

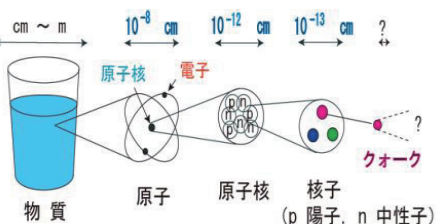
弦の場の理論の量子論と輻射補正

研究代表者 稲見 武夫 研究員

1. 宇宙と素粒子の謎

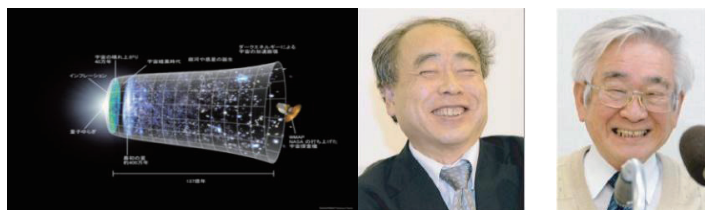
- i) ミクロなレベルで、物質は何から出来ているか？
—何が“素粒子”か？
- ii) 素粒子の間に働く基本的な力の法則は何か？
電磁場、グルオンなど（ゲージ場）が力を媒介
- iii) 宇宙はどの様にして今の宇宙へ発展したか？
ビッグバン + 宇宙の加速膨張（インフレーション）
- iv) 宇宙は何から出来ているか？
暗黒エネルギー：暗黒物質：物質 = 73% : 23% : 4% !

理論と実験の進展で、これらの4つの問題は密接に関連していることが分かって来た。



[図1：物質はクォークから出来ている]

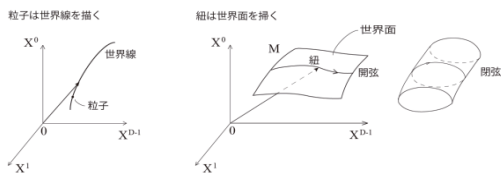
昨年度のノーベル物理学賞はこれらの問題に関連している。
小林・益川模型 3世代のクォークとCPの破れ
南部陽一郎先生 対称性の自発的な破れとヒッグス場



[図2：宇宙の進化]

2. 素粒子の紐模型（弦理論）

電子やクォークなどの素粒子は点粒子
現代の理解では、素粒子は“紐”の運動



[図3：粒子と紐]

量子力学によると、粒子=場。

- 光子 = 電磁場 A_μ ($\mu=0,1,2,3$)
- 電子 = 物質場 ψ

素粒子論は、場の理論 + 量子論 → 場の量子論
問題：ポテンシャル（作用） $V(\phi)$ を求める。

紐模型では、

- 紐 = 素粒子 (ϕ, A_μ, ψ, \dots) の集まり
- 紐の場 $\Phi(\phi, A_\mu, \psi, \dots)$

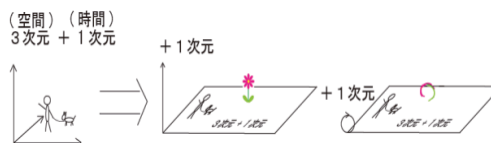
ポテンシャル $V[\Phi(\phi, A_\mu, \psi, \dots)] = V(\phi) + \dots$

課題：

- 弦の場の量子論で、ポテンシャル $V[\phi]$ を求める。
→ 輻射補正の計算 → 弦のループ
- 弦の場のポテンシャルを宇宙論などへ応用。
→ 宇宙のインフレーションなどを解明

3. 我々の時空は高次元（4次元を超える）か？

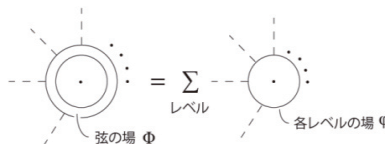
時空間は、
身近な世界は4次元時空（時間1次元+空間3次元）。
ミクロな世界では4 + n次元かも知れない。
余剰なn次元は“コンパクト化”すれば観測されない！



[図4：我々は高次元にいるのか？]

超弦理論によると、時空間は10（又は11）次元（ $n=6$ ）。
弦理論のeffectiveな理論としての、高次元ゲージ理論、高次元重力理論が得られる。

* 弦の場の理論における輻射補正の計算は現在研究中。



[図5：弦のループ]

* 今回は、高次元ゲージ理論における輻射補正とその応用の研究を発表する。

4. 高次元（ $D=4+n$ ）ゲージ理論

- 素粒子は役割によって3種類に大別できる。
- ゲージ場 = 力を媒介する場：電磁場、グルオン
- 物質場：電子やクォーク
- スカラー場：対称性の破れを担う ヒッグス場
- 宇宙の進化を決める インフラトン

（超対称）高次元ゲージ理論では、これらの異なる種類の粒子が統一される。

高次元（ $D=4+n$ ）： $X^M = (X^\mu, X^m), m=5, \dots, D$

- $A_M = (A_\mu, A_m)$
- A_μ 4次元のゲージ場
- A_m スカラー場（ヒッグス、インフラトン）

5. 応用：宇宙インフレーション → 水上氏のポスター

- 素粒子現象は超ミクロな世界
- 宇宙は超マクロな世界
- 両者の物理法則は密接に関係している。何故なら、宇宙初期は超ミクロ（非常に高エネルギー）

A. 宇宙の始まり（ビッグバン）

- 宇宙は非常に高温で小さな状態（火の玉宇宙）が爆発・膨張（ビッグバン）を経て、現在の宇宙へと進化した。
- 元素合成、星の進化が説明出来た。
- 相対論と矛盾する問題が残る（地平線問題、平坦性問題）。

B. 宇宙の加速膨張（インフレーション）

C. インフレーション模型の提唱 → 論文として発表