

講演資料
2024年3月15日

AIを活用した 「ばれいしょ異常株検出支援システム」の開発

－健全な種ばれいしょ生産の軽労化と技術継承を目指して－

農研機構 種苗管理センター
谷口 浩彰

はじめに

<自己紹介>

農研機構 種苗管理センター連携推進課

谷口浩彰（たにくち ひろあき）

出身は北海道上川郡鷹栖町（旭川市の北隣）
平成元年 種苗管理センター北海道中央農場 採用

本所（つくば市）、後志分場、上北農場、雲仙農場などを渡り歩き、
現在に至る**生粋の農場マン**

農場勤務では、主に**種ばれいしょの生産や病害検定を担当**
本開発事業には令和4年度より参加
なにより**生産現場が大好きな53歳**



本講演の内容

現在、農研機構が中心となり、種ばれいしょの生産現場において問題となっている、「**抜取り作業**」の簡易化や軽労化を図るため、**AIを利用した新技術の開発**を進めています。

今回は、この開発中の抜取り支援技術について、ご紹介します。



2

【動画】検出システムの稼働

3

スライド構成

1. 開発の社会的背景
2. 研究開発の経緯
3. システム開発
4. 検証結果
5. 実用化に向けて

- ・説明時間 約40分
- ・スライド枚数 30枚



ばれいしょ原原種ほ場（種苗管理センター）

4

1. 開発の社会的背景
2. 研究開発の経緯
3. システム開発
4. 検証結果
5. 実用化に向けて



抜き風景（北海道原採種）

5

ばれいしょ



- ・ナス科ナス属の植物、日本への伝来は1,600年頃
- ・和名「ばれいしょ」「ジャガイモ」、英名「Potato」、学名「*Solanum tuberosum*」
※「ばれいしょ（馬鈴薯）」と「ジャガイモ」の名称は分野によって使い分けられますが、同じ植物を指します
- ・イネ、コムギ、トウモロコシとともに世界4大作物と呼ばれる
- ・全国で栽培され、特に北海道では基幹畑作物として重要視される
- ・近年の国内需要は320～340万トン、国内生産量は220万トン程度

- ・収穫したいもを“種”にするため、増殖率は10倍程度と、他の作物に比べて極めて低い
※イネの増殖率は約400～500倍
- ・多くの病気が感染し、収量や品質を低下させる
- ・種いも伝染する病気の多くは治療法や治療農薬がなく、**生産には健全無病の種いもを使うことが重要**
※ウイルス感染したばれいしょを摂取しても、人や動物への影響はありません
- ・食用いもとは別に、種いもは厳格に管理されたほ場で生産され、**国の検査に合格したもののみ販売可能**

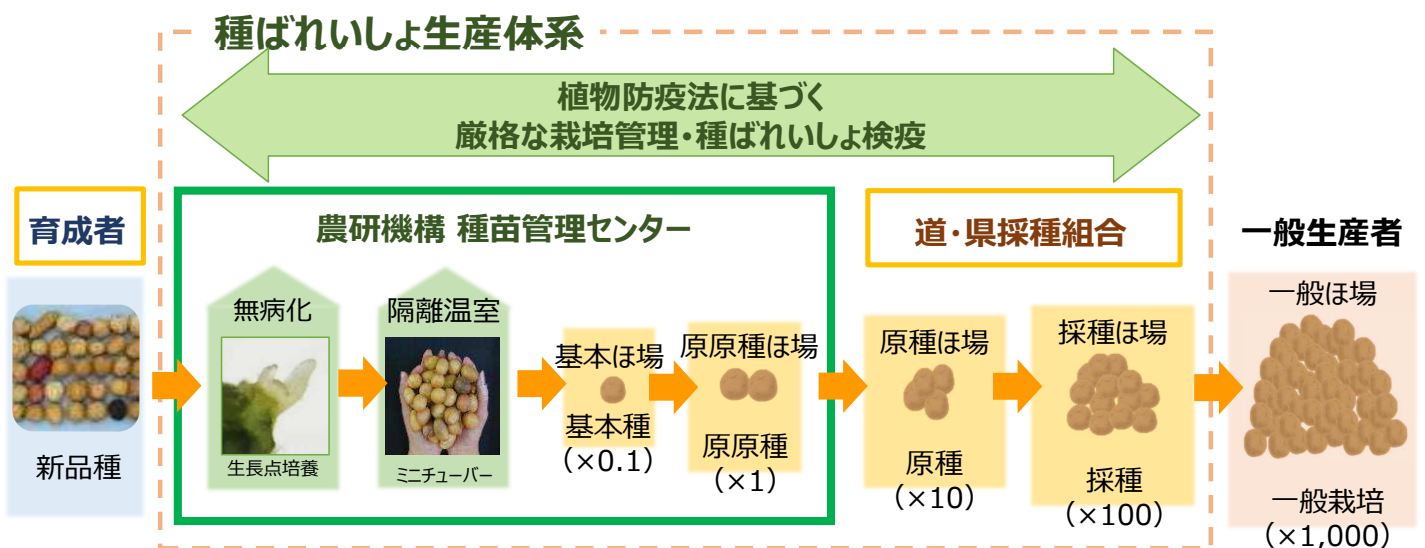


6

種ばれいしょ生産体系と植物防疫法

国内における種苗生産

- ・ばれいしょの種苗増殖率は低いため、3段階の増殖体系を確立し一般生産者へ供給
- ・病害虫の感染拡大を防止するため、植物防疫法に基づく厳格な管理で品質を維持



カッコの数値は原原種を「1」としたときの増殖倍率（目安）

植物防疫法

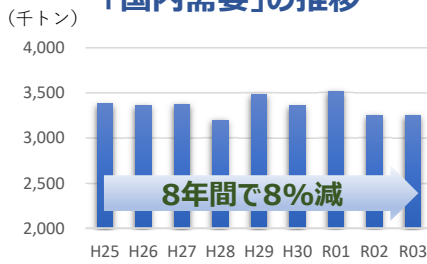
検疫検査の合格基準は、罹病（異常）株残存0.1%以内

7

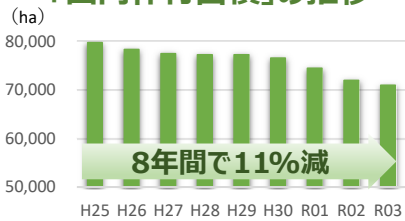
種ばれいしょ生産の現状

<一般ばれいしょ>

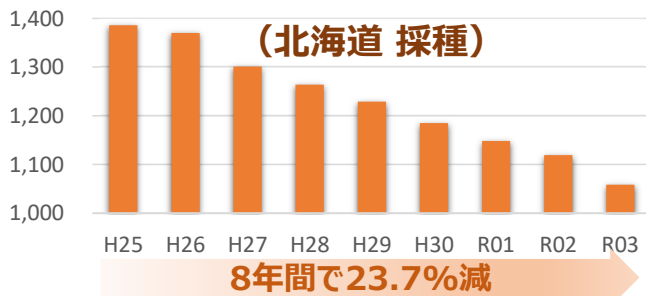
「国内需要」の推移



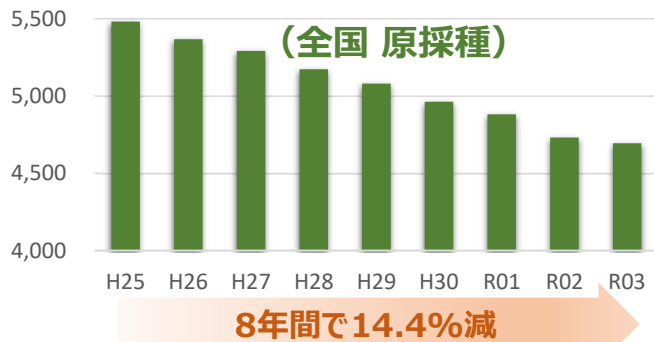
「国内作付面積」の推移



種ばれいしょ「生産者数」の推移



種ばれいしょ「作付面積」の推移



(出典) 農林水産省『ばれいしょをめぐる状況について (2022年)』



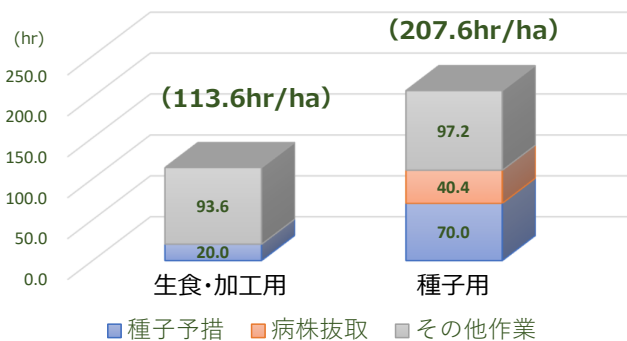
種ばれいしょ生産は、減少傾向が顕著

種ばれいしょ生産の課題

種ばれいしょ生産は、一般のばれいしょ生産と比較して**1.8倍の労働負担**
 ※病株抜取には**40.4時間/ha**を投下

抜取り作業には、異常株を判定するために高度な**専門知識と経験を必要とし**、**作業者の育成には、数年を要する**

北海道における種ばれいしょの投下労働時間



(出典) 農林水産省『ばれいしょをめぐる状況について (2022年)』



生産者の高齢化などを背景に生産面積や生産者の減少が続いており、**「作業の軽労化と、栽培技術の維持・継承の容易化」**が喫緊の課題

ばれいしょ異常株検出支援システムが求められている

1. 開発の社会的背景

2. 研究開発の経緯

3. システム開発

4. 検証結果

5. 実用化に向けて



生産者聞き取り（北海道原採種）

10

現場ニーズ

生産現場からの声（原原種、原・採種生産者）

種
い
も
生
産
者

一刻も早く、抜取りの省力化につながる実用機を開発して欲しい！

- ・植物防疫所の検査合格基準（罹病株残存0.1%）を満たして欲しい
- ・作業実態にあわせて、4回の検出作業で合格基準を満たして欲しい
- ・年によって、黒あし病や軟腐病の抜取り量が多い
- ・管理作業機は人が乗れて、抜取り株を載せられるものがない
- ・個人所有している管理作業機に検出装置を載せたい

新規就農者らに抜取り技術を教えるのは大変！

- ・未熟者への付きっきりの対応を改善したい
- ・病気の特徴を伝えるのが難しい
- ・作業者によって、判定能力の差が大きい

病害発生位置の情報を活用したい！

- ・ほ場によって抜取り株数に違いがある気がする
- ・病害発生傾向を把握して営農に役立てたい



生
産
団
体
職
員

11

開発目標

異常株判定の困難さと技術継承の課題を解決

AIを利用した検出プログラムを開発

- ・要求精度は、検出率83%（のべ4回の検出で抜き残し0.1%以内）
- ・検出対象は、抜取り熟練者で判定可能となるレベル

作業の効率化と搬出労力の軽減に関する課題を解決

市販のほ場管理車両を改良

- ・処理能力は、速度4km/h、最大6畦同時可能（巡視効率 最大6倍）
- ・抜取り株は、車両に載せてほ場外へ搬出（搬出労力 大幅減）

検出精度の安定化や短時間処理に関する課題を解決

日除けやパソコン等を活用

- ・日除けにより強い太陽光の影響を軽減
- ・端末処理により準リアルタイムで結果を通知

12

開発に向けた連携

農研機構、企業、生産団体の「知識・技術」を結集



13

競争的資金の活用

戦略的スマート農業技術の開発・改良（SA1-423J1） AIを活用した、ばれいしょ異常株検出支援システムの開発

1. 「戦略的スマート農業技術の開発・改良」の概要



令和4年度補正予算【2,860百万円】（全体額）
令和5年度当初予算【250百万円】

背景と目的

高齢化等による担い手不足が深刻化する中、我が国の農業の成長産業化に向けては、ロボット技術やAI、IoT等の先端技術を活用した「スマート農業」の実現により、生産性向上や労働力不足の解消が必要。また、昨今の輸入資材の高騰等の影響も甚大。

野菜・果樹・畜産等、スマート農業技術の開発が必ずしも十分でない品目や分野について、地域の企業（農業機械メーカーやICTベンダー等）、生産者、研究機関等が連携して行う技術開発や改良を支援します。

戦略的スマート農業技術の開発・改良

- ① 海外依存度の高い農業資材や労働力の削減、自給率の低い作物の生産性向上等に必要スマート農業技術を開発・改良する提案について公募を実施
- ② 技術開発のニーズがありながらも、これに係るスマート農業技術開発が必ずしも十分でない品目や分野について、先端技術を駆使することによって畑作物や野菜・果樹等の収量安定化や省力化を実現し、これら作物への転換・定着を促すとともに、非熟練者等による各種作業の習熟・効率化にも資するスマート農業技術を開発・改良する提案について公募を実施

（出典）令和4年度補正予算及び令和5年度当初予算
「戦略的スマート農業技術の開発・改良」の公募について：生研支援センター



14

1. 開発の社会的背景

2. 研究開発の経緯

3. システム開発

4. 検証結果

5. 実用化に向けて



実証試験（農研機構北海道農業研究センター）

15

抜取り作業の手順と比較



対象品種と検出対象症状

対象品種（用途別主要3品種）



対象症状（健全株と異常株の種類）



対象となる検出レベル

れん葉型モザイク症状（病原 potato virus Y : PVY）

病徴は、頂葉部から中葉部にかけて出現。
葉脈が透過し、葉の表面が凹凸となる。
また、濃淡モザイクを生じ、葉縁は波状を呈する。



18

AIを利用した検出プログラムの開発

抜取り熟練者の暗黙知をAI化

開発工程



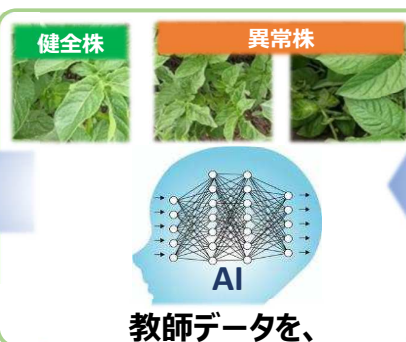
感染いもの作出と試験ほ場の設置



健全株や異常株の動画撮影



検出プログラムによる自動判定



抜取り熟練者による教師データの作製

19

教師データの作製

熟練者が作製した約35,000の教師データを効果的に用いて、深層学習モデルに学習

※データセット自体にも高い価値



| 生育初期 学習用教師データ | | Class | | | | | | 合計 |
|---------------|-------|-------|-------|-------|-------|------|-----|-------|
| | | 健全 | 軽微な遅れ | 重度な遅れ | れん葉症状 | 生育障害 | その他 | |
| 品種 | トヨシロ | 2,252 | 1,017 | 802 | 132 | 58 | 26 | 4,287 |
| | コナヒメ | 390 | 195 | 69 | 102 | 57 | 3 | 816 |
| | キタアカリ | 208 | 118 | 97 | - | 45 | 4 | 472 |

| 生育中期 学習用教師データ | | Class | | | | | 合計 |
|---------------|-------|-------|-------|-------|-----|-------|--------|
| | | 健全 | モザイク | 黄化・壞疽 | 萎れ | その他 | |
| 品種 | トヨシロ | 7,232 | 1,961 | 651 | 710 | 3,152 | 13,706 |
| | コナヒメ | 5,246 | 2,588 | 28 | - | 2,434 | 10,296 |
| | キタアカリ | 2,889 | 1,253 | 66 | 23 | 1,766 | 5,997 |

20

検出手法の構築

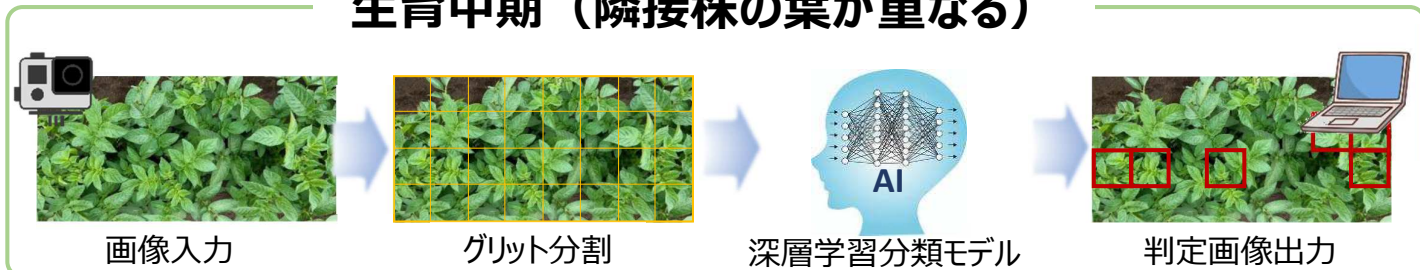
目標 検出精度83% $(1-0.83)^4 < 0.1\%$
 【のべ4回の作業で抜き残しを0.1%以下にするため、1回あたりに求められる精度】

要求精度を達成するため、「2つの手法」でアプローチ

生育初期（隣接株の葉が重ならない）



生育中期（隣接株の葉が重なる）



※画像はイメージを含む

21

搭載車両、検出システム等の構築



特徴

- ・日除けを装備
- ・ポータブルカメラ6台を装備
- ・短時間処理のためパソコンを装備
- ・抜取り株の搭載スペースを確保



ポータブルカメラ



ノートパソコン



22

1. 開発の社会的背景

2. 研究開発の経緯

3. システム開発

4. 検証結果

5. 実用化に向けて



実証試験 (農研機構北海道農業研究センター)

23

深層学習モデルの検証結果

「トヨシロモデル」で
目標検出率（分類精度）83%を達成

生育初期（全品種共通モデル）

深層学習モデルVGG-19により、健全株と異常株の2クラス分類



健全



重度な遅れ



れん葉症状

異常

| クラス | 分類精度 |
|-----|------|
| 異常 | 86% |
| 健全 | 93% |

生育中期（トヨシロモデル）

深層学習モデルVGG-19により、健全葉と異常葉の2クラス分類



健全



モザイク



黄変・壊疽

異常

| クラス | 分類精度 |
|-----|------|
| 異常 | 83% |
| 健全 | 93% |

検出システム機材の検証

日除けの設置により検出精度の安定化に成功

晴天時では、影や葉の表面に生じる太陽光の反射などの影響で病徴判定を困難にするが、日除け効果により、安定した検出精度を保持



日除けあり



日除けなし

ポータブルカメラ6台配置により作業効率の向上に成功

6台のカメラにより、6畦の同時判定が可能
これにより、「2畦/人」の処理が「6畦/人」となり、
検出速度の倍増により、作業効率を最大6倍化



処理端末の搭載により準リアルタイム検出に成功

パソコンを搭載し、大量の撮影データを現場処理
できる能力を付与
これにより、極短時間での異常株判定が可能



26

開発成果（2023年5月現在まとめ）

異常株判定の困難さと技術継承の問題を解決
AIを利用した検出プログラムを開発

- ・トヨシロモデルで検出率83%を達成
熟練者による大量の教師データを確保
生育中期における検出手法の改良に成功



作業の効率化と搬出労力の軽減に関する問題を解決
市販のほ場管理車両を活用

- ・準リアルタイムで速度2km/h、3畦同時検出に成功
- ・抜き取り株を車両に載せ、ほ場外へ搬出することに成功

検出精度の安定化や短時間処理に関する問題を解決
試作機に日除けやパソコン等を搭載

- ・短時間（準リアルタイム）での異常株検出に成功
- ・検出結果を画像と警告音で通知することに成功
- ・日除け効果により、晴天日でも安定した検出に成功
- ・レジスタープラグの使用で、エンジンの電波ノイズ軽減に成功

27

1. 開発の社会的背景

2. 研究開発の経緯

3. システム開発

4. 検証結果

5. 実用化に向けて



28

実用化に向けた改良

開発成果の改良とユーザビリティの熟成

検出対象品種の拡大

- ・コナヒメ・キタアカリモデルを作製
- ・男爵薯、メークインモデルの作製準備

撮影・処理・出力システムの強化

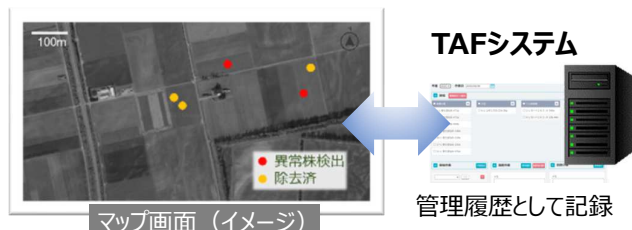
- ・検出プログラムの高精度化と高速化
- ・操作GUIの開発
- ・システムのユニット化

試作車両のレベルアップ

- ・ほ場管理車両（試作車両）の改良
- ・システム搭載対象車両の拡大
- ・システム搭載車両の乗用化

病害発生位置情報の集約管理

- ・マッピングシステムの開発
地域営農システムと融合し、検出情報を共有



TAFシステム：十勝地域組合員総合支援システム

- ・ナビゲーションシステムの開発

検出株を特定できる位置精度にて誘導



29

検出システム開発のロードマップ

- ・2024年度 種苗管理センターの原原種生産に先行導入
- ・2025年度 原採種生産現場に基盤システムを導入し、実用性の検証を開始



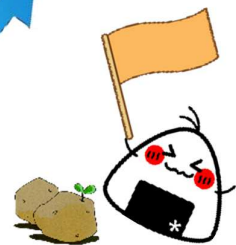
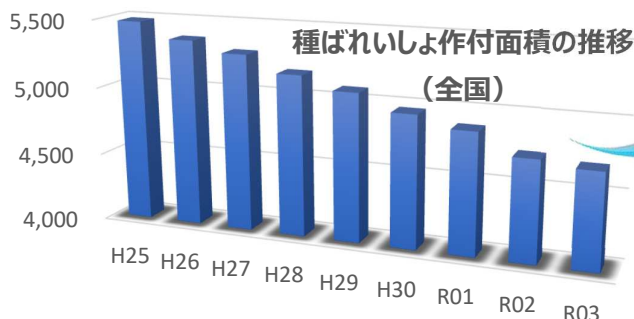
※基盤システム：撮影・処理・出力装置及び日除けで構成する検出ユニット

30

検出システムの導入効果

- ・種ばれいしょ生産者の労働負担を軽減
- ・抜取り作業の効率を向上
→種ばれいしょ生産者の生産性を向上
- ・判定能力が未熟でも種ばれいしょ生産が可能
→種ばれいしょ生産者の新規参入を促進

種ばれいしょ作付面積をV字回復させ、食用ばれいしょの供給体制を支える



31

最後に

農研機構は、本システムの「社会実装」により、「ばれいしょ生産の振興」に貢献していきます。



農林水産省様、生研支援センター様に、心より感謝申し上げます
皆様、ご清聴ありがとうございました

