

**科学研究費助成事業 研究成果報告書**

平成 29 年 6 月 15 日現在

機関番号：82111

研究種目：若手研究(B)

研究期間：2014～2016

課題番号：26850160

研究課題名(和文) 購買行動評価を導入した損傷限界曲線の応用による青果物損傷予測モデルの開発

研究課題名(英文) A damage estimation model applying a damage boundary curve and considering the purchasing behaviour of consumers

研究代表者

北澤 裕明 (Kitazawa, Hiroaki)

国立研究開発法人農業・食品産業技術総合研究機構・食品研究部門 食品加工流通研究領域・主任研究員

研究者番号：20455306

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,100,000円

研究成果の概要(和文)：工業製品の損傷が「故障」といった明確な判断基準を以って定義することが可能である一方で、青果物における損傷の判断基準は曖昧であり、その定義において、「買う」/「買わない」といった消費者の購買行動の要因を加味する余地があると考えられた。そこで本研究では衝撃の印加によって損傷させたリンゴ果実を対象として、消費者が許容する損傷程度が想定販売価格によってどのように変化するかを調査した。その結果、果実の損傷面積が一定以上の場合、消費者が妥当であると判断する販売想定価格も一定となり、必ずしも大幅に低下する訳ではないことが明らかとなった。この結果は、緩衝包装および販売価格設定の最適化に貢献できる。

研究成果の概要(英文)：It is difficult to define damage to fresh produce compared to damage to industrial products. We consider the purchasing behaviour of consumers, such as whether they would like to purchase a fresh produce product, in defining damage to fresh produce. Thus, this study, which uses apples as the fresh product, surveyed the relationship between the damaged areas resulting from several shock conditions and the price that consumers thought reasonable. The results showed that the price that the consumers judged to be reasonable did not change markedly even if the damage area increased to a certain degree. This finding contributes to optimizing cushioning packaging and/or to establishing a reasonable price for fresh produce.

研究分野：農業環境・情報工学

キーワード：損傷限界曲線 青果物 損傷 購買行動 衝撃

### 1. 研究開始当初の背景

輸送中の青果物に損傷を与える要因の一つに「衝撃」がある。研究者らは、衝撃による青果物の損傷発生を正確に評価するためには、衝撃パルスの最大加速度、速度変化(図1)および衝撃の繰り返し回数の3要因について考慮しなければならないことを、イチゴ果実を対象とした実証試験を通して提言した。

工業製品の損傷は「動作不能」、「故障」といった明確な判断基準を以って定義することが可能である。しかし、青果物の損傷は「オセ」や「スレ」、果汁の滲出など様々である上、損傷していることが即、売り物にならない、或いは食べられない、といったことにつながるとは言い難く、損傷を定義することが難しい。この点を踏まえると、青果物における損傷の定義において、産業的な場面における商品性、すなわち「売れる/売れない」あるいは「買う/買わない」といった消費者の購買行動に関する要因を加味する余地があると考えられた。しかし、青果物を対象とし、この点を考慮した損傷限界の導出は行われなかった。

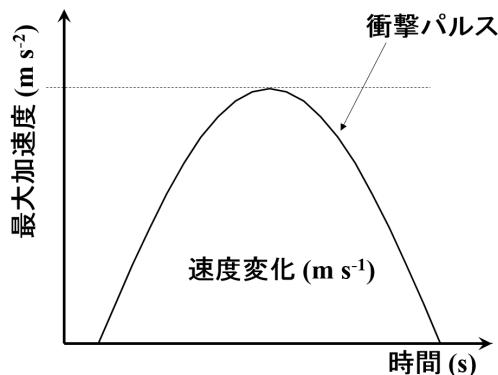


図1. 正弦半波衝撃パルスにおける時間、最大加速度および速度変化の関係

### 2. 研究の目的

1で述べた背景を踏まえ、本研究の目的を青果物の損傷と衝撃パルスにおける最大加速度および速度変化との関係を解明するとともに、消費者が許容する損傷程度が想定販売価格によってどのように変化するのかを解明することとした。

### 3. 研究の方法

#### (1) 試験の概要

本研究では、まず、衝撃パルスの最大加速度および速度変化の違いが青果物の損傷面積に及ぼす影響を検証した(衝撃試験)。次に、衝撃試験において得られた様々な損傷面積を有する青果物の写真を用いて、消費者を対象としたインターネット上でのアンケート調査を実施した。これにより、青果物の損

傷を消費者がどのように認識しているのかを想定される売値との関係とともに検証した(アンケート調査)。以下に、各検証の詳細について述べる。

#### (2) 衝撃試験

対象とする青果物は、リンゴとした。衝撃による損傷が目視により明瞭に確認できることが望ましいと想定されたため、供試品種は、黄色～黄緑色を呈する青りんごである「王林」とした。リンゴ果実を衝撃試験機(SDST-300、神栄テストマシナリー株式会社、茨城県つくば市)の試験台に固定し、衝撃パルス(正弦半波)を印加した。その際、緩衝可変システム(SVS-300、神栄テストマシナリー株式会社)を併用した。印加した衝撃パルスの最大加速度は、392.3、490.3、588.4、686.5、784.5、882.9、980.7および1372.9  $m s^{-2}$ (40、50、60、70、80、90、100および140G)であり、速度変化は、2.5、3.0、3.5、4.0、4.5および5.0  $m s^{-1}$ であった。これらの8条件の最大加速度と6条件の速度変化を組み合わせた衝撃パルスを試験に用いた。ただし、882.9および980.7  $m s^{-2}$ の最大加速度と2.5  $m s^{-1}$ の速度変化、1372.9  $m s^{-2}$ の最大加速度および3.0~5.0  $m s^{-1}$ 速度変化の組み合わせは、衝撃試験機の仕様上、設定が困難であったため、試験には用いなかった。そのため、試験に用いた衝撃条件は41であった。

衝撃による損傷は、衝撃印加によって変形および変色した部位の面積として表した。そのため、極端な凹凸の無い果実の赤道部を損傷評価の対象部位とした。なお、損傷面積(BA,  $m^2$ )の算出には、以下の式を用いた。

$$BA = (W_1 \times W_2 \times \pi) / 4$$

ここで、 $W_1$ 、 $W_2$ および $\pi$ は、それぞれ損傷の幅(図2)および円周率を示す。

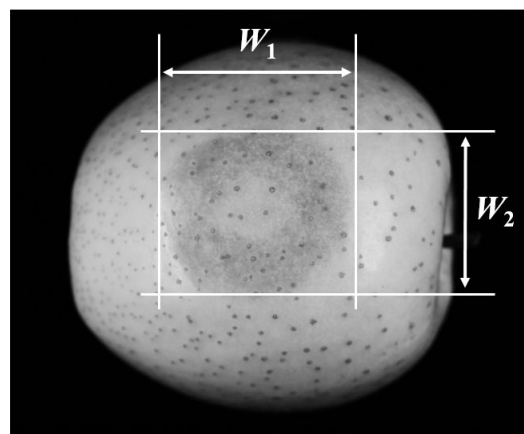


図2. 損傷面積の算出のための計測方法

また、試験結果に重回帰分析を適用し、最大加速度と速度変化のどちらが損傷面積の

拡大に寄与しているのかという点についても解析を行った。また、後述するインターネットによるアンケート調査のために、衝撃印加後のリンゴ果実をデジタルカメラで撮影し、様々な面積の損傷を有する果実の画像データ（写真）を収集した。

### (3) アンケート調査

(2)で述べた衝撃試験により得られた写真を用いて、消費者を対象としたインターネットによるアンケート調査を実施した。アンケートへの参加者の募集及び、回答の収集は、株式会社バルク（東京都中央区）に委託した。なお、アンケート調査は農研機構食品総合研究所（当時）における人を対象とする疫学研究倫理審査規定に則って実施し（承認番号：HU2015-1）調査に同意した者のみを対象とした。対象者は20歳以上かつ、1回以上、リンゴの購入経験がある男女とした。

アンケート調査では、性別、職業、リンゴの購入頻度について回答してもらった後、無傷のリンゴ果実および面積の異なる損傷を有するリンゴ果実の写真（図3）をランダムに表示し、それぞれの想定売価について回答してもらった。そして、値引き幅と許容される損傷面積との対応について解析した。その際、1個および3個の果実の写真を表示することによって、値引き幅と許容される損傷面積との対応が販売時の個数によって変化するかについても併せて検証した。なお、損傷面積が5および $14 \times 10^{-4} \text{ m}^2$ である果実の写真は調査に使用しなかった。最終的に433名分の回答結果を解析に用いた。



図3 . アンケート調査に用いた写真の例  
（最大加速度： $588.4 \text{ m s}^{-2}$ 、速度変化： $3.5 \text{ m s}^{-1}$ の衝撃を印加した果実）

## 4 . 研究成果

### (1) 衝撃試験

評価試験を通して、果実の赤道部に1回の衝撃を印加した際における損傷面積が、ピーク加速度と速度変化の組み合わせにより様々に変化することを実証した。また、この結果を用いて、損傷面積に対応する損傷限界曲線を導出することができた（図4）。

また、重回帰分析を用いて、最大加速度および速度変化と損傷面積との関係について解析を行い、果実の損傷面積の拡大においては速度変化よりも最大加速度の寄与が大きいことを明らかにした。

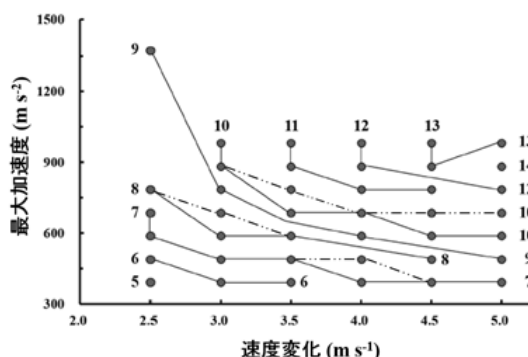


図4 . 衝撃の速度変化および最大加速度の違いがリンゴ果実の赤道部における損傷面積（ $\times 10^{-4} \text{ m}^2$ 、プロット脇の値）に及ぼす影響。なお、線と破線で囲まれた領域における損傷面積は、同等であると推定される。

### (2) アンケート調査

無傷のリンゴに対して回答された想定販売価格は、わが国におけるリンゴの平均販売価格と殆ど変わらず、収集したデータの信頼性は高いと判断できた。

1個の果実を提示した場合でも、3個の果実を提示した場合でも、各損傷面積に対して回答された想定販売価格に有意差はみられなかった。従って、本調査で対象とした $6 \sim 13 \times 10^{-4} \text{ m}^2$ の損傷面積の範囲においては、商品価値を保持するための、すなわち「売れる」ための値下げ額は同一であると考えられる。一方、一定の値下げを行えば「売れる」ともいえることから、緩衝包装の観点においては、厳密な設計を省略できる余地を見出すことも出来る。

また、1個の果実を提示した場合と3個の果実を提示した場合とを比較すると、前者の方が、損傷があっても想定販売価格を高く維持できることが明らかとなった。このことは、損傷を有する果実の販売価格をできるだけ下げないためには、複数個をまとめて販売するよりも、1個ずつばら売りしたほうが得策であることを示唆している。

### (3) まとめ

衝撃試験の結果は、衝撃パルスにおける最大加速度と速度変化の組み合わせとリンゴ果実の損傷面積との関係を説明するものである。また、アンケート調査の結果は、消費者に許容されるリンゴ果実の損傷面積と想定される販売価格との関係を説明した先進的事例である。この結果は、衝撃試験と同時

に実施し、損傷面積拡大の主要因を突き止めた重回帰分析による解析結果と併せて、輸送時における緩衝包装設計や販売価格設定の最適化に貢献できる。

なお、本研究において、繰り返し衝撃に起因する損傷に関する評価は実施しなかった。この点に関しては検証の余地があるが、少なくとも任意の繰り返し衝撃に対応する損傷面積さえ明らかにできれば、本研究における手法をそのまま適用し、損傷と消費者におけるその許容レベルの変化を提示できるものと考えられる。

#### <引用文献>

北澤 裕明、繰り返し衝撃による被包装物の蓄積疲労損傷評価に関する研究、神戸大学学位論文、2015.

Lu, F., Y. Ishikawa, H. Kitazawa, T. Satake, Measurement of impact pressure and bruising of apple fruit using pressure-sensitive film technique, Journal of Food Engineering, 96, 2010, 614-620.

Kitazawa, H., N. Hasegawa, Y. Tsukakoshi, Evaluation of the relationship between shock and bruise area of apple fruit, Food Science and Technology Research, 22, 2016, 485-489.

#### 5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕(計1件)

Kitazawa, H., N. Hasegawa, Y. Tsukakoshi (2016) Evaluation of the relationship between shock and bruise area of apple fruit. Food Science and Technology Research 22:485-489. (査読有)

〔学会発表〕(計2件)

北澤 裕明, 長谷川 奈緒子. 衝撃によるリンゴの損傷に及ぼすピーク加速度および速度変化の影響. 園芸学会平成 27 年度秋季大会. 2015.09.27 徳島大学常三島キャンパス (徳島県・徳島市)

北澤 裕明. 包装技術による青果物の品質保持 鮮度保持および損傷防止対策の現状と今後の展開. 食品技術研究会 (食品の鮮度保持および加工に関する技術) 第3回研究会. 2015.01.22 和歌山商工会議所 (和歌山県・和歌山市)

#### 6. 研究組織

##### (1)研究代表者

北澤 裕明 (KITAZAWA, Hiroaki)

国立研究開発法人農業・食品産業技術総合研究機構・食品研究部門 食品加工流通研究領域・主任研究員

研究者番号：20455306

##### (2)研究協力者

久徳 康史 (KYUTOKU, Yasushi)

中央大学・研究開発機構・准教授

研究者番号：70569706

檀 一平太 (DAN, Ippeita)

中央大学・理工学部・教授

研究者番号：20399380