



## ラッカセイ栽培種のゲノム配列を解読しました

### ～品種改良の加速化に期待～

5月1日に Nature Genetics 誌にてオンライン公開

令和元年5月10日

公益財団法人 かずさDNA研究所

- ◇ かずさDNA研究所は、米国ジョージア大学など8カ国25大学・研究機関との共同研究で、ラッカセイ栽培種（品種名：Tifrunner）を解読しました。
- ◇ ラッカセイ栽培種は2つの異なるゲノムを持つ異質四倍体です。それぞれのゲノムを持つ二倍体祖先種のゲノム配列は2016年に解読が完了していますが（2016年2月23日かずさDNA研究所プレスリリース）、栽培種自体のゲノム解読は行われていませんでした。
- ◇ 近年実用化された第3世代シーケンサーや細胞核内のゲノムの立体構造に着目した新しい分析法などの新しい技術により、異質四倍体であるラッカセイ栽培種の複雑なゲノムを解読することに成功しました。
- ◇ 日本を含む世界各地のラッカセイ品種の解析により、ラッカセイ栽培種は単一の起源をもつことが示されました。
- ◇ 研究成果は、国際科学雑誌 Nature Genetics に5月1日付でオンライン公開されました。

研究体制：米国：ジョージア大学（応用遺伝技術センター、植物育種遺伝学ゲノミクス研究所、農学部、植物病理学科、園芸学科）、ハドソンアルファ・バイオ技術研究所、ベイラー医科大学ゲノム構築センター、アイオワ州立大学（部門間遺伝学研究科プログラム、コンピュータサイエンス学科）、国立ゲノムセンター、農務省農業研究サービス（作物保護管理研究ユニット、農作物遺伝育種研究ユニット、ゲノム・バイオインフォマティクス研究ユニット、トウモロコシ昆虫および作物遺伝学研究ユニット）、カリフォルニア大学デイビス校、エネルギー省共同ゲノム研究所、アルゼンチン：ノースイースト国立大学、サミュエル・ロバーツ・ノーブル財団研究所、インド：半乾燥熱帯国際作物研究所（ICRISAT）、フランス：ペルピニャン-ヴィア・ドミティア大学、ペルピニャン大学、韓国：LG Chem R&Dセンター、ブラジル：ブラジル農牧研究公社、中国：河南農業科学アカデミー、農業農務省

#### <報道に関すること>

公益財団法人かずさDNA研究所 広報・研究推進グループ

TEL：0438-52-3930

#### <研究に関すること>

公益財団法人かずさDNA研究所 植物ゲノム・遺伝学研究室

主任研究員 白澤 健太（しらすわ けんた） TEL：0438-52-3935\*

\*5月10日は担当者不在のため、広報・研究推進グループにて取次いたします。

TEL：0438-52-3930

## 1. 背景

ラッカセイ栽培種 (*Arachis hypogaea*)は、ひとつの細胞の中に2種類のゲノム\*<sup>1</sup> (AゲノムとBゲノム)をもつ異質四倍体\*<sup>2</sup>です。ラッカセイ栽培種のゲノムを理解するための基礎として、Aゲノムをもつラッカセイ祖先種 (*A. duranensis*) と、Bゲノムをもつラッカセイ祖先種 (*A. ipaënsis*) のゲノムは2016年に解読が行われましたが(2016年2月23日かずさDNA研究所プレスリリース)、栽培種のゲノム解読は行われていませんでした。現在DNA配列の解析に多用されている次世代(第2世代)シーケンサー\*<sup>3</sup>では、一度に読み取れるDNAの長さが数百塩基と短いため、異質四倍体のような複雑なゲノムの解読には向いていないことがその理由です。

近年実用化された第3世代シーケンサー\*<sup>4</sup>は第2世代シーケンサーに比べて一度に長いDNA(数万塩基)を解読できる利点があります。さらに、細胞核内におけるゲノムの立体構造に着目したHi-C分析法\*<sup>5</sup>が開発され、染色体レベルでのゲノム解読が可能になりました。今回、これらの技術を利用することで、ラッカセイ栽培種の複雑なゲノムを解読することに成功しました。

本研究でかずさDNA研究所は、日本の品種(千葉半立、ナカテユタカ、YI-0311、郷の香、金時)の配列データを提供しました。

## 2. 研究成果の概要と意義

- ① 米国で育成され遺伝解析に利用されているラッカセイ品種 Tifrunner (ティフランナー)のゲノムを解析しました(写真、図1)。
- ② 日本の品種(千葉半立、ナカテユタカ、YI-0311、郷の香、金時)を含む世界中の200以上の品種・系統の配列データを解析し、栽培化におけるゲノムの変化を検討しました。
- ③ ラッカセイ栽培種のゲノムは、トランスポゾンの転移や欠失等の変異により進化していました。
- ④ ラッカセイ栽培種に共通したAゲノムとBゲノム間の乗換え(2015年2月20日かずさDNA研究所プレスリリース:図2)が見つかり、ラッカセイ栽培種は単一の起源をもつことが示されました。異質倍数体ならではのゲノム進化が、植物の栽培化の原動力となっているのだと考えられます。

## 3. 将来の波及効果

- ① ゲノム情報をもとにした育種が可能になり、新品種の育成が加速されます。
- ② 本研究で見出されたゲノム進化の考え方に基づいて、高次倍数性という現象が栽培化作物に多く見られる理由についての理解が深まると期待されます。

この研究の一部は、かずさDNA研究所の助成によって行われました。

論文タイトル : The genome sequence of segmental allotetraploid peanut *Arachis hypogaea*.

著者 : Bertoli DJ, Jenkins J, Clevenger J, Gao D, Dudchenko O, Seijo G, Leal-Bertioli S, Ren L, Farmer A, Pandey MK, Samoluk S, Abernathy B, Agarwal G, Ballen C, Cameron C, Campbell J, Chavarro C, Chitikineni A, Chu Y, Dash S, Elbaidouri M, Guo B, Huang W, Kim KD, Korani W, Lanciano S, Lui CG, Mirouze M, Moretzsohn CM, Pham M, Shin JH, Shirasawa K, Sinharoy S, Sreedasyam A, Weeks NT, Zhang XY, Zheng Z, Sun ZQ, Froenicke L, Aiden EL, Michelmore R, Varshney RK, Holbrook CC, Cannon EKS, Scheffler BE, Grimwood J, Ozias-Akins P, Cannon SB, Jackson SA, Schmutz J.

掲載誌 : Nature Genetics

DOI : 10.1038/s41588-019-0405-z

## 用語解説

\*1 ゲノム : 生物をその生物たらしめるのに必要な最小限の染色体のひとまとまり、または DNA 全体のことをいう。

\*2 異質四倍体 : 異なる染色体のひとまとまり (ゲノム) を複数 (異質四倍体の場合、2 対) もつ個体のことをいう。ヒトを含む多くの動物は、母親と父親から 1 対のゲノムを受け継ぐ二倍体だが、植物には 2 対のゲノムをもつ四倍体や、3 対のゲノムをもつ六倍体などさまざまな高次倍数体がある。倍数体は、体が大きくなるなど農業に役に立つ形質をもつことから、栽培種に多くみられる。異質倍数体に対して、同一ゲノムが倍加して生じた個体を同質倍数体という。

\*3 次世代 (第 2 世代) シークエンサー : ランダムに切断された数千万から数億の DNA 断片の塩基配列を同時並行的に決定することができる装置。Illumina 社のシークエンサーは、フローセルと呼ばれるスライドガラス上に断片化した 1 本鎖の DNA を張り付け、断片の相補鎖を合成しながら配列を決定することによって、塩基配列を決定する。

\*4 第 3 世代シークエンサー : DNA 合成を 1 分子単位でリアルタイムに検出することにより、DNA 配列を解析する技術。次世代 (第 2 世代) シークエンサーでは、連続した 1000 塩基しか読み取ることができないが、この方法では連続した 8 万塩基以上の塩基配列を読み取ることができる。

\*5 Hi-C 分析法 : 染色体立体配座捕捉法ともいう。シークエンシングによって、細胞核内でのゲノム DNA 配列どうしの相対距離を測定することにより、染色体の三次元な構造を明らかにする手法。この方法により、100 万塩基対もの長さの DNA 配列が同じ染色体上にあるかどうかを推測することができる。Hi-C は high-throughput chromosome conformation capture の略。

\*6 トランスポゾン : 動く遺伝子、転位因子とも呼ばれる。細胞内において、ゲノムのある場所から他の場所へ転移することができる DNA 配列のことをいう。遺伝子にトランスポゾンが挿入することにより遺伝子が機能を失うこともある。

## 参考資料

写真：ラッカセイ祖先種と栽培種のさや

左上、*A. duranensis* (Aゲノム種)、右上 *A. ipaënsis* (Bゲノム種)、下、ラッカセイ栽培種 (*A. hypogaea*)。上部の目盛りの間隔は1mm。



図1：ラッカセイ祖先種と栽培種のゲノム構成の模式図

ラッカセイ栽培種は、ひとつの細胞の中に、共通の祖先に由来するAゲノムとBゲノムの2種類のゲノムをそれぞれ1対ずつもつ異質四倍体 (AABB) です。共通祖先に由来する染色体1本を代表して示し、相同染色体を濃淡で表す。ラッカセイ祖先種は、それぞれが1種類のゲノムをもつ。

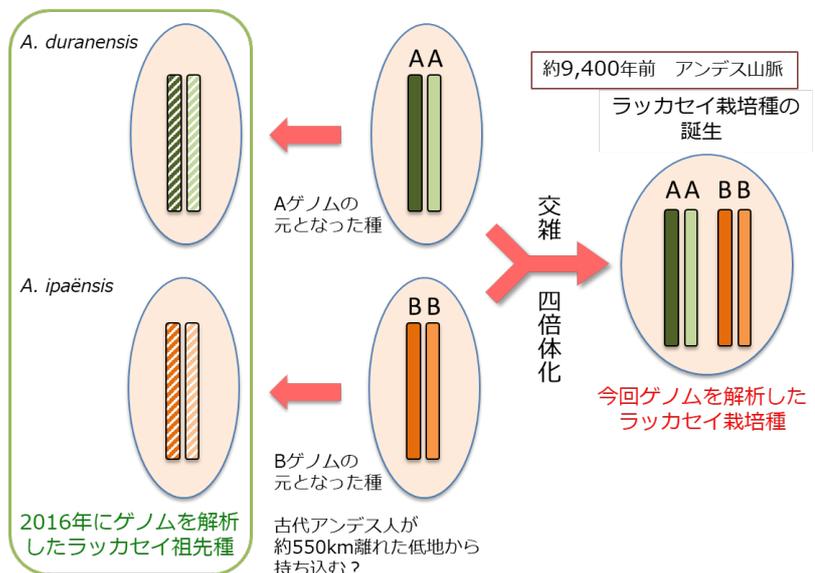


図2：ラッカセイ栽培種の遺伝様式の模式図

ラッカセイ栽培種に共通したAゲノムとBゲノム間の乗換えが見つかり、ラッカセイ栽培種は単一の起源をもつことが示されました。

