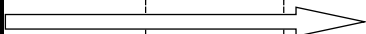


委託プロジェクト研究課題評価個票（終了時評価）

研究課題名	競争力強化研究のうち生産現場強化プロジェクトのうちAI画像解析等による次世代穀粒判別器の開発			担当開発官等名	農林水産技術会議事務局研究企画課 農産局穀物課
				連携する行政部局	
研究期間	R 3 年～R 7 年（5 年間）			総事業費（億円）	0. 9 億円（見込）
	基礎	応用	開発		
					

研究課題の概要

<委託プロジェクト研究課題全体>

令和2年から農産物検査（※1）への穀粒判別器（※2）の活用が開始されており、穀粒判別器の高精度化とさらなる活用技術が求められている。そこで本課題では、穀粒判別器のデータや各用途での利用適性をビッグデータ（※3）としてデータベース化し、検査員による鑑定の相当部分を代替でき、等級（※4）のみではない実需者ニーズに応じた米取引の実現に資する次世代穀粒判別器の開発につなげるため、穀粒判別器データから搗精歩留（※5）等を推定するシステム開発研究を行う。

<課題①：穀粒判別器の分析データを管理するプラットフォームの開発（令和3～7年度）>

搗精歩留や穀粒判別器等のデータについてビッグデータとして活用可能なプラットフォーム（システム環境）を構築するため、搗精歩留との関連のある穀粒判別器データの特定や歩留予測AIの精度向上等を実施。

<課題②：玄米品質と炊飯米品質を結び付けるための相関性研究（令和3～7年度）>

穀粒判別器データと炊飯米の理化学的特性との関係性を評価するため、米飯の物性や成分特性についてのデータを取得して穀粒判別器データとの相関性を調査。

<課題③：AI等を活用した解析機能を搭載した次世代穀粒判別器の開発（令和3～7年度）>

搗精歩留等を推定できる穀粒判別器の開発を見据え、穀粒判別器の精度向上やデータの収集及び解析等を実施。

1. 委託プロジェクト研究課題の主な目標

玄米の情報から搗精歩留等を〔低歩留（89%未満）、中歩留（89%以上91%以下）、高歩留（91%超）の3カテゴリーにMAE（※6）0.5%以下、Accuracy（※7）0.9以上、F1 score（※8）0.9以上〕の精度で分類可能な解析機能および穀粒判別器データをビッグデータとして管理・分析するプラットフォームを開発する。

【変更理由】機械学習を進めるに当たり、目標設定当初は「分類」「回帰」どちらのモデルを採用するか決定する要素が無かったため「誤差±0.5%」と指標が抽象的となっていたが、分類/回帰それぞれで用いられる指標を採用し、より挑戦的な目標を定量的かつ具体的に明確化した。

2. 事後に測定可能な委託プロジェクト研究課題としてのアウトカム目標（令和12年）

開発される穀粒判別器によって推定される歩留等に基づいた品質評価や取引根拠を構築する事で、実需者および消費者のニーズに応じた米の取引や生産を実現するとともに、米の取引を多角化することで流通量の増加に貢献する。予測される搗精歩留に基づいた取引により、製品（精米）が0.1%増加すると仮定すると、実需者に対して600万円/万t(精米単価を600円/kgと仮定)の経済効果が期待できると想定される。

【項目別評価】

1. 研究成果の意義

ランク：A

①研究成果の科学的・技術的な意義、社会・経済等に及ぼす効果の面での重要性

現在の農産物検査は、精米原料となる玄米の被害の有無等を検査員の目視により確認されているが、検査員の減少や地域や検査員間でのバラツキ、定性的で具体的な測定データを示せない等の課題がある。また、実需者・消費者のニーズが多様化する中、異なるニーズへの対応や生産現場への正確な情報伝達を行うことも重要となっており、これらの課題解決が求められている。このような中、令和2年から農産物検査への穀粒判別器の活用が開始されたことから、生産・流通・消費の各段階のニーズを相互に共有するバリューチェーンの構築のために、穀粒判別器の高精度化とさらなる活用技術が求められてい

る。本課題は、こうした農産物検査や米流通現場のニーズを解決する重要なものである。

2. 研究目標（アウトプット目標）の達成度及び今後の達成可能性

ランク：A

①最終の到達目標に対する達成度

課題①では、令和3～6年度の試料米1,034,411検体（令和3年度520,410検体、令和4年度182,274検体、令和5年度212,367検体、令和6年度119,360）を用いて工場精米を中心とした精米データと穀粒判別器データを取得した。穀粒判別器データのうち、精米歩留と関連の高い6要素（着色粒、死米（※9）、胴割粒（※10）、砕粒（※11）、白未熟（※12）、容積重（※13））を説明変数（※14）として特定した。アウトプット目標については、機械学習を進めるに当たり、目標設定当初は「分類」「回帰」どちらのモデルを採用するか決定する要素が無かったため「誤差±0.5%」と指標が抽象的となっていたが、分類/回帰それぞれで用いられる指標を採用し、より挑戦的な目標を定量的かつ具体的に明確化した。機械学習によりモデルを試作したところ、MAE 0.486%、Accuracy 0.738、F1 Score 0.718となり、一定程度のパフォーマンスは期待できるものが出来たものの、目標にはやや及ばなかった。（達成度85%）

課題②では、令和4～5年度の試料米360検体（令和4年度194検体、令和5年度166検体）を用いて、炊飯米の物性（硬さ、粘り）やアミロース（※15）含量、糖含量、アミノ酸含量、タンパク質含量等を測定し、穀粒判別器データとの関係性を評価した。結果、米飯表層の硬さには死米および白未熟が、米飯表層の粘りには白未熟が、米飯厚みには白未熟が有意な影響を及ぼすことが示された。（達成度90%）

課題③では、穀粒判別器の3メーカー間で精度向上を図り、誤差は軽微な範囲に収まることを確認した。併せて、取得した令和3～5年度の試料米351検体（令和3年度51検体、令和4年度196検体、令和5年度104検体）の穀粒判別器データと簡易精米データとの相関性を評価したところ、課題①と同じ6要素（着色粒、死米、胴割粒、砕粒、白未熟、容積重）を説明変数とすることで、精米歩留の目安を相関係数（※16）0.7程度の精度で示すことが出来た。（達成度70%）

②最終の到達目標に対する今後の達成可能性とその具体的な根拠

挑戦的な目標を立てて取り組んだものの、精度が目標に及ばなかったことからデータの取得と学習を引き続き行う必要はある。しかしながら、MAE0.5%以下は達成していること、AccuracyとF1 scoreに向上の余地があるのは低歩留の検体データ不足によることは明らかなこと、低歩留データを追加することにより現在進行形で精度の向上が図られていることから、引き続き低歩留の検体データを中心に補強しブラッシュアップすることで開発したモデルのパフォーマンスはより高まるが見込まれる。

3. 研究が社会・経済等に及ぼす効果（アウトカム）の目標の今後の達成可能性とその実現に向けた研究成果の普及・実用化の道筋（ロードマップ）の妥当性

ランク：A

① アウトカム目標の今後の達成の可能性とその具体的な根拠

等級によらない取引はこれまで一般的ではなかったため、歩留の予測にどの程度の精度が求められるかは判断が難しいが、低歩留となる低等級の米は流通が少ないこと、実需者に対して予備的に行ったヒアリングではある程度の精度であれば活用に向き意見が多かったことから、一定の精度があればニーズに応え得る可能性が高い。実装を見据えて引き続き実需者等へのヒアリングや提案、生産者や精米業者等と連携した実証等を行い、実用的な予測精度や活用場面について検討しつつ開発を進める計画である。また、課題②において炊飯米の物性等に影響を与える穀粒判別器データの要素が明らかになってきたことから、今後これら要素を説明変数として炊飯米の特徴を推定するモデルが提案される予定である。以上のことから、玄米の情報から搗精歩留等を予測する穀粒判別器を開発し、実需者等のニーズに応じた米の取引や生産を実現するという目標が達成される可能性は高い。

② アウトカム目標達成に向け研究成果の活用のために実施した具体的な取組内容の妥当性

本研究で開発を目指す穀粒判別器は歩留等の予測機能を備えたこれまでにないものであるが、歩留等の予測の精度は一定程度あるもののまだ向上の余地がある現状である。一方、新たな穀粒判別器の社会実装を進めるためには、推定歩留等に基づく新たな取引形態の構築を実需者団体等の理解を得ながら取り組んでいくことが不可欠である。このため、開発と実装を効率的に進めるためには、実需者等の評価を受けつつ必要十分な予測精度等を見定めるとともに、開発された段階では推定歩留に基づいた品質評価や取引がある程度認知されていることが肝要である。本研究は、コンソーシアムメンバーであるシステム開発者や機器メーカーのほか、農産物検査や精米を実際に執り行う全農や全農パールライスと連携し

で行われている。また、実装に向けたニーズの把握と活用法の提案を行うため、実需者等との意見交換をこれまでも複数回行って一定の理解を得ているところであり、今後も実需者等と密に連携しながら新たな取引形態の構築を続けていく予定である。更に、デモンストレーション等の状況を踏まえたブラッシュアップについても計画している。本コンソーシアムでは、このような幅広い繋がりや働きかけを活用して穀粒判別器の開発と実装を円滑に行えるように取り組んでおり、今後も継続していくこととしている。

③他の研究や他分野の技術の確立への具体的貢献度
該当なし。

4. 研究推進方法の妥当性

ランク：A

①研究計画の妥当性（的確な見直しが行われてきたか等）

4名の外部専門家と、関係する行政部局で構成する運営委員会を設置し、行政ニーズや各課題の進捗状況を踏まえて計画の見直しの提言を行う等の進行管理を行っている。こうした進行管理により研究計画が適宜改善され、目標達成の可能性を高めている。

②研究推進体制の妥当性

上記の運営委員会を年1～2回開催のほか、進捗状況の確認、研究計画・推進体制の見直し、研究成果の共有と公表等について、適宜助言等を行っている。また、研究コンソーシアムの自主的な推進体制として、推進会議を毎月開催しており、コンソーシアム内の情報共有や意見交換、推進体制の検討を密に行っているほか、内1～2回は外部専門家や行政部局を招いて助言等を受けている。更に、ニーズに即したアウトプット/アウトカムになるよう、行政部局や実需者等と頻繁に意見交換を行っている。以上の進行管理、情報共有等が十分に行われていることから、研究推進体制は妥当である。

③予算配分の妥当性（研究の進捗状況を踏まえた重点配分等）

各実行課題の進捗状況や研究成果の有用性を踏まえた予算配分の重点化を行っているほか、課題間で試料や取得データの連携や共有を図り、効率的な研究開発に努めていることから予算配分は妥当である。

【総括評価】

ランク：A

1. 委託プロジェクト研究課題全体の実績に関する所見

- ・農産物検査の目視確認をAI画像解析等で行う次世代機器を開発するもので、生産・流通・消費の各場面でニーズの高い研究である。
- ・研究は計画通りに進捗しており、研究目標の達成可能性は高い。
- ・研究開発を民間企業に担っており、研究成果は速やかに社会実装に繋がる可能性が高い。

2. 今後検討を要する事項に関する所見

- ・穀粒判別機から歩留まりだけでなく、炊飯米品質までの評価が可能となり、最終的な価値判断を早期に行うことに繋がると考えられる。また、等級だけに頼らない、より最終価値に即した米穀の価値基準づくりに貢献できる取組であり、今後の社会実装が期待される。
- ・本プロジェクト研究を通じて得た多くの画像データについては、将来の更なる活用が期待できる情報資源と位置づけ、それらの一元的な管理を検討いただきたい。
- ・データやソフトソフトウェアのライセンスを誰が所有するかは今後の利用において重要であり、適切な管理が行われるよう留意していただきたい。

〔研究課題名〕 競争力強化研究のうち生産現場強化プロジェクトのうちAI 画像解析等による次世代穀粒判別器の開発

用 語	用 語 の 意 味	※ 番号
農産物検査	全国統一的な規格に基づく等級格付けにより、現物を確認することなく、大量・広域に農産物を流通させることを可能とする仕組み。	1
穀粒判別器	水稻うるち玄米の整粒、着色粒、死米、胴割粒、碎米等の含有率等を測定する機器であり、我が国が世界をリードしている。整粒等の粒数や割合の測定、米粒画像データの取得等ができる。	2
ビッグデータ	一般的なデータ管理・処理ソフトウェアで扱うことが困難なほど多量且つ多様で複雑なデータの集合。	3
等級	玄米の等級は被害粒、死米等の混入率等により1等級、2等級、3等級、規格外の4種類で格付けされる。目視により格付けされ、等級が優れるほど高価格で取引される傾向にある。	4
搗精歩留	玄米を搗精した際の、原料玄米に対する精白米の重量割合。	5
MAE	Mean Absolute Error（平均絶対値誤差）の略。実測と予測の誤差の絶対値の平均。MAE=0.5%である歩留予測モデルが実測歩留90%のデータについて歩留を予測した場合、当該データの予測歩留は平均的には90%±0.5%となる、すなわち予測の誤差は平均して0.5ポイントであることを意味する。	6
Accuracy	分類問題に対する評価指標の一つで、機械学習モデルによる予測結果における正解数をデータ数で割った値。Accuracy=0.90とは、10件のデータ中9件について、低歩留/中歩留/高歩留に正しく分類できることを意味する。	7
F1 score	機械学習における適合率（モデルが正解と予測したうちで実際に正解であった割合）と再現率（実際の正解のうちでモデルが正解と予測した割合）から算出される指標。0から1の間の数値をとり、0.7を超えると良いパフォーマンスを示しているとされることが多い。適合率と再現率については、下記（表外）も参考。	8
死米	玄米の大部分が粉状質の粒で光沢のないもの。	9
胴割粒	玄米に亀裂が通っているもの。	10
碎粒	砕けた玄米。	11
白未熟	玄米の一部または全部が白く濁ったもの。	12
容積重	容積1L当たりの玄米の重量。	13
説明変数	ある予測値（結果）を算出するための根拠となる、結果に影響を与える変数（数値）。	14
アミロース	デンプンを組成する成分のひとつ。デンプンはアミロースとアミロペクチンと呼ばれる成分から組成されており、一般的にアミロースの割合が高くなると炊飯米は粘りが少なく硬くなり、アミロースが0%（アミロペクチンが100%）になるとモチになる。	15
相関係数	2つ以上のデータの間にある関係の強弱を測る指標。-1から1の間の数値をとり、その絶対値が0.6以上であれば強い相関関係があるとされることが多い。また、符号が正であれば一方の数値が高いともう一方の数値も高い関係（正の相関関係）、符号が負であれば一方の数値が高いともう一方の数値は低い関係（負の相関関係）にあることを意味する。	16

【参考】 適合率と再現率（右表参照）

- ・ 適合率 = $A / (A + C)$
- ・ 再現率 = $A / (A + B)$

データの数		予測	
		正解	不正解
実測	正解	A	B
	不正解	C	D

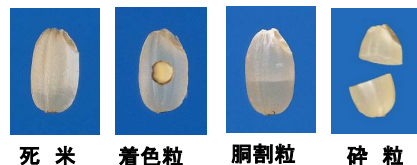
（本事業では低歩留/中歩留/高歩留の3分類ごとの適合率、再現率を計算）

② AI画像解析等による次世代穀粒判別器の開発【継続】

- 食料・農業・農村基本計画では、農産物流通や消費者ニーズの変化を踏まえ、**農産物規格・検査**について、**規格項目の見直し、検査の高度化**を行うこととしている。現在の農産物検査は、精米原料となる玄米の被害の有無等を検査員の目視により確認されているが、①地域や検査員のバラツキが発生することや ②具体的な測定データを示せないこと等の課題がある。
- このような中、令和2年秋から一部検査項目への穀粒判別器の活用が開始されたことから、その画像データと測定数値、各用途での利用適性をビッグデータとしてデータベース化し、検査員による鑑定の相当部分を代替できる**次世代穀粒判別器を開発する**。
- これにより、**AI画像解析により規格項目を数値で精緻に示すことが可能**となり、着色粒・胴割粒の含有量等を考慮した、等級のみではない**実需者ニーズに応じた米取引が可能**となる。

生産現場の課題

- ・ 目視による検査では、地域や検査員によるバラツキがある。
- ・ 1等、2等という等級のみでは、コメの特徴を把握しきれないなあ。



死米 着色粒 胴割粒 砕粒

検査員の目視で
4等級に総合判定

1等米 2等米 3等米 規格外

生産現場の課題解決に資する研究内容

次世代穀粒判別器の開発メーカーと連携して、

- ①穀粒判別器から取得される米の画像・検査データの農業データ連携基盤(WAGRI)等への蓄積、
 - ②ビッグデータと連動する次世代穀粒判別器の開発、
 - ③AI画像診断によるデータに基づく取引を提案するプログラムの実装
- などを行う。



社会実装の進め方と期待される効果

- ・ 次世代穀粒判別器を用いた新たな検査項目体系を構築。
- ・ 玄米外観品質の等級に加え、新たな指標による用途別のコメ取引が実現。
- ・ 民間機関が実施する農産物検査への活用を積極的に進めるとともに先進農業法人や都道府県普及組織等と連携した普及活動を全国展開。

検査等級のみによらない、用途別のコメの取引が実現。海外日本食レストラン向け米輸出が1万トン増加。



【ロードマップ（終了時評価段階）】

競争力強化研究のうち生産現場強化プロジェクトのうちAI 画像解析等による次世代穀粒判別器の開発

