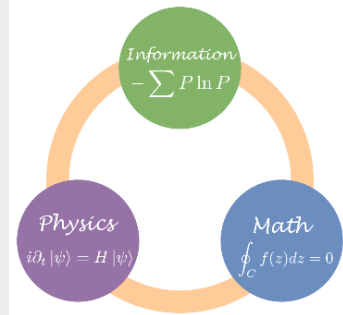


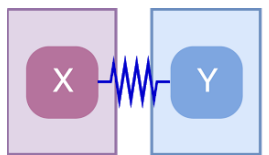
指導教員	長谷川禎彦准教授	研究場所	本郷	研究分野	情報熱力学・量子熱力学
------	----------	------	----	------	-------------

Hasegawa Laboratory

長谷川研究室では、**情報・物理横断的**で、これらの分野個々では今まで扱われなかった広い分野の現象を対象としています。近年、数理手法の発達や、計算機科学の発展により、要素が複雑に相互作用を及ぼしあう高自由度を持つ現象、生物の振動現象をはじめとした強い非線形性を有する現象、平衡から遠く離れた状態の解明が可能になってきました。このような問題の解明には、情報科学や物理学の最先端の理論が必要とされており、21世紀の重要な課題となっております。長谷川研究室では、**情報-物理**という分野横断的な研究を、確率過程、機械学習、量子力学、情報熱力学などの理論を用いて行っております。



情報熱力学



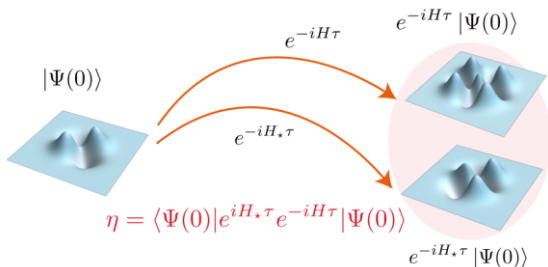
$$\Delta S[X] + \frac{\Delta Q[X]}{T} \geq -\Delta I[X; Y]$$



$$\Delta S[X, Y] + \frac{\Delta Q[X, Y]}{T} \geq 0$$

熱力学におけるエントロピーと、情報科学におけるエントロピーが本質的に同じであることからわかるように、熱力学と情報科学には接点がありますが、近年理論面でも両者は急速に接近しつつあります。本研究室では**情報熱力学**と呼ばれる理論を用いて、情報科学の問題を解析する研究を行っています。「高い精度を得るためには、多くのエネルギーが必要である。」この事実には感覚的には全ての人々が理解してはいますが、理論的には明らかになっていませんでした。近年、「**熱力学不確定性関係**」と呼ばれる関係式が明らかとなり、エネルギーと精度の関係が定量的に評価可能になってきました。本研究室では、**情報推定理論に基づく熱力学不確定性関係**を提唱し、遅延系、外部入力のある系、量子系など今まで知られていなかった多くの関係式を発見しております。特に、量子熱力学不確定性関係においては、**世界の最先端**を走っております。精度とエネルギーの関係は、将来の量子コンピュータでは重要な役割を担うと考えています。

量子熱力学



量子熱力学は原子やスピンなどの量子レベルにおける熱や仕事に関する研究です。特に、歴史的に量子熱力学は量子情報との関連が深く、量子情報における理論が広く用いられています。本研究室では量子推定理論や量子情報を用いて、量子系における**精度限界**や、量子系における**エントロピー生成限界**について研究しています。このような研究は、近年急速に発展する量子コンピュータの理解のためには不可欠な理論です。また、量子的な性質を用いた機械学習アルゴリズムの研究も近年力を入れております。

機械学習と物理

最新の非平衡熱力学の知見を取り入れることで、機械学習のアルゴリズムを改良することができます。例えば、本研究室では、サンプリングのアルゴリズムに**非平衡熱力学で発見されたJarzynski等式**の理論を応用することで、高速にサンプリングする方法をしております。また、量子的な性質を用いて機械学習のアルゴリズムを高速化する研究も行っております。

