

公益の風 #27

東北公益文科大学 准教授

西村 まどか



自然界はそもそもシミュレーションであるべき、という観点から現象を表すのが理論物理です。台車と床の間には摩擦がなく等速に滑り続ける、あるいは、ブランコが揺れ続ける、などの状態を表す微分方程式を立てます。実際には、台車は速度を落とし、やがて止まります。ブランコは、上端で足を蹴ることで、少しずつ大きく揺れるようになります。これらの現象は、微分方程式に、小さな項を与えて解き直すことにより得られます。運動は最終的に元の状態から変化しているようすを記述しています。

水は温度が十分高ければ蒸気になり、十分低ければ氷になるなど、温度

深層学習と物理学

とよばれる物理量一つの計測だけで物質の変化の状態を予測することができています。多数同種の粒子が集まったとみなすと、統計的に取り扱うことが可能になり、微分方程式により現象を記述することができるようになります。さらに議論を進めて粒子固有の物理量まで考慮した状態も扱うことができます。

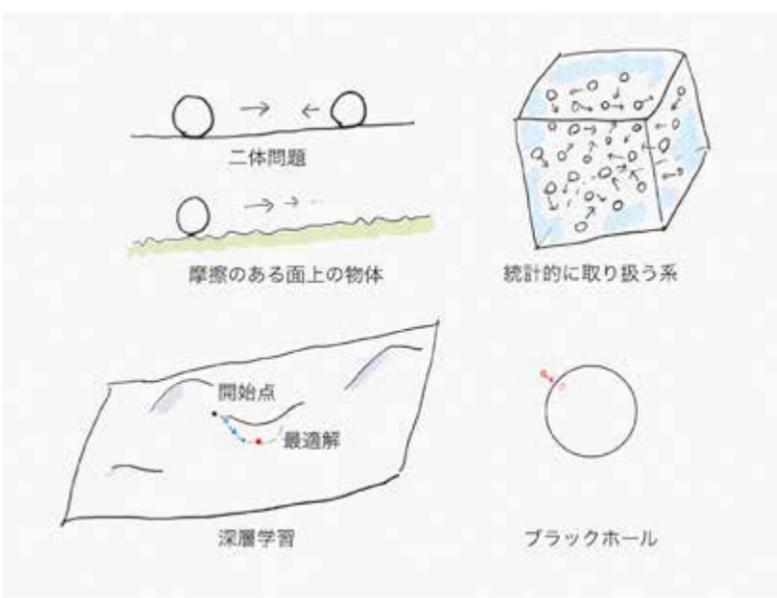
理論物理では単純化した方程式を導き、その厳密解を求めることがある種のゴールであったわけですが、しかしながら二体より数の多い物体の衝突に関しては数値計算で再現するしかありません。ただし、十分に大きな数存在する系に対しては、微視的な状態の記述から統計的、あるいは確率的に記述することで、少ない物理量で微分方程式を得ることが出来ます。この振る舞いを微視的に再現するには、数値計算による微分方程式が必要になります。

物理の分野では、数値計算に機械学習の手法が適用されるようになりました。実験結果の物理量を数値解析の手法で取り扱うのです。特に、深層学習の技術が確立されて以降は深層学習を物理学に適用する研究が盛んに行われています。実験や観測データについて画像

処理技術を利用し撮影画像を分析することのみならず、理論でも、深層学習理論により理論物理の特定の現象を記述できる可能性を探っています。深層学習ではニューラルネットワークと呼ばれる神経を模した小さな回路を多数並べさらに多層に組み合わせることで計算を行います。画像認識などに利用された非線形な回路を用いて物理現象を記述できると議論されています。例えば、状態変化を表す相転移について、2次元では厳密解が知られている格子模型の相転移を機械学習の分類問題として取り扱う試みなどが知られています。熱統計

力学で用いている考え方を数理最適化問題に適用しています。

素粒子理論で扱うブラックホールの物理では、計算機科学の情報量の考え方をもち、統計熱力学をブラックホールの熱力学に拡張することによって、微視的な状態を記述できるようになりました。ブラックホールは超弦理論において、ホログラフィ予想により、重力理論のつくる時空の境界上にある量子色力学を記述できるとされ、ここに深層学習を応用する議論が進んでいます。未知の現象を捉えるための理論物理に新たなツールが加わったのです。



物理学に数値解析を行う例と深層学習の最適化問題のイメージ