

氏名	坪田 将吾		
授与した学位	博 士		
専攻分野の名称	農 学		
学位授与番号	博乙第	4 5 7 5	号
学位授与の日付	2 0 2 6 年 3 月 2 5 日		
学位授与の要件	博士の論文提出者 (学位規則第 4 条第 2 項該当)		
学位論文の題目	促成栽培イチゴの生育診断に資する生体計測手法		
論文審査委員	教授 門田 充司	教授 安場 健一郎	准教授 難波 和彦
学位論文内容の要旨			
イチゴの促成栽培は、休眠と呼ばれる生理状態を制御する必要があるが、その診断法は未確立である。そこで、客観的な画像を用いた生体計測手法を開発した。 まず、着目すべき生体情報を明らかにするため、3 種類の気温条件下で栽培し生育を比較した。その結果、新葉の発生頻度や第 2 葉の葉面積・葉柄長の経時変化が有効な指標となることが明らかになった。また、省力的に多数の株を観測することの重要性が示唆された。しかし、新葉や第 2 葉といった若葉は、古葉の死角になることが多い。このため、株上方から気流で古葉を外側に押し広げ、若葉を露出させる手法を考案した。葉身が受ける風荷重や葉柄の物理特性を調べた結果、葉を損傷しない風速は 10 m/s 程度と試算された。また、風速 6 m/s で 95 %の株で若葉が着葉する生長点付近を露出できた。次に、クアッドコプタのダウンウォッシュの利用を検討した。作物列直上から作用させることで生長点を露出できる頻度が最も高く、移動によって撮影角度が変わることで、全ての株で生長点を露出できた。また、作物列の観測映像のみを用いて個々の株を識別し、ID を付与する画像処理アルゴリズムを開発した。作物領域の推定には深層学習の物体検出を使用し、植え付け位置の規則性を用いて誤検出や未検出を補完した。ID は前後の画像間で推定された作物領域数の差を利用して決定した。株の識別成功率は 99.7 %であり、作物列を移動する間に、全ての作物に正しく ID を割り当てることができた。 以上より、促成栽培イチゴの生育診断に重要な若葉を省力的に観測し、株の識別までを自動化する技術を確立した。今後、識別された株を経時比較する画像処理手法の開発によって、温室内の多くの株の生理状態を定量的に診断することが可能となり、生体情報の有効活用による生産性向上につながるものとする。			

論文審査結果の要旨

我が国のイチゴ生産は一季なり品種の促成栽培が主流である。高食味なため海外からも需要があり、輸出拡大が期待されている。イチゴの促成栽培は、休眠などの特有な生理状態の変化を伴う作型であるが、休眠の状態を制御することは難しく、生産現場では勘と経験に頼っており、客観的な指標がない。そこで本研究では、イチゴの生理状態を評価するのに適した生体指標を明らかにし、これを省力的に観測する手法を開発することを目的とした。まず、注目すべき部位を明らかにするために、気温の異なる3つの試験区で生育を調査した結果、新生第3葉までの若葉の葉柄長や葉面積といった生体情報の経時変化に顕著な違いが見られた。しかし若葉は、古い葉の下側にある生長点から発生するため視認性が悪い。そこで、株の上方から気流を加え、周囲の葉を生長点から見て外側に押し広げて観測することを着想した。気流を加えると葉が損傷するリスクが生じるため、葉が損傷しない風速範囲を調べ、葉柄が損傷しない風速の閾値を10 m/s程度と試算した。株上方からの気流で株内部にある生長点を露出させるのに必要な条件は風速6 m/sで、供試株の95 %で生長点が露出した。気流を加える方法は、クアッドコプタのダウンウォッシュ（下降気流）の利用を検討した。これは風洞と同様の円筒状の強い気流で、今回の観測に活用しやすかった。葉身に風速6 m/sが作用するように作物列直上を移動させた結果、供試した全株で生長点を露出させることが可能であった。さらにGNSS（Global Navigation Satellite System）を安定受信できない温室内で、クアッドコプタが作物列に沿って空撮した映像だけを用いて、個々の株を識別する画像処理技術を開発した。映像は連続する静止画のフレームとして処理し、フレーム内に撮像された作物に順次IDを割り当てた。本処理手法によって99.7 %の株の識別に成功し、一度識別に失敗したとしても、連続するフレームを処理する過程で失敗し続けることはなく、結果として全ての作物に正しくIDを割り当てることが可能であった。このように本研究ではこれまでにない斬新な計測手法を提案し、既に3件の特許も認められている。

現在国をあげて推進しているスマート農業の根幹である生体情報の利活用に新たな知見をもたらし、生産現場での実用的価値も高い本研究は、博士（農学）の学位に値するものと判定する。