

SINET5への 高エネルギー物理学からの 期待

高エネルギー加速器研究機構・計算科学センター
金子敏明

目次

- ▶ 高エネルギー加速器研究機構とは
- ▶ LHC 実験とコンピューティング
- ▶ Belle II 実験
- ▶ ILC 計画
- ▶ 数値物理
- ▶ SINET5 に期待すること

高エネルギー加速器研究機構とは

▶ 日本における加速器科学の研究拠点

- ▶ 通称: 高エネ機構・KEK
- ▶ キャンパスは茨城県内2カ所(つくばキャンパス、東海キャンパス)
- ▶ 2008年には小林 誠KEK特別栄誉教授がノーベル物理学賞受賞

▶ 目的:

- ▶ 高エネルギー加速器を用いた素粒子・原子核に関する研究、生命体を含む物質の構造・機能に関する研究、加速器の性能向上に関する研究および基盤技術に関する研究を行う



つくばキャンパス

電子・陽電子・
光を用いた研究。

東京デズニー
リゾートと同じ
面積の敷地



東海キャンパス

陽子・中性子・
ミューオン・
ニュートリノを
用いた研究。

J-PARC

日本原子力研究開発機構
との共同運営

- ▶ 大学共同利用機関として設置された組織
 - ▶ 国内の大学生・大学院生が研究に利用する実験設備を構える
 - ▶ 年間の共同利用実験数は約1000件
- ▶ 総合研究大学院大学の中核基盤機関
 - ▶ 加速器科学専攻、物質構造科学専攻、素粒子原子核専攻において、大学院教育を展開。新しい時代の研究者を養成
- ▶ 国際協力による基礎科学の発展
 - ▶ 欧州合同原子核研究機関(CERN)と米フェルミ国立加速器研究所(FNAL)とともに加速器科学の三大拠点の一つ



設置されている加速器の例



LHC 実験とコンピューティング

LHC実験 (CERN, Geneva) Higgs 粒子の発見⇒2013年ノーベル物理学賞(理論)



CERN.ch

Global Effort → Global Success

Results today only possible due to extraordinary performance of accelerators – experiments – Grid computing

Observation of a new particle consistent with a Higgs Boson (but which one...?)

Historic Milestone but only the beginning

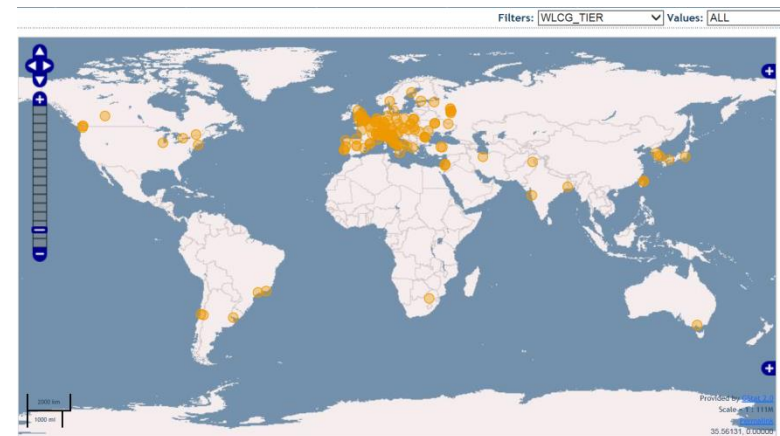
Global Implications for the future



R-D Heuer

2012/7/3 CERN 所長

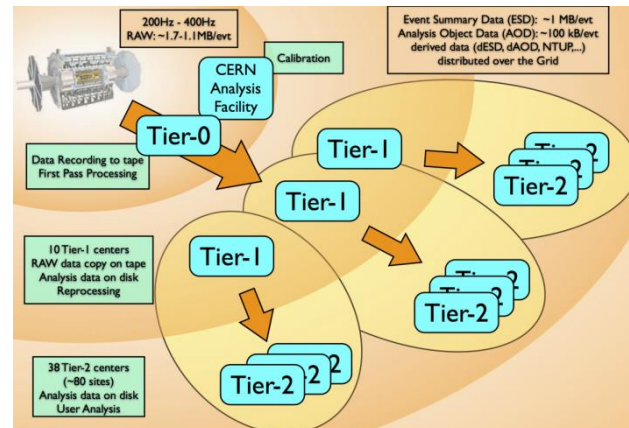
連携する Grid センター



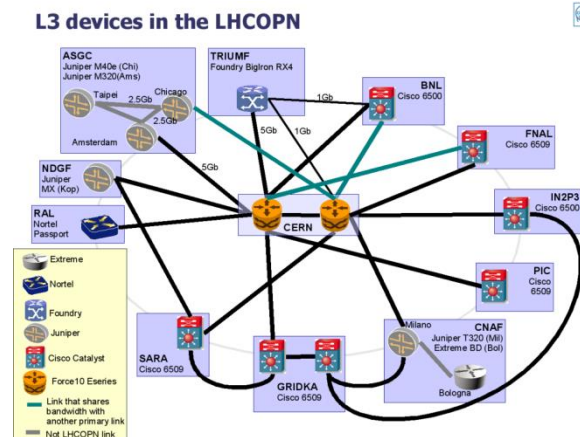
http://gstat2.grid.sinica.edu.tw/gstat/geo/openlayers#/WLCG_TIER/ALL

LHC 実験とコンピューティング

- ▶ 巨大共同利用実験(ATLAS)
 - ▶ 38カ国、176機関、3000人
 - ▶ 日本国内: 17機関、150名
- ▶ 膨大な実験データ
+ 比較用シミュレーションデータ
 - ▶ 30PB(CERN), 150PB(世界)
- ▶ 数十万 CORES
- ▶ 常時15万ジョブ
- ▶ データ保持・転送の階層化(Tier-0, -1, -2, -3)
 - ▶ Tier-0(1:CERN)
 - ▶ Tier-1(13 sits)
- ▶ 強力なネットワーク
 - ▶ LHCOPN (Private network)
 - ▶ LHCON (LHC Open Network Environment)
- ▶ データ民主主義
 - ▶ 共同研究者が同等にデータへのアクセスが可能
- ▶ 共同研究、学術インフラのあり方に大きな変化



<http://www.isgtw.org/feature/how-grid-computing-helped-cern-hunt-higgs>



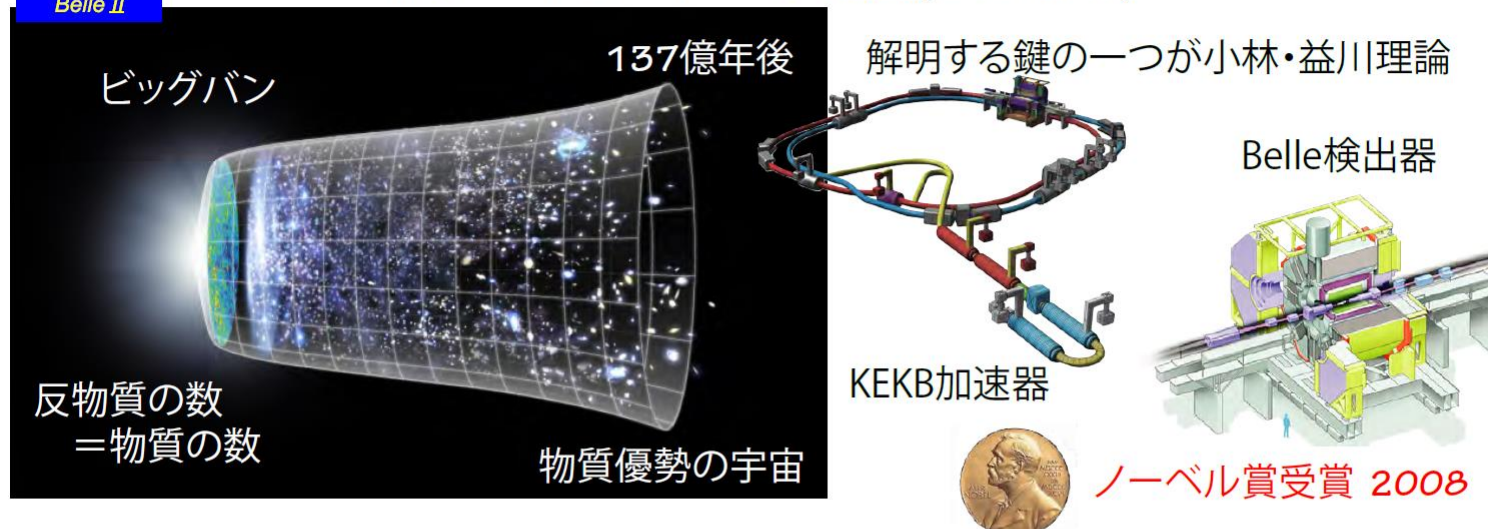
Large Hadron Collider Optical Private Network

Belle 実験から Belle II 実験へ



高エネルギー実験(Belle II)

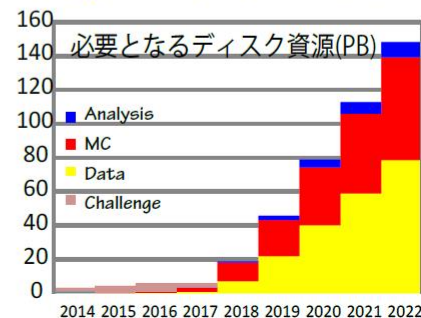
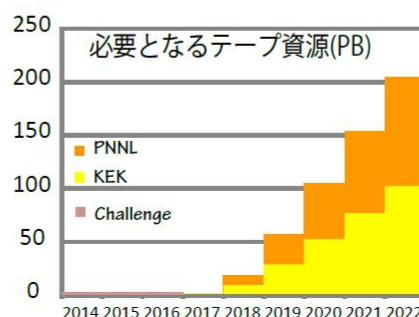
2



しかし小林・益川理論では現在の物質優勢の宇宙を説明できない。

→小林・益川理論を超える**新しい物理**が存在する → **Belle II実験**(2016年10月物理取得開始)

計算機モデルは GRID (gLite/OSG)
負荷を海外に分散するが
ホスト国として資源の約半分が必要
国内大学・機関の協力が重要課題
(計算機資源・ネットワーク等)



KEK
原隆宣

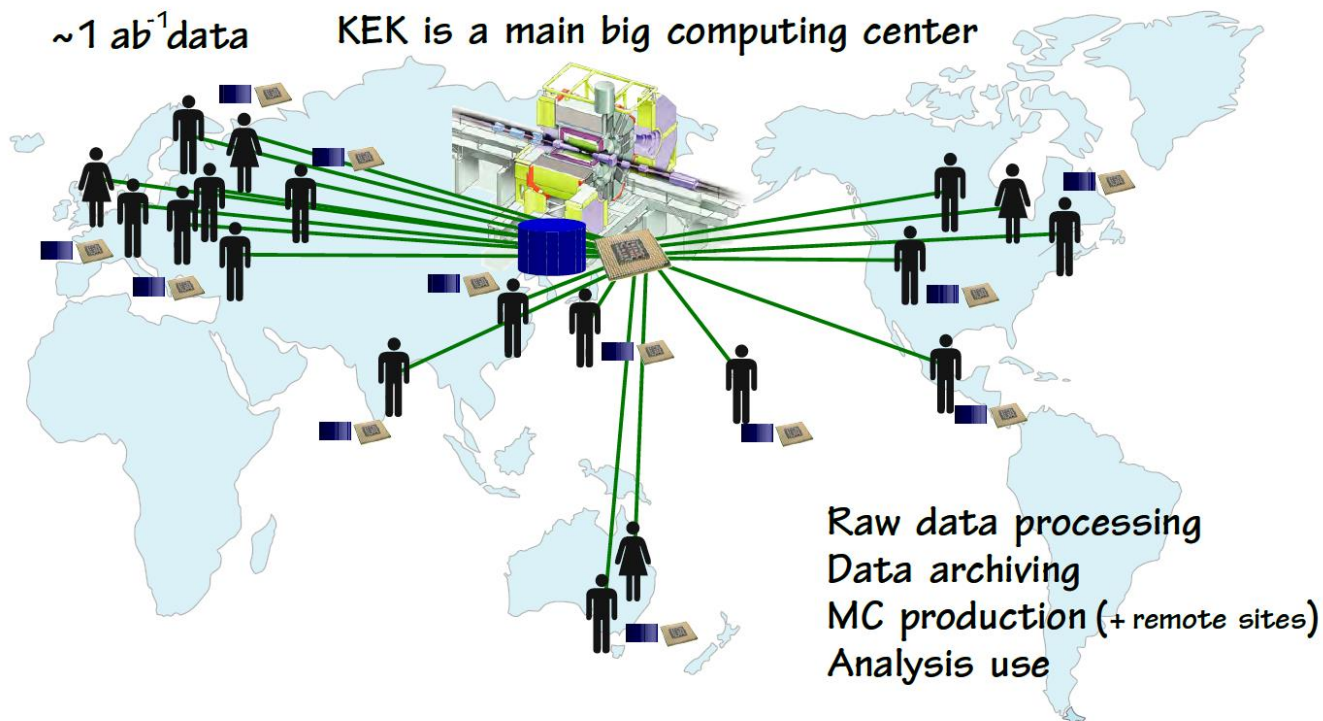
Belle 実験



Belle Computing design

5

Belle: Centralised computing



実験データの
一極集中
から

KEK
原隆宣

Belle II 実験



Belle II Collaboration

10



実験
データの
分散共有
へ



Asia: ~45%

Japan: 144
Korea: 38
Taiwan: 24
India: 21
China: 19
Australia: 16

N. America

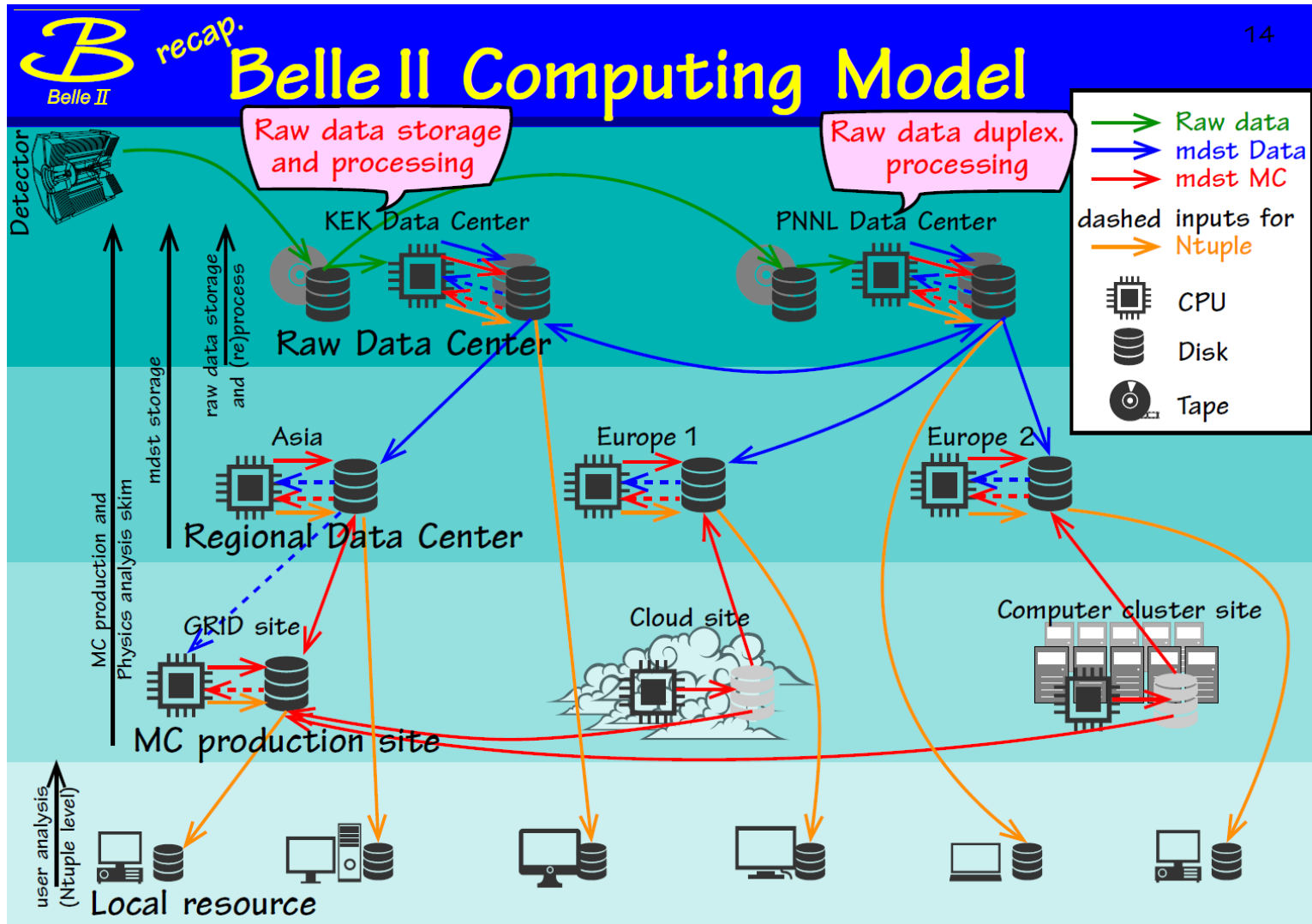
: ~15%
US: 68
Canada: 18

Europe: ~40%

Germany: 83
Italy: 47
Russia: 38
Slovenia: 16
Austria: 13
Poland: 11

KEK
原隆宣

Belle II 実験



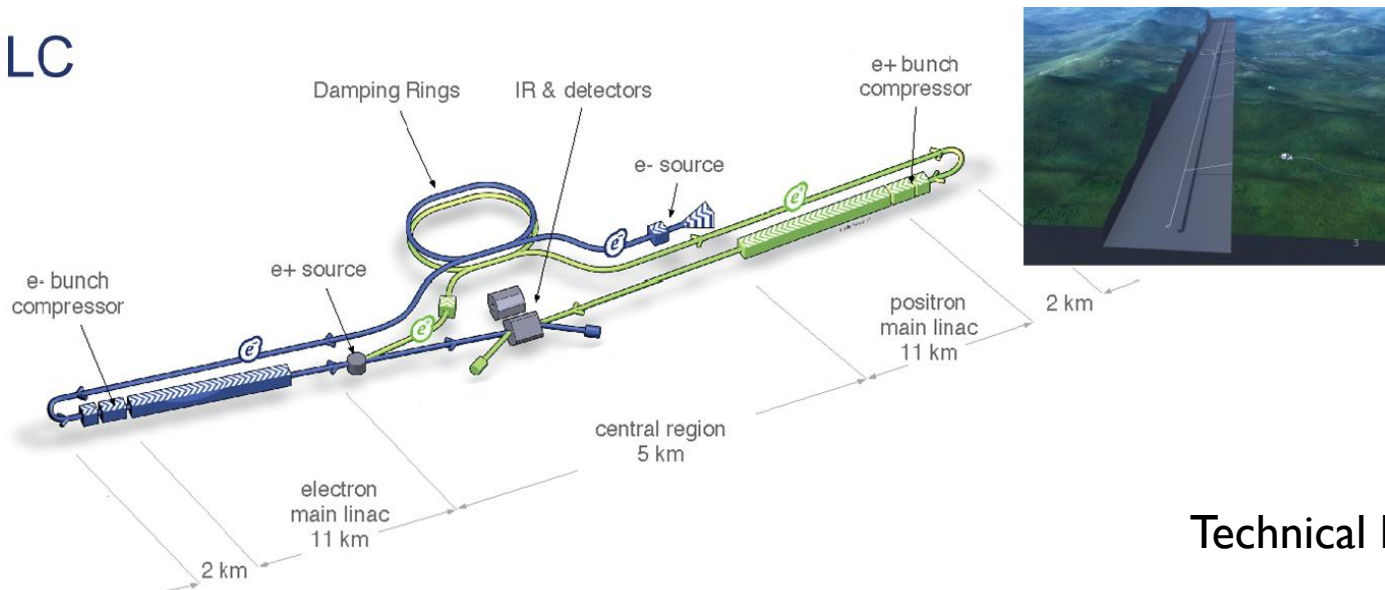
実験解析
の階層
構造

ネットワー
クインフラ
が
不可欠

KEK
原隆宣

ILC(International Linear Collider) 計画

ILC



重心系エネルギー：250 – 500 GeV (全長31km)
将来的には 1000 GeV超(50km超) までアップグレード

アジア・北米・欧州が参加した国際研究チーム
で準備研究進展中。2004年より

TDRへは48か国、392研究機関、約2400人がサインアップ
日本：66研究機関
→ 実験参加時にはさらに増加するものと期待

Technical Design Report



TDR: 2013完成



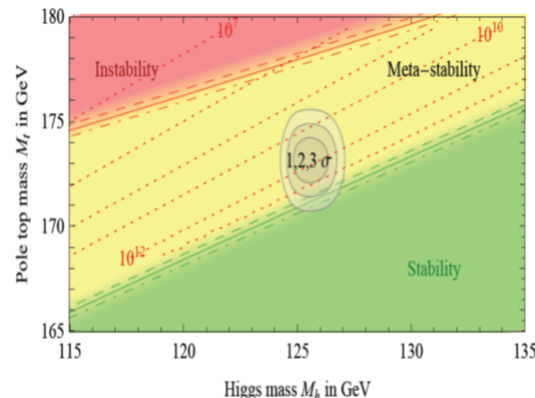
計画実現へ

KEK
宮本彰也

ILC(International Linear Collider) 計画

ILC実験の目的

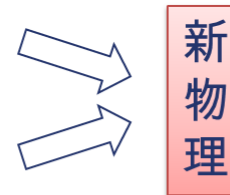
- 標準模型はヒッグス粒子の発見(2012)で完結した。
- が、ヒッグスだけでは不自然。多数の標準模型を超える模型が提案されている。新粒子も！
超対称性、余剰次元、新しい力、...
ダークマター、...



ILCの物理の2本柱

ヒッグス、トップクォーク、W, Z 等をかつてない精度で測定し、標準模型を超える物理の兆候を探す。

超対称性粒子などの新粒子を探す。バックグラウンドが少なく、微弱な信号 (電弱相互作用 Only) にも感度有。



電子・陽電子コライダーの特徴

- ◆ 衝突エネルギーの無駄がない。→ バックグラウンドが少ない、綺麗なイベント
- ◆ よくわかった初期状態(エネルギー、ビーム偏極)→ 理論の精密な検証
- ◆ Duty cycle: 1ミリ秒/200ミリ秒@5Hz → 高密度読み出し(大データ量/イベント)

陽子陽子コライダー(LHC)と電子陽電子コライダー(ILC)が相補的に素粒子物理を推進

KEK
宮本彰也

ILC(International Linear Collider) 計画

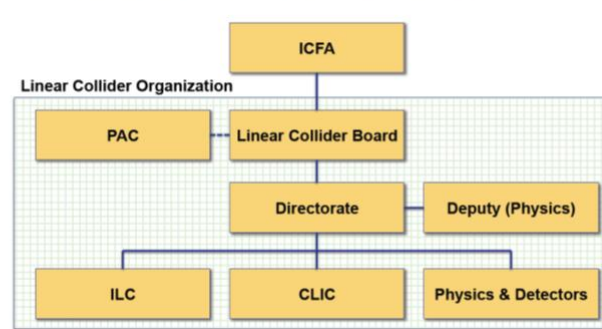
ILC実現に向けて

- 国内候補地-北上山地(2013夏)
- 国内・諸外国の様々なレベルで日本のILCを望む声
- 学術会議答申(2013)
「2~3年かけて予算・人員、海外との協力体制などの検討」
- 2014年度政府予算:ILC調査検討費
- KEK: ILC推進準備室(2014年1月より)
- LCC: 北上山地に合わせた詳細設計進行中

あと数年で建設開始、2020年代には実験開始、HL-LHC と相補的に素粒子物理の解明を行うことを目指す。



Linear Collider Consortium (LCC) 発足(2013年6月)

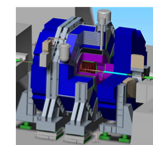


KEK
宮本彰也

ILC(International Linear Collider) 計画

ILC と計算機ネットワーク

- **ILCの測定器開発研究**：国際チームで進めている
 - GRID を使ったシミュレーション研究+データ共有 不可欠
 - 例：昨年春 **~130TB**のデータ(ILDのみ)を**2~3か月**で作成
今後もこのレベルのデータ作成は継続する。**ILCDirac**
→ 安定的な国際ネットワーク不可欠。
 - 国内の主な大学：東北大、東京大、信州大、広島大、九州大
→ KEKCC(UI)経由で欧州などへ
DESY (独)、IN2P3-CC(仏)、CERN(スイス)、RAL(UK)
- **ILC 実験**
 - SiDとILDが交互にデータ収集(Push-Pull 方式)
 - データレート：**10Gbps**, **年間 10PB**の生データ
バックグラウンドが少ないのでHL-LHCほど膨大ではない
おおざっぱな評価なので、今後大きく変わる可能性はある。
 - 生データは、ILC研究所、バックアップをUS(SiD)とEU(ILD)に
 - 生データ解析は、ILC研究所にて
 - 大規模MC計算や理論計算は、EU, US, Asia, 日本のサイトで
実データ解析の~10倍以上必要



SiD (US+ α)



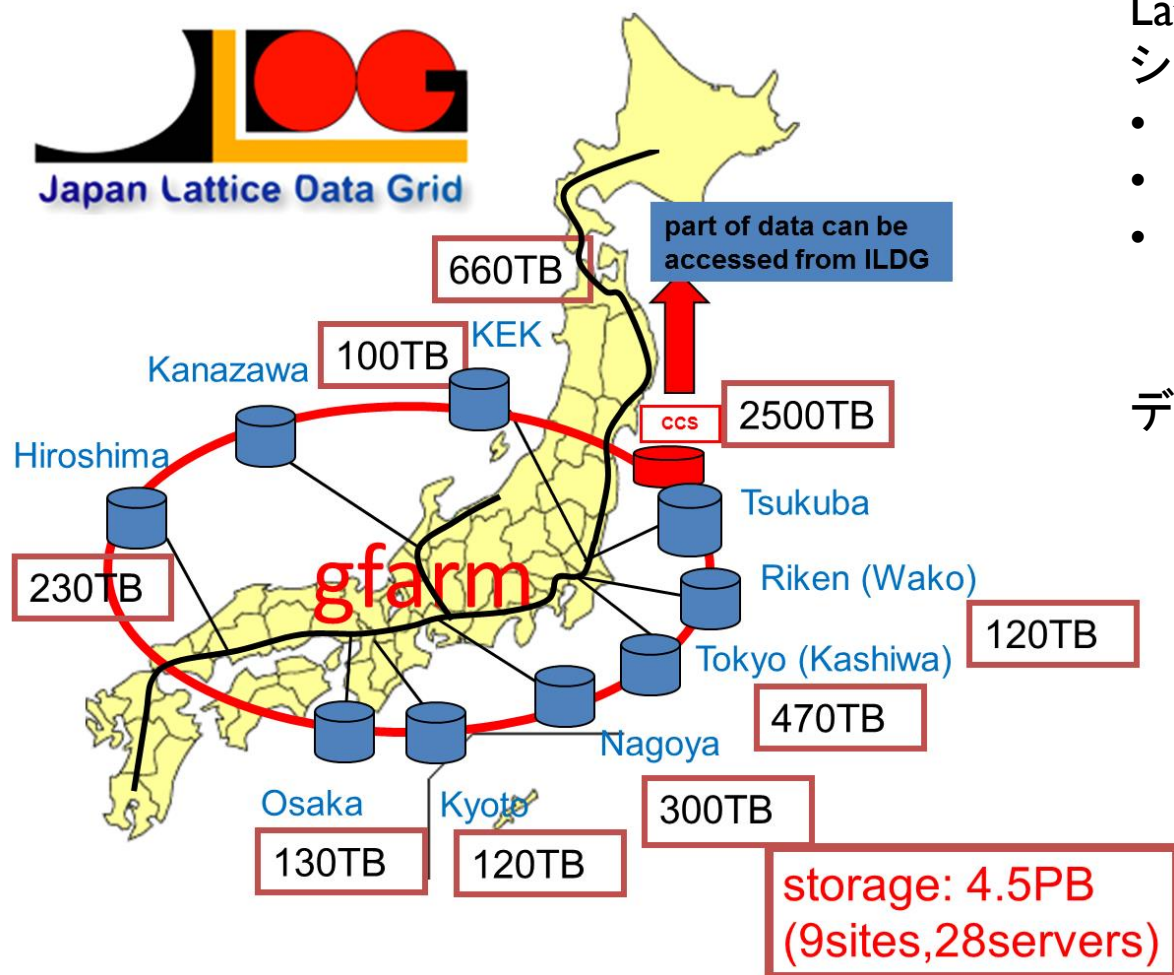
ILD
(EU+JP+ α)



アジア：韓国、中国、インド、オーストラリア、....へも

KEK
宮本彰也

数値物理：JLDG (Japan Lattice Data Grid)



Lattice QCD (素粒子理論)
シミュレーションデータの共有

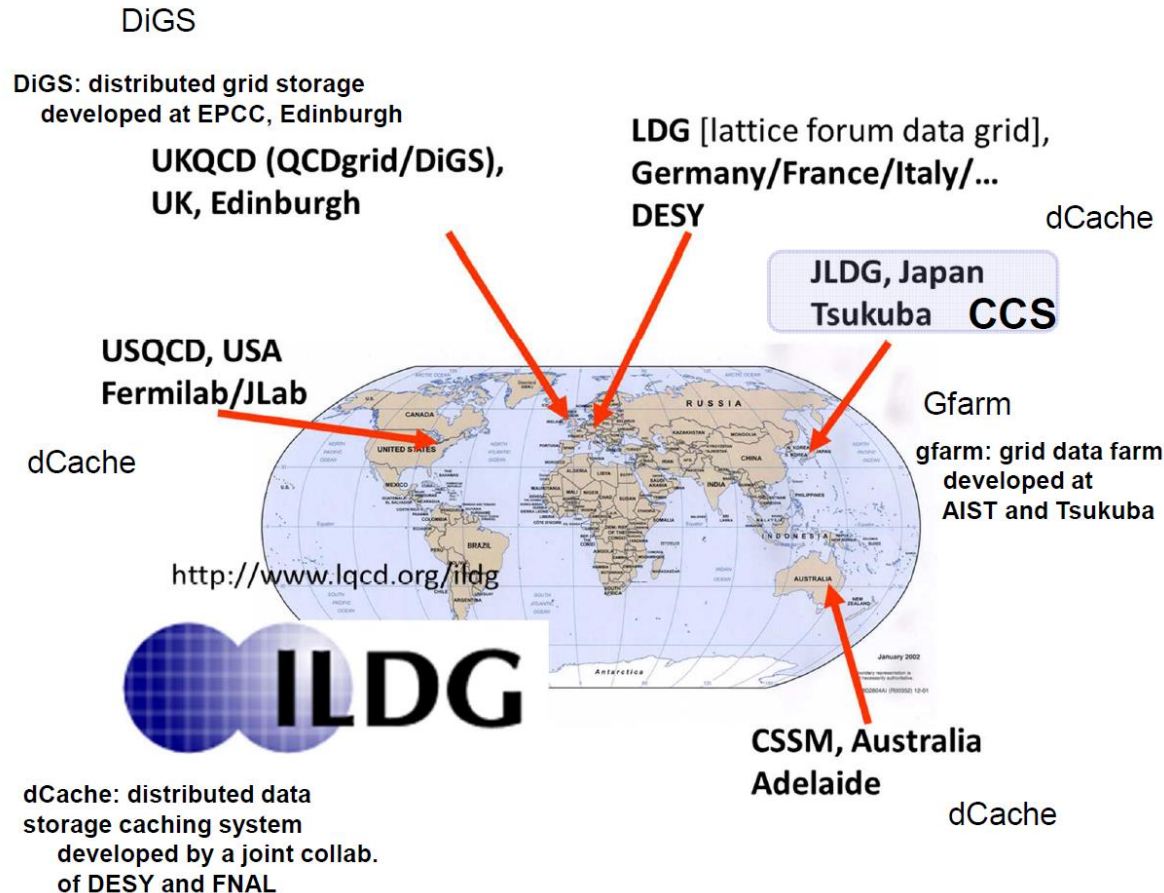
- 国内9機関
- SINET L3VPN 上に構築
- ILDG (International Lattice Data Grid) と連携

データ共有は 2002 から

筑波大学
吉江 友照

数値物理

ILDG (International Lattice Data Grid)



筑波大学
吉江 友照

SINET5 に期待すること

- ▶ **SINET : 日本の安定した学術情報基盤**
 - ▶ SINET なしには、高エネルギー物理学(大規模国際共同研究)は成り立たない
 - ▶ **ネットワークインフラ** : 国際競争力の最も基本的戦略物資
 - ▶ **諸外国に見劣りしない国内ネットワーク**
国内の共同研究基盤
 - ▶ 対米に加えて、**対ヨーロッパ、対アジア**
実効ある国際共同研究
- ▶ **データストレージ + CPU : グリッド、クラウド**
 - ▶ データの局所的存在 ⇒ **偏在化**
 - ▶ 大量データと高速ネットワークと計算システムは**ともにある**
 - ▶ 非常時の対応も含めた**安全性**が不可欠
- ▶ **セキュリティ対策 : 急速に(特に人の)コストが増大**
 - ▶ 急速な(攻撃法の)技術変化 : ばらばらな**サイト毎の対応は困難**
 - ▶ **緊急事態** : (調査だけでも)様々なサービス・機能が停止
 - ▶ 機械的な仕掛けだけでは不十分 : 各個人の「**常識**」の育成
 - ▶ 例えば、認証情報や電子証明書の取り扱い、マルウェア対応
 - ▶ 組織を超えた**人のネットワーク**は極めて重要