

# ボルツマンマシン

## ～ データからのモデル発掘法 ～

安田 宗樹

東北大学 大学院情報科学研究科

ボルツマンマシン (Boltzmann machine) は 1980 年代に提案された相互結合型の確率的ニューラルネットワークモデルである (図 1)。統計力学を中心に古くから研究のおこなわれてきたイジング模型との数理的類似性から、物理と情報科学の両方面から様々なアプローチを受けてきたという背景をもつ。ボルツマンマシンのひとつの主要な目的が『学習 (learning)』である (情報科学分野では「機械学習 (machine learning)」と呼ばれ、物理分野では「逆イジング問題 (inverse Ising problem)」と呼ばれている)。学習とは端的には観測データから確率モデルのパラメータを決定することと言え、統計学的には逆問題と呼ばれるものに相当する。

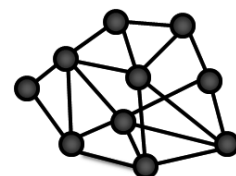


図 1: Boltzmann machine .

例えば、ある磁場のパラメータと相互作用のパラメータをもったイジング模型が与えられたとしよう。磁場のパラメータと相互作用のパラメータの値がひとたび決定されれば、個々のスピン配位に対する出現確率は決定されるため、磁化や帯磁率などに相当する統計量が (原理的には) 計算可能である。これは、与えられた確率モデルから統計量を決定するという課題に対応しており、統計的順問題と呼ばれる。この課題の逆を考えるのが学習である。すなわち、「まず最初に (磁化や帯磁率などの) 統計量が与えられて、その統計量を実現する (磁場や相互作用などの) モデルパラメータを決定する」問題である (図 2)。イジング模型の統計量

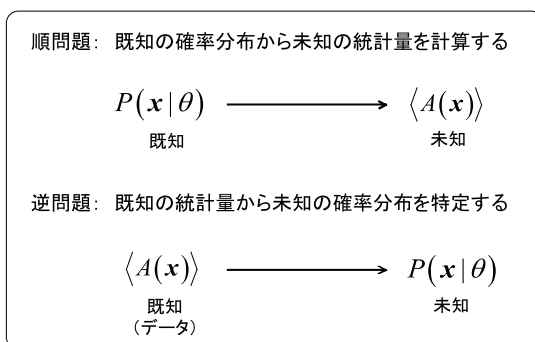


図 2: 順問題と逆問題 (学習) の概略。

の計算は“原理的には可能”と言ったが、計算量の問題から、もちろん一般にはとても難しい問題であるということはよく知られている。同様にその逆に相当する学習も計算量的に困難な問題となっているため、物理学における平均場近似法をはじめとした方法や、統計学的な近似法を基礎とした方法などボルツマンマシンに対する近似学習法の数々が提案されてきており、それは今日でも尚続いている。

本講演ではボルツマンマシンのひとつの基礎付けである最大エントロピーの原理から出発し、ボルツマンマシンの学習の最近の動向を含め解説する予定である。