【117】

氏　名（本籍）	青　戸　智　浩（福　島　県） あお　と　とも　ひろ
学位の種類	博　　士（理　　学）
学位記番号	博　甲　第　3377　号
学位授与年月日	平成16年3月25日
学位授与の要件	学位規則第4条第1項該当
審査研究科	物理学研究科
学位論文題目	**Stark effect study on Ne and Ar Rydberg states with quantum beat measurement** （量子ビート測定によるネオンとアルゴンのリュドベルグ状態のシュタルク効果に関する研究）

主　査	筑波大学教授	理学博士	森　岡　弓　男
副　査	筑波大学教授	理学博士	舛　本　泰　章
副　査	筑波大学教授	理学博士	大　塚　洋　一
副　査	筑波大学助教授	理学博士	野　村　晋太郎

論文の内容の要旨

原子は実質的な物質の基本的構成要素であり，孤立系での原子の性質の理解を目指して多くの研究がなされている。原子の物理的性質の一つとしてシュタルク効果と呼ばれるものがある。シュタルク効果は原子に外場として電場がかけられると，スペクトル線の位置がシフトするシュタルクシフトや，縮退が解けてスペクトル線が分裂する現象（シュタルク分裂）として観測される。原子・分子のシュタルク効果の研究は分光学的な情報を得るのはもちろんのこととして，理論的な研究の発展にも大きく寄与する，重要な基礎研究のテーマのひとつである。

本研究では，Ne（ネオン）とAr（アルゴン）原子を標的とし，それらのリュドベルグ状態のシュタルク効果に注目した。Ne原子のリュドベルグ状態に関しては，いくつかなされていたが，その対象は低い励起状態に限られていた。そこで，本研究では未開拓のNe原子リュドベルグ状態を標的にしたのである。また，Arに関しては，数多く存在するリュドベルグ状態の中でも，或る2つの状態に注目した。その理由は，過去の分光研究によって，これら2つの状態はエネルギー的に非常に近くに存在する状態と摂動が非常に強く引き起こされると考えられ，Neで見られるようなシュタルク分裂の電場2乗依存性とは異なる振る舞いが期待されたからである。

一般に原子・分子のリュドベルグ状態とは，イオン核から比較的遠い軌道をひとつの電子が回っている状態を指し，電子に対するイオン核のクーロン力が弱くなっており，電場の影響を受けやすく，壊れやすい。したがって，このようなリュドベルグ状態の原子のシュタルク効果を観測する場合，適当な大きさの電場印加と高分解能分光測定が必要になる。本研究では，リュドベルグ状態にある原子のシュタルク効果の一つであるシュタルク分裂のエネルギー幅を，シュタルク量子ビート（SQB）分光法を用いて測定する試みがなされた。SQBは，電場によって縮退が解けて生じたエネルギー差を持つ複数の準位を同時励起することで，重ね合わせの量子状態をつくり，その励起状態からの蛍光を時間蛍光スペクトルとして観測する際に見られる現象で，量子力学的な干渉効果の一つである。このビート周波数は，同時励起された複数の準位のエネル

ギー間隔によって決まる。このように干渉効果を利用して，シュタルク分裂のエネルギー幅を測定するのがSQB分光法である。

実験は，高エネルギー加速器研究機構・放射光施設内にあるビームライン20Aで行われた。SQB測定には，シングルバンチ運転を利用し，NeとArのリュドベルグ状態のある特定の主量子数n準位へ光励起させ，蛍光を伴って崩壊する際の時間依存した蛍光崩壊曲線を，電場を与えながら測定することで，SQBスペクトルを得た。

Neに関しては，26のリュドベルグ状態についてSQB測定を行い，本研究での測定範囲内では，これらすべてのビート周波数が電場の2乗依存性を示していた。この電場2乗依存性から，テンソル分極率と呼ばれる量が決定できる。本研究では，Neリュドベルグ状態のテンソル分極率を4%の精度で決定した。また測定したシュタルク分裂幅を，2次の摂動計算と比較することで，摂動を引き起こす状態との関係について議論した。

Arの或る2つのSQBスペクトルには，それぞれにおいて3種類のビートが観測された。本来それぞれ1種類ずつのビートのみが現れるはずであったが，複数のビートが観測されたわけである。これらのうちの1つの結果として得られた3種類のビート周波数は，電場二乗依存性を示していた。他の方の3種類のSQBは，主量子数nが比較的小さいにもかかわらず，他の状態に比べて1V/cmという非常に小さい電場でビートが生じることがわかり，ビート周波数電場依存性は，複雑な振る舞いを見せていた。このように複数現れるビートの素性を明らかにするために，計算との比較を行った。計算結果は実験結果を非常によく再現しており，ビートが複数現れるのは，シュタルク効果による状態の混合が生じ，d状態だけでなく，近傍にある双極子遷移では励起されないf状態のビートが関与していることが明らかになった。

審査の結果の要旨

本論文はシュタルク量子ビート（SQB）法でArとNeのリュドベルグ状態の電場感受性を詳細に研究している。多数のNeリュドベルグ状態のテンソル分極率を4%の精度で決定しているが，新しい知見として評価できる。Arについて，或る特定のリュドベルグ状態が異常な振る舞いを見せ，電場感受性が非常に強いことを発見したことは，今後の原子分光学に大きな寄与をすると思われる。また独自の計算による値と実験値との一致を見たことも評価できる。

以上から本論文は博士論文として充分独創性があり，当該分野に大きく寄与するものと思われ，高く評価できる。

よって，著者は博士（理学）の学位を受けるに十分な資格を有するものと認める。