

審査の結果の要旨

氏名 切江 志龍

花卉の育種では、花の観賞価値や美しさを向上させる目的が、花形態の多様化をもたらしてきた。スイレンについても、19世紀後半にヨーロッパで品種改良が開始され、現代までに様々な品種が作出された。申請者は、スイレンの育種から生み出されてきた花形態の多様性をテーマに、その花形態の定量化とモデル化、育種家による花の特徴記述との関連、そしてマーカー遺伝子型との関連解析を組み合わせ、育種で生み出された花形態変異の評価を行った。また、花形態を新たにデザインするための手法について考察を行った。

第1章では、研究の背景となる各種話題（園芸文化、芸術と育種、スイレンの花の形態形成、スイレンの園芸史・文化史、理論形態学）が紹介された。

第2章では、花被片形状の定量的評価とその花型との関連について研究が行われた。スイレンでは、カタログや特性表に花形態の品種特性として花型が記載されている。申請者は、花の構成要素である花被片の形状が花型とどのような関係をもつのかを明らかにするために、まず、花被片形状の定量的評価を行った。フランスの SARL Latour-Marliac で採取された41品種103輪の花について、花被片の長さ、アスペクト比、楕円フーリエ記述子を用いて花被片形状を定量的に評価した。また、形状の定量値と花型の関係、特に、主要な花型であるカップ型、星型、カップ-星型との関係を調べた。その結果、星型はカップ型よりも細長い花被片をもち、花被片枚数は星型のほうが多いことを明らかにした。同時に、花被片形状の分布は花型間で互いに重なっており、花被片形状のみに基づく花型の判断は難しいことが示された。

第3章では、スイレンの花形態の定量的記述のための理論形態モデルの開発が行われた。スイレンの花は3次元構造をもつために、その形態の定量的な評価や解析は容易ではない。申請者は、スイレンの花形態の定量的な評価と解析を可能にするための3次元理論形態モデルを開発した。同モデルは、花器官の漸次的な形態変化、らせん葉序、花器官の仰角を表すパラメータをもち、それらパラメータを変化させることで理論形態空間（モデルパラメータで張られる仮想的な形態のスペクトラムからなる空間）を構築する。同モデルをもとに、神代植物園で採取された28品種100輪の花の花被片画像からパラメータを推定し、理論形態空間での各花型の占有パターンを明らかにした。また、モデルから生成される花のシルエットの幾何学的特徴指標を計算し、理論形態空間を花形態の全体的な特徴に結びつけた。

第 4 章では、スイレン品種のもつ遺伝的背景の推定と花の形態特徴のゲノミック予測に関する研究が行われた。申請者は、品種を生み出した育種家と、品種のもつ遺伝的背景や花形態との関連を明らかにするため、ゲノムワイドマーカー遺伝子型に基づく集団構造解析を行った。また、マーカー遺伝子型をもとに、花形態パラメータのゲノムワイド関連解析とゲノミック予測を行った。材料には温帯性園芸品種が主に用いられた。RAD-Seq で得られたマーカー遺伝子型の主成分分析の結果、同じ育種家に開発された品種が特定の位置にクラスターを形成することが明らかになり、各育種家を用いることができた遺伝資源に制約があった可能性が示唆された。また、育種家ごとに花径の大きさや花被片枚数に違いがみられ、育種家ごとの“作風”の違いが示唆された。ゲノムワイド関連解析では、花の形態変異に有意に関連するマーカーは検出されなかった。ゲノミック予測では、花被片の短縮長、花径、花被片のアスペクト比で予測精度が比較的高かったが、各品種のもつマクロな遺伝的背景をもとに予測された可能性が高かった。

第 5 章では、スプライン曲面を用いた 3 次元理論形態モデルに関する研究が行われた。申請者は、上述の理論形態モデルを NURBS 曲面を用いて拡張した。このモデルでは輪郭形状から NURBS 曲面として記述される花被片形状モデルを生成し、同モデルを葉序モデルと組み合わせることで、3 次元花形態の精緻なモデル化を可能とした。また、同モデルをゲノミック予測と組み合わせることで、マーカー遺伝子型からモデルパラメータを予測し、そのパラメータに基づき 3 次元花形態を可視化できることを示した。また、全く仮想的なマーカー遺伝子型や、実在する品種間交配から得られる後代のマーカー遺伝子型から 3 次元花形態を構築できることを示した。以上の結果は、同モデルをもとに新たな花形態をデザインし、ゲノミック選抜を用いて“造形”できることを示唆するものであった。

第 6 章では、研究結果の総括と意義付けが行われた。また、開発モデルに基づく花のデザインと造形の可能性、および、花のデザインと育種史の関連について議論がなされた。

これらの研究成果は、学術上応用上寄与するところが少なくない。よって、審査委員一同は本論文が博士（農学）の学位論文として価値あるものと認めた。