Web版水稲出穂期・成熟期予測システム

須藤健一・牛尾昭浩*・吉田　智一**・高橋英博***・寺元郁博***
公益財団法人 日本植物調節剤研究協会　兵庫試験地
* 兵庫県立農林水産技術総合センター
** 独立行政法人 農業・食品産業技術総合研究機構 中央農業総合研究センター
*** 独立行政法人 農業・食品産業技術総合研究機構 近畿中国四国農業研究センター

はじめに

水稲の出穂期・成熟期の予測日がリアルタイムにかつ簡便に把握できることは，肥培管理の上からも，適期収穫の上からも重要である。一般に，水稲の出穂や成熟は，水稲の生育する期間の気温や日長に影響される。気温は，年次によって異なり，地域によっても異なる。日長は緯度が高くなるにつれて短くなる。通常，同じ場所で同じ品種を同じ時期に作付けしていると，毎年，ほぼ同じ頃に出穂し，刈り取り時期を迎える。しかし，近年のように，夏期が高温に経過すると，出穂期や成熟期が経験に基づく予想以上に早まってしまうことがある。また，登熟期の高温による「白未熟粒」（近藤 2007）の発生回避のために移植時期を遅くしたり，新しい品種を導入したりすると，出穂期・成熟期の予測がさらに困難になってしまう。

こうしたなか筆者らは，これまでに，気温と日長をパラメータに用いて，水稲のいくつかの品種で出穂期・成熟期を予測するシステムを構築し，おおむね満足できる結果を得てきた。

予測に際しては，その年の当該地点での気温を詳細に把握する必要がある。筆者らは兵庫県で当該地点の気温を把握するため，国土交通省国土政策局国土情報課（2013）が作成していた第3次地域メッシュで県内を約1km^{2}の区画に分け，そのメッシュ一つずつに平年気温を準備した「兵庫県メッシュ気候データベース」（須藤・世古 1991，須藤ら 1989）を作成し，利用してきた。その後，2002年には気象庁から「メッシュ気候値2000」が公開され，Webで入手可能なアメダス気象値と組み合わせることで，当該地点の気温の推定等は格段に容易になった。（「メッシュ気候値」は2012年に「メッシュ平年値2010」として気象庁（2012）から公開されている。）

兵庫県では，これらのシステムを利用して，ある年次の，任意の地点での，何種類かの品種について，任意の移植月日の水稲の出穂期と成熟期を推定する「水稲生育予測システム」（須藤ら 2005，2006）をWeb上で動作させてきたが，その後，近畿中国四国地域へと地域を拡大してきた。さらに100種に及ぶ品種や作型での予測をテスト版として公開している。ここでは，そのシステムの概要と利用法について報告する。

予測方法

出穂期，成熟期予測のための発育予測モデルにDVR(Developmental Rate)法を用いた（de Wit et al.1970，Nakagawa et al. 1993）（図-1）。品種ごとに，栽培年次，地点，作型の異なる数十組のデータセットと，その一つずつのデータセットに対応した日平均気温と天文日長を準備し，シンプレックス法でパラメータを算出した（須藤 1997，須藤ら 1991，1992）。得られた

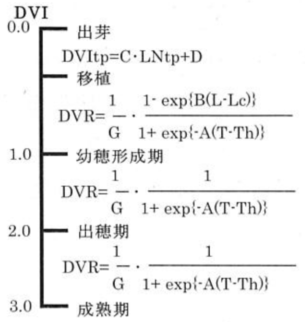

図 -1 発育予測モデルの概念図

注）DVI: 発育指数、DVR: 発育速度、A、B、C、D: 変数、DVItp: 移植時の発育指数、LNtp: 移植時の葉齢、L: 天文日長、T: 日平均気温、Lc: 限界日長、Th: 限界気温、G: 最小発育日数、DVR を積算した DVI がそれぞれの値になったときを出穂期、成熟期とする。

パラメータで作成したモデル式を予測に当てはめた時，移植から出穂期までの予測値と観測値との差の標準誤差は，「コシヒカリ」，「山田錦」で± 1.5 日，「日本晴」では± 3.0 日，他の品種はその間であった（池上ら 1995，須藤・岩井 1994，須藤ら 1995）。

予測は，総務省が定めた第 3 次地域メッシュ（以下メッシュ）単位で行っている。このメッシュは，緯度を 30 秒，経度を 45 秒に区切った面積約 $1km^2$ の区画で，兵庫県の場合，県内を 8,451 メッシュに区切る。予測のためにはこのメッシュ単位で，当該年の日平均気温と日平均平年気温，毎日の日長が必要になる。本システムの日平均平年気温は，「メッシュ気候値 2000」の月別平均気温を調和解析により日別化することで算出する。当該メッシュの当該年の日平均気温は，当該メッシュ近傍の 3 地点のアメダス観測地点における日平均平年気温と観測された日平均気温との日別平年偏差を距離比例配分方式で算出し，当該メッシュの日平均平年気温に加算して推定した。推定のためのアメダス気温値は毎朝 5 時に更新され，アクセスの前日までは観測値からの推定値，以降は平年気温を用いて演算される。

日長は天文日長で，緯度から算出する。

近畿中国四国地域における 2004 年の水稲作況試験，水稲気象感応調査結果から実測値を取り出し，予測値と比較した結果を図 -2，図 -3 に示す（須藤ら 2005，2006）。

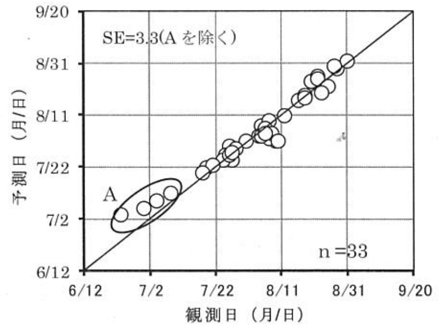

図 -2 近畿中国四国地域内の出穂期の観測日と予測日（2004 年）

注)A は 4 月 20 日以前の移植結果

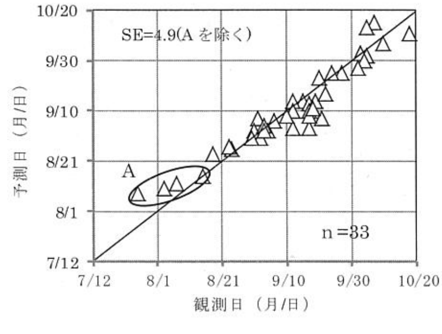

図 -3 近畿中国四国地域内の成熟期の観測日と予測日（2004 年）

注)A は 4 月 20 日以前の移植結果

システムの構成とフロー

システムの全体は，Web サーバー上の WebGIS，メッシュ・アメダスデータベース，

予測アプリケーションで構成される(図 -4)。WebGIS の地図表示エリアから予測しようとする地点の緯度・経度を取得して，当該緯度，経度からメッシュを特定する。Web で広く利用されている「Google Maps」も利用可能である。特定された当該メッシュで，出穂期・成熟期を推定する。

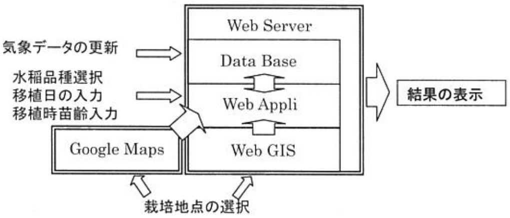

図 -4　システムの構成とフロー

利用方法

利用者は http://www.tekisaku.jp/ricediag/ にアクセスし（図 -5)，「水稲生育予測（近畿中国四国地域対応)」の「Mapserver 版」か「Google Maps 版」をクリックすると，予測システムが起動する。府県名，品種名，田植え年月日，田植え時の苗の葉齢，予測したい地点の緯度・経度を選択あるいは入力し，「実行」をクリックすると予測出穂日と成熟日が表示される（図 -6)。

現在利用できる地域は，兵庫県を始め近畿中国四国の 2 府 13 県である。予測可能な品種は，

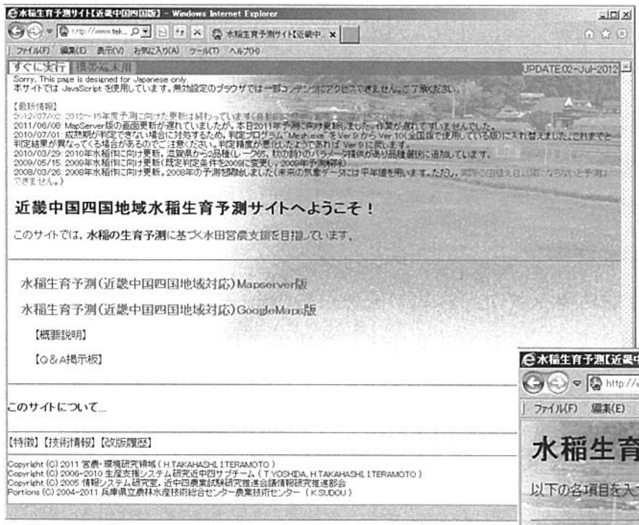

図 -5　http://www.tekisaku.jp/ricediag/ にアクセスした初期画面

注）この後，Mapserver 版か GoogleMaps 版をクリックすると予測システムに入る。

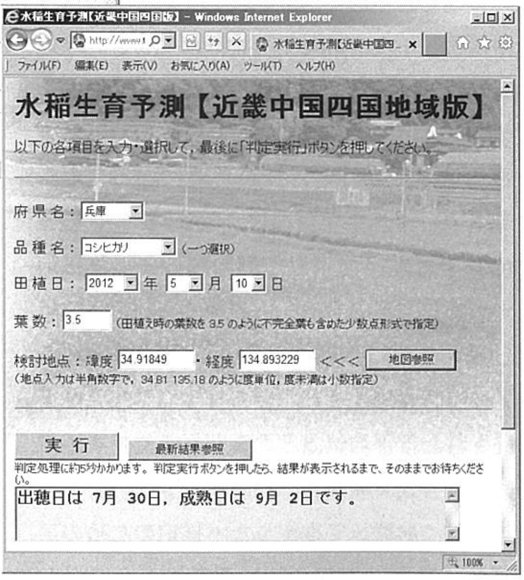

図 -6　Mapserver 版の入力画面と結果の表示例

当初，「コシヒカリ」，「日本晴」，「山田錦」でスタートし，「キヌヒカリ」，「どんとこい」，「ヒノヒカリ」を追加した。移植日は4月21日から6月20日までを想定して作成した。やや精度が劣るが，4月21日以前や6月20日以降も予測可能である（図 -2, 図 -3）。葉齢は2.0葉から5.0葉（いずれも不完全葉を含む）までである。予測したい地点の緯度・経度が不明の時は府県名を選択して「地図参照」をクリックすると選択された府県を表示したWebGISが起動する。倍率を適当に選択して対象地点を中央に持ってくることで地点が特定され，その地点の緯度・経度が予測システムに渡される。Google Maps版（図 -7）も同様である。携帯電話からも利用できる（図 -8）。http://www.tekisaku.jp/rice-i/（図 -9）にアクセスし，所定の情報を入力する。画面が小さいので対象地点を特定するのに難があるが，逆に，GPSが利用可能な携帯電話では，対象圃場の畦畔で，GPSを使って得た緯度，経度情報をシステムに渡すことで地点が特定できる。

年次をさかのぼることも可能である。冷夏年，猛暑年における出穂期や成熟期の変動なども検証できる（須藤 1994）。

近畿中国四国地域以外の都道府県では「水稲生育予測 2010【全国テスト版】」が利用できる。http://pc25.cgk.affrc.go.jp/rgp/ にアクセスし，その後の操作は近畿中国四国地域版と同様である。この「全国テスト版」では，対象品種が50種以上，対象地域を含めると100種以上になるが，それらがすべて検証できているわけではない。品種によっては大きくずれることもある。

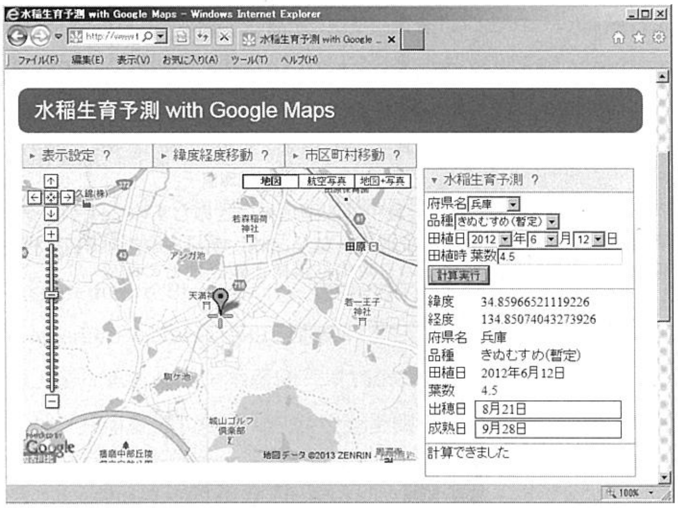

図 -7　GoogleMaps 版の入力画面と結果の表示例

図 -8　携帯電話からのアクセス例

図 -9　携帯電話アクセス用 QR コード

新品種への対応

出穂期，成熟期を予測するための各品種のパラメータは，図-4のシステムとは独立して準備されており，品種の追加や削除は容易である。2008年度から，水稲品種「きぬむすめ」が近畿中国四国地域で各県共通の奨励品種候補として取り上げられている。そこで，「きぬむすめ」の出穂期，成熟期を推定するため，近畿中国四国地域で2003年～2008年に得られた「きぬむすめ」のデータセット241個を用いてパラメータを作成した（図-10，図-11）。出穂期の予測精度は高かったが，成熟期の精度は劣った。成熟期の判定基準が人により異なることの表れでもあるが，おおよその傾向を示すものとしてモデル式に組み込んだ。

利用状況と今後の課題

2004年7月に兵庫県限定版で公開したときのアクセス件数は，7月から10月まで，約20,000件であった。2005年6月末に公開した「近畿中国四国版」でのアクセス件数は10月17日現在で5,593件であった。その後，年次によってアクセス件数は異なるが，2008年の1年間には，ページへのアクセス数5,899件，予測数17,453件であった（図-12）。また，同期間の携帯電話サイトにも1,372件のアクセス

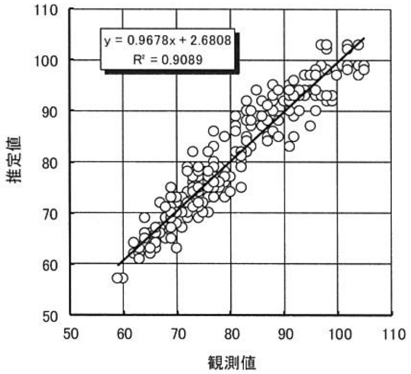

図-10　近畿中国四国地域のきぬむすめ241データセットから演算したパラメータによる移植日から出穂期までの日数の推定値と観測値との関係

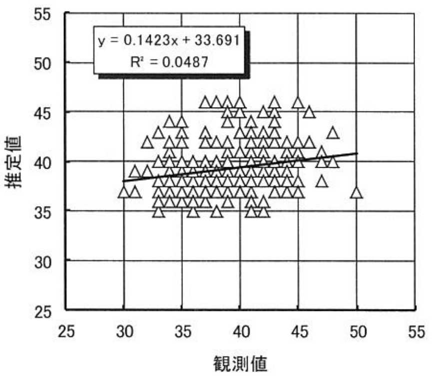

図-11　近畿中国四国地域のきぬむすめ241データセットから演算したパラメータによる出穂期から成熟期までの日数の推定値と観測地との関係

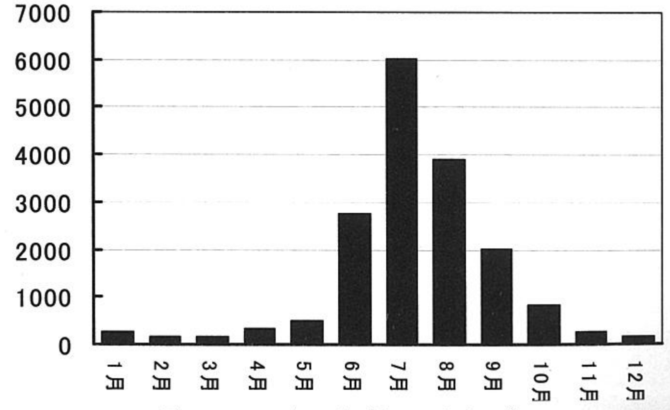

図-12　2008年の月ごとのアクセス数

があり，モバイルという移動性を重視した情報提供の重要さが伺えた。

現在，予測可能な地域拡大を順次行っているが，Webサービスが5年を経過し，問題点も明らかになりつつある。その一つがアメダス地点の変更であり，変更された地点が当該メッシュの気温推定に関係するときにエラーが出る。広域の地域のアメダス地点を常に監視することは困難であり，何らかの対策が求められる。今後，作付面積の少ない地域特産的品種へも対応を進めたいと考えている。また，予測精度を高めるため，1kmメッシュから50mメッシュへの展開（須藤ら 2005）や，水稲の収量に影響している日射量のメッシュ化（須藤・岩井 1995，Sudo・Iwai 1997）なども課題として残されている。さらに，斑点米を引き起こす重要害虫であるクモヘリカメムシの発生予測モデル（須藤・山下 2003，Yamashita et al. 2005）を組み込むことで，さらに汎用性が高くなるものと考えられる。

引用文献

de Wit, C.T., R. Brouer, F.W.T. Penning de Vries (1970)：The simulation of photosynthetic systems. In Proc. Of the IBP/PP Technical Meeting, Trebon (1969) 47-60

池上勝・世古晴美・須藤健一（1995）：酒米品種「兵庫夢錦」の発育ステージ予測モデルによる出穂期の予測と粒大に関する最適出穂期の推定：兵庫農技研報（農業）43，1-4

気象庁（2012）：メッシュ平年値2010 http://www.data.jma.go.jp/obd/stats/etrn/view/atlas.html

国土交通省国土政策局国土情報課（2013）：国土数値情報 http://nlftp.mlit.go.jp/ksj/jpgis/datalist/KsjTmplt-G04-a.html

近藤始彦（2007）：コメの品質，食味向上のための窒素管理技術［1］- 水稲の高温登熟障害軽減のための栽培管理技術の現状と課題 -：農業および園芸：82，31-34

Nakagawa H., K. Sudo and T. Horie (1993)：A Prediction System of Rice Development Stage for Crop Management：Proceedings of the First Asian Crop Science Conference 243-249

須藤健一（1994）：兵庫県における1993年の稲作期間の気象の特徴と水稲の生育：近畿作育研究　39，83-85

須藤健一（1997）：メッシュ気象データの水稲生育診断への適用と今後の課題：日作紀　66，139-144

須藤健一・池上勝・中川博視・堀江武（1991）：兵庫県における酒米品種「山田錦」の地域別発育ステージ予測システムの開発：日作紀　60（別2），21-22

須藤健一・池上勝・中川博視・堀江武（1992）：水稲の発育動態予測モデルによる酒米品種「山田錦」の出穂期予測：近畿作育研究　37，12-15

須藤健一・岩井正志（1994）：兵庫県における地域別気象条件と水稲の生育・収量の関係について：日本農業気象学会近畿支部大会講演要旨　15-16

須藤健一・岩井正志（1995）：日射量・日照時間のメッシュ化　－特定日の日射量のメッシュ化－：日本農業気象学会近畿支部大会講演要旨　27-30

Sudo K., M. Iwai (1997)：An Estimation of Distribution of Solar Radiation Using Data from 17 Agricultural Meteorological Stations

in Hyogo Prefecture：J. Agric. Meteorol. 52(5),533-536

須藤健一・岩井正志・池上勝（1995）：兵庫県における水稲地域別発育ステージ予測システムの開発：日作紀　64（別 2），209-210

須藤健一・世古晴美（1991）：兵庫県におけるメッシュ気候データベースとその利用：1991 年度日本農業気象学会近畿支部大会講演要旨　13-16

須藤健一・世古晴美・佐村董・角田和美（1989）：「兵庫県メッシュ気候図」の利用に関する研究予報　「メッシュ気候データ」利用プログラムの作成：兵庫中央農技研報（農業）　37, 115-118

須藤健一・牛尾昭浩・大原源二（2001）：兵庫県南東部山田錦栽培地帯における 50m メッシュによる気温の推定と山田錦の生育：近畿作育研究　46，77-80

須藤健一・山下賢一（2003）：兵庫県メッシュ気温分布とクモヘリカメムシの発育生態：システム農学会 2003 年度大会講演要旨　34-35

須藤健一・吉田智一・高橋英博（2005）：近畿・中国・四国地域を対象とした水稲出穂期・成熟期予測システム：2005 年システム農学会一般研究発表会要旨集　88-89

須藤健一・吉田智一・高橋英博・寺元郁博（2006）：近畿中国四国地域における水稲の出穂期・成熟期リアルタイム予測システム：日本作物学会中国支部大会講演要旨　44-45

Yamashita, K., K. Sudo, T. Adachi, K. Miura（2005）：Estimation of number of annual generations using effective heat unit of development for the rice bug, Leptocorisa chinensis (Dallas) (Hemiptera: Alydidae)：Appl. Entomol. Zool.　40(4),621-624