

株周，草丈と葉緑素値あるいは葉色を組み合わせた水稻

の生育診断技術の開発（第2報）

－穂数と面積当たり穎花数の診断－

小林和広・植木 忠・今木 正

島根大学生物資源科学部 〒690-8504 松江市西川津町

1060

Development of a New Diagnosis Method for Rice  
Plants by a Combination of the Circumference of  
Plant Hill, Plant Length, and Green Value (Part 2)  
-The Estimation of Panicle Number and Spikelet  
Density-

Kazuhiro KOBAYASI, Tadashi UEKI, and Tadashi IMAKI  
Faculty of Life and Environmental Science, Shimane  
University, Shimane 690-8504 Japan

#### Abstract

A new diagnosis method for rice plants was developed to estimate panicle number and spikelet density. Five parameters were used. The parameters were tiller number, the circumference ( $2\pi r$ ) of plant hill, plant length (H), chlorophyll value (SPAD), and crop green value (GR). Plant volume was defined as the product of H and profile area of rice plant hill

( $\pi r^2$ ). The product of plant volume and SPAD or, particularly GR is a good estimator of spikelet density. There is no good predictor of panicle number. The direction to improve diagnosis methods to predict panicle number and spikelet density was discussed.

## 緒言

穂肥の適切な時期と量を決定するためには、穂肥を施用する直前の幼穂形成期におけるイネの生育状況を正確に把握するとともにその後決定される穂数と1穂穎花数を設定しておく必要がある。種々の稲栽培法を比較した場合、目標とする穂数、そして面積当たりの穎花数を設定し、最高分けつ期あるいは出穂前40日頃までに目標の面積当たり穎花数に必要な分けつ数を確保し、穂肥によって、目標の面積当たりの穎花数に相当する1穂穎花数を確保し、その後登熟に優れたイネを作ろうとする生育調整型の稲作が多い<sup>1)</sup>。面積当たりの穎花数とその土地の気象や土壌条件などで決定される最適穎花数を下回るならば、登熟が良好でも収量は低くなる。最適穎花数を大きく上回る穎花数ならば、登熟が悪化し、減収する<sup>1,2)</sup>。さらに、耐肥性の弱い品種の栽培では、穂首分化期から穎花分化始期までの追肥によって倒伏の危険が増大する。このため穂肥の増施のみによる1穂穎花数の増大による面積当たり穎花数の確保はあまり望ましいもので

はないので，適切な穂数のもとでの適切な面積当たりの穎花数の確保が重要となる。

穂数は最高分けつ期の出葉速度，青葉数，草丈率などから予察できるが<sup>2)</sup>，これらの指標はいずれも分けつ一つ一つを調査するもので，労力が大きく，実用的ではない。1穂穎花数の予測について松島<sup>2)</sup>は稈基第1伸長節間による方法を提唱しているが，これも分けつ1つ1つを調べるもので，実用的ではない。

松崎ら<sup>3)</sup>は葉齢指数90あるいは95の時期の群落の葉色（群落葉色）と分けつ数の積が面積当たりの穎花数と密接な関係にあることを示した。中鉢ら<sup>4)</sup>は，葉色と分けつ数の積にあわせて，葉色を第2葉鞘と第3葉鞘のヨードデンプン呈色反応の比で割った値が穂数と面積当たり穎花数の両者に対して関係の深いことを示した。武田<sup>5)</sup>は福島県において幼穂形成期の草丈，莖数，群落葉色の積は面積当たり穎花数との関係が深いと指摘している。さらに幼穂形成期の草丈，莖数，完全展開第2葉（最上位完全展開葉の1つの下位の葉身）と第3葉のSPAD値の和の積と穂首分化期から穎花分化後期のSPAD値の増分から面積当たり穎花数を予測できるという報告<sup>6)</sup>もある。

しかしながら，葉齢指数90～95は穎花分化中期から後期に当たり，穎花数の予測時期としては遅すぎる。また，この時期の窒素追肥は，穂数の増加にはほとんど寄与せず，穎花数に対してもその退化を防ぐ程度にしかならな

い。

一方，株体積と群落葉色あるいは完全展開第2葉の葉緑素値（SPAD値）の積から地上部窒素保有量（N<sub>g</sub>）が高い精度で逆推定できる<sup>7-9)</sup>。地上部N<sub>g</sub>が穂数あるいは面積当たり穎花数との関係が深いことを考えると<sup>10,11)</sup>，これを穂数あるいは面積当たりの穎花数の予測に利用できると考えられる。著者らの一人は水稻品種日本晴について多数の施肥実験から面積当たりの分化穎花数を穎花分化始期の地上部N<sub>g</sub>と穂首分化期から穎花分化始期までの地上部窒素含有率（N%）の増分の2つから説明できること<sup>11)</sup>を明らかにし，この関係が遮光<sup>12)</sup>，栽植密度<sup>13)</sup>によっても成り立つことを示した。面積当たりの分化穎花数を説明する重回帰式における標準偏回帰係数は穎花分化始期の地上部N<sub>g</sub>の方が穂首分化期から穎花分化始期までの地上部N%の増分より大きいので，穎花分化始期の地上部N<sub>g</sub>だけでも分化穎花数をかなり説明できると考えられる<sup>11)</sup>。

このように穎花分化始期のN<sub>g</sub>から面積当たりの分化穎花数をかなり正確に説明でき，また前報<sup>7)</sup>で示したように地上部N<sub>g</sub>が株体積と群落葉色あるいはSPAD値の積から予測ができるので，従来の診断時期より少し早い穎花分化始期の株体積とSPAD値あるいは群落葉色の積から面積当たりの穎花数を予測することが可能と考えられた。そこで本研究では最高分げつ期から減数分裂期の4回にわたって，生育調整技術の上で重要な面積当

たり穎花数の予測をなるべく早い時期にできないかを穂数と1穂穎花数に分けて検討した。さらに収量の予測が穂ぞろい期の時点で可能かどうかをあわせて検討した。

## 材料及び方法

前報<sup>7)</sup>と同じ材料を供試した。前報<sup>7)</sup>と同様の方法で7月6日(最高分けつ期),7月16日(2次枝梗分化期),7月27日(穎花分化後期),8月5日(減数分裂期)に器官別乾物重(DW),SPAD値,群落葉色,分けつ数,株周,稲体の器官別N%を測定した。穂ぞろい期に器官別DW,止葉のSPAD値,器官別N%を測定した。株体積の計算は前報<sup>7)</sup>と同様である。

収量と収量構成要素を測定するために,成熟期に各区12株ずつ刈り取った。風乾後,常法<sup>2)</sup>に従って,精玄米収量と収量構成要素を測定した。塩水選で浮いた籾から得た屑玄米収量と精玄米収量の和を粗玄米収量とした。精玄米収量と粗玄米収量の水分含量は14%に補正した。

さらに出穂約2日前に各区8株ずつ刈り取って,和田<sup>10)</sup>の方法で分化穎花数を調査した。

## 結果及び考察

### 1. 穂数の予測

7月6日(穂首分化期5日前)の分けつ数と穂数の相関係数は $0.601^{ns}$ ( $^{ns}$ は5%水準で有意でないことを示す)となった。7月6日以外では,分けつ数と穂数の間の相関

係数はさらに低かった。一般に幼穂形成期頃までの分けつ数が多くても，その後，一部の分けつが枯死するので分けつ数と穂数の相関は高くはない。特に，今回の実験では，種々の施肥法間で比較したため穂数との相関が一層低くなった。

しかし，7月27日（穎花分化後期）の株周と穂数の間の関係は有意ではなかったが，分けつ数と穂数との関係よりも密接であった（第1図）。株周は分けつ数の多寡だけでなく，各分けつの太さにも支配される。無効分けつは有効分けつよりも青葉数が少ない<sup>2)</sup>ことから，より細いと考えられ，分けつ数より株周は穂数予測のよりよいパラメーターになると考えられる。しかし，7月27日では穎花の分化数さえほぼ決定しているから，この診断結果をもって穂肥を決めるには遅い。

稲体の窒素栄養状態はそのときの分けつ数の有効化に関与していると考えられた。窒素栄養状態を完全展開第2葉のSPAD値あるいは群落葉色で診断できるものとするならば，この時期の葉色と分けつ数の関係が有効分けつ数に関連すると考えられる。そこで，7月6日の完全展開第2葉のSPAD値と分けつ数の積と穂数の関係をみたところ，両者の間にはかなり高い正の相関関係があった（第1表）。また，7月16日の群落葉色と株周の積，あるいはその時の完全展開第2葉のSPAD値と株周の積と穂数との間にも高い相関関係がみられた。しかし，この3つのいずれも精度は十分とはいえないので，穂数

の予測にはさらなる検討が必要であると結論した。

## 2. 面積当たりの穎花数の予測

通常栽培の面積当たりの穎花数は、穎花分化後期までに決定する面積当たりの分化穎花数との相関関係が高く<sup>10,11)</sup>、また面積当たりの分化穎花数は穎花分化後期の地上部  $N_g$  との相関関係が高い<sup>10,11)</sup>。前報で明らかにしたように、地上部  $N_g$  は株体積と完全展開第2葉の SPAD 値、あるいはそれと群落葉色との積から高い精度で逆推定できた<sup>7)</sup>。このことから株体積と完全展開第2葉の SPAD 値あるいは群落葉色の積から面積当たりの穎花数の予測ができると考え、その前後のデータを内挿して求めた穎花分化後期の株体積、完全展開第2葉の SPAD 値、群落葉色、地上部  $N_g$  の値から検討した。この結果、面積当たりの穎花数は、穎花分化後期の株体積と完全展開第2葉の SPAD 値の積 ( $r=0.647^{ns}$ ) よりも群落葉色の積 ( $r=0.728^*$ ; \*は 5% 水準で有意であることを示す、第2図) で一層高い正の相関関係にあった。

なお、面積当たりの分化穎花数は穎花分化始期の株体積と群落葉色の積と高い正の相関関係にあり ( $r=0.821^*$ , 第3図)、2次枝梗分化期でも両者間の相関は  $r=0.469^{ns}$  であった。しかし、面積当たりの分化穎花数については、穎花分化始期の株体積と完全展開第2葉の SPAD 値の積との相関係数があまり高くなかった。

### 3. 収量の予測

収量の予測には，千粒重が品種固有の値としてほぼ一定しているので，面積当たりの穎花数と登熟歩合の予測が必要である<sup>2)</sup>。ところが，登熟期の光合成量に最も貢献度の大きい止葉の穂ぞろい期におけるSPA値は登熟歩合と負の相関関係にあった（第4図）。このことから，今回の実験では登熟期の光合成量よりも出穂期までの光合成量の方がより収量に寄与していたことが示唆された。そして，粗玄米収量は出穂期までの光合成量を反映する穂ぞろい期の地上部DWとは比較的高い相関係数（ $r=0.583^{ns}$ ）にあり，精玄米収量も穂ぞろい期の地上部DWと正の相関関係（ $r=0.494^{ns}$ ）にあった。このように穂ぞろい期の地上部DWが収量を支配していることから，登熟期の過繁茂による減収は起こらなかったと考えられ，収量には出穂前の蓄積炭水化物が大きく貢献したと推測された。

### 4. 今後の検討課題

穂数，そして面積当たりの穎花数は穂肥の施用以前に予測できることが望ましい。従来の研究<sup>3・6)</sup>では，幼穂形成期（穎花分化始期）もしくは葉齢指数90～95の時期に穂数あるいは面積当たり穎花数を予測しており，穂肥の施用に対する診断として利用するには遅い。今回，株周から求めた株体積と群落葉色の積から面積当たりの穎花数を予測する方法の精度は穎花分化始期ではかなり高く，



それ以前の 2 次枝梗分化期でもある程度の精度があった。したがって、穂首分化期前後から 2 次枝梗分化期までにおける株周を利用した穂数の予測の精度は比較的高いものと判断された。

穂肥判定のための穎花数予測では、穂肥によって穎花数を変えることを前提としている。本報では、収量の予測を穂ぞろい期の止葉 S P A D 値との関係から検討したが、供試した水稻の登熟歩合はほとんどの処理区で 80% 以上と高く、収量は穂ぞろい期の地上部 DW に支配された。登熟歩合の高いイネの場合、穂ぞろい期の地上部 DW、それと高い正の相関のある葉面積指数の両者が気象条件を除けば収量を最も強く支配している。一方、登熟歩合の低いイネの場合には穂ぞろい期の過剰な地上部乾物重や葉面積指数が減収と関連づけられるので、穂ぞろい期の稲体条件から収量の予測をするのは難しい。したがって、収量を穂ぞろい期の稲体から予測するにはそのイネが登熟歩合の高い適度に繁茂したイネなのか、あるいは登熟歩合の低い過繁茂のイネなのかをまず診断する必要がある。しかし現在のところ、水稻群落が過繁茂状態かどうかを見極める実用的な技術は見あたらない。

生育途中の指標である穂数や面積当たり穎花数だけでなく、最終的な目的である収量まで予測する技術の開発には、登熟期の作物群落の光合成量と呼吸量を計算するモデルから過繁茂状態を診断することが必要である。しかし、気象条件が光合成量に大きく関与するので、今の

ところ気象条件を与件とした形で過繁茂状態を判定するしかないであろう。そして、理論的なモデルと実際の現場からのデータを有機的に結合することによって、登熟期の水稻の乾物生産量、さらには収量を予測する精度が向上するはずである。すでに水稻のシミュレーションモデルとリモートセンシングを結合した水稻生育予測技術は検討されている<sup>14)</sup>。

以上のことから株周から求めた株体積と群落葉色、SPAD値などから収量にもっとも関与の深い穂数と面積当たり穎花数の予測がこれまでの方法より早い時期でも可能であることがわかった。しかし、幼穂形成期以降のイネの生育を予測するためには、気象条件、土壌の窒素発現モデルあるいは作物シミュレーションモデルと結合して、追肥あるいは土壌からの窒素の役割も組み込んだ生育診断技術の開発が必要だと考える。

## 摘要

穂肥の時期と量を適切に決める上で必要である、穂数と面積当たり穎花数を幼穂形成期までに予測する技術の開発を試みた。ここでは分けつ数、株体積と葉緑素値（SPAD値）あるいは群落葉色から診断する技術を検討した。

1. 完全展開第2葉と分けつ数の積（7月6日；最高分けつ期）あるいは群落葉色と株周の積（7月16日；2次枝梗分化期）は不十分ながら、穂数の診断に利用できた。

2. 群落葉色と株体積の積は穎花分化始期では精度のよい面積当たりの分化穎花数の指標となる。それ以前の2次枝梗分化期でも指標として利用できる可能性を見いだした。

#### 引用文献

- 1) 田中 稔：稲作技術，農山漁村文化協会，1-254，1973.
- 2) 松島省三：水稻収量成立と予察に関する作物学的研究，農技研報 A5:1-271，1957.
- 3) 松崎昭夫・刈屋国男・町田寛康・角田公正：水稻の生育調節と栄養診断に関する研究，第1報 色票による葉色診断と単位面積当り穎花数の推定，日作紀49(3):439-444，1980.
- 4) 中鉢富夫・菊地 修・塩島光洲：ササニシキの簡易窒素栄養診断技術確立に関する研究，第2報 葉色値および葉鞘染色比による生産形質，収量構成要素の推定，宮城農セ研報 49:79-85，1982.
- 5) 武田敏明：福島県における水稻の生育診断および生育予測技術開発に関する土壌肥料的な研究，福島農試特別研報 3:1-118，1986.
- 6) 小林和広：葉緑素計を用いた水稻の穎花数の早期診断，日作中支集録 32:14-15，1991.
- 7) 小林和広・植木 忠・今木 正：株周，草丈と葉緑素値あるいは葉色を組み合わせた水稻の生育診断の開発（第1報）地上部乾物重，窒素含有量の診断，農業生産

技術管理学会誌 6(2):1-6, 1999.

8) 熊谷勝巳・中西政則・原田康信：非破壊的手段による  
水稲窒素吸収量の推定と窒素吸収パターンの類型化，山  
形農試研報 25:23-34, 1991.

9) 湯谷一也・安養寺寿一：コシヒカリの幼穂形成期にお  
けるヨード反応・株周測定による窒素保有量の簡易推定  
法について，日作中支集録 32:10-11, 1991.

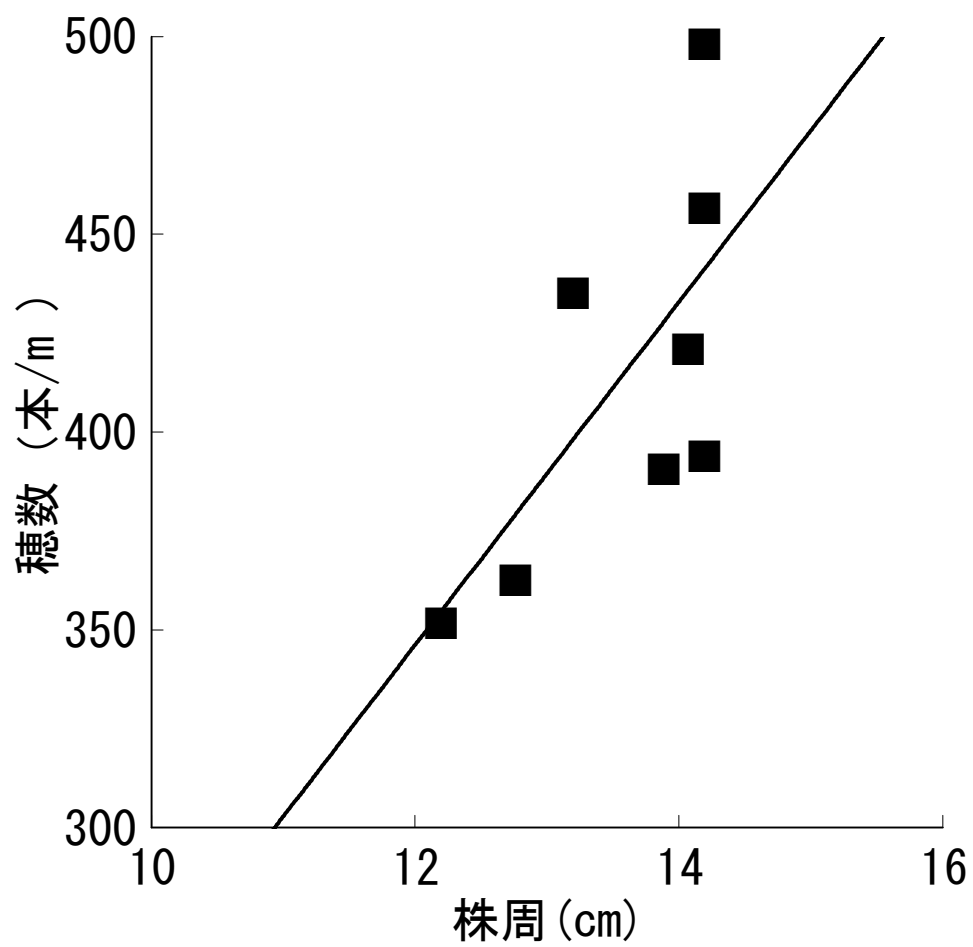
10) 和田源七：水稲収量成立におよぼす窒素栄養の影響  
—とくに出穂期以降の窒素の重要性について—，農技研  
報 A16:27-167, 1969.

11) 小林和広・堀江 武：水稲の穎花ならびに枝梗分化  
に及ぼす生殖生長期の体内窒素の影響，日作紀  
63(1):193-199, 1994.

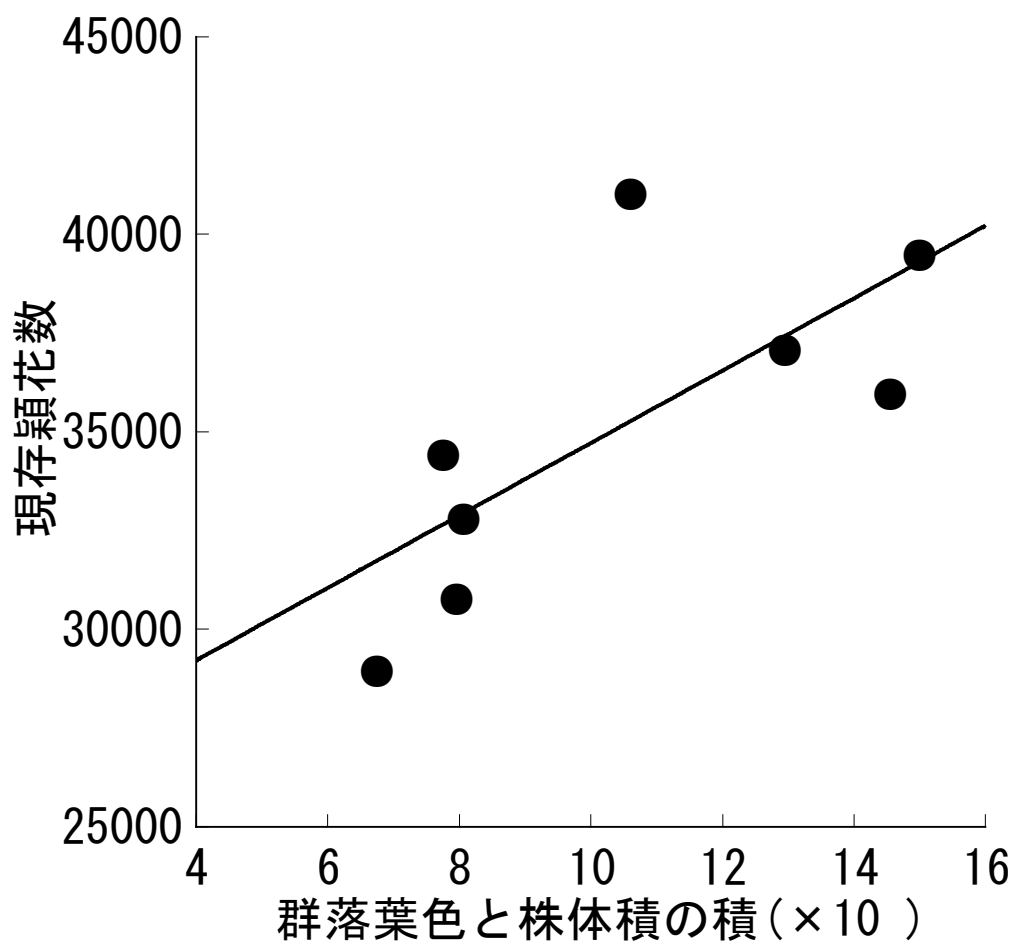
12) 小林和広・山根一佳・今木 正：非構造型炭水化物  
が水稲の穎花分化・退化に及ぼす影響，日作紀 66(別  
1):256-257.

13) 小林和広・遠藤寛子・今木 正：栽植密度と穂首分  
化期から穎花分化始期までの窒素濃度の上昇が2次枝梗  
分化に及ぼす影響，日作紀 67(別2):166-167, 1998.

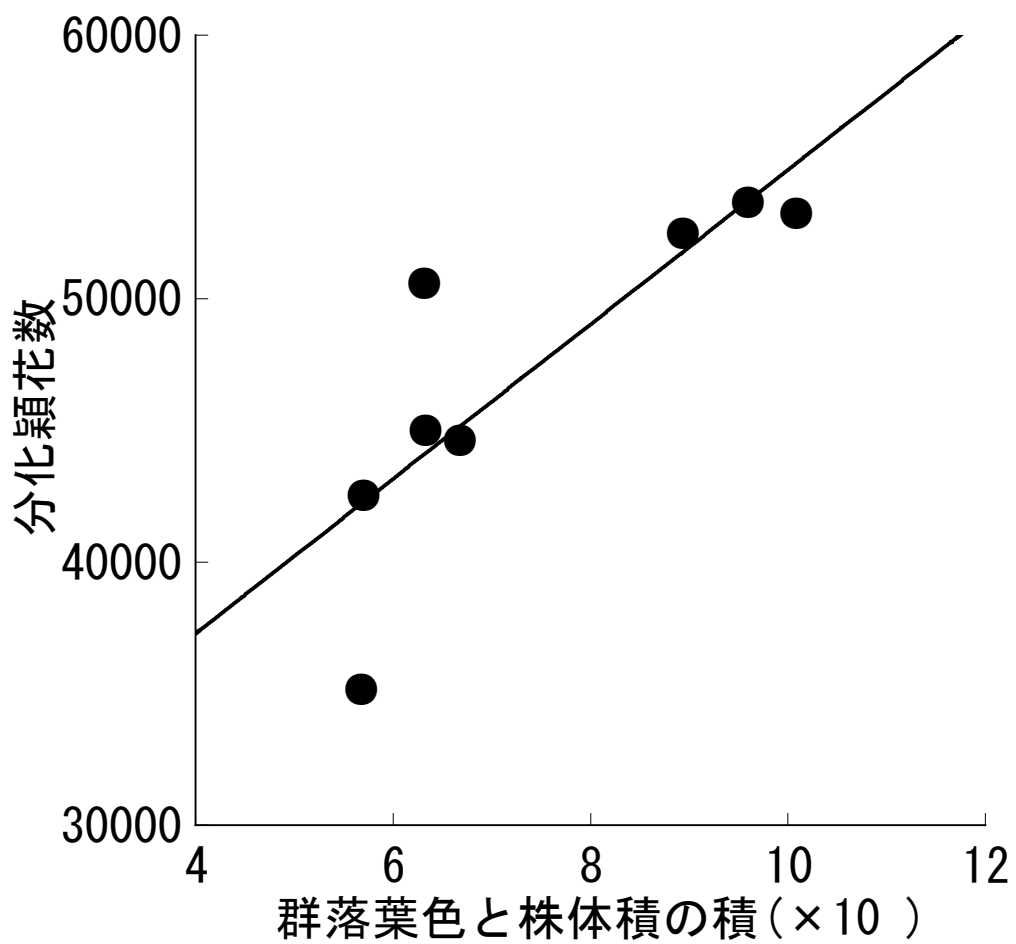
14) 井上吉雄・M.Susan Moran・堀江 武：リモートセ  
ンシングに基づく水稲の生育予測手法について，日作紀  
65別(2):149-150, 1996.



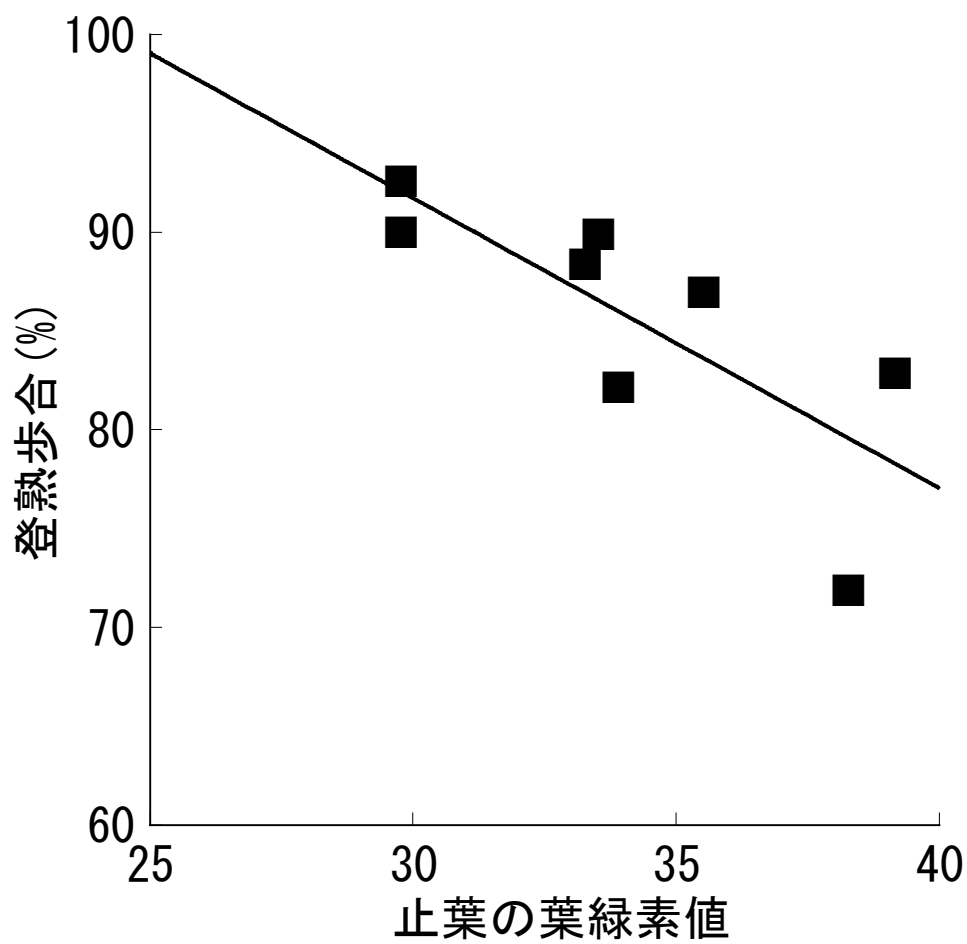
第1図 穎花分化後期（7月27日）における株周と面積当たり穂数の関係  
 nsは5%水準で有意でないことを示す。



第2図 穎花分化後期における群落葉色と株体積の積と面積当たり現存穎花数との関係  
 \*は5%水準で有意であることを示す。



第3図 穎花分化始期における群落葉色と株体積の積と面積当たり分化穎花数との関係  
 \*は5%水準で有意であることを示す。



第4図 穂ぞろい期の止葉の葉緑素値と登熟歩合の関係  
 \*は5%水準で有意であることを示す。



第1表 種々のパラメーターと穂数との相関係数

サンプリング日	7月6日	7月16日	7月27日	8月5日
完全展開第2葉の葉緑素値と分けつ数の積	0.643	0.394	0.219	0.083
完全展開第2葉の葉緑素値と株周の積	0.360	0.568	0.619	0.126
群落葉色と分けつ数の積	0.431	0.642	0.336	0.505
群落葉色と株周の積	0.213	0.716*	0.506	0.213

\*は5%水準で有意であることを示す。