

1. 20世紀は素粒子物理学 (ミクロの物理)
2. 日本の物理学者の貢献
3. 現在の状況は？
4. 21世紀の物理は？
5. いくつかの主張 (命題) を提出して説明する.

日本の3つの革命

1603 徳川幕布

1868 明治維新

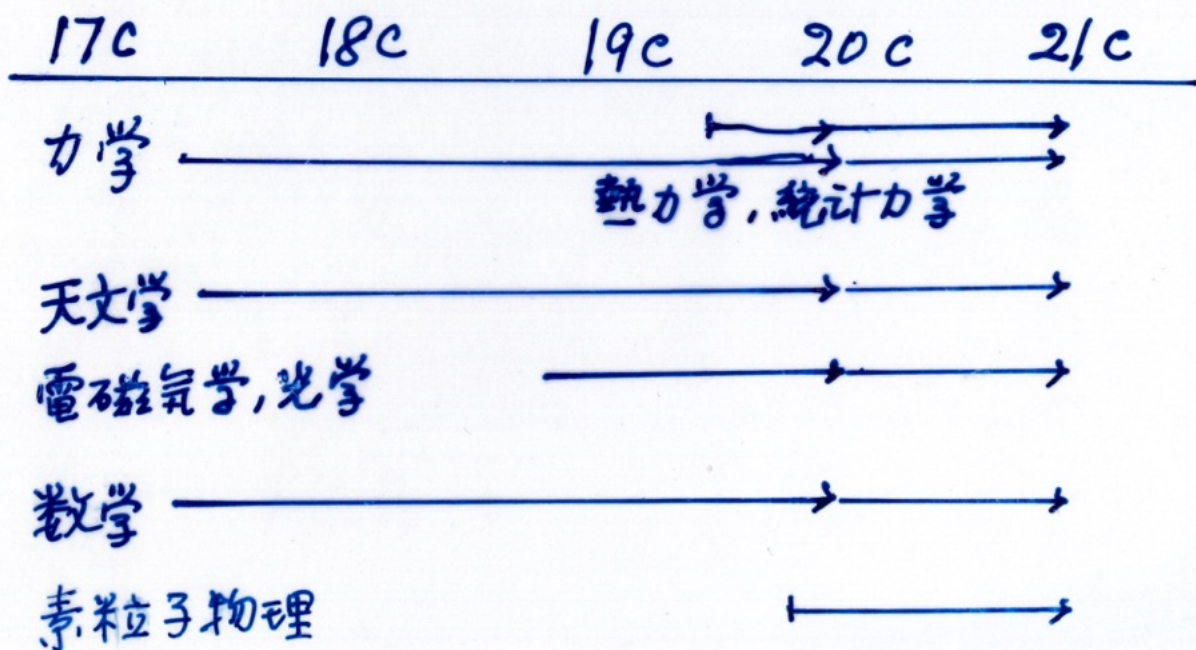
1945 太平洋戦争

ルネサンス

力学

電磁気学

主張1. 日本はそれほど立ちおくれていなかった。
うまく19世紀後半の進歩の中に乗りこんだ。



主張2. 物理学と { 技術 数学 } の相互関係

科学技術振興の国策

ドイツとの比較

日本の知算

主張3. 3つの発展段階 (武谷 坂田)

新しい現象が発見される

I. 諸性質を観測し、規則性をみつける。

II. 背後に実体(モデル)を仮定して
規則性を説明する

III 数学的に精密な包括的理論
を構成する。

更に新しい現象が発見されて理論
にホロかてる → ふりたてに戻る

主張4. 3つの思考方法

1. アインシュタイン型

自然法則はこうあるべし

重力理論

2. 湯川型

新現象の背後には新粒子

核力 $\rightarrow$ π メソン

パウリ ニュートリノ仮

坂田 2中子

3. ディラック型

モノポール(単磁極)

数学的に美しい理論は真である

超対称理論、スーパーstring

自然の階層性 (hierarchy)

長さ

-10^{27} cm

現在の宇宙

重力

-10^{17}

/光年

-10^7

100 km

-10^{-3}

生物

10^{-8}

原子

-10^{-13}

原子核

10^{-17}

素粒子の世界

電磁力

強い力

弱い力

現在

-10^{-23}

?

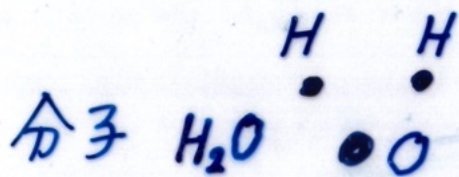
-10^{-33}

プランクの長さ

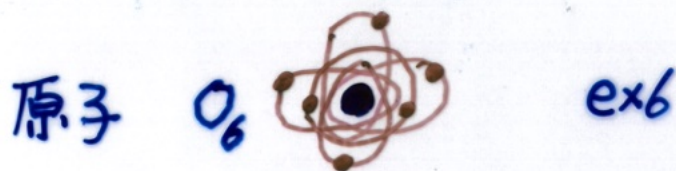
大きさ (エネルギー)

大きさ

素粒子の階層



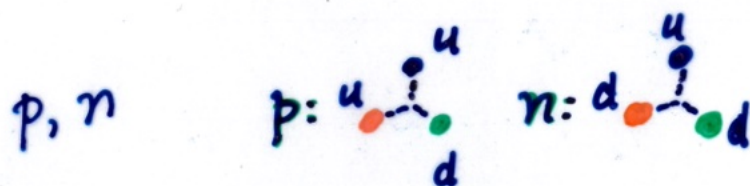
電磁力



電磁力 (光子)



核力 (メソン)



強い力 (グルーオン)

第1世代 第2世代 第3世代

基本粒子

クォーク { u
 d

c

t

$\uparrow$
 $\downarrow$

弱い力 (W, Zボソン)

レプトン { e
 ν

μ

τ

$\uparrow$
 $\downarrow$

ν_μ

ν_τ

$e \uparrow$
 $p \downarrow$ γ

$p \uparrow$
 $n \downarrow$ π

$u \uparrow$
 $d \downarrow$ w $e \uparrow$
 $\nu \downarrow$

古典物理学 (19世紀まで)

マクロの世界

力学 重力 相対論 (20世紀)

電磁気学 熱学 統計力学

量子物理学 (20世紀)

ミクロの世界

量子力学

素粒子物理学

原子物理

(電子)

核物理

(核子)

基本粒子の物理

(レプトン, クォーク)

統一物理学 (21世紀)

4つの力の統一理論

宇宙物理学

物理量

L (長さ) T (時間) M (質量)

自然定数

G (重力)

$$G = L^2 c^3 / \hbar$$

e (電荷) 電磁気

$$e^2 = 137 \hbar c$$

c (光速) 相対論

$\hbar$ (プランク定数) 量子論

$$L_p = 10^{-33} \text{ cm}$$

1831		電磁気法則	ファラデー	
1839		写真術	ダゲール	
1850s		高真空	ガイスラー	
		高電圧	リュームコフ	
		無色焰	ブンゼン	
1859		線スペクトル	キルヒホフ	
		黒体放射	"	
1853			ペリー来航	
1868			明治維新	
1869	明2	周期律	メンデレーフ	
1873	明6	電磁気方程式	マックスウェル	
1879	明10	光の熱力学	リュテファン	
1884	明18		ホルツマン	
1887	明20	光速度の不変確立	マイケルソン	
1888	明21	電磁波発見	ヘルツ	
1890	明23		明治憲法	
1892	明25	電磁気の電子モデル	ローレンツ	
1895	明28	無線通信	マルコーニ	日清戦争
		X線発見	レントゲン	
1896	明29	放射能発見	ベクレル	
1897	明30	電子の発見	トムソン	
		ブラウン管	ブラウン	
1911	明32	原子のモデル	トムソン	
		ローレンツ変換	ローレンツ	

1900 明33	光量子仮説	プランク	
1903 明35	原子の土星モデル	長岡	
1905 明38	相対論 光量子仮説	アインシュタイン "	$E=mc^2$ 日露戦争
1911 明44	原子核発見	ラザフォード	
1913 大2	原子の量子論	ボーア	
1916 大5	重力理論	アインシュタイン	
1922 大11	排他原理	パウリ	
1923 大12	電子の波仮説	ドブロイ	
1925 大14	電子のスピン仮説	ユレンベック・カウトシュミット	
	量子力学の誕生	ハイゼンベルク シュレーディンガー	
1928 昭3	電子の波動方程式	ディラック	
	光の散乱公式	クライン・イノ	
	アルファ線の量子論	ガモフ	
1930 昭5	サイクロトロン	ローレンス	
1932 昭7	中性子(ニュートロン)発見	チャドウィック	
	陽電子発見	アンダーソン	
1934 昭9	ベータ線の量子論	フェルミ	

1935 昭10	中間子仮説	湯川
1937 昭12	μ 粒子	アンダーソン・ネグーマイヤー
1938 昭13	核分裂発見	ハーン・ストラスマン
1939 昭14		マイトナー・フリッシュ フェルミ・ホーア
	WWII	
1941 昭16	太平洋戦争	
1942 昭17	= 中間子仮説	坂田・井上
1943 昭18	超多時間論始め	朝永
1945 昭20	敗戦	
1947 昭22	π メソン(パイオン)発見	パウエル
	Lamb shift 発見	ラム
	量子電磁力学	朝永 シュウィンガー ファインマン
1948 昭23	ストレンジ粒子発見	
1952 昭27	非アーベルゲージ場	楊・ミルス
1953 昭28	ストレンジネス法則	中野・西島
	ハドロン物理始め	ゲルマン フェルミ
1960 昭35	対称性の自発的破れ理論	
1961 昭36	μ -ニュートリノ 発見	
1962 昭37	$SU(3)$ 対称性	坂田グループ ゲルマン ネーマン

1967 昭42	電弱統一理論	ワインバーグ サラム
1968 昭43	Veneziano 公式	ベネチアノ
1969 昭44	ひも理論	
1972 昭47	強い力のゲージ理論 (QCD)	トホット
1973 昭48	3世代クォーク論	小林・益川
	超対称理論	ツミノ・ウェス
1974 昭49	J/ψ 粒子 発見 (初2世代クォーク)	ティン リヒター
1975 昭50	τ レプトン 発見	ハール
1976 昭51	ψ (ウツロン) 粒子 発見 (初3世代クォーク)	レーダーマン
1981 昭56	W, Z ボソン 発見 (強い力の量子)	CERN
199	t (トッポクォーク) 発見	Fermilab
1998 平10	ニュートリノ 質量 確認	Kamiokande (神岡)

力と粒子

4つの力

重力

電磁力

弱い力

強い力

統一理論

標準模型(理論)

性質

ゲージ場という共通の性質

電磁場をモデル

電荷の大きさ
{ 成分の数 } はそれぞれ異なる

弱い力の枠は傾いている

電荷は必ずしも保存されない

物質粒子 (基本粒子)

1. クォーク族とレプトン族

2. 一般に不安定 → 自然界も?

3. 質量はまちまち

現状

1. 標準模型の成功

ほとんどすべての粒子は見つかった.

諸現象を正確に記述できる

まだ決定されていないのはニュートリノの質量

2. 統一理論をめざして (可能性 ~~の~~)

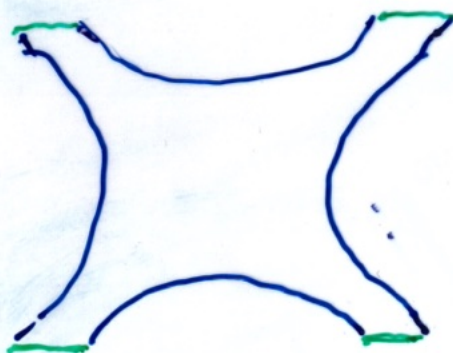
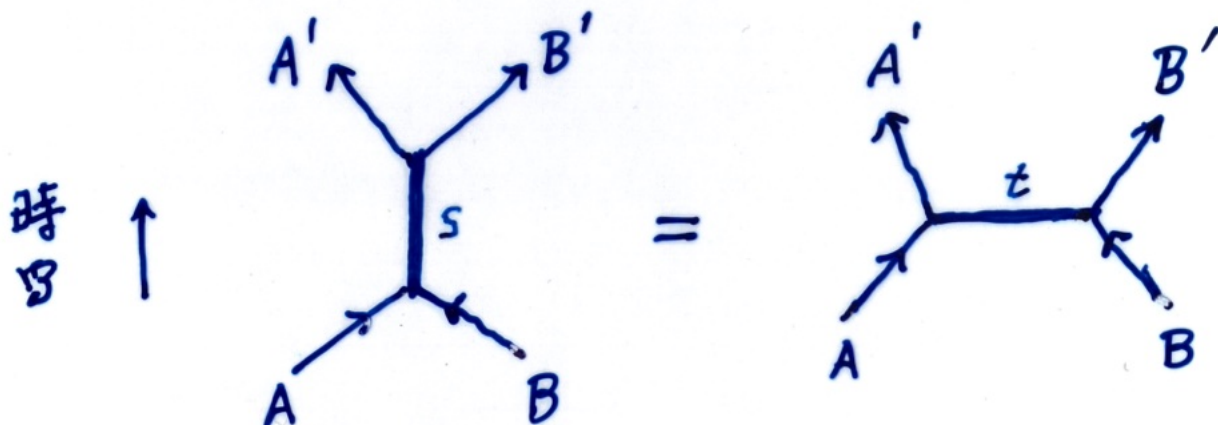
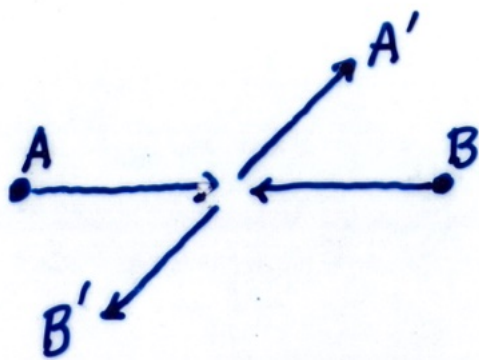
3つの力 (電. 弱. 強) の統一

4つの力 (重力も加える) の統一

力と粒子の統一

量子重力論

宇宙論



$$\frac{\Gamma(-s) \Gamma(-t)}{\Gamma(-s-t)} = \int_0^1 (1-x)^{-t-1} x^{-s-1} dx$$

$$= \int_0^1 e^{(t+1) \sum_1^{\infty} \frac{x^n}{n}} x^{-s-1} dt$$