## LHCfZ (RHICf, LHC軽原子核衝突)

### さこ 隆志 名大STE/KMI







2014/03/14

CRCタウンミーティング

## Contents

- LHCf実験の現状と今後(2015年で測定は終了)
- 空気シャワー理解のために、加速器をどこまでつかい
  いきれるか?
  - RHICf (提案中)
  - LHC軽原子核衝突(検討中)
  - その他

相互作用モデルによる宇宙線化学組成の違い



(Kampert and Unger, Astropart. Phys., 2012)

## The LHC forward experiment



- ✓荷電粒子は途中のDipole磁石で除かれる
- ✓ 中性粒子 (光子と中性子) が LHCf検出器に到達
- ✓ 衝突 0度を含めて測定可能





✓ 多くの(数)の粒子は中央領域に生成✓ ほとんどのエネルギーは超前方にはこばれる



	Photon (EM shower)	Neutron (hadron shower)	π (EM shower)
Test beam at SPS	NIM. A 671, 129–136 (2012)	arXiv:1312.5950 (accepted by JINST)	
p-p at 900GeV	Phys. Lett. B 715, 298-303 (2012)		
p-p at 7TeV	Phys. Lett. B 703, 128–134 (2011)	In preparation	Phys. Rev. D 86, 092001 (2012)
p-p at 2.76TeV			
p-Pb at 5.02TeV			In preparation

✓ 2015年4-5月に13TeV p-p衝突データ取得予定
 ✓ これで、確定しているLHCfの計画は完了



## Scalingの検証: beyond the LHCに向けて



# Scalingの検証





### RHICfで期待される結果:



- RHIC 500GeV pp collision
- 3x10<sup>7</sup> inelastic collisions (DAQのinefficiency を考えて15分の測定)
- 現行LHCf検出器を使った場合



#### Letter of intent; Precise measurements of very forward particle production at RHIC

Y.Itow, H.Menjo, G.Mitsuka, T.Sako

Solar-Terrestrial Environment Laboratoy / Kobayashi-Maskawa Institute for the Origin of Particles and the Universe / Graduate School of Science, Nagoya University, Japan

K.Kasahara, T.Suzuki, S.Torii

Waseda University, Japan

O.Adriani, A.Tricomi

INFN, Italy

Y.Goto

Riken BNL, Japan

K.Tanida Seoul National University



### RHICfの提案

- ✓ 2013年6月: RHIC PACIC LOIを提出。Positiveな回答を得る(具体的なプランをつめてproposalを提出するように)。
- ✓ 2013年末-: PHENIXとの連携を議論
  - RHIC、PHENIXの将来計画(eRHIC, sPHENIX)との整合性
- ✓ 2014年2月: PHENIXグループに運転プランを提示
  - 500GeV pp;  $\beta^*$ =10m; n<sub>b</sub>=110; L=1.1×10<sup>31</sup>
  - 実質operation time 1day
  - 加速器グループからのbeam setup時間予想、予備測定時間(合計5 日程度)も含めてPHENIXグループで検討中
- ✓ (PHENIXでapproveされた場合)
- ✓ 2014年6月のPACで議論
- ✓ approveされた場合、2016年初めに operation
  - 予算の余裕があれば、専用検出器の開発
  - なければ、2015年LHC 13TeV終了後に現行検出器をBNLに移送



### LHC軽原子核衝突実験(LHCfZ)の可能性

- ・ 空気シャワー研究のためには窒素(酸素)原子核を含む衝突を 実現したい
  - 1. (軽)原子核衝突のモデル依存(原子核効果の不定性)はどれくらいあるのか?
  - 2. LHCで軽原子核衝突は可能か?
    - CERN加速器部門による検討。「技術的には問題はない。セットアップ時間は必要なので、CERNの他の計画との調整が最大の課題。
      酸素イオンならば比較的セットアップが短くすむ」
  - 3. 原子核衝突では超前方多重度が高いため、検出器の見直しが必要
    - シリコンピクセル(パッド)カロリーメータの基礎開発

### 軽原子核衝突における原子核効果 (モデルによる違い)



前方π<sup>0</sup>生成断面積 pp vs. pC

Nuclear Modification Factor pC/pp

$$R \equiv \frac{1}{\sigma_{\text{inel}}^{pC}} E \frac{d^3 \sigma^{pC}}{dp^3} \left(\frac{1}{\sigma_{\text{inel}}^{pp}} E \frac{d^3 \sigma^{pp}}{dp^3}\right)^{-1}$$

#### ECR source

- The source can "deliver anything", however...
  - It takes time to commission the whole chain with new species (16 weeks minimum for LEIR/PS/SPS)
  - Switching between two species within one year is difficult (~ 4 weeks to switch ECR for completely different species)
     -> competition with Pb-Pb and p-Pb in LHC, and primary ions in North Area (Ar, Xe, Pb)
- Oxygen is support gas for Pb

- One can imagine running O for a short period within Pb year

- Opens possibility for O-O and p-O
- Other ion mixtures
  - N + O , S + O "Easy"
  - MIVOC (Metal Ions from Volatile Compounds) for Fe...

D.Manglunki

Prospects for light ion collisions in the LHC

軽イオン衝突@LHC

#### Disclaimer

- Very preliminary
- Not endorsed by CERN management
- Only technical feasibility
- Even if feasible, scheduling an actual run would be a hard battle

D.Manglunki presented at the workshop: "Results and prospects of forward physics at the LHC: Implications for the study of diffraction, cosmic ray interactions, and more", 11-12 Feb 2013, CERN

シリコンパッドカロリーメータ



まとめ

- ✓ LHCfは 2015年の 13TeV pp衝突測定で終了
- ✓ LHC以上のエネルギーにせまるため、RHICでの測定 RHICfを提案中 => 実現すれば 2016年初めに 500GeV pp衝突で測定
- ✓ LHCでの軽原子核(酸素)衝突 LHCfZを検討中
  - ✓加速器側に技術的困難なし
  - ✓検出器側の基礎開発開始
  - ✓測定精度一宇宙線物理へのインパクトに関する定量的な 提案が必要
- ✓ Colliderはまだ使い尽くしたとは言えない
  => 時間があれば「その他」

### その他 1

### rapidityの隙間をうめる





✓ 多くの(数)の粒子は中央領域に生成✓ ほとんどのエネルギーは超前方にはこばれる

### 前方粒子の測定原理



Zero度測定は pp colliderでのみ可能 (Tevatronは無理)

22

### 前方粒子の測定原理



### その他 2

### Future Circular Collider







Date : 2014-02-11



The goal of the hadron collider designed in the scope of the Future Circular Collider study is to provide proton-proton collisions at a centre-of-mass energy of 100 TeV. The machine is compatible with ion beam operation. Assuming a nominal dipole field of 16 T, such a machine would have a circumference of the order of 100 km. The machine is designed to accommodate two main proton experiments that are operated simultaneously. The machine delivers a peak luminosity of  $1 = 5 \times 10^{34} \text{ cm}^{-2}\text{c}^{-1}$  The layout should allow for two

