

量子機械学習

初めに

高性能な問題解決性能を持つ**機械学習** + **量子コンピュータ**による量子計算 ⇒ **QSVM**

機械学習とは？

大量のデータから、問題解決の為に必要な法則を機械に学習させ、新しいデータに対して予測を行うことです。

そのためにデータを数値に変換した特徴量ベクトルを使います。

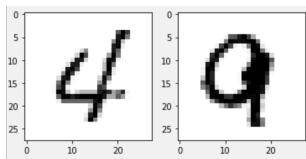


Figure 1. MNIST 画像

$$\begin{aligned} &\text{数値化} \rightarrow \mathbf{x}_i, \mathbf{x}_j \\ &= \begin{bmatrix} 0.427 \\ \vdots \\ 0.246 \end{bmatrix}, \begin{bmatrix} 0.938 \\ \vdots \\ 0.451 \end{bmatrix} \end{aligned}$$

SVM

特徴量ベクトルが分布する座標空間でサポートベクトルを決め、分類境界を決める機械学習を **SVM** といいます。

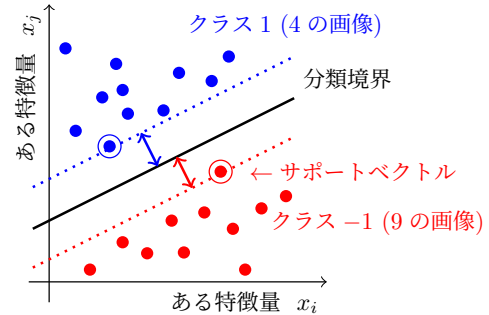
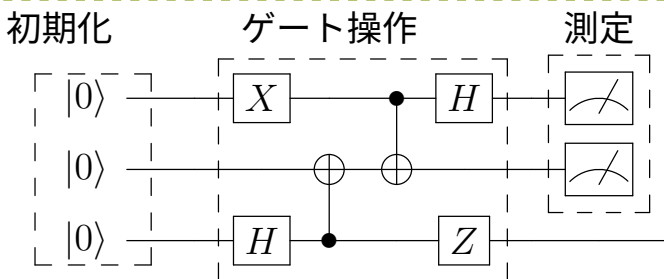


Figure 2. SVM の分類の様子

回路型量子コンピュータ

量子エンタングルメントや**確率振幅の干渉**、波束の収束を伴う**測定操作**という量子力学の概念を利用します。この概念より、現在のコンピュータでも難しい計算ができるとされています。



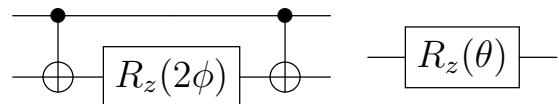
カーネル函数

単純な SVM では線型な分類境界しか作れないため、カーネル函数の導入で複雑な分類境界を作ります。

$$\mathbf{x}_i^T \mathbf{x}_j \Rightarrow \mathcal{K}(\mathbf{x}_i, \mathbf{x}_j) := \varphi(\mathbf{x}_i)^T \varphi(\mathbf{x}_j) \quad (1)$$

良いカーネル函数を撰ぶことで、難しい識別問題も解けるようになります。

次のゲート操作を組み合わせると**量子カーネル函数**を作ります。



仮想 QSVM による分類

古典コンピュータで再現した **QSVM** での MNIST 画像分類 ⇒ **70%** の正答率

参考文献

- [1] Havlíček, V. et al. Supervised learning with quantum-enhanced feature spaces. Nature 567, 209–212 (2019).
- [2] 竹内一郎, 鳥山昌幸 (2015). 『サポートベクトルマシン』 講談社