

量子と光 レポート問題

担当教員：沙川貴大

(2014年度冬学期・金5)

$|x\rangle$ と $|y\rangle$ を、それぞれ x 方向と y 方向に偏光が定まった一光子の量子状態とする。また、それらと $\pi/4$ の角度をなす方向 x' と y' に偏光が定まった状態を、それぞれ

$$|x'\rangle = \frac{1}{\sqrt{2}}(|x\rangle + |y\rangle), \quad |y'\rangle = \frac{1}{\sqrt{2}}(-|x\rangle + |y\rangle) \quad (1)$$

とする。

さて、お互いに離れた地点にいるアリスとボブが、二つの光子を一つずつ持っているとする。さらに、その二光子の偏光状態は、EPR 状態

$$|\text{EPR}\rangle = \frac{1}{\sqrt{2}}(|x\rangle|y\rangle - |y\rangle|x\rangle) \quad (2)$$

であるとする。ここで、左側のベクトルが、アリスの光子の状態を表す。ここでアリスは、

(i) 偏光が (x, y) のどちらかを知る測定 (たとえば光子を x 方向の偏光板に通す測定)、または

(ii) 偏光が (x', y') のどちらかを知る測定 (たとえば光子を x' 方向の偏光板に通す測定)、のどちらかを行う。(i) と (ii) の測定のどちらを行うかは、ボブには事前に知らされていないとする。このとき、アリスが実際に測定した瞬間に、アリスがどちらの測定をしたかをボブが知ることができるだろうか。もしこれができたら、アリスは (i) の測定をするか (ii) の測定をするかを選ぶことで、(i) か (ii) かの 1 ビットに対応した情報を、光速より速くボブに送ってしまう。そうすると、特殊相対性理論と矛盾してしまう!

もちろん実際には、この方法では光速より速く情報を送れない。すなわち、アリスがどちらの測定をしたのか、その瞬間にボブが知ることが出来ない。これはなぜか、数式を使いながら自分の言葉で説明せよ。