

力学台車を用いたデンプン糊の接着力測定法の開発

5年A組 奥田 恭佳

5年A組 小西美紗希

指導教員 松浦 紀之

1. 概要

物理実験で用いる力学台車を利用して、貼り合わせた紙を剥がすときの動作に相当する 180° はく離を測定する方法を開発した。開発した方法で市販のスティック糊の接着力を測定すると、糊を塗った後の経過時間や乾燥させるときの湿度の違いは差が小さいことが分かった。一方、様々な紙を自作のデンプン糊で貼り付けたときの接着力は、紙の原料の違いにより大きな差が見られた。

キーワード 力学台車 スマートカート 接着剤 糊 はく離 測定法開発

2. はじめに

糊は生活に無くてはならない製品である。紙や繊維、木材などを接着するための接着剤には、天然素材を用いた伝統的な糊や合成素材を用いた現代の合成接着剤がある。私たちは文化財の補修などにも用いられる伝統的な糊であるデンプン糊について、糊の材料や製法、接着する素材や糊の塗り方の違いによって、糊の接着力がどのように変化するか興味を持った。接着強度を比較するためには、はく離強度、せん断強度、引っ張り強度等の測定がある²⁾。そこで、物理実験で用いる力学台車を利用して、貼り合わせた紙を剥がすときの動作に相当する 180° はく離を測定する方法を開発した(図1)。開発した方法により糊の接着力の違いを比較・評価したので報告する。

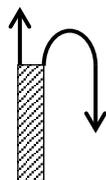


図1. 180° はく離

3. 実験方法

力学台車スマートカート(島津理化、力センサ:測定範囲 ± 100 N, 分解能 0.1 N, 位置センサ: 分解能 ± 0.2 mm, 速度センサ: 最大計測速度 ± 3 m/s, 加速度センサ: 測定範囲 ± 16 g ($g=9.8$ m/s²))と専用のガイドトラックを用いた。用いた紙は、コピー用紙(大王製紙・リサイクル PPC)、ケント紙(長門屋商店・特厚口)、ルーズリーフ紙(コクヨ)、半紙(A あかしや・松, B あかしや・祥雲)である。これらの紙は 1.5 cm \times 4.0 cm に切断して実験に用いた。切断前のもとの紙の長辺と切断した紙片の長辺は、垂直になっている。実験1: スティック糊の接着力の時間変化

1.5 cm \times 4.0 cm のコピー用紙片の半分(1.5 cm \times 2.0 cm) にスティック糊(プラス・プリット)を薄く2回塗った。これを 6.0 cm \times 10.0 cm のケント紙(台紙)に、コピー用紙片の糊を塗った部分が重なる

ように張り付けた（紙片付き台紙）。一定時間（20, 30…, 90 分）放置後、紙片付き台紙に貼り付けたコピー用紙片の部分を目玉クリップ（小口幅 39 mm）で挟み、このクリップに長さ 54 cm の裁縫糸を取り付け、台車につないだ。台紙のケント紙はガイドトラックの上部に固定し、力学台車を上部から静かに手を放し、ガイドトラックの上を走らせ、このときの時間、速度、加速度を測定した（図 2）。

実験 2：スティック糊の接着力の湿度による変化

2 つの 1 L ビーカーの一方には 60°C の水 50 mL を入れた 300 mL ビーカーを、もう一方には濃硫酸 50 mL を入れた 300 mL ビーカーを入れた。それぞれの 300 mL ビーカーの上に紙片付き台紙に貼り付けた紙片が上面になるようにして置いた。1 L ビーカーの口を食品用ラップ（ポリ塩化ビニリデン）で被せて簡易のデシケータとした。30 分放置後、紙付き台紙を取り出し、実験 1 の方法で測定した。

実験 3：様々な紙を自作のデンプン糊で貼り付けたときの接着力

米粉（栃木県産あさひの夢）12 g と蒸留水 188 g を混合し、45 分間、80°C の水浴中で攪拌することで糊化させた（デンプン糊の調製）。このデンプン糊を 1.5 cm × 4.0 cm のコピー用紙、ケント紙、半紙の半分（1.5 cm × 2.0 cm）に塗り、それぞれ別のケント紙の台紙に貼り付けた。1 日放置後、実験 1 の方法で測定した。

4. 結果と考察

台車が斜面を滑り下るときは等加速度直線運動なので、 $v-t$ グラフは傾き a

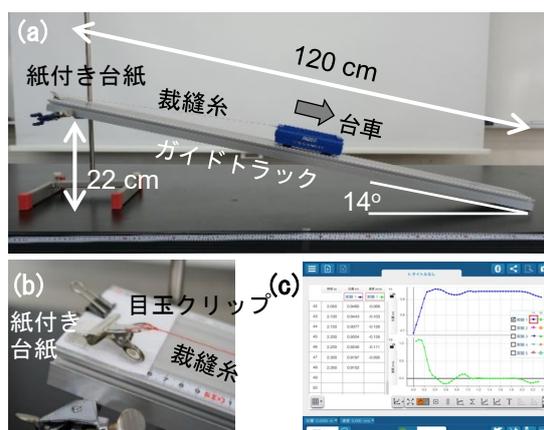


図 2. 力学台車スマートカートを用いた 180° はく離実験 (a) 実験装置全体, (b) 紙片を目玉クリップで止めている様子, (c) データ収集アプリの画面

の直線になる。しかし、台車に抵抗が加わると速度は小さくなる。この変化を、180° はく離の測定に応用した。

装置を組み立て、台車がガイドトラック（斜面）を滑り下り、紙片付き台紙にむすんだ裁縫糸が弛んでいる間の $v-t$ グラフは、傾き a の傾きのある直線になった。しかし、裁縫糸がピンと張って紙片が台紙からはく離しようとする時、速度が小さくなった。そして、紙片が台紙から完全に剥がれると、 $v-t$ グラフは元の傾き a の直線となった（図 3）。糊を塗った後の経過時間や乾燥させるときの湿度の違いによって、接着力が異なることが期待できる。実験 1 より、糊を塗って 10 分以降では速度変化ほとんど見られなかった。糊を塗った直後にはすぐにはく離するが、糊を塗って 10 分以降は接着していることが分かる（図 3 左）。実験 2 より、加湿状態の方が乾燥状態よりも速度の変化が僅かに大きかった（図 3 右）。これよ

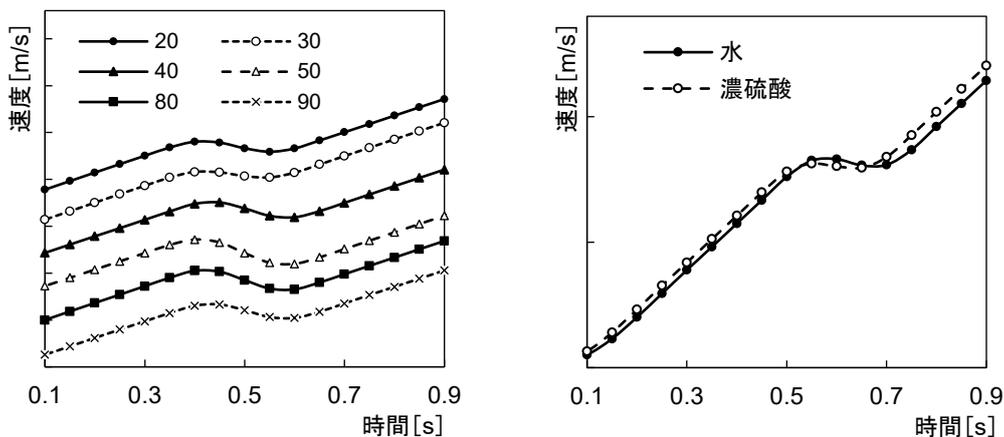


図3. 実験1, 2の結果(縦軸の1目盛が0.5 m/sに相当)
 (左, 実験1)塗った後の経過時間,
 (右, 実験2)湿度変化。水で加湿, 濃硫酸で乾燥させた。

り濃硫酸により乾燥させた空気中で糊を使用すると接着力弱くなると考えた。これは、糊と紙が接着するときに働く水素結合が、接着面に水の吸着層があることで有利になることから説明できる³⁾。一方、実験3の自作のデンプン糊を用いた紙の接着力測定の結果は、コピー用紙、ルーズリーフ、半紙Aに比べ、半紙Bの接着力が非常に大きいことが分かった。半紙Bの原料はワラ、竹であるのに対して、他の3種類はパルプのため、紙の素材や性質が大きく違うことが原因である。

4. まとめ・今後の予定

力学台車を用いて180°はく離に相当する糊の接着力の測定する方法を開発した。接着剤には、接着完了までの時間や使用可能な温度が決まっている。今後、装置の測定精度を向上させ、様々な測定条件での接着力を測定したい。

本研究は、日本化学会近畿支部第39回高等学校・中学校化学研究発表会(2022年12月26日, 大阪大学)で発表した(奨励賞)。

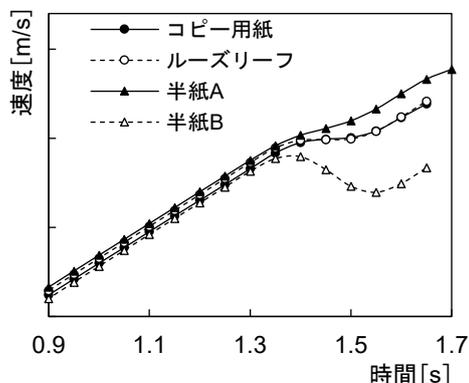


図4. 実験3の結果(縦軸の1目盛が0.5 m/sに相当)

参考文献

- 1) 早川典子, 宇高健太郎, イチからつくるのり(接着剤), 農山漁村文化協会, 2020, pp.12-13.
- 2) 森村正博, 日本接着学会誌 2006, 42, 81.
- 3) 原賀康介, わかる!使える!接着入門, 日刊工業新聞社, 2018, pp.24-29.