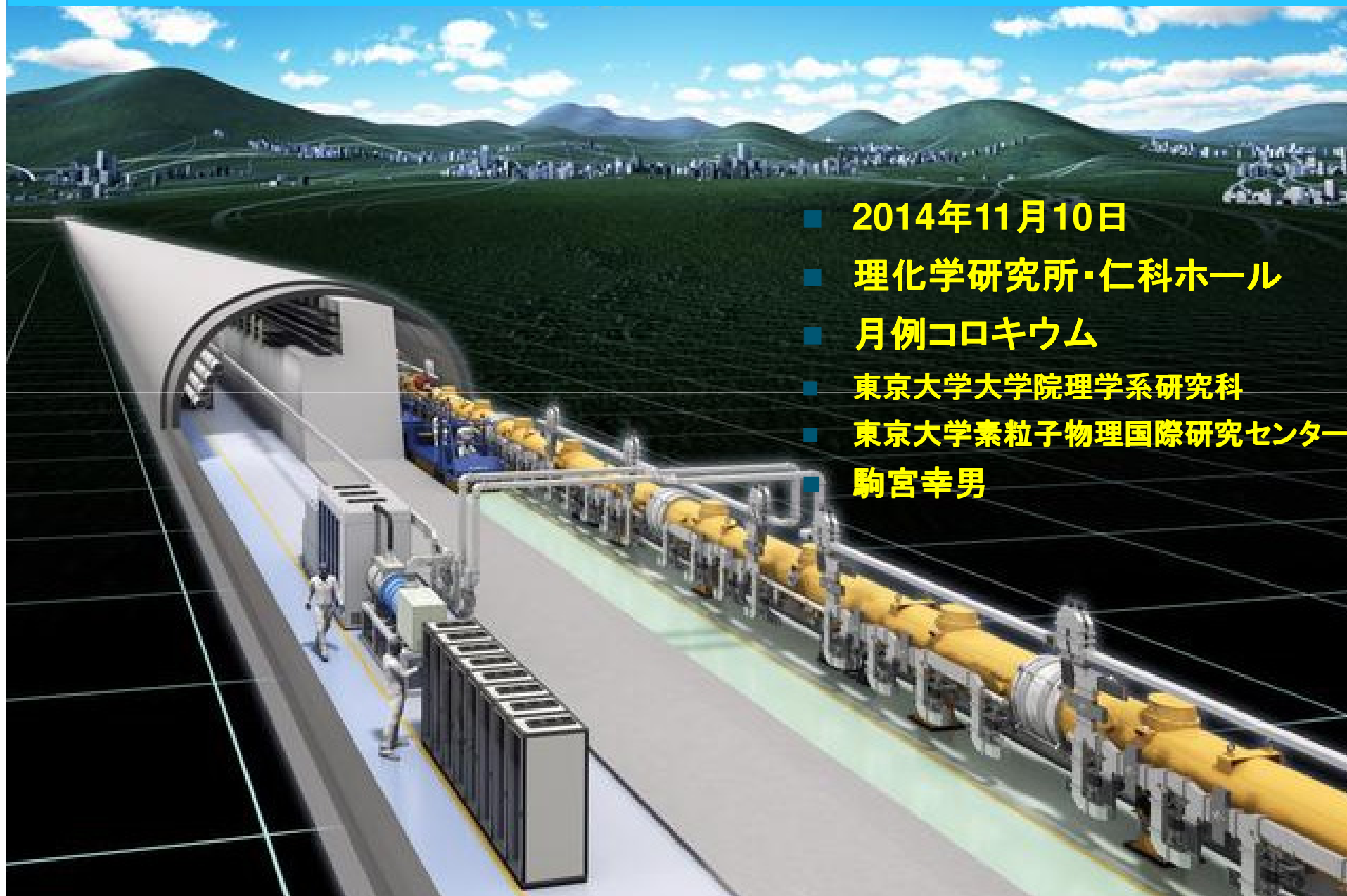


ILCの物理と計画の状況



- 2014年11月10日
- 理化学研究所・仁科ホール
- 月例コロキウム
- 東京大学大学院理学系研究科
- 東京大学素粒子物理国際研究センター
- 駒宮幸男

素粒子物理学の最重要課題

電弱対称性の破れの背後にある物理の解明

超対称性？ 複合ヒッグス模型？

相互作用の大統一(クォーク・レプトンの統一)

超対称性？ 余剰次元？ 核子崩壊？

暗黒物質の正体

超対称性？ Strong CP の破れ？

宇宙の加速膨張(暗黒エネルギー)の正体

インフレーションとの関連？ 真空のエネルギー？

重力相互作用を如何にして理論に組み込むか

超対称性？ ⇒ 超弦理論 ？

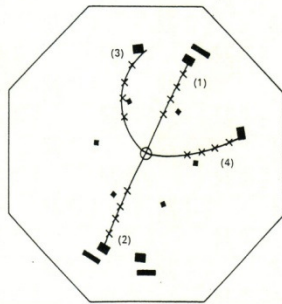
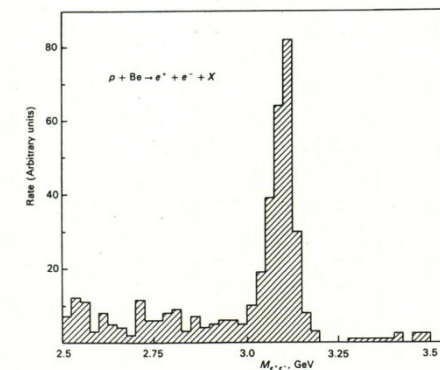
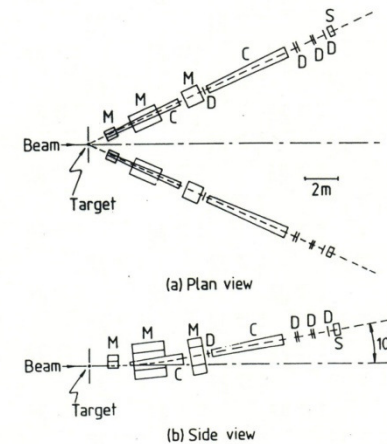
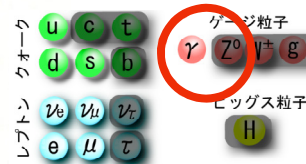
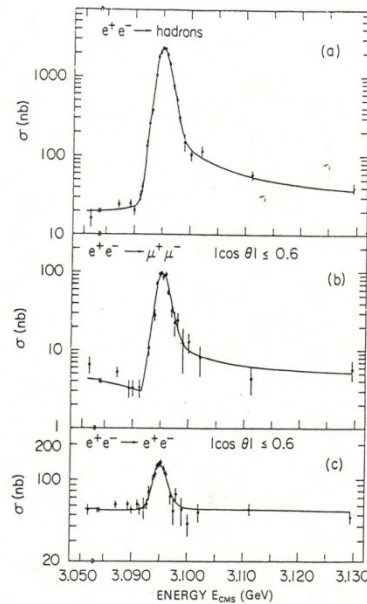
ILCにおいて標準理論を超えていかなる方向に進むか

- ・ ヒッグス粒子、トップクォークをプローブとして使う
- ・ 新粒子・新現象の直接発見

⇒ 精密測定

⇒ 発見を物理の原理に高める

嘗て革命はあった。 The November Revolution 1974年11月 J/ψの発見



$e^+e^- \rightarrow \psi$ SLAC
Richter et al.

$J/\psi = c\bar{c}$ 結合状態

クォークとレプトンが
物質を形成する基本粒
子であることが実験家
にも明確に分かった

$J \rightarrow e^+e^-$ (丁)
BNL Ting et al.

2008年ノーベル物理学賞

小林誠 先生

益川敏英 先生

クォークが3種類しかない時代(1972年)
に、すなわち「1974年11月革命」以前に、
6種類(3世代)あることを理論的に予言
(K^0 中間子のCP非保存)

$$\begin{array}{ccc} \left(\begin{array}{c} u \\ d \end{array} \right) & \left(\begin{array}{c} c \\ s \end{array} \right) & \left(\begin{array}{c} t \\ b \end{array} \right) \end{array} \quad \begin{array}{ccc} \left(\begin{array}{c} \nu_e \\ e \end{array} \right) & \left(\begin{array}{c} \nu_\mu \\ \mu \end{array} \right) & \left(\begin{array}{c} \nu_\tau \\ \tau \end{array} \right) \end{array}$$

クォーク レプトン



2008年ノーベル物理学賞

小林誠 先生

益川敏英 先生

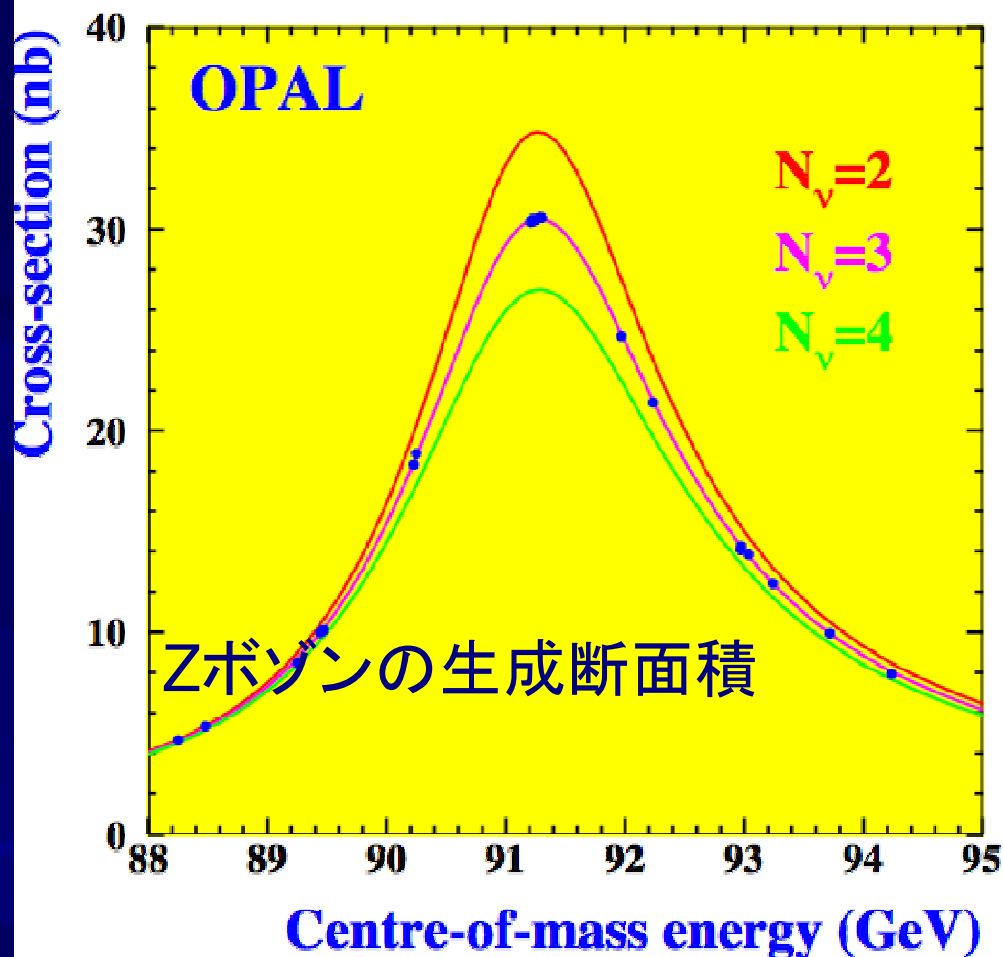
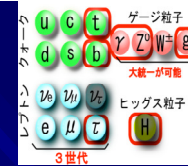
クォークが3種類しかない時代(1972年)
に、すなわち「1974年11月革命」以前に、
6種類(3世代)あることを理論的に予言
(K^0 中間子のCP非保存)

$$\begin{array}{ccc} \left(\begin{array}{c} u \\ d \end{array} \right) & \left(\begin{array}{c} c \\ s \end{array} \right) & \left(\begin{array}{c} t \\ b \end{array} \right) \end{array} \quad \begin{array}{ccc} \left(\begin{array}{c} \nu_e \\ e \end{array} \right) & \left(\begin{array}{c} \nu_\mu \\ \mu \end{array} \right) & \left(\begin{array}{c} \nu_\tau \\ \tau \end{array} \right) \end{array}$$

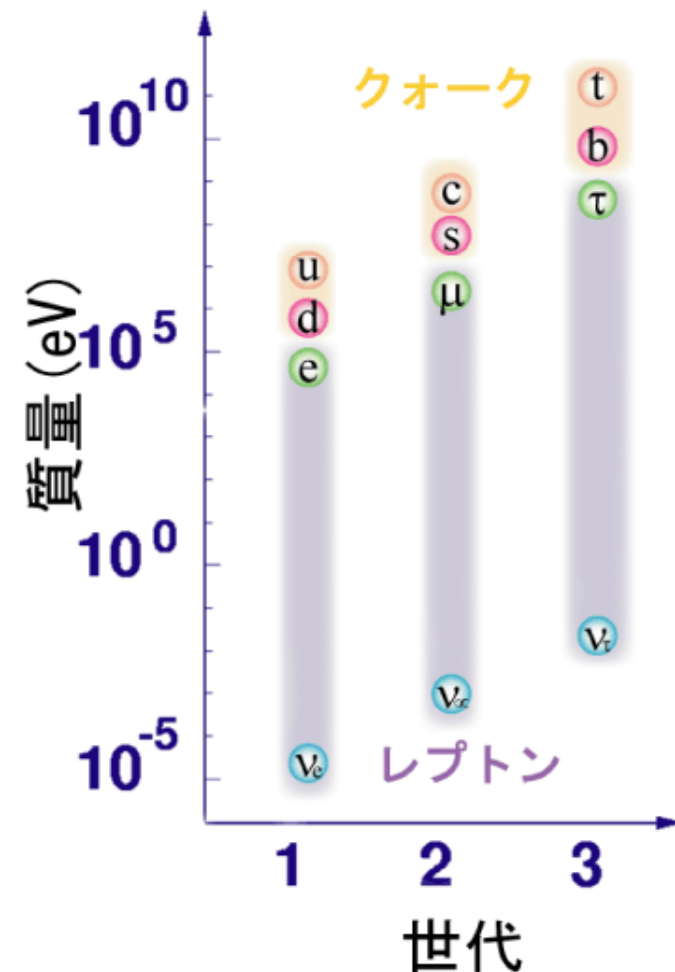
クォーク レプトン



素粒子の世代構造



- 素粒子の世代数は3で打ち止め
 $N=2.9841 \pm 0.0083$ (LEP)



2012年7月革命 ヒッグス粒子の発見



田中純一 東京大学准教授

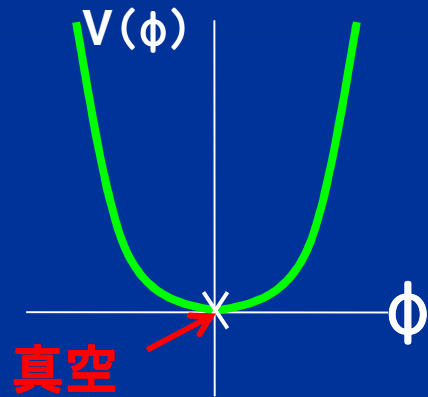


ヒッグス粒子と真空

ヒッグス粒子は「真空」と同じ量子数を持つ

⇒ 真空が $\phi=0$ から $\phi=\phi_0$ に移る。

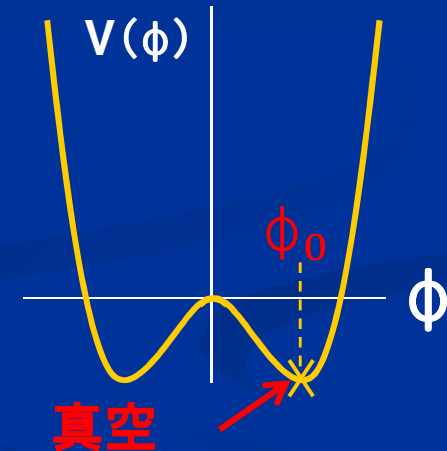
相転移が生ずる



初期宇宙



膨張による冷却



ヒッグス場 ϕ_0 が真空を満たす

即ち、真空（エネルギーが最も低い状態）では $\phi \neq 0$.

対称性が破れる。(南部陽一郎、アンブレール、ブロウト、ヒッグス)



南部陽一郎



アンブレール と ヒッグス

ヒッグスポテンシャル : $V = \mu^2 \phi^\dagger \phi + \lambda (\phi^\dagger \phi)^2$

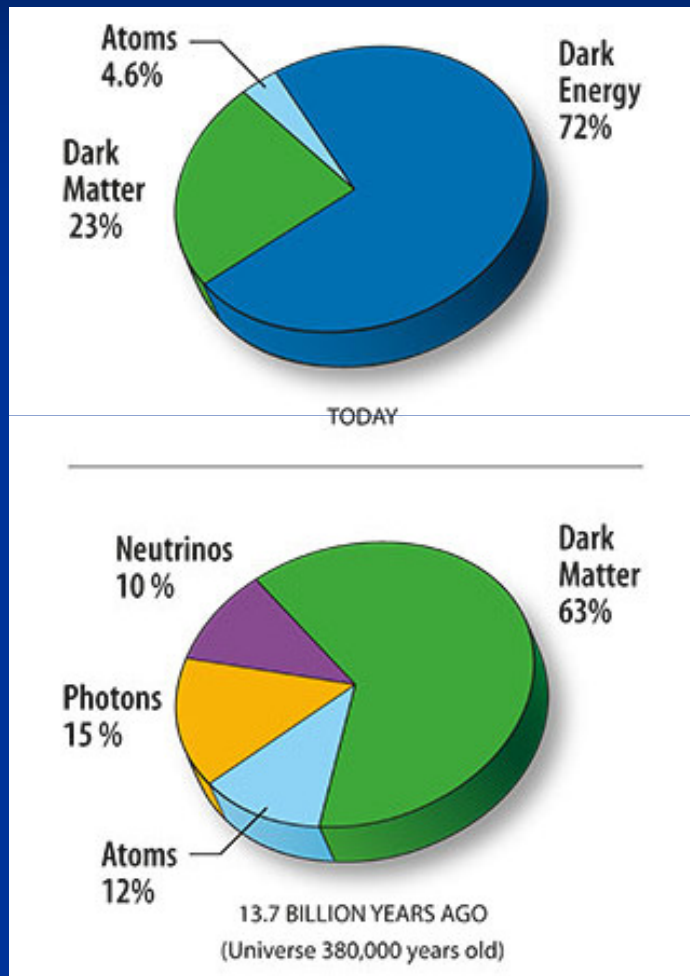
標準理論の標準的教科書には $\mu^2 < 0$ 、 $\lambda > 0$ のときに対称性が破れると書いてあるが、なぜ対称性が破れたのか、即ち、なぜ $\mu^2 < 0$ となるのかの理由は書かれていない。

対称性を破る原因を作るためには、標準理論を超える物理が必要。新しい対称性の破れ、新粒子の存在が必至。

例えば、「超対称性」があると、 $\mu^2 < 0$ の状態を実現：井上研三たち（九州大学、1982）

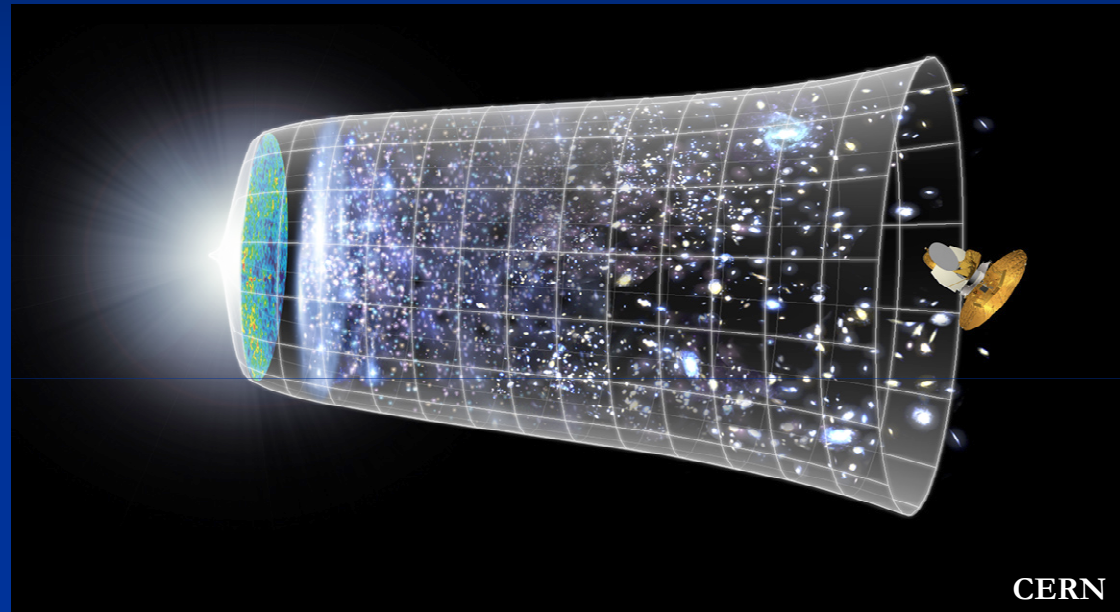
Higgs から 宇宙へ

Dark Energy



Particle data group

インフレーション(Inflation)

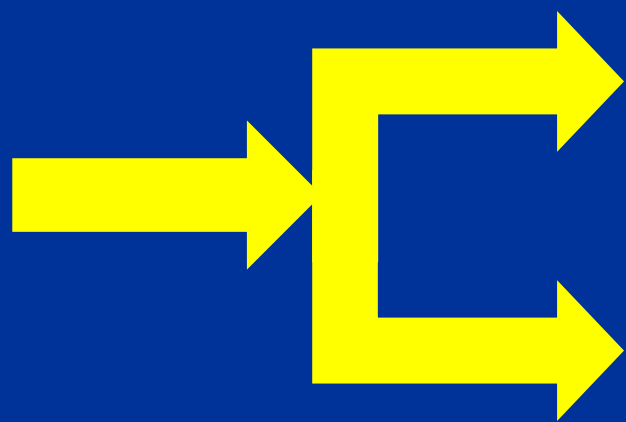


「Dark Energy」も「Inflation」も
真空のエネルギーが関係する。
ヒッグス粒子(=唯一のスカラー素粒子
=真空の量子数を持つ)の発見はこれら
の解明の第ゼロステップ

素粒子物理学の大きな分岐点

～125 GeV のヒッグス粒子は軽いヒッグスの範疇に入る

ヒッグス粒子
が軽い



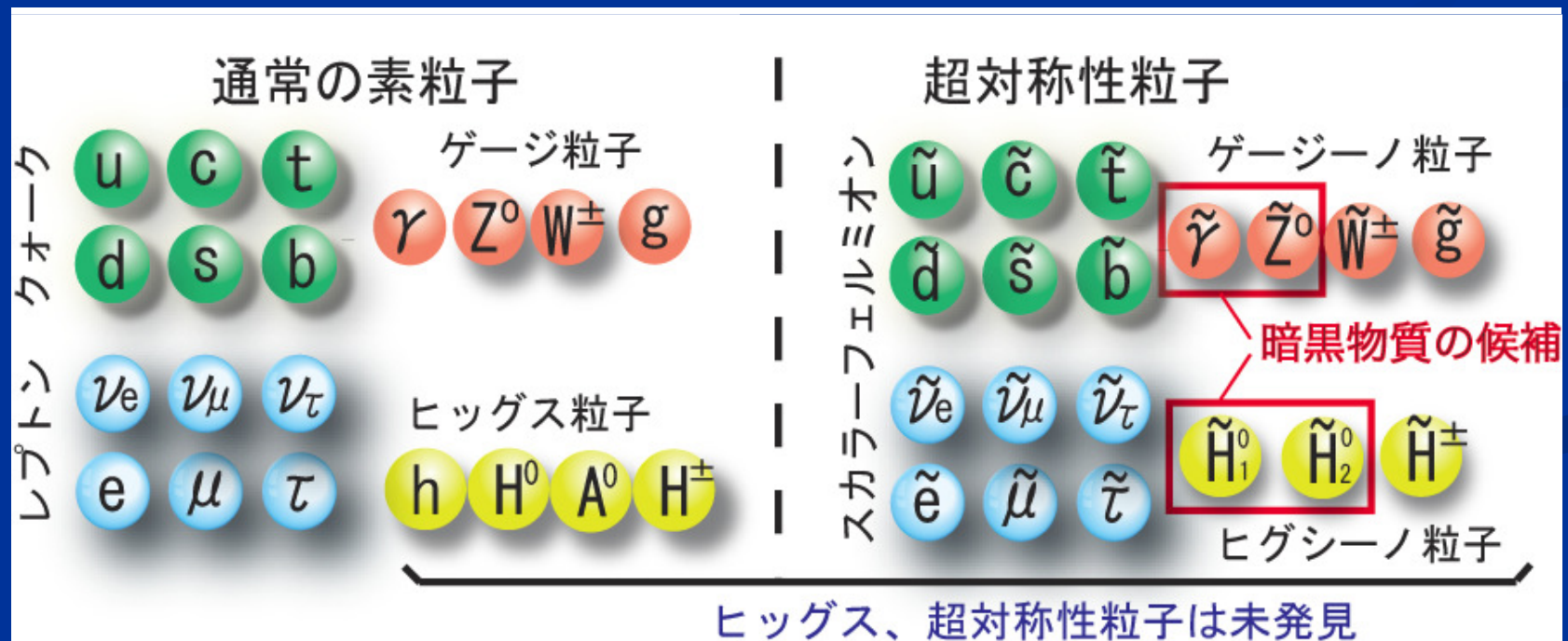
ヒッグス粒子
が重い

ヒッグス粒子は素粒子
超対称性？

ヒッグス粒子は複合粒子
未知の非常に強い相互作用に
よって「基本粒子」が結び付き
ヒッグス粒子を形成
テクニカラーモデル など ???

超対称性 (SUSY)

- ・超対称性＝フェルミ粒子とボーズ粒子の対称性
 - ・全ての素粒子に超対称性パートナーが存在し、その質量はTeV程度以下
⇒超対称性パートナーの発見は反粒子の発見に匹敵する成果
しかし、素粒子物理学の原則(少ない粒子で全てを説明したい)に反する！
- ・最も軽い超対称性粒子は、宇宙の「**暗黒物質**」の最有力候補
- ・超対称性は破れている $m(e) \neq m(\tilde{e})$ 破れのメカニズム？



超対称性(SUSY)はいくつもの問題を解決

(1) ヒッグス粒子の質量の安定化

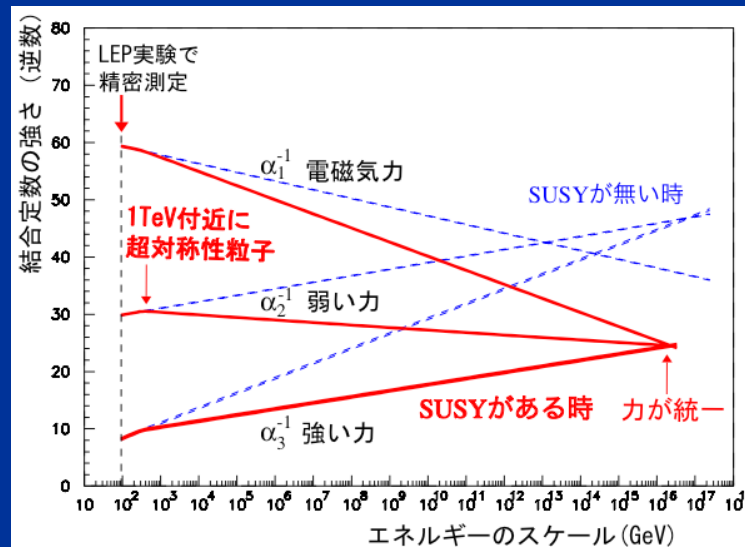
標準理論の枠内だと左図のような量子補正でヒッグス粒子の質量は発散



(2) 最も軽い超対称性粒子は、宇宙の「暗黒物質」の最有力候補

⇒宇宙構造の理解

(3) 超対称性は電磁力・弱い力・強い力の大統一を予言



超対称性がない場合は3種の力が統一されない

超対称性があると 10^{16} GeVという高エネルギースケールで力が統一される

(4) 重力を含む力の超統一で決定的な役割 (余剰空間次元の数を決める)

実験家からみた(実験に興味を持つ)理論家の一般的な振舞い
(fashion-to-fashion 節操がないことは美德である)

SUSYパラメータ数 $\text{MSSM} = \text{SM} (5+14(+8)) + 105$

Gauge-Higgs sector 5 real parameters, 3 phases

21 sfermion masses, 36 mixing angles, 40 CP phases

LHC Run1 以前の超対称性探索

人工的(理論的)な仮定をしてパラメータの数を

4程度に減らす

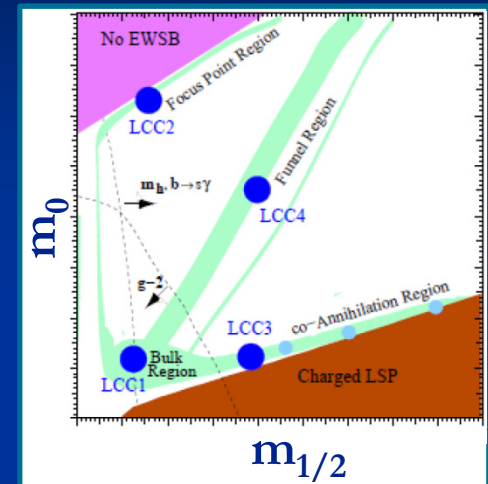
cMSSM、mSUGRA

⇒ 予言能力は高まる ⇒ かなりの領域が棄却 (LHC, $g-2$, $b \rightarrow s\gamma$, ...)

LHC Run2 以降

[SUSYに愛想を尽かすことをせずに、
より一般的なSUSYパラメータの取り方を選択
TeV scale SUSYを取り敢えず放棄した振り (発見の暁には戻ればいい)

LHC Run2 でのSUSYの発見に期待！



エネルギーフロンティアのコライダーによる発見の歴史

1960s

ISR

pp

The first hadron collider

1970s

SPEAR

e^+e^-

J/ψ 1974 τ 1976

DORIS

e^+e^-

J/ψ conformation χ_c

1980s

PETRA

e^+e^-

gluon 1979

PEP

e^+e^-

B-lifetime

Sp $\bar{p}$ S

$p\bar{p}$

W, Z 1982

TRISTAN

e^+e^-

Superconducting cavity

1990s

TEVATRON

$p\bar{p}$

top-quark 1995 (1987-2012)

SLC

e^+e^-

EW gauge theory (1989-1998)

LEP

e^+e^-

3-Generations Gauge theory (EW,QCD) (1989-2000)

2000s

LHC

pp

Higgs Boson 2012 (2009-)

ILC

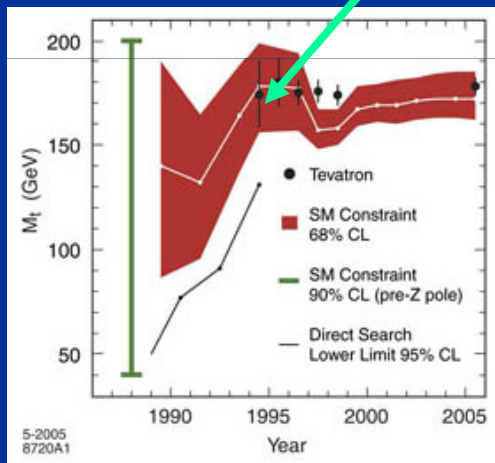
e^+e^-

?

ハドロンコライダーと e^+e^- コライダーの相乗効果

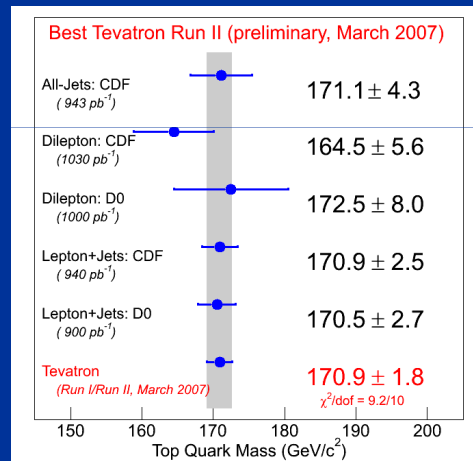
トップクォークとヒッグス粒子の物語

高精度の LEP (e^+e^-)
での電弱相互作用過程
の測定によってトップ
クォーク質量を正確に
予言した

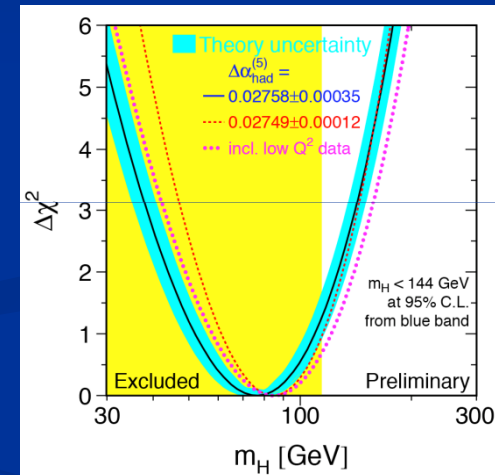


トップクォークの発見

TEVATRON (pp) での
トップクォーク質量の正
確な測定



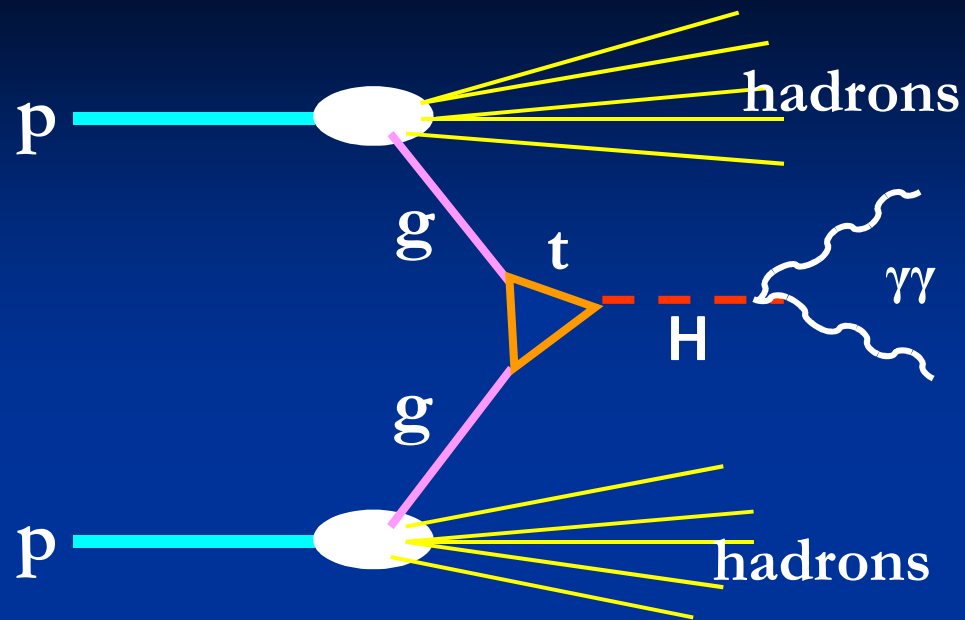
TEVATRONでの正確な
トップクォーク質量測定と
LEP/SLC (e^+e^-) での高
精度な実験データを統合
 $114 \text{ GeV} < M_H \leq 160 \text{ GeV}$



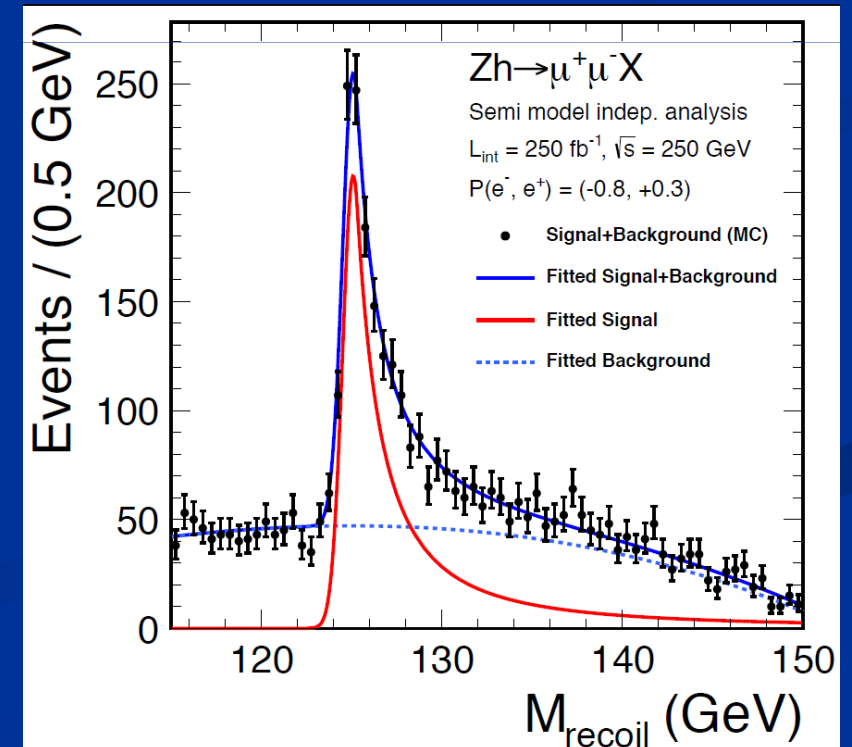
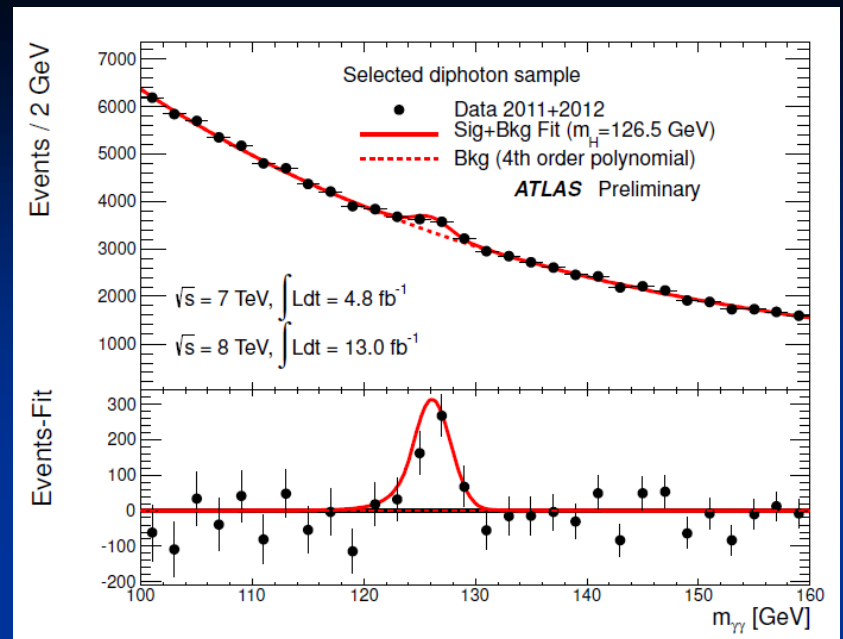
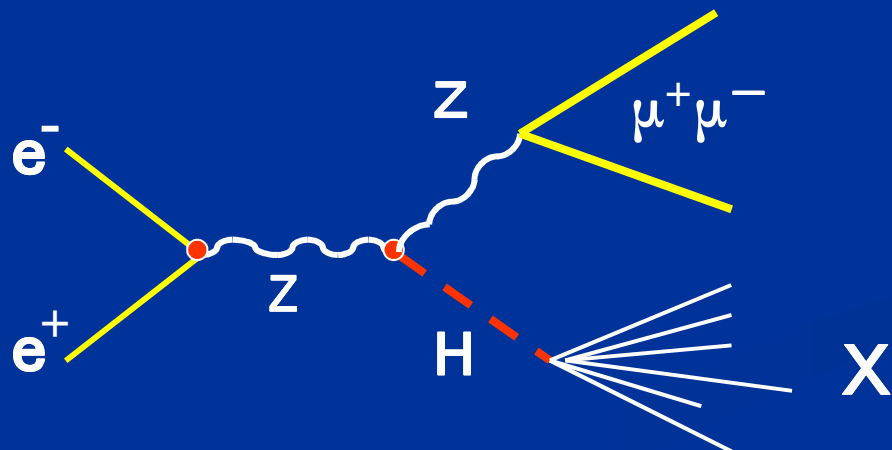
LHC(pp)に於ける「Higgs」の
発見 $M_H \sim 126 \text{ GeV}$

ILC (e^+e^-) に於けるHiggs
の性質の高精度な測定

LHC $H \rightarrow \gamma\gamma$ 質量分布



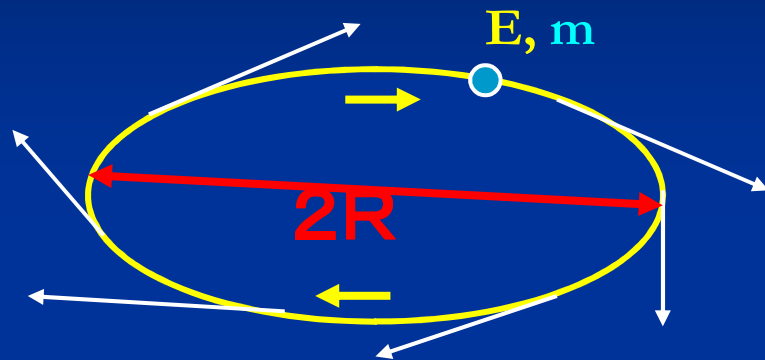
ILC $\mu^+\mu^-$ の反跳質量分布



円形電子・陽電子コライダーの限界

反応は単純、実験は容易

しかし...



電子は磁場で曲げられると放射光を出してエネルギーを失う。

一周に失うエネルギー ΔE は

$$\Delta E \propto (E/m)^4 / R$$

E : 粒子のエネルギー

m : 粒子の質量 R : 半径

ローン破産の状態

エネルギー欠損を補ってより高いエネルギーを得たい

(1) 重い粒子を回す (陽子質量/電子質量=1800) $\Rightarrow$ LHC

(2) R を大きくする $\Rightarrow R=\infty$ にしてしまえ ! リニアコライダーへ

高加速勾配 $\Rightarrow$ 短い加速器 $\Rightarrow$ 建設予算削減

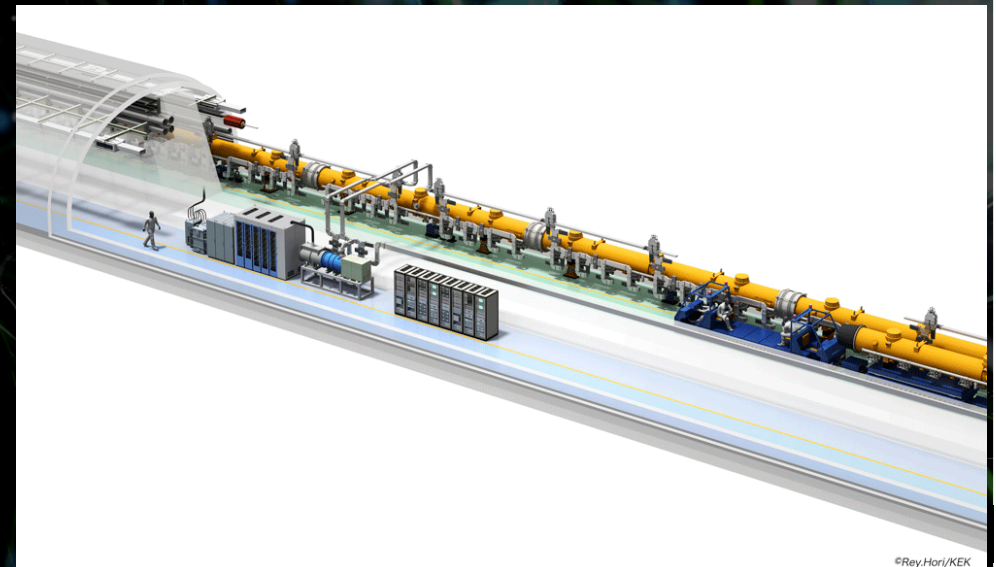
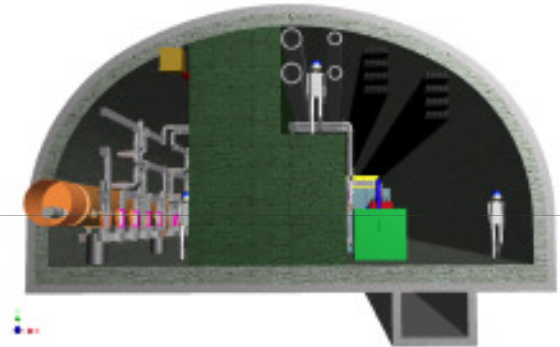
ビームサイズを絞り込む $\Rightarrow$ 衝突頻度増大 $\Rightarrow$ 運転費削減

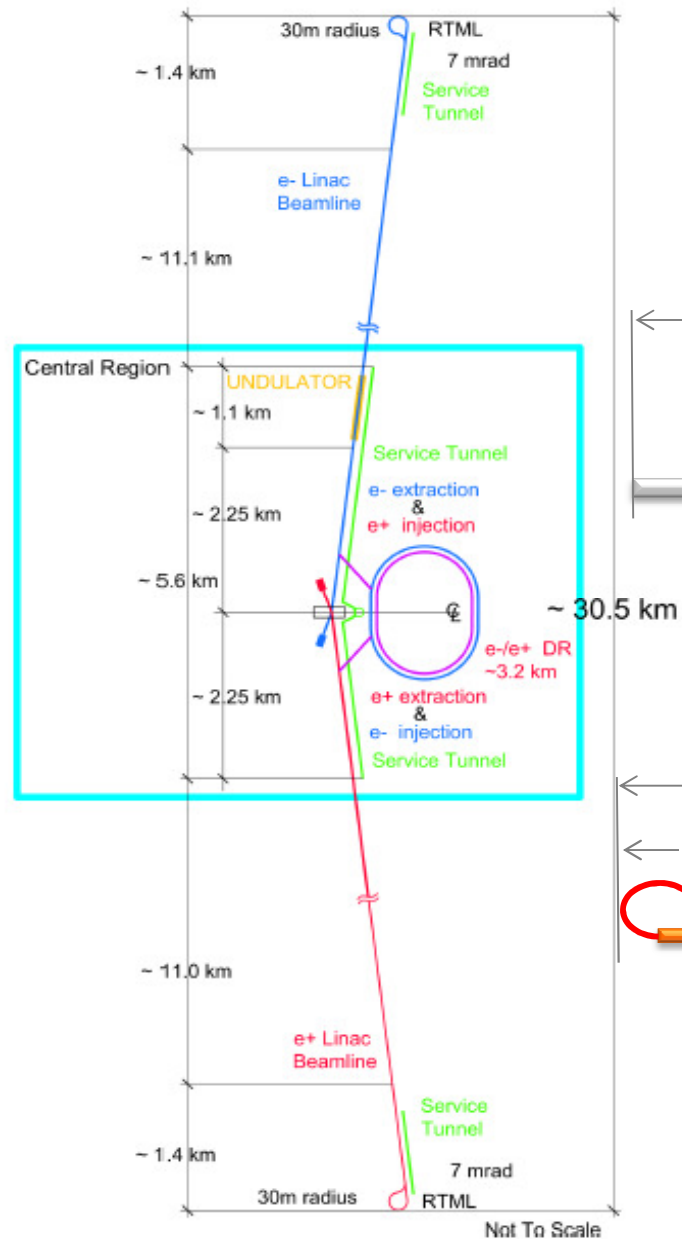
LEP/LHC加速器を伸ばしたくらいの長さ

International Linear Collider ILC

世界の次期加速器基幹計画。
合計約30km の長さの超伝導直線加速器を地下に設置し、電子と陽電子を正面衝突させ、宇宙開闢約1兆分の1秒の世界を一瞬作って研究する。
特に、ヒッグス粒子の性質の詳細研究、トップクォーク、宇宙の暗黒物質を作っている粒子、... などを研究する。

山岳サイトでのトンネルのデザイン

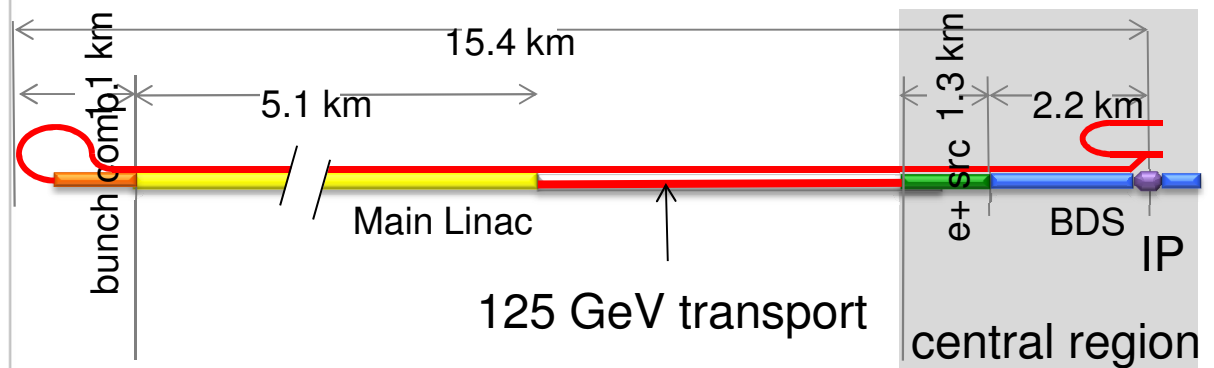
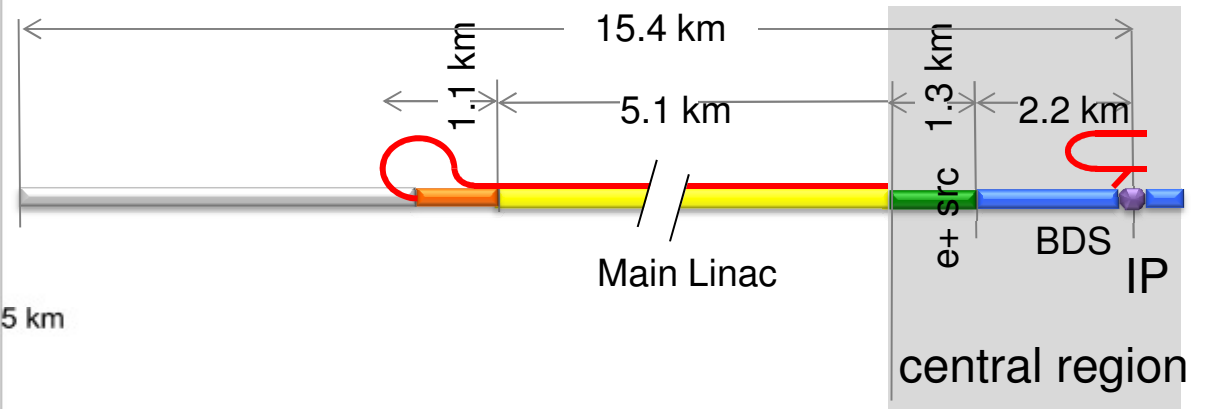


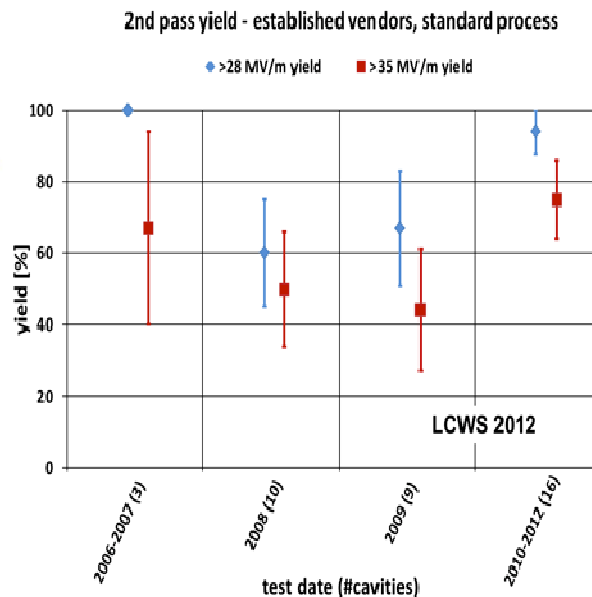
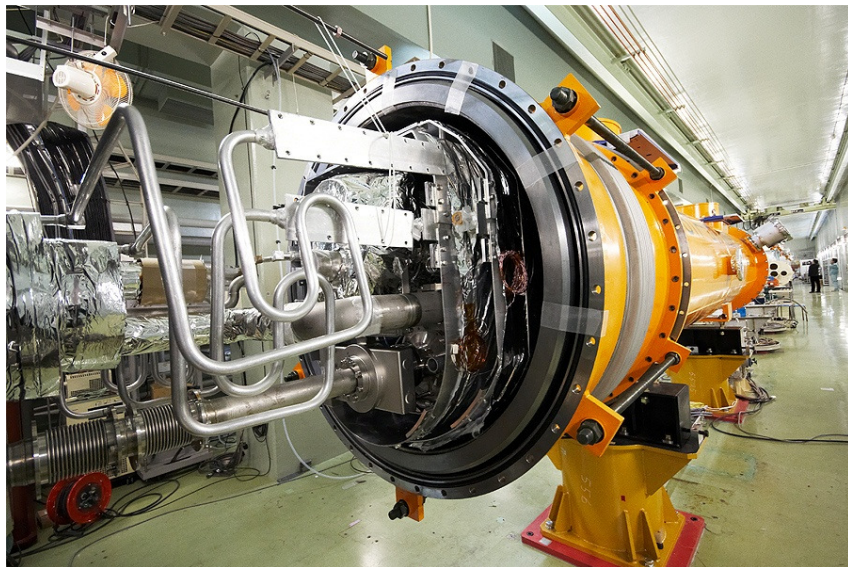


リニアコライダーの長所は

(1) 放射光(シンクロトン放射)によるエネルギー欠損がない

(2) 拡張可能性 (長さ⇒エネルギー)
寿命の長いプロジェクト





Production yield:

94% at
>28 MV/m,

Average
gradient:

37.1 MV/m

ILCの技術的な挑戦

(1) 高い加速勾配を持つ超伝導加速器

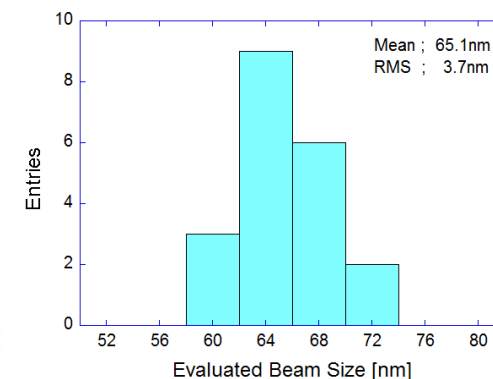
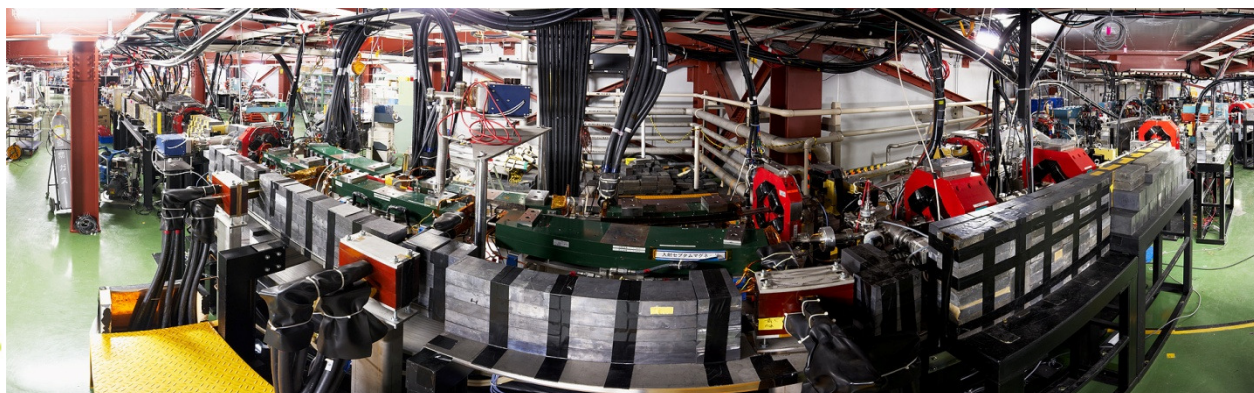
超伝導 ⇒ 運転経費 (電気代) 節約

高加速勾配 ⇒ 長さを短くする ⇒ 建設コストの低減

(2) 非常に細いビーム同士の正面衝突

衝突 (反応) 確率を増やす ⇒ 運転経費 (電気代) 節約

この両方の技術共に達成できる (TDRにある通り)



ILCでのヒッグス粒子の研究

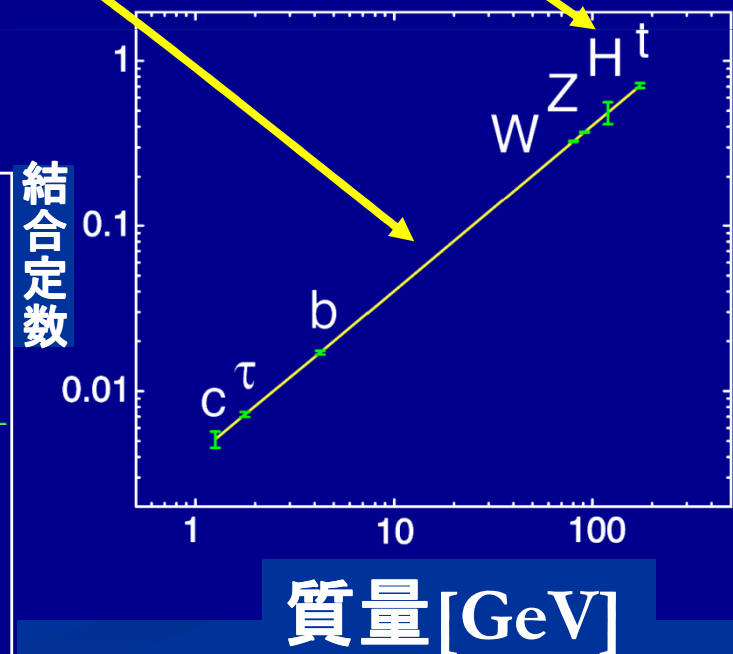
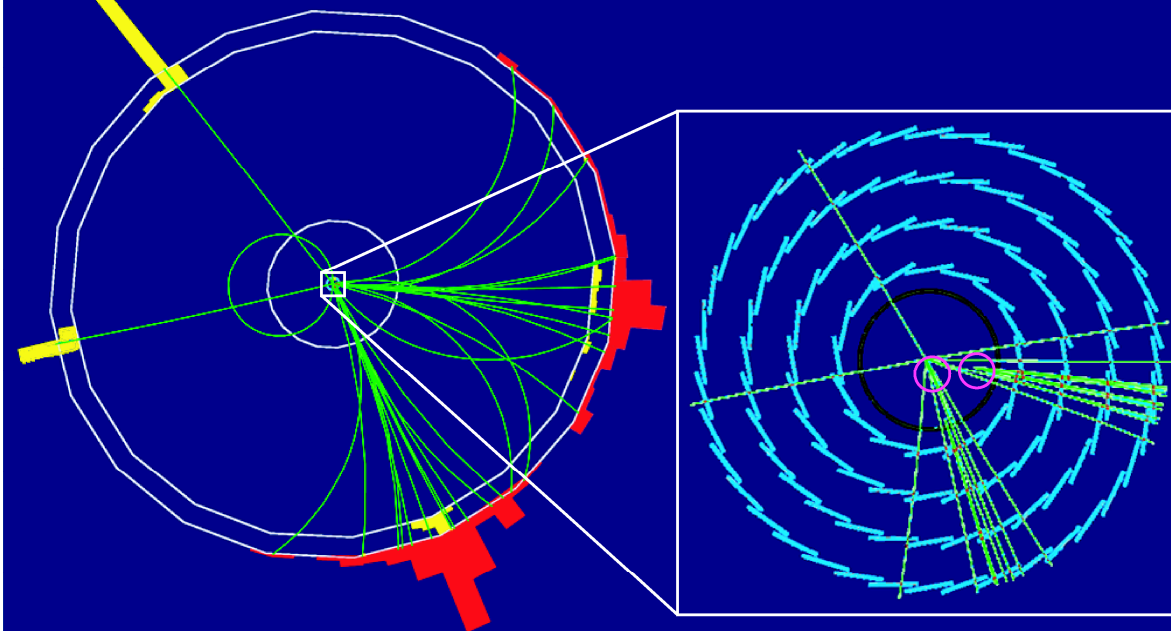
ILC は 先ずはヒッグス・ファクトリー
 $O(10^5)$ 個の事象を 生成して徹底的に研究

質量の起源

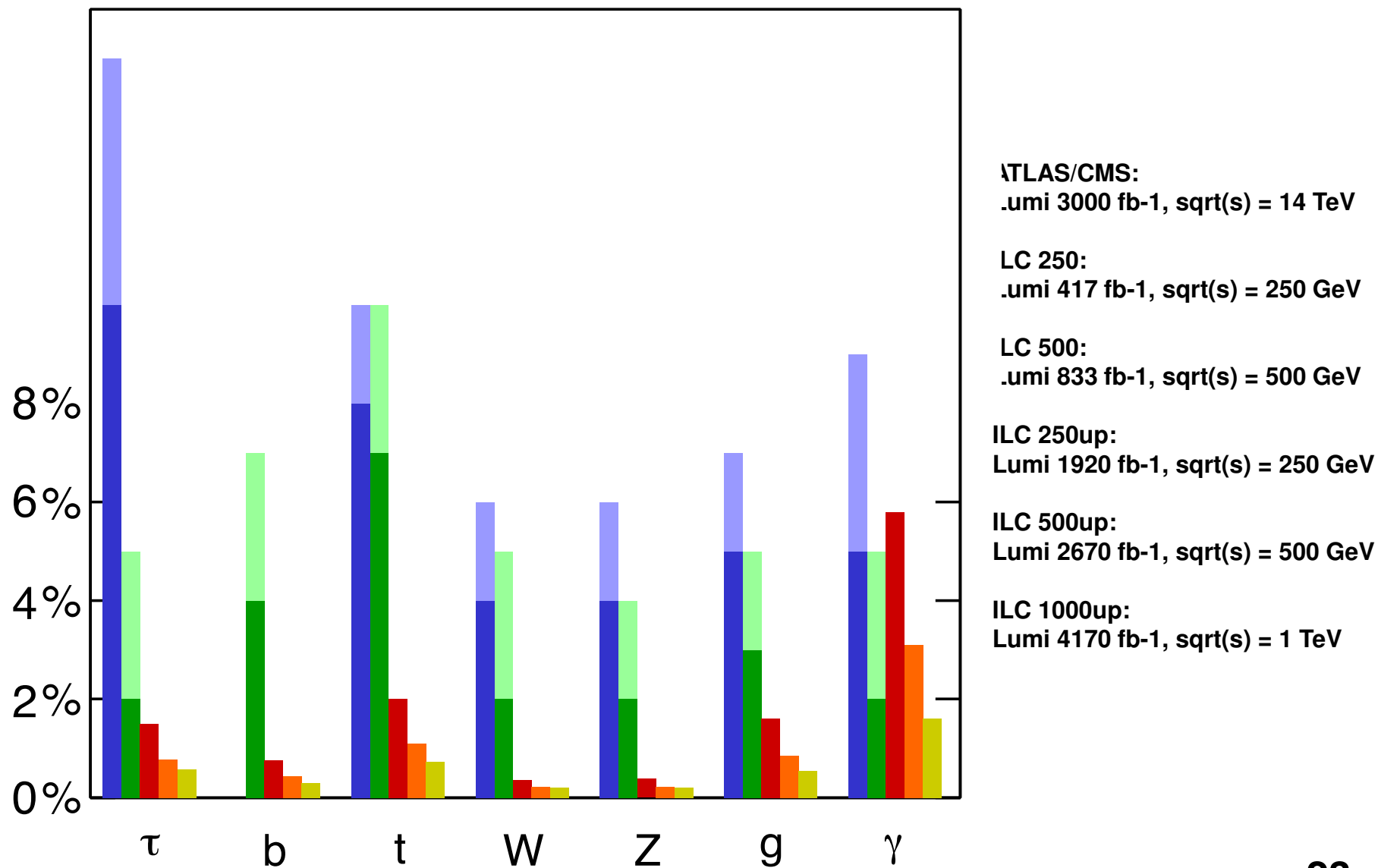
「真空」の構造

$M(\text{素粒子}) = g(\text{結合定数}) v(\text{真空期待値})$

$e^+e^- \rightarrow Z^0 H^0 \rightarrow e^+ e^- + b\bar{b}$



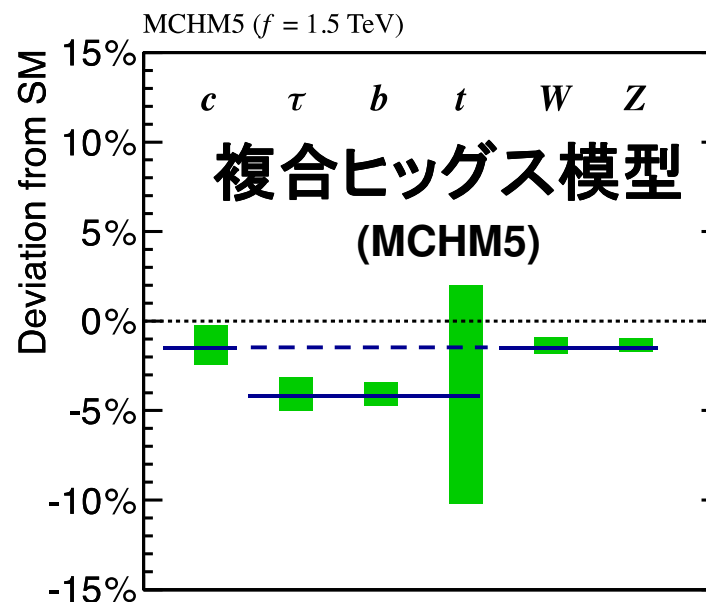
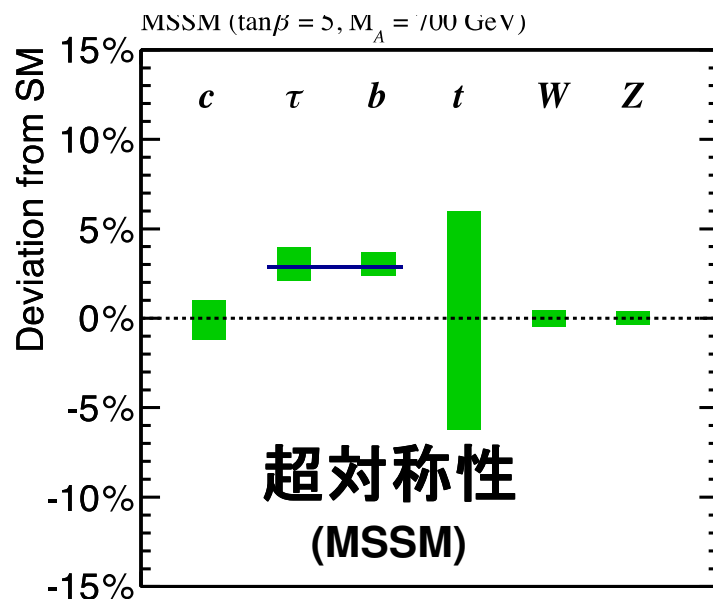
ヒッグス粒子の結合定数

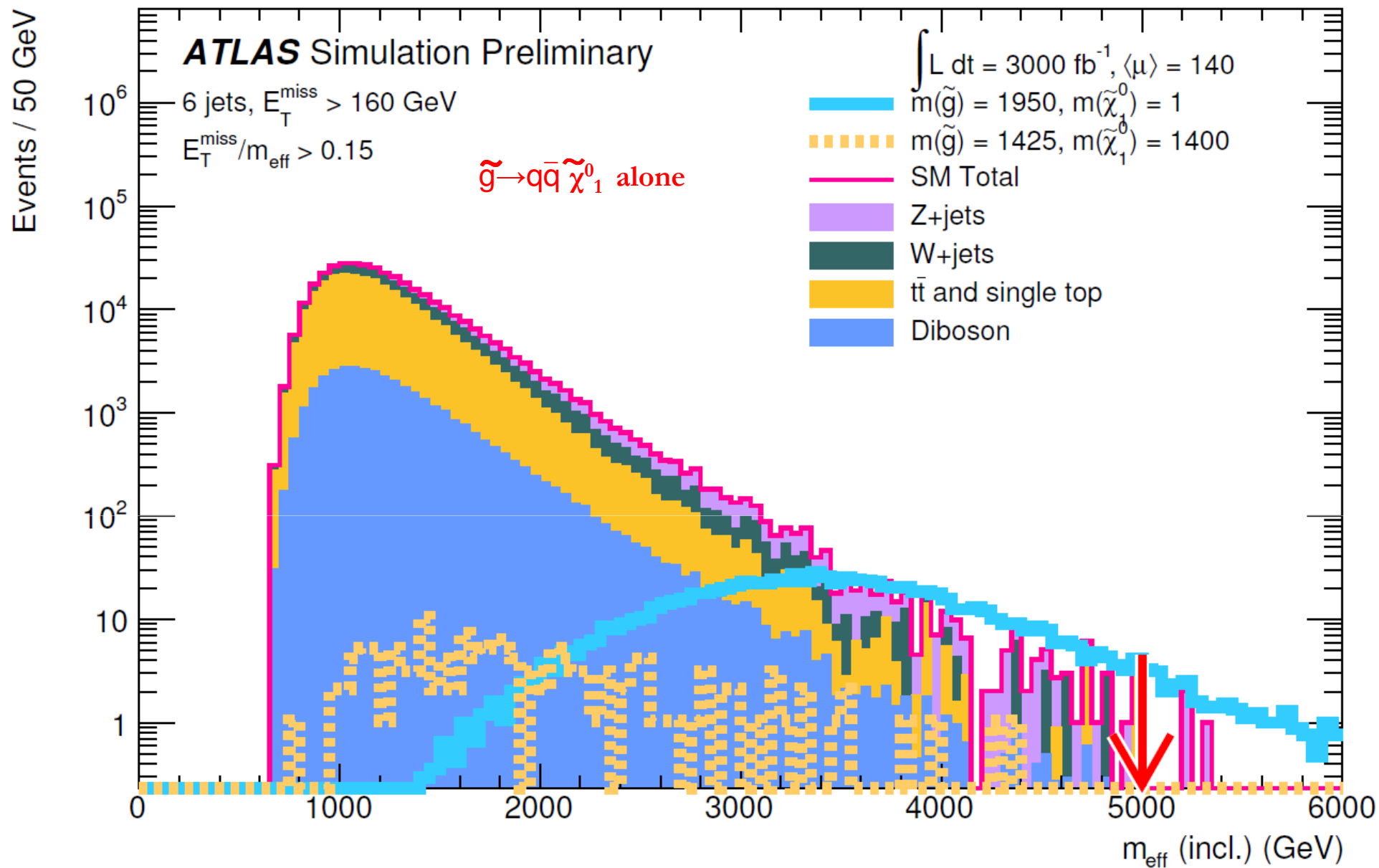


ヒッグス結合定数のずれのパターン

標準理論を超えるモデルは、ヒッグス結合に関して、特徴的な標準理論からのずれのパターンを示す。ILCにおけるヒッグスの様々な素粒子との結合定数の精密測定によって、 $O(1)\%$ の標準理論からのずれを測定でき、標準理論を超える素粒子物理の方向を同定をすることが出来る。

$L=1150 \text{ fb}^{-1}, E_{\text{cm}} = 250 \text{ GeV}$
 $L=1600 \text{ fb}^{-1}, E_{\text{cm}} = 500 \text{ GeV}$

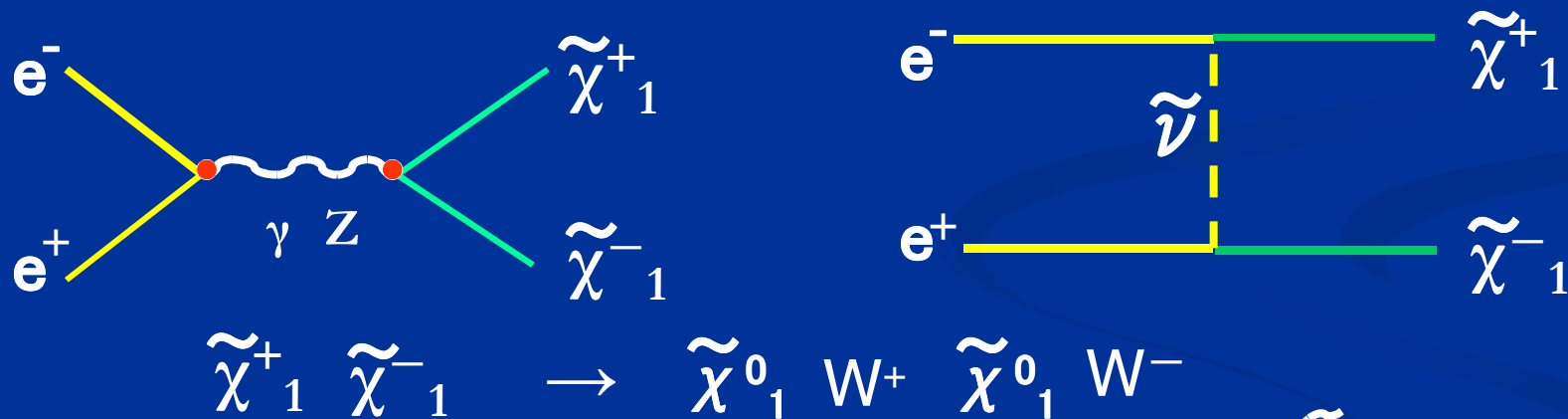
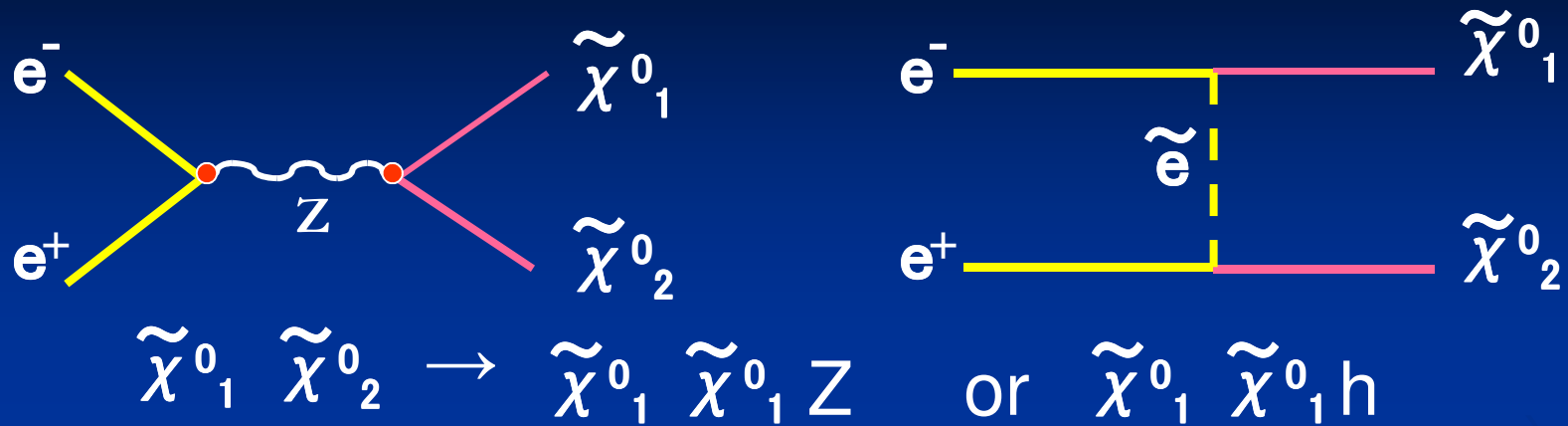


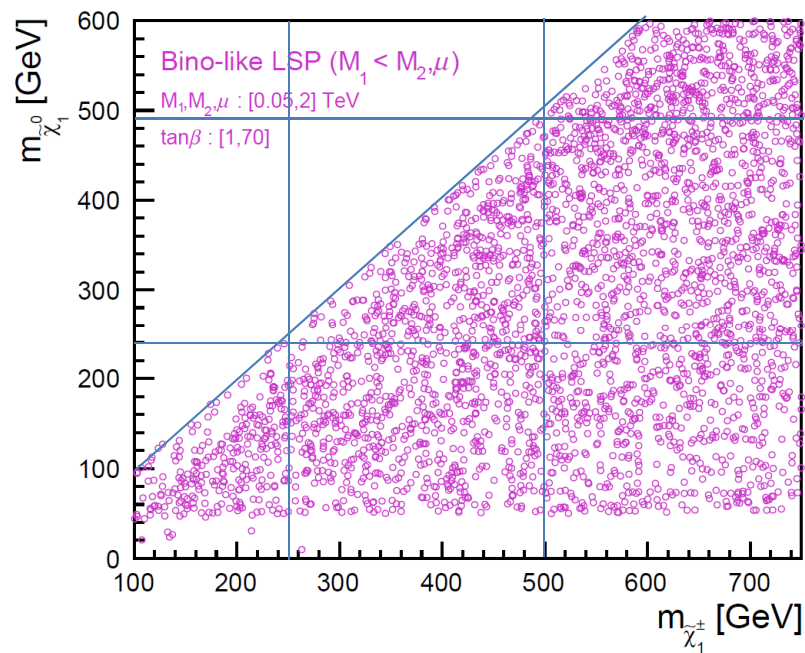
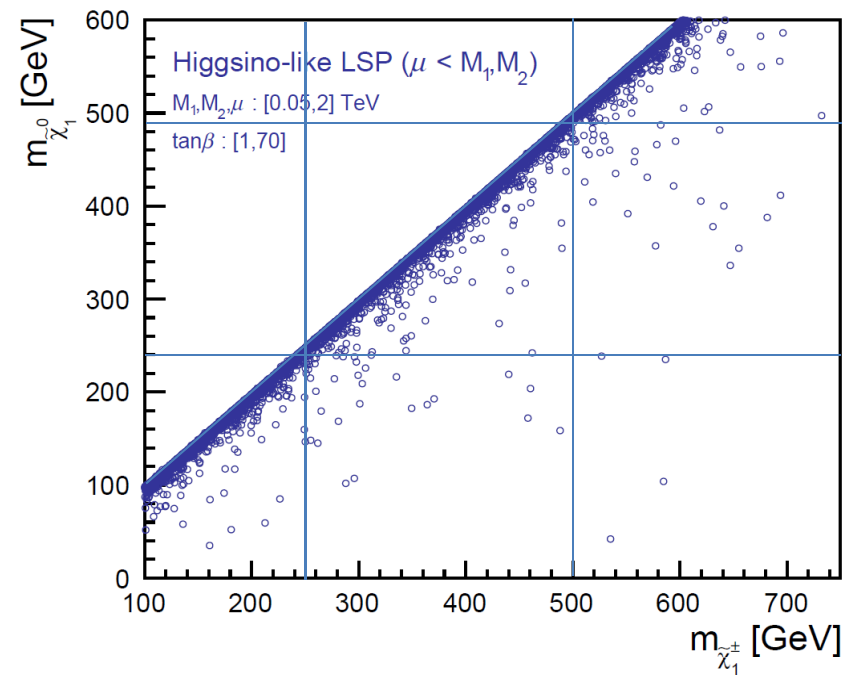
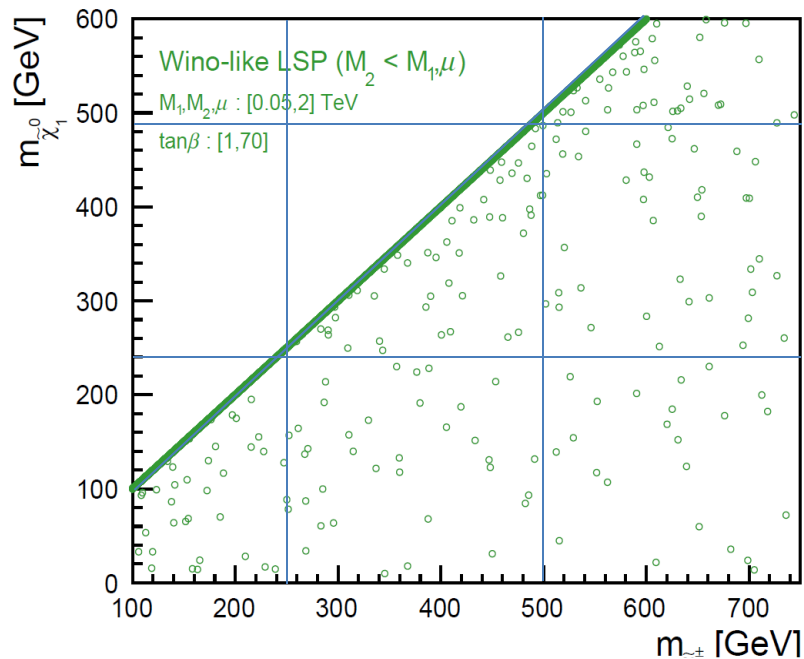


このような発見自体は素晴らしいが、
 Bump が観測された時、いかにしてグルイーノであると同定するのか？
 (SUSYの様々なパラメターをいかにして解いていくのか？)

ILCでの暗黒物質粒子の探索

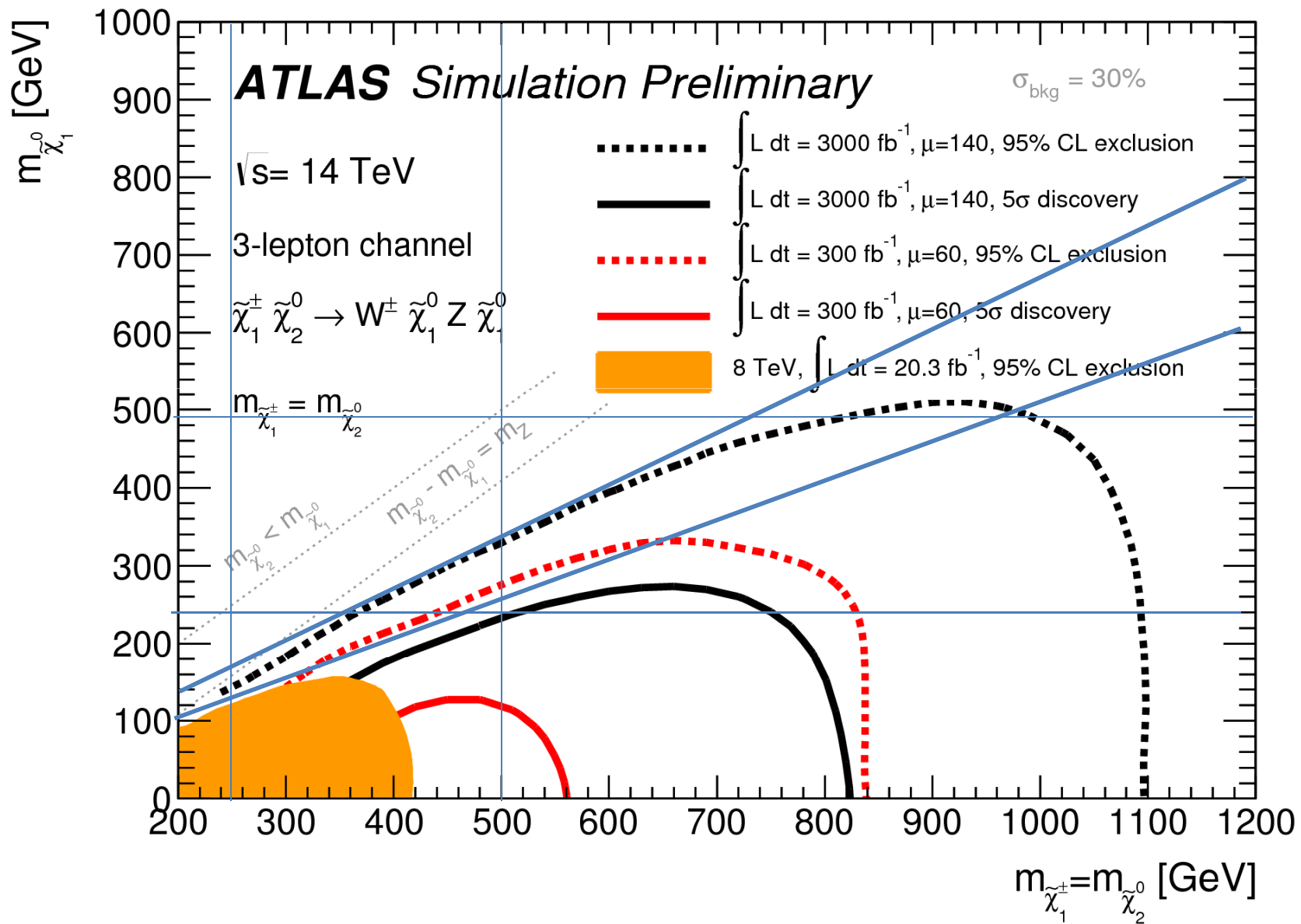
質量の低い方から攻める





最も軽いSUSY粒子の性質によって、LHCでは探索が困難な

$\Delta M = M_{\text{NLSP}} - M_{\text{LSP}}$
 が小さい領域が重要となる
 場合が多い。



Higgsino decays to DM with small mass differences

Study of Higgsino pair production, with ISR tag

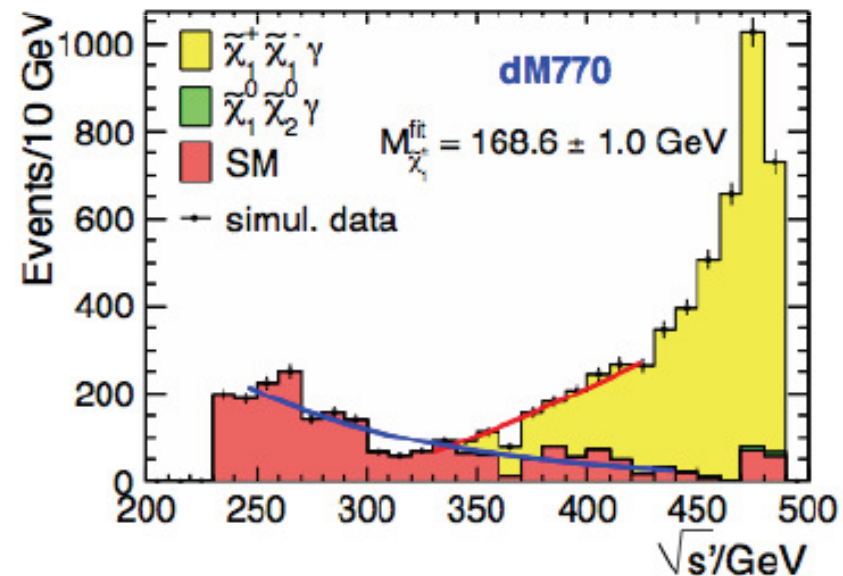
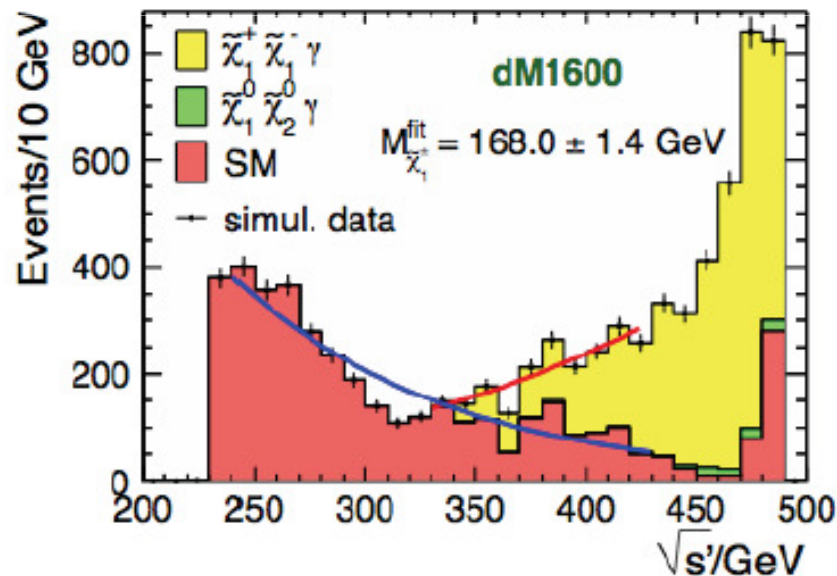
Benchmark models with

$m(\text{NLSP}) - M(\text{LSP}) = 1.6 \text{ GeV}$ and 0.8 GeV

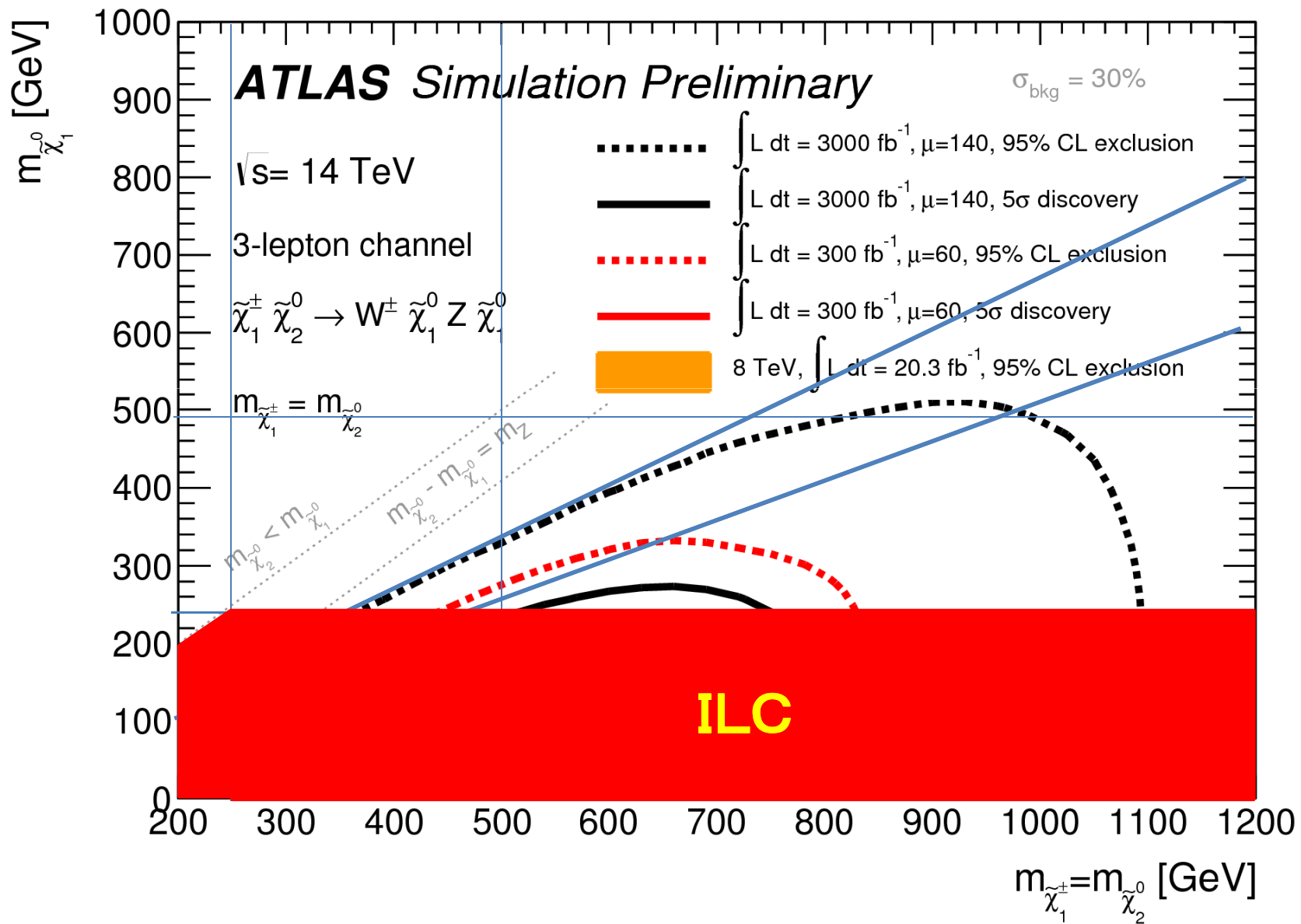
$$\sigma(e^+e^- \rightarrow \tilde{\chi}_1^+ \tilde{\chi}_1^-) = 78.7 \text{ (77.0) fb}$$

$$\Delta M = 1.60 \text{ (0.77) GeV}$$

Berggren, Bruemmer, List, Moortgat-Pick, Robens, Rolbiecki, Sert,
EPJ C73 (2013) 2660 [arXiv:1307.3566]



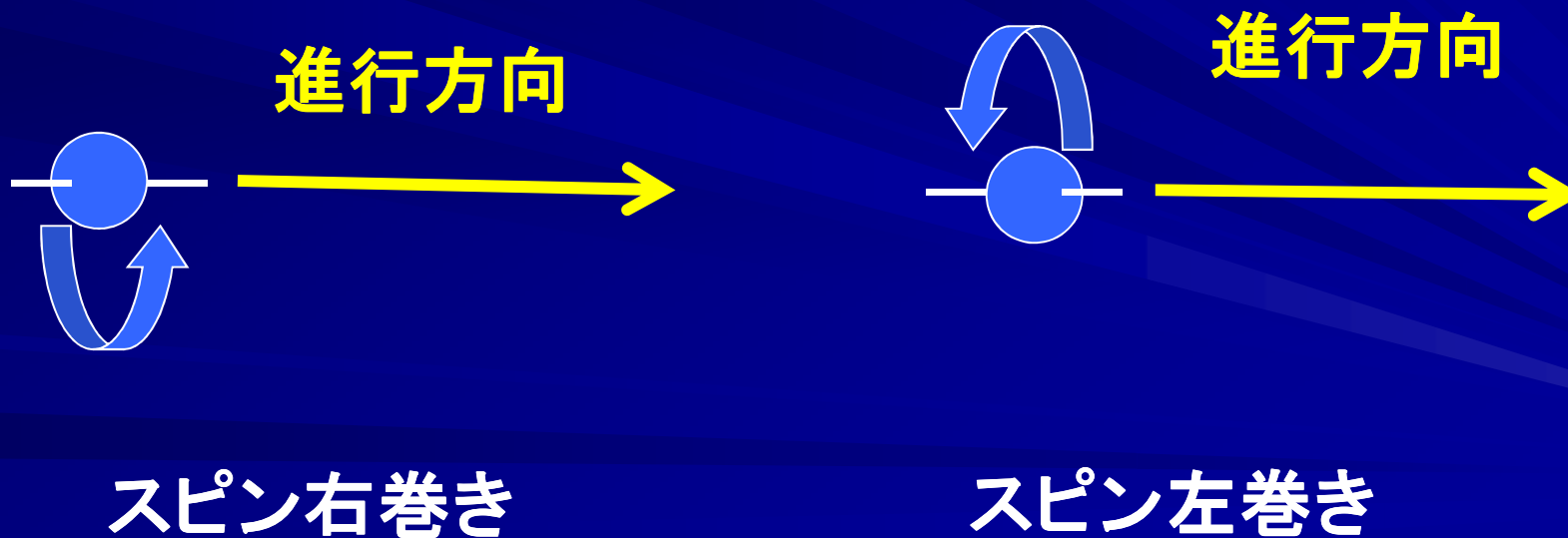
$\sqrt{s}=500 \text{ GeV}$, Lumi=500 fb⁻¹, P(e⁻,e⁺)=(-0.8,+0.3)
LSP mass resolution ~1%



ILCの優位な点

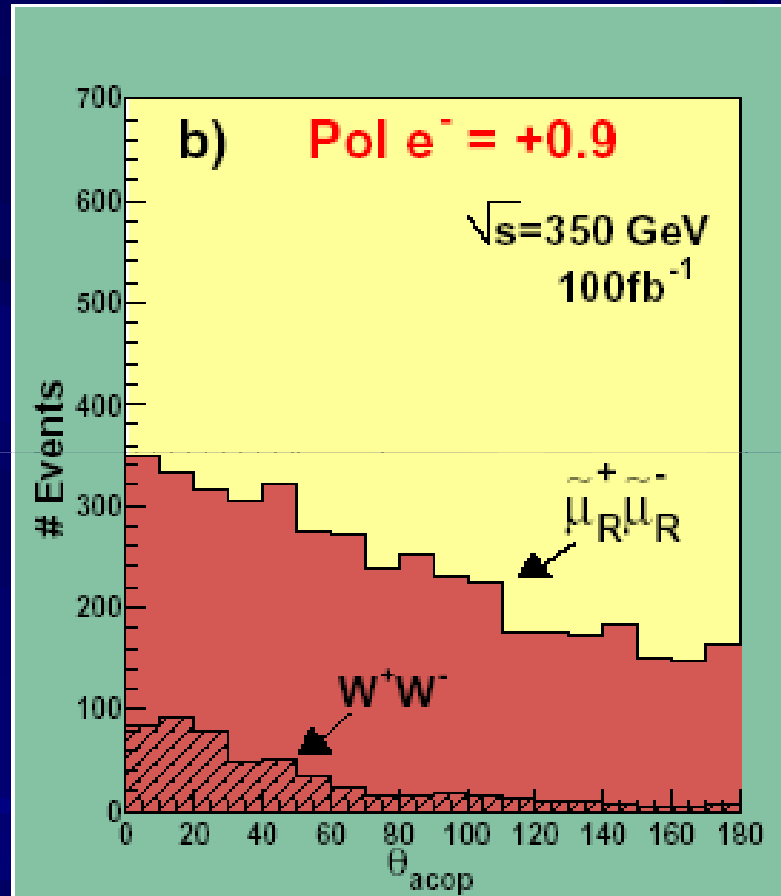
電子ビームのスピンの偏極

電子ビームの電子のスピンの方向をビームに平行(右巻き)、反平行(左巻き)にできる。

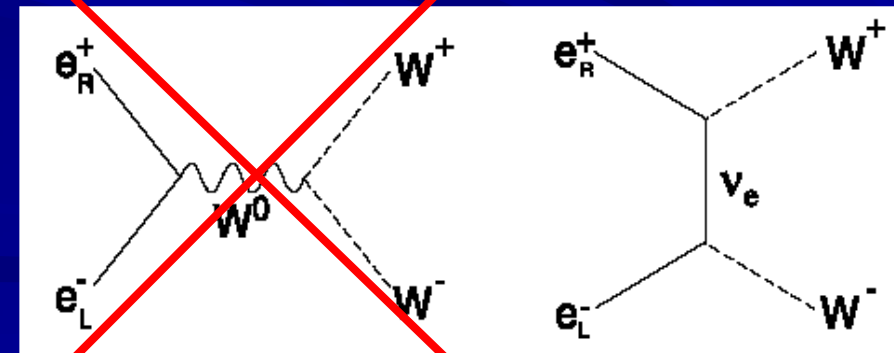
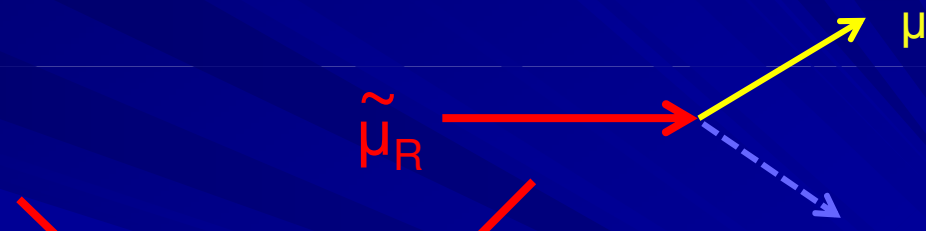
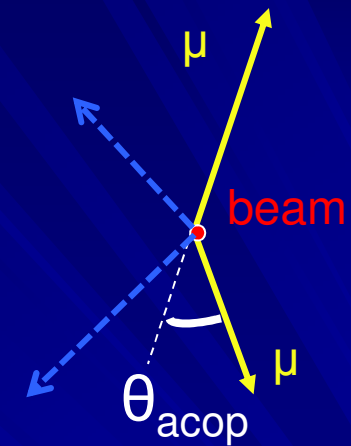
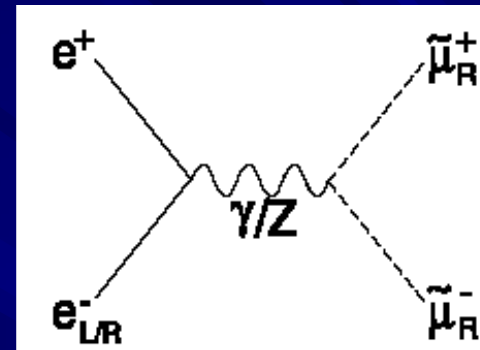


ILCでの電子スピン偏極の威力 新粒子の精査

例：超対称性ミュー粒子



スピン偏極 (90% e^-_R)

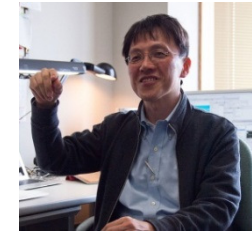


バックグラウンド

シグナル

近頃の動き

2012年 3月 将来計画検討小委員会答申 森委員長



6月 ILC戦略会議を結成 山下議長

7月 「Higgs粒子」がLHCで発見



10月 「ILCを日本がホストしHiggs factoryから
段階的推進する案」拡大高エネルギー委員会で承認

12月 Technical Design Report (TDR)が完成

2013年2月 ICFAの元でLinear Collider Board (LCB)が創られ、
Linear Collider Collaboration (LCC) が正式に
組織される (Director : Lyn Evans, Deputy : 村山齊)



6月12日 Reviewを経てTDRを発表（東京、ジュネーブ、シカゴ）

本小委員会は日本の高エネルギー物理学の基幹となる大規模将来計画に関して、以下の提言をする。

- LHCにおいて1TeV程度以下にヒッグスなどの新粒子の存在が確認された場合、日本が主導して電子・陽電子リニアコライダーの早期実現を目指す。特に新粒子が軽い場合、低い衝突エネルギーでの実験を早急に実現すべきである。一方でLHCおよびそのアップグレードによって間断なく新物理の探究を続けていく。新粒子・新現象のエネルギースケールがより高い場合には、必要とされる衝突エネルギーを実現するための加速器開発研究を重点強化する。
- 大きなニュートリノ混合角 θ_{13} が確認された場合、ニュートリノ振動を通じたCP対称性の研究に向けて、必要とされる加速器の増強と共に、国際協力で大規模ニュートリノ測定器の実現を目指す。大規模ニュートリノ測定器は、大統一理論の直接の証拠となる陽子崩壊探索に対しても十分な感度を持つようにすべきである。

これら基幹となる大規模計画については、高エネルギー委員を核とする将来計画委員会が、今後LHC等によって得られる新たな知見に応じて素早く機動的に対応していくことを期待する。

現在建設中のSuperKEKBについては、測定器も含め、予定通り完成させて遂行することが肝要である。また、現在計画中の中小規模計画の幾つかは、将来ニュートリノ物理のように重要な研究分野に発展するポテンシャルを持っており、並行して推進することにより多角的に新しい物理を探索していくことが必要である。J-PARCでのミューオン実験を始めとするフレーバー物理実験、暗黒物質やニュートリノを伴わない二重 β 崩壊の探索実験、宇宙マイクロ波背景放射偏光のBモード揺らぎ観測や暗黒エネルギー観測は、これに該当する研究と考えられる。

国際コミュニティのコンセンサス

ヨーロッパ (European Strategy)

Chair: Tatsuya Nakada (Swiss Federal Institute of Technology Lausanne)

e) There is a strong scientific case for an electron-positron collider, complementary to the LHC, that can study the properties of the Higgs boson and other particles with unprecedented precision and whose energy can be upgraded. The Technical Design Report of the International Linear Collider (ILC) has been completed, with large European participation. The initiative from the Japanese particle physics community to host the ILC in Japan is most welcome, and European groups are eager to participate. Europe looks forward to a proposal from Japan to discuss a possible participation.

アジア (Asia ACFA-HEP)

Chair: Mitsuaki Nozaki (KEK) 3rd ACFA-HEP Meeting on 17.07.2013 in Chiba

AsiaHEP/ACFA welcomes the proposal by the Japanese HEP community for the ILC to be hosted in Japan. AsiaHEP/ACFA looks forward to a proposal from the Japanese Government to initiate the ILC project.

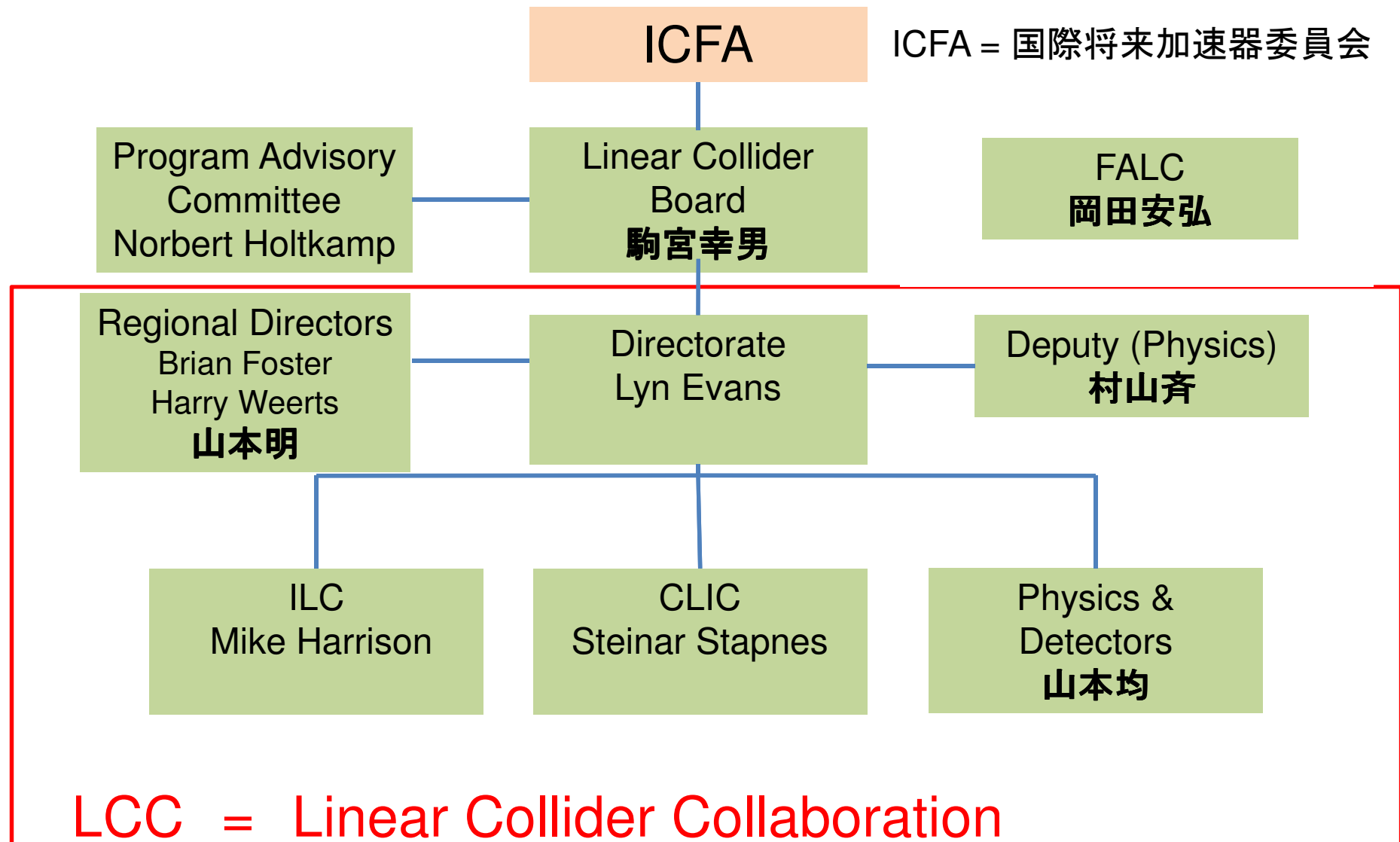
米国　今までにないグローバルな視点が強調
昨年 Snowmass process (コミュニティーの合意)を経て
P5 (Particle Physics Project Prioritization Panel): 5月末に答申

The interest expressed in Japan in hosting the International Linear Collider (ILC), a 500 GeV e^+e^- accelerator upgradable to 1 TeV, is an exciting development. Following substantial running of the HL-LHC, the cleanliness of the e^+e^- collisions and the nature of particle production at the ILC would result in significantly extended discovery potential as described in the Drivers sections, mainly through increased precision of measurements such as for Higgs boson properties. The ILC would then follow the HL-LHC as a complementary instrument for performing these studies in a global particle physics program, providing a stream of results exploring three of our Drivers for many decades.

36

ヒッグス、ニュートリノ質量、暗黒物質、宇宙膨張、新物理

リニアコライダー推進の国際的な新組織



LCWS13

Tokyo

2013年11月11-15日



LCWS14

Belgrade

2014年10月6-10日



基礎科学のビッグプロジェクト(ILC)の社会役割

即効的な経済効果

機器製作・土木建設

技術のスピンオフ

ILCで培われた技術の産業利用

医療への加速器の応用、超伝導技術の応用

科学成果の応用

100年の計 1897年に電子を発見したときに現在の情報産業を想起したか？

国際貢献

真のグローバル化、国際協調

我が国の国際化

尊敬される国、品格のある国、科学安保

文化としての貢献

人類共通の知的財産

人的資源を供給

地域の振興

里山文化と国際科学施設の融合

次の世代に夢と希望を与える

なぜ物理学者という職業は必要か？

理系の勉強ができる危険な人間を野に放たないために、研究していればハッピーな人畜無害の物理学者にしてしまう。

本当は、物理学者は潰しが効く。社会にだって役に立つ。特に、素粒子物理から転身した人たちは様々な業界で活躍している。

他の学門分野
産業界
官界
外交官
金融

などなど

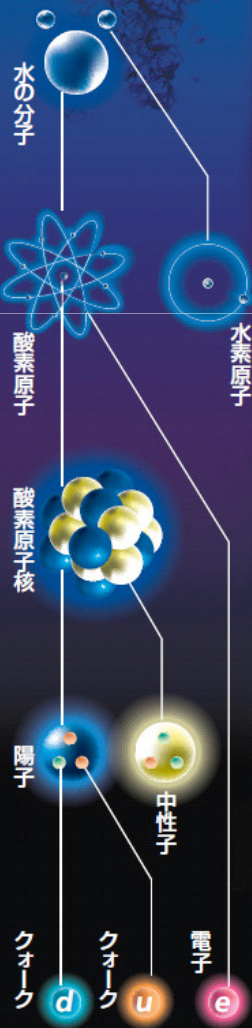
我が国の素粒子・原子核物理研究は湯川博士のノーベル賞受賞から脈々と続く

朝日新聞

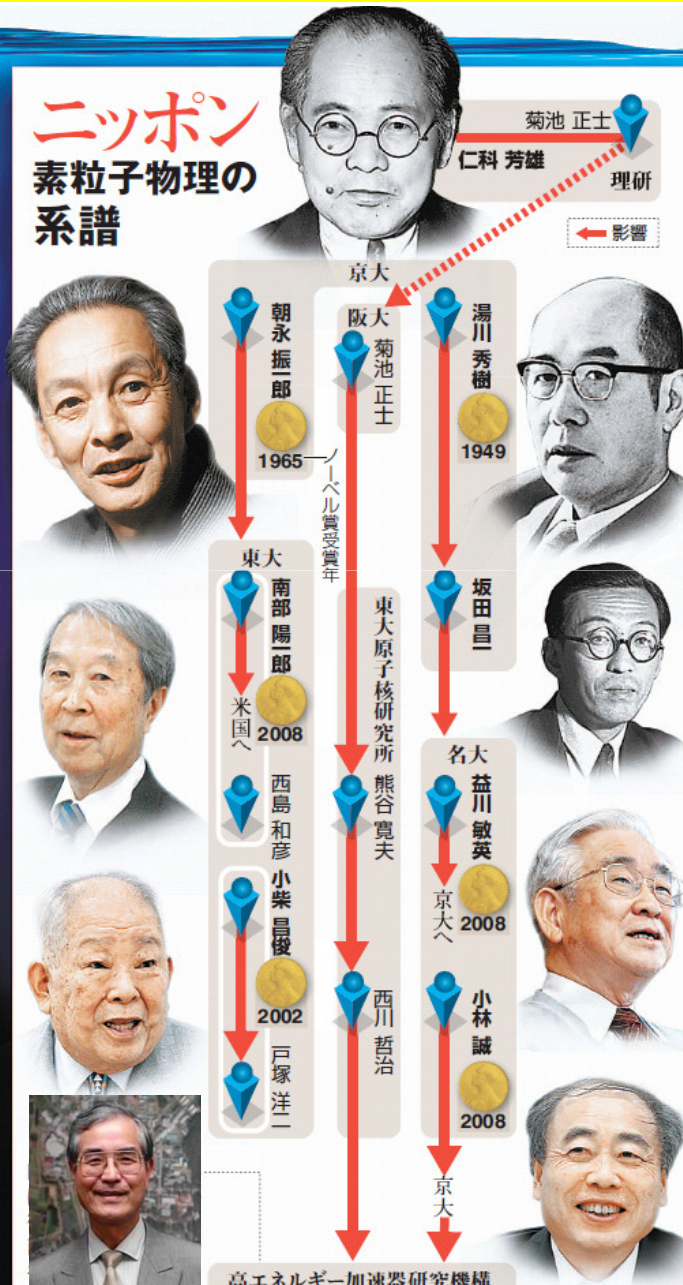
2008年12月8日付科学欄

ニッポン素粒子 強さの系譜

素粒子物理学者とは？
物質は何からできているか。根源の疑問に理論、コンピューター、実験というあらゆる方法を使って答えようとする人々



ニッポン素粒子物理の系譜



1948

1949

1950

1951

1957

1958

1959

1960

1961

1963

1965

1968

1969

1976

1979

1980

1984

1988

1990

1992

1995

1999

2002

2004

2008

霧箱の開発

中間子の存在を予言 湯川

中間子の発見

CW型加速器の開発

パリティ非保存の理論

チェレンコフ光の発見

反陽子の発見

泡箱の発明

核子の構造

素粒子の対称性

量子電気力学 朝永

素粒子の共鳴状態の発見

クォークモデル

チャームクォークの発見

電弱統一理論

K中間子のCP非保存の発見

W/Zボソンの発見

電子・ミューニュートリノの相違の発見

電子の深非弾性散乱

多線比例計数箱の開発

タウレプトン、ニュートリノの発見

電弱相互作用の理論

ニュートリノ天文学の創始 小柴

QCD理論

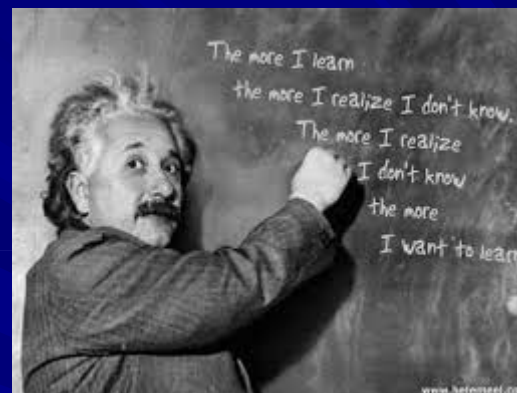
対称性の破れ 南部・小林・益川

経済・産業への十倍返し

宇宙や素粒子研究のもたらした技術

(1) アインシュタインの「一般相対性原理」を証明する実験のために 正確な原子時計を作った

$$R^{\mu\nu} - \frac{1}{2}g^{\mu\nu}R = \frac{8\pi G}{c^4}T^{\mu\nu}$$



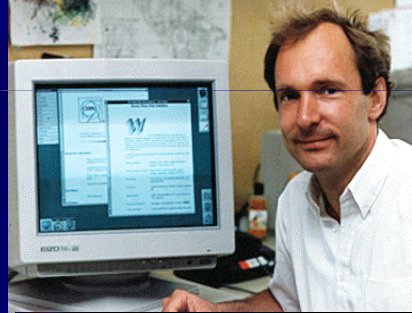
⇒ GPSが可能となった（カーナビ、携帯電話の地図）



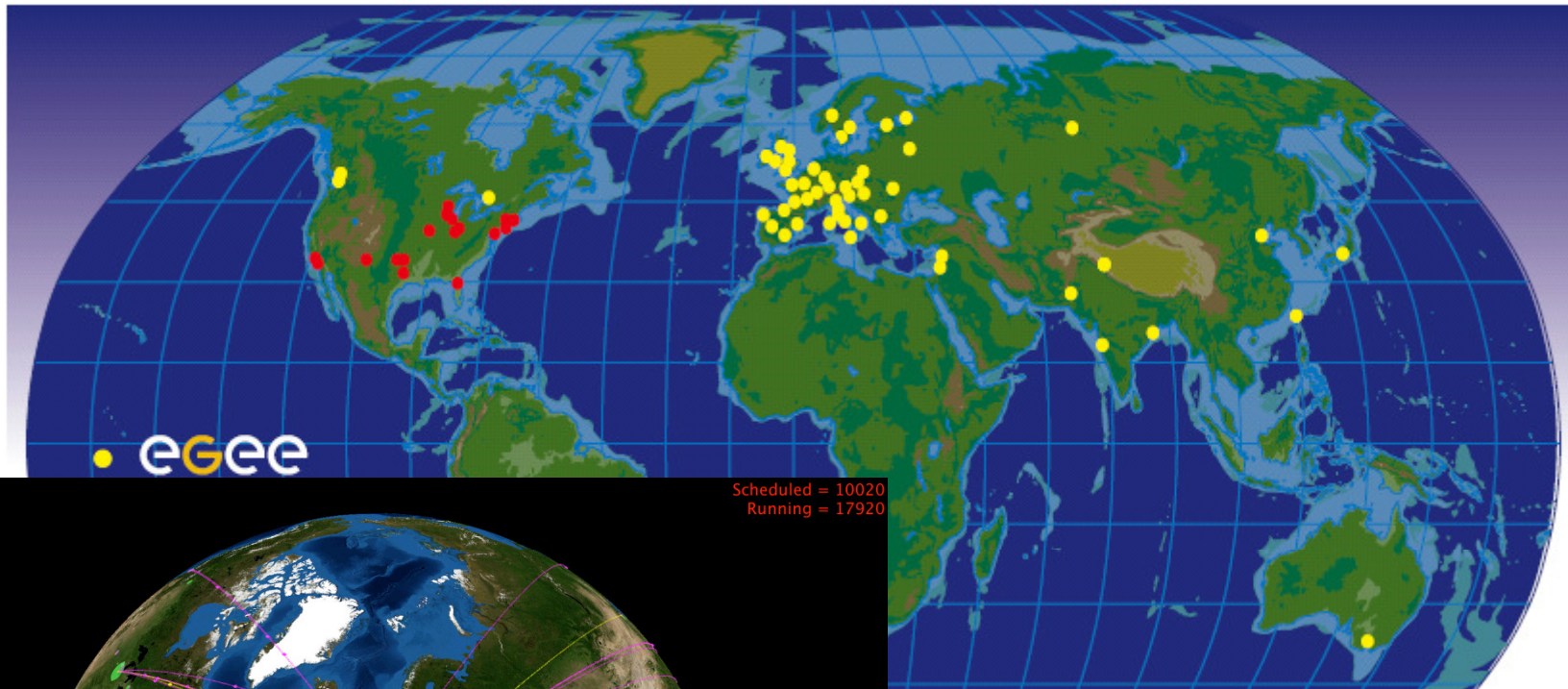
(2) CERNで研究者がコンピュータを介して情報やデータをやりとり
⇒ CERNでのWorld-Wide-Web(WWW)の発明
⇒ インターネット 情報化社会 携帯電話



発明者：バーナース・リー(CERN)



世界中のコンピュータを連結 (GRID)



Scheduled = 10020
Running = 17920

operated by EGEE and OSG.



EGEE
Enabling Grids
for E-science

15:09:07 UTC

GridPP
UK Computing for Particle Physics

EGEE:

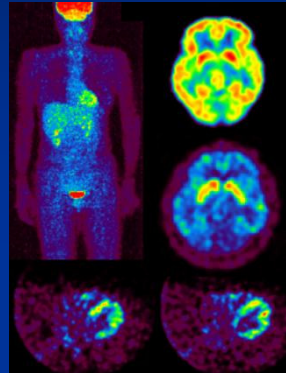
250拠点 50カ国

72,000 CPUs

20ペタバイト disks

F1加速器を建設することで医療用加速器などが安価になる 高齢化する我が国とアジアへの社会的貢献

反物質を利用する がん診断装置 PET

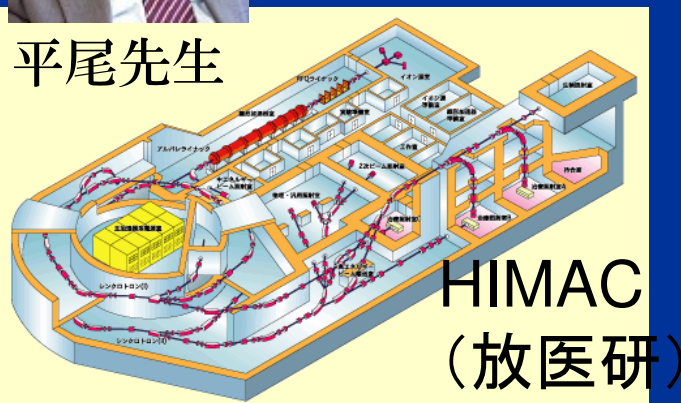


平尾先生

がん治療装置

重粒子線(炭素)

陽子線がん治療装置



(4) 素粒子の加速器・実験に使う超伝導技術
⇒ 超伝導磁石、リニアモーターカー、... ..





国会議員：国民の代表

議員連盟(自民党2006年(与謝野会長)～ → **超党派2008～**

2013年2月1日 河村建夫新会長就任

役員体制

顧問	顧問	与謝野馨	(初代会長)	会長	河村建夫	幹事	森 英介
顧問	顧問	麻生太郎		会長代理	大畠章宏	幹事	増子輝彦
顧問	顧問	野田佳彦		副会長	鈴木俊一	幹事	階 猛
顧問	顧問	保利耕輔		副会長	小坂憲次	幹事	岩城光英
顧問	顧問	谷垣禎一		副会長	斉藤鉄夫	幹事	井上義久
顧問	顧問	野田聖子		副会長	高木義明	幹事	原田義昭
顧問	顧問	大島理森		副会長	水野賢一	幹事	平野達男
顧問	顧問	平沼赳夫		副会長	塩谷 立	幹事	鈴木 寛
顧問	顧問	下村博文		幹事長		事務総長	田村憲久
顧問	顧問	棚橋泰文				事務局長	津村啓介

(議連メンバー150名余 2013年10月1日現在)

2013年8月6日 決議文と政策レポートを安倍総理に手交

「総理プロジェクトとして、通常の省庁予算とは別枠での日本成長枠として国家戦略特区を見据えて推進すべきである」(決議文抜粋)

国際政治の環境作り

2013年4月

4月30日（ワシントン）
日米先端科学技術シンポジウム



河村 建夫
ILC議連会長



ダニエル・B・ポネマン
エネルギー省長官代行



下村 博文
文部科学大臣



増田 寛也
日本創成会議座長



塩谷 立 ILC議連幹事長(中央右)



産学連携：先端加速器科学技術推進協議会 (Advanced Accelerator Association) (2008年6月設立)

一般会員(企業) 99社(三菱重工業、東芝、日立製作所、三菱電機、京セラ、他)
特別会員(公・研究機関) 38機関(高エネルギー加速器研究機構、東京大学、京都大学、
理化学研究所、原子力研究開発機構、放医研、他) 2014年6月現在



会長:西岡 喬(三菱重工相談役)
最高顧問:与謝野 馨(議連初代会長)
名誉会長:小柴昌俊(2002年ノーベル賞)

産学連携の実践

- ・ 実現プロセスの連携
- ・ 技術の産業化検討
- ・ 立地課題の検討
- ・ 技術移転の推進
- ・ 知財の方策検討
- ・ アウトリーチ



<http://www.aaa-sentan.org>



中核のモデル:ILCの実現

最高顧問	与謝野 馨
名誉会長	小柴 昌俊
会 長	西岡 喬(三菱重工業)
理 事	鈴木 厚人(高エネルギー加速器研究機構)
”	丸 彰 (日立製作所)、中谷 義昭(三菱電機)
”	五十嵐 安治(東芝)、野田 章(京都大学)
”	南 慶二郎(京セラ)
監 事	駒宮 幸男(東京大学)

Quest for
Birth-Evolution
of Universe

International Linear Collider
(ILC)

Quest for Unifying
Matter and Force

KEK機構長の鈴木厚人先生は
外国でもこの汚らしいスライドを
好んでお見せになっています

Lepton CP Asymmetry

**Scientific Activities
Technology Innovation
Encouraging Human Resources**

Beyond Standard Physics

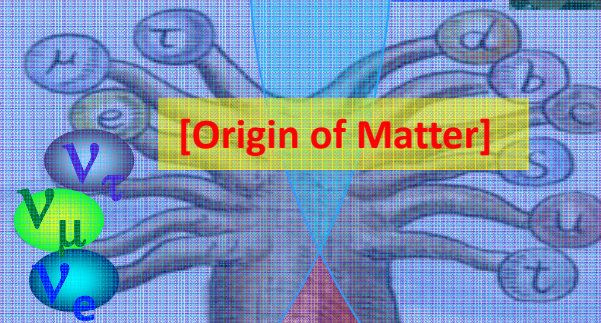
Super-KEKB

**Quark CP
Asymmetry**

LHC

[Origin of Matter]

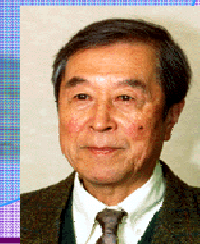
Quest for Neutrinos



[Origin of Force]

Higgs Particle [Origin of Mass]

Quest for 6 Quarks



Quest for
Birth-Evolution
of Universe

International Linear Collider
(ILC)

Quest for Unifying
Matter and Force

Lepton CP Asymmetry

Power-Upgrade

**Scientific Activities
Technology Innovation
Encouraging Human Resources**

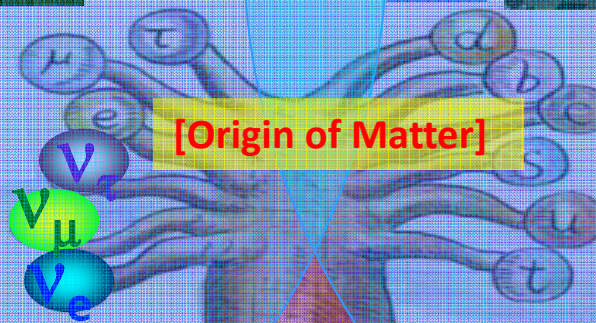
Beyond Standard Physics

Super-KEKB

All roads lead to ILC

Quest for Neutrinos

Lepton



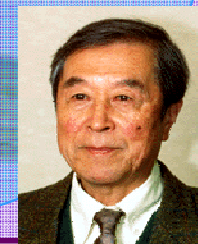
[Origin of Matter]

[Origin of Force]

Higgs Particle [Origin of Mass]

Quark

Quest for 6 Quarks



標準理論を超えパラダイム転換をはかる

■ 20世紀前半

相対性理論・量子力学の成立、宇宙の膨張

⇒時空の混合、不確定性原理

■ 20世紀後半

電弱相互作用とQCDを中心として、実験と理論が相まって著しい展開が起こり**標準理論**という**パラダイム**が構築

⇒クォークとレプトンが基本粒子、相互作用は**ゲージ原理**に基づく

■ 21世紀前半

LHCでの**ヒッグス粒子**の発見

電弱対称性の破れの解明？

暗黒物質の解明？

重力波の発見？

今後の展開が極めて重要

理論構築の基本的指導原理

ローレンツ不変

ゲージ対称性不変

$SU(3)_C \times SU(2)_L \times U(1)_Y$

繰り込み可能

又は、有効理論 ($1/\Lambda^n$)

新たな対称性？新粒子？

新たな原理？