

## HBT測定で明かされる 相対論的重イオン衝突の 時空発展の描像

### 筑波大学 物理学セミナー 2007年12月17日

榎園 昭智





- •物理的動機
- •HBT(femtoscopy)測定とは?
- PHENIX検出器によるハドロン検出
- ●結果その1) 3-D HBT半径の衝突中心度依存性
  - ▶ 衝突エネルギー、核種依存性
  - → HBT半径のスケーリング則
- ●結果その2) 3-D HBT半径の運動量依存性
  - > 衝突エネルギー、核種依存性
  - > 系の寿命、ハドロン凍結時の大きさの衝突エネルギー依存性
  - ≻ 観測粒子依存性(荷電π、K中間子)
- ●結果その3) イメージング解析による、詳細な粒子放出の描像
  > ソース関数 S(r) から何が分かるか?
- ・まとめ
- ●今後のHBT測定の展望





## HBTとは?



**R. Hanbury Brown** (1914 - 2002)



(1923 - 1965)























- •物理的動機
- •HBT(femtoscopy)測定とは?
- PHENIX検出器によるハドロン検出
- ●結果その1) 3-D HBT半径の衝突中心度依存性
  - ▶ 衝突エネルギー、核種依存性
  - ▶ HBT半径のスケーリング則
- ●結果その2) 3-D HBT半径の運動量依存性
  - > 衝突エネルギー、核種依存性
  - > 系の寿命、ハドロン凍結時の大きさの衝突エネルギー依存性
  - ≻ 観測粒子依存性(荷電π、K中間子)









- •物理的動機
- HBT (femtoscopy) 測定とは?
- PHENIX検出器によるハドロン検出
- ●結果その1) 3-D HBT半径の衝突中心度依存性
  - ▶ 衝突エネルギー、核種依存性
  - ▶ HBT半径のスケーリング則
- ●結果その2) 3-D HBT半径の運動量依存性
  - > 衝突エネルギー、核種依存性
  - ▶ 系の寿命、ハドロン凍結時の大きさの衝突エネルギー依存性
  - ▶ 観測粒子依存性(荷電π、K中間子)
- ●結果その3) イメージング解析による、詳細な粒子放出の描像
  > ソース関数 S(r) から何が分かるか?
- lacksquare

HBTイメージング解析の利点

21







- ●イメージング解析によるソース関数は r > 15-20 fm の領域では ガウス分布に従わない。
- この非ガウス分布の構造は何が原因であるか?
  > 共鳴粒子からの崩壊 (ω->π<sup>+</sup>π<sup>-</sup>π<sup>0</sup>, cτ~20 fm)、有限な粒子放出時間、もしくはハドロン散乱の効果?



非ガウス分布の起源は何か?

#### M. Csanád, T. Csörgő and M. Nagy, hep-hp/0702032



 膨張する系での時間依存する平均自 由行程により、ハドロン散乱より放出され る粒子は非ガウス分布(Levy type exponential分布)になる。





- •物理的動機
- HBT (femtoscopy) 測定とは?
- PHENIX検出器によるハドロン検出
- ●結果その1) 3-D HBT半径の衝突中心度依存性
  - ▶ 衝突エネルギー、核種依存性
  - ▶ HBT半径のスケーリング則
- ●結果その2) 3-D HBT半径の運動量依存性
  - > 衝突エネルギー、核種依存性
  - ▶ 系の寿命、ハドロン凍結時の大きさの衝突エネルギー依存性
  - ▶ 観測粒子依存性(荷電π、K中間子)
- ●結果その3) イメージング解析による、詳細な粒子放出の描像
  ▶ ソース関数 S(r) から何が分かるか?
- ・まとめ
- ●今後のHBT測定の展望



- 3-D HBT半径の衝突中心度依存性
  - ▶ HBT半径は粒子多重度にスケールする。
  - ▶ R<sub>out</sub>/R<sub>side</sub>~1はハドロンの瞬時的な凍結を示唆し、これによりRHICエネル ギーでの1次相転移の可能性は非常に低いと考えられる。
- 3-D HBT半径の観測粒子運動量依存性
  - RHICにおいてハドロン凍結時のサイズと寿命はAGS-SPSでの衝突エネルギー領域 と比較して、少しだけ(2-3fm(/c))増大している。
  - > HBT半径(小さなr領域でのS(r)情報)はハドロン散乱からの影響は少ない。
- イメージング解析による詳細なソース関数解析
  - > 荷電π,K中間子のS(r)測定結果は大きなr領域での非ガウス分布を示した。
  - ▶ 従来のHBT解析では、HBT半径(小さなr領域の情報)だけを検証して来たが、大きなr領域でのソース関数を詳細に検証することで、より多くの重要な情報が得られる。

相対論的重イオン衝突事象の時空発展の描像を理解するためには、これらHBT 測定結果を(他の観測結果も含めて)矛盾無く理解する必要がある



# DEFINITION DEFINITION DE LA CARA DE LA CARA

Institute of Physics, Academia Sinica, Taipei 11529, Taiwan China Institute of Atomic Energy (CIAE), Beijing, People's Republic of China Peking University, Beijing, People's Republic of China Charles University, Ovocnyth 5, Praha 1, 116 36, Prague, Czech Republic Czech Technical University, Zikova 4, 166 36 Prague 6, Czech Republic hstitute of Physics. Academy of Sciences of the Czech Republic. Na Slovance 2. 182 21 Prague 8, Czech Republic Helsinki Institute of Physics and University of Jvy äskylä, P.O.Box 35, FI-40014 Jvy äskylä, Finland Dapnia, CEA Saday, F-91191, Gif-sur-Yvette, France Laboratoire Leprince-Ringuet, Ecole Polytechnique, CNRS-IN2P3, Route de Saclay, F-91128, Palaiseau, France Laboratoire de Physique Corpusculaire (LPC), Université Blaise Pascal, CNRS-IN2P3, Clermont-Fd, 63177 Aubiere Cedex, France IPN-Orsay, Universite Paris Sud, CNRS-IN2P3, BP1, F-91406, Orsay, France, SUBATECH (Ecole des Mines de Nantes, CNRS-IN2P3, Université de Nantes) BP 20722 - 44307, Nantes, France Institut für Kemphysik, University of Münster, D-48149 Münster, Germany Debrecen University, H-4010 Debrecen, Equetern tér 1, Hungary ELTE, Eötvös Loránd University, H - 1117 Budapest Pázmány P. s. 1/A Hungary KFKI Research Institute for Particle and Nuclear Physics of the Hungarian Academy of Sciences (MTA KFKI RMKI). H-1525 Budapest 114, POBox 49, Budapest, Hungary Department of Physics, Banaras Hindu University, Varanasi 221005, India Bhabha Atomic Research Centre, Bombay 400 085, India Weizmann Institute, Rehov ot 76100, Israel Center for Nuclear Study, Graduate School of Science, University of Tokyo, 7-3-1 Hongo, Burkyo, Toky o 113-0033, Japan Hroshima University, Kagamiyama, Higashi-Hiroshima 739-8526, Japan KEK High Energy Accelerator Research Organization, Tsukuba, Ibaraki 305-0801, Japan Ky oto University, Ky oto 606-8502, Japan Nagasaki Institute of Applied Science, Nagasaki-shi, Nagasaki 851-0193, Japan RIKEN, The Institute of Physical and Chemical Research, Wako, Saitama 351-0198, Japan Physics Department, Rikkyo University, 3-34-1 Nishi-Ikebukuro, Toshima, Tokyo 171-8501, Japan Department of Physics, Tokyo Institute of Technology, Oh-okayama, Meguro, Tokyo 152-8551, Japan hstitute of Physics, University of Tsukuba, Tsukuba, Ibaraki 305, Japan Waseda University, Advanced Research Institute for Science and Engineering, 17 Kikui-cho, Shinjuku-ku, Tokyo 162-0044, Japan Chonbuk National University, Jeonju, Korea Ew ha Womans University, Seoul 120-750, Korea KAERI, Cyclotron Application Laboratory, Seoul, South Korea Kangnung National University, Kangnung 210-702, South Korea Korea University, Seoul, 136-701, Korea Myongji University, Yongin, Kyonggido 449-728, Korea System Electronics Laboratory, Seoul National University, Seoul, South Korea Yonsei University, IPAP, Seoul 120-749, Korea IHEP Protvino, State Research Center of Russian Federation, Institute for High Energy Physics, Protvino, 142281, Russia Joint Institute for Nuclear Research, 141980 Dubna, Moscow Region, Russia Russian Research Center "Kurchatov hstitute", Moscow, Russia PNPI, Petersburg Nuclear Physics Institute, Gatchina, Leningrad region, 188300, Russia Saint Petersburg State Polytechnic University, St. Petersburg, Russia Skobeltsyn Institute of Nuclear Physics, Lomonosov Moscow State University, Vorob'evy Gory, Moscow 119992, Russia Department of Physics, Lund University, Box 118, SE-221 00 Lund, Sweden



Abilene Christian University, Abilene, TX 79699, U.S. Collider-Accelerator Department, Brookhaven National Laboratory, Upton, NY 11973-5000, U.S. Physics Department, Brookhaven National Laboratory, Upton, NY 11973-5000, U.S. University of California - Riverside, Riverside, CA 92521, U.S. University of Colorado, Boulder, CO 80309, U.S. Columbia University, New York, NY 10027 and Nevis Laboratories, Irvington, NY 10533, U.S. Florida Institute of Technology, Melbourne, FL 32901, U.S. Florida State University, Tallahassee, FL 32306, U.S. Georgia State University, Atlanta, GA 30303, U.S. University of Illinois at Urbana-Champaign, Urbana, IL 61801, U.S. bw a State University, Ames, IA 50011, U.S. Law rence Livermore National Laboratory, Livermore, CA 94550, U.S. Los Alamos National Laboratory, Los Alamos, NM 87545, U.S. University of Maryland, College Park, MD 20742, U.S. Department of Physics, University of Massachusetts, Amherst, MA 01003-9337, U.S. Muhlenberg College, Allentown, PA 18104-5586, U.S. University of New Mexico, Albuquerque, NM 87131, U.S. New Mexico State University, Las Cruces, NM 88003, U.S. Oak Ridge National Laboratory, Oak Ridge, TN 37831, U.S. RIKEN BNL Research Center, Brookhaven National Laboratory, Upton, NY 11973-5000, U.S. Chemistry Department, Stony Brook University, Stony Brook, SUNY, NY 11794-3400, U.S. Department of Physics and Astronomy, Stony Brook University, SUNY, Stony Brook, NY 11794, U.S. University of Tennessee, Knoxville, TN 37996, U.S. Vanderbilt University, Nashville, TN 37235, U.S.