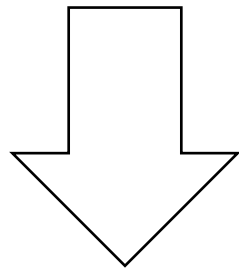


1.10 仲介役ベクトルボソン
(1983年)

フェルミの β 崩壊に関する理論 → 反応は 1 点での接触型
(1933年)

低エネルギーでは良い近似だったが…高エネルギーで×



相互作用は粒子の交換によって誘起される？
→ 仲介役ベクトルボソン

- ・ 理論家の挑戦

仲介役ベクトルボソンの性質の予言

弱い相互作用の到達距離が不明で、到達距離から質量を見積もれない

- ・ 実験家の挑戦

「仲介役ベクトルボソン」の生成

だが…

なかなか見つからない

(実験による質量の下限値は陽子の半分以上(1962年)その10年後には陽子質量の2.5倍)

・ グラシヨ-ワインバーグ-サラムによる電弱理論の出現

3種類の仲介役ベクトルボソン (W^\pm, Z) の存在とその質量の予言ができた

$$M_W = 82 \pm 2 \text{ GeV}/c^2, \quad M_Z = 92 \pm 2 \text{ GeV}/c^2 \quad (\text{予言値})$$

・ 陽子-反陽子衝突加速器の建設 (CERN)

仲介役ベクトルボソンの生成に成功(1983年)

$$M_W = 82.403 \pm 0.029 \text{ GeV}/c^2, \quad M_Z = 91.188 \pm 0.002 \text{ GeV}/c^2 \quad (\text{測定値})$$

1.11 標準模型（1978年～？）

レプトンの分類 1 2 種類

		レプトンの分類				
		レプトン	Q	L_e	L_μ	L_τ
第1世代	{	e	-1	1	0	0
		ν_e	0	1	0	0
第2世代	{	μ	-1	0	1	0
		ν_μ	0	0	1	0
第3世代	{	τ	-1	0	0	1
		ν_τ	0	0	0	1

電荷 (Q), 電子数 (L_e), ミュー粒子数 (L_μ), タウ数 (L_τ) によって分類され、3世代に分かれる

(+全ての符号をひっくり返した反レプトン)

クォークの分類 36種類

	クォーク	Q	D	U	S	C	B	T
第1世代	d	$-1/3$	-1	0	0	0	0	0
	u	$2/3$	0	1	0	0	0	0
第2世代	s	$-1/3$	0	0	-1	0	0	0
	c	$2/3$	0	0	0	1	0	0
第3世代	b	$-1/3$	0	0	0	0	-1	0
	t	$2/3$	0	0	0	0	0	1

電荷とS,C,B,T,(D,U)の6つの「フレーバー」と3つのカラーで分類される

(+全ての符号をひっくり返した反クォーク)

相互作用の仲介役 1 2 + 1 種類

ゲージボソン (スピン = 1)

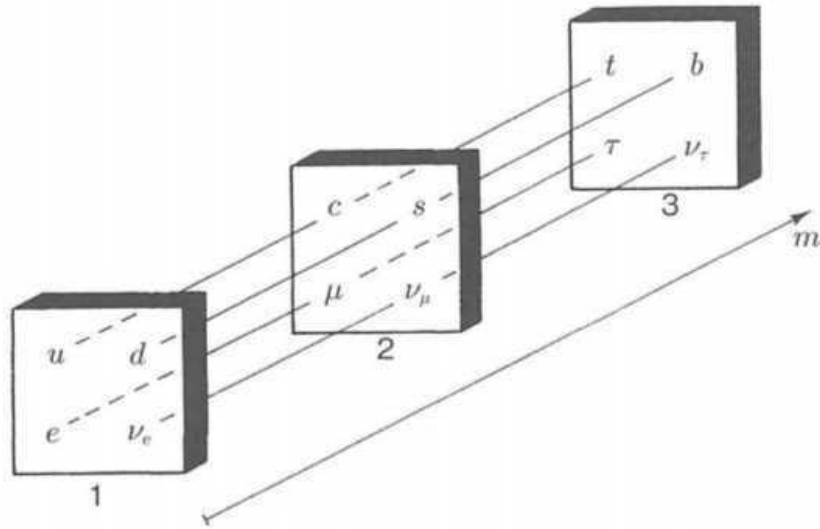
	光子 (γ)	弱ボソン			グルーオン (8種類)
		W^+	Z^0	W^-	
電 荷	0	+1	0	-1	0
バリオン数	0	0			0
レプトン数	0	0			0
媒介する力	電磁相互作用	弱い相互作用			強い相互作用

+重力にグラビトン

「素である」粒子が多すぎる？

- レプトン 1 2 種
 - + クォーク 3 6 種
 - + 相互作用の媒介粒子 1 2 種類
 - + (GWS理論の要請で最低1つのヒッグス粒子)
- = 6 1 種類もの素粒子が存在する

クォークとレプトンはなぜ3世代？



クォークとレプトンの質量 (単位は MeV/c^2)

レプトン	質量	クォーク	質量
ν_e	$< 2 \times 10^{-6}$	u	2
ν_μ	< 0.2	d	5
ν_τ	< 18	s	100
e	0.511	c	1200
μ	106	b	4200
τ	1777	t	174000

図 1.14 質量が増えるように並べられた、クォークとレプトンの3世代

- ・ 疑問

普通の物質は第1世代のものでできている

(陽子、中性子は第1世代のクォーク u と d からなり、電子も第1世代のレプトン)

→ どうして「余分」な他の世代があるのか？

逆になぜ3世代なのか？4,5,・・・世代もある？

Z^0 の寿命の測定 (SLAC, SERN) → 3世代であることが Z^0 の寿命に良く合致する

標準模型の未解決問題

理論

- クォークとレプトンの質量予言ができていない
- 20以上の任意のパラメータ（「最終」理論と考えるにくい）

実験

- ヒッグス粒子が見つからない（※2012年にLHCで発見）

標準模型を超えた憶測

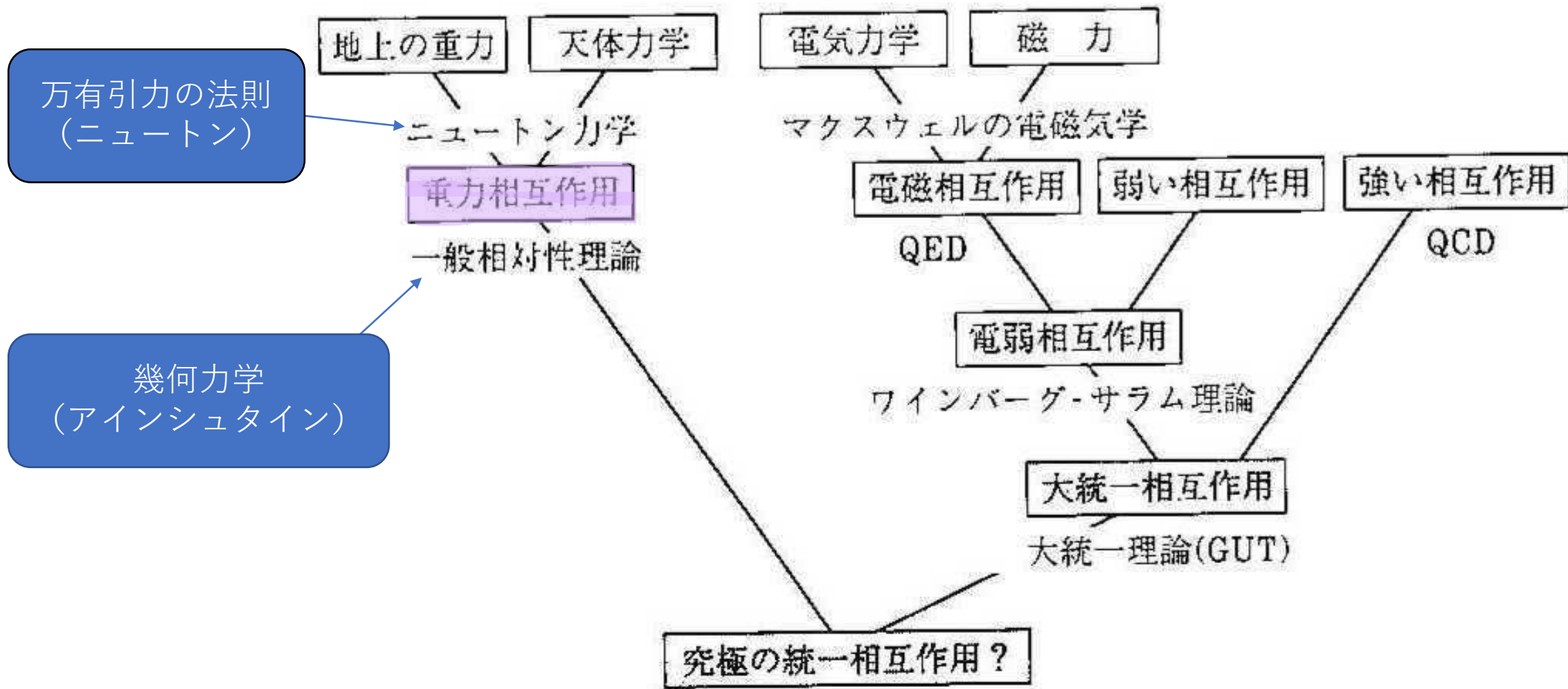
- 大統一理論（GUT）（12章でやる）
- 超対称性（SUSY）「スレプトン」「スクォーク」
- 超弦理論→統一的な「万物の理論」？

2章 素粒子の運動学

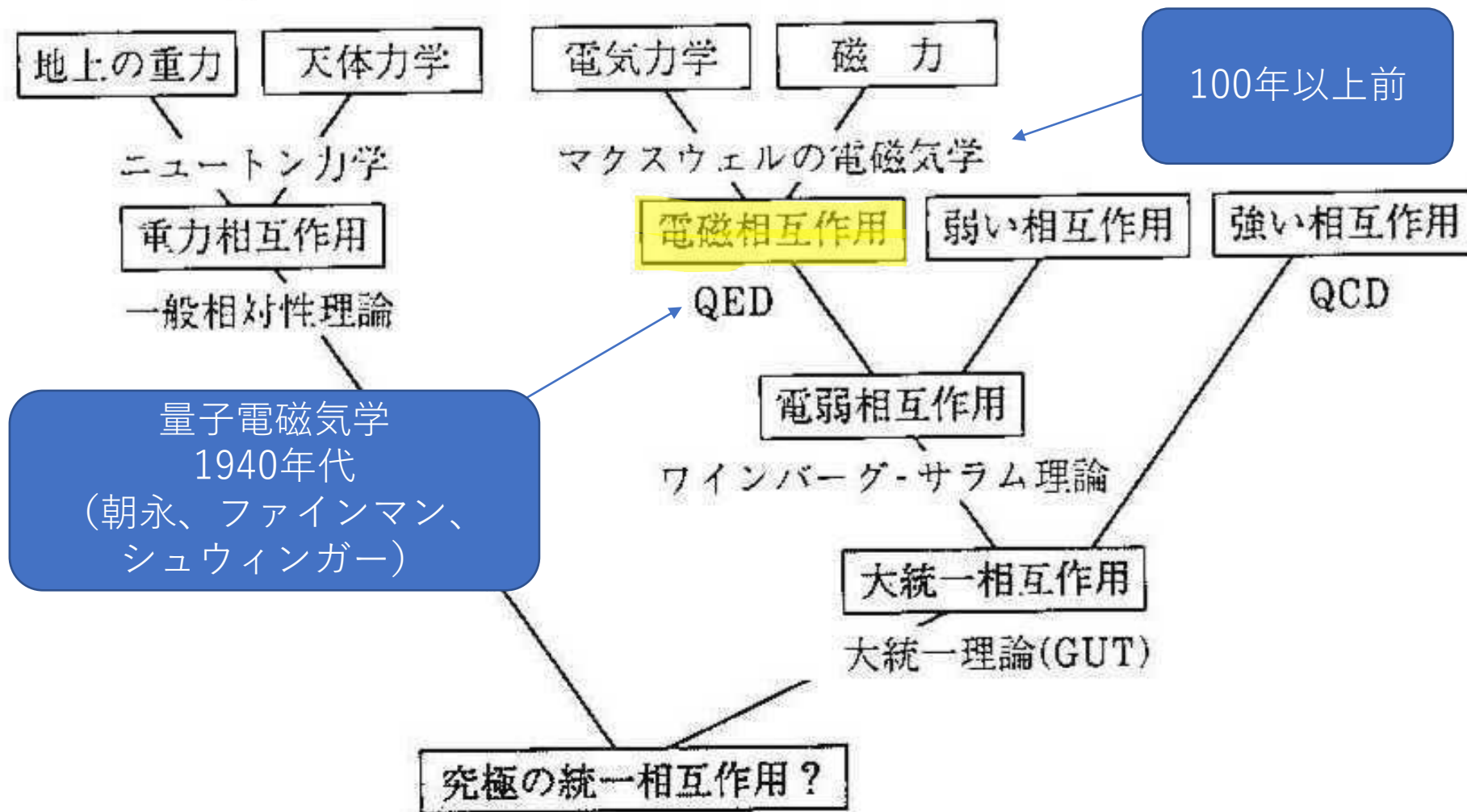
素粒子が相互作用するための基本的な力とそれを記述する「ファインマン則」

2.1 四つの力

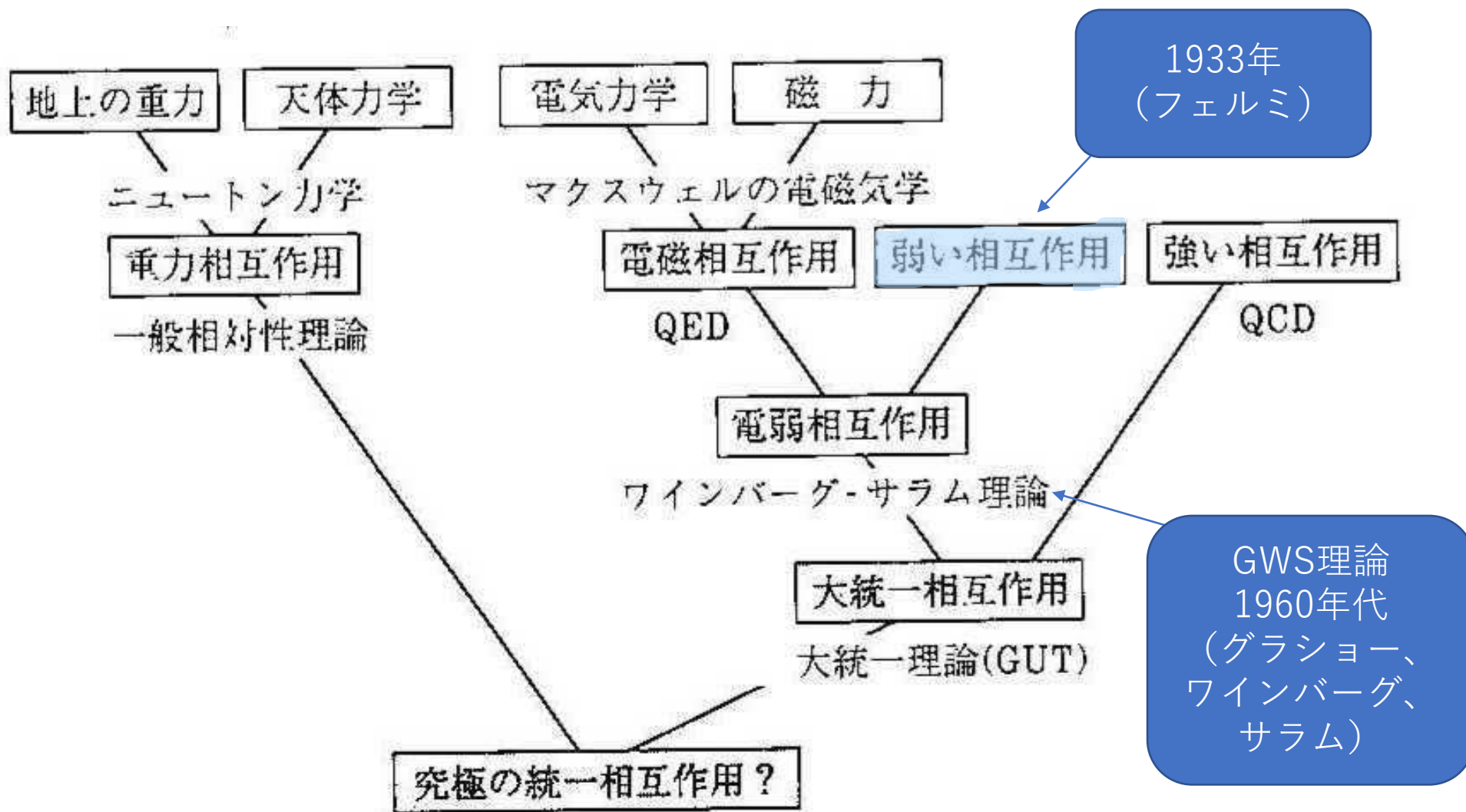
定式化の歴史



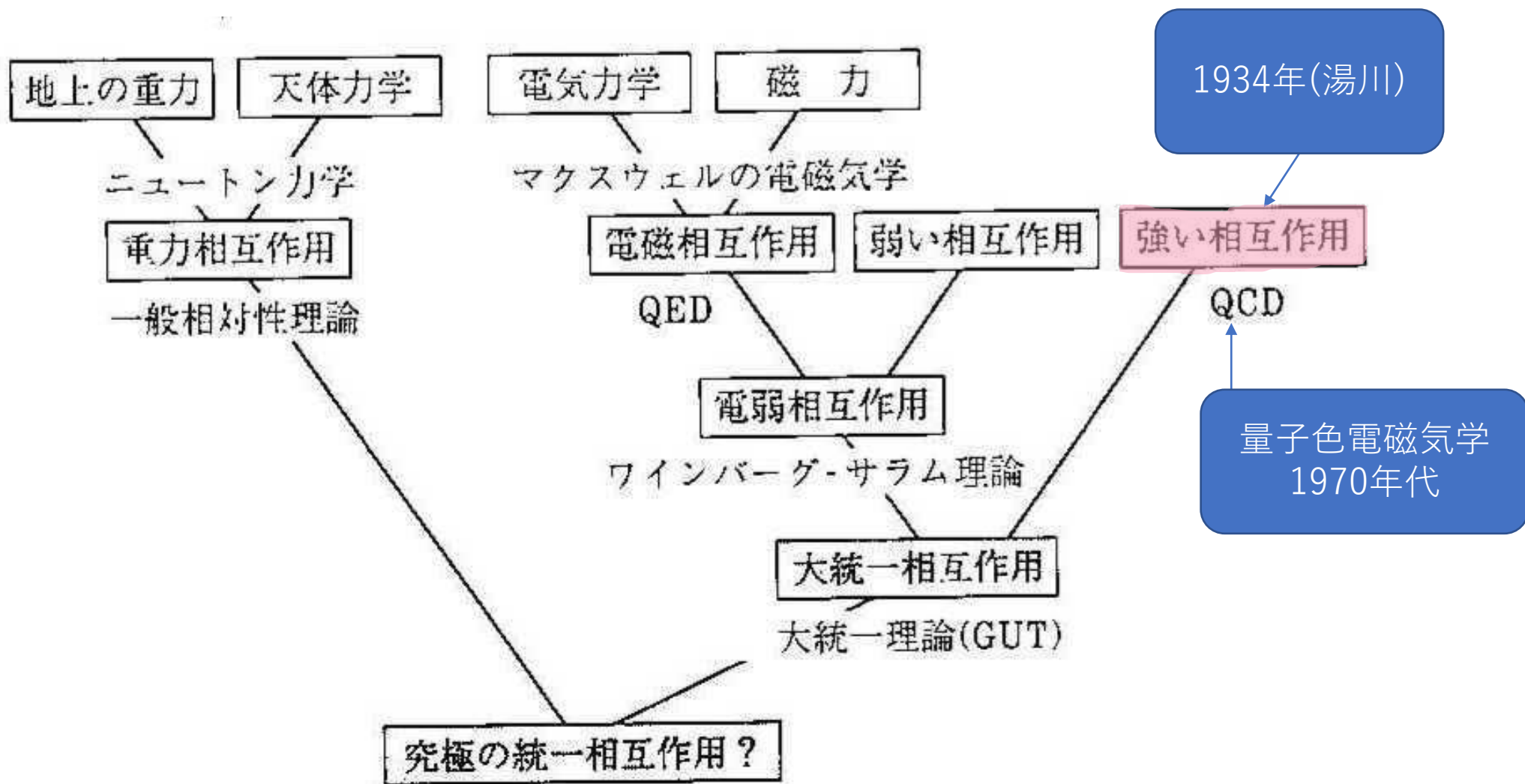
定式化の歴史



定式化の歴史



定式化の歴史



この章でやること

力	強さ	理論	媒介粒子
強い力	10	色力学	グルーオン
電磁気力	10^{-2}	電気力学	光子
弱い力	10^{-13}	フレーバー力学	W と Z
重力	10^{-42}	幾何力学	グラビトン

四つの相互作用は粒子の交換によって発生する

素粒子同士の相互作用を定性的に見ていく