

Hadron Facilityでの将来計画

2011年7月28日
核子構造WGミーティング
深尾 祥紀

J-PARCでのトピックス

現時点(30 GeV)で可能なプロジェクト

- Spin physics in elastic pp reaction
- Hadron interactions in nuclear medium
- Short-range NN interactions
- J/ψ , charm physics
- Generalized parton distributions
- Drell-Yan? ...

50 GeV の陽子ビーム ← 10年以内に実現可能か?

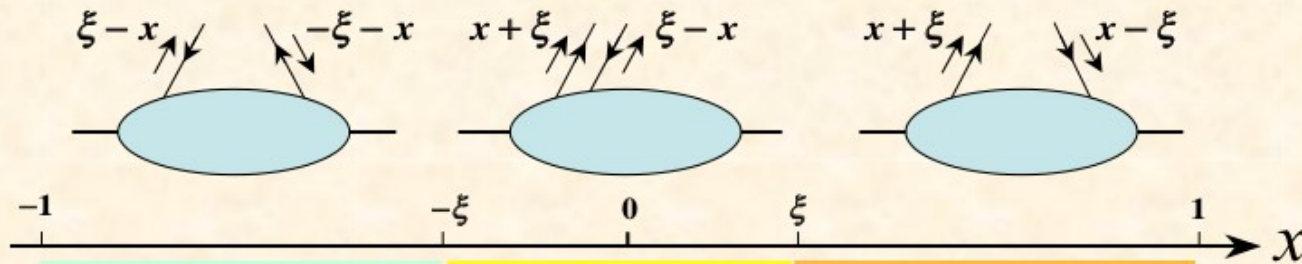
- Drell-Yan
- Single spin asymmetries
- Spin structure of spin-1 hadrons
- ...

50 GeV の偏極陽子ビーム ← 20年以内に実現可能か?

- Drell-Yan: Double asymmetries (Polarized PDFs)
- Complimentary to RHIC-Spin (large- x physics)
- ...

J-PARCでのGPD測定 (30GeVで可)

GPDs in different x regions and GPDs at hadron facilities



$-1 < x < \xi$ ($x + \xi < 0, x - \xi < 0$)

$\xi < x < 1$ ($x + \xi > 0, x - \xi > 0$)

$-\xi < x < \xi$ ($x + \xi > 0, x - \xi < 0$)

Consider a hard reaction with

$|s'|, |t'|, |u'| \gg M_N^2, |t| \ll M_N^2$

Quark distribution

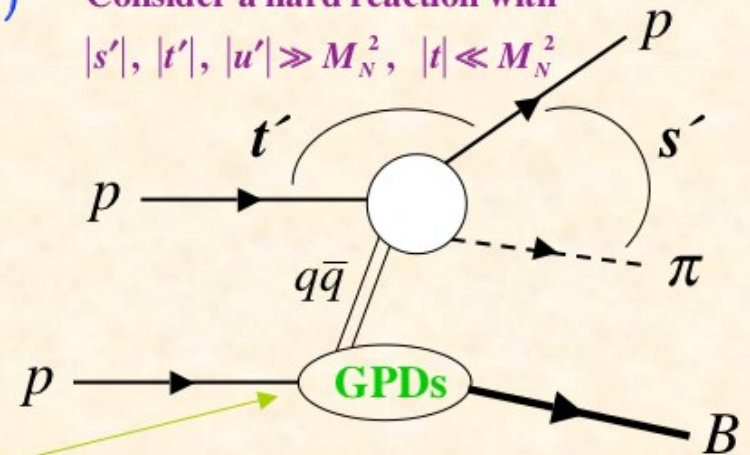
Emission of quark with momentum fraction $x + \xi$
Absorption of quark with momentum fraction $x - \xi$

Meson-like distribution amplitude

Emission of quark with momentum fraction $x + \xi$
Emission of antiquark with momentum fraction $\xi - x$

Antiquark distribution

Emission of antiquark with momentum fraction $\xi - x$
Absorption of antiquark with momentum fraction $-x - \xi$



GPDs at J-PARC: PRD 80 (2009) 074003.

Efremov-Radyushkin
-Brodsky-Lepage (ERBL) region

J-PARCでのDrell-Yan実験

無偏極Drell-Yan実験

- E906よりも高い x (0.2 ~ 0.6) での $\bar{u}(x) / \bar{d}(x)$
- Boer-Mulders functionの測定
- 30 GeVでは厳しいか。
 - 40 GeVなら比較的容易にできる?
 - 50 GeVが望ましい。

偏極標的Drell-Yan実験

- TMDフレームワークの検証
- A_N : Sivers, Transversity&Boer-Mulders

偏極標的+偏極ビームDrell-Yan実験

- A_{LL} : $\Delta\bar{u}(x) / \Delta\bar{d}(x)$
- A_{TT} : Transversity

J-PARCアップグレードの必要性

偏極ターゲットの開発

- Single Spin Asymmetryであれば、偏極標的でいい。

ビームエネルギーのアップグレード

- 核子構造の研究ではpQCDのフレームワークに乗ることが必須
- Drell-Yan実験での統計量に影響

偏極ビームへのアップグレード

- Double Spin Asymmetryには必須
- 高い x 領域でのPol. PDFの測定。
- Transversity, TMD, GPD測定

30 → 50 GeVにアップグレードすることで大きく幅が広がる
(アップグレードしないと10年以内に終わってしまう?)

- 偏極ep, 偏極ppで何が分かったのか?
- "大きな軌道角運動量 + 2D → 3Dへの発展"は
新しいパラダイムとして人々に受け入れられるか?

J-PARCでのその他のトピックス

ニュートリノビームを使った Δs の測定

- 統計量は十分か？

スピン1粒子(重陽子)のテンソル構造関数の測定

- 陽子+偏極重陽子でのDrell-Yan測定
- ed散乱の方が得意？

原子核の構造関数の測定？

- これもeA散乱の方が得意？

J/psi, charmの物理

Polarizability

形状因子

Fermilab

無偏極陽子ビームによるDrell-Yan実験 (E906 / SeaQuest)

- $x = 0.1 \sim 0.4$ の高い x 領域
- データを取り始めるところ。2年間のビームタイム
- 5年以内には終了

E906実験後

- 偏極ターゲットをインストール。5年以内に終了か。
状況により、RHIC or J-PARCでの実験となる。

それ以降は? (2018年 ~)

- J-PARCと比べてエネルギーは高い (120 GeV)
(J-PARCの方がより高い x を見る)
- RHICよりはエネルギーは低いが高統計。

RHIC

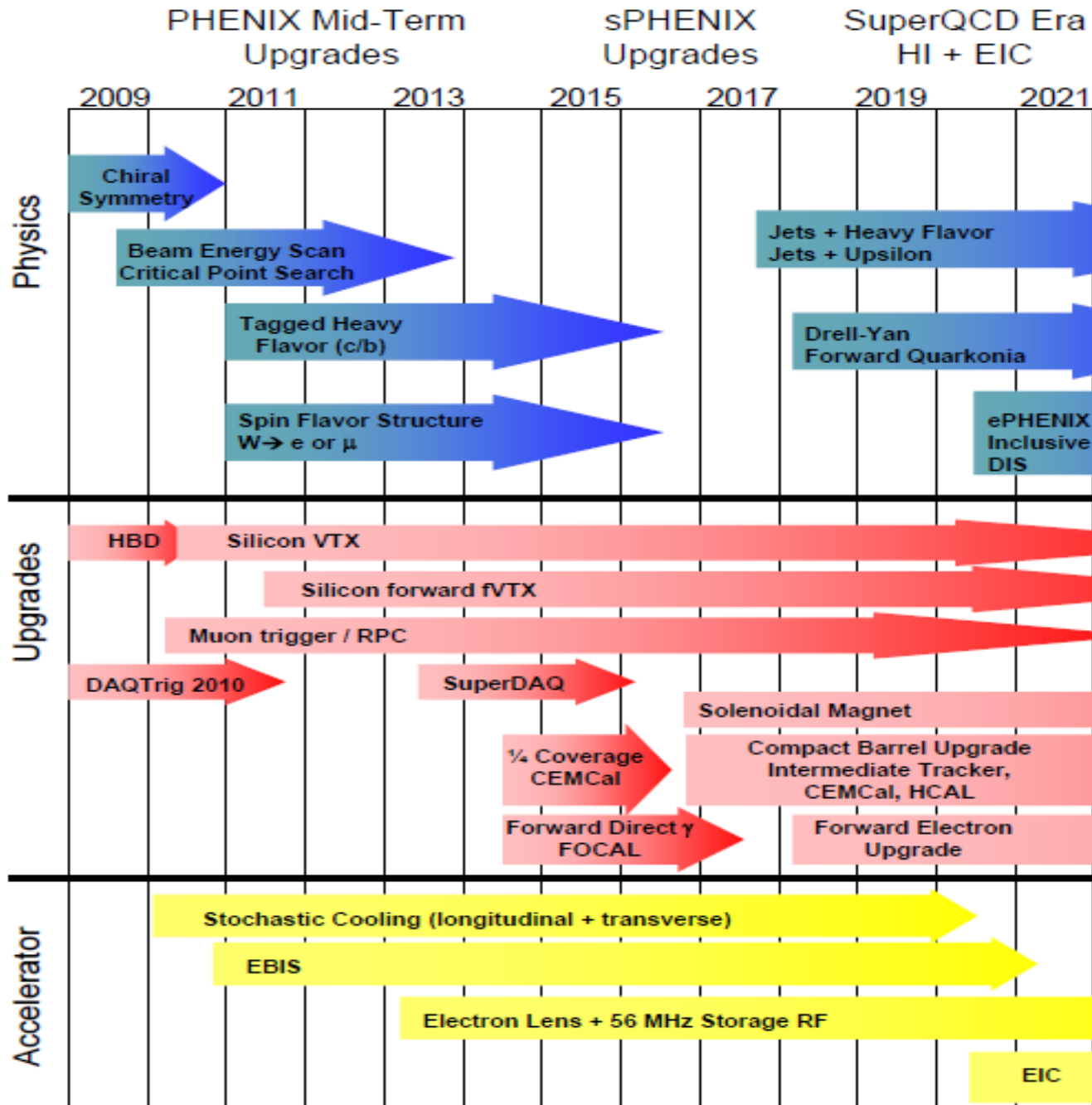
現時点で稼働している偏極陽子ビームコライダー
下のような測定が行われている。(～2015年くらいまで)

- A_{LL} : Δg の測定 ($x \sim 0.1$ 付近)
- A_L : W を使った $\Delta\bar{q}$ の測定
- A_N : Sivers, Collins, Higher twist
- A_{TT} : Transversity
- pp, pC弾性散乱

将来計画

- 2015年～2020年
検出器のアップグレード
ルミノシティ、エネルギーのアップグレード (?)
→ あまり大きな変化はないか。
- 2018年～
Drell-Yan実験 (偏極ビームを利用可能)
- それ以降
eRHIC

RHICの将来計画



LHC

実験が開始した。

核子構造の物理は？

QCD, PDFなどの検証にはなる。
無偏極PDFの精度向上になるか？

GSI-FAIR

Hadron Facilityでの将来計画

今から5年

- RHICでの Δg 、 Δq の測定
- FermilabでのDrell-Yan実験(無偏極+偏極)

今から5 ~ 10年の間

- RHICでのDrell-Yan実験
- J-PARC 30 GeVでの実験 (GPD、J/psi、char、ニュートリノビーム?)
- J-PARCでのDrell-Yan実験
(30 GeVでできるか? 40 – 50 GeVへのアップグレードは?)

今から10 ~ 20年の間

- J-PARCでの実験: 50 GeVビームは実現するか?
Drell-Yan、Single Spin Asymmetry

今から20年以降

- 3D核子構造の理解が終わってほしい。
- スピンを含めた核子構造は理解できるのか? スピンパズルは?
- 稼働しているFacilityは? J-PARC、LHC? 新しい加速器の建設?

J-PARCにおける高エネルギーハドロン物理の「Q & A」

- ・ AGSの残飯整理では？
重要な未解決問題あり。AGS以後に発展した課題あり。
- ・ 構造関数の物理はHERAで終わりでは？
核子スピンの起源は不明。核子の3次元描像(GPDs)の研究は始まったばかり。
- ・ 大きい x_{Bjorken} 領域の小さい構造関数を測定して意味があるか？
スピンの総和 (x の積分)、ハドロン模型の検証、LHCでの新発見の基礎
- ・ 摂動論的QCDの補正が大きく、分布関数を取り出せないのでは？
グルーオンの再足し上げの研究が進み、Drell-Yanは理解可能。
- ・ 世界的な研究動向は？ 世界の研究者が興味を持つか？
RHIC, Fermilab, CERN-COMPASS, JLab, GSI-FAIR, EIC, ...
- ・ 次世代を担う研究者がいるのか？ 5 – 10年後にユーザがいるか？
RHIC, HERMES, COMPASS, Fermilabで活躍中の多数の日本人研究者あり。
RHIC等の実験に関連して活躍中のハドロン理論家が多数あり。
- ・ ノーベル賞を取れる様な重要な成果を出せるのか？
確実に (また重要な) 成果は出せるが、ノーベル賞までには至らないのでは？
しかし、ノーベル賞に値する新発見のための基礎データは提供可能
- ・ 大強度ビームの特徴を生かしているのか？
小さい断面積まで測定できる。→ 運動学的領域を広げた測定が可能
- ・ ハドロン実験が基本相互作用に関して何の貢献ができるのか？
QCDの非摂動的側面 (カラーの閉じ込め等) に貢献、
ハドロン物理学は究極物質の構造と性質を研究する分野