

# 論文審査の結果の要旨

氏名 中嶋 大輔

本論文は5章からなり、その研究内容は、u, d クォークに加えてストレンジクォーク (s クォーク) を含む原子核-ハイパー核-を、重イオンビームと固定標的との衝突反応で生成し、質量および寿命の測定により同定したものである。

第1章(序章)では、まず、ストレンジネスを含むハイパー粒子と核子、ハイパー粒子同士の相互作用の研究が、強い相互作用の理解にとって重要であり、ハイパー核分光はその相互作用の強さを知る有効な手段であることが述べられている。次に、これまでのハイパー核生成の手法を概観し、新たな手法として、重イオンビームと固定標的との衝突反応による、高速で飛行するハイパー核を生成することの有用性が示され、先駆的な研究に基づく実現性が論じられている。さらに、この手法によるハイパー核生成を実証、生成過程を確立することを本研究の目的と設定し、具体的な実験として ${}^6\text{Li}$  ビームと ${}^{12}\text{C}$  標的の衝突による軽い $\Lambda$  ハイパー核の生成とその同定手法として $\pi^-$  を伴う弱崩壊モードを利用することが示されている。研究の方向性およびその中における当該課題の明確な位置づけ、実現可能な具体的な実験計画の記述は、論文提出者の科学的視点の高さを示している。

第2章では、具体的な実験の内容が記述されている。実験は素過程である核子-核子衝突でストレンジネスが生成可能な1.6 GeV を超える、核子あたり2 GeV の ${}^6\text{Li}$  ビームが得られる、ドイツ重イオン研究所 (GSI) で行われた。GSI の SIS-18 シンクロトロンで加速されて ${}^6\text{Li}$  ビームを炭素標的に照射し、反応生成物 ( $\pi^-$  および陽電荷の荷電粒子) の測定は、標的直下流の飛跡検出器、偏向電磁石 ALADiN、その下流の飛跡検出器、および飛行時間測定器でなされた。最初の飛跡検出器は、シンチレーションファイバーおよび多アノード光電子増倍管を用いたもので、本研究のために論文提出者が開発、製作、性能評価したものであり、実験研究者としての実力が評価される。用いられたすべての検出器の仕様およびそれぞれに対する性能評価、およびそれらに基づくトリガー条件が示されている。膨大なバックグラウンド

から反応率の小さい事象を選び出すためのさまざまな工夫もまた、論文提出者の実験能力の高さを示している。

第3章では、測定された粒子識別および運動量ベクトルを求めるための解析手法が述べられている。個々の検出器および検出器相互の位置情報の較正がなされた後、偏向電磁石中の荷電粒子の飛跡を求め、各粒子の運動量が導出され、それらと飛行時間差、飛行時間測定器中でのエネルギー損失量を用いて粒子識別がなされた。2粒子以上が識別された事象について、飛跡の再構成により飛跡どうしの距離を求め、その距離の小さいものが崩壊事象と同定され、崩壊位置が求められている。膨大なバックグラウンドから必要な事象を選び出すため、注意深い較正と適切なアルゴリズムがとられており、データの信頼性を示すものと評価される。

第4章では $\Lambda$ および軽いハイパー核の同定がなされ、その生成過程が議論されている。 $\pi^-$ と $p$ ,  ${}^3\text{He}$ ,  ${}^4\text{He}$ との不変質量スペクトルが導出され、それぞれ、 $\Lambda$ ,  ${}^3_{\Lambda}\text{H}$ ,  ${}^4_{\Lambda}\text{H}$ と考えられるピークが観測された。これらのピークは、事象混合により評価されたバックグラウンドでは表れず、それらの比較から、このピーク統計的有意度が7.1, 6.2, 5.3と見積もられた。得られた不変質量の値は、系統誤差の範囲内で既知の質量に一致した。また、崩壊位置の分布から、それぞれの寿命が求められ、それらもまた既知の寿命と一致した。これらから、 ${}^6\text{Li}+{}^{12}\text{C}$ 衝突において、 $\Lambda$ ,  ${}^3_{\Lambda}\text{H}$ ,  ${}^4_{\Lambda}\text{H}$ が生成され、同定されたと結論づけられる。観測された事象数および生成された運動学的領域の解析から、 ${}^6\text{Li}$ の破砕片( ${}^2\text{H}$ ,  ${}^3\text{H}$ )と衝突で生成された $\Lambda$ 粒子が再結合するというコアレスセンス模型の予言と矛盾しないことが示された。不変質量だけでなく寿命の情報も用いた同定手法は、実験の高い信頼性を示し、また、理論模型との比較による生成過程の推察は、重イオン衝突によるハイパー核生成に関する予言性を示すものとして評価できる。

上述の内容は、第5章にまとめられ、将来の展望が述べられている。

以上のように本研究は、重イオンと固定標的との衝突反応によりハイパー核を生成し、不変質量と寿命の測定からそれらを同定したものであり、その生成過程の考察もあわせて、この分野の今後の研究に貢献するものである。

なお、本論文は共同研究であるが、論文提出者が主体となって実験及び解析を行ったもので、論文提出者の寄与が十分であると判断する。

従って、博士(理学)の学位を授与できると認める。