

摘 要

1. 植物育種における形態評価やそれに基づく選抜、あるいは遺伝資源の特性調査の対象の多くは、植物の葉形、粒形、草姿などの形状形質である。植物形状の判別は、多くの場合、即時的・非破壊的であるばかりでなく、省力的・効率的である目視判断に依存してきた。しかし、目視判断には、①作業効率や精度が熟練度に依存する、②目視判断に熟練するのは容易ではない、③熟練者でも主観的で一貫性のない結果をもたらす、④形状の評価が大きさに影響される、のように、客観性や精度の安定性に問題がある。

これらの解決には、植物形状から直接的に数値データを抽出して処理し、客観的で精度の高い判別を行うことによって目視判断を支援・代替するシステムの構築が必要である。本研究では、この客観的な植物形状の判別を行う一連の手法を判別モデルと呼ぶ。

植物形状の判別モデルは、すでにこれまでもいくつか提案されてきた。しかし、それらは、数値データとして面積、縦横比など形状特徴量を植物形状から抽出して解析し、その形状特徴量を適確に処理できる計算方法を試行錯誤しながら開発することによって、構築されている。したがって、これらの判別モデルには、①対象ごとにモデルを開発しなおさなければならない、②形状特徴量として抽出されなかった情報が欠落する、③形状情報と大きさ情報とを混在させたまま扱っているため、形状評価に対する大きさの影響を除けない、などの問題があり、非効率的で、かつ判別精度にも問題があった。

そこで本研究では、植物育種や遺伝資源の特性調査における植物形状の目視判断を支援・代替するシステム構築を目的として、上述の問題を解決した新しい植物形状の判別モデルを開発し、さらにその判別モデルの有効性と汎用性とを明らかにする。

2. 本研究では、次の4項目に関する一連の追究を行った：

- (1) 形状情報と大きさ情報とを分離し、独立に評価する判別モデルの部品として、カエデ葉形による種判別を例にとり、大きさ情報からの影響を受けずに形状情報のみを評価できる判別モデルを構築した。このとき、形状特徴量を計測する必要をなくし、判別モデルがさまざまな対象に適用できる汎用性を持ち、形状のもつ情報全体を使用できるようにした。
- (2) 上記(1)で得られた判別モデルの、植物器官の形状による種や品種・系統の判別への適用を試み、本判別モデルの有効性と汎用性とを検証した。ここでは、葉形判別には、クワ、ダイズ、カラシナを、粒形判別には、ソバ、ダットンソバ、雑草種子を、果形判別には、

セイヨウナシを供試した。

- (3) 上記 (1) で得られた判別モデルを、選抜のための育種家の評価による草姿判別への適用を試み、本判別モデルの有効性と汎用性を検証した。ここでは、ダイズを供試した。
- (4) 再びカエデ葉形による種判別を取り上げ、形状情報と大きさ情報とを独立に評価して総合的な判別を行うよう、上記 (1) で得られた形状情報のみ評価する判別モデルを拡張した。さらに、拡張した判別モデルの有効性と汎用性を検証するために、上記 (2) および (3) で判別を試みたクワ葉形、ダイズ葉形、カラシナ葉形、ソバ粒形、雑草種子粒形、セイヨウナシ果形、ダイズ草姿の判別に拡張した判別モデル適用した。

本研究によって得られた結果の概要は、次のとおりである。

3. 大きさからの影響を受けずに形状のみを評価できる判別モデルの構築については、原データの大きさを揃えた。形状特徴量を計測する必要をなくし、形状のもつ情報全体を利用するために、画像そのものを直接判別モデルに入力した。そして、画像を入力データとして扱うために、①判別に有利な計算方法を対象ごとに開発する必要がなく、入力として植物形状の画像を、出力としてその分類群を提示するだけで、形状を判別できるよう自動的に内部状態を調整でき、②画像のような膨大なデータを容易に扱える、などの条件を備えた神経回路網を模した計算方式であるニューラルネットワークで判別モデルを構成した。本研究の結果、同一モデルを種々の植物種の判別問題にそのまま活用できるようになった。さらに、10 種のカエデ葉形による種判別では、20.2%の誤判別率を達成できた。形状の情報全体を使うことによって、変異が大きく複雑な葉形に対して安定的な精度が得られるという本判別モデルの有効性が示された。

4. 上記 3. で得られた判別モデルの植物器官形状による種や品種・系統の判別への適用については、判別モデルを変更することなく、すべての材料に適用でき、安定的な判別精度が得られた。単純な構造で線形計算を行うニューラルネットワークが、誤判別率の低さ、判別処理の速さから最適の学習条件であることが明らかになった。このとき、たとえば、雑草種子粒形では、6.3%の誤判別率で 10 種の判別が行えた。本研究の結果、形状特徴量の必要性をなくしたことによって、本判別モデルの、さまざまな対象に適用できる汎用性と、単純な形状ばかりでなく欠刻のある葉形のような複雑な形状も精度よく判別できる有効性が明らかとなった。

5. 上記 3. で得られた判別モデルの選抜のための育種家の評価による草姿判別への適用については、判別モデルを変更することなく適用でき、安定的な判別精度が得られた。ニューラルネットワ

一々の構造にかかわらず、育種家による目視判別と80%程度の精度で一致した。したがって、本研究によって構築した判別モデルを利用すれば、草姿のように多様な変異を有する植物の形状判別が可能であり、本判別モデルが目視による形状評価を模倣できる有効な植物形状判別モデルであることを実証できた。

6. 判別モデルの拡張による形状情報と大きさ情報を独立に評価した総合的な判別については、カエデ葉形の種判別で、10種の誤判別率が20.2%から9.6%に低下した。本研究の結果、大きさ情報と形状情報を独立に評価し、改めて総合的に評価することの有効性と重要性を示すことができた。さらに、拡張した判別モデルの各種植物形状の判別への適用については、すべての供試材料で誤判別率を改善することができた。たとえば、上記4.の雑草種子粒形では、10種の誤判別率が6.3%から3.3%に低下した。本研究の結果、大きさ情報によって拡張された判別モデルについても、精度よく判別できる有効性を示すことができ、さまざまな対象に適用できる汎用性も失われなかったことが明らかとなった。

7. 本研究によって、植物育種や遺伝資源保全における特性調査に際して、植物形状の目視判断を大きさに惑わされず、また、個々の植物の形状特徴量に依存しないで支援・代替する判別システムが構築できた。したがって、本研究によって構築したシステムを用いれば、これまで目視判断に頼らざるをえなかった形状判別に普遍性や一貫性、客観性を与えることが可能となった。また、本研究の成果は、目視判断の信頼性を検証したり、その過程や根拠を探ったりする手がかりを与えることになり、かつ、植物形状の新しい判別方法の発見を促すことも期待できる。さらに、本研究の成果は、植物育種や遺伝資源保全における特性調査にとどまらず、農業・農学のさまざまな分野への応用も可能であり、従来、普遍性に欠ける目視判別に頼っていた種々の形状判別に強い客観性を持たせることが可能となるなど、多方面での活用が期待される。