

U10c エネルギー条件の半古典論的再考

山口知与(日本大学), 椎野克(東京工業大学)

ワームホールやタイムマシンといったSFでも良く出て来る浪漫はエネルギー条件というエネルギー密度テンソルに対する制限より実現不可能とされている。これをエネルギー条件という。強弱あるが要はエネルギー密度が負となることはないことなどを表している。

$$\int_{\gamma} T_{ab} k^a k^b \geq 0 \quad (\gamma \text{ は非空間的測地線, } k^a, k^b \text{ は } \gamma \text{ の接ベクトル})$$

ところが実際には場の量子化を考えると真空もエネルギーを持つため、カシミア効果による負エネルギーなどが知られている。カシミア効果は極めて近い金属板間とその外の真空密度の違いにより生じるので、又ル測地線上のエネルギー条件のみ考えれば良い。重力により時空が曲がることで、光子の進みも経路により異なり目的地に到達する時間が変わって来る。つまり通常の光的測地線はchronal(時間的差異がある)。カシミア効果もchronalな測地線上での話である。

するとachronalな光的測地線ではエネルギー条件が成立すること(N.Graham,K.Olum)やそういった測地線はコーシー地平面上にあること(G.J. Galloway)が提唱された。そこで、A.C. Wallは2008年に、重力場を \hbar で摂動展開し、コーシー地平面上でのBH熱力学第二法則よりachronalな光的測地線上で平均化されたエネルギー条件が成立することを確認した。しかし、これはそもそもエネルギー条件が成り立たない測地線を除いて考えているので、エネルギー条件を真に再考したとは言い難い。

そこで、測地線束の挙動の関係式であるRaychudhuri方程式を使い、同様に摂動展開し \hbar^1 次場でのエネルギー条件式を求めてみた。定常で軸対象な事象の地平面を仮定した所、通常の場合と一致した。