

PA66 対 PTFE の摩擦発光における強度と頻度のべき乗則

Power law between intensity and frequency in triboluminescence in the rubbing of PA66 vs. PTFE

千葉工大・工（院）*佐藤 啓太郎 千葉工大・工（院）平塚 健一

Keitaro Sato*, Ken'ichi Hiratsuka*

*Chiba Institute of Technology

1. 緒言

周囲の気体の励起・放電によって生じる摩擦発光は周期的に¹⁾、あるいはバースト的に²⁾生じる。一方、破壊によって生じる Fractoluminescence の強度と頻度は冪乗則に従う³⁾。筆者らは PA66 と PTFE の摩擦において発光強度と頻度が Fractoluminescence と同じく冪乗則を示すことを見出した⁴⁾。Fractoluminescence と Triboluminescence は定義によっては異なる現象であるが、どちらからも冪乗則が得られているのは興味深い。しかしながらこれまでの PA66 と PTFE の摩擦実験では、その成立条件は限られたものであった。そこで本研究では毎回の摩擦の間に休み時間（非摩擦時間）を設け、摩擦速度と共にその効果を明らかにすることを目的とした。非摩擦時間に着目したのは摩擦帯電による電荷が散逸する影響を調べるためである。

2. 実験方法

Fig. 1 に実験装置の概要を示す。本実験では真空チャンバー内に設置したツインリング型摩擦試験機によっておこなった。リング形状の PA66 と PTFE の円周面を往復すべり摩擦させ、生じた摩擦発光をすべり方向の延長上に設置したフォトンカウンティングユニットにて摩擦開始と終了の前後を含めて測定した。

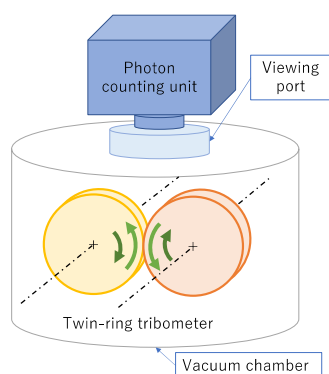


Fig. 1 Test Rig

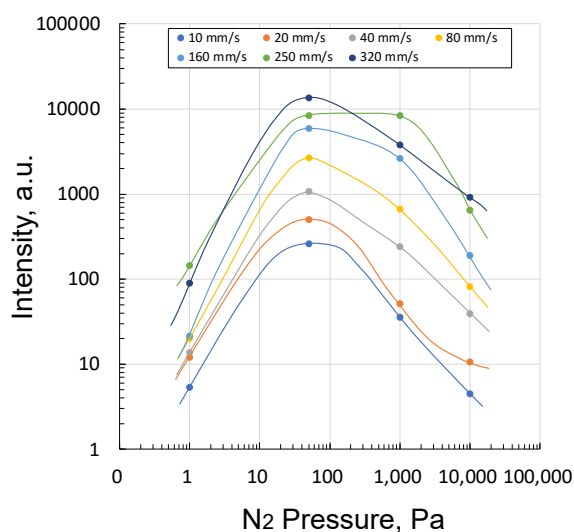


Fig.2 Effect of nitrogen pressure on the triboluminescence intensity

Table 1 に実験条件を示す。PTFE は摩耗しやすく、PA66 に移着すると同種の摩擦になり発光量が減少する。その影響をなるべくさけるために、摩擦速度毎に新しい面を摩擦させた。試験前に二つの試験片の接触位置を変えることで雰囲気条件を実験ごとにかえることなくそれを達成した。非摩擦時間を 0.5s, 2.0s, 8.0s の 3 種類に設定し、非摩擦時間による冪指数の変化について調べた。

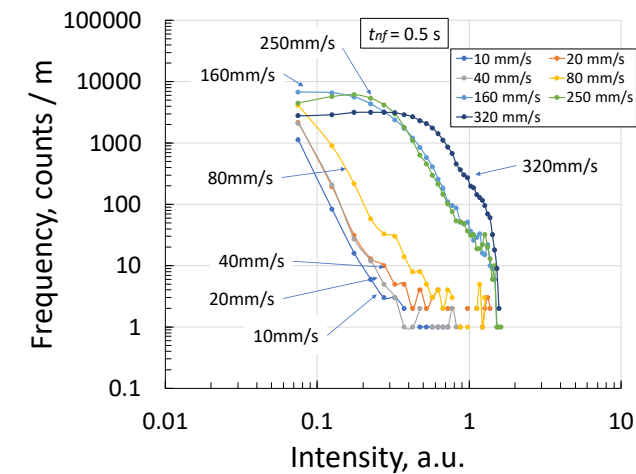
最適な雰囲気圧力を求めるために、予備実験として摩擦速度ごとに窒素圧力を変えて発光強度を測定した。窒素を使ったのは安価に高い発光が得られるためである。Fig. 2 に示したその結果によれば圧力 50Pa 付近で最大値を迎えた。この結果から雰囲気について窒素 50Pa とすることにした。

3. 結果および考察

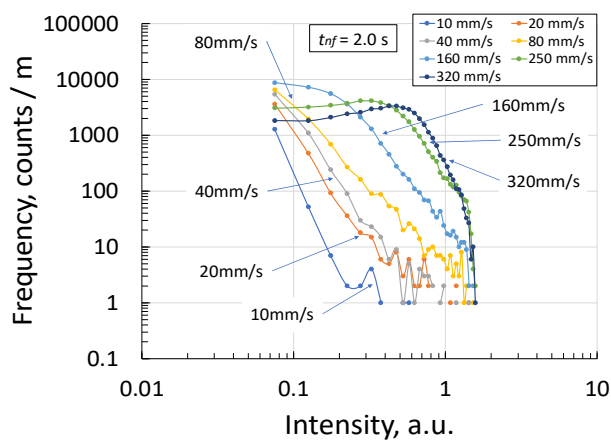
Fig. 3 に各摩擦速度における発光強度と頻度の相関を示す。Fig. 3 (a)～(c)のグラフからほとんど全ての速度条件で弱い強度の発光ほど起こりやすく、強い発光になるほど発光が起こりにくくなることが示された。摩擦速度が 10 mm/s, 320 mm/s ではべき乗則が成り立っている発光強度の範囲が狭く、摩擦速度 40 mm/s から 250 mm/s まではその範囲が広い。その直

Table 1 Test conditions

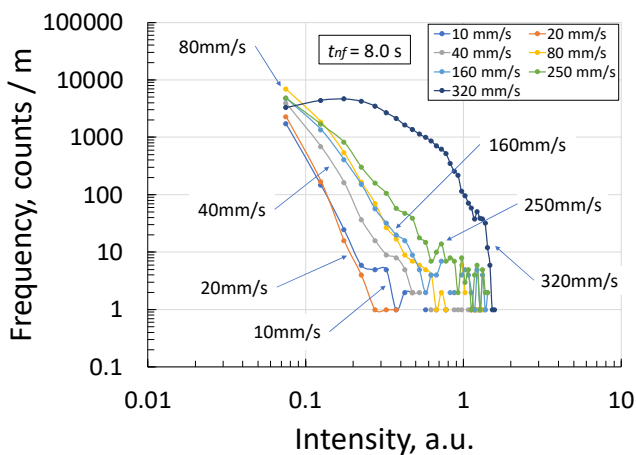
Test pieces	PA66, PTFE
Load, N	5.0
Sliding speed, mm/s	10, 20, 40, 80, 160, 250, 320
Sliding distance, mm	10
Non-friction time, s	0.5, 2.0, 8.0
Friction cycle	100
N ₂ Pressure, Pa	50
Surface polishing	#1000



(a) Non-friction time: 0.5 s



(b) Non-friction time: 2.0 s



(c) Non-friction time: 8.0 s

Fig. 3 Correlation between luminescence intensity and frequency per meter of friction distance at each sliding speed

線性から、冪乗則の成立範囲に摩擦速度が関係することが明らかとなった。

各摩擦速度での冪乗近似直線の指数の変化を非摩擦時間ごとに Fig. 4 に示す。摩擦速度 40 mm/s から 250 mm/s までは非摩擦時間に関わらず指数が-3 前後を推移した。また、摩擦速度 320 mm/s では指数の値にばらつきが出た。非摩擦時間 2.0 s では指数が低下したが、一方 8.0 s では限定された強度範囲ではあるが指数が上昇した。Al₂O₃, SiO₂, SiC などから発生する Fractoluminescence における冪指数は-1.4 程度であるので、非摩擦時間を長くし、さらに摩擦速度が速くなるにつれて指数がそれに近くなることが示された。

4. 結言

減圧窒素雰囲気中での PA66 と PTFE の摩擦発光現象において発光の強度と頻度の関係を調べた結論を得た。

- 1) 窒素圧力 50Pa 付近で発光は最大値を取る。
- 2) 摩擦速度 40 mm/s から 250 mm/s までは冪指数が約-3 である冪乗則に従う。
- 3) 非摩擦時間が 8.0 秒の場合、摩擦速度が高くなるにつれて冪指数が Fractoluminescence のそれに近くなる。

文献

- 1) Roman A. Nevshupa, Keiji Nakayama, Triboemission behavior of photons at dielectric/dielectric sliding: Time dependence nature at 10^4 – 10^4 s, Journal of Applied Physics 93, 11 (2003) pp.9321-9328.
- 2) Roman A. Nevshupa, Effect of gas pressure on the triboluminescence and contact electrification under mutual sliding of insulating materials, Journal of Physics D, 46 (2013) 185501.
- 3) Alexandre Chmel, Igor Shcherbakov, Fractoluminescence from brittle and ductile homogeneous solids, Journal of Luminescence, 153 (2014) pp.85-89.
- 4) 鈴木康平, 平塚健一, 高分子の摩擦発光に及ぼす摩擦条件の影響, 日本機械学会関東支部 第 25 期総会・講演会 講演論文集, (2019)

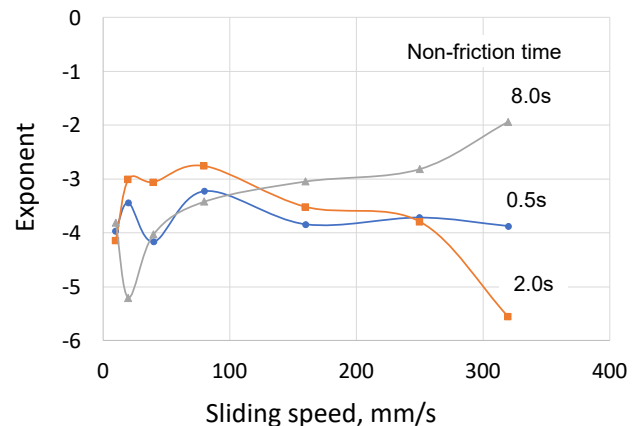


Fig. 4 Exponent for each sliding speed and non-friction time