

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 28 年 6 月 3 日現在

機関番号：32665

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2013～2015

課題番号：25450386

研究課題名(和文)かたさを熟度の指標とする果実の触覚センサによる非破壊熟度評価

研究課題名(英文) Non-destructive evaluation of fruit ripeness with flesh firmness using a tactile sensor

研究代表者

川越 義則 (KAWAGOE, Yoshinori)

日本大学・生物資源科学部・准教授

研究者番号：80234053

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 4,000,000円

研究成果の概要(和文)：ラ・フランス果実は収穫後に追熟を必要とするが外観からは熟度判定が困難であるので、貫入硬度計によって熟度が判定されている。そこで、この果実の歪な形状と追熟に伴う果肉の軟化に着目し、平面上に静置した果実の果頂部とその平面との接触状態を触覚センサにより圧力分布として捉え、果肉硬度の非破壊推定を試みた。

追熟中の果実質量と圧力分布を測定後、果肉硬度を測定した。圧力分布より最大荷重、接触面積を求め質量で除して、それぞれ比最大荷重、比接触面積とした。追熟日数の経過と共に比最大荷重は低下、比接触面積は上昇したが、大きなバラツキが認められ、果肉硬度の推定には至らなかった。さらに特徴量を探索していく必要がある。

研究成果の概要(英文)：La France pears are harvested when still quite firm, then they are ripened before shipping. Since the flesh firmness decreases notably during ripening, the ripeness is judged by a fruit penetrometer in a packing house. In this work, considering the uneven surface of La France pears, estimation of flesh firmness was examined by pressure distribution when fruits were placed on a tactile sensor.

Mass, pressure distribution, and flesh firmness were measured during ripening. A maximum load and a contact area were calculated by pressure distribution. Both the maximum load and the contact area were divided by the mass of fruit. These values were defined as specific maximum load and specific contact area, respectively. With progress of ripeness, the specific maximum load decreased and the specific contact area increased. However, flesh firmness was not able to be estimated. The results suggest that it is necessary to extract the features related to firmness from pressure distribution.

研究分野：ポストハーベスト工学

キーワード：西洋ナシ ラ・フランス 熟度 非破壊検査 硬度 触覚センサ 接触圧力分布 接触圧力面積

1. 研究開始当初の背景

西洋ナシ「ラ・フランス」果実は、収穫後に追熟を必要とし、その追熟特性や追熟条件はほぼ明らかにされている(北村, 1987; 高橋ら, 1991; 佐藤ら, 1993; Sutrisuno, 1994; 新村, 2006)。ラ・フランス果実の追熟過程における糖度および酸度は、それぞれわずかに低下、増加するが、顕著な変化はみられない(Sutrisuno, 1994; 新村ら, 2004)。さらに果皮色の変化も少ない。一方、追熟過程で生じる生理的变化の中で最も顕著なものは果肉の軟化であるため(村山, 2000)、ラ・フランス果実の熟度は、果肉硬度としてとらえられている。産地において、果肉硬度は果実貫入硬度計を用いて測定され、44N(10 lbf(ポンド重))以下になったら収穫し、22N(5 lbf)程度で出荷、8.9N(2 lbf)を下回ったら食べ頃とされている。佐藤ら(1993)も、8.9N(2 lbf)前後で可食状態に入り、最適可食期の果肉硬度は、追熟温度が異なる試験区間に大きな差はみられないとしている。しかしながら、果実貫入硬度計による果肉硬度測定は破壊検査であり、非破壊熟度評価が求められている。そこで、可搬型の近赤外分光光度計によりラ・フランス果実の果肉硬度推定が行われた(新村ら, 2005; 新村ら, 2006)。その結果、同一箇所においては、経時的に一方向に変化する波長の存在を確認したが、果肉硬度を精度よく推定するまでには至らなかった。

2. 研究の目的

ラ・フランス果実の果頂部の歪な形状と追熟に伴う果肉の軟化に着目し、平面上に静置した果実の果頂部とその平面との接触状態を触覚センサにより圧力分布として捉え、果肉硬度の非破壊推定を研究の目的とした。落下させる等、外部から刺激を与えた方が明確な応答が得られると予想されるが、熟度が進むと押し傷などの原因となるため果実の自重のみを利用した。

3. 研究の方法

試料には、山形県上市市内にて収穫されたラ・フランス果実を用いた。果実のサイズは現地規格のL, 2L, 3L(5kg 出荷箱に各18玉, 16玉, 14玉入り)とした。収穫後、1°Cに設定された低温庫にて約3週間の低温処理を行った。その後の追熟は、12°Cおよび16°Cに設定された各恒温チャンバ(ヤマト科学, IN80x)に入れ、緩衝材で果実表面が保護された出荷箱の状態で行った。供試個数は、温度別に各サイズ2個とし、1日あたり各温度6個とした。また、非破壊測定である果実質量と触覚センサによる圧力分布のみを継続して測定するための試料は、温度別に各サイズ3個とした。

追熟開始日を0日として毎日、非破壊測定として果実質量と触覚センサによる圧力分布を測定後、破壊測定として果肉硬度、果肉糖度を測定した。圧力分布は、水平な定盤の

上に触覚センサ(Pressure Profile Systems, 4768)を固定し、その上に果実の果頂部を下にして自立する姿勢で置いて測定した。継続して測定する果実には印をつけて、毎回、触覚センサ上に置く向きが同じになるようにした。

触覚センサは静電容量型で、25×32個からなる各エレメント(2×2mm)の圧力値により圧力分布が得られる。果肉硬度はレオメータ(山電, RE2-3305S-1)に果実貫入硬度計(FACCHINI, FT327)のプランジャ(φ8mm)を装着し、貫入速度1mm/s、貫入深さ7.95mmとした時の最大荷重とした。測定箇所は果径が最大となる赤道面上を3等分した3カ所とし、その平均をその果実の果肉硬度とした。そして、プランジャにより破壊した3カ所の対向部分をそれぞれくし型に切り出した。さらに果皮および芯を取り除き、おろし金ですりおろし、ガーゼにて果汁を絞り、糖度計(アタゴ, PR-201α)にて糖度を測定した。3つのくし型果実片の糖度の平均をその果実の糖度とした。

4. 研究成果

追熟開始から過熟状態になるまでのラ・フランス果実の果肉硬度と糖度の経時変化をそれぞれ図1, 2に示した

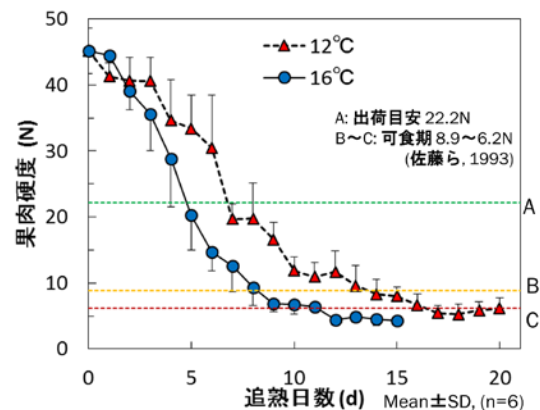


図1 果肉硬度の経時変化

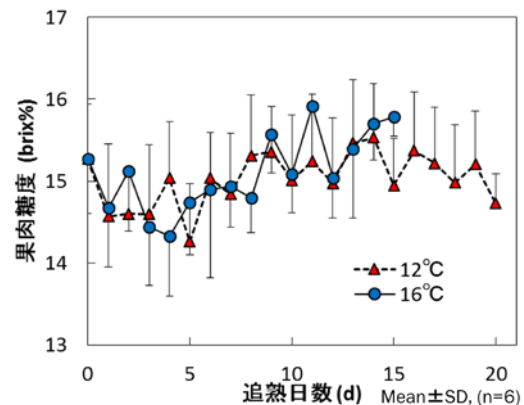


図2 糖度の経時変化

果肉硬度は、追熟開始後、緩やかな硬度低下がみられた後、急激に低下し、可食域に近

づくと緩やかな変化となった。また、温度が高いほうが早く可食期を迎え、可食期間も短い。果肉硬度は、追熟期間中に大きな変化を示すため、熟度の評価指標とされていることが確認された。糖度は追熟と共にわずかな上昇傾向がみられるもののバラツキも大きく、熟度の評価指標とはならない。

同一果実に対して触覚センサで得られた圧力分布を図3, 4に示した。図3は追熟開始直後(0d), 図4は12°Cにて追熟し、可食直前にあたる12dにおける圧力分布であり、それぞれのピークが対応している。

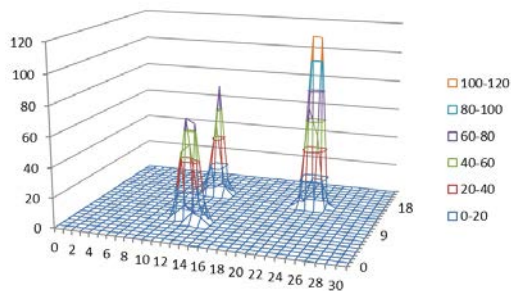


図3 0dにおける圧力分布

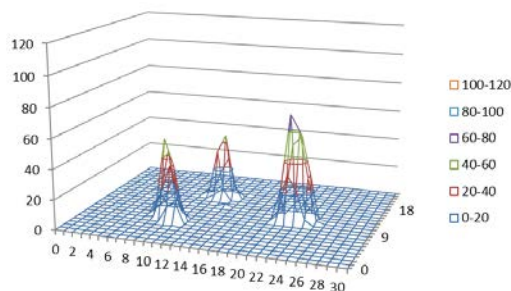


図4 12°C追熟区の12dにおける圧力分布

図3, 4を比較すると、時間の経過により3つのピークともに小さくなり、また平面と接触している部分の面積が大きくなった。これは、追熟の進行に伴い、ラ・フランス特有の凸凹した表面で凸の部分が果肉の軟化と果実の自重により平面的になったものと考えられる。

果肉硬度と触覚センサによるデータとの対応を検討するため、触覚センサから得られた圧力分布より、最大圧力と接触エレメント数を求め、それぞれにエレメント面積を乗じて最大荷重、接触面積とした。同じかたさでもサイズ(質量)が大きければ、最大荷重、接触面積ともに大きくなることが予想されるため、最大荷重、接触面積を果実の質量で除して、それぞれ比最大荷重、比接触面積とした。果実が過熟状態になるまでの比最大荷重、比接触面積の経時変化をそれぞれ図5, 6に示した。

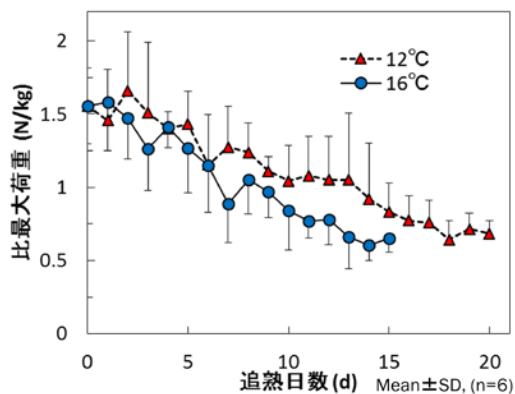


図5 比最大荷重の経時変化

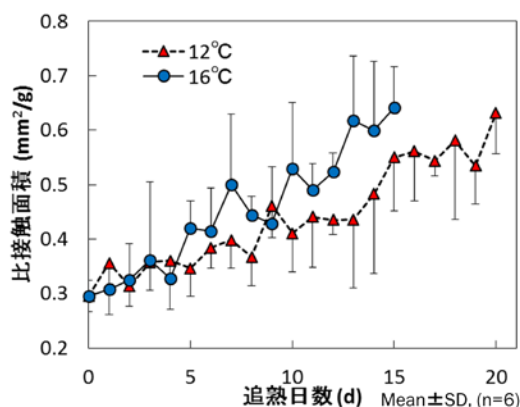


図6 比接触面積の経時変化

追熟日数の経過とともに比最大荷重は減少し、比接触面積は増加した。果肉硬度が追熟の進行に伴い減少している傾向をとらえることはできたが、いずれも大きなバラツキが認められた。そこで、個々の果実の果肉硬度に対応する比最大荷重、比接触面積の関係を求め、それぞれ図7, 8に示した。

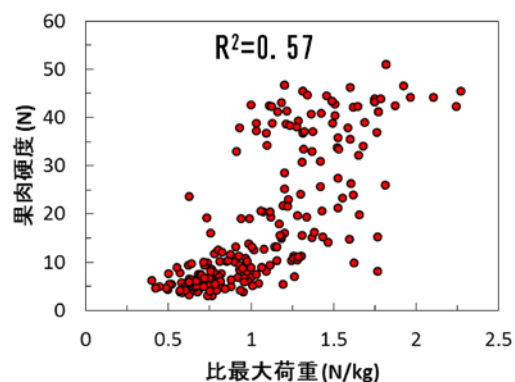


図7 比最大荷重と果肉硬度の関係

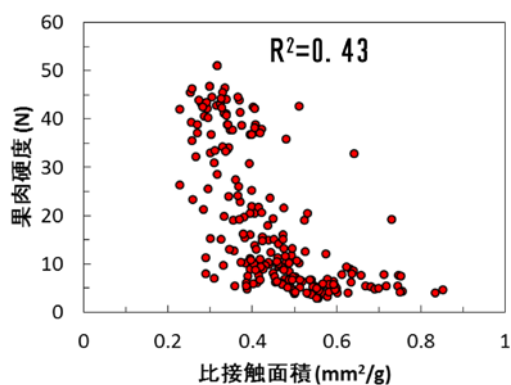


図8 比接触面積と果肉硬度の関係

それぞれ線形回帰した結果、決定係数は0.57, 0.43となり、検量線を求めるには不十分な結果となった。2Lサイズのみを用いて線形回帰したときよりも決定係数が低下し、バラツキも大きくなったことから、サイズ(質量)の影響を除く方法を含め、圧力分布のピーク形状等からさらに特徴量を探索していく必要がある。

<引用文献>

- ①北村利夫. 園学雑, 56(2), 229-235, 1987
- ②佐藤康一ら, 山形園試研報, 10, 23-41, 1993
- ③新村知大, 川越義則ら. 第40回農機学会関東支部年次大会講演要旨, 32-33, 2004
- ④新村知大, 川越義則ら. 農業環境工学関連学会2005年合同大会講演要旨集, 190, 2005
- ⑤新村知大, 川越義則ら. 農業環境工学関連学会2006年合同大会講演要旨, 0141215, 2006
- ⑥新村知大. 東京大学修士論文, 2006
- ⑦高橋和博ら, 東北農業研究, 44, 203-204, 1991
- ⑧村山秀樹. 果実園芸大百科 9, 農文協, 東京, 123-130, 2000
- ⑨Sutrisuno. 東京大学博士学位論文, 1994

5. 主な発表論文等

[雑誌論文] (計0件)

[学会発表] (計3件)

- ① Yoshinori Kawagoe, Shingo Miyamoto, Non-destructive evaluation for ripeness of La France pear during ripening - Estimation of flesh firmness by a tactile sensor, the 9th CIGR Section VI International Technical Symposium, November 17, 2015, Auckland (New Zealand)
- ② 川越義則, 小林研太, 山田瑞貴, 宮本眞吾, 触覚センサによる西洋ナシ“ラ・フランス”の非破壊果肉硬度推定, 農業環境工学関連学会2015年合同大会, 2015年9月15日, 岩手大学教育学部・人文社会科学部 (岩手県盛岡市)
- ③ 川越義則, 石丸諭, 川端千晴, 高橋良平,

宮本眞吾, 西洋ナシ“ラ・フランス”の追熟過程における非破壊熟度評価—触覚センサによる果肉硬度推定—, 農業食料工学会第73回年次大会, 2014年5月18日, 琉球大学工学部・農学部 (沖縄県中頭郡西原町)

6. 研究組織

(1) 研究代表者

川越 義則 (KAWAGOE, Yoshinori)

日本大学・生物資源科学部・准教授

研究者番号: 80234053

(2) 研究分担者

なし

(3) 連携研究者

なし