

## 研究論文

## 傷防止パルプモールド材の実輸送試験評価

徳田宙瑛\*<sup>1</sup>、飯田恭平\*<sup>1</sup>、中川幸臣\*<sup>1</sup>

## Experimental Estimation for Pulp-Mold Cushion Preventing from Damages in Real Transportation

Hiroaki TOKUDA\*<sup>1</sup>, Kyohei IIDA\*<sup>1</sup> and Yukiomi NAKAGAWA\*<sup>1</sup>Industrial Technology Division, AITEC\*<sup>1</sup>

我々はパルプモールドと包装対象の摩擦等による傷防止効果を高めるために、添加剤を内添することに着目している。そこで添加剤を内添したパルプモールドによる簡易包装モデルを作製した。包装モデルを用いて室内振動試験および実輸送試験を行い、傷防止効果を検証した。相手材はアルミシート、および製品の外装に使われるプラスチック板を用いた。これまで傷の評価はノギスを用いた主観的な方法で行われており、定量的な評価手法が確立されていなかった。そのため、新たに輝度を用いた画像処理解析の手法を考案し、これにより傷の定量的評価を実現した。振動試験、実輸送試験、いずれにおいてもアルミシート、プラスチック板、いずれの組み合わせでも傷防止効果が上がっていることを確認することができた。

## 1. はじめに

近年、環境問題に対する意識が高まっており、包装分野でも環境に配慮した製品が増えている。製品を保護する目的で利用される緩衝材は、かつては発泡スチロールといった合成樹脂が主流であったが、環境負荷が大きいため、現在は再利用が可能であるパルプモールドといった紙系の緩衝材が注目されている。適用分野も食品から精密機械の緩衝材まで幅広く利用されている<sup>1)</sup>。しかし、輸送中の摩擦から製品を守るためにシートを施しているが、廃棄の面で問題となっている。これまでの我々の研究では、パルプモールドに薬品を塗布したり<sup>2)</sup>、製造の段階で添加剤を内添し、傷防止効果の高い割合、組み合わせについて検討を行ってきた<sup>3)</sup>。今年度は添加剤を内添したパルプモールドの実用化を目標に、JISに基づいた条件<sup>4)</sup>での振動試験、東京・名古屋間の往復で実輸送試験を行い、傷防止効果が機能しているかを検討した。

## 2. 実験方法

## 2.1 試料

実験に用いたパルプモールドは、段ボール古紙 60%、新聞古紙 40%混合したものを用いた。添加剤は、PP (ポリプロピレン)・PE (ポリエチレン) 系芯鞘型繊維 (以下芯鞘繊維)、ラテックスおよび製紙用剥離剤 (以下剥離剤) を用い、濃度はこれまでの研究<sup>3)</sup>で傷防止効果の高かった濃度の組合せ (表 1) とした。これらのパルプモ

ールドを緩衝材として、図 1 の包装モデルを作製した。

表 1 パルプモールドへの添加剤の条件

	芯鞘繊維	ラテックス	剥離剤
①	5%	5%	3%
②	10%	5%	
Control			

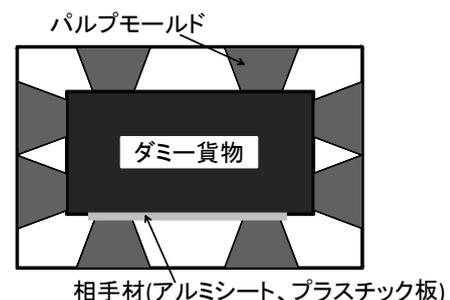


図 1 包装モデル

相手材とパルプモールドの間には 5mm の隙間ができるようにした。またダミー貨物には木箱を用い、おもりを入れて重量を調整できるようにした。相手材には、包装対象に金属製品が多いため、厚さ 50 $\mu$ m のアルミシートを採用し、振動試験時および実輸送試験時にパルプモールドとの摩擦によって傷が分かるようにした。また、アルミシートに加え、プラスチック製品を想定した PET 樹脂のプラスチック板についても同様の試験を行った。

\*1 工業技術部 応用技術室

## 2.2 振動試験および実輸送試験

振動試験は、JIS Z 0232（包装貨物—振動試験方法）の貨物自動車<sup>5)</sup>を参考に、振動数を5~50Hz、加速度0.75G（7.35m/s<sup>2</sup>）、振動時間1h、加振方向が上下の対数掃引振動試験を行った。

実輸送試験では、梱包状態で運送業者に依頼し、貨物自動車による東京・名古屋間を往復させた。

## 2.3 画像処理解析

振動試験および実輸送試験における相手材にできた傷は、走査型共焦点レーザー顕微鏡を用いて表面粗さ（算術平均粗さ）の測定を行った。なお、傷の面積の算出は画像処理により行った。具体的にはデジタルカメラ（Nikon社製D80）で相手材に生じた傷を撮影し、輝度に応じて画像（解像度650×650ピクセル）の2値化処理を行った。2値化処理のしきい値は、画像のある点に対し、輝度が画像全体の平均値+（標準偏差の3倍）以上では、傷とみなし、それ以下では生じていないものとした。撮影方法は相手材の特性により変えた。アルミシートの場合は光を反射する性質を持ち、撮影しても写真が白くなってしまうので、そのままでは正確な値をとることができない。そこで遮光板を立てることで直接光が当たらないようにした（図2）。

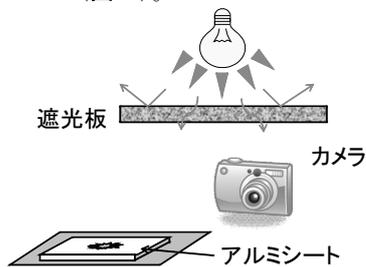


図2 傷の撮影方法（アルミシート）

一方、プラスチック板は直接光を当てることで傷の部分は反射し、傷のない部分は光が透過していく性質を持つため、直接光が当たるようにして撮影を行った（図3）。

解析は、写真の傷のついていない部分を基準面として、輝度に応じて分布をとり、輝度が平均値+標準偏差の3倍以上のものを傷としてカウントし、面積を換算した。

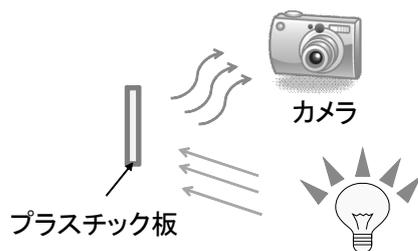


図3 傷の撮影方法（プラスチック板）

2値化後の写真を図4に示す。傷の面積 $S$ と表面粗さ $Ra$ の積を傷の総量 $V$ と定義して評価を行った。

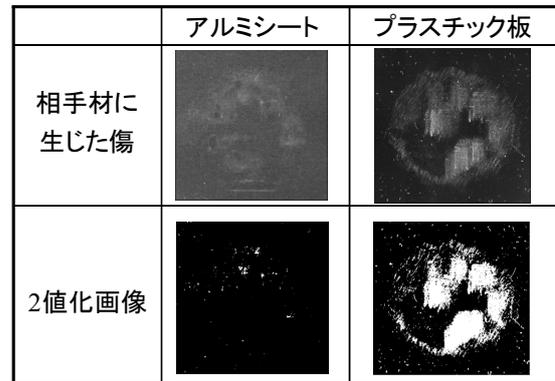


図4 各相手材における傷および2値化画像

## 3. 実験結果、考察

### 3.1 振動試験

振動試験機を用いたときの各パルプモールドによる傷の面積を図5に示す。相手材にはアルミシートを使用した。添加剤を加えることで、傷の面積 $S$ は大幅に減少した。芯鞘繊維/ラテックス混合では68.1%、芯鞘繊維/ラテックス/剥離剤混合では71.1%減少し、ともに高い傷防止効果を示した。

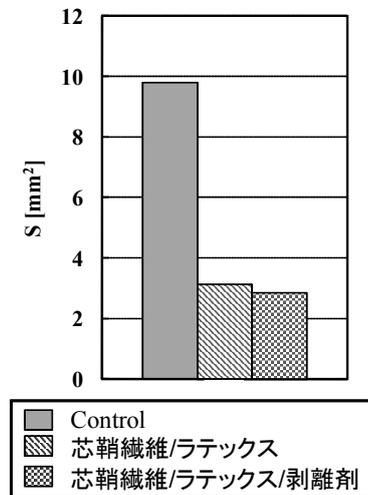


図5 振動試験による傷の面積

表面粗さ $Ra$ （図6）は7.72 $\mu$ mから3.62 $\mu$ mと53.0%の減少となり、昨年度行った研究成果の一定振動数試験<sup>3)</sup>と同様、傷防止効果を確認することができた。傷の総量（図7）についても、芯鞘繊維/ラテックス/剥離剤混合では0.076mm<sup>3</sup>から0.011mm<sup>3</sup>となり、割合にして85.6%減少した。以上の結果により、本包装モデルを用いたJISに基づく振動試験による傷防止効果を検証することができた。

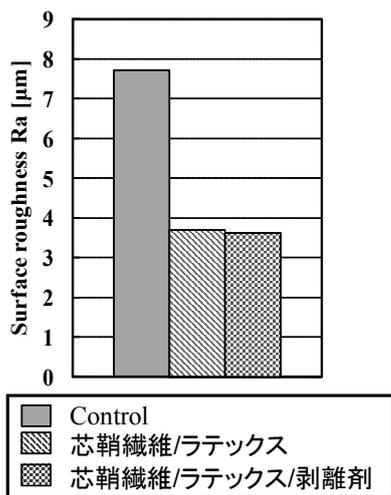


図6 振動試験による表面粗さ

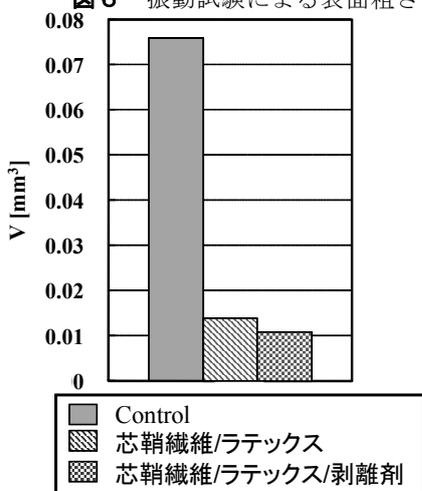


図7 振動試験による傷の総量

ものと判定されないものと思われる。

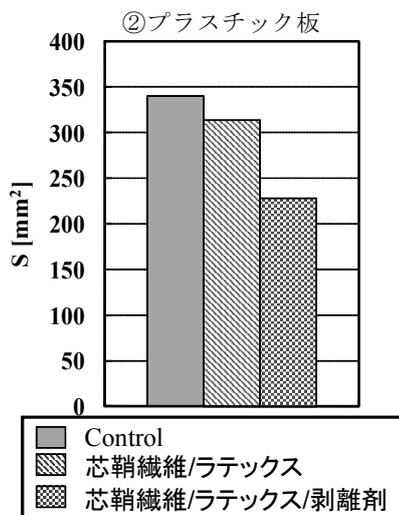
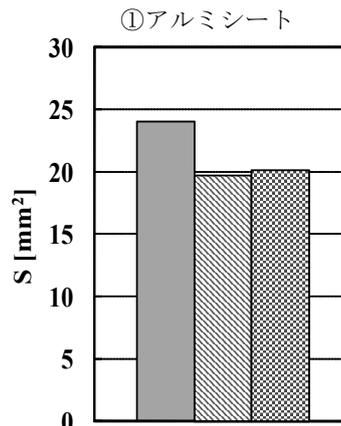


図8 実輸送試験での傷の面積

### 3.2 実輸送試験

名古屋・東京間の往復の輸送によって生じた傷について、アルミシートおよびプラスチック板の傷の面積を図8に示す。アルミシートでの芯鞘繊維/ラテックス混合では面積比17.9%減少し、同様に芯鞘繊維/ラテックス/剥離剤混合の場合も同程度の防止効果が上がった。プラスチック板での芯鞘繊維/ラテックス混合では、無添加に比べ傷の面積比減少割合は小さいが、芯鞘繊維/ラテックス/剥離剤混合で32.8%減少と大幅に減少することができた。芯鞘繊維/ラテックス/剥離剤混合のパルプモールドは圧縮強さが添加剤を含んでいないもの、他の添加剤の組合せに比べ大きく、また硬いため<sup>3)</sup>、わずかな振動で相手材と摩擦が起これ、その結果、傷が付きやすいものと考えられる。また、傷の面積Sは、アルミシートとプラスチック板で10倍以上の差がみられる。これはアルミシートとプラスチック板の反射に対する光学的特性が異なるため、傷の面積に大きな影響を及ぼしているものと思われる。よって図4で傷の形状は似ていても、相手材の光学的特性により、2値化処理で傷と判定される

図9に表面粗さRaの結果を示す。表面粗さRaは、芯鞘繊維/ラテックス混合でアルミシートでは、無添加の場合に比べて37.1%、プラスチック板で40.4%の減少、芯鞘繊維/ラテックス/剥離剤混合でのアルミシートは16.8%、プラスチック板で32.8%減少した。いずれもプラスチック板の方が表面粗さRaは小さくなった。プラスチック板はアルミシートに比べ硬度が高く、微小の衝撃では傷が付きにくく、表面粗さRaは小さくなったと考えられる。

図10に、傷の総量Vを示す。アルミシート、プラスチック板ともに芯鞘繊維/ラテックス混合のパルプモールドを利用したものが効果が高いことが明らかとなった。傷の総量の算出の基礎となっている傷の面積Sは添加剤の種類を変えただけでアルミシートでは、約20%、プラスチック板では約35%減少したのに対し、傷の総量Vは芯鞘繊維/ラテックス混合で44.4%、芯鞘繊維/ラテックス/剥離剤混合で28.4%減少した。プラスチック板の場合はアルミシート以上に傷の面積の減少割合が大きく、芯鞘繊維/ラテックス混合で57.7%減、芯鞘繊維/ラテッ

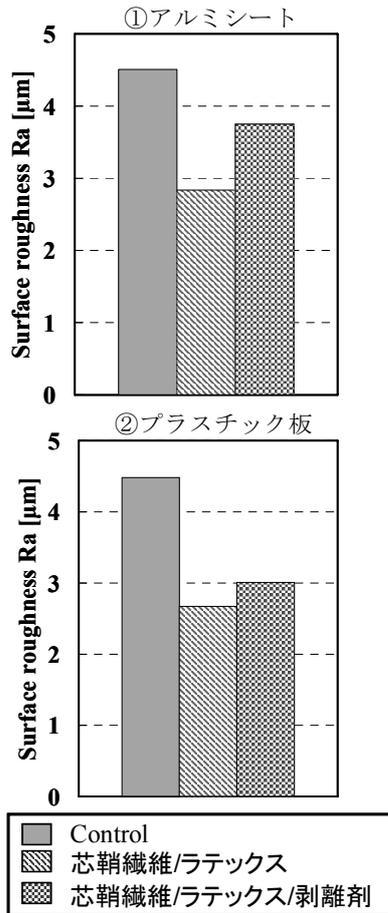


図9 実輸送試験での表面粗さ

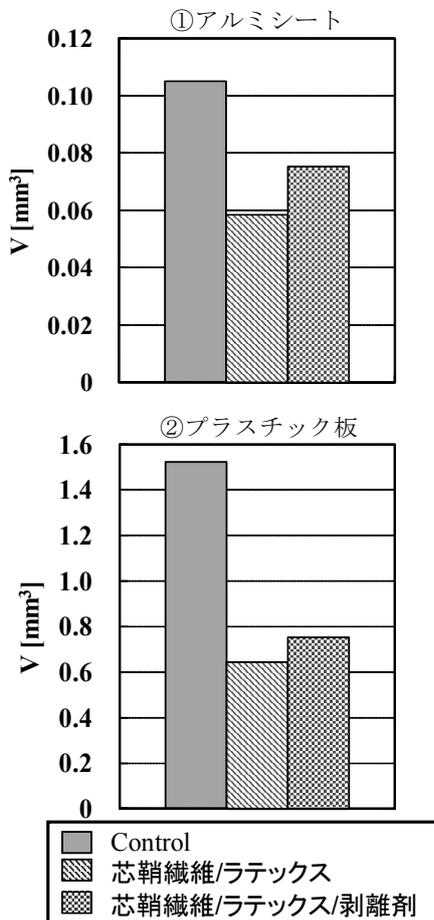


図10 実輸送試験での傷の総量

クス/剥離剤混合で 50.6%減と 50%を超える減少となった。結果的に表面粗さ Ra の効果の大きい芯鞘繊維/ラテックス混合が上回る結果となった。

#### 4. まとめ

包装モデルでの振動試験および実輸送試験を通じて以下のことが明らかとなった。

画像処理解析の手法を用いて傷の面積の定量化を行い、振動試験では、芯鞘繊維/ラテックス混合、芯鞘繊維/ラテックス/剥離剤混合ともに傷の面積、表面粗さ、傷の総量が減少した。実輸送試験は、相手材がアルミシートで、パルプモールドの添加剤が芯鞘繊維/ラテックス混合のものはわずかに効果が高く、17.9%減であった。プラスチック板では、芯鞘繊維/ラテックス/剥離剤混合で傷防止効果が高く、無添加の場合に比べ32.8%減少となった。

表面粗さ Ra は、添加剤を加えていないパルプモールドと比較し傷防止効果が上がっており、傷の総量についても、最大 50%以上の傷防止効果を確認した。本研究で用いた添加剤を含むパルプモールドは JIS に基づいた振動試験および実輸送試験においても傷防止効果を確認することができた。

#### 謝辞

この研究で用いた試料(パルプモールド)は、(株)名古屋モールドより提供していただきました。ここに深く感謝いたします。

#### 文献

- 1) 日本パルプモールド工業会ホームページ  
<http://www.pulpmold.gr.jp/index.html>
- 2) 佐藤, 来川, 中川: 愛知県産業技術研究所研究報告, 7, 6 (2008)
- 3) 徳田, 来川, 中川: 愛知県産業技術研究所研究報告, 8, 5 (2009)
- 4) JIS Z 0200 (2009), 包装貨物-評価試験方法通則
- 5) JIS Z 0232 (2007), 包装貨物-振動試験方法