

様式VI

## 博士学位論文調査報告書

論文題目

Modeling and Predicting Wheat Phenological Development Using Meteorological Information (気象情報を利用したコムギの発育のモデル化と予測)

申請者氏名 川北 哲史

最終学歴

平成 28 年 3 月

京都大学大学院情報学研究科 社会情報学 専攻修士課程 修了  
令和 2 年 9 月

京都大学大学院情報学研究科 社会情報学 専攻博士後期課程  
研究指導認定見込

学識確認

令和 年 月 日 (論文博士のみ)

論文調査委員 京都大学大学院情報学研究科  
(調査委員長) 教授 守屋 和幸

論文調査委員 京都大学大学院情報学研究科  
教授 大手 信人

論文調査委員 京都大学大学院情報学研究科  
教授 河原 達也

( 続紙 1 )

京都大学	博士 (情報学)	氏名	川北 哲史
論文題目	Modeling and Predicting Wheat Phenological Development Using Meteorological Information (気象情報を利用したコムギの発育のモデル化と予測)		
(論文内容の要旨)			
<p>本論文は、気象情報や統計解析・モデル技術をコムギの発育予測に適用することを試み、環境情報や情報処理技術が作物生産における効率的な意志決定や、将来の気候変動に伴う作物の環境応答への理解に活用可能であることを示したものである。</p> <p>第一章では、本研究の目的および論文構成について論じている。また、気象情報と情報処理技術を活用して作物の発育をモデル化する研究背景について述べている。本研究で対象となるコムギとその発育情報の有用性について概説されている。</p> <p>第二章では、これまで日本で利用されてきた既存のコムギ発育モデルに対して、低温要求性を考慮した関数を加えたモデルを新たに開発することでコムギの開花期予測精度の改善を試みた。その結果、提案したモデルを使うことによって既存のモデルと比較してRMSE換算で精度を0.5-2.5日程度向上させることができ、本研究により、既存の手法では困難であった秋播型コムギの発育予測が可能となったことを示した。</p> <p>第三章では、アプローチの異なる複数の最適化手法を用いてコムギ発育モデルのパラメータを決定し、手法の違いによって予測精度やパラメータの安定性が異なるか検証した。三種類の最適化手法を三種類の異なる出穂期予測モデルに適用し、9通りのモデルを構築して、モデルごとの予測精度およびパラメータの安定性について検証した。その結果、最適化手法の違いがコムギの発育予測モデルに与える影響は供試するモデルによって大きく変わることが分かった。特にパラメータの数が多いモデルのほうが、最適化手法の違いによって予測精度の安定性やパラメータの安定性が異なることが分かった。パラメータの数が多いモデルは作物の環境応答をより詳細に表現できると考えられるが、一方で過学習のリスクが高まることが示唆された。</p> <p>第四章では、開発したモデルの応用として、第二章および第三章によって得られた知見をもとに開発した出穂期予測モデルを用いて、温暖化環境下における生育期間中の気温の上昇が我が国のコムギの発育に与える影響について検討した。日本で栽培される春播型コムギおよび秋播型コムギ品種を複数播種期・生育環境で栽培し、複数の気温上昇シナリオにおいて出穂期がどのように変わるのか調べた。その結果、春播型コムギについては、早播するほど出穂期が早まる一方で、秋播型コムギについては春播型に比べて早生化の程度が小さいことが分かった。また、秋播型コムギは、特に冷涼な地域で栽培した場合、出穂期がより短縮する傾向があることを示した。</p> <p>第五章では、本研究の結果の総合考察を行っている。第二章・第三章で得た知見をもとに、作物発育モデル開発においてモデル式の改善や、統計解析・最適化手法の観点からモデルを洗練する方法論をまとめている。また、第四章で得られた知見をもとに、将来の気候変動への適応策として、我が国の温暖地では、気温が上昇した場合、播種時期を遅くしたり、春播型品種から低温要求性を有する秋播型品種に変えたりすることで、気温の上昇に対する影響を緩和することを提言している。</p>			

(続紙 2)

(論文審査の結果の要旨)

本論文は、コムギの発育モデルを対象にして、コムギの環境応答を表現するモデル式の改善と、モデルのパラメータを決定する最適化手法の選択の二つの観点から、既存のコムギ発育モデルの精度やパラメータの不安定性を改善し、どのようなモデルまたは最適化手法がコムギの発育モデル開発に有効であるか検討したものである。さらに、開発したモデルの応用として、温暖化によって生育期間中の気温が上昇することでコムギの発育がどのように変わるのかについて検討し、温暖化による影響を緩和するための適応策を提案している。

第二章では、秋播型コムギ品種が有する低温要求性を考慮したコムギ発育モデルを新たに構築し、コムギの開花期予測精度を既存のモデルと比較している。これまで、我が国で使用されてきた既存のコムギ発育モデルは低温要求性を考慮していないために秋播型コムギに適用する際に精度が悪化する問題があったが、開発したモデルにより精度が改善できることを示した結果は高く評価できる。

第三章では、モデルのパラメータ推定に用いる最適化手法の観点からコムギ発育モデル開発において、より安定した予測およびパラメータ推定が可能な手法について検討している。アプローチの異なる三つの最適化手法を主要な三つのコムギ発育モデルに適用し、予測精度や推定したパラメータのばらつきを評価することでパラメータや予測精度の安定性に効果的な手法を定量的に検証している。

第四章では、第二章および第三章で確立したモデル式と最適化手法を用いて、温暖化環境下における気温の上昇がコムギの発育に与える影響について検討を行っている。検討の結果、関東以西の温暖地で栽培される春播型コムギについては播種時期が早いほど出穂期が早まる一方で、秋播型コムギは低温要求性によって生育初期の発育が抑えられ出穂期の早生化の程度が春播型コムギより相対的に小さいことを示している。また、秋播型コムギは、特に冷涼な地域で栽培された場合、温暖化時に出穂期がより短縮する傾向があることを示し、春播型コムギと秋播型コムギでは温暖化により発育が早生化する傾向が播種時期や栽培環境の違いによって異なることを示している。また、将来の気候変動への適応策として、播種時期を遅くすること、および春播型コムギ品種から低温要求性を有する秋播型コムギ品種に栽培品種を変更することを提言している。

農業分野の研究では原理的に多量のケースデータを得ることが困難であり、ケース数に制約がある中でいかに実用的なモデルを構築できるかが重要である。本研究はその点で、環境情報と統計解析・モデリング技術に代表される情報処理技術を利用して、限られたケースデータの中から作物の効率的な生産管理に資する情報を得ることを試みた研究として意義がある。作物発育モデルは作物生産における効率的な意志決定や、将来の気候変動に伴う作物の環境応答への理解に活用できるため、本研究で確立した手法や知見は農業生産分野において重要な貢献を果たすことが期待できる。また、本研究で使用した技術はほかの作物にも応用可能であるため、将来的に様々な応用の可能性がある点も評価できる。

よって、本論文は博士(情報学)の学位論文として価値あるものと認める。また、令和2年8月19日、論文内容とそれに関連した事項について試問を行った結果、合格と認めた。

なお、本論文は、京都大学学位規程第14条第2項に該当するものと判断し、公表に際しては、当該論文の全文に代えてその内容を要約したものとすることを認める。

要旨公開可能日： 年 月 日以降