

CERN LHC 加速器における ATLAS実験のための 地域解析センター

東京大学 素粒子物理国際研究センター
(ICEPP)
松永浩之

広帯域ネットワーク利用に関するワークショップ
ADVNET2007 in Hiroshima
2007年1月16日、広島国際会議場

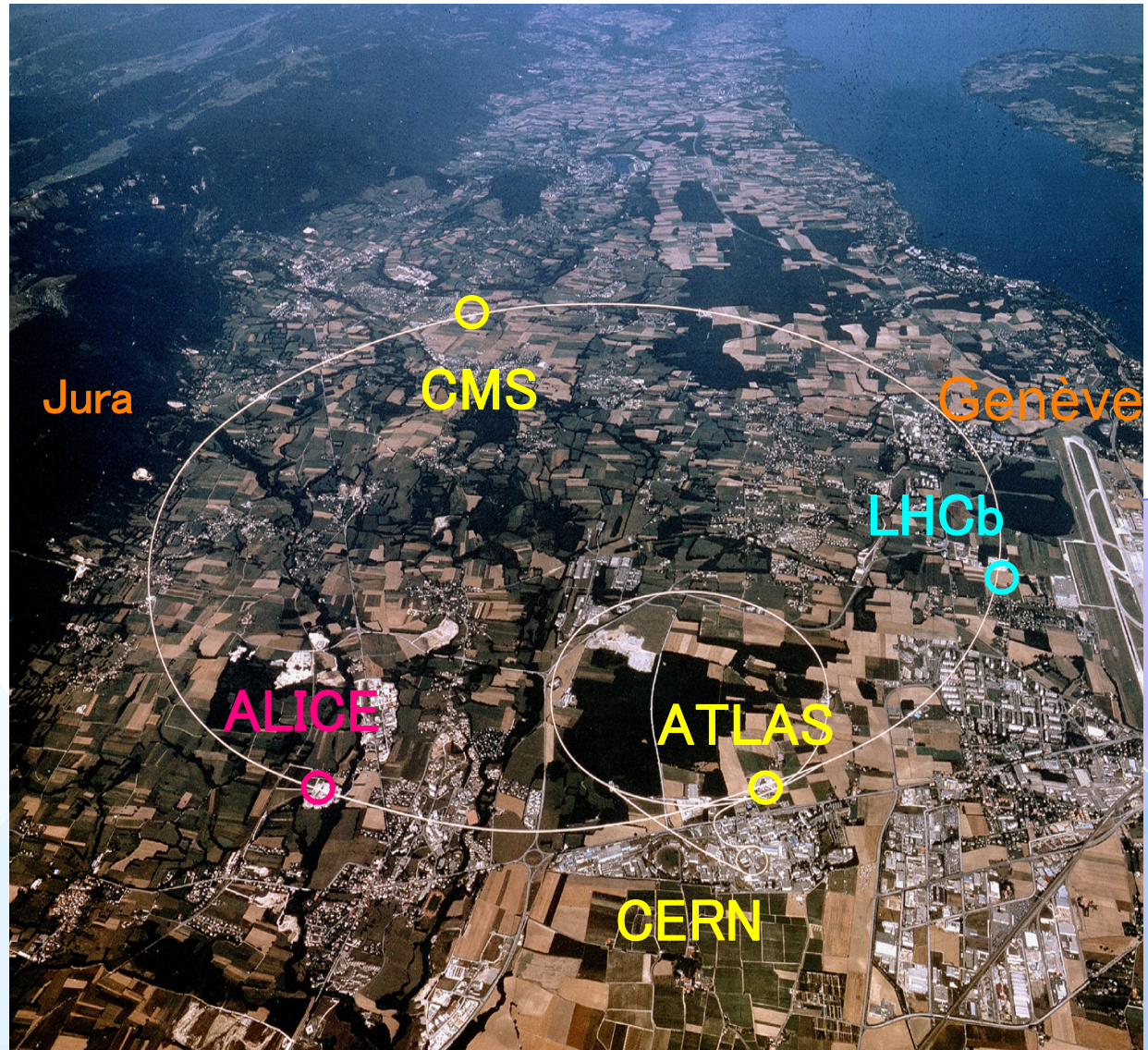
CERNとLHC加速器

■ CERN（欧州原子核研究機構）

- ◆ スイス、ジュネーブ近郊
- ◆ 世界最大の素粒子物理学研究所

■ LHC 加速器

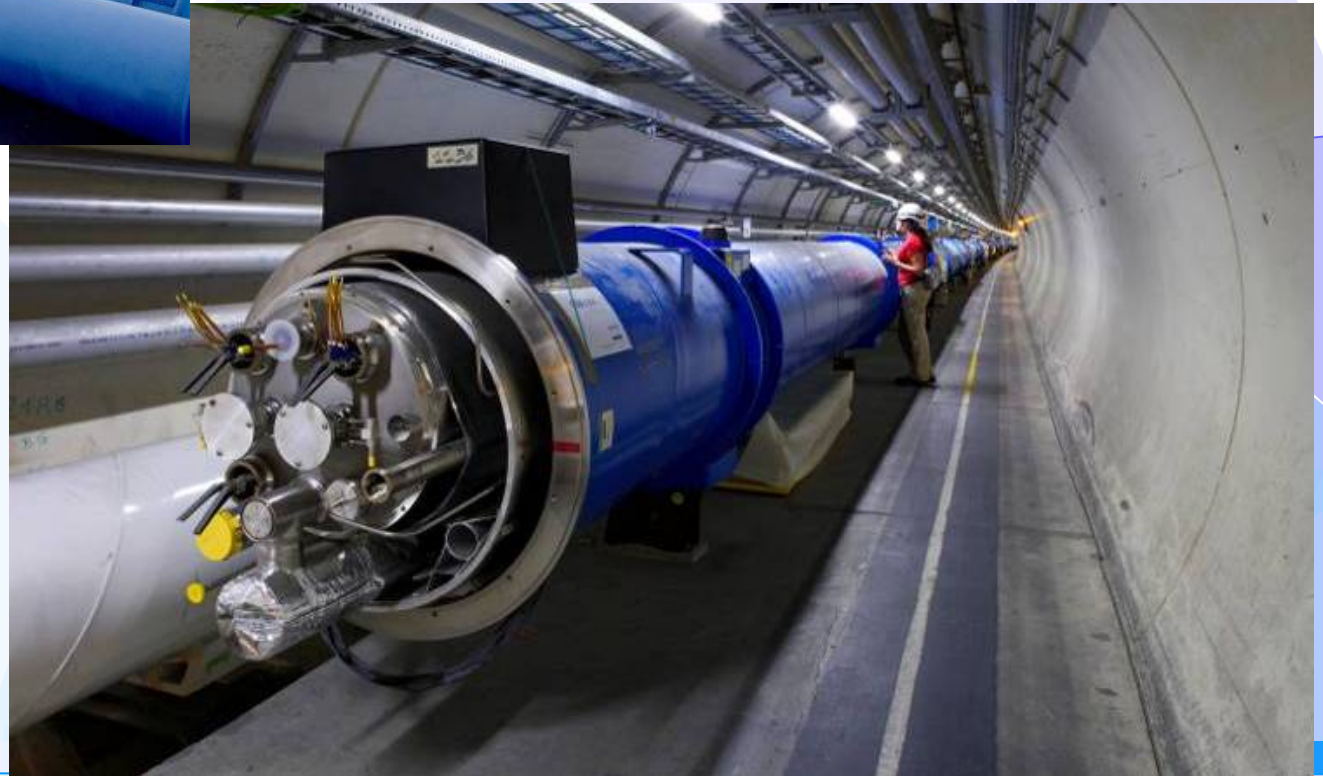
- ◆ CERNが中心となり建設
- ◆ 周長27km、世界最大の加速器
- ◆ 地下～100m
- ◆ 世界最高エネルギーで陽子同士を衝突（14TeV）



LHC加速器



- トンネル内には超伝導電磁石が1232個並べられる
- 2006年末までに1000個以上が設置された



ATLAS実験

■ LHCにおける4つの実験(ALICE, ATLAS, CMS, LHCb)の一つ

◆ CMSとともに、汎用型検出器を設置

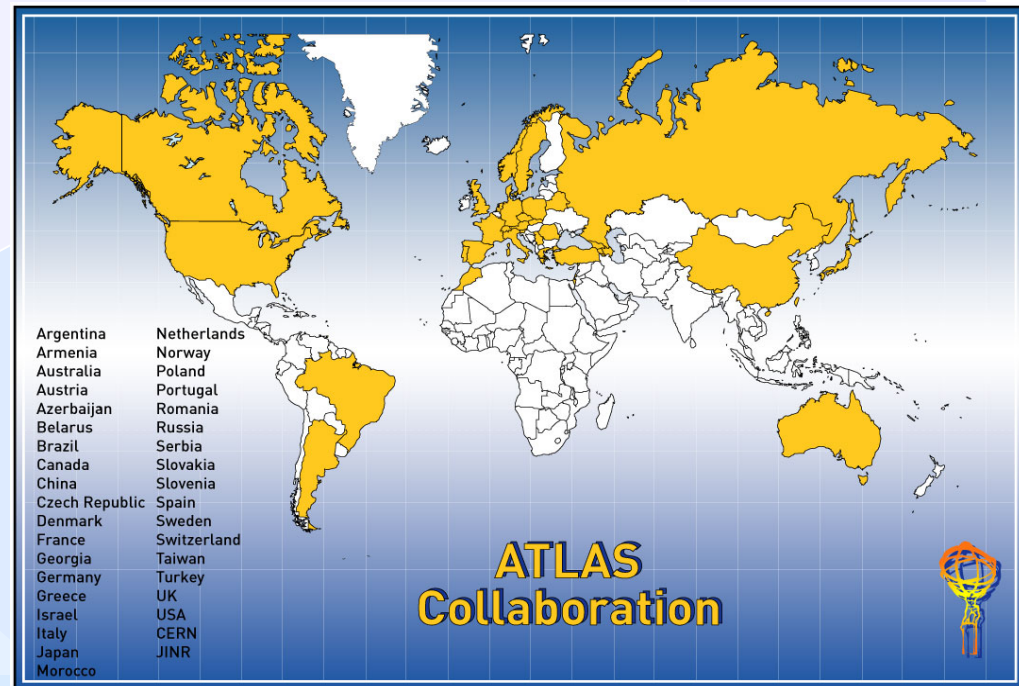
- 世界最先端の素粒子物理学実験（ヒッグス粒子の探索、超対称性粒子の探索など）が行われる

■ ATLAS Collaboration

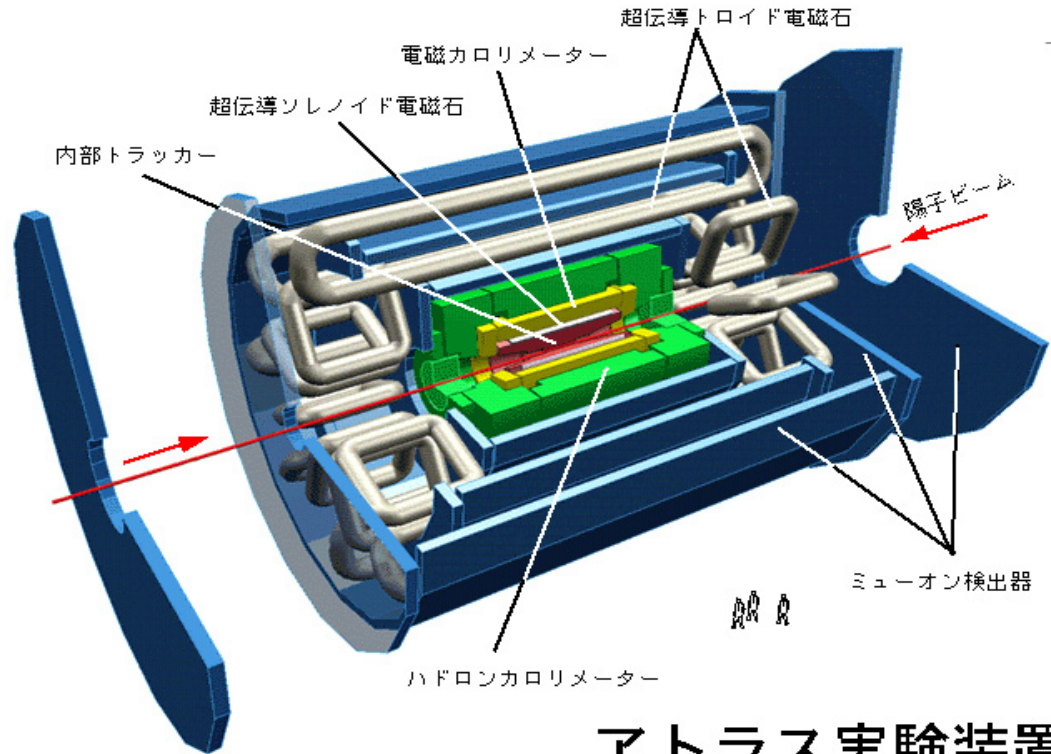
- ◆ 35か国
- ◆ 161機関
- ◆ 参加科学者1830人

■ ATLAS 日本グループ

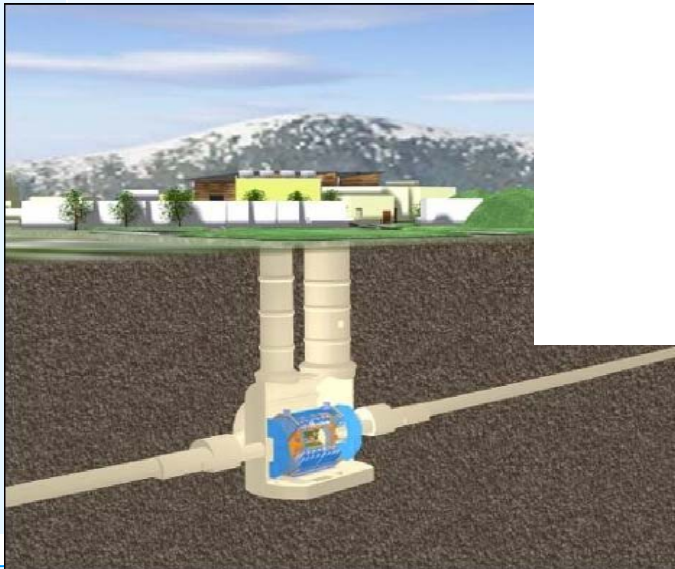
- ◆ 16機関
- ◆ スタッフ約70人+学生



ATLAS測定器

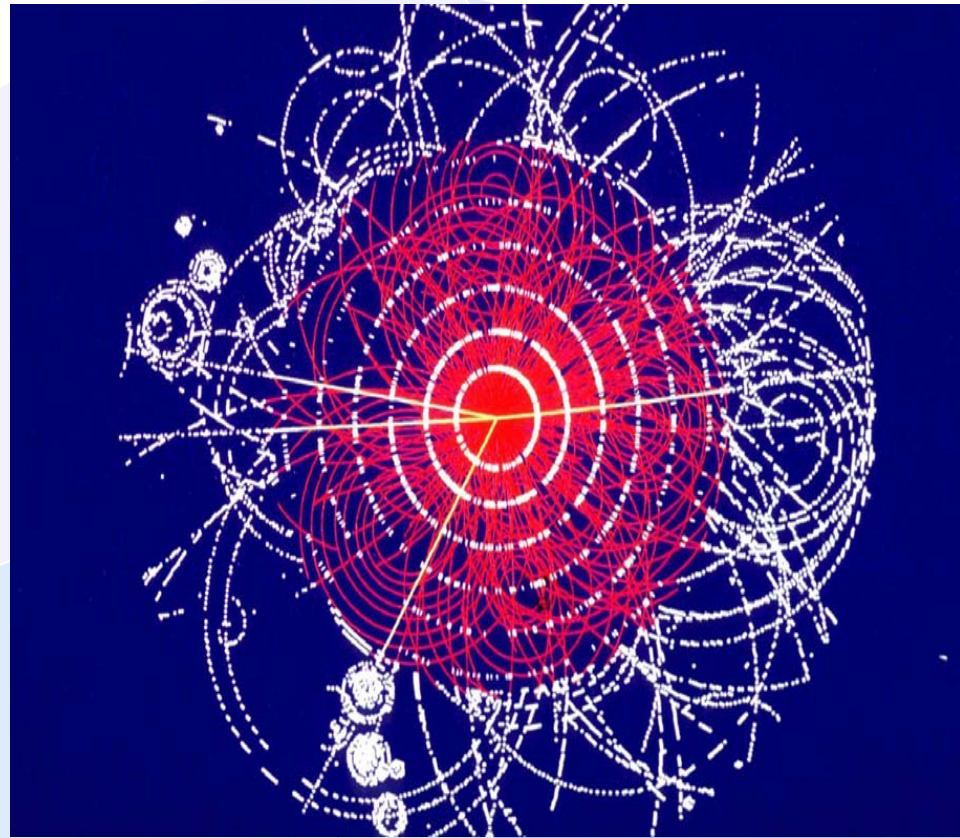
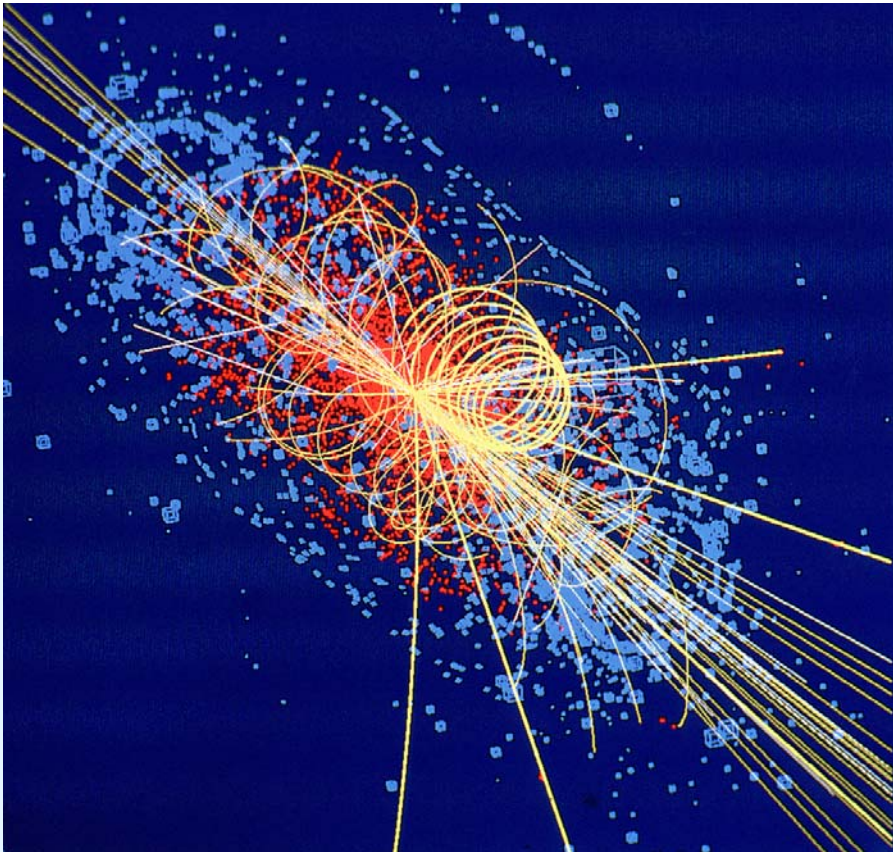


アトラス実験装置



直径 25m、長さ 46m、重さ 7000トン
センサー数 1.1億チャンネル

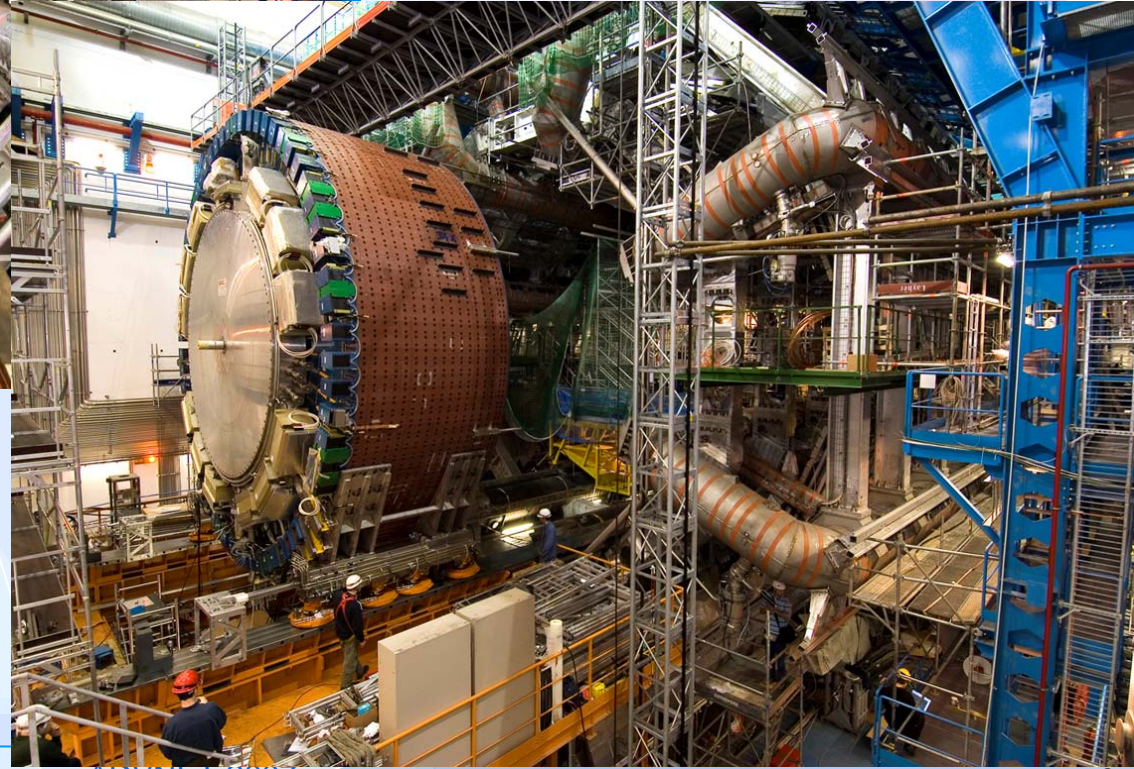
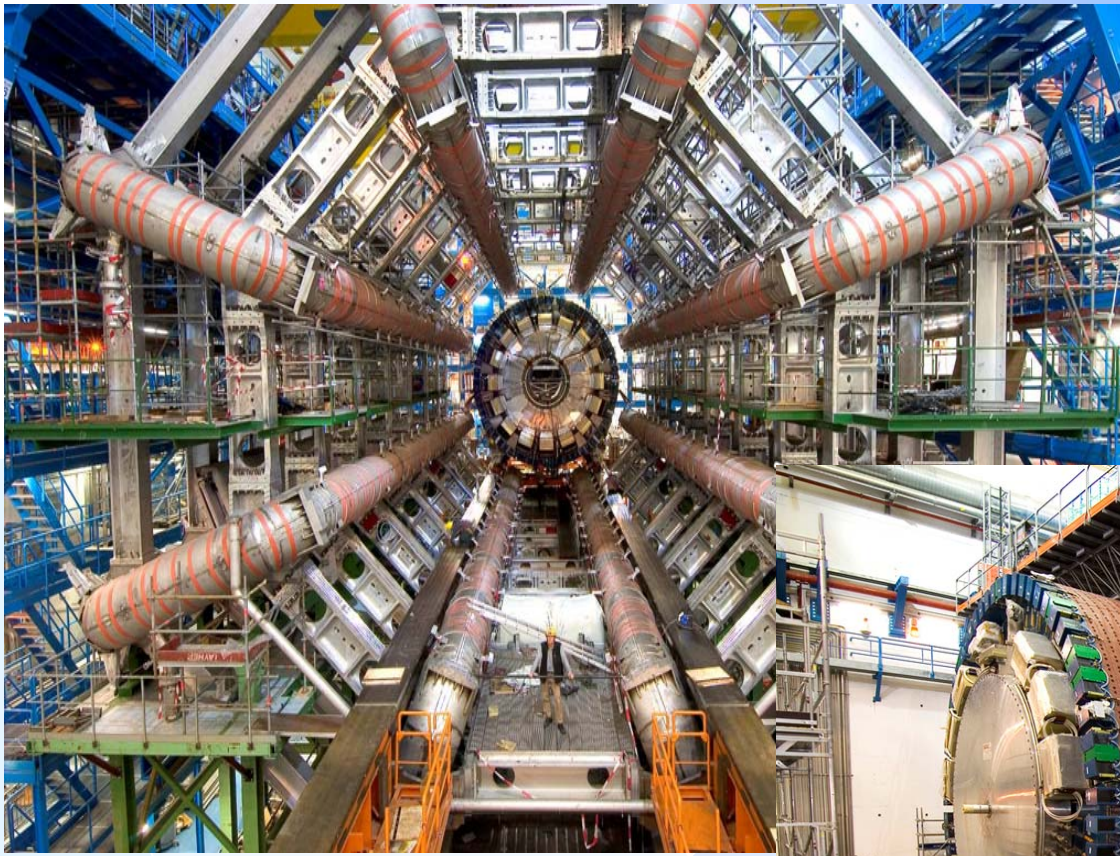
LHCでの予想事象例



今後のスケジュール

- 2007年夏までに加速器、測定器とも建設完了
- 2007年11月：試運転（3ヶ月程度）
 - ◆ エネルギーは本来より低い (0.9TeV)
- 2008年6月ころより本運転 (14TeV)
 - ◆ ビーム強度は徐々に増強する
 - データ量もビーム強度（衝突頻度）にしたがって増加

測定器建設



2007年1月16日

ADVNET 2007

データ解析の流れ

- ATLAS測定器からの**生データ**は数PB/年発生
- 生データのセンサー情報を、粒子の位置やエネルギーなどの情報に変換する（**一次処理データ**）
- さらに、物理解析に最適化した物理量に変換（**二次処理データ**） → 実際に物理解析を行う
- 実データと比較検討をするための**モンテカルロ（MC）シミュレーションデータ**の生成
 - ◆ 特にCPUが必要

LCG (LHC Computing Grid)

- CERN の計算機資源は、LHC 加速器を用いる 4 実験のデータ解析を行うには不十分
- 世界中に分散配置された地域解析センターにある計算機資源を利用するグリッドプロジェクト→Worldwide LCG (WLCG)
- WLCGは階層構造を持つ
 - ◆ Tier-0 : CERN
 - 生データ収集、保管
 - 一次処理
 - ◆ Tier-1 : 世界に 10ヶ所程度 (大型計算機センターなど)
 - データ処理
 - 生データ複製保管、一次処理データ保管、二次処理データ保管
 - ◆ Tier-2 : 国、地方レベル (世界に数十ヶ所)
 - MCシミュレーションデータ作成→Tier-1 へ転送
 - 二次処理データ複製保管
 - ユーザによるデータ解析
 - ◆ Tier-3 : 普通の大学の研究室など
 - ユーザによるデータ解析

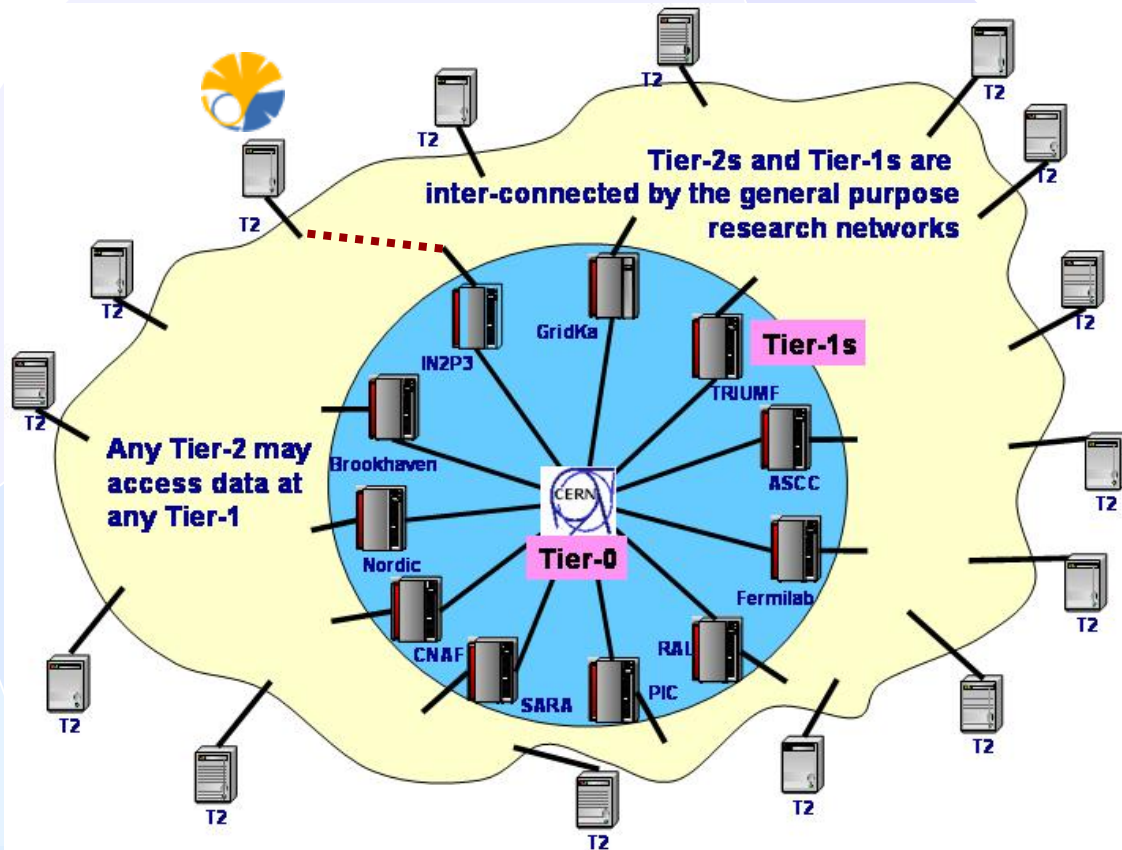
日本における地域解析センター

- 国内での**物理データ解析**するための拠点作り
 - ◆ WLCGにおける Tier-2 の役割を担う（ただし、ATLAS 実験のみサポート）
- 東大素粒子物理国際研究センターが構築
 - ◆ 本郷キャンパス内
- 2001年からR&Dを開始、2007年より本番の計算機システムを運用開始
 - ◆ 平均的Tier-2 よりも大きめのシステム
- 実験現場であり、研究者が集まる CERN にも、日本人滞在者のための「CERN分室」を構築
 - ◆ 比較的小規模なもの

WLCGでの主要なデータ転送経路



- Tier-0 と Tier-1 センター間 (10Gbit link)
- Tier-2 と「Preferred Tier-1」間
 - ◆ 日本の Tier-2 の場合、フランスのリヨンにある Tier-1 センター
 - ◆ 地理的に近い台湾の Tier-1 センターにもアクセスする可能性がある（ただし、帯域が 622Mbps しかない）
- 日本の場合、CERN 分室との間も重要
- 東大とCERN/リヨン間：
RTT~280ms
 - ◆ 台湾との間は 60ms



必要となる帯域(国際回線)

- 全トラフィックで4Gbps以上必要
 - ◆ 以前から NII にお願いしてきた値
- LCG 用だけでも 2Gbps は必須
 - ◆ LCG分に関する要請 (LCG / ATLAS との覚書)
 - ◆ しかし、ATLAS 内における物理解析の国際競争に打ち勝つには、より大きい帯域が必要
- 現状：1Gbps
 - ◆ 東大内のプロジェクト用の専用回線
 - ◆ Super-SINET に接続 (ヨーロッパへは、ニューヨーク経由の経路)
 - ◆ SINET3 になることで、利用可能な帯域が大幅に増加することを期待

ネットワーク利用について

■ 長期に渡って帯域を使用

- ◆ LHC 加速器が動いて、ATLAS でデータを取り続ける間はデータを流し続ける
- ◆ 冬季に加速器が停止することもあるが、一次データや二次データの再処理は（特に実験初期は）年に何度もやりなおすので、そのたびにデータ転送を行う
- ◆ MCデータも同様

■ 使用は、ほとんど Linux ノード間

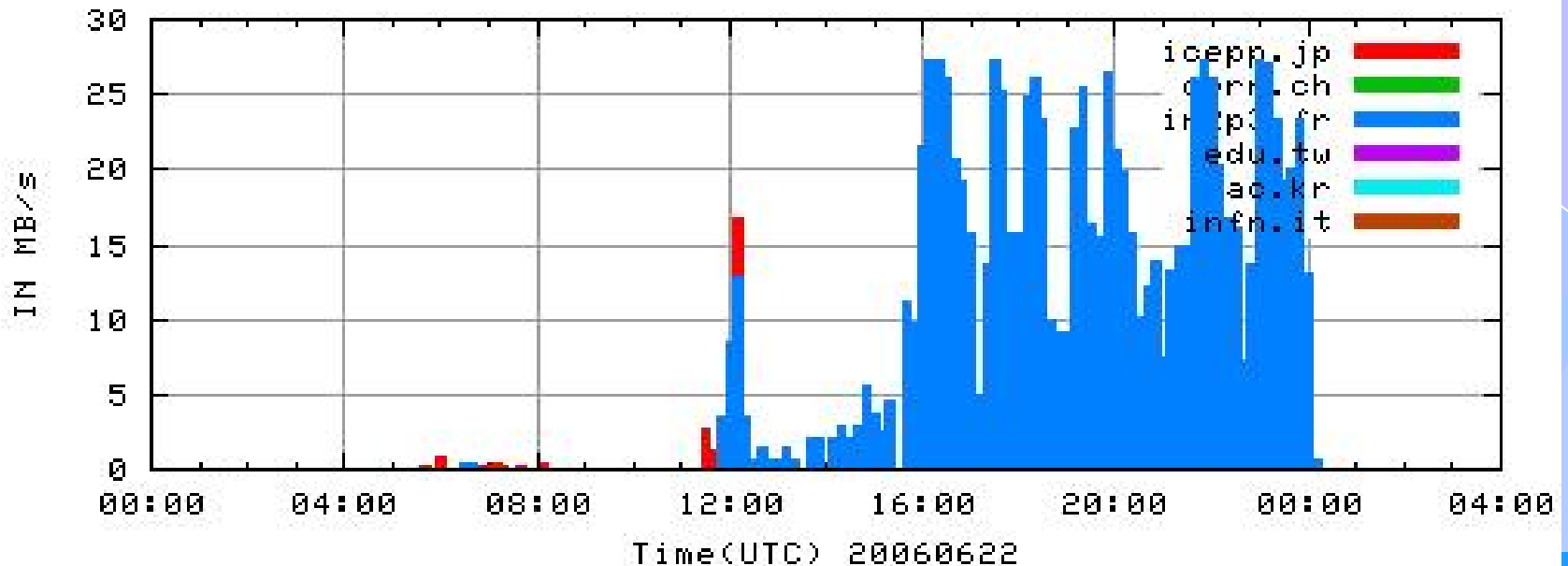
- ◆ いまのところ、IPV4、Unicast、TCP のみ
- ◆ LCG でのファイル転送は GridFTP がベース
- ◆ それ以外では、scp、bbcp、bbftp など
 - 並列転送が重要

ネットワーク利用の現状

- 以前よりMCデータやテストデータ転送に使用している
 - ◆ 2004年末より LCG の「Service Challenge」と称するデータ転送テストが行われている
 - ◆ 昨年夏も「Service Challenge 4」が行われた
- 利用が増すのは、実データの出てくる今年以降
- 特に加速器が定格エネルギーで運転される来年からは本格化
 - ◆ 15年程度は実験が続く（その間、データ量は着実に増え続ける）

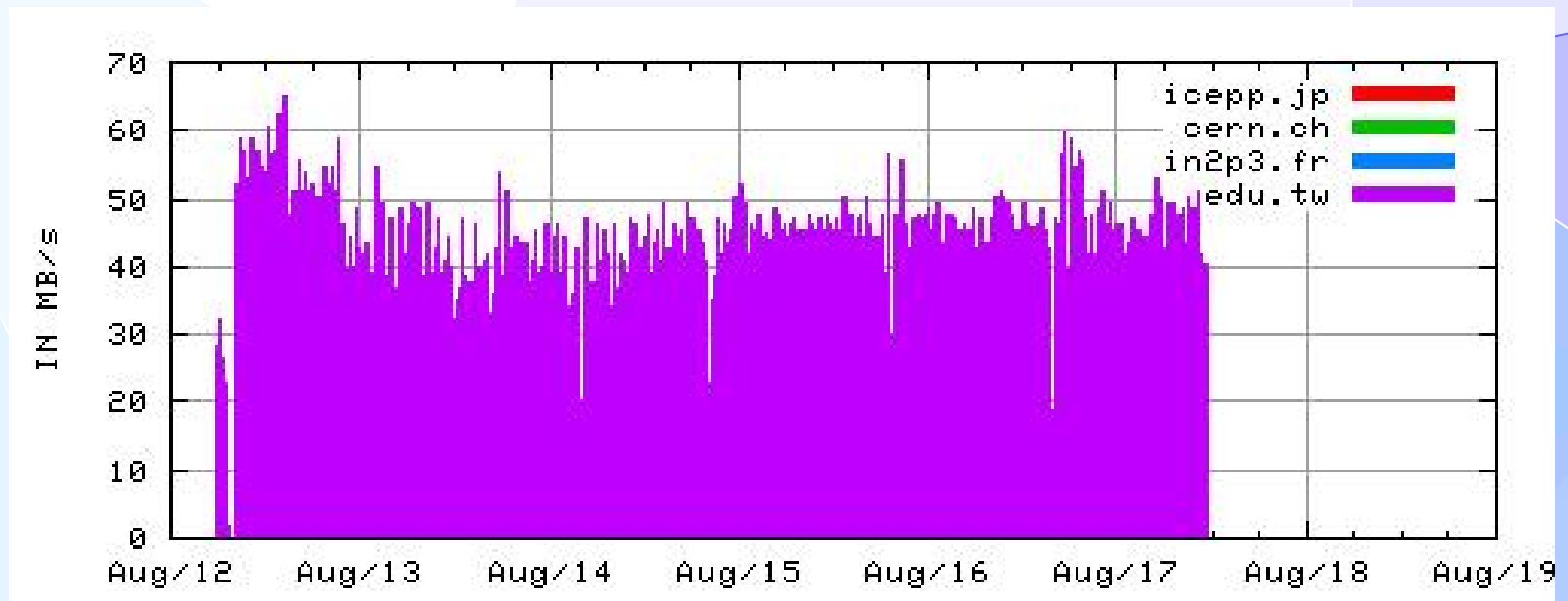
SC4 : リヨンと東京の間でのデータ転送テスト

- RTT ~280 ms
- 利用可能な帯域は最大 1Gbps
- Linux Kernel 2.4
- 15 ファイルを GridFTP で同時に転送 (各ファイル10 ストリーム)
- 平均で ~20MB/s
- パケットロスの発生により、安定した転送速度が得られていない



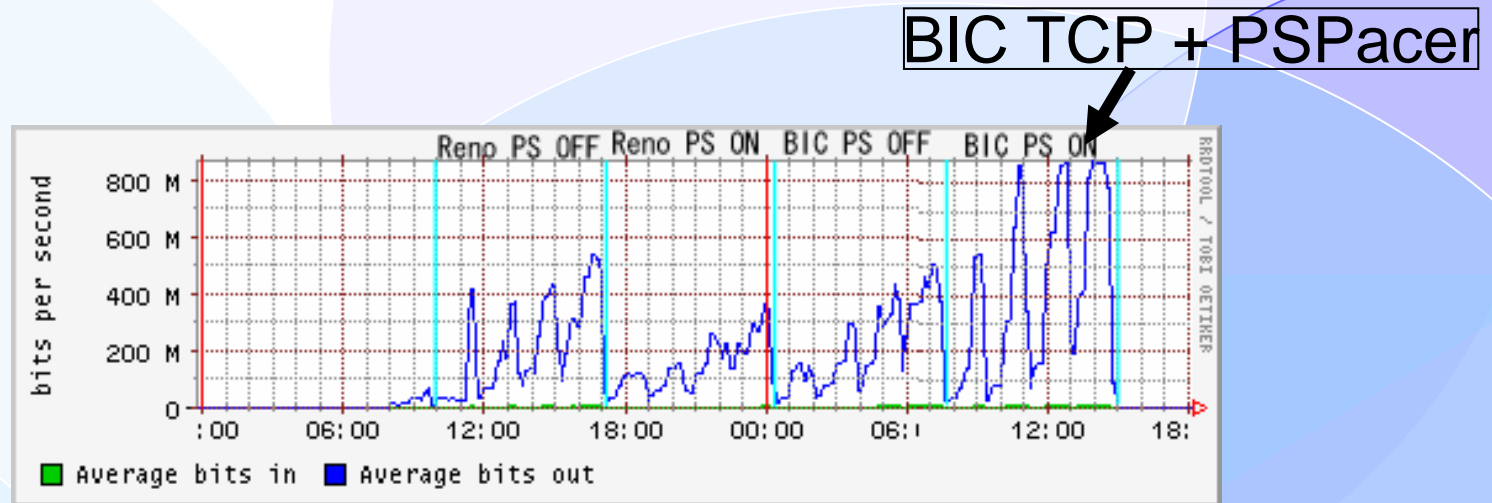
SC4 : 台北と東京の間でのデータ転送テスト

- 帯域は最大 622Mbps
- Linux Kernel 2.4
- 20 ファイルを GridFTP で同時に転送（各ファイルを10ストリーム）
- 1GB のファイル 18000 個を 5 日かけて転送
- 平均 ~48MB/s



リヨンー東京間の iperf でのテスト

- Linux Kernel 2.6.17.7
- Congestion コントロール
 - ◆ TCP Reno vs. BIC TCP
- ペーシングのソフトウェアも入れてみる
 - ◆ PSPacer 2.0.1 (産総研)
- BIC TCP と PSPacer が一番よい結果
 - ◆ 800 Mbps 以上 (2ストリームで)



まとめ

■ ATLAS 実験は 2007 年から開始

- ◆ 東大の地域解析センターの準備は順調に進んでいる
- ◆ 新粒子・新現象の発見は、実験開始後 1、2 年中にも期待され、ネットワークを含めた物理解析体制の整備が当初からが重要。その後も、データの増加とともに、詳細な研究が継続される

■ 東大の地域解析センターは、主にフランスのリヨン、また CERN との間でデータ転送を行う

- ◆ 当面は一般回線での数 Gbps の帯域利用
- ◆ 近い将来の希望
 - 10Gbps (専用回線?)
 - パケットロスが少ない、高品質の回線
 - 冗長化のための複数経路