

2008年ノーベル賞

現代物理

相対論
量子論

時空
物質



の新たな概念を構築

場(field)の考え方

現在の物理学へ

系の母関数
(ラグランジアン)

運動方程式

対称性

保存則



南部陽一郎

for the discovery of the mechanism of
spontaneous broken symmetry in
subatomic physics



小林誠、益川敏英

for the discovery of the origin of the **broken symmetry**
which predicts the existence of at least **three families of**
quarks in nature

南部 自発的対称性の破れ

強い相互作用の解明 = 物質生成の起源

Clay数学研究所の2000年問題

<http://www.claymath.org/millennium/>

★質量の起源

★クォークの閉じこめ

★カイラル対称性の自発的破れ

クォークの質量 5 ~ 10 MeV

$$E = mc^2$$

核子の質量 940 MeV

90 %以上が相互作用(力)によってもたらされている

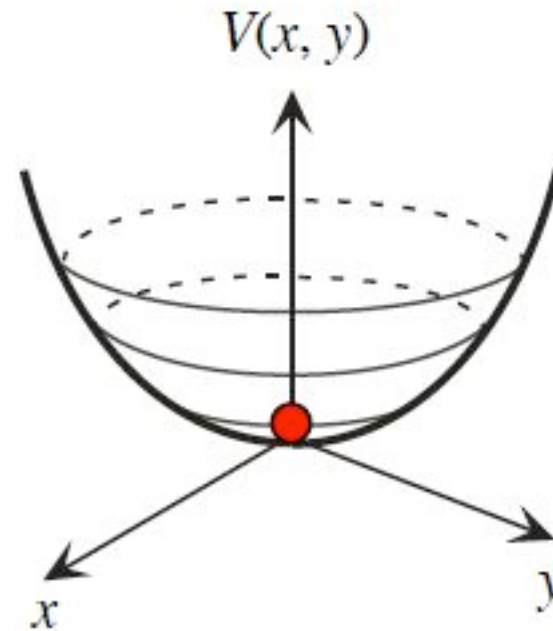
真空とその周りの運動

ポテンシャルエネルギーの最低点

$$V(x, y) = (x^2 + y^2)^2 + a(x^2 + y^2)$$

a が正の場合

真空からどちらに進んでも
同じ
=>
対称性がある



真空とその周りの運動

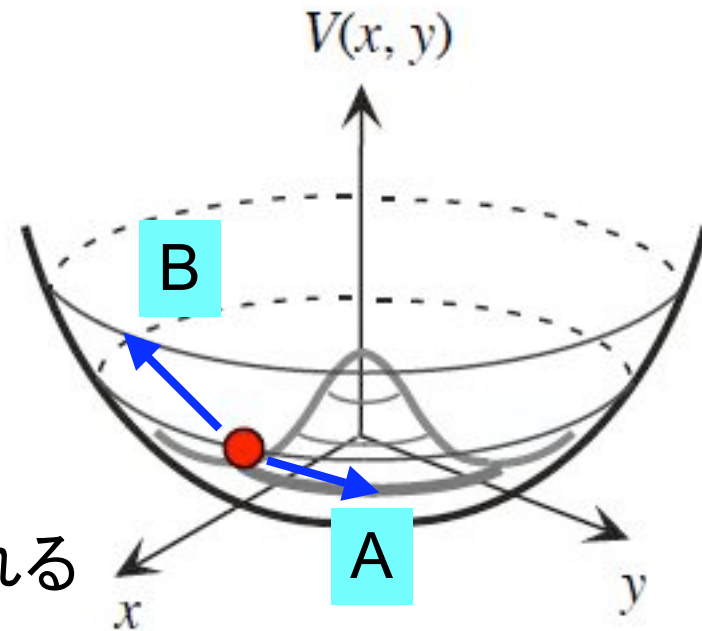
ポテンシャルエネルギーの最低点

$$V(x, y) = (x^2 + y^2)^2 + a(x^2 + y^2)$$

a が負の場合

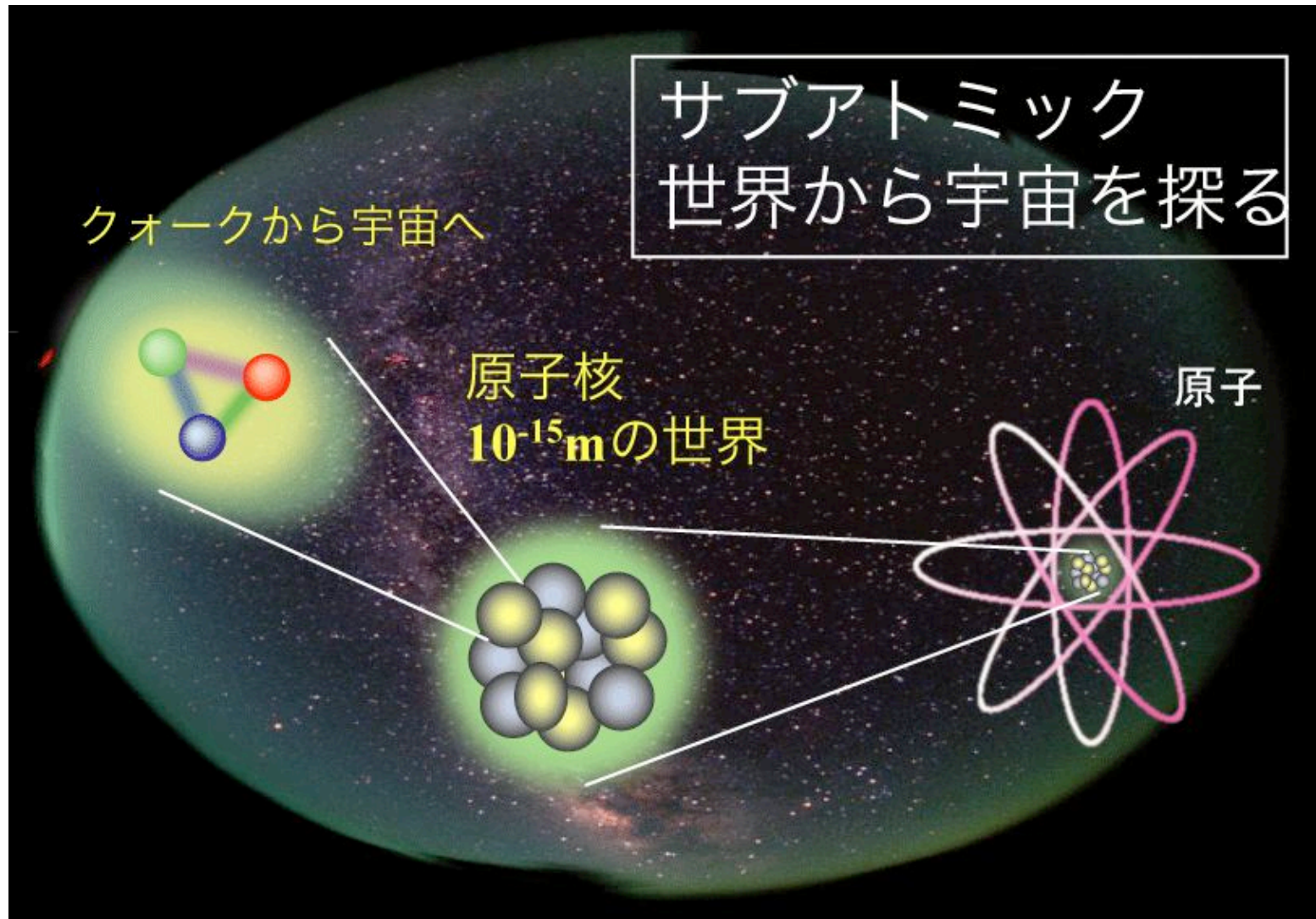
真空から
Aに進む = 平ら
Bに進む = 坂を上る

違いが生じる = 対称性が破れる



小林一益川 CP対称性の破れとクォークの数(世代)

物質の最小単位



物質の最小単位

	1 世代	2 世代	3 世代
クォーク	u	c	b
	d	s	t
レプトン	e	μ	τ
	ν_e	ν_μ	ν_τ

粒子と反粒子

物理法則は、**粒子・反粒子**の間の対称性を維持？
相対論と量子論の帰結

わずかながら破れている

宇宙に反物質がない

さらにクォークの種類に関係

3世代を結ぶ行列

$(u, c, t) \leftrightarrow (d, s, b)$ 複素数波動関数

量子論

$$\begin{pmatrix} d^* & s^* & b^* \end{pmatrix} \begin{pmatrix} V_{11} & V_{12} & V_{13} \\ V_{21} & V_{22} & V_{23} \\ V_{31} & V_{32} & V_{33} \end{pmatrix} \begin{pmatrix} u \\ c \\ t \end{pmatrix}$$

CKM行列(ユニタリ)

$$V_{ij} = V_{ji}^*$$

N^2 個の実数で表現できる

2x2の場合

$$\begin{pmatrix} d^* & s^* \end{pmatrix} \begin{pmatrix} \cos \theta & -e^{i\alpha} \sin \theta \\ e^{i\beta} \sin \theta & e^{i\gamma} \cos \theta \end{pmatrix} \begin{pmatrix} u \\ c \end{pmatrix} \quad \begin{array}{l} \theta, \alpha, \beta, \gamma \\ 4つの実数 \end{array}$$

$$\begin{array}{l} u \\ c \\ d \\ s \end{array} \rightarrow \begin{array}{l} e^{ix} u \\ e^{iy} c \\ e^{iz} d \\ e^{iw} s \end{array}$$

と再定義することで、 α, β, γ
を消去することが出来る

CKM行列は実数で
CPの破れを引き起こさない

一般に

N^2 個の実数の内

$N(N-1)/2$ 個は角度
 $2N-1$ 個は位相で吸収できる

残りの $N^2 - [N(N-1)/2 + (2N-1)]$
 $= (N-1)(N-2)/2$ 個
が複素位相となりCP対称性を破る

$N \geq 3$ であればよい \Rightarrow クォークは3世代