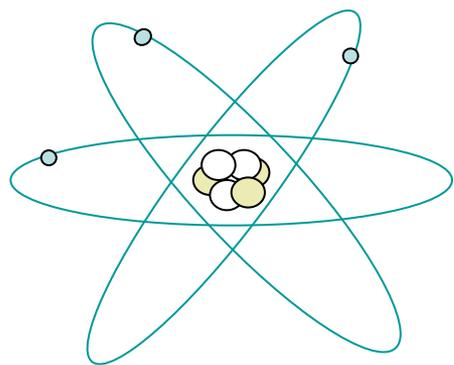
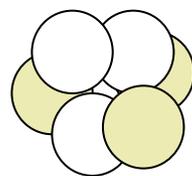


研究内容の紹介

小林 誠
益川 敏英



10^{-8} cm



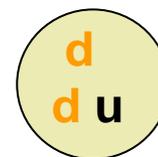
原子核



10^{-13} cm



陽子 (p)



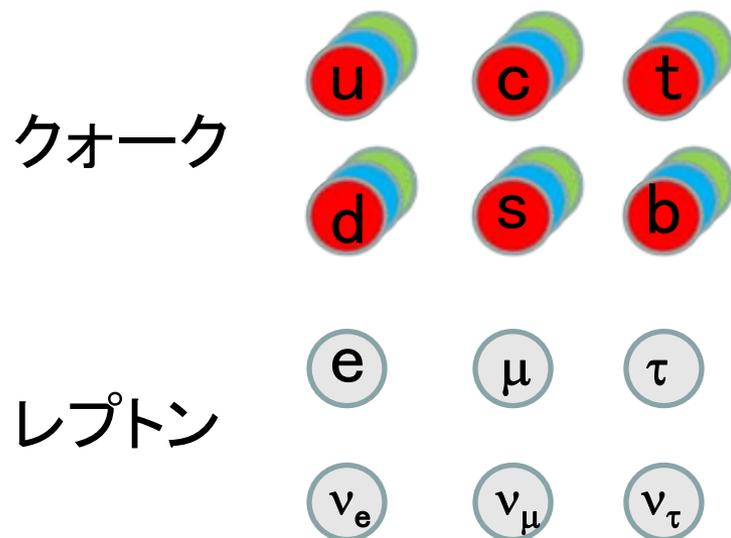
中性子 (n)



10^{-14} cm

標準模型

基本粒子



基本的な相互作用

- 強い相互作用
- 電磁相互作用
- 弱い相互作用

標準模型: 1970年代に成立

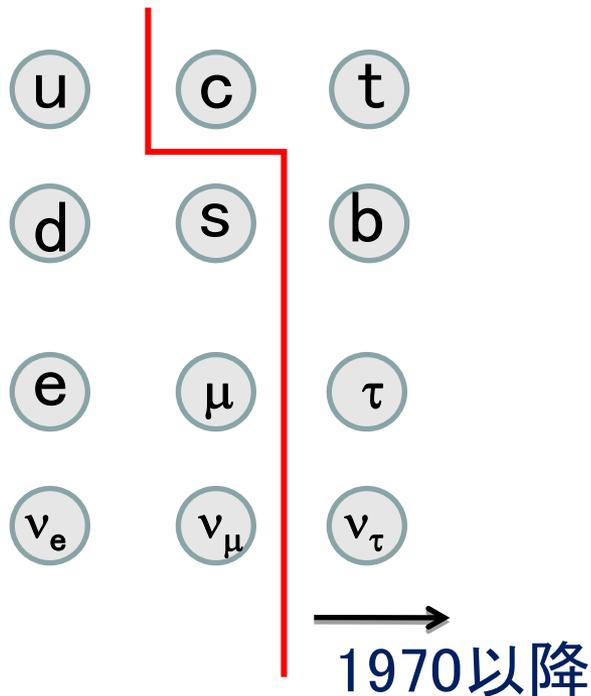
- ゲージ理論の進展 1971 't Hooft

電磁相互作用

弱い相互作用

強い相互作用

- 新粒子の発見



1973 小林・益川
6元クォーク模型

粒子と反粒子

粒子には対応する反粒子が存在する

粒子と反粒子の質量は等しい

粒子と反粒子の電荷は符号が反対

電子 e^- \Leftrightarrow 陽電子 e^+

陽子 p \Leftrightarrow 反陽子 \bar{p}

中性子 n \Leftrightarrow 反中性子 \bar{n}

反粒子が実際に使われている例

PET (陽電子放射断層写真)

CP対称性の破れ

粒子と反粒子の性質に本質的な違いがあること

粒子と反粒子は鏡に映したように対称な存在と思われていた

⇒ 1964 CP対称性の破れの発見

Christenson, Cronin, Fitch, Turlay

$$BR(K_L \rightarrow \pi^+ \pi^-) = (2.0 \pm 0.4) \times 10^{-3}$$

1971 't Hooft :一般化されたゲージ理論のくりこみ理論

→ 電磁相互作用と弱い相互作用の統一理論

(Weinberg-Salam-Glashow理論)

1973 Kobayashi, Maskawa

ゲージ理論の枠組みでCPの破れをどう説明するか

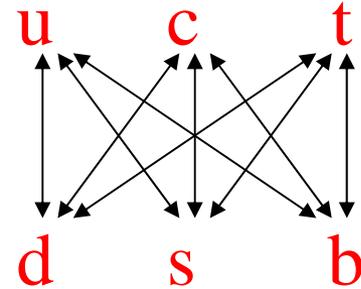
結論

- 4元模型では不可能
- 未知の粒子が存在するはず
- 一つの可能性として6元模型が考えられる

6元クォーク模型

$$\begin{pmatrix} u \\ d' \end{pmatrix} \quad \begin{pmatrix} c \\ s' \end{pmatrix} \quad \begin{pmatrix} t \\ b' \end{pmatrix}$$

$$\begin{pmatrix} d' \\ s' \\ b' \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} V_{ud} & V_{us} & V_{ub} \\ V_{cd} & V_{cs} & V_{cb} \\ V_{td} & V_{ts} & V_{tb} \end{pmatrix} \begin{pmatrix} d \\ s \\ b \end{pmatrix}$$



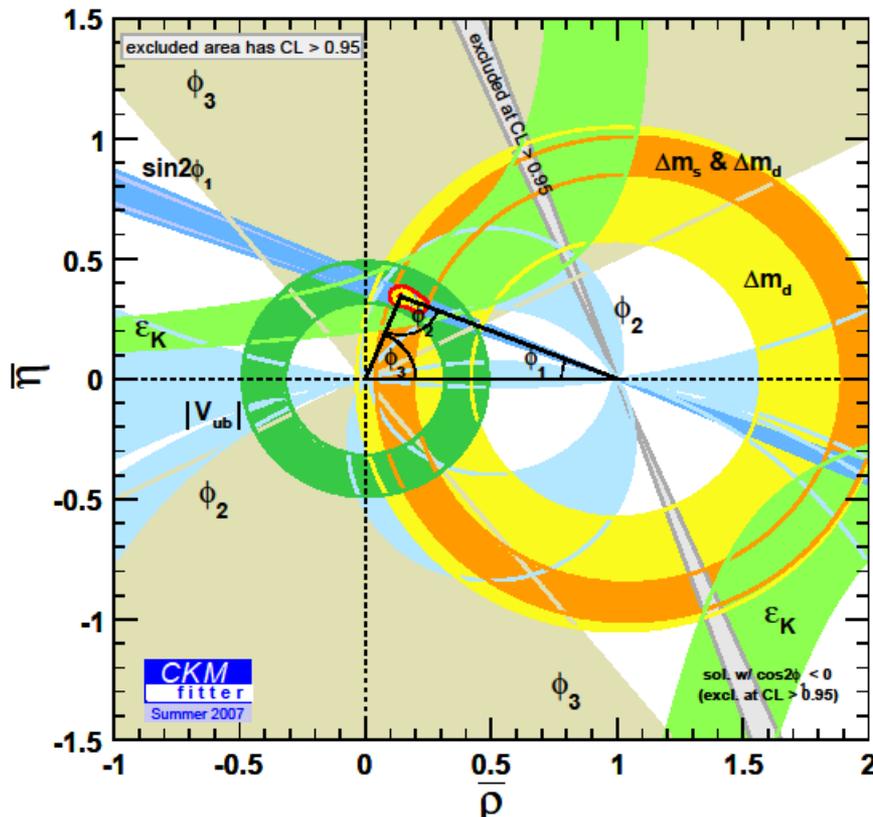
$$\begin{pmatrix} V_{ud} & V_{us} & V_{ub} \\ V_{cd} & V_{cs} & V_{cb} \\ V_{td} & V_{ts} & V_{tb} \end{pmatrix} \approx \begin{pmatrix} 1 - \lambda^2/2 & \lambda & A\lambda^3(\rho - i\eta) \\ -\lambda & 1 - \lambda^2/2 & A\lambda^2 \\ A\lambda^3(1 - \rho - i\eta) & -A\lambda^2 & 1 \end{pmatrix}$$

- 虚数を表す一個のパラメータ
- 大きな粒子・反粒子非対称性がB中間子で期待される

B-ファクトリー

SLAC: PEP II BaBar
KEK: KEKB Belle

- 非対称電子陽電子衝突器
- 高強度



- 6元模型でCPの破れの主要部分が説明可能

- 標準模型を超える新理論の可能性も示唆

CKMfitter Group (J. Charles *et al.*),
Eur. Phys. J. C41, 1-131 (2005) [hep-ph/0406184],
updated results and plots available at: <http://ckmfitter.in2p3.fr>

宇宙はなぜ物質でできているか (なぜ反物質ではなく物質か)

- ・高温の宇宙初期には多数の粒子と反粒子が共存する
- ・**CP対称性の破れ**により、粒子の数と反粒子の数に差が生ずる
- ・温度が下がり対消滅が進むと、差の分だけが残される

標準模型のCP対称性の破れでは不十分
→CP対称性を破る未知の相互作用

→ レプトンの相互作用におけるCP対称性の破れに注目