

1P067

## レーザー場中におけるマラリア感染赤血球のダイナミクスに関する理論的研究

(<sup>1</sup>東北大院・理、<sup>2</sup>東大院・理) ○山田敏博<sup>1</sup>、加藤毅<sup>2</sup>、河野裕彦<sup>1</sup>、藤村勇一<sup>1</sup>

【序】近年、分子の運動や反応などをレーザー光によって精密に制御する実験が行なわれるようになってきた。また、結晶や細胞等のマイクロメートルサイズの系をレーザー光で操作することもできるようになり、このような技術は医学・生物学等への応用という点からも注目を集めている。マクロ系の光操作に関する研究の一例として、近赤外レーザー電場中における赤血球の捕捉・変形・回転の実験がある[1,2]。両凹面円盤形状を持つ赤血球がレーザー光の焦点付近に捕捉される。マラリア原虫に感染している赤血球は、ねじれるように変形し（図1）、その後直線偏光でも回転し始めることが報告されている。また、赤血球の変形・回転の挙動はマラリア原虫の感染の有無やレーザー光の偏光などの要素によって変化を見せる。本研究ではレーザー場中における赤血球のダイナミクスを解明することを目標としている。

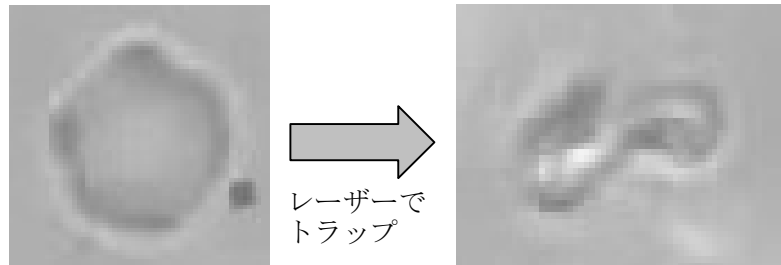


図1 近赤外レーザー光で捕捉されたマラリア感染赤血球の変形。両凹面構造の赤血球（左）がレーザー焦点付近に捕捉されると、ねじれるような変形を示している（右）ことがわかる。

【剛体モデルによる回転運動の解析】文献1の実験における回転の挙動を詳細に解析したところ、回転運動が周期的な変調を受けていることがわかった（図2）。我々は、

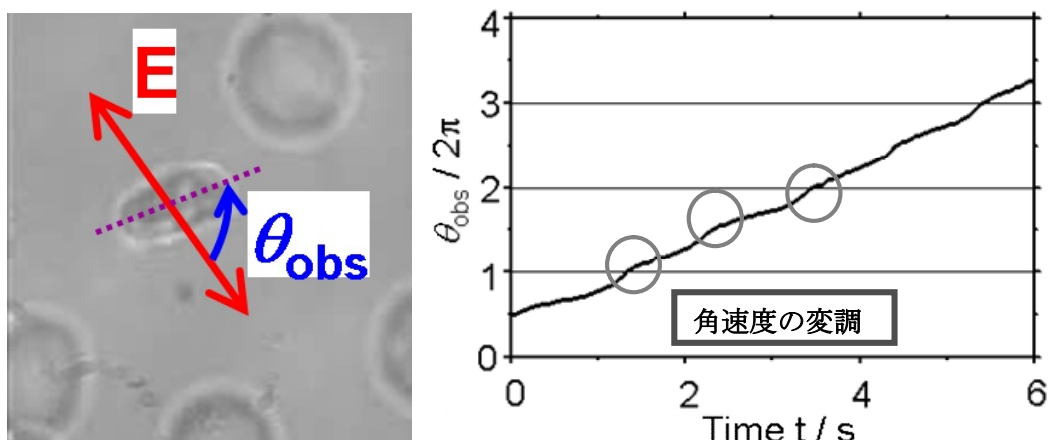


図2 レーザーの偏光軸（ $\mathbf{E}$ ）と変形した赤血球の長軸のなす角度を回転角 $\theta_{\text{obs}}$ とし（左）、回転の挙動を $\theta_{\text{obs}}/2\pi$ の時間変化のグラフにしたもの（右）。1回転の間に2回の周期的な角速度の変調（図中の丸）が確認できる。

これを照射されたレーザー光が赤血球を透過する際、その角運動量の一部が赤血球の持つ複屈折性によって赤血球に移動することによって生じていると考えた。また、レーザー場中で回転している赤血球を複屈折性を持つ剛体棒モデル（図3）で表し、その回転運動のダイナミクスを巨視的な視点から解析してきた[3-6]。計算の結果、複屈折性によって生じるトルクは赤血球のレーザーの偏光軸方向への配向を駆動するトルクであることが確認された。これは図2の赤血球が偏光軸に向かう時に加速し、偏光軸から離れると減速するという挙動とよく合致する。これより、角速度の周期的変調を赤血球が複屈折性を有するモデルによって説明することができた。しかし、実験における回転の速度・変調から見積もられる赤血球の複屈折性の大きさは結晶性の方解石などと同程度となり、非結晶性物質である赤血球では、この値は非常に過大な値であると考えられる。この複屈折性の大きさの妥当性の確認、およびモデルの改良が現在の課題である[5,6]。

また、赤血球の複屈折性によって生じる回転のトルクは偏光軸への配向力であることから、定常回転は複屈折性とは異なる機構で発生しているという結論も得られた[3,4]。我々はこのもう一つの回転機構を解明するために、上で用いた剛体棒モデルを改良することで、レーザー光の反射の際の運動量移行による光圧回転子としての挙動[7]を解析した。変形した赤血球は図1右に示すように大きくねじれた形状をとる。これを単純なプロペラ構造と見なすことにし、これに対してレーザー光が照射されたとき、どれぐらいのトルクが生じるのかを計算から見積もり、実験における赤血球の定常回転に必要な電場強度の大きさとその妥当性を考察した。

本発表ではこれらの詳細について報告する。

## 【文献】

- [1] J.A. Dharmadhikari et al., Optics Express 12, 1179(2004).
- [2] J.A. Dharmadhikari et al., Appl. Phys. Lett. 85, 6048(2004).
- [3] 山田敏博他、分子系の極微構造反応の計測とダイナミクス 第4回公開シンポジウム(2006)、講演番号 P-15
- [4] 山田敏博他、日本化学会第86春季年会(2006)、講演番号 3E3-16
- [5] 山田敏博他、日本化学会第88春季年会(2008)、講演番号 4PC-110
- [6] 山田敏博他、第5回東北大学バイオサイエンスシンポジウム(2008)、講演番号 PS-193
- [7] M Khan et al., J. Nanosci. NanoTechnol. 7, 1800(2007)

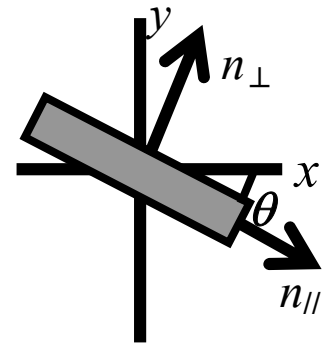


図3 x-y 平面上の剛体棒モデル。複屈折性は長軸方向の屈折率  $n_{//}$  とそれに垂直な方向の屈折率  $n_{\perp}$  の違いによって定義される。偏光軸は x 軸で、偏光軸とモデルの長軸がなす角度を  $\theta$  とする。レーザー光の進行方向は z 軸と平行。このモデルで赤血球の回転は角度  $\theta(t)$  で記述される。