

光の軌道角運動量とエンタングルメントを用いた確率的意思決定

Probabilistic decision making by orbital angular momentum and entanglement of photons

東大工¹, 東大情理², グルノーブルアルプス大³,

○(B) 甘粕 隆志¹, Nicolas Chauvet^{1,2}, Guillaume Bachelier³, Serge Huant³, 堀崎 遼一^{1,2}, 成瀬 誠^{1,2}

Faculty of Eng., Univ. Tokyo¹, Information Physics and Computing, Univ. Tokyo², Univ. Grenoble³

○(B) T. Amakasu¹, N. Chauvet^{1,2}, G. Bachelier³, S. Huant³, R. Horisaki^{1,2}, M. Naruse^{1,2}

E-mail: amakasutakashi@gmail.com

報酬が未知の選択肢に対して探索と知識利用を行いながらプレイヤーが意思決定を行っていく問題は、バンディット問題として知られ、選択肢を確率的に選択することで環境変化に対して頑健な方策となる。Naruse らは光の偏光を用いて2つの選択肢からの確率的選択を実現し、バンディット問題への応用可能性を実証している¹⁾。さらに、Chauvet らは複数のプレイヤーが参加する競合的バンディット問題に対して、偏光がエンタングルした光子対を用いることで競合を回避し、平等性を保ちながら高報酬を達成するシステムを実証した²⁾。しかし、偏光を用いた場合の自由度は原則として水平及び垂直偏光の2つに制限され、システムの拡張性に課題があった。偏光以外の光の自由度として、光の軌道角運動量 (orbital angular momentum; OAM) は量子数 (整数) によって定まる直交した状態の重ね合わせで表すことができる。本研究では理論的には自由度に制限のない OAM を用いることで、3つ以上の選択肢からの確率的選択を実現するシステム構成を示し、バンディット問題及び競合的バンディット問題への応用可能性を示す。

図2に、競合的バンディット問題において、従来の方法とエンタングル状態の OAM を用いたシステムによって達成できる報酬をシミュレーションによって比較した結果を示した。OAM のエンタングルを用いたシステムにより、プレイヤー間の直接的な通信を行わずに3つ以上の選択肢から競合を回避した意思決定ができ、平等性を保ちながら高報酬を達成可能であることが示された。

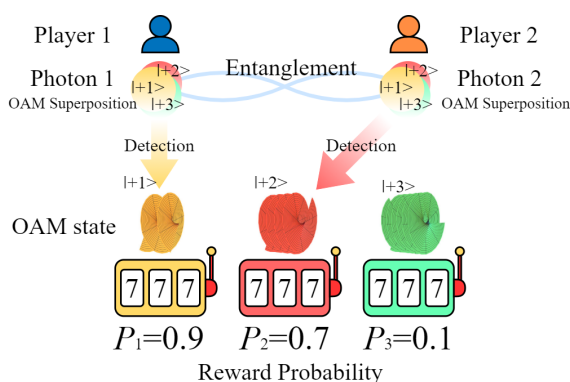


Figure 1: Player 1 and 2 always select different machines as Photon 1 and Photon 2 are entangled.

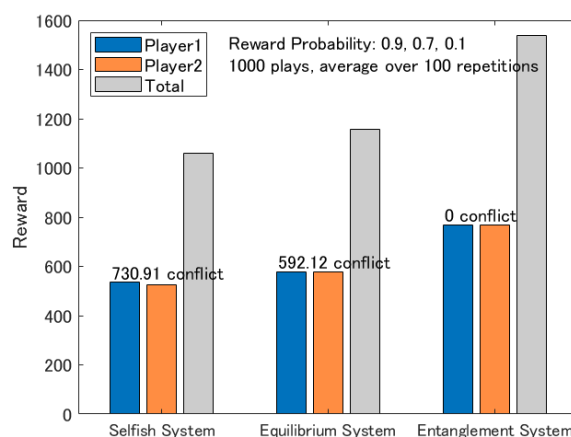


Figure 2: Entanglement system achieves fairness and higher reward than other systems.

謝辞：本研究の一部は JST CREST(JPMJCR17N2)、JSPS 科研費 (JP20H00233) の支援を受けた。

参考文献 1) M.Naruse, *et al.* Single-photon decision maker, *Sci. Rep.* **5**, 13253 (2015).

2) N. Chauvet, *et al.* Entangled-photon decision maker, *Sci. Rep.* **9**, 12229 (2019).