

平成30年度 情報工学コース卒業研究報告要旨

楫 研究室	氏 名	厚見 周
卒業研究題目	カードシャッフルにより生成されるエントロピーの評価	
<p>カードシャッフルとは、カードの束を混ぜることによって乱雑さを生成する物理的操作である。この物理操作にはカットシャッフル、ヒンズーシャッフル、リフルシャッフルなどのいくつかの方式が存在し、シャッフル回数に対するカードの混ざり具合の変化は、それぞれ異なる特徴を有することが知られている。カードシャッフルに関する研究はいくつか存在するが、まだ解明されていないことも多く、さらなる研究が待たれるところである。欧米で一般的に用いられるリフルシャッフルに対しては、ギルバートらによる先駆的な研究をはじめ、いくつかの研究成果が知られている。しかし、これらの研究ではリフルシャッフルの操作を高度に抽象化・一般化し、人の手で行うことができない（あるいは非常に手間のかかる）操作をシャッフルと定義して数学的な議論を行っているため、その成果を実用的な文脈において解釈することは困難である。対象となるシャッフルの種類を拡大し、現実に近い形でシャッフル操作を定義した研究もあるが、実験的な手段により得られた模擬結果を主観的に評価する段階でとどまっており、カードの「混ざり方」を定量的に評価する結果には至っていない。</p> <p>以上のような既存研究の課題を踏まえ、本研究では、カットシャッフルとヒンズーシャッフルを対象とし、人間の手によるシャッフル操作を簡易的にモデル化したうえで、カードの混ざり具合をエントロピーによって定量的に評価することを考える。人間の手による操作を想定する場合、リフルシャッフルに関する一連の研究が仮定する「操作の一様性」が成り立たないため、数学的な解析を行うことが非常に困難となり、実験的なアプローチを取らざるを得ない。一方、エントロピーを計算するためには、可能なカードの並び方全てについて生起確率を求める必要があるため、単純な模擬実験より、格段に大きな計算量が必要となる。そこで本研究では、カードプロトコルで想定される5枚から10枚程度のカード組を対象とし、シャッフル操作を繰り返すことで、エントロピーがどのように増加するかを観察した。カットシャッフルに関する取り組みでは、正規分布に従って山札のカット位置を決定するよう操作をモデル化している。ヒンズーシャッフルに関する取り組みでは、正規分布をさらに単純化した確率分布を考え、さらに、山札からカードを抜き出す位置の一端についても制限を加える形で、シャッフル操作のモデル化を行っている。カード枚数が少ないため、確率分布の離散化により生じる影響が色濃く現れるが、シャッフル操作の繰り返しにより、エントロピーが最大値に漸近する様子を確認することができた。これらの結果は、カードプロトコルの安全性に関する議論に対し貢献するだけでなく、本研究の取り組みを拡大することにより、一般的なカードゲームの公平さの評価指標を与えることができるかと期待される。</p>		