

アリスは秘密を記した日記を処分したい。ボブはその秘密を狙う天才技術者で、燃えた紙、壊れたハードディスクなど、どんな物体からも情報の復元ができる。アリスは、究極の手段として近くのブラックホールに、日記を捨てるのだが。

ブラックホールから情報が取得できることは、ホーキング博士により1970年代に証明された。量子力学的真空ゆらぎからトンネル効果により粒子がブラックホールの事象地平線付近で対生成され、できた二つの粒子の一方が地平線に落ち、片方が外へ放射される。この現象は

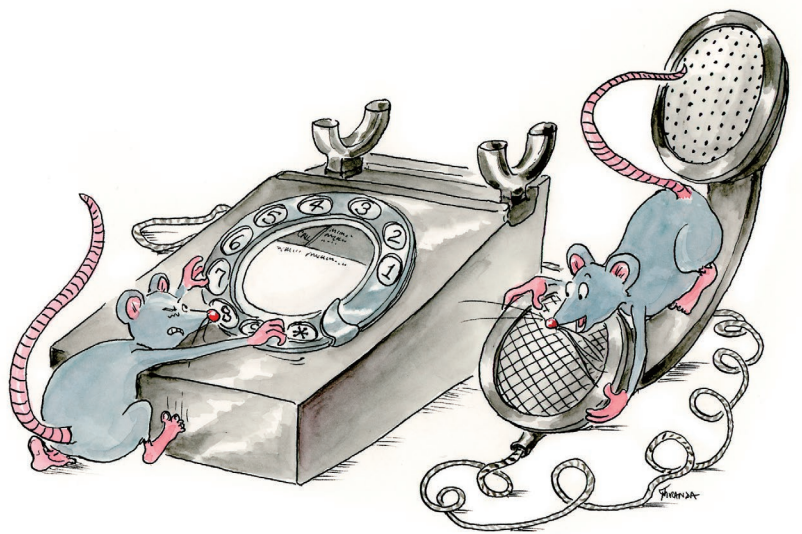
ホール消失前には計算は終われないと見積もられ、矛盾はしないが、途方もない時間を待たなくてはならない。

では、意を決しブラックホールに飛び込んだ²⁾らうだろうか。ホーキング放射とスクランブル状態の“量子もつれ”、内部での観測と合わせると、日記の再現は比較的速くできることが分かっている。しかし、この場合も、ボブがブラックホールの特異点に落ちるまでには、計算を終えないだろうというのが最新の予想である。

つまり、いずれのケースも「計算複雑性」により物理法則である量子複製不可能定理との矛盾を回避してい

数 | 理 | の | 窓

ブラックホールに落ちた秘密を再現できるか



ホーキング放射と呼ばれる。ブラックホール自体は質量エネルギー保存則から徐々に質量を失い、およそ10の67乗年もすると消失すると予想される。

物理学者のヘイデンとプレスキルは、量子状態になった日記の情報を含むホーキング放射のすべてを、量子メモリーデバイスに記録すると、“計算上”は日記の再構築ができることを示した。この時「量子複製不可能定理¹⁾」を守らなくてはならない。この定理は、再構築した日記と、内部に留まった日記と、2つのコピーが存在することを禁止する。ただし、2つを同時に観測し、情報を得る観測者がいない場合は矛盾しないと考えてもよい。

まず、ブラックホールの外で観測した場合、ボブは日記の復元に“指数関数的”計算時間を要する。ブラック

ホール内部には計算複雑性の鎧で守られている』が導かれる。ブラックホール量子重力理論は、実験による検証が困難なため、思考実験とその解釈、数学的美しさが重視される。

ところで、アリスの日記には若き日のボブへの好意が綴られていたのだが、時空を超えて想いが伝わるシナリオはあるだろうか。

(外園 康智)

- 1) 量子複製不可能定理は、任意の量子情報のコピーを禁止する。量子コンピューターの開発に不可欠な“誤り訂正”が難しい要因の1つ。
- 2) ブラックホール内部に“ファイヤーウォール”があり、情報を持ったまま観測者は越えられないという説もある。