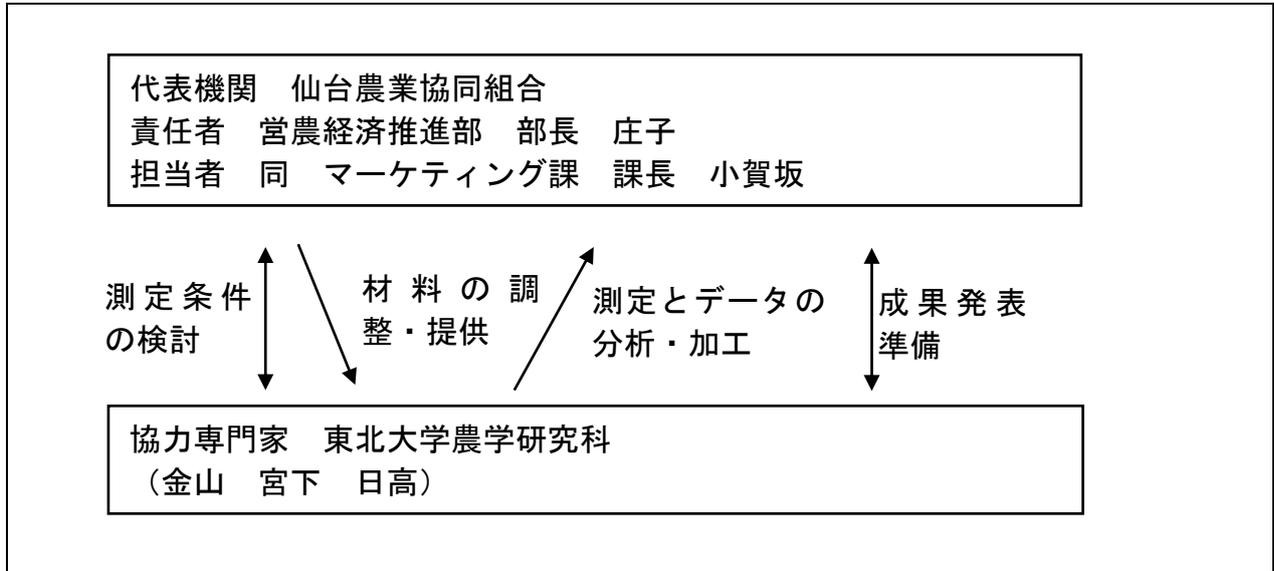


「仙台市放射光施設活用事例創出事業（トライアルユース事業）」 成果報告書詳細

1 課題名

仙台産大豆及び枝豆の美味しさの要因解析

2 測定にあたっての体制（社外委託先を含め記載）



3 背景と測定目的

○背景

宮城県は全国有数の米どころであるが、大豆も北海道に次ぎ全国第2位の生産量を誇り、水田農業が主体である仙台市においても主要な農産物である。

当組合では、仙台市農商工連携新商品等開発支援事業やクラウドファンディングを活用しながら、震災復興と認知度向上を目的として大豆のブランド化に取り組んできた。

開発した商品は、当初は仙台駅や仙台空港等で仙台のお土産として販売してもらい、最近では卸会社を通じて全国の量販店やセレクトショップで販売を展開している。

この取り組みは平成27年度の食材王国みやぎ推進優良活動表彰で特別賞、日本農業新聞の第15回一村逸品大賞で大賞等を受賞し社会的にも評価を頂いてきた。

原料の大豆についても製造業者や消費者の間で評価が上がってきている。商品開発に使用している品種はミヤギシロメという品種であるが、他の品種と比較して官能評価は高いが客観的な根拠までは明らかになっていない。

また、未成熟大豆である枝豆について、仙台市では、生産現場と消費地が近いという立地を最大限に生かすために、「仙台枝豆プロジェクト」を進めている。「仙台枝豆プロジェクト」は、仙台産枝豆の高付加価値化により農業者の収益向上を図る取り組みである。生産方法、流通システムを確立し、高品質な枝豆を提供する仕組みの構築により、仙台産枝豆をブランド化し、仙台の新たな特産品にすることを目指している。市内飲食店等と連携してPRすることで、地域経済の活性化を図っている（仙台市HPより抜粋）。

枝豆は7月上旬から9月下旬までの長い期間出荷されるが、その間に早生から晩生まで多くの品種がある。それぞれの味の特徴は異なるが、美味しさの指標は確立されておらず、消費者が品種ま

で意識することが少ないように思われる。

以上のように、大豆及び枝豆の食味に対する科学的指標は未だ確立していない。甘さについては糖度や糖組成により容易に測定可能であるが、特に、香りなどにかかわる熟度、さらに物理性（テクスチャー）に関わる食感の評価は難しく、その原因の1つとして、内部構造を非破壊で観察する方法がなかったことが挙げられる。

○目的

上記の背景に基づいて、本トライアルでは、枝豆の美味しさの要因解析に焦点を絞って、内部構造を非破壊で測定する。今回は特に、X線位相コントラストを用いたイメージングにより内部構造を見える化し、硬さとの関係を検討することにより、美味しさの見える化のための基礎的知見を得ることを目的とした。

4 測定方法（測定手法、測定セットアップ、使用ビームラインなど）

○材料

半製品として販売されているミヤギシロメ冷凍ゆでむき枝豆（莢つきのまま2分程度ボイルし、莢を取り除いて冷凍したもの）を流水解凍した。これを4%食塩水で追加ボイル後、氷水で急速に冷やしたものを測定材料とした。これらのサンプルについては、機器を用いた貫入試験において硬さの指標となる破断応力等や人による官能評価による食感の評価を予備的に実施した。

JA仙台 ゆでむき枝豆
(2分塩ゆで後、莢をむいて冷凍)
を流水解凍。



沸騰している4%食塩水で茹で、
氷水にとる。以降冷蔵保存。



硬さ等の機器分
析と官能評価



X線CT
@SPring-8



○測定方法

枝豆サンプルは脱気処理後アガロースゲル中に包埋し、SPring-8のビームライン BL20B2でX線位相コントラスト像を取得した。より具体的には、包埋した枝豆を1分間におよそ3°という非常にゆっくりとした速さで回転させながら1サンプルにつき約5,000枚、180°（半回転）分の透過X線像を取得し、これをコンピュータ上で再構成することでサンプル組織内構造を非破壊的に知るものである。今回はなるべく高い解像度を得るため測定は胚軸側の約5mmの領域についてのみ行った。

5 結果および考察（代表的なグラフや図を用いて分かりやすく説明すること）

図1のような装置でX線位相差CT像を測定した。

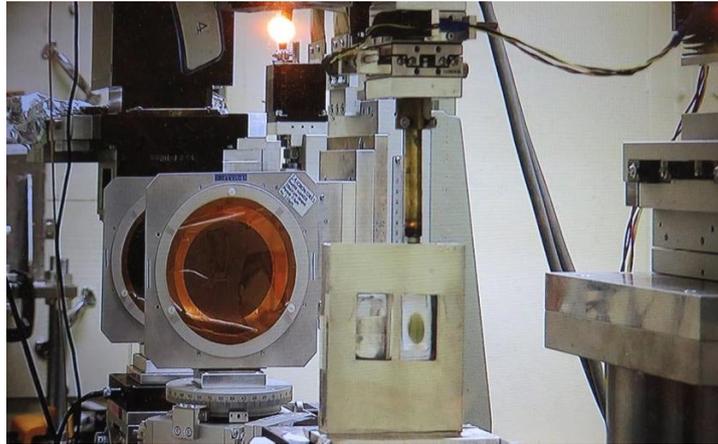


図1：SPring-8でのX線位相差CTによる枝豆サンプル非破壊測定

その結果、枝豆の内部構造を明瞭な二次元画像としてデータ化することができた（図2）。肉眼で見える子葉、根や茎となる部分やそれらを覆っている種皮に加えて、特に、子葉間の溝、可食部である子葉の内部に生じた亀裂のような構造、最外層の種皮の内側に存在する薄膜などを解像度よく可視化することに成功した。これらの構造やX線の吸収レベルなどが、硬さをはじめとする食感に影響を与えているのではないかと考えている。

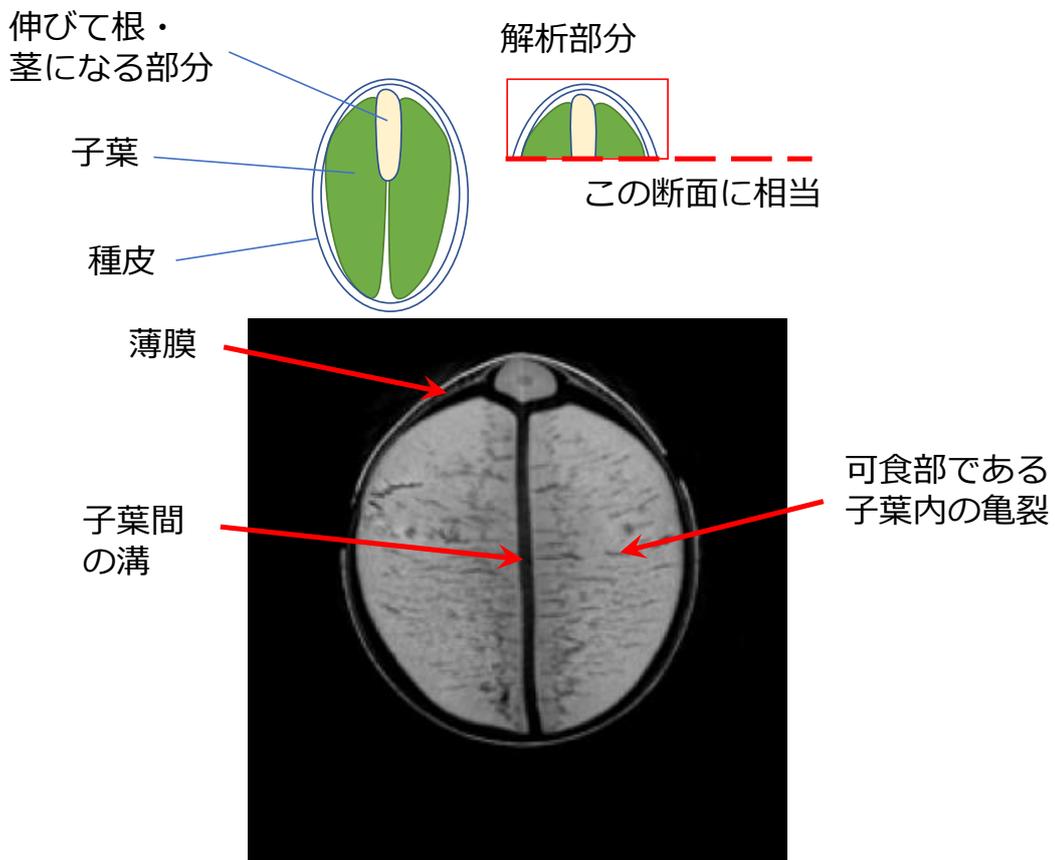


図2：枝豆の位相差X線CT像

上記の2次元画像を重ね合わせて3次元画像を作成した(図3)。3次元画像より、子葉間の溝の広がりや0.3mm程度であることがわかった。また、可食部の亀裂が0.04mm×1mm程度の線状で、子葉間の溝から外側方向に生成している様子が観察された。これらの子葉間の溝の広がりや可食部の亀裂が美味しさにどのように影響するか、今後の検討が求められる。

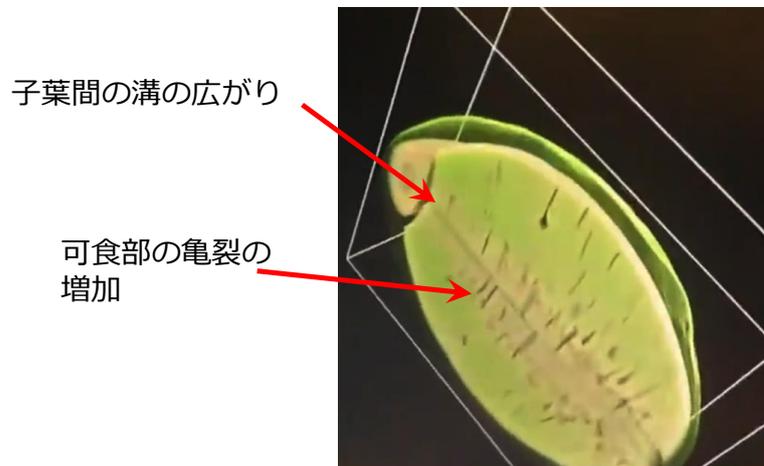


図3：測定データをもとに再構成された枝豆3D構造

食感はテクスチャーとも言い換えることができ、単純な硬さのみで決定されるものではなく、物性を測定する機器分析や人による官能評価によって示される様々な要素が関わっている。図4のような機器分析データと、X線分析の結果を総合的に解析することで、美味しさを左右する食感やテクスチャーを科学的に示すことができると考えられた。

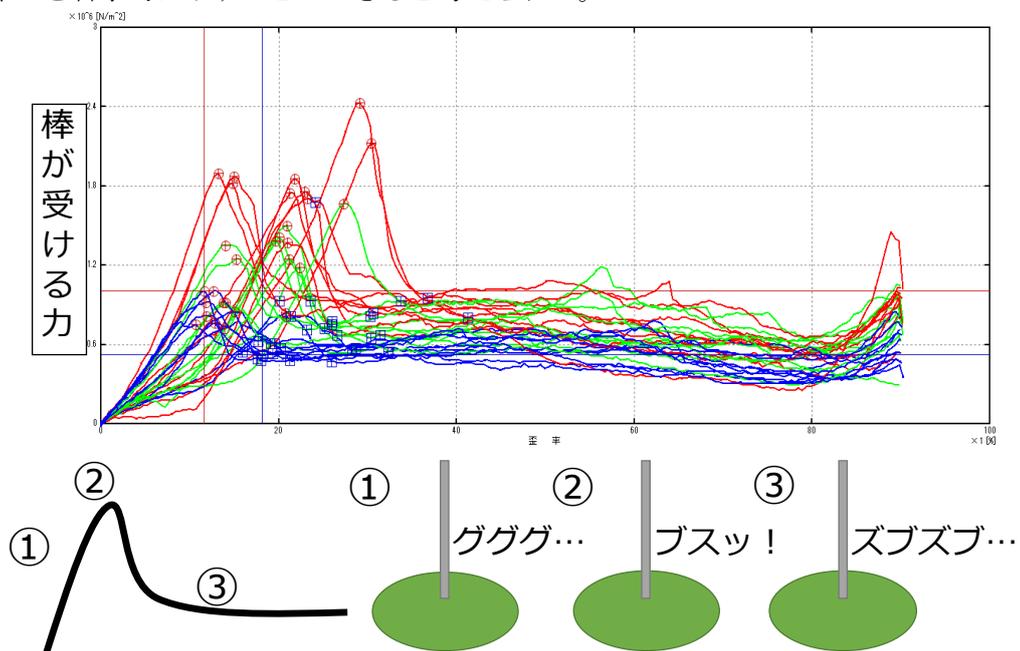


図4：機器による硬さの分析（協力；東北大学農学研究科 藤井教授）

今後、図2や図3のデータと図4のデータや官能評価等を組み合わせて、美味しさや食感（テクスチャー）を定量的に評価できるように検討を進めていくことが求められる。

6 今後の課題

○測定上の課題

画像データは、比較対象とする先行研究が存在しないため、画像で見えているものが何であるのか検証する必要がある。今後は、画像解析だけではなく、物理測定、散乱測定、元素分析などの手法を組み合わせることによって、X線CTで見えてきたものを理解していく必要がある。

今回解析対象とした枝豆のように、収穫後の加工工程の少ない農業生産物を解析した例は多くない。今回観察されたものと同様の組織中の亀裂は他の農業生産物でも見られる可能性があり、これについて検討する必要がある。また、このような亀裂を観察するために必要な解像度やサンプルの大きさについても最適化の検討が必要である。今回は枝豆粒の一部のみの観察に1時間弱を要したが、解像度を1/3程度に下げることによって観察範囲を枝豆粒全体に広げたり、逆に観察範囲を狭めることでより多検体について解析が行えるようになってきたりすると考えられる。

○放射光の活用に関する課題

今回の非破壊測定で観察した子葉間の溝の幅や亀裂の大きさ・多寡は、咀嚼時に枝豆の組織がどのように崩れるかと相関があり、品種や調理方法で異なるものと考えられる。今後これについて放射光を用いてさらに検討するとともに、官能試験における客観的評価（例えば硬さなど）および主観的評価（例えば舌触りが良い／悪いなど）の結果と関連づけることで、好みやシーンに合わせた品種や調理方法を科学的エビデンスに基づいて提案できる可能性がある。

本研究により、評価が難しい大豆や枝豆の美味しさについて、科学的エビデンスに基づいた指標を示すことができるため、品種改良や生産、流通における技術開発に活用することによる品質の飛躍的向上が見込める。仙台市において、大豆の生産面積は平成30年度で663.5haにも及ぶ。本研究において、枝豆をはじめとした大豆の評価が高まれば多くの生産農家に対する波及効果が期待される。

放射光施設を活用した枝豆の美味しさの非破壊評価による見える化は、世界初の事例であると考えられることから、本トライアルで開発した技術を背景とすることによって、先端科学のエビデンスを基盤とした新たなブランド化戦略を立案できる。今回得られた枝豆の放射光データについては、上述のような測定上の課題を解決することができれば、美味しさの評価基準として確立して活用することがその後の課題となる。具体的には、品種改良、栽培方法、保存や加工技術に活用するとともに、地域ブランドのアピールへの利用などが考えられる。また、本技術は、仙台で重要ないちご等にも利用できるため、産地化やブランド化が期待される品目への応用も、将来的な課題と言える。本トライアルで得られた知見をまとめると、枝豆をはじめとした青果物の美味しさの見える化は十分に可能であると結論づけることができる。

7 参考文献

古谷規行・野村知未・大谷貴美子・松井元子. 丹波黒大豆エダマメにおける食味評価法の開発. 園学研. 11: 309-314. 2012.

古谷規行・小川昂志・三村 裕・山崎むつみ. 丹波黒大豆系エダマメ新品種‘紫ずきん3号’の育成. 園学研. 14: 403-408. 2015.