

## Dynamical – Morphological Property of Adhesive Tape in Peeling

中央大学・理工学部物理学科 山崎 義弘

広島大学・総合科学部 戸田 昭彦

### 1. はじめに

粘着剤の物性を特徴付ける方法の一つとして、テープの剥離実験がよく行われる。

図1の模式図のように、粘着テープを基板等に貼り、基板からテープをはがす際に必要な荷重、または剥離速度を測定して、粘着特性を特徴付けるのである。ここで、粘着特性が粘着剤の物性だけで決まらず、基板の種類、テープの素材、剥離方法等の影響を強く受けることに着目すると、粘着テープの剥離挙動は粘着剤の大変形を伴った非線形システム全体の動的挙動とみなすことができるであろう。我々はこのような立場に基づき、さらに剥離後の粘着剤の変形状態に着目し、粘着という現象をパターン形成の物理から理解することを試みている。

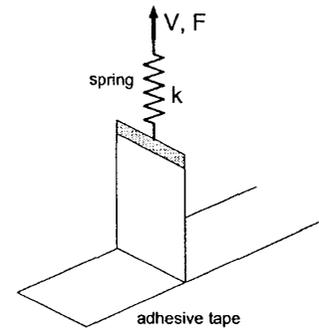


図1 粘着テープの剥離実験

本研究では剥離の際に接続するバネを一定の速度で引き上げて剥離させる実験(定速剥離実験)を行い、バネ定数と剥離速度のさまざまな場合に対する剥離挙動を調べている<sup>1)</sup>。

### 2. 定速剥離での速度－荷重曲線

まず、粘着テープ剥離の力学的挙動を特徴付けるため、速度－荷重曲線を測定した(図2参照)。図2には、3種類のバネ定数に対する速度と荷重の関係を表している。これらの図から以下のような特徴がわかる。(i) 図の白丸は定常的な剥離が行われていることを示し、低速域と高速域の2領域が存在する。(ii) さらにその中間の速度領域ではバネ定数が小さい場合(図の(a))に、荷重について自励振動(縦の線分で振動の振幅を表示)が起きている<sup>2)</sup>。(iii) バネ定数が大きくなるに従って振動領域が狭まり(図の(b))、測定した全速度領域で自励振動が起こらなくなる(図の(c))。

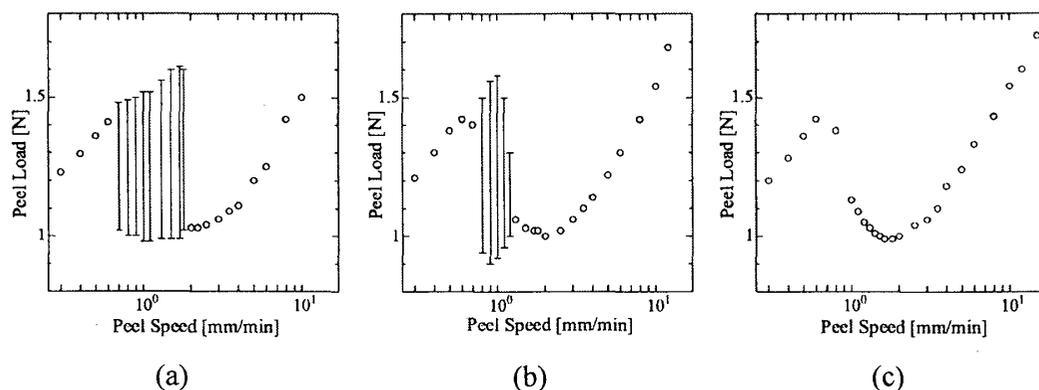


図2 定速剥離での速度－荷重曲線。(a)  $2.9 \times 10^2$  N/m, (b)  $1.7 \times 10^3$  N/m, (c)  $2.4 \times 10^4$  N/m。

### 3. 典型的な時空パターンと動的相図

剥離によって粘着剤は大変形を起こし、変形後もその形状は保たれる。また、剥離は1次元的な剥離先端近傍で行われる。従って、剥離後の粘着テープにはテープ剥離の時間的推移が時空間パターンとして表現されていることになる。図3は典型的な剥離後のパターンである。上から下に剥離が進行している。低速域での剥離は粘着剤の変形が大きく、粘着剤とテープの間に空気が入り込むためパターンとしては白く映っている(図3(a))。高速域での剥離は比較的変形が小さいために特徴的なパターンは表れない(図3(b))。さらに、中間速度域でバネ定数が小さい場合には剥離荷重の振動にあわせて低速剥離と高速剥離が交互に現れる(図3(c))。ところが、バネ定数が大きくなり、自励振動しない領域では低速剥離と高速剥離が時空間欠的に表れる(図4(d))。

以上の4つのパターンに着目し、剥離過程の動的挙動が一目でわかるようにまとめたものが図4の動的相図である。以上のことから、中間速度域において定常的な荷重で剥離が進行していたとしても、実際の剥離は低速と高速の2剥離状態の比率を剥離速度に応じて時空間的に変化させながら調節していることがわかる。この相図は定常的な剥離が実現するために必要な時間とシステム固有の緩和時間に関する議論により、定性的には理解できる。より具体的な理解のためには、剥離状態が2状態で表されると仮定したモデル(剥離過程に状態変数を導入したモデル)を構築して理解することができると期待している。

最後に、図4のような(剥離)速度とバネ定数を軸とした動的相図は、摩擦現象の物理と深い関係がある事を最後に述べておく<sup>3)</sup>。

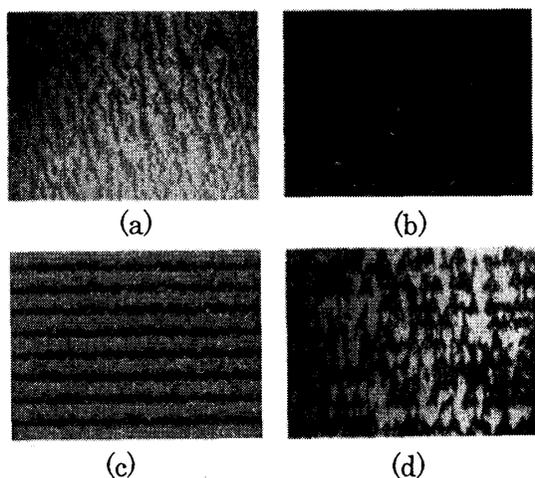


図3 典型的な時空パターンの例

- (a) 低速定常剥離      (b) 高速定常剥離  
(c) 振動剥離          (d) 時空間欠的剥離

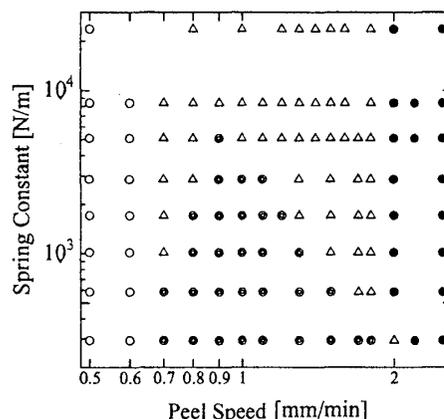


図4 粘着テープ剥離の動的相図

- 低速定常剥離      ● 高速定常剥離  
◎ 振動剥離          △ 時空間欠的剥離

- 1) 山崎義弘、戸田昭彦、数理解析研究所講究録 **1231**, 56 (2001); Y. Yamazaki and A. Toda, J. Phys. Soc. Jpn., to be published in July, 2002.
- 2) 浦濱圭彬、日東技報 **29**, 1 (1991).
- 3) B. N. J. Persson, Sliding Friction (Springer-Verlag, Berlin, 1998).