

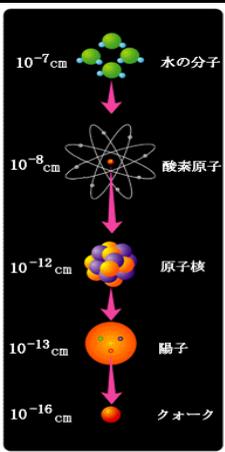
超弦理論の非摂動的効果に関する研究

摂南大学理工学部 基礎理工学機構 東 武大

§1-素粒子論研究とは？

素粒子論⇒物質と力を微視的に理解する学問

物質の構成



自然界の4つの力

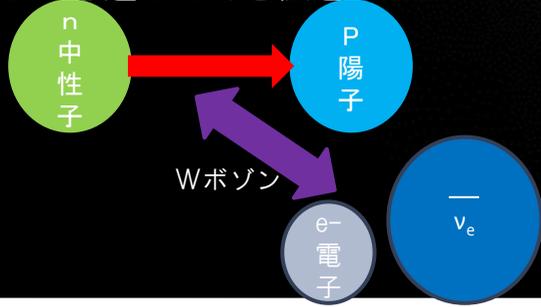
力の種類	強い力	電弱力	弱い力	重力
力の伝達粒子	グルーオン	光子	W,Zボソン	重力子
力の大きさの目安	1 原子核 ハドロン 核融合 太陽エネルギー	0.01 分子、原子 エレクトロニクス 放射光 オーロラ	10 ⁻⁵ 中性子崩壊 原子核崩壊 ニュートリノ 地熱	10 ⁻⁴⁰ 万有引力 銀河系 ブラックホール 渦巻き星雲

<http://www.kek.jp>

弱い力

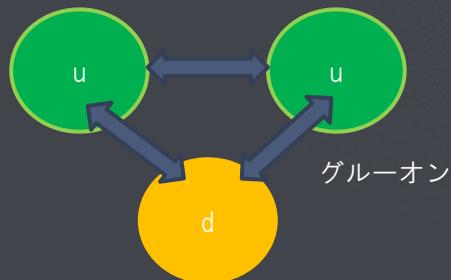
原子核の崩壊を引き起こす相互作用

中性子の崩壊
W,Zボソンを通して力を伝達



強い力

クォークの間に働く相互作用
グルーオンを通して力を伝達



磁石のN、S極は単体で取り出せない



クォークは単体では取り出せない！
漸近的自由

2004年ノーベル物理学賞
Gross, Politzer, Wilczek

標準模型
重力以外の3つの力を記述
粒子の3世代構造：
同一世代間は弱い力で互いに化する

2008年ノーベル物理学賞
南部陽一郎・小林誠・益川敏英

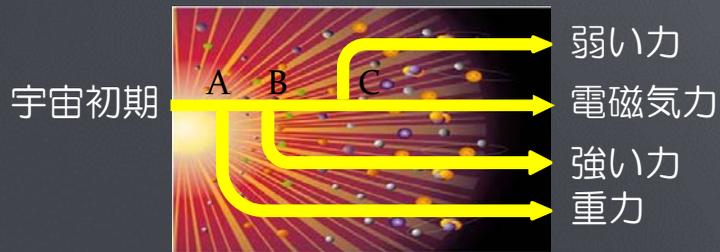
物質粒子	第1世代	第2世代	第3世代	力を伝える粒子
クォーク	アップ (u)	チャーム (c)	トップ (t)	強い相互作用 グルーオン
レプトン	電子 (e)	ミューオン (μ)	タウ (τ)	電弱相互作用 光子 Wボソン Zボソン
質量を与える粒子	ヒッグス粒子	ヒッグス粒子	ヒッグス粒子	

小林誠・益川敏英
第3世代の物質の存在を提唱

南部陽一郎
質量の起源

2012年ATLAS、CMS実験
ヒッグス粒子発見の兆候
2013年ノーベル物理学賞
Higgs, Englert

ビッグバン宇宙論：
高温高密度の宇宙の大爆発
4つの力は元々は1つだった！



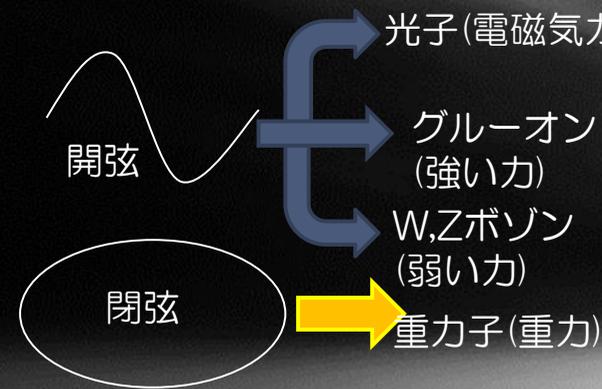
	A	B	C
年齢	10 ⁻⁴⁴ 秒	10 ⁻³⁶ 秒	10 ⁻¹¹ 秒
温度	10 ³² K	10 ²⁸ K	10 ¹⁵ K

宇宙の始まり⇒4つの力の統一理論が必要

§2-超弦理論について

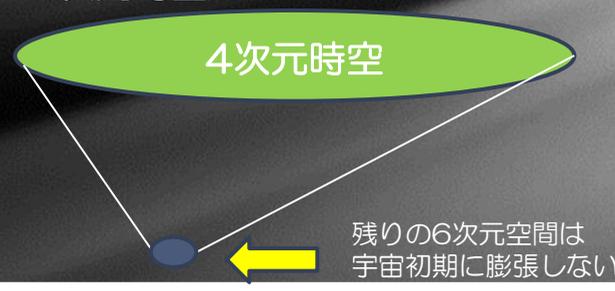
超弦理論：
4つの力の統一理論の有力候補

バイオリンの振動⇒諸々の音階(ドレミ...)
微視的な弦の振動⇒諸々の力の伝達粒子



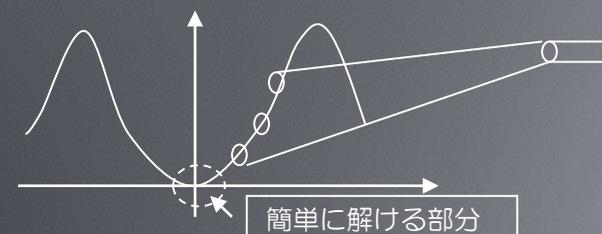
実験による超弦理論の実証は困難
(地球1周より大きい加速器が必要)

理論の数学的整合性が研究の拠り所
⇒超弦理論では時空は10次元
(標準模型では空間3次元+時間1次元
⇒4次元時空)



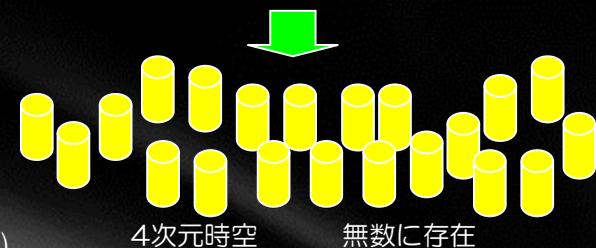
摂動論 ⇒ 近似計算の手法

[簡単に解ける部分] + [補正]



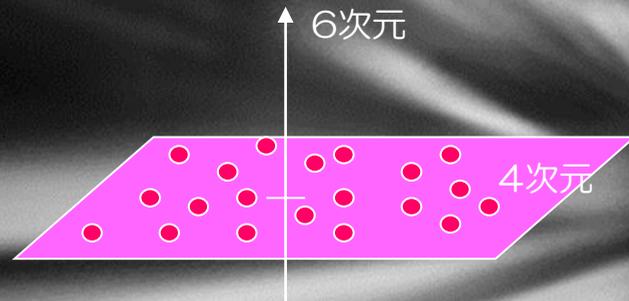
超弦理論の摂動論⇒無数の4次元時空

10次元の超弦理論



摂動論に依らない超弦理論の定式化
⇒行列模型

N×N行列の固有値⇒時空を表す
時空の分布⇒4次元に潰れるか？



コンピューターによるシミュレーション
東は「ポスト京重点課題9(宇宙の基本法則と進化の解明)に参画」

宇宙の基本法則と進化の解明

素粒子標準模型と超弦理論に挑む

宇宙の歴史は約138億年前に、ビッグバンと呼ばれる超高温・超高密度の状態から始まりました。膨張により温度が下がると、クォークから陽子や中性子といったバリオンが作られ、その後、陽子と中性子が結合して軽い原子核が生成されていきました。一方で宇宙には、正体不明のダークマターが重力により集まって構造を作り、それに引き寄せられて通常のバリオン物質が銀河や星を形成し、現在の姿になったと考えられています。銀河では星が活発に誕生する一方、重力崩壊・超新星爆発などで死滅しています。この過程で、より重い原子核が生まれます。

JLPCは、素粒子から宇宙までの異なるスケールにまたがる現象の精緻なシミュレーションを行い、大型実験・観測のデータと照らし合わせて、素粒子・原子核・宇宙物理学全体にわたる物質創成史を明らかにしていきます。

K.N. Anagnostopoulos, T. Azuma and J. Nishimura, "Monte Carlo studies of dynamical compactification of extra dimensions in a model of nonperturbative string theory" arXiv: 1509.05079
T. Azuma, Y. Ito, J. Nishimura and A. Tsuchiya, "A new method for probing the late-time dynamics in the Lorentzian type IIB matrix model" arXiv: 1705.07812 etc.