

# $^{87}\text{Rb}$ 原子の $5 P_{3/2}$ $4 D_{5/2}$ 遷移のレーザー分光

中川研究室 0013104 柳瀬 数昌

## < 背景・目的 >

原子をトラップする方法のひとつとして、光の勾配力を利用した光双極子トラップがあげられる。しかし光双極子トラップにおいては図1のようにライトシフトによってトラップ内での原子の共鳴周波数が変わってしまうため、レーザー冷却とトラップを両立することは難しい。

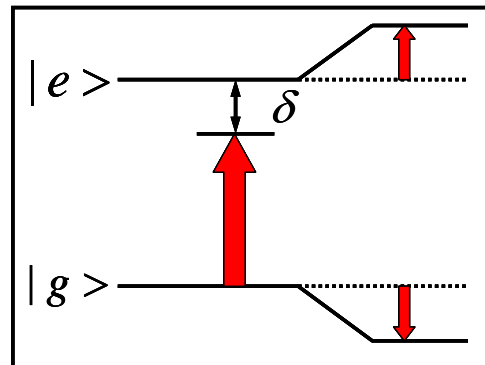


図1. ライトシフト

この問題を解決するには、レーザー冷却遷移の上下の準位のライトシフトが同じになる

ような波長 (Magic wave length) を用いて光双極子トラップを行う方法がある。このようなトラップと冷却を $^{87}\text{Rb}$ で実現するために必要な分光データを得るために励起状態の吸収分光を行った。

## < Magic wave length >

Magic wave length とは図2のようにレーザー冷却に用いる準位よりさらに上の準位と光双極子トラップとの作用を用いることによって、レーザー冷却の上下準位のシフト量を同じにするような波長である。

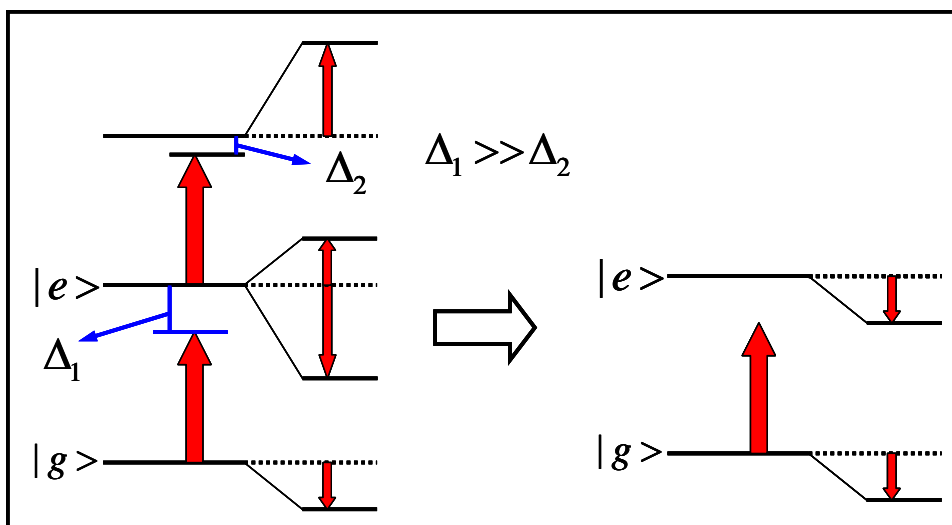


図2 . Magic wave length

### < 分光実験 >

ここでは<sup>87</sup>Rbの図3のようにレーザー冷却に用いる準位として $5S_{1/2}$   $5P_{3/2}$ 遷移、さらに上の準位として $4D_{5/2}$ を考える。

光双極子トラップによるライトシフトを求めるには $5S_{1/2}$   $5P_{3/2}$ と $5P_{3/2}$   $4D_{5/2}$ 遷移の遷移強度を知る必要があるが、後者については過去に正確なデータがとられていないので測定しなければならない。

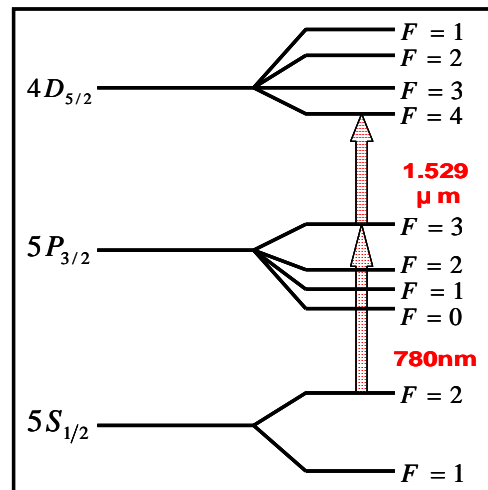


図3 . Rbの超微細構造

### < A . $5P_{3/2}$ $4D_{5/2}$ の吸収線の観測 >

$5P_{3/2}$   $4D_{5/2}$ 遷移の遷移強度を知る最初の実験として $5P_{3/2}$   $4D_{5/2}$ 遷移の吸収線の観測を行った。

#### ・ 実験方法

780nmのレーザーを $5S_{1/2}$ 、 $F=2$   $5P_{3/2}$ 、 $F=3$ にLock-in Ampでロックする。そこに1.5 μmのレーザーを掃引して入射し、 $4D_{5/2}$ における1.5 μmレーザーの吸収線を観測する。(図4)

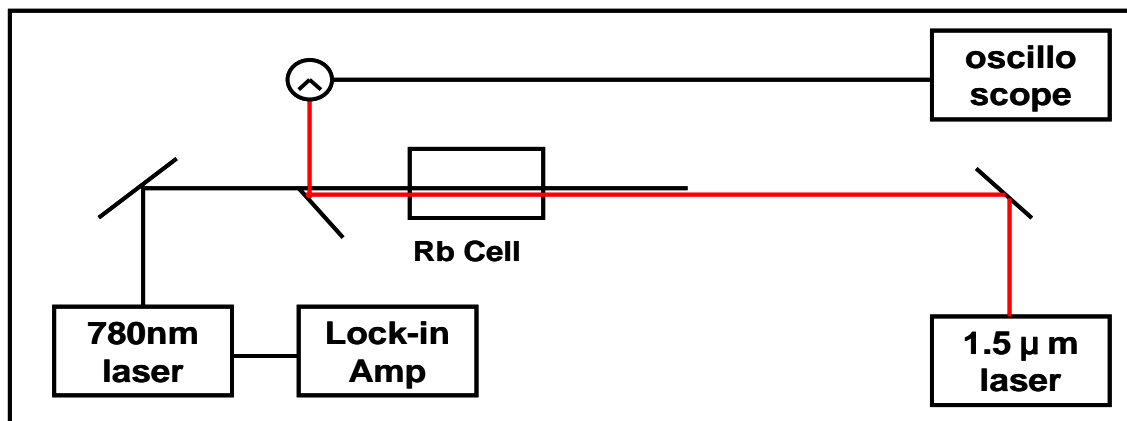


図4 .  $5P_{3/2}$   $4D_{5/2}$ の吸収線の観測

#### ・ 実験結果

この実験により図5のような吸収線の観測し、論文と比較してもほぼ一致した。(図中の34、33という数字は $F=3$   $4$ 、 $F=3$   $3$ 遷移の吸収を表す。)これにより $4D_{5/2}$ 準位の超微細構造を知ることができた。しかし励起状態の原子の個数を見積もることが困難なため、この結果から遷移強度を求めることは難しい。

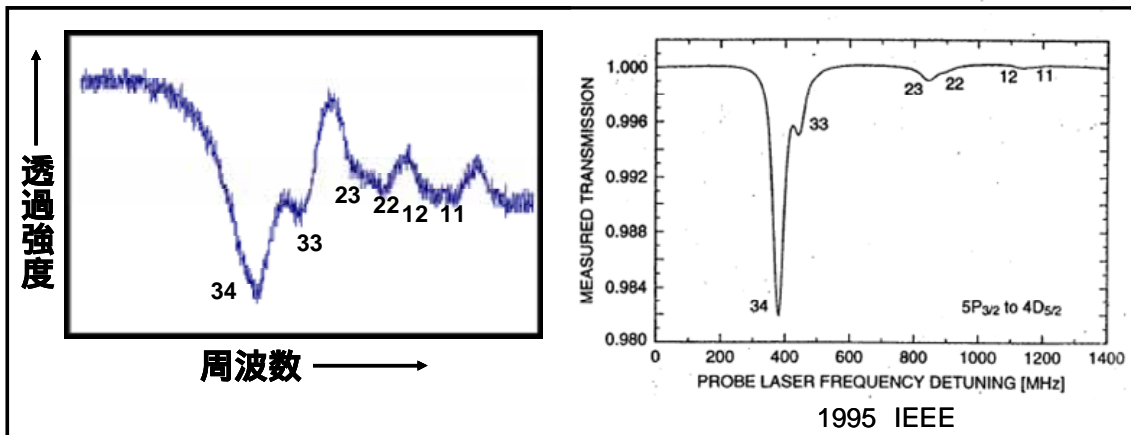


図5. 実験結果

< B . ライトシフトの観測 >

次にライトシフトから遷移強度を求めるといふ実験を行った。

・ 実験方法

780nmのレーザーを掃引して  $5S_{1/2}$   $5P_{3/2}$  の吸収線を見る。その状態で  $1.5 \mu\text{m}$  の光を入射して  $5S_{1/2}$   $5P_{3/2}$  の吸収線の変化を観測する。( 図 6 )

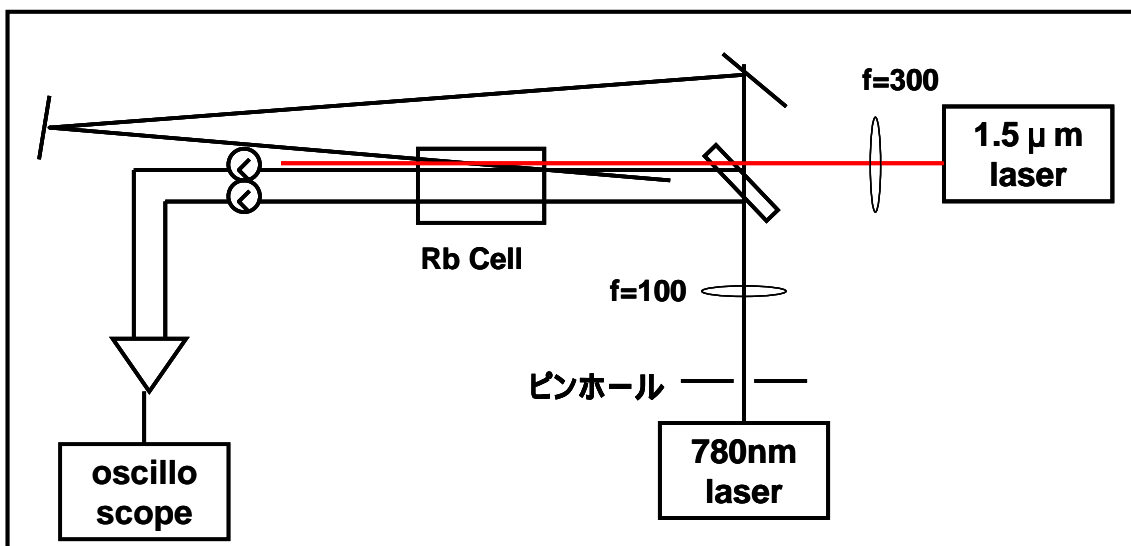


図6. ライトシフトの観測

・ 実験結果

図 7 のようにレーザーパワー 6 mW、ビーム径 200 ~ 300  $\mu\text{m}$  のとき  
 離調 200 MHz で シフト量約 8 MHz  
 離調 100 MHz で シフト量約 20 MHz  
 のシフトを観測できた。

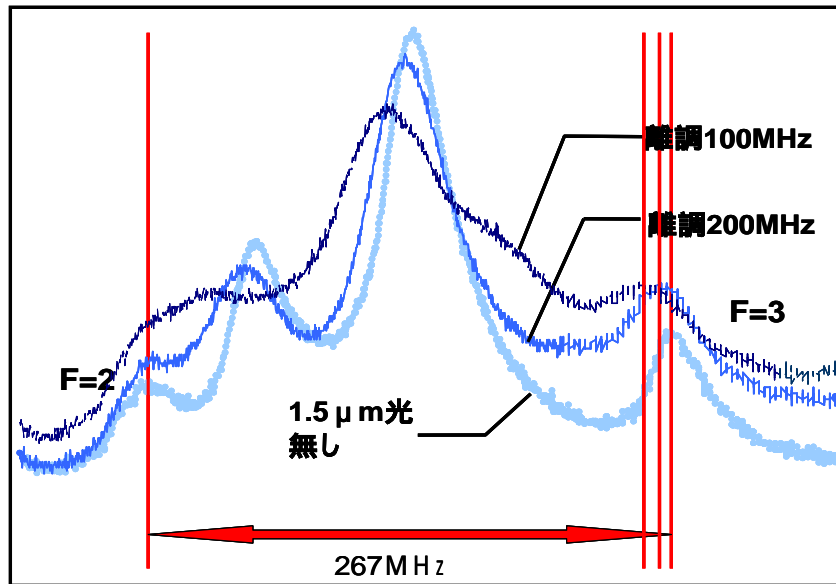


図7. 吸収線の変化の様子

この結果より遷移強度をある程度見積もることができた。

しかし遷移強度が強すぎるため、 $1.5 \mu\text{m}$ 帯の波長では図8のように上準位のライトシフトが大きくなりすぎ、共鳴周波数が下がりにすぎてしまう。

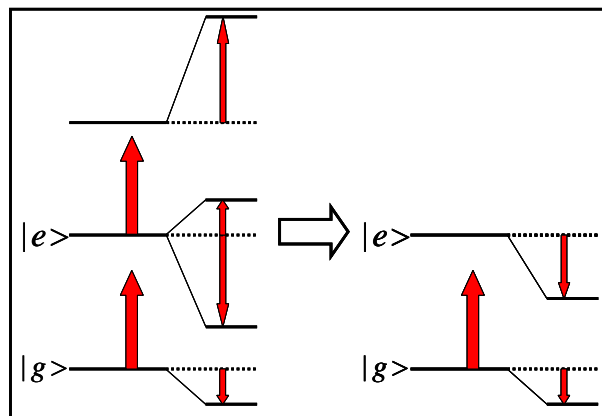


図8.  $1.5 \mu\text{m}$ でのライトシフト

< 今後の課題 >

今後は実際に  $1.5 \mu\text{m}$ の波長の光を MOT 中に入射してみてどうなるかを確認する予定であるが、おそらく MOT と光双極子トラップの両立はできないと思われる。

ここで  $1.5 \mu\text{m}$ の2波長の光を用いることによってライトシフトを操作するという実験も行う予定である。