

Title	偏極HD標的を用いた核子中のストレンジネスの研究
Author(s)	郡, 英輝
Citation	大阪大学低温センターだより. 2009, 146, p. 3-6
Version Type	VoR
URL	https://hdl.handle.net/11094/8460
rights	
Note	

The University of Osaka Institutional Knowledge Archive : OUKA

https://ir.library.osaka-u.ac.jp/

The University of Osaka

# 偏極HD標的を用いた核子中の ストレンジネスの研究

核物理研究センター 郡 英輝 (内線8861 or 8932)

#### 1.はじめに

自然界の物質は原子からできており、その中心部分には原子の大部分の質量を担っている原子核 が存在する。その原子核は、核子(陽子や中性子)から構成されている。さらに細かく核子の中を 見ると、陽子は *u* クォーク 2 個と *d* クォーク 1 個から成り、中性子は *u* クォーク 1 個と *d* クォーク 2 個から成る。表 1 に示しているのは、これまでに発見されている 6 種類のクォークであり、自然 界に存在するのは、*u* と *d* クォークの 2 種類ということになる。

Generation				Generation			
Charge	1	2	3	Charge	1	2	3
+2/3e	и	С	t	-2/3e	$\overline{u}$	$\overline{c}$	ī
— 1/3e	d	${old S}$	b	+ 1/3e	$\overline{d}$	$\overline{S}$	$\overline{b}$

表1:これまでに発見されている6つのクォーク(左)とその反粒子クォーク(右)。 クォークにはそれぞれに対応する反粒子クォークが存在する。

ところが近年の様々な研究から、核子は隠れた構造として *ss* クォーク対を内部に含んでいると 考えられる。例えば、偏極  $\mu$  粒子と偏極陽子標的を用いた深非弾性散乱実験の結果では、*ss* クォー ク対の持つスピンの量は、*u*、*d* クォークの持つスピンの量に匹敵することを示した<sup>[1]</sup>。また、 $\bar{p}p$ →  $\phi$  X 実験の結果は、Okubo-Zweig-lizuka(OZI)ルールが大きく破れていることを示し、陽子中 に *s* クォークが存在していることを示唆した<sup>[2]</sup>。

1990年代からこうした理解が有力であったが、2007年にアメリカのジェファーソン研究所が発表 した実験結果によって、大きく状況がかわってきた。電子と核子の弾性散乱によるパリティの破れ の非対称度の高精度測定の結果では、核子の内部には*s*クォークの寄与はほとんど存在しないとい う驚きの内容だった<sup>[3]</sup>。また、ドイツの HERMES グループによる新しい semi-inclusive 深非弾性 散乱の結果では、核子スピンに対する*s*クォークの寄与はほとんどゼロだった<sup>[4]</sup>。図1に示すよ うに、はたして核子の真の姿はどうなっているのだろうか?

## 2.計画している実験

我々は、SPring-8 の偏光フォトンビー ムと偏極核子標的を用いて、核子の真の 姿を知るために新しい実験ができること を思いついた。

我々は、兵庫県西播磨の大型放射光施 設SPring-8を用いて、素粒子・原子核実 験を行うために、図2のようなビームラ インを建設した(BL33LEP)<sup>[5, 6]</sup>。この 実験施設では、最高エネルギー2.4 GeV の偏光フォトンビームが10<sup>6</sup>/sの強度で 作り出されている。ビームのエネルギー が高くなると、フォトンの波長が短くな り微小の世界を見ることができる。

図 3 のように、円偏光フォトンビーム を用いて、陽子中の ss クォーク対成分 をknockoutして、 $\phi$ 中間子として検出す る。 $\phi$ 中間子はピュアな ss クォーク対 から成り、2 つのK中間子へ崩壊する。 フォトンビームの偏光の方向と標的の偏 極の方向を変えて、偏極方向が平行の時 ( $\sigma$ (二))と反平行( $\sigma$ (二))の時の生



図2:SPring-8の実験ビームライン(BL33LEP)

成断面積の非対称度を測定することによって、核子中の ss クォーク対成分を調査する。非対称度 (*C*<sup>BT</sup>)は式1のように表される。

この反応の $\phi$ 中間子生成非 対称度は、核子中の $s\bar{s}$ クオ ーク対成分に非常に敏感で、 たった1%の成分が存在した だけでも、大きな非対称度と して測定できる[7]。また、 これと同様の実験を重水素が 偏極したHD標的に対しても 行い、中性子の中の $s\bar{s}$ クォ ーク対成分を調査する。



図3. 陽子中の ss クォーク対成分をノックアウトして、φ中間子として検 出する反応。

## 3.実験の準備

SPring-8の偏極フォトンビームは既に準備が整っているため、現在は主に偏極核子標的の開発を 行っている<sup>[8,9,10,11]</sup>。我々は、偏極核子標的として偏極HD標的を選択した。偏極HD標的とは、 水素(H)と重水素(D)が分子を作っているHDを高磁場(17 Tesla)と極低温(10 mK)に置き、 静的な方法で 2 – 3 ヶ月かけて偏極凍結させるタイプの核子標的である。我々の計画よりも数年早

く、アメリカのBNLとフランスのESRFの実験グル ープが開発を開始しており、改良点はいくつか残 しているが既に実験に使用できている状態である。

図4に示すように、17 Teslaの磁場と10 mKの温 度の場合、偏極度は陽子に対して90%で、その偏 極を重陽子に移すことが可能で、重陽子に対して 60%の偏極度を得ることができる。SPring-8での実 験中に、標的を1 Teslaの磁場と200 mKの低温で保 存することにより、偏極持続時間は1年程度が可 能である。通常SPring-8で行う素粒子・原子核実験 は1年以内に終了するので、この偏極持続時間は データ収集には十分な長さである。





図5は、核物理研究センターで初めに偏極を凍結させるために使用する希釈冷凍機である。図6 は、HD標的周辺を拡大している。この希釈冷凍機はオランダのLeiden Cryogenics社製で、平成17 年度に導入した。最低到達温度は6mKで、冷却能力は120mKにおいて2500 µWである。

希釈冷凍機の運転にかかる液体ヘリウムの消費量は、1日あたり約24リットルである。1度HD標 的を偏極凍結させるのに必要な液体ヘリウムの量は、初めの冷却に必要な量と2-3ヶ月の運転に



図 5:Leiden Cryogenics社製希釈冷凍機



図6:HD標的周辺の拡大図

必要な量を加えて約2000リットルである。HD標的を偏極させる超電導磁石は日本のJASTEC社製 であり、最高磁場強度17 Teslaにおいて永久電流モードで運転する。希釈冷凍機にはクリアショッ トと呼ばれる φ 65 mmの穴が空いていて、偏極HD標的は偏極を保持したままHD標的引き抜き装置 によって他の冷凍機に移動できる。

## 4.現在の状況と今後の計画

我々は平成20年8月に、1ヶ月の期間にわたって初めてHD標的を偏極凍結させる試みを行い、 HD標的の偏極凍結を確認した。しかし、偏極は数日しか持続しなかった。原因は、HDの純度を 十分高く(99.99%)まで高めることができなかった事と、約2-3ヶ月必要な偏極を凍結させる 時間が1ヶ月と短かかった事である。今後は、HDの純度を向上させる蒸留器の改良を行ない、偏 極度を正しく測定するためのNMR装置の開発を行う。平成21年度中には偏極HD標的の開発は終了 し、SPring-8での素粒子・原子核実験の準備にとりかかる予定である。

## 参考文献

- [1] J. Ashman *et al.* Nuclear Physics B328 (1989) 1.
- [2] J. Reifenrother *et al.* Nuclear Physics B267 (1991) 299.
- [3] A. Acha *et al.* Physical Review Letters 98 (2007) 032301.
- [4] A. Airapetian *et al.* Physical Review Letters 92 (2004) 012005.
- [5] T. Nakano *et al.* Nuclear Physics A684 (2001) 71.
- [6] H. Kohri et al. Physical Review Letters 97 (2006) 082003.
- [7] A.I. Titov *et al.* Physical Review Letters 79 (1997) 1634.
- [8] M. Fujiwara *et al.* Photoproduction experiment with polarized HD target at SPring-8, LEPS/RCNP proposal (2003).
- [9] H. Kohri et al. Annual Report of RCNP (2005) 16.
- [10] T. Ohta et al. Annual Report of RCNP (2006) 19.
- [11] C. Morisaki et al. Annual Report of RCNP (2007) 12.