

## 水稻脱粒力の強度分布評価

井上, 英二  
九州大学大学院農学研究院

上加, 郁朗  
九州大学大学院生物資源環境科学府; 九州大学大学院生物資源環境科学府

平井, 康丸  
九州大学大学院生物資源環境科学府; 九州大学大学院生物資源環境科学府

松井, 正実  
九州大学大学院生物資源環境科学府; 九州大学大学院生物資源環境科学府

他

<https://doi.org/10.15017/4311>

---

出版情報 : 九州大学大学院農学研究院学芸雑誌. 58 (1/2), pp.27-32, 2003-10-01. 九州大学大学院農学  
研究院

バージョン :

権利関係 :

## 水稻脱粒力の強度分布評価

井上英二<sup>†</sup>・上加郁朗\*・平井康丸\*  
松井正実\*・福島崇志\*・森健

九州大学大学院農学研究院生産環境科学部門生産環境情報学講座生産環境情報学研究室  
(2003年6月27日受付, 2003年7月15日受理)

### Evaluation of Strength Distribution on Detachment Force of Paddy Grain

Eiji INOUE<sup>†</sup>, Ikuo UEKA\*, Yasumaru HIRAI\*  
Masami MATUI\*, Takashi FUKUSHIMA\*, Ken MORI

Laboratory of Bioproduction and Environmental Information Sciences,  
Division of Bioproduction and Environmental Information Sciences,  
Department of Bioproduction Environmental Sciences,  
Faculty of Agriculture, Kyushu University,  
Fukuoka 812-8581, Japan

#### 緒 言

脱粒性は品種間多様性を持つ量的形質であり、穀物収穫における作業効率と密接に関係するため、常に重要な形質のひとつとして考慮されてきた。特にコンバイン収穫の場合、脱粒性の難易はヘッドロス、脱穀時の脱穀性能や所要動力と関係し、ひいては選別性能へも影響を及ぼす。換言すれば、脱粒性は刈取部から選別部にわたる設計・制御に際して重要な力学指標である。脱粒性に関する従来の研究として Lee・Huh (1984) は、水平・垂直方向の脱粒力を計測し、ヘッドロスとの関係を考察した。梅田 (1992a, 1992b, 1992c) は、自動脱穀機の脱粒機構を解析すると共に、脱粒性の難易と脱粒率、抜き歯の速度、脱穀時の負荷との関係を明らかにした。市川・杉山 (1994) は、脱粒性の難易を定量的かつ統一的に評価することを目的に、脱粒性試験装置 (TR-II) を開発し、同試験機を用いた測定方法を規定した。Suastawa *et al.*

(1996) は、稲穂の円錐花序モデルを用い、3種類の米について穂中の部位と脱粒力の関係を明らかにした。また、川村ら (2002) は、多数の品種の脱粒特性について、収穫後の籾や稈の水分変化と脱粒力の関係から分類した。上記の研究では、脱粒性を個々の籾の脱粒力の平均値および分散を用いて考察している。一方、市川ら (1994)、福田 (1995) が示した脱粒力のヒストグラムによると、脱粒力は総体として幅広い値をとり、概ね単峰性の分布となっている。つまり、脱粒性は脱粒力の強度分布によって、より直接的に表現されると言え、ヘッドロスや脱粒性能の詳細な評価、あるいは遺伝的解析における脱粒性の量的発現のより正確な評価が可能になる。以上の観点から本研究では、収穫時期前後にわたって水稻脱粒力を計測し、その推移や強度分布の特徴を明らかにした。また、脱粒力の強度分布を簡便かつ的確に把握するための方法として、ワイブル分布の適用を試みた。

\* 九州大学大学院生物資源環境科学府生産環境科学専攻生産環境情報学講座生産環境情報学研究室

\* Laboratory of Bioproduction and Environmental Information Sciences, Division of Bioproduction and Environmental Information Sciences, Department of Bioproduction Environmental Sciences, Graduate School of Bioresource and Bioenvironmental Sciences, Kyushu University

<sup>†</sup> Corresponding author (E-mail: inoeji@brs.kyushu-u.ac.jp)

## 実験材料及び方法

### 1. 実験材料

水稲中生品種ヒノヒカリを九州大学箱崎地区内人工圃場において栽培し、実験に供試した。移植は6月27日に行い、出穂日は9月1日であった。また、落水は10月10日に行った。出穂後13日目から49日間、毎日13時から13時30分の間に採取した稲3本を用い、脱粒力、籾乾燥質量、籾水分を計測した。

### 2. 実験方法

図1に示す引っ張り試験機を用いて脱粒力を計測した。本試験機は籾と一次枝梗を固定台と固定はさみで固定し、一定速度(0.5mm/s)で稼動部を矢印方向に動かすことにより、籾-小枝梗間に引張力を与えるものである。脱粒力は引張力を与える方向によって大きく異なるため(Lee・Huh, 1984; 市川ら, 1994; Suastawa *et al.*, 1996), 図2に示す2通りの方法で籾と枝梗を固定し、水平・垂直方向の脱粒力を計測した。水平脱粒力の計測では一次枝梗の穂軸端を固定台に、籾を固定はさみに固定した。また、垂直脱粒力では、固定台側の固定はさみに籾を固定し、ロードセル側の固定はさみに一次枝梗を固定した。固定はさみで籾をはさむ際は、はさみの長手方向と籾の長軸方向を平行にし、籾の正面をはさんだ。引張力の計測には小型のロードセル(TOYO, TI-1000-120)を用い、稼動部を作動した後、籾と小枝梗が離脱するまでの引張力をデータレコーダ(TEAC, DR-C1MK2)に記録

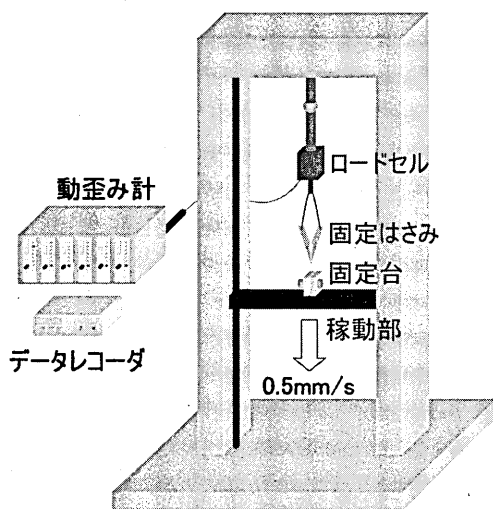


図1 引っ張り試験機

し、得られた引張力の最大値を脱粒力とした。また、脱粒力は穂中の部位による脱粒力の差異が報告されている(市川ら, 1994; Suastawa *et al.*, 1996)ため、計測部位によって脱粒力に偏りが生じないように、各穂につき予め決めた18ヶ所(水平9ヶ所・垂直9ヶ所)の籾を計測に供試した。図3に示すように、穂を上部・中部・下部に分け、各部から一次枝梗を水平脱粒力および垂直脱粒力計測用に2本ずつ、計6本取り出す。次に各一次枝梗を内、なか、外の部分に分け、各部1粒の籾について脱粒力を計測した。脱粒力の計測後、計測に用いた18粒の籾に、同じ穂から採取した見ために異常の認められない籾32粒を加え、50粒の籾質量を計測した。その後135℃24時間法によって乾燥し、乾

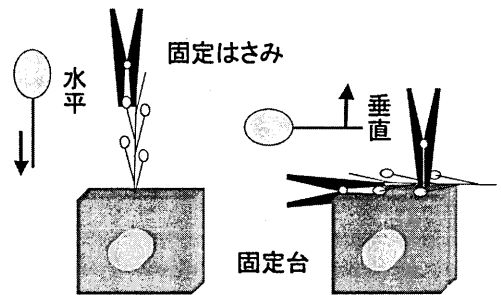


図2 脱粒力測定時の材料の固定方法

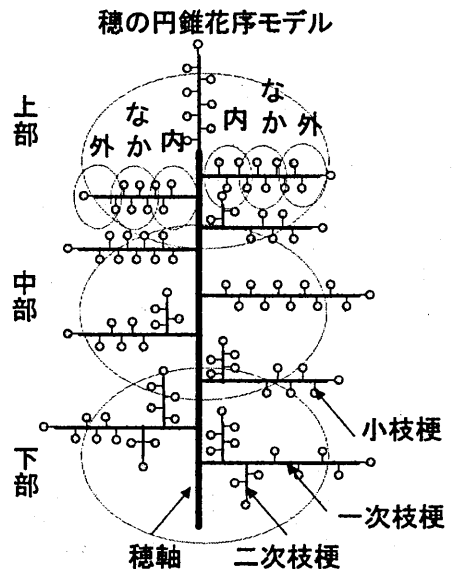


図3 脱粒力の計測部位

燥質量・粗水分を求めた。以上の作業を一日あたり3穂について行った。

## 実験結果

### 1. 脱粒力の考察期間について

図4に実験で用いた籾の乾燥質量及び水分の平均値の推移を示す。出穂後26日までは乾燥質量が増加しており、籾への栄養分の蓄積が進んでいる。その後、粗乾燥質量の変化は一定となった。このことから出穂後26日以降の籾を対象に、脱粒力の推移と分布について考察した。なお、この期間、籾の水分はおよそ30%から18%へと徐々に減少した。

### 2. 脱粒力の推移

図5に、各計測日の水平脱粒力27粒、垂直脱粒力27粒の平均値を示す。水平脱粒力、垂直脱粒力とも、平均値は計測期間中においてほぼ一定であった。また、水平脱粒力は垂直脱粒力の2倍程度の値であった。次に、計測期間中の脱粒力の変化を統計的に検討するため、出穂後26日～61日を7日ずつ5つの期間に分け、それぞれの期間の脱粒力について平均値の差の検定(秋元, 1998)を行った。期間1は出穂後26日～32日、期間2は出穂後33日～39日、期間3は出穂後40日～46日、期間4は出穂後47日～53日、期間5は出穂後54日・出穂後56日～61日(出穂後55日は欠測)である。その結果、期間1と期間4・5、期間2と期間4・5、期間3と期間5の間に危険率5%で有意な差が認められた。図6に示すように、出穂後26日～61日の間、前半に比べ後半の脱粒力が僅かに高かった。一方、垂直脱粒力では、検定の結果どの期間の平均値の間にも有意な差が認められなかった。

### 3. 脱粒力の強度分布

図7は出穂後26日から61日までに計測した脱粒力のヒストグラムである。出穂後55日は欠測したため35日分のデータで、945データとなる。水平脱粒力は1.7～2.1(N)を中心に、垂直脱粒力は0.7～0.9(N)を中心に幅広い分布を示した。強度分布についても計測期間を5等分し、各脱粒力階級においてそれぞれの期間に観察された粒数を百分率で表した(図8)。水平脱粒力の前半(期間1・2)と後半(期間4・5)を比較すると、前半は脱粒力の小さい階級において割合が高く、後半は脱粒力の大きい階級において割合が高い。また、中間の階級ではほとんど変化していない。このことから平均値の差の検定で得られた前半と後半の脱粒力の差は、強度分布における両裾部分の度数の変化によるものと判断される。つまり脱粒力が変化する際、

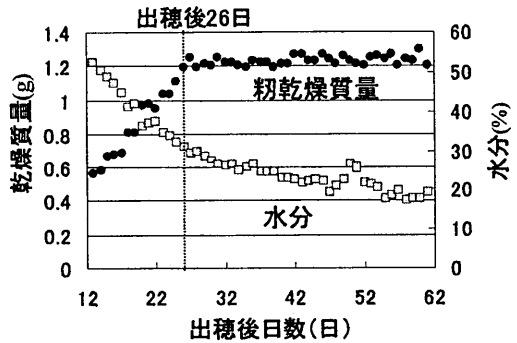


図4 粗乾燥質量・粗水分の推移

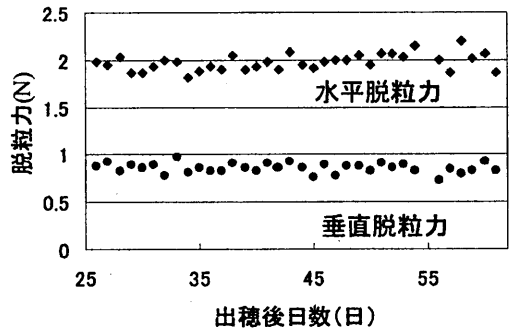


図5 水平・垂直脱粒力の推移

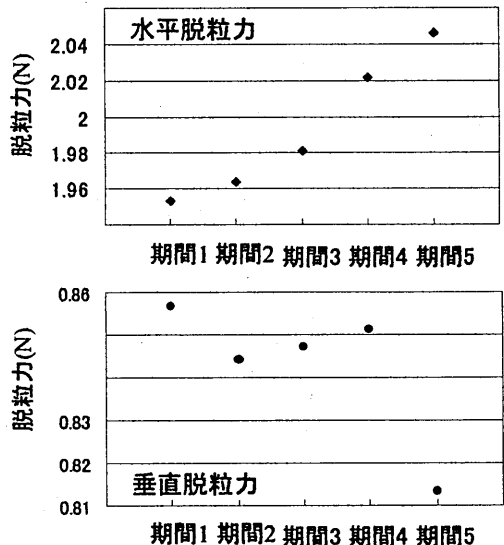


図6 各期間の水平・垂直脱粒力の平均値

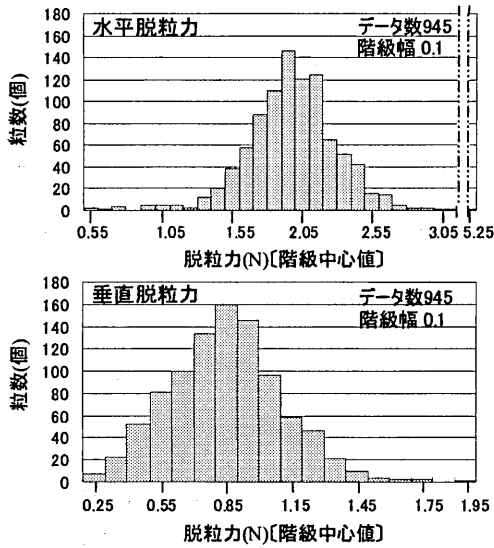


図7 水平・垂直脱粒力のヒストグラム

分布形状の変化を伴っている。一方、垂直脱粒力については明確な傾向は示されなかった。

### ワイブル分布による脱粒力強度分布の評価

#### 1. ワイブル分布

福田(1995)は、脱粒性に関して様々な遺伝的特性を持つイネの脱粒力をヒストグラムで表した。それぞれのデータ数が10~100と脱粒力の強度分布の形状を考察するには少ないが、遺伝的に同一のものの脱粒力は概ね単峰性の分布となっている。また、本実験の結果、脱粒力の強度分布は、単峰性であるものの、分布形状は一様でないことが示された。以上のような特徴を持つ脱粒力の強度分布を表す方法として、ワイブル分布の適用を試みた。ワイブル分布は最弱リンクモデル(図9)から導かれ、信頼性工学の分野で故障率を表現するのに用いられる確率密度関数である(真壁ら, 1989)。複数のリンクをつないで構成された鎖に引張力を与えると、もっとも弱いリンクが壊れて鎖が切れ

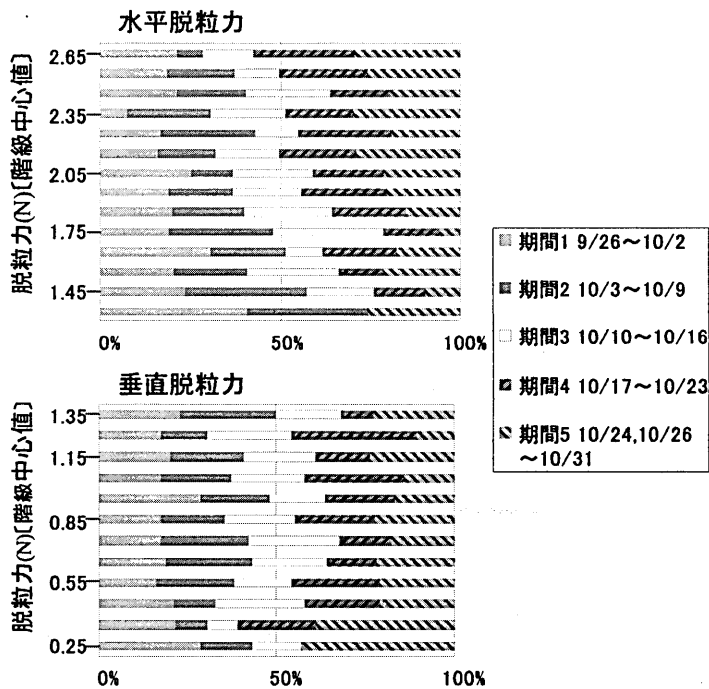


図8 各階級の期間別粗粒数割合

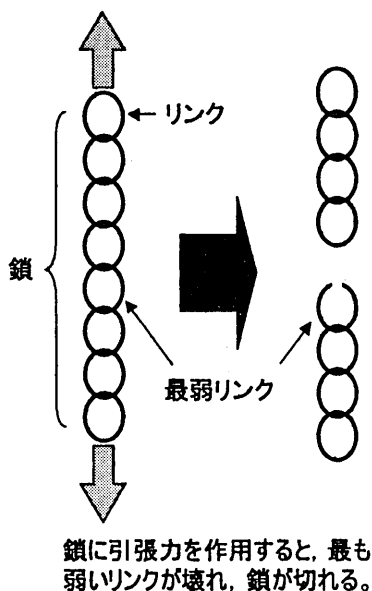


図9 最弱リンクモデルの概念

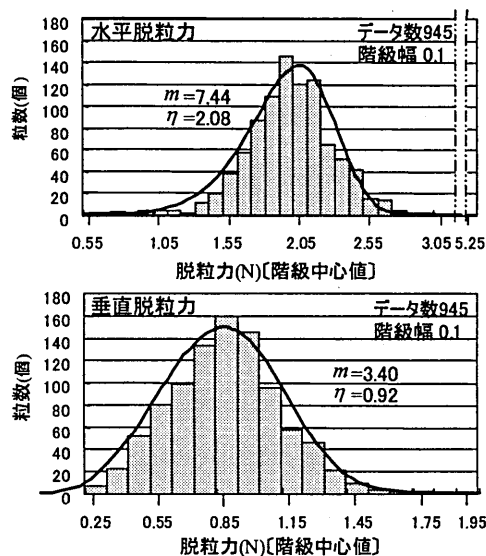


図10 脱粒力強度分布へのワイブル分布の適用

る。このような鎖の引っ張りに対する強度分布を説明するのがワイブル分布である。この確率密度関数は(1)式で表され、尺度母数 $\eta$ と形状母数 $m$ によって分布の尺度と形状が変化する。

$$f(t) = \frac{m}{\eta^m} t^{m-1} \exp \left\{ - \left( \frac{t}{\eta} \right)^m \right\} \quad (1)$$

$\eta$ ,  $m$ の各母数はワイブル確率紙により簡単に求めることができる。また、確率紙を用いれば、その分布とワイブル分布の適合度合いを判定でき便利である。

## 2. ワイブル分布の適用

図10のワイブル分布は今回得られた水平・垂直脱粒力の内、期間3に含まれる4日分のデータ(データ数108)を用いて描いたものである。水平・垂直脱粒力ともに、総データの強度分布の形状をよく表現できている。また、ワイブル分布の母数を求める際のデータ数を変えて形状の一致を見たところ、今回の測定方法であれば、100程度のデータで、脱粒力の強度分布をよく表すことができると判断された。以上のことから、脱粒力の強度分布はワイブル分布の2つの母数を求めることで表すことができ、簡便な脱粒性の評価方法となり得る。また、ワイブル分布が決まれば、従来の期待値と分散に加え、分布形状・パーセント点による脱粒性・脱穀性能の評価が可能となる。

## 結 言

本研究では水稲の脱粒性を脱粒力の強度分布で評価することを目的に、ヒノヒカリを用い水平・垂直脱粒力を収穫期間前後にわたって測定し、その性質や強度分布の特徴を明らかにした。また、脱粒力の強度分布を簡便かつ的確に把握するための方法として、ワイブル分布の適用を試みた。今回得られた主な結果を以下に示す。

1. 水平脱粒力は計測期間の前半に比べ、後半大きくなった。また、この変化の過程で脱粒力の分布形状が変化していることがわかった。このことから脱粒力の強度分布は、単峰性の分布であるものの、形状は一樣なものではないと判断された。
2. 脱粒力の強度分布評価に、ワイブル分布が適用できる事が示された。また、今回の測定方法であれば、100程度の脱粒力のデータから、脱粒力の強度分布を精度良く表すワイブル分布を決定できると判断された。

## 文 献

秋元浩一 1998 農学・生物学の統計分析大要。株式会社養賢堂、東京、102-109頁  
 福田普通 1995 突然変異系統を用いたイネの脱粒性

- 発現機構に関する遺伝育種学的解析. 北陸農業試験場報告, 37: 67-105
- 市川友彦・杉山隆夫 1994 水稻の脱粒性試験装置の開発研究 (第1報). 農業機械学会誌, 56(1): 101-107
- 市川友彦・杉山隆夫・高橋弘行・宮原佳彦・渋谷次雄 1994 水稻の脱粒性試験装置の開発研究 (第2報). 農業機械学会誌, 56(2): 119-125
- 川村恒夫・庄司浩一・徳田 勝 2002 水稻脱粒力の測定. 農業機械学会誌, 64(5): 116-122
- Lee, S.W. and Y.K. Huh 1984 Threshing and Cutting Forces for Korean Rice. *TRANSACTIONS of ASAE*, 27(6): 1654-1657, 1660
- 眞壁 肇・宮村鐵夫・鈴木和幸 1989 信頼性モデルの統計解析. 共立出版株式会社, 東京, 26-31, 66-91, 96-116頁
- Suastawa, I.N., O. Kitani, N. Sakai, S. Yonekawa, T. Okamoto and T. Torii 1996 Grain Detachment Strength and Grain Mass of Three Rice Types. *Journal of The Japanese Society of Agricultural Machinery*, 58(1): 65-72
- 梅田幹雄 1992a 自動脱穀機の脱粒機構の解析 (第2報) 農業機械学会誌, 54(2): 41-50
- 梅田幹雄 1992b 自動脱穀機の脱粒機構の解析 (第3報) 農業機械学会誌, 54(3): 43-52
- 梅田幹雄 1992c 自動脱穀機の脱粒機構の解析 (第4報) 農業機械学会誌, 54(4): 49-57

## Summary

The shattering habit of rice affects harvest efficiency and also is one of the important traits. The evaluation way of the habit has been demanded, and the mean value and variance have previously been used for this purpose. In this study, the shattering habit was evaluated by the strength distribution on the grain detachment force because it immediately reflected the habit. Experiments were carried out for 49 days during harvest season, and the grain detachment force was measured due to parallel pull (parallel force) and perpendicular pull (perpendicular force). As a result, the mean value of the parallel force slightly increased through the experiments, and the shape of the strength distribution varied. Next, the Weibull distribution was applied in order to evaluate the strength distribution. The Weibull distribution fairly conformed to the strength distribution on the grain detachment force, which was consisted of 945 samples. Also, the amount of samples to determine the Weibull distribution was discussed. The result showed that the Weibull distribution could be accurately determined using about one hundred samples.