

岐阜県飛騨地域における 水稻の発育予測モデルの作成

可児友哉*

岐阜県中山間農業研究所 509-4244 飛騨市古川町

Parameter creation for a development prediction model of rice in Hida area of Gifu Prefecture

Tomoya Kani

*Gifu prefectural Research Institute for Agricultural Technology in Hilly and Mountainous Areas,
Furukawa, Hida, Gifu 509-4244*

摘 要

水稻栽培において防除や刈取り等の作業を適期に行うことは米の品質を維持するためには不可欠である。近年は気候変動の影響で水稻の生育速度が変化しており、適期作業のための作業計画を立てにくくなっている。発育予測が可能となれば、事前に適期作業計画を立てることができ、米の品質向上につながる。そこで、岐阜県飛騨地域で栽培されている主要品種について、出穂期、成熟期の発育予測モデルを作成した。このモデルを検証した結果、出穂期の予測精度は1～2日程度、成熟期は2～3日程度の誤差と、実用可能な精度で予測可能であると考えられた。開発した予測モデルを水稻圃場農業情報提供サービス「AgriLook（株式会社ビジョンテック、登録商標番号 5547891 号）」（以下、「AgriLook」）に搭載し、本サービスを使用することで適切な作業計画につながることを期待される。

キーワード：DVI、出穂期、成熟期、積算気温

緒 言

近年、気候変動の影響で水稻の作付期間中の気候が変化し、それに伴い稲の生育速度も変化している。そのため、防除や刈取り等の作業適期のタイミングが毎年異なる状況にある。米の品質維持・向上には、稲の生育状況に合わせて適期に防除、刈取り作業等を行うことが求められるが、毎年生育が異なる中で、作業計画を立て、事前に準備することは難しい。事前にその年の気候に合わせた発育予測を行うことが出来れば、余裕を持った作業準備が可能となり、適期作業につなげることが出来る。

水稻の発育予測は、発育指数（DVI：DeVeropmental Index）を利用した出穂期の予測モデルが提案されている。このモデルでは、出芽日、または移植日を起点とし、発育期間の

気温、日長等を考慮し、その発育速度（DVR：DeVeropmental Rate）を算出し、DVRの積算をDVIとして出穂期の予測を行うことが可能である（堀江ら、1990）。また、成熟期については、青味靱比率と積算気温に相関があることが報告されており（井上ら、2000）、出穂日以降の積算気温で成熟期の目安をつけることが可能である。それらの予測には気象データが必要であるが、農研機構より1キロメッシュ農業気象データ提供されており、26日先の予測気温の活用が可能である。気象予測データとDVIを利用することで、その年の気候を考慮した発育予測が可能になる。

岐阜県飛騨地域（以下、当地域）においては奨励品種として、岐阜県オリジナル品種の糯米「たかやまもち」、酒造好適米「ひだほまれ」、うるち米では「あきたこまち」、「ひとめぼれ」、「コシヒカリ」が作付けされている。近

*Corresponding author. E-mail:kani-tomoya@pref.gifu.lg.jp

年の気候変動の影響で、高温年は生育が早まり、例年どおりの栽培管理では防除適期や刈取り適期を逃してしまい、品質の低下の原因の1つとなっている。特に早生品種の「たかやまもち」についてはカメムシ類の被害を防ぐための出穂期付近の防除時期、酒造好適米の「ひだほまれ」については刈り遅れによる胴割粒の増加を防止するための収穫時期の予測が重要である。その他の「あきたこまち」、「ひとめぼれ」、「コシヒカリ」も同様に、品質向上のためにはこれらの適期作業が重要である。気象予測データとDVIを活用し、当地域のこれらの品種の生育予測ができれば、適期作業が可能となり、より高品質な米生産につながる事が期待できる。実際に生育予測が可能な栽培管理支援ツールで適期作業につなげる試みもなされている（森田ら、2023）。

生育予測モデルは、全国的に作付けのある品種ではすでに作成されているが、生育予測の精度はモデル作成時に利用したデータに影響を受け、モデル作成時にデータを使用していない他地域の生育予測モデルを使用した場合には予測誤差が生じることが報告されている（濱寄ら、2019）。

そこで、岐阜県オリジナル品種の「たかやまもち」、「ひだほまれ」の生育予測モデルの作成に加え、「あきたこまち」、「ひとめぼれ」、「コシヒカリ」についても当地域の過去データを利用し、生育予測モデルを作成し、現地ほ場等において、作成した予測モデルの推定精度の検証を行った。

材料および方法

1. 生育予測モデル作成

（1）モデル作成の使用データ

予測モデル作成に利用したデータは岐阜県中山間農業研究所の所内（飛騨市古川町、標高 493m）で実施した2003～2022年の20年間の奨励品種決定調査、また栽培試験の出穂期、成熟期データを利用した。移植日は5月10日～6月21日、移植苗は稚苗である。奨励品種決定調査の移植は4本/株とし、手植えで行った。基肥は化成肥料を使用し、窒素施用量 5.0kg/10a、穂肥は化成肥料を使用し、窒素施用量 3.0kg/10a とした。栽培試験については、機械植え、施肥方法は地域慣行法とした。気象データは1キロメッシュ農業気象データを用いた。

（2）出穂期予測モデルの作成

出穂期予測モデル作成は農研機構の職務作成プログラム「CroParasol」を使用した。本研究では堀江・中川（1990）のDVIモデルを利用し、移植日を起点としてDVRを計算するモデルを採用した。

$$DVI = \sum DVR \quad (1)$$

$$DVR =$$

$$(1 - \exp(B(L - L_c) / (1 + \exp(-A(T - T_h))) \cdot 1/G \quad (2)$$

移植当日からのDVR（式2）の積算をDVI（式1）とし、DVIが1を超えた日を推定出穂日とした。また、DVIの初期値は0とした。本モデルのTは日平均気温、Lは天文日長、A、B、Lc、Th、Gはパラメータである。Aは温度係数、Bは日長係数、Lcは限界日長、Thはある日長条件下で生育速度が最大値の1/2になる温度、Gは出穂までの最小日数とし、過去20年のデータから、これら5つのパラメータを決定した。作成に使用した過去20年間のデータは、年度により複数の移植日があるが、概ね5月中旬移植であり、「たかやまもち」は41点（移植日：5月10日～6月21日）、「あきたこまち」は19点（移植日：5月14日～5月18日）、「ひだほまれ」は30点（移植日：5月11～6月1日）、「ひとめぼれ」は20点（移植日：5月14日～5月18日）であった。「コシヒカリ」については、株式会社ビジョンテックが運営する「AgriLook」に搭載されている予測モデルを使用したため、本研究においては出穂期予測モデルは作成していない。

（3）成熟期予測モデルの作成

成熟期予測モデルは、青味率と出穂後の積算気温に相関関係があること（井上ら、2000）や当地域でも出穂後の日平均気温の積算が指標として使われていることから、出穂後の日平均気温の積算気温を利用し、成熟期予測モデルの作成を行った。「たかやまもち」、「あきたこまち」、「ひだほまれ」、「ひとめぼれ」は、概ね5月中旬頃に移植が行われることから、5月中旬移植である奨励品種決定調査の成熟期データを利用し、出穂期から成熟期までの積算気温の計算を行った。「コシヒカリ」については、近年、登熟期間の高温を避けるため、作期を遅らせる事例がみられていることから、5月中旬～6月上中旬移植における成熟期データを利用し、積算気温の計算を行い、成熟期の予測モデルとして利用した。

2. 作成したモデル式の精度検証

作成した出穂期、成熟期予測モデルの精度検証を行うため、2021～2024年にかけて、実際の出穂期、成熟期と予測した出穂期、成熟期の比較を行い、平均絶対誤差（MAE：Mean Absolute Error）を算出した。出穂期、成熟期の予測には、1キロメッシュ農業気象データを利用し、モデル作成時に利用していない出穂期、成熟期のデータを用い、予測精度の検証を行った。

（1）出穂期予測精度の検証

出穂期予測の精度の検証のため、「たかやまもち」は、生産者現地ほ場、所内ほ場において

表1 各品種の決定した出穂期予測モデルのパラメータ

品種	A	B	Lc	Th	G
たかやまもち	0.210412	0.370064	17.171990	17.082810	29.396910
あきたこまち	0.244411	0.514198	16.227880	19.476200	23.938480
ひだほまれ	0.176219	0.552913	16.242000	18.986770	27.443310
ひとめぼれ	0.227174	0.687354	15.387020	18.383310	23.210650

表2 移植日から出穂期までの予測日数、実測日数、誤差（パラメータ決定に用いた出穂期データ）

たかやまもち				あきたこまち				ひだほまれ				ひとめぼれ			
年	予測	実測	誤差 (予測-実測)	年	予測	実測	誤差 (予測-実測)	年	予測	実測	誤差 (予測-実測)	年	予測	実測	誤差 (予測-実測)
2003	75	76	-1	2004	70	73	-3	2003	81	81	0	2003	82	81	1
2004	69	72	-3	2005	73	72	1	2004	74	75	-1	2004	76	77	-1
2005	71	71	0	2006	75	77	-2	2005	77	77	0	2005	78	78	0
2006	73	76	-3	2007	78	80	-2	2006	78	81	-3	2006	79	82	-3
2007	75	76	-1	2008	74	73	1	2007	81	82	-1	2007	82	84	-2
2008	72	73	-1	2009	77	76	1	2008	78	77	1	2008	79	76	3
2009	74	74	0	2010	71	72	-1	2009	80	78	2	2009	82	83	-1
2010	73	73	0	2011	70	71	-1	2010	76	76	0	2010	77	78	-1
2010	70	70	0	2012	75	73	2	2011	75	77	-2	2011	77	77	0
2011	69	72	-3	2013	72	74	-2	2012	78	75	3	2012	79	75	4
2011	69	68	1	2014	74	76	-2	2013	76	76	0	2013	78	79	-1
2012	71	69	2	2015	74	75	-1	2014	78	79	-1	2014	79	79	0
2012	73	70	3	2016	72	70	2	2015	79	79	0	2015	79	78	1
2013	70	71	-1	2017	73	71	2	2015	69	69	0	2016	77	76	1
2014	72	70	2	2018	70	68	2	2015	77	76	1	2017	78	74	4
2015	72	72	0	2019	76	76	0	2016	77	78	-1	2018	76	75	1
2016	70	70	0	2020	74	75	-1	2016	70	70	0	2019	80	80	0
2017	73	73	0	2021	73	71	2	2016	76	74	2	2020	79	80	-1
2017	67	68	-1	2022	72	72	0	2017	78	78	0	2021	78	75	3
2017	72	70	2					2017	71	74	-3	2022	77	76	1
2018	71	71	0					2017	77	75	2				
2018	69	67	2					2018	74	74	0				
2019	73	74	-1					2018	74	73	1				
2020	72	72	0					2019	79	80	-1				
2020	72	72	0					2020	80	82	-2				
2021	73	72	1					2020	71	70	1				
2021	71	69	2					2020	78	79	-1				
2022	73	74	-1					2021	79	78	1				
2022	71	71	0					2021	77	74	3				
								2022	75	75	0				
MAE		1.07		MAE		1.47		MAE		1.10		MAE		1.45	

2022年は16点、2023年は5点、2024年は6点、「ひだほまれ」も同様に生産者現地ほ場、所内ほ場において2022年は10点、2023年は2点、2024年は5点で出穂期調査を行い、予測日との比較を行った。「あきたこまち」、「ひとめぼれ」は、所内ほ場で2023年は1点、2024年は1点の出穂期調査を行い、予測日との比較を行った。「コシヒカリ」は、生産者現地ほ場、所内ほ場において2021年は23点、2022年は19点、2023年は7点の出穂期調査を行い、予測日との比較を行った。

（2）成熟期予測精度の検証

「たかやまもち」、「あきたこまち」、「ひだほまれ」、「ひとめぼれ」は、2023年、2024年の所内ほ場の成熟期調査を行い、予測日との比較を行った。「コシヒカリ」は、生産者現地ほ場、所内ほ場において、2021年は21点、2022年は19点、2023年は7点で成熟期調査を行い、予測日との比較を行った。

結果および考察

1. 発育予測モデルの作成

(1) 出穂期予測モデルの作成

2003～2022年の所内奨励品種決定調査、栽培試験の出穂期結果を活用し、各品種の出穂期予測モ

デルのパラメータ値を決定した（表1）。また、パラメータ決定に使用した出穂期データと予測出穂日のMAEは1.07～1.47日であった（表2）。出穂期は、ほ場条件（標高、水温、地力等）や栽培条件（施肥方法等）により変動する可能性があり、予測時には、ほ場条件や栽培条件による誤差が発生する可能性に注意する必要があるが、作成

表3 出穂期から成熟期の積算気温

年	品種名	移植日	出穂期	成熟期	積算気温 (出穂～成熟) ℃	年	品種名	移植日	出穂期	成熟期	積算気温 (出穂～成熟) ℃
2003	たかやまもち	5/16	7/31	9/5	863	2003	ひだほまれ	5/16	8/5	9/10	854
2004	たかやまもち	5/18	7/29	9/13	1077	2004	ひだほまれ	5/18	8/1	9/17	1082
2005	たかやまもち	5/17	7/27	9/7	1007	2005	ひだほまれ	5/17	8/2	9/12	978
2006	たかやまもち	5/17	8/1	9/4	858	2006	ひだほまれ	5/17	8/6	9/13	917
2007	たかやまもち	5/17	8/1	9/8	948	2007	ひだほまれ	5/17	8/7	9/11	865
2008	たかやまもち	5/16	7/28	9/7	981	2008	ひだほまれ	5/16	8/1	9/11	972
2009	たかやまもち	5/15	7/28	9/7	949	2009	ひだほまれ	5/15	8/1	9/17	1028
2010	たかやまもち	5/18	7/27	9/7	1094	2010	ひだほまれ	5/18	8/2	9/12	1065
2011	たかやまもち	5/18	7/25	9/6	1032	2011	ひだほまれ	5/18	8/3	9/16	1052
2012	たかやまもち	5/17	7/26	9/6	1061	2012	ひだほまれ	5/17	7/31	9/8	977
2013	たかやまもち	5/15	7/25	9/1	935	2013	ひだほまれ	5/15	7/30	9/8	964
2014	たかやまもち	5/15	7/24	8/28	844	2014	ひだほまれ	5/15	8/2	9/9	874
2015	たかやまもち	5/15	7/26	8/30	871	2015	ひだほまれ	5/15	7/30	9/5	895
2016	たかやまもち	5/17	7/26	8/31	899	2016	ひだほまれ	5/17	7/30	9/4	898
2017	たかやまもち	5/17	7/26	9/2	931	2017	ひだほまれ	5/17	7/31	9/7	906
2018	たかやまもち	5/15	7/21	8/21	805	2018	ひだほまれ	5/15	7/27	8/26	773
2019	たかやまもち	5/14	7/27	8/29	853	2019	ひだほまれ	5/14	8/2	9/3	811
2020	たかやまもち	5/15	7/26	8/30	897	2020	ひだほまれ	5/15	8/2	9/4	864
2021	たかやまもち	5/14	7/22	8/30	948	2021	ひだほまれ	5/14	7/27	9/5	948
2022	たかやまもち	5/16	7/26	9/1	925	2022	ひだほまれ	5/16	7/30	9/4	891
平均積算気温（2003～2022年）					939	平均積算気温（2003～2022年）					931
平均積算気温（2013～2022年）					891	平均積算気温（2013～2022年）					882
2003	あきたこまち	-	-	-	-	2003	ひとめぼれ	5/16	8/5	9/9	832
2004	あきたこまち	5/18	7/30	9/14	1094	2004	ひとめぼれ	5/18	8/3	9/18	1054
2005	あきたこまち	5/17	7/28	9/6	960	2005	ひとめぼれ	5/17	8/3	9/9	885
2006	あきたこまち	5/17	8/2	9/6	872	2006	ひとめぼれ	5/17	8/7	9/13	892
2007	あきたこまち	5/17	8/5	9/11	914	2007	ひとめぼれ	5/17	8/9	9/18	972
2008	あきたこまち	5/16	7/28	9/10	1041	2008	ひとめぼれ	5/16	7/31	9/15	1076
2009	あきたこまち	5/15	7/30	9/16	1058	2009	ひとめぼれ	5/15	8/6	9/23	1020
2010	あきたこまち	5/18	7/29	9/9	1089	2010	ひとめぼれ	5/18	8/4	9/15	1076
2011	あきたこまち	5/18	7/28	9/10	1045	2011	ひとめぼれ	5/18	8/3	9/19	1118
2012	あきたこまち	5/17	7/29	9/7	1007	2012	ひとめぼれ	5/17	7/31	9/11	1045
2013	あきたこまち	5/15	7/28	9/3	906	2013	ひとめぼれ	5/15	8/2	9/10	931
2014	あきたこまち	5/15	7/30	9/3	824	2014	ひとめぼれ	5/15	8/2	9/12	929
2015	あきたこまち	5/15	7/29	9/4	902	2015	ひとめぼれ	5/15	8/1	9/8	899
2016	あきたこまち	5/17	7/26	9/2	943	2016	ひとめぼれ	5/17	8/1	9/7	920
2017	あきたこまち	5/17	7/27	9/2	908	2017	ひとめぼれ	5/17	7/30	9/11	1013
2018	あきたこまち	5/15	7/22	8/25	880	2018	ひとめぼれ	5/15	7/29	9/4	929
2019	あきたこまち	5/14	7/29	9/1	871	2019	ひとめぼれ	5/14	8/2	9/8	931
2020	あきたこまち	5/15	7/29	9/3	936	2020	ひとめぼれ	5/15	8/3	9/5	865
2021	あきたこまち	5/14	7/24	9/1	941	2021	ひとめぼれ	5/14	7/28	9/6	946
2022	あきたこまち	5/16	7/27	9/3	943	2022	ひとめぼれ	5/16	7/31	9/7	936
平均積算気温（2003～2022年）					954	平均積算気温（2003～2022年）					963
平均積算気温（2013～2022年）					905	平均積算気温（2013～2022年）					930

表4 「コシヒカリ」の出穂期から成熟期の積算気温

年	品種名	移植日	出穂期	成熟期	積算気温 (出穂～成熟) ℃	年	品種名	移植日	出穂期	成熟期	積算気温 (出穂～成熟) ℃
2003	コシヒカリ	5/16	8/12	9/16	824	2013	コシヒカリ	5/15	8/8	9/16	923
2004	コシヒカリ	5/18	8/5	9/20	1046	2014	コシヒカリ	5/15	8/7	9/19	924
2005	コシヒカリ	5/17	8/8	9/16	911	2015	コシヒカリ	5/15	8/5	9/19	996
2006	コシヒカリ	5/17	8/9	9/16	899	2015	コシヒカリ	6/1	8/12	10/2	1041
2007	コシヒカリ	5/17	8/12	9/20	941	2016	コシヒカリ	5/17	8/4	9/11	930
2008	コシヒカリ	5/16	8/7	9/18	966	2016	コシヒカリ	6/2	8/12	9/17	857
2009	コシヒカリ	5/15	8/6	9/28	1118	2017	コシヒカリ	5/17	8/3	9/16	1006
2009	コシヒカリ	5/29	8/13	9/28	948	2017	コシヒカリ	5/19	8/4	9/13	931
2009	コシヒカリ	6/9	8/18	10/6	964	2017	コシヒカリ	5/31	8/15	9/28	917
2009	コシヒカリ	6/19	8/24	10/10	877	2017	コシヒカリ	6/12	8/18	10/6	956
2010	コシヒカリ	5/18	8/10	9/18	980	2018	コシヒカリ	5/15	7/31	9/6	921
2010	コシヒカリ	5/31	8/12	9/24	1042	2018	コシヒカリ	5/18	8/1	9/17	1119
2010	コシヒカリ	6/10	8/17	9/27	969	2018	コシヒカリ	5/31	8/10	9/27	1061
2010	コシヒカリ	6/21	8/22	10/5	969	2018	コシヒカリ	6/11	8/17	10/5	1021
2011	コシヒカリ	5/18	8/7	9/21	1054	2019	コシヒカリ	5/14	8/4	9/14	1014
2011	コシヒカリ	5/31	8/11	9/26	1021	2019	コシヒカリ	5/17	8/4	9/12	972
2011	コシヒカリ	6/10	8/16	9/29	946	2019	コシヒカリ	5/31	8/14	9/20	863
2011	コシヒカリ	6/20	8/21	10/12	994	2020	コシヒカリ	5/15	8/7	9/11	906
2012	コシヒカリ	5/17	8/4	9/18	1101	2020	コシヒカリ	5/18	8/9	9/10	836
2012	コシヒカリ	5/31	8/12	9/20	952	2020	コシヒカリ	5/29	8/14	9/16	838
2012	コシヒカリ	6/11	8/17	10/2	1046	2021	コシヒカリ	5/14	8/3	9/14	958
2012	コシヒカリ	6/21	8/23	10/9	1010	2022	コシヒカリ	5/16	8/2	9/13	1025
平均積算気温（2003～2022年）											968
平均積算気温（2013～2022年）											955

した出穂期予測モデルの MAE が 1.07～1.47 日であることから、実用的には問題ないモデルであると考えられた。

（2）成熟期予測モデルの作成

2003～2022 年の所内奨励品種決定調査、栽培試験結果により、「たかやまもち」の成熟期の出穂後の積算気温は 805～1094℃（平均値：939℃）、「あきたこまち」は 824～1094℃（平均値：954℃）、「ひだほまれ」は 773～1082℃（平均値：931℃）、「ひとめぼれ」は 832～1118℃（平均値 963℃）であった（表 3）。また、「コシヒカリ」は 824～1119℃（平均値：968℃）であった（表 4）。しかし、直近の 10 か年（2013 年～2022 年）の平均の出穂期から成熟期までの積算気温は「たかやまもち」は 891℃、「あきたこまち」は 905℃、「ひだほまれ」は 882℃、「ひとめぼれ」は 930℃と過去 20 年間の平均より低くなっていた（表 3）。「コシヒカリ」も同様に平均値が 955℃と低くなっていた（表 4）。これは、登熟期間中の気温が高いほど収穫適期までの積算気温が低くなることが報告されており（宮下、2003）、当地域においても、温暖化が進む中で登熟期間が短くなり、結果的に成熟期までの積算気温が低くなっていると考えられた。

これらの結果を踏まえ、各品種の出穂から成熟

期までの積算気温について、「たかやまもち」は 900℃、「ひだほまれ」は 900℃、「ひとめぼれ」は 950℃、「コシヒカリ」は 950℃が適当と考えられた。「あきたこまち」については、当地域では標高 750m 以上の高標高地帯での栽培が推奨されている。高標高地帯は登熟期間の気温が低く、登熟期間が長くなる可能性がある。本成熟期調査結果は標高 500m のほ場での結果であることを考慮し、積算気温の基準は 950℃とすることが適切と考えられた。

2. 作成したモデル式の精度検証

（1）出穂期予測精度の検証

「たかやまもち」の出穂期予測の MAE は 1.44 日、「ひだほまれ」は 1.06 日であった（表 5）。また、調査点数は少なく、所内ほ場での結果のみであるが、「あきたこまち」は 2.00 日、「ひとめぼれ」は 1.00 日であった（表 5）。「コシヒカリ」は、2021～2023 年の 3 年間の MAE は 1.18 日であった（表 6）。本調査で誤差の大きかった地点は、水温が低い等、栽培条件が異なる地点であった。本予測モデル作成には所内データ（標高 493 m、宮川水系、5 月中旬移植）を利用しており、栽培条件が異なると予測誤差が大きくなる可能性が考えられた。

表5 出穂期予測の誤差

品種	年	調査 地点	移植日	出穂期		
				予測	実測	誤差 (予測-実測)
たかやまもち	2022	飛騨市	5/11	7/24	7/26	-2
		飛騨市	5/12	7/24	7/27	-3
		飛騨市	5/14	7/25	7/26	-1
		飛騨市	5/14	7/28	7/26	2
		飛騨市	5/15	7/25	7/26	-1
		飛騨市	5/15	7/27	7/28	-1
		飛騨市	5/16	7/30	7/30	0
		飛騨市	5/21	7/29	8/1	-3
		飛騨市	5/21	7/28	7/27	1
		飛騨市	5/21	8/2	8/1	1
		飛騨市	5/25	8/3	8/3	0
		高山市	5/13	7/25	7/26	-1
	高山市	5/19	7/29	7/31	-2	
	高山市	5/19	8/4	8/2	2	
	高山市	5/20	7/31	7/31	0	
	高山市	5/21	7/31	7/26	5	
	2023	飛騨市	5/11	7/23	7/25	-2
		飛騨市	5/16	7/25	7/24	1
		飛騨市	5/17	7/27	7/28	-1
		飛騨市	5/22	7/29	7/31	-2
		飛騨市	5/26	8/4	8/2	2
	2024	飛騨市	5/10	7/22	7/22	0
		飛騨市	5/14	7/26	7/26	0
		飛騨市	5/16	7/25	7/23	2
		飛騨市	5/23	7/29	7/27	2
		飛騨市	5/24	8/2	8/1	1
		飛騨市	5/25	7/30	7/29	1
	MAE				1.44	
	ひだほまれ	2022	飛騨市	5/10	7/29	7/28
飛騨市			5/13	7/31	8/1	-1
飛騨市			5/14	8/2	8/1	1
飛騨市			5/16	7/31	7/30	1
飛騨市			5/17	8/2	7/31	2
飛騨市			5/18	7/31	7/27	4
飛騨市			5/18	8/1	7/30	2
飛騨市			5/20	8/1	7/31	1
飛騨市			5/21	8/1	8/2	-1
飛騨市			5/22	8/2	8/1	1
2023		飛騨市	5/16	7/30	7/29	1
		飛騨市	5/19	8/1	8/1	0
2024		飛騨市	5/16	7/29	7/29	0
		飛騨市	5/16	7/30	7/28	2
		飛騨市	5/16	7/31	7/31	0
		飛騨市	5/18	7/31	7/31	0
		飛騨市	5/18	8/1	8/1	0
		MAE				1.06
あきたこまち	2023	飛騨市	5/16	7/26	7/24	2
	2024	飛騨市	5/16	7/26	7/24	2
MAE				2.00		
ひとめぼれ	2023	飛騨市	5/16	7/31	7/31	0
	2024	飛騨市	5/16	7/31	7/29	2
MAE				1.00		

これらのことから、栽培条件によっては予測誤差が大きくなる可能性があるため、注意が必要であるが、予測誤差が 1～2 日程度であったため、実用的には問題ない程度の誤差と考えられた。

（２）成熟期予測精度の検証

2023、2024 年の「たかやまもち」、「あきたこまち」、「ひだほまれ」「ひとめぼれ」の積算

表6 「コシヒカリ」の出穂期予測の誤差

年	調査 地点	移植日	出穂期		
			予測	実測	誤差 (予測-実測)
2021	下呂市	5/24	8/9	8/9	0
	下呂市	5/25	8/9	8/9	0
	飛騨市	5/14	8/1	8/3	-2
	飛騨市	5/17	8/4	8/4	0
	飛騨市	5/22	8/9	8/7	2
	飛騨市	5/31	8/12	8/11	1
	飛騨市	6/3	8/13	8/13	0
	飛騨市	6/7	8/17	8/17	0
	飛騨市	6/8	8/17	8/19	-2
	高山市	5/15	8/2	8/4	-2
	高山市	5/15	8/3	8/8	-5
	高山市	5/20	8/6	8/7	-1
	高山市	5/20	8/7	8/7	0
	高山市	5/24	8/8	8/9	-1
	高山市	5/24	8/8	8/8	0
	高山市	5/25	8/9	8/12	-3
	高山市	5/26	8/10	8/11	-1
	高山市	5/27	8/9	8/9	0
	高山市	5/27	8/9	8/9	0
	高山市	5/30	8/10	8/11	-1
	高山市	5/31	8/13	8/14	-1
	高山市	6/1	8/12	8/13	-1
	高山市	6/11	8/18	8/20	-2
	MAE			1.09	
2022	飛騨市	5/14	8/1	8/3	-2
	飛騨市	5/16	8/3	8/6	-3
	飛騨市	5/16	8/1	8/4	-3
	飛騨市	5/17	8/6	8/7	-1
	飛騨市	5/19	8/6	8/7	-1
	飛騨市	5/20	8/5	8/7	-2
	飛騨市	5/21	8/8	8/6	2
	飛騨市	5/25	8/6	8/8	-2
	飛騨市	5/26	8/7	8/10	-3
	飛騨市	5/29	8/9	8/10	-1
	飛騨市	5/29	8/9	8/9	0
	飛騨市	5/31	8/10	8/13	-3
	飛騨市	5/31	8/11	8/12	-1
	飛騨市	6/2	8/12	8/12	0
	飛騨市	6/2	8/11	8/12	-1
	飛騨市	6/5	8/14	8/13	1
2023	飛騨市	6/7	8/15	8/15	0
	飛騨市	6/10	8/15	8/18	-3
	高山市	6/11	8/13	8/14	-1
	MAE			1.58	
	下呂市	5/24	8/7	8/6	1
	飛騨市	5/16	8/1	8/1	0
2024	飛騨市	5/20	8/5	8/5	0
	飛騨市	6/1	8/10	8/11	-1
	高山市	5/20	8/5	8/6	-1
	高山市	5/23	8/8	8/8	0
	高山市	5/27	8/7	8/7	0
	MAE			0.43	
MAE（2021～2023年）				1.18	

気温を利用した成熟期予測は、調査点数が少ないものの、MAE は 0.50～2.00 であった（表 7）。また、「コシヒカリ」の 2021～2023 年の 3 年間の MAE は 2.20 日であった（表 8）。

「コシヒカリ」における最大予測誤差は、2021 年は 7 日、2022 年は 5 日、2023 年は 3 日で、実際の成熟期よりも遅い予測結果となっていた。誤

表7 「たかやまもち」、「あきたこまち」、「ひだほまれ」、「ひとめぼれ」の成熟期予測の誤差

年	品種名	移植日	成熟期		
			予測	実測	誤差 (予測-実測)
2023	たかやまもち	5/11	8/28	8/28	0
	たかやまもち	5/16	8/27	8/27	0
2024	たかやまもち	5/10	8/25	8/24	1
	たかやまもち	5/16	8/26	8/25	1
MAE					0.50
2023	あきたこまち ^z	5/16	8/29	8/28	1
2024	あきたこまち ^z	5/16	8/29	8/26	3
MAE					2.00
2023	ひだほまれ	5/16	9/1	8/31	1
2024	ひだほまれ	5/16	8/31	8/31	0
MAE					0.50
2023	ひとめぼれ	5/16	9/5	9/4	1
2024	ひとめぼれ	5/16	9/4	9/2	2
MAE					1.50

^z 出穂期から成熟期の積算気温950℃で算出（900℃の場合2023年 8/27、2024年8/27）

差が大きかった地点は移植日が遅かったことから、移植日が遅い場合は成熟期までの積算気温は低くなる可能性が考えられた。また、m²当たり総粒数によって基準の青味粒率までの積算気温が異なる（井上ら、2000）ことから、地力や施肥量等の条件によって、m²当たり総粒数が大きく異なる場合も成熟期までの積算気温が異なり、誤差の要因となる可能性が考えられる。そのため、栽培条件等によっては予測誤差が発生する可能性があることを考慮し、成熟期の予測を行う必要があるが、本研究での実測日と予測日の MAE は 2～3 日程度にとどまっていたため、適期刈取りの基準として利用する上で、実用可能な誤差範囲と考えられた。本研究においては、過去 10 年間の成熟期データから積算気温を決定したが、今後気温がさらに高くなった場合は、積算気温の基準を再検討する必要があると考えられた。

以上のことから、本研究で作成した発育予測モデルを水稲圃場農業情報提供サービス「AgriLook」（株式会社ビジョンテック）に搭載し、本サービスを利用することで適期作業につながる事が期待される。

引用文献

- 濱寄孝弘・三浦 周・藤倉潤治・根本 学・井上 聡・広田知良. 2019. 生物と気象 (Climate in Biosphere) 19 : 25-32 .
- 堀江 武・中川博視. 1990. イネの発育過程のモデル化と予測に関する研究. 日作紀. 59(4):687-695.
- 井上浩一郎・中津智裕・吉永 巧・齋藤康正. 2000. 水稲の青味粒比率による収穫適期の予測. 山口農試研報 51:1-12.

表8 「コシヒカリ」の成熟期予測の誤差

年	調査地点	移植日	成熟期		
			予測	実測	誤差 (予測-実測)
2021	下呂市	5/24	9/23	9/23	0
	下呂市	5/25	9/23	9/21	2
	飛騨市	5/14	9/14	9/14	0
	飛騨市	5/17	9/16	9/16	0
	飛騨市	5/22	9/22	9/23	-1
	飛騨市	6/3	9/27	9/25	2
	飛騨市	6/7	10/1	9/27	4
	飛騨市	6/8	10/3	9/27	6
	高山市	5/15	9/16	9/15	1
	高山市	5/15	9/21	9/15	6
	高山市	5/20	9/21	9/21	0
	高山市	5/20	9/21	9/23	-2
	高山市	5/24	9/21	9/22	-1
	高山市	5/25	9/27	9/26	1
	高山市	5/26	9/26	9/23	3
	高山市	5/27	9/23	9/21	2
	高山市	5/27	9/22	9/20	2
	高山市	5/30	9/24	9/22	2
	高山市	5/31	9/30	9/27	3
	高山市	6/1	9/28	9/22	6
	高山市	6/11	10/4	9/27	7
MAE					2.43
2022	飛騨市	5/16	9/15	9/10	5
	飛騨市	5/16	9/13	9/10	3
	飛騨市	5/17	9/16	9/11	5
	飛騨市	5/20	9/16	9/11	5
	飛騨市	5/21	9/17	9/17	0
	飛騨市	5/25	9/17	9/14	3
	飛騨市	5/26	9/19	9/15	4
	飛騨市	5/29	9/19	9/18	1
	飛騨市	5/29	9/18	9/17	1
	飛騨市	5/31	9/23	9/18	5
	飛騨市	5/31	9/21	9/23	-2
	飛騨市	6/2	9/23	9/23	0
	飛騨市	6/2	9/22	9/17	5
	飛騨市	6/5	9/24	9/26	-2
	飛騨市	6/7	9/27	9/27	0
	飛騨市	6/10	9/29	9/29	0
	高山市	6/11	9/25	9/26	-1
MAE					2.47
2023	下呂市	5/24	9/14	9/14	0
	飛騨市	5/16	9/6	9/7	-1
	飛騨市	5/20	9/11	9/11	0
	飛騨市	6/1	9/17	9/14	3
	高山市	5/20	9/14	9/14	0
	高山市	5/23	9/17	9/15	2
	高山市	5/27	9/14	9/14	0
MAE					0.86
MAE (2021~2023)					2.20

宮下武則. 2003. 水稲中生品種における品質確保のための収穫適期の設定とその有効積算気温による判定. 香川県農業試験場研究報告 56 号 p5-18.

森田真菜・森崎耕平・柏木啓佑・伊藤幸司. 2023. 発育指数を用いた水稲「愛知 135 号」の出穂期予測技術の確立. 愛知農総試研報 55:58-60.