

モモシンクイガ被害果検出と人件費軽減の技術体系

試験研究計画名：モモの検疫検査及び箱詰め作業等の自動化による作業負担と人件費の軽減の実証研究事業

地域戦略名：モモの検疫検査及び箱詰め作業等の自動化による作業負担と人件費の軽減

研究代表機関名：（国）山梨大学

地域の競争力強化に向けた技術体系開発のねらい：

国内の果樹農家の所得向上のために果実の輸出促進が望まれています。しかし、輸出においては相手国の求める検疫条件を満たす必要があり、台湾へ生果実を輸出する場合には特に厳しい対応が求められます。モモシンクイガは中でも最重要害虫であり、台湾側の輸入検査で本種が発見された場合、1回目は当該都道府県、2回目には日本全国からのモモやリンゴ、ナシ、スモモ等の輸出が禁止されます。

モモシンクイガによる被害果の検出は現在目視で行っていますが、1個当たり1分以上を要する上、見逃しの危険性があることから、機械化による検査法の確立が求められています。また、モモは傷みやすいため人手による作業に依存しており、労働力の軽減に向け、機械化・自動化が期待されています。そこで、モモシンクイガの卵除去、被害果検出、果実把持と移載、および箱詰め作業を一連のライン上で行うシステムを開発しました。

技術体系の紹介：

1. モモシンクイガの卵除去

輸出用のモモではモモシンクイガの被害果が混入しないように厳重な目視検査が行われていますが、モモシンクイガの卵は直径0.3mmと非常に小さく、発見するのは容易ではありません。そこで、モモを回転させながらエアガンで卵を吹き飛ばす装置を開発しました。その結果、100%の除去率を達成しました（図1）。

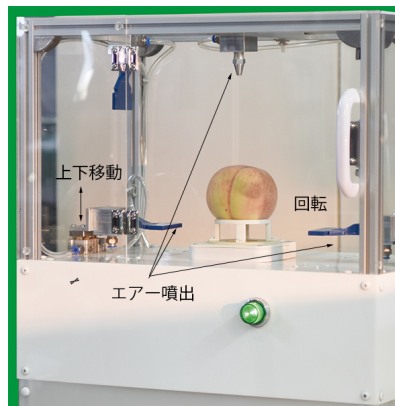


図1 モモシンクイガの卵除去装置



図2 と食入孔検出装置

2. モモシンクイガの食入孔検出

ふ化した幼虫の食入孔は直径

0.2mmとさらに小さく、肉眼での検出はほぼ不可能です。そこで、斜め上、真横、斜め下に取り付けた3台の高解像度カメラで60度ずつモモを回転させた画像、合計18枚を画像処理・画像認識する装置を開発しました（図2）。

3. 軟X線画像を利用したモモシンクイガ被害果検出

モモシンクイガの被害果において食入孔が塞がっている場合、外部から被害果と判断することは非常

に困難です。そこで、軟 X 線画像を利用して、モモシクイガ幼虫による果実内部の食害痕を検出することで、モモを傷めることなく、内部の幼虫の有無を検出するシステムを開発しました（図3）。パレット上のモモ果実は30度ずつ回転し、X線画像を撮影します（図4）。また、従来は1パレットに1個のモモを搭載していましたが、2個のモモを同時に検査する構成に改良し、処理時間の高速化を実現しました。なお、操作は共選所の作業員でも操作しやすいタッチパネルで行います。



図3 X線を利用したモモシクイガ被害果検査装置

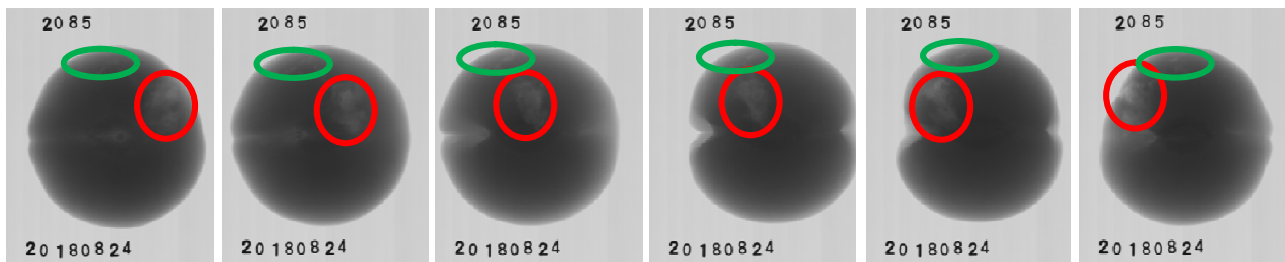


図4 モモシクイガ被害果のX線画像（左からモモを30度ずつ回転した画像：赤、緑被害部）

4. 柔らかく傷みやすいモモのハンドリング、移載技術とフルーツキャップの自動装着

モモ生果実は柔らかく傷みやすいため、これまで機械による把持装置は存在していませんでした。そこで5指ハンドの把持装置を開発し、特許出願しました（特願 2017-192955）。この装置を用いてモモ果実を移載し、フルーツキャップを自動的にかけるシステムも構築しました（図5）。

箱詰めして輸送する場合、揺れ対策としてモモ生果実にフルーツキャップの装着が必要です。フルーツキャップを装着する装置はこれまでもありましたが、そこにモモ果実をセットするのは人間の作業でした。そこを自動化したのがこの把持装置です。

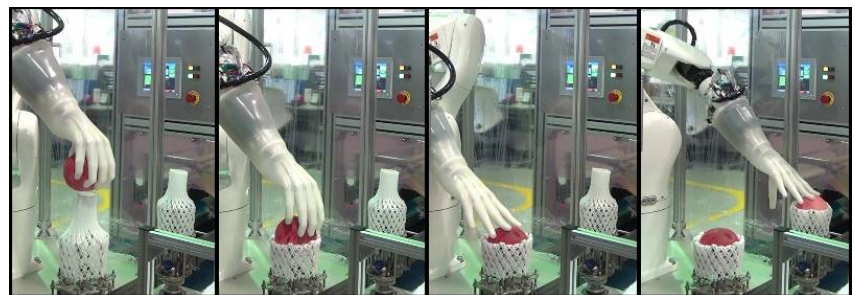


図5 柔軟物把持ロボットによるフルーツキャップ装着

5. 縫合線の向きを揃えた箱詰め技術

自動箱詰め装置はこれまでありませんでした。そこでフルーツキャップ装着果実を箱詰めする4指ハンドロボットを開発しました（図6）。本システムでは、3次元ステレオビジョンセンサを備えているため、箱詰め時に縫合線を揃え、隙間無く並べて見栄えの良い密着収納技術を実現しています。



図6 モモ箱詰め装置

技術体系の経済性は：

経営改善効果

台湾との検疫検査態勢の取り決めで、注意力が散漫になることを防ぐために「1時間に50個まで」と、検査を確実にを行うために「明るい昼間に目視検査を行うこと」の項目があります。図7に示す本システムを使用することで、「1時間に120個」検査を行うことが可能になります。



図7 開発したシステムの全体構成

さらに本システムは明るさに影響されないため、24時間稼働させることが可能です。

つまり、本システムを導入することで、1日当たりの検査個数を400個（50個×8時間）から、2,880個（120個×8時間×3交替制）に増やすことができ、7倍以上の効率化が可能になります。タッチパネルでの操作なので、熟練の検査員でなく一般の方の操作が可能であり、人手不足にも対応することが可能です。

箱詰めに関しても、箱詰め前のフルーツキャップの装着、縫合線の向きを揃えた箱詰めは熟練の作業員にしかできませんでした。システムが全自動で実現することが可能です。

【システムの導入コスト】モモシクイガ被害果検出システム側では、輸出量の少ない共選所においては、導入に係る費用を考慮し、1パレット2個モモ検査システムではなく、1パレット1個モモ検査システムにすることで、初期導入コストを大幅に抑えることが可能になります。検査システムのコストの大半を占めるX線源とX線フラットパネルセンサをそれぞれ一つずつ省くことが可能になります。ソフトウェアは共通のものが使用可能ですので、初期導入コストは1/2程度に抑えることが可能になります。2個モモの導入経費は約1,800万円程度、1個モモの導入経費は1,200万円程度と見込まれます。ただし、商品化され台数が多くなれば価格はさらに安くなります。

フルーツキャップの自動装着、自動箱詰め、モモ箱自動案層の導入コストは現在のところ全て研究開発品なので、4,000万円程度と見込まれます。

【システムのランニングコスト】システム全体での消耗品は、パレット上でモモを把持する緩衝シートのみです。約1ヶ月使用することができ、価格は1枚1,000円程度、交換時間は15分程度です。その他は電気料金のみとなります。

経済的な波及効果

モモの輸出額・輸出量及び輸出先の推移を図8に示します。

モモ輸出金額は台湾での被害果発見の前年（平成21年度：4.6億円）から大きく伸びています（平成27年度：10.9億円）。しかし、台湾に限れば、3.0億円から2.8億円と全く増えていません。

桃の輸出額・輸出量及び輸出先国の推移

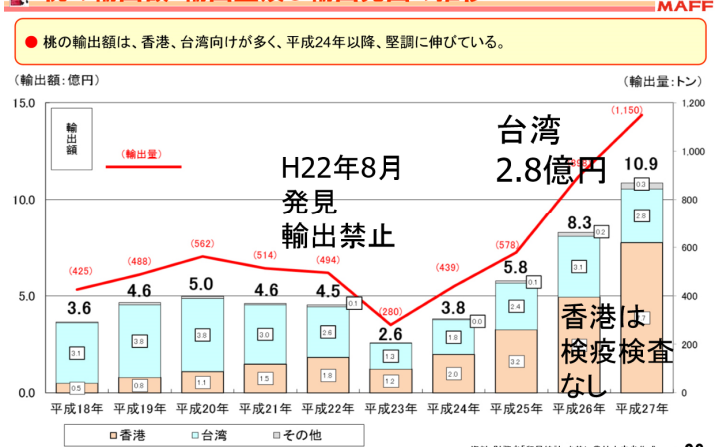


図8 モモの輸出額・輸出量及び輸出先の推移

- ・台湾向けモモ輸出額の増加

検査作業の効率化により、輸出実績が 70t から台湾当局の検疫強化以前の約 200 トンに回復したとすると、78 百万円程度輸出額の増加になると見込まれます。

$$(200 \text{ t} - 70 \text{ t}) \times 600 \text{ 円/kg} = 78 \text{ 百万円}$$

- ・輸出向け検査の人件費削減（輸出量 2.9 倍(70t→200t)

現状での目視での検査に係る人件費が開発技術の導入により省力化されるとすると、200t の輸出の場合、29 百万円程度の人件費削減になるものと見込まれます。

$$10 \text{ 人} \times 30 \text{ 日} \times 5 \text{ 共選所} \times \text{日給 } 8,000 \text{ 円} \times 2.9 \text{ 倍} \times 0.8 = 29 \text{ 百万円}$$

- ・他県及びモモ以外への X 線装置の導入も見込まれ、更なる波及効果が見込まれます。
- ・モモシンクイガが 1 回でも台湾検疫で発見されれば該当都道府県からの輸出禁止、2 回目は日本からの輸出禁止(モモシンクイガ関連生果実全て)になるため、その損害額は非常に大きくなります。直接的な経済的波及効果と合わせ予防的な経済的波及効果も大きいです。

こんな経営、こんな地域におすすめ：

現状の目視検査から検出装置への台湾からの許可が出れば、以前、台湾への輸出を行っていたが、禁止措置で輸出を取りやめた JA や経営体への導入がおすすめです。さらに、許可が出るまでの間は、国内向け高級モモで、モモシンクイガ被害果でないことを謳い、ブランド化を考えている経営体や地域がおすすめです。

モモ栽培は技術が必要で収穫期には過酷な労働条件となります。そのため、山梨県をはじめとして高齢者のモモ農家がモモの栽培を諦める傾向が出ています。検査から箱詰めまでの作業の自動化を実現することで収穫期の過酷な労働条件においても、モモの収穫作業に専念することができ、モモ農家の生産継続が可能になります。

技術導入にあたっての留意点：

台湾にモモを輸出する場合、台湾との取り決めで、モモシンクイガの被害を目視で検査することが義務付けられています。そのため、現時点では、本システムによる検査のみで輸出が可能になることはありません。今後、日台協議等によるその取り決めの変更が必要であり、現在それに向けたデータの蓄積を進めています。

また、共選所における作業をロボットシステム化することで人手不足対策に大きく貢献できますが、導入コストを正しく見積もる必要があります。具体的には、共選所で扱うモモの数量、台湾への輸出を行うか否か、ブランドモモ（産地化）として売り出すためにモモシンクイガ被害果検出を行うか否か、箱詰めの自動化を行うか否か、トラックへの自動搬送を行うか否かを選択する必要があります。モモを取り扱う量が少なければ、1 パレット 1 個のモモ検査システムにすること、箱詰め作業の自動化を行わない場合には箱詰めシステムを導入しないことなどにより、大幅な初期コストの低減が可能になります。本システムは様々なラインナップを揃えることを可能にしています。

さらに、ハンド先端部を変更することで、モモのみならずリンゴ、ナシ、スモモにも対応することが可能です。

研究担当機関名：（国）山梨大学、スキューズ（株）

お問い合わせは：（国）山梨大学 工学部 情報メカトロニクス工学科 小谷信司
電話 055-220-8469 E-mail kotani@yamanashi.ac.jp

執筆分担（（国）山梨大学 工学部 情報メカトロニクス工学科 小谷信司）