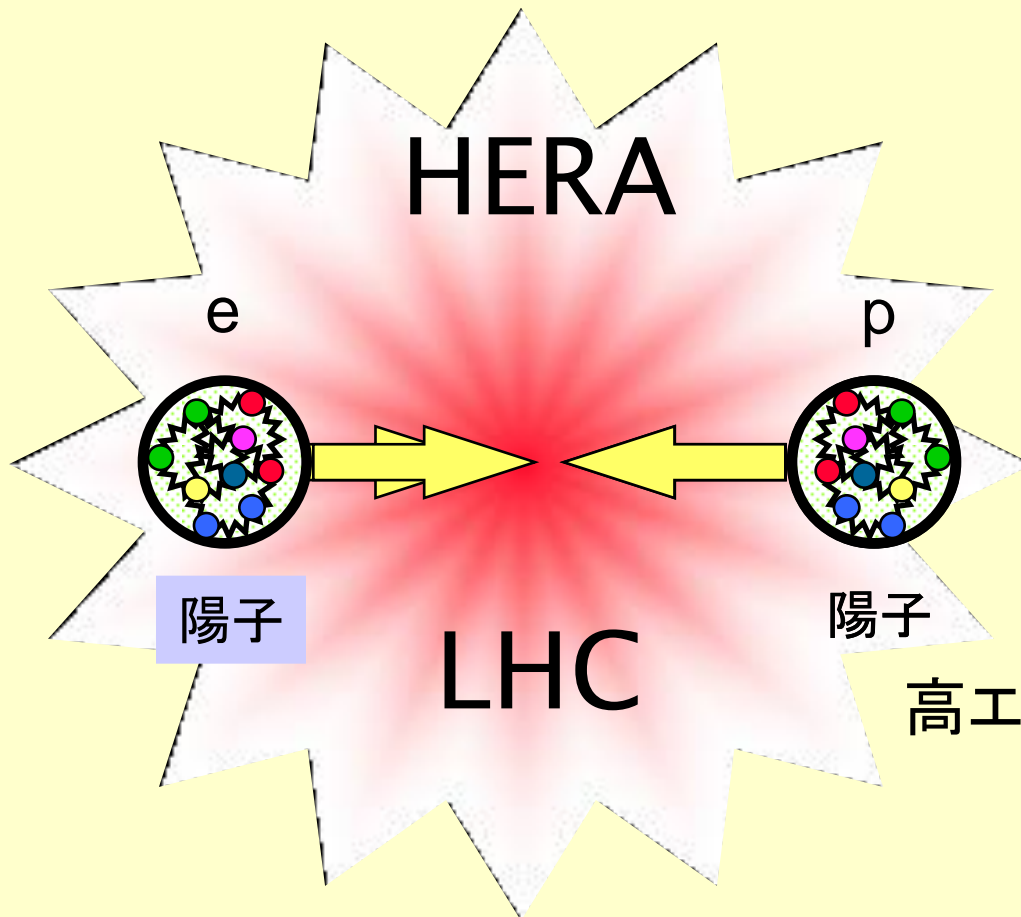


HERAからLHCへ:

最高エネルギーでみた素粒子の構造

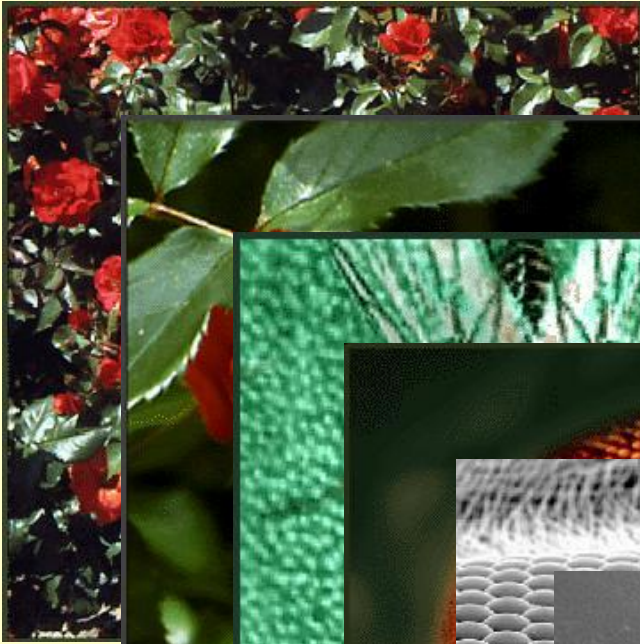


- HERA: 巨大電子顕微鏡
- HERA-IIの結果
- 陽子のパートン分布
- LHCとHERA
- HERAを継ぐもの

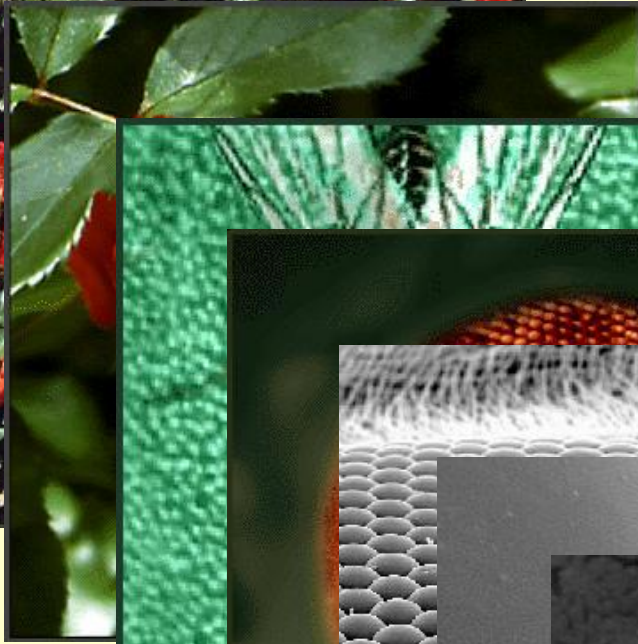
高エネルギー加速器研究機構
徳宿 克夫

Power of Ten

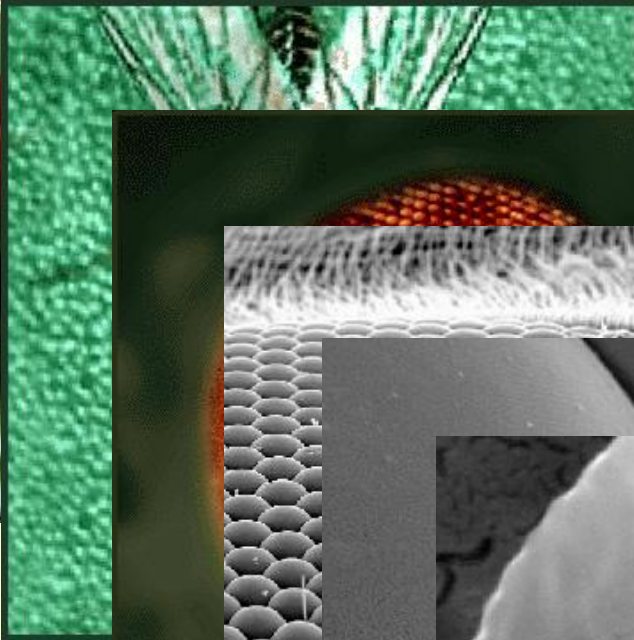
1 Meter



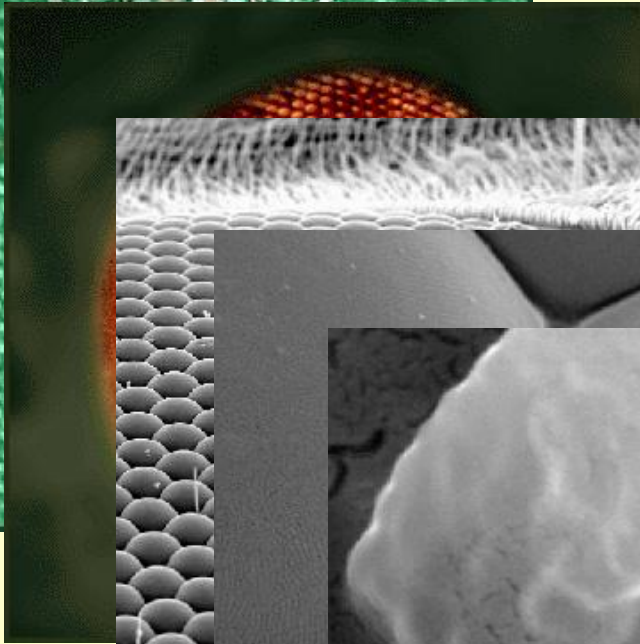
0,1 m



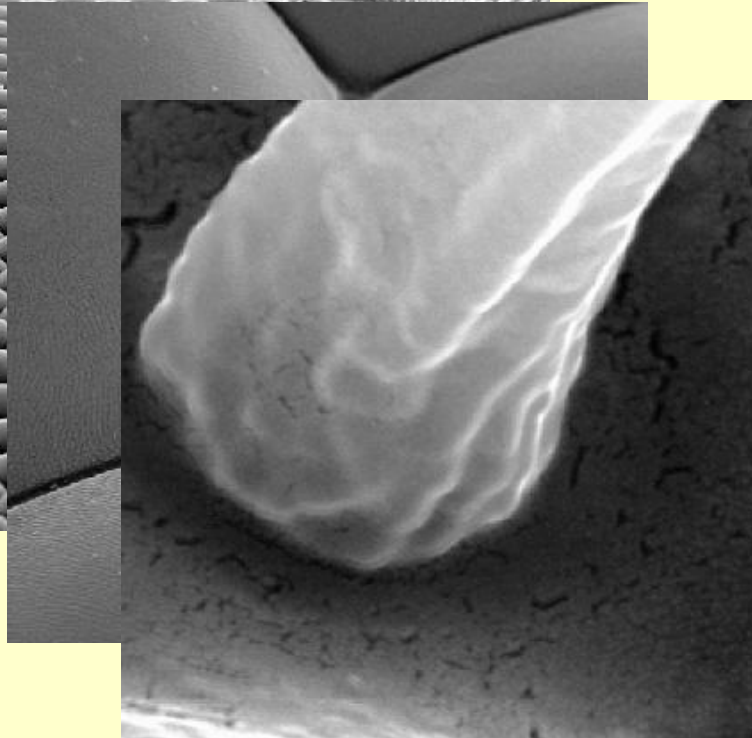
0,01 m = 1 cm

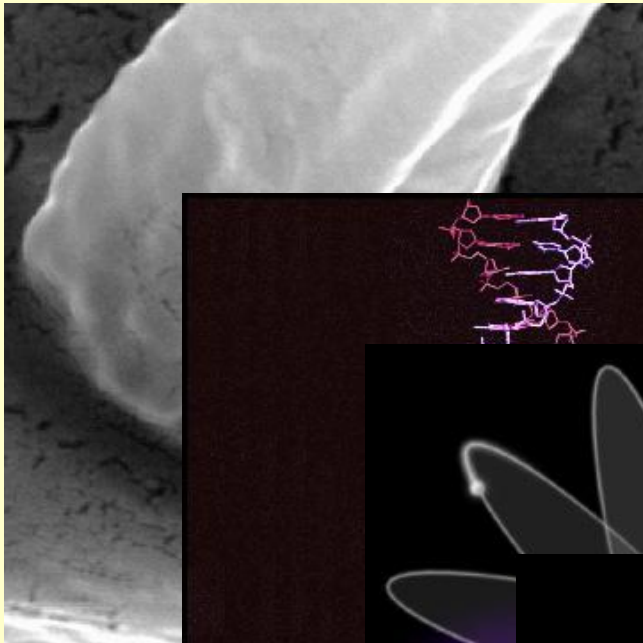


0,001 m = 1 mm = 10^{-3} m



0,000001 m =
 10^{-6} m





0,000001 m =

10^{-6} m (μm)

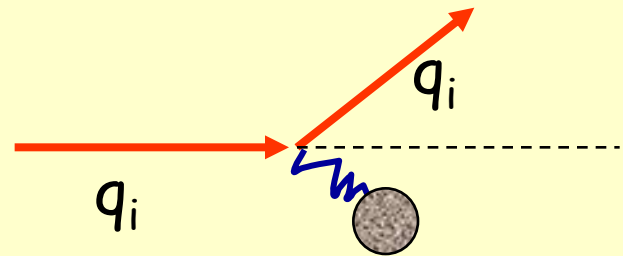
DNA: 10^{-9} m (nm)

炭素原子: 10^{-12} m (pm)

陽子: 10^{-15} m (fm)

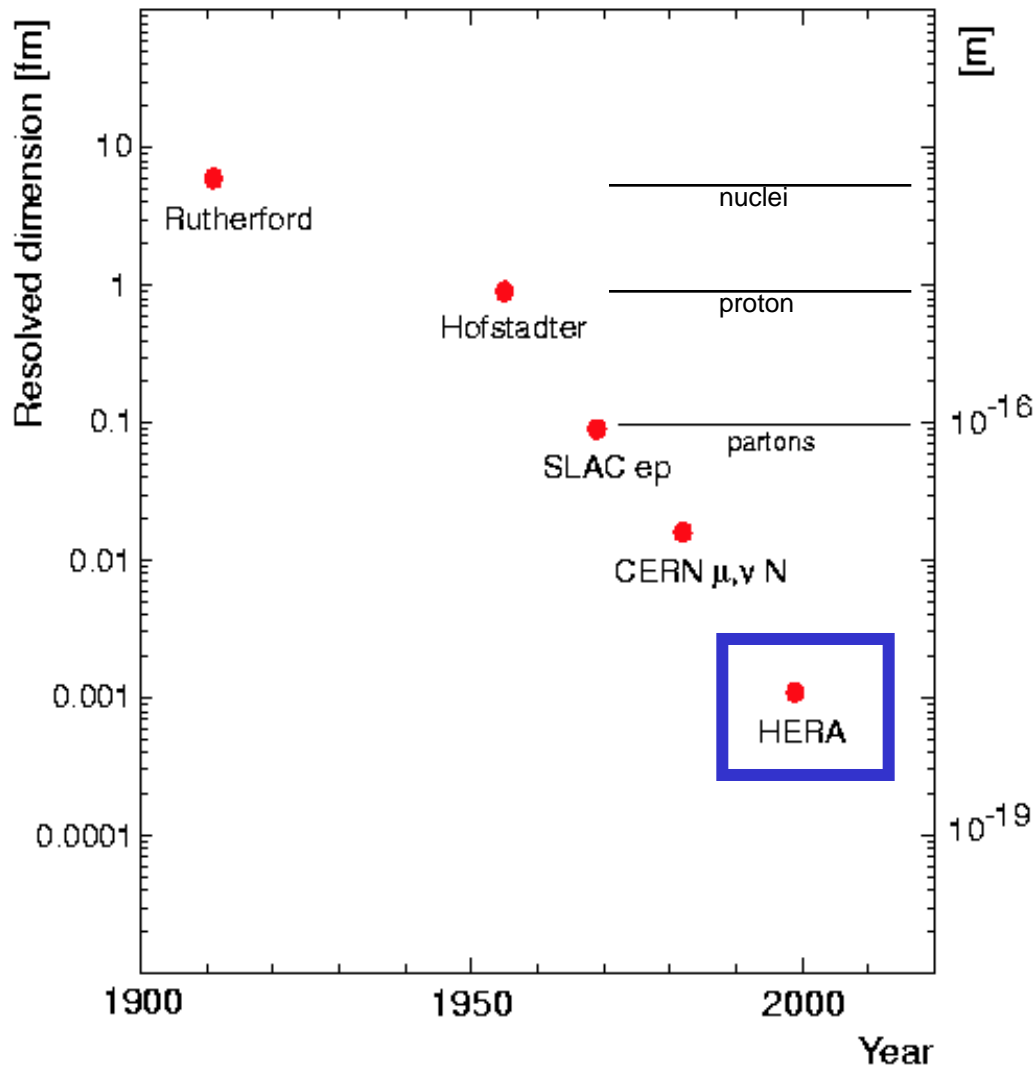
Power of Ten

どうやってより小さいものを見るか？
分解能 \sim (波長) $^{-1} \rightarrow \hbar/q$
 \Rightarrow 高いエネルギーの粒子をあてて
その散乱を見る。



$$q = |q_f - q_i|$$

分解能 $\sim (\text{波長})^{-1} \rightarrow \hbar/q$



加速器の進歩によって、より高エネルギーの散乱実験への道が開け、より小さな基本構造を探ることが可能となった結果、自然界の階層構造を順次明らかにした。

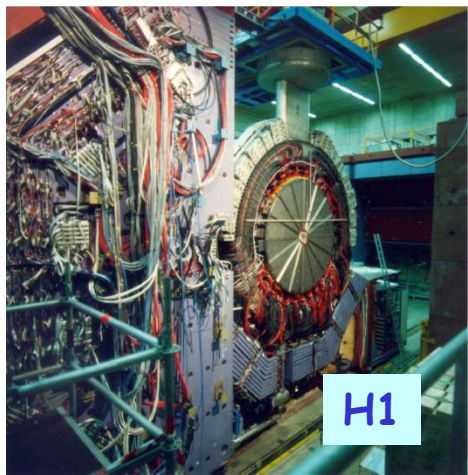
HERA:
(27.5 GeV e vs 920 GeV p)

$$Q^2_{\max} = s = 4E_e E_p \sim 10000 \text{ GeV}^2$$

cf. 陽子の静止標的では
 $s = 2E_e M_p$

静止標的でHERAの重心系エネルギーを得るには52000 GeVの電子ビームが必要

HERA 1992-2007

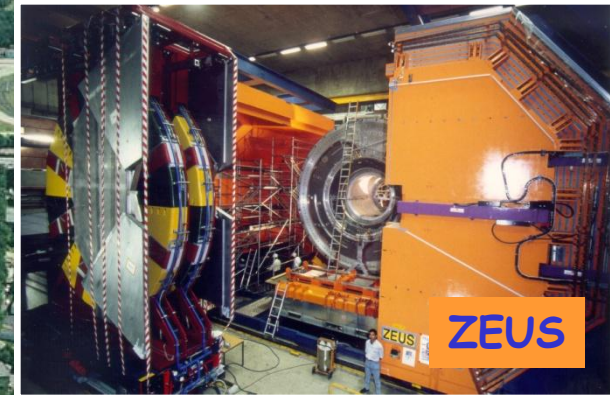


H1

v)



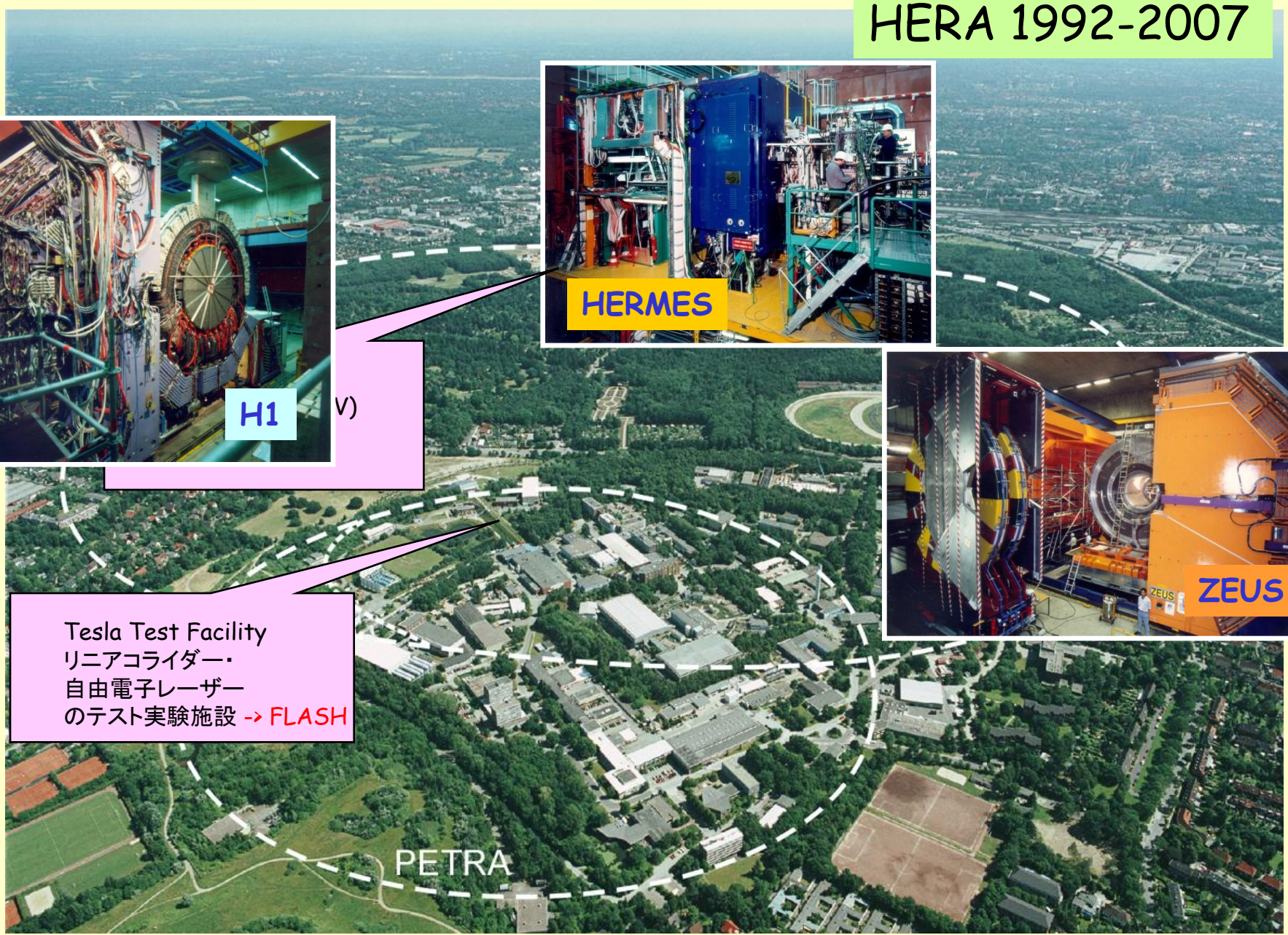
HERMES



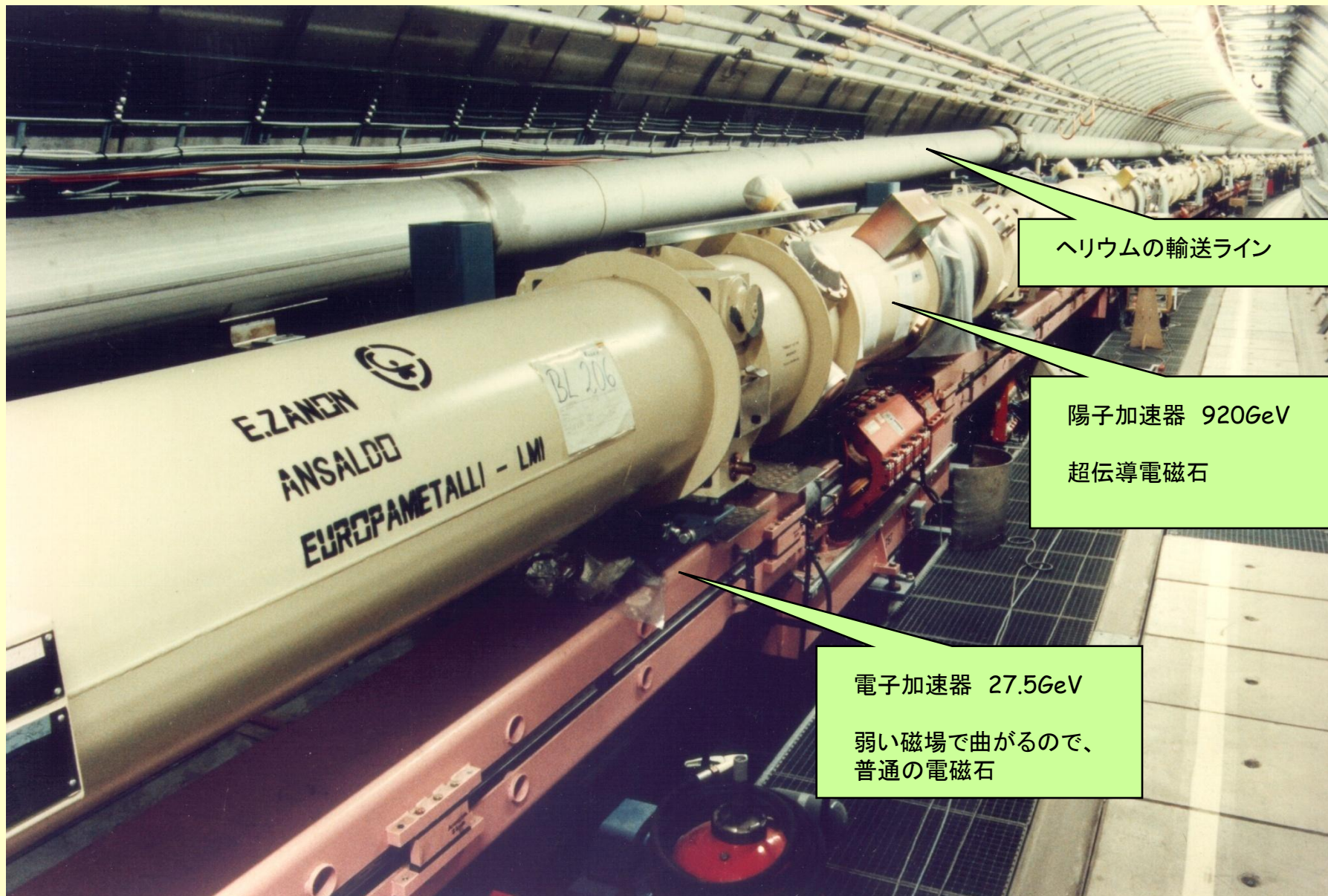
ZEUS

Tesla Test Facility
リニアコライダー・
自由電子レーザー
のテスト実験施設 -> FLASH

PETRA



View of the HERA ring tunnel



ヘリウムの輸送ライン

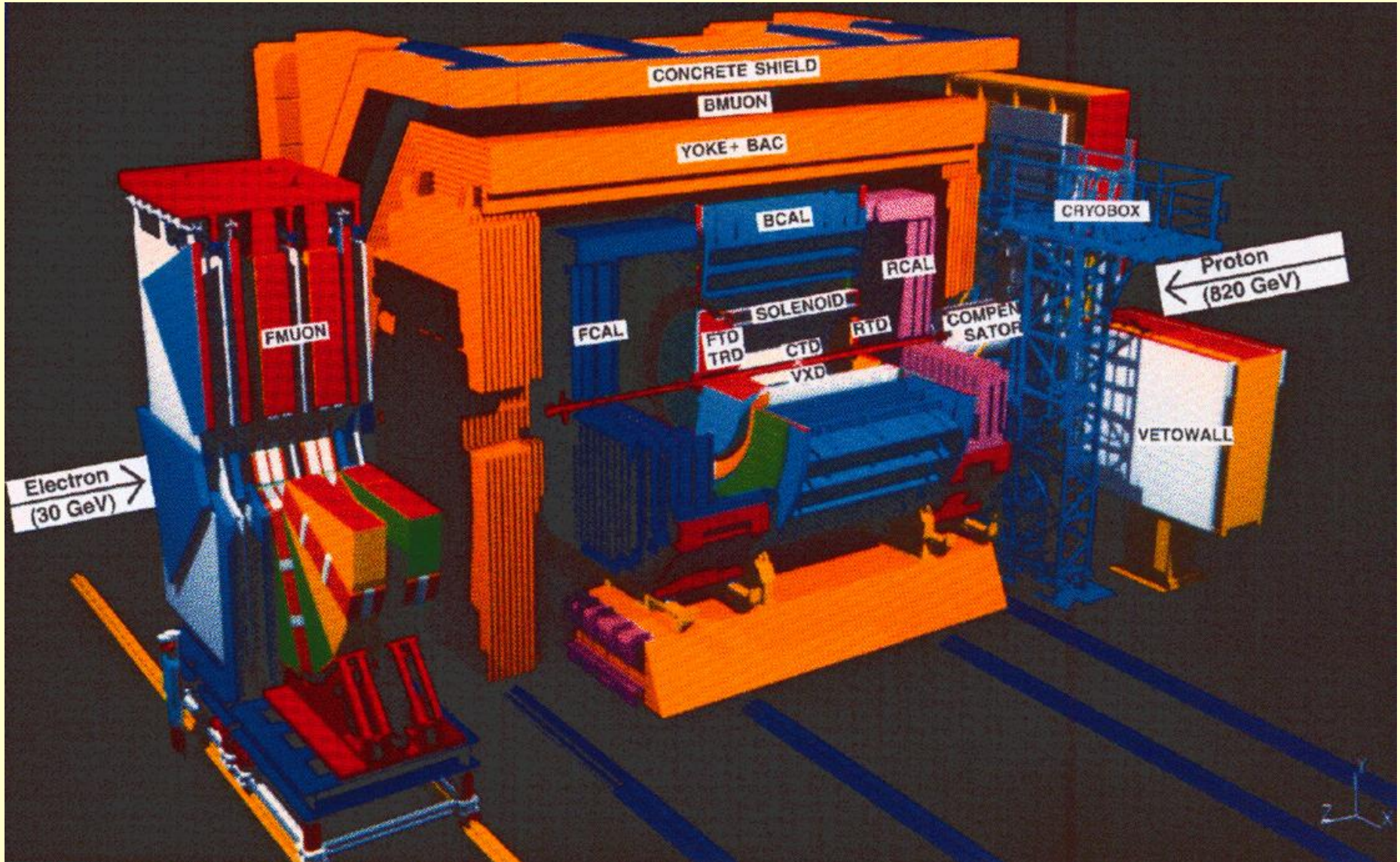
陽子加速器 920GeV

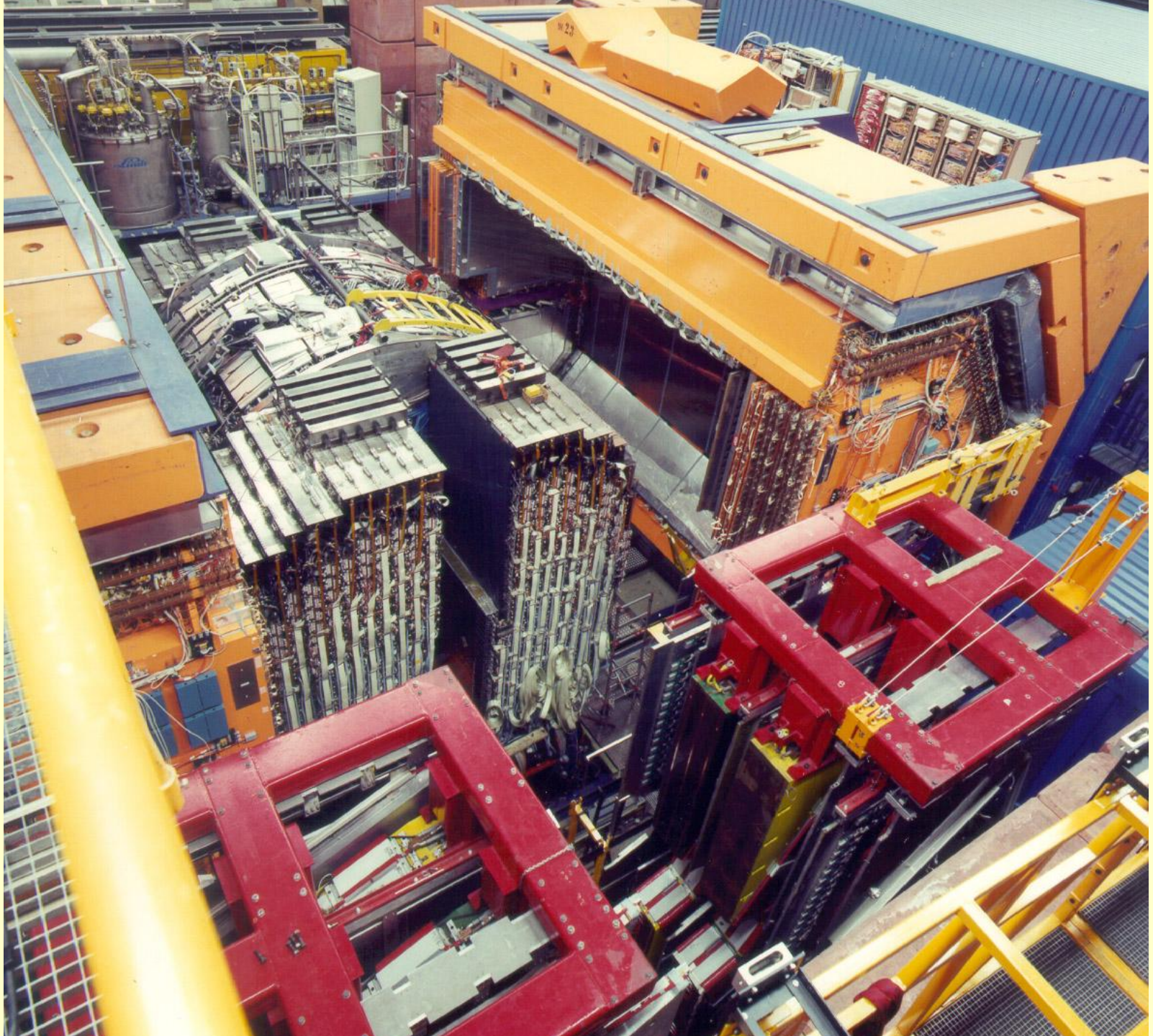
超伝導電磁石

電子加速器 27.5GeV

弱い磁場で曲がるので、
普通の電磁石

ZEUS experiment at DESY







ZEUS

14カ国
約400人の研究者
の集団

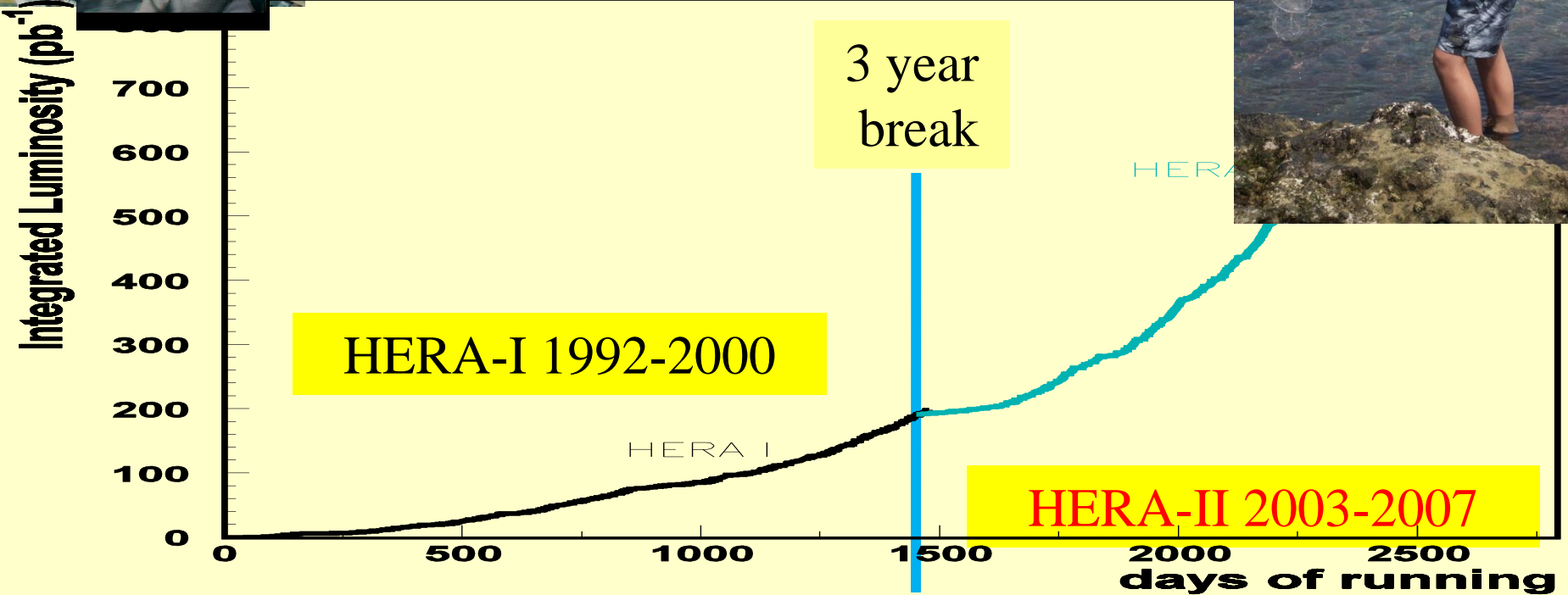
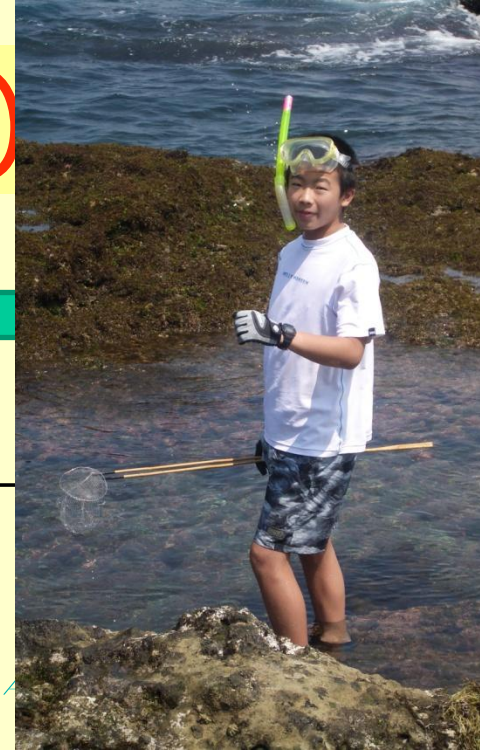
日本からは
KEK、東大
東工大
都立大

HERA History (1992-2007)



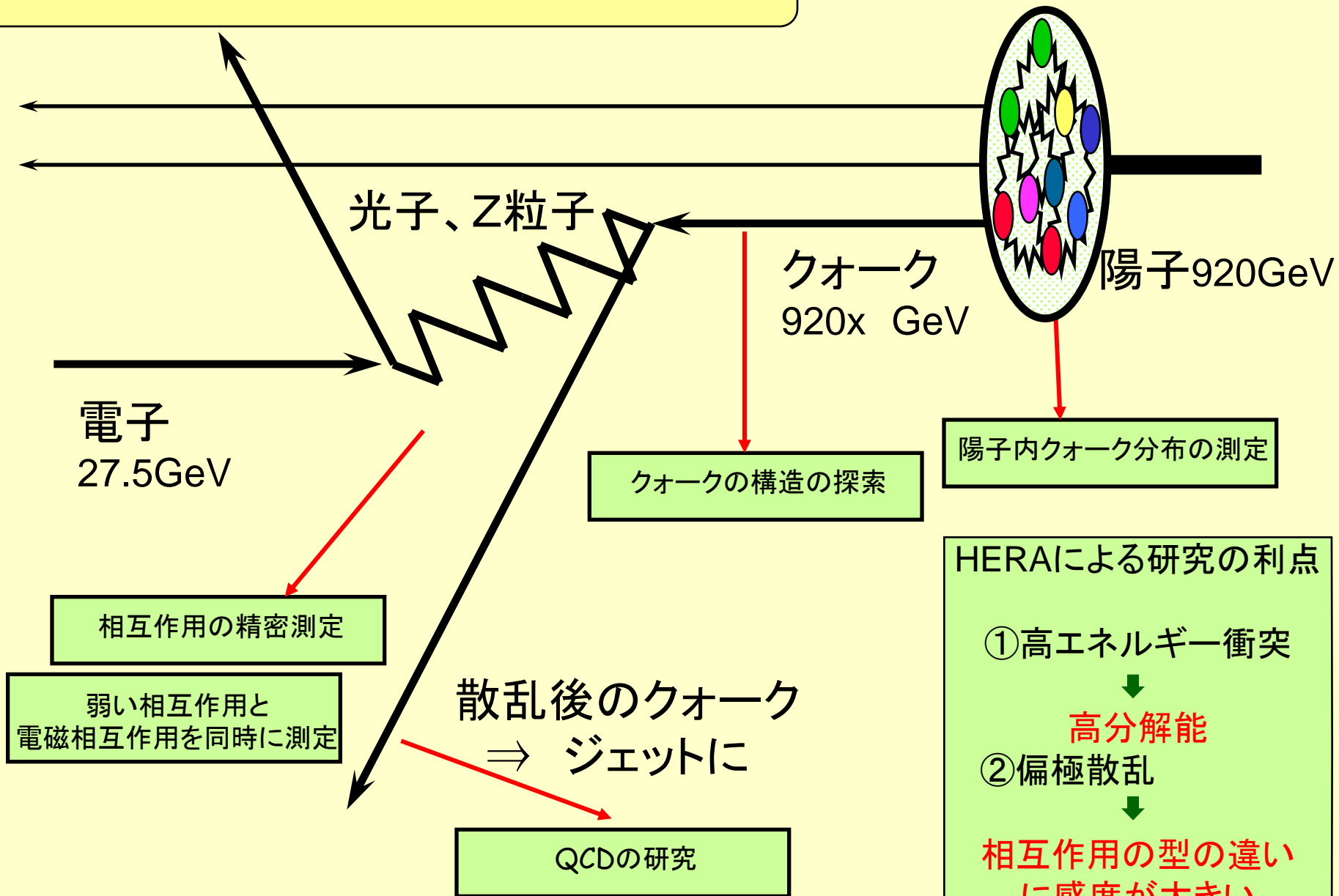
15 years

HERA delivered

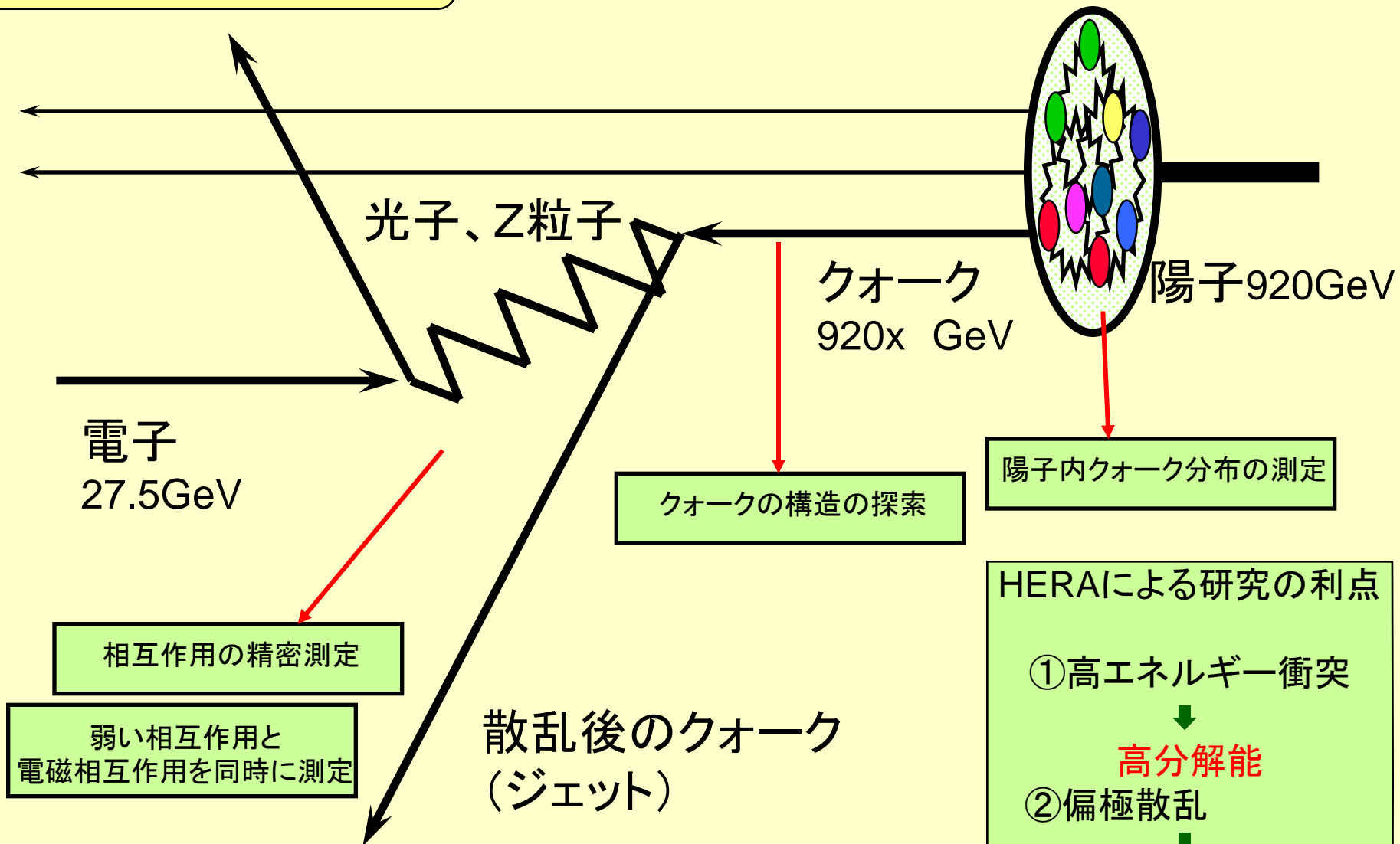


HERA stopped at the end of June in 2007

HERAでは電子とクォークの散乱を見る



HERAの(最終)結果



HERAによる研究の利点

① 高エネルギー衝突



高分解能

② 偏極散乱

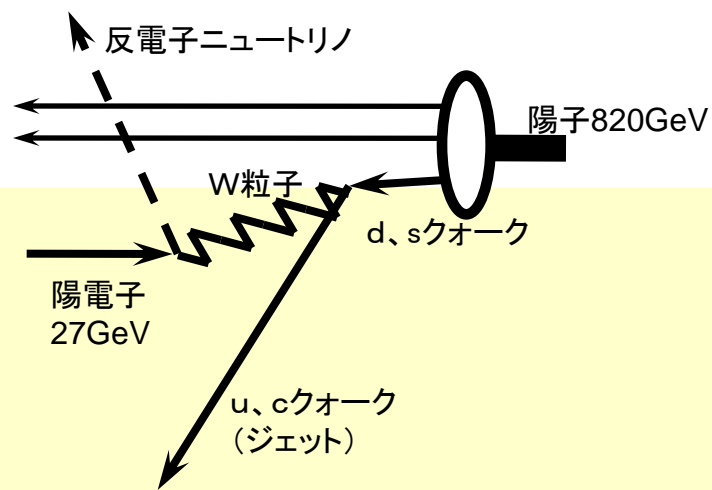
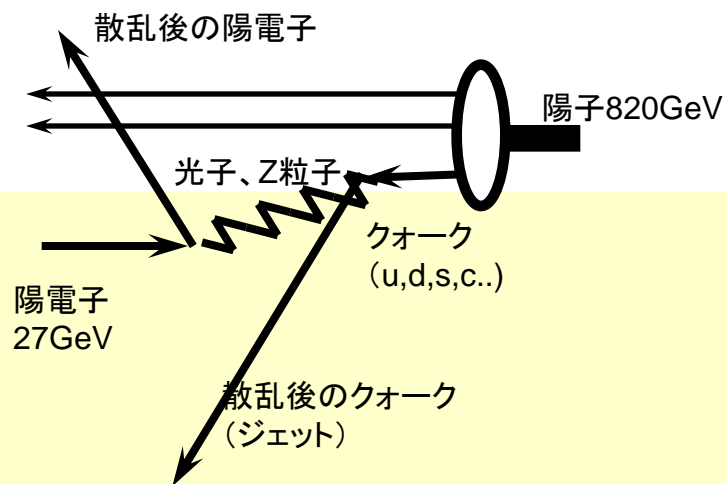
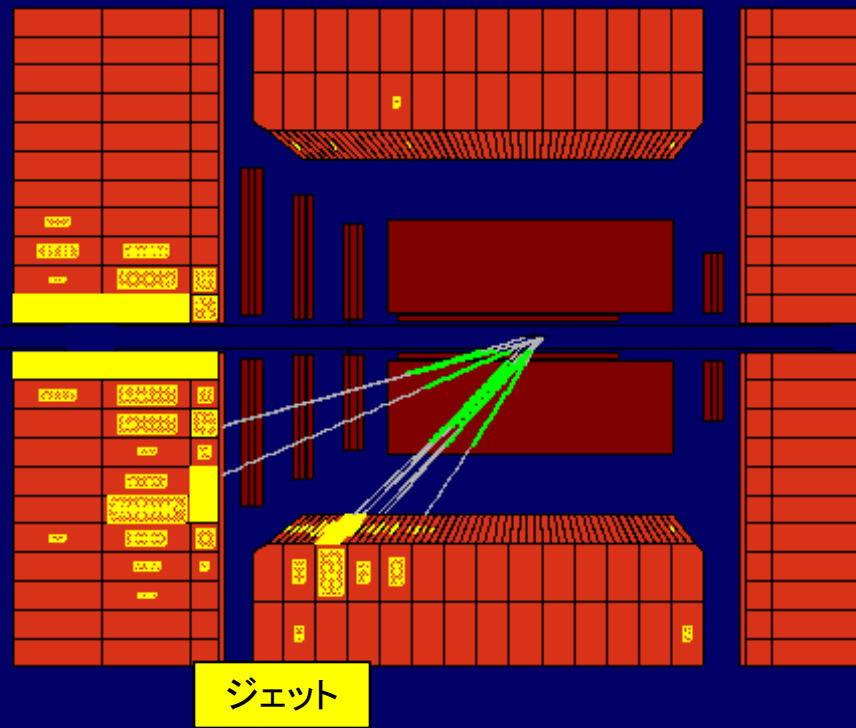
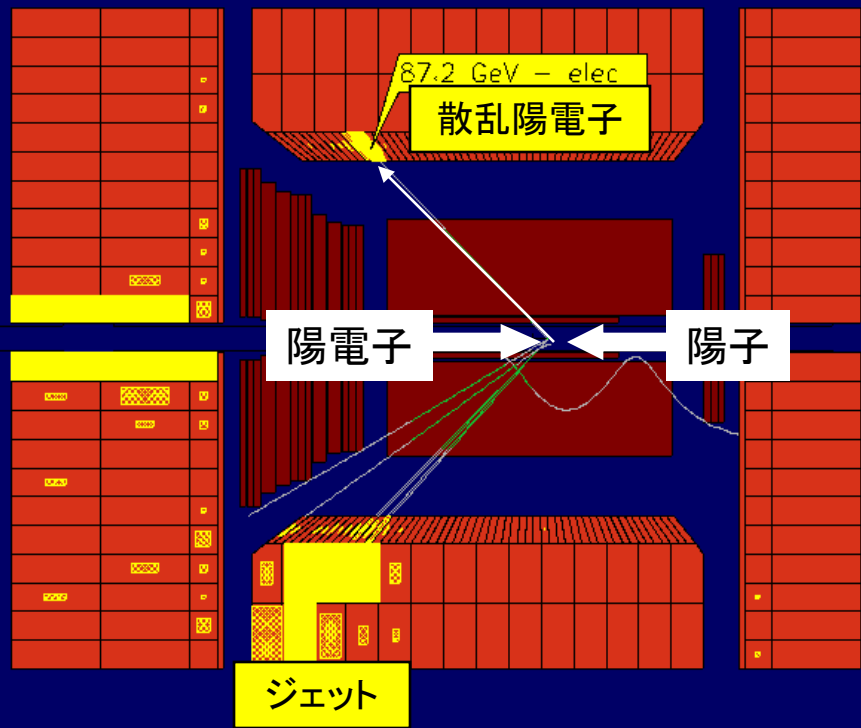


相互作用の型の違いに感度が大きい



中性流反応

荷電流反応



媒介粒子の質量と散乱断面積

$$\alpha = \frac{e^2}{4\pi\epsilon_0\hbar c} \approx \frac{1}{137} \leftarrow \text{微細構造定数}$$

$$Q^2 = -(p_i - p_f)^2 \leftarrow \text{四元運動量移行の2乗}$$

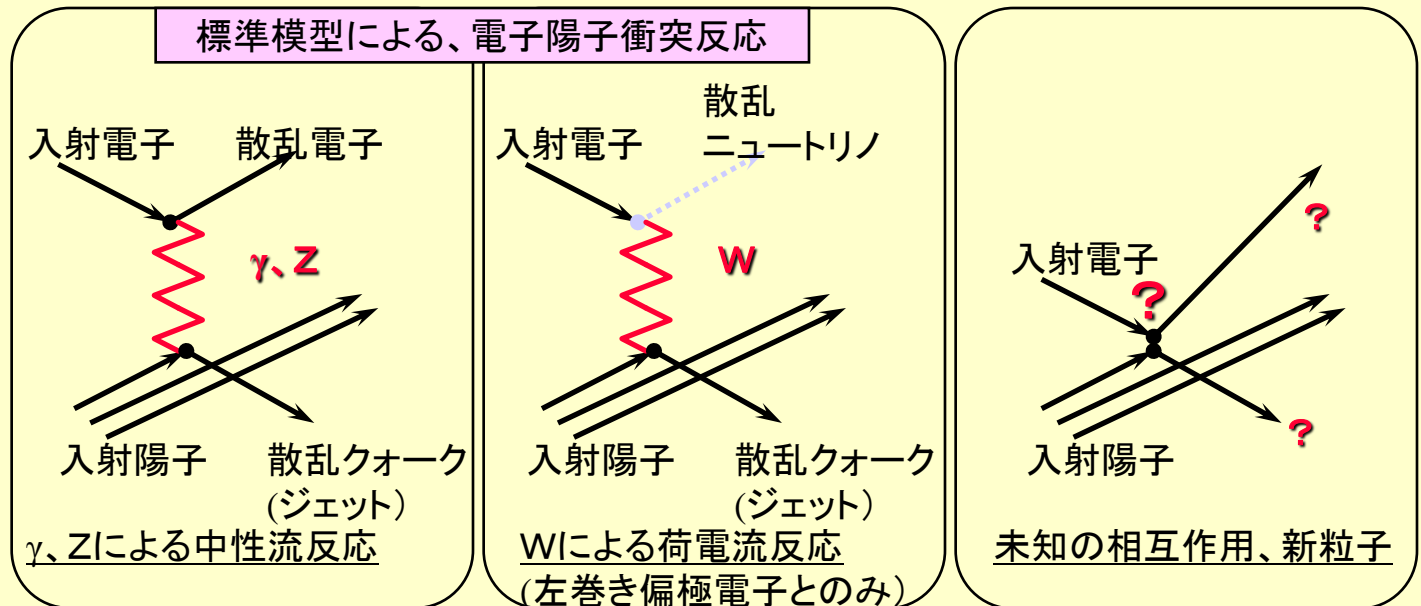
光子 質量=0

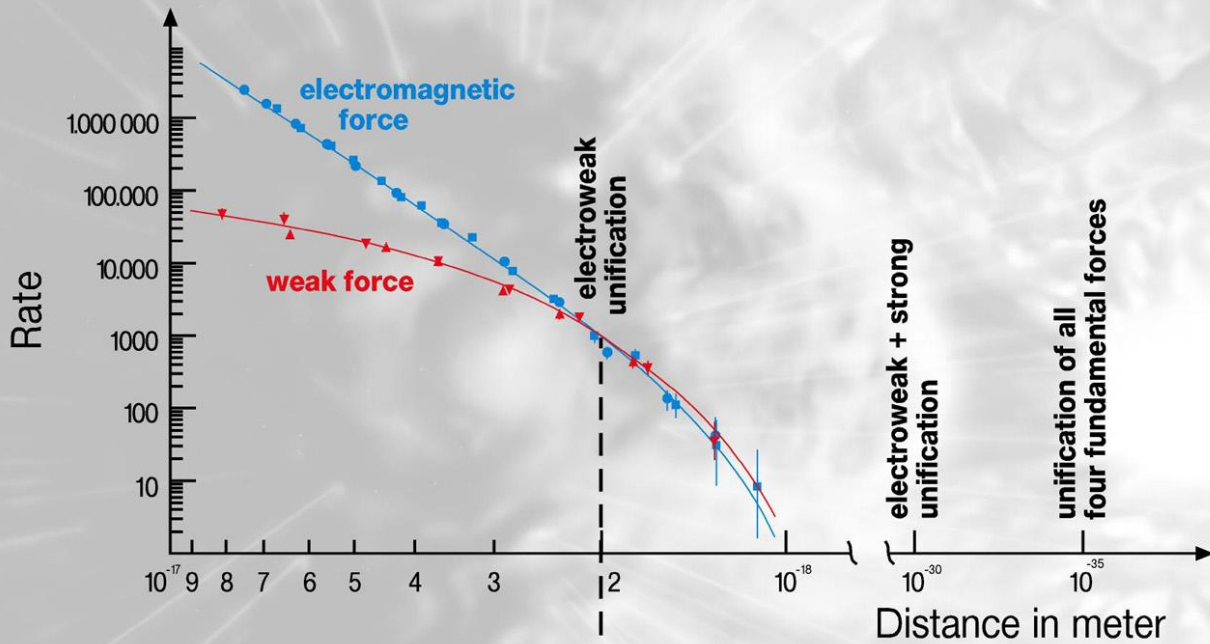
$$\frac{d\sigma}{d\Omega} \propto \frac{\alpha^2}{Q^4}$$

W粒子 質量=80GeV

$$\frac{d\sigma}{d\Omega} \propto \frac{\alpha'^2}{(Q^2 + M_w^2)^2}$$

HERA → $Q^2 \sim M_w^2$ $\alpha \sim \alpha'$ なら中性流反応と荷電流反応が同じように効いて来る





strong force

electromagnetic force

weak force

gravity

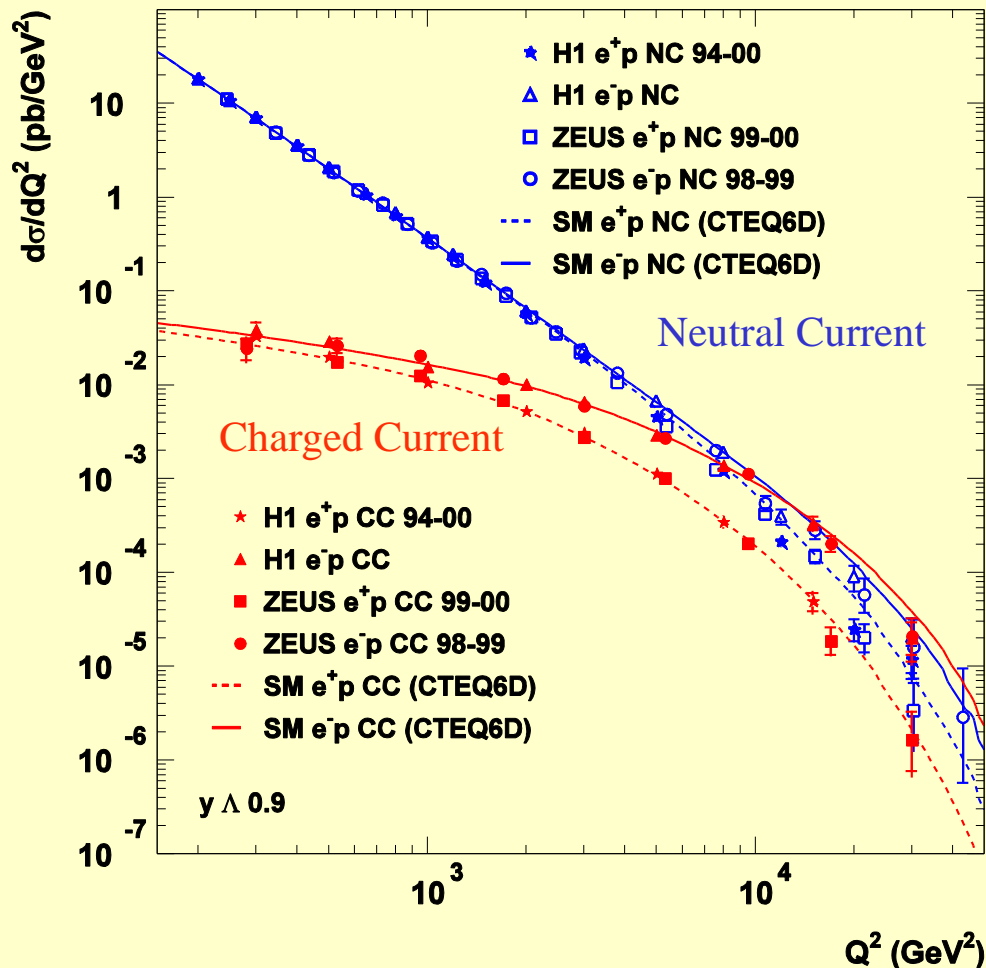
electro-
weak force

big bang



中性流反応、荷電流反応の統一

HERA



HERA-I Final Results

Q^2 (4元運動量移行の2乗) の増加と共に

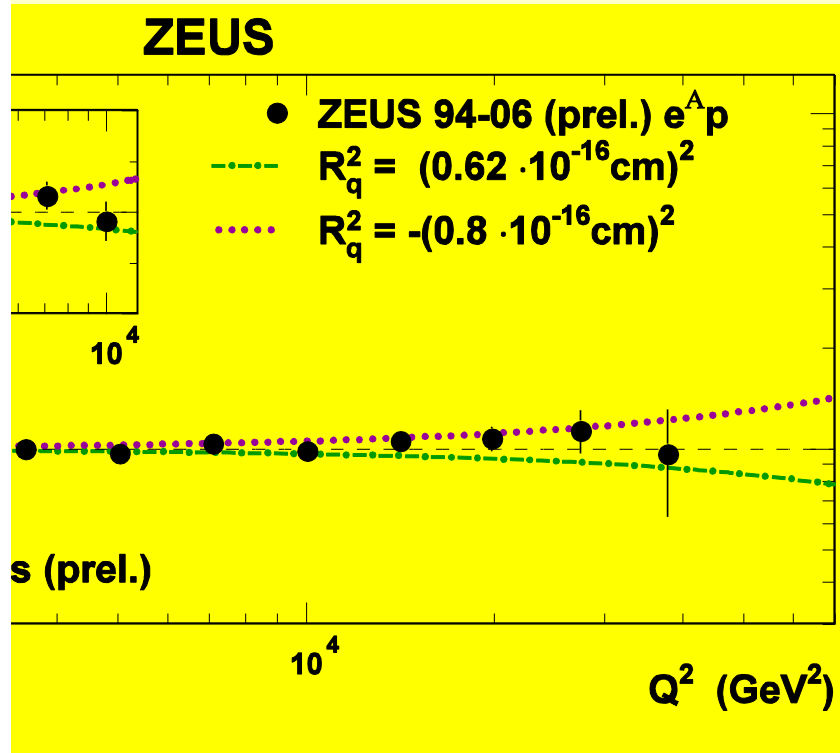
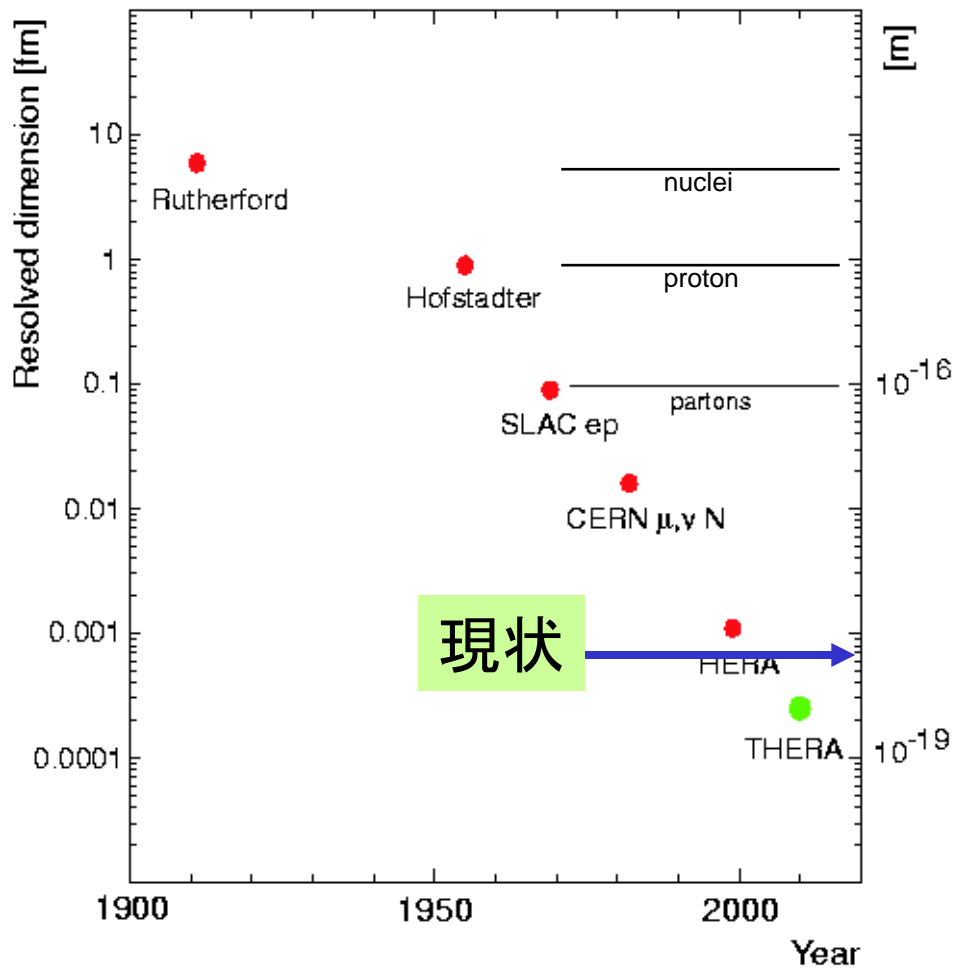
中性流の強さ \sim 荷電流の強さ

電磁相互作用と弱い相互作用
の統一

Good agreement with the SM

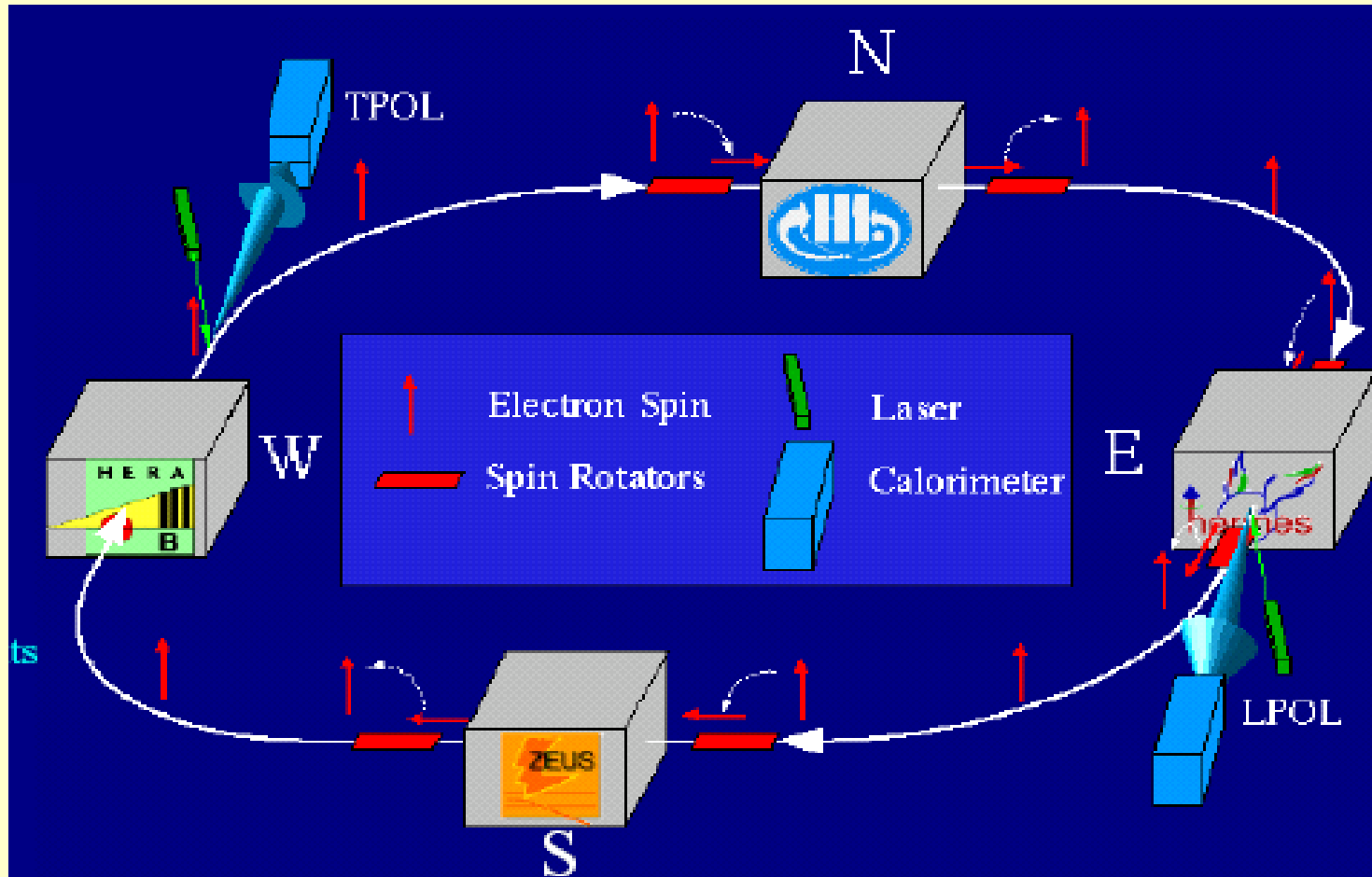
$M_w = 80.3 \pm 2.1(\text{stat}) \pm 1.2(\text{syst}) \pm 1.0(\text{PDF}) \text{ GeV}$
(from ZEUS $e-p$ data)

- $NC(e^+p) < NC(e^-p)$
← γZ interference
- $CC(e^+p) < CC(e^-p)$
← u,d-quark distribution in the proton



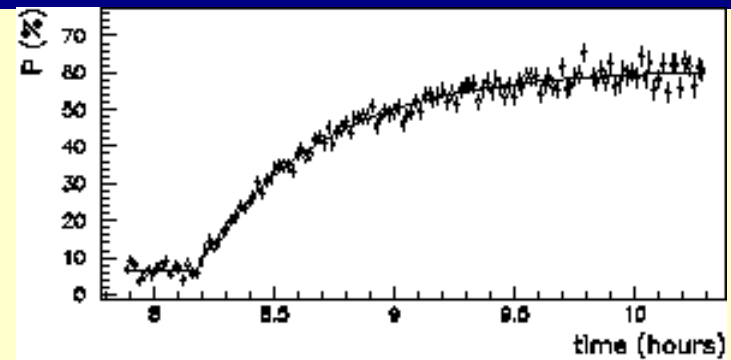
もしクォークに構造があれば、標準模型の予測からずれてくる。
クォークの大きさは陽子の～1000分の1より小さい

HERA-II実験での新しいこと： 縦偏極電子ビーム

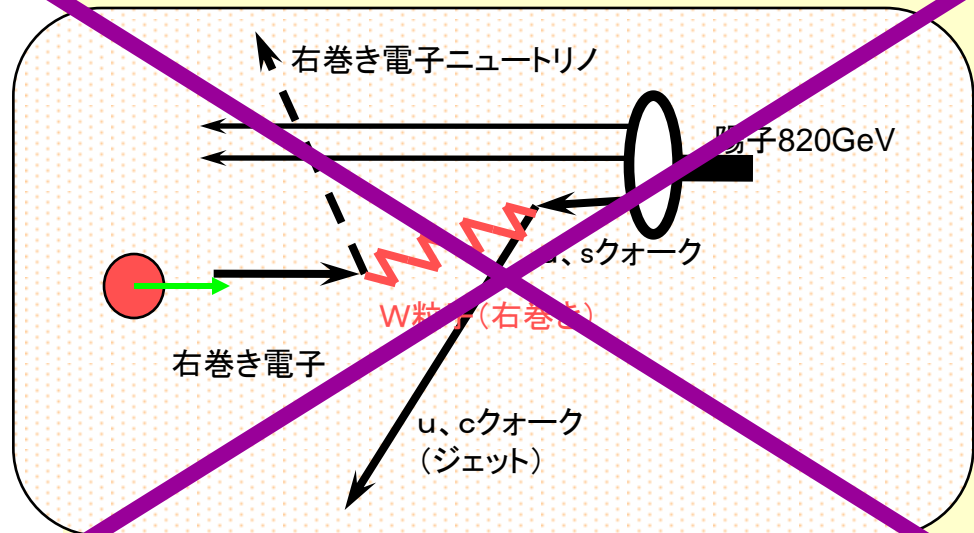
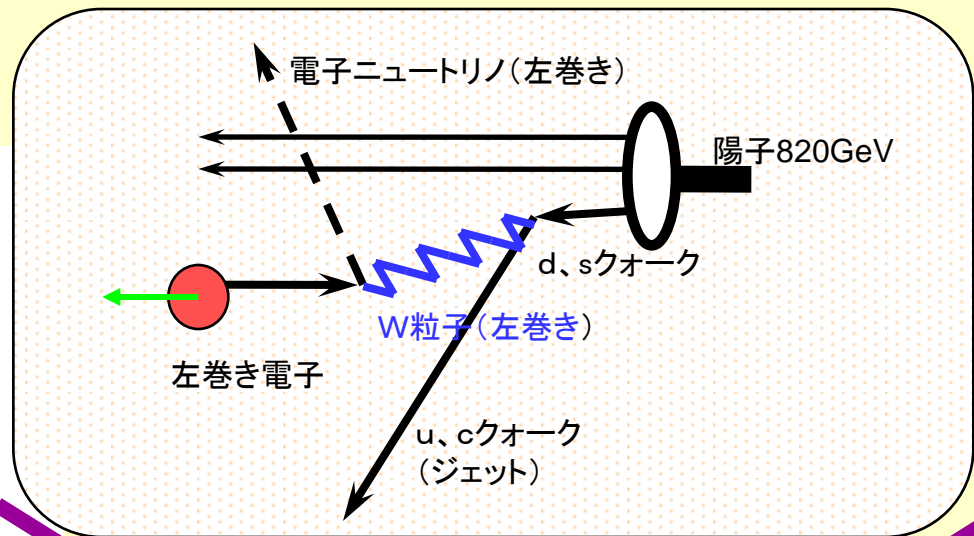
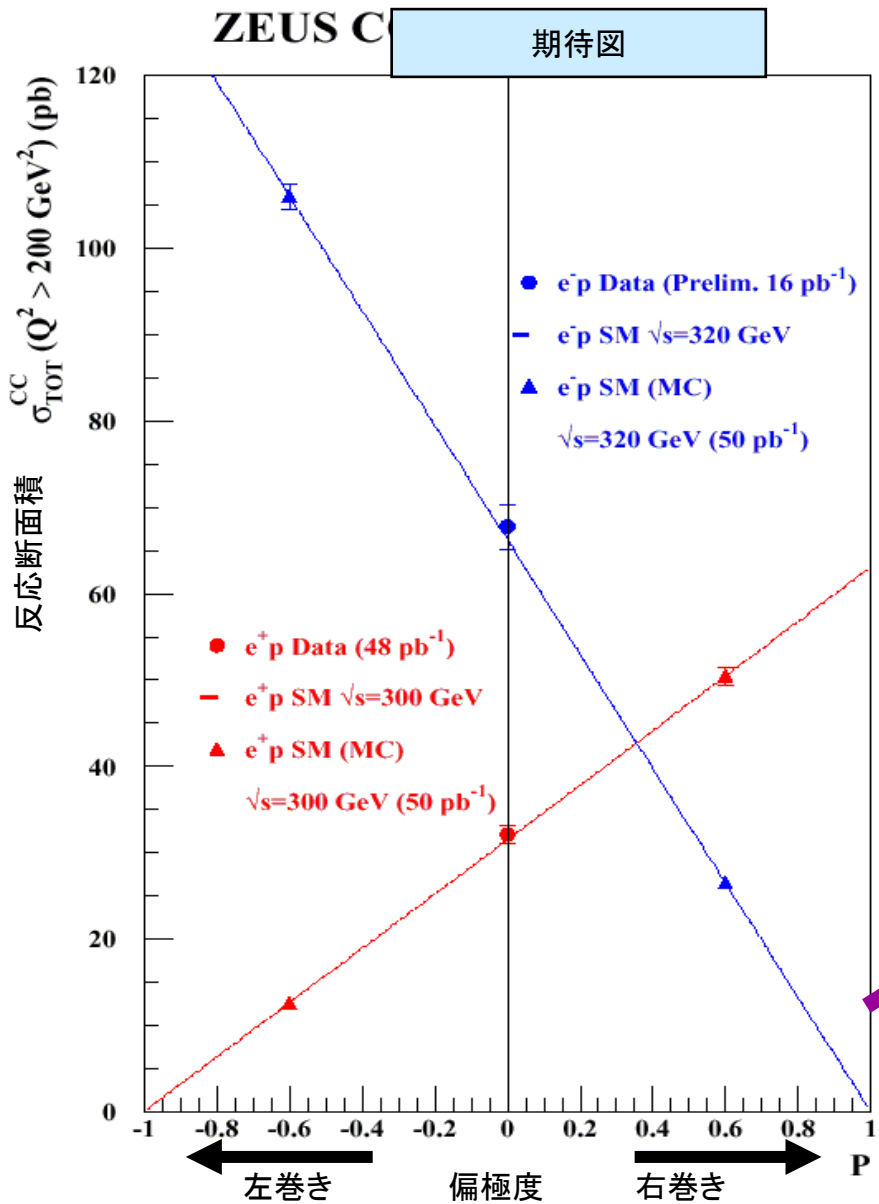


電子(陽電子)ビームを縦偏極できるようになり、左右巻き電子と陽子の散乱実験が始まる。

例えば標準模型では、左巻きの電子と陽子とでは荷電流反応が起こらないので、新相互作用の発見感度が上がる。

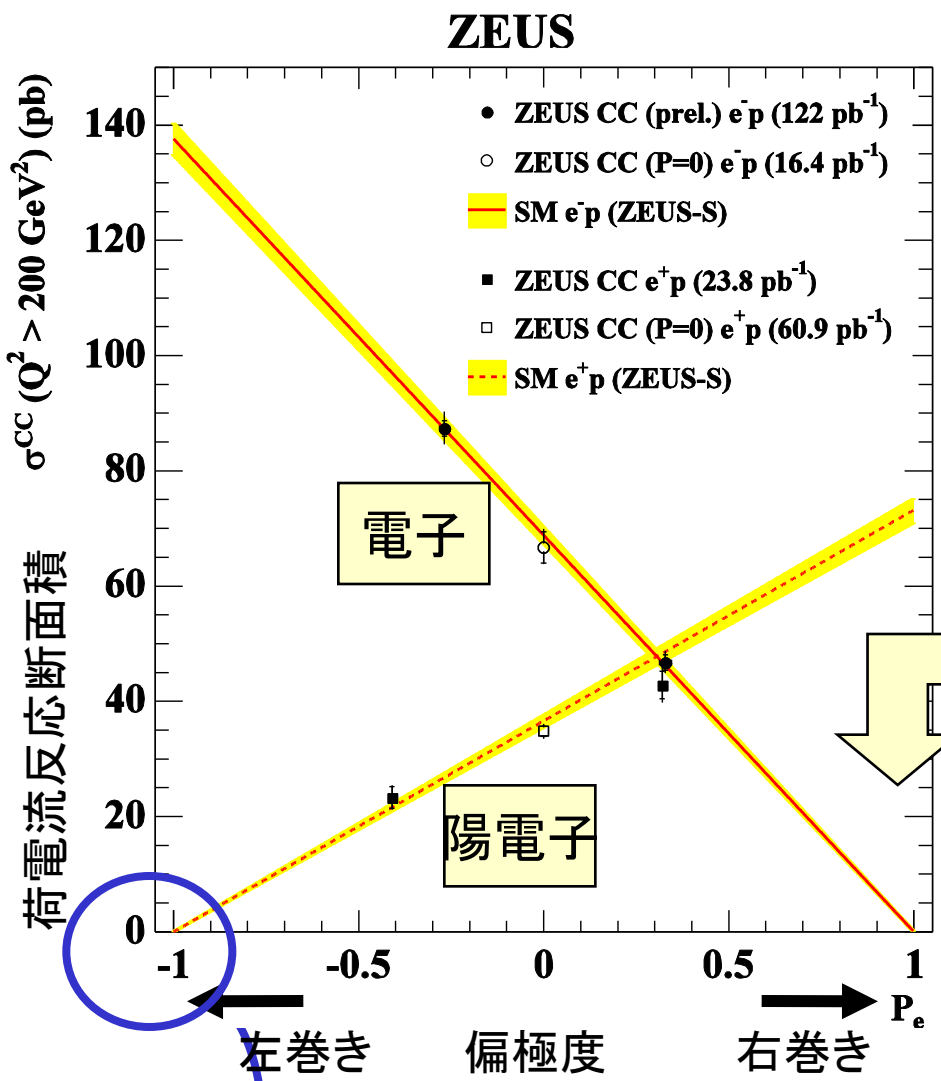


荷電反応測定 of 物理



$\Delta M_{WL} \sim 80 \text{ MeV}$
 $M_{WR} > 400 \text{ GeV}$

偏極実験の結果



右巻き陽電子と陽子の衝突での荷電流断面積を初めて測定できた。

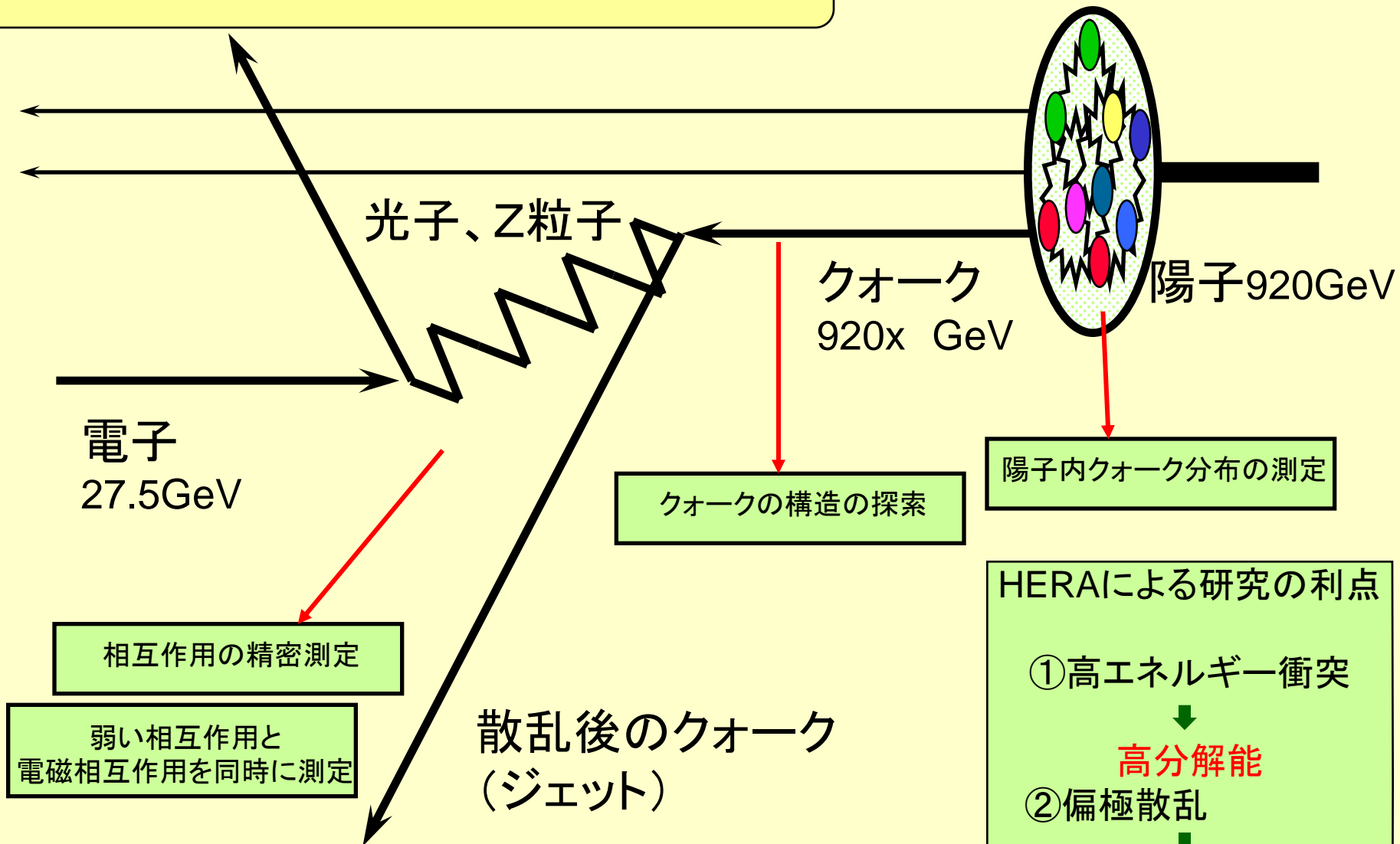
← 日本グループ

が中心的な役割を果たした解析 (陽電子: 奈良女子大院生のD論、電子: 都立大院生がD論)

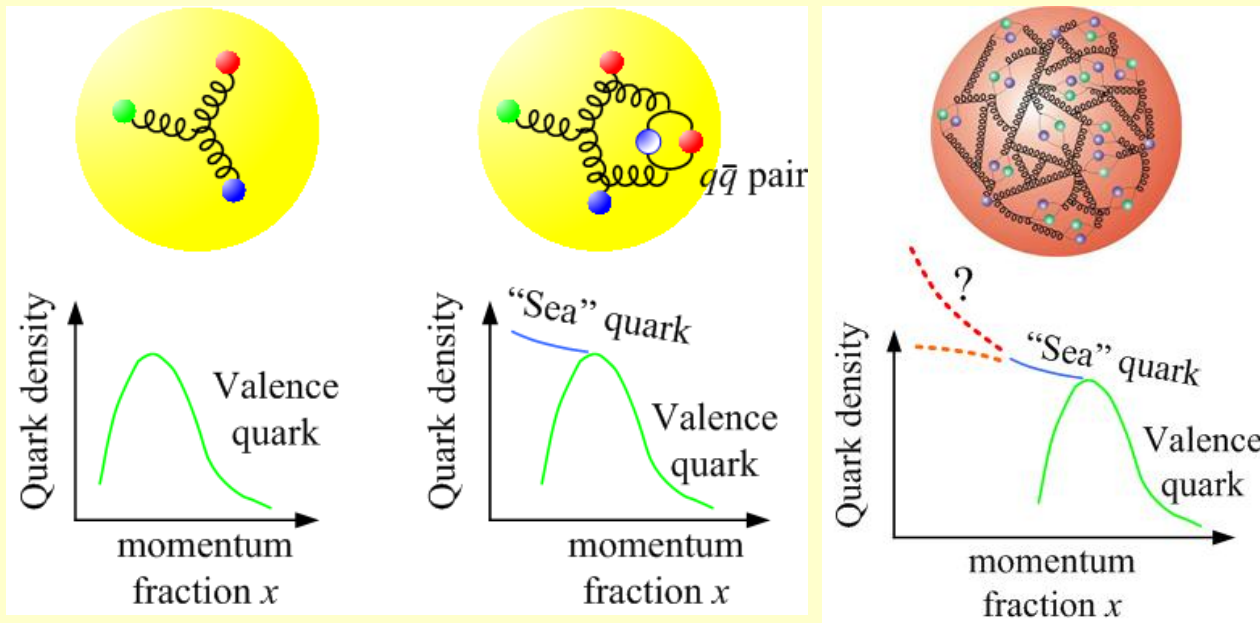
弱い相互作用の左右非対称性をこのエネルギー領域で初めて直接測定した。

$\sigma_R = 0.2 \pm 1.8 \pm 1.6 \text{ pb (preliminary)}$

HERAでは電子とクォークの散乱を見る

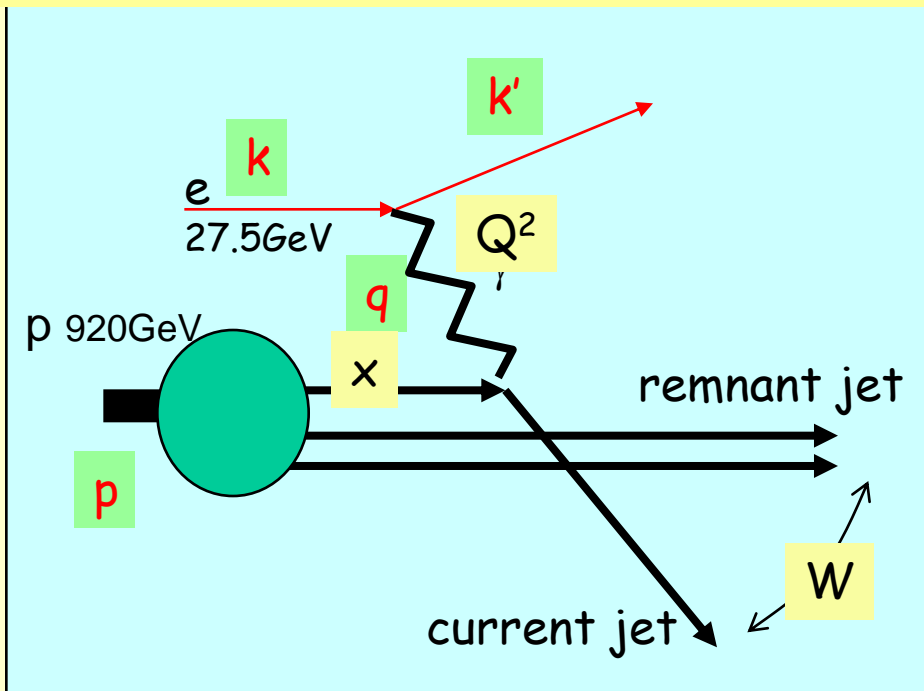


陽子内のパートン(クォーク、グルーオン)分布



陽子内部のクォーク・グルーオンの分布
をどうやって探るか
→ Deep Inelastic Scattering

HERA: 27.5GeV電子と920GeV陽子のコライダー



電子陽子の深非弾性散乱 (DIS) を測定

$$Q^2 = -q^2$$

$$x = Q^2 / 2p \cdot q$$

$$F_2 = \sum_f e^2 x q_f(x, Q^2)$$

$q_f(x, Q^2)$: quark distribution function

$$\frac{d\sigma_{e\pm p}^2}{dx dQ^2} = \frac{2\pi\alpha^2}{xQ^4} (Y_+ F_2 - y^2 F_L \mp Y_- x F_3)$$

$y = Q^2 / xs$, the inelasticity parameter, $Y_{\pm} = (1 \pm (1 - y)^2)$

F_2 , F_L , and $x F_3$ are structure functions of the proton.

- F_L : longitudinal component, damped by y^2 .

- $x F_3$: Small at $Q^2 \ll M_Z^2$,

$$F_L = F_2 - 2xF_1$$

QPM では 0

pQCDによるパートン分布の決定

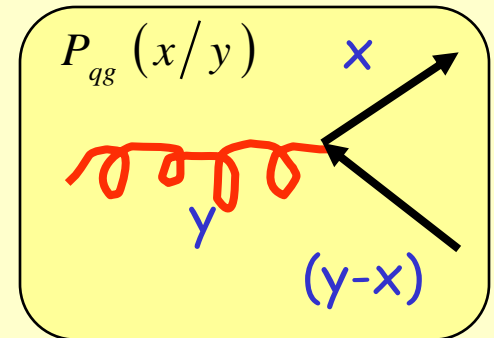
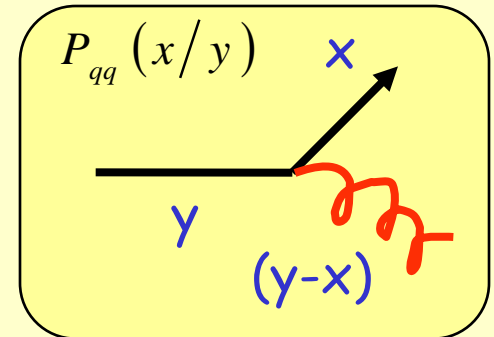
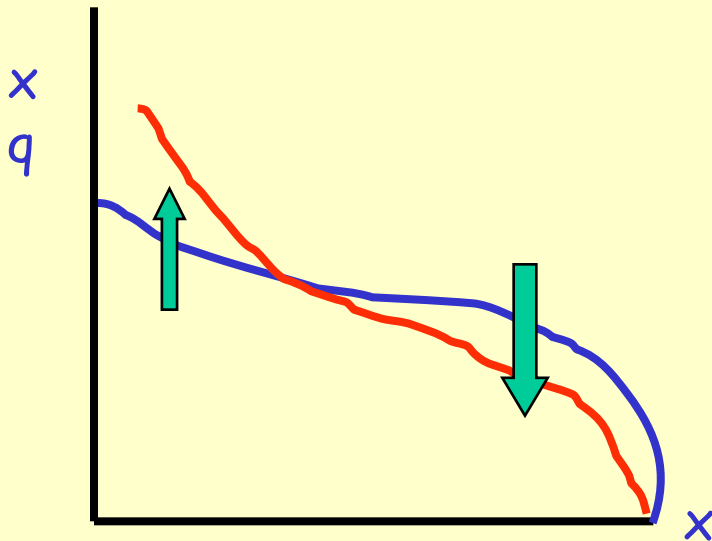
DGLAP発展方程式 (Dokshitzer, Gribov, Lipatov, Altarelli, Parisi)

$$\frac{dF_2}{d \ln Q^2} = \sum_q e_q^2 \frac{\alpha_s(Q^2)}{2\pi} \int_x^1 \frac{dy}{y} [P_{qq}(x/y) \cdot q(y, Q^2) + P_{qg}(x/y) \cdot g(y, Q^2)]$$

splitting function (known from pQCD)

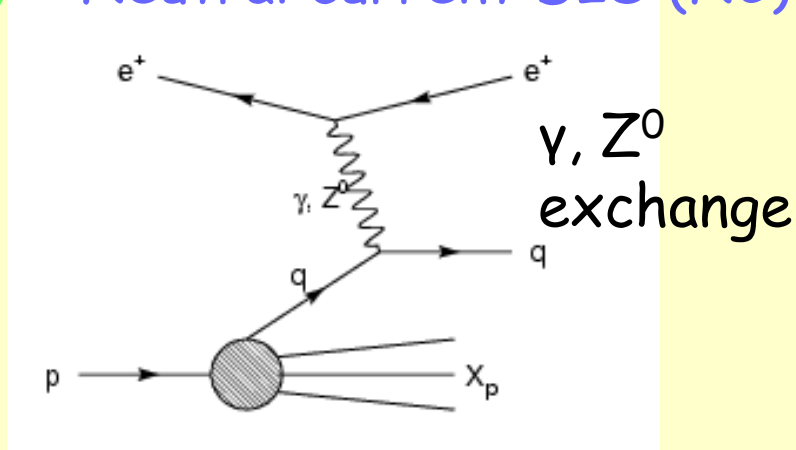
$Q^2 \rightarrow$ 大:

高い運動量を持っていた
(high-x) q 、 g が、
低いxの q 、 g に分かれていく



HERAでの様々な反応から陽子構造の情報が得られる

◆ Neutral current DIS (NC)



$$\gamma, Z^0 \rightarrow F_2 \propto \sum x(q + \bar{q})$$

Sea + valence quark

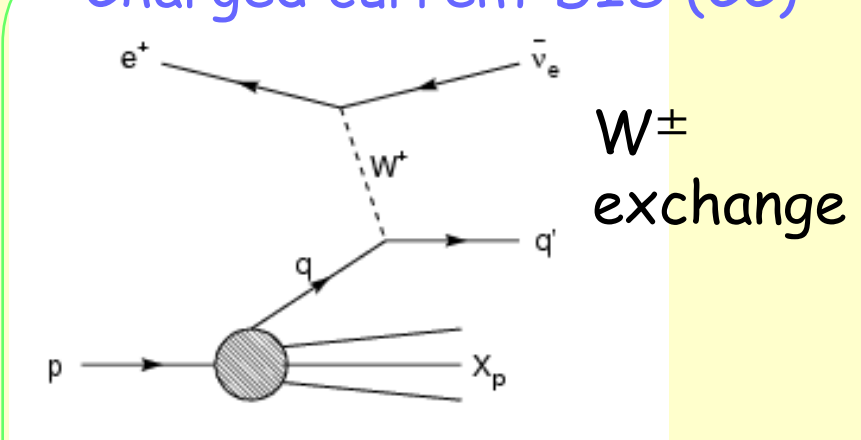
$$\frac{\partial F_2}{\partial \ln Q^2} \propto xg \quad \text{gluon}$$

Z^0 introduces parity violation.

$$\rightarrow xF_3 \propto \sum x(q - \bar{q})$$

valence quark

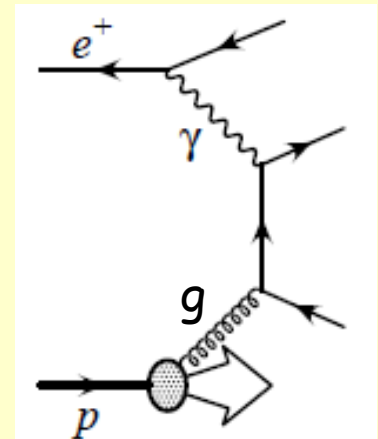
◆ Charged current DIS (CC)



Charge selective interaction
 e^- : u quark e^+ : d quark

◆ Jet process

Directly sensitive to
 gluon density

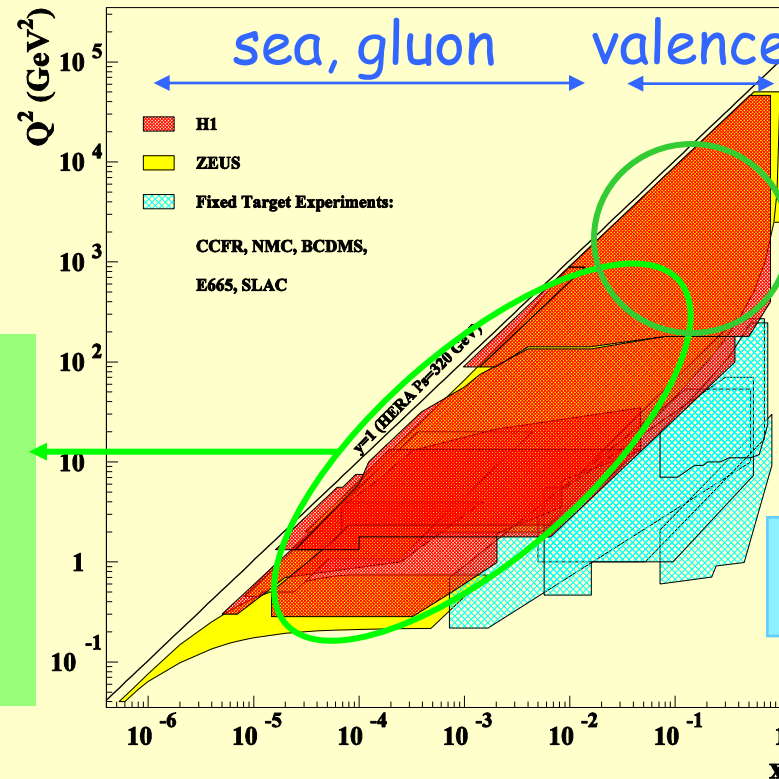


QCDフィットによる陽子内パートン分布の決定

A single experiment can determine PDFs!

Jets cross sections
→ gluon

γ exchange
→ sea
scaling violation
→ gluon



QCD + EW physics

Z^0 exchange
→ • sea + valence
• valence only
 W^\pm exchange
→ u or d quark

Fixed target experiments

当初は昔の固定標的データとHERAデータを組み合わせてパートン分布を出していたが、最近ではHERAだけのデータで求められるようになってきた。

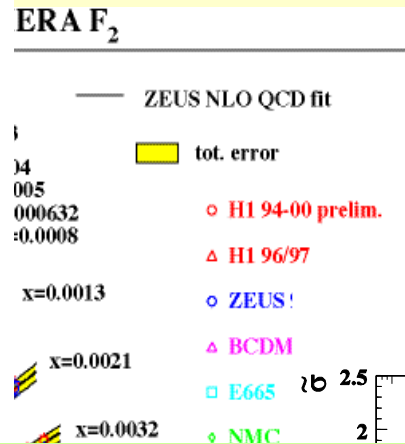
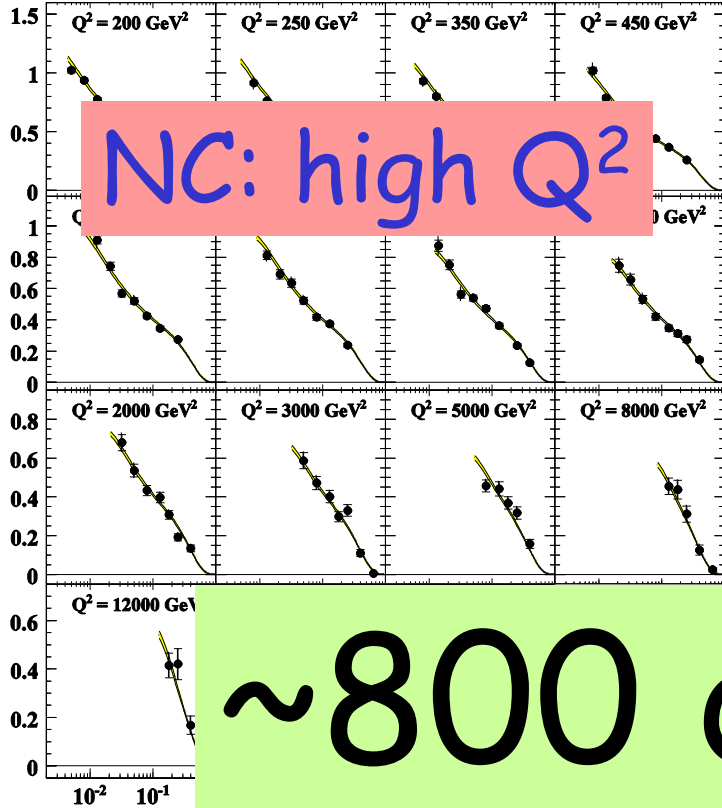
- 一つの実験: 系統誤差を統一的に扱える。
- 陽子標的: 原子核の束縛効果を考えなくてよい
- High Q^2 : 摂動の高次の影響が少ない。

子内パートン分布の決定

Determine PDFs!

QCD + EW physics

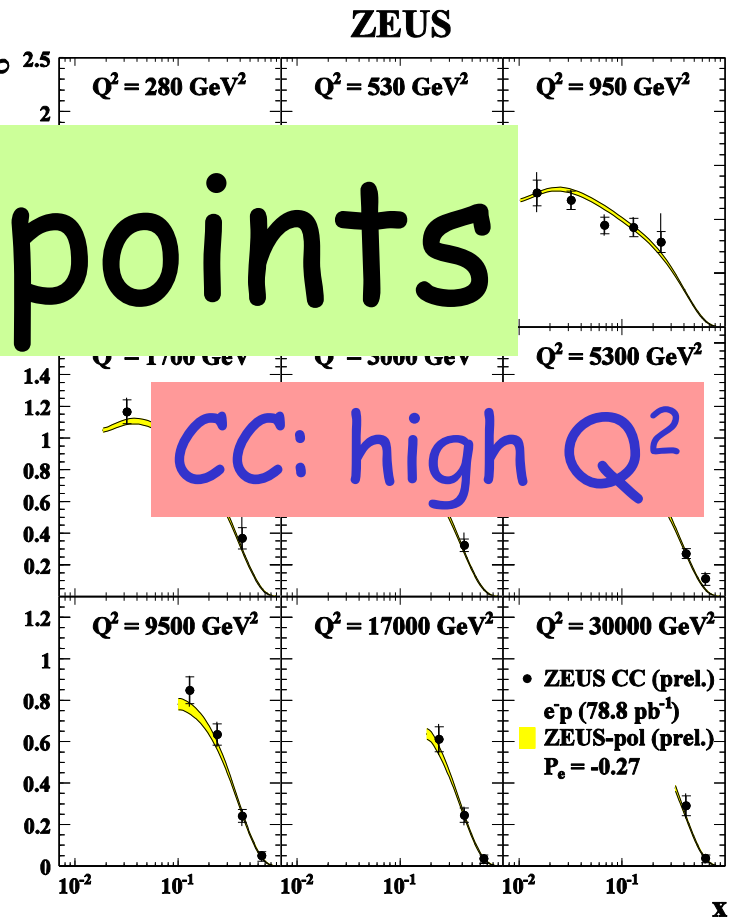
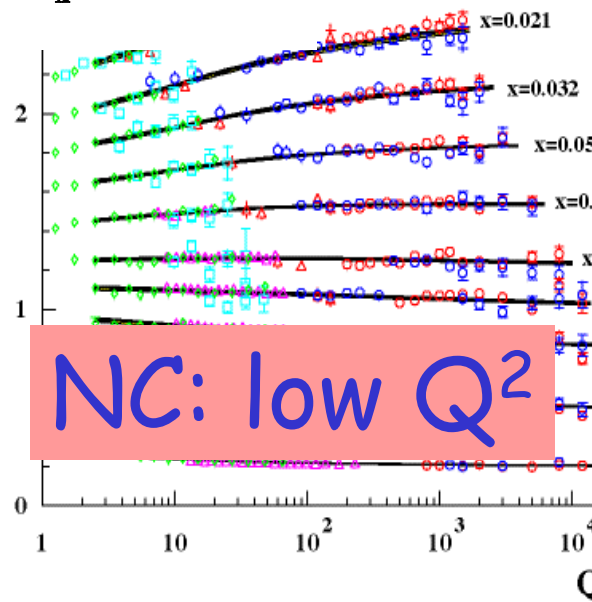
70 exchanges



~800 data points

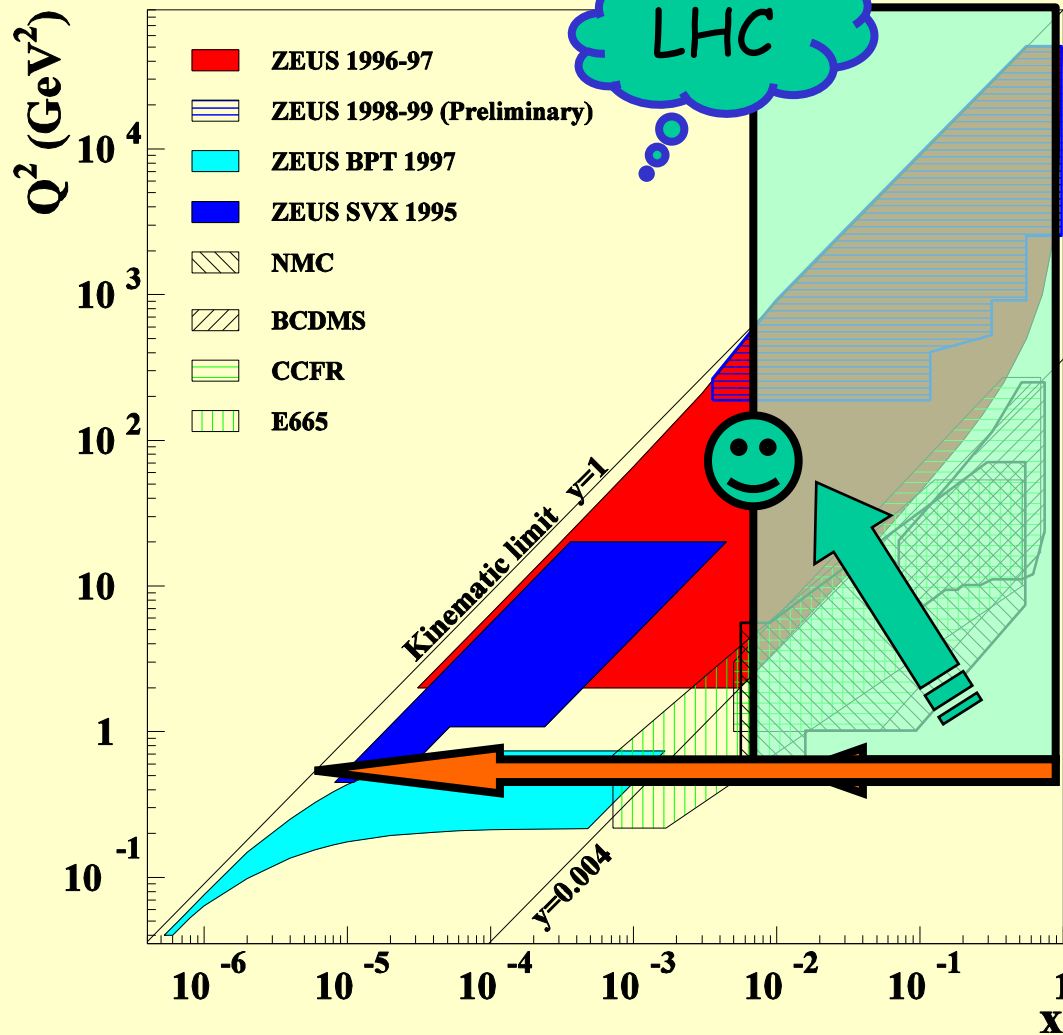
Violation
→ gluon

- 当初は昔の固定
していたが、最
- 一つの実験:
 - 陽子標的:
 - High Q²:



pQCDによるフィット

$$\frac{dF_2}{d \ln Q^2} = \sum_q e_q^2 \frac{\alpha_s(Q^2)}{2\pi} \int_x^1 \frac{dy}{y} [P_{qq}(x/y) \cdot q(y, Q^2) + P_{qg}(x/y) \cdot g(y, Q^2)]$$



☺ の点の F_2 に影響を与えるのはそれより大きな x の F_2 の値。

ある Q^2 で $x_{\min} \sim 1$ の範囲で F_2 が測定できれば DGLAP 方程式でその領域でのすべての Q^2 での F_2 が求まる。

HERA のデータは低い x 領域での振舞いを初めて測定できた。

PDF Parameterization

u-valence (xu_v)	$A_{uv} x^{b_{uv}} (1-x)^{c_{uv}} (1+d_{uv}x)$
d-valence (xd_v)	$A_{dv} x^{b_{dv}} (1-x)^{c_{dv}} (1+d_{dv}x)$
Sea (xS)	$A_S x^{b_S} (1-x)^{c_S}$
gluon (xg)	$A_g x^{b_g} (1-x)^{c_g} (1+d_gx)$
dbar-ubar ($x\Delta$)	$0.27 x^{0.5} (1-x)^{c_\Delta}$

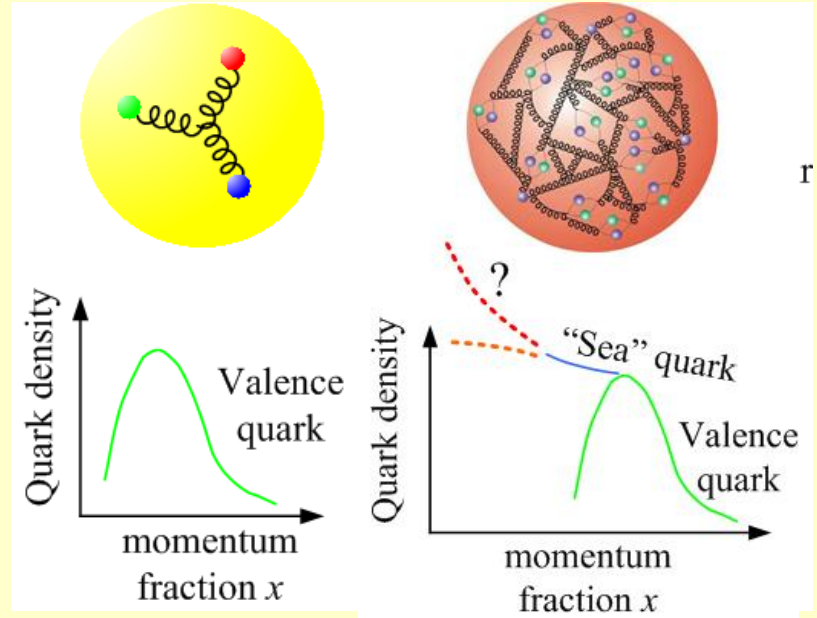
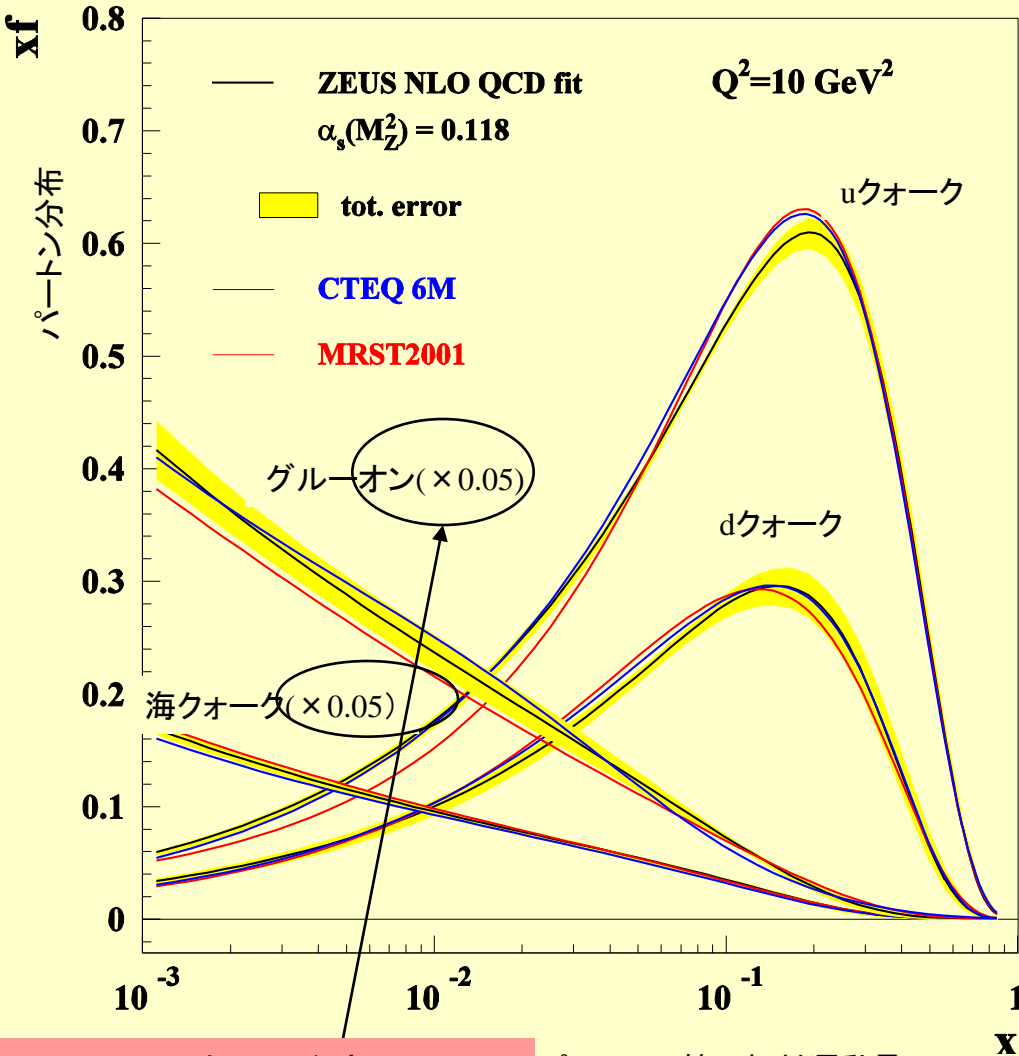
Constraints

- Momentum and number sum rule
- Equal behaviour of u_v and d_v at low x
- Δ : consistent with Gottfried sum rule and Drell Yan

11 free parameters

陽子の構造関数の測定から求めた、 陽子内のパートン(クォーク、グルーオン)分布

ZEUS



陽子内部のクォーク・グルーオンの分布を精密に測定した。
特に運動量の小さいグルーオンの振る舞いを初めて精度よく測定した。
より高エネルギーの実験(LHC)での新粒子探索等に重要な情報となる。

スケールの違いに注意
low-xではグルーオンがほとんど

パートンの持つ相対運動量

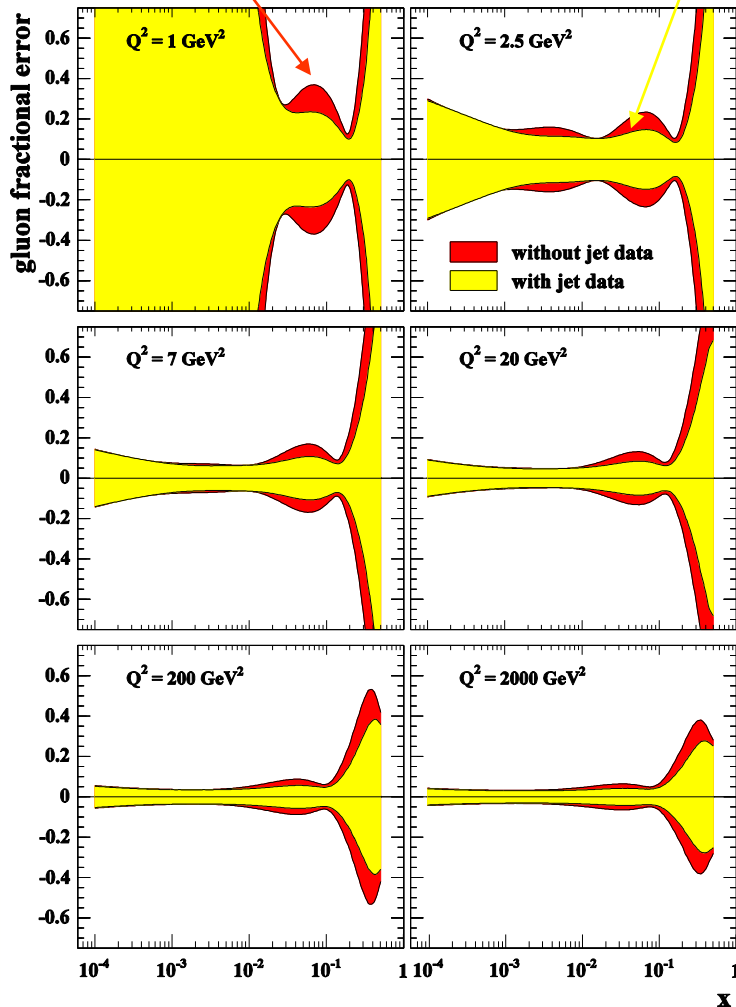
PDFの精度の改善:

ジェット断面積をQCDフィットに加えたり、積算ルミノシティの増加により、高い x 領域のパートン分布の決定精度が(少しずつあがってきている)

without jets

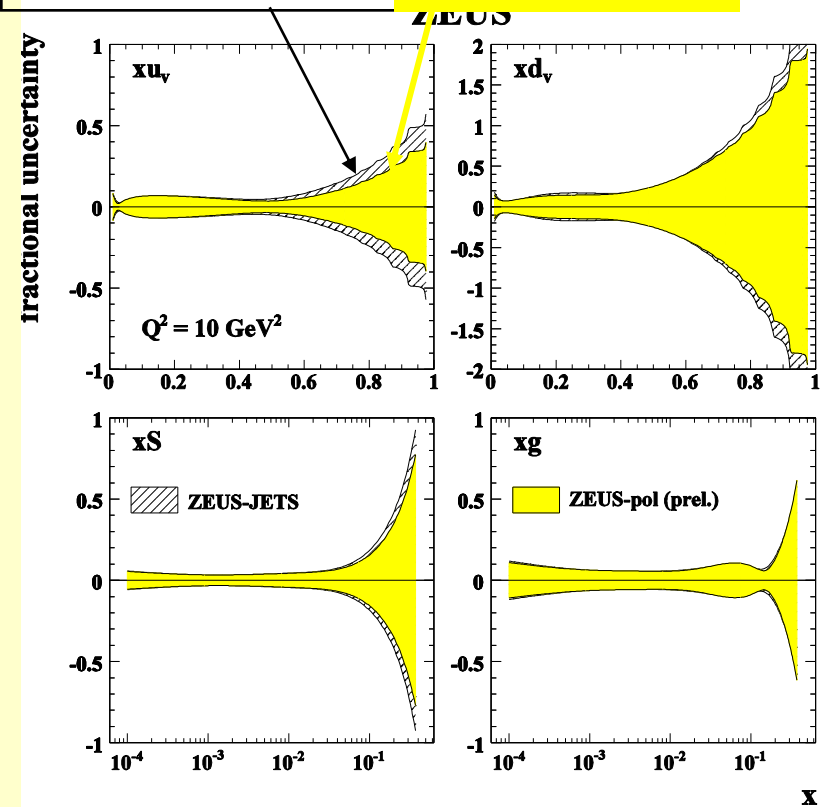
with jets

ZEUS



ZEUS-JETS
(without HERA II)

ZEUS-pol
(with HERA II)



最終結果へ向けて

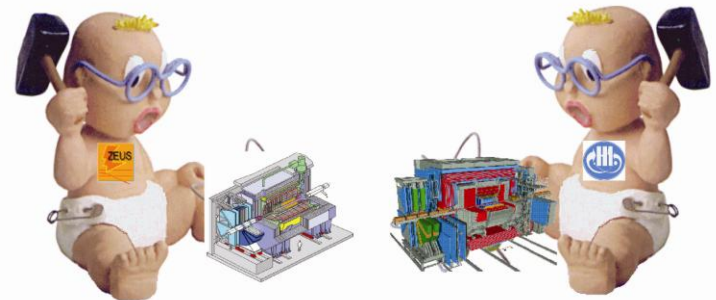
- High Q^2 の NC, CC断面積測定 of 最終版
- 陽子のエネルギーを変えた実験の解析から F_L の測定

• 統計を倍にする試み →

HERA F_2
HERA PDF
BSM探索:

High-Pt lepton
di-lepton
Leptoquark

H1+ZEUS



Total luminosity collected:

H1: **478 pb⁻¹**

294 pb⁻¹ e⁺

184 pb⁻¹ e⁻

Zeus: **492 pb⁻¹**

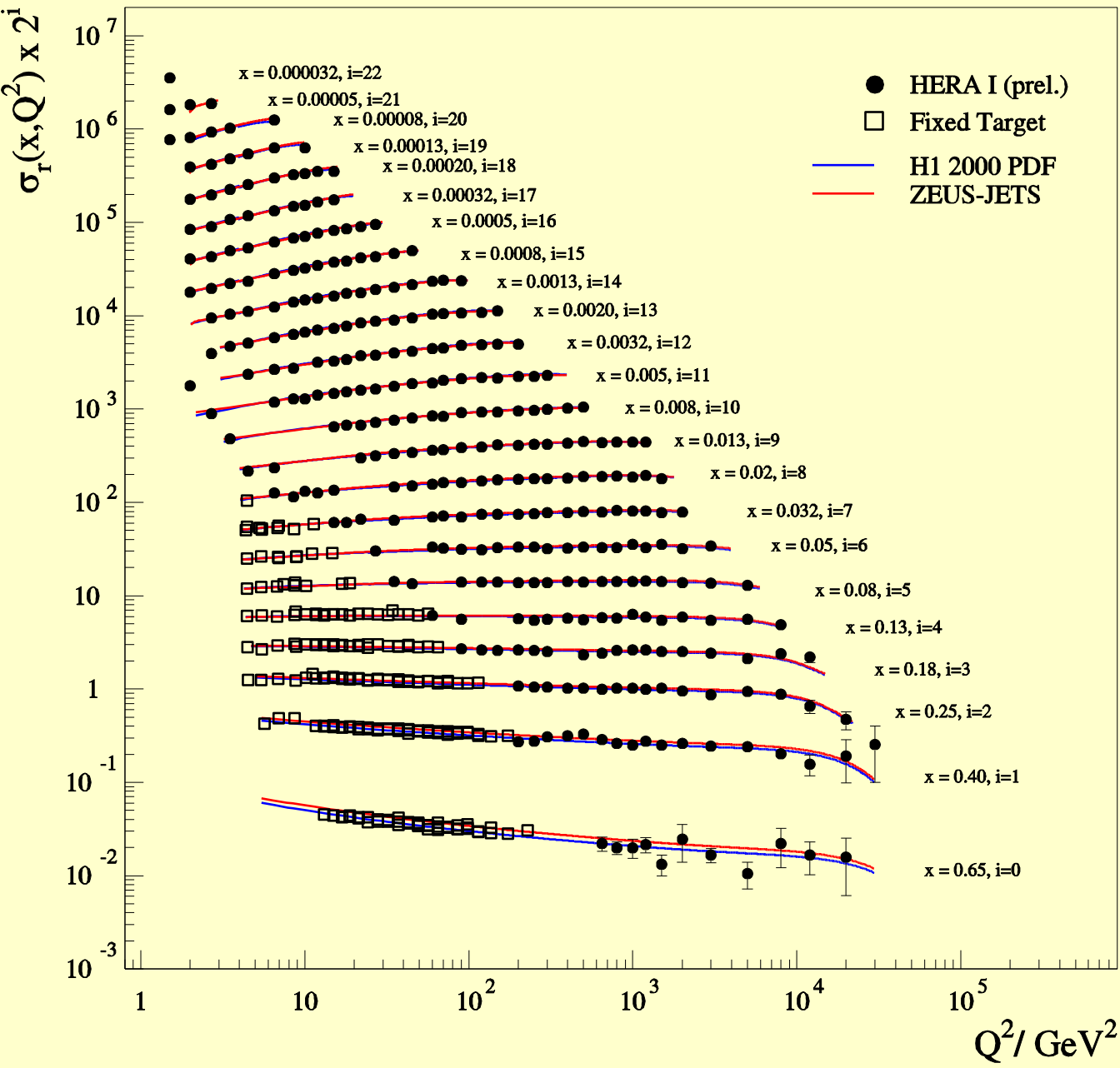
286 pb⁻¹ e⁺

206 pb⁻¹ e⁻

~ 1 fb⁻¹

HERA I e^+p Neutral Current Scattering - H1 and ZEUS

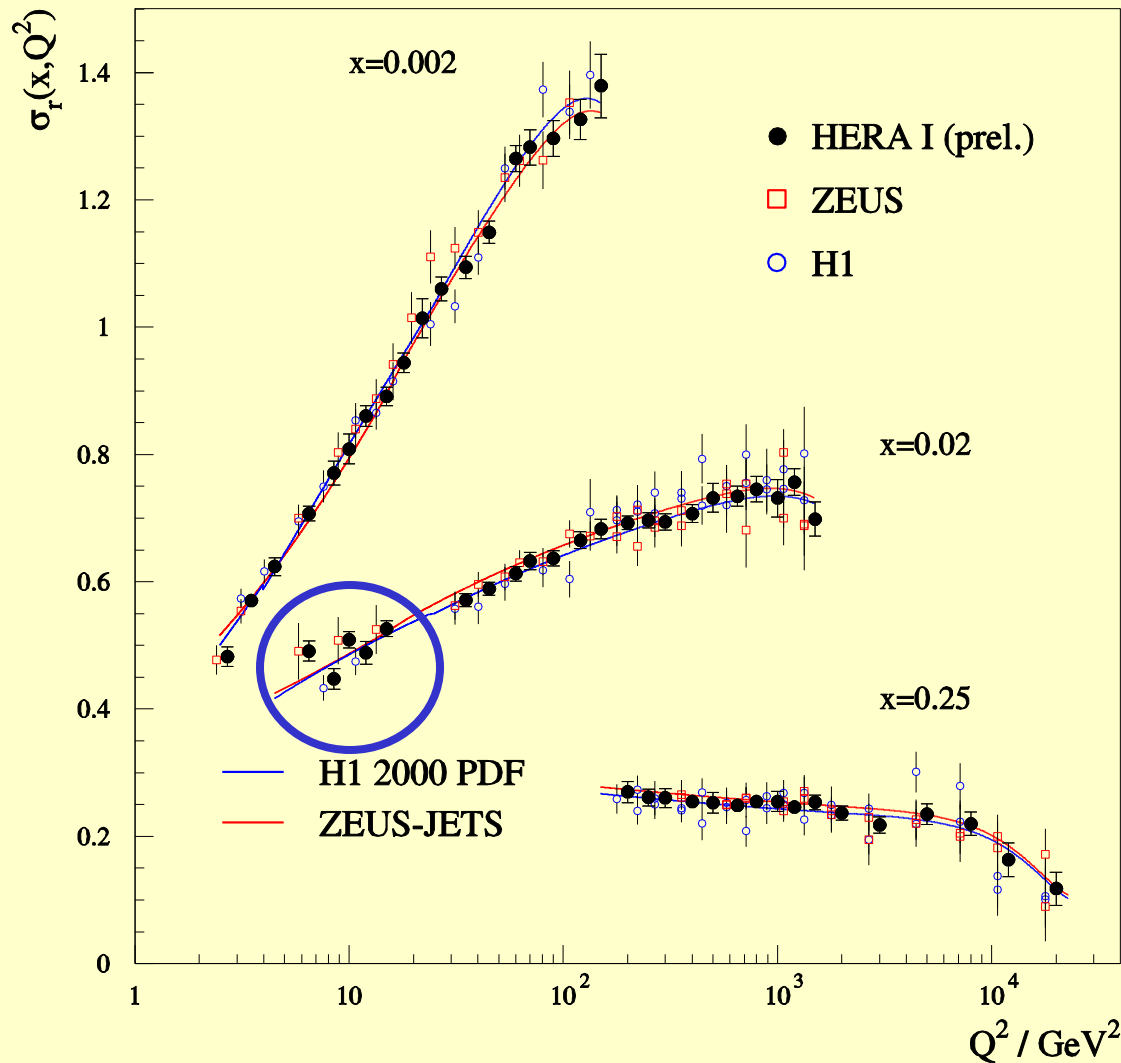
NC e^+p



HERA Structure Functions Working Group

NC e^+p

HERA I e^+p Neutral Current Scattering - H1 and ZEUS

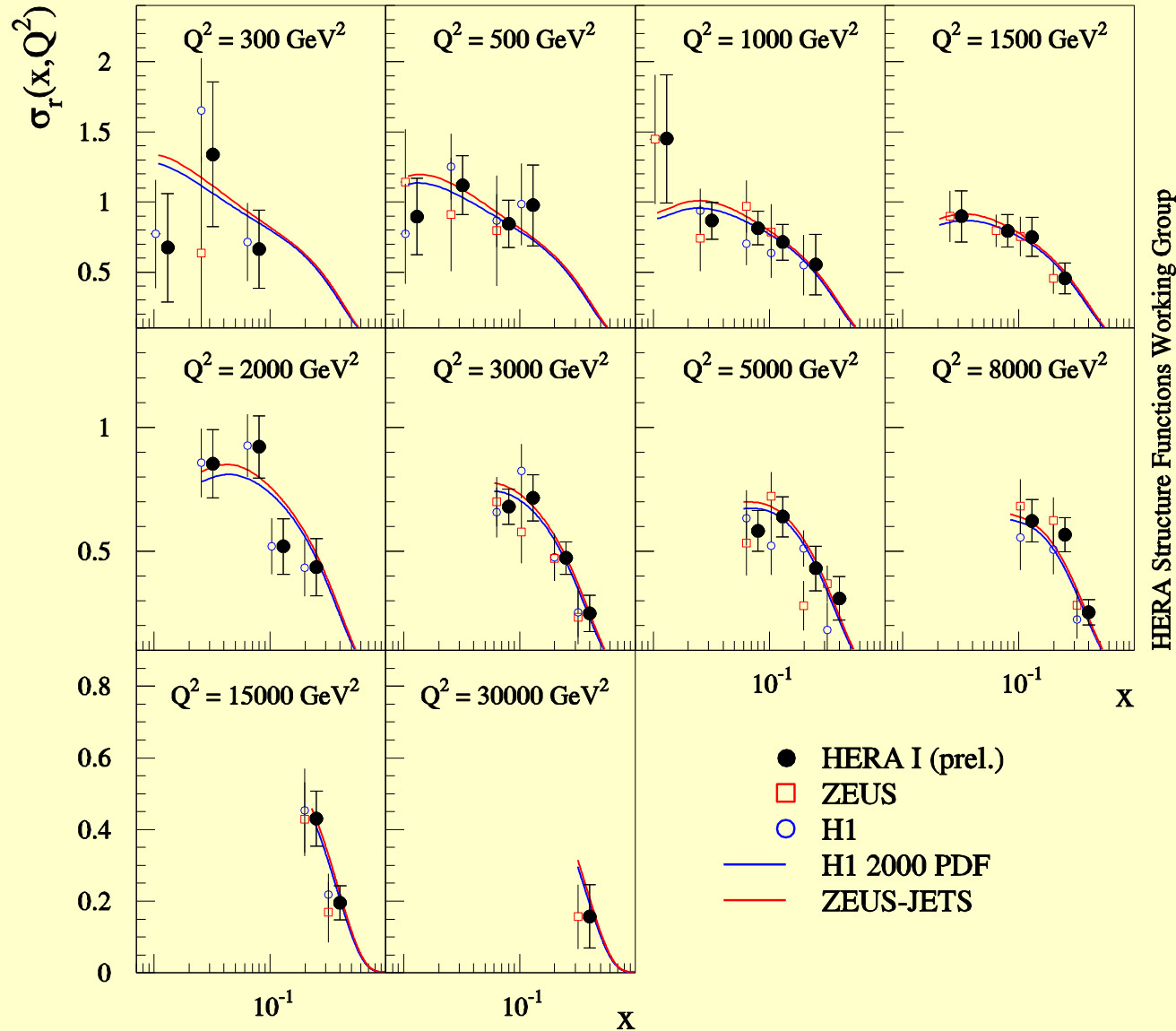


2実験の単なる平均をとるのではなく、
誤差の相関を考えて
値を求めることにより、

系統誤差を下げるこ
とができる。

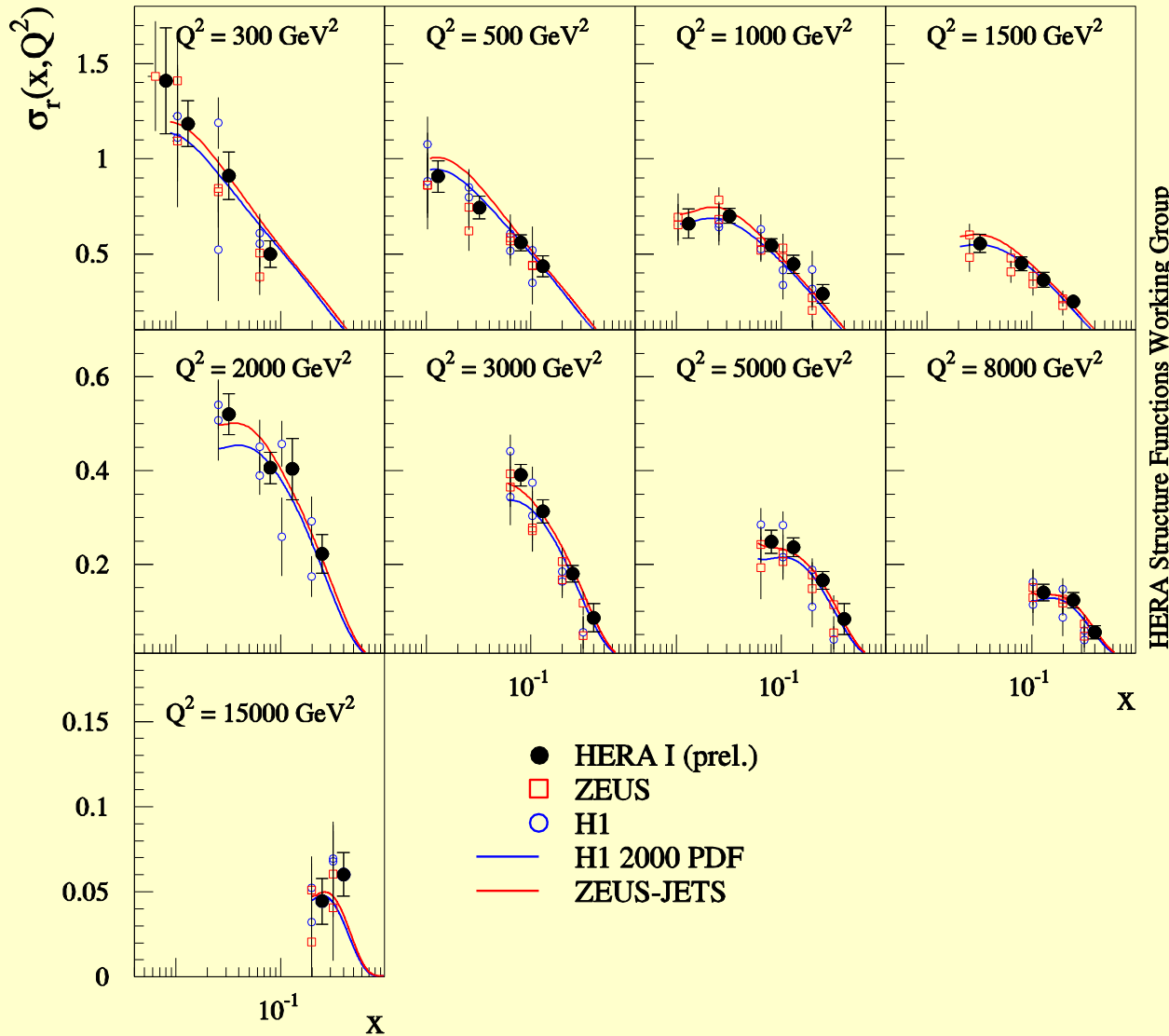
HERA Structure Functions Working Group

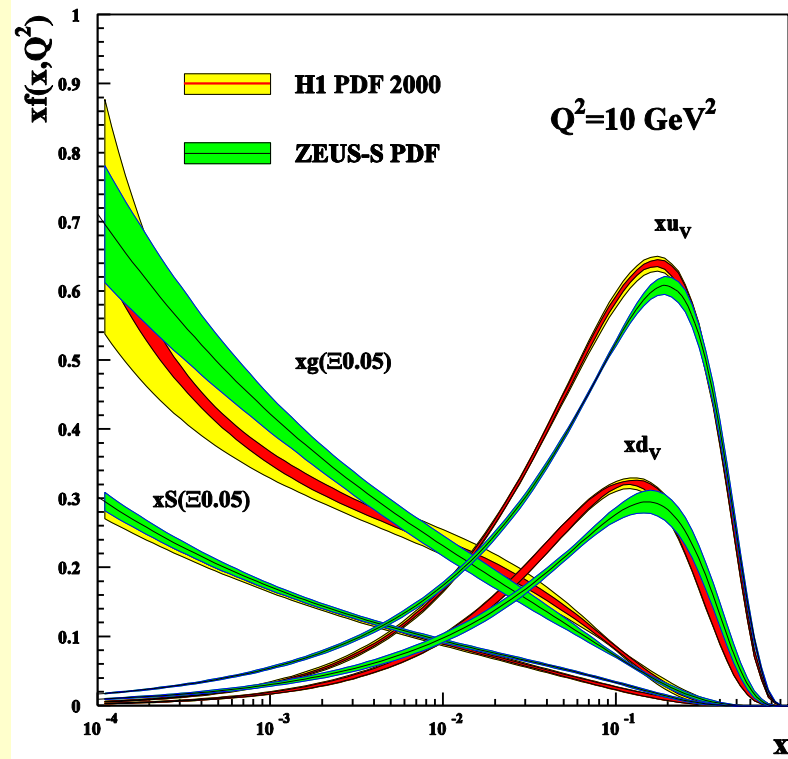
HERA I e⁻p Charged Current Scattering - H1 and ZEUS



HERA I e^+p Charged Current Scattering - H1 and ZEUS

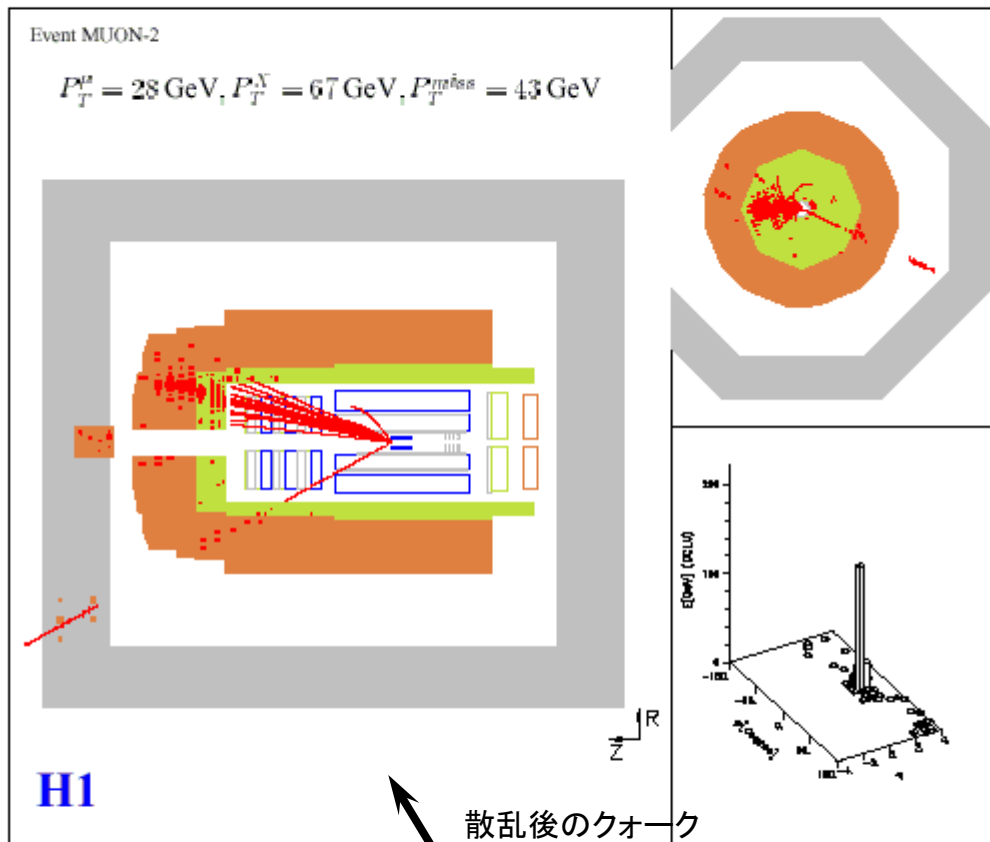
CC e^+p





新現象の探索

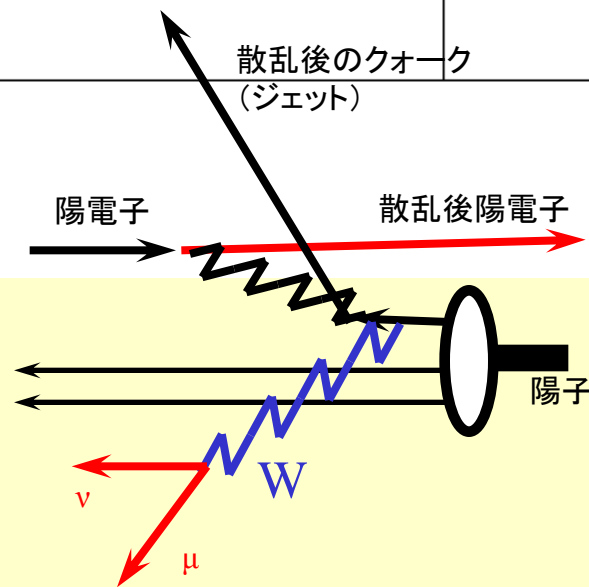
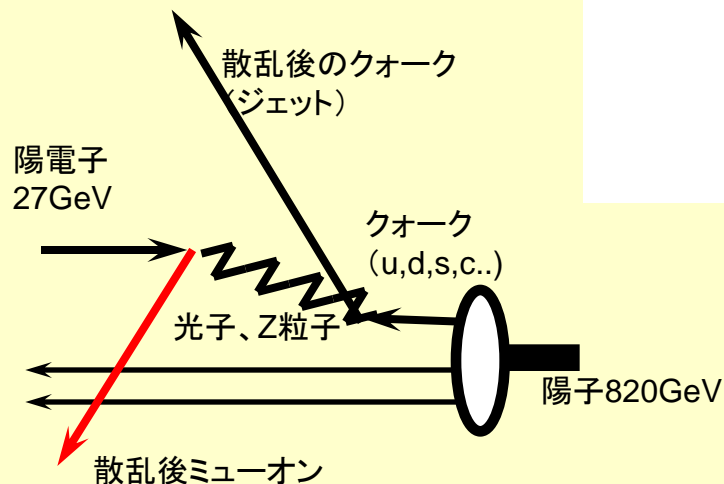
$$e^+p \rightarrow \mu^+X$$



電子がミュオンに変化
 : 標準模型では起こらない

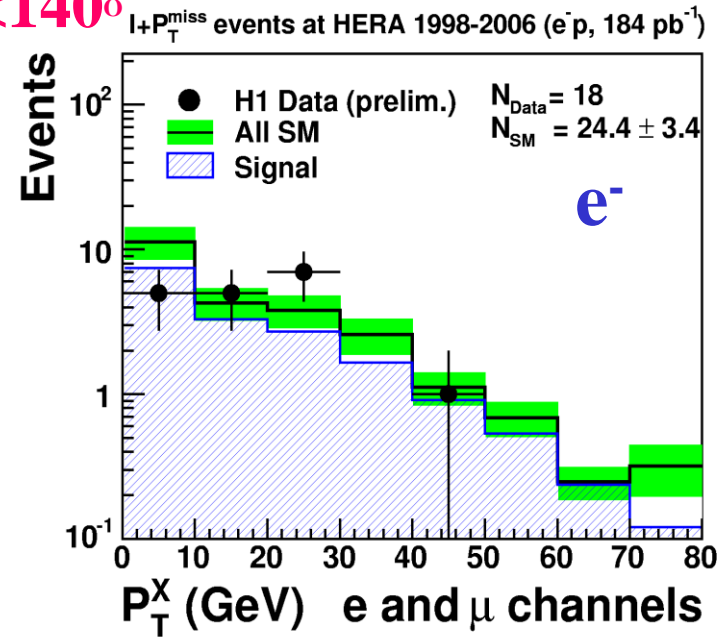
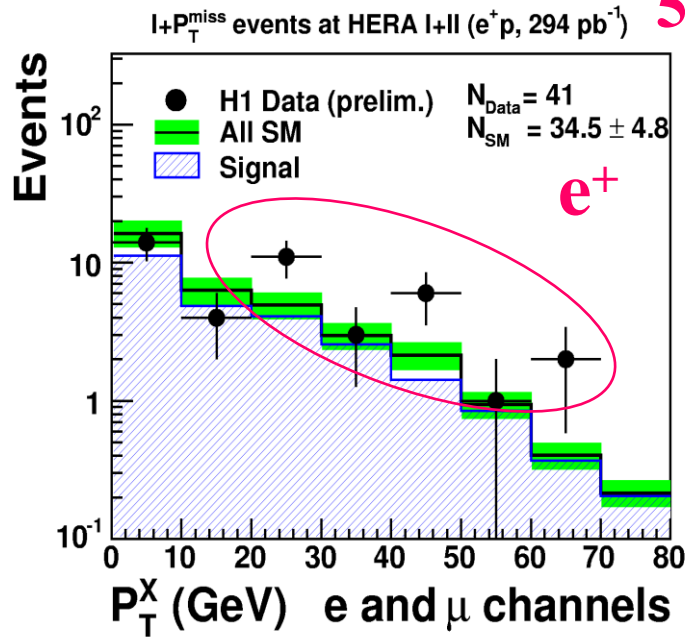
- ニュートリノミキシング
 → 反応断面積が小さい
- 新粒子〔世代間をつなぐ鍵〕
 → ノーベル賞??
- W粒子の生成
 → 一番ありえそう

新粒子探索に大事なものは、あらゆる標準模型からの“ごみ”を考え尽くすこと。



H1 isolated leptons

$5 < \theta_1 < 140^\circ$



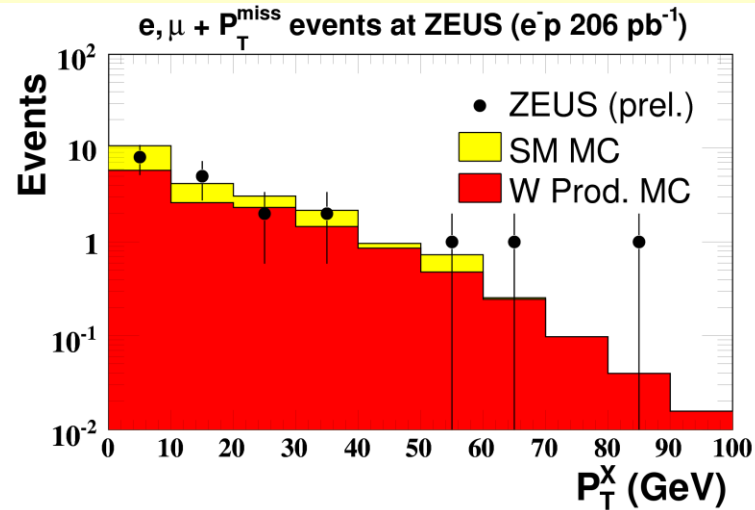
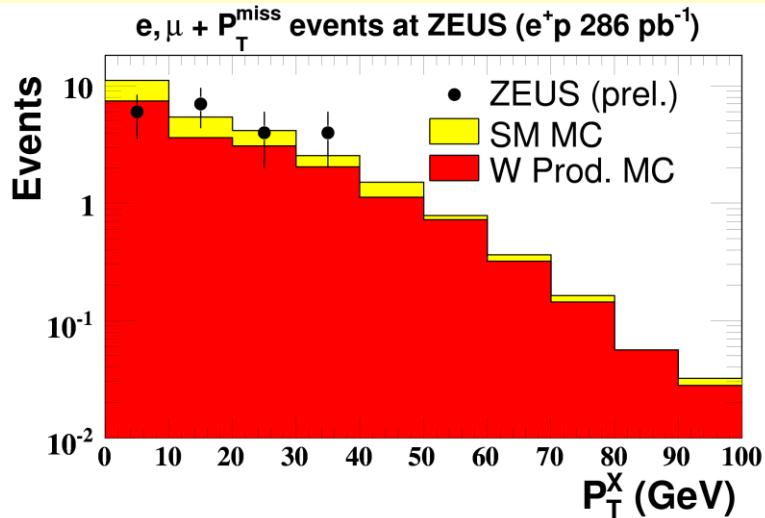
Excess at high p_T^X

Agreement with SM

H1 HERA I+II $P_T^X > 25$ GeV	e channel obs. / exp. (signal)	μ channel obs. / exp. (signal)	e and μ channels obs. / exp. (signal)
e^+p data (294 pb^{-1})	11 / 4.7 ± 0.9 (75%)	10 / 4.2 ± 0.7 (85%)	21 / 8.9 ± 1.5 (80%)
e^-p data (184 pb^{-1})	3 / 3.8 ± 0.6 (61%)	0 / 3.1 ± 0.5 (74%)	3 / 6.9 ± 1.0 (67%)

ZEUS isolated leptons

$$15^\circ < \theta_1 < 120^\circ$$

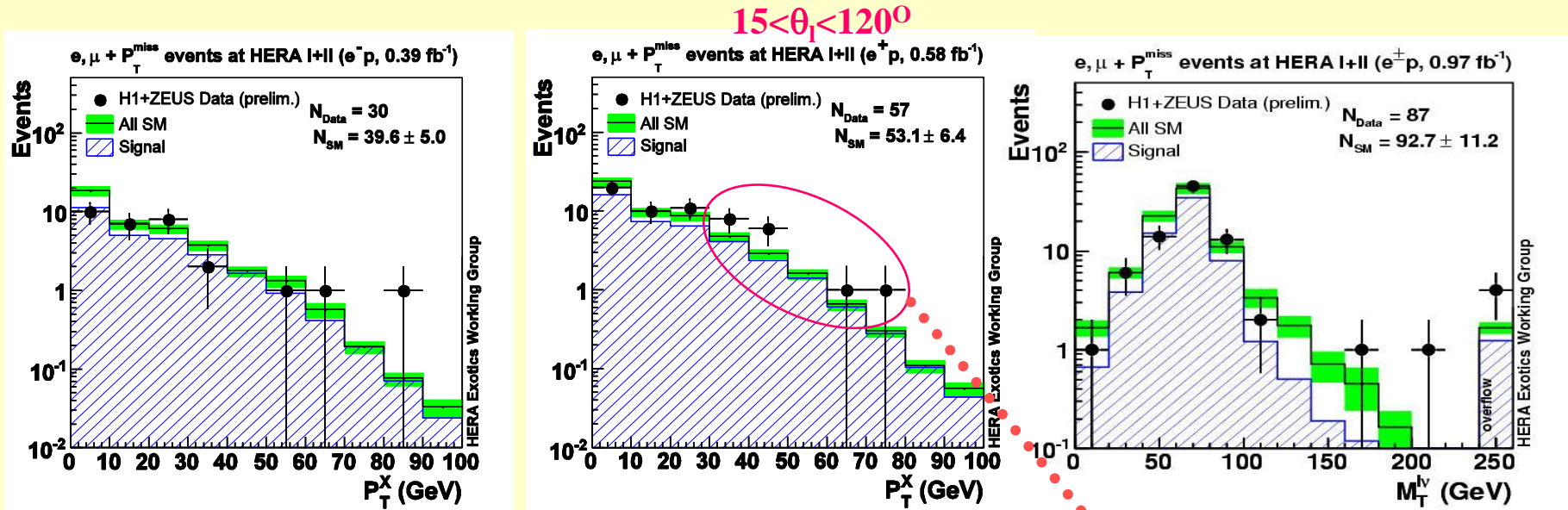


41 events observed in 492 pb^{-1} of data

HERA I+II P _{Tx} >25GeV	e channel Obs/exp(signal)	μ channel Obs/expt.(signal)
e^+ data	$3/3.9 \pm 0.5(81\%)$	$3/3.6 \pm 0.5(81\%)$
e^- data	$3/3.2 \pm 0.6(69\%)$	$2/2.4 \pm 0.4(85\%)$

Good agreement between data and Standard Model for both data sets
 No Excess seen at high P_T^X as seen by H1

H1 and ZEUS combined



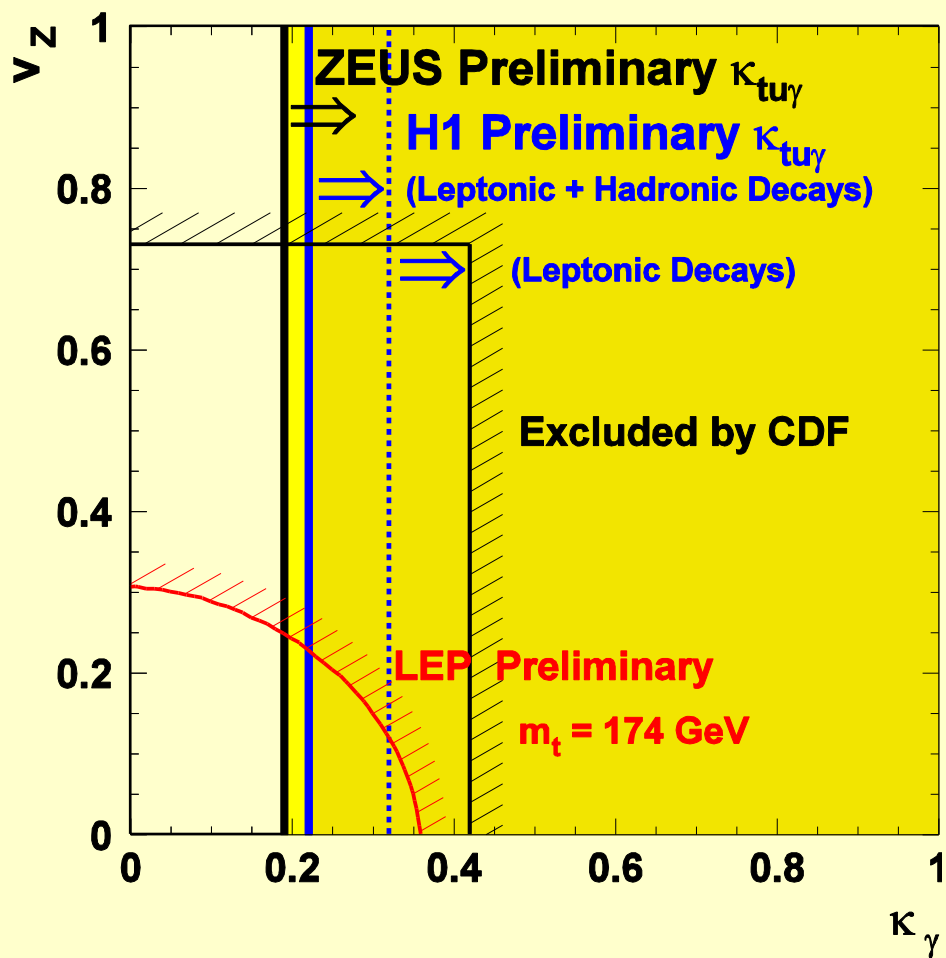
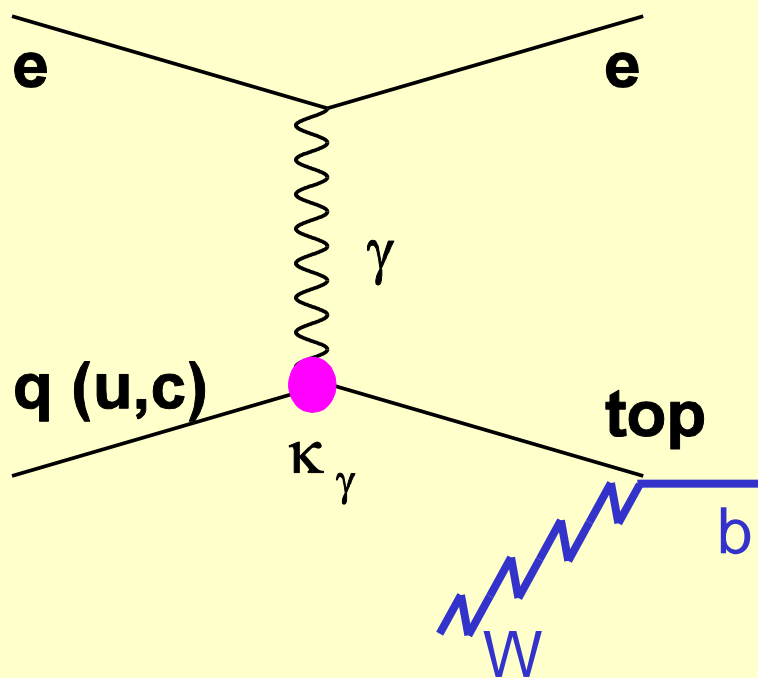
87/92.7 \pm 11.2 events observed in 0.97 fb^{-1}

H1+ZEUS HERA I+II $P_T^X > 25 \text{ GeV}$	e channel obs. / exp. (signal)	μ channel obs. / exp. (signal)	e and μ channels obs. / exp. (signal)
$e^+ p$ data (0.58 fb^{-1})	12 / 7.4 ± 1.0 (70%)	11 / 7.2 ± 1.0 (85%)	23 / 14.6 ± 1.9 (81%)
$e^- p$ data (0.39 fb^{-1})	4 / 6.0 ± 0.8 (67%)	2 / 4.8 ± 0.7 (87%)	6 / 10.6 ± 1.4 (76%)
$e^+ + e^-$ data (0.97 fb^{-1})	4 / 6.0 ± 0.8 (67%)	2 / 4.8 ± 0.7 (87%)	29 / 25.3 ± 3.2 (79%)

Excess in e^+ data has significance of 1.8σ based on data of both experiments (2.9σ H1 data only)

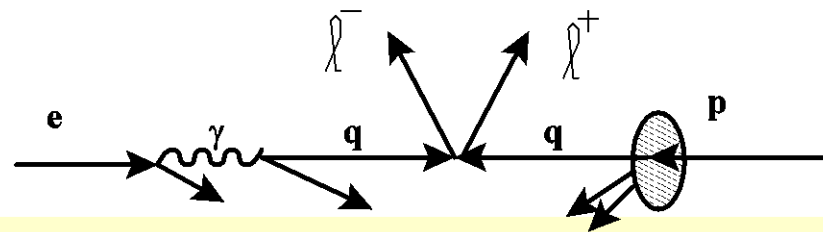
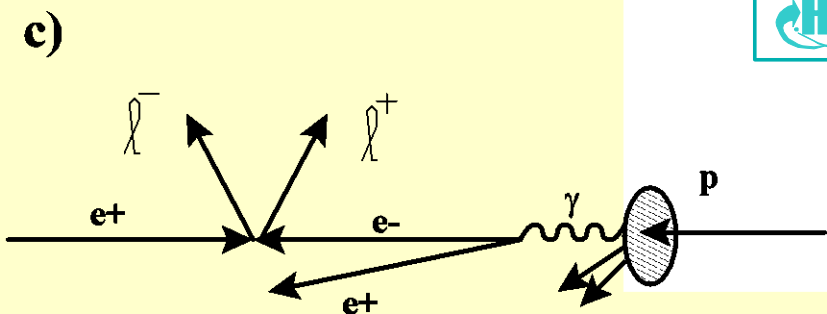
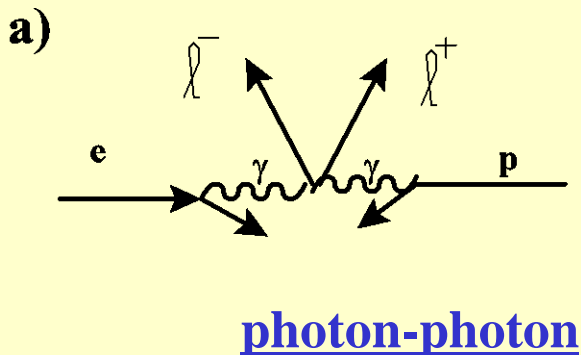
トップクォークの崩壊からのWなら高いPTを持つ

HERAではsingle top production \rightarrow FCNC

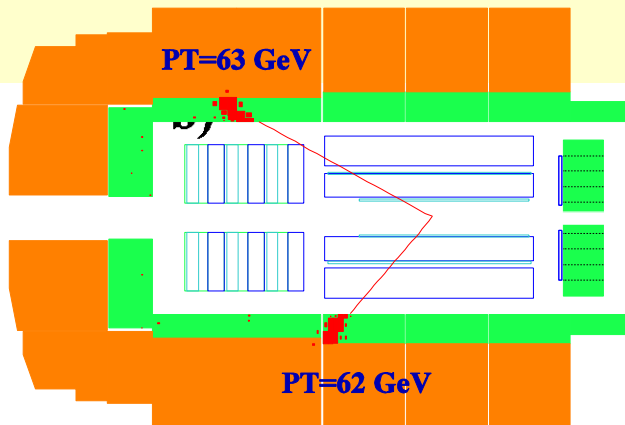


Multi-lepton Event

HERA-IでH1がハイマス、マルチエレクトロン事象が多いとコンファレンスで報告

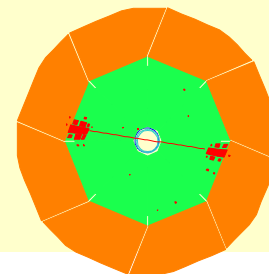
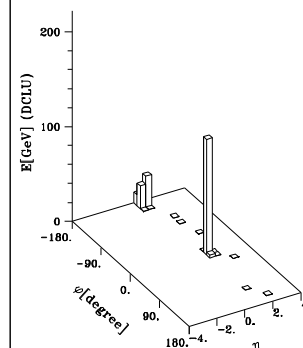


Multi-electron Event $M(12)=130$ GeV



preliminary d)

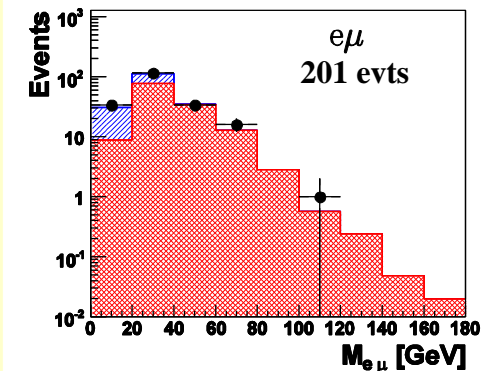
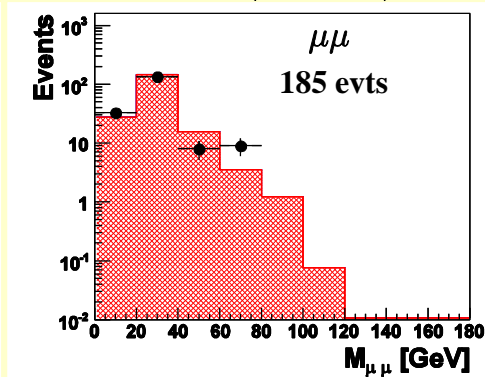
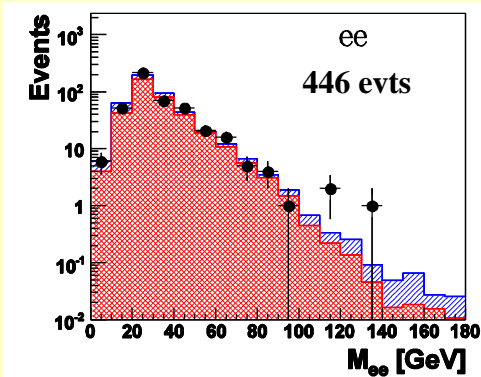
Z
R



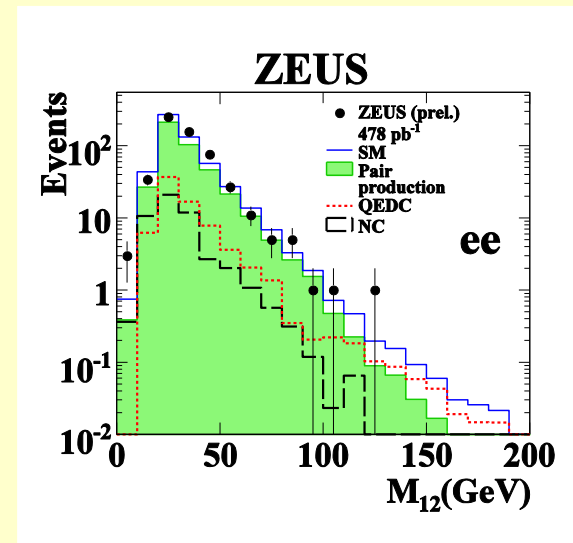
散乱電子と生成した電子ペアで3つの電子が終状態に存在。
ただし、散乱電子はビームパイプに抜けることが多い

2 lepton results

H1 Multi-lepton analysis HERA I+II (459 pb^{-1})



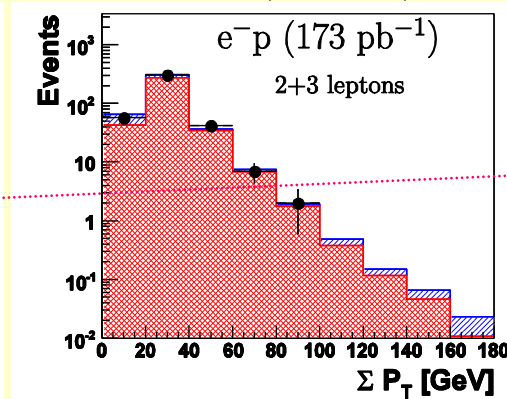
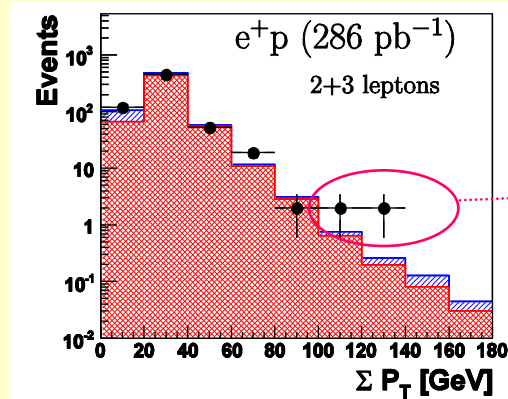
● H1 Data (prelim.)
▨ DIS+Compton
▨ Pair Production



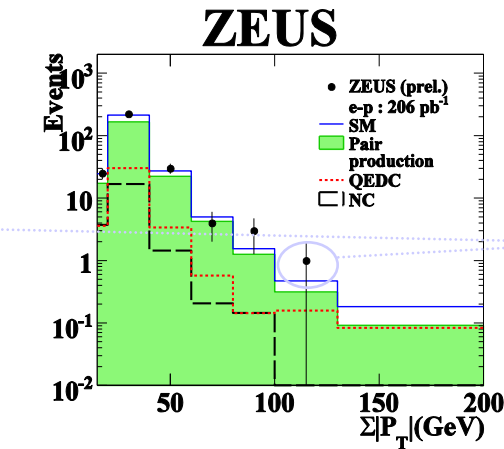
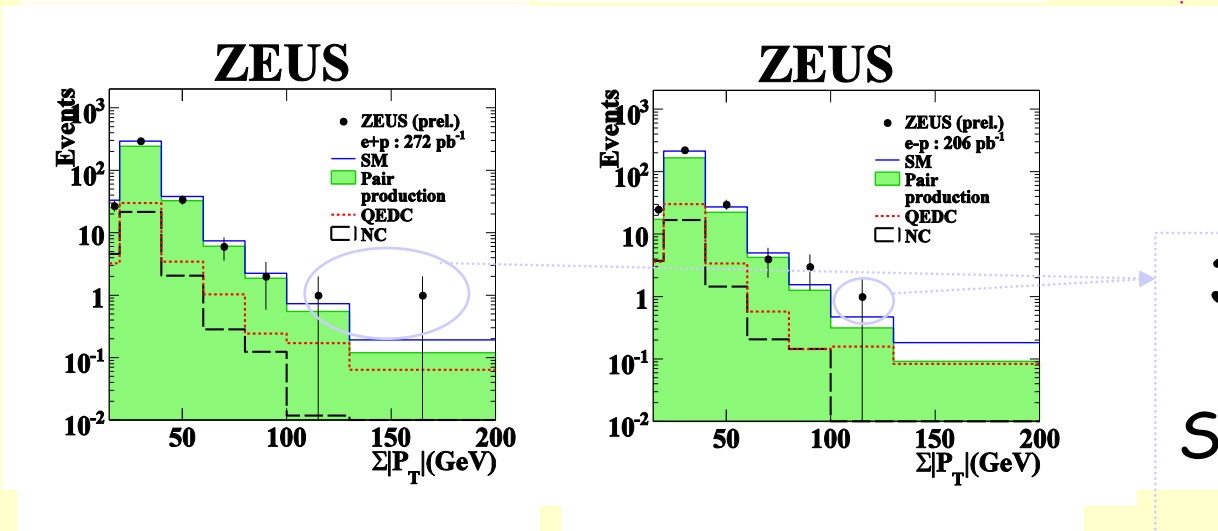
Overall good agreement with SM
H1: 3 ee events observed at $M > 100 \text{ GeV}$
(all heral1 e^+p data)
ZEUS: 2 ee event observed at $M > 100 \text{ GeV}$

Results on 2+3 leptons

H1 Multi-lepton analysis HERA I+II (459 pb⁻¹)



4 events with high SP_T
 3 ee events with $M > 100$ GeV
 1 e $\mu\mu$ event with $M_{12} > 100$ GeV
SM expectation
 1.9 ± 0.4

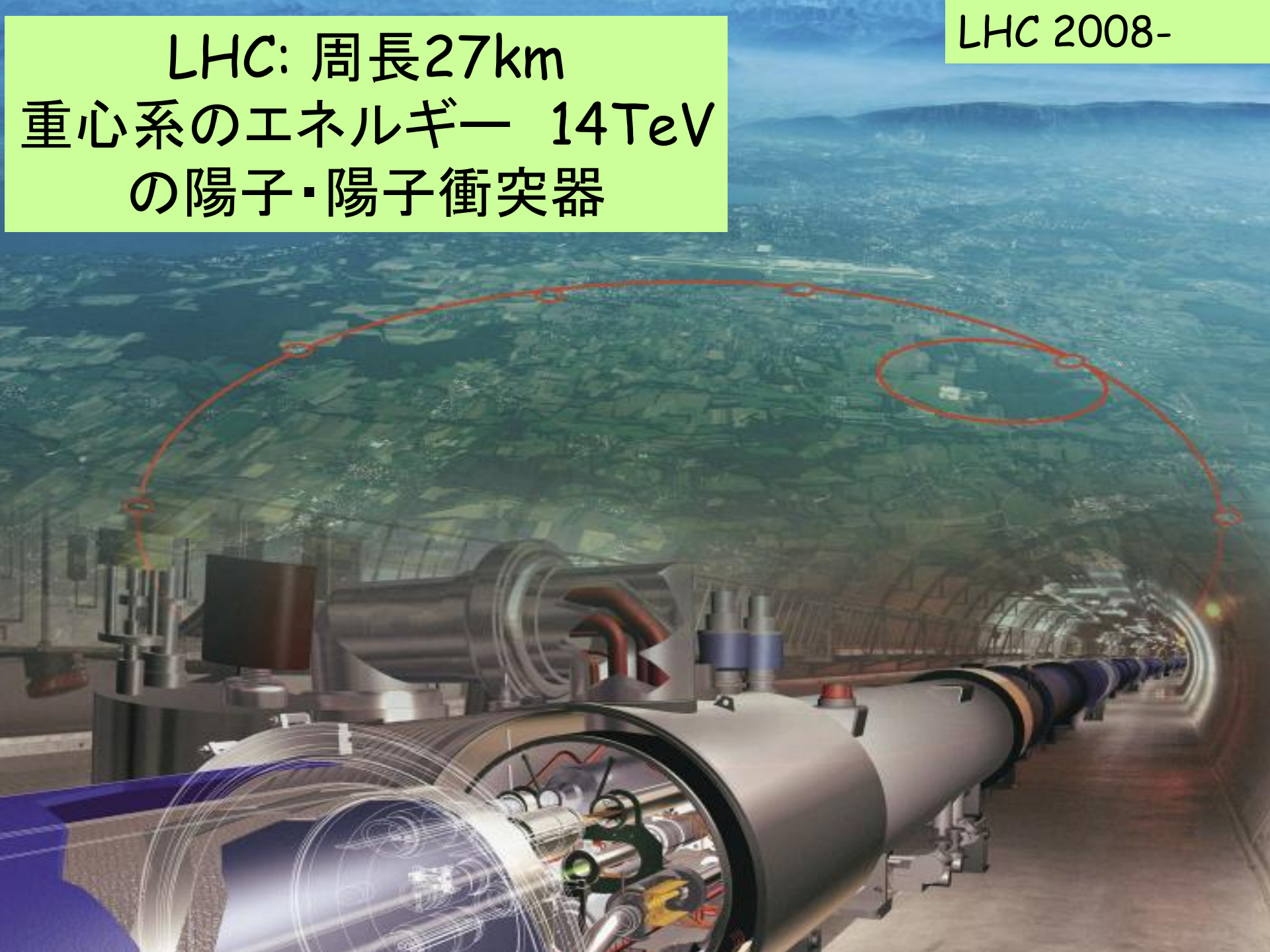


3 events with high SP_T
SM expectation
 $1.58^{+0.16}_{-0.12}$

LHC 2008-

LHC: 周長27km

重心系のエネルギー 14TeV
の陽子・陽子衝突器

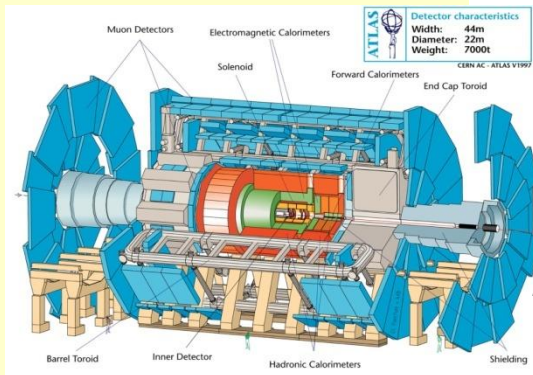


LHC (Large Hadron Collider)

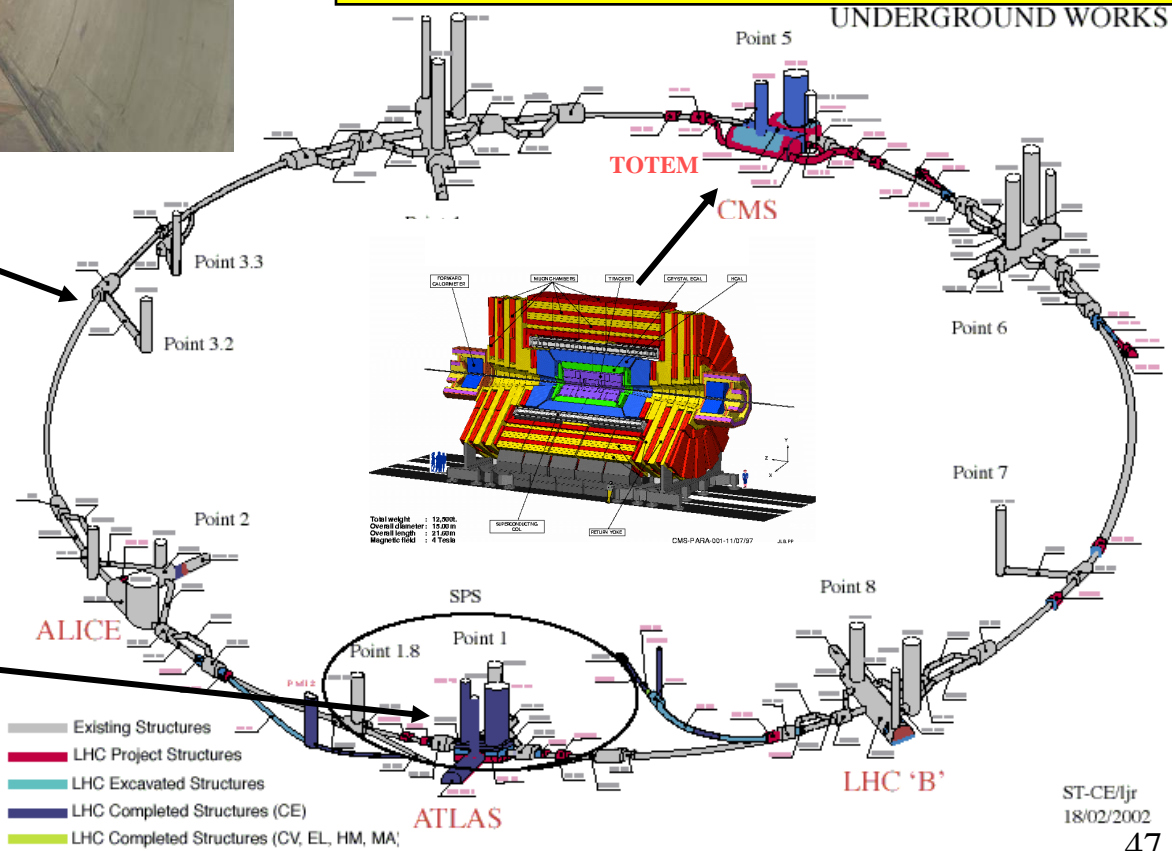


Circumference : 27km
 1232 superconducting dipoles
 with magnetic field $B=8.3\text{ T}$

pp collider $\sqrt{s}=14\text{ TeV}$
 Design $L=10^{34}\text{ cm}^{-2}\text{ s}^{-1}$ ($100\text{ fb}^{-1}/\text{year}$)
 10^{33} for the early stage



ATLAS
 Detector characteristics
 Width: 44m
 Diameter: 22m
 Weight: 7000t
 CERN AC - ATLAS V1997

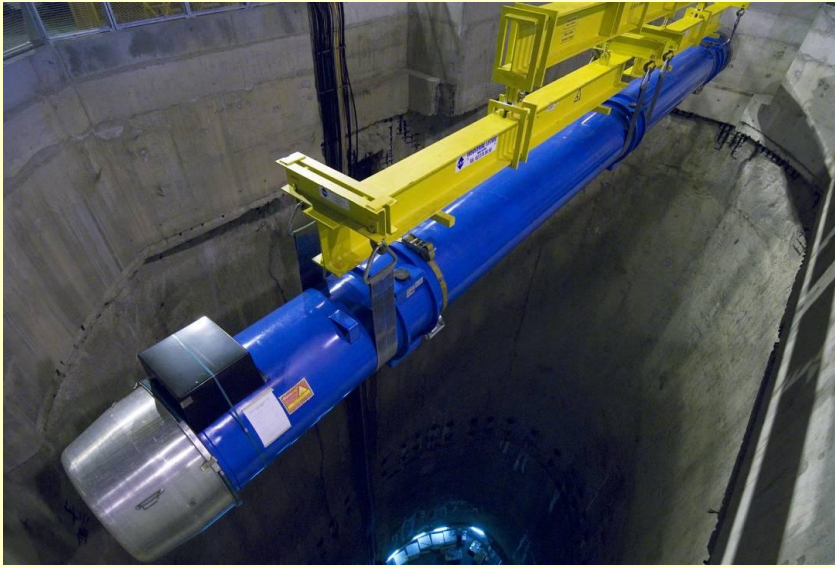


ST-CE/ljr
 18/02/2002

1/11/2007

Two General purpose Detectors: ATLAS and CSM

Descent of the last magnet, 26 April 2007



Last connection sealed by DG on 7 November 2007



“There is no big red button, and there are inevitably hurdles to be overcome as we bring the LHC into operation,” said Aymar, “Every part of the system has to be brought on stream carefully, with each sub-system and component tested and repaired if necessary.”



“There have been no show-stoppers so far,” added Evans. “For a machine of this complexity, things are going remarkably smoothly and we’re all looking forward to doing physics with the LHC next summer. If for any reason we have to warm up a sector, though,” he cautioned, “we’ll be looking at the end of summer rather than the beginning.”

From CERN Press Release

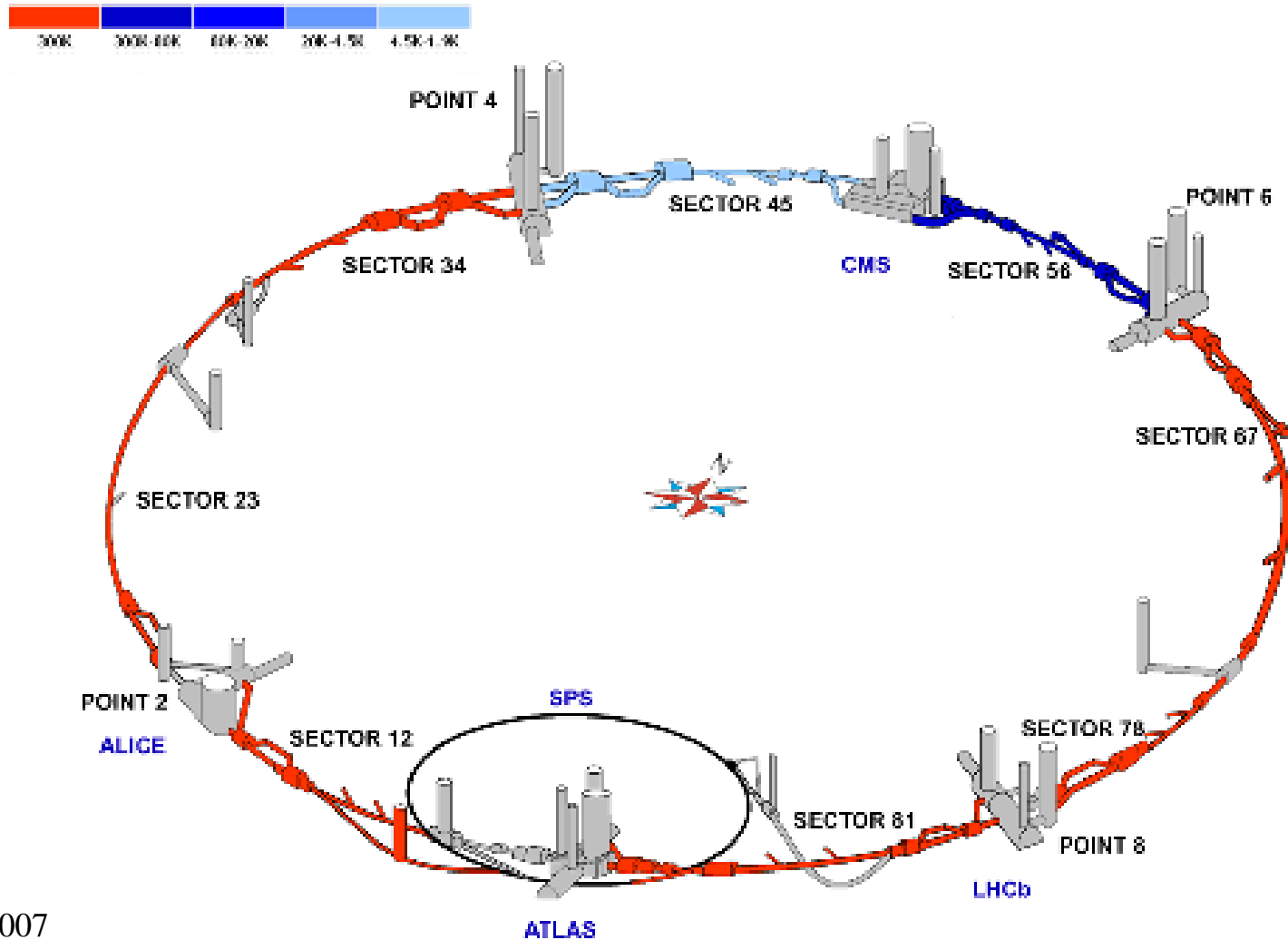
Schedule

- In March 2008, the beam pipes at ATLAS area will be closed.
- Beam commissioning will start in May 2008.
- First collisions (14TeV) in July 2008.
- Official inauguration of the LHC on 21/Oct/2008
- Expected Luminosity

(with large uncertainties)

- $6 \times 10^{30} \sim 10^{32}$ in 2008 → $0 \sim 100 \text{ pb}^{-1}$
- $10^{32} - 10^{33}$ in 2009 → a few fb^{-1}
- 10^{33} till ~2011? LHC low lumi phase
Int. L ~ 30 fb^{-1}
- Then 10^{34} LHC low high phase
Int. L ~ 300 fb^{-1}
- 10^{35} LHC upgrade
(~2015)

Current status



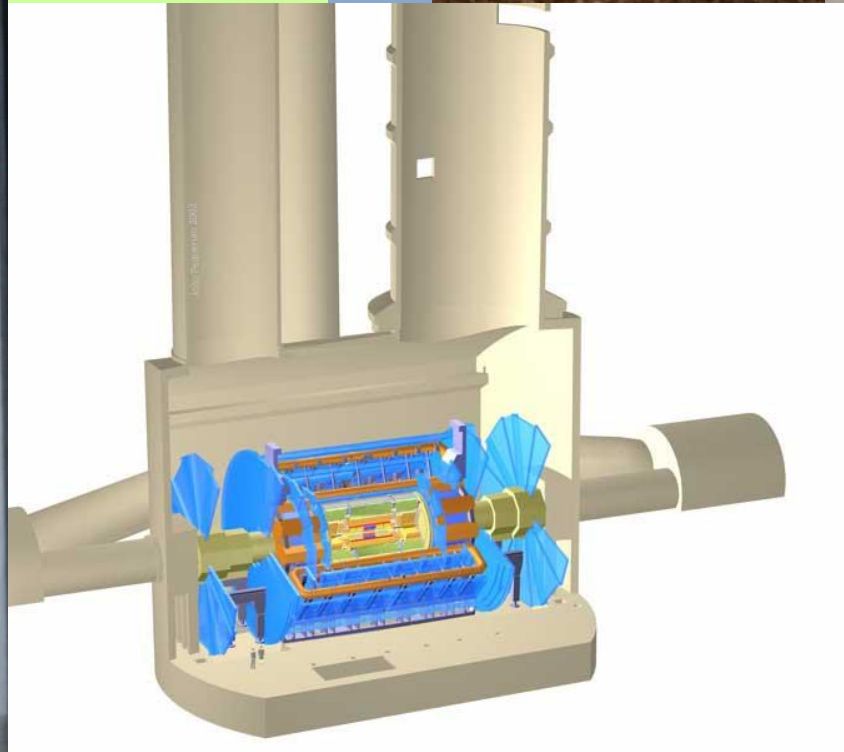
ATLAS測定器

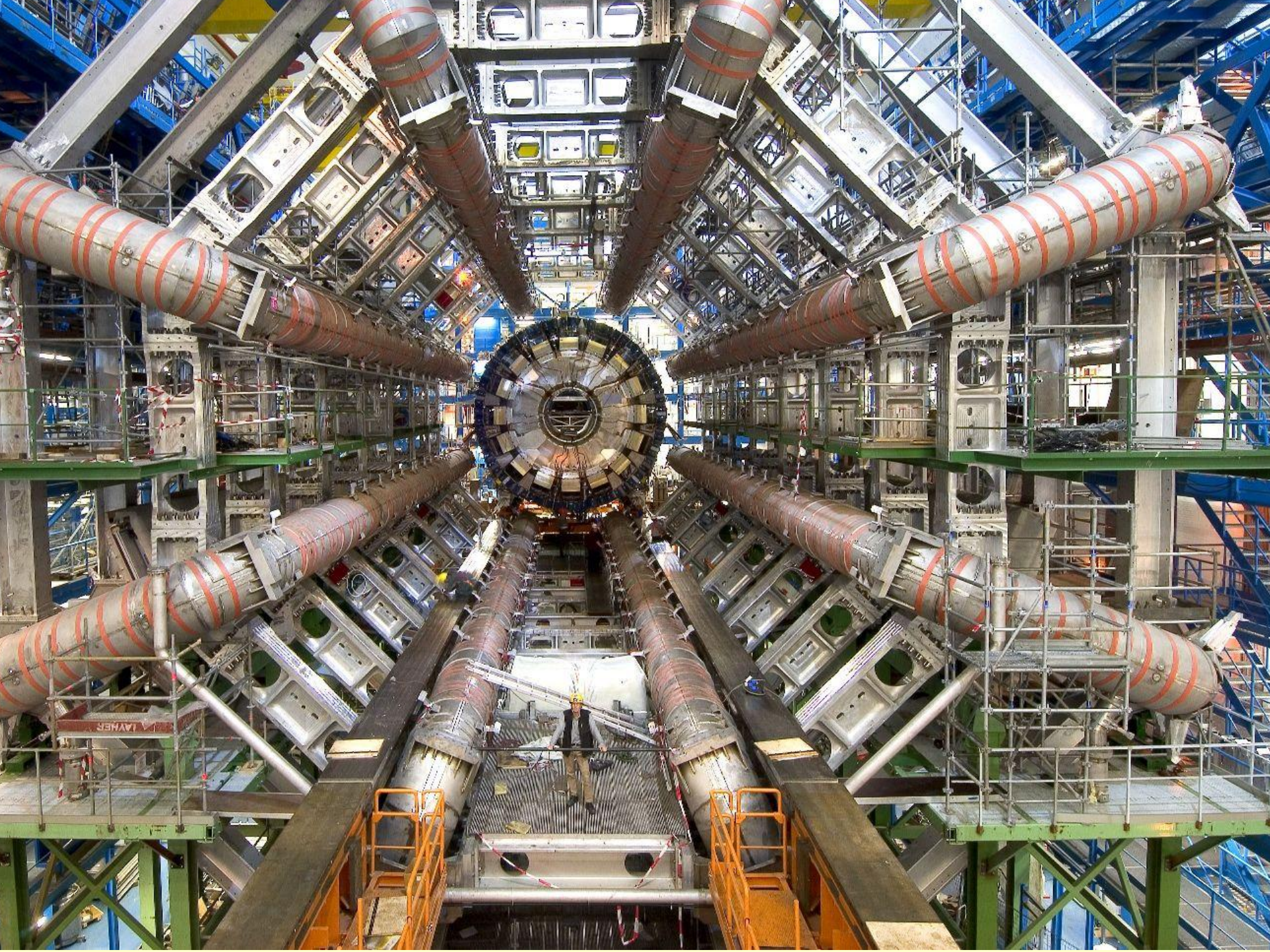
直径: 25m

長さ: 46m

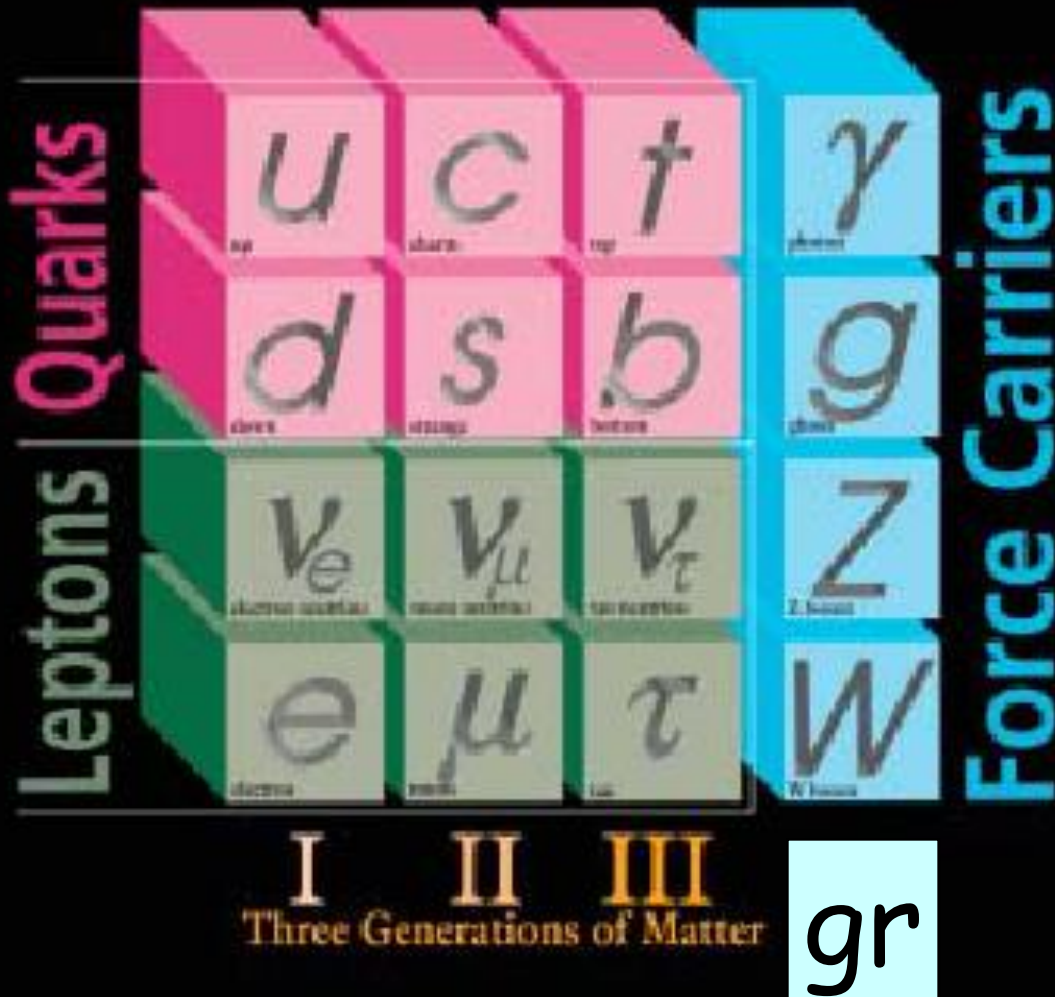
重さ: 7000トン

⇒ 比重 0.31g/cm^3





ELEMENTARY PARTICLES



標準理論

6種類のクォーク

6種類のレプトン

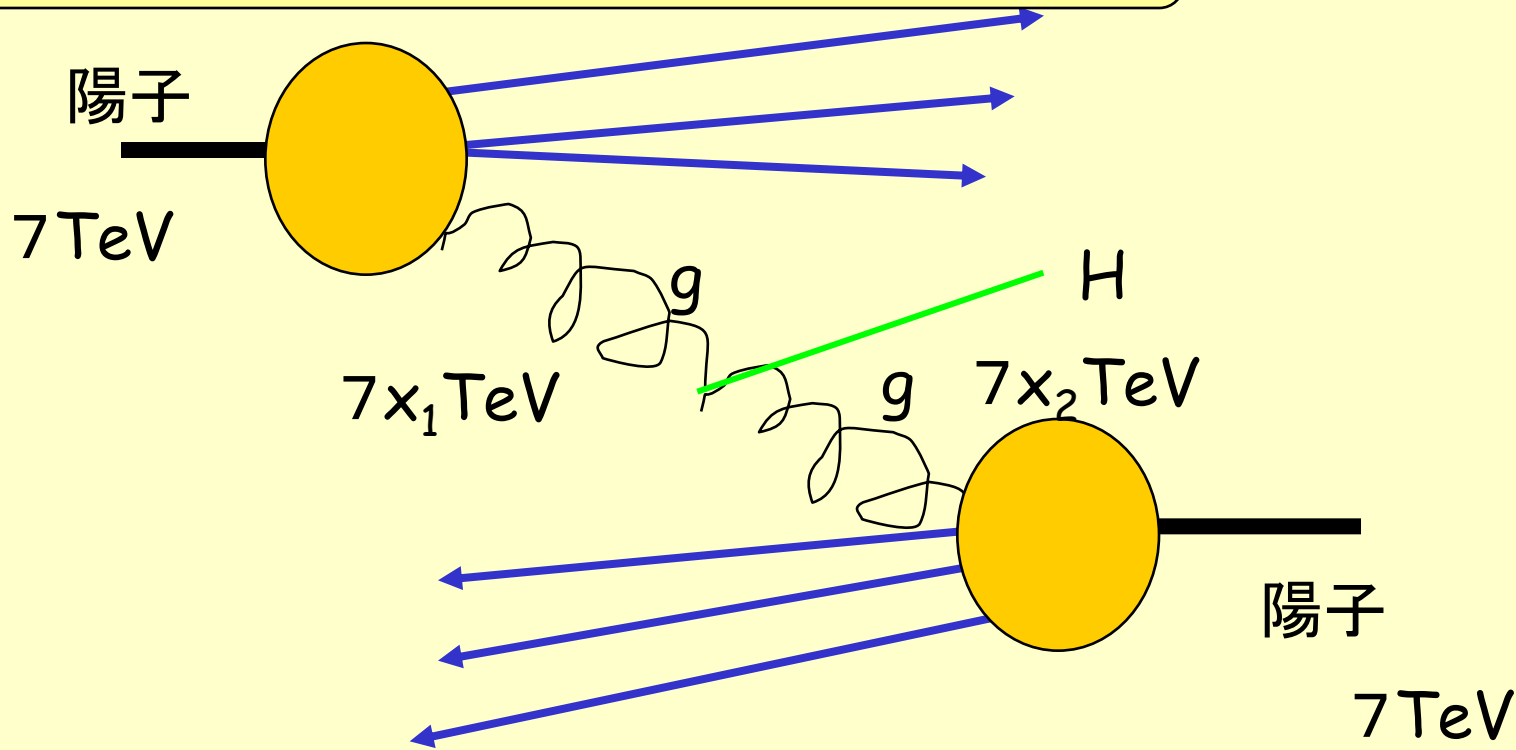
4つのゲージボゾン

(+重力)

大成功を納めているが
最後のHiggs粒子が
見つかっていない

→ LHC, ILC

LHCではパートンとパートンの散乱を見る



$$M_H^2 = 4 (x_1 E_p)(x_2 E_p)$$

Higgs : 140GeVとして、

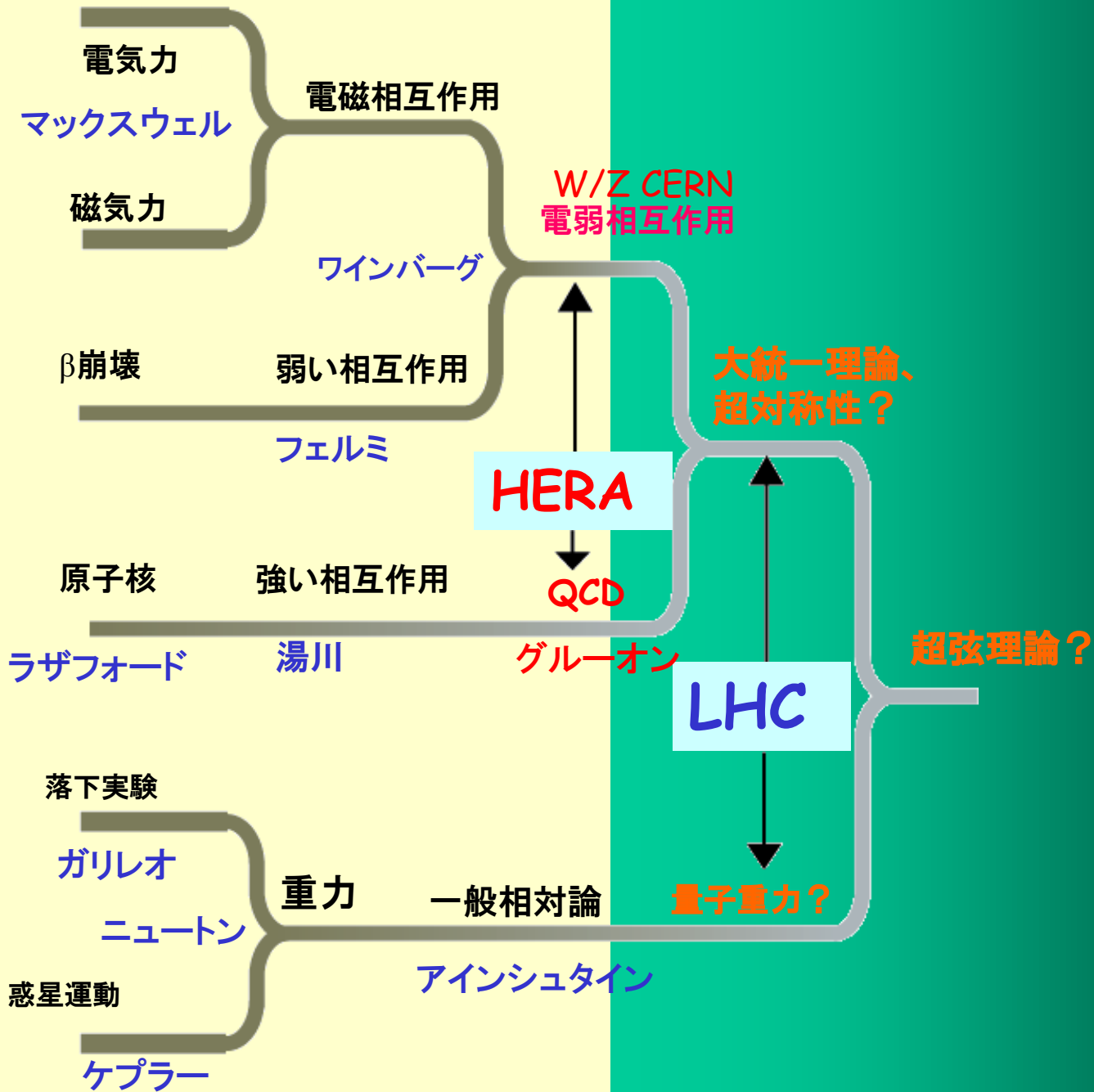
$$\sqrt{x_1 x_2} = 1/100$$

$$x_1 \approx x_2 \approx 0.01$$

Higgsのできる頻度は、陽子の100分の1の運動量を持つグルーオンが陽子の中にどれだけいるかで決まる。

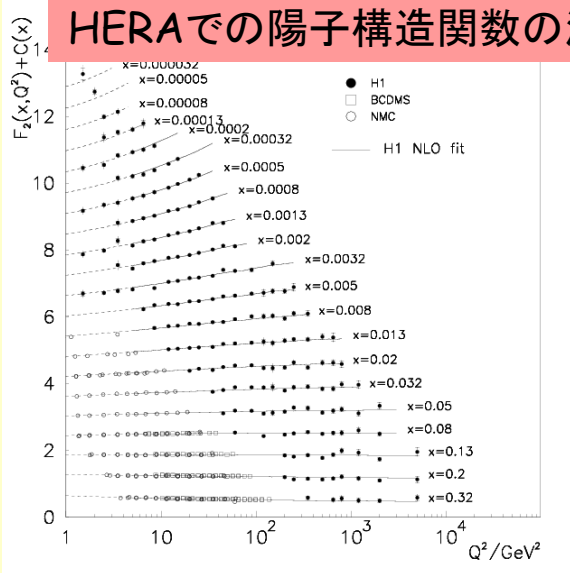
←HERAの測定

力の統一の歴史

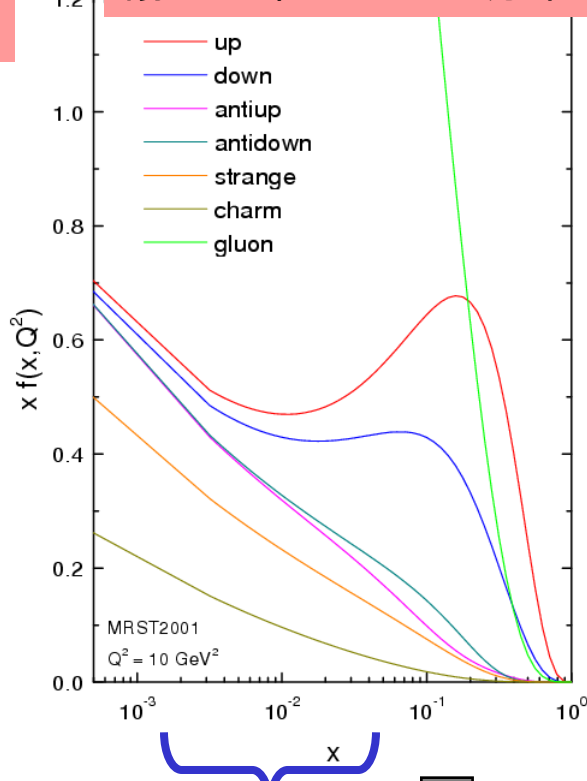


LHCの前実験としての意味

HERAでの陽子構造関数の測定

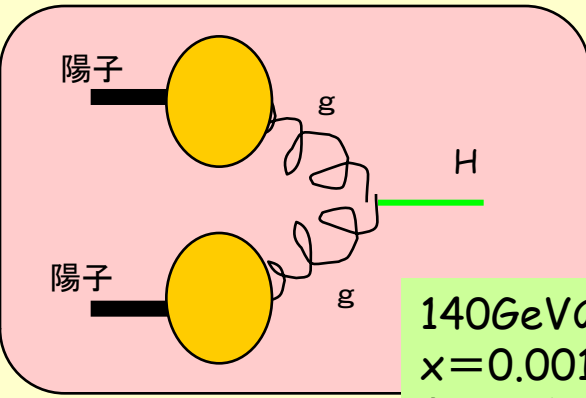
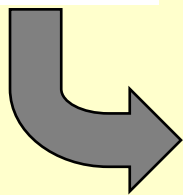


陽子内部のパートン分布



HERAの実験では、陽子内部のクォークとグルーオンの分布を精密に測定できる。
 → LHCでのヒッグス粒子の生成頻度を決める。(～10%の精度)

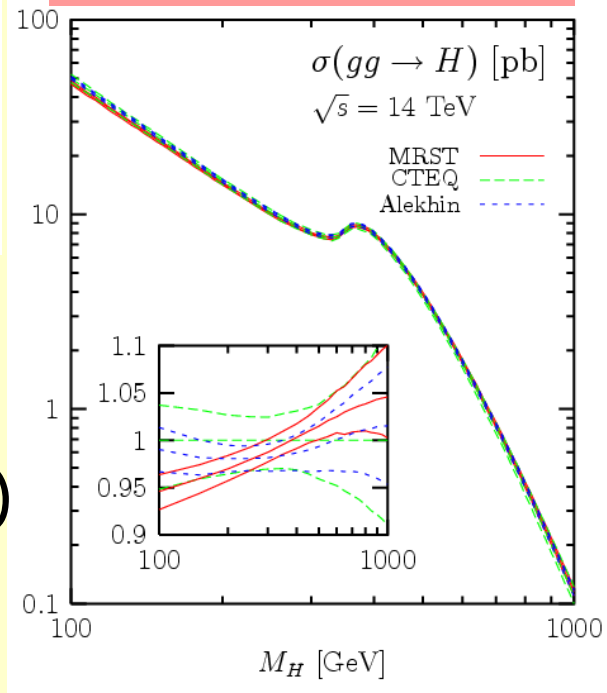
QCD fit



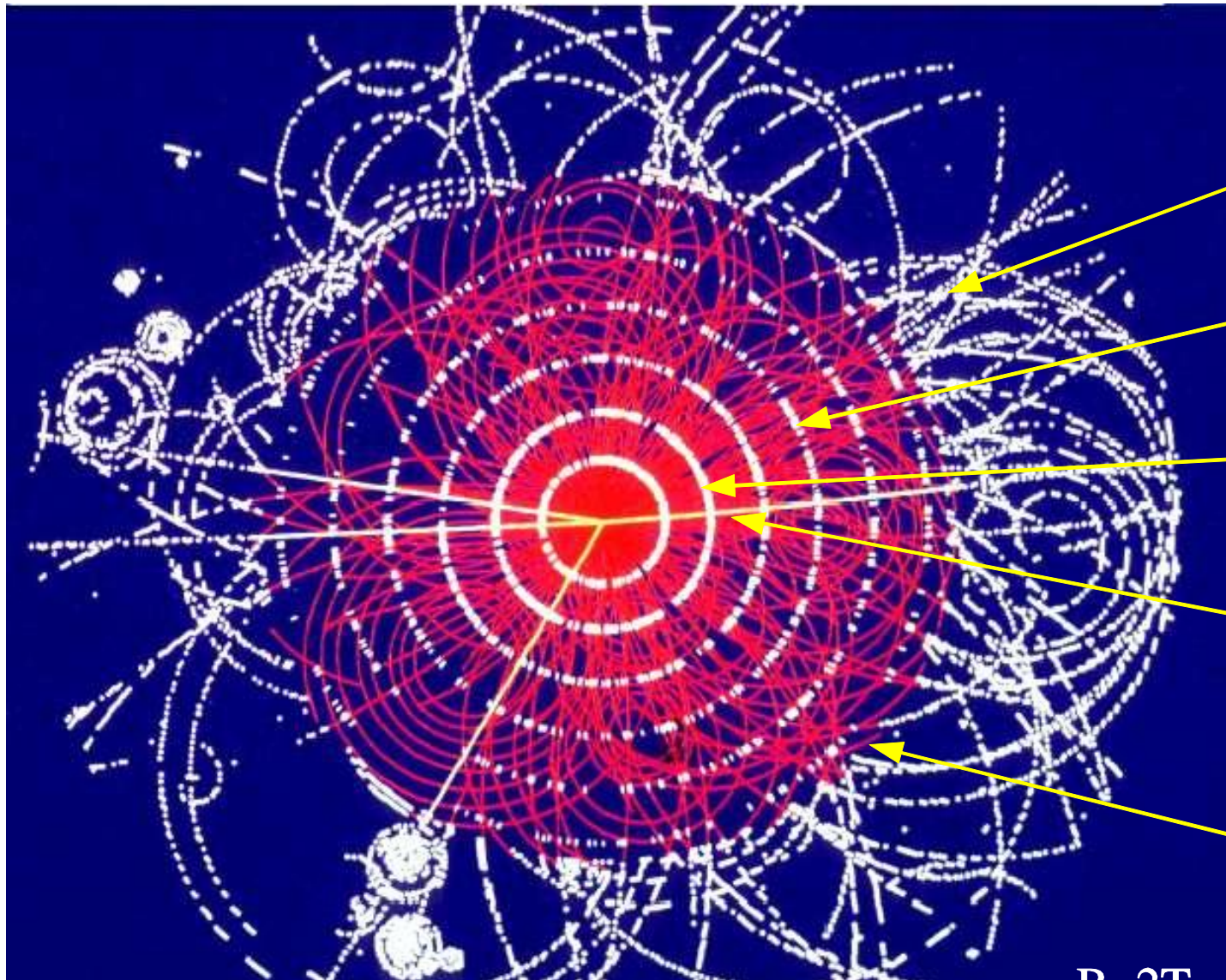
140GeVのHiggsの生成断面積を見るには $x=0.001\sim 0.1$ のグルーオンの密度がわからないといけない

(ME)x(PDF)

LHCでのHiggs断面積予測



A simulated event in Atlas



$R=1.15\text{m}$

Drift tubes
35 layers

Silicon strips
4 layers

Silicon pixels
2 layers

high p_t track

simulated
tracks

HERAでのJet/Diffraction 解析とLHC

Higgs探索の問題点:

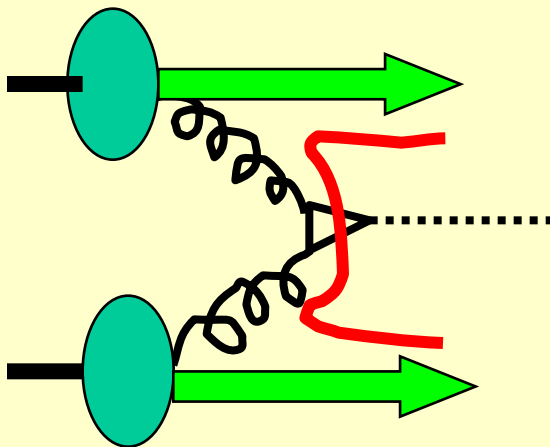
Low Mass Higgs →

$\text{Br}(H \rightarrow bb) \sim 100\%$

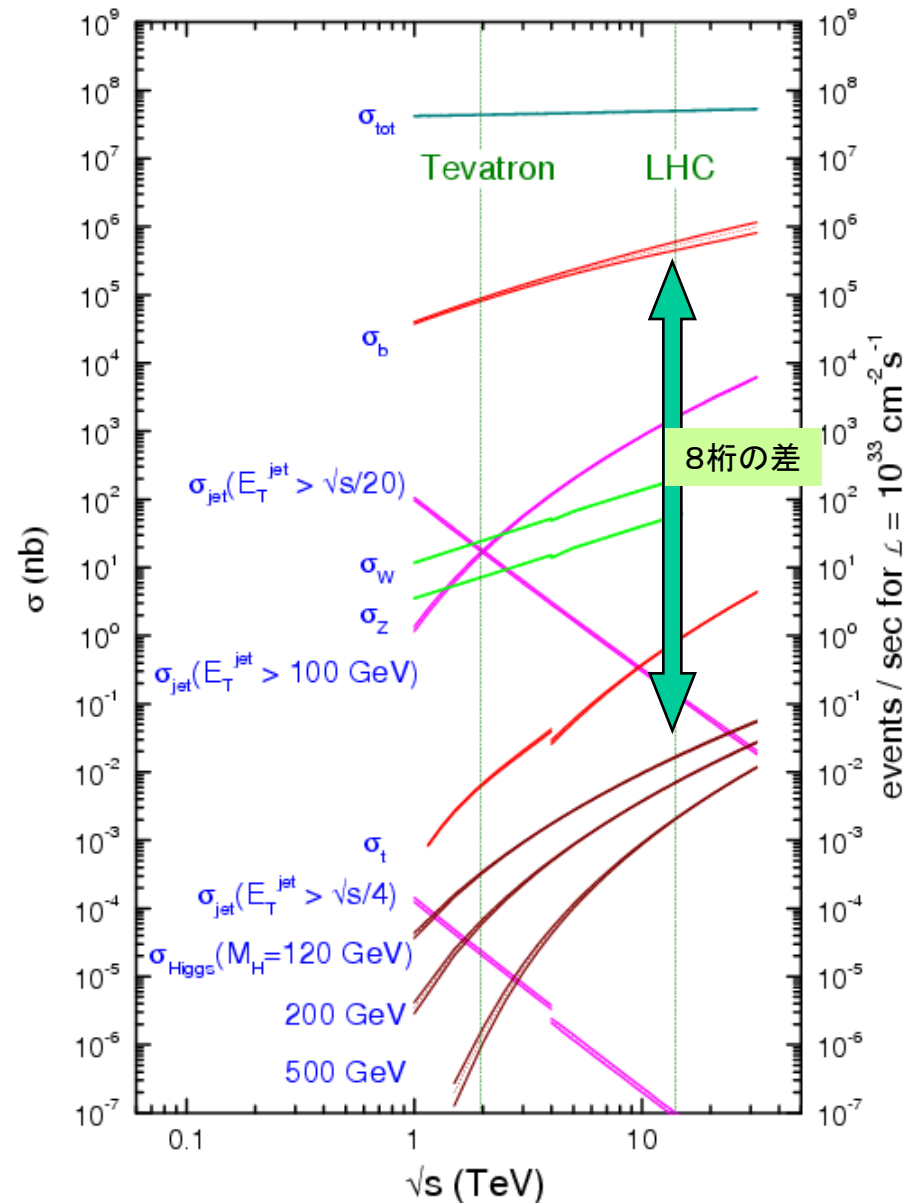
$\sigma_{bb} \sim O(10^8) * \sigma_{\text{Higgs}}$

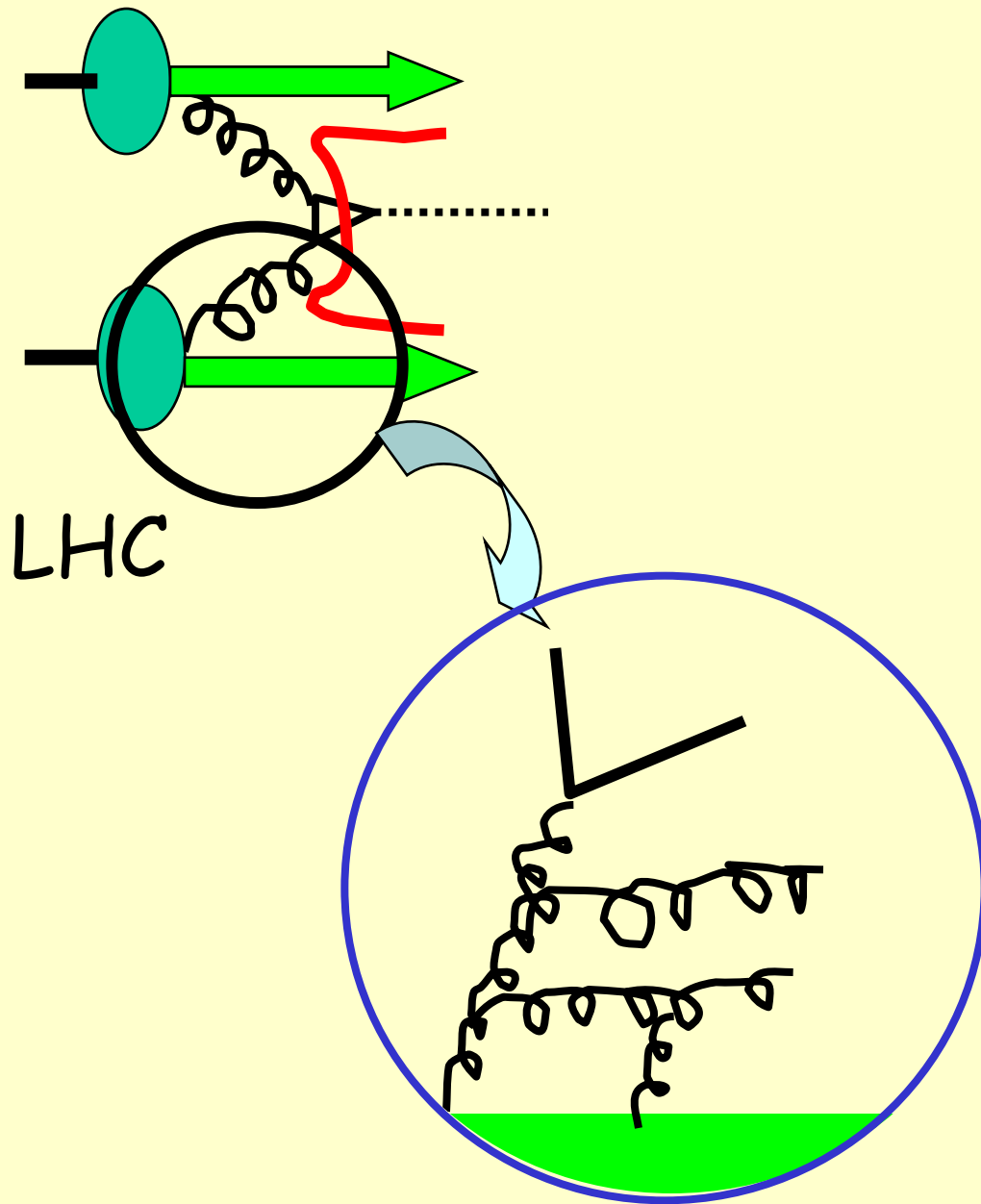
QCDバックグラウンドが非常に大きい

Higgsの生成メカニズムで一番大きい
寄与はggフュージョン:



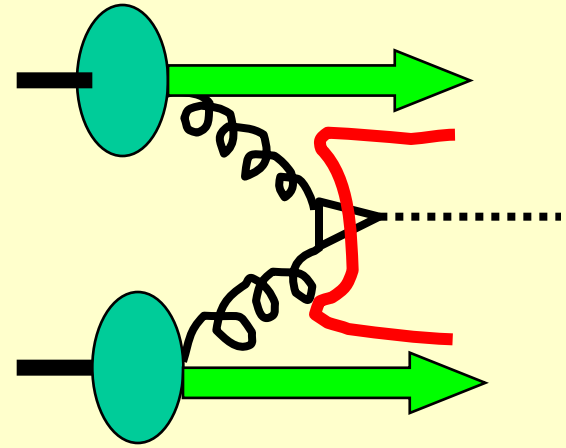
proton - (anti)proton cross sections



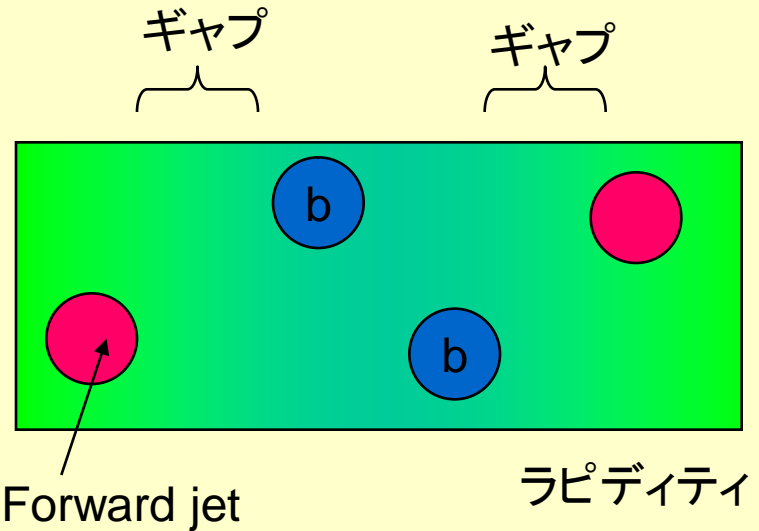
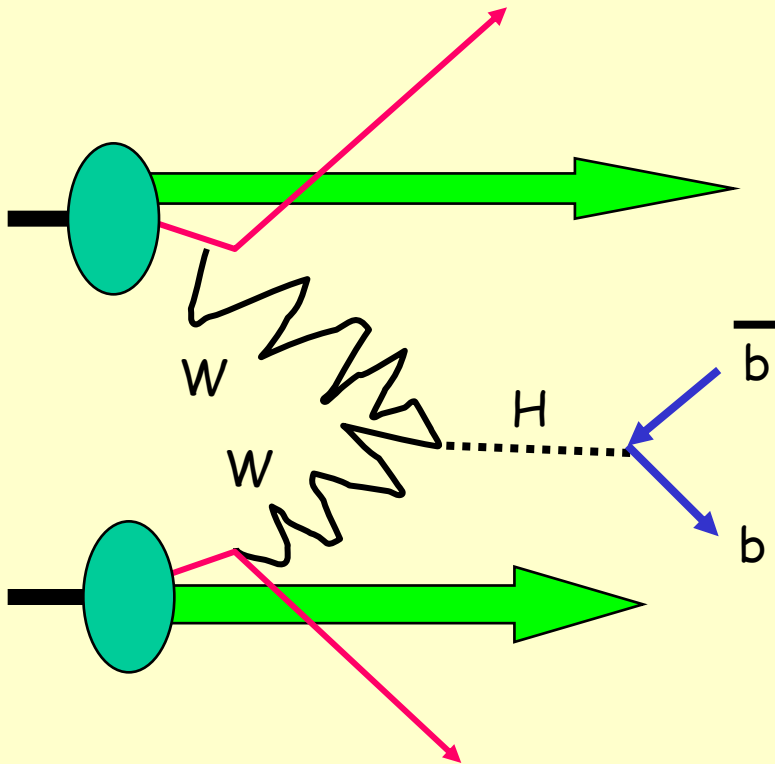


カラーフローからの多重パートン
生成
⇒QCDバックグラウンドとの
識別が困難

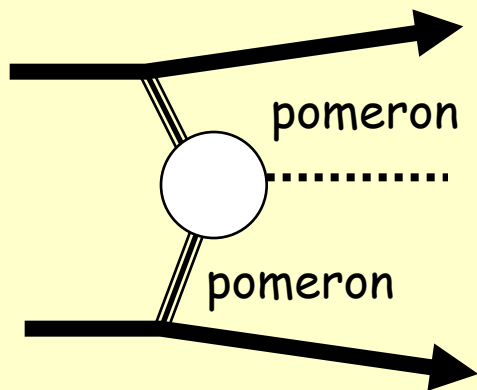
通常の $gg \Rightarrow H$ ではグルーオンから沢山のグルーオンがでてきて、Higgsの崩壊粒子の近傍に沢山他の粒子が生成されるので、どの粒子がHiggsからきているかを知るのが非常にむづかしい。
 そこで、断面積は小さいが識別しやすい過程に注目が集まっている。



Vector Boson Fusion (Zeppenfeld et al.)



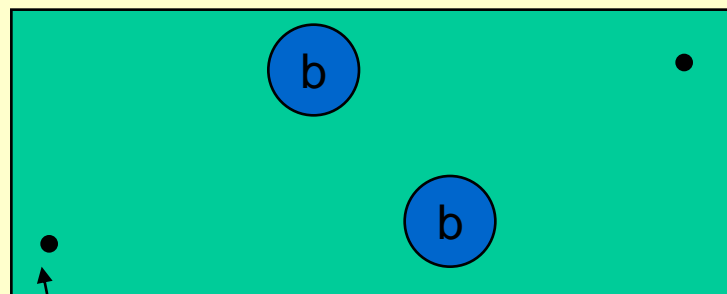
Double Pomeron Exchange



カラーフローなし

ギャップ

ギャップ



Forward proton

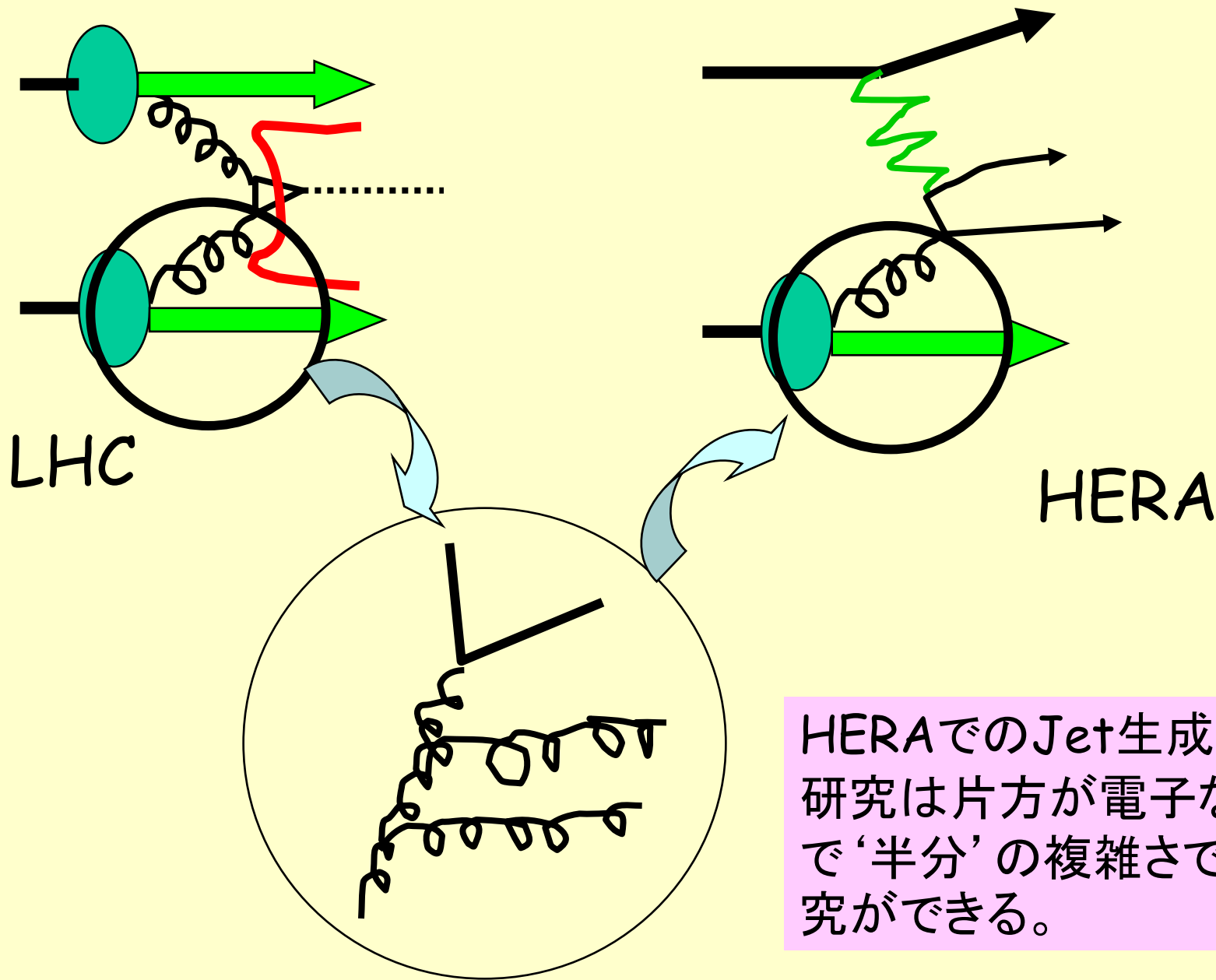
ラピディティ

これらの過程での問題点:

LHCでのポメロンのフラックス密度は?

ギャップが生き残る可能性は?

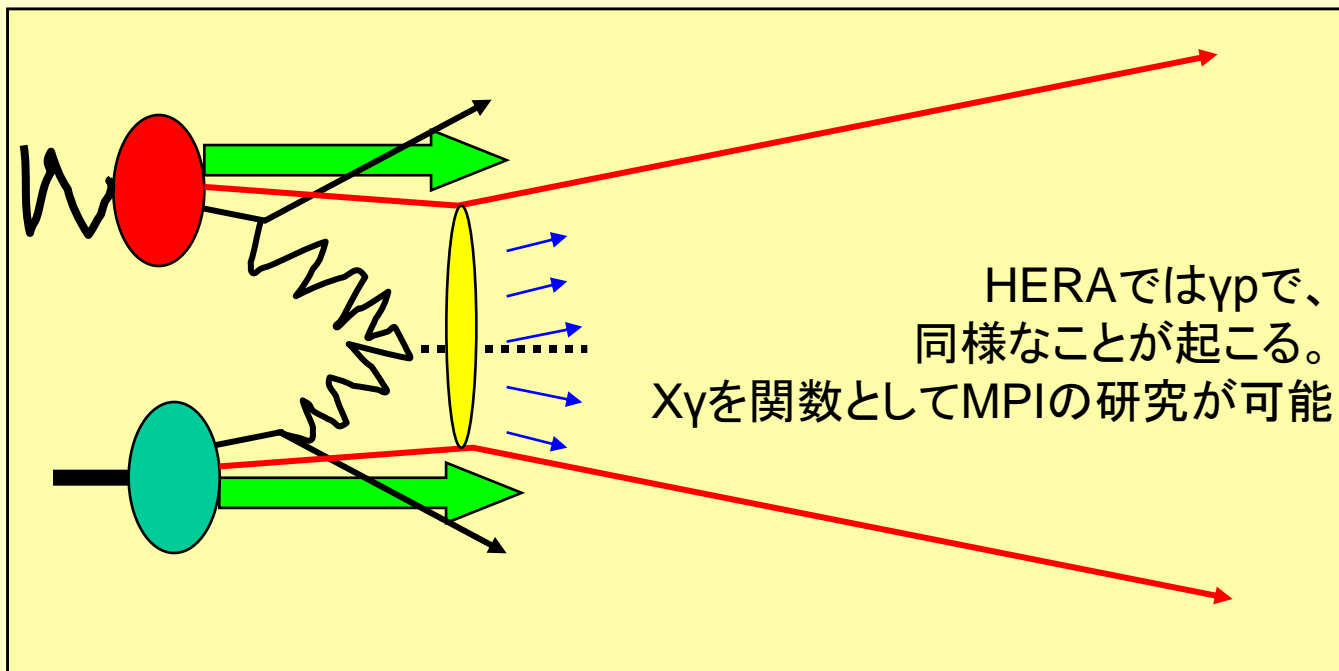
→ 今のHERA/Tevatron の問題



LHC

HERA

HERAでのJet生成の研究は片方が電子なので‘半分’の複雑さで研究ができる。



Gap Survival Probability



Multi-parton Interaction

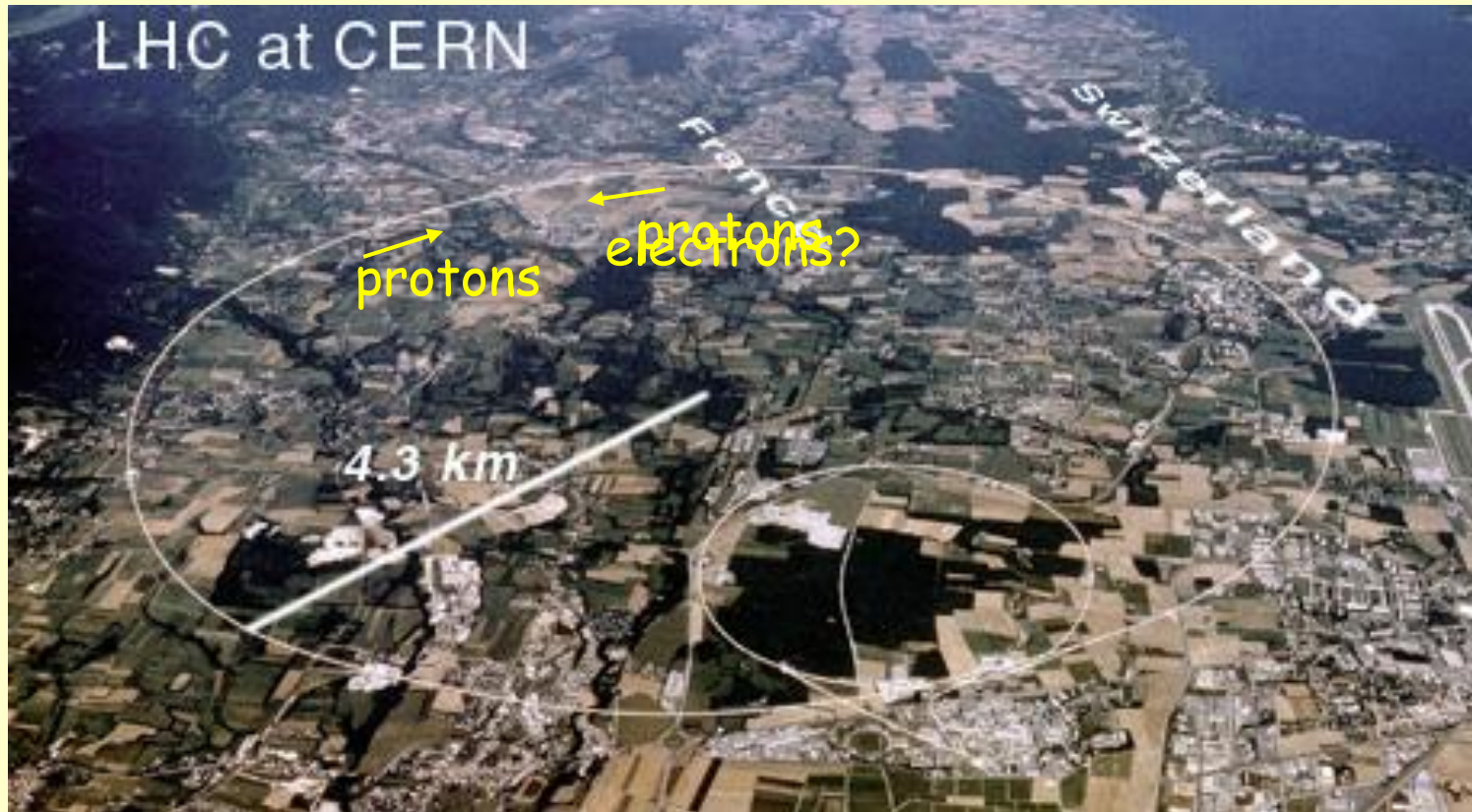
他のパートンが全く相互作用しない
確率

一つの反応で複数のパートンが
相互作用する確率

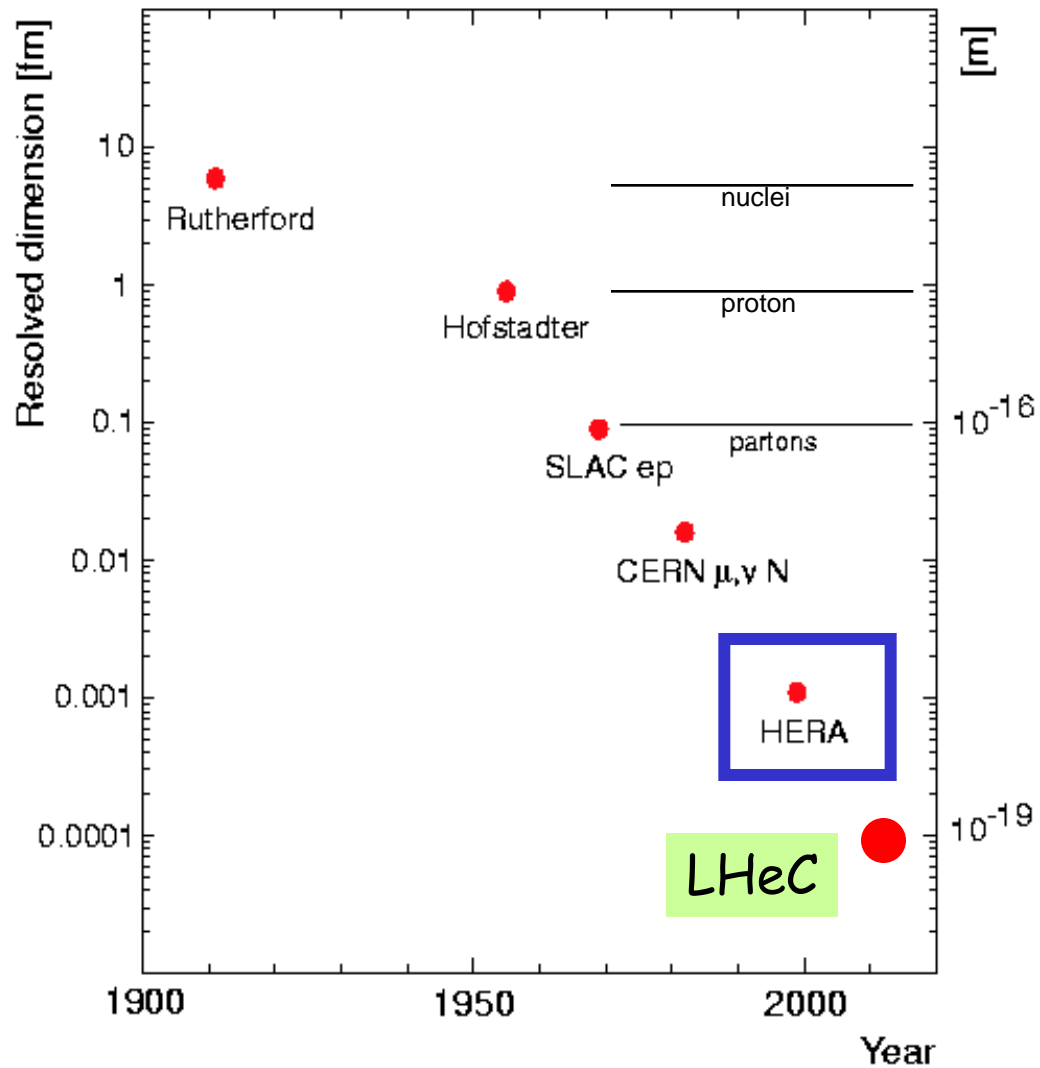
Multi-jet の研究とDiffractionの研究の接点:

→ HERAで基礎データがだせるか? : LHCのデータ解析との同時進行
になるか?

LHeC: LHCにさらに電子リングを足してep衝突を行う。



2009年ぐらいを目途に具体的なプロポーザルを国際共同で出す。
少し何ができるかを検討して、
面白いことがあったら、積極的に参加する。



HERA:
(27.5 GeV e vs 920 GeV p)

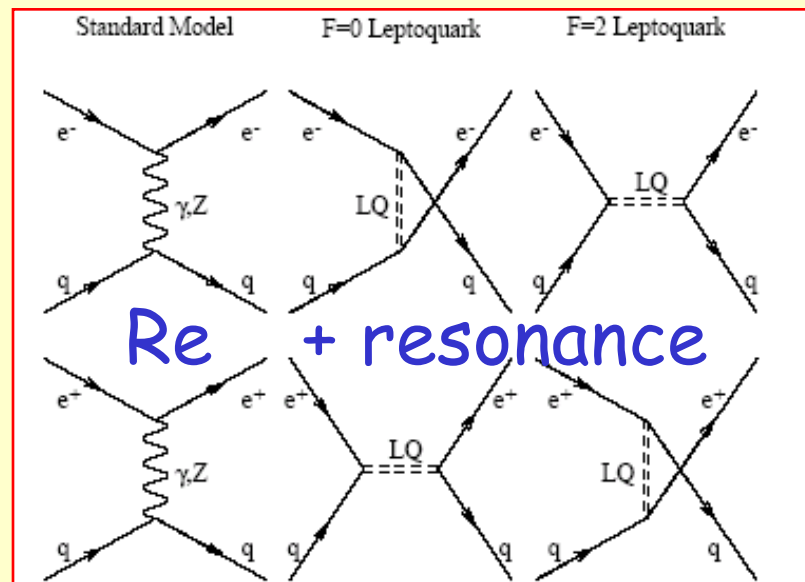
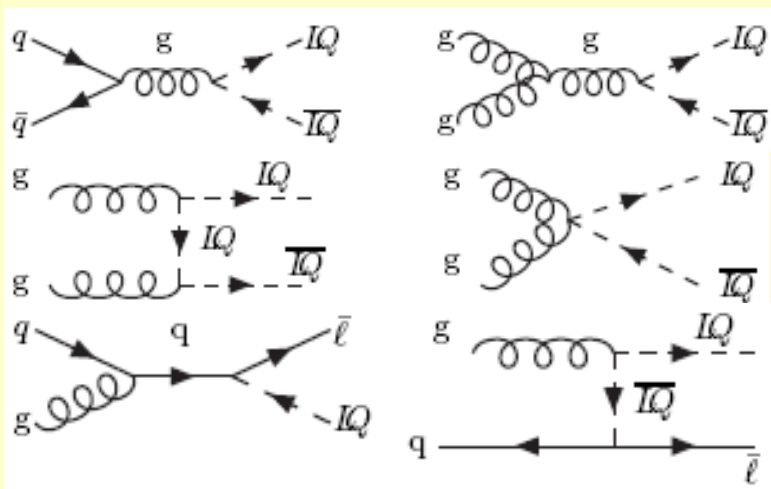
LHeC
(70 GeV e vs 7000 GeV p)

●たとえば、leptoquark

レプトンとクォークがあるなら、その両方の性質をもった粒子もあっていいのでは？

LHC 対生成

LHeC もともとある
クォークとレプトンから作れる



LHCで発見された後、LHeCで狙いを定めて精密測定

まとめ

- HERAでの実験では、電子をプローブとして陽子の大きさの千分の一の大きさの分解能で、陽子の内部を探った。
- 陽子の内部には数多くのクォークとグルーオンがあることがわかった。
- 中性流と荷電流反応を測定することによって電弱相互作用の力の統一を示した。
- クォークがさらに小さいものでできている気配は今のところ見つかっていない。
- HERAで測定した、陽子内部のクォークとグルーオン分布は、LHCでのHiggsなどの生成量を予想するのに利用されている。
- 陽子・陽子反応では、沢山のクォークやグルーオンが発生して、それらに、新粒子の信号が埋もれてしまう心配がある。片方が電子という簡単なシステムなので、クォークやパートンの多重発生をHERAで研究できる。

CERN 夏の学校のご案内

欧州合同原子核研究機関 (CERN) で
夏休み期間に開催される
『夏の学校 (Summer Student Programme)』
へ参加する学生 (M1) を募集しています。

お問い合わせは: 高エネルギー加速器研究機構国際企画課
電話 029-864-5134



© CERN HR

Challenge
6~9月の間最低8週間 CERN に滞在し、最先端の素粒子・高エネルギー物理、粒子加速器、宇宙物理、データ処理に関する一連の講義を受講します。

and Enjoy
世界20カ国以上から約200人の学生が参加します。ディスカッションやフィールドトリップなど様々なプログラムが用意されていて、とても有意義です。

Research
CERN で行われている高エネルギー物理実験チームに専属し、実験の現場を直に体験しながら粒子検出器やデータ処理の指導を受けます。

on the Nature
CERN はスイス・ジュネーブ近郊に位置し、ジュラ山脈のほか、レマン湖、スイスアルプスにも近く、自然豊かな環境で過ごすことができます。

詳細は裏面および <http://www.kek.jp/kokusai/cernsummerschool2008/> をご覧ください。

© CERN Geneva

2004 (13 applicants)

Tokyo

Tokyo

Tokyo

C2GT

ATLAS

ATLAS

2005 (8 applicants)

Nagoya

Toho

Hiroshima

CMS

HARP

ALICE

2006 (5 applicants)

Tokyo

Nagoya

Nagoya

COMPASS

LHCb

ATLAS

2007 (15 applicants)

Tohoku

Tokyo

Tsukuba

Tokyo

Tokyo

TOTEM

ATLAS

ALICE

CMS

CMS

Same functional forms

PDF parameterisation : $x f(x) = A x^B (1 - x)^C (1 + D x + F x^3)$

H1 parametrisation (10 parameters)

	A	B	C	D	F
gluon	From Sum Rule				0.
u_v					
U_{bar}	$A(U_{\text{bar}}) = A(U)$	$= B(U)$		0.	0.
U	$u_{\text{bar}}/d_{\text{bar}} \rightarrow 1$ as $x \rightarrow 0.$			From Sum Rule	
d_v					0.
D_{bar}	$A(D_{\text{bar}}) = A(D)$	$= B(U)$		0.	0.
D		$= B(U)$		From Sum Rule	0.
$u_{\text{bar}} - d_{\text{bar}}$					
Sea					

ZEUS-JET parametrisation (11 parameters)

	A	B	C	D	F
gluon	From Sum Rule				0.
u_v	From Sum Rule				0.
U_{bar}					
U					
d_v	From Sum Rule	$= B_{uv}$			0.
D_{bar}					
D					
$u_{\text{bar}} - d_{\text{bar}}$	from Z_S_11 fit	from Z_S_11 fit	from Z_S_11 fit	0.	0.
Sea				0.	0.

Different assumptions

Assumptions for QCD fits

- H1 param : $s = 0.33 \text{ Dbar}$
- ZEUS param : $(s + sbar) = 0.2 \text{ sea}$
- Within the Zero Mass Variable Flavour Number (ZMVFN)
 - H1 : charmed quark = 0.15 Ubar above threshold.
 - ZEUS : charmed quark, dynamically introduced by evolution
- H1 parameterisation: $dbar/ubar \rightarrow 1$ as $x \rightarrow 0$.
- ZEUS param's : $dbar - ubar = \text{fixed function of } x$
- $Q^2_0 = 4 \text{ GeV}^2$ (H1 param.) vs $Q^2_0 = 7 \text{ GeV}^2$ (ZEUS param.)
- $Q^2 \text{ min (data)} = 3.5 \text{ GeV}^2$ (H1) $Q^2 \text{ min (data)} = 2.5 \text{ GeV}^2$ (ZEUS)
- Grid size
- Different treatment of systematics
- Other ? Ongoing checks to reproduce H1 analysis within ZEUS package and ZEUS analysis within H1 package.
- The goal is to have a common fit.