

SVM を用いた PSS 制御に関する研究

谷川雅樹*, 造賀芳文, 餘利野直人

(広島大学)

1. はじめに

電力系統が大規模・重負荷になるにつれて、系統の安定度もローカルな電力動揺だけでなく、系統全体に影響する長周期動揺が問題となっている。このため大規模電力系統の安定化に対し、本研究室でも電力系統安定化装置 (PSS) のロバスト性を考慮した設計法を提案してきた。しかし、一つの PSS では系統状態によっては所望の制御性能が得られないという課題が生じていた。

そこで本稿では、パターン認識手法の一つである SVM を適用し、系統状態を判別することによって、二つの PSS を切り替える制御系を提案する。これにより適切な制御系を構成し、安定性の改善を図る。

2. SVM (Support Vector Machine)

2.1 線形 SVM

SVM は、学習サンプルに基づき導き出される、パターン認識手法の一つである。ある学習データ $x_i \in R$ はクラス $y_i \in \{-1, 1\}$ に属し、線形分離可能だとすると、その識別関数は次式(1)を満たす。

$$g(x_i) = (w^T x_i) + b \quad (1)$$

ここで w は重み、 b はバイアス項であり、 $g(x) = 0$ を満たす点の集合が分離超平面となる。このとき超平面に最も接近するサンプルと超平面までの距離 (マージン) は常に $1/\|w\|$ となり、汎化能力の高い半別関数を推定するために、このマージンが最大になるような w を選ぶ。

2.2 非線形 SVM

一般的に実データは線形分離が困難なため、非線形変換を用いて高次元空間に写像し、そこで線形分離を行うことで実質的な非線形分離を可能とする。ここで元の空間で定義されるカーネル関数 K を導入することにより、写像空間での計算をすることなく元の空間で直接解く。本稿では次式で示すガウシアン型カーネルを用いる。

$$K(x, x') = \exp\left(-\frac{\|x - x'\|^2}{2\sigma^2}\right) \quad (2)$$

このような K とラグランジュ乗数を $\alpha_i \geq 0$ を導入することにより非線形 SVM は、以下の凸二次計画問題の最大化問題に帰着される。

$$\max \sum_{i=1}^l \alpha_i - \frac{1}{2} \sum_{i,j=1}^l \alpha_i \alpha_j y_i y_j K(x_i, x_j) \quad (3)$$

$$\text{subject to } \alpha_i \geq 0 (i=1, \dots, l), \sum_{i=1}^l \alpha_i y_i = 0$$

これを解くことにより、非線形 SVM の識別関数 (式(4)) が得られる。

$$y = \text{sign} \left[\sum_{i,j=1}^l \alpha_i y_i K(x, x') + b \right] \quad (4)$$

3. シミュレーション

本稿では図1に示す電気学会 WEST10 機系統モデルを用いる。条件として、一つのロバスト PSS では安定化が厳しかった状態 (軽負荷+発電機9 停止, 発電機5 に PSS

設置し、ノード3での故障) を想定する。そして SVM を適用した PSS を適用し、その有効性を示す。なおロバスト PSS の設計は論文[1]の方法を用いて行った。

また事故条件は、ノード3において、シミュレーション開始から 1.0 秒後に三相地絡故障を起こし、その後 0.07 秒後に解放除去し、さらにその後 1.0s 後に再開路する。

3.1 学習データ

いくつかの負荷データに対し、 y (PSS の入力である発電機5 出力 P_g), u (PSS の出力である発電機5 の励磁巻き線電圧 E_{fd}) を学習データとし、以下のデータベクトルを与える。

$$x(t) := [\phi(t), \Psi(t)]^T \quad (5)$$

$$\phi(t) := \frac{y(t)}{u(t)}, \quad \Psi(t) := \frac{y(t)}{y(t-1)}$$

ここで $\phi(t)$, $\Psi(t)$ はそれぞれ、静的ゲイン、出力の傾きを示す指標となり、近似的ではあるがシステムゲイン、時定数を表現できる。

3.2 シミュレーション結果

結果を図2に示す。SVM により PSS が適切に切り替えられたことで、安定化が厳しかった状態でも安定化できていることがわかる。

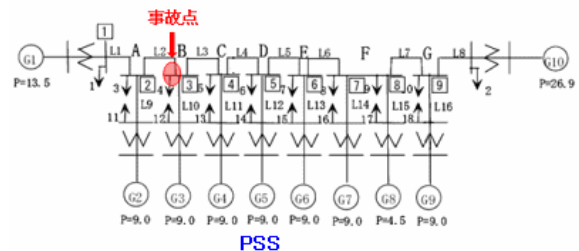


図1: WEST10 機系統モデル(G5 with PSS)

(—: SVM を適用した場合, - - - : 一つの PSS の場合)

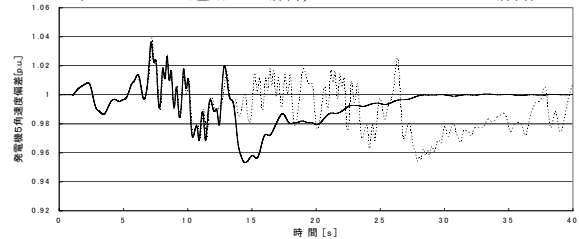


図2: シミュレーション結果

4. おわりに

本稿では SVM を用いた PSS 制御系を作成し、SVM の有効性を示した。今後の課題として、SVM の数を増やす等を行い、より安定性の改善を図っていきたい。

—参考文献—

[1] 宮谷,造賀,餘利野:「 H_∞ 制御および PSO によるロバスト PSS の設計」電学論 B,vol.126,No.7(2006)