambase”(左)と“German”(右). 横軸はエポック数, 縦軸は分類誤り率. HO法によるMBB学習法の結果(学習用(緑)と試験用(黄)). CV法によるMBB学習法の結果(学習用(青)と試験用(赤)). SVMによる参考値(橙).

5. 考察

図1から、CV法が組み合わされたMBB学習法による試験用標本に対する誤り率、即ちベイズ誤り推定値(図1中の青曲線の最小値)も、HO法によってMBB学習法を評価して得られた推定値(図1中の緑曲線の最小値)も、共にベイズ誤り参考値(橙)に近づく様子を読み取ることができる。極めて長時間の学習を必要とする交差検証を経ずとも、短時間で済むHO法の枠組みでMBB学習法を適用するだけで、未知のベイズ誤り、結果的にはベイズ境界を直接的に推定し得ることが示唆されている。SVMによる参考値とMBB法による推定値との若干の差は、両分類器が持つ表現力の差に依存するものと考えられる。

6. まとめ

MBB法をCV法の枠組みにおいて実験的に評価し、MBB法そのものが持つベイズ境界推定力の高さを明らかにした。

謝辞 本研究の一部は、科研費(18H03266)の支援を受けた。

参考文献

- 1) D. Ha, et al. JSPS, Springer (<https://doi.org/10.1007/s11265-019-01451-y>).
- 2) M. Senda, et al. Proc. SPML, ACM (<https://doi.org/10.1145/3372806.3372817>).