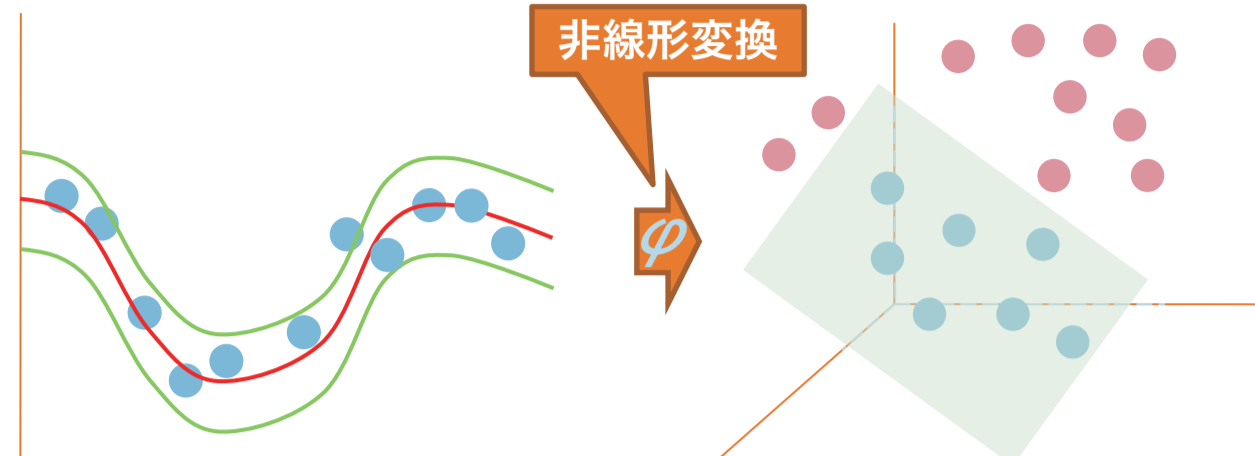


# 未知環境に対応できる Multi-Objective SVR の提案 — ロボット制御への応用 —

情報電子工学系専攻 認知ロボティクス研究室 杉本 大志

## 1. 非線形サポートベクトル回帰 (NL-SVR)

- サポートベクトルマシンの手法を用いて、最適な回帰超平面を見出す手法。



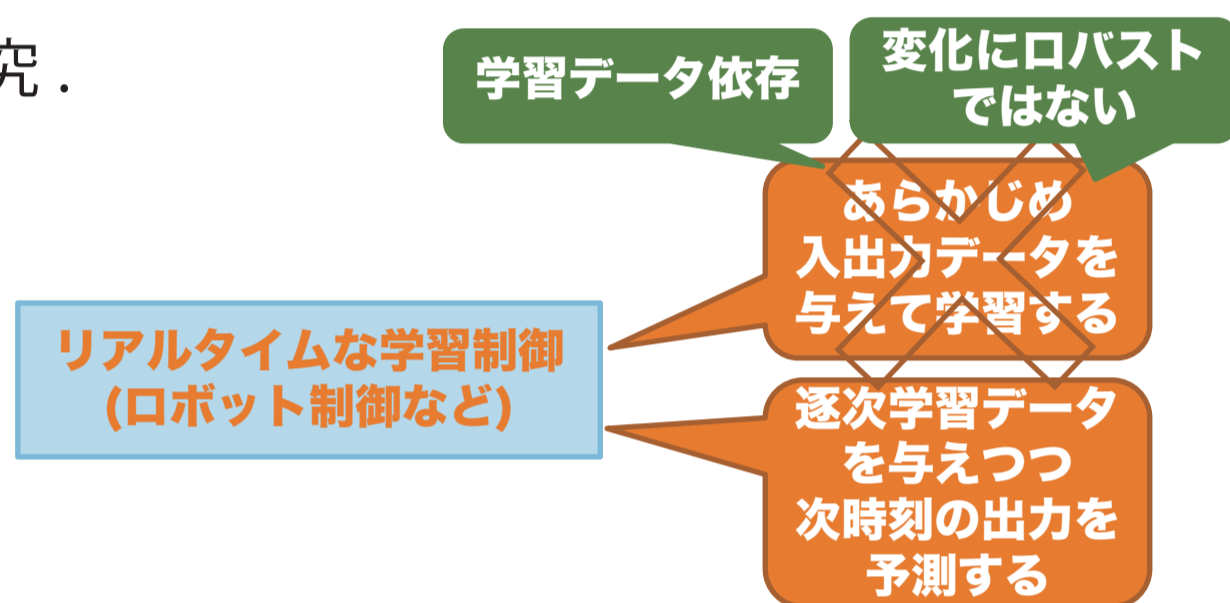
- NL-SVR では、過去のカーネル行列から統計的な予測が可能。

$$\begin{aligned} \hat{y}_{N+1} &= \mathbf{w}^T \phi(\mathbf{x}_{N+1}) + b \\ &= \mathbf{a}^T \Phi \phi(\mathbf{x}_{N+1}) + b \\ &= \mathbf{k}(\mathbf{x}_{N+1})^T (\mathbf{K} + \lambda \mathbf{I}_N)^{-1} \mathbf{y} + b \end{aligned}$$

- 学習データの追加に従い、初めから再学習する必要がある。

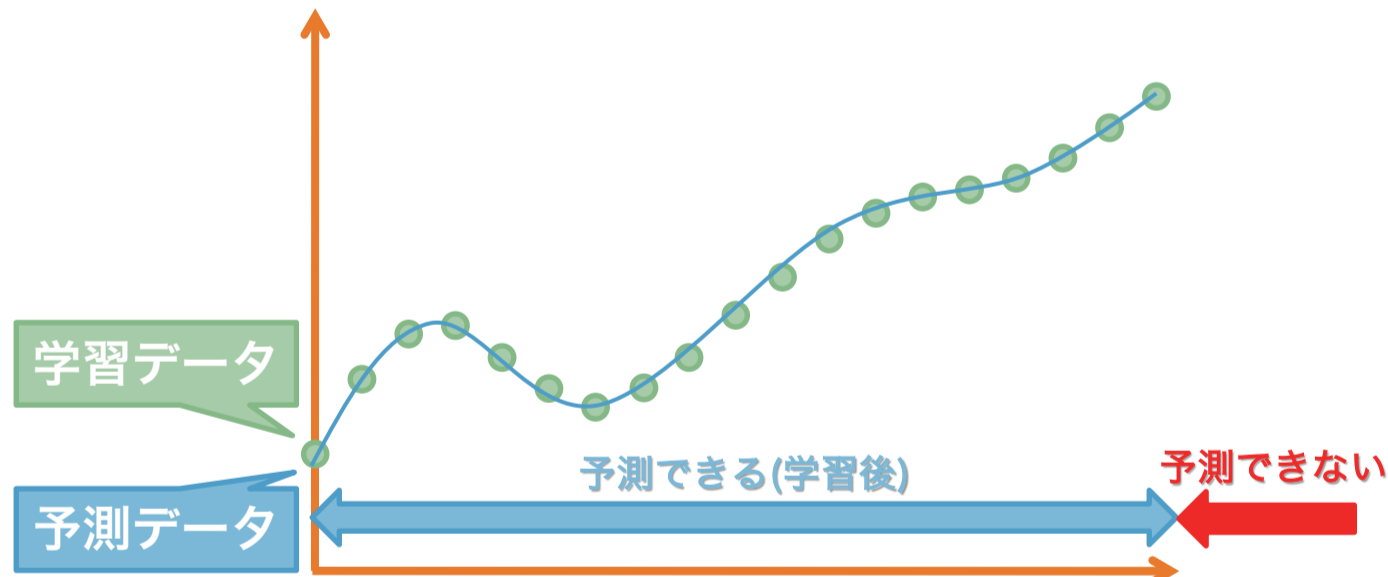
## 2. NL-SVR のロボット制御への応用

- 小林らによる、倒立振り子へ SVR モデルを組み込み、学習制御系を構成した研究。



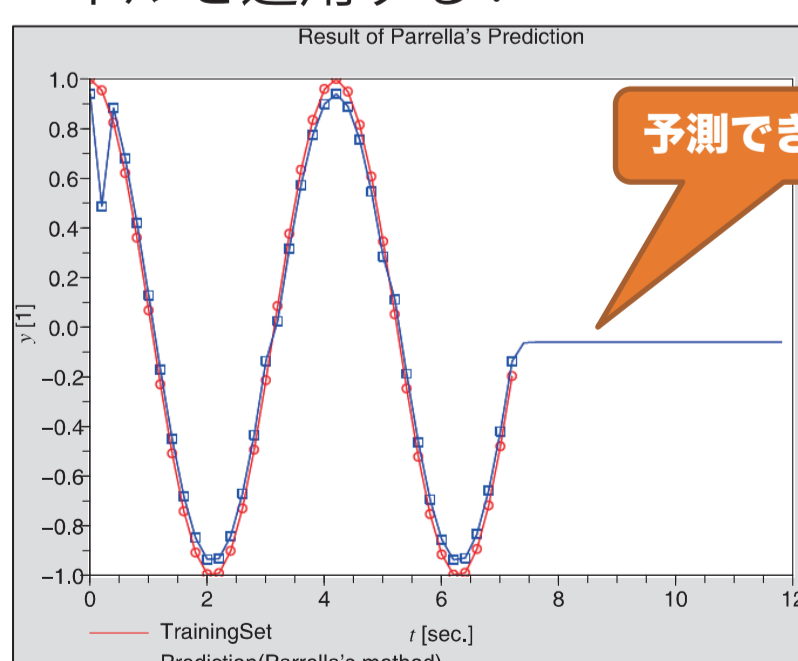
## 3. Online SVR とその問題点

- 学習データを追加しても、始めからの再学習を回避して追加学習によって対処できる。
- Parrella による非線型カーネルを用いた逐次学習型 NL-SVR.
- 学習データが与えられた領域でのみ予測が可能となるが、以降の領域では予測ができない。



## 4. 検証実験

- 学習データが与えられていない部分では、予測が出来ない事を確認する。
- 0.72[sec.] 以降は学習データを与えない。
- RBF カーネルを適用する。

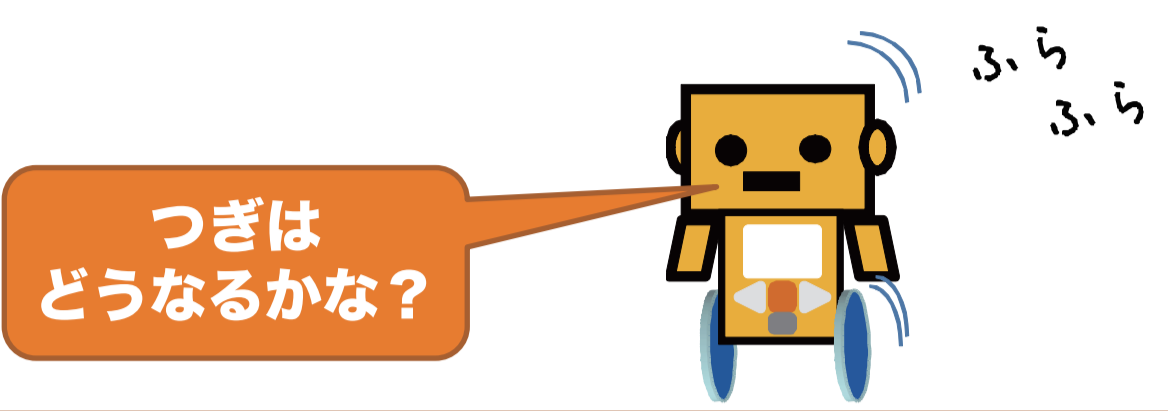


**問題点①**  
学習方法は逐次学習だが、予測方法は全データを学習後に一括して予測する

**問題点②**  
学習データが与えられていない領域では、予測ができない

## 5. 本研究の目的

- Online SVR を用い、各時刻でリアルタイムに次状態を予測する事で、ロボット自身が制御における操作量の決定に用いる。

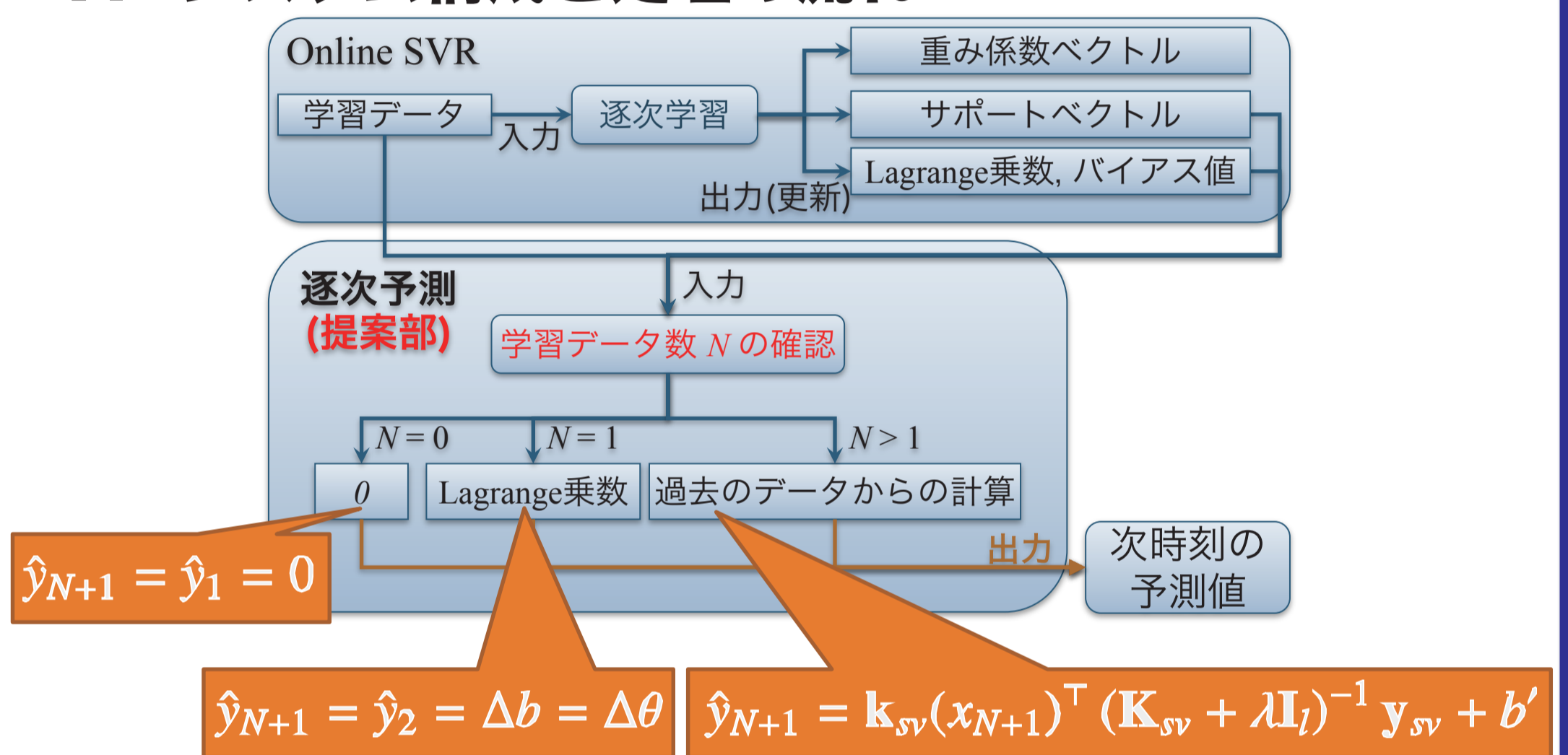


倒立振り子制御への応用を考慮した系の次状態を予測するシステムを構築する

## 6. 本研究のアプローチ

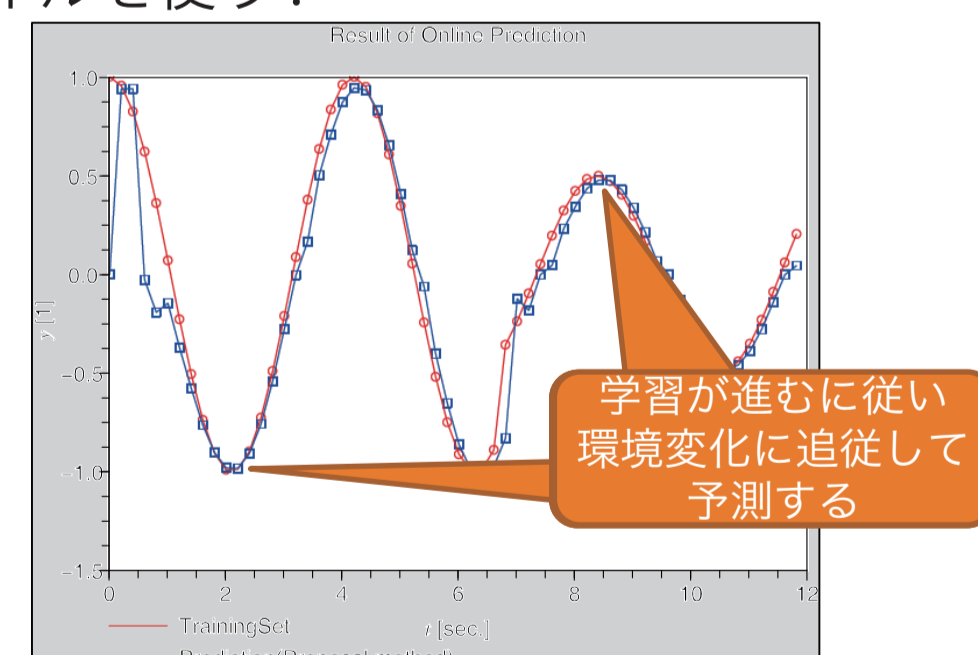
- 逐次学習とともに逐次予測をする仕組みを実現する！
- このために
- 逐次予測のための予測式を構成する。
- 回帰計算のパラメータが逐次更新されることに着目する。
- 『通常の NL-SVR』で用いられている統計的な予測式を使う。

## 7. システム構成と処理の流れ



## 8. シミュレーション

- 周波数が一定で、途中から振幅が半減する正弦波に対し提案手法の逐次予測を適用し、その有用性を確認する。
- 学習データを 0.02[sec.] 間隔で逐次与える事とする。
- RBF カーネルを使う。



- 学習が進むに従い、環境変化に追従する予測が可能であることを確認した。

## 9. 現在の取り組み

- 予測式を用いた長時間に渡る予測の実現。

## 10. 今後の課題

- 入力変数の次元数の拡大
- 学習制御系としての応用と、実ロボットへの適用
- 一般的なロボット制御に有用なカーネル関数の提案
- 予測精度の向上

【対外発表】