

技術報告

## 段ボールの擦れ損進行

高橋 明成\*、齋藤 勝彦\*\*、東山 哲\*\*\*

### Abrasion Damage Spread of Corrugated Board

Akinari TAKAHASHI\*, Katsuhiko SAITO\*\* and Akira HIGASHIYAMA\*\*\*

包装の主要な目的は、輸送中のハザード（振動、衝撃、積圧）から内容品を保護することであるが、包装品には、商品情報や企業イメージ等を伝達する媒体としての機能も求められている。そのため内容品に問題がなくても、段ボール箱に擦れ損が生じただけで商品価値を失い、返品される場合もある。一方、段ボール擦れ損の程度は現場担当者の主観的判断のみで決定されており、定量的な評価手法の確立が望まれている。本研究では、摩擦による段ボール表面の紙むけ損について、画像解析により擦れ損面積と擦れ損部の輝度変化を指標にした定量的な擦れ損評価指標を提案している。さらに摩擦とともに段ボールシートの擦れ（紙むけ）損がどのように進行していくかを精査している。

Most importantly, proper packaging protects goods from external forces such as vibration, shock and compression. However, products are increasingly being shipped in aesthetically pleasing boxes that advertise the product through images and product information which will be displayed in shops. Appearance plays a greater role than ever before, and when a corrugated box is even slightly abrasion damaged as a result of vibration during transportation, unspoiled goods may be returned as damaged. Because abrasion damage is visually evaluated by humans, its definition and degree are subjective and differ among the evaluators. This study proposes an objective and a quantitative evaluation method and compares the results with those determined through visual evaluation. We reproduce abrasion damage by using a friction tester. The abrasion area is filmed as an image of abrasion damage. When analysing this image, we establish a new standard for evaluating the degree of abrasion damage. As a result, if the KRAFT is used on the liner layer, picking strength is better but the abrasion area is striking.

キーワード: 段ボール、擦れ、摩擦試験、包装

Keywords : Corrugated board, abrasion, friction test, packaging

#### 1. はじめに

段ボール包装には内容品を損傷させずに最終需要者まで届けられることが求められている。しかし、近年は内容品に対する保護機能

だけでなく、商品情報や企業イメージ等を伝達する媒体としての機能が求められるようになった。そのため内容品に問題がなくても、段ボール箱に擦れ損が生じただけで商品価値

\*研究当時、神戸大学大学院海事科学研究科博士前期課程

\*\*連絡者(Corresponding author), 神戸大学大学院輸送包装研究室 (〒658-0022 神戸市東灘区深江南町 5-1-1)

5-1-1 Fukaeminami, Higashinada, Kobe 658-0022, Japan, TEL:078-431-6341 Email:ksaito@maritime.kobe-u.ac.jp

\*\*\* レンゴー(株)包装技術部

を失うこともある<sup>1)</sup>。

一方、段ボール擦れ損の程度は現場担当者の主観的判断のみで決定されており、定量的な評価手法の確立が望まれていた。そこでまず、李ら<sup>2)</sup>は段ボール印刷面の色移りについて画像解析を適用している。次に松浦ら<sup>3)</sup>は、摩擦による段ボール表面の紙むけ損について、画像解析により擦れ損面積と擦れ損部の輝度変化を指標にした定量的な擦れ損評価指標を提案している。さらに安藤ら<sup>4)</sup>は、実際の輸送において段ボール箱がロッキング運動する特定の振動成分のみを抽出し、規則波簡易振動試験で発生する擦れ損が実際の輸送で発生した擦れ損と同程度となることを示し、ランダム振動試験を代替する簡便な振動試験として期待されることを提示している。しかしながらこれらの先行研究では、いずれも擦れ損の程度が摩擦表面に加えられる仕事量と密接に関係していることが前提となっているものの、摩擦と擦れ損の程度を詳細に検討するには至っていない。

このような背景から本研究では、摩擦とともに段ボールシートの擦れ（紙むけ）損がどのように進行していくかを精査している。

## 2. 摩擦試験

本研究ではサザランド型摩擦試験機（JIS K 5701）を使用する。摩擦試験において、しゅう動アームに作用する曲げの力は試験片に加えられる動摩擦力によるものである。そこでFig. 1に示すように、アルミ部材のしゅう動アームにひずみゲージを貼り付け、出力されたひずみから力に変換したものを摩擦面に加えられる時々刻々の動摩擦力とした。

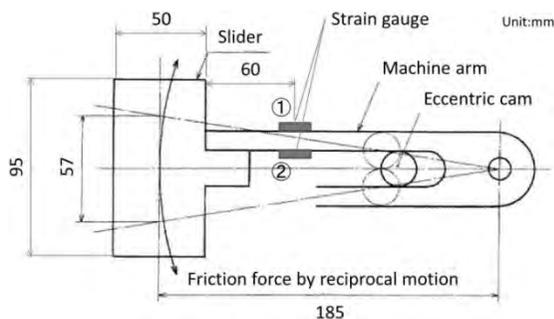


Fig.1 Strain Gauges on Friction Tester

また、ここで使用する試験片は、表裏ライナ LC 級  $160\text{g/m}^2$  と中しん MC 級  $120\text{g/m}^2$  から成形された A フルート段ボールシートと、表裏ライナ LB 級  $210\text{g/m}^2$  と中しん MC 級  $120\text{g/m}^2$  から成形された A フルート段ボールシートの 2 種類である。なお、各試験片は同一ロット（同工場、同製造時期）を用いている。

試験では、表ライナどうしを摩擦させるが、摩擦長手方向が CD 方向となるようにしている。なお、すべての試験は温湿度標準状態（ $23^\circ\text{C}$ ,  $50\%\text{R.H.}$ ）で実施している。

## 3. 擦れ損に対する消費者の感じ方

消費者が段ボール包装品を手にしたとき、表面に擦れ損があった場合にどの程度の擦れ損であれば、問題なしと判断されるかは全くわかっていない。そこで、段ボール擦れ損の度合いと消費者の感じ方の関係についてアンケート調査を行った。

アンケートではFig. 2に示す、擦れ傷が付いた 7 つのサンプル（摩擦試験で再現した錘底面側段ボールシート：無傷の①の状態から順に擦れ損が進み、⑦が最も擦れている）を用意し、「もし、あなたが買おうとする商品の外装（段ボール箱）

にそれぞれの擦れ傷がある場合、買いますか。」を問うものである。ただし、ここでの商品とは、ノートパソコン、掃除機、缶ビールである。



Fig.2 Sample Used in the Questionnaire

Fig. 3 は、回答結果をまとめたものであり、有効回答数は 170 である。図の横軸は擦れ損面積率<sup>3)</sup>であり、画像解析によって7つの擦れ損サンプルの擦れ損の程度を示している。また、図の縦軸は、それぞれのサンプルで示された擦れ損が購入しようとする商品の段ボール箱にあった場合にも「買う」と回答した割合を表している。

これより、擦れ損面積率が 2.5% 程度であれば、ノートパソコンでは約 3 割、掃除機と缶ビールでは約 1 割の消費者が「買わない」と判断していることが分かる。従って、擦れ損評価として重要な範囲として、ここでは擦れ損面積率 2.5% を上限値とする。

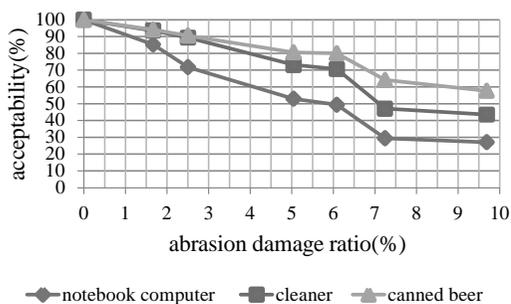


Fig.3 Acceptability against Abrasion Damage Ratio

## 4. 結果と考察

摩擦試験では、しゅう動子の質量を 0.551kg、1.105kg、1.659kg、2.213kg の 4 種類とし、摩擦回数を徐々に増やしていく。ただし、評価する試験片は錘底面側の段ボールシートであり、試験ごとに新しい試験片と取り換え、擦れ損面積率が 2.5% を超えた時点で、それぞれのしゅう動子質量での試験を打ち切りしている。

### 4.1 耐摩擦性

2 つの試験片で表ライナ表面が剥がれだしたと視認できる（ここでは擦れ損面積率 0.25% に相当）までに要した摩擦回数の比較を Fig. 4 に示す。ここに、横軸がしゅう動子の質量、縦軸が摩擦回数を表している。これより、LC160/MC120/LC160 の方が、紙むけしやすいことが明らかであり、これはライナのトップ層が短繊維の古紙であることに起因している。

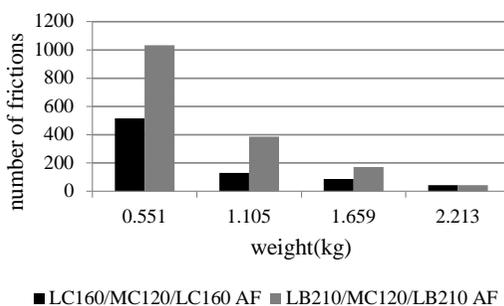


Fig.4 Abrasion Resistance against Friction

### 4.2 擦れ損部の輝度変化

2 つの試験片の、摩擦に伴う輝度の変化をそれぞれ Fig. 5、Fig. 6 に示す。ここに、図の横軸mnは、しゅう動子の質量に摩擦回数に乗じた値（仮に摩擦係数が摩擦回数によらず

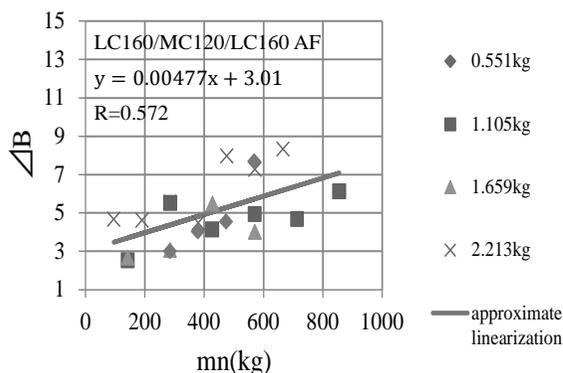


Fig.5 Brightness Change of LC160/MC120/LC160

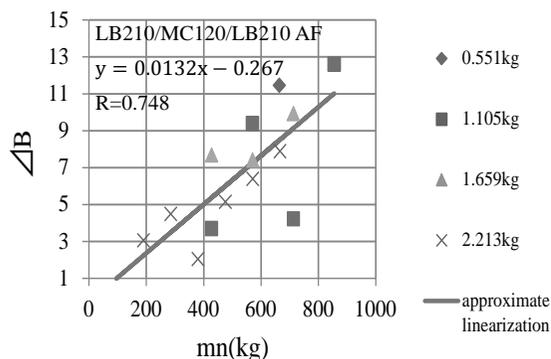


Fig.6 Brightness Change of LB210/MC120/LB210

一定であるならば、摩擦面に与えられる仕事量の大きさに比例する量)、縦軸 $\Delta B$ は、擦れ損部の平均輝度と擦れ損輝度しきい値

(LC160/MC120/LC160 : 135、LB210/MC120/LB210 : 140) の差 ( $\Delta B$  が大きければ表ライナ表面と擦れ損部の輝度差が大きいの、よりコントラストが明瞭になる) である。ここに、しきい値は、しきい値で抽出した擦れ損画像と視認する擦れ損が同等となる値<sup>3)</sup>として決めている。これらの図より、摩擦にともなって擦れ損部が拡がりつつ白変

していくことがわかる。また、図中の近似線の傾きが LB210/MC120/LB210 の方が大きいことも明らかであり、ライナのトップ層がクラフトパルプの場合、いったん紙むけしてしまふと擦れていない部分との色のコントラストが強調され目立ちやすいことがわかる。

### 4.3 仕事量と擦れ損の関係

2 つの試験片の擦れ損面積率 $S_a$ と仕事量の関係をそれぞれ、Fig. 7、Fig. 8 に示す。ここに、仕事量は、計測された動摩擦力に摩擦試験装置の上からトラッキング撮影することで得たしゅう動子の移動距離を乗じ、積分した値である。また、2 つの試験片の CADI (Comprehensive Abrasion Damage Index : 擦れ損部の面積と輝度を複合的に評価できる定量指標)<sup>3)</sup>と仕事量の関係をそれぞれ、Fig. 9、Fig. 10 に示す。

これらの図より、実験結果は大きくばらついており、段ボール表面に加えられる仕事量だけでは一義的に擦れ損の程度が定量的に評価できないことがわかる。

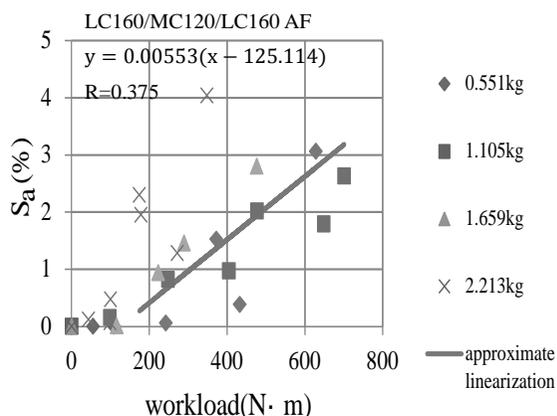


Fig.7  $S_a$  vs workload of LC160/MC120/LC160

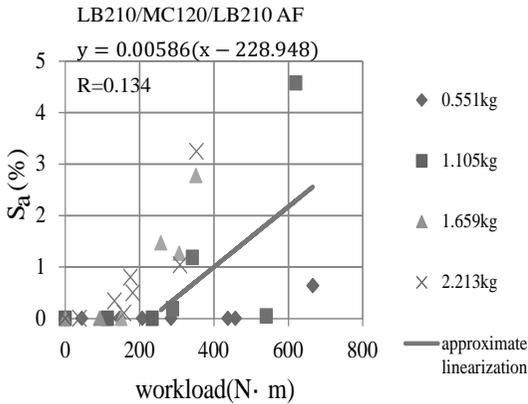


Fig.8  $S_a$  vs workload of LB210/MC120/LB210

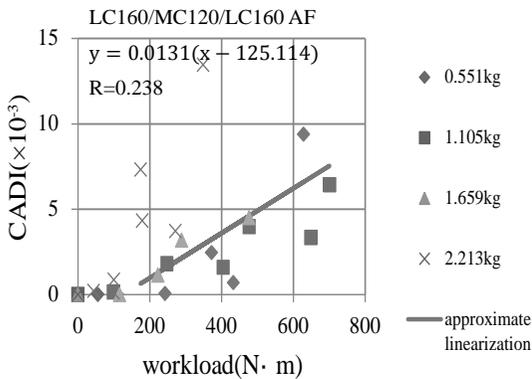


Fig.9 CADI vs workload of LC160/MC120/LC160

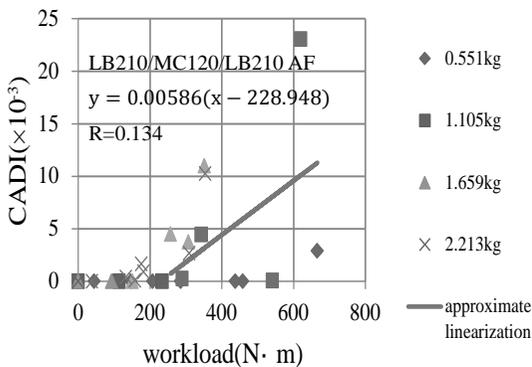
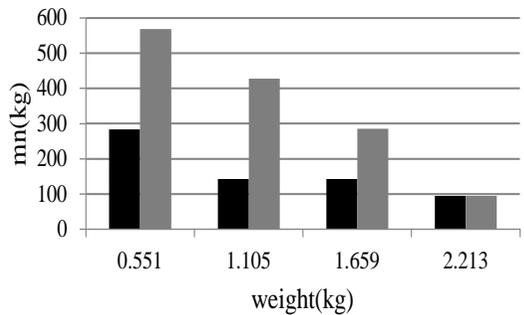


Fig.10 CADI vs workload of LB210/MC120/LB210

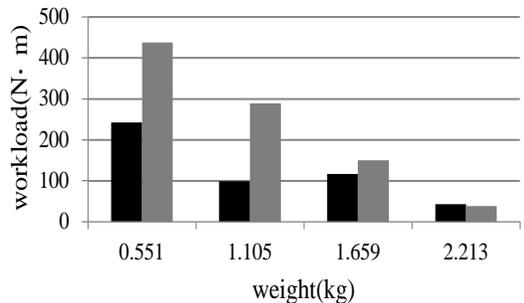
#### 4.4 しゅう動子質量の影響

2つの試験片で表ライナ表面が剥がれるのに要した、しゅう動子質量×摩擦回数mnと仕事を、しゅう動子の質量毎に表わしたものを、それぞれFig.11とFig.12に示す。これらの結果より、摩擦ハザードとして定義したそれぞれの物理量（しゅう動子質量×摩擦回数mnと仕事量）では、表ライナ表面が剥がれるのに要する評価指標としては十分ではないとわかる。すなわち、擦れ損の程度を説明するための物理量について、より詳細な検討が今後の課題となる。



■ LC160/MC120/LC160 AF ■ LB210/MC120/LB210 AF

Fig.11 Abrasion Resistance against Sliding Number and Weight



■ LC160/MC120/LC160 AF ■ LB210/MC120/LB210 AF

Fig.12 Abrasion Resistance against Frictional Workload

## 5. おわりに

本研究では、摩擦とともに段ボールシートの擦れ（紙むけ）損がどのように進行していくかを精査した。その結果、ライナのトップ層にクラフトパルプが使われている場合は耐摩擦性にはれているものの、いったん紙むけしてしまうと擦れていない部分との色のコントラストが強調され目立ちやすいことが明らかになった。

また、擦れ損の程度を擦れ損部の輝度変化、擦れ損面積率および CADI で評価したが、それらの実験結果は大きくばらつく。さらに、これまでの研究<sup>2) 3) 4)</sup> で用いられてきた、摩擦ハザードとして定義したそれぞれの物理量（しゅう動子質量×摩擦回数 $mn$ と仕事量）だけでは、擦れ損の程度を説明するには十分ではなく、より詳細な検討が必要である。

### <引用文献>

- 1) 東山哲、古田拓、日本包装学会、第 22 回 年次大会研究発表会予稿集、144(2013)
- 2) 李江、斎藤勝彦、日本包装学会誌、17(3)、185(2008)
- 3) 松浦和司、斎藤勝彦、東山哲、日本包装学会誌、19(4)、289(2010)
- 4) 安藤文明、斎藤勝彦、東山哲、日本包装学会誌、21(3)、213(2012)

(原稿受付 2014 年 4 月 4 日)

(審査受理 2014 年 6 月 10 日)