

段ボールと力の関係性

抄 録

最近では、物を運ぶ際にはほとんどが段ボール箱に入れて輸送される。しかし、段ボール箱が輸送されている間に潰れているということも多い。これは、段ボールの耐荷量を超える重さのものを入れているからであると考えられる。そこで、段ボールの耐荷量を求めることで、内容物の重さによって適当なフルートの段ボールを導くことができると考えた。そして、段ボールの耐荷量に対する実験を行った結果、段ボールの耐荷量はフルートの厚さの増加に伴って指数関数的に増加することが確認できた。また、80サイズの段ボールについて、内容物が飲料である場合、AAフルートが最も適切であるということが明らかになった。

キーワード：段ボール、フルート、耐荷量、内容量

1. はじめに

1.1 研究動機

普段からものを買うことが多かったため、配達されてくるときに段ボールを多く目にしていた。しかし、この中には輸送されている間に潰れてしまっているものも少なからずあった。段ボールが潰れて配達されたとき、潰れた原因としては外部からの衝撃以外に段ボールの耐荷量以上の重さのものが入っているのではないのかと考えた。そのことから、ダンボールの耐荷量を求めることによって重さに対する適切な段ボールのフルートを導くことができると思った。そのため、今回の研究のテーマとした。

1.2 研究目的

段ボールの耐荷量を調べ、それに基づき段ボール箱の耐荷量を求める。その耐荷量に基づき、ダンボールを使う際により金額は抑えながらも潰れない段ボールの基準を考える。その基準によって、より実用的で効率的なダンボールの使用の仕方を導き出す。

2. 基本情報

2.1 段ボール

段ボールとは、波型に整形した内芯の両面又は片面にライナを貼ったものである。ライナとは、段ボールの表面に貼ってある板紙である。ダンボールの原料は板紙の内、段ボール原紙を使用する。ライナを片面に貼ると片面段ボール、両面に貼ると両面段ボールとなる。また、内芯を2つ、ライナを3つ使用すると複両面段ボールとなり、内芯を3つ、ライナを4つ使用すると複々両面段ボールとなる。また、段ボールはライナの間の厚さをフルートと呼び、この厚さによってAからGまで分類することができる。表1は両面段ボールのフルートごとの厚さを表にしたものであり、表2は複両面段ボール、複々両面段ボール

のフルーツごとの厚さを表にしたものである。

表1 両面段ボールのフルーツごとの厚さ

フルーツ	A	C	B	デルタ	E	F	G
厚さ (mm)	5	4	3	2	1.5	0.6	0.5

表2 複両面段ボール、複々両面段ボールのフルーツごとの厚さ

フルーツ	BC	BA	AA	AAA
厚さ (mm)	7	8	10	15

今回、厚さを調べた段ボールは両面段ボール、複両面段ボール、複々両面段ボールのみであり、片面段ボールについて調べることができなかった。そのため、実験の対象から除外した。

2.2 段ボールの価格

段ボールは一般的にフルーツの厚さが厚ければ厚いほど価格が高くなる。今回は、80サイズの段ボール箱の価格を基準に同じ大きさでの段ボールの金額を算出した。また、今回価格の調査を行った段ボールは、実験に使用した段ボールであるAフルーツ、Bフルーツ、ABフルーツ、AAフルーツ、AAAフルーツの5つであり、算出方法は80サイズ段ボール箱（縦260mm、横360mm、高さ180mm）の価格を元に、100cm²の段ボールの金額を求めた。表3はその金額をフルーツごとに表にしたものである。

表3 フルーツごとの金額

フルーツ	B	A	AB	AA	AAA
金額 (円)	242	242	251	484	726

2.3 段ボールの内容物

今回は段ボール箱のフルーツごとの耐荷量を調べるため、内容物を統一する必要がある。そこで、今回段ボールの内容物は飲料とした。なぜなら、段ボールで包装されているものうち世界で最も多く使用されているものは、飲料であることが文献調査によりわかったからである。そのため、今回は段ボールを効率よく使用する方法を考えるため、実用性を考え段ボールの内容物を飲料とした。しかし、飲料がダンボールに入っている際の正確な内容物の重さを求めることができなかったため、全体の密度を0.8g/cm³として計算した。

3. 実験方法

3.1 装置図

段ボール箱の耐荷量を調べるためには、それぞれの段ボールの耐荷量を調べる必要がある。段ボールの耐荷量を測定するために、段ボール1枚に対して、断面を見た際、内心が波型に整形されている垂直方向に棒を置き、左右に重りを吊るした。図1は装置を正面と

側面で図にしたものである。

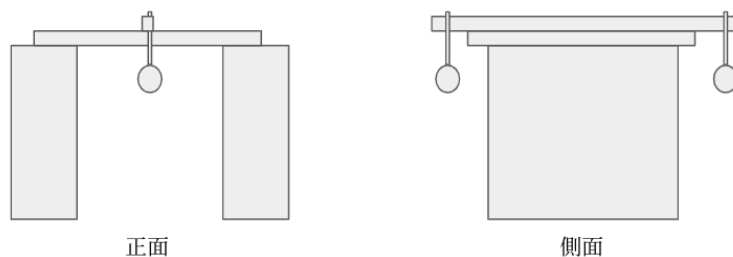


図1 装置図

今回の実験では、段ボールの耐荷量を調べる際の基準を段ボールの折れ目が肉眼で見えることとした。

4. 結果

4.1 実験結果

実験結果は表4の通りである。また、図2はフルーツごとの耐荷量をグラフ化したものである。

表4 フルーツごとの耐荷量

フルーツ	B	A	AB	AA	AAA
厚さ (mm)	3	5	8	10	15
耐荷量 (kg)	1	1.6	7	10	30

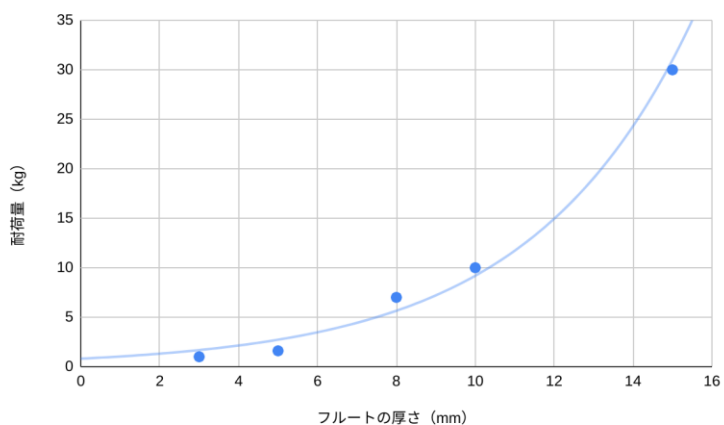


図2 フルーツごとの耐荷量

実験結果からフルーツが厚くなるとそれに伴って耐荷量が増えていく。この結果をフルーツごとの段ボール箱の耐荷量として考える。

4.2 内容量とその重さ

段ボール箱の内容量と段ボール箱の内容物の重さについて計算する。今回の段ボール箱の基準は、80サイズ（縦260mm、横360mm、高さ180mm）とする。また、今回の内容物は段ボールで最も多く包装されている飲料とする。そのため、内容物の密度を一様に0.8g/cm³として内容量から内容物の重さを計算した。計算方法は段ボール箱の外側を測ったとき80サイズになるような段ボール箱について、それぞれのフルートに対して計算した。例えば、Aフルートの場合厚さが5mmなので、内容量は、 $(260-5) \times (360-5) \times (180-5) / 1000 = 15841.875$ より、少数第一位を四捨五入し15842cm³となり、また密度を0.8g/cm³とし、かけて単位を(kg)に変換し少数第3位を四捨五入した。図5は、内容量と内容物の重さをフルートごとに表に整理したものである。また、図3はフルートごとの内容物の重さをグラフ化したものである。

表5 フルード別の内容量と内容物の重さ

フルード	B	A	AB	AA	AAA
内容量 (cm ³)	16240	15842	15257	14875	13947
内容物の重さ (kg)	7.83	7.64	7.35	7.16	6.71

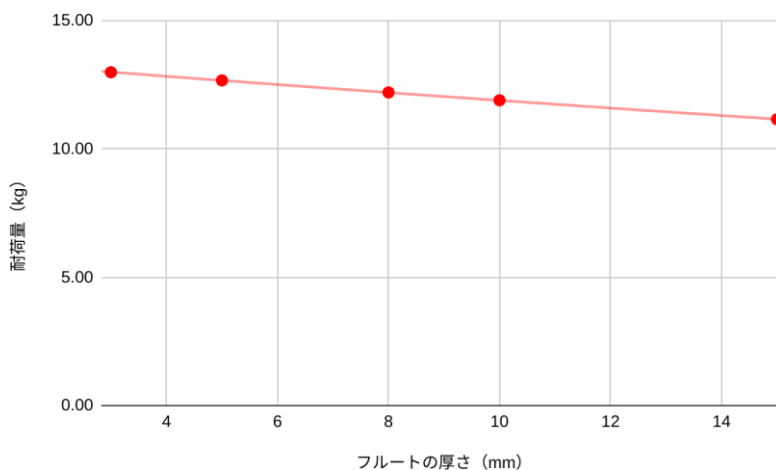


図3 フルードごとの内容物の重さ

また今回の実験で求めたフルードごとの耐荷量とフルードごとの内容物の重さに関する2つのグラフに対して、1つにまとめ、図4とした。

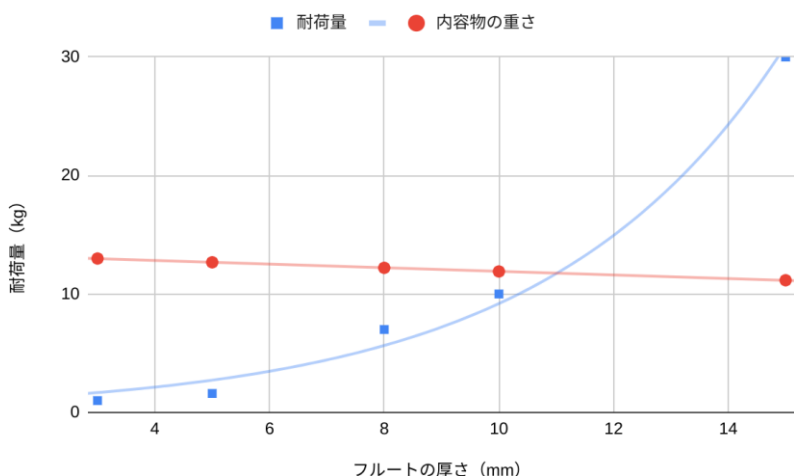


図4 フルーツごとの耐荷量と内容物の重さ

5. 考察

図2より、段ボールの耐荷量はフルーツの厚さが増えると、耐荷量は指数関数的に増加している。このことは、65期生自由研究冊子（2011）は、段ボールの耐荷量はフルーツの厚さが増加に伴って、耐荷量は急激に増加するとする結果を出していることから同じ結果だといえる。また、今回求める最も効率よく使用することのできる段ボールのフルーツは、内容物の重さとフルーツごとの耐荷量が等しいフルーツであると言える。図4から、フルーツの耐荷量と内容物の重さが等しい点は厚さが約10mm～約12mmのときである。つまり、AAフルーツを使用すると実用性と効率面において最も良いと言える。

6. 結論

本研究は段ボールを使う際により金額は抑えながらも潰れない段ボールの基準を考える。そのため、段ボールのフルーツごとの耐荷量を実験を通じて調べ、それに基づき段ボール箱の耐荷量を求める。今回は、AAフルーツが飲料を包装し、運搬するには最も適していると言える。しかし、これは内容物が飲料であると限定した場合のみの基準である。そのため、図4から求めた具体的なフルーツの厚さと内容物の重さに関する関係は以下の通りである。

表6 内容物の重さと使用すべきフルーツ

内容物の重さ (kg)	1未満	1～1.5	1.6～6.9	7～9.9	10以上
フルーツ	B	A	AB	AA	AAA

以上より、段ボールの耐荷量はフルーツが増加するに伴って、指数関数的に増加する。また、ダンボール箱の内容物の重さが1kg未満であるならばBフルーツ、1kg以上1.6kg未満であればAフルーツ、1.6kg以上7kg未満であればABフルーツ、7kg以上10kg未満であればAAフルーツ、10kg以上であればAAAフルーツが最も適している。また、段ボールの耐荷量はフルーツが増加するに伴って、指数関数的に増加する。しかし、今回の研

究では、使用したフルートの種類が少なかったため基準がより大まかになってしまった。そのため、今後はより多くのフルートのダンボールを使用して実験を行っていき基準の細分化をしていきたい。また、実験から除外した片面段ボールについても調べていきたい。

7. 参考文献

安震技術研究会（2003）『地震に強い建物』田村正隆

栗生こずえ（2008）『段ボールのひみつ』学習研究社

co-media <https://www.co-media.jp/article/13305> 2023年6月22日

65期生自由研究冊子（2011）『段ボールの最も強い組み合わせ方』大阪教育大学附属天王寺中学校

全国ダンボール工業組合連合会 <https://zendanren.or.jp/> 2021年11月23日

藤谷陽悦（2007）『建築のすべてが分かる本』深見悦司

レンゴー株式会社ホームページ <https://www.rengo.co.jp/> 2021年11月23日