

素粒子物理学における重要な離散対称性 (有限群  $Z_2$ )

空間反転  $P$  (パリティ変換, Parity transformation) :  $\mathbf{x} \rightarrow -\mathbf{x}$  という変換。  
(例) 4元ベクトルについては、 $V^\mu = (V^0, \mathbf{V}) \rightarrow (V^0, -\mathbf{V})$ 。

荷電共役変換  $C$  (charge conjugation) : 粒子と反粒子を入れ換える変換。

時間反転  $T$  (time reversal) :  $t \rightarrow -t$  という変換。

$P, C, T$  の性質

$P$  と  $C$  は、ユニタリー演算子、 $T$  は反ユニタリー演算子で表現できる。

$P, C, T$  は、有限群  $Z_2 = \{1, -1\}$  の元であり、 $P^2 = C^2 = T^2 = 1$  を満たす。従って、それらの固有値は、1 か  $-1$  のいずれか。

CPT 定理 : 狭義ローレンツ不変で局所的な量子場の理論では、 $CPT = 1$  が成立する。

強い相互作用と電磁相互作用は、 $P, C, T$  のいずれに関しても不変である。弱い相互作用は、 $P$  も  $C$  大きく破るが、 $CP$  に関しては良い近似で不変性が成り立つ。

スピン  $J$ , パリティ  $P$ , 荷電共役  $C$

素粒子や複合粒子系であるハドロンなどは、スピンの大きさ  $J$  やパリティ  $P$  などの量子数によって特徴付けられ、通常これらの量子数は、 $J^P$  と表記される。また、荷電共役  $C$  の固有状態 (即ち、中性でチャージを持たない粒子) については、 $J^{PC}$  と表記されることもある。尚、粒子のパリティは、幾分相対的な概念であり、通常、 $p, n, \Lambda$  のパリティを正にとる。これは、分類上の合理的な理由はあるものの、基本的には定義である。他のバリオンや中間子のパリティは、パリティ保存の前提の下に、強い相互作用や電磁相互作用の反応から決定される。尚、クォークと反クォークのパリティは相対的に負なので、クォーク模型では、中間子のように、クォークと反クォークの軌道角運動量  $L$  の束縛状態のパリティは、 $-(-)^L$  になる。

粒子の  $J^{PC}$  量子数の例

光子 ( $\gamma$ ) :  $J^{PC} = 1^{--}$ ,  $W^\pm, Z^0$ , グルーオン ( $g$ ) :  $J^P = 1^-$

陽子 ( $p$ ), 中性子 ( $n$ ),  $\Lambda$  :  $J^P = \frac{1}{2}^+$

$\pi^0$  :  $J^{PC} = 0^{-+}$ ,  $\pi^\pm, K^\pm, K^0 (= \bar{s}d), \bar{K}^0 (= \bar{d}s)$  :  $J^P = 0^-$ ,

$\rho^0$  :  $J^{PC} = 1^{--}$ ,  $\rho^\pm$  :  $J^P = 1^-$ ,  $\omega$  :  $J^{PC} = 1^{--}$

グルーボール (グルーオンのみの束縛状態) :  $J^{PC} = 0^{++}, 2^{++}$  など