

陽子・反陽子衝突型加速器実験 CDF実験における Data Handling

武内 勇司 (筑波大物理)

第3回データ科学ワークショップ@筑波大
学計算科学研究センター

2010年11月26日

内容

- 加速器実験イントロダクション
 - TEVATRON/CDF実験の紹介
- CDF実験でのデータフロー

素粒子と相互作用

物質構成粒子



アップ



チャーム



トップ



ダウン



ストレンジ



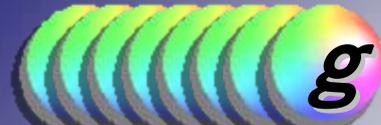
ボトム

クォーク



レプトン

力の場に伴う粒子



グルーオン



フォトン

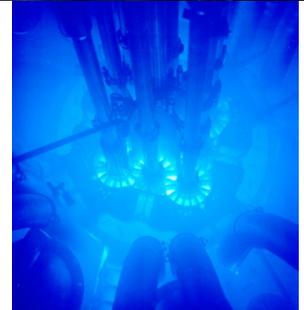
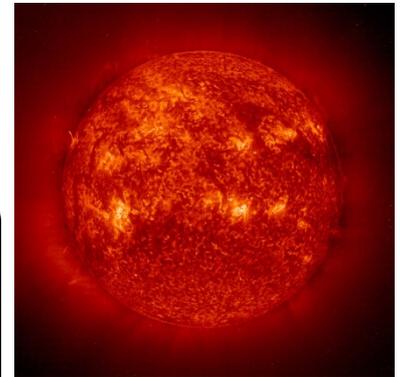


ウィークボゾン

素粒子に質量を与える粒子



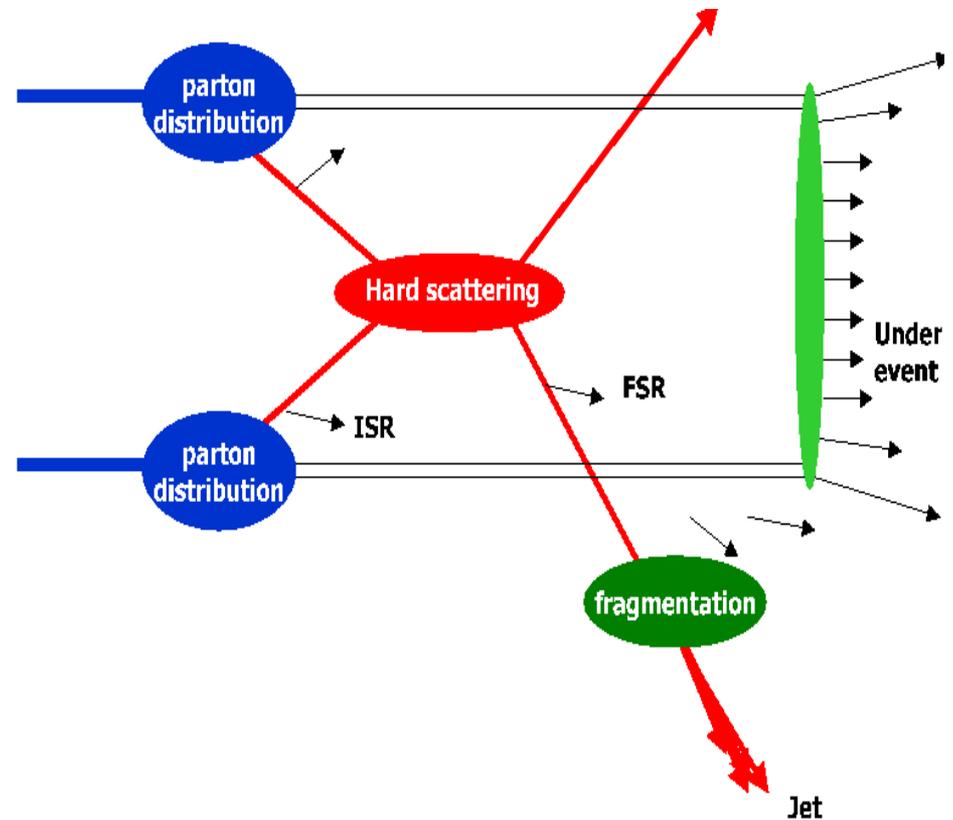
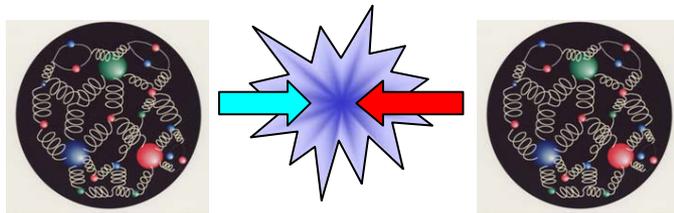
(未発見)



ヒッグス粒子

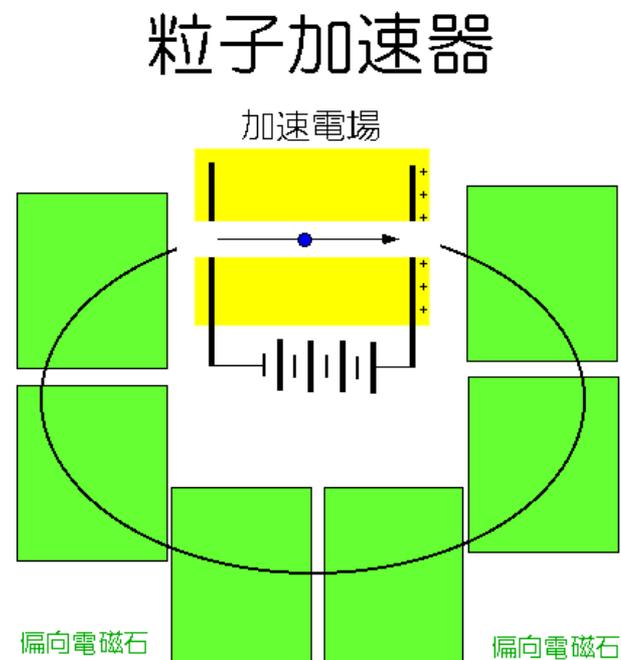
実験的検証：粒子衝突実験

- 高エネルギー衝突によって生成された素粒子，およびその崩壊を調べる



高エネルギー素粒子反応事象を起こすための装置： 加速器

- 対象が微小になる程、それを調べるには高いエネルギー(=短波長)を要する
- より高エネルギーに加速するには、**巨大な粒子加速器が必要**
 - 繰り返し加速→円形加速器
 - 加速できるのは安定した(寿命が長い)荷電粒子
 - 陽子(反陽子)、電子(陽電子)、原子核
 - 加速器での衝突頻度を上げることも重要



主な高エネルギー—衝突型加速器

PEP-II (SLAC)

電子(9.0GeV) x 陽電子(3.1GeV)



Stanford
Linear
Accelerator
Center

HERA (DESY)

電子(30GeV) x 陽子(920GeV)



KEKB (KEK)

電子(7GeV)x陽電子(4GeV)



BROOKHAVEN
NATIONAL LABORATORY

Fermilab
Discovering the Nature of Nature



CERN



TEVATRON (Fermilab)

陽子(1TeV) x 反陽子(1TeV)

LHC (CERN)

陽子(3.5TeV) x 陽子(3.5TeV)

CDF実験参加機関



Canada

[McGill Univ.](#)
[Univ. of Toronto](#)



USA

[Argonne National Laboratory, IL](#)
[Brandeis Univ., MS](#)
[Univ. of Chicago, IL](#)
[Davis UC, CA](#)
[Duke Univ., NC](#)
[FNAL, IL](#)
[Univ. of Florida, FL](#)
[Harvard Univ., MA](#)
[Univ. of Illinois, IL](#)
[The Johns Hopkins Univ., MD](#)
[LBNL, CA](#)
[MIT, MA](#)
[Michigan State Univ., MI](#)
[Univ. of Michigan, MI](#)
[Univ. of New Mexico, NM](#)
[The Ohio State Univ., OH](#)
[Univ. of Pennsylvania, PA](#)
[Univ. of Pittsburgh, PA](#)
[Purdue Univ., IN](#)
[Univ. of Rochester, NY](#)
[Rockefeller Univ., NY](#)
[Rutgers Univ., NJ](#)
[Texas A&M Univ., TX](#)
[Texas Tech Univ., TX](#)
[Tufts Univ., MA](#)
[UCLA, CA](#)
[Univ. of Wisconsin, WI](#)
[Yale Univ., CT](#)



China

[Academia Sinica,](#)
Taiwan



Korea

KHCL



Russia

[JINR, Dubna](#)
[ITEP, Moscow](#)



Germany

[Univ. Karlsruhe](#)



Switzerland

[Univ. of Geneva](#)



UK

[Glasgow Univ.](#)
[Univ. of Liverpool](#)
[Univ. of Oxford](#)
[Univ. College London](#)



Italy

[Univ. of Bologna, INFN](#)
[Frascati, INFN](#)
[Univ. di Padova, INFN](#)
[Pisa, INFN](#)
[Univ. di Roma I, INFN](#)
[INFN-Trieste](#)
[Univ. di Udine](#)



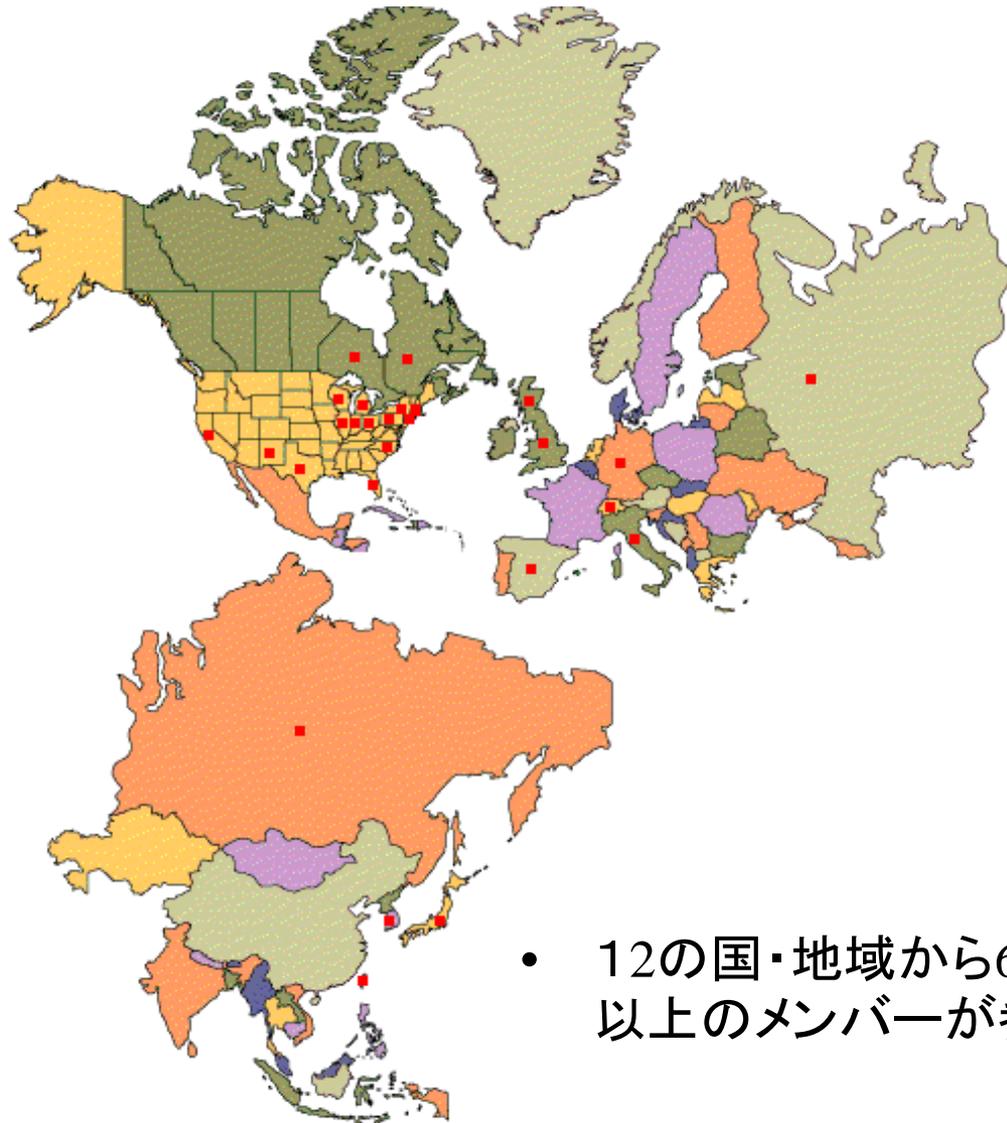
Spain

[Univ. of Cantabria](#)



Japan

[Hiroshima Univ.](#)
[KEK](#)
[Osaka City Univ.](#)
[Univ. of Tsukuba](#)
[Waseda Univ., Tokyo](#)



- 12の国・地域から600人以上のメンバーが参加

CDF Default Author List April 2010 - October 2010

- T. Aaltonen,²⁴ B. Alvarez González,²⁹ S. Amerio,⁴⁴ D. Amidei,³² A. Anastasov,³⁶ A. Annovi,¹³ J. Antos,⁴² G. Apollinari,¹⁵ J.A. Appel,¹⁵ A. Apresyan,⁴⁶ T. Aritaawa,⁵⁶ A. Artukov,¹³ J. Asadi,⁵¹ W. Ashmanskas,¹⁵ B. Auerbach,⁵⁹ A. Aurisano,⁵¹ F. Azfar,¹⁹ W. Badgett,¹⁵ A. Barbaro-Galtieri,²⁶ V.E. Barnes,⁴⁶ B.A. Barnett,²⁴ P. Barria,⁴⁰ P. Bartas,¹² M. Bauer,⁴¹ G. Bauer,³⁰ F. Bedeschi,⁴⁴ D. Beecher,²⁶ S. Behari,²³ G. Bellefante,⁴⁴ J. Bellinger,⁵⁸ D. Benjamin,¹⁴ A. Boretzky,¹⁵ A. Bhatti,⁴⁸ M. Binkley,¹⁵ D. Bisello,⁴⁰ I. Bizjak,⁹² K.R. Blund,⁵ B. Blumenfeld,²⁵ A. Bocci,¹⁴ A. Bodek,¹⁷ D. Bortoletto,¹³ J. Boudreau,¹⁵ J. Braz⁴,¹⁵ L. Brigladieri,⁵ A. Brisola,¹² C. Bromberg,³³ E. Bruckner,²¹ M. Bucciantonio,⁶⁶ J. Budagov,¹³ H.S. Budd,⁴⁷ S. Budd,²² K. Burkett,⁵ G. Buscietti,²⁹ P. Bussey,⁹ A. Buzala,³¹ C. Cabanada,²⁹ S. Camarda,⁴ M. Campanelli,²³ M. Campbell,³² F. Canelli,¹² A. Canepa,⁴³ B. Carls,²² D. Carlsmith,⁵⁸ R. Carosi,¹⁴ S. Carrillo,¹⁶ S. Carron,¹⁵ B. Casal,¹² M. Casarà,¹⁵ A. Castro,⁶ P. Catastini,¹⁵ D. Cauz,⁵² V. Cavaliere,⁴⁴ M. Cavalli-Sforza,⁴⁴ A. Cerri,²⁶ L. Corritto,²⁸ Y.C. Chen,¹ M. Chertok,⁷ G. Chiarilli,⁴⁴ G. Chlachidze,²⁹ F. Chlebana,¹⁵ K. Cho,²⁵ D. Chokheli,¹² J.P. Chou,²⁹ W.H. Chung,⁵⁸ Y.S. Chung,⁴⁷ C.L. Cioban,⁴² M.A. Cioceci,⁴⁴ A. Clark,¹⁸ G. Compostella,⁴¹ M.E. Convery,¹³ J. Conway,⁷ M. Corbo,⁴² M. Cordelli,¹⁷ C.A. Cox,⁷ D.J. Cox,⁷ F. Cresciani,⁴⁴ C. Cuenca Almenar,²⁹ J. Cuevas,⁹ R. Culbertson,¹⁵ D. Dagenhart,¹⁵ N. d'Ascenzo,⁴² M. Datta,¹⁵ P. de Barbaro,⁴⁷ S. De Cecco,⁴⁹ G. De Lorenzo,⁴⁴ M. Dell'Orso,⁴⁴ C. Deluca,⁴ L. Demortier,⁴⁸ J. Deng,¹⁷ M. Deninno,⁴⁴ F. Devoto,²¹ M. D'Errico,⁴⁴ A. Di Carlo,⁴⁴ B. Di Ruzza,⁴⁴ J.R. Dittmann,⁹ M. D'Onofrio,²⁷ S. Donati,⁶⁶ P. Dong,¹⁵ T. Dorigo,⁴⁴ K. Ebina,⁵⁶ A. Elagin,⁵⁶ A. Eppig,³² R. Erbacher,³¹ D. Errede,²² S. Errede,²² N. Ershadifar,⁴² R. Essobi,⁵⁴ H.C. Fang,²⁰ S. Farrington,⁴⁰ M. Feindt,²⁴ J.P. Fernandez,²⁹ C. Ferrazza,⁴⁴ R. Field,¹⁶ G. Flanagan,⁴⁶ R. Forrest,¹⁷ M.J. Frank,⁵ M. Franklin,²⁰ J.C. Freeman,¹⁵ I. Furic,¹⁶ M. Gallinaro,⁴⁸ J. Galyardt,²⁹ J.E. Garcia,²⁸ A.F. Garfinkel,⁴⁶ P. Garosi,⁴⁴ H. Gerberich,²² E. Gerdelstein,¹⁹ S. Giagu,⁴⁹ V. Gikjoumopoulou,³ P. Giannetti,⁴⁴ K. Gibson,⁴⁸ C.M. Ginsburg,¹³ N. Gloukakis,³ P. Giromini,¹⁶ M. Giunta,⁴⁴ G. Giurgiu,¹³ V. Glagolev,¹³ D. Glencinski,¹⁵ M. Gold,³⁵ D. Goldin,⁵¹ N. Goldschmidt,¹⁶ A. Golossanov,¹⁵ C. Gomez,⁹ G. Gomez-Ceballos,³⁰ M. Goncharov,³⁰ O. González,²⁹ I. Gorelov,³⁵ A.T. Goshaw,¹⁴ K. Goulianos,⁴⁸ A. Gressele,⁴¹ S. Grinstein,¹ C. Grosso-Pilcher,¹⁵ R.C. Group,⁵⁵ J. Guimaraes da Costa,²⁰ Z. Guunay-Unalhan,³³ C. Haber,²⁶ S.R. Hahn,¹⁵ E. Halkiadakis,⁵⁰ A. Hamaguchi,³⁹ J.Y. Han,⁴⁷ F. Happacher,¹⁷ K. Hara,⁵⁴ D. Hare,⁵⁰ M. Hare,⁵⁴ R.F. Harr,⁵⁷ K. Hatakeyama,³ C. Hays,⁴⁰ M. Heck,²⁴ J. Heinrich,⁴³ M. Herndon,³⁶ S. Hewamanage,⁹ D. Hidas,⁵⁰ A. Hocker,²³ W. Hopkins,¹³ D. Horn,²⁴ S. Hori,¹⁴ R.E. Hughes,³⁹ M. Hurlwitz,¹¹ U. Husmann,⁵⁹ N. Hussain,³ M. Hussein,³⁴ J. Huston,³⁴ G. Infrozzi,⁴⁴ M. Iori,⁴⁹ A. Ivanov,⁷ E. James,¹⁵ D. Jang,¹⁰ B. Jayatilaka,¹⁴ E.-I. Jeon,²⁵ M.K. Jha,⁴³ S. Jindariani,¹⁵ W. Johnson,⁷ M. Jones,¹⁶ K.K. Joo,²⁵ S.Y. Jun,¹⁰ T.R. Junk,¹⁵ T. Kamon,⁵² P.E. Karchin,⁵⁷ Y. Kato,³⁹ W. Ketchum,¹⁴ J. Keung,⁴³ V. Khablouchi,⁵⁴ B. Kilminster,¹⁵ D.H. Kim,²⁰ H.S. Kim,²⁰ H.W. Kim,²⁰ J.E. Kim,²⁰ M.J. Kim,¹¹ S.B. Kim,²⁰ S.H. Kim,⁵³ Y.K. Kim,¹¹ N. Kimura,⁵⁰ M. Kirby,¹⁵ S. Klimentenko,¹⁵ K. Kondo,⁵⁶ D.J. Kong,²⁵ J. Kongsberg,¹⁶ A.V. Kotwal,¹⁴ M. Kreps,²⁴ J. Kroll,⁴³ D. Kropp,¹⁵ N. Krummack,⁵ M. Kruse,¹⁴ V. Krut'iyov,⁵¹ T. Kuhn,²⁴ M. Kurata,³³ S. Kwang,¹¹ A.T. Laasanen,⁴⁶ S. Lami,⁴⁴ S. Lammel,¹⁵ M. Lancaster,²⁸ R.L. Lander,⁷ K. Lannon,²⁵ A. Lath,⁵⁰ G. Latimer,⁴⁴ I. Lazzizzera,⁴⁴ T. LeCompte,² E. Lee,⁵¹ H.S. Lee,¹¹ J.S. Lee,²⁵ S.W. Lee,¹⁵ S. Leo,⁶⁶ S. Leone,⁴⁴ J.D. Lewis,¹⁵ C.-I. Lin,²⁶ J. Linacre,⁴⁰ M. Lindgren,¹⁵ E. Lipelak,⁴³ A. Lister,¹⁸ D.O. Litvintsev,¹⁹ C. Liu,⁴⁵ Q. Liu,⁴⁶ T. Liu,¹⁵ S. Lockwitz,⁵⁹ N.S. Lockyer,⁴³ A. Loginov,³⁹ D. Lucchesi,⁴⁴ J. Luick,²⁴ P. Lujan,²⁶ P. Lukens,¹⁹ G. Luigi,⁴⁸ J. Lyb,²⁰ R. Lysak,¹² R. Madrak,¹⁵ K. Maeshima,⁵ K. Makhoul,³⁰ P. Maksimovic,²³ S. Malik,⁴⁸ G. Manceau,⁴⁷ A. Manousakis-Katsikakis,³ F. Margaroli,⁴⁶ C. Marino,²⁴ M. Martínez,⁴ R. Martínez-Ballarín,²⁹ P. Mastrandrea,⁴⁹ M. Masias,³⁰ M.E. Mattson,³⁷ P. Mazzanti,⁶ K.S. McFarland,¹⁶ P. McIntyre,⁵¹ R. McNulty,²⁷ A. Mellta,²⁷ P. Mehta,¹⁴ A. Menzione,⁴⁴ C. Mesropian,⁴⁸ T. Miaou,¹⁵ D. Miellicki,³² A. Mitra,⁴ H. Miyake,⁵³ S. Moedl,²⁹ N. Moggi,⁶¹ M.N. Mondragon,¹⁵ C.S. Moon,²⁵ R. Moore,¹⁹ M.J. Morello,¹⁵ J. Morlok,²⁴ P. Morilla Fernandez,¹⁵ A. Mucklerjee,¹⁵ Th. Müller,²⁴ P. Murat,¹⁵ M. Mussini,⁶¹ J. Nachtman,⁴⁹ Y. Nagai,³³ J. Nagamoma,³⁶ I. Nakano,³⁸ A. Nappier,³⁴ J. Nett,²⁶ C. Neu,⁵⁵ M.S. Neubauer,²² J. Nielsen,²⁶ L. Nodulman,² O. Norriella,²² E. Nurse,²⁶ L. Oakes,⁴⁰ S.H. Oh,¹⁴ Y.D. Oh,²⁹ I. Okusun,¹⁹ L. Okusawa,³⁹ R. Orava,²¹ L. Ortolan,³ S. Pagan Griso,⁴¹ C. Pagliarone,⁵² E. Palencia,³¹ V. Papadimitriou,¹⁵ A.A. Papanou,² J. Patrick,¹⁵ G. Pauletta,¹⁵ M. Paulini,⁴⁰ C. Pans,²⁰ D.E. Pallett,⁴ A. Paozzi,³² T.-J. Phillips,¹⁴ G. Piacentino,⁴⁴ E. Pianori,⁴³ J. Pilot,²⁶ K. Pitts,²⁷ C. Pflager,⁷ L. Pondron,⁵⁶ K. Potamianos,¹⁶ O. Poukhov,¹³ F. Prokoshin,¹⁴ A. Pronko,¹⁵ F. Protopopescu,¹⁷ E. Puteschke,¹⁹ G. Puzi,⁴⁴ J. Pursley,⁵⁸ A. Rahaian,⁴⁵ V. Ramakrishnan,⁵⁸ N. Ranjan,⁴⁶ I. Redondo,²⁹ P. Renton,⁴⁰ M. Rescigno,⁴⁹ F. Rimondi,¹⁵ L. Ristori,⁴⁹ A. Robson,¹⁹ T. Rodrigo,⁴³ E. Rogers,²² S. Rolli,⁵⁴ R. Roser,¹⁵ M. Rossi,⁵² P. Rubbo,¹⁵ F. Ruffini,⁴⁴ A. Ruiz,⁹ J. Russ,¹⁹ V. Rusu,¹⁵ A. Safonov,⁵¹ W.K. Sakumoto,⁴⁷ L. Santit,⁵² L. Sartori,⁴⁴ K. Sato,⁵³ V. Savveliev,⁴² A. Sawy-Navarro,⁴² P. Schlabach,¹⁵ A. Schmidt,²⁴ E.F. Schmidt,¹⁵ M.P. Schmidt,³⁹ M. Schmitt,²⁰ T. Schwarz,¹ L. Scodellaro,⁶ A. Scribano,⁴⁴ F. Sciucchi,⁴⁴ A. Seol,⁴⁶ S. Seidel,³⁶ Y. Seiya,³⁹ A. Semenov,¹³ E. Sforza,⁶⁶ A. Sfyra,²² S.Z. Shadloff,⁷ T. Shears,²⁷ P.F. Shepard,⁴⁵ M. Shimozuma,⁵³ S. Shiraishi,¹¹ M. Shochet,¹¹ L. Shreyber,¹¹ A. Simonenko,¹⁴ P. Sinervo,¹⁵ A. Sissakian,¹³ K. Sliwa,⁵⁴ J.R. Smith,⁷ F.D. Snider,¹⁵ A. Sola,¹⁵ S. Somalwar,⁵⁰ V. Sorin,⁴ P. Squillacioti,¹⁵ M. Stanitzki,³⁹ R. St. Denis,¹⁴ B. Stelzer,¹¹ O. Stelzer-Chilton,²⁰ D. Stentz,⁴¹ G. J. Strogalos,⁴⁵ G.L. Strycker,⁴² Y. Sudo,⁵² A. Sirkhanov,¹⁵ I. Suslov,⁵³ K. Takemasa,⁵³ Y. Takouchi,⁵³ J. Tang,¹¹ M. Tavecchio,³² P.K. Teng,¹ J. Thom⁹,¹⁵ J. Thome,¹⁰ G.A. Thompson,²² E. Thomson,⁴⁴ P. Titto-Guzmán,²⁹ S. Tkaczyk,¹⁵ D. Toback,⁵¹ S. Tolar,⁴² K. Tollefson,³³ T. Tomura,⁵⁴ D. Tonelli,¹⁵ S. Torre,¹¹ D. Torretta,¹⁵ P. Totaro,¹⁵ M. Trovati,⁴⁴ Y. Tu,⁴⁸ N. Turinici,⁴⁴ F. Ukegawa,³³ S. Uozumi,²⁶ A. Varganov,³² E. Vataaga,⁴⁴ F. Vázquez,¹⁶ G. Velev,¹⁵ C. Vellidis,³⁵ M. Vidal,²⁹ I. Vila,⁹ R. Vilar,⁹ M. Vogel,⁴⁵ G. Volpi,⁴⁴ P. Wagner,⁴³ R.L. Wagner,¹⁵ T. Wakisaka,⁴⁹ R. Wallny,⁸ S.M. Wang,¹ A. Warburton,⁹ D. Waters,²⁸ M. Weinberger,⁵⁴ W.C. Wester III,¹⁵ B. Whitehouse,⁵⁴ D. Whiteson,⁴³ A.B. Wicklund,⁵ E. Wicklund,¹⁵ S. Wilbur,¹¹ F. Wick,²⁴ H.H. Williams,⁴³ J.S. Wilson,³⁷ P. Wilson,¹³ B.L. Winer,³⁷ P. Wittich,²⁵ S. Wolbers,¹⁵ H. Wolfe,³⁷ T. Wright,³² X. Wu,²⁸ Z. Wu,¹⁵ K. Yamamoto,³⁹ J. Yamaoka,¹⁴ T. Yang,¹⁵ U.K. Yang,¹¹ Y.C. Yang,²⁵ W.-M. Yao,³⁶ G.P. Yeh,¹⁵ K. Yi,¹⁵ J. Yoh,¹⁵ K. Yorita,⁵⁶ T. Yoshida,³⁹ G.B. Yu,¹⁴ I. Yu,²⁵ S.S. Yu,¹⁵ J.C. Yun,¹⁵ A. Zanetti,⁵² Y. Zeng,¹¹ and S. Zucchelli¹⁵

(CDF Collaboration)

¹Institute of Physics, Academia Sinica, Taipei, Taiwan 11529, Republic of China²Argonne National Laboratory, Argonne, Illinois 60439, USA³University of Athens, 157 01 Athens, Greece⁴Instituto de Física de Altas Energías, Universidad Autónoma de Barcelona, E-08193, Bellaterra (Barcelona), Spain⁵Baylor University, Waco, Texas 76798, USA⁶Istituto Nazionale di Fisica Nucleare Bologna, University of Bologna, I-40127 Bologna, Italy⁷University of California, Davis, Davis, California 95616, USA⁸University of California, Los Angeles, Los Angeles, California 90024, USA⁹Instituto de Física de Cantabria, CSIC-University of Cantabria, 39005 Santander, Spain¹⁰Cornell Mellon University, Pittsburgh, Pennsylvania 15213, USA¹¹Enrico Fermi Institute, University of Chicago, Chicago, Illinois 60637, USA¹²Cornelius University, 842 18 Bratislava, Slovakia, Institute of Experimental Physics, 040 01 Kosice, Slovakia¹³Joint Institute for Nuclear Research, RU-141980 Dubna, Russia¹⁴Duke University, Durham, North Carolina 27708, USA¹⁵Fermi National Accelerator Laboratory, Batavia, Illinois 60510, USA¹⁶University of Florida, Gainesville, Florida 32611, USA¹⁷Laboratori Nazionali di Frascati, Istituto Nazionale di Fisica Nucleare, I-00044 Frascati, Italy¹⁸University of Geneva, CH-1211 Geneva 4, Switzerland¹⁹Glasgow University, Glasgow G12 8QQ, United Kingdom²⁰Harvard University, Cambridge, Massachusetts 02138, USA²¹Division of High Energy Physics, Department of Physics,

University of Helsinki and Helsinki Institute of Physics, FIN-00014, Helsinki, Finland

²²University of Illinois, Urbana, Illinois 61801, USA²³The Johns Hopkins University, Baltimore, Maryland 21218, USA²⁴Institut für Experimentelle Kernphysik, Karlsruhe Institute of Technology, D-76131 Karlsruhe, Germany²⁵Center for High Energy Physics, Kyungpook National University,

Dngu 702-701, Korea; Seoul National University, Seoul 151-747,

Korea; Sungkyunkwan University, Suwon 440-740,

Korea; Korea Institute of Science and Technology, Information,

Daejeon 305-806, Korea; Chonnam National University, Gwangju 500-757,

Korea; Chonbuk National University, Jeonju 561-756, Korea

²⁶Ernest Orlando Lawrence Berkeley National Laboratory, Berkeley, California 94720, USA²⁷University of Liverpool, Liverpool L69 7ZE, United Kingdom²⁸University College London, London WC1E 6BT, United Kingdom²⁹Centro de Investigaciones Energéticas Mecánicas y Tecnológicas, E-28040 Madrid, Spain³⁰Massachusetts Institute of Technology, Cambridge, Massachusetts 02139, USA³¹Institute of Particle Physics: McGill University, Montreal, Quebec,

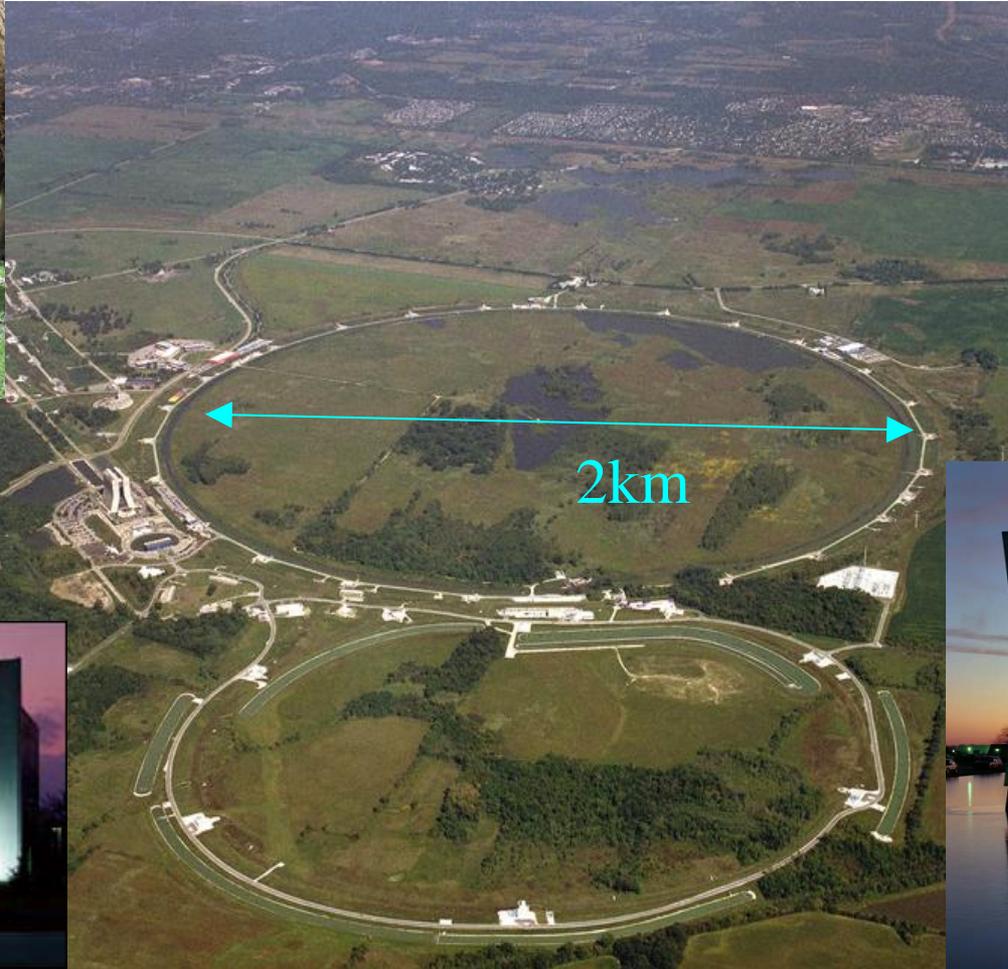
Canada H3A 2T8; Simon Fraser University, Burnaby, British Columbia,

Canada V5A 1S6; University of Toronto, Toronto, Ontario,

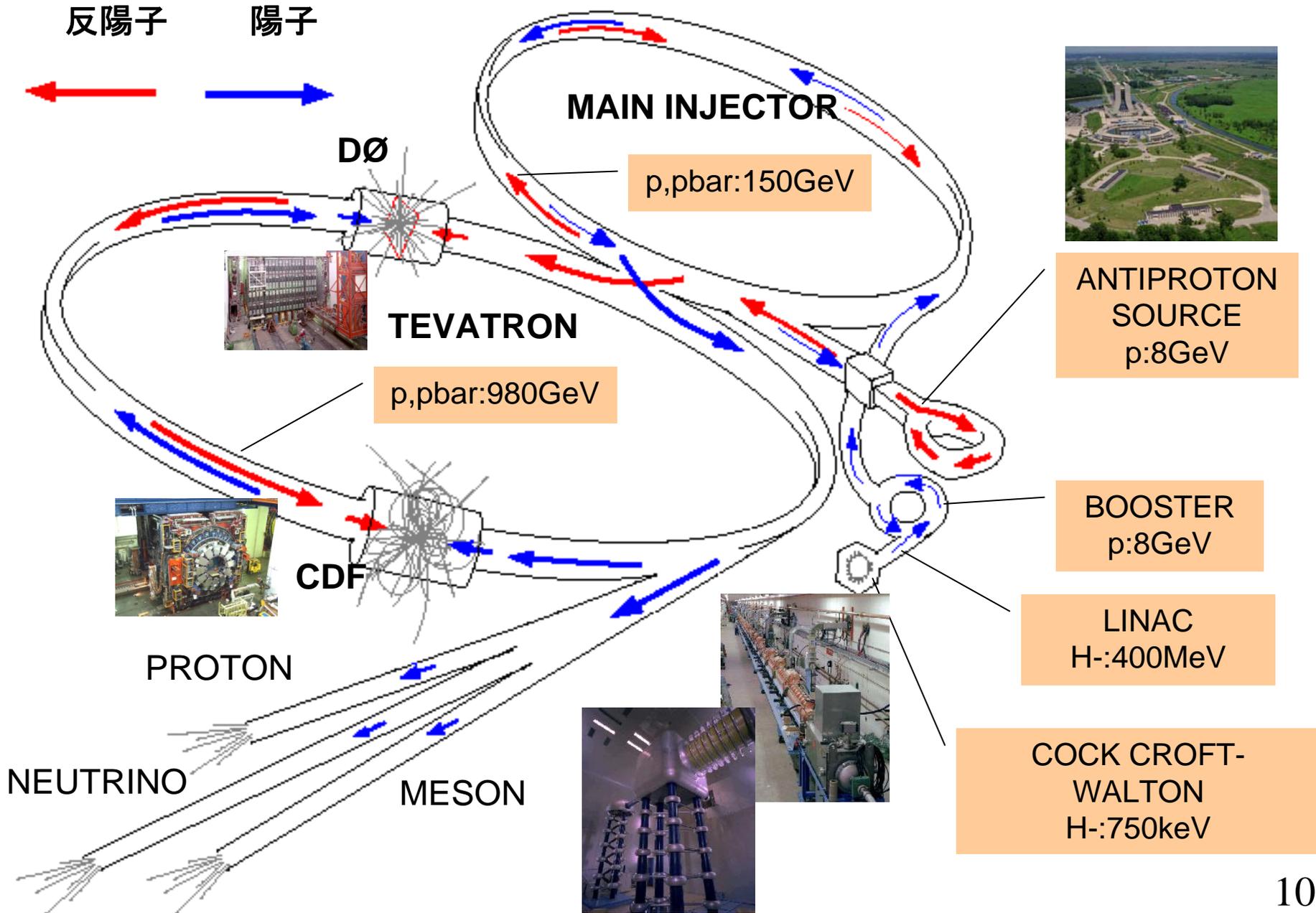
Canada M5S 1A7; and TRIUMF, Vancouver, British Columbia, Canada V6T 2A9

³²University of Michigan, Ann Arbor, Michigan 48106, USA³³Michigan State University, East Lansing, Michigan 48824, USA³⁴Institution for Theoretical and Experimental Physics, ITPP, Moscow 11259, Russia³⁵University of New Mexico, Albuquerque, New Mexico 87131, USA

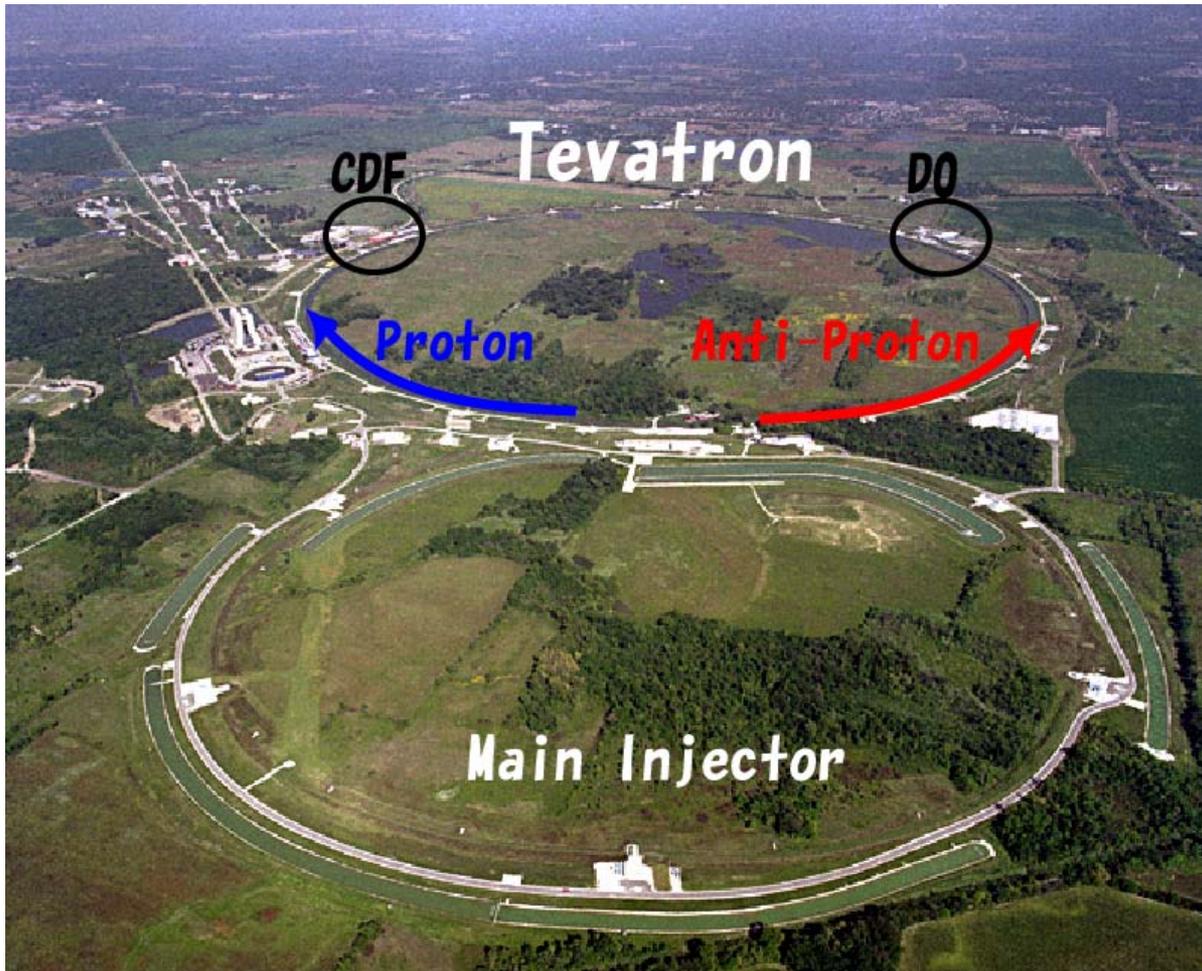
米国フェルミ国立加速器研究所 (FNAL)



加速器チェーン



TEVTRON



- ~ 1000 超伝導電磁石 (4.2T at 980 GeV)
- Run I (1992-1996)
 - $E_{p,pbar}=900\text{GeV}$
 - $\sqrt{s} = 1.8 \text{ TeV}$
 - 積分ビーム輝度 $\sim 110 \text{ pb}^{-1}$
- Run II (2001-現在)
 - $E_{p,pbar}=980\text{GeV}$
 - 36x36 bunch (396ns)
 - $\sqrt{s} = 1.96 \text{ TeV}$
- Two multi-purpose detectors
 - CDF, D0

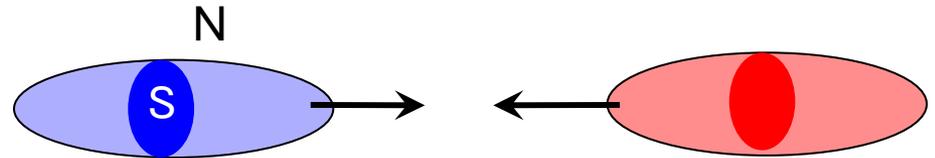
断面積とビーム輝度(ルミノシティ)

・ ルミノシティ: $L = f N^2 / S$

– 1バンチあたりの粒子数 N

– ビームの面積 S

– ビーム周波数 f



・ 反応頻度: $f N^2 \sigma / S = L \sigma$

– 反応断面積 σ (面積の次元をもつ)

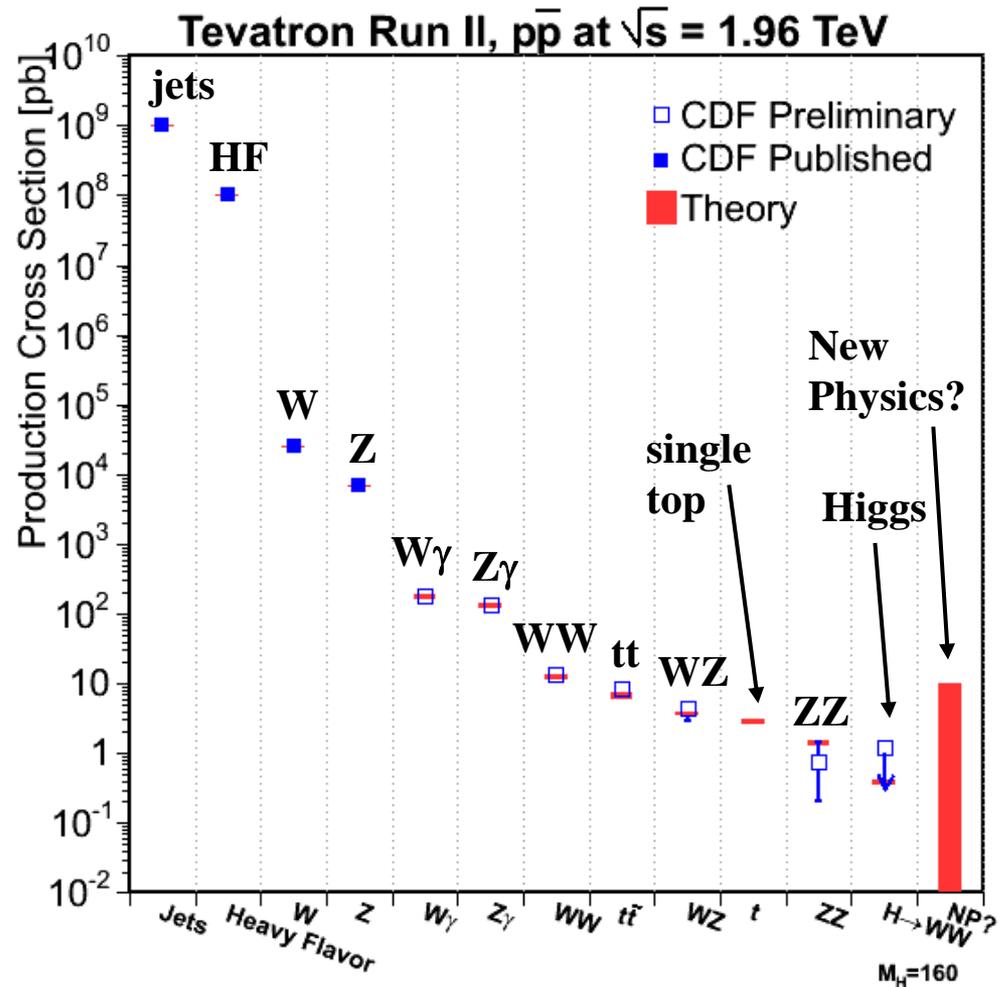
・ バーン(b): $1b = 10^{-24} \text{cm}^2$

・ 積分ルミノシティ: $\int L dt$

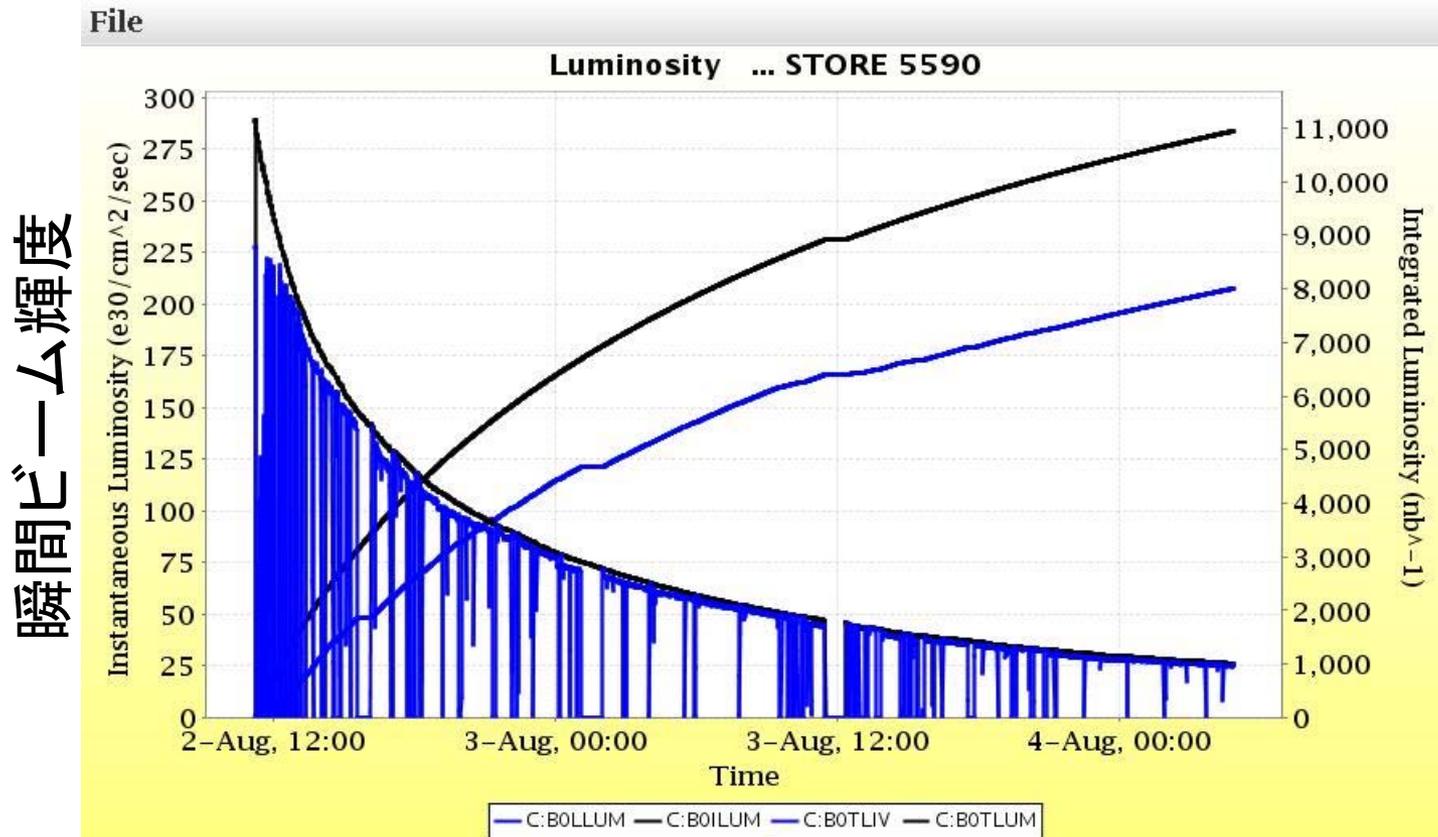
– 総反応数 $\int L dt \times \sigma$

TEVATRONでの生成断面積

- QCD/Jets
- Heavy Flavor
 - ボトム, チャーム
- Electroweak
 - W/Z, $W\gamma$, $Z\gamma$, ...
- トップクォーク
- ヒッグス粒子探索
- New physics探索



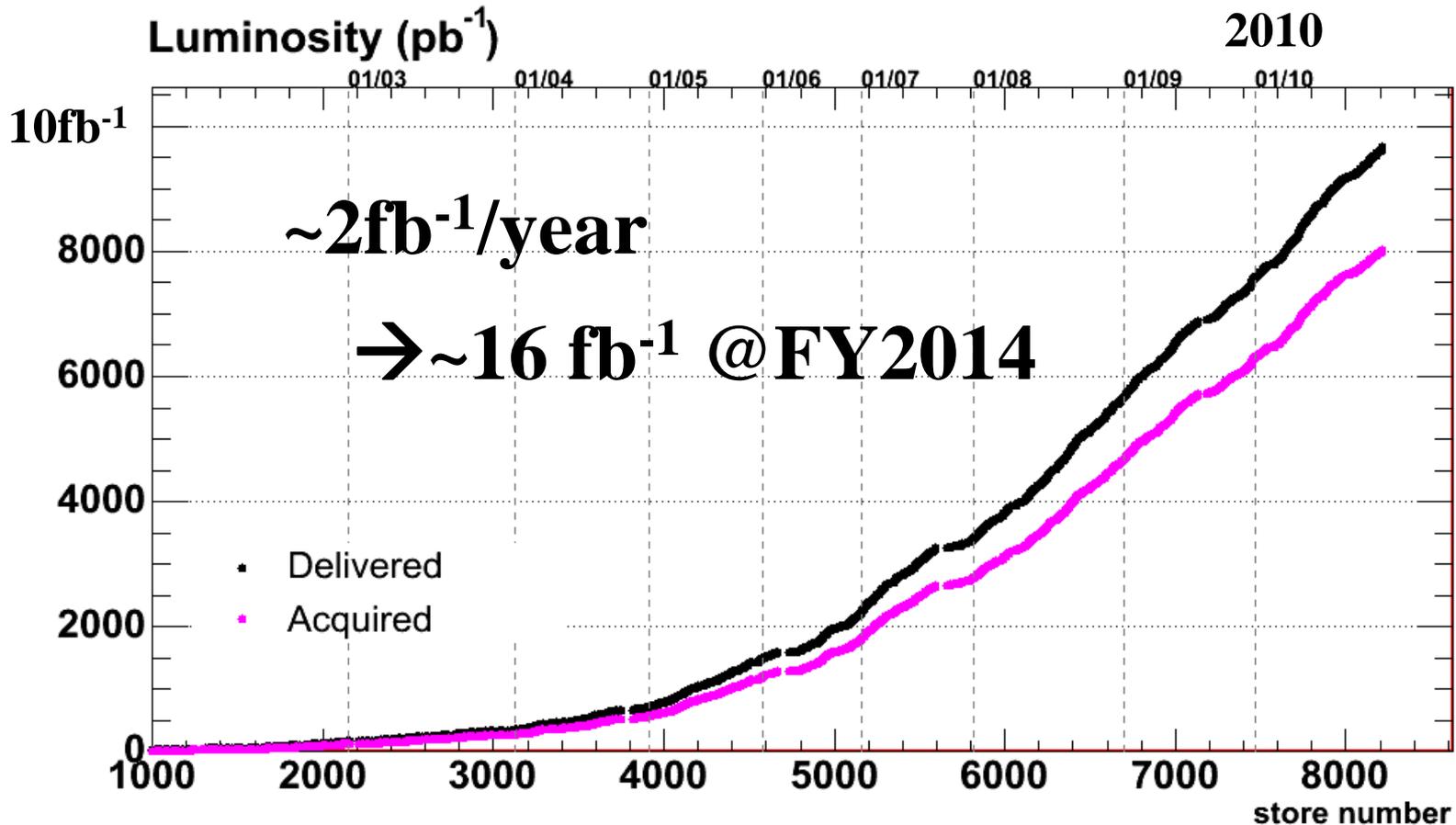
STORE



- 最大瞬間ビーム輝度 (Peak Luminosity)
 - $\sim 4 \times 10^{32} cm^{-2} s^{-1}$
 - $\sigma(ttbar)=7pb (7 \times 10^{-36} cm^2) \rightarrow 0.003Hz$
- データ収集効率: 70%~80%

Tevatron Luminosity

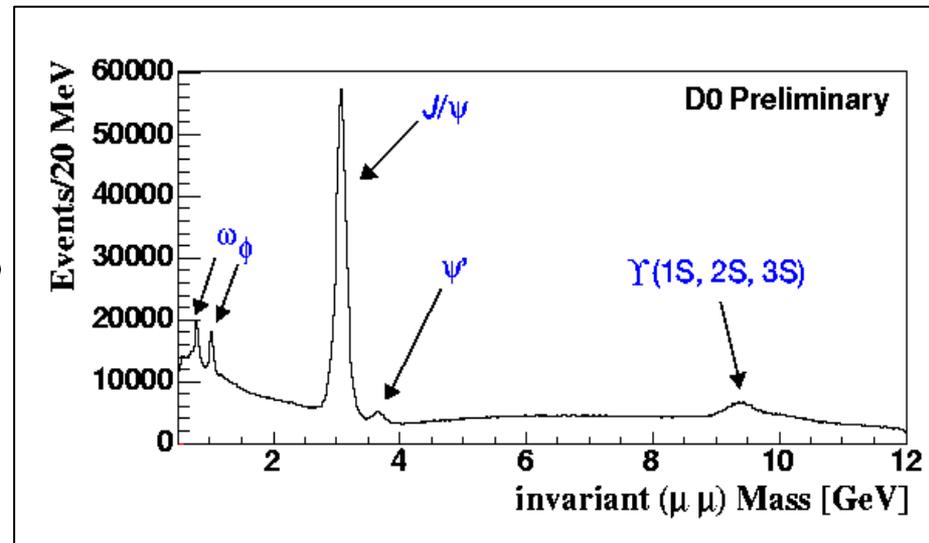
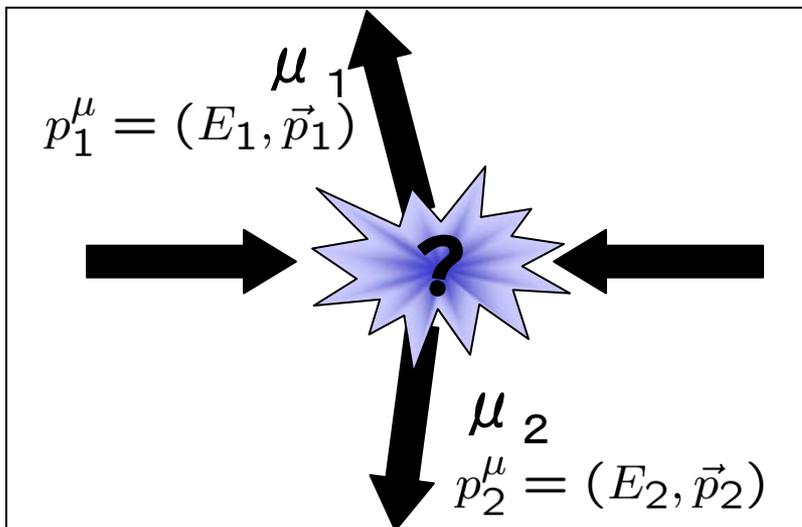
- $\int L dt \sim 9.7 \text{ fb}^{-1}$ (delivered) $\sim 8.0 \text{ fb}^{-1}$ (To tape)
- 2011年まで運転(2014年も動くかもしれない)



どうやって調べるのか？

- ・ 終状態をみて、何が起こったかを調べる
 - 終状態の粒子： 安定、もしくは長寿命な粒子
 - ・ $e^\pm, \nu, \gamma, p, n, \mu^\pm, \pi^\pm, K^\pm, K_L$

例) 終状態にミュオンが二つある場合



エネルギー・運動量保存則を使って親粒子の質量を計算

終状態の検出に用いられる技術(例)

プラスチックシンチレータ



光電子増倍管



微弱な光を電気信号に変換する。
左のシンチレータと組み合わせて荷電粒子をとらえる。

荷電粒子の通過に伴い微弱な光を出す。

荷電粒子の通過した
位置を数十ミクロン間隔
で埋め込まれた電極により測定

シリコンマイクロストリップセンサ

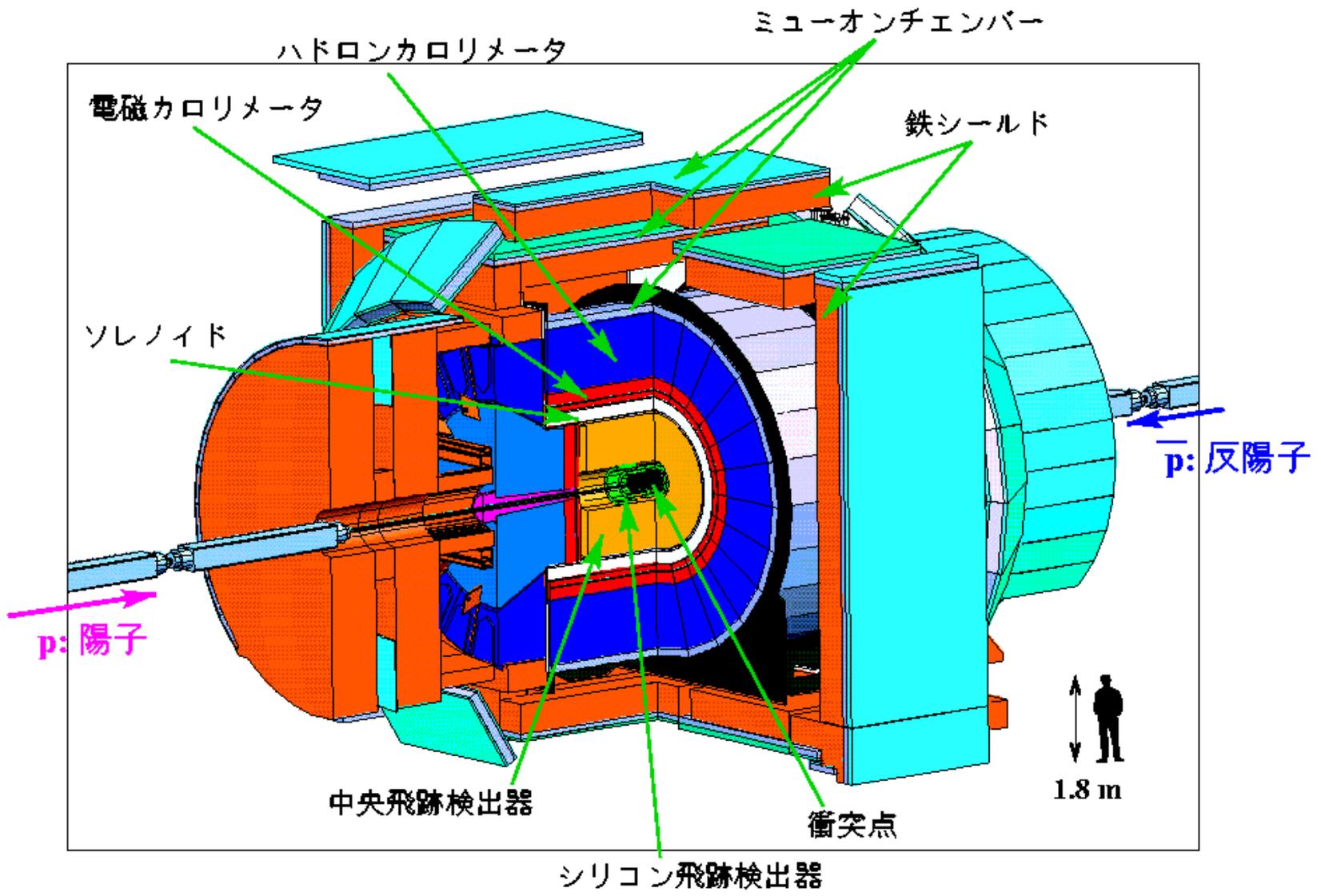


ワイヤーチェンバー

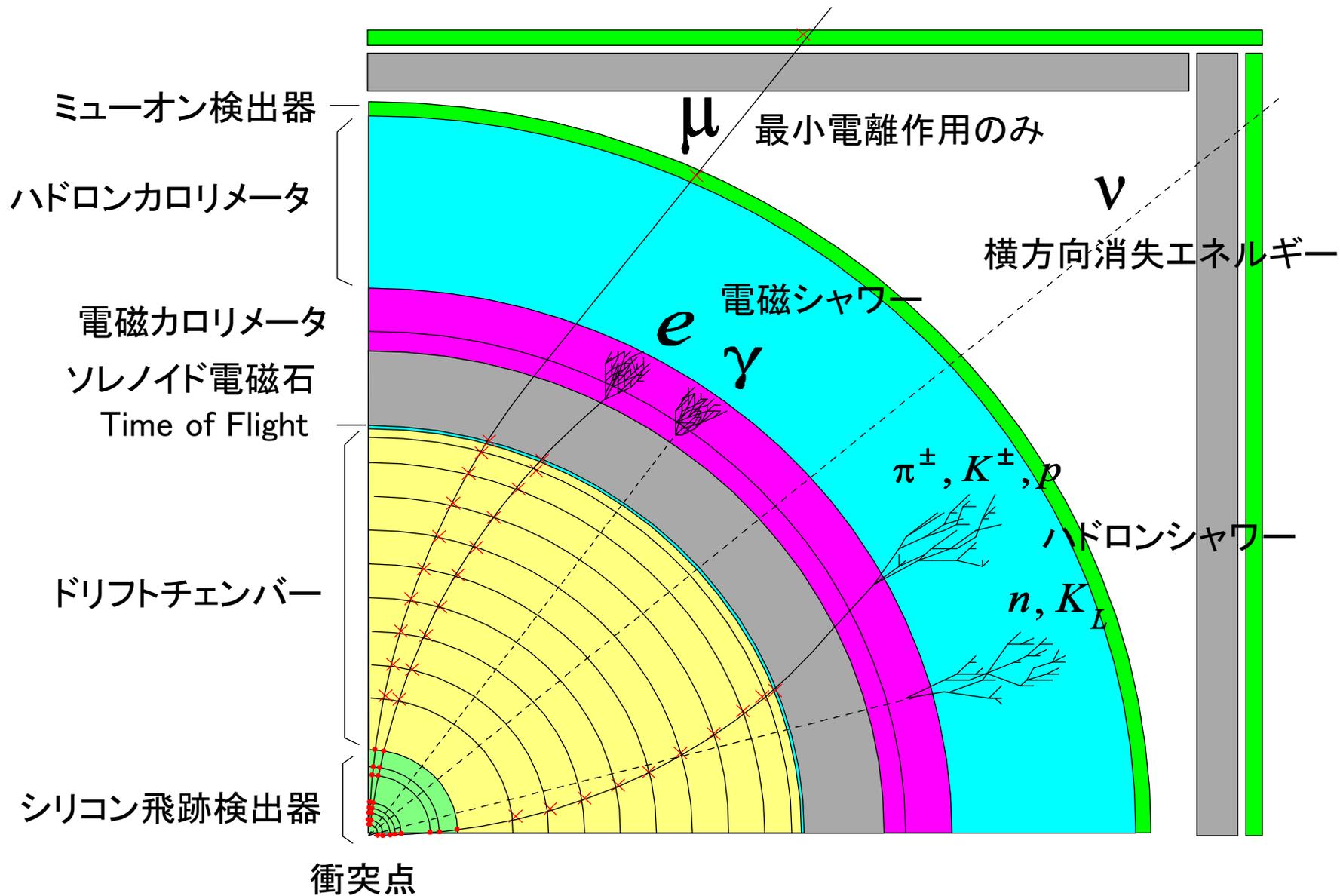


荷電粒子が通ると充満されているガスが電離してワイヤーに信号を残す

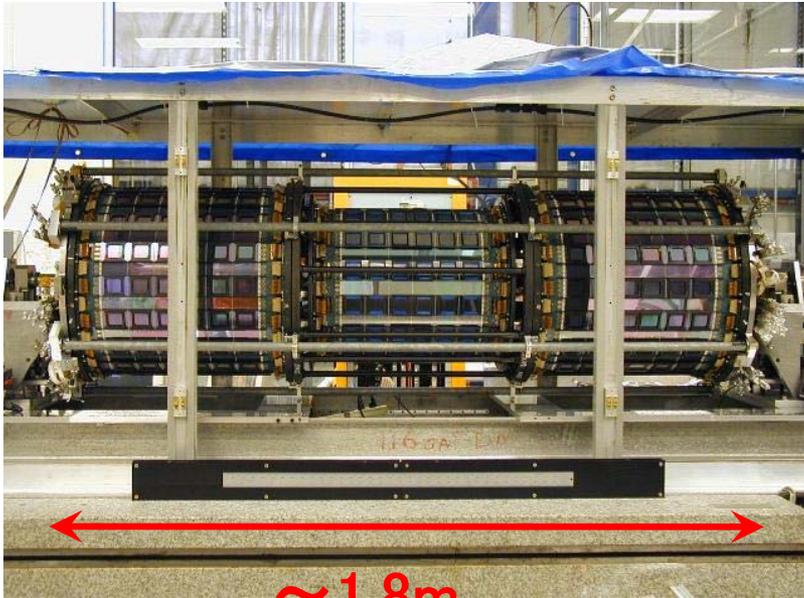
CDF検出器



粒子の同定, 電荷・運動量の測定



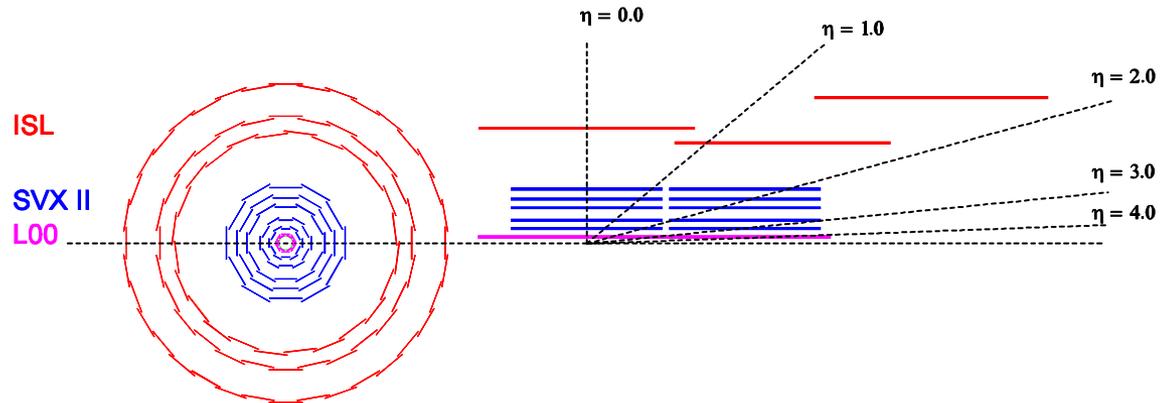
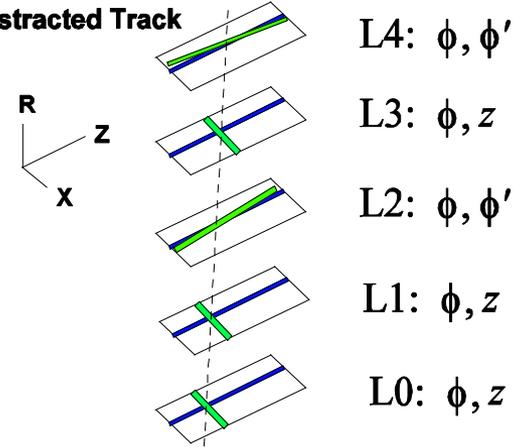
シリコン飛跡検出器



~1.8m

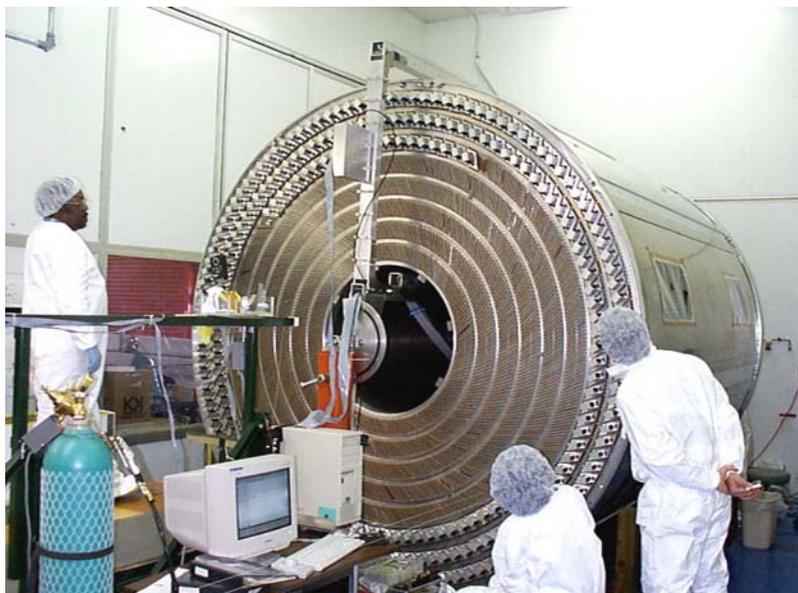
合計8層
722,432 Readout

Reconstructed Track



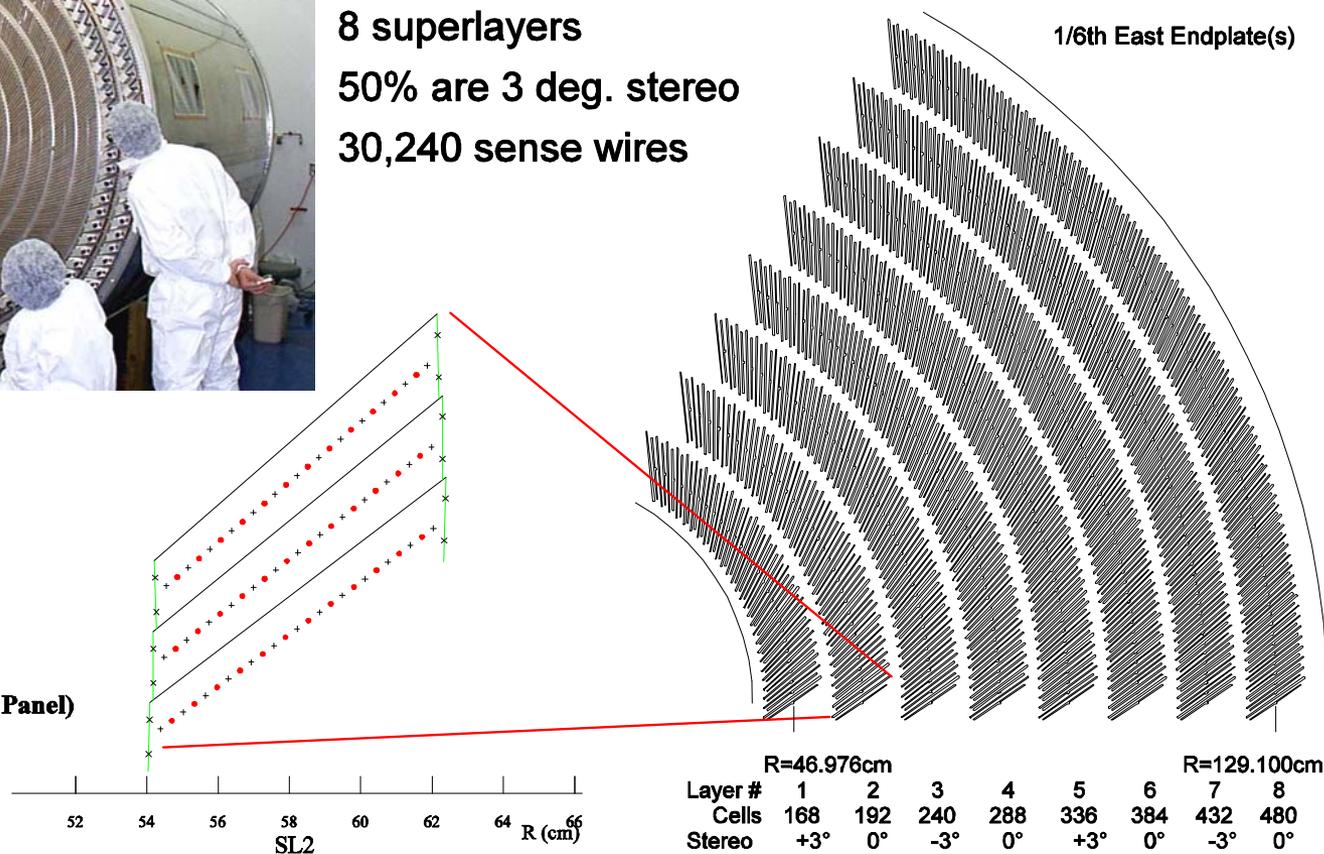
Schematic drawing of L00, SVX II and ISL layers.

中央飛跡検出器 (ドリフトチェンバー)



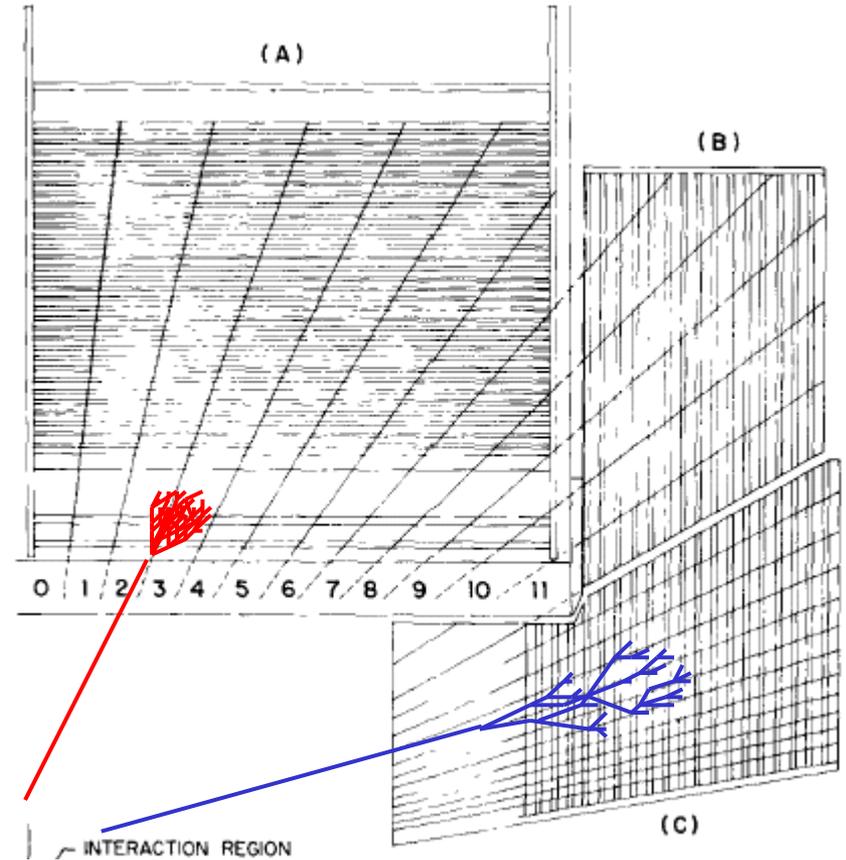
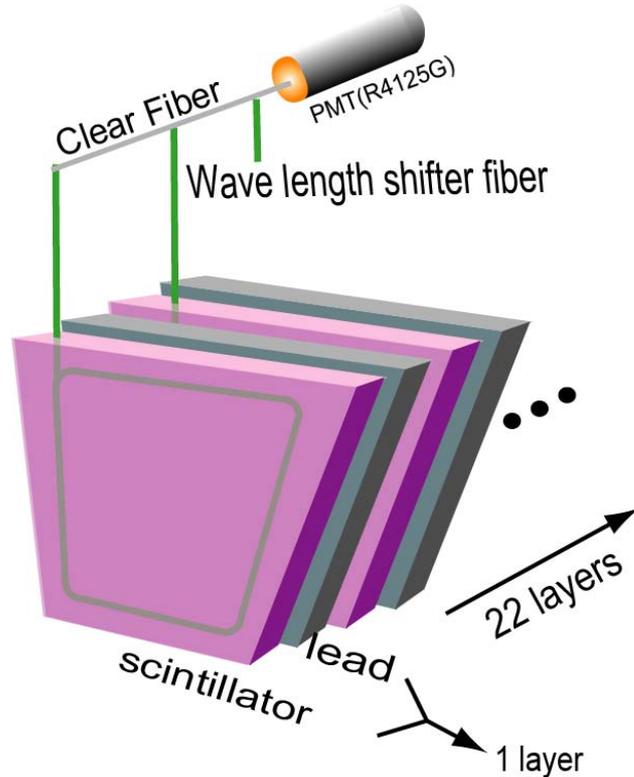
8 superlayers
 50% are 3 deg. stereo
 30,240 sense wires

- + Potential wires
- Sense wires
- × Shaper wires
- Bare Mylar
- Gold on Mylar (Field Panel)

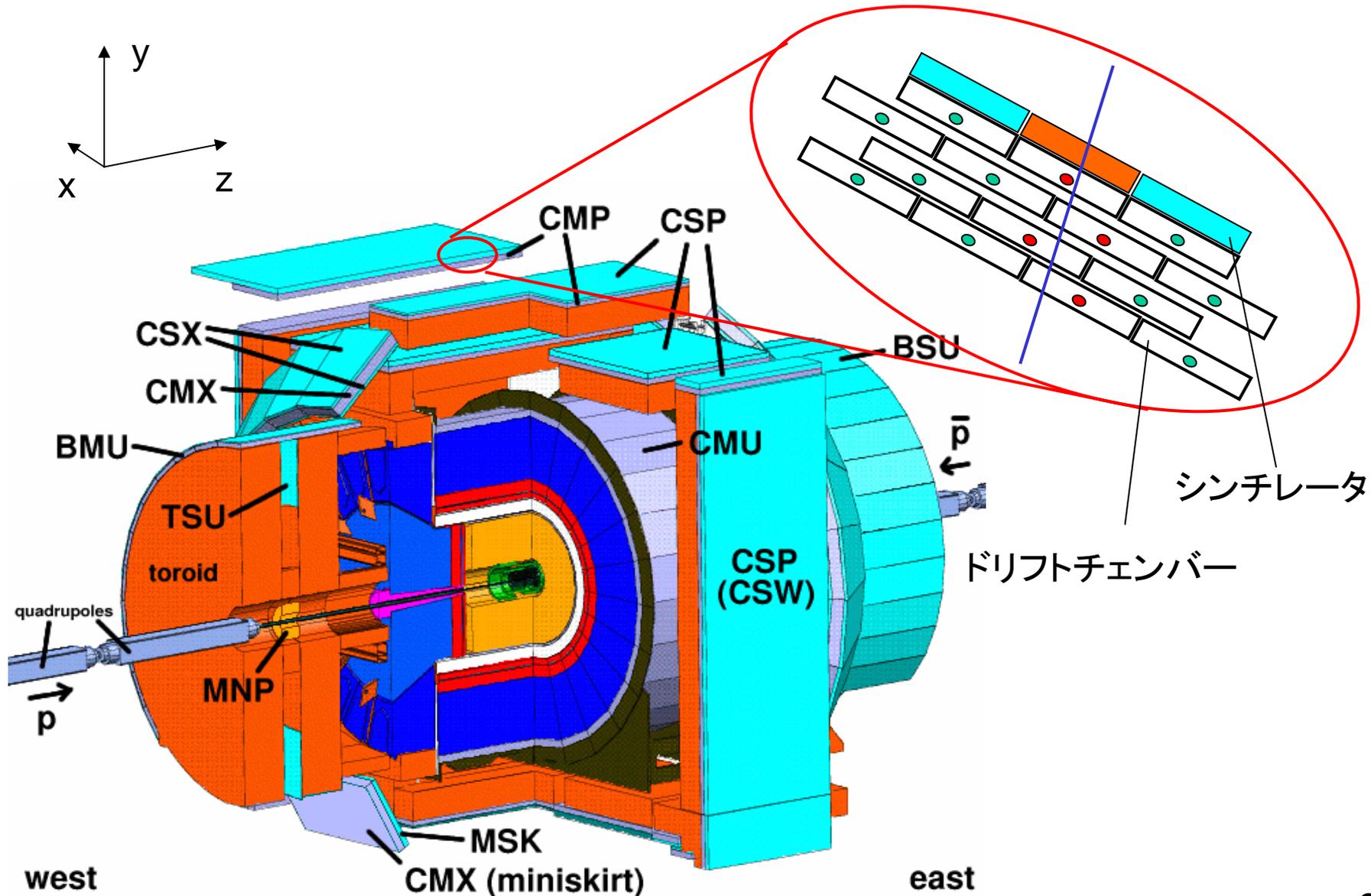


カロリメータ

- 電磁カロリメータ
 - 鉛/シンチレータ
- 中央部ハドロンカロリメータ
 - 鉄/シンチレータ

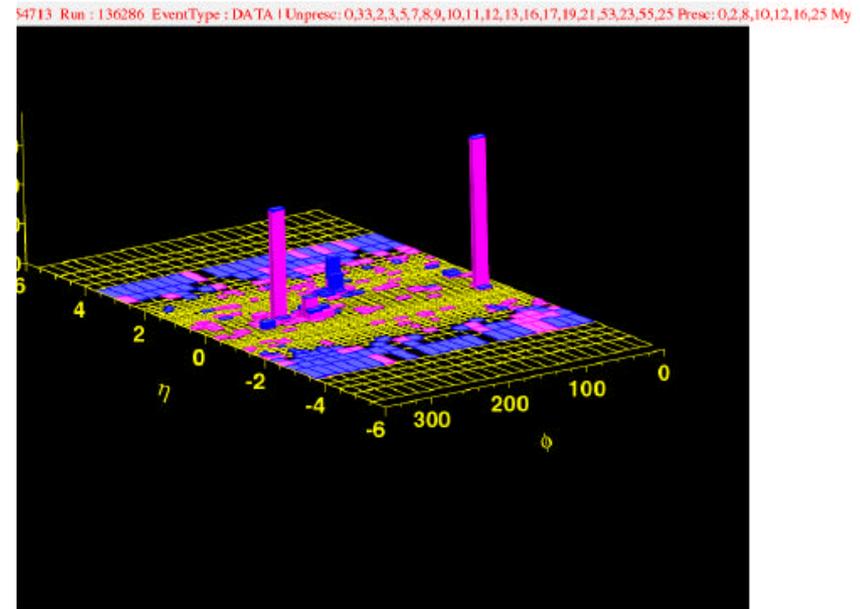
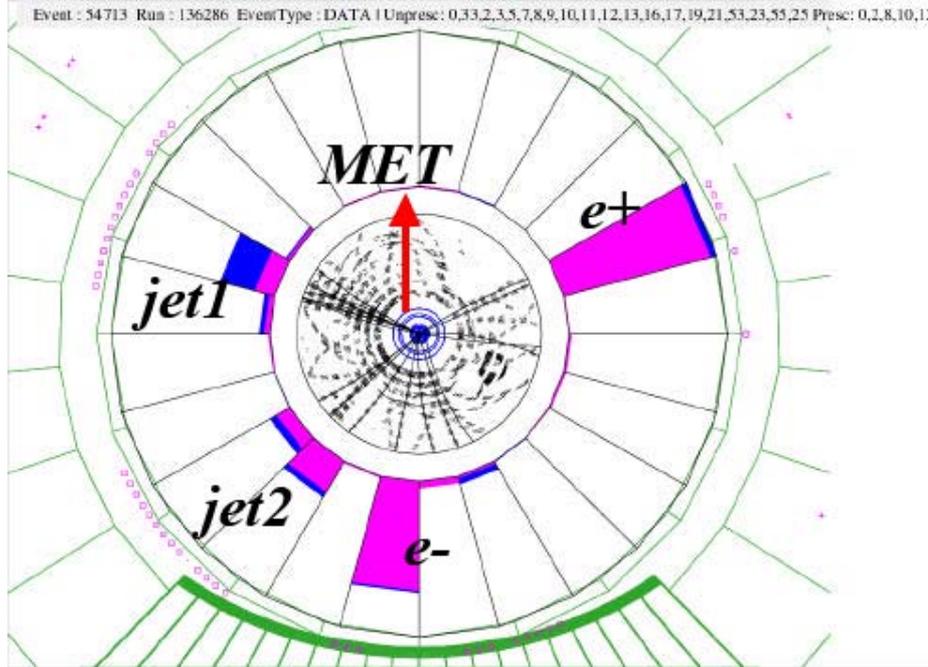


ミュー粒子検出器



事象再構成

CDF検出器による事象再構成の様子

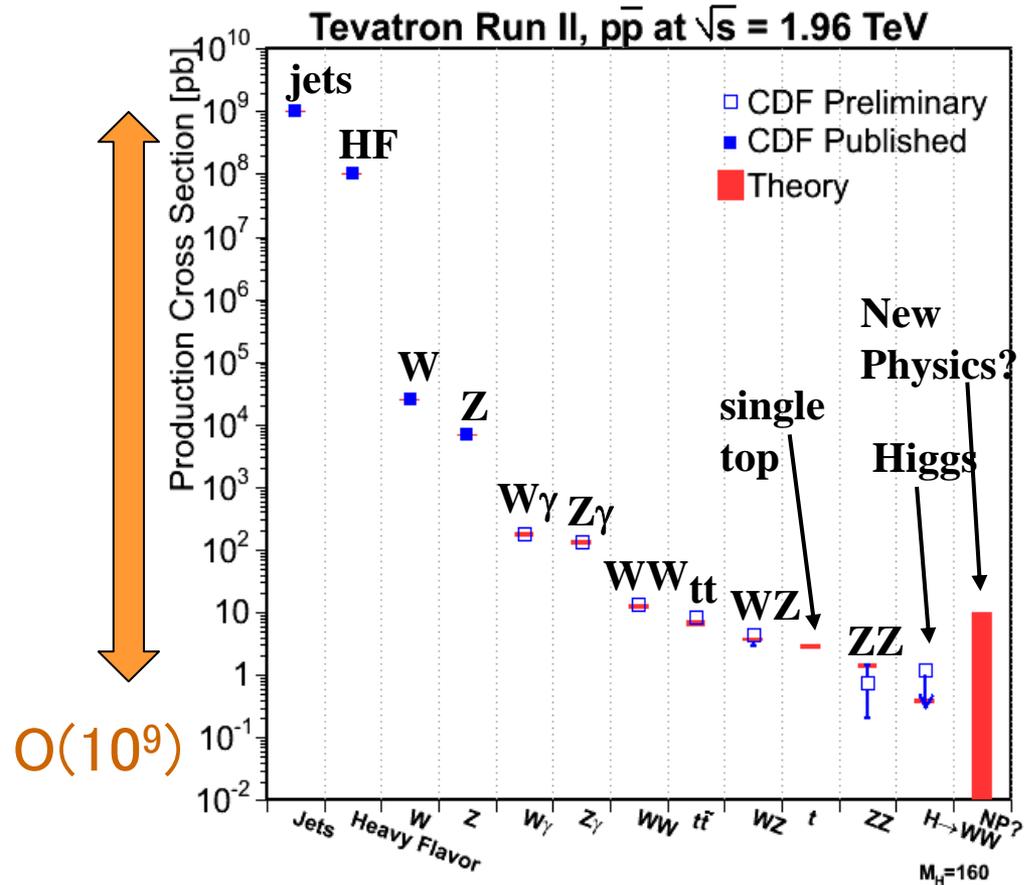


e+: Et=73 GeV
e- : Et=56 GeV
Jet1: Et= 35 GeV
Jet2: Et = 34 GeV
Missing Et = 43 GeV
Mass (e-e+)=118 GeV

- トップクォーク対生成事象の候補
 $tt\bar{t} \rightarrow W^+ b W^- \bar{b}$
 $\rightarrow e^+ \nu_e b e^- \bar{\nu}_e \bar{b}$

Trigger system

- Bunch crossing
 - 1.7MHz
- Event size
 - $\geq 150\text{kByte}$
- 最終的なテープ書き込みレート
 - 60MB/s
 - $\Rightarrow \sim 200\text{Hz}$



- 瞬間ビーム輝度を $\sim 1 \times 10^{32} \text{cm}^{-2} \text{s}^{-1}$ とすると
 - $\sigma(\text{ttbar}) \sim 7\text{pb}$ ($7 \times 10^{-36} \text{cm}^2$) $\rightarrow 0.001\text{Hz}$ (全部取れる)
 - $\sigma(\text{jets}) \sim 1\text{mb}$ (10^{-27}cm^2) $\rightarrow 10^5\text{Hz}$ (全部は取れない)

Trigger system

- 3段のトリガーシステム

- レベル1 ($5.5 \mu s$ 以内)

- カロリメータヒット, COTトラック, ミューオンヒット

- レベル2 ($20 \mu s$ 以内)

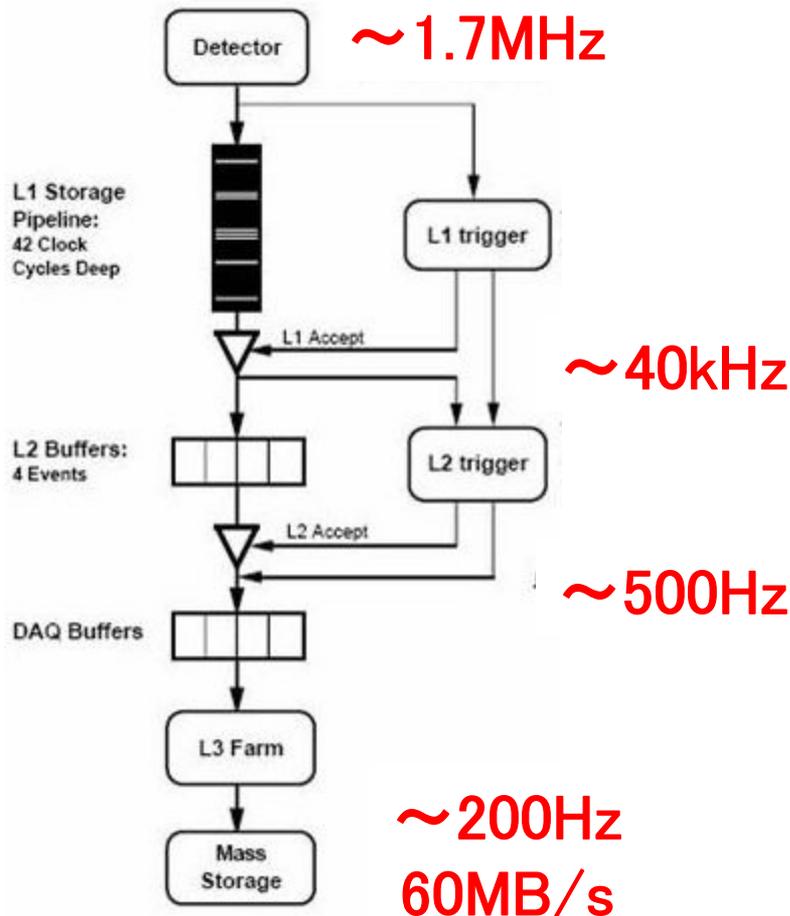
- Hardware processor によるシリコントラッキングなど

- レベル3

- PC farm によるsoftware

$\geq 10 \text{ M events/day}$

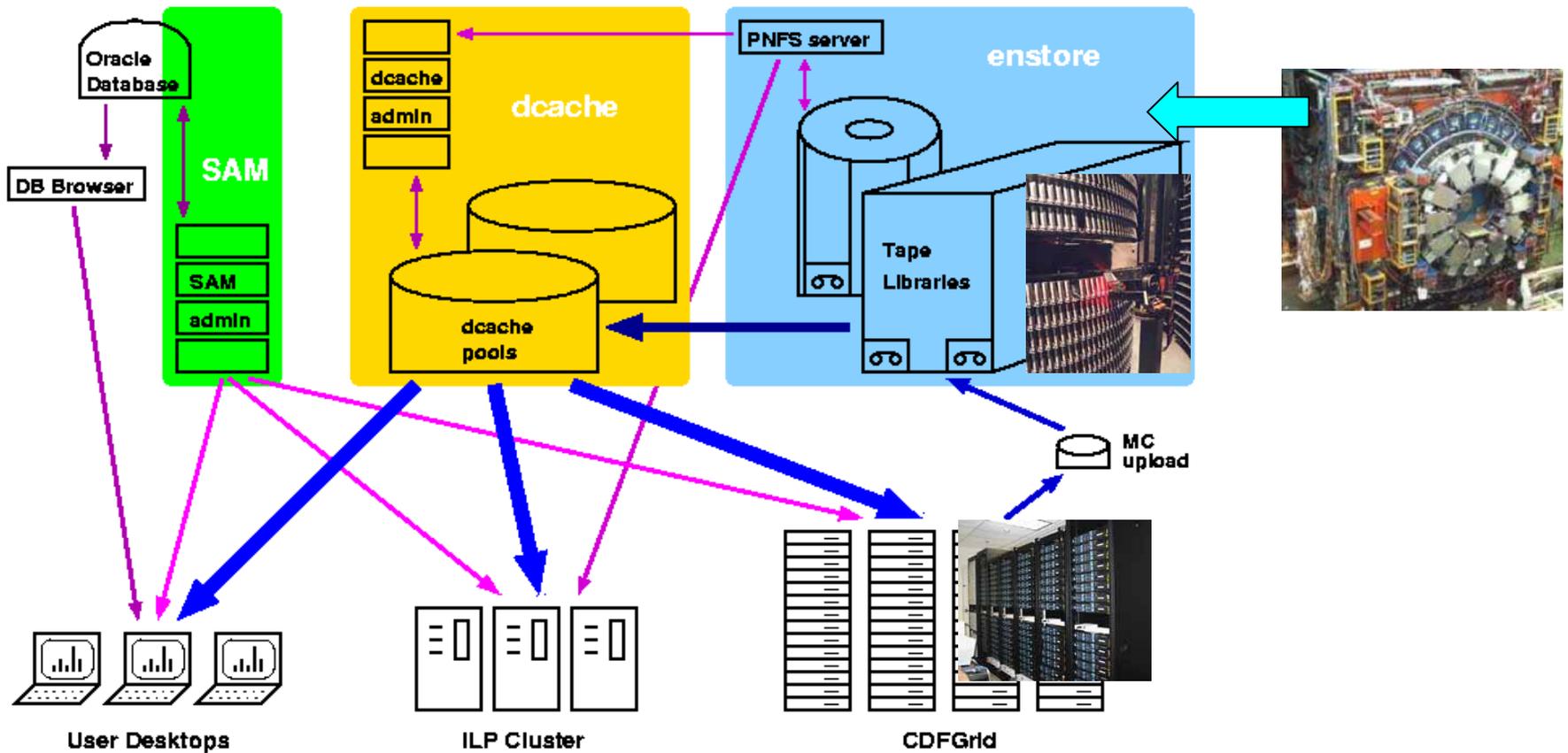
$\geq 1.5 \text{ TB/day}$



データ量(8fb⁻¹)

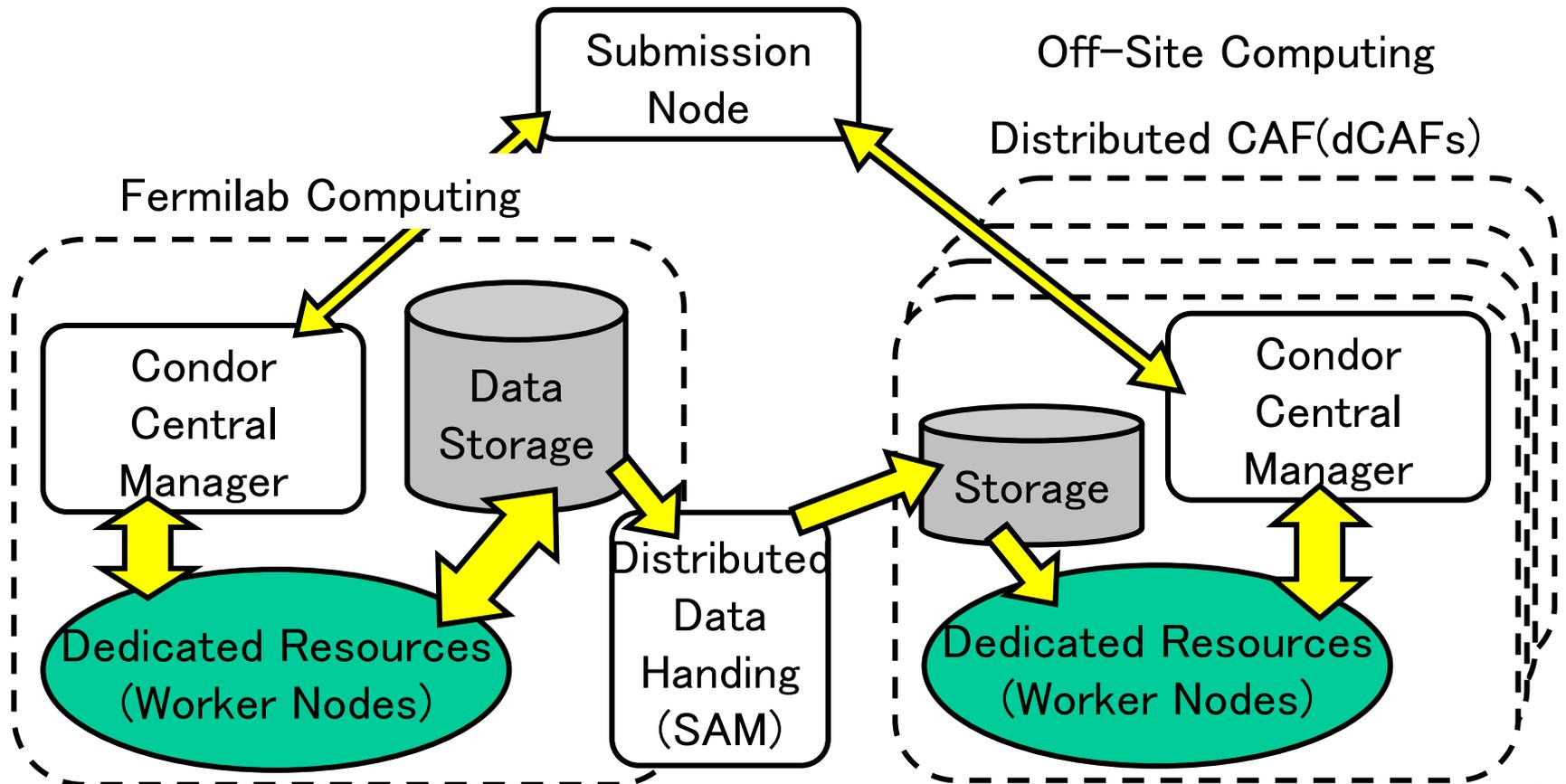
- RAW データ
 - 150kB/event × ~10¹⁰event =1.5PB
- 事象再構成データ (raw データを含む)
 - 120kB/event (1.2PB)
 - 再構成に要する計算時間:2.7 sec/event (1 GHz PIII)
- シミュレーション + ユーザ解析データを合わせた合計
 - 6.8PB

データフロー



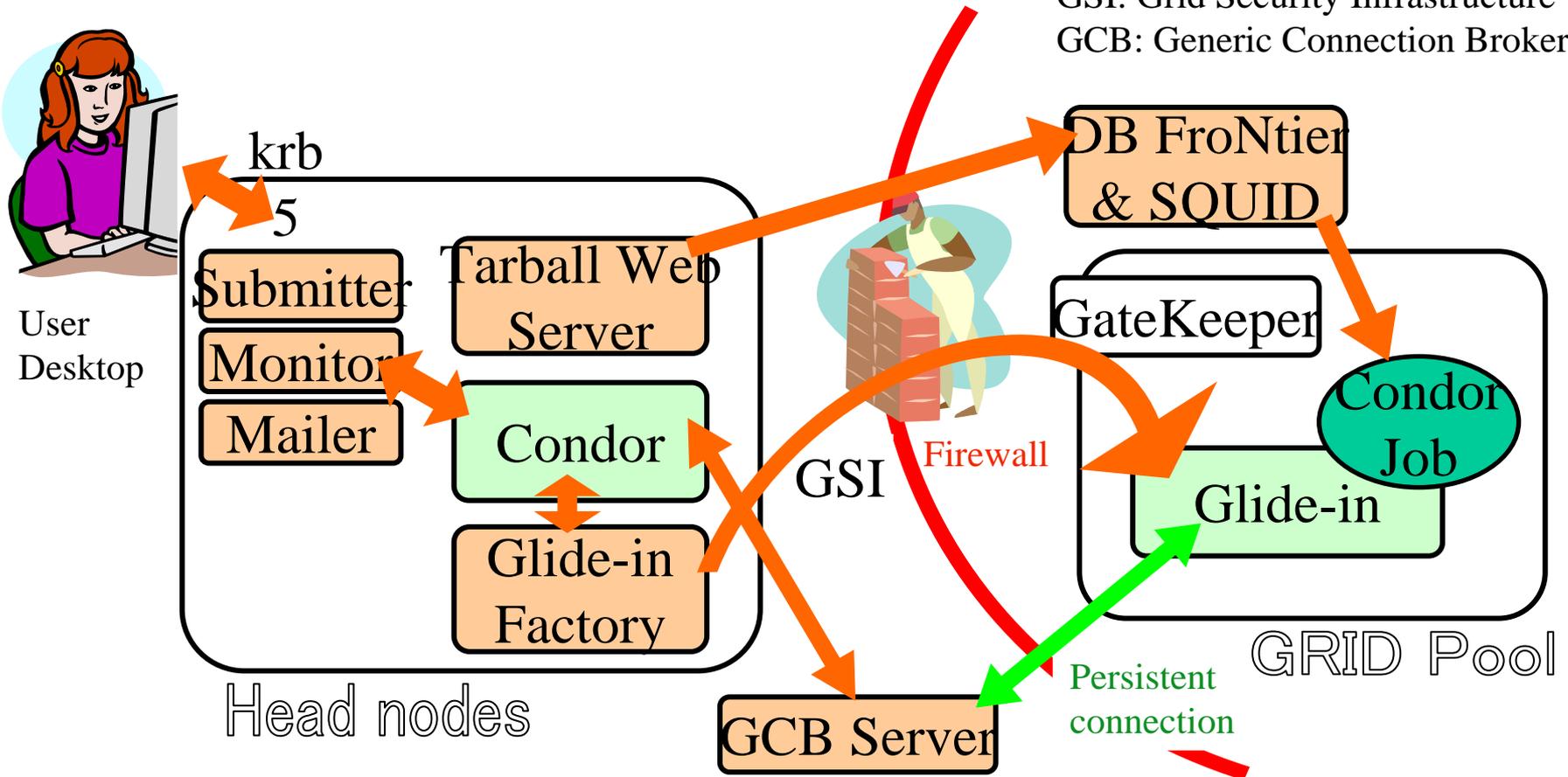
Original CAF Model

CAF=CDF Analysis Farm



Grid based CAF

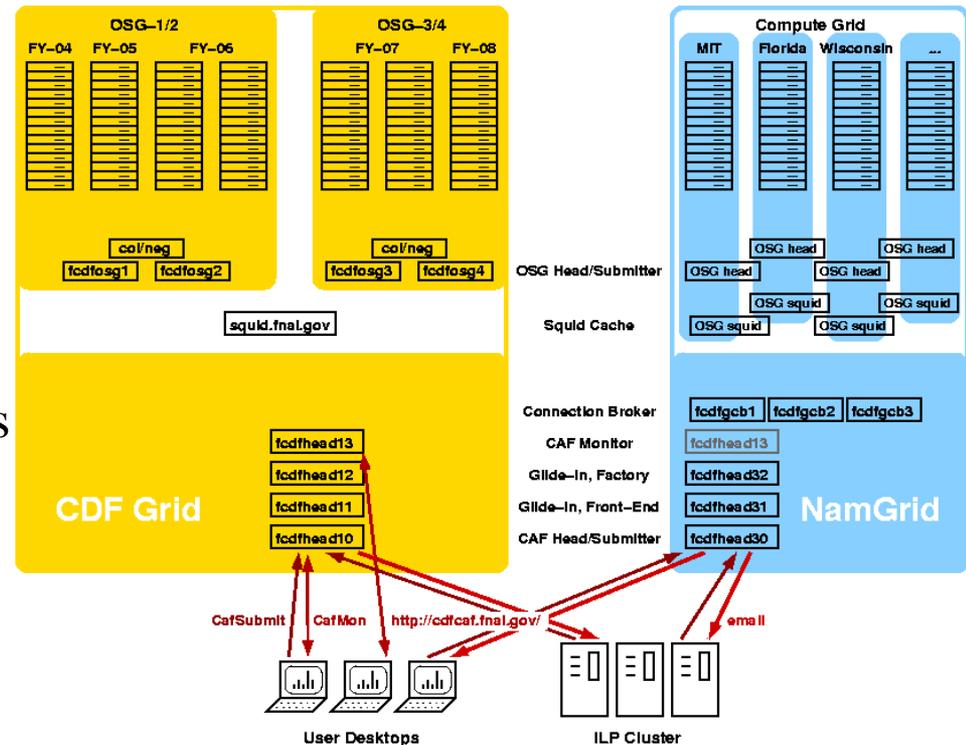
GSI: Grid Security Infrastructure
 GCB: Generic Connection Broker



- Glide-in factoryがglide-inを通常のgrid jobとしてSubmit
 - Glide-inはHead nodeのCondorと通信してDedicated Condor poolとして機能
 - GCB Serverがcondorとjobのfirewall越えの通信を維持

Computing Resources for CDF

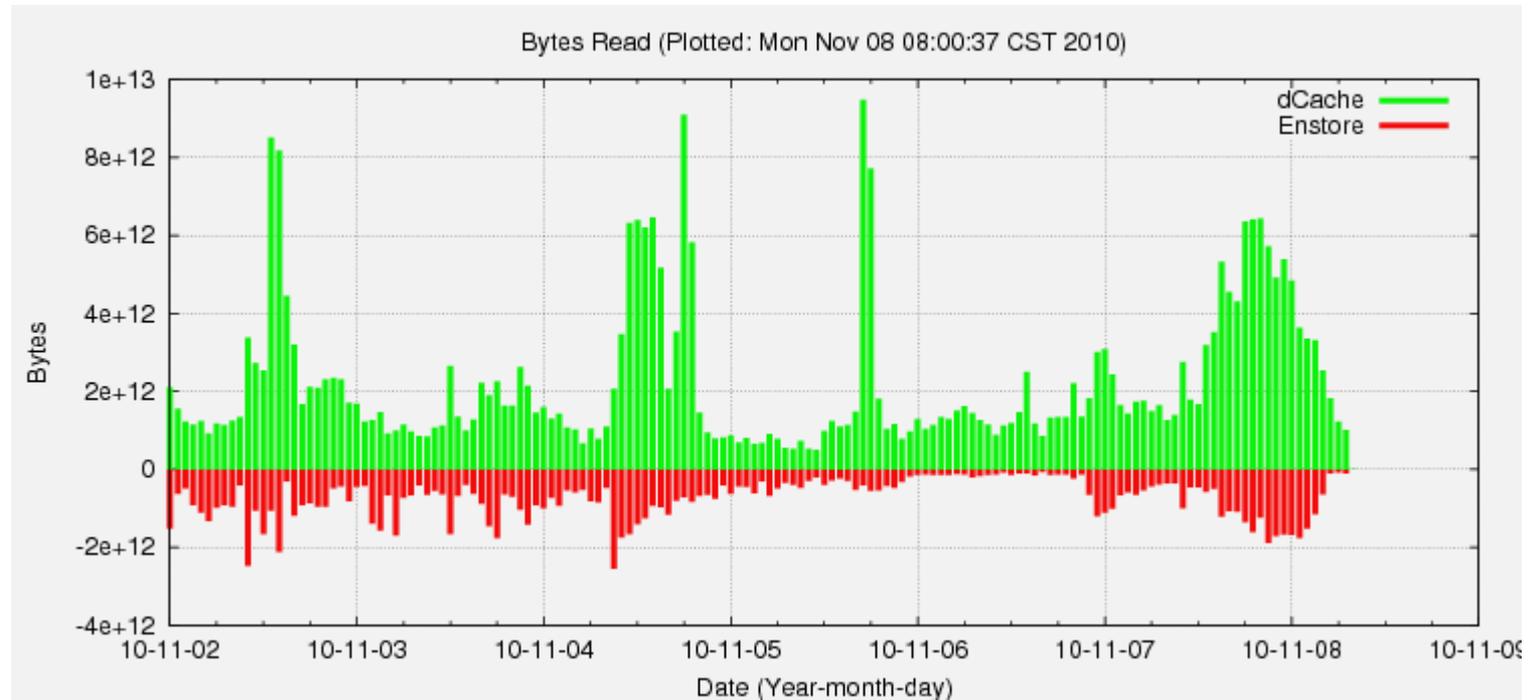
- CDFGrid: OSG + Condor glideins
 - On site (FNAL): ~5200 VM
- NamGrid: OSG + Condor glideins
 - 北米(MIT, Wisconsin, UCSD, FNAL) >1KVM
- LCGCAF: LCG + CAF wrapper
- PacCAF: OSG/LCG + Condor glideins
 - 台湾: IPAS_OSG, Taiwan-LCG2
 - 筑波: JP-TSUKUBA-U-03 0.5KVM



dCache

- DESYとFNALで開発
 - <http://www.dcache.org/>
- テープ上のファイルのフロントエンド
 - ~500TBのネットワークディスクスペース
 - ユーザが要求したファイル
 - ディスク上に無ければテープから持ってくる
 - ディスクに空きスペースが無ければ古いファイルが消されてスペースが確保される.
 - テープ上の実際のファイルの場所は, ユーザは知らなくてよい

dCache



SAM

- Sequential Access via Metadata
- FNAL で開発されたData handling system
- データセット名 ⇒ Projectが生成
 - File metadata (snapshot)
 - データセットのテープ上のファイル名
 - テープからDISK 上へコピーされたかどうかの情報
 - そのファイルが解析されたかどうかの情報
- GRID job から使える

まとめ

- ・ 陽子・反陽子衝突型加速器実験CDF実験における Data Handling の紹介
- CDF実験では, およそ10年間で計6PBを超えるデータを生成, 処理した.
 - GRID base CAF
 - dCache
 - SAM
 - 等々