

令和 5 年 5 月 30 日現在

機関番号：82401

研究種目：若手研究

研究期間：2020～2022

課題番号：20K15882

研究課題名（和文）被子植物におけるゲノム刷り込みと胚乳の倍数性の進化維持機構を解明する理論研究

研究課題名（英文）Genomic imprinting in flowering plants: evolution of embryo ploidy

研究代表者

入谷 亮介 (Iritani, Ryosuke)

国立研究開発法人理化学研究所・数理創造プログラム・研究員

研究者番号：10843980

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 3,300,000円

研究成果の概要（和文）：地球上で多様性の卓越する被子植物（開花植物）の大きな特徴は、花を咲かせて花間で花粉のやりとりをするという他家受粉に加えて、（A）胚嚢（つまり母）由来の2つの細胞が2つの花粉由来細胞と融合する重複受精、（B）三倍体の胚乳に見られる、母体からの資源獲得をめぐるゲノム刷り込みにある。これらの特徴は、種子植物のうち実に90%を占める被子植物の多様性を生み出した原動力である可能性がある。その進化・維持機構を理解することは、植物全般の多様性を理解すること、そして園芸・農作物の栽培効率の向上に貢献する。本研究では、血縁選択理論に基づき、植物の繁殖生態学における謎のひとつである、胚乳の進化条件を検討した。

研究成果の学術的意義や社会的意義

顕花植物はもっとも身近な生物のひとつである。庭、食卓、あるいは高山で触れる顕花植物の多様性には、目を瞠るばかりである。そうした顕花植物の進化を理解することは、基礎的な知見の蓄積だけでなく、農業効率の向上にもつながる。さらには、社会的な関心も高く、保全の対象になっている種も多く、社会的意義もある。

研究成果の概要（英文）：One of the prominent characteristics of angiosperms (flowering plants) on Earth is their remarkable diversity. In addition to cross-pollination, where flowers exchange pollen, angiosperms exhibit two major features: (A) double fertilization, where two cells derived from the female gametophyte (embryo sac) fuse with two pollen-derived cells, and (B) genomic imprinting involving resource acquisition from the maternal plant observed in triploid endosperm. These features have the potential to be the driving force behind the diversity of angiosperms, which account for approximately 90% of all seed plants. Understanding the mechanisms of their evolution and maintenance contributes to a comprehensive understanding of plant diversity and improves cultivation efficiency in horticulture and agriculture. In this study, based on kin selection theory, we examined the evolutionary conditions of endosperm, which is one of the mysteries in plant reproductive ecology.

研究分野：数理生物学

キーワード：繁殖生態学 進化生物学 ゲーム理論 ゲノム対立

様式C-19、F-19-1、Z-19（共通）

1. 研究開始当初の背景

地球上で多様性の卓越する被子植物（開花植物）の大きな特徴は、花を咲かせて花間で花粉のやりとりをするという他家受粉に加えて、(1) 胚嚢（つまり母）由来の2つの細胞が2つの花粉由来細胞と融合する重複受精、(2) 三倍体の胚乳に見られる、母体からの資源獲得をめぐるゲノム刷り込みにある。これらの特徴は、種子植物のうち実に90%を占める被子植物の多様性を生み出した原動力である可能性がある。その進化・維持機構を理解することは、植物全般の多様性を理解すること、そして園芸・農作物の栽培効率の向上に貢献する。

2. 研究の目的

しかしこれら特徴が、他家受粉する被子植物において、いかに獲得され維持されているのかを統一的に理解する枠組みは、これまでに確立されていない。本研究では、特徴A,Bの背景にある血縁淘汰（個体間の遺伝関係にもとづく自然淘汰）が、三倍体の胚乳の進化的帰結にもたらす影響を研究するための枠組みを構築する。その理論構築を通じて、最終的に被子植物の多様性を解明することを目指した。

3. 研究の方法

まず、母体・胚乳・胚の3者の相互作用（ゲーム）モデルを構築した。母体はたくさんの種子を形成し、資源を配分する。胚乳は母体と胚の間の資源のやりとりを媒介する。胚乳は母体と「交渉」し、資源を要求・獲得し、胚に供給する。胚乳の表現型は資源供給量で、遺伝子の効果は相加的であるとする。

胚乳のPloidyが増える（haploidからdiploid, triploidへ）ためには、細胞の分裂回数が増えることが必要である。そこで、この細胞分裂のコストが、胚乳・胚の死亡率に寄与するものと仮定する（分裂を重ね小さい細胞になるほど、生存率が低下する）。これらゲーム構造のもとで、triploid（母由来2：父由来1）がNash均衡の意味で安定になる条件を求めるのが解析目的である。

ここで重要になるのは、母体・胚乳・胚の間の血縁関係である。この血縁関係は、自殖率や種子散布や花粉散布といった様々なプロセスに影響を受ける。これらすべての仮定を取り込むことは困難であるため、簡単のために自殖率と種子散布率のみに着目した。

4. 研究成果

解析中につき、概略を記すに留める。まずは、胚乳が出現するための条件を求めた。その結果、自殖率がある程度高い状況で胚乳が進化しうることが示唆されたが、常にそうであるとは限らないこともわかった。これは、自殖率が高まることで血縁関係も高まり利他的な振る舞いが進化しうるが局所的な競争も高まる、という効果が原因である可能性がある。

また、胚乳のtriploidの進化条件については、父親・母親がどれだけゲノムを胚乳に供給するか、については、古典的理論と同様、軍拡競争のような状況が生じうることもわかった。この結果については、現段階では非常に限られたパラメータ領域での解析にとどまっているため、より広範な解析を行ない、結果の整理を行う必要があると考えている。

以上の結果は、開花植物におけるゲノム進化を理解するうえでの重要なステップであると考えられる。今後は、ゲノム刷り込みの効果を明示的に考慮した数理モデルを構築・解析し、triploid が安定である条件を求めることが必要である。これによって、開花植物の進化現象への理解を深めることができると期待される。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計0件

〔学会発表〕 計0件

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

-

6. 研究組織

	氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
--	---------------------------	-----------------------	----

7. 科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計0件

8. 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

共同研究相手国	相手方研究機関
---------	---------