

令和元年6月18日現在

機関番号：12601

研究種目：基盤研究(B)（一般）

研究期間：2016～2018

課題番号：16H05002

研究課題名（和文）果実物性の流通環境依存性モデルの構築と流通シミュレーション解析への適用

研究課題名（英文）Construction of distribution environment dependency model of fruit physical properties and its application to distribution simulation analysis

研究代表者

安永 円理子（YASUNAGA, ERIKO）

東京大学・大学院農学生命科学研究科（農学部）・准教授

研究者番号：00380543

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 13,900,000円

研究成果の概要（和文）：本研究は、流通中に生じるフルーツキャップ状の褐変果の発生を抑制するために、最適な包装設計に貢献することを目的として、果実とフルーツキャップのひずみエネルギーを評価することを自指した。その結果、これまで硬度は一定と仮定されていたモモ果実のヤング率に応じた輸送中の果実とフルーツキャップのエネルギー吸収割合や積算量を評価できる数理モデルの提案を行った。

研究成果の学術的意義や社会的意義

モモ果実は軟化しやすく、流通中にフルーツキャップ状の褐変が生じ、品質低下が著しく流通が困難な果実であるが、本研究で提案した数理モデルを使用することで、フルーツキャップの硬さや流通時の加速度条件を種々の条件でシミュレーションすることが可能となり、食品ロスを抑えた最適な緩衝包装設計に貢献することができる。

研究成果の概要（英文）：This study aimed to evaluate the strain energy of fruits and fruit caps in order to contribute to the optimum packaging design in order to suppress the occurrence of fruit cap-like browning fruits that occur during distribution. As a result, we proposed a mathematical model that can estimate the energy absorption ratio and integrated amount of fruits and fruit caps during transportation according to the Young's modulus of peach fruits, which was assumed to have a constant fruit hardness.

研究分野：ポストハーベスト工学

キーワード：ヤング率 ひずみエネルギー 硬度

様式 C - 19、F - 19 - 1、Z - 19、CK - 19 (共通)

1. 研究開始当初の背景

我が国の農産物関連業界を取巻く昨今の情勢を鑑みた場合、国際的な競争力や耐力をより一層高める必要がある。そのためには、生育・収穫技術のみならず、価格やコストに直結する食品流過程での品質保持技術の高度化および自動化、並びに「消費者 食品事業者間のトレードオフ関係」の最適化が求められる。これらの課題解決のためには、最適化シミュレーション解析を研究機関のみならず関連事業者レベルで主体的に行うことが有効となる。しかしながら、その骨子となる農産物性に関する数理モデリング技術や流通シミュレーション技術については、要求に耐え得る水準に至っていないのが現状である。

2. 研究の目的

『果実物性の流通環境依存性モデルの構築と流通シミュレーション解析への適用』を目指して、フィールド調査・室内実験・数値解析からなる系統的な研究を展開する。先ず、流過程において、雰囲気(温度・湿度)環境とともに時々刻々と変化する果実の物性および生理活性の測定手法と、これらを反映した数理モデリング技術の構築に取り組む。最終的に、果実の緩衝包装設計の高度化、並びに流過程における力学的環境および雰囲気環境の最適化などの検討に寄与し得る流通シミュレーション技術の構築を目指す。

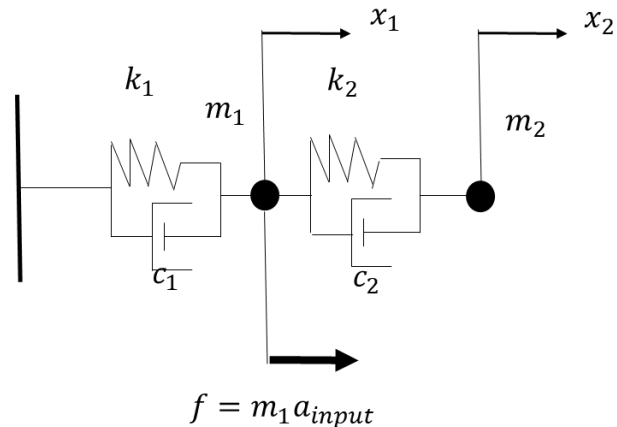
3. 研究の方法

本研究は、実際の流通環境条件を調査するフィールド調査、室内実験、ならびに数値解析を行った。

フィールド調査：岡山ならびに福島の桃園場から東京までの流通雰囲気および三軸加速度について、輸送環境計を用いて測定した。

室内実験：フィールド調査にて得られたデータより、インキュベータを用いて温度環境を室内にて再現した。なお、本研究では、フィールド調査結果を踏まえ、5°C、25 °C という二段階の定温度条件を採用した。輸送中の各過程に対応した時刻に桃をインキュベータから取り出し、万能試験機と硬度計により速やかに果実物性を測定した。また、種々の高さから段ボールに入れたモモ果実の落下試験を行い、モモ果実が受ける落下加速度を計測した。

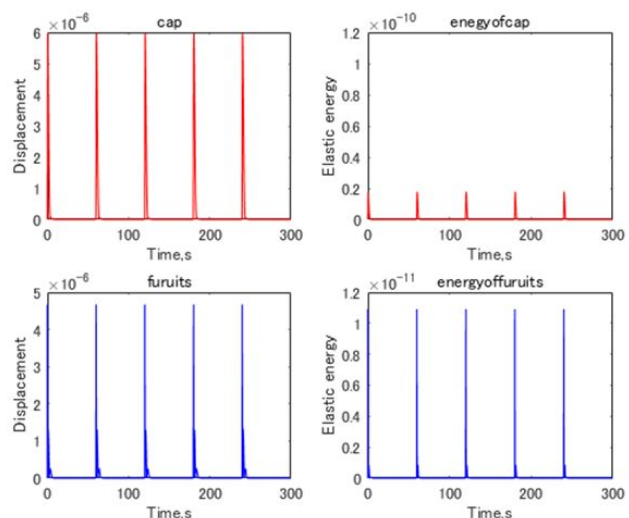
数値解析：輸送中の各過程におけるモモ果実とフルーツキャップのエネルギー吸収量を評価するための数値解析手法を提案した。数値解析では、機械的性質の時系列変化を反映した数理モデルを導入し、また桃とフルーツキャップからなる2自由度非線形バネモデルを採用した(図1)。入力条件としては、フィールド調査で得られた加速度による運動エネルギーを採用した。なお、 k はバネ定数、 m は質量、 c は粘性係数であり、添え字1がモモ果実、2がフルーツキャップを示している。



4. 研究成果

(1) フルーツキャップの硬さに応じたエネルギー吸収量の変化

図2に数値解析の一例を示す。左上図は、フルーツキャップの変位を、右上図は、フルーツキャップのひずみエネルギーを、左下図は、モモ果実の変位を、右下図は、モモ果実のひずみエネルギーの経時変化を示している。このモデルを用いることによって、例えば、福島 - 東京間における流過程での加速度応答に対応した桃とフルーツキャップのエネルギー吸収量を評価できるようなる。このように、提案手法を用いることにより、輸送中の桃とフルーツキャップのエネルギー吸収割合や積算量を評価できるようになった。



5. 主な発表論文等

(雑誌論文)(計 6 件)

Shinji FUKUDA, Wolfram SPREER,

図2 モモ果実とフルーツキャップの非線形バネモデル

Marcus MNAGLE, Eriko YASUNAGA, Sensors and Monitoring for Production and Distribution of a Tropical Fruit, *Environmental Control in Biology*, 査読有, Vol. 56, No. 2, 2018, 23-24

DOI: <https://doi.org/10.2525/ecb.56.23>

Shinji Fukuda, Wolfram Spreer, Winai Wiriya-Alongkorn, Klaus Spohrer, Eriko Yasunaga, Chantalak Tiyaon. Random forests as a tool for analyzing partial drought stress based on CO2 concentrations in the rootzone of longan trees. *Environmental Control in Biology*, 査読有, Vol.56, No.2, 2018, 25-31.

DOI: <https://doi.org/10.2525/ecb.56.25>

Marcus Nagle, Eriko Yasunaga, Busarakorn Mahayothee, Joachim Müller. Potential for sensor systems to monitor fruit physiology of mango during long-distance transport. *Environmental Control in Biology*, 査読有, Vol.56, No.2, 2018, 32-38.

DOI: <https://doi.org/10.2525/ecb.56.33>

Eriko Yasunaga, Shinji Fukuda, Marcus Nagle, Wolfram Spreer. Effect of storage conditions on the postharvest quality changes of fresh mango fruits for export during transportation. *Environmental Control in Biology*, 査読有, Vol.56, No.2, 2018, 39-44.

DOI: <https://doi.org/10.2525/ecb.56.39>

Eriko Yasunaga, Shinji Fukuda, Daisuke Takata, Wolfram Spreer, Vicha Sardud, Kohei Nakano. Quality changes in fresh mango fruits (*Mangifera indica* L. 'Nam Dok Mai') under actual distribution temperature profile from Thai land to Japan. *Environmental Control in Biology*, 査読有, Vol.56, No.2, 2018, 45-49.

DOI: <https://doi.org/10.2525/ecb.56.45>

Yasunaga Eriko, Fukuda Shinji, Spreer Wolfram, Takata Daisuke. Online monitoring system on controlled irrigation experiment for export quality mango in Thailand. Springer International Publishing Switzerland 2016. ICIRA 2016, Part II, LNAI9835, 328-334. 2016.

DOI: https://doi.org/10.1007/978-3-319-43518-3_32

[学会発表] (計 4 件)

Yasunaga, E., Nakamura, N., Nakano, R., Tezuka, T., Kaneta, T. Distribution environment of exported peach fruit from Japan to Singapore. XIX. World Congress of CIGR 2018, 22-25 April 2018, Antalya, Turkey.

Yasunaga, E., Sano, T., Takata, D., Ozaki, O. Numerical analysis of cushioning packaging characteristics considering the mechanical properties of peach fruits. International Conference on Postharvest Management for Better Food Security, 5-7 November 2018, Hanoi, Vietnam.

安永円理子, 福田信二, 高田大輔, Wolfram SPREER, Vicha SARSDUD, 中野浩平. タイからの輸入マンゴー果実の流通時の品質変化. 日本生物環境工学会 2018 年東京大会, 2018 年 9 月 18 日 ~ 21 日, 東京農工大学府中キャンパス, 府中市.

安永円理子, 中村宣貴, 中野龍平, 手塚誉裕, 兼田朋子. シンガポール輸出時のモモ果実の輸送環境モニタリングならびに包装容器の評価. 日本生物環境工学会 2018 年東京大会, 2018 年 9 月 18 日 ~ 21 日, 東京農工大学府中キャンパス, 府中市.

[図書] (計 2 件)

1. 安永円理子, 呼吸速度予測, 鮮度保持剤. 農業食料工学会編, ポストハーベスト工学事典, 朝倉書店, 東京. 14-15, 198, 2019.

2. 安永円理子,ポストハーベスト,農業情報学会編,新スマート農業,農林統計出版,東京,2019.

[産業財産権]

○出願状況(計 0 件)

名称:
発明者:
権利者:
種類:
番号:
出願年:
国内外の別:

○取得状況(計 0 件)

名称:
発明者:
権利者:
種類:
番号:
取得年:
国内外の別:

[その他]

ホームページ等

6. 研究組織

(1)研究分担者

研究分担者氏名:高田 大輔

ローマ字氏名:TAKATA, Daisuke

所属研究機関名:福島大学

部局名:農学系教育研究組織設置準備室

職名:准教授

研究者番号(8桁):80456178

(2)研究協力者

研究協力者氏名:尾崎 伸吾

ローマ字氏名:Ozaki Shingo

※科研費による研究は、研究者の自覚と責任において実施するものです。そのため、研究の実施や研究成果の公表等については、国の要請等に基づくものではなく、その研究成果に関する見解や責任は、研究者個人に帰属されます。