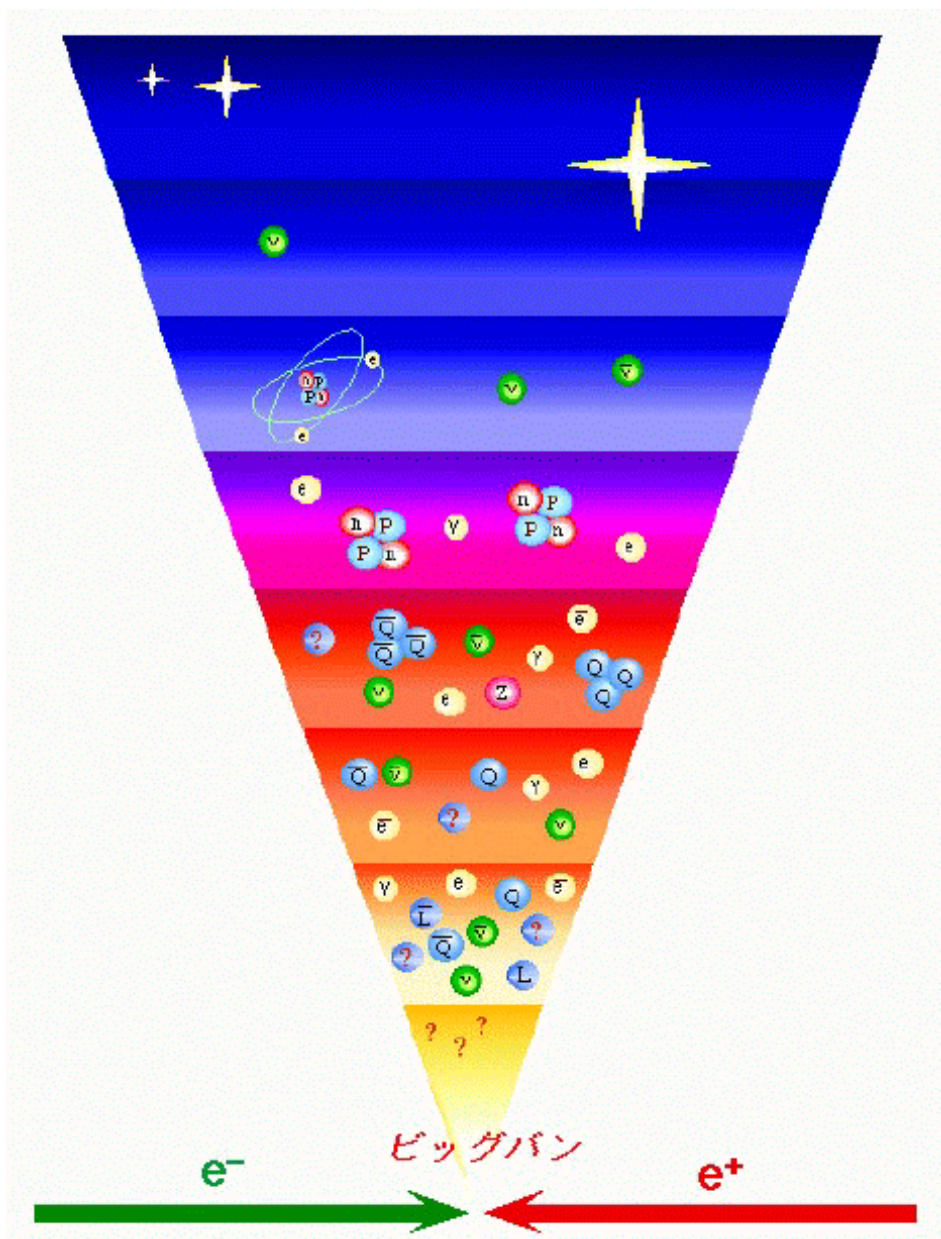


JLC での物理

神前 純一

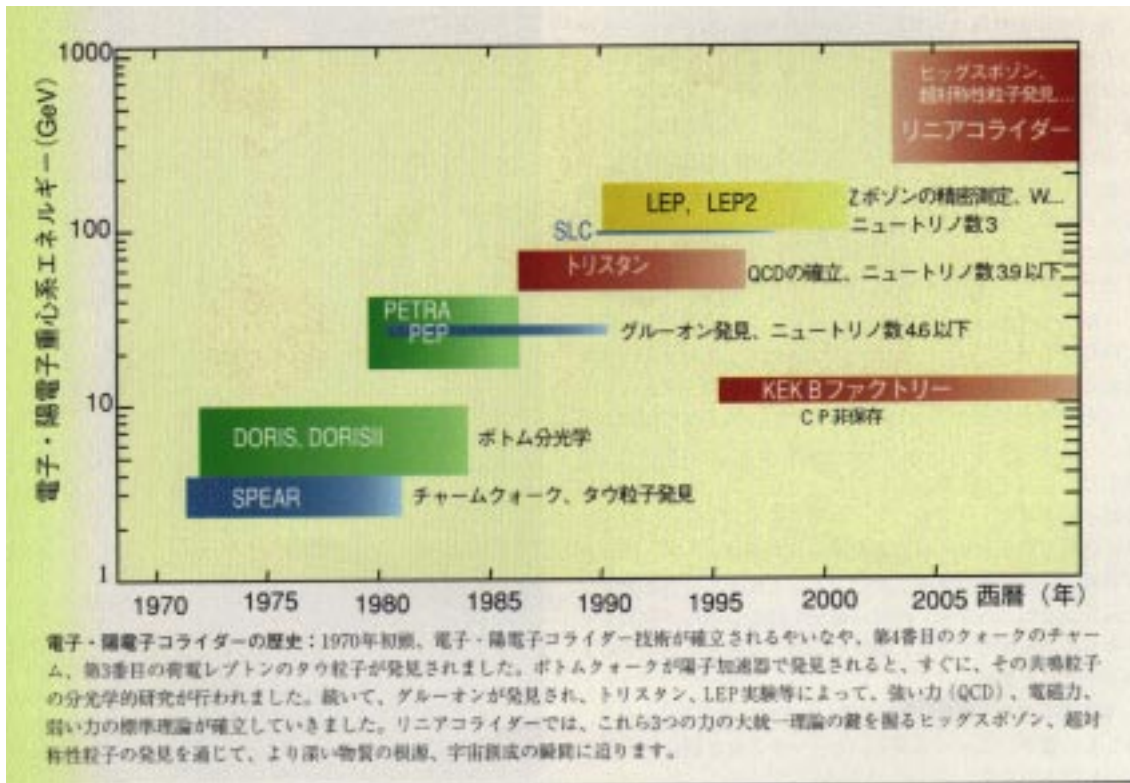
May 18, 1999

総研大・夏期実習



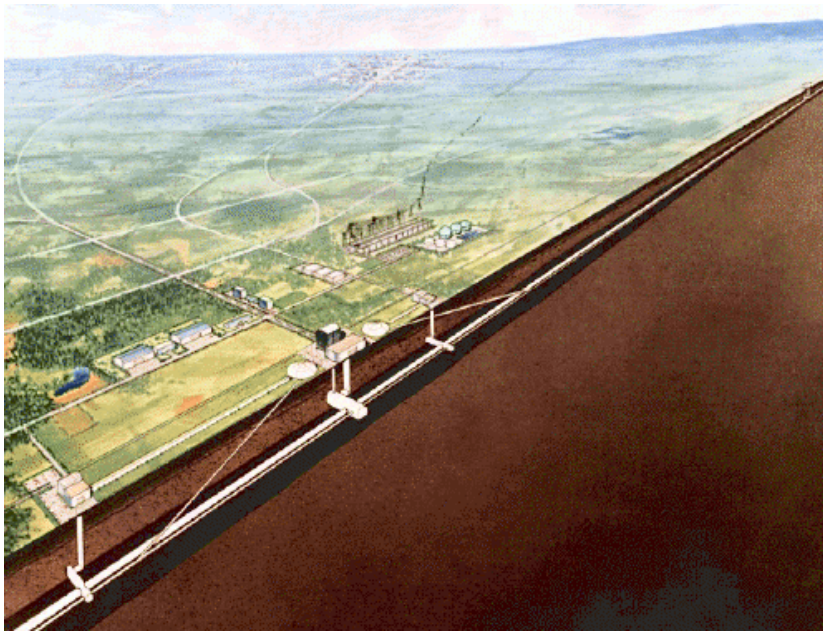
宇宙創成の謎に挑む高エネルギー物理学
<http://www-jlc.kek.jp/index-j.html>

加速器物理の流れ



- レプトン・コライダー
電子-陽電子衝突型、ミュー粒子コライダー
- ハドロン・コライダー
陽子-陽子衝突型、陽子-反陽子、電子-陽子

JLC とはどんな加速器か



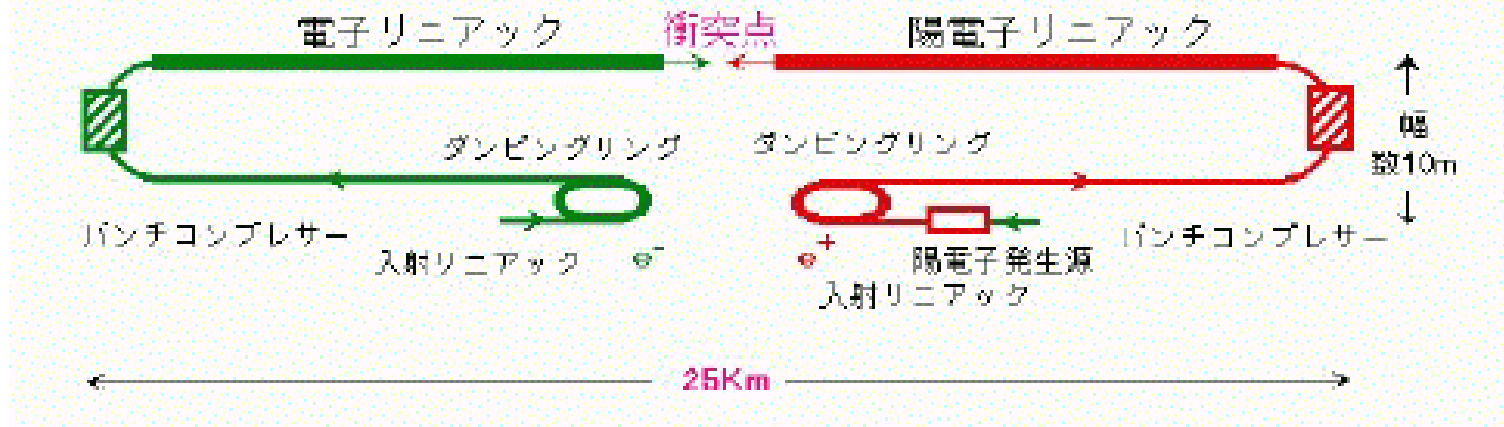
- 電子、陽電子を非常に高いエネルギーまで加速できる

$$\leq 750 \text{ GeV/ beam}$$

- ビームを非常に細くできる

$$300 \times 3 \text{ nm}^2 \rightarrow \text{high luminosity}$$

JLC (Japan Linear Collider)



KEK

May 18, 1999

神前 純一

標準理論の世界

- 物質

	世代		
	→		
クォーク族	$\begin{pmatrix} u \\ d \end{pmatrix}$	$\begin{pmatrix} c \\ s \end{pmatrix}$	$\begin{pmatrix} t \\ b \end{pmatrix}$
レプトン族	$\begin{pmatrix} \nu_e \\ e \end{pmatrix}$	$\begin{pmatrix} \nu_\mu \\ \mu \end{pmatrix}$	$\begin{pmatrix} \nu_\tau \\ \tau \end{pmatrix}$

- 4つの力 (相互作用)

重力、電磁気力

弱い相互作用、強い相互作用

電磁気力と弱い相互作用の統一

→ 電磁弱相互作用

→ 標準理論

非常に良く実験結果と合っている (表参照)

http://ccwww.kek.jp/pdgs/

December 22, 1997 14:53

Quantity	Value	Standard Model
m_t [GeV]	175 ± 5	$173 \pm 4 (+5)$
M_W [GeV]	80.405 ± 0.089	$80.377 \pm 0.023 (-0.036)$
M_Z [GeV]	91.1867 ± 0.0020	$91.1867 \pm 0.0020 (+0.0001)$
Γ_Z [GeV]	2.4948 ± 0.0025	$2.4968 \pm 0.0017 (-0.0007)$
$\Gamma(\text{had})$ [GeV]	1.7432 ± 0.0023	$1.7433 \pm 0.0016 (-0.0005)$
$\Gamma(\text{inv})$ [MeV]	500.1 ± 1.8	$501.7 \pm 0.2 (-0.1)$
$\Gamma(\ell+\ell^-)$ [MeV]	83.91 ± 0.10	$84.00 \pm 0.03 (-0.04)$
σ_{had} [nb]	41.486 ± 0.053	$41.469 \pm 0.016 (-0.005)$
R_ℓ	20.775 ± 0.027	$20.754 \pm 0.020 (+0.003)$
R_b	0.2170 ± 0.0009	$0.2158 \pm 0.0001 (-0.0002)$
R_c	0.1734 ± 0.0048	$0.1723 \pm 0.0001 (+0.0001)$
$A_{FB}^{(0\ell)}$	0.0171 ± 0.0010	$0.0162 \pm 0.0003 (-0.0004)$
$A_{FB}^{(0b)}$	0.0984 ± 0.0024	$0.1030 \pm 0.0009 (-0.0013)$
$A_{FB}^{(0c)}$	0.0741 ± 0.0048	$0.0736 \pm 0.0007 (-0.0010)$
$A_{FB}^{(0s)}$	0.118 ± 0.018	$0.1031 \pm 0.0009 (-0.0013)$
$s_2^{\ell}(A_{FB}^{(0b)})$	0.2322 ± 0.0010	$0.2315 \pm 0.0002 (+0.0002)$
A_ℓ	0.1547 ± 0.0032	0.1550 ± 0.0034
A_b	0.1399 ± 0.0073	$0.9347 \pm 0.0001 (-0.0002)$
A_c	0.650 ± 0.058	$0.6678 \pm 0.0006 (-0.0008)$
$s_2^M(\nu_N)$	0.2236 ± 0.0041	$0.2230 \pm 0.0004 (+0.0007)$
$g_{V_e}^A$	-0.035 ± 0.017	$-0.0395 \pm 0.0005 (+0.0002)$
$g_{V_e}^V$	-0.041 ± 0.015	-0.503 ± 0.017
$Q_W^{(CS)}$	$-72.41 \pm 0.25 \pm 0.80$	$-73.12 \pm 0.06 (+0.01)$
$Q_W^{(TL)}$	$-114.8 \pm 1.2 \pm 3.4$	-116.7 ± 0.1

標準理論で充分か？

現在のところ大きく予想から外れた実験結果はないが、

- まだ完結していない

Higgs 粒子

→ 対称性を破り、粒子に質量を与える

- 理論自身からは説明できないパラメーターがある

質量の値、世代の数、Weinberg 角の値

電荷の量子化

- 理論自身不安定な理論である
- 標準理論を越えた枠組み

3つの力の統一

我々が JLC で目指すもの

- 標準理論の更なる検証
特に最も重い top quark の性質を詳しく調べる
- 標準理論の最後の、しかし最も重要なメンバーを見つける
Higgs 粒子が見つかるのか、見つからないのか
- 標準理論を越える枠組みの形跡を見つける

Top quark と Higgs 粒子

- Top quark
 - TEVATRON (ハドロン・コライダー) で発見された
 - $m_t = 173.8 \pm 5.2 \text{ GeV}/c^2$
TEVATRON での実験による直接測定
 - $2 \times m_t \approx 350 \text{ GeV}/c^2$
JLC に最適!

何を調べるか、、

- 強い相互作用の精密な研究
- Higgs 粒子との相互作用
すでに見つかっていても、あるいは見つ
かっていなくても重要
- Higgs 粒子
 - $m_H > 77.5 \text{ GeV}/c^2 (95\% \text{ C.L.})$
 - 質量は?
超対称性の理論では軽い Higgs 粒子が予
想される

標準模型を越えて

現在、考えられている二つの可能性

- テクニカラーのシナリオ

Higgs 粒子を素粒子ではなく複合粒子と考えることにより標準模型の困難さを避ける

→ 物質粒子へ質量を与えることが難しい (特に top quark)

→ JLC で発見可能な粒子が予想される

→ ゲージ粒子の自己相互作用の精密測定

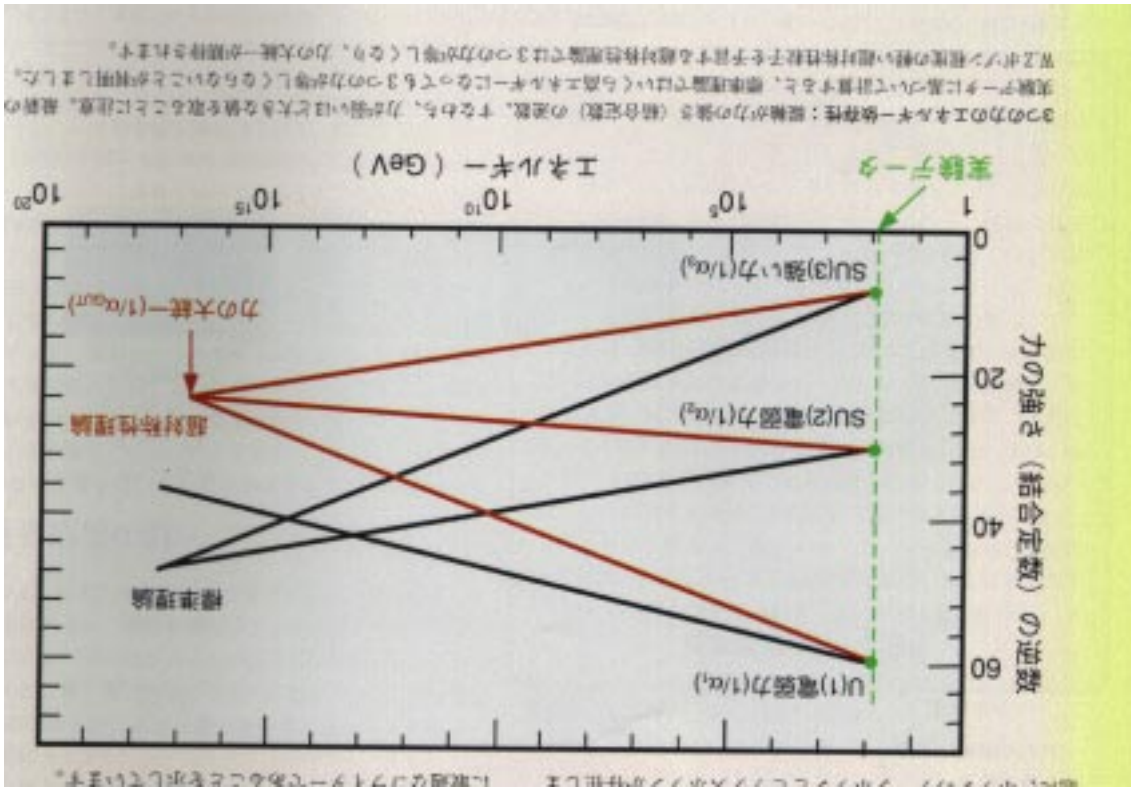
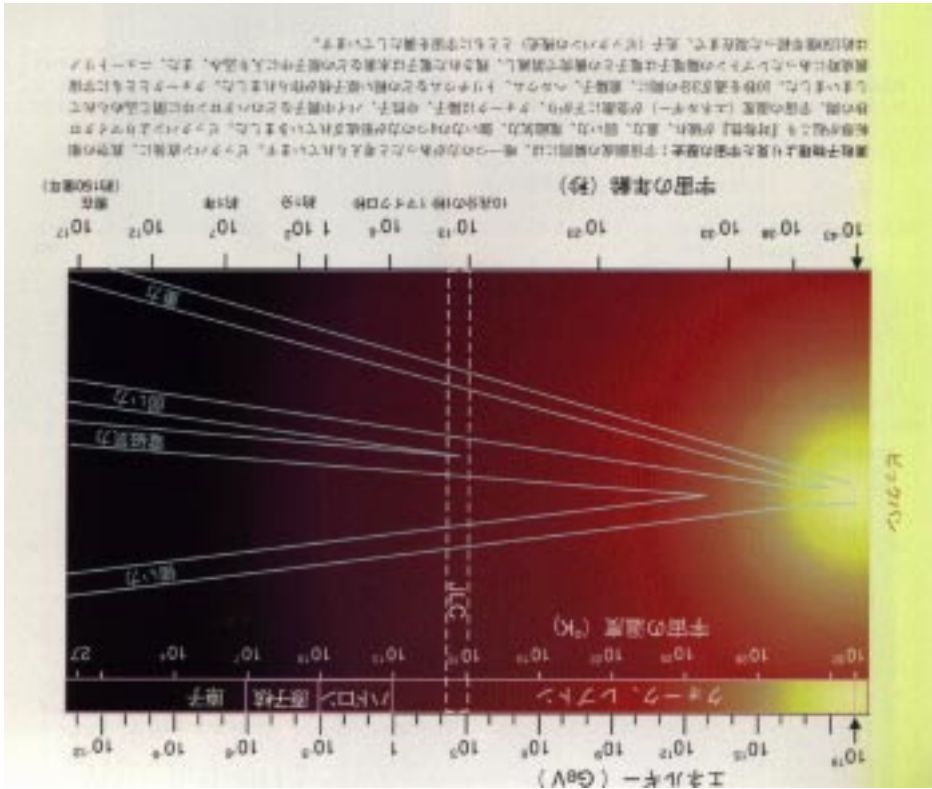
- 超対称性のシナリオ

物質粒子と力の粒子の間の対称性

→ 力が統一される超高エネルギーの物理により我々の世界のパラメーターが決定される

→ 3つの力の大統一 + 超対称性

→ 軽い (< 150 GeV) Higgs 粒子の存在



最後に

JLC により

- これまでの加速器物理で残された課題である電磁弱相互作用の対称性の破れの謎を解く物理を探求することができる。
 - Top quark の精密な研究
 - Higgs 粒子の探索
- 標準模型を越える物理の枠組みについての手がかりを得ることができる。
- さらには我々の世界が超高エネルギーの世界に通じているのかどうか知ることができる。