

量子干渉システムによる相関均衡の実現

Realizing correlated equilibrium by quantum interference

東京大情報理工¹, グルノーブルアルプス大²○(M1)白鳥 帆香¹, (M2)新川 浩彬¹, André Röhm¹,Guillaume Bachelier², Jonathan Laurent², 巳鼻 孝朋¹, 堀崎 遼一¹, 成瀬 誠¹Grad. School of Info. Sci. & Technol., Univ. Tokyo¹, Univ. Grenoble Alpes²°Honoka Shiratori¹, Hiroaki Shinkawa¹, André Röhm¹,Guillaume Bachelier², Jonathan Laurent², Takatomo Mihana¹, Ryoichi Horisaki¹, Makoto Naruse¹

適切な集団的意思決定の実現は情報通信や日常生活など様々な場面で重要である。先行研究では量子干渉を用いた集団的意思決定システムを考案した。複数プレイヤーが常に対等に扱われ、各選択肢の組の選択確率を表す確率行列が対称となる対称なシステム[1]と、非対等な扱いが可能で非対称な確率行率が得られる非対称なシステムがある。相関均衡とは、第三者がある確率行列に基づきプレイヤーに選ぶべき選択肢を命じるとする場合に、命令に従うことがプレイヤーにとって合理的となる確率行列である。相関均衡が成り立つことは、競合する企業同士などが合意を守り、協力する動機となると考えられている[2]。

本研究の目的は、量子干渉による意思決定システムを応用して相関均衡を出力することである。先行研究では暗号で相関均衡を実現することが一般的だったが[2]、光の量子的性質を用いることで量子の安全性を活用することが可能となる。そのために三つの方法を考え、数値実験を行い、各手法でいくつの行列を作成できるかを定量的に分析した。具体的には、要素の和が1で各要素が0.05刻みの2行2列行列中何%を作成できるかを計算した。

相関均衡を出力する第一の方法は、実現したい相関均衡よりも大きい行列を量子システムで実

現し、適切な要素の和を取ることで相関均衡を再構成するものである (Fig. 1)。対称な量子干渉システムを用いて再構成すると59.7%の行列を作成できる (Fig. 3a)。第二の方法として非対称な量子干渉システムに時間遅れを導入した。時間遅れの導入により、量子干渉が生じるタイミングと生じないタイミングが生まれ、確率行列を合成することができる。この方法では59.7%の行列を作成できる (Fig. 3b)。第三に量子干渉システムで光が不検出の場合に人工的な乱数で作成した確率行列を用いる方法を考え (Fig. 2)、96.5%の行列を構成できた (Fig. 3c)。

Original matrix we created by asymmetric OAM system		+	loss *	Additional matrix to utilize loss efficiently	
p_{11}	p_{12}			$y \cdot z$	$\frac{1-z}{2}$
p_{21}	p_{22}		$\frac{1-y}{2}$	$(1-y) \cdot z$	
				$0 \leq y, x \leq 1$	

Fig. 2, The use of artificial matrix.

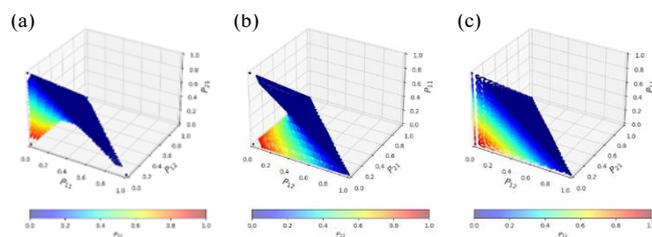


Fig. 3, Matrices made by the three methods.

(a) The first method, (b) the second method, (c) the third method.



Fig. 1, Correlated equilibrium reconstruction by enlarged matrix.

謝辞: 本研究の一部は JST CREST(JPMJCR17N2), JSPS 科研費(JP20H00233, JP22H05197), UTokyo-CNRS Excellence Science Program の支援を受けた。参考文献: [1] T. Amakasu, et al. Sci Rep:11, 21117 (2021).

[2] V. Teague. *International Conference on Financial Cryptography* (pp. 181-195). (2004)