

## GPS記録計を用いた精玄米収量計測法

田中, 恒大

九州大学大学院生物資源環境科学府環境農学専攻生産環境科学教育コース生産環境情報学研究分野

平井, 康丸

九州大学大学院農学研究院環境農学部門生産環境科学講座生物生産工学研究分野

鹿内, 健志

琉球大学農学部地域農業工学科バイオシステム工学分野

井上, 英二

九州大学大学院農学研究院環境農学部門生産環境科学講座生物生産工学研究分野

他

<https://doi.org/10.15017/1445772>

---

出版情報：九州大学大学院農学研究院学芸雑誌. 69 (1), pp.1-7, 2014-02-28. 九州大学大学院農学研究  
院

バージョン：

権利関係：

## GPS 記録計を用いた精玄米収量計測法

田中恒大<sup>1</sup>・平井康丸\*・鹿内健志<sup>2</sup>  
井上英二<sup>3</sup>・岡安崇史<sup>3</sup>・光岡宗司<sup>3</sup>

九州大学大学院農学研究院環境農学部門生産環境科学講座生物生産工学研究分野  
(2013年11月11日受付, 2013年11月11日受理)

### Measurement Method of Brown Rice Yield Using a GPS Logger

Kodai TANAKA<sup>1</sup>, Yasumaru HIRAI\*, Takeshi SHIKANAI<sup>2</sup>  
Eiji INOUE<sup>4</sup>, Takashi OKAYASU<sup>4</sup> and Muneshi MITSUOKA<sup>4</sup>

Laboratory of Bioproduction Engineering, Division of Bioproduction Environmental Sciences,  
Department of Agro-environmental Sciences, Faculty of Agriculture,  
Kyushu University, Fukuoka 812-8581, Japan

### 緒 言

水稲生産において収量は、生産管理の評価と改善を行う際の基礎データである。この収量データを省力的に計測する方法として、日高・栗原(2007)は、収穫した穀物の質量と水分を収穫作業と同時工程で測定し、ほ場1筆ごとに収量を計測するコンバイン(以下、収量コンバイン)を開発した。しかし、通常の6条刈り自脱コンバインの価格が約1400~1500万円(ヤンマー株式会社, 2012)であるのに対し、収量コンバインの価格は約1600万円(全国農業新聞, 2010)であり、収量計測装置の価格が100~200万円と高価である。また、収量コンバインは、カントリーエレベータ(以下、C. E.)での収穫物の取引が精玄米重量に基づいて行われるのに対し、籾収量しか計測できない。これらの理由から、生産現場への収量コンバインの導

入事例は少ない。一方、これまでに生産現場への普及が期待できる精玄米収量の計測法は開発されていない。そのため、各農家はほ場1筆等の管理単位の収量のばらつきを感覚的に認識しているに過ぎず、生産管理の評価や改善に対する動機づけが低い理由にもなっている。

そこで筆者らは、生産現場への普及が期待できる低コストの精玄米収量計測法を提案した。この方法は、C. E.での荷受記録から得られる各出荷の精玄米重量と、低価格のGlobal Positioning System(全地球測位システム、以下にはGPS)ロガーで記録したコンバインの移動軌跡から求められる出荷に対応する収穫面積を用いて精玄米収量を計測する方法である。本研究では、福岡県糸島市の2名の農家の収穫作業を対象に収穫面積の計測精度を評価した。また、計測した収穫面積をC. E.で計測される精玄米重量と紐付けることに

<sup>1</sup>九州大学大学院生物資源環境科学府環境農学専攻生産環境科学教育コース生産環境情報学研究分野

<sup>2</sup>琉球大学農学部地域農業工学科バイオシステム工学分野

<sup>3</sup>九州大学大学院農学研究院環境農学部門生産環境科学講座生物生産工学研究分野

<sup>4</sup>Laboratory of Bioproduction and Environment Information Sciences, Course of Bioproduction Environmental Sciences, Department of Agro-environmental Sciences, Graduate School of Bioresource and Bioenvironmental Sciences, Kyushu University

<sup>2</sup>Department of Regional Agricultural Engineering, Faculty of Agriculture, University of the Ryukyus

<sup>3</sup>Laboratory of Bioproduction Engineering, Division of Bioproduction Environmental Sciences, Department of Agro-environmental Sciences, Faculty of Agriculture, Kyushu University

\*Corresponding author (E-mail: hirai@bpes.kyushu-u.ac.jp)

より精玄米収量を算定し、出荷間のばらつきを明らかにした。

## 材料及び方法

### 1. 提案する精玄米収量の計測法

水稻の収穫作業において、ほ場における収穫からC. E.に出荷するまでの流れは、まず、籾がほ場でコンバイン収穫され、穀粒タンクが満タンになると搬送用トラック（以下、トラック）に排出される。そして、このコンバイン収穫と籾の排出の工程を複数回行った後、トラックの荷台が一杯になった時点で収穫した籾はC. E.に出荷される。その後C. E.では、出荷籾の重量と水分の計測、さらにサンプリングにより精玄米歩合が計測され、精玄米重量が推定される。この時、出荷した精玄米重量に対応する収穫面積（以下、出荷収穫面積）を把握することができれば、重量を面積で除することにより出荷精玄米収量を算定できる。

一方、収穫した籾の出荷は、トラックの積載可能量に依存するため、1枚もしくは複数枚のほ場を完全に収穫した後に行われる訳ではなく、出荷に対応するほ場の収穫形状は多様である。例えば、大規模ほ場において周囲から収穫して中心部に未収穫部分が残るもの、中割り収穫により複数の未収穫部分が残るもの、さらには複数のほ場を収穫して最後のほ場に未収穫部分が残るものなどが挙げられ、これらの収穫形状の面積は、ほ場台帳から求めることはできない。

本研究では、上記の多様な収穫形状を、GPS記録計を用いて得られる収穫作業時のコンバインの移動軌跡（以下、収穫軌跡）により認識し、出荷収穫面積を求める。さらに、この出荷収穫面積をC. E.で計測される精玄米重量と紐付けることにより各出荷の精玄米収量を算定する。提案する計測法は、農家が低価格のGPS記録計をコンバインに設置するだけで実用可能な普及が期待できる方法である。

### 2. 収穫軌跡の記録

福岡県糸島市の2名の農家（農家A、農家B）を対象に、2012年10/7～10/14の期間に合計58水田、9.7haの収穫作業を調査した。コンバインのキャビン内のフロントガラス付近に価格約1万円のGPSロガー（WBT-202, Wintec）を設置し、収穫軌跡を単独測位により1秒間隔で記録した。メーカー発表の測位精度は平均誤差半径が2.5mである。記録したデータは、1日の収穫作業が終了した時点で回収して、収穫軌跡のデータファイルを作成した。データファイルには、

時刻、緯度、経度、標高、記録開始点からの総移動距離、ひとつ前の記録点からの移動距離、方位、速度が記録される。また、収穫作業には記録員が立ち会い、次の時刻を記録した。1日の作業開始時の刈り始め、籾をトラックに排出した直後の刈り始め、収穫した籾のトラックへの排出およびトラックのC. E.への出発の各時刻である。

### 3. 出荷収穫面積の計算

収穫面積の計算は、GISソフトウェア（ArcGIS Desktop 10.1, Esri）を用いて行った。まず、1日の収穫軌跡のデータファイルを読み込んだ後、時刻、緯度および経度のデータから図1に示す1日の収穫軌跡を表示させた。次に、一回も籾が排出されていない空のトラックに排出する籾をコンバイン収穫した際の刈り始め時刻とC. E.に出発した時刻直前のトラックへの籾の排出時刻を入力することにより、図2に示す出荷1回分の収穫軌跡を抽出した。図2に示す出荷1回分の収穫軌跡の中には、A～Dの4つのほ場が含まれている。また、ほ場Dの収穫においては出荷が2回に分かれている。これは、ほ場Dの収穫中にトラックの荷台が一杯になり、C. E.に出荷したためである。

次に、4つのほ場A～Dの各々について、刈り始め時刻とトラックへの最後の排出時刻を入力して、出荷1回分の収穫軌跡をほ場別に分割した。これによりコンバインがほ場の外を移動している時の軌跡が除去されるが、収穫軌跡は秒単位のデータであるのに対し、記録した刈り始めや排出の時刻は分単位であるため、厳密にほ場の内と外の軌跡を区別できない。したがって、GISソフトウェア上に表示した収穫軌跡から収穫形状を目視で認識し、その形状に分割後の収穫軌跡の形状が一致するように、ほ場の内と外の軌跡を区別した。以上により、面積計算用に1筆のほ場の収穫軌跡（以下、計算用収穫軌跡）を作成した。

さらに、手動の操作によって、計算用収穫軌跡を内包するようにポリゴンを作成すれば、収穫面積が自動計算される。ポリゴンは、計算用収穫軌跡の外周部の軌跡を直線で結んで作成した。また、手刈りによる収穫によって、ほ場の四隅に収穫軌跡が存在しない場合は、周囲の軌跡を参照してもっともらしい頂点を目視で特定した。

最後に、計算用収穫軌跡から求めた収穫面積を1回の出荷について合計することにより、出荷収穫面積を求めた。

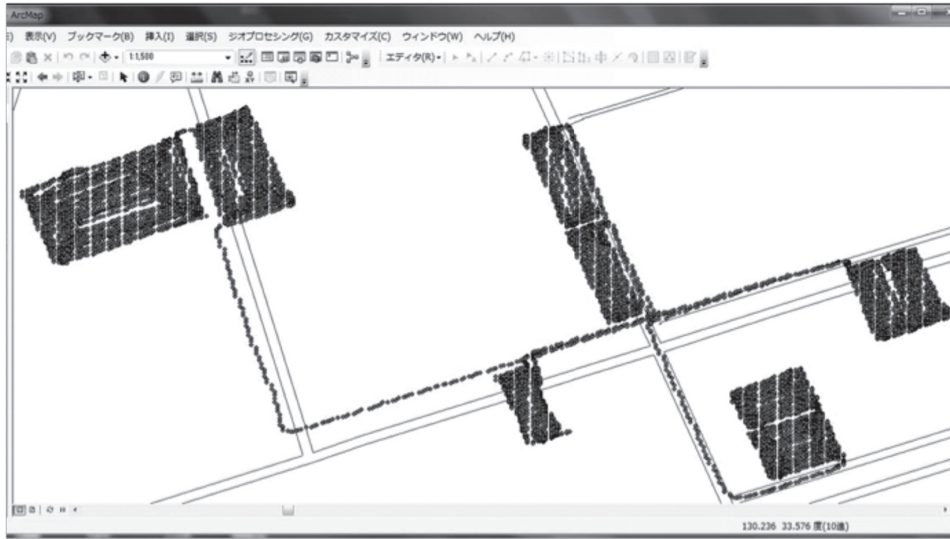


図1 1日の収穫軌跡

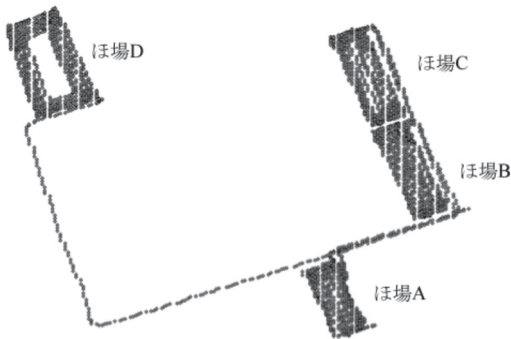


図2 出荷1回分の収穫軌跡

#### 4. 出荷収穫面積の計測精度評価

出荷収穫面積の計測精度を評価するために、収穫した各ほ場の面積を、DGPS受信機 (CRESCENT A100, Hemisphere) により計測したほ場外周の位置データからGISソフトウェアを用いて計算した。DGPS受信機の計測精度は、メーカー発表によると95%の確率で誤差50cm以内であり、GPSロガーに比べて高精度である。ほ場外周の位置データは、DGPS受信機を携帯して歩行中にデータロガー (SDR2, Acumen) に記録し、電圧12 V、定格容量7.2 Ahの小形制御弁式鉛蓄電池 (PXL12072, ジーエスユアコーポレーション) により電源を供給した。

本研究では、DGPS受信機の位置データに基づき計算したほ場面積を真値として、出荷収穫面積の計測誤

差を求めた。一方、1筆のほ場の収穫が複数回の出荷に分かれた場合は、分割された収穫部分の面積の真値は分からない。この場合は、分割部分の収穫面積のGPSロガーによる計測値と、ほ場1筆について計算された面積の計測誤差を使い、以下の(1)式により分割部分の真値を算出した。

$$A_t = A_m / (1 + e) \quad (1)$$

ここで、 $e$ はほ場1筆について計算された面積の計測誤差、 $A_m$ は分割部分の収穫面積の計測値、 $A_t$ は分割部分の収穫面積の真値である。なお、(1)式の導出においては、ほ場1筆について計算された面積の計測誤差が、(2)式のように分割部分でも等しく生じると仮定している。

$$e = (A_m - A_t) / A_t \quad (2)$$

#### 5. 出荷精玄米収量の算定

実験時に記録したトラックのC. E.への出発時刻とC. E.の荷受け時刻に基づき、計測した出荷収穫面積とC. E.において計測された精玄米重量を紐付けて、出荷精玄米収量を算定した。このとき、出荷収穫面積が複数のほ場から構成される場合は、精玄米収量は複数のほ場の平均値として算定される。なお、荷受け記録はJA糸島前原C. E.より提供頂いた。

## 結果と考察

### 1. 出荷収穫面積の計測例

表1に、出荷収穫面積の計測例を示す。表1(a)の例

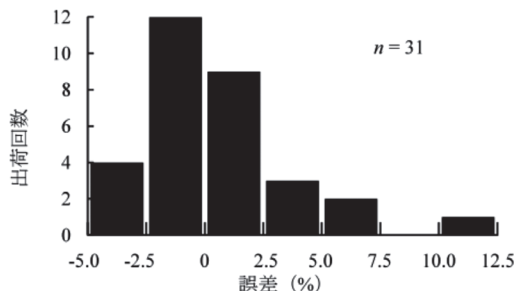
は図2に示す収穫軌跡から面積を計測したものである。1回の出荷に含まれる収穫ほ場A～D各々の面積計測誤差は、 $-6.2\sim 6.6\%$ の範囲であった。また、出荷1回の収穫面積は $3869.64\text{m}^2$ となり、真値 $3825.60\text{m}^2$ に比べて $1.2\%$ 大きい程度であり、良好な結果であった。しかし、この小さな誤差は、各ほ場の計測誤差が相殺されて得られたものであることに注意する必要がある。すなわち表1 (b) に示すように、1回の出荷において収穫したほ場の全てが同符号の誤差を生じた場合、相殺により計測誤差が小さくなることはない。

表1 出荷収穫面積の計測例

(a) 誤差が相殺される例			
ほ場	収穫面積 ( $\text{m}^2$ )	真値 ( $\text{m}^2$ )	誤差 (%)
A	698.51	705.02	-0.9
B	895.29	954.87	-6.2
C	1003.67	972.07	3.3
D	1272.17	1193.64	6.6
出荷1回	3869.64	3825.60	1.2
(b) 誤差が相殺されない例			
ほ場	収穫面積 ( $\text{m}^2$ )	真値 ( $\text{m}^2$ )	誤差 (%)
E	1885.71	1864.91	1.1
F	2066.33	1914.24	8.0
出荷1回	3952.04	3779.15	4.6

## 2. 出荷収穫面積の計測精度

図3に出荷収穫面積の計測誤差を示す。全31回の90%の28回の出荷において誤差が5%以内であった。また、5%の誤差はC.E.での精玄米重量の推定に誤差が生じないと仮定すると、反収が10俵の場合、半俵( $30\text{kg}/10\text{a}$ )の誤差に相当する。なお、この $30\text{kg}/10\text{a}$ は収量コンバインの計測精度の目標値(牧野ら, 2007)となっている。



[注]  $n$ は全出荷回数

図3 出荷収穫面積の計測誤差

1筆のほ場の収穫が複数回の出荷に分かれた場合、すなわちほ場の収穫形状に分割が生じた出荷は13例含まれた。一方、分割が生じていないほ場の収穫面積の計測において、ほ場台帳に登録されているほ場面積が既知情報として利用できる場合、全出荷の計測誤差が5%以内になる。

## 3. 出荷収穫面積の計測誤差の発生要因

出荷収穫面積の計測誤差は、出荷に含まれる複数のほ場各々で生じた計測誤差を反映した値として得られる。すなわち、出荷収穫面積の計測誤差は、各ほ場の計測誤差とその正負の組み合わせによって決定される。計測誤差の正負の組み合わせについては、一定の傾向を見出すことができなかったため、ここではほ場1筆の面積の計測誤差の発生要因について考察する。

図4にGPSロガーおよびDGPS受信機による測位例を示す。図4 (a) は計測誤差が $11.2\%$ と大きかったものである。この例では、GPSロガーで記録した収穫軌跡とDGPS受信機で記録したほ場の外周が大きすぎていた。一方、図4 (b) の例では、両GPSで記録した位置データは大きくずれているが、面積の計測誤差は $0.5\%$ と小さかった。さらに、図4 (c) は計測誤差が $11.8\%$ と大きかったが、位置データのずれは小さかった。このように、GPSロガーの測位は不安定であり、面積の計測誤差の主な要因はGPSの測位精度によるものと判断される。

さらに、今回使用したGPSロガーで記録した収穫軌跡には、図5に示すように経線方向に一定間隔で空白が生じた。図5では、矩形ほ場の短辺側の外周の判断が難しく、最も外側の軌跡を直線で結んでポリゴンを作成する場合(図5の実線)と、四隅の軌跡を結ぶ場合(図5の破線)が考えられる。このように、収穫軌跡の空白によってほ場の形状を正確に決定できず、面積の計測誤差が生じる場合もあった。

## 4. 出荷ごとの収量の算定

図6に調査を行った2名の農家の出荷精玄米収量のヒストグラムを示す。農家Aの精玄米収量は $360\sim 440\text{kg}/10\text{a}$ の範囲であり、 $380\sim 400\text{kg}/10\text{a}$ の範囲が最頻値であった。農家Bの精玄米収量の範囲は $380\sim 480\text{kg}/10\text{a}$ と農家Aに比べてばらつきが大きく、最頻値は $440\sim 460\text{kg}/10\text{a}$ の範囲であり、農家Aに比べて $60\text{kg}/10\text{a}$ ほど大きかった。これらの結果は、低価格のGPS記録計をコンバインに設置するだけで、これまで農家が感覚的に把握してきた収量を定量化で

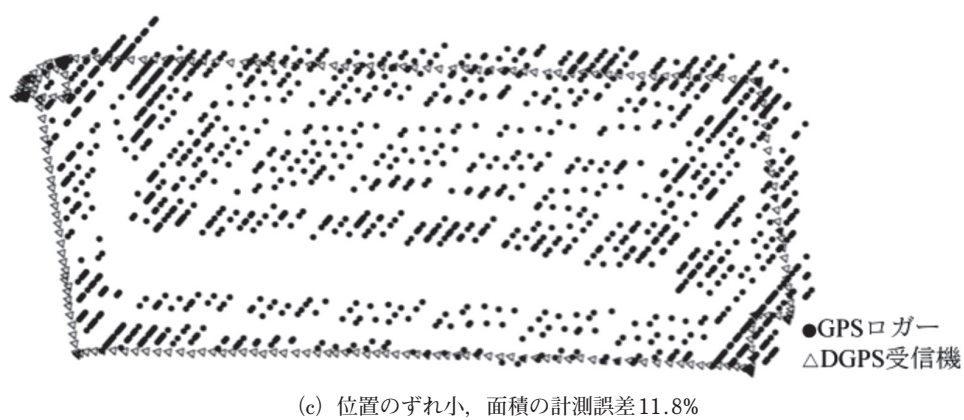
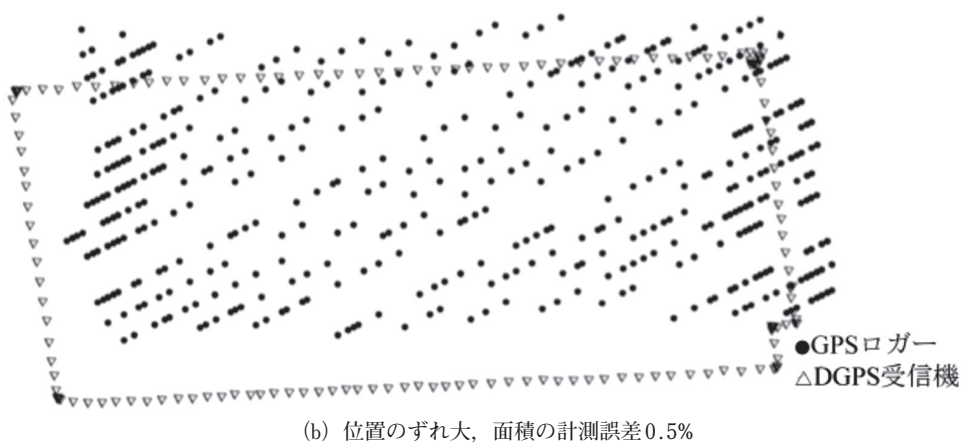
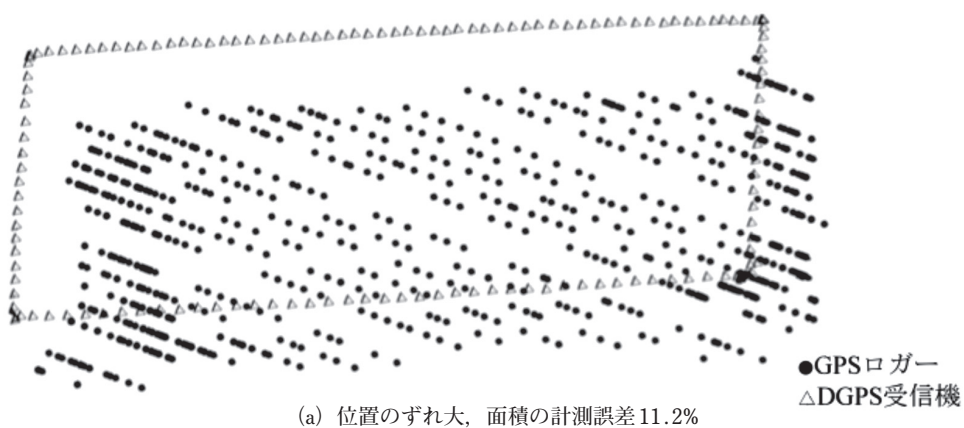
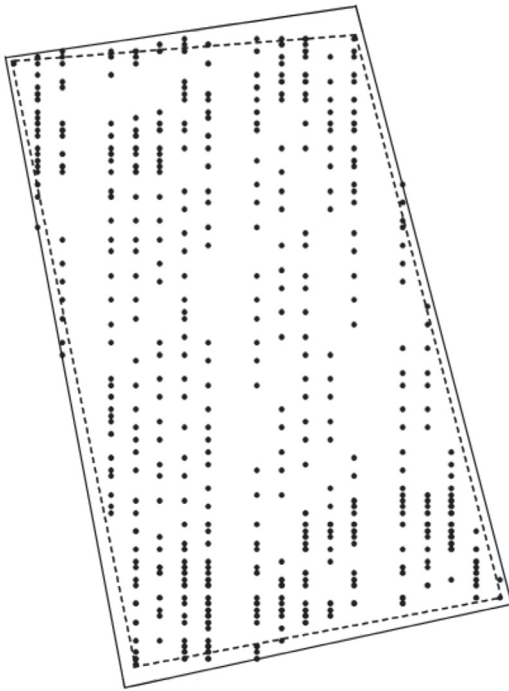
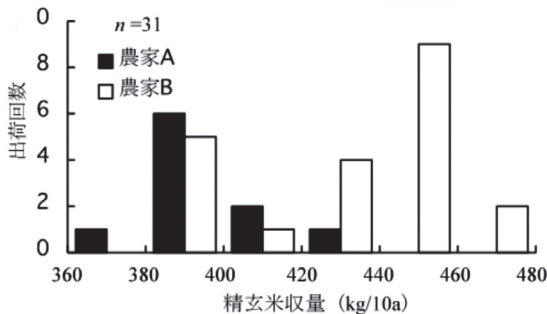


図4 GPS ロガーおよびDGPS 受信機による測位例



[注] 実線は最も外側にある軌跡を直線で結んで作成したポリゴン。破線は四隅の軌跡を結んで作成したポリゴン。

図5 収穫軌跡の空白



[注] nは全出荷回数

図6 出荷精玄米収量

きることを示唆するものである。提案計測法の実用化に向けての課題として、現在GISソフトウェアを使って手動で行っている測位データからの収穫形状認識の省力化が挙げられる。

## 要 約

水稲生産において収量は、生産管理の評価と改善を行う際の基礎データである。本研究では、生産現場へ

の普及が期待できる低コストの精玄米収量計測法を提案した。提案計測法は、カントリーエレベータ (C. E.) で計測される各出荷の精玄米重量と、低価格のGPSロガーで記録したコンバインの移動軌跡から求められる出荷に対応する収穫面積 (出荷収穫面積) を用いて出荷別に精玄米収量 (出荷精玄米収量) を計測する方法である。本研究では、福岡県糸島市の2名の農家 (農家A, 農家B) の収穫作業を対象に出荷収穫面積の計測精度を評価した。また、計測した収穫面積をC. E. で計測される精玄米重量と紐付けることにより、出荷精玄米収量を算定し、出荷間のばらつきを明らかにした。

出荷収穫面積の計測誤差は、全31回の90%の28回の出荷において5%以内であった。誤差の主な原因はGPSの測位精度によるものであった。さらに、出荷精玄米収量の範囲および最頻値は、それぞれ農家Aが360～440kg/10aと380～400kg/10a、農家Bが380～480kg/10aと440～460kg/10aであり、農家Bにおいてばらつきが大きく、最頻値が60kg/10aほど大きいことが明らかになった。これらの結果は、低価格のGPSをコンバインに設置するだけで、これまで農家が感覚的に把握してきた収量が定量化できることを示唆するものである。

## キ ー ワ ー ド

コンバイン, 精玄米収量, 出荷, 収穫面積, 全球測位システム

## 謝 辞

本研究の遂行に当たり、福岡県糸島市吉住栄二氏、徳永伸之氏には収穫作業の調査において大変お世話になりました。JA糸島営農部農畜産課前原C. E. から荷受け記録を提供頂きました。ここに記して感謝の意を表します。

## 文 献

- 日高靖之・栗原英治 2007 収量コンバインによる収穫情報の取得とその利用. 農業機械学会誌, 69(5): 17-20
- 牧野英二・杉山隆夫・市川彦彦・浜田健二・川中道夫 2007 収量モニタリング機能付きコンバインの開発 (第1報) —システムの基本設計および質量と水分の連続測定—. 農業機械学会誌, 69(4): 79-88
- ヤンマー株式会社 2012 アスリートプロAG6114・AG7114 価格. In <http://www.yanmar.co.jp/campaign/ag/products/option.html>, ヤンマー株式会社, 大阪

全国農業新聞 2010 担い手を支える収穫機械 (1)  
収量コンバイン. In <http://www.nca.or.jp/shinbun/>

[about.php?aid=2052](http://www.nca.or.jp/shinbun/about.php?aid=2052), 全国農業新聞, 東京

## Summary

Yield is fundamental data in rice production when farmers evaluate and improve their production management. We proposed a low-cost measurement method for brown rice yield that is expected to be popularized in actual production fields. In the proposed method, we used brown rice weight measured at country elevator (C.E.) for each shipment and area harvested for each shipment, in order to measure brown rice yield for each shipment. The harvest area for each shipment was measured based on the moving track of combine harvester during harvest recorded by a low-price GPS logger. In this study, measurement accuracy of harvest area for each shipment was evaluated through the harvest surveys for 2 farmers (farmers A and B) in the city of Itoshima, Fukuoka prefecture. In addition, brown rice yield for each shipment was calculated by relating harvest area for each shipment with brown rice weight measured at C.E, and the yield variability among shipments was clarified.

Measurement errors in harvest area for each shipment were less than 5% in the 28 shipments out of 31 shipments, i.e., 90 % of total shipments. Further, ranges and modes in brown rice yield for each shipment were 360-440 kg/10a and 380-400 kg/10a for farmer A, and 380-480 kg/10a and 340-460 kg/10a for farmer B. Namely, both variability and mode of brown rice yield were larger in farmer B. These results indicated that farmers can understand brown rice yield quantitatively, which has been recognized based on sense of individual farmers, by installing a low-price GPS logger in a combine harvester

**Key words:** Brown rice yield, Combine harvester, Global positioning system, Harvest area, Shipment