

# 広島県メッシュ気候図の利用に関する研究

## 第8報 水稻の出穂期及び成熟期の推定とその利用\*

森 康明・河野 富香\*\*・房尾 一宏・鳥生 久嘉

キーワード：生育予測，出穂期，成熟期

水稻栽培に当たってあらかじめ出穂期や成熟期の予測ができるならば管理上非常に好都合である。「水稻栽培基準」や「稲作ごよみ」などにおいても穂肥の施用時期は出穂期の25日前であるとか、除草剤の最終処理時期は出穂期の何日前であるという基準が設定されていて、生育中期における栽培管理は出穂期を基準にして行われている。しかし、同じ条件で栽培しても出穂期は年によって早くなったり遅くなったりして、せっかく施用した穂肥が基準の時期でなかったために倒伏したり、除草剤の葉害発生をみるなどの例はよく経験することである。

生育時期を的確に予測して無理や無駄のない栽培管理を行うことができれば、理想の生育相に誘導することも可能になり収量安定にも貢献できると考えられる。

このように出穂期を的確に把握することが稲作の重要なポイントであることから、出穂期の予測または推定に関する研究には多くの報告<sup>1,3,4,5,7,11,12</sup>があり、それをもとにした安全作期策定の基準<sup>4</sup>のできた地域もある。

広島県では1983年から水稻生育予測調査事業<sup>\*\*\*</sup>を行政・普及・研究が一体となって進めており、これから得られる膨大なデータは年々蓄積しデータベースが形成されつつある。さらに、本県には全国に先駆けて作成されたメッシュ気候図があり、種々の利用システム<sup>6,10,12,13</sup>の開発が進められている。

筆者らは、1985年に農林水産省の総合助成で「アメダスデータ利用による水稻生育予測システムの開発」研究を実施し、水稻の県内既存データ<sup>15</sup>及び水稻生育予測調査事業のデータとメッシュ気候図利用システム<sup>10</sup>及び当該年の県内気象観測データを組み合わせて行う、県全域を対象とした水稻生育予測のコンピュータ処理システム

を検討した。

本報では、この研究における水稻の出穂期及び成熟期の推定とその利用の概要について報告し参考に供する。

### 水稻生育予測モデル作成

#### 1. 使用した水稻データ

前報<sup>15</sup>で整理ファイル化したデータのうち1976年以降の県内各地（農業試験場本場、支場及び現地試験）におけるデータ及び1983年から実施されている水稻生育予測調査事業におけるデータを使用した。

#### 2. 使用した気象データ

欠測値を補正した1976年以降の県内各気象観測地点における平均気温<sup>12</sup>及び広島県メッシュ気候図平均気温<sup>10</sup>をもとに、県内18気象観測地点の間の年平均の傾斜を距離と方向から、比例的に求める方法<sup>14</sup>により推定した水稻生育地点における当該年の日別気温データを使用した。

#### 3. 推定式の作成

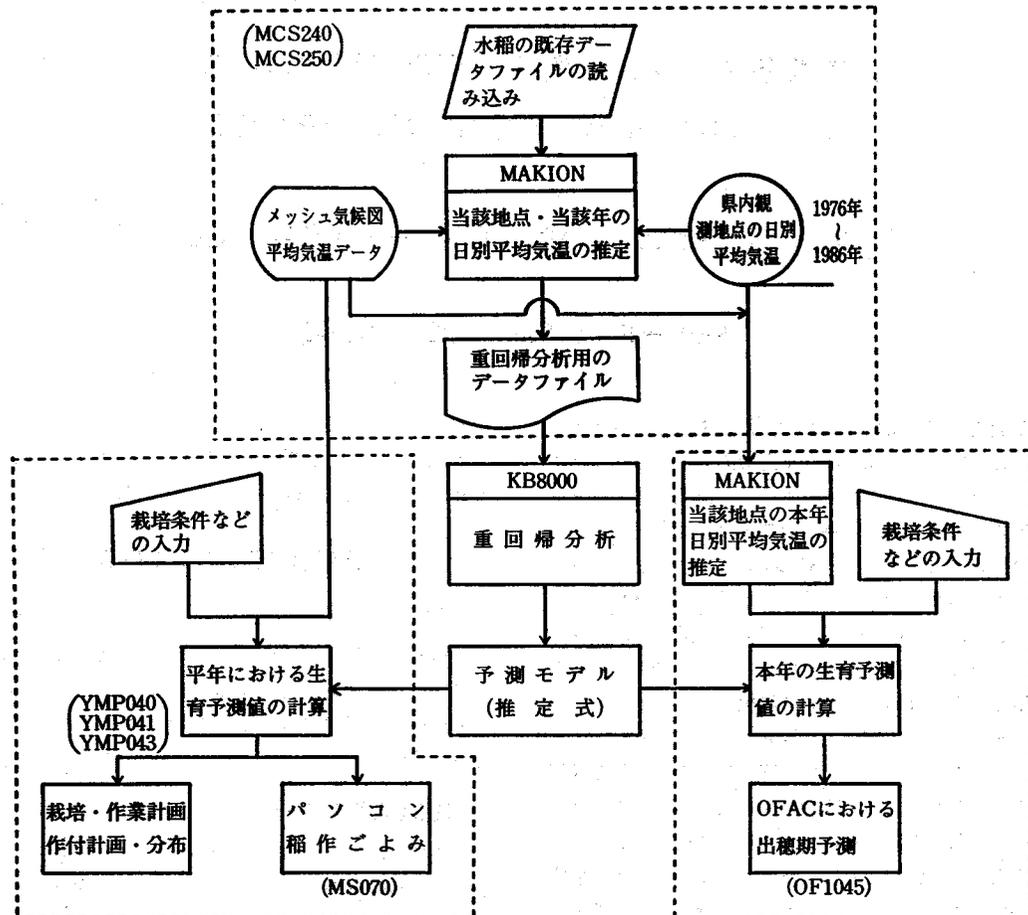
筆者らは新しい試みとして「同じ品種でも異なる場所や時期に栽培すると異なった生育反応を示すが、これはその品種固有の生態特性が、環境の差に基づいて表現された結果である」という考えのもとに、県内各地で栽培された水稻の栽培条件、生育及び収量のデータ及びその場所の当該年の推定平均気温を利用して予測式の作成を試みた。具体的には1の水稻調査データと2の推定平均気温を用いた各種積算温度データを重回帰分析し、得られた重回帰式を予測モデルとしている。

その手順を第1図の流れ図によって説明する。まず、はじめに重回帰分析用データのファイルを作らなければならない。出穂期を推定するためのデータファイル作成に当たってはプログラム MCS240 を使い、MCS200<sup>15</sup>で作成したファイルを読み込み、各レコードの先頭に付けた

\* 本報の一部は、第27回日本作物学会中国支部講演会及び第18回広島県農業試験研究発表会において報告した。

\*\* 現農業者大卒

\*\*\* 発行年：1984、昭和58年度的水稻生育予測調査結果から、第16回広島県農業試験研究発表会報告要旨、



第1図 水稲生育予測モデルの作成及び利用の流れ図

年とメッシュコードを利用しながらサブルーチンMAKION<sup>14)</sup>でそれぞれの水稲生育地点における日別平均気温を推定して、積算温度を計算するようにした。精度のよいモデルを作るためには分析用データは品種ごとにファイルしておく必要があるが、データ量の不十分な品種もあったので、暖地域水稲主要形質基準\*\*\*\*を参考にして熟期区分ごとにグルーピングした品種群のファイルを作成した。本報で用いた各熟期区分ごとの品種は第1表に示すとおりである。品種の分類には熟期区分コードを利用してもよいが、品種コードから熟期区分コードを計算するサブルーチンJKCODEを使用して行った。成熟期推定式の作成にはプログラムMCS250を使いMCS200及びMCS210で作成した2つのファイルを読み込み、出穂期推定の場合と同様にデータファイルの作成を行った。

MCS240及びMCS250によって熟期区ごとに作成さ

\*\*\*\*) 暖地域水稲育種グループ：1966、暖地域における水稲主要形質基準設定のための連絡試験。

れたファイルの中から、年及び品種コードを除外したデータについて、河野が開発した重回帰分析プログラムKB8000<sup>15)</sup>を用いて変数減増法による重回帰分析を行った。分析に当たっては当初ファイルの中から出穂期決定に関係があると考えられるできるだけ多くのデータを取り出して説明変数としたが、その後幾度も試行錯誤を繰り返して調査データには無かった新しいデータも加えて、現在は第2表及び第3表のデータを用いて分析を行っている。例えば、出穂期推定に関するデータ解析は、田植期から出穂期まで日数または出穂期を目的変数とし、説明変数には第2表における項目番号1～24の各長数及び26以降のダミー変数を用いて行った。ダミー変数は各熟期区分における品種(第1表)ごとに設定し、そのデータレコードが該品種であれば「1」を、そうでなければ「0」を与えた。

成熟期推定に関するデータ解析は、出穂期から成熟期まで日数または成熟期を目的変数として、説明長数には

第1表 熟期区分ごとのダミー対応品種一覧表

ダミーコード	熟 期 区 分				
	2	3	4	5	6
DUM (1)	アキユタカ	トヨニシキ	ホウレイ	ヤマビコ	中生新千本
DUM (2)	アキヒカリ	コンヒカリ	峰 光	アキツホ	コガネマサリ
DUM (3)	シュウレイ	トドロキワセ	ミネニシキ	農林22号	黄金錦
DUM (4)	ハツキネ	キヨニシキ	ニホンマサリ	金 剛	ミホニシキ
DUM (5)	ヒメノモチ	ササニシキ	改良千本	タンチョウモチ	
DUM (6)		八反35号	タカサゴモチ		

第3表における1～26の各変数及び28以降のダミー変数を用いて行った。

重回帰分析に当つてはF-検定のF値を2.5に設定して実行した。そして寄与率80%以上、残差自由度が30以上、分散比が100以上という条件を設定して、得られた重回帰式の中からできるだけこの条件を満たし、しかも採用された説明変数が理論的に、あるいは過去の経験からみて不合理でないものを推定式に採用することとした。

重回帰分析の結果、田植から出穂まで日数（以後出穂日数という）及び成熟期を目的変数とした場合に精度のよい推定式（第4表及び第5表）が得られたのでそれぞれの予測モデル式にした。

採用された説明変数は出穂日数推定式では5～7、成熟期推定式では4～6と熟期区分により異なった。各ダミー変数の係数はその熟期区分内における各品種固有の定数値で、この値が異状に大きい場合はその品種の熟期区分を適宜変更してモデル式を作成した。

出穂日数の推定式において、いずれの熟期の品種群に対しても採用された項目は田植期で、標高、育苗日数、日長指数Ⅱ及び各種積算温度は採用される頻度の比較的多い項目であった。

出穂日数は各品種群とも田植期が遅くなるに従い短縮された。熟期区分「3、5及び6」の品種群では標高が高くなるに従い出穂日数は長くなったが、「2及び4」の品種群ではその関係が明らかでない。採用された各種積算温度は出穂日数を短縮する場合が多かったが、ある期間の積算温度は出穂日数を逆に延長する結果になっている。熟期区分「2」の品種群においては、基肥窒素量が多いと出穂日数が短縮される傾向になっている。

成熟期の推定式において、いずれの品種群に対しても採用された項目は標高及び出穂期で、積算温度は品種群により異なる時期のものが採用された。

成熟期は当然のことながら各品種群とも出穂期が遅くなるほど遅れ、その傾向は早生品種群で大きくなっている。標高と成熟期の関係についてみると早生品種では標高が高いと成熟期が遅れ、晩生品種群では逆に早まる傾向になっている。積算温度はいずれも成熟期を早める傾向にある。

推定精度についてはきめ細かな実証テストが必要であるが、統計的にみると出穂日数推定式における寄与率は84.8～91.9、分散比は87.9～212.9、また成熟期推定式の寄与率は66.2～80.8、分散比は41.7～142.4の範囲にあり当初設定した条件に達しないものもあったが、県全域を対象とした予測モデルとしては好結果が得られているように思う。

## 水稲生育予測モデルの利用

### 1. 出穂期及び成熟期の予測

前章において作成した予測式の利用を出穂期予測の具体例として熟期区分「3」について述べる。この品種群において採用された説明変数は標高、田植期、日長指数Ⅱ、積算温度(12)、積算温度(15)及び4個のダミー変数で、それぞれの重相関係数が第4表に準備されている。従って、それぞれの係数に対応する変数値を入力して計算すれば、田植期から出穂期までの日数が得られる、これを田植期に加算すると目的の出穂期になる。

各熟期区分によって採用される説明変数が異なるが、熟期区分別の計算システムにするとプログラムが複雑になるので、係数と変数値のどちらかが「0」であれば乗算値が「0」になる定理を利用して、システム化に当っては全部の変数値を予め準備しておいて計算を行うように設計した。

第6表は出穂期予測モデルを用いて、県内任意地点に

第2表 水稲出穂日数推定に使用したデータ (MCS240 による出力ファイル)

データ名	定義	単位
1 標高	調査地点の標高 (1/25000地形図から検索した)。	m
2 標高差	調査地点の所属する 1 km <sup>2</sup> メッシュ平均標高と調査地点標高の差。	m
3 緯度指数	広島県メッシュ気候図 (東西140×南北120) の最南行を 1 とする行番号。	
4 株数	1 m <sup>2</sup> 当り植え付け株数。	株
5 基肥 N 量	a 当り基肥窒素施用量。	0.1kg
6 育苗日数	播種期の翌日から田植期までの日数。	日
7 田植期	1月1日から田植期までの経過日数。	日
8 日長指数 I	播種後40日目から起算して1日の日長時間が14時間以下となる日までの積算日長時間数。	分
9 日長指数 II	田植期から1日の日長時間が14時間以下となる日までの積算温度。	℃
10 積算温度(1)	田植期から10日間の積算温度。	℃
11 積算温度(2)	田植後11日目から10日間の積算温度。	℃
12 積算温度(3)	田植後21日目から10日間の積算温度。	℃
13 積算温度(4)	田植後31日目から10日間の積算温度。	℃
14 積算温度(5)	田植後41日目から10日間の積算温度。	℃
15 積算温度(6)	田植後51日目から10日間の積算温度。	℃
16 積算温度(7)	田植後61日目から10日間の積算温度。	℃
17 積算温度(8)	田植後71日目から10日間の積算温度。	℃
18 積算温度(9)	田植期から20日間の積算温度。	℃
19 積算温度(10)	田植期から30日間の積算温度。	℃
20 積算温度(11)	田植期から40日間の積算温度。	℃
21 積算温度(12)	田植期から50日間の積算温度。	℃
22 積算温度(13)	田植期から60日間の積算温度。	℃
23 積算温度(14)	田植期から70日間の積算温度。	℃
24 積算温度(15)	田植期から80日間の積算温度。	℃
25 目的変数 I	田植期から出穂期までの日数または出穂期 (1月1日から出穂期までの経過日数)。	日
26 ダミー(1)		
27 }		
28 }		
29 ダミー(6)		

における田植期と出穂期の関係を品種別に計算した1例である (プログラム名: YMP041)。計算したい地点のメッシュ番号、標高、育苗日数、基肥窒素施用量などの説明変数を入力すると、各積算温度がメッシュ気候図の日別平均気温を用いて計算され、入力データとともに推定モデル式へ用いられるようにしている。好適作期を考慮

した栽培計画、作業計画を立てるときの有力な参考資料になると考えられる。

第2図も同じように出穂期予測モデルとメッシュ気候図の日別平均気温を用いているが、同じ条件で栽培するとした場合の県内農耕地における、出穂期の地理的分布状況を示したものである (プログラム名: YMP040, 付

第3表 水稻成熟期推定に使用したデータ（MCS250による出力ファイル）

データ名	定義	単位
1 標高	第2表と同じ。	
2 株数	〃	
3 N施用量	a当り窒素全施用量。	0.1kg
4 P施用量	a当り磷酸全施用量。	0.1kg
5 K施用量	a当り加里全施用量。	0.1kg
6 穂数	m <sup>2</sup> 当り穂数。	本
7 育苗日数	第2表と同じ。	
8 出穂期	1月1日から出穂期までの経過日数。	日
9 積算温度(1)	出穂期から5日間の積算温度。	℃
10 積算温度(2)	出穂後6日目から5日間の積算温度。	℃
12 積算温度(3)	出穂後11日目から5日間の積算温度。	℃
13 積算温度(4)	出穂後16日目から5日間の積算温度。	℃
14 積算温度(5)	出穂後21日目から5日間の積算温度。	℃
15 積算温度(6)	出穂後26日目から5日間の積算温度。	℃
16 積算温度(7)	出穂後31日目から5日間の積算温度。	℃
17 積算温度(8)	出穂後36日目から5日間の積算温度。	℃
18 積算温度(9)	出穂後41日目から5日間の積算温度。	℃
19 積算温度(10)	出穂期から10日間の積算温度。	℃
20 積算温度(11)	出穂期から15日間の積算温度。	℃
21 積算温度(12)	出穂期から20日間の積算温度。	℃
22 積算温度(13)	出穂期から25日間の積算温度。	℃
23 積算温度(14)	出穂期から30日間の積算温度。	℃
24 積算温度(15)	出穂期から35日間の積算温度。	℃
25 積算温度(16)	出穂期から40日間の積算温度。	℃
26 積算温度(17)	出穂期から45日間の積算温度。	℃
27 目的変数	出穂期から成熟期までの日数または成熟期（1月1日から成熟期までの経過日数）。	日
28 ダミー(1)		
32 ダミー(5)		

表参照)。各品種ごとの県内好適作付地帯の策定、地域ごとの作付計画や区分図作成などに利用される。

第7表は前年までのデータをもとに作成した予測モデルを用いて、1986年の水稻生育予測調査（OFAC）事業におけるA地帯（好適出穂限界日が8月15日以前の地

帯、ほぼ標高500m以上）の各調査地点について、6月20日出穂期予測をした結果である。この計算システム（プログラム名：OF1045）では、それぞれの場所ごとの栽培条件と、予測をする当日までは本年の平均気温を用い、当日以後はメッシュ気候図の平年データを高め～

第4表 出穂日数推定のための重回帰分析結果

項 目	熟 期 区 分				
	2	3	4	5	6
定 数	158.3649	159.1951	195.6757	162.8137	165.3281
1 標 高		0.0197		0.0147	0.0218
2 標 高 差	0.0645				
3 緯 度 指 数					
4 株 数					
5 基 肥 N 量	-4.7562				
6 育 苗 日 数			-0.2407	-0.4069	-0.2798
7 田 植 期	-0.0531	-0.1986	-0.4999	-0.3720	-0.5634
8 日長指数 I					
9 日長指数 II	0.0109	0.0157			-0.0031
10 積算温度(1)			-0.0635	-0.0766	-0.0669
11 積算温度(2)			-0.0492	-0.0970	-0.1135
12 積算温度(3)	0.0467			-0.0530	
13 積算温度(4)					
14 積算温度(5)					
15 積算温度(6)					
16 積算温度(7)					
17 積算温度(8)					
18 積算温度(9)					
19 積算温度(10)					
20 積算温度(11)					
21 積算温度(12)		0.0454			
22 積算温度(13)			0.0400	0.0205	0.0406
23 積算温度(14)					
24 積算温度(15)	-0.0582	-0.0770	-0.0383		
25 ダ ミ -(1)	-4.6025	2.2121	-3.6038		-10.7963
26 ダ ミ -(2)	-4.2169	9.5756	1.1926		-7.3784
27 ダ ミ -(3)	-2.9056		5.3485		-6.5760
28 ダ ミ -(4)				4.0237	
29 ダ ミ -(5)		6.6454	7.9786		
30 ダ ミ -(6)		7.0063			
寄 与 率	91.8511	89.6841	90.9408	90.2324	84.7986
残 差 自 由 度	170	91	178	117	167
分 散 比	212.9075	87.9039	178.6847	180.1405	93.1582

第5表 成熟期推定のための重回帰分析結果

項 目	熟 期 区 分				
	2	3	4	5	6
定 数	77.6802	85.1466	144.3492	130.8301	197.5993
1 標 高	0.0191	0.0201	-0.0132	-0.0175	-0.0225
2 株 数			-0.2557		
3 P 施用量					-2.3018
4 K 施用量	-1.8104				
5 出 穂 期	1.0214	0.9541	0.7745	0.8060	0.6178
6 積算温度(1)		0.2148			
7 積算温度(2)				-0.1325	
8 積算温度(3)		-0.0337		-0.1612	
9 積算温度(4)					
10 積算温度(5)		-0.0819			
11 積算温度(6)					-0.1311
12 積算温度(7)					
13 積算温度(8)					
14 積算温度(9)					
15 積算温度(10)		-0.2140			
16 積算温度(11)	-0.1288				
17 積算温度(12)					
18 積算温度(13)					-0.0711
19 積算温度(14)			-0.0419		
20 積算温度(15)					
21 積算温度(16)					
22 積算温度(17)					
23 ダミ-(1)			-6.8096		
24 ダミ-(2)			-8.0256		
25 ダミ-(3)			-7.0815		
26 ダミ-(4)				6.7238	
27 ダミ-(5)					
寄 与 率	79.26088	80.7805	66.1818	70.0165	80.6093
残 差 自 由 度	149	82	149	102	140
分 散 比	142.3616	57.4418	41.6559	47.6376	116.3990

平年なみ～低めに設定して計算した積算温度を用いて、それぞれの予測値を求めている。データが揃えば田植直後から予測することも可能であるが、将来の気象値などの程度正確に予想できるかによって推定精度が左右され

る。昭和61年からはOFAC情報の一部として提供し推定精度の確認が行われている。

第8表は成熟期予測モデルを用いて、県内任意地点における出穂期と成熟期の関係を品種別に計算した1例で



第7表 水稲生育予測調査（OFAC）地点における出穂期予測

(OF1045)

\*\*\*\*\* OFAC チョウワチラン ニ オケル ヨソク シュツスイキ \*\*\*\*\*

1986/ 6/21

チ ネン タ イ	メッシュ コート	ヒンシュメイ	クウ キ	シュツスイキ キ	スライ シュツスイキ (ハイネンキ)					サンショウシタ キ	
					(コンゴ ク)	ノ キ	キ ク	ハイネンキ ク	ハイネンキ ク		ハイネンキ ク
61 A	1-M-14	アキヒカリ	5.03	0.00	7.27	7.26(-1)	7.27(0)	7.29(2)	7.30(3)	8.01(5)	6/20 マチ
61 A	1-Q-13	アキヒカリ	5.05	0.00	7.26	7.25(-1)	7.27(1)	7.29(3)	7.30(4)	8.01(6)	6/20 マチ
61 A	1-Q-17	アキヒカリ	5.11	0.00	7.31	7.29(-2)	7.31(0)	8.02(2)	8.04(4)	8.06(6)	6/20 マチ
61 A	2-P-17	アキヒカリ	5.11	0.00	8.02	7.31(-2)	8.02(0)	8.04(2)	8.06(4)	8.08(6)	6/20 マチ
61 A	6-B-19	アキヒカリ	5.10	0.00	7.30	7.28(-2)	7.30(0)	8.01(2)	8.03(4)	8.05(6)	6/20 マチ
61 A	6-D-3	アキヒカリ	5.03	0.00	7.25	7.23(-2)	7.25(0)	7.26(1)	7.28(3)	7.29(4)	6/20 マチ
61 A	7-A-3	アキヒカリ	5.11	0.00	7.31	7.29(-2)	7.31(0)	8.02(2)	8.04(4)	8.06(6)	6/20 マチ
61 A	8-N-20	アキヒカリ	5.13	0.00	7.29	7.26(-3)	7.29(0)	7.31(2)	8.02(4)	8.04(6)	6/20 マチ
61 A	8-P-14	アキヒカリ	5.15	0.00	8.02	7.29(-4)	7.31(-2)	8.03(1)	8.05(3)	8.07(5)	6/20 マチ
61 A	9-G-16	アキヒカリ	5.04	0.00	7.22	7.19(-3)	7.21(-1)	7.22(0)	7.24(2)	7.26(4)	6/20 マチ
61 A	9-I-3	アキヒカリ	5.11	0.00	7.30	7.27(-3)	7.29(-1)	8.01(2)	8.03(4)	8.05(6)	6/20 マチ
61 A	9-I-17	アキヒカリ	5.12	0.00	7.23	7.20(-3)	7.23(0)	7.25(2)	7.27(4)	7.29(6)	6/20 マチ
61 A	9-I-18	ホウレイ	5.13	0.00	8.03	8.03(0)	8.04(1)	8.05(2)	8.05(2)	8.06(3)	6/20 マチ
61 A	9-I-11	アキヒカリ	5.12	0.00	7.28	7.25(-3)	7.27(-1)	7.29(1)	7.31(3)	8.02(5)	6/20 マチ
61 A	9-S-15	アキヒカリ	5.09	0.00	7.29	7.26(-3)	7.28(-1)	7.30(1)	8.01(3)	8.03(5)	6/20 マチ
61 A	10-J-1	アキヒカリ	5.05	0.00	7.23	7.20(-3)	7.22(-1)	7.24(1)	7.26(3)	7.27(4)	6/20 マチ
61 A	12-A-14	アキヒカリ	4.30	0.00	7.23	7.21(-2)	7.22(-1)	7.24(1)	7.25(2)	7.27(4)	6/20 マチ
61 A	12-L-12	ホウレイ	5.02	0.00	8.04	8.03(-1)	8.04(0)	8.04(0)	8.05(1)	8.06(2)	6/20 マチ
61 A	12-O-16	アキヒカリ	5.03	0.00	7.25	7.23(-2)	7.24(-1)	7.26(1)	7.28(3)	7.29(4)	6/20 マチ
61 A	12-R-20	ホウレイ	5.05	0.00	8.04	8.04(0)	8.05(1)	8.06(2)	8.07(3)	8.07(3)	6/20 マチ
A チタイ ハイネン			5.08	0.00	7.29	7.27(-2)	7.28(-1)	7.30(1)	8.01(3)	8.02(4)	

ヒロシマチホウキシュウグアイ ハツチヨウノ チョウキヨウ (キオン)  
 6カ"ツケ"シ"ン...ハイネンナミ 7カ"ツケ"シ"ン...ハイネンナミ 8カ"ツケ"シ"ン...ハイネンナミ

第8表 平年における水稲品種別の推定成熟期

YMP043

ハイネン ニ オケル スイトウ セイジ ユツキ ノ スイチ

1985/11/13

メッシュコート 22-K-17 ヒョウゴク 217. カ"ツケ" 22.0/M2 N 1.20 P205 1.20 K20 1.00

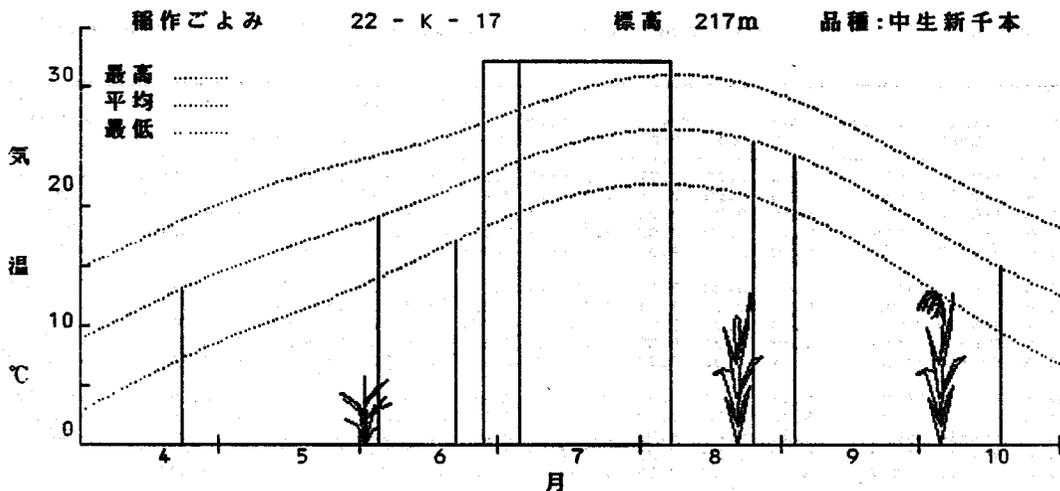
ヒンシュメイ	シ ユ ツ ス イ キ										ツキ/ヒ
	7.20	7.25	7.31	8.05	8.10	8.15	8.20	8.25	8.31	9.05	
ハイネンナミ ノ キオン ケイカ テ ハ											
ホウレイ	9.08	9.12	9.17	9.21	9.26	9.30	10.05	10.10	10.16	10.16	0.03
アキヒカリ	9.07	9.11	9.16	9.20	9.24	9.29	10.04	10.09	10.15	10.15	0.03
メネニシキ	9.08	9.12	9.17	9.21	9.25	9.30	10.05	10.10	10.16	10.16	0.03
アキヒカリ	9.07	9.11	9.16	9.20	9.24	9.29	10.04	10.09	10.15	10.15	0.03
アガサシケンキオン	9.07	9.10	9.14	9.18	9.22	9.27	10.02	10.07	10.14	10.14	0.03
チヨウメ ノ キオン ケイカ テ ハ											
ホウレイ	0.02	9.10	9.15	9.19	9.24	9.28	10.03	10.08	10.14	10.19	
アキヒカリ	0.02	9.09	9.14	9.18	9.23	9.27	10.02	10.07	10.13	10.18	
メネニシキ	0.02	9.10	9.15	9.19	9.24	9.28	10.03	10.08	10.14	10.19	
アキヒカリ	0.02	9.09	9.13	9.18	9.22	9.27	10.02	10.07	10.13	10.19	
アガサシケンキオン	0.02	9.06	9.11	9.15	9.19	9.23	9.28	10.03	10.10	10.16	
ヒツメ ノ キオン ケイカ テ ハ											
ホウレイ	9.10	9.14	9.19	9.23	9.28	10.02	10.07	10.12	0.03	0.03	
アキヒカリ	9.09	9.13	9.18	9.22	9.26	10.01	10.06	10.11	0.03	0.03	
メネニシキ	9.10	9.14	9.19	9.23	9.27	10.02	10.07	10.12	0.03	0.03	
アキヒカリ	9.09	9.13	9.18	9.22	9.27	10.01	10.06	10.11	0.03	0.03	
アガサシケンキオン	9.10	9.14	9.18	9.22	9.26	10.01	10.06	10.11	0.03	0.03	

ヒツメ =0.01 ..... ガンズクア"ン"ル"キ ノ キオン カ" 20" C"イカ  
 =0.02 .. シュツスイゴ" 40ニチカ"ル"セキサンキオン 1100" C"イカ  
 =0.03 .. シュツスイゴ" 40ニチカ"ル"セキサンキオン 800" C"イカ

(MS070)

メッシュ気候図を利用した稲作ごよみ

86/12/02



田植早限期 4月22日 出穂早限期 7月5日～晩限期 9月3日

気温条件からみた好適出穂期間は8月7日～8月25日と考えられる。

6月1日に植えると8月22日ごろが出穂期になります。

成熟期は10月5日ごろになります。

栽培条件 育苗日数: 20日 植付株数: 22株/m<sup>2</sup> 1株本数: 3本  
施肥量 基肥N: 0.5kg/a 全N: 1.0kg/a P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>: 0.8kg/a K<sub>2</sub>O: 1.0kg/a

管理メモ 中間追肥は6月16日ごろに施用する。  
中干しは7月16日～7月26日に実施する。

穂肥Ⅰは7月28日ごろに施用する。

穂肥Ⅱは8月12日ごろに施用する。

落水開始は9月21日ごろをめやすに行ってください。

※ この稲作ごよみは平年気温によって計算したものです。  
その年の気温経過によって実際の生育経過は若干異なります。

第3図 パソコン稲作ごよみの出力例

ある(プログラム名: YMPO34)。収穫期や落水期を決定するための参考資料に利用できる。

## 2. パソコン稲作ごよみ

第3図にパソコンによる利用例を示した。詳細については後日報告する予定であるので簡単に述べる。出穂期及び成熟期予測モデルとメッシュ気候図平均気温データを用いて動かす「パソコン稲作ごよみ」(プログラム名: MS070)で、指定地点におけるメッシュ気候図気温データから田植早限日、出穂早限日及び好適出穂期間などを計算し、品種ごとに指定した田植期に対応する出穂

期や成熟期を求めたり、指定した日に出穂させるための田植期を求めることができるようになっている。さらにその作期における追肥時期、中干し期間、穂肥時期などの管理情報を知ることが可能であり、普及の現場における稲作指導・作付計画などの支援システムとしての利用ができると思っている。データやプログラムがさらに充実し、刻々と変化する気象観測データの利用システムが完成して、これらが自由に使えるようになれば、県内任意地点における「水稲栽培管理システム」としての活用も考えられよう。現地での検証と利用を兼ねて県内13農業改良普及所にシステムプログラムを提供し、好適作期

推進などに活用している。

## 考 察

作物の生育には気象及び土壌条件、作物体の栄養条件など種々の要因が複雑に関与し、それらが常に変化しているため、現状では生理学的モデルを用いて現場における生育の予測をすることは極めて困難と思われる。

このような場合、作物の生育過程とそれに係わる種々の要因との関係を統計学的に求める方法が一般に行われており、水稻出穂期の推定法として積算温度による羽生ら<sup>3)</sup>の方法、有効積算温度による朝隈<sup>1)</sup>や森田ら<sup>12)</sup>の方法や金<sup>8)</sup>の実施例が報告されている。

これらの方法は手法的には若干の差があるが基本的には、例えば播種期または田植期から出穂期までの積算温度には品種それぞれに固有のものがあって、その気温量に到達すると出穂期になるという点では共通している。

筆者らは、これらの方法を利用して広島県メッシュ気候図気温データを活用した計算システムを試みようとしたが、いずれも本県で栽培されている水稻品種についての実用的利用は不可能であった。

羽生らは東北地方の代表的品種について、それぞれの出穂期までの積算温度から設定した品種ごとの出穂期推定基準<sup>3)</sup>をもとに、寒地水稻の安全出穂期を決定する方法<sup>9)</sup>を提案しているが、水稻の作期幅が広く同じ品種でも田植時期が早い場合と遅い場合で、出穂期までの日数が著しく異なる暖地では出穂期までの積算温度一定の法則は成立しない場合が多い。

朝隈<sup>1)</sup>や金<sup>8)</sup>の有効積算温度による方法は一定の無効気温を除外して積算することにより、作期の異なる場合の有効積算温度が一定になるよう調整する点で、暖地における適用性が高いと考えられる。そこで当場における作期試験データを使用したモデルを作成し、メッシュ気候図の気温データを利用した出穂期推定を試みたが、場所による推定精度の変異が大きく実用的とはいえなかった。

さらに、県内のデータについて森田<sup>12)</sup>の方法を準用して得た積算温度を用いて出穂期推定の重回帰分析を行ってみたが、いずれの品種においても寄与率が低く実用的推定モデルの作成は不可能であった。

伊藤<sup>2)</sup>は、これまでの多くの報告例をもとに、活着期から分けつ開始期頃、幼穂分化期の前後及び出穂の直前に、水稻の出穂を遅延させる冷温感受性期があると整理している。このように出穂期を決定する冷温感受性期があるとすれば、出穂期までの全期間の気温を単純に積算

するよりも、いくつかに分割した各期間ごとの積算温度について解析する必要がある。また、これまではある特定の場所（例えば、農業試験場）における調査結果をもとにして、作物の生育モデルを組み立て他の場所における推定や予測に利用する例が多かった。しかし、この方法では環境条件が著しく異なった場所での推定や予測は誤差が大きく、県全域を対象とするような予測への適用は困難と考えられる。また、従来は凶作年あるいは農作年のデータは特異値であるとして、わざわざ除外して解析する場合も多くせつかくの貴重なデータを十分活用していたとはいえなかった。

これらのことを考慮して、筆者らは県内各地における1976年からの水稻生育データと、それぞれの水稻生育地点における推定平均気温の各種積算温度及び栽培条件を組み合わせて解析し、県全域を対象とした生育予測モデルを作成してその利用を試みた。

その結果、推定した平均気温データを加えて解析することにより、年や場所の異なる幅広いデータを用いた推定式を作成することができ、県全域を対象とした生育予測への利用が可能であることを明らかにした。

本報で用いた推定式は重回帰式であるが、現状ではデータ数が必ずしも十分な量でなく予測モデルも完全なものとはいえない。予測モデルは品種ごとにデータを解析して品種ごとに作るのが本来であるが、本報では熟期区分ごとの数品種をまとめて品種ごとのダミー変数を設定することにより、精度に問題は残るがデータ数の少ない品種での利用ができるようにしている。また、一品種に一つのモデルで県内全域を予測しているが、データの蓄積が進んだ段階で地域別あるいは標高別に品種ごとのモデルを作る必要がある。

モデル作成上で、水稻の感光性をどのように評価してモデルの中に組み込むかが難しい点である。本報では、栗山<sup>11)</sup>の報告を参考にして作成した日長指数Ⅰ及び日長指数Ⅱ（第2表）を指標として用いたが、今後の検討が必要である。

重回帰分析によるモデル作成に当ってはデータの正確度が特に重要で、精度の高い予測をするためにはデータについての吟味が大切である。

予測精度を高めるためには、現在は説明変数として用いていない土壌中の窒素動態や施肥上の細かなデータ（例えば追肥量や穂肥量、その施用時期など）、さらには平均気温以外の気象データ（気温較差、日照時間など）も予測モデル作成に取り入れる必要がある。しかし、いくら精度が良くなるといっても、必要な時に直ぐ利用できない複雑な手続きを要するデータでは、予測システ

ムの運用上問題がある。現場での利用に重点をおくならば、推定精度は若干低くても必要な時に予測が簡単にできるシステムにしておくことが望ましい。

広島県は地形的にも気象的にも非常に複雑であり、栽培されている水稲の品種数が多く予測モデル作りの難しさが、将来の気象値の変化をどれだけ正確に予測できるかが、生育予測精度をよくするための大きなカギになる。さらに、県全域を対象にしたモデルの適合性検証も残された点である。

予測システムは、元来これで完全というものはないので、常に新しいデータを追加して解析を繰り返しながら、一つづつ進歩していくものと考えている。

生育予測システムは、よりよい生産を上げるための一手段で、人間が経験と勘で行っていた従来のやり方をコンピュータに肩代わりさせようとするものである。しばらくは、見聞の能力に及ばないであろうが、そのうちに人丁の思考能力の限界を越えるようになるであろう。

ニューメディアの進歩や情報処理技術の開発によって、我々は新しい農業技術を手にする可能性が生まれてきた。この技術が農業生産の現場で真に役立つものになるよう努力を重ねていきたい。

## 摘 要

1. 県内各地で調査された1976年以降の水稲生育、収量データと水稲が生育した年、場所における推定平均気温をもとにして、県全域を対象とする品種ごとの出穂日数及び成熟期予測モデルを作成した。

2. この予測モデルを利用して2～3年の生育予測システム(出穂期及び成熟期予測、パソコン稲作ごよみ)を開発した。

3. 予測システムは、水稲生育予測調査事業における地帯別出穂予測に活用した。また、パソコン稲作ごよみは県内の13農業改良普及所に提供し、好適作期推進などに活用した。

## 謝 辞

使用した水稲データは農業試験場作物部、同高冷地支場及び各農業改良普及所で調査されたものである。調査に当たられた関係各位に記して謝意を表す。

## 引用文献

1) 朝隈純隆：1970. 日本型水稲の出穂に関する生態

学的研究. 鹿児島農試報告(70周年記念). 49—70.

2) 伊藤延男：1975. イネの冷害障害〔1〕—とくに遅延型冷害について—. 農業及園芸 50(12)：1465—1470.

3) 羽生寿郎・内島立郎：1962. 作物の生育と気象との関連に関する研究. (1)水稲の出穂期と気温との関係. 農業気象 18(3)：109—117.

4) ————・—————・菅原 俐：1965. 寒地水稲の安全出穂期を決定する新方法. 農業気象 21(3)：81—85.

5) ————・—————・斉藤武雄・菅原 俐：1966. 北日本における水稲直播栽培の適地・適期の決定方法に関する農業気象学的研究. 東北農試報告 34：1—15.

6) 広島県：1984. 広島県メッシュ分布図Ⅰ. 119p.

7) 細井徳夫：1977. 気象要因による水稲生育の変動性. (2)生育温度の差異及び成苗移植栽培における品種の出穂変動. 日作紀 46(3)：352—360.

8) 金 忠男：1983. 水稲の出穂期の推定に対する直線回帰式の利用. 農業及園芸 58(11)：1345—1348.

9) 河野富香：1977. 病害虫発生予察事業における電子計算機利用方法 第4報 重回帰分析を中心とした予測値計算システム. 広島農試報告 39：1—20.

10) ————・森 康明・房尾一宏・上原由子：1984. 広島県メッシュ気候図の利用に関する研究. 第1報 農耕地を対象とした気温補正と日別変換による利用. 広島農試報告 48：113—122.

11) 栗山英雄：1965. 稲の出穂性に関する研究. 農技研報 13：175—253.

12) 森田弘彦・村上利男：1981. 寒地水稲の作期の計画化について 第1報 有効積算気温と出穂期の関係. 日作紀 50(3)338—343.

13) 森 康明・河野富香・房尾一宏：1984. 広島県メッシュ気候図の利用に関する研究. 第3報 県内観測地点における平均気温の欠測値補正. 広島農試報告 48：135—148.

14) ————・—————・—————：1985. ————. 第5報 任意地点における特定年の日別平均気温推定. 広島農試報告 49：87—98.

15) ————・—————・—————・大竹茂登・中蔵正之・伊藤夫仁：1986. ————. 第7報 県内における普通作物の生育・収量調査データの整理ファイル化. 広島農試報告 50：1—10.

Studies on Application of the Mesh Climatic Charts of Hiroshima Prefecture

8. The estimation of the date of heading and maturity of rice and its utilization.

Yasuaki MORI, Tomika KONO, Kazuhiro FUSAO and Hisayoshi TORIYU

Summary

We have already constructed the data base on the climate and the rice varieties in Hiroshima prefecture. We used these data base for the multiple regression analysis in order to get the estimating equations of the date of heading and maturity of each rice variety.

Utilizing the estimating equations, we developed the computer programmes for estimating the date of heading and maturity of rice, and for planning the rice cultivating calendar.

We utilizing the programmes for the estimation of heading time in each region of the OFAC (Observation, Forecasting, Adjustment and Control of rice) project. And the rice cultivating calendar planning programme have been utilized for forecasting the optimum cropping season of rice at 13 agricultural extension offices in Hiroshima prefecture.

Key words: growth, rice, heading, maturity.

付 表

```

PROGRAM YMP040
C   Aイネツカニヨク スイトウ スイイ シュウスイノ 80BYTE MESH FILE ヲケイ
C   LFN 1=INEDEHKOKEISU  LFN 2=KIONMD  LFN 15=80BYTE MESH FILE
C   1984/03/28 ヲケイ  1985/06/18 シュウケイ  BY  Y.MORI
DIMENSION TM(12),CT(365),ND1(15),ND2(15),D(33),CTWAC(15),X(33),
¥     SUN(365),KC(5),KOC(9.5),DUM(9),NNS(20)
DATA KC/9.6,7.4,4/
DATA KOC/ 1, 2,14,18,19,23,24,61,65, 3, 4,15,21,25,51, 0, 0, 0,
¥     5, 6, 7,16,22,27,62, 0, 0, 8, 9,10,63, 0, 0, 0, 0, 0,
¥     11,12,13,26, 0, 0, 0, 0, 0/
5 CONTINUE
WRITE(6,600)
600 FORMAT(1H ,10X,'ヒツヂ ヲト'  H '???'/1H ,
¥     10X,'ツキ'ノ カガ イラゲ'カ'サイ.'/1H ,
¥ 10X,' 1 ..... アキツカ ' /1H ,10X,' 2 ..... アツカ ' /1H
¥ 10X,' 3 ..... トヨツキ ' /1H ,10X,' 4 ..... ヲルカ ' /1H
¥ 10X,' 5 ..... ネルイ ' /1H ,10X,' 6 ..... ミツカ ' /1H
¥ 10X,' 8 ..... ヤセ'コ ' /1H ,10X,' 9 ..... アキツキ ' /1H
¥ 10X,'11 ..... ナガツキ'キ'ブ' /1H ,10X,'12 ..... コカ'ネツカ ' )
READ(5,*) NAME
CALL JKODE(NAME,JUKU)
DO 300 I=1,KC(JUKU-1)
300 DUM(I)=0
DO 310 I=1,KC(JUKU-1)
IF(KOC(I,JUKU-1).EQ.NAME) DUM(I)=1.
310 CONTINUE
DO 320 I=25,33
320 D(I)=DUM(I)-24)
WRITE(6,610)
610 FORMAT(1H ,10X,'ナニチ イ テ'カ '???' )
READ(5,*) NAE
WRITE(6,620)
620 FORMAT(1H ,10X,'ツキ(X.XX)  H '???' )

READ(5,*) TAUE
ITAUE=TAUE*100.
CALL HIZUKE(ITAUE,NI)
D(1)=NI
WRITE(6,630)
630 FORMAT(1H ,10X,'ム2 アガリ ガ'ス' H '???' )
READ(5,*) FKABU
WRITE(6,640)
640 FORMAT(1H ,10X,'モト'イ チツリヨウ(セ'イ'ソ'フ'ル)  H '???' )
READ(5,*) BN
D(6)=BN
D(7)=NAE
    
```

```

WRITE(6,650)
650 FORMAT(1H ,10X,'ヒョウコノノノイ( MAX, MIN )ハ???' )
    READ(5,*) HMAX, HMIN
655 WRITE(6,660)
660 FORMAT(1H ,10X,'ハイツネオンニタイルソクソノオトハ???' /1H ,
    ¥      15X,'セテイノイハ(-2.0 ~ +2.0 °C)' )
    READ(5,*) ZOGEN
    IF(ZOGEN.LT.-2.OR.ZOGEN.GT. 2.) GO TO 655
    DO 110 I=1,5
    READ(1,2000)IH,X1,(X(J),J=1,33)
2000 FORMAT(1I,F9.4,8F8.4/2X,9F8.4/2X,9F8.4/2X,7F8.4)
    IF(JUKU.EQ.1H) GO TO 15
110 CONTINUE
    WRITE(6,670)
670 FORMAT(1H ,10X,'ヒツシユートカチガイヌ!!!' /1H ,
    ¥      15X,'サニユウリョクシテカチガイ.')
    GO TO 5
15 ISW=1 ; IB=0
    DO 10 MM=1,34
    WRITE(6,1000) MM
1000 FORMAT(1H ,10X,'ガイ',12,'スヲヨリテユ!!!')
    DO 20 NN=1,20
    DO 30 LL=1,20
    IF(ISW.NE.1) GO TO 40
    READ(2,2000,END=50)M,N,L,HM,HK,(TM(I),I=1,13),ITA
2000 FORMAT(3I2,2F4.0,13F5.1,1I)
40 CONTINUE
    IF(HK.EQ.-100) IB=1
    IF(MM.NE.M) GO TO 50
    IF(NN.NE.N) GO TO 50
    IF(LL.NE.L) GO TO 50
    ISW=1
    IF(IB.EQ.1) GO TO 60
    IF(ITA.EQ.0) GO TO 60
    IF(HK.GT.HMAX.OR.HK.LT.HMIN) GO TO 55
    DO 400 J=1,12
    CALL KH0001(J,HM,HK,TM(J),TI)
400 TM(J)=TI
    CALL KG0011(TM,CT)
    DO 410 I=1,8
    IF(1.EQ.1) THEN
        ND1(I)=NI
        ND2(I)=ND1(I)+9
    ELSE
        ND1(I)=ND2(I-1)+1
        ND2(I)=ND1(I)+9
    END IF
410 CONTINUE
    DO 420 I=9,15
    ND1(I)=NI
    ND2(I)=ND1(I)+9+(I-8)*10
420 CONTINUE
    DO 430 I=1,15
    NS=ND1(I)
    NE=ND2(I)
    CTWA(1)=0.0
    DO 440 JJ=NS,NE
        CTWA(1)=CTWA(1)+CT(JJ)+ZOGEN
440 CONTINUE
430 CONTINUE
    D(2)=HK
    D(3)=HM-HK
    D(9)=0.0
    IF(JUKU.EQ.4) GO TO 475
    IF(JUKU.EQ.6) GO TO 475
    CALL MESHXY(M,N,J,O,IX,IY)
    D(4)=IY
    IF(JUKU.EQ.5) GO TO 475
    Y=IY
    CALL NIS002(Y,SUN)
    KANJU=NI-NAE+40
    DO 450 J=KANJU,KANJU+60
    IF(SUN(J).LT.SUN(J+1)) GO TO 450
    IF(SUN(J).LE.840.) GO TO 460
450 CONTINUE
460 CONTINUE
    DO 470 I=NI,J
    D(9)=D(9)+CT(I)+ZOGEN
470 CONTINUE
475 CONTINUE
    DO 480 I=10,24
    K=I-9
    D(1)=CTWACK)
480 CONTINUE
    CALL YMF051(33,X1,X.D,1DAY)
    IDAY=NI+1DAY
    CALL TUKIHI(IDAY,GAPPI)
    IGAPPI=GAPPI*100.
    GO TO 500
50 ISW=0
    IGAPPI=-999
    GO TO 500
60 IGAPPI=-900
    IB=0
    GO TO 500
55 IGAPPI=-10
500 CONTINUE
    NNS(LL)=IGAPPI
30 CONTINUE
    WRITE(15,3000)(NNS(I),I=1,20)
3000 FORMAT(20I4)
20 CONTINUE
10 CONTINUE
    STOP
    END

```