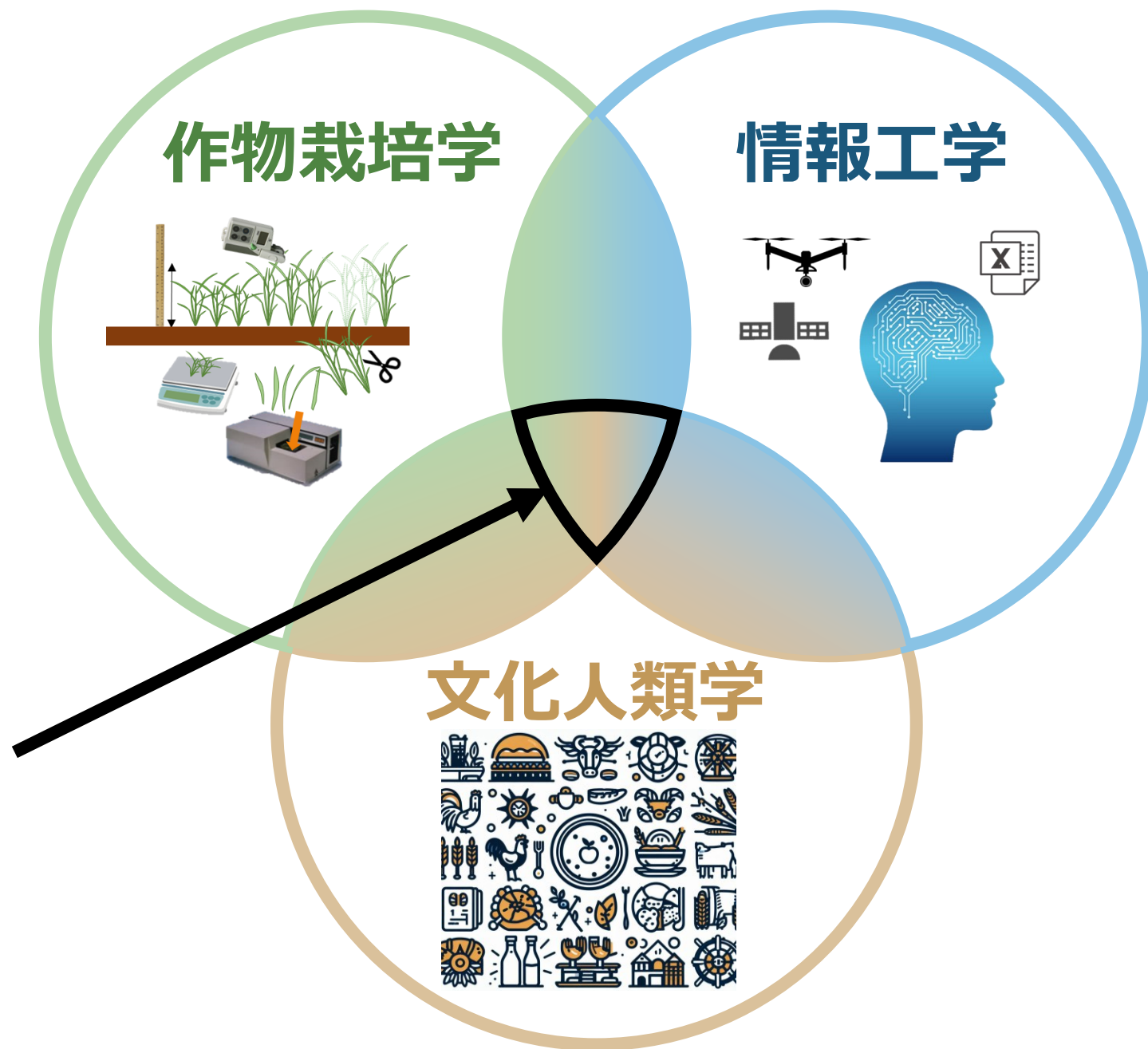


人類みなずっと好きなものを食べていたい



研究者としての 将来のビジョン

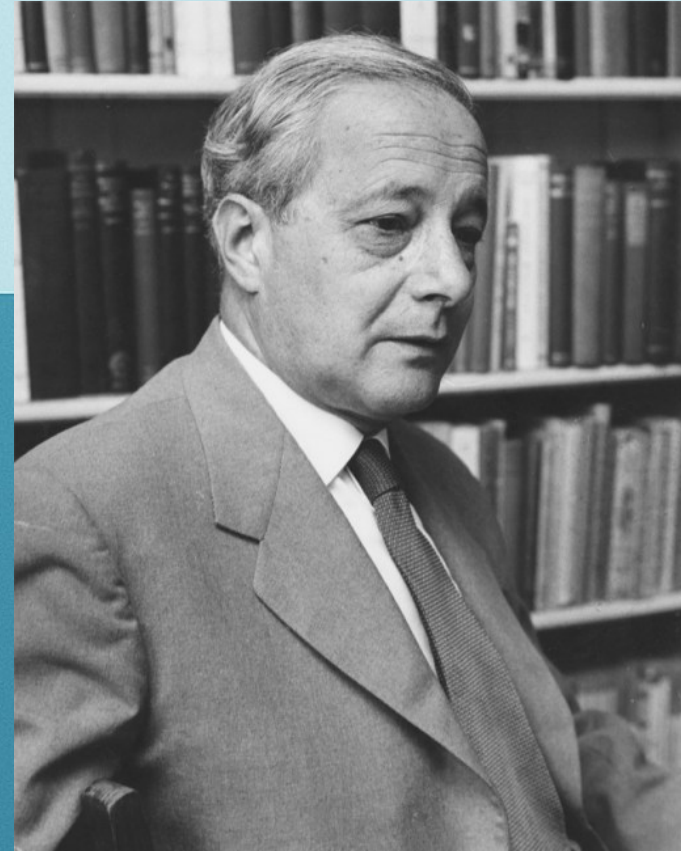
その土地の**食文化を最大限
リスペクト**した農業生産を
持続的に行うために必要な
作物栽培学的な課題解決を
情報工学の技術を活用して
行っていく！



形式知



暗黙知



Michael Polanyi
“We can know more than we can tell”







経験が無いから
分からんよ
分かったとて
どうすれば良いか
分からんよ

An illustration of a farmer in a black silhouette, wearing a hat and boots, pointing his right hand towards a central text box. Above him is a large yellow lightbulb with rays emanating from it, and a small grey gear and an open book icon. The background shows rolling hills and a light sky.

頑張っても
伝えても
経験は
薄まる。

An illustration of two farmers in black silhouettes, wearing hats and boots, standing side-by-side and looking towards the left. Above them are a grey gear, a lightbulb, and an open book icon. The background shows rolling hills and a light sky.

農家間の知識移転では、直接訓練を受けた農家と比べて、間接的に学んだ農家
では、技術を採用した場合の効果が約78%減少した

(Hörner et al. 2021 World Bank Econ. Rev)

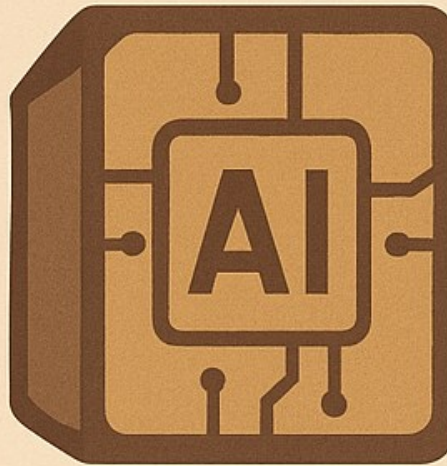


センシング技術で生育を推定するAI

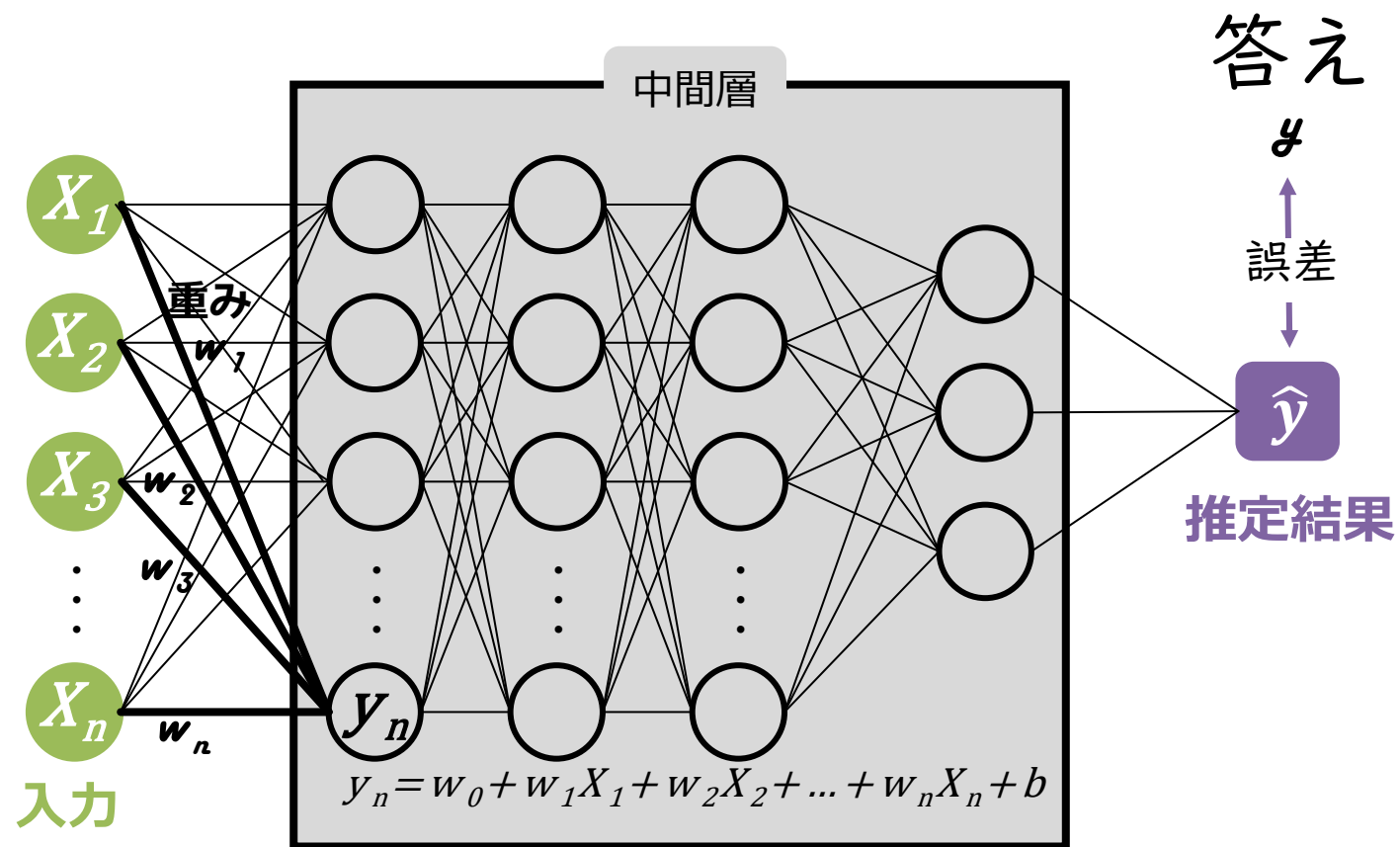


集めたデータから栽培管理の改善案を出すAI

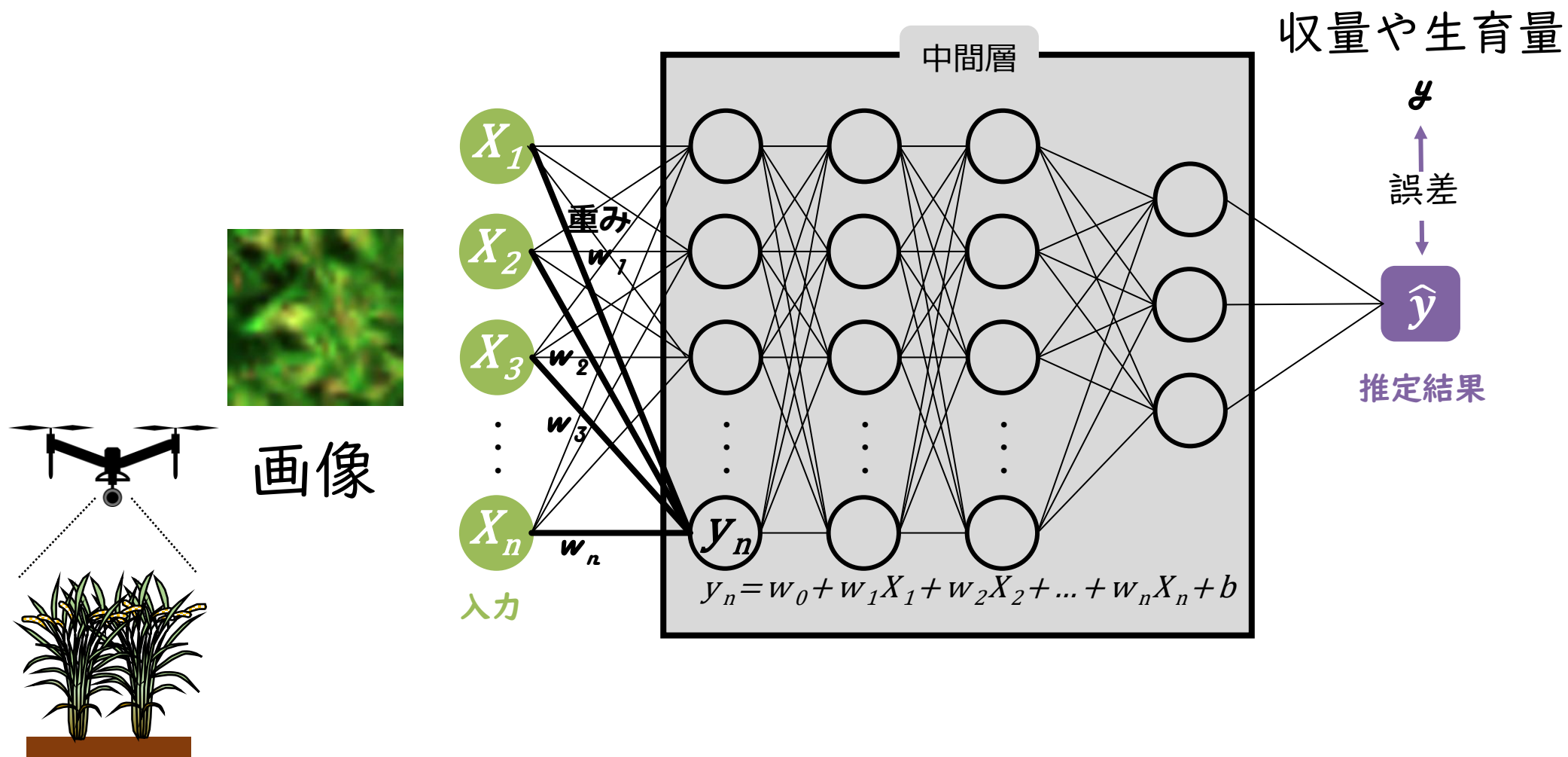
篤農家の目や脳
をパッケージ化

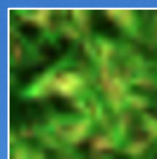


人間の脳の学習システムを模倣したニューラルネットワーク

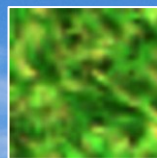


大量に経験を積ませることで、問題が解けるようになる

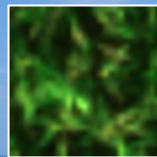




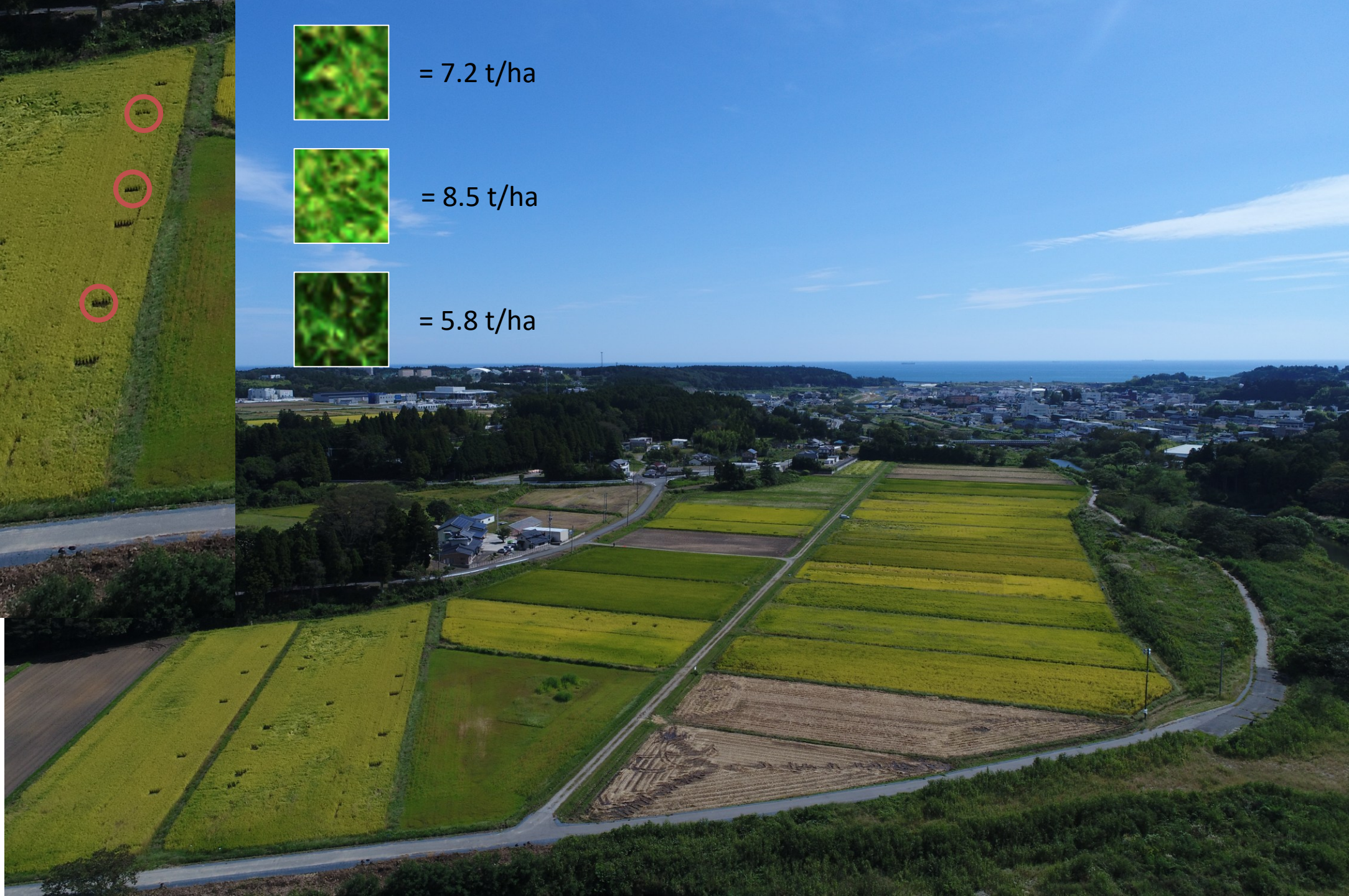
= 7.2 t/ha



= 8.5 t/ha



= 5.8 t/ha



N



収量 (t/ha)

■ - 5.50

■ 5.51 - 6.00

■ 6.01 - 6.50

■ 6.51 - 7.00

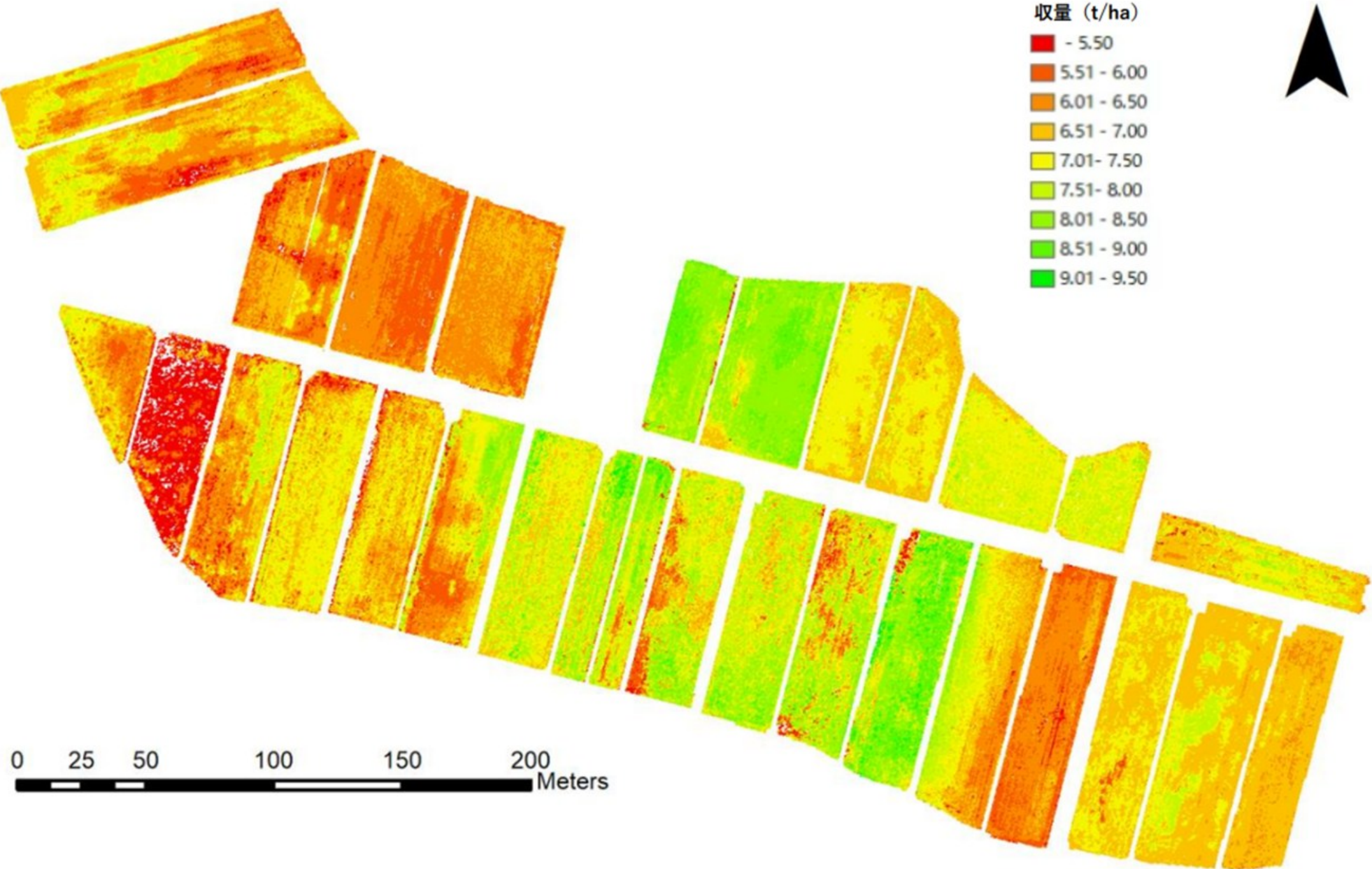
■ 7.01 - 7.50

■ 7.51 - 8.00

■ 8.01 - 8.50

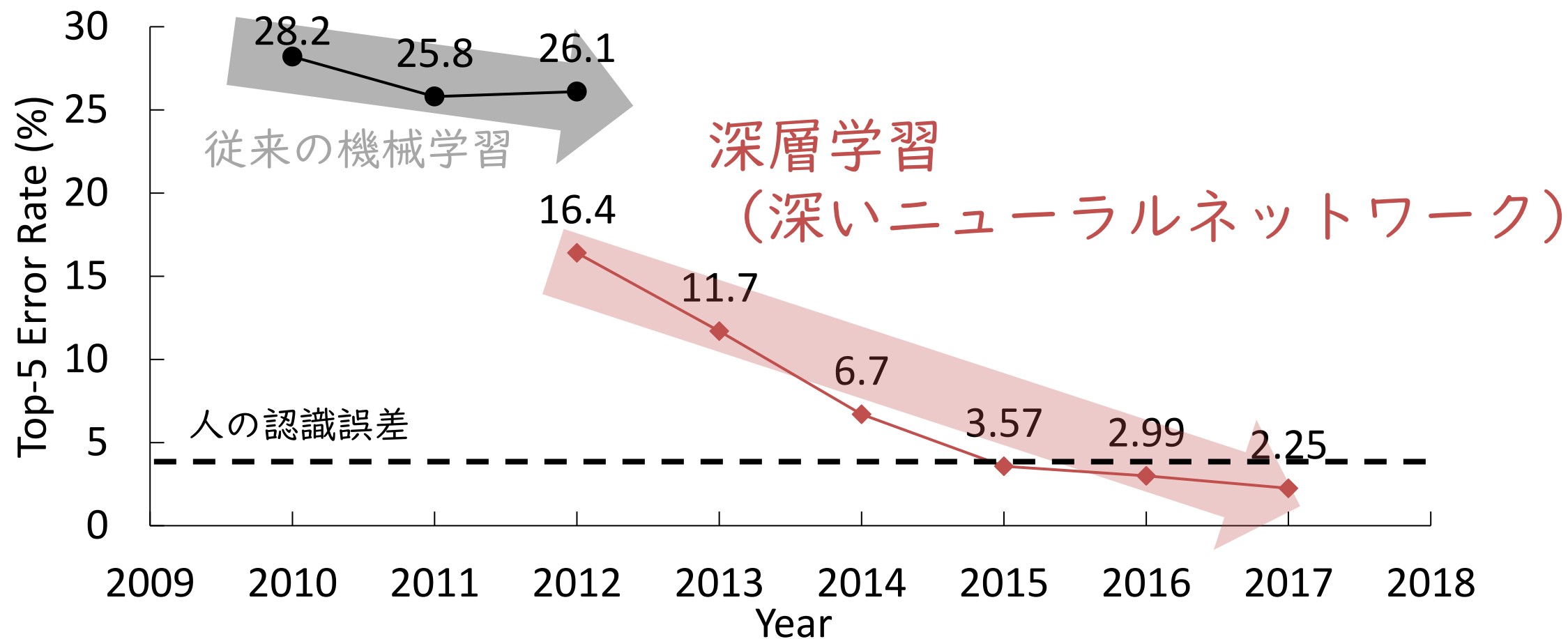
■ 8.51 - 9.00

■ 9.01 - 9.50

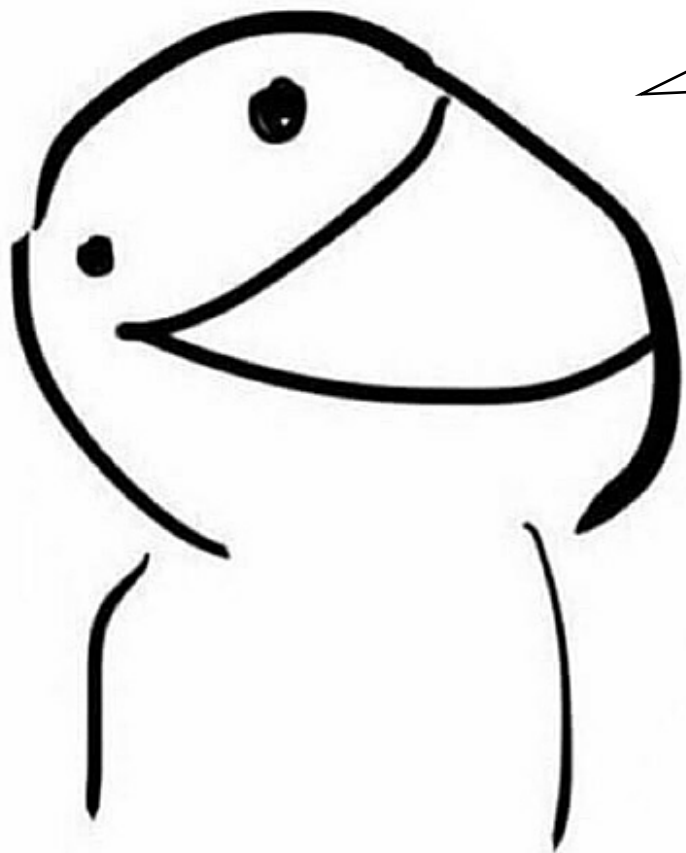


人間よりも正確

画像認識の精度



AIにおけるブラックボックス問題



なんかわからんけど、
これぐらいの値やったで

って感じでめっちゃ当ててくるヤツ

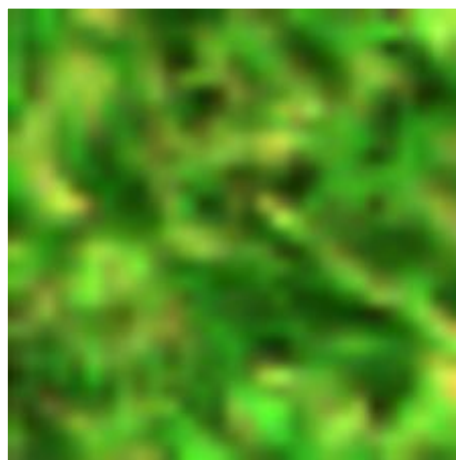
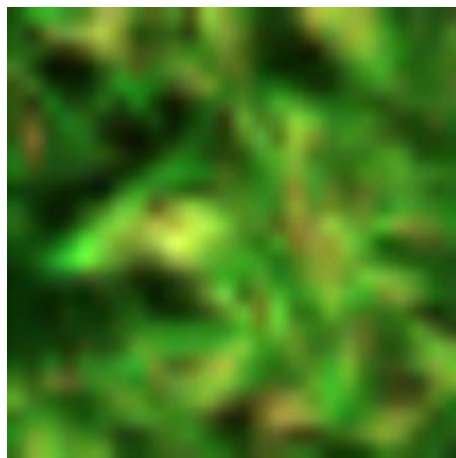
説明可能なAI(Explainable AI: XAI)



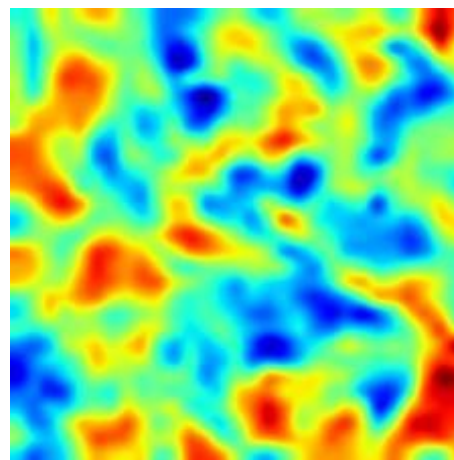
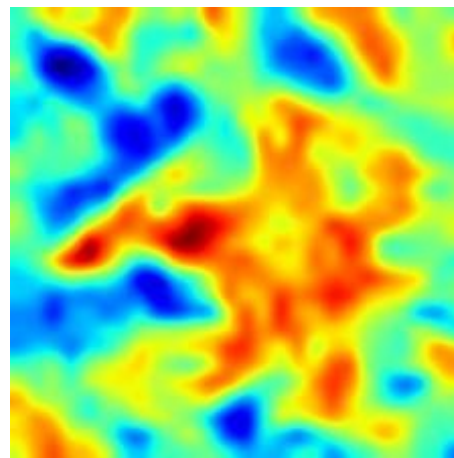
各数値をどれだけ
重要視したか
というと、...

ちゃんと穂を見て推定してそうだ。

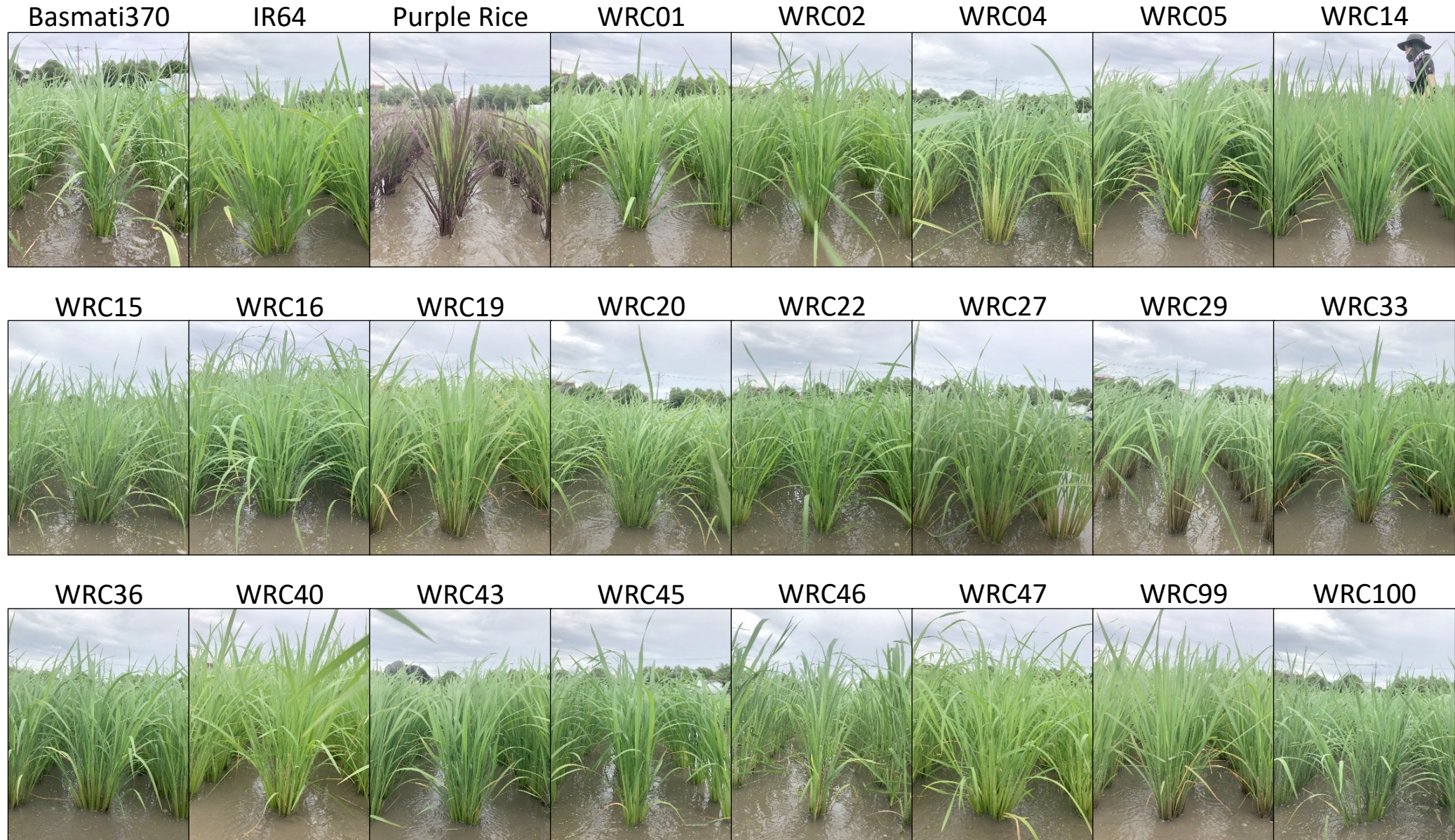
元データ



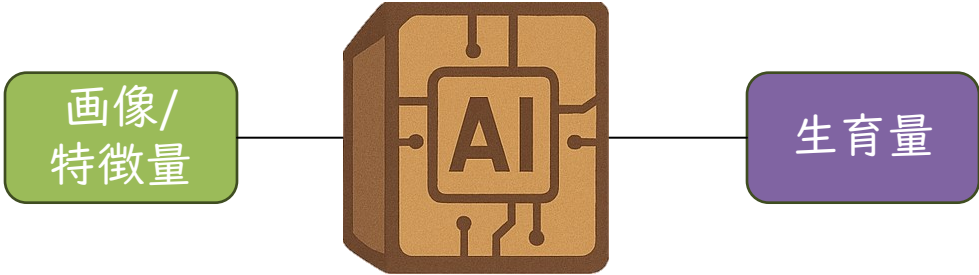
Vanilla gradientによる
関心領域の可視化



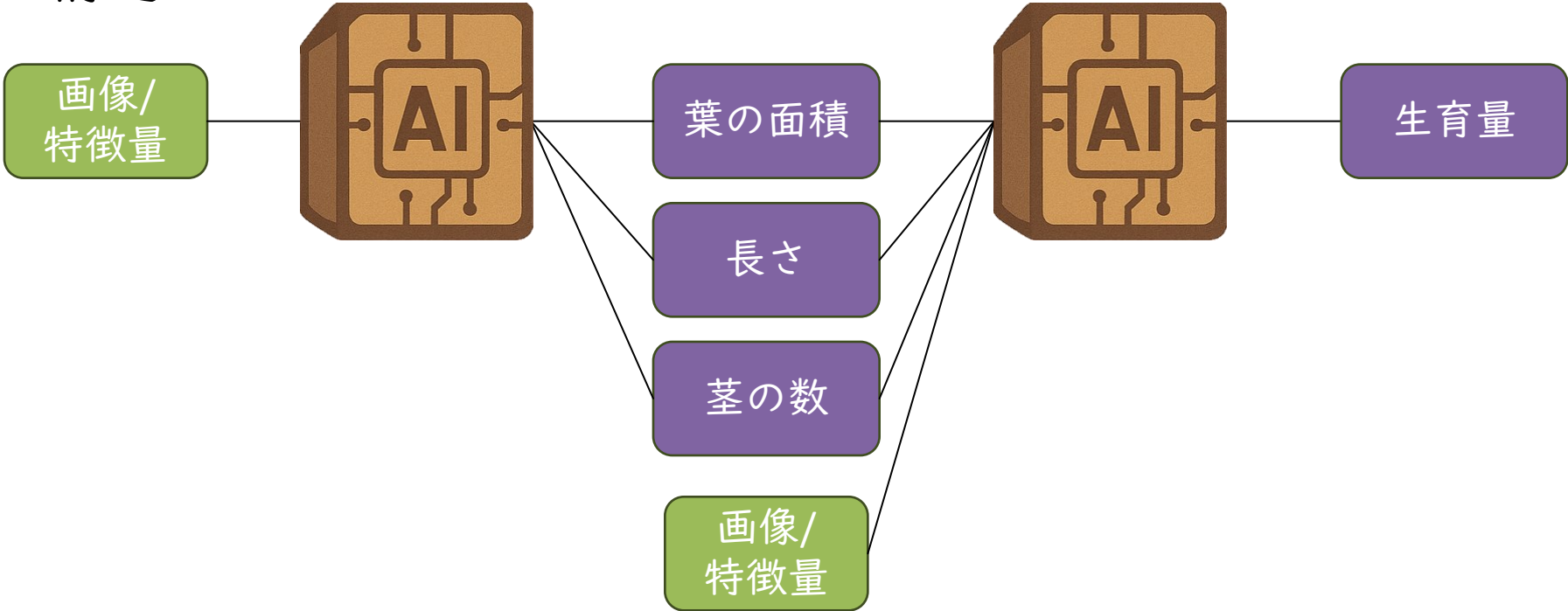
篤農家や作物学者はどうやって違う形態のイネの生育を観察しているだろう？



通常の構造



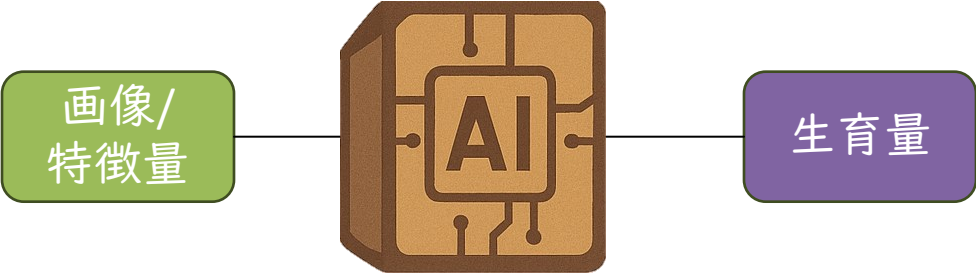
提案した構造



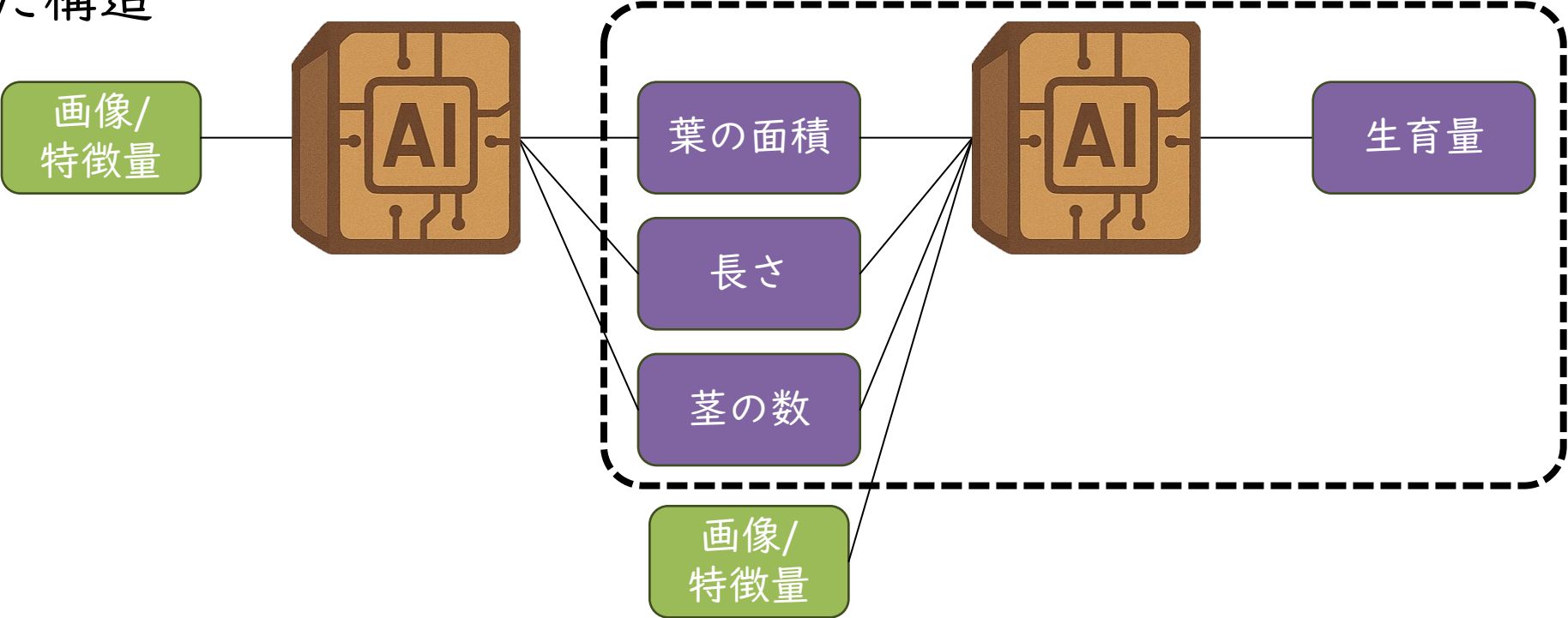
より賢くなった

AIの種類	誤差率
提案手法	0.243
ランダムフォレスト	0.244
通常のニューラルネットワーク	0.252
多出力ニューラルネットワーク	0.254
ラッソ回帰	0.674
サポートベクターマシン	0.270
リッジ回帰	0.271
エラスティックネット	0.278
線形重回帰	0.284

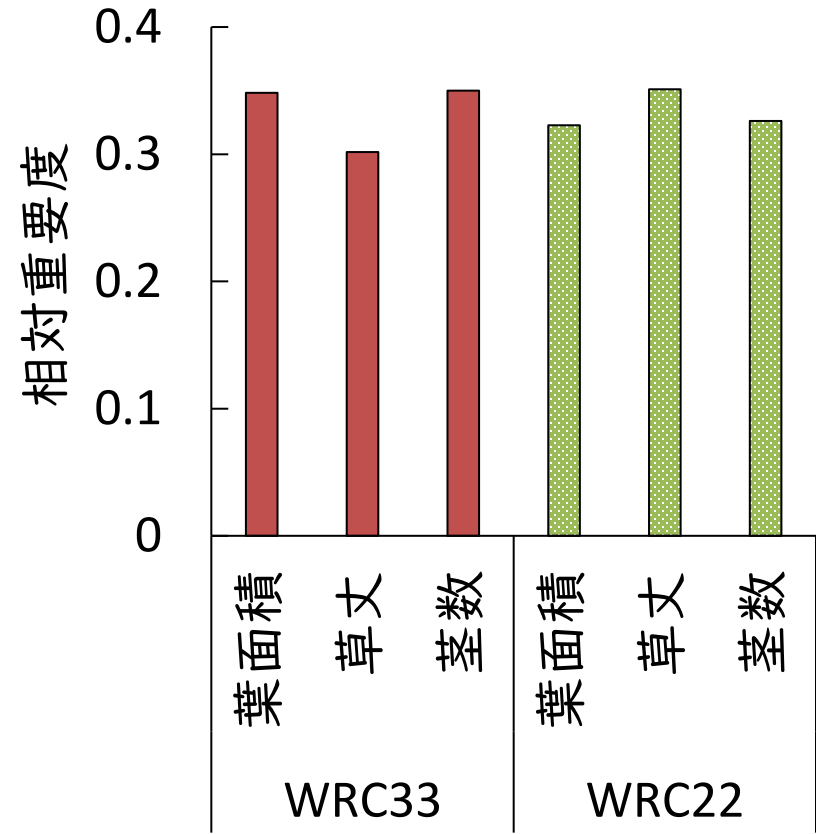
通常の構造



提案した構造



より詳細に作物の特性が分かる「知」が得られた



草丈の低い品種：
葉面積と茎数でバイオマスを増やす

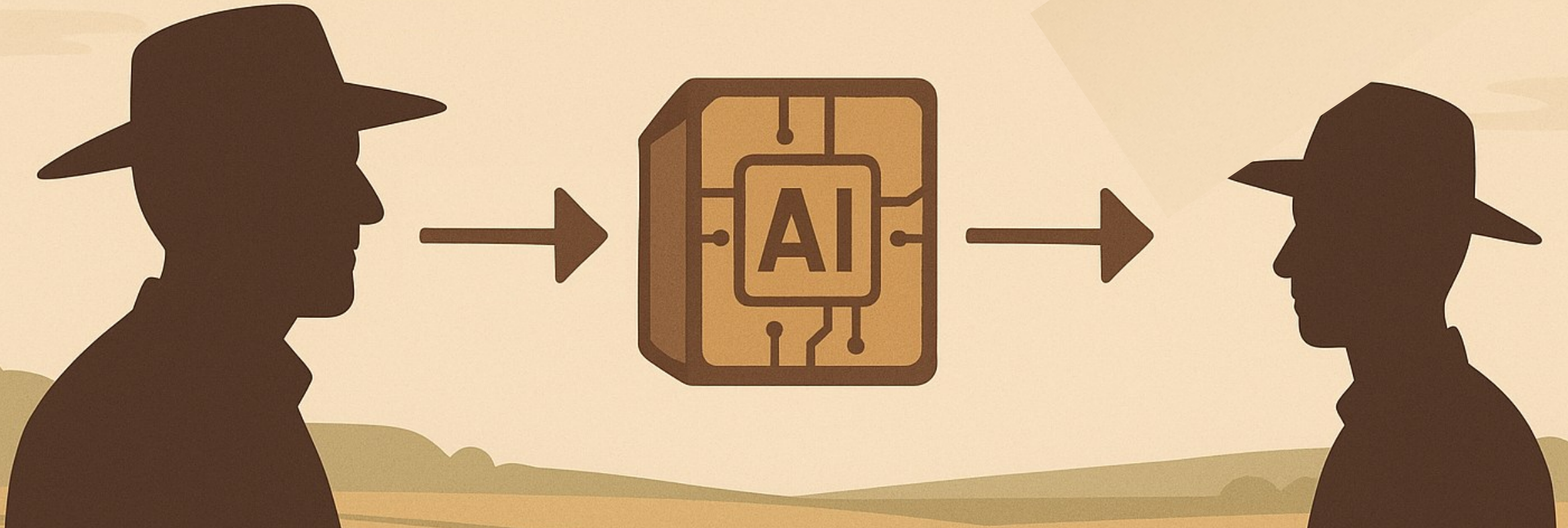
草丈の高い品種：
葉面積と茎数でバイオマスを増やす



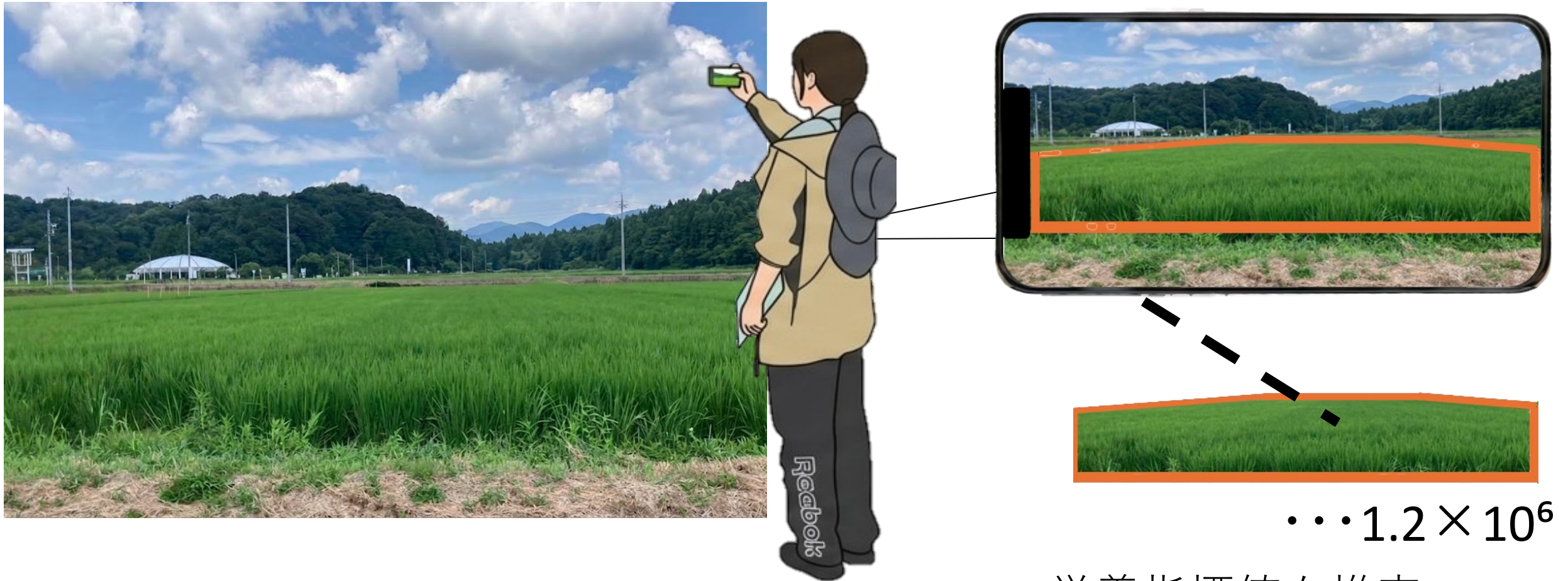
センシング技術で生育を推定するAI

- 大量の経験（画像と答え）をさせたAIを作る
- XAIで暗黙知を取り出す

→ 篤農家の目を仕組みが覗けるかたちで再現できた

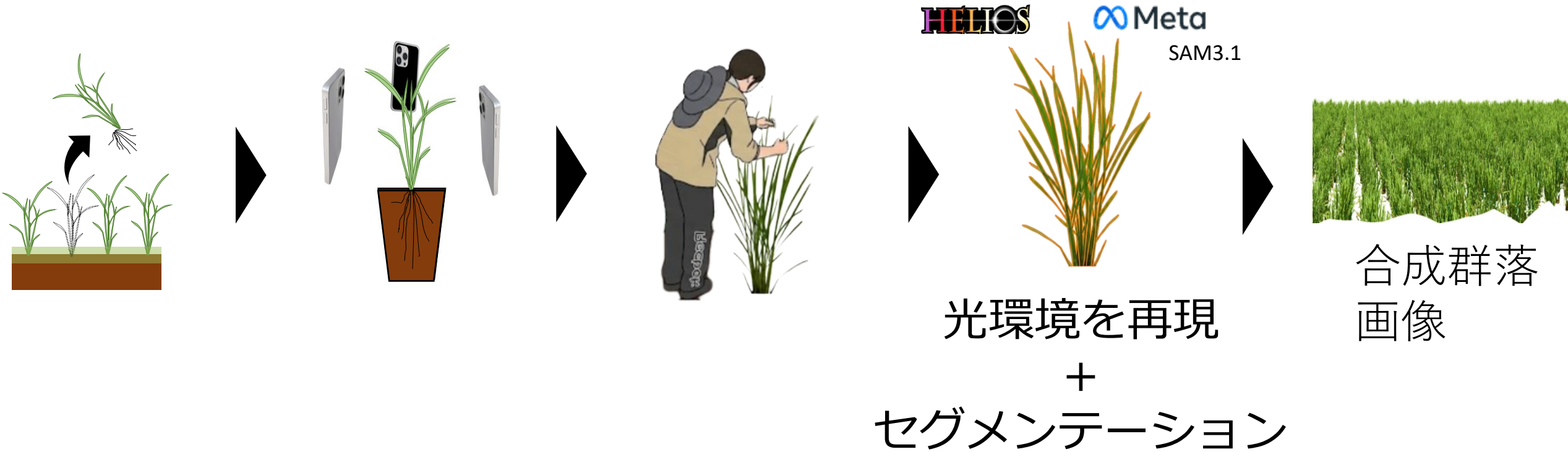


スマートフォン追肥診断



栄養指標値を推定

人工的にAIに学習させるデータを作る



3Dデータ・シミュレーションの活用 ～植物の姿ありのままを保存する～

360度撮影

3Dデータに再構築



合成画像の例

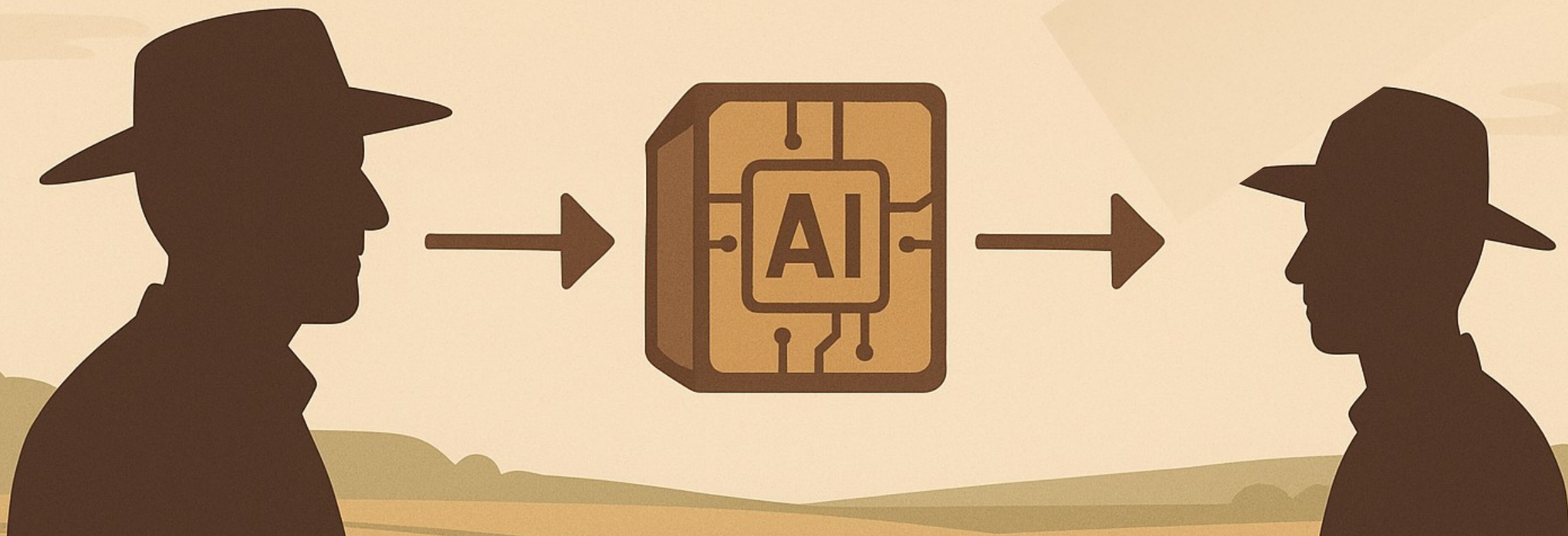


合成画像の例





集めたデータから栽培管理の改善案を出すAI

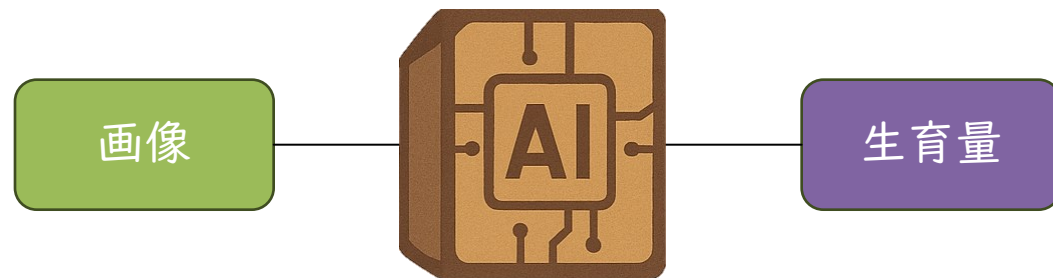


説明可能なAI(Explainable AI: XAI)

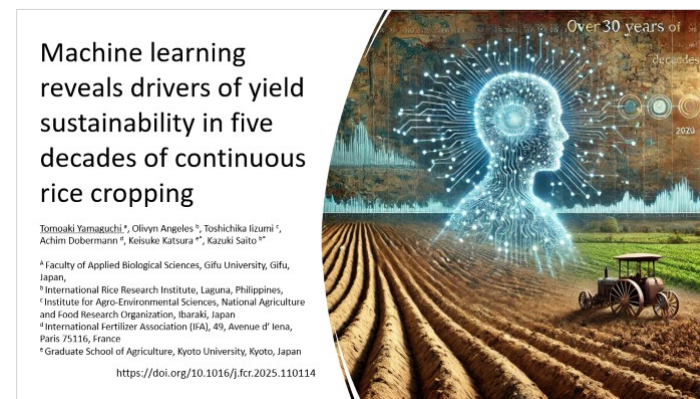
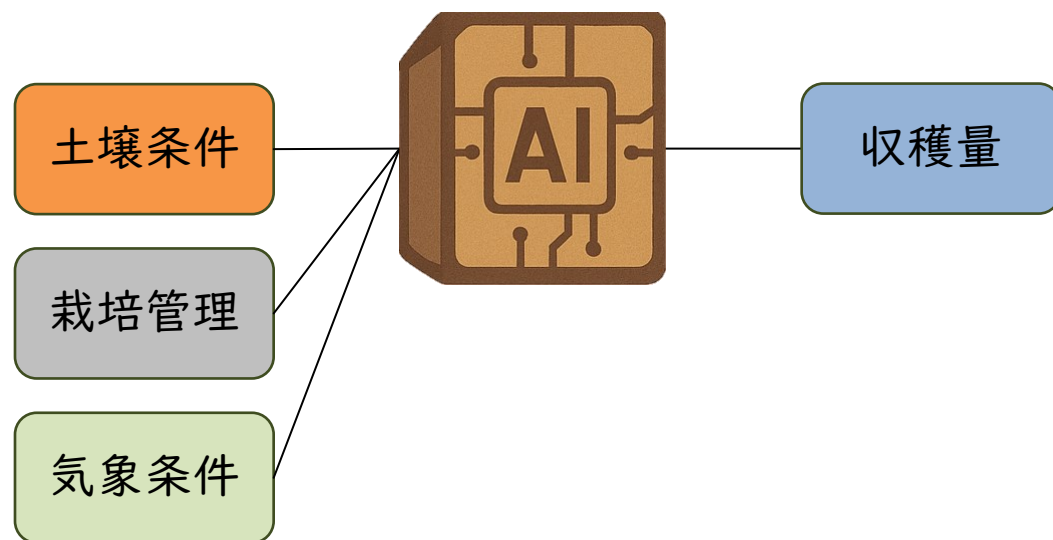


各数値をどれだけ
重要視したか
というと、...

さっきの話題：取り出される「知」は副産物

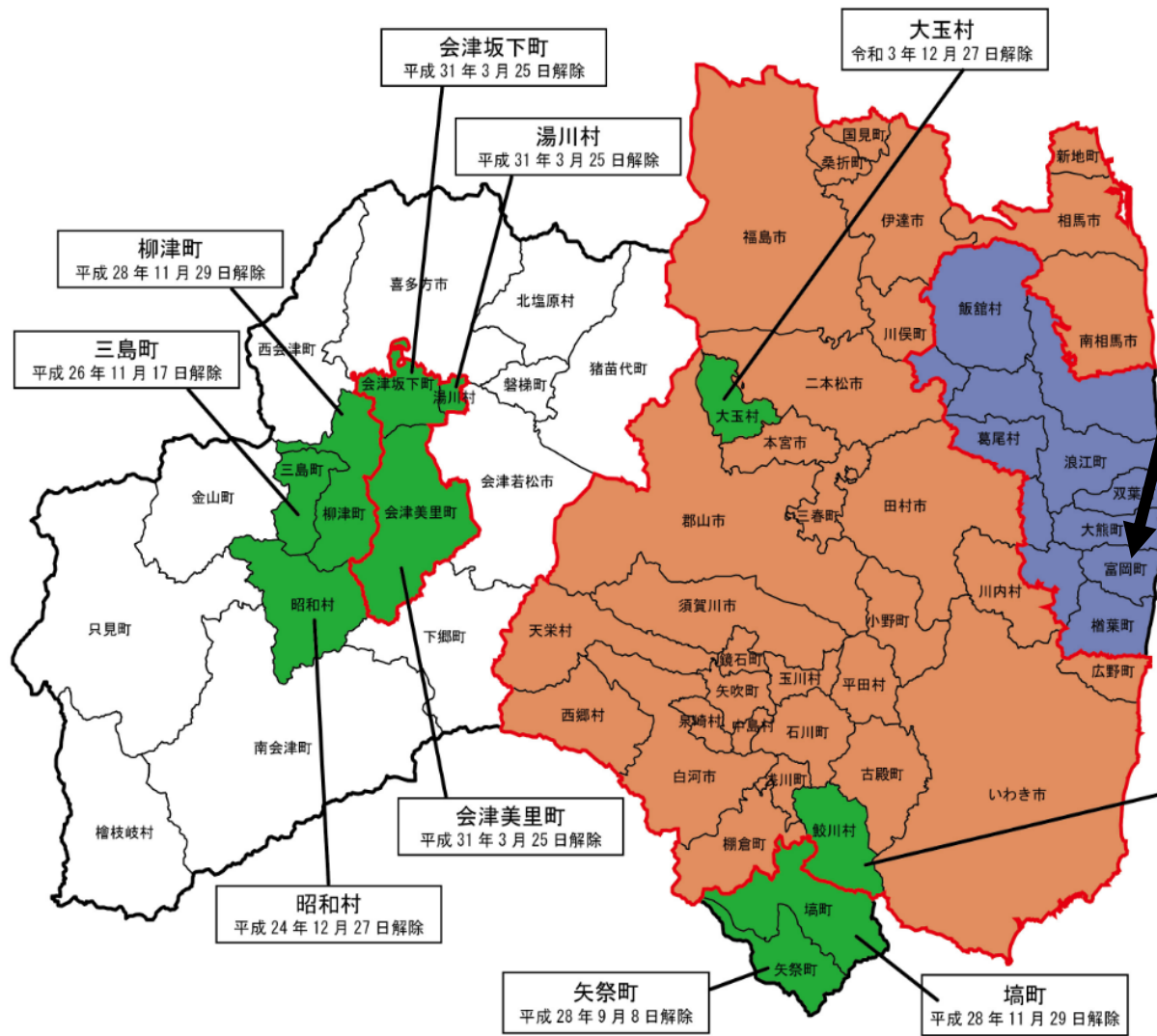


ここからの話題：「知」を取り出すことが目的



福島県富岡町の農家圃場の事例





今回調査を行った富岡町も大きな被害を受けた

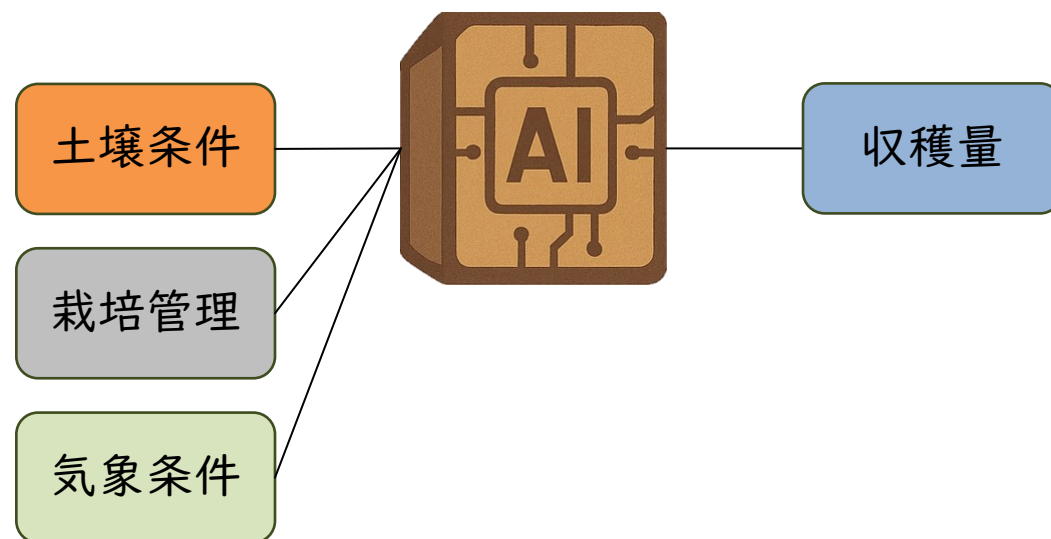
凡例	区域名	実施主体	概要
青色	除染特別地域	国	積算線量が年間20ミリシーベルトを超える恐れがあるとされた「旧計画的避難区域」と、福島第一原子力発電所から20km圏内の「旧警戒区域」
赤色	汚染状況重点調査地域	市町村	追加被ばく線量が年間1ミリシーベルト以上の地域を含む市町村
緑色	汚染状況重点調査地域の指定解除地域	市町村	汚染状況重点調査地域の指定が解除された市町村
赤枠	除染実施計画策定市町村	市町村	除染実施計画を策定し除染を実施した市町村

出典: ふくしま復興ステーション 復興情報ポータルサイト「各市町村の除染実施状況」
<https://www.pref.fukushima.lg.jp/site/portal/progress.html>

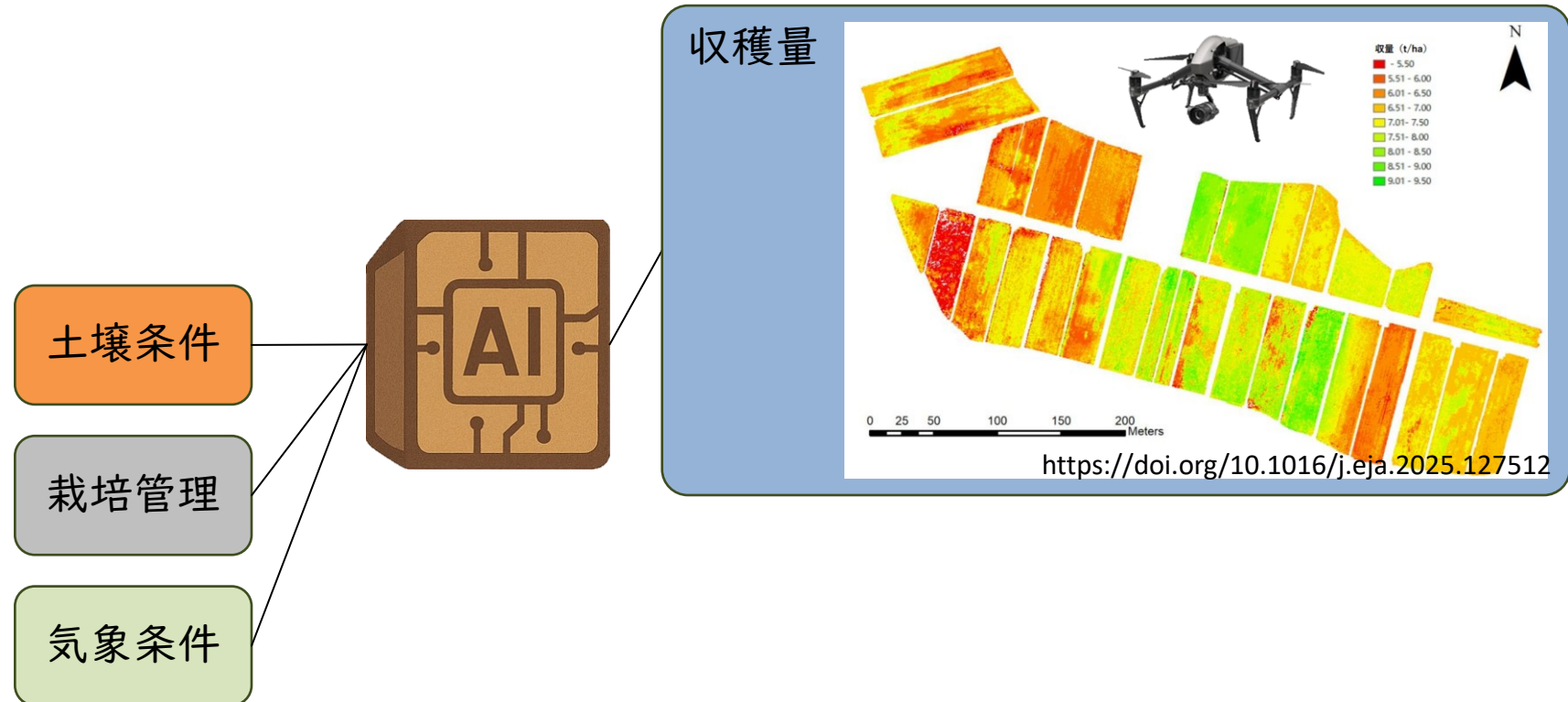
表土を除去し、山土を客土する除染作業により、
まったく異なった条件に。経験を積み直さなければ。



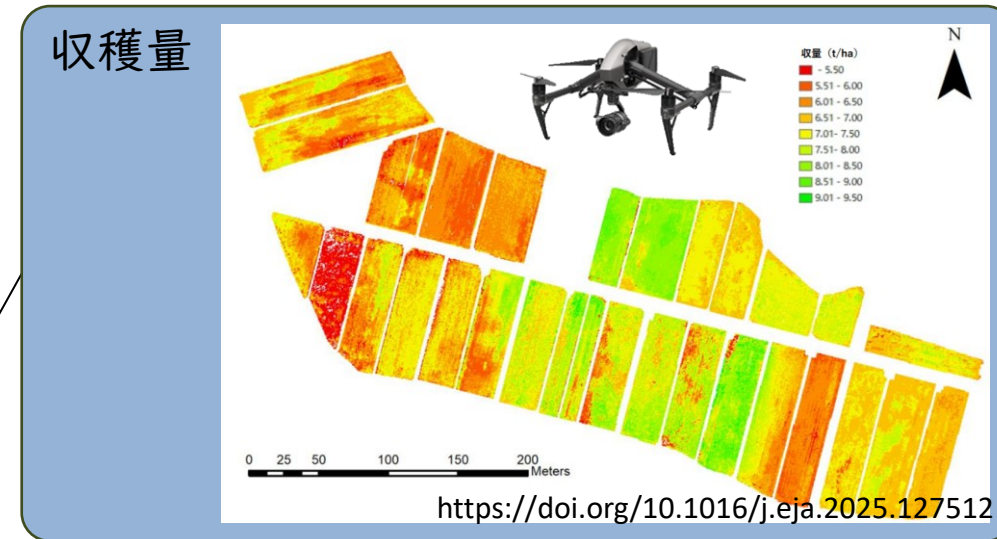
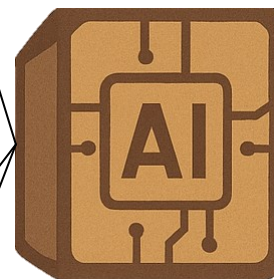
AIにどういう条件でどういう収穫量だったか、を経験させる



AIにどういう条件でどういう収穫量だったか、を経験させる

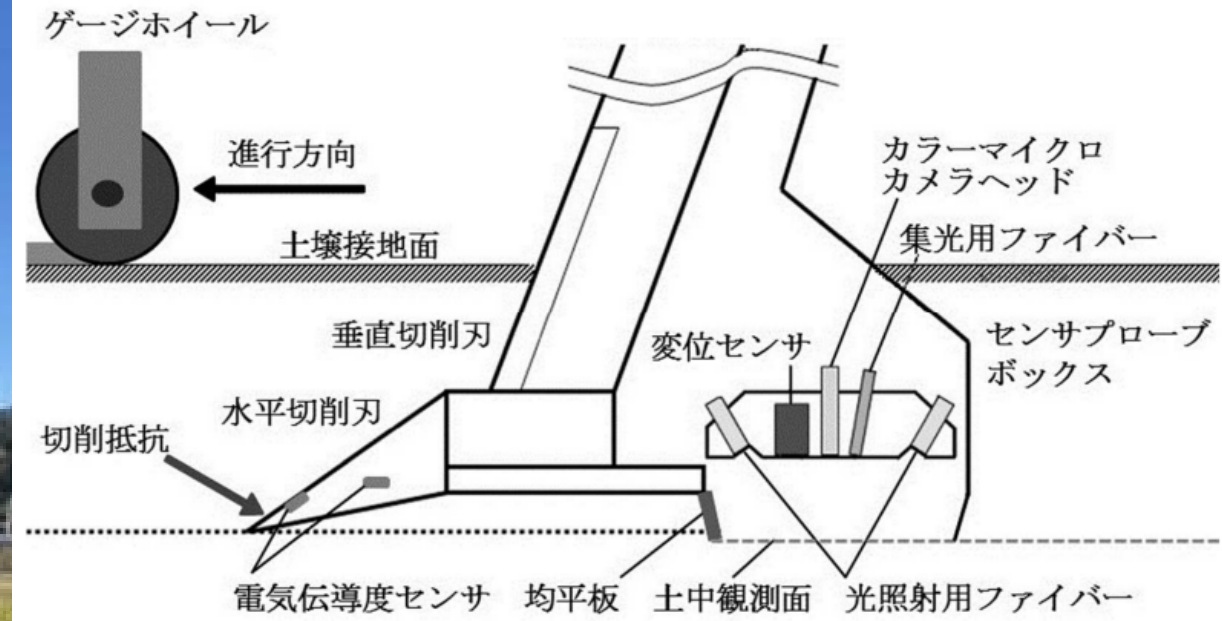


AIにどういう条件でどういう収穫量だったか、を経験させる

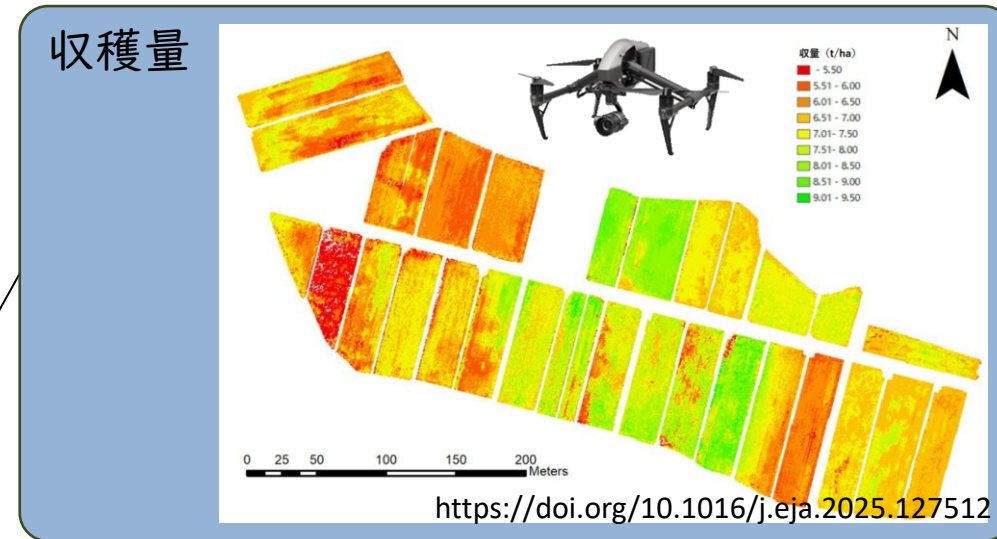
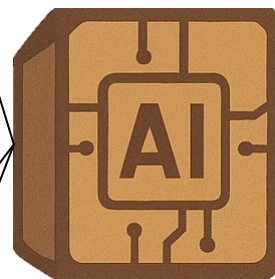


栽培管理

気象条件



AIにどういう条件でどういう収穫量だったか、を経験させる

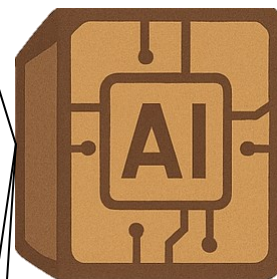
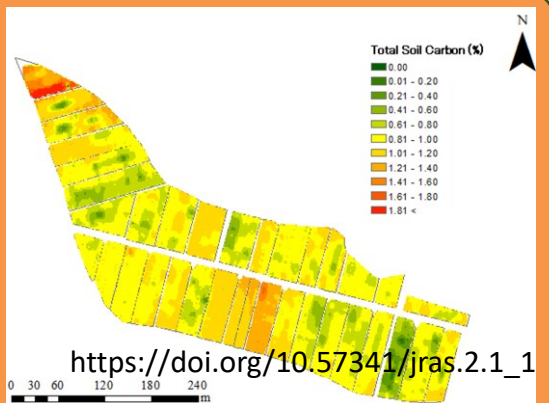


栽培管理

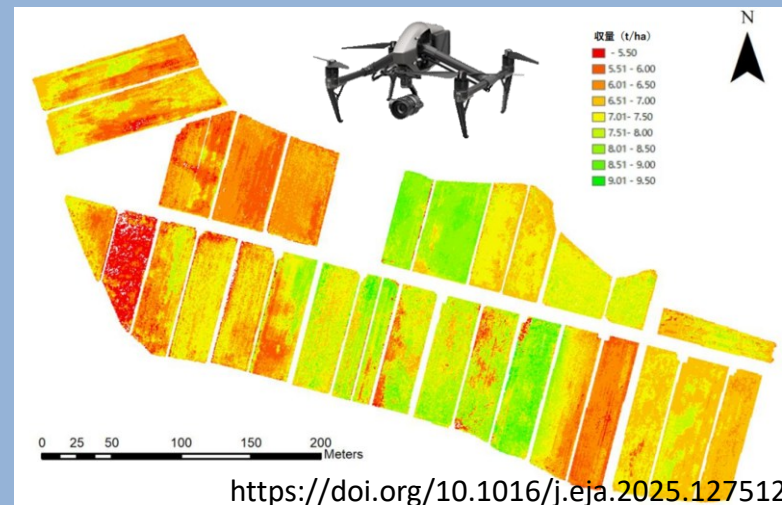
気象条件

AIにどういう条件でどういう収穫量だったか、を経験させる

土壌条件

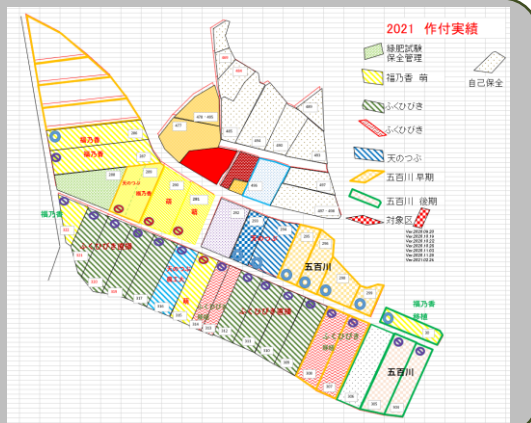


収穫量



栽培管理

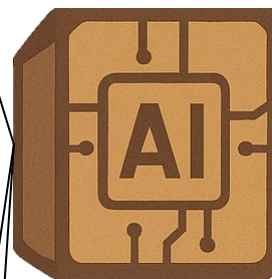
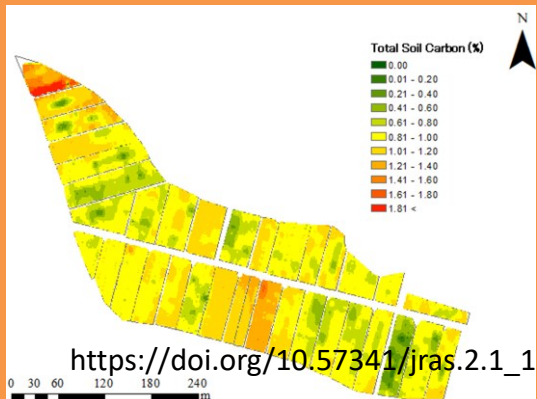
- 直播・移植
- 種子コーティング
- 肥料
- 農薬
- 品種



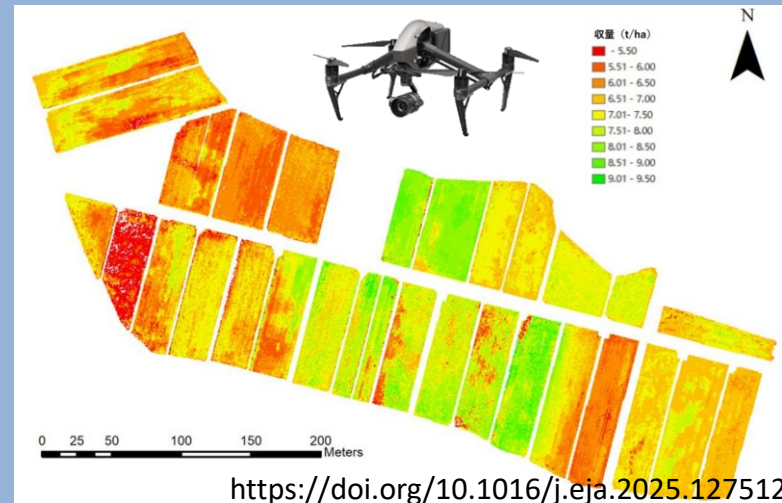
気象条件

AIにどういう条件でどういう収穫量だったか、を経験させる

土壌条件

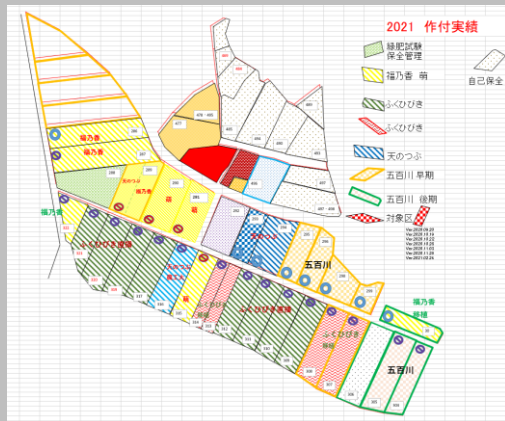


収穫量



栽培管理

- 直播・移植
- 種子コーティング
- 肥料
- 農薬
- 品種



気象条件



農研機構メッシュ農業気象データ
公開用ページ (公開版wiki)

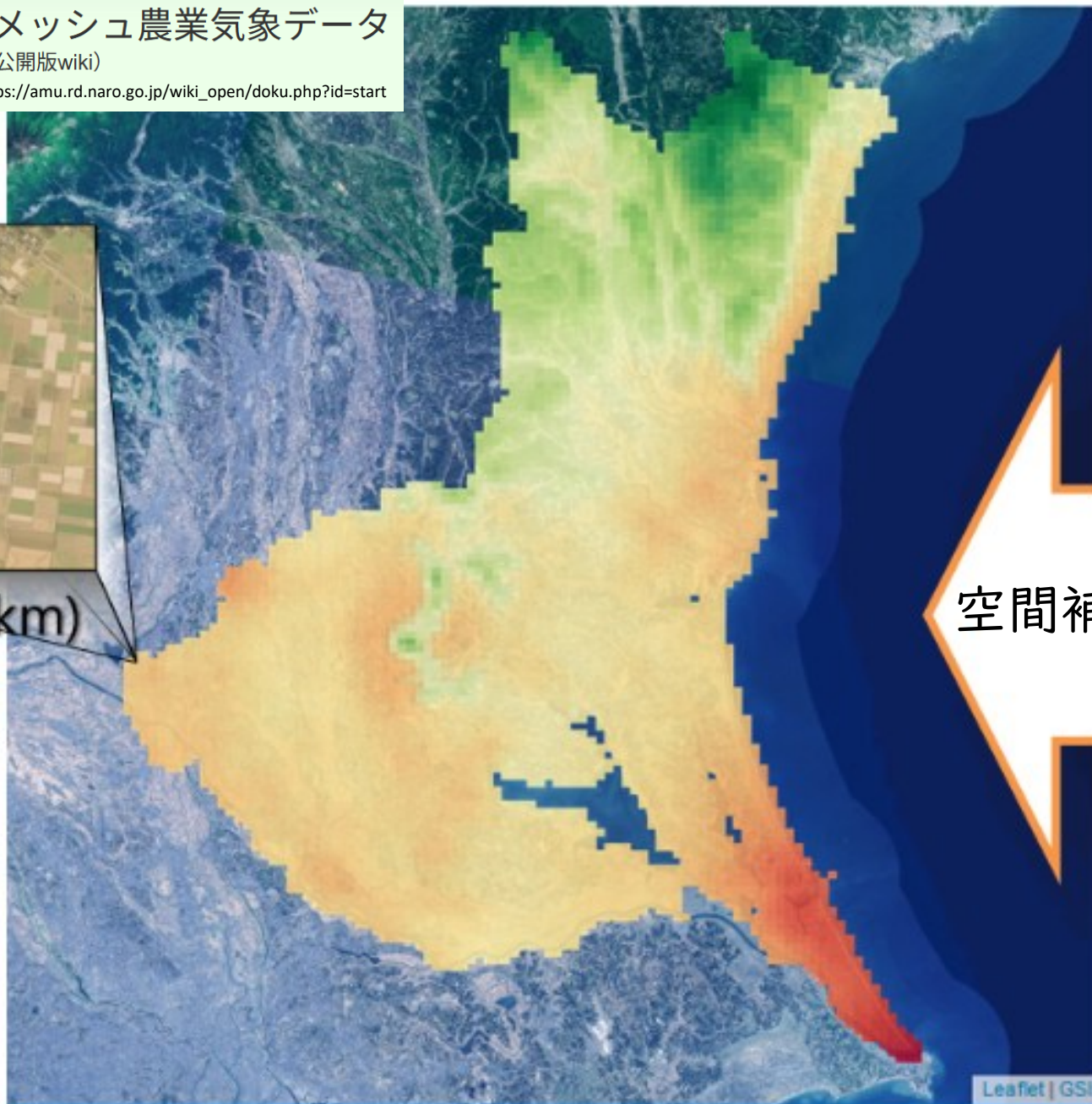
https://amu.rd.naro.go.jp/wiki_open/doku.php?id=start



30" (~0.9 km)



45" (~1.1 km)



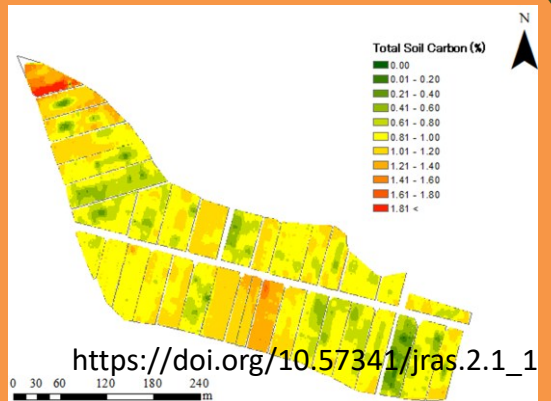
空間補間

アメダス

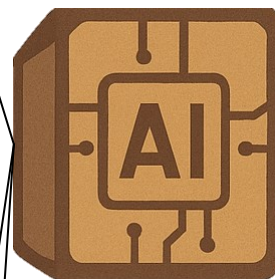


AIにどういう条件でどういう収穫量だったか、を経験させる

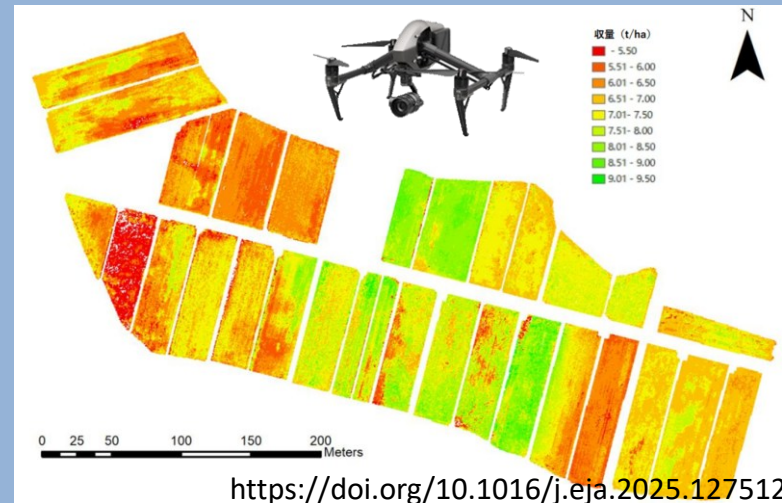
土壌条件



Random Forest

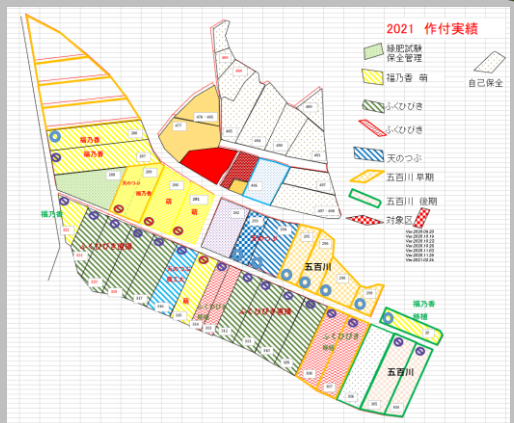


収穫量



栽培管理

- 直播・移植
- 種子コーティング
- 肥料
- 農薬
- 品種



気象条件



農研機構メッシュ農業気象データ
公開用ページ (公開版wiki)

https://amu.rd.naro.go.jp/wiki_open/doku.php?id=start

3年間、計20万点のデータを経験



各数値をどれだけ
重要視したか
というと、...

機械学習モデルのSHAPによる解釈結果

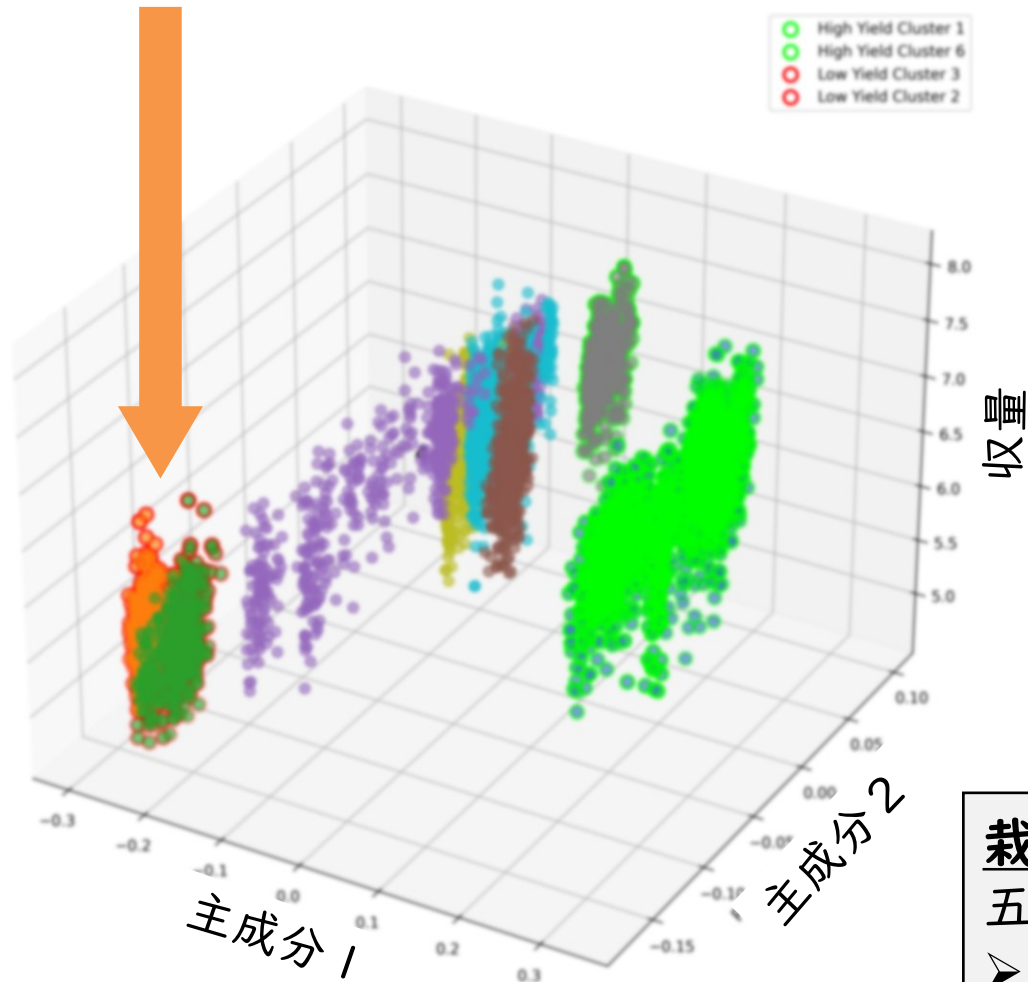
成熟期の日射量
生育初期の最高気温
生育後期の日射量
成熟期の最高気温
成熟期の平均気温

- 中心からのずれが目的変数への寄与
- 赤色が右で青色が左にあると正の影響

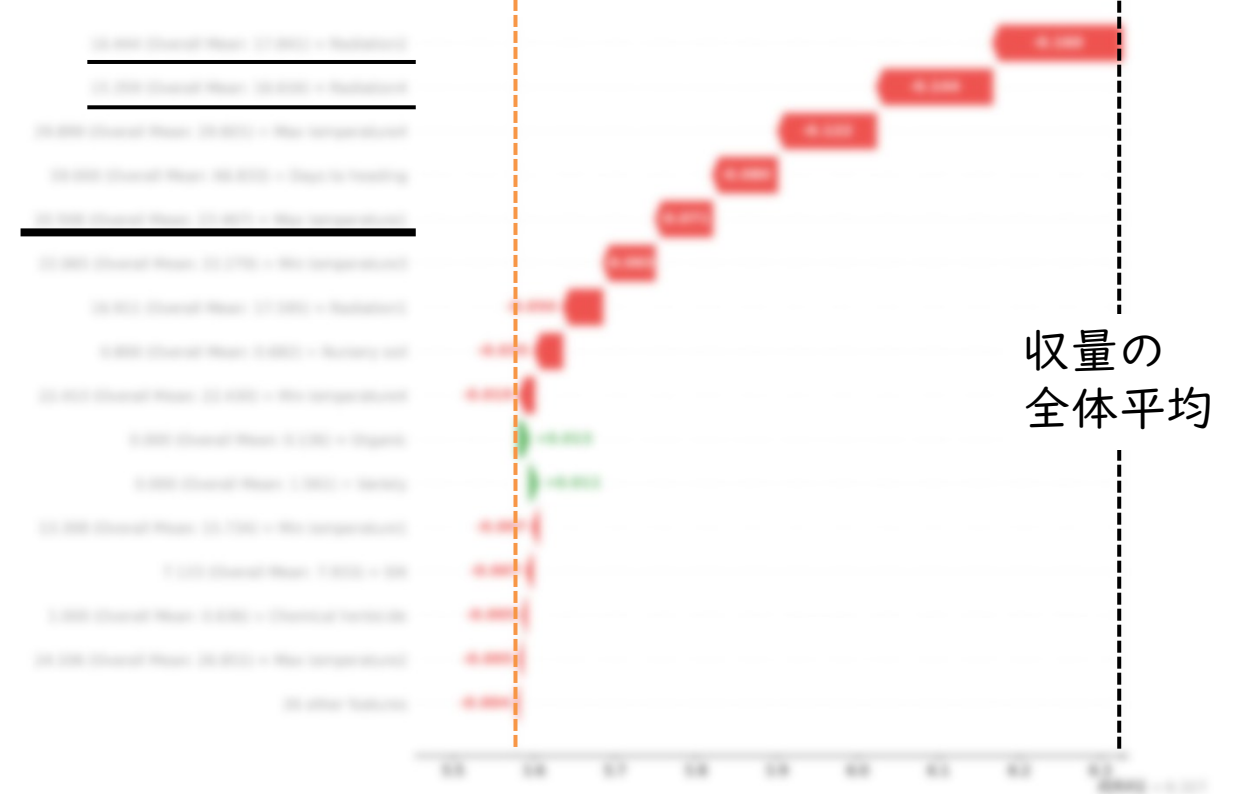


なぜそこでは生産性が低かったのか？

収穫量の低いグループを発見



そのグループの収穫量



栽培管理の提案

五百川という極早生の品種で、生育初期に低温だと低収

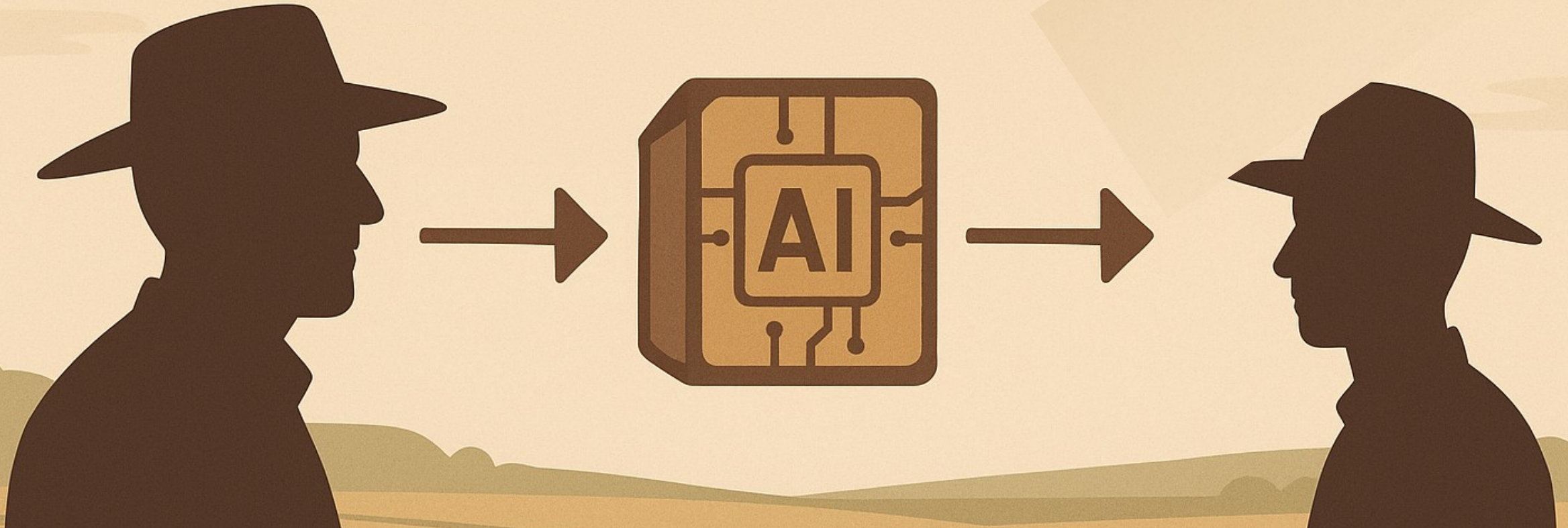
- 生育初期に最高気温が21度を下回る場合は水で保温
- 作付けを後ろにずらす



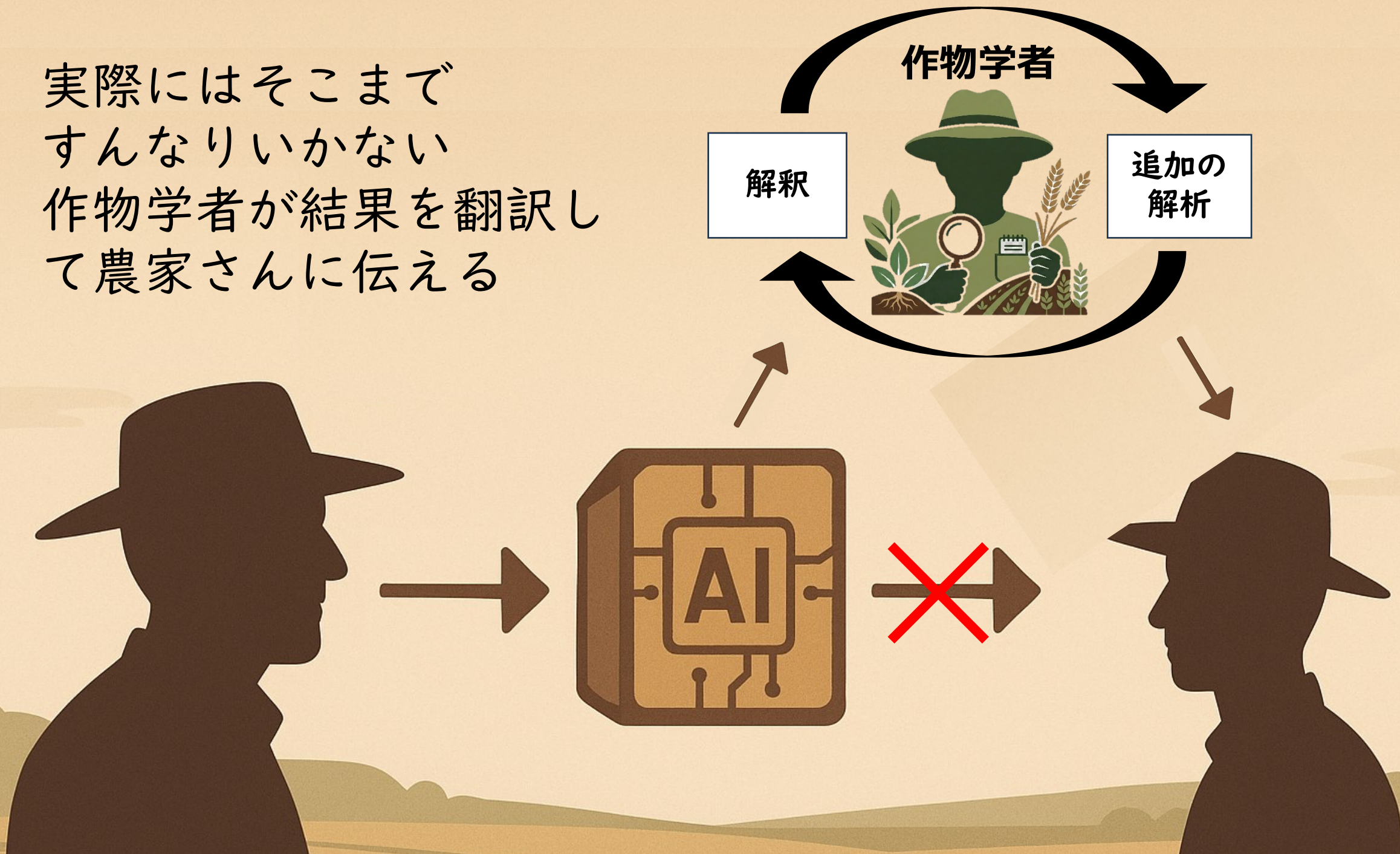
集めたデータから栽培管理の改善案を出すAI

- 大量の経験（様々な条件と収穫量）をさせたAIを作る
- XAIで暗黙知を取り出す

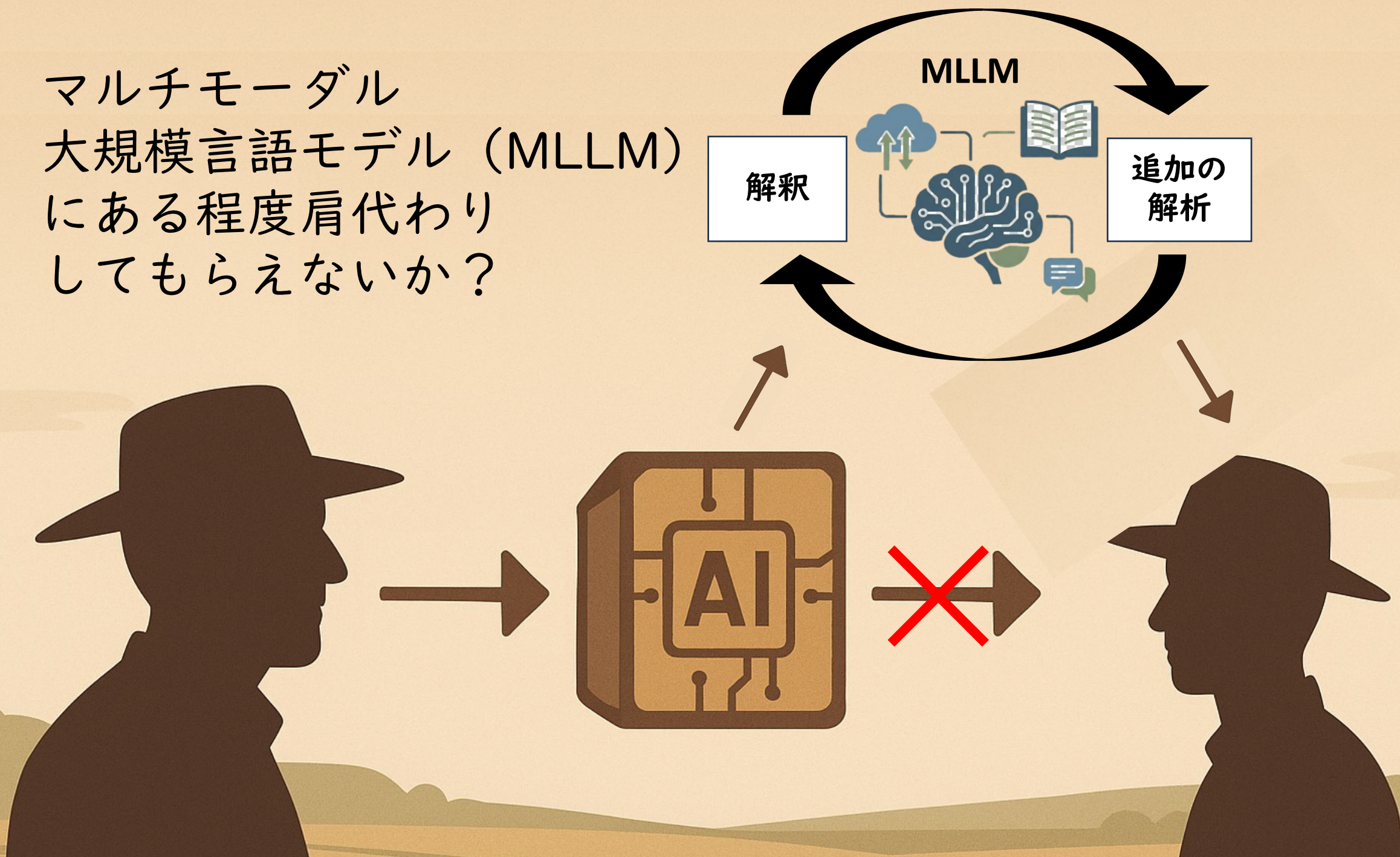
→ 篤農家の脳を再現し、改善案を出せた



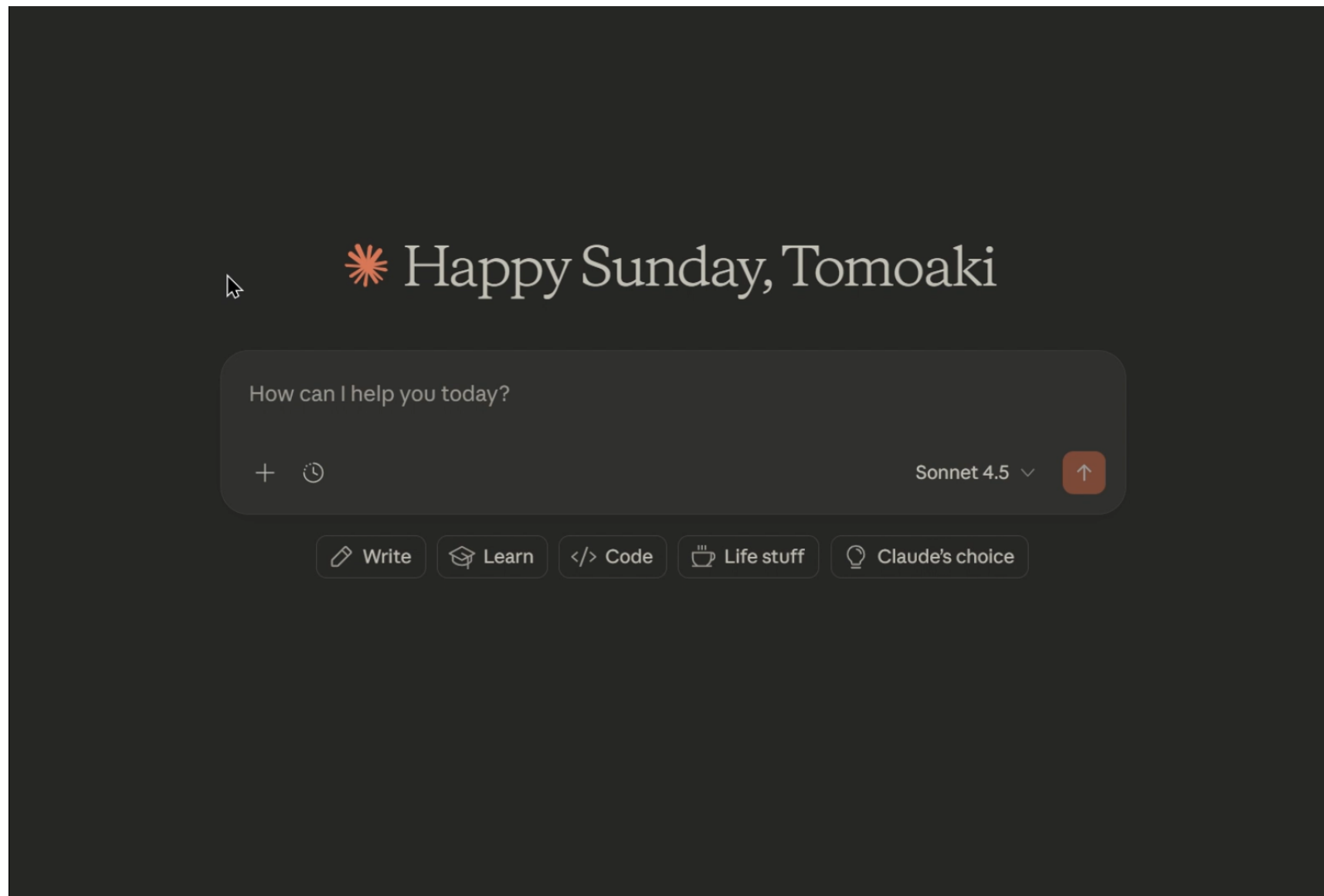
実際にはそこまで
すんなりいかない
作物学者が結果を翻訳し
て農家さんに伝える



マルチモーダル
大規模言語モデル (MLLM)
にある程度肩代わり
してもらえないか？



マルチモーダル大規模言語モデル (Multimodal Large Language Model: MLLM)
はあらゆる形式の情報を平易な説明文に変換してくれる



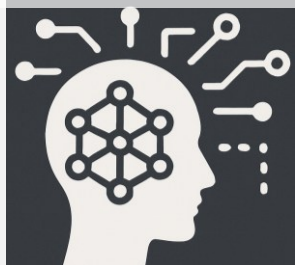
準備

情報源の表データ

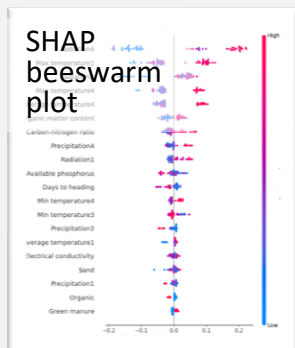
福島県富岡町の1農家
4品種・3年・26圃場
26変数（土壌・管理・気象）

収量予測モデルの構築

収量 = f(説明変数)



XAIによる解析結果の出力



MLLMによる解析結果の拡張と翻訳



10回繰り返す

農家向けの栽培管理の提案をして！

人

MLLM

こうすれば良いよ！（説明文）

栽培管理の提案をより良くするには、
どういう解析を追加したらいいかな？

人

MLLM

こういう解析をしよう！（Pythonコード）

追加の解析結果



追加

<https://arxiv.org/abs/2512.21066>

各試行回における説明文の評価

評価者

作物学者 12名 ありがとうございました

大規模言語モデル（LLM as a judge） 14種類

- OpenAI (ChatGPT 4o, ChatGPT 5.1 Instant, ChatGPT 5.1 Thinking)
- Anthropic (Claude Sonnet 4, Claude Opus 4.1, Claude Sonnet 4.5)
- xAI (Grok 3 Fast, Grok 3 Expert, Grok 4.1)
- DeepSeek (DeepSeek, DeepSeek with DeepThink)
- Google (Gemini 2.5 Flash, Gemini 2.5 Pro, Gemini 3.0 Pro)

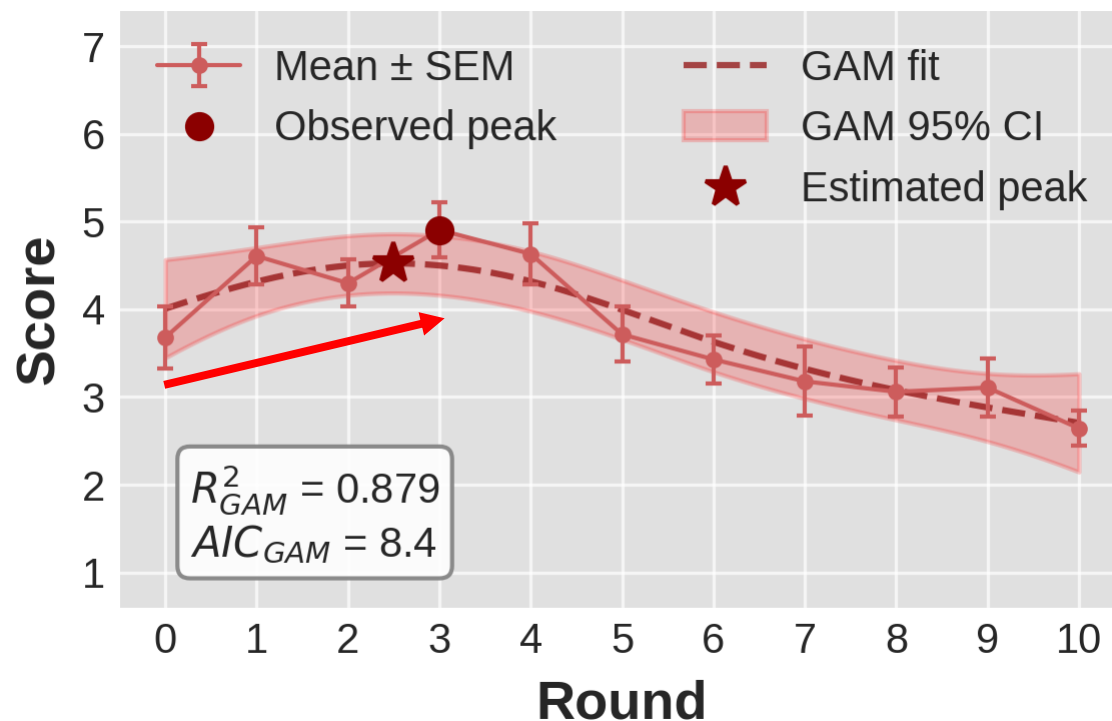
評価方法

1－7点で以下の7項目について相対評価

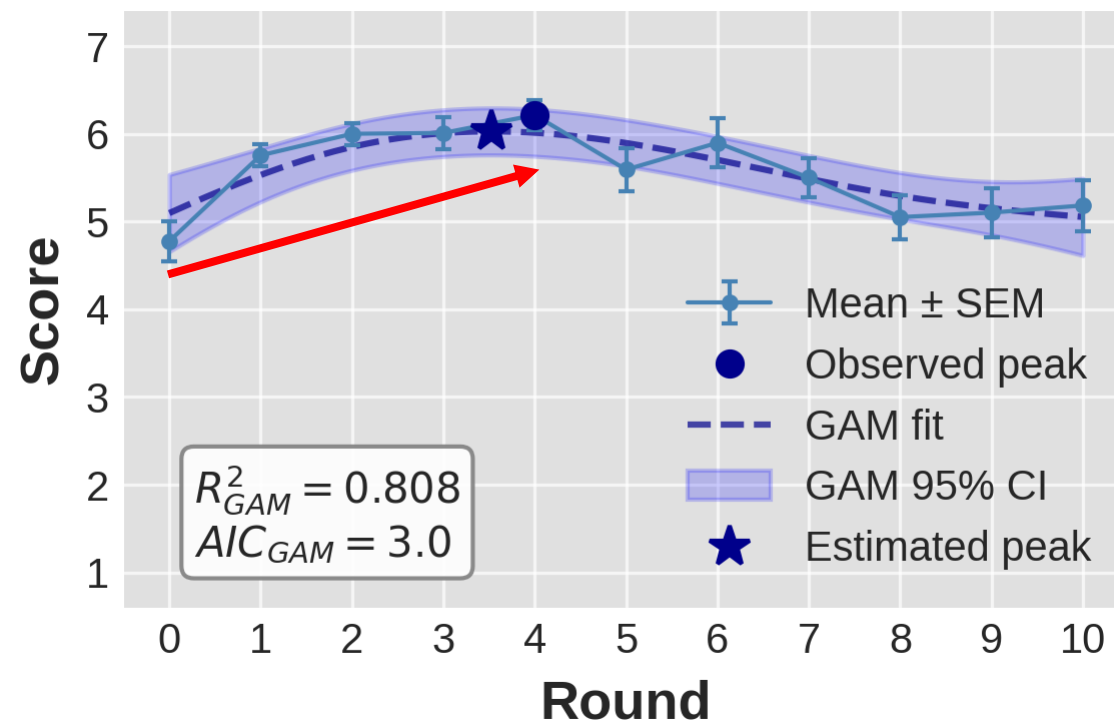
- Clarity（わかりやすさ）
- Conciseness（簡潔さ）
- Contextual Relevance（背景情報との適合度）
- Cost Consideration（コスト面の考慮）
- Crop Science Credibility（作物学的な信頼性）
- Practicality（実用性）
- Specificity（具体性）

提案手法は、説明文の質を改善した

作物学者 (n=12)



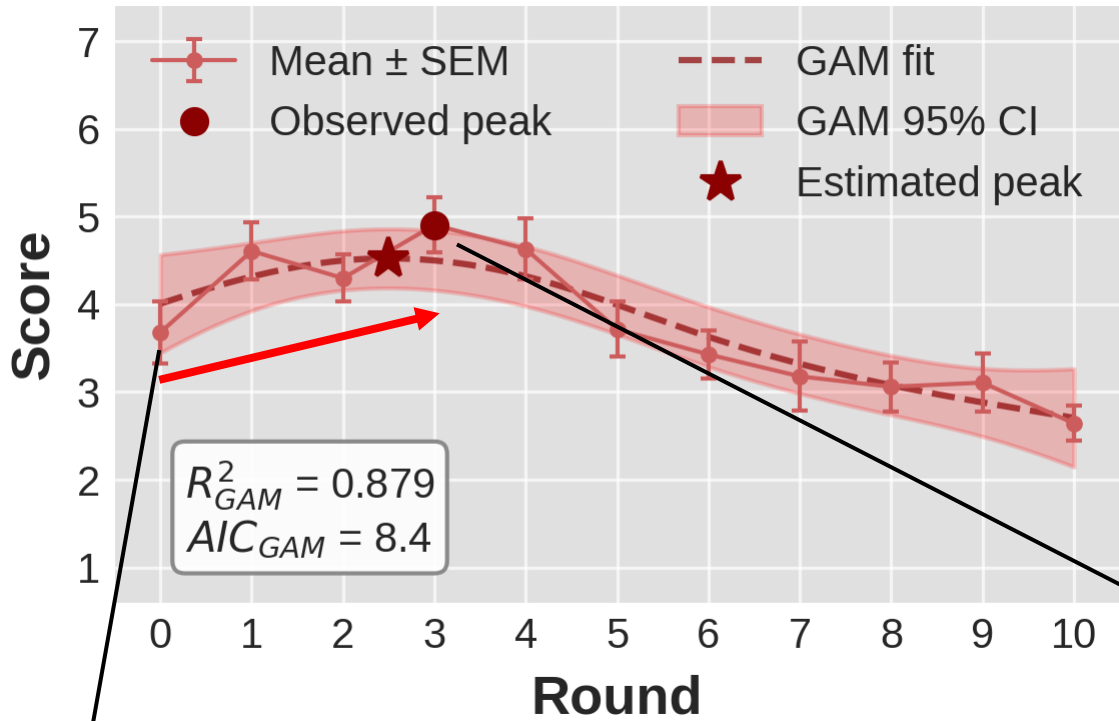
大規模言語モデル (n=14)



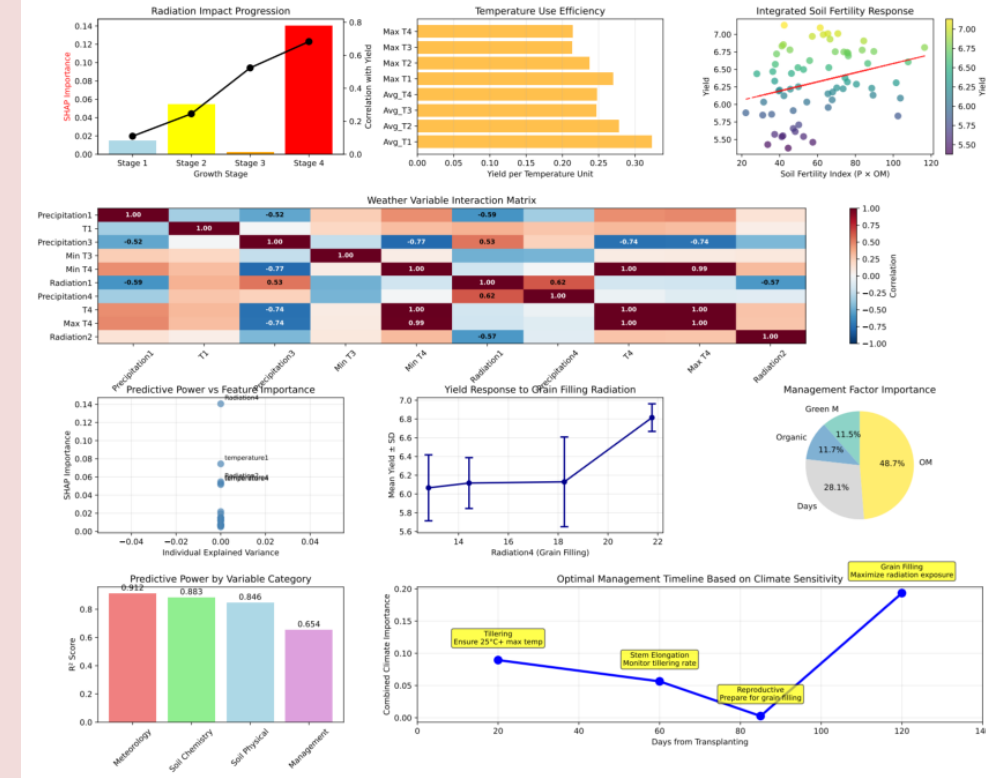
* 赤池情報量規準が線形回帰の値より2以上小さかった場合に、一般化加法モデルが適用された。

提案手法は、説明文の質を改善した

作物学者 (n=12)



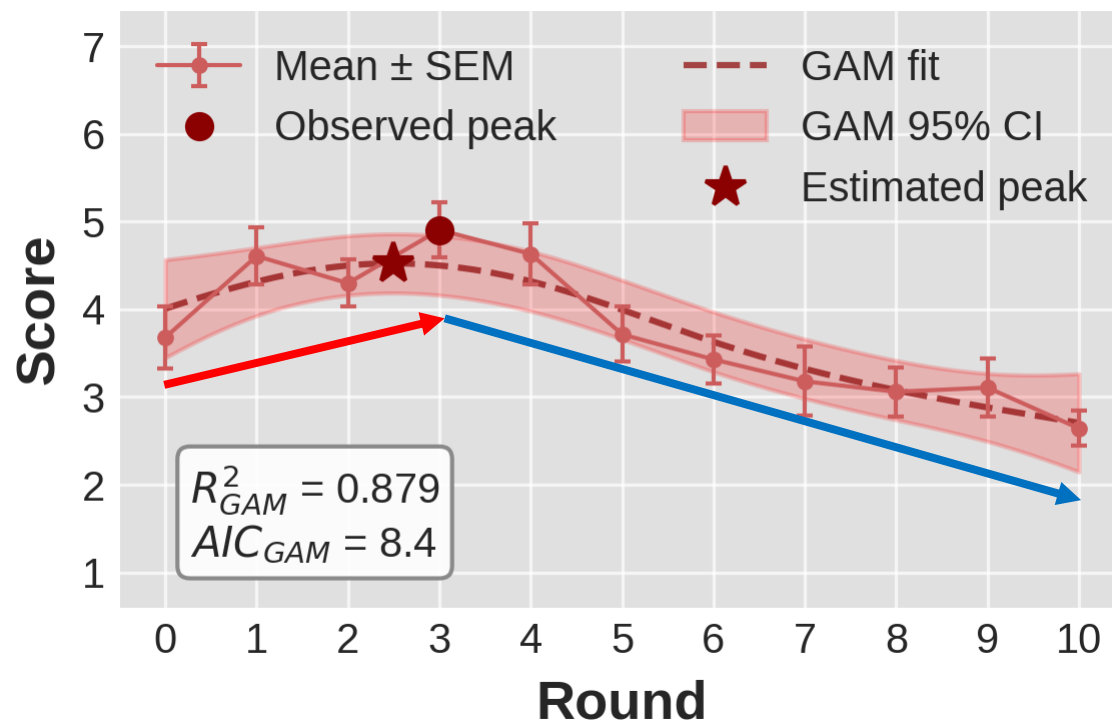
- 開花期の熱ストレスを回避するため、適切な生育期間の品種を選ぶ。
- 土壌の温度を緩和するための水管理を実施する。暑い時期には浅い冠水状態を維持する。
- 気温に敏感な生育時期に最適な温度が維持できる時期に植え付け時期を設定する。



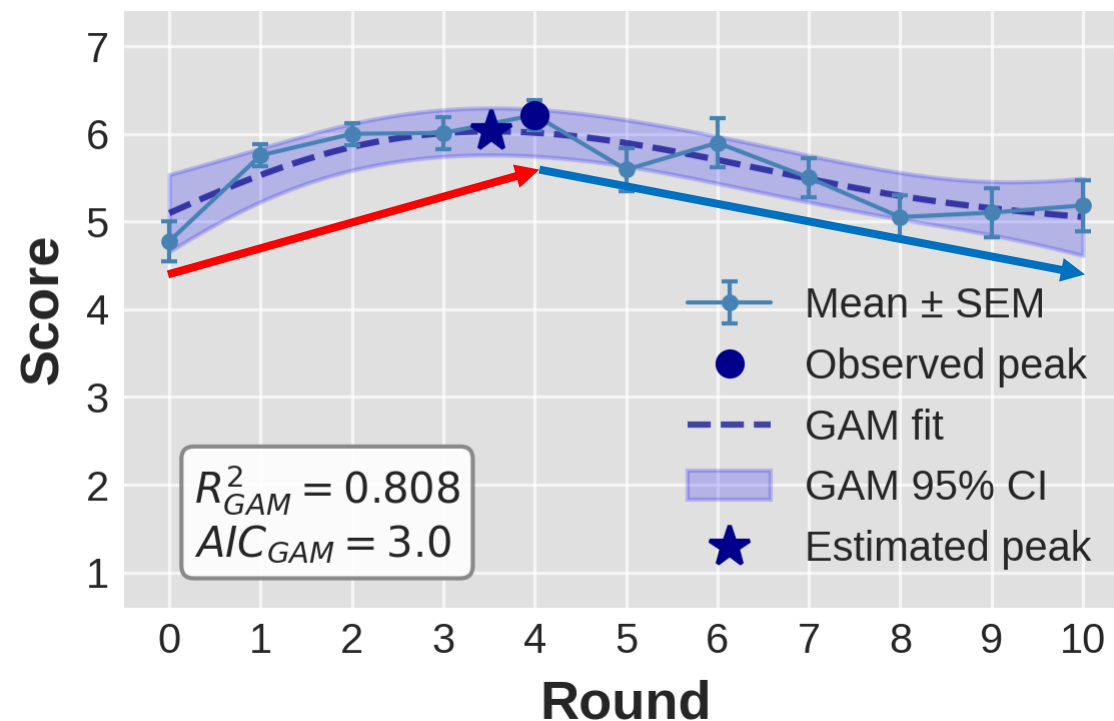
- 移植後40日間は、毎日の最高気温を監視し、常に25℃を超えていることを確認する。
- 水深調節を温度管理手段として活用する。低温期には3～5cmの水深を維持し太陽の熱で保温する。2cm未満の水深は温度ストレスを引き起こすため避ける。
- 最高気温が22度を下回る状態が5日以上連続した場合、分けつ期の重要期間には保温措置を実施する。

反復を重ねすぎると、説明文の質は悪化した。適切な反復数でやめる必要がある

作物学者 (n=12)



大規模言語モデル (n=14)



* 赤池情報量規準が線形回帰の値より2以上小さかった場合に、一般化加法モデルが適用された。

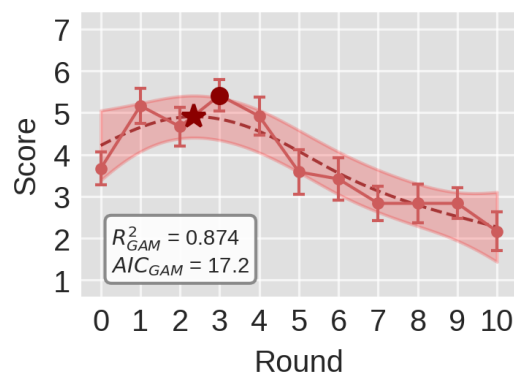
解析結果の不足と冗長さのトレードオフ

初期: 提案に必要な解析結果が不足

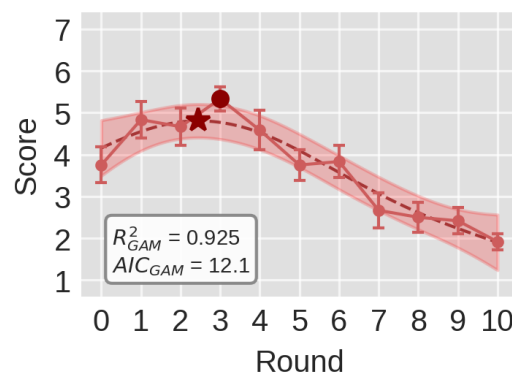
後期: 限られた情報源から大量の解析結果が生成（情報源に基づかない解析結果も）

作物学者 (n=12)

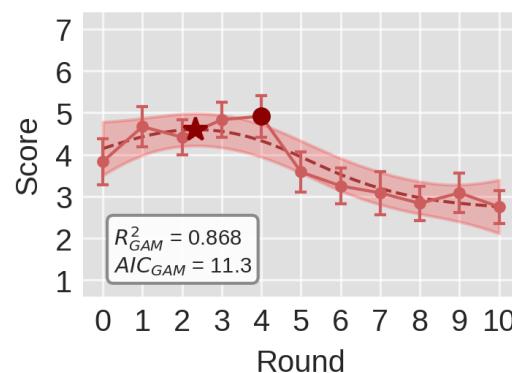
背景情報との適合度



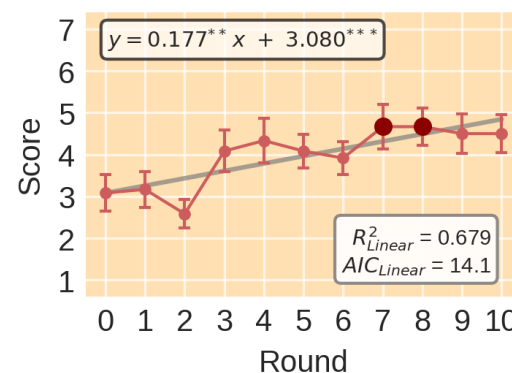
作物学的な信頼性



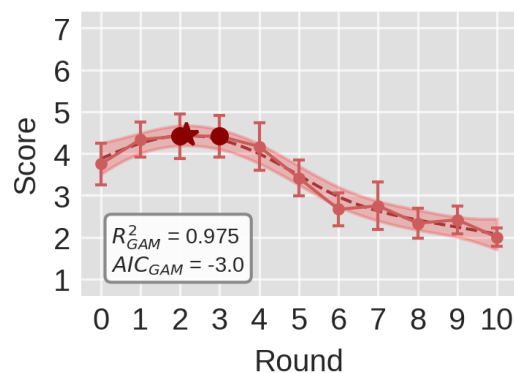
わかりやすさ



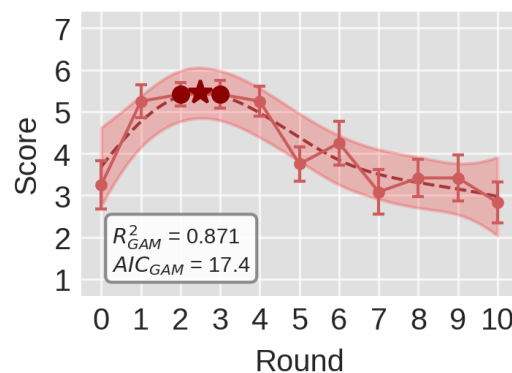
コスト面の考慮



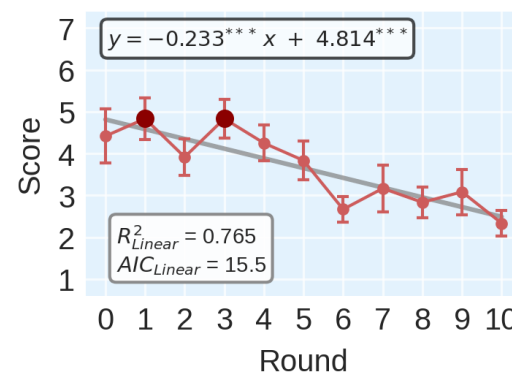
実用性



具体性



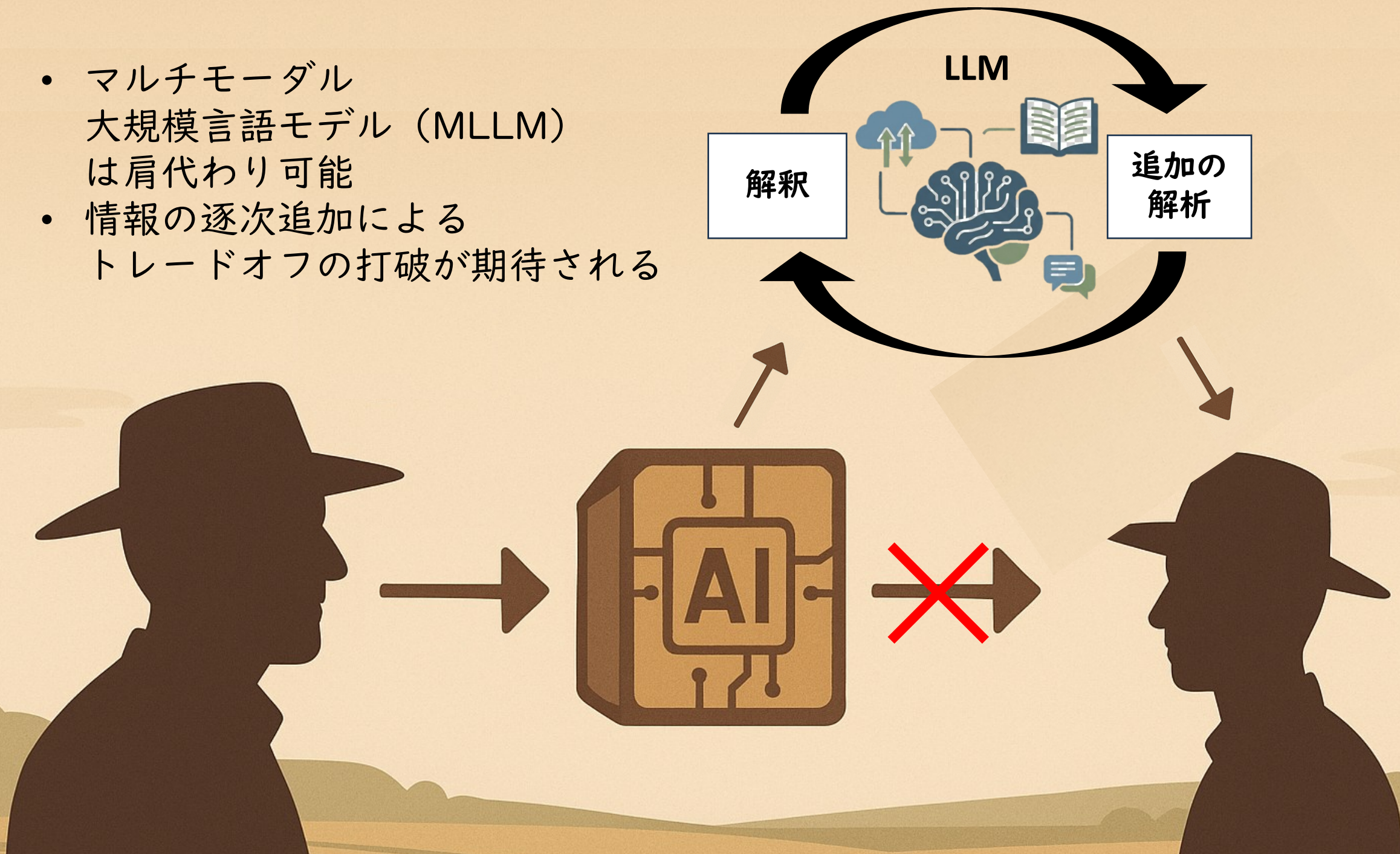
簡潔さ



- Mean $\pm$ SEM
- Observed peak
- GAM fit
- GAM 95% CI
- Estimated peak
- Linear fit

* 赤池情報量規準が線形回帰の値より2以上小さかった場合に、一般化加法モデルが適用された。

- マルチモーダル
大規模言語モデル (MLLM)
は肩代わり可能
- 情報の逐次追加による
トレードオフの打破が期待される

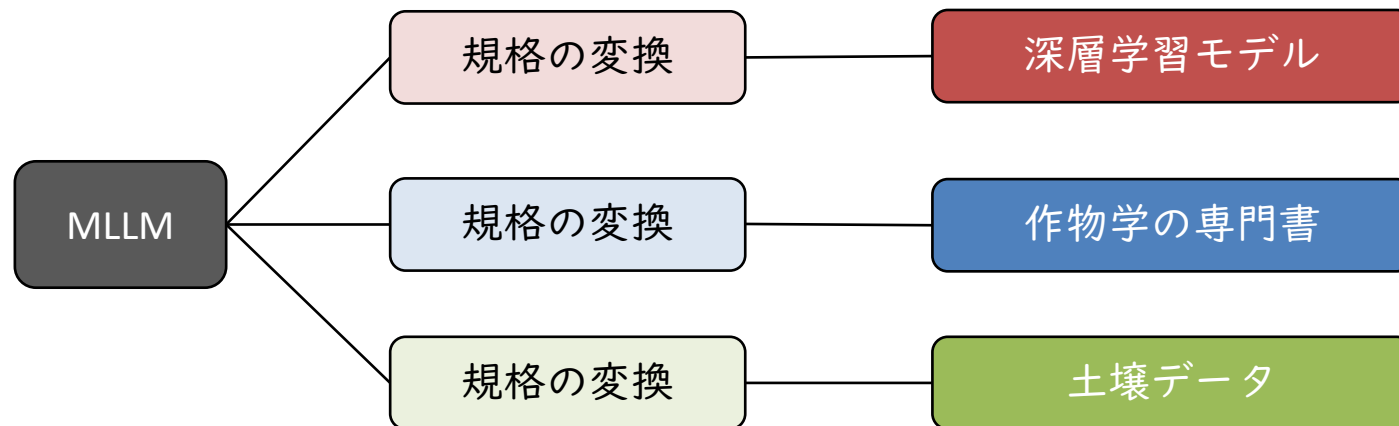


外部からの情報を統合する：Model Context Protocol (MCP) の活用

MCPとは？

Anthropic (2024). Model Context Protocol (MCP). <https://modelcontextprotocol.io/>

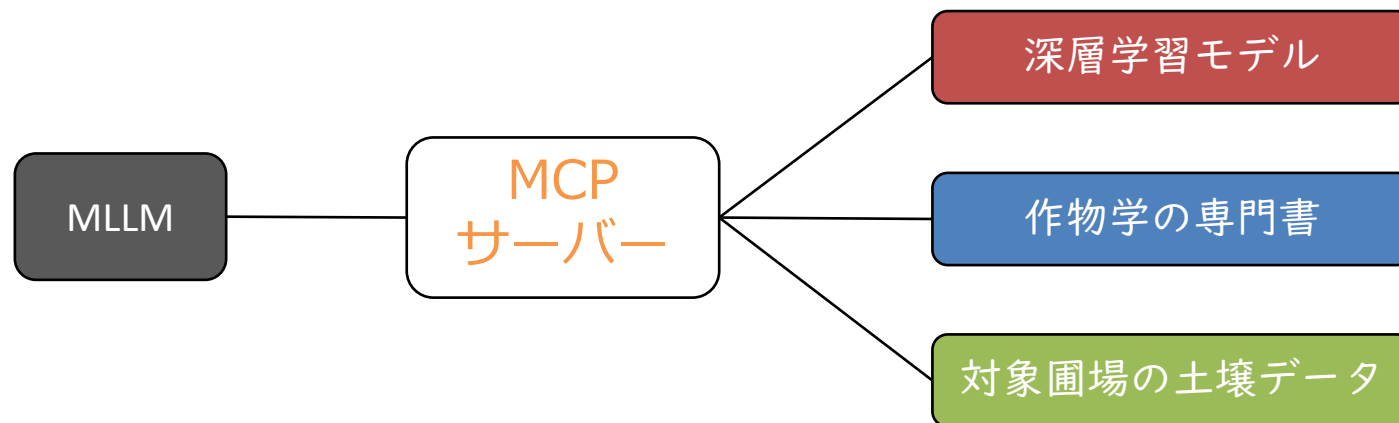
従来：複数のソースからの情報の統合が困難



MCP

LLMが外部のサービスやデータにアクセスする際の規格を共通化

→外部から様々な形式の情報を統合し、回答を生成できる



岐阜県でやりたいこと ～データの掘り起こし～



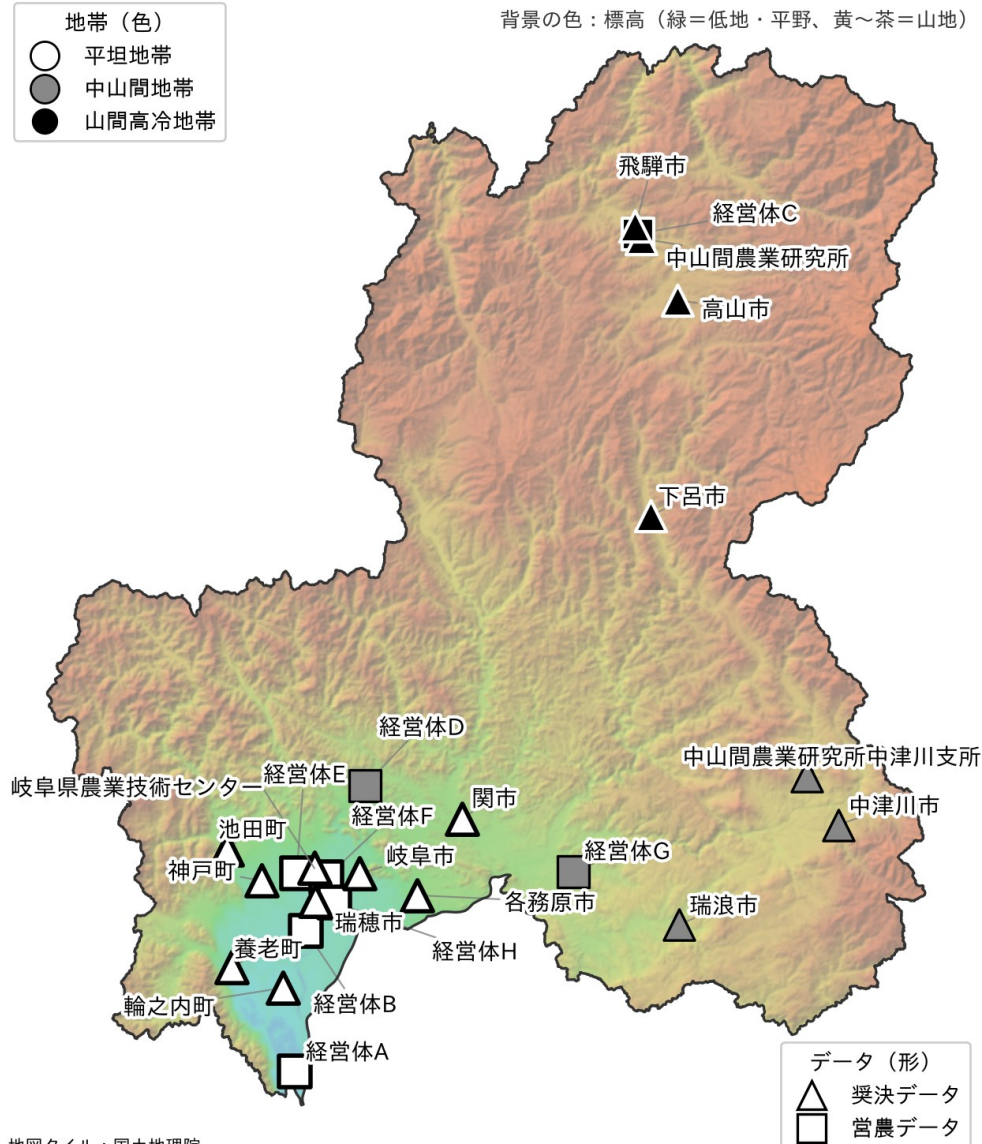
岐阜県内に蓄積されているデータ

農業技術センターで行われてきた奨励品種決定試験のデータ

県内3地点の研究所および20件程度の農家圃場で複数品種を用いた栽培試験のデータが、昭和39年から蓄積されている

岐阜県でやりたいこと ～営農管理ソフトウェアの活用～

岐阜県内のデータ収集地点（奨励品種決定試験・協力経営体）



農家さんが丁寧に記録をつけてさえいれば、勝手に有用なデータ（経験）が集まってくる

期待できること

ある経営体の中で、、、

➤ 生産性の高い圃場と低い圃場では何が違うのか

岐阜県の中で、、

➤ 生産性の高い地域とそうでない地域は何が違うのか

温暖化が進む中で、、