

令和元年6月21日現在

機関番号：17601

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2016～2018

課題番号：16K07959

研究課題名(和文) 高品質茶収穫システムの開発に関する研究

研究課題名(英文) Study of the Development of High Quality Tea Harvesting System

研究代表者

梶島 芳徳 (GEJIMA, YOSHINORI)

宮崎大学・農学部・准教授

研究者番号：10253808

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,700,000円

研究成果の概要(和文)：本研究では、機械で高品質な茶を収穫する「手摘み収穫機構」および画像処理で茶の成熟度を計測する「適期判断システム」開発が行われた。

手摘み収穫機構では、指形状のシリコン片で茶芽の収穫を確認した後、前述のシリコン片を発展させたシリコン抜き胴を3Dプリンタで出力するプログラムを開発し、同抜き胴の製作に成功した。同抜き胴を用いた性能試験では、低い茶芽収穫率であったが、高品質な正常芽の割合が多い収穫性能を確認した。

一方適期判断システムでは、スマートフォン用プログラムで試験を行ったが、太陽光の外乱等で正確な成熟度の判定には至らず、ドローンでの試験に至らなかった。

研究成果の学術的意義や社会的意義

収穫機構では、シリコンを用いた茶の収穫デバイスを設計するプログラムの開発と茶を収穫するために重要な物理的データを取得することができた。さらに今回の成果より、さらに実用的な形状に関する知見を得たことから、新たな収穫デバイスを近年中に開発する。これにより、茶の品質を更に向上させて輸出にも耐えうる高級日本茶のブランドを確立する。

また適期判断システムでは、良好な結果が得られなかった今回の反省点を精査し、スマートフォン、ウェアラブルカメラおよびドローン等での熟度判定精度の向上を目指す。

研究成果の概要(英文)： In this study, development of "hand-plucked harvesting mechanism" that harvests high quality tea by machine and "optimum-time plucking judgment system" that measures the maturity of tea by image processing were performed.

In the hand-plucked harvesting mechanism, after checking the tea harvest with finger-shaped silicon pieces, we succeeded in developing a program to make a "silicon plucking roll" that shapes in the silicon pieces for machine using with a 3D printer. In the performance experiment of the plucking roll that was made, although the yield rate of tea shoots was low, the harvest performance was confirmed with many high quality of shoots.

In the optimum-time plucking judgment system, experiments were conducted using a smartphone program, but accurate maturity judgment was not high due to disturbances of sunlight. Therefore, It did not lead to the drone experiment.

研究分野：生物生産機械学

キーワード：茶 手摘み収穫機構 適期判断システム

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

1. 研究開始当初の背景

硬化した茎を残して柔らかい茶芽のみを収穫できる「手摘み」が最高品質の収穫方法であることから、「手摘み」を模倣した収穫機構の開発が永く切望され続けている。そこで我々の研究室では、上述の問題点を解決するために手摘みを模倣した「こぎ摘み式摘採機構」の開発・研究や収穫部の材料にシリコンを利用した「シリコン扱ぎ胴」の開発・研究等に取り組んだ。これらの研究の結果、手摘みに近似した収穫を行えることが確認できたものの、安定した収穫ではなかった。

一方茶の品質評価に関しては、これまで茶葉の葉色に着目した画像解析システムの開発研究を行い、複数の乾燥工程における色の变化や低品質から高品質に至る茶葉の色情報等に関する知見を得た。また、茶の非破壊品質管理手法として研究を進めているマルチスペクトルイメージング解析では、クロロフィルの吸収および反射波長の画像を用いて茶芽の成熟度の指標である「出開き度」を高精度に求めることが可能であることも明らかにした。

2. 研究の目的

前述の背景を踏まえ本研究では、「手摘み収穫機構」のハードウェア開発と「適期判断システム」のソフトウェア開発を行う。以下に各研究の概要を述べる。

これまでの研究において確実な摘採が行えなかった原因は、シリコンこぎ胴の形状が左右対称のため、葉柄部位での引っ掛かりが弱く、茎の引張り切断に至らなかったものと考えられた。そこで「手摘み収穫機構」では、指形状を有した左右異形の収穫デバイスを開発する。具体的には、3D スキャナで指の形状を計測し、計測した指形状がそれぞれ加工された扱ぎ胴を 3D プリンタで製作し、指の表面形状を収穫機構に導入する。今回は、確実に茶芽を収穫できる形状の把握と連続的に収穫するための扱ぎ胴形状を考案する。

適期判断システムでは、スマートフォン、メガネ型コンピュータおよびドローンを用いて圃場で生育中の茶芽の画像を取得・解析し、前述した「出開き度」を導出するソフトウェアの開発を行う。これにより、収穫作業時に行っていた出開き度調査を簡便化する。

3. 研究の方法

(1)手摘み収穫機構

指形状のシリコンが茶芽を確実に収穫できることを確認するため、指形状のシリコン切片およびその切片を有する静置型の屋外収穫実験装置を製作し、確認試験を行う。切片の製作には、3D プリンタ (Afinia 製, H800) と 3D スキャナ (Afinia 製, ES360) を導入し、親指と人差し指の異なった形状で一对の試験片を作成する。また屋外収穫実験装置には、シリコン試験片にかかる力および茶芽を直上に引き上げる力を計測し、シリコン扱ぎ胴の設計に必要な基礎資料を得る。さらにシリコン片の指形状を提供する性別および年齢等を把握し、指形状と柔らかさ等の物理性についても検討する。最後に確認実験で使用した指形状を連続的に形成するシリコン扱ぎ胴を設計し、その性能試験を実施する。

(2)適期判断システム

これまで研究を行ってきた葉色解析システムのプログラム技術をスマートフォン、メガネ型コンピュータおよびドローンに応用し、それらの機器から取得される画像より出開き度を予測するプログラムを製作する。これには科学技術用プログラム言語 Matlab と Simulink (Mathworks 製) の導入で、簡易で速いプログラムの作成を目指す。またプログラムの作成にあたっては、マップベースのデータベースとして管理されることが望ましいと考えられることから、畝単位・場所単位でデータ構築を検討する。前述の機器類を用いた計測試験は、一般の収穫作業において出開き度を確認する時間帯を中心に実施するものの、太陽光の入射角の影響で予測精度が低下する恐れもあることから、撮影画像の経時的変化を考慮する。

4. 研究成果

(1)手摘み収穫機構

指形状シリコンで茶芽の収穫を確認するために、図 1 のシリコン切片を製作した。上段が指の細い男性、下段が指の太い男性の切片である。3D スキャナは 0.2 mm の精度で指の形状を読み取って、接続しているパソコンにポリゴンデータを出力する。それを 3 次元 CAD ソフト Solidworks 2016 (Solidworks 製) で型に編集し、その情報を 3D プリンタで印刷する (同図右側の黄色い成形品)。その型に液体シリコン (シームレスシリコン、日新レジン製) を流し込み、固また指形状シリコン (同図白色の成形品) が作られる。この指形状シリコンを親指と人差し指のペアで切り出したものがシリコン切片である。このシリコン切片は、図 2 に示す電動アクチュエータ



図 1 シリコン切片と型

(CKD 製, ERL2-60E06-30BF-R1A2) の下端にホルダ (同図中央の赤色成形品) を介して茶芽を挟むように装着される。なおホルダには, 茶芽が直上に引かれる力 (以下, 引張力と言う) および茶芽を挟む力 (以下, 把持力と言う) をそれぞれ測定する荷重変換器 (東京測器研究所製, TCLZ-NA50NA) が取り付けられている。さらに, この計測部を図 3 に示す静置型の屋外計測実験装置に装着し, 実際の茶園で茶芽の収穫とその際に生じる物理的な力の計測が行われる。



図 2 計測部



図 3 屋外収穫実験装置

図 4 に茶芽を引張切断した際の引張力および把持力の計測波形である。切断の際に最大になることがわかる。このため, 切断された時の最大引張力および最大把持力の平均 (品種おくみどり, 宮崎県総合農業試験場茶業支場栽培, $n=33\sim44$) を求めた。図 5 にその毛結果を示す。上段が最大引張力, 下段が最大把持力で, 2017年8月10日の三番茶期 2018年4月22日, 26日および30日の一番茶期での計測値である。最大引張および最大把持力とも一番茶期 4月22日 < 一番茶期 4月26日 < 一番茶期 4月30日 < 三番茶期の順に大きくなり, 計測日が遅いほど, さらに茶期が遅いほど切断される茎が硬くなることが明らかとなった。これより後述のシリコン抜き胴を設計では, これらの力に耐える必要がある。また, 切断された茶芽を観察すると, 手摘みに近い品質の高い摘採 (1心2葉や1心3葉摘み) が行われていることを確認した。なお, これらの実験では, 同一のシリコン切片で試験を行ったが, シリコンの破損は見られなかった。

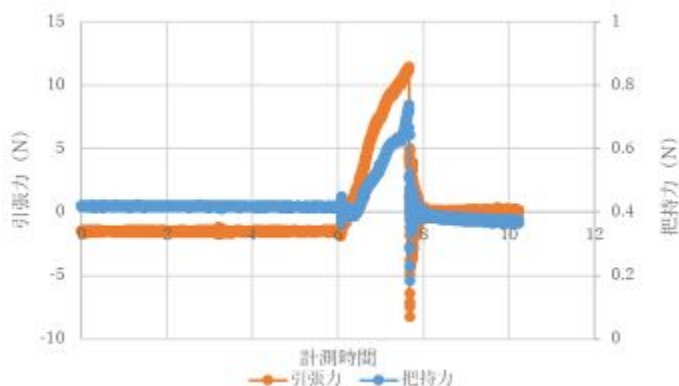


図 4 引張切断された茶芽の引張力と把持力

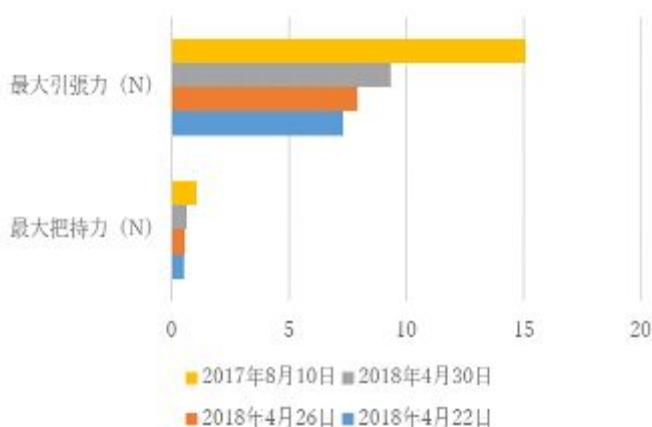


図 5 一番茶期 (4/22, 26, 30) と

三番茶期 (8/10) の最大引張力と最大把持力

以上の実験結果を踏まえ, シリコン抜き胴の設計・製作, その性能試験の実施した。シリコン抜き胴の製作では, 前述の Solidworks 2016 を用いて, 親指の腹形状に相当する凸形抜き胴および人差し指の関節形状に相当する凹形抜き胴のシリコン型枠を上下分離の型枠 (図 6 参照) で製作する方法で試作を繰り返した。しかし, 設計要素の変更に伴ってそれぞれの抜き胴の型枠図面を変更するのに多くの時間を要したことから, 設計要素の変更の容易な型枠図面のポリゴン出力プログラムの製作を行った。プログラム言語には python を使い, STL フォーマットの 3D プリント用ファイルを作成することに成功した。さらに, 異なる形状の抜き胴を融合した螺旋形状に変更した。これを用いて, 直径 30 mm, 長さ 150 mm のシリコン抜き胴 1 対を製作し, 三番茶にて性能試験を実施した (図 7 参照)。その結果, 茶芽の収穫率が低かったものの, 高い品質を示す正常芽の割合が多い収穫性能を確認することができた。

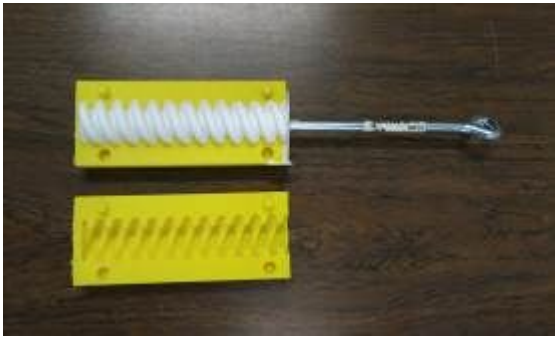


図6 シリコン型拵



図7 シリコン拵を装着した実験装置

(2)適期判断システム

スマートフォン用のソフトウェアを科学技術計算言語 MATLAB + Simulink で製作した．作成したソフトウェアの画面を図8に示す．撮影は，太陽からの直射光を避けるため，図9に示す4角錐型フレームの側面に白色シートを装着して実施した．撮影した画像の一例を図10に示す．図の左上と右下の白色部分は，撮影画像の明暗を調整する白色板である．撮影試験の結果，前述の白色シートの被覆下で撮影したにもかかわらず，太陽光の入射角，光量，茶葉の表面反射光などの影響で正確な成熟度の判定には至らず，改良が必要であることがわかった．一方，ウェアラブルグラスやドローンへの適期判断ソフトウェアは，上記手摘み収穫機構のプログラム開発が三番茶期上旬までかかったことから開発・導入までには至らず，ドローンを用いた茶園の空撮画像に留まった．

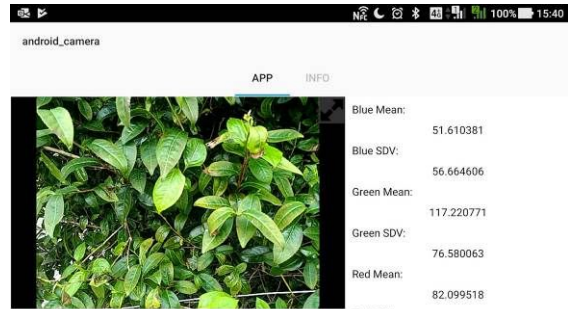


図8 スマートフォン用ソフトウェア



図9 スマートフォンによる茶園の撮影



図10 スマートフォンで撮影された画像

5．主な発表論文等
なし

6．研究組織

(1)研究代表者

梶島 芳徳 (GEJIMA YOSHINORI) 宮崎大学・農学部・准教授

研究者番号：10253808