



# HERMESによる電子と陽子・重陽子の 深非弾性散乱における ハドロンMultiplicityの測定 I

東工大理, 山形大<sup>A</sup>, 理研<sup>B</sup>  
柴田利明, Florian Sanftl, 宮地義之<sup>A</sup>, 今津義充<sup>B</sup>,  
他HERMES Collaboration

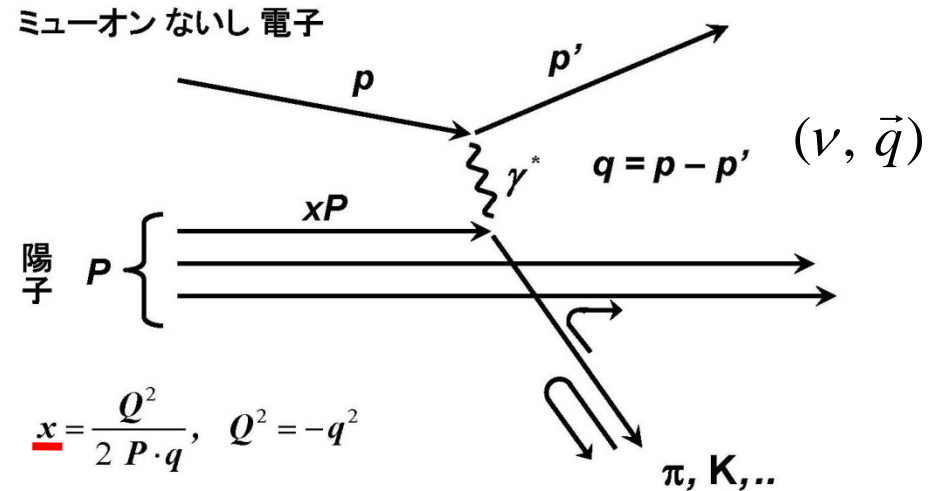
- 目次:
1. 深非弾性散乱とハドロンMultiplicity
  2. HERMESの測定器
  3. 測定結果
  4. まとめ

A. Airapetian et al., HERMES, Phys. Rev. D 87 (2013) 074029

'Multiplicities of charged pions and kaons from semi-inclusive deep-inelastic Scattering by the proton and deuteron'

## 1. 深非弾性散乱とMultiplicity

偏極深非弾性散乱



Event by event

ハドロン同時計測

Kinematic cuts:

$$Q^2 > 1 \text{ GeV}^2, \quad W^2 > 10 \text{ GeV}^2, \quad 0.1 < y < 0.85, \\ 0.2 < z < 0.8, \quad 2 < P_h < 15 \text{ GeV}/c$$

HERMES can perform 5 dimensional analysis

$$z, Q^2, x_B, p_{h\perp}, \phi_h$$

$$z = \frac{E_h}{\nu} \quad \text{energy fraction}$$

Event by event

# Multiplicity

パートン分布関数

破砕関数 : Fragmentation Function

$$\frac{1}{N_{\text{DIS}}(Q^2)} \frac{dN^h(z, Q^2)}{dz} = \frac{\sum_f e_f^2 \int_0^1 q_f(x_B, Q^2) dx_B D_f^h(z, Q^2)}{\sum_f e_f^2 \int_0^1 q_f(x_B, Q^2) dx_B}$$

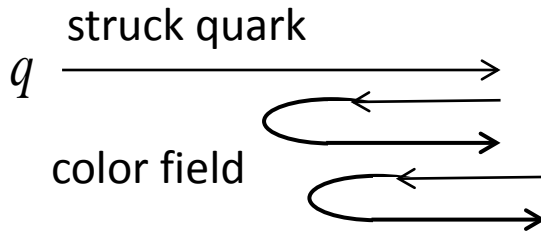
$h = \pi^+, \pi^-, K^+, K^-, \dots$

$f = u, d, s, \bar{u}, \bar{d}, \bar{s}$

## DIS (深非弾性散乱) 1 event あたりのハドロン $h$ の計数

Born cross section

Hadronization Process



Generation of quark-antiquark pairs

$\pi^+$ ,

$\pi^-$ ,

$K^+$ ,

$K^-$ , ...

Fragmentation

Transverse momentum

## Fragmentation Function

$D_f^h$  : **Number density** of hadron type  $h$  produced by the fragmentation of a struck (anti)quark of flavor  $f$

Color singlet

Multi-quark states

Confinement

$u \rightarrow \pi^+ (u\bar{d})$  **Favored** fragmentation function,

$u \rightarrow \pi^- (\bar{u}d)$  **Unfavored** fragmentation function

## Collinear framework

### Factorization theorem

Perturbative QCD at leading twist

Hadron productions in deep inelastic scattering =

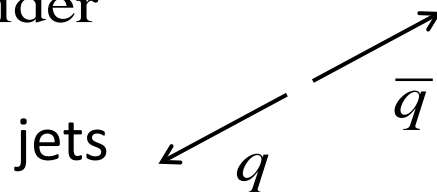
$$\text{(Parton distribution function } f_q) \times \text{(hard scattering cross section } \sigma) \\ \times \text{(Fragmentation function } D_f^h)$$

Fragmentation functions are non-perturbative quantities, but process independent.

- 1) **Fragmentation function** is an important subject of QCD by itself.
- 2) **Flavor structure of the nucleon** can be studied once the fragmentation functions are fixed.

---

$e^+e^-$  collider



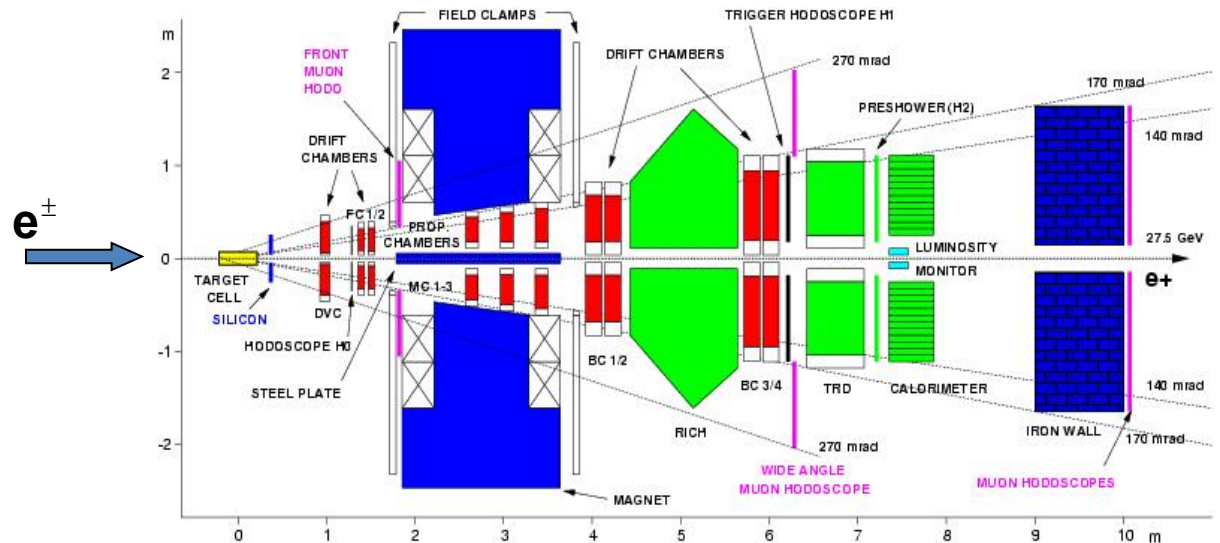
$$D_q^{\pi^+ + \pi^-}$$

charge sum

## 2. HERMESの測定器

HERMES at DESY—HERA

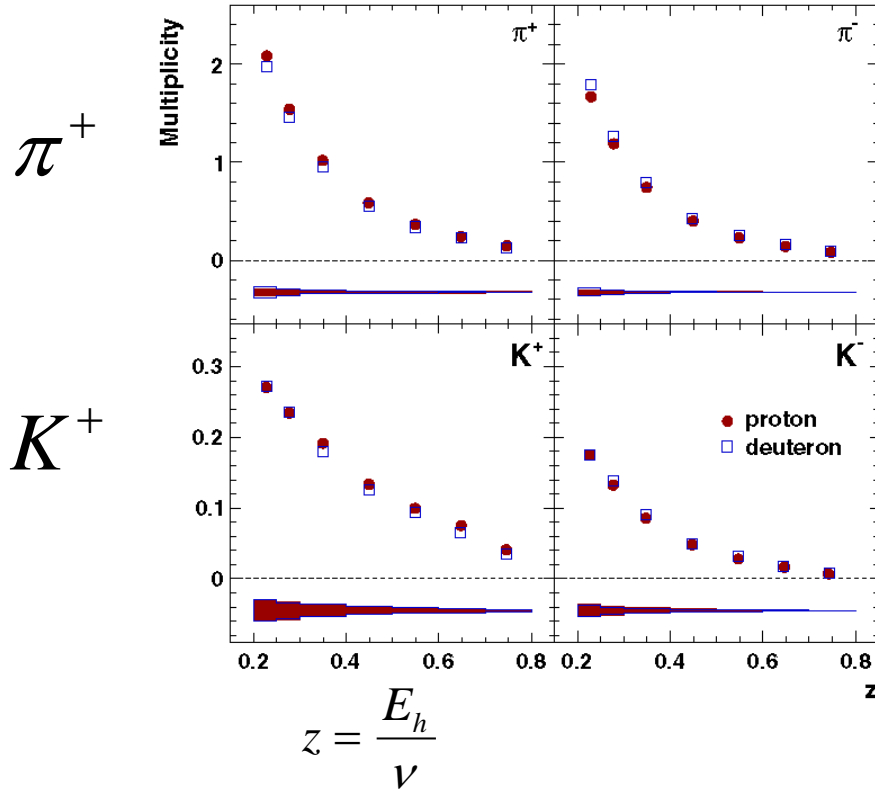
$$E_e = 27.6 \text{ GeV}$$



Proton, Deuteron Targets

$\pi$ 、K Identification with RICH

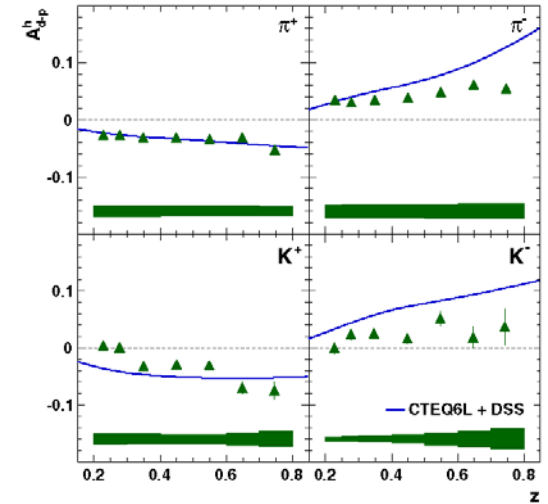
### 3. 測定結果



### ハドロン $h$ 、陽子-重陽子非対称度

$$A_{d-p}^h = \frac{M_{\text{deuteron}}^h - M_{\text{proton}}^h}{M_{\text{deuteron}}^h + M_{\text{proton}}^h}$$

$\pi^-$   
 $K^-$



• high statistical precision

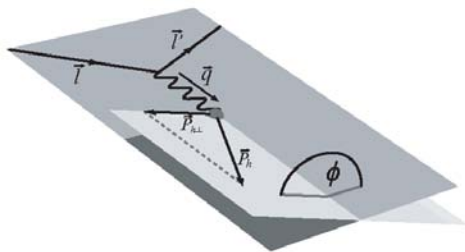
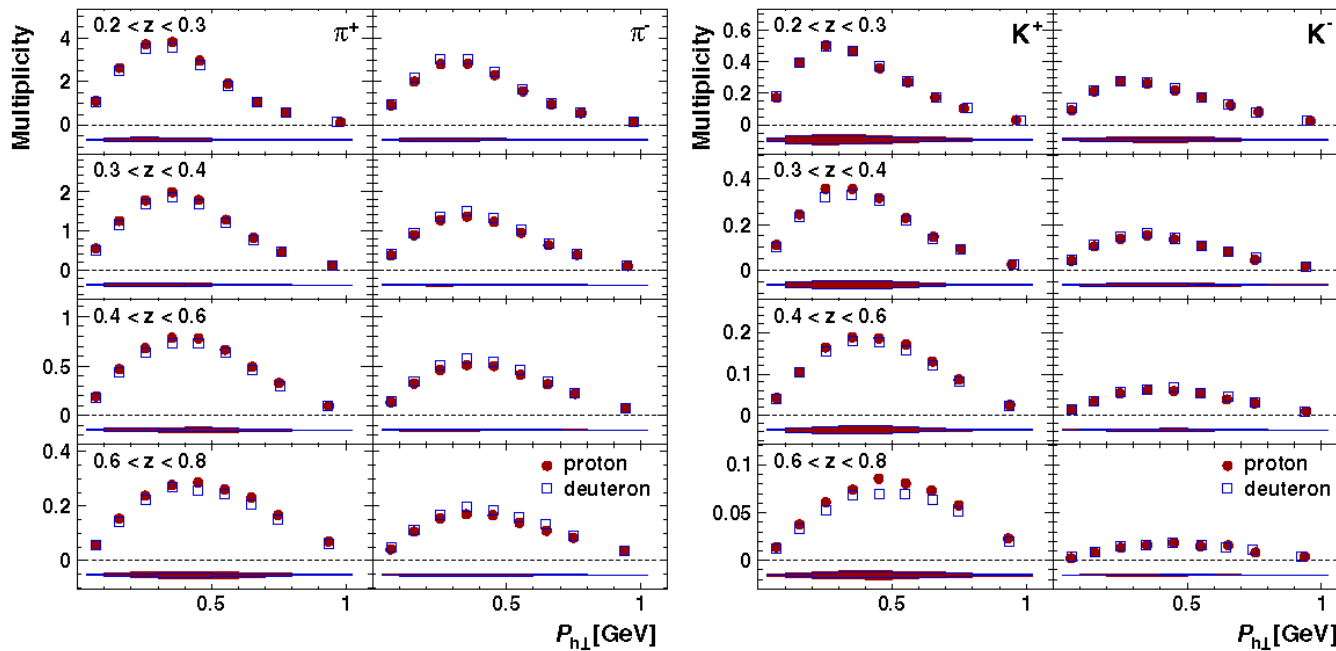
•  $\pi^+$  proton (uud) > deuteron (uud + udd) valence quarks and favored FF

•  $\pi^+/\pi^-$  ratio, 1.2 – 2.6 for proton and 1.1 – 1.8 for deuteron at  $z = 0.2 - 0.8$

•  $K^+/K^-$  ratio, 1.5 – 5.7 for proton and 1.3 – 4.6 for deuteron at  $z = 0.2 - 0.8$

•  $K^+/\pi^+$  ratio, 1/3 at high  $z$

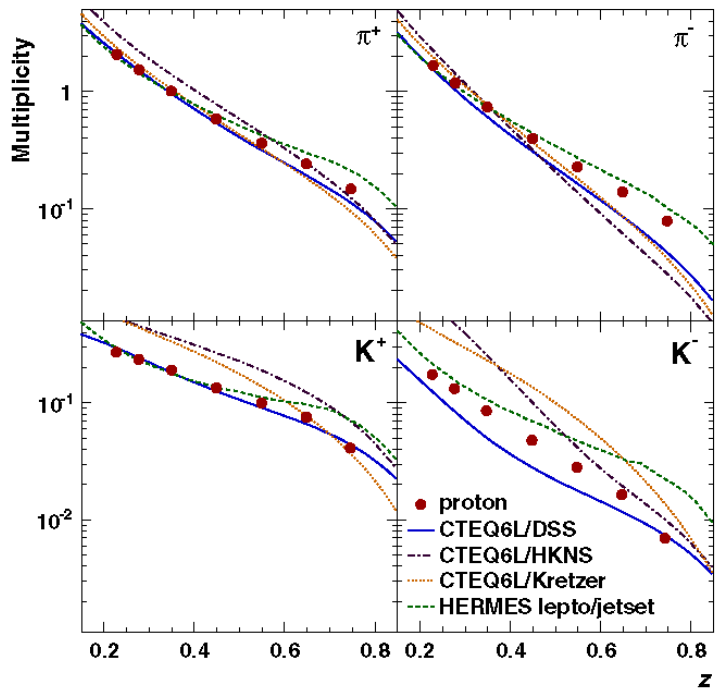
# Transverse momentum dependence



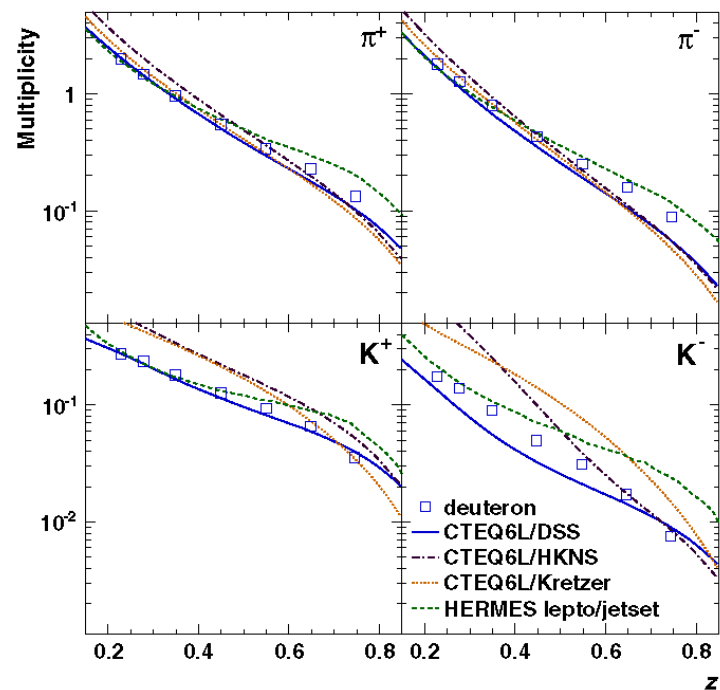
$P_{h\perp}$  with respect to the virtual photon direction

Intrinsic transverse momentum of quarks in the nucleon  
Fragmentation process (soft gluon emission, ...)

peaked at 0.3-0.5, broader for  $K^-$  ( $\bar{u}s$ )



Proton target



Deuteron target





## 4. まとめ

- ・HERMESはDESY-HERAの27.6 GeV の(陽)電子ビームを用いた深非弾性散乱実験である。
- ・陽子・重陽子標的を用いて、散乱(陽)電子と生成されたハドロンの同時計測を行い、ハドロンをRICHで $\pi$ 、K粒子識別をして、Multiplicityを測定した。
- ・Event by event で  $z$ ,  $Q^2$ ,  $x_B$ ,  $p_{h\perp}$ ,  $\phi_h$  を決定し、5次元でMultiplicityを得た。

### 特徴は

- ・統計精度が高い。
  - ・ $\pi^+$ ,  $\pi$ ,  $K^+$ ,  $K^-$  の比較が可能。
  - ・陽子と重陽子の非対称度が得られた。
  - ・ハドロンの横方向運動量依存性が得られた。
- 
- ・Fragmentation function はそれ自体がQCDの重要な研究対象である。
  - ・核子のパートン構造の決定に活用される。