

国際リニアコライダー計画の概要

- 2014年6月24日 素粒子原子核物理作業部会
- 東京大学大学院理学系研究科物理学専攻 東京大学素粒子物理国際研究センター
- 駒宮幸男



Top Quark と Higgs Boson の物語

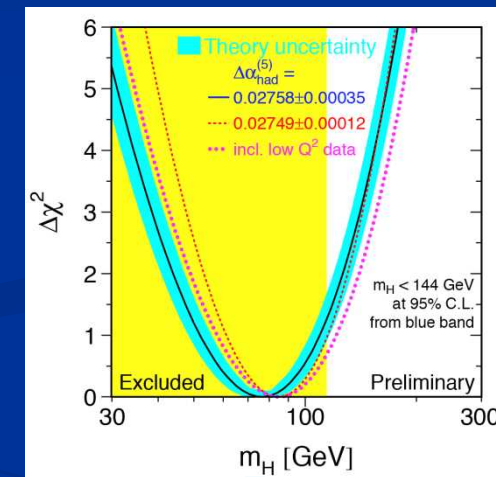
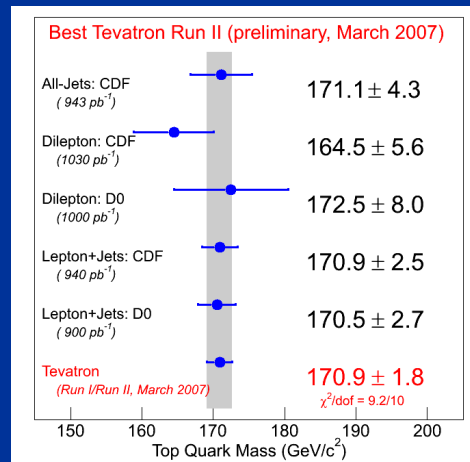
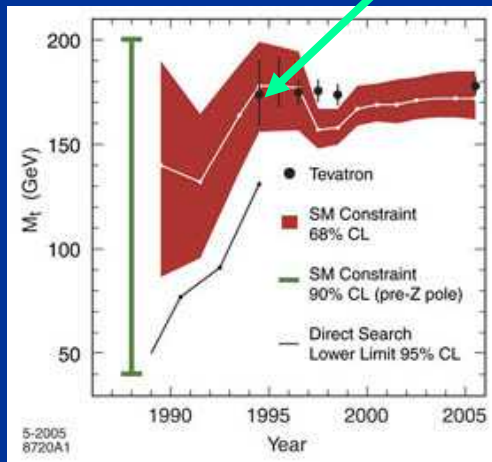
hadron collider と e^+e^- collider の相乗効果

高精度の LEP での、
electro-weak 過程の測定によって top mass を
正確に予言した

Top quark の発見

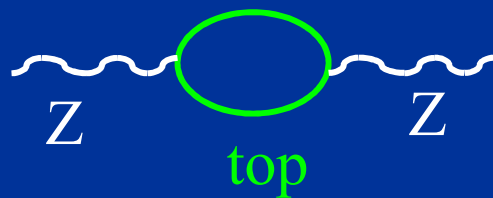
TEVATRON での top mass の正確な測定

TEVATRON での正確な top mass と LEP/SLC での
高精度な electro-weak data
 $114 \text{ GeV} < M_H \lesssim 160 \text{ GeV}$



LHC Higgs 粒子の発見
 $M_H \sim 126 \text{ GeV}$

ILC Higgs の全貌を明らかにする \Rightarrow 標準理論を超える



ILCでのヒッグス粒子の研究

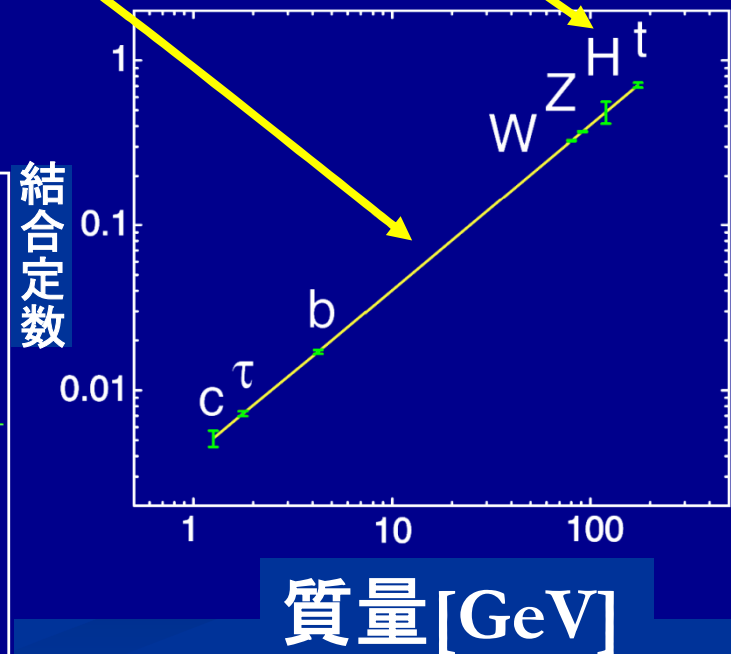
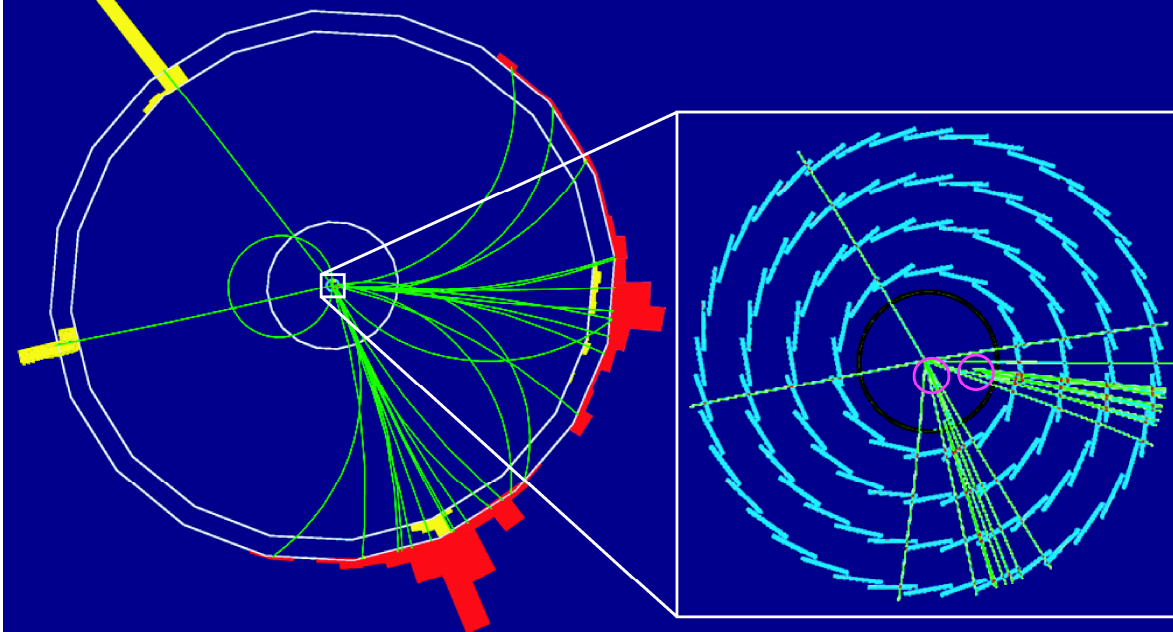
ILC は 先ずはヒッグス・ファクトリー
 $O(10^5)$ 個の事象を 生成して徹底的に研究

質量の起源

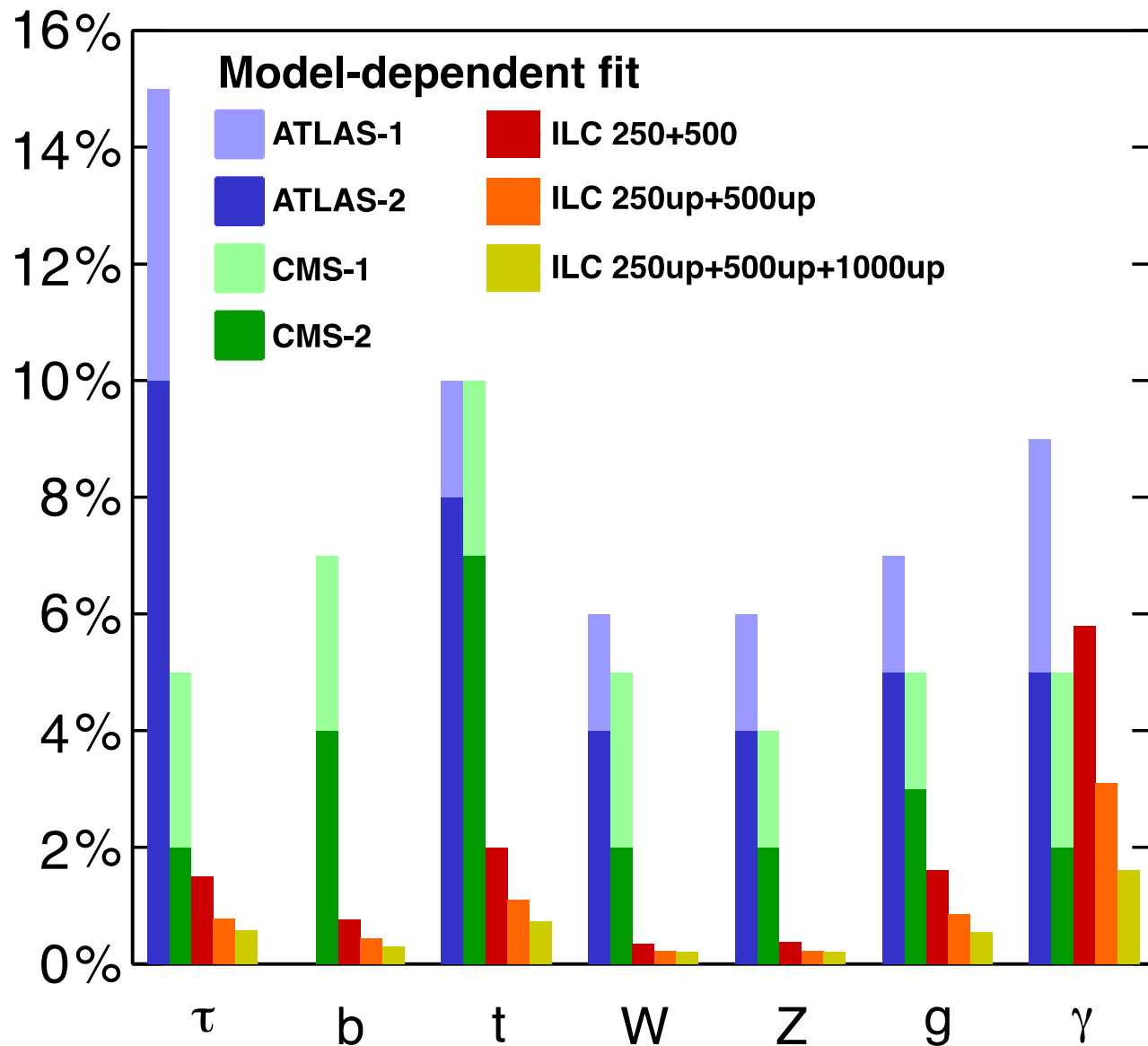
「真空」の構造

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

$e^+e^- \rightarrow Z^0H^0 \rightarrow e^+ e^- + bb$



ヒッグス粒子の結合定数



ATLAS/CMS:
Lumi 3000 fb-1, sqrt(s) = 14 TeV

ILC 250:
Lumi 417 fb-1, sqrt(s) = 250 GeV

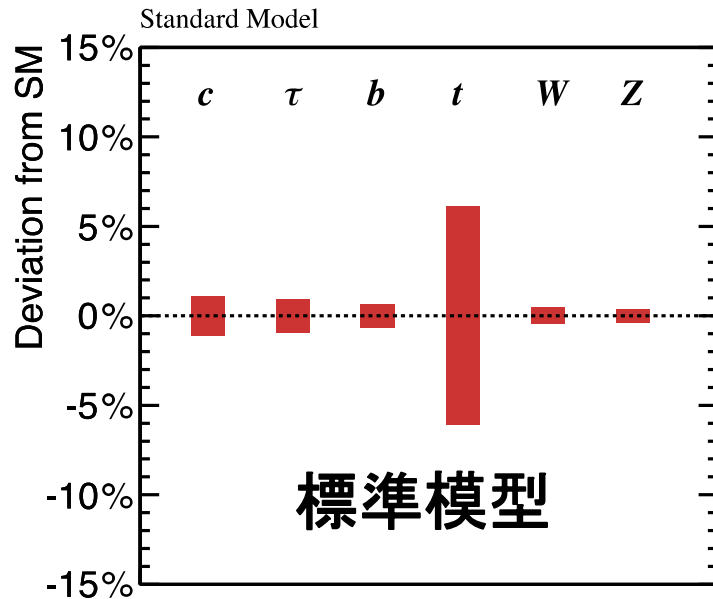
ILC 500:
Lumi 833 fb-1, sqrt(s) = 500 GeV

ILC 250up:
Lumi 1920 fb-1, sqrt(s) = 250 GeV

ILC 500up:
Lumi 2670 fb-1, sqrt(s) = 500 GeV

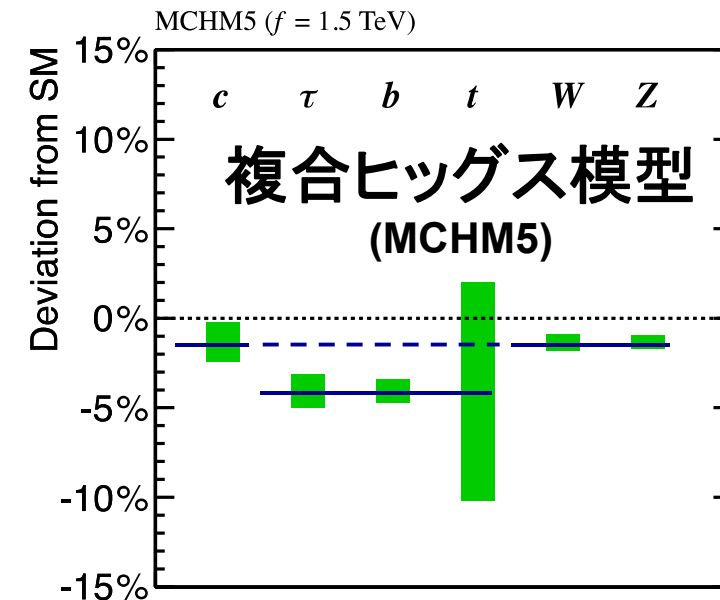
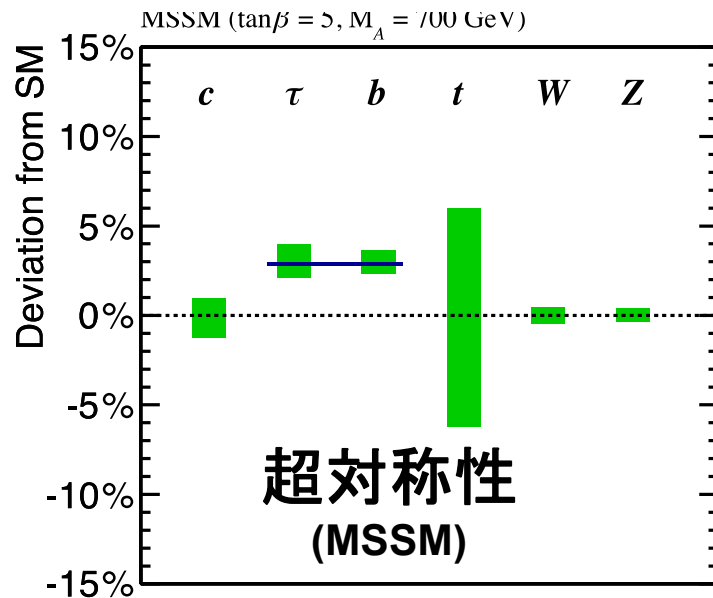
ILC 1000up:
Lumi 4170 fb-1, sqrt(s) = 1 TeV

ヒッグス結合定数のずれのパターン

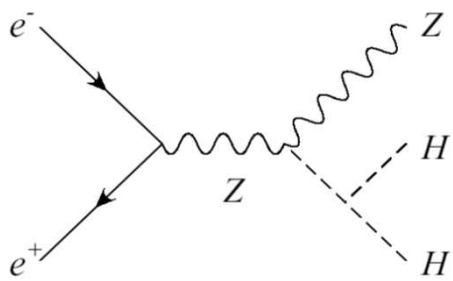


標準理論を超えるモデルは、ヒッグス結合に関して、特徴的な標準理論からのずれのパターンを示す。ILCにおけるヒッグスの様々な素粒子との結合定数の精密測定によって、 $O(1)\%$ の標準理論からのずれを測定でき、標準理論を超える素粒子物理の方向を同定をすることが出来る。

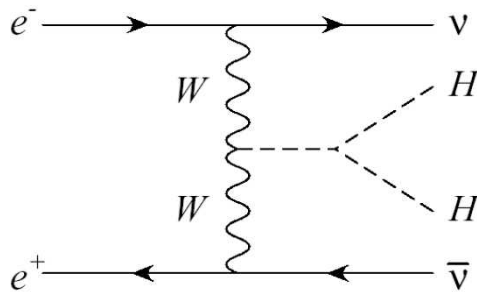
$L = 1150 \text{ fb}^{-1}$, $E_{\text{cm}} = 250 \text{ GeV}$
 $L = 1600 \text{ fb}^{-1}$, $E_{\text{cm}} = 500 \text{ GeV}$



Higgs 自己結合



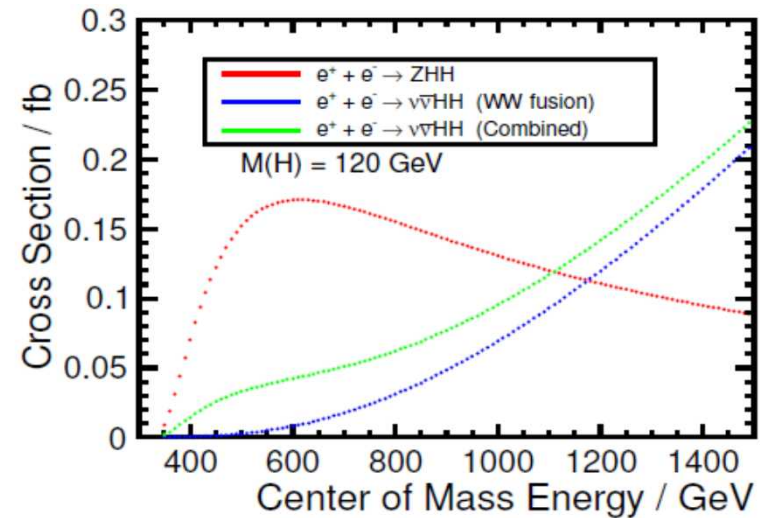
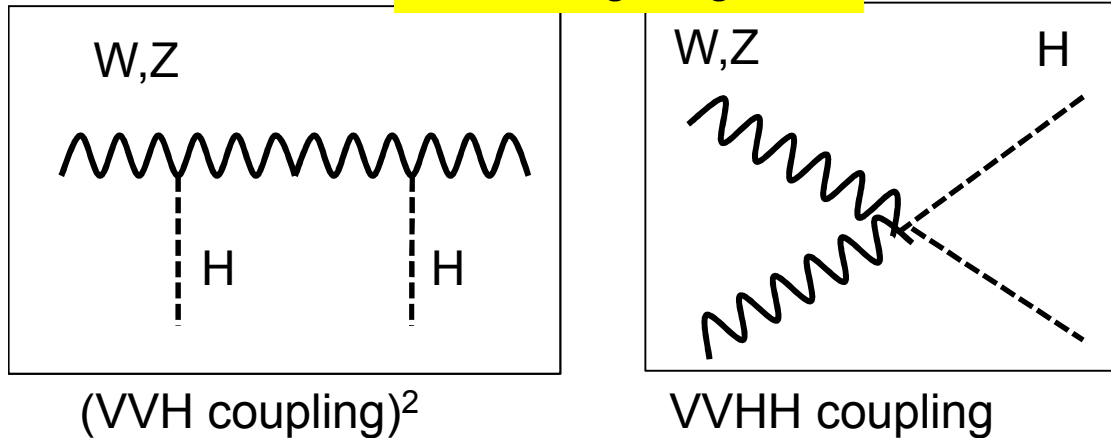
500 GeV (ZHH)



1 TeV ($\nu\nu$ HH)

1. 断面積は小さい
O(100) events
2. 干渉するダイアグラムのために感度が下がる

Interfering diagrams

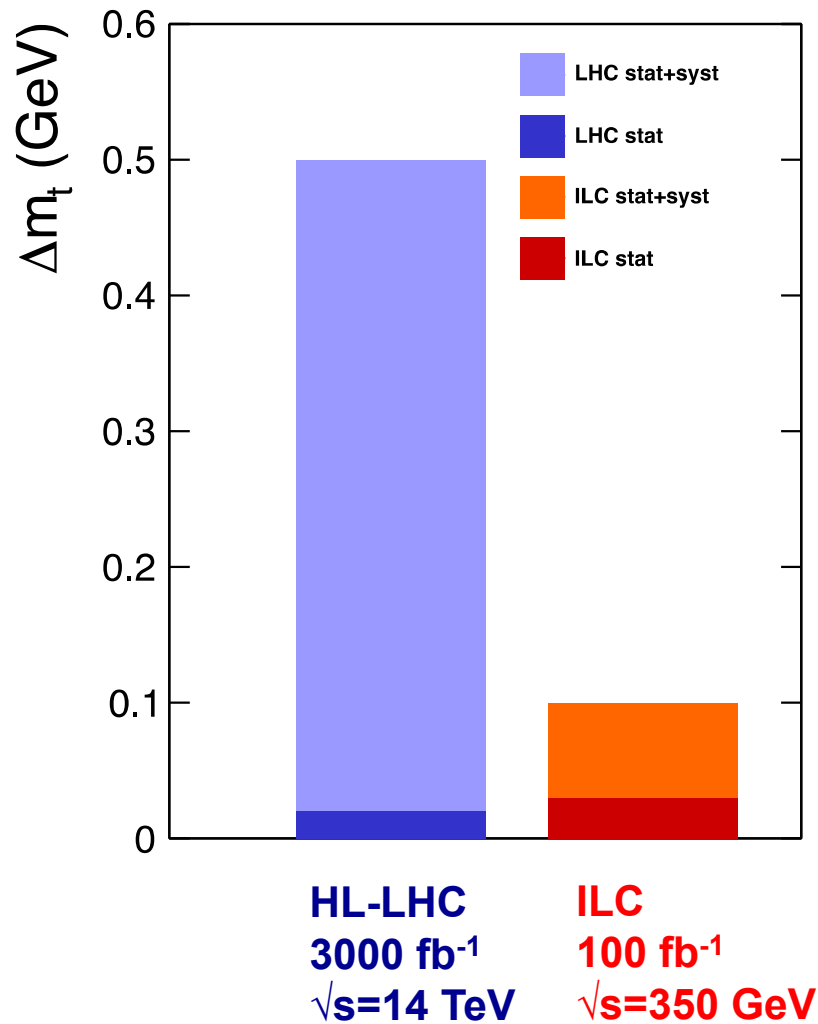


λ の測定 O(10)% 現在詳細研究中

電弱対称性の破れの解明 ヒッグスポテンシャルの形状
電弱エネルギースケールでの宇宙のバリオン生成に関与

Top Quark Mass

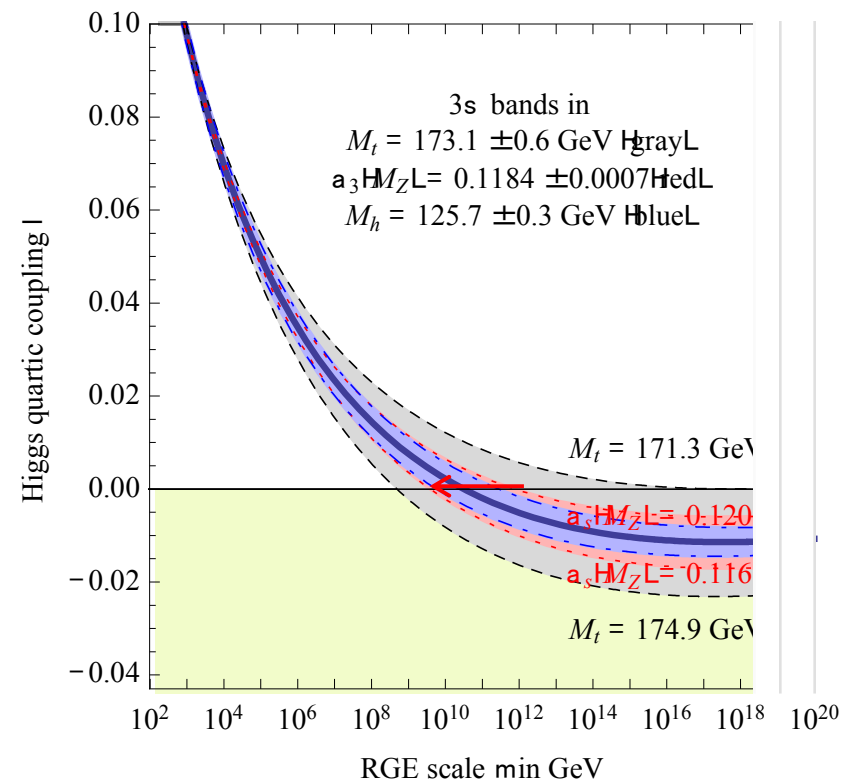
トップクォーク質量



トップクォークの質量は、素粒子物理における最重要パラメータのひとつ。

- ・SUSYの破れのスケールに関係
- ・複合ヒッグス模型のスケールを決める
- ・我々の宇宙の真空の安定性に関係

いずれの場合も、約0.1 GeVの精度が要求される



HL-LHC, Ref: arXiv:1311.2028

第5回 国際リニアコライダー(ILC)に関する有識者会議素粒子原子核物理作業部会

LHC14TeVで期待されている成果

竹コース

- 1) ヒッグス粒子の結合の測定
- 2) ゲージ粒子TGCの測定
- 3) top quark, b quark exotic decay, Top mass

Higgs mass 0.1%以下 (LHCでのTop massの精度はもう理論限界)

何か将来につながるか？ つながらないか？
これは別にして、新しい粒子Higgsがそこに在る以上、
調べるのが、物理屋の性。

これらは、事象数が必要
High Lumi runの得意としていること

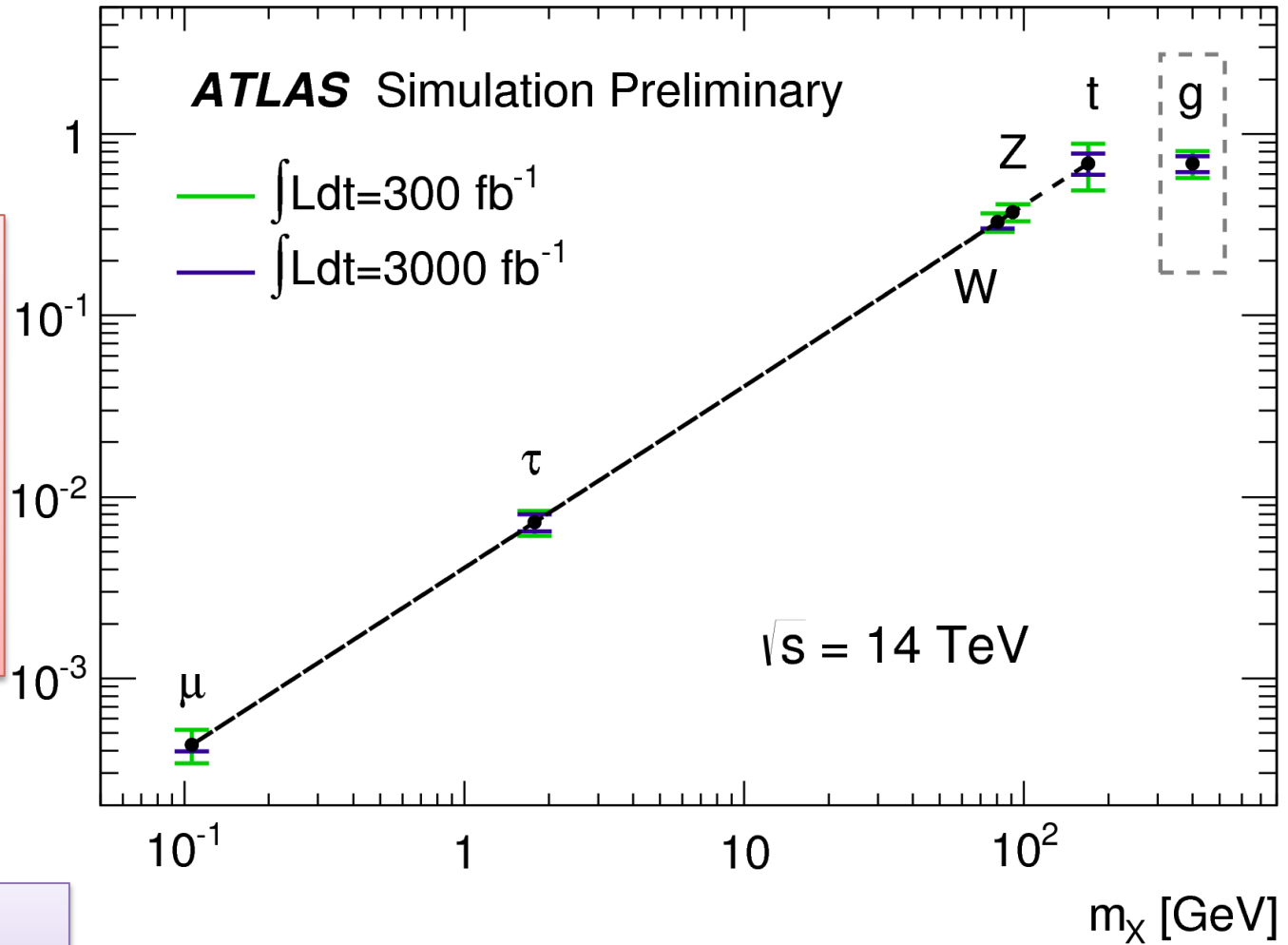
Higgs coupling 精度@LHC

κ_V

直接探索で見えなくて
これだけが
a few % 以上
ずれる。。

なかなか考えにくい
“縮退”又は逆に
“大きくSplit”している。

世代が
何かのヒント？



G) ヒッグスの自己結合

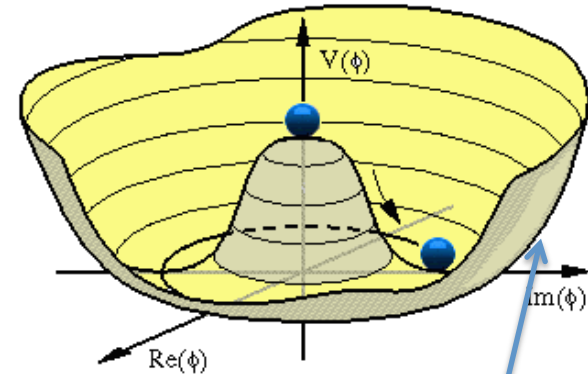
ESG presentationより

Observing HH events: very difficult at the LHC

- Destructive interference between diagrams involving HHH and $gg \rightarrow HH$
 - $\sigma_{HH} = 71, 34, 16 \text{ fb}$ for $\lambda_{HHH}/\lambda_{HHH}^{SM} = 0, 1, 2$
- Most promising channels $bb\gamma\gamma, bb\tau\tau$
- Maybe $\sim 3\sigma$ significance per expt in a few channels?
- Maybe 30% measurement of λ_{HHH} ?
- At the moment estimates are very vague and based on a large degree of optimism

HH- \rightarrow bb $\gamma\gamma$: やり直し

LHCでは有意なこと
言えない。たぶん



$$\lambda = 1/2 m h^2 / v^2 = 0.13$$

この傾きを言っている

US DOE P5 report について

平成26年7月29日

東京大学理事・副学長
同大学院理学系研究科教授
相原博昭

以下は、P5(Particle Physics Project Prioritization Panel) の一メンバーとしての所見です。

5. LHCを踏まえたILCの科学的意義

この点についてのP5の立場は明確で、ILCはまずヒッグスファクトリーであり、ヒッグスを手がかりに新しいパラダイムを拓くための施設なので、LHCの高度化と同時に進めるべきであるという意見です。