

「データ駆動型育種」を推進する育種APIプラットフォーム

1. 研究の背景と開発目標

研究の背景と必要性

育種集団のゲノムデータや表現型データを用いて、交配組合せの決定や有望個体の選抜を行うデータ駆動型育種には、予測モデリング、関連解析、シミュレーション等の多岐にわたる解析が必要です。しかしながら、この手法を導入するためには、上記の解析を実施することが必要であり、解析の実施が導入の障壁となっています。

技術開発目標

様々な解析を簡単に行えるクラウドサービスを開発し、それによりデータ駆動型育種の導入障壁を取り除き、育種プロセスの効率化と高速化に貢献することを目指しました。

2. 達成した成果の概要

- ①データ駆動型育種に必要な解析ワークフローをサポートするAPIプラットフォームを構築しました（図1）。このプラットフォームを利用することで、タブレット端末などを使って、誰でも簡単に解析を行えます。
- ②開発されたAPIプラットフォームを用いて、ゲノムワイド関連解析（GWAS）により改良しようとする形質の責任遺伝子の位置を推定できます。また、ゲノミック選抜（GS）のための予測モデルを構築して、有望な個体や系統をゲノム情報をもとに選抜することも可能です。
- ③ゲノミック選抜のための予測モデルは、有望な交配組み合わせを予測して選択するためにも利用できます。開発されたAPIプラットフォームを活用することで、交配を行う前に交配組み合わせの有望性を比較することが可能です（図2）。

【具体的成果】

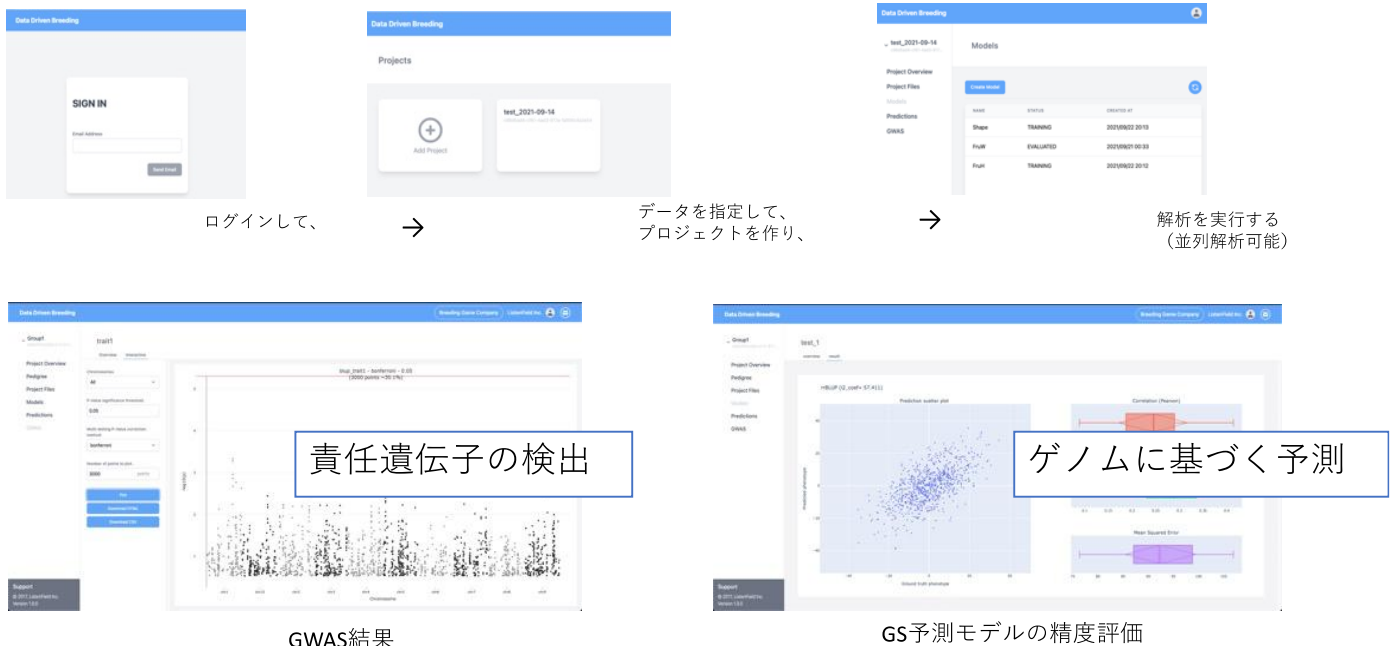


図1. 誰もが簡単に利用できるデータ駆動型育種APIプラットフォームシステムを開発しました。このシステムでは、サーバー側で計算が行われるため、タブレット端末などの携帯デバイスからでも利用することができます。

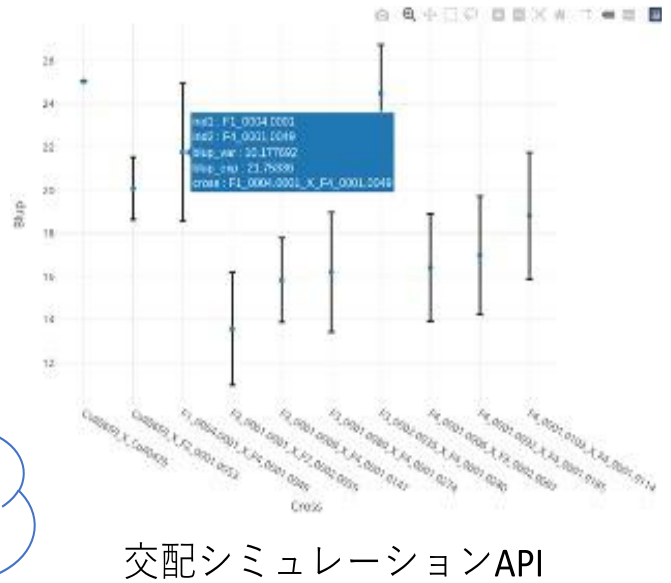
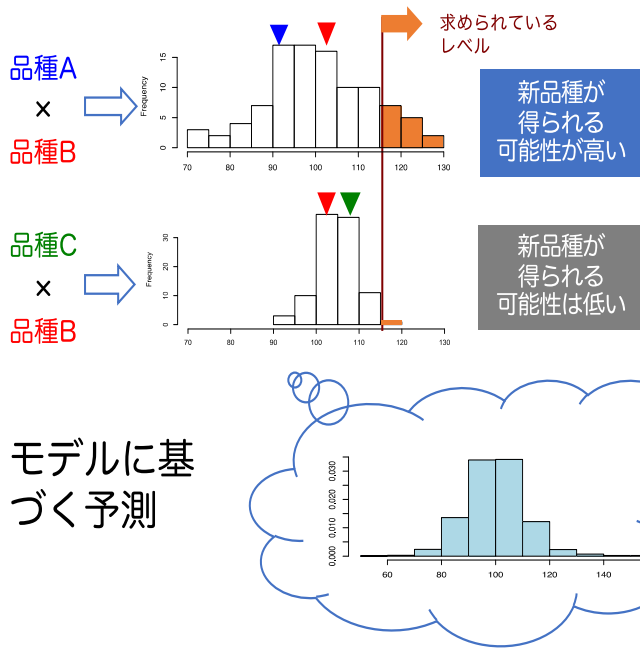


図2. 交配後の子孫の表現型は、親の表現型から直接予測することができません。そこで、ゲノミック選抜(GS)の予測モデルと親のマーカー遺伝子型を基に、交配によって得られる子孫の表現型の分離を予測するためのAPIも開発しました。

3. 社会実装の展望と波及効果

○想定されるユーザー（成果の受け渡し先）と活用方向

食品産業や医薬品産業では、植物が製品生産のための重要な原料として幅広く活用されています。こうした場合、原料として使用される植物の生産性や機能性を効率的に向上させることによって、製品の生産性や機能性の向上が実現されます。開発されたAPIプラットフォームは、さまざまな植物の育種に利用できるため、こうした植物の遺伝的改良にも貢献することが期待されます。

○社会実装の実績

本プロジェクトで構築された育種APIプラットフォームは、ListenField株式会社によって、商用クラウドサービスとして提供されています。

○今後の発展可能性と期待される波及効果

開発されたAPIプラットフォームは、次世代シーケンサーなどを用いた高効率ゲノムデータ解析や、ドローンリモートセンシングなどを用いた高効率表現型データ解析などとシームレスに結びつけて拡張することができます。これにより、データ駆動型育種の実装がより現実的なものとなり、新品種開発の効率化・高速化が実現されます。

研究課題名 : データ駆動型育種プラットフォームの開発と供給
 実施機関 : 東京大学、ListenField株式会社、かずさDNA研究所
 問い合わせ先 : <https://www.listenfield.com/ja/contact> (ListenField株式会社)

データ駆動型育種手法による大果、種なしで食べやすいカンキツ 育種素材の効率的選抜

1. 研究の背景と開発目標

研究の背景と必要性

現在、世界のカンキツ生産国では手で皮がむけて食べやすいマンダリンの生産量が増加しており、特に大果で種なしのマンダリン品種の要望が高まっています。しかし、カンキツ新品種育成には平均22年かかっており、従来の育種では規模拡大や効率化に限界があります。そこで、データ駆動型育種の導入による高品質な新品種の迅速な開発が求められています。

技術開発目標

データ駆動型カンキツ育種基盤の開発と実践により、海外市場をターゲットとした「大果で種なし、高糖度で手で皮をむけるマンダリンタイプの育種素材」を効率的に開発することを目標としました。

2. 達成した成果の概要

- ① 個体間でのゲノムの違いを表す「多型」を網羅的に解析する手法の開発では、育種で利用するカンキツ277品種・系統の全ゲノム解読情報を収集し、データベース化して可視化しました(図1)。このデータベースは、ゲノム全体の多型情報から果実の特性を予測して選抜するゲノミックセレクション(GS)の予測精度の向上や、種なし性などに関連する早期選抜マーカーの開発へ利用できます。
- ② ①で収集した情報を用いて、数多くのカンキツ育種実生個体の「ゲノム多型」情報の効率的な収集が可能となったことから、GSによる特定の果実特性の予測が可能となりました(図2)。
- ③ 種なし性マーカーによる1段階選抜、GSを用いてゲノム多型から予測した果実重とむきやすさ(剥皮性)の予測値による2段階選抜を行い、実際に果実特性を確認して「大果で種がなく、食べやすい高糖度の極晩生有望系統」が選抜できました(図3)。

【具体的成果】

ゲノムの領域
(カンキツには9本染色体がありますが、
どこに多型があるのかを示しています。)

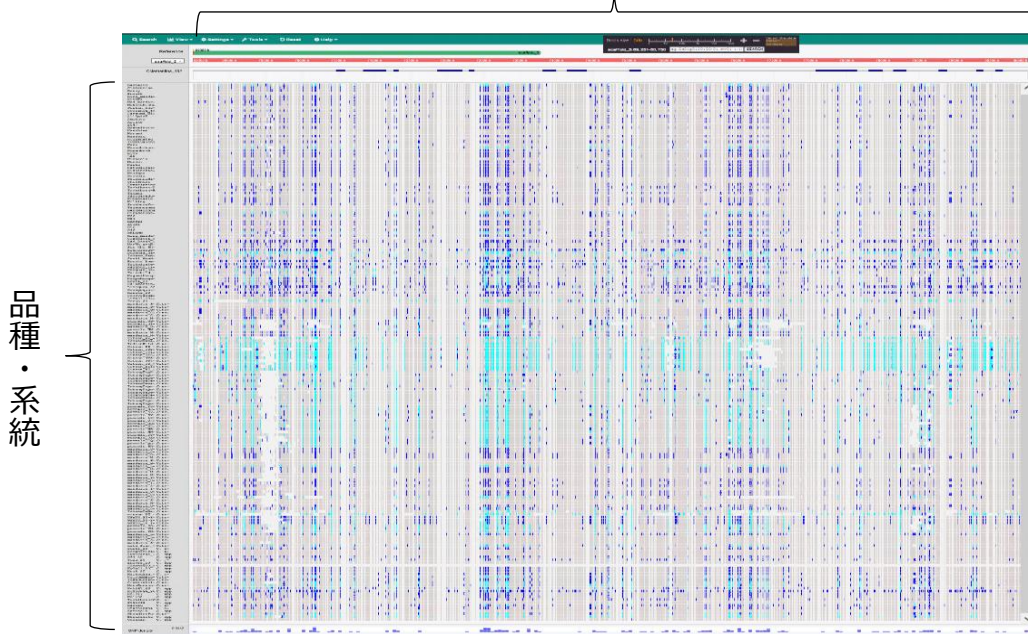


図1. TASUKEによるカンキツ277品種・系統のゲノム全体に分布する約6,300万箇所での「多型」情報のデータベース化と可視化（水色と青色の部分が品種間でゲノムに違いがある箇所）

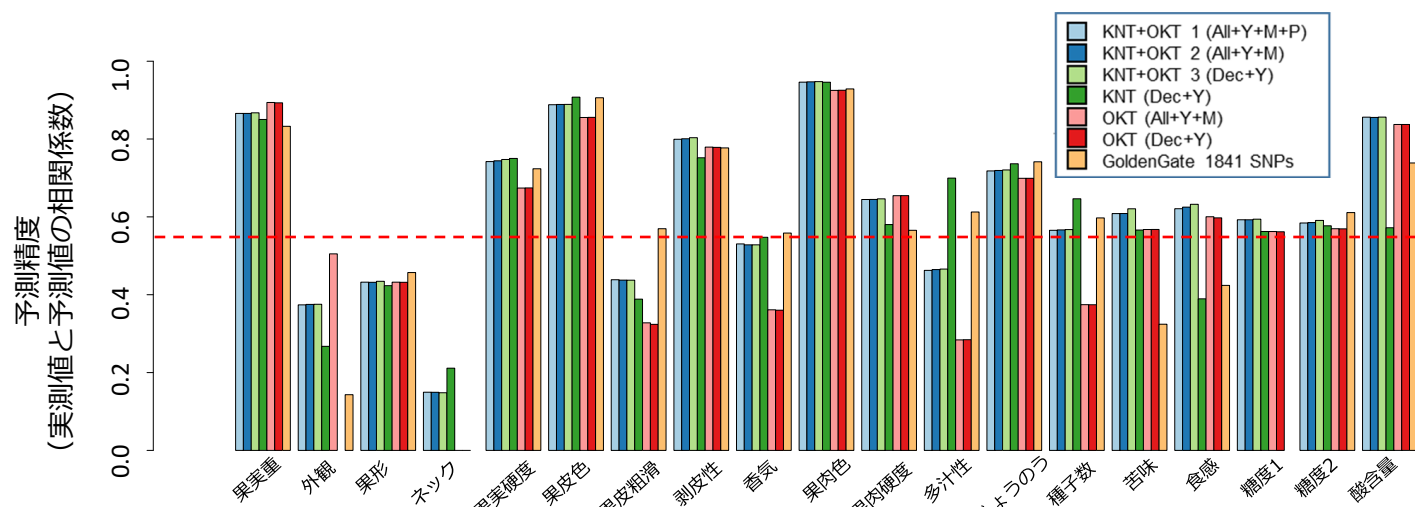


図2. 2拠点 (OKT:静岡県, KNT:長崎県) のデータを統合し、26万箇所のゲノム‘多型’を用いてGSによる19の果実特性の予測精度 (実測値と予測値の相関係数で1.0に近いほど予測精度が高いことを示します。)

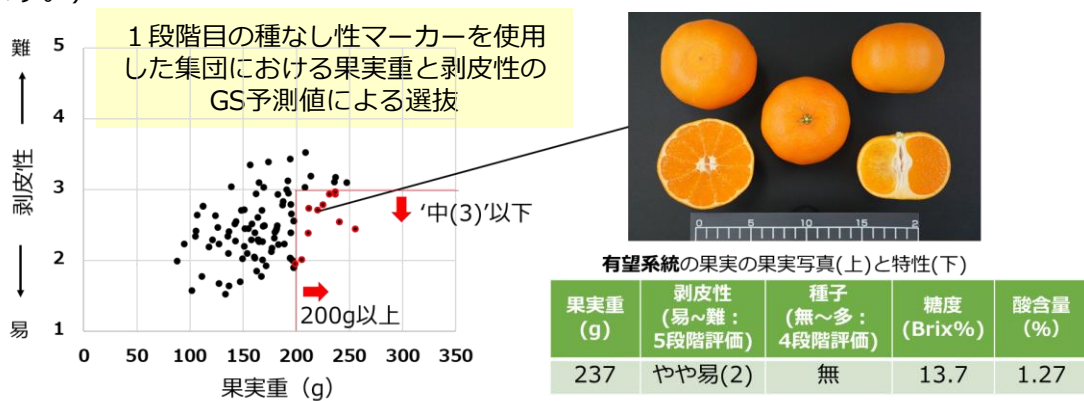


図3. データ駆動型育種を導入した2段階選抜により755+α個体→169個体→11個体と70倍以上の育種規模拡大が達成でき、実際に「大果、種なし高糖度で手で皮がむける有望系統」を選抜できました。

3. 社会実装の展望と波及効果

○想定されるユーザー (成果の受け渡し先) と活用方向

カンキツ277品種・系統のゲノム多型情報を収集したデータベースは知財の確保等ができればカンキツ育種を実施する機関がユーザーとなります。また、開発した育種素材は果実特性以外の収量性や栽培しやすさ、地域適応性を評価したうえでの品種化を目指しており、育成者権等の知財を確保できれば世界のカンキツ生産者がユーザーとなります。

○社会実装の実績

ゲノム多型情報、育種素材ともに知財の確保とそのほかの特性評価が終了していないため、社会実装には至っていません。

○今後の発展可能性と期待される波及効果

高品質化と品種開発期間の短縮、多様なニーズへ同時に対応するのは従来育種では達成が困難ですが、データ駆動型育種の基盤構築と実践により、例えば地球温暖化に対応するすぐれたカンキツ品種の迅速な開発に反映できます。また、ここで開発した手法は他の作物にも応用可能なため、他作物へのデータ駆動型育種の実装に貢献します。

研究課題名 : 大果、種なしで食べやすいカンキツ新品種の効率的育成
 実施機関 : 農研機構・果樹茶業研究部門、熊本県、和歌山県
 問い合わせ先 : (電話番号) 029-838-6416 (農研機構・果樹茶業研究部門)

DNA情報利用により、加工に適した縦長タマネギを効率的に育成

1. 研究の背景と開発目標

研究の背景と必要性

タマネギは輸入量が最も多い野菜であり、輸入品の全てと国産の約6割が加工業務用に使用されています。加工用には縦長の球形が適しています。丸型に比べて、加工時の切断部が少なく、歩留まりが高いためです(図1)。しかし、球の形は栽培環境によって変動しやすいため、従来の見た目(表現型)での育種選抜では、安定して縦長になる系統の育成は困難でした。そこで、形などの特性を決める設計図であるDNA情報の利用が必要になります。

技術開発目標

DNA情報を利用した育種選抜により縦長性の優れた系統・品種を育成すること、を目標としました。タマネギのDNA情報の効率的に解析する手法を開発し、それにより取得したDNA情報から縦長性の優れた個体を選抜し、系統を育成します。

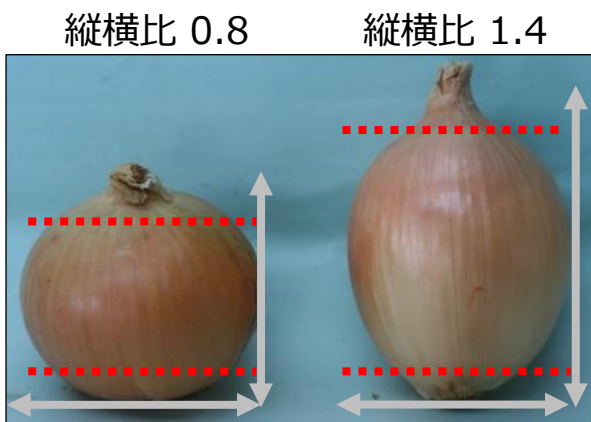
2. 達成した成果の概要

①タマネギの染色体全体のDNA情報を効率的に解析する手法を開発

- ・染色体全体に均一に分布するように目印(マーカー)を配置し、それらのマーカーのDNA情報を多数の個体でまとめて一度に解析する手法を開発しました。
- ・タマネギは染色体全体のDNA総量が非常に大きい野菜(トマトの約16倍)であり、多数の個体での染色体全体のDNA解析は困難でしたが、開発した手法でこの問題を解決しました。
- ・DNA情報に基づいて標的形質が優れた個体を選抜できるようになりました。

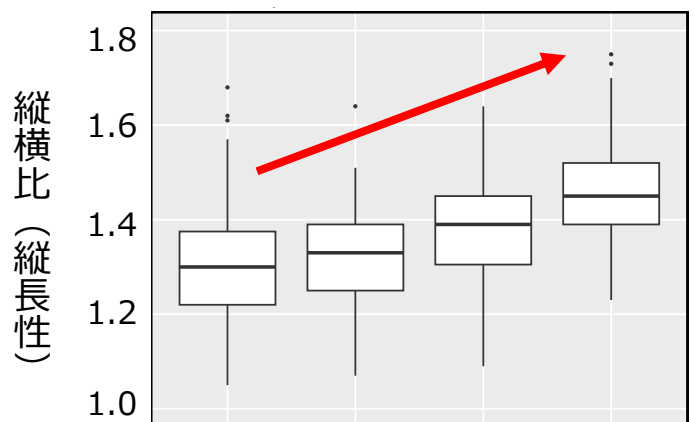
②DNA情報を利用して縦長性に優れた系統を育成

- ・球の形にバラツキがある育種素材の中から、①を用いて取得したDNA情報に基づいて、縦長になる遺伝的能力が高い個体を選抜し、系統を育成しました。
- ・DNAで選抜した系統は、見た目で縦長個体を選抜した系統(表現型選抜)よりも、縦長性が優れており、より効率的に縦長性を改良できました(図2)。



赤点線：加工時の切断部分。縦横比が大きい球は切断部が小さく、歩留まり高

図1 球形の違いによる加工歩留まり



(系統) 育種素材 表現型選抜 DNA選抜1 DNA選抜2

図2 DNA選抜により縦長性を改良

③選抜系統を用いて育成したF1でも縦長性が優れることを確認

- ・タマネギでは、異なる系統同士を交配させた雑種（F1）が品種として販売・栽培されています。
- ・民間種苗会社が保有する系統（メス親）に、②でDNA選抜する前と後のオス親系統をそれぞれ掛け合わせたF1を比較したところ、DNA選抜後のオス親とのF1の方が、縦長性が優れてました。

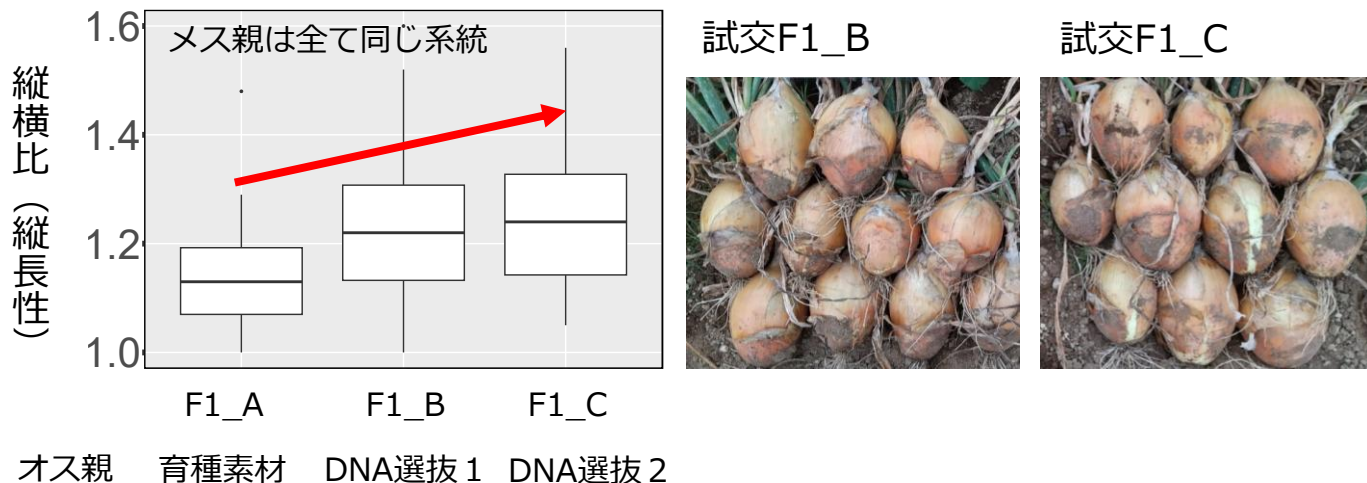


図3 実用化に向けた試交F1 での縦長性

3. 社会実装の展望と波及効果

○想定されるユーザー（成果の受け渡し先）と活用方向

開発したタマネギのDNA解析手法、マーカー情報は論文として公開しており (Sekine et al., 2022, DNA Research)、大学等での研究開発や種苗会社での育種選抜で利用されることが想定されます。育成した縦長系統は、種苗会社とのF1品種の育成に活用します。

○社会実装の実績

当初から種苗会社と共同で進めており、社会実装に向けた品種化の栽培試験を実施中です。

○今後の発展可能性と期待される波及効果

縦長性に優れたF1品種の育成や普及により、加工時の歩留まりが高いという縦長の優位性が広く浸透することで、産地への導入が進み、加工業務向けの生産拡大が期待できます。また、収穫時期などの特性が異なる縦長性品種の育成が進むことで、さらなる生産拡大が期待できます。

研究課題名 : 加工適性の高いタマネギ系統の開発

実施機関 : 農研機構・東北農業研究センター、同野菜花き研究部門、
カネコ種苗株式会社、株式会社渡辺採種場

問い合わせ先 : (電話番号) 019-643-3414 (農研機構・東北農業研究センター)

イチゴのデータ駆動型育種法の確立と販路拡大と市場価値を向上するイチゴ育種素材の作出

1. 研究の背景と開発目標

研究の背景と必要性

イチゴの生産量は世界で増え続けており、農業生産におけるイチゴの重要性が増しています。日本のイチゴ品種は優れた果実品質を持っていることから、特にアジア諸国においても人気ですが、最近では中国や韓国をなどの近隣諸国においても品種育成が活発に行われています。現在の日本の品種育成は国内の優良品種をもとに行われているため、利用されている優良な遺伝子が限られている点が指摘されています。

技術開発目標

新たな素材を品種育成に用いることで、利用できる遺伝子の種類を増やすことができますが、同時に不良な形質を引き起こしてしまうというリスクが生じます。そこで、データ駆動型育種により、リスクを低減しつつ、新たな素材からより良い品種を育成するための育種素材を開発しました。

2. 達成した成果の概要

①イチゴのデータ駆動型育種法の標準化

1年に2回選抜を行なうイチゴのデータ駆動型育種法の実証を行いながら、各要素技術の標準化を進め、イチゴのデータ駆動型育種におけるGenotyping法の確立などを行いました。

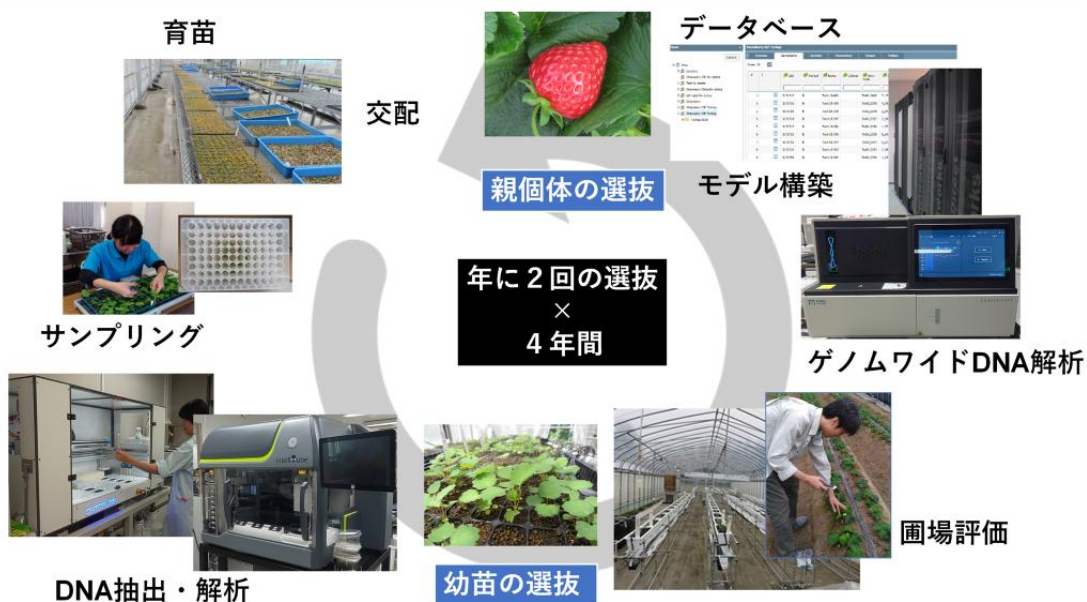
②販路拡大と市場価値向上を実現するイチゴ育種素材の開発

複数の形質を同時に選抜する手法を検討し、果実硬度、糖度、果重、草勢、耐病性など、対象とする形質を改良し、有望なイチゴ育種素材を開発しました。

【具体的成果】

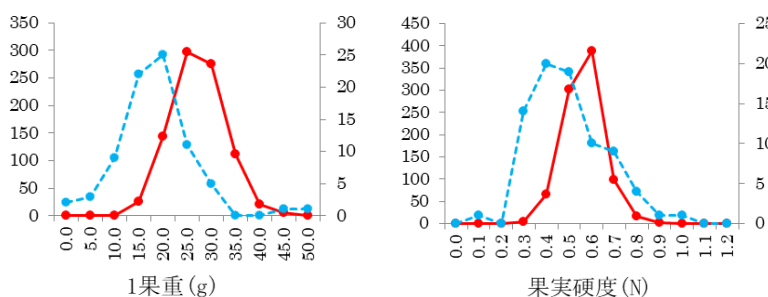
①イチゴのデータ駆動型育種法の標準化

これまででは、圃場に定植したイチゴの生育の状態や病気の発生程度、果実の収量や品質などを観察して、優れた形質を持つ個体を選ぶことで品種開発をおこなってきました。新たに確立したデータ駆動型育種では従来の選抜方法に加えて、苗の段階でDNA情報から優れた個体を選ぶことで、選抜の効率を高めています。



②販路拡大と市場価値向上を実現するイチゴ育種素材の開発

本プロジェクトに参加した5つのイチゴ育種機関において、それぞれ独自の集団を用いて確立したデータ駆動型育種法による選抜の実証試験を行いました。その結果、果実硬度、糖度、果重、草勢、耐病性などが改良された育種素材を開発することができました。



選抜前（青点線・第0世代）と選抜後（赤実線・第3世代）の集団の値の比較（野菜花き研）。左図：1果実重、右図：果実硬度。左軸：第3世代の個体数、右軸：第0世代の個体数。



開発した育種素材の写真

上段：果実の写真（左：福岡県、右：栃木県）左下：育苗の様子（千葉県）、右下：着果状況（東北農研）

3. 社会実装の展望と波及効果

○想定されるユーザー（成果の受け渡し先）と活用方向

確立したイチゴのデータ駆動型育種の手法については、全国のイチゴ育種機関で活用できます。また、本プロジェクトにおいて開発した系統は、各育種場所においてイチゴ育種の素材として用いられます。

○社会実装の実績

データ駆動型育種に活用するための大規模遺伝子型解析技術については、果樹等のイチゴ以外の品目においても活用されています。また、開発したイチゴ育種素材を用いて品種育成を実施中です。

○今後の発展可能性と期待される波及効果

従来品種のもつ優れた果実品質に加え、果実硬度を改良することで、イチゴの輸送適性が向上し販路を拡大することができます。また、四季成り品種の改良を行うことで、販売時期の拡大が期待できます。データ駆動型育種法を普及することで、優れた品種の開発効率を向上させ、日本のイチゴ生産の活性化に貢献します。

研究課題名：販路拡大と市場価値向上を実現するイチゴ育種素材の開発

実施機関：かずさDNA研究所、農研機構・野菜花き研究部門、農研機構・東北農業研究センター、福岡県農林業総合試験場、栃木県農業試験場、千葉県農林総合研究センター、明治大学

問い合わせ先：（電話番号）0438-52-3900（かずさDNA研究所）