

稲の生長解析—平均値とパターン—

中国農業試験場 栽培生理研究室長 松葉捷也

1. はじめに

稲の稈長など、量的形質の変異は、栽培条件が均一なほどより小さくなり、その分布は理想的には幅のせまい正規分布になっていくと一般に考えられている(図1)。

しかしこの考え方は、節間長や葉身長を測る場合に、採取した主稈や最長稈の「型(タイプ)」を無視すると成り立たないことが分ってきた。図1の考え方は、近年の生育調節剤の試験のみならず、一般に栽培や育種の圃場試験の基盤でもあるので、以下で問題の整理をし、試験実施の参考に供したい。

言うまでもないが、図1の前提として、稲の品種は生産上支障のない程度に純系でなければならない。純系の量的形質を大量に調査すれば、その変異は正規分布を示すという図1の考え方は、厳密に言えば一つの近似である。正規分布を仮定すると統計解析に非常に便利なので図1

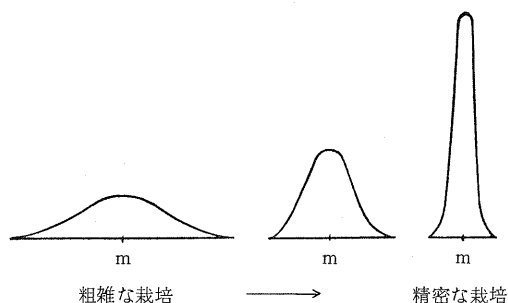


図1. 量的形質の変異分布の変化

m: 平均値

のように考えるのであるが、その上でなお前述した問題の整理が必要である。

2. 主稈の第4, 第5節間長の変異

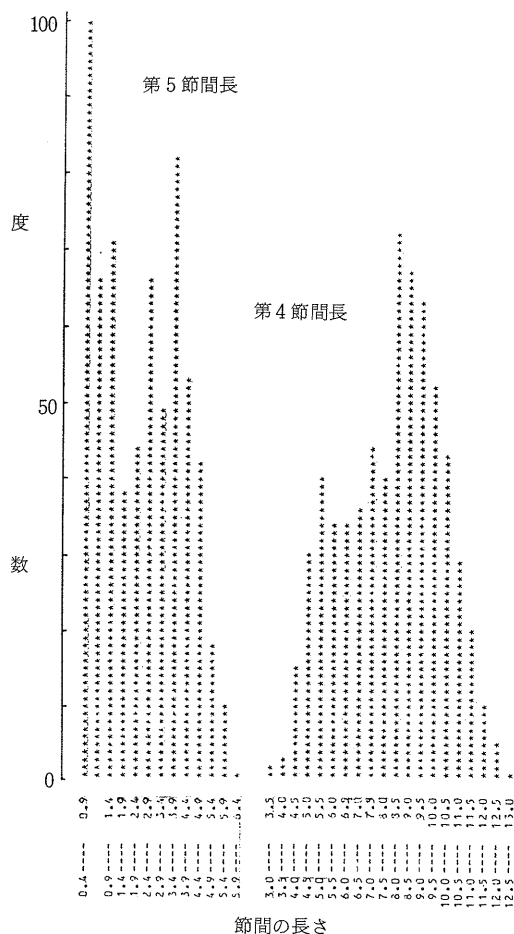


図2. 主稈の第4, 第5節間長の変異分布

品種: ニホンマサリ, 調査主稈数: 640

一つの例を示してみよう。近年、倒伏防止に関する生育調節剤の試験や施肥法の試験で稲の節間長がよく測定されている。筆者も前任地の北陸農業試験場で圃場に1本植えにした「ニホンマサリ」の主稈640本について節間長を測定したことがある。その第4、第5節間長の分布はそれぞれ図2のようになった。特に第5節間長には明瞭な二つの山があり、これ以上の大量調査をしても分布が単峰型に変わって正規分布に近づくとは考え難い。

図2のような双峰型の分布の原因に、まず施肥むらが考えられるが、この場合、肥培管理に問題はなく、達観でみる限り生育はよく揃っていた。栽培条件に原因がないとすると、混種とか遺伝的変異を疑ってみるが、その点にも原因はないと判断された。仮にこれが遺伝的変異とすれば、いわゆる純系選抜ができることになり、筆者はすぐにも品種の育成者になれるが、残念ながら後述するようにそうはいかない。

図2に示した第4、第5節間長の分布幅は、それぞれ3~13 cm, 0.4~6.4 cmで、変異係数は24.6%と63.2%であったから、いずれも変異はかなり大きいと言える。以前から、節間長の調査では下位節間長の変異が大きすぎて結果の取りまとめに苦慮するという話がよく聞かれた。この現象の背後にあるのは、図3に示したような規則的事実である。

3. 同一試験区の主稈の「生育型」

図3は、コシヒカリを1ポット1株1本立てにして同じ栽培条件下で育て、主稈の葉身長、節間長を測定し、その結果を下から節位順に折れ線で個体別に図示したものである(16葉主稈とは、主稈総葉数が16枚の主稈のこと)。この図で分るように、主稈総葉数が1葉違うと、葉

身長と節間長の節位別変化のパターンが著しく違ってくる。従来、このことが明確にされていなかったもので、主稈総葉数の区別をせずに節間長を測定し、穂首節間を第1節間として上から順に対応をつけて、第5節までの平均値をそれぞれ算出していたのである。そうすると、下位節間長ほど変異が大きくなってしまふことは、図3から明らかであろう(最長稈のことは後述す

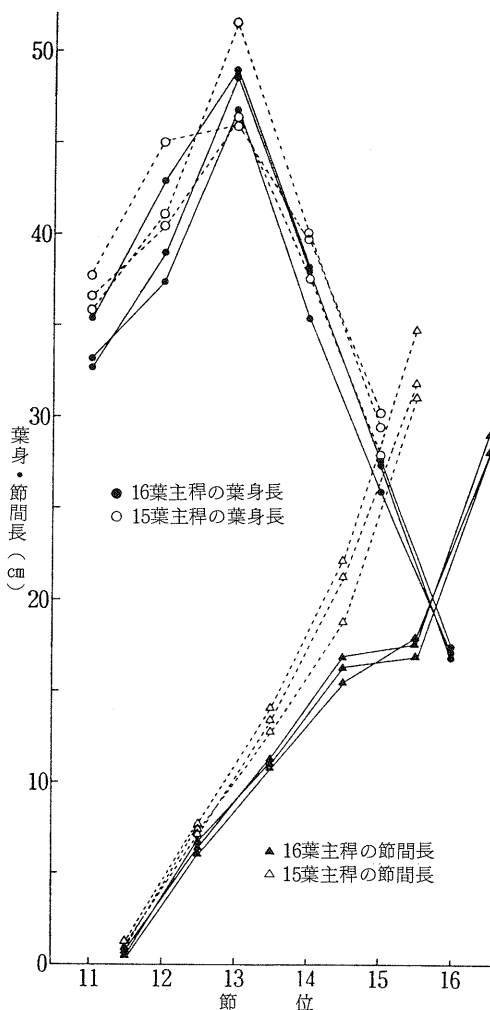


図3. 同一試験区の主稈における上位葉身長及び節間長の節位別変化

コシヒカリ(1982年のポット試験)の16葉主稈、15葉主稈それぞれ3個体を図示した。△、▲とも右端が穂首(第1)節間長で、○、●とも右端が止葉葉身長である。

る)。葉身長についてもことは同様である。

図3と同様のことは、他の品種でも、また圃場の1本植えの試験区でも確認できた。このように、同一試験区の主稈総葉数の1葉差に対応して節間長や葉身長の節位別変化に明瞭なパターンの違いがあることから、この違いを総合的にとらえて同一試験区の主稈に異なる体形＝「生育型」があると筆者は考えた。

4. 主稈の「生育型」の発現要因

「生育型」の正体については、結論的に、非遺伝的な変異であるが、その発現要因は目下のところ特定されていない、といえる。

非遺伝的である証拠はいくつかあるが、稲の薬培養で得た完全と言える純系でも、同一試験区で主稈総葉数に1葉の差を生じ、それに対応する主稈の生育型も明瞭に異っていた。また、総葉数を区別した自殖後代の各系統においても同様の結果が得られた。

同一試験区の主稈総葉数の変異は、従来から栽培条件をできるだけ均一にしても確実には消去できていない。この変異は環境変異の一種ではあるが、栽培条件の大きな差によって生じるものではない。ちなみに、1株1本立てのポット試験で施肥量を4倍にした区で主稈総葉数が平均的に1葉増加している。

この変異の原因究明は残された課題である。なお、1株1本植えの稲ではこの変異は通常1葉の差に止まるが、まれに2葉差になる場合もある。また、この変異の出現比率（総葉数を1葉異にする主稈の出現比率）は、年によって

一定しない。

5. 二つの生育型の特徴

同一試験区で総葉数の多い方の主稈を一般にN型主稈とよび、それより1葉少ない主稈を〔N-1〕型主稈とよんで、両者の特徴を明確にしてみたい。

図3からも分るように、①第4、第5節間長は、N型主稈の方が〔N-1〕型主稈より明らかに長い。②第1、第2節間長はその逆である。また、③伸長節間数はN型主稈の方が一つ多い。さらに、④止葉葉身長はN型主稈の方が著しく短い。表1に、圃場に1本植えにしたコシヒカリの測定結果を例示したが、上述の特徴がはっきりと出ている。また、表1の変異係数からも分るが、N型と〔N-1〕型の各主稈群内では、変異はかなり小さい。また大まかに言って、各群内の各節間長、各葉身長の変異分布は正規分布を仮定できる。

稈長の差は、表1の場合約7cmであるが、これは主稈をN型と〔N-1〕型に群別して比較すれば一見して分る差である。この差は統計解析にかけても有意な差である。稈長の分布の実態は図4のようになっていて、生育型の区別

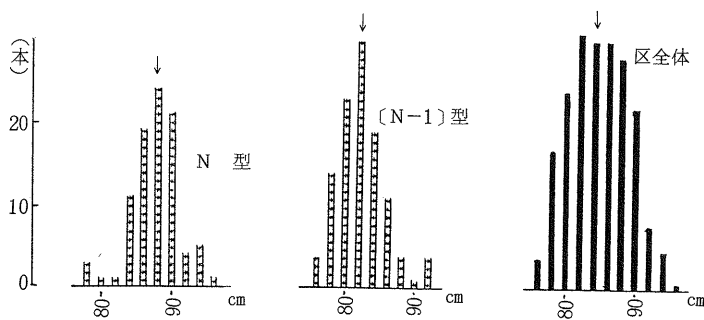


図4. 同一試験区における主稈の稈長の度数分布図

1985年、圃場コシヒカリ。図中矢印は、平均値が属する階級を示す。階級の幅は2cmである。

調査主稈数：N型=90、〔N-1〕型=110。

をしない場合も、正規分布の観を呈している（図中の「区全体」）。しかし、これはN型主稈と〔N-1〕型主稈の分布が複合した結果なのである。

以上によって、1株1本植えの同一試験区では、かなり均一な栽培条件の下でも、通常主稈総葉数に1葉の変異があって、それに対応して生育型が明瞭に異なる2種の主稈が混在していることは明らかであろう。

しかしながら、このままの知見では1本植えで行う育種の系統比較試験の参考程度なので、次に主稈と分けつの生育型の関係、また1株3本植えなどの場合の最長～第3長稈の生育型についても簡単に述べ、節間長の調査法について言及する。

6. 生育型と節間長の調査基準

まず、主稈と分けつの生育型であるが、結論的に言うと、特に大きい一次分けつの生育型は、主稈がN型であれ〔N-1〕型であれ、〔N-1〕型になるとみてよい。その調査結果は目下論文にとりまとめ中で、分けつが主稈の生育型の模写体になっているという新しい見方（模写生長論）を示す予定でいる。

次に、1株3本植えで行うような栽培試験の場合に、各株の最長稈や第2長稈、第3長稈の生育型はどうであろうか。このような場合に、主稈総葉数まで調査して節間長、葉身長を測ったことはないが、結論から言えば、この場合にも前述したことは基本的に成り立っている。その実例は後に述べるとして、その前に節間長の調査基準について考察しておきたい。

前提となることからは次の3点である。第1に、1株1本植えであれ3本植えであれ、同一試験区では主稈総葉数の変異は基本的に1葉の

差に留まっているということである。このことは作況試験の成績を見ても分る。第2に、先の5の項で述べた①～④の特徴によって、主稈総葉数が不明でもその1葉差に対応している主稈の生育型は区別できるということである。第3に本項の最初に述べたように、大きい一次分けつの生育型は〔N-1〕型で、主稈の模写体になっているということである。

以上のことから、総葉数が不明な主稈を材料とした場合でも、1株の中の最長～第3長稈を材料とした場合でも、その生育型はN型か〔N-1〕型の2種類に限られ、また2種類混在していると考えなければならない。一定の厳密性をもった節間長の調査を試みる場合には、この生育型を区別して、その上で各生育型ごとに各節間長の平均値を算出すべきである。その後、各区のN型同士で、あるいは各区の〔N-1〕型同士で、それぞれ比較なり統計解析を行うことである。

生育型の区別は、前述した5の項の①～④の特徴を用いれば簡易にできる。その実例を次に示す。

7. 倒伏軽減剤の試験における節間長の一改善調査法

苗箱に100g播きで育苗した日本晴とアケノホシの4葉苗（不完全葉＝第1葉）を、1988年6月15日に15cm×30cmの栽植密度で1株3本植えとした。三要素成分量で、基肥を0.4kg/aとし分けつ肥を0.2kg/a施用した後、穂肥（NK化成）を0.2kg/a施用した区（標準区）と0.4kg/a施用した区（穂肥区）とをそれぞれ二つの品種に設けた。

倒伏軽減剤として、Inabenfide 5%、塩化コリン10%を含む粒剤300g/a（製品量）を

表 1. 同一試験区における主稈総葉数の 1 葉差に対応する稈長・節間長の差異

器 官 長	(品種: コシヒカリ)					
	〔N-1〕型主稈		N 型 主 稈		全 体	
	平均 (cm)	C V (%)	平均 (cm)	C V (%)	平均 (cm)	C V (%)
止葉葉身長	35.6	4.7	26.2	11.1	30.4	17.5
稈 長	81.4	2.8	88.7	3.6	85.4	5.4
第 1 節間長	37.0	3.8	33.7	3.4	35.2	5.9
第 2 "	20.8	4.4	19.9	5.1	20.3	5.1
第 3 "	13.8	3.8	14.9	6.3	14.4	6.4
第 4 "	8.9	7.4	12.0	5.5	10.6	16.0
第 5 "	0.9	46.2	7.7	9.0	4.6	76.4
第 6 "	—	—	0.5	64.3	—	—

注) 〔N-1〕は18個体, Nは15個体をそれぞれ調査, 全体は両者をこみにした場合。節間の名称は穂首節間を第1節間とした。1981年の供試材料。CVは変異係数。

処理区に散布した。処理時期は両品種とも出穂30日前とし、一区面積は13.5 m² (2.7 m × 5.0 m) で2反復とした。

節間長の測定は、登熟後期に全16区からそれぞれ中庸株を10株抜き取り、各株の最長稈、第2、第3長稈の各々について行った。稈長は節間長を合計して求めた。

調査法の観点からは、両品種の各試験区のいづれをとっても同様のことが言えたので、本報

表 2. 生育型別にみた各節間長とその変異係数

（品種：日本晴）																	
生育型（標本数）		稈長	節 間 長 （平均：cm）							変 異 係 数 (%)							
			I	II	III	IV	V	VI	稈長	I	II	III	IV	V	VI		
無 処 理 区	①	N 型（n=21）	84.2	35.4	19.9	14.5	11.0	2.9	0.5	2.6	4.1	3.1	4.5	14.4	36.3	26.3	
		N-1 型（n= 9）	79.7	37.7	20.5	14.0	6.5	0.9		1.4	2.2	4.7	4.9	13.9	30.0		
		全 体（n=30）	82.8	36.1	20.1	14.4	9.7	2.3		3.4	4.7	3.9	4.9	26.2	56.5		
	②	N 型（n=15）	86.4	35.0	20.5	15.2	12.0	3.1	0.6	2.8	4.2	4.0	6.0	8.6	27.2	35.6	
		N-1 型（n=15）	82.7	38.0	22.2	14.8	6.9	0.9		2.0	3.9	4.3	4.6	23.0	20.5		
		全 体（n=30）	84.6	36.5	21.4	15.0	9.4	2.0		3.3	5.7	5.7	5.5	31.0	64.1		
処 理 区	①	N 型（n=18）	76.5	34.3	18.0	13.5	8.8	1.5	0.5	3.1	6.2	3.9	6.3	17.4	43.7	15.9	
		N-1 型（n=12）	73.9	37.3	18.9	12.4	4.5	0.9		3.5	3.6	4.6	9.1	38.2	24.8		
		全 体（n=30）	75.5	35.5	18.4	13.0	7.1	1.3		3.6	6.7	4.7	8.4	37.5	49.7		
	②	N 型（n=26）	77.8	34.9	18.2	13.8	8.7	1.6	0.5	3.4	4.9	5.2	7.3	16.8	36.2	26.0	
		N-1 型（n= 4）	73.1	38.3	19.6	11.9	2.9	0.5		2.6	1.2	6.3	7.9	26.2	18.2		
		全 体（n=30）	77.2	35.4	18.4	13.6	8.0	1.5		3.9	5.5	5.8	8.8	30.8	45.2		

注) I~VIは各々第1~第6節間を示す。

では日本晴の標肥区・無処理区、無処理区の各2区を代表事例とする。

節間長の測定は、経験のあるパート職員に、2 mm 以上の節間を測定するという条件だけを付けて依頼した。測定の結果、処理区・無処理区とも

測定節間数、即ち伸長節間数は5か6となった。その数に着目して各区内で測定結果を比較してみると、第2表の平均値に代表されるような明らかに異なる二つの節間長パターンが読み取れた。特徴として、第4、第5節間長を比較すると伸長節間数6の稈の方が明らかに大きかった。

従って以下では、伸長節間数が6の群の生育型をN型、5の群の生育型を〔N-1〕型とよ

ぶ。なお、一部の試験区では伸長節間数 6 の稈の中に第 6 節間長を除く節間長パターンが、〔N-1〕型の節間長パターンに類似するものが 2~4 本含まれていた。これらの稈の第 6 節間長は 2, 3mm で、しかもその止葉葉身長は他と比べて明らかに長く、〔N-1〕型の稈の止葉葉身長と同程度であった。それでこれらの稈は〔N-1〕型の群に組み入れた。なお試みに無処理区②で止葉葉身長を N 型と〔N-1〕型の群間で比較してみたところ、任意の 10 本の平均値でそれぞれ 26.4 cm と 34.7 cm であった。

以上のように、止葉葉身長の長短に、測定ないし達観観察により注目した上で、節間長を測定し、節間長パターン並びに伸長節間数を比較すれば、生育型に対応した群別が容易にできる。また、この観点からみて偏った測定値を点検してみたところ測定ミスが発見できた。

先述したように、各区の測定値を生育型によって二つに群別した後に、処理区・無処理区間で同じ生育型同士の測定値を比較検討するのが厳密な方法である。第 2 表から分るように、倒伏に大きく関与している第 4, 第 5 節間長は生育型によりかなりの差がある。試みに第 4 節間長の短縮程度を処理区・無処理区の全体（各 60 稈）の値で算出すると $7.6 \div 9.6 \times 100 = 79.2$ となるが、同じ算出法で N 型間では 76.3 となり、〔N-1〕型間では 60.3 となる。要するに生育型を区別しないと短縮効果がかなり過少評価されることがあると言える。生育型の出現比率は一定せず、その発現要因は不明であるので、厳密な試験結果を得るには生育型の区別は不可欠であろう。

処理区の値が無処理区に比べてかなり大きくなった場合には、処理区に N 型が多く、無処理区に〔N-1〕型が多いことが考えられる。ま

た、第 2 表に示した変異係数からみて、第 4, 第 5 節間長の短縮効果を厳密に評価しようとするならば、サンプル数にも十分留意する必要がある。変異係数の大きさから必要標本数を求めるには、松島ら（農及園 29: 495~497, 1954）の方法によればよい。

8. お わ り に

純系の量的形質の変異は正規分布するという考え方、言い換えれば、平均値の考え方は、農学試験のように“比較”を主目的とする場合の大前提である。

そのため、同一試験区の稲についてもその主稈の体形は、その総葉数に関係なく互いに相似形になるものと暗に考えられていたのではなかろうか。下位節間長や止葉葉身長の大きな変異も局所的な栄養条件などの違いに原因を求めていたと思われる。

しかし原因は、節間長や葉身長のパターンの大きな違いにあることが分った。これは、稲の生長が茎葉の単位を積み上げていく様式で進行するためである。この単位の増減は茎葉の生長に異なるパターンを生み出し、時に量的形質の変異に不連続性をもたらすと言える。茎葉の単位の積み上げで生じるパターン形成の法則性やその反面にある主稈総葉数の 1 葉差発現の生理的機構など、何か技術につながりそうだと考えている。

参 考 文 献

1. 松葉捷也. 北陸作物学報. 19: 1~6. (1984).
2. 松葉捷也. 日作東海支部研究梗概. 97: 1~6. (1984).
3. 松葉捷也. 日作記. 56: 313~321. (1987).