

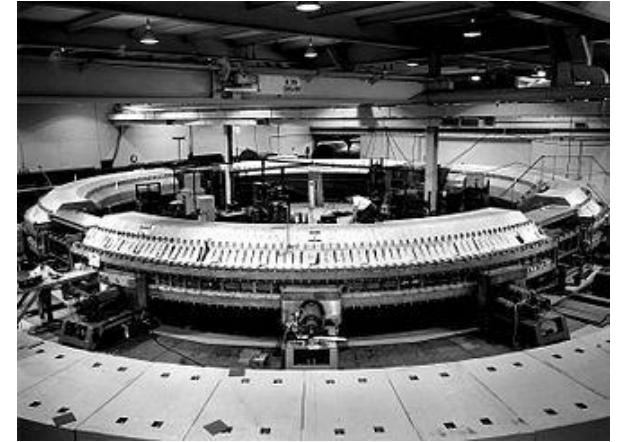
1.6 ストレンジ粒子

(p.34 最終段落より)

河本地弘

ストレンジ粒子の生成

- ・ 新しく発見された重いバリオン・中性子
→すべて「ストレンジ」粒子



Cosmotron - Wikipedia (独)より
<https://de.wikipedia.org/wiki/Cosmotron>

- ・ 最初の近代的な加速器 ブルックヘブン(米)のコスモトロン(3.3GeV)
稼働開始(1952)→ストレンジ粒子の生成が可能に

ウィルス・ラム (1955年ノーベル賞受賞)

「新たな素粒子を発見したらノーベル賞をもらえたものだが、今やそのような発見は10000ドルの罰金に値する」

「ストレンジ」粒子の奇妙な点

- 10^{-23} 秒スケールで生成 \Leftrightarrow （典型的には） 10^{-10} 秒で崩壊
→生成に寄与する機構と崩壊を支配する機構は別物

||

強い相互作用

||

弱い相互作用

- 強い相互作用で（電荷,レプトン数,バリオン数のように）保存
 \Leftrightarrow 弱い相互作用で（それ以外のように）保存しない新しい特性

= 「ストレンジネス」

(1953, ゲルマン、西島)

ストレンジネスの過程

$$\pi^- + p^+ \rightarrow K^+ + \Sigma^-$$

$$\rightarrow K^0 + \Sigma^0$$

$$\rightarrow K^0 + \Lambda$$

S : ストレンジネス

K : S = +1

Σ, Λ : S = -1

π, p, n : S = 0

- ・ ストレンジ数の割り振り方には不定性あり

ストレンジネスの法則

※ストレンジ粒子が1つだけ生成することはない(強い相互作用)

$$\pi^- + p^+ \not\rightarrow \pi^+ + \Sigma^-$$

$$\not\rightarrow \pi^0 + \Lambda^0$$

$$\not\rightarrow K^0 + n$$

※崩壊時にはストレンジネスは保存しない(弱い相互作用)

$$\Lambda \rightarrow p^+ + \pi^-$$

$$\Sigma^+ \rightarrow p^+ + \pi^0$$

$$\rightarrow n + \pi^+$$

ハドロン物理学の混沌

1960年ごろ…

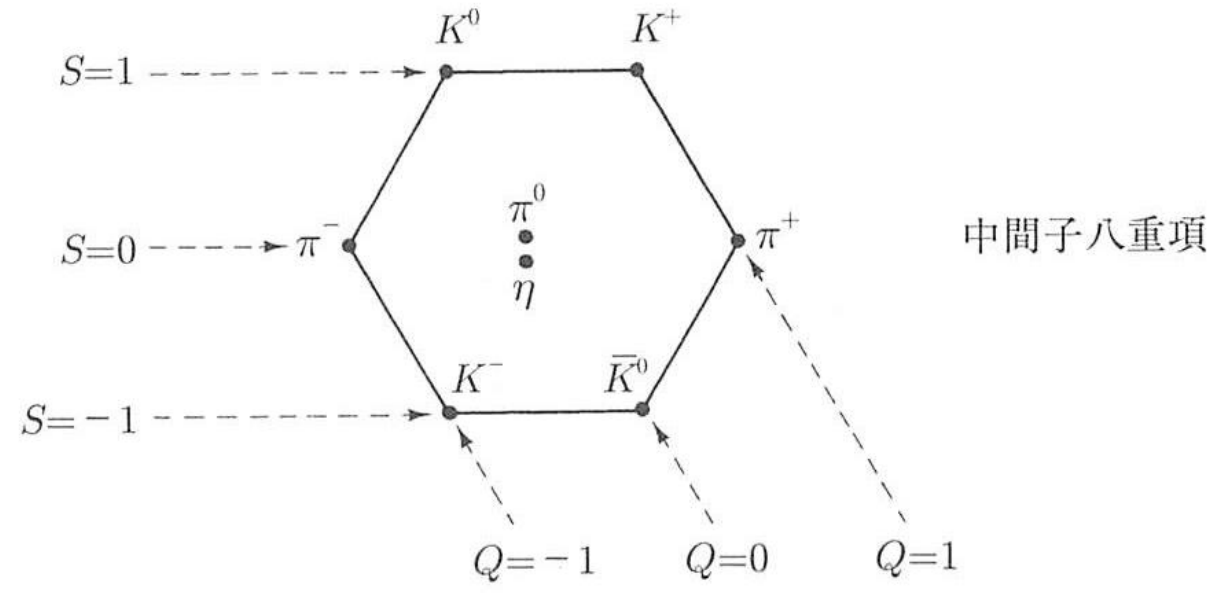
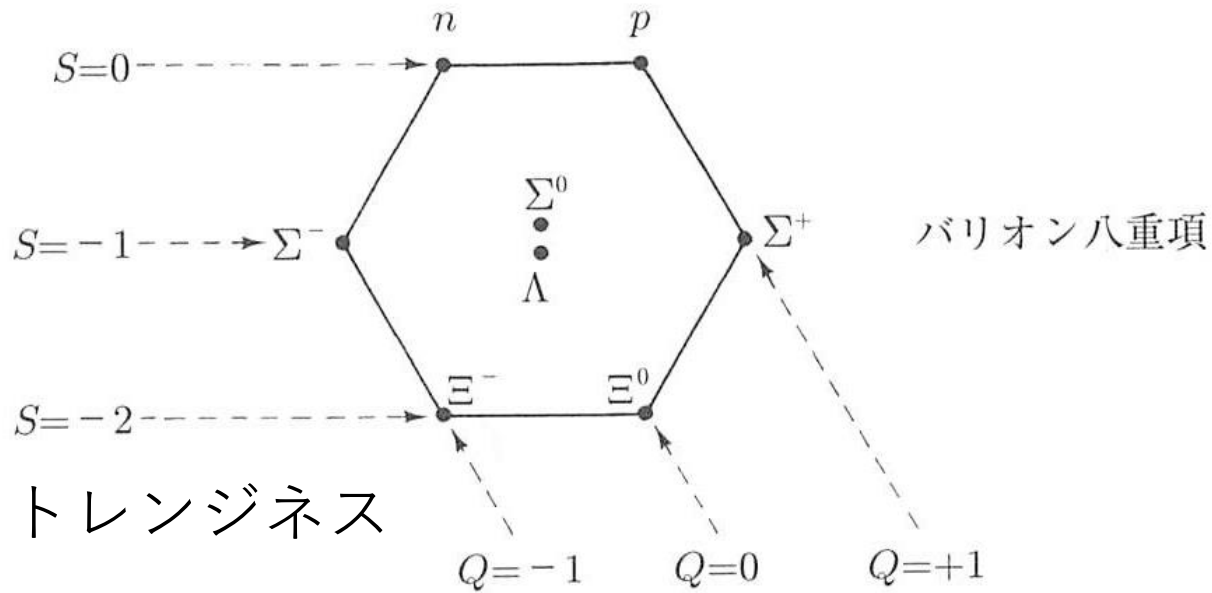
- ・ 粒子→バリオン・中間子に大別
→それぞれ電荷、ストレンジネス、質量で分別
- ・ 韻がない（共通のルールやシステムがない）
（100年前の周期表のない時代の化学に相当）

1.8 八道説

- 1961年にマーレー・ゲルマンが提案
- 電荷とストレンジネスに基づいてバリオン・中間子を幾何学的パターンに配置して分類

バリオン八重項

最も軽い8つのバリオン及び中間子の配置



電荷 (陽子の電荷を単位として)

- S の違いは歴史上の偶然だが、八重項に合わせて修正したハイパー荷は別目的で用いられる (S のほうがよい量子数であった)

バリオン十重項

より重いバリオンについての配置

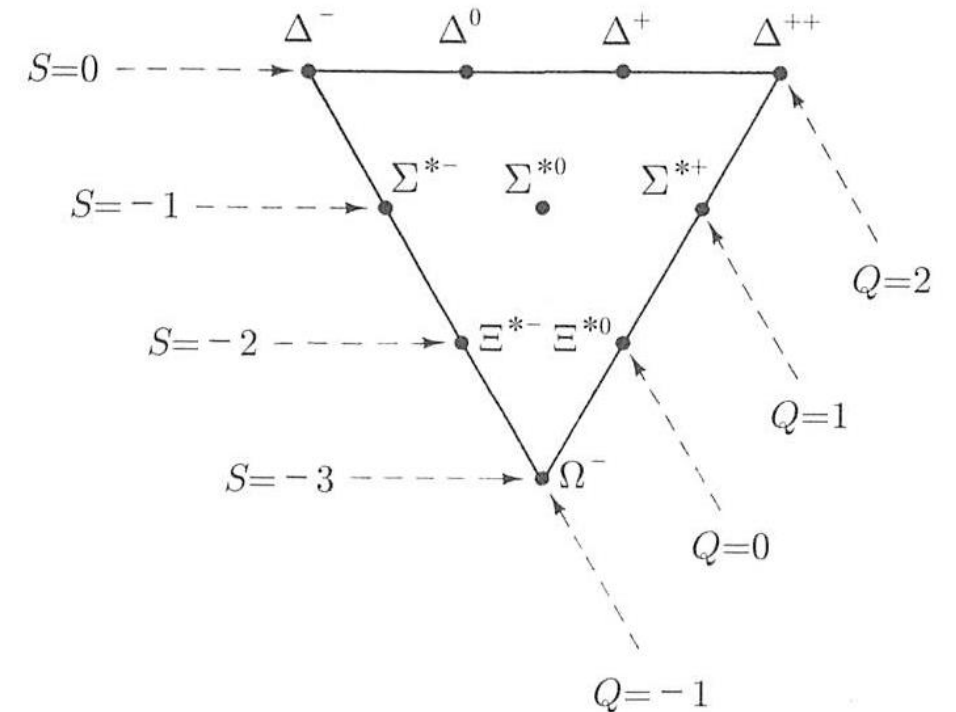
$Q=-1, S=-3$ の粒子は当時未発見

→ゲルマンは発見を予言

+ 生成方法を伝える

+ 質量、寿命を計算

⇒オメガ・マイナス粒子を発見(1964)



現代の表記では *を落として Σ (1385) のように質量を入れる

オメガマイナース粒子の発見

$$K^- \rightarrow K^+ + K^0 + \Omega^-$$

$$\Omega^- \rightarrow \pi^- + \Xi^0$$

$$\Xi^0 \rightarrow \Lambda^0 + 2\gamma$$

$$\Lambda^0 \rightarrow \pi^- + p$$

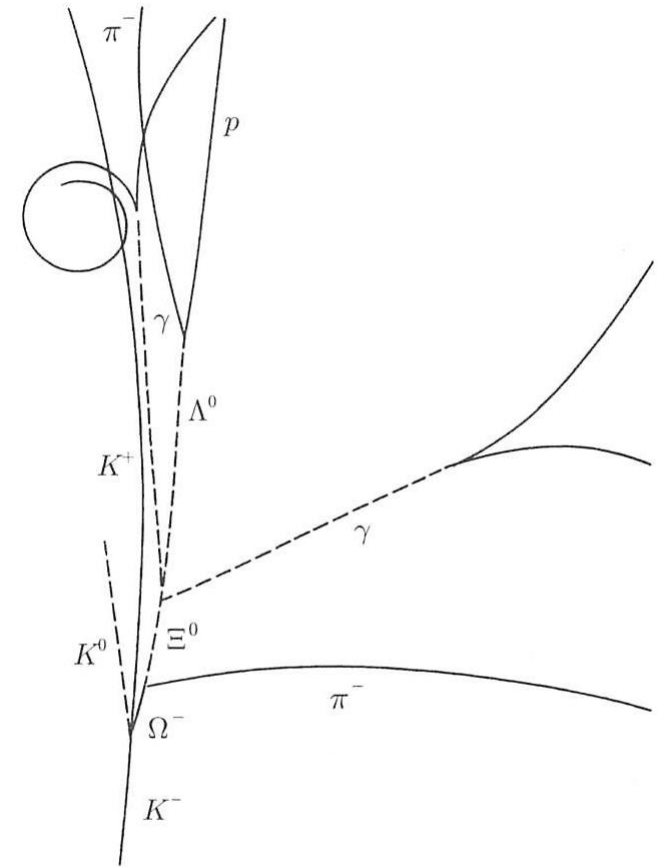
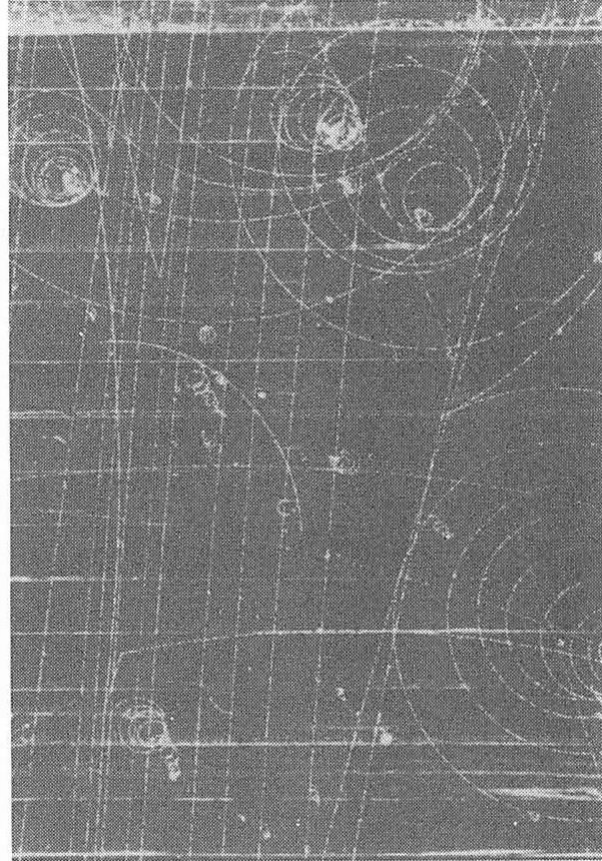


図 1.9 Ω^- の発見. 左は, 実際の泡箱の写真. 右は, 関連のある粒子の飛跡を線で示した図 (写真提供: ブルックヘブン国立研究所)

中間子九重項

・その後10年間で
発見されたハドロンは
全て八道説の多重項
におさまる

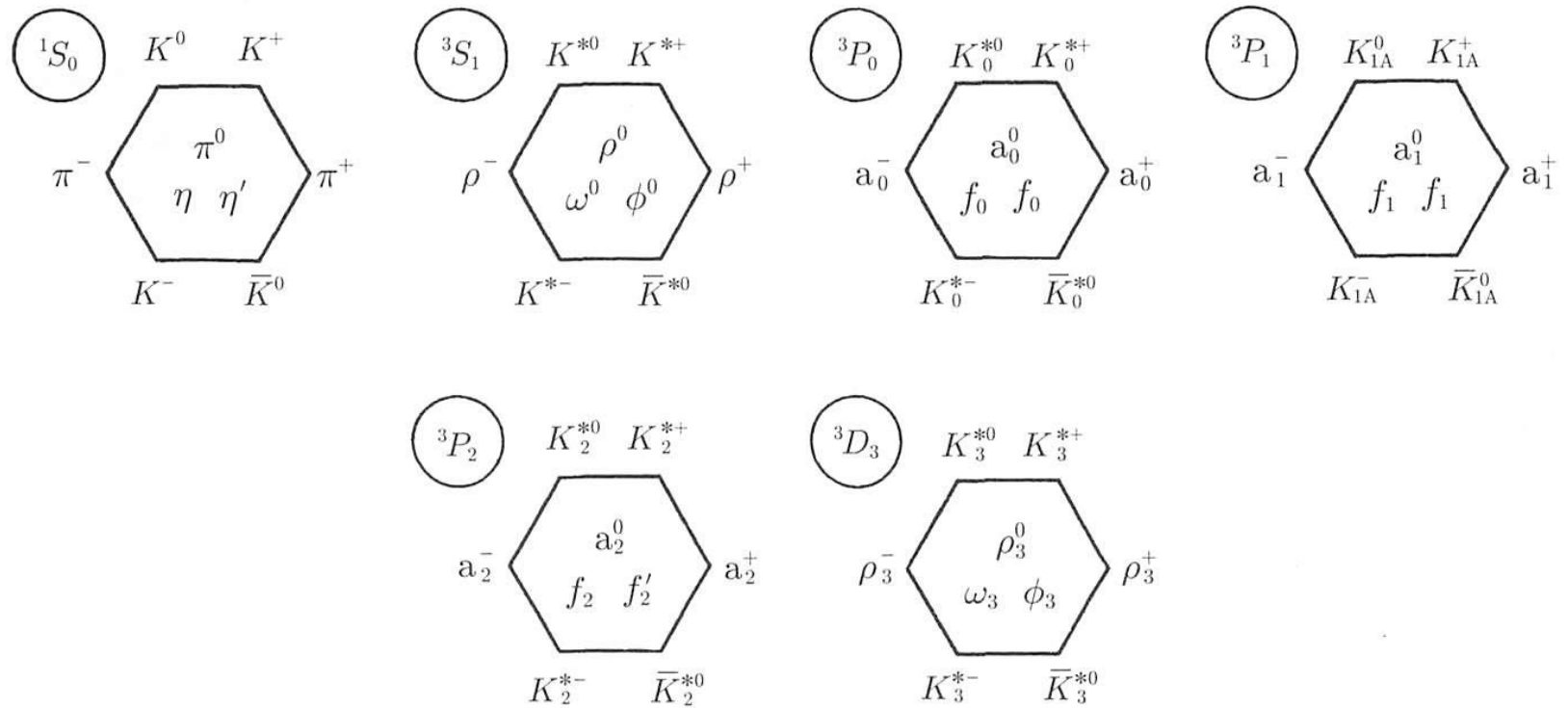
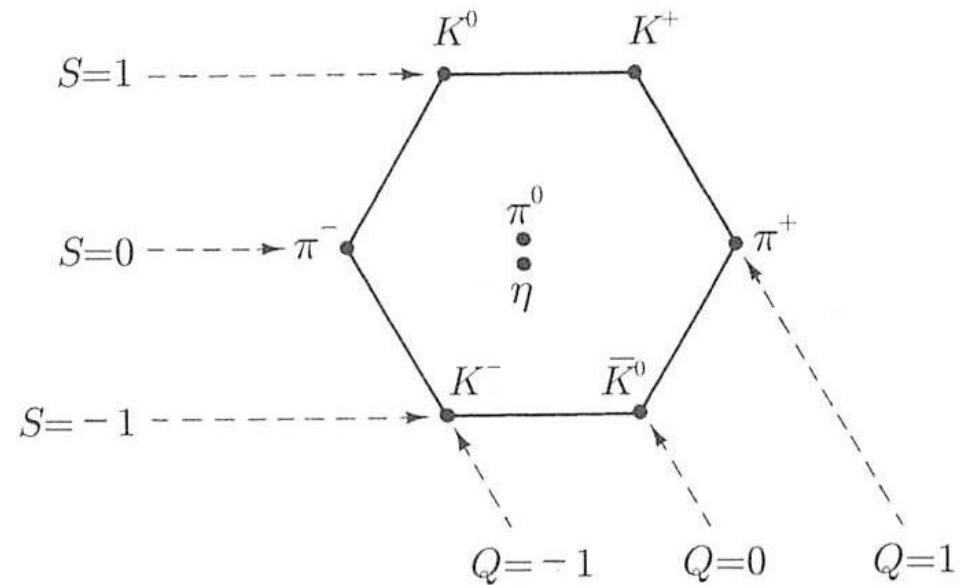


図 1.10 質量分析で使われる表記を使った中間子九重項 (5章を参照). 現在では, 最低でも 15 個の確立された九重項がある (しかしながら, そのうちのいくつかではすべての粒子が発見されているわけではない). バリオンの場合, (スピン 1/2, 3/2, 5/2 をもつ) 粒子で満たされた完璧な八重項が三つあり, すべての粒子が見つからない八重項が 10 個ある. 完璧な十重項は 1 個だけだが, そうでないものはさらに 6 個あり, すでに知られている一重項は 3 個ある.

素粒子物理学の近代の幕をあけた八道説

- 中間子…六角形の反対側が反粒子
(中性の π 中間子と η の反粒子はそれ自身)
- 分類するだけでなく、その重要性は
分類するための構成にあった

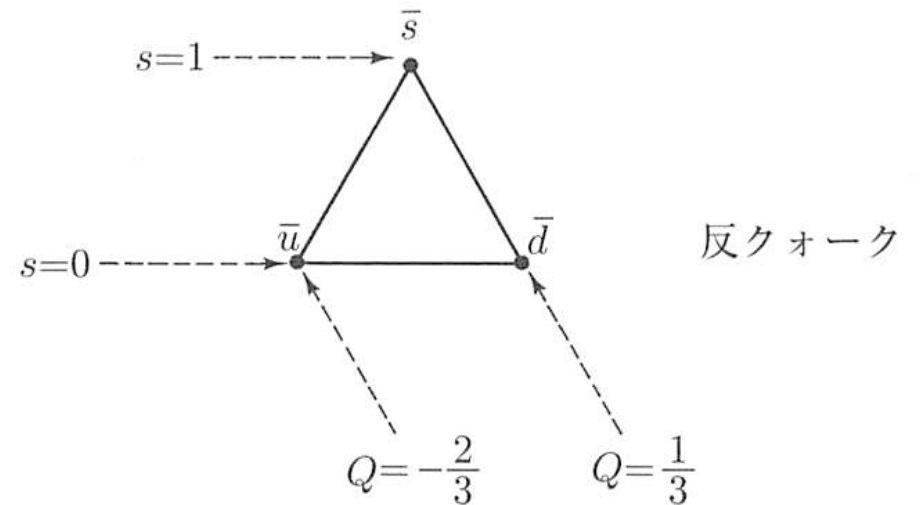
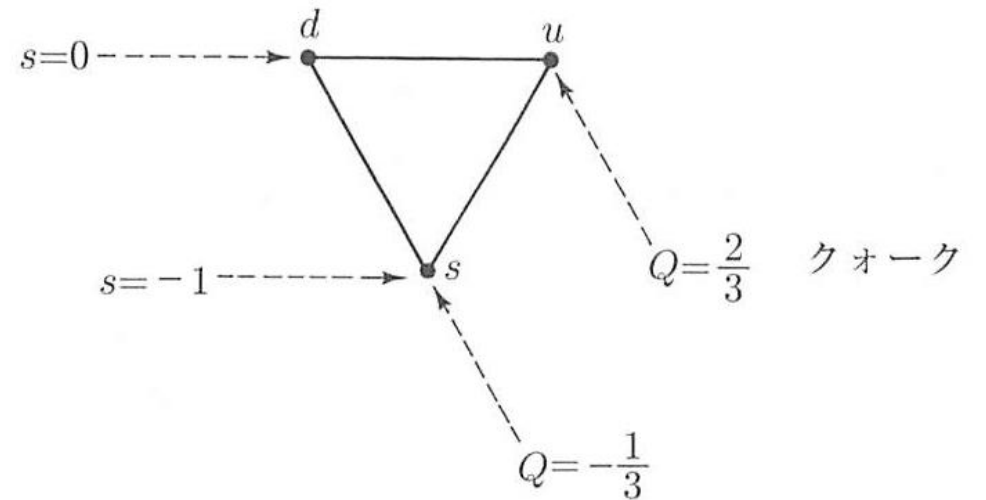


1.8 クォーク模型

ハドロンはなぜこの形に納まるのか？

クォーク模型

- ハドロンはさらなる基本構成要素からなる (ゲルマン) = クォーク
- クォーク (q) の種類
 - uクォーク : $Q=2/3$, $S=0$
 - dクォーク : $Q=-1/3$, $S=0$
 - sクォーク : $Q=-1/3$, $S=-1$
- それぞれ反クォーク (\bar{q}) が存在
 - u=アップ、d=ダウン、
 - s=ストレンジネス (旧 : sideways)



バリオン・中間子をつくるルール

- (1) すべての(反)バリオンは3つの(反)クォークからできている
- (2) すべての中間子はクォークと反クォークからできている

バリオン十重項

クォークの組み合わせ	電荷	ストレンジネス	バリオン
uuu	2	0	Δ^{++}
uud	1	0	Δ^+
udd	0	0	Δ^0
ddd	-1	0	Δ^-
uus	1	-1	Σ^{*+}
uds	0	-1	Σ^{*0}
dds	-1	-1	Σ^{*-}
uss	0	-2	Ξ^{*0}
dss	-1	-2	Ξ^{*-}
sss	-1	-3	Ω^-

中間子九重項

クォーク-反クォーク	電荷	ストレンジネス	中間子
$u\bar{u}$	0	0	π^0
$u\bar{d}$	1	0	π^+
$d\bar{u}$	-1	0	π^-
$d\bar{d}$	0	0	η
$u\bar{s}$	1	1	K^+
$d\bar{s}$	0	1	K^0
$s\bar{u}$	-1	-1	K^-
$s\bar{d}$	0	-1	\bar{K}^0
$s\bar{s}$	0	0	??

中間子九重項

- $Q=0, S=0$ の3番目の中間子 η' の存在
 - …実験的に発見されていた
- 八道説ではそれだけで一重項に分類されていた
- 反中間子は同じ多重項に入る (e.g.) $u\bar{d}$ の反粒子は $d\bar{u}$