



Title	車載情報システムを用いたサトウキビ収穫機の作業記録と作業能率分析
Author(s)	鹿内, 健志; 官, 森林
Citation	農業情報研究 = Agricultural Information Research, 24(4): 101-111
Issue Date	2015
URL	<a href="http://hdl.handle.net/20.500.12000/37205">http://hdl.handle.net/20.500.12000/37205</a>
Rights	

1 **和文表題**

2 車載情報システムを用いたサトウキビ収穫機の作業記録と作業能率分析

3

4 **和文著者名**

5 鹿内健志<sup>\*1)</sup>・官森林<sup>2)</sup>

6

7 **和文所属**

8 1)琉球大学農学部

9 〒903-0213 沖縄県中頭郡西原町千原1番地

10 2)筑波大学医学医療系

11 〒305-8575 茨城県つくば市天王台1-1-1

12

13

14 **和文要旨**

15 収穫期が労働のピークとなるため、南西諸島地域のサトウキビ農業は、機械収穫体  
16 系の導入が進められ、農地の集積や農作業の受委託による効率的で安定した生産法人  
17 等による機械化経営を目指している。効率的な機械作業を進めるためには、農作業計  
18 画の最適化を行う必要がある。しかし、作業計画は圃場毎の作業履歴を記録し、デー  
19 タを分析しながら効率的に考えられるべきである。本研究では、運送業界で広く活用  
20 されている車載情報システムを小型サトウキビ収穫機に搭載し、農作業記録装置とし  
21 て利用し、収穫機の作業実態を詳細に調査した。その結果、エンジン回転数を用いる  
22 ことで、収穫機の作業内容を正確に分析できた。GPSの走行軌跡より収穫機の刈り取  
23 り面積を8%以下の誤差で計測することが可能であった。映像記録型ドライブレコー  
24 ダーを用いることで刈り取り量の推計が可能となった。今回のサトウキビ収穫機の一  
25 日の実作業率は0.4程度で一般的な農作業機械の値とされる0.6~0.85と比較すると  
26 小さく、また圃場での有効作業効率は35%程度と低い。これは刈り取りが後退法で行  
27 われているためと考えられる。

28

29

30 **和文キーワード**

31 農作業情報, GPS, 地理情報システム(GIS), デジタルタコグラフ, 映像記録型ドライ  
32 ブレコーダー, 作業効率

33

34

35 **\*Corresponding Author**

36 E-mail:tshikana@agr.u-ryukyu.ac.jp

37

38

## 1 はじめに

2

3 サトウキビは南西諸島地域の農業における基幹作物であり，国産の甘味資源として  
4 も重要である．しかし，高齢化や担い手不足などによって，作付面積，生産量ともに  
5 減少傾向にある．特に島嶼地域では地域全体で生産性を高めるため，地域において農  
6 地の集積や農作業の受委託により効率的で安定した生産法人等による機械化経営を目  
7 指している．特に収穫期が労働のピークとなるため機械収穫体系の導入を進めている  
8 が，分散して面積も異なる圃場に対して，効率的な作業が困難となっている（鹿 intra  
9 2007）．効率的な機械作業を進めるために作業のシミュレーションや農作業計画の最  
10 適化を行う必要がある．作業シミュレーションでは，作業機の性能値が重要なパラメ  
11 ータとなるが，圃場で作業能率を実測すると，同じ機械を用いても，圃場形状，生育  
12 状況，畝幅などによって収穫作業能率が圃場毎に異なる．従って圃場毎の作業実態に  
13 基づいた作業計画が求められる．そのためには作業機の作業面積，作業内容と作業時  
14 間などの作業履歴を記録し，データを分析しながら効率的な作業計画を考えるべきで  
15 ある．

16 農作業を記録する方式として農業機械に搭載するように開発された GPS 情報を用  
17 いる作業記録装置がある．例えば町田・塩（1995），神谷・町田（2002）では GPS で  
18 計測した位置，時間等のデータをデータベースと参照して圃場，作業内容等を推論し  
19 作業日誌を自動記録するシステムを開発している．松尾ら（2011）は農業機械に携帯型  
20 GPS を取り付け作業機の軌跡データから圃場滞在時間と面積を求め，作業内容を自動  
21 判別する手法を開発し，作業日誌の作成支援を行うシステムを開発した．これらのシ  
22 ステムは各圃場での作業時間を記録することは可能であるが，農作業の内容の詳細ま  
23 までデータ化することは困難で作業能率の解析には技術的課題がある．また，上野ら  
24 （2006）はサトウキビ収穫機に GPS を搭載し，収穫機の走行速度と進行方向角度から  
25 収穫機の挙動分析を行っているが，進行方向角度の計測データの安定性の問題から精  
26 度に課題が残る．南石ら（2013）は農業技術継承を目的に農作業データを GPS や画  
27 像データで記録し，解析するシステムを構築しているが，農作業技術の教育用システ  
28 ムとしては有効である一方，日常作業の記録システムとしてはシステムの複雑さなど  
29 に使用性の問題がある．

30 一方，運送業界では，GPS の位置情報，車速等を記録し，運送計画を効率的に管理  
31 する車載情報システム（デジタルタコグラフ）が構築されている．この汎用性の高い  
32 システムを農作業に応用できれば容易に農作業履歴を記録し，データベース化するこ  
33 とができる．本研究ではこの車載情報システムを農作業記録装置に利用し，沖縄県北  
34 部地区のサトウキビ収穫作業を行う小型サトウキビ収穫機に搭載し，収穫期間の稼働  
35 実態を記録し，収穫機の作業実態を詳細に調査した．

36

## 37 材料及び方法

38

## 39 実験装置の概要

40 収穫機はクローラ型，エンジン出力 78kW の小型収穫機（UT-120K，魚谷鉄工，全

1 長 5950mm, 履帯間外幅 1860mm, 質量 7950kg) で調査した (図 1).

<図 1

2 2009 年産 (2009/2010 年産) から 2012 年産 (2012/2013 年産) の収穫作業の記録  
3 を行った. 車載情報システムはトラック運送用に用いているもの (Communications2,  
4 トランストロン) を仕様変更して用いた. 時刻, 緯度・経度, エンジン回転数に加え,  
5 収穫機の操作レバーに近接スイッチを取り付け, サトウキビを裁断するベースカッタ  
6 ーの回転の ON-OFF 状態を記録した. 記録間隔は 1 秒間隔で行った. また, 2011 年  
7 度産 (2011/2012 年産) からは FOMA 3G 回線を利用する通信機能と 3 台の映像記録  
8 型ドライブレコーダー (以下, ドライブレコーダー) を付加した車載情報システム  
9 (DTS-C1D, トランストロン) を用いた. 通信機能は作業位置を遠隔からの確認する  
10 ために用い, 3 台のカメラは, 2 台はキャビンから進行方向の映像を 1 秒ごとに, ま  
11 た 1 台のカメラは積み込み部の収納袋の映像を 1 分毎に記録することに利用した. 車  
12 載情報システムは収穫機キャビン内座席下に設置し, データは車載情報システムのメ  
13 モリーカードに記録した. 電源は収穫機のアクセサリ電源を用い, 電源が ON になる  
14 と車載情報システムが自動起動されメモリーカードにデータが記録開始される. 図 2  
15 に車載情報システムおよびドライブレコーダーの設置状況を示す.

<図 2

16 今回用いた車載情報システムは GPS で測位されたデータから記録データ量を小さ  
17 くするため, 道路上の走行を表示するのに問題のない, 緯度経度を 0.1 秒単位 (10 進  
18 数で小数点以下 5 桁) まで丸めて記録する. そのため記録されたデータは 3m 程度の  
19 分解能しかなく精度が低いため, 位置情報は九州沖縄農業研究センターで開発した農  
20 作業記録装置 (DigiFarmLogger) (大嶺ら 2011) を併用して記録した.  
21 DigiFarmLogger は GPS から NMEA-0183 フォーマットのデータを受信し, 緯度経  
22 度を 10 進数で小数点以下 8 桁までそのまま記録する. 記録された時刻を同期させる  
23 ことで, 車載情報システムのデータと緯度・経度情報を連結した.

## 24 25 収穫作業方法

26 調査は沖縄県本島でサトウキビ収穫機械稼働状況が高く, 圃場整備が進んでいる沖  
27 縄県北部の恩納村富着地区で行った. 収穫機での収穫作業の方法は, 専任の収穫機オ  
28 ペレータ 1 名と 1 名若しくは 2 名の補助作業員で行われる. 前進で刈り取りを行い,  
29 その後, 後退し, 隣の畝に移動し, 再び前進で刈り取りを行う後退法である. 畝の移  
30 動は圃場の側道で行い, 枕地刈りは圃場と側道に高低差がある場合を除き行わない.  
31 収穫したサトウキビは 30cm 程度に切断され, 機体後部の収納袋に積み込まれる. 収  
32 納袋が満杯になると, 収穫機は刈り取りを停止し, 圃場端に移動し, 収納袋を下ろし,  
33 新たな収納袋を補助作業員が取り付け, 刈り取り停止した位置に戻り刈り取り作業を  
34 継続する.

35 通常, 作業は 8 時頃から作業を開始し, 17 時頃に終了する 8 時間である. 休憩は  
36 12 時から 13 時の食事休憩と 10 時と 15 時の 10 分程度の休憩がある. 作業を行う圃  
37 場は, あらかじめ決められており, 自走で圃場間を移動する. 作業終了後は最後に作  
38 業を行った圃場に収穫機は留め置かれる. 収穫作業は製糖期間中ほぼ毎日行われるが,  
39 降雨やそのため圃場が軟弱になった場合, 作業は行われない. 各年産の収穫作業期間  
40 は表 1 に示すとおりである.

<表 1

1  
2  
3  
4  
5  
6  
7  
8  
9  
10  
11  
12  
13  
14  
15  
16  
17  
18  
19  
20  
21  
22  
23  
24  
25  
26  
27  
28  
29  
30  
31  
32  
33  
34  
35  
36  
37  
38  
39  
40

## 結果と考察

### 収穫機の作業内容分析

図 3 に 2010 年 1 月 20 日の午後の作業開始時（13 時 1 分 52 秒）から約 30 分間の収穫機軌跡のデータを示す。また図 4 に同時刻の収穫機のエンジン回転数，速度，進行方向角度の変化を示す。進行方向角度は北を 0 度とし，時計回りで 000.0～359.9 度で示す。作業軌跡を含む記録された情報から収穫機挙動について分析する。

13 時 1 分 52 秒にエンジンを始動し，アイドリング状態（エンジン回転数約 800rpm）で約 4 分経過後（A），約 1500rpm のエンジン回転数で 28 秒かけて圃場外に移動し，収納袋を取り付け，13 時 7 分 23 秒にエンジンを停止した（B）。約 2 分間エンジンが停止したため，その間，データは収録されない（C）。その後，13 時 8 分 56 秒にエンジンが再始動した（D）。GPS のデータは衛星捕捉のため 13 時 9 分 12 秒から記録されているため軌跡が一部飛んでいるが（E），圃場の端まで約 1500rpm のエンジン回転数で移動し，一旦停止した（F）。その後，エンジンは 3 分 20 秒間アイドリング状態になった（G）。13 時 13 分 18 秒に刈り取りを始める畝にエンジン回転数約 1500rpm で移動した（H）。一旦，50 秒ほど停止し，13 時 15 分 4 秒にエンジン回転数を約 2200rpm まで上げ，13 時 15 分 8 秒から前進し刈り取りを開始している（I）。途中，13 時 15 分 38 秒で進行方向角度が約 55°から約 230°へ反転し，1.6m 後退していることがわかる（J）。これは，倒伏等があり分草装置で茎をうまく取り込むことができず刈り残し茎が発生した，搬送装置に詰まりなどが生じ過負荷になりベースカッターを上げたため刈り残しが生じた，あるいは乱倒伏状態で畝筋を目視できず誤ったなどのため，一旦後退して刈り取りをやり直したと考えられる。また，13 時 16 分 48 秒に圃場途中で 26 秒間停止し，エンジン回転数が約 800rpm まで低下している（K）。作業途中で停止する場合は，搬送装置に詰まりが生じている，圃場に大きな石など障害物があり除去しているなどが考えられる。13 時 19 分 42 秒には進行方向が反転し 2.3m 後退している（L）。これら（J），（K），（L）について今回のデータからは具体的な状況は分析できなかった。13 時 20 分 42 秒に圃場端まで刈り取り，エンジン回転数を約 1200rpm まで下げ（M），後退（N）を始め 13 時 22 分 32 秒に圃場端に戻り，エンジン回転数を約 1000rpm に下げ，畝の移動を行う（O）。13 時 23 分 5 秒に再びエンジン回転数を約 2200rpm まで上昇させ，13 時 26 分 1 秒まで再び圃場端まで刈取作業を行う（P）。その後，エンジン回転数を約 1300rpm まで下げ，後退（Q）を始め 13 時 27 分 51 秒に圃場外部まで後退して停止し，収穫したサトウキビで一杯になった収納袋を圃場脇の道に卸す（R）。新たな収納袋はアイドリング状態で取り付けられる。13 時 29 分 11 秒から 20 秒程度，停止したままエンジン回転数が約 1200rpm に上昇しているが作業内容は不明である（S）。13 時 30 分 29 秒に，次の畝に移動し，再びエンジン回転数を約 2200rpm に上げて刈り取り作業を行う（T）。

収穫機の軌跡とエンジン回転数，速度，進行方向角度から，収穫機の挙動を分析することができた。機械の稼働状況を詳細に分析することは作業効率や機械管理等を検討する上で重要であるが，上述した手順で 1 秒毎に記録された多量の情報を解析する

<図 3  
<図 4

1 ことは手数のかかる作業となる。一方、図 4 を見るとエンジン回転数のグラフはアイ  
 2 ドリング状態、約 1300rpm および約 2200rpm の 3 段階に分離していることがわか  
 3 る。そこで、図 5 に 1 月 20 日の 13 時 1 分 52 秒から約 30 分間に各エンジン回転数  
 4 で何分作業を行っていたかを示す。800~1000rpm, 1200~1600rpm, 2000~2300rpm  
 5 の 3 つに分類でき、図 4 と対比することでそれぞれアイドリング状態、畝間移動及び  
 6 後退、刈取作業に対応すると考えられる。この圃場全体の作業のエンジン回転数の分  
 7 布も同様の傾向を示し、他の圃場も同様の傾向を示した。また、サトウキビを裁断す  
 8 るベースカッターの回転の ON-OFF 状態を作業レバーの近接スイッチから記録した  
 9 が、ベースカッターが回転しているときはエンジン回転数が 2000rpm 以上であるこ  
 10 とが確認できた。但し、この近接スイッチは作業レバーの形状により十分強固に取り  
 11 付けることができずスイッチが動作しない場合もあり、今回は作業分析に用いること  
 12 はできなかった。

13 以上の結果より、エンジン回転数を 1)0rpm, 2)1000rpm 以下, 3)1000~2000rpm  
 14 以下, 4)2000rpm を越える場合の 4 つの区分に分け、それぞれのエンジン回転数で作  
 15 業する時間を求め、それぞれの時間が 1)機械の停止時間, 2)収納袋の積み卸しおよび  
 16 取り付け作業時間および圃場内での待機時間, 3)旋回, 後退による畝間の移動および  
 17 圃場内の移動時間, 4)刈り取り作業時間に対応するとし、作業内容を分析する方法を  
 18 提案し、能率分析の際に利用した。上野ら (2006) は GPS のデータの進行方向角度  
 19 および速度から作業内容を分析したが、速度データは図 4 に見られるように測定デー  
 20 タでは変動が激しく、正確な作業分析は困難である。また、進行方向角度は圃場によ  
 21 り作業方向角度が異なる。一方、エンジン回転数のほうが安定したデータが得られ、  
 22 正確な作業分析に適しているといえる。

23  
 24 **収穫機の刈り取り面積の計測**

25 一筆の圃場内においても、全面に作付けない場合や苗用茎として刈り取りを行わな  
 26 い部分もあり、収穫面積は地籍図の面積と一致しない。一方、製糖工場運営のため単  
 27 位面積あたりの収量の割り出しや、より公平な受託作業料金の算定のためにも、作業  
 28 面積の把握は重要である。

29 GPS の走行軌跡より収穫機が実際に刈り取り作業を行った刈り取り面積を求めた。  
 30 図 6 に示すように対象とする圃場での作業開始から作業終了までの軌跡のうち実際に  
 31 刈り取り作業を行っていると思われるエンジン回転数が 2000rpm 以上のポイントの  
 32 み取り出し GIS にプロットし、ポイントを内包するようにポリゴンを手動操作で作成  
 33 し、刈り取り面積を求めた。農作業記録装置 (DigiFarmLogger) で用いている GPS  
 34 (Garmin 製 18X) での計測精度は測位精度が 15m 2DRMS であるので田中ら(2014)  
 35 と同様の方法で精度を検証した。すなわち、MSAS 衛星の SBAS ディファレンシャル  
 36 補正情報を利用した DGPS (Crescent A100, HemisphereGPS ; 測位精度 0.6m  
 37 2DRMS) を用い収穫直後に刈り取られた圃場外周を歩行し計測ポイントからポリゴ  
 38 ンを作成し、面積を比較した。

39 エンジン回転数で刈り取り作業を行っていると思われる点から作成した圃場形状  
 40 と、収穫直後の圃場外周から計測された圃場形状はほぼ同一と言える。圃場面積の計

1 測誤差を検証するため、面積の異なる 14 筆の圃場について、DGPS からの面積と GPS  
2 (2000rpm 以上) 軌跡からの面積を同様に求め、二つの面積の差を誤差として図 7 に  
3 示した。その結果、両者はよく一致し、相対誤差の平均値は 7.6%であった。刈り取り  
4 面積の平均である約 3500m<sup>2</sup> の圃場では±265m<sup>2</sup> の誤差であり、エンジン回転数が  
5 2000rpm 以上の GPS 軌跡ポイントを内包するように作成したポリゴンから実用的な  
6 刈り取り面積を求めることができる。

< 図 7

#### 7 8 カメラ画像による収穫量および畝数の推計

9 ドライブレコーダーにより作業中の積み込み部の収納袋の映像から収穫量の推定  
10 を行った。収穫量は、収穫作業に要した収納袋数を数えることで推定した。積み込み  
11 部の画像には収穫袋の状態が 1 分ごとに記録され、刈り取られた蔗茎等の充填状況が  
12 読み取れる (図 8 左)。また、収納袋が満杯になったときは、収納袋が圃場端に降ろさ  
13 れ、新しい収納袋が取り付けられるが、通常この作業は 3 分以上要するので、収納袋  
14 の取り替えの様子が記録される (図 8 右)。従って、取り替え回数から圃場での収穫作  
15 業に要した収納袋数がわかり、収穫量が推定できる。写真枚数が膨大になるので取り  
16 替え回数は、図 8 右のように取り替え時にはっきり現れる収納袋取り付け部の黄色の  
17 台を画像処理プログラムにより認識し、取り替え時の写真数を数え上げ、取り替え回  
18 数を求めた。

< 図 8

19 収納袋は通常約 800 kg の刈り取られた蔗茎などが詰め込まれるが、収納袋の内容物  
20 の質量を製糖工場の原料搬入記録から確認した。図 9 に各圃場で収穫され工場に搬入  
21 された量と圃場での収穫された収穫袋数の関係を示す。原料搬入記録は生産者毎に搬  
22 入日とトラックで搬入された搬入重量が記録されている。生産者は複数の圃場で栽培  
23 している場合もあるため、一台のトラックには複数の圃場の収穫物が積み込まれる場  
24 合もある。従って、搬入記録が直接、圃場での収穫量を表していないが、収穫作業日  
25 と搬入日から判断し、収穫した圃場が限定されるデータを選択し搬入質量を求めた。  
26 その結果、 $R^2=0.843$ 、 $RMSD=3948\text{kg}$  で、収納袋の数から、刈り取り重量を予測でき、  
27 袋一つがおよそ 811kg であることがわかる。但し、この値は機械による収穫作業工程  
28 の中で枯葉や雑草、土塊、石礫等の製糖原料とはなり得ない夾雑物 (トラッシュ) が  
29 混入している状態 (2011 年度産で平均 15%程度) であるが、およその収量を推定でき  
30 る。

< 図 9

31 ドライブレコーダーにより作業中のキャビンからの映像を用いて収穫畝数の分析  
32 を行った (図 10)。圃場の畝数は、キャビンから 2 つのカメラで進行方向の映像を 1  
33 秒ごとに記録している。画像より刈取、後退、停止などの作業状態が推定できる。映  
34 像を時間経過で追うことで、刈取作業を行った畝数を確認できた。なお、キャビンか  
35 からの映像からは、倒伏状況、刈り残しの有無、生育状況、欠株の有無などの情報を把  
36 握できる可能性もあるが今回は検証できなかった。今後の課題である。

< 図 10

#### 37 38 一日の作業能率分析

39 エンジン回転数により各時間における作業内容を特定できたので、一日の機械作業  
40 能率について調べた。分析は収穫量の記録がある 2011 年産 (2011/2012 年産) と 2012

1 年産（2012/2013 年産）のデータを用いた。一日の作業開始時間から作業終了時間ま  
2 での時間から、休憩時間を差し引いた時間を一日の作業時間  $T_d$  とし、一日の作業時間  
3 に対する実際に圃場での作業時間  $T_a$  の比を実作業率  $\gamma$  とし、 $\gamma$  を求めた。 $T_d$  には、  
4  $T_a$  のほか、圃場外で行われる作業機の作業準備・清掃・調整・移動、故障修理、圃場  
5 外での待機時間などの時間が含まれる。実作業を行っている以外の時間ではエンジン  
6 が稼働している時と、停止している時があるが、エンジンを停止した場合、農作業記  
7 録装置は停止する。エンジンが停止している時間は、ラジエータ部につまった枯れ葉  
8 等の除去、燃料の補給などの時間や休憩時間があるが、休憩時間は作業時間  $T_d$  には  
9 含まないので、農作業記録データが記録されないエンジン停止時間から昼休みと 10 時  
10 と 15 時の休憩時間を推定し、 $T_d$  を算出した。また、収穫機軌跡から、各圃場で実際  
11 に作業を開始した時刻と作業を終了した時刻を求め、 $T_a$  を算出した。

12 表 2 に結果を示す。一日の作業時間  $T_d$  は、通常 8 時から 17 時まで作業を行う場  
13 合（通常作業）の平均は 7 時間 2 分（2012/2013 年産）および 7 時間 41 分（2011/2012  
14 年産）であった。実作業率は 0.37（2012/2013 年産）および 0.41（2011/2012 年産）  
15 であった。一日の作業時間  $T_d$  が短い日は雨天等で作業を途中で中断した場合などで  
16 ある。実作業率は 0.4 程度で一般的な農作業機械の値とされる 0.6~0.85（川村ら 1991）  
17 と比較すると小さいといえる。これは、前進で刈り取りを行い、後退し、隣の畝の刈  
18 り取りを行う後退法で作業を進めるためと考えられる。

<表 2

## 20 作業能率と圃場条件

21 圃場条件や圃場での運転条件による機械作業効率の変動を調べるため、2011/2012  
22 年産および 2012/2013 年産の両年において収穫作業が行われた 35 の圃場を選び、各  
23 圃場において実際に刈り取りを行った時の有効作業量  $C_e$  (ha/h) および有効作業速度  
24 （有効作業速度;  $V_e$ ）(km/h) を求めた。また、圃場作業時間  $T$  (h) および刈り取りを行  
25 う実作業時間  $t_a$  (h) を求め、有効作業効率（ $\eta_e = t_a/T$ ）を算出した。圃場作業時間  $T$  に  
26 は、実作業時間以外に、収穫作業に伴う旋回、後退による畝間の移動および圃場内の  
27 移動時間、収納袋の積み卸しおよび取り付け作業時間、圃場内での調整、待機時間が  
28 含まれる。今回、収穫機軌跡およびドライブレコーダーで撮影したキャビンからの進  
29 行方向の映像を用いて、各圃場の作業開始および作業終了時刻を決定し、圃場作業時  
30 間  $T$  を求めた。また、エンジン回転数により刈り取りを行う実作業時間  $t_a$  を求めた。  
31 圃場面積  $A$  (ha) はここでは、DGPS（Crescent A100）を用い圃場外周を歩行し作成し  
32 たポリゴンから求めた面積を用いた。

33 表 3 に有効作業速度、有効作業量、有効作業効率の結果を示す。有効作業速度は  
34 2.30km/h（2011/2012 年産）および 2.04km/h（2012/2013 年産）で、有効作業量は  
35 0.31ha/h（2011/2012 年産）および 0.27ha/h（2012/2013 年産）、有効作業効率は 0.33  
36 （2011/2012 年産）および 0.35（2012/2013 年産）であった。有効作業効率が 0.35 程  
37 度と低いことがわかる。有効作業速度と有効作業量の最大値は単収が小さい圃場で生  
38 じている。有効作業速度と畝 1m 当たりの刈り取り質量との関係を図 11 に示す。な  
39 お、畝の総長さは、畝数から作業幅（畝幅）を求め、刈り取り面積を作業幅で割るこ  
40 とで求めた。刈り取り質量は収穫袋数から図 9 の結果を用い推定した。刈り取り量が

<表 3

<図 11



1 多くなるほど速度が低下していることがわかる。刈り取り量が多いと、刈り取った茎  
2 の切断やトラッシュの処理のため刈り取り速度を上げることができないことがわかる。 <図 12  
3 そこで、有効作業効率と畝 1m 当たりの刈り取り質量との関係を図 12 に示す。有効  
4 作業効率と刈り取り質量には統計的に顕著な関係は認められなかった。刈り取る量が  
5 多くなると、有効作業速度が低下し、刈り取り作業の時間の割合が増え有効作業効率  
6 が増加すると思われたが、収穫量が増えるため収納袋の取り替え作業などが増加する  
7 ため顕著な関係が表れなかったと思われる。

8 エンジン回転数による分類から求められる、機械の停止時間、収納袋の積み卸しお  
9 よび取り付け作業時間および圃場内での待機時間、旋回・後退による畝間の移動およ  
10 び圃場内の移動時間、刈り取り作業時間のそれぞれの圃場作業時間  $T$  に対する割合を  
11 求めた。表 4 に結果を示す。計算式より、刈り取り作業の割合は有効作業効率と同じ  
12 になる。圃場での作業の内、後退による畝間の移動や圃場内の移動時間の割合が 4 割  
13 以上占めていることがわかる。この地域での刈り取りが後退法で行われているため、  
14 後退移動に時間を要し、有効作業効率が 35%程度と低くなっていることがわかる。

15 刈り取り作業について収穫機のオペレータに聞き取りを行ったが生育密度、倒伏状  
16 態、畝幅、畝の断面形状などで作業性が異なるとの意見であった。これらの条件によ  
17 り、圃場で表 4 に示す最大値と最小値の間で作業時間がばらつくと考える。今回の結  
18 果では、生育密度に関わる畝 1m 当たりの刈り取り質量と有効作業速度の関係が明ら  
19 かになったが、作業時間の短縮、作業者の疲労低減、燃費低減、適正な受託料金の確  
20 定など効率的な機械作業を進めるためにも作業能率が圃場により変動する要因を明ら  
21 かにする必要がある。

## 22 23 おわりに

24  
25 車載情報システムを農作業記録装置に利用することで、サトウキビ収穫機の稼働実  
26 態を記録し、収穫機の作業実態を詳細に分析することができた。安定して記録される  
27 エンジン回転数を用いることで収穫機の作業内容を正確に分析することができた。ま  
28 た、GPS の走行軌跡より収穫機の刈り取り面積を 8%以下の誤差で計測することが可  
29 能である。ドライブレコーダーで撮影した画像を用いることで刈り取り量の推計が可  
30 能で、また、刈り取り作業を行った畝数を把握することができた。今回のサトウキビ  
31 収穫機の一日の実作業率は 0.4 程度で一般的な農作業機械の値とされる 0.6~0.85 と  
32 比較すると小さく、また圃場での有効作業効率は 0.35 程度と低い。これは刈り取りが  
33 後退法で行われているためと考えられる。

34 今後に残された課題として次の点が指摘できる。第一に車載情報システムを農作業  
35 記録装置に利用することで農作業データの効率的な収集が可能となり、農作業デー  
36 タベースの構築が容易になるが、データ分析のために膨大な量のデータを扱わなけれ  
37 ばならない。作業内容分析はエンジン回転数等を用いることで自動処理することが可能  
38 であるが、より詳細な挙動分析を行うには軌跡を GIS により手作業で解析する必要が  
39 あり、効率的な分析手法が望まれる。第二に圃場により有効作業効率が大きく異なる。  
40 有効作業速度と畝 1m 当たりの刈り取り質量との関係は呈示されたが、農作業デー

1 を利用した効率的な作業計画の立案のためには、より詳細に、圃場による有効作業効  
2 率や作業毎の時間割合などの違いが生じる要因を明らかにする必要がある。第三に、  
3 収納袋数や畝数を数えることのみならず、収納袋内のトラッシュの推定や作業圃場の  
4 生育状況、栽培密度などの圃場環境についての情報を解析するなど、画像情報の有効  
5 活用について検討し、有効作業効率の変動の分析に利用する必要がある。

## 6 謝辞

7 恩納村での現地作業調査にご協力頂いた金城恭太氏に御礼申し上げます。また、車  
8 載情報システムを提供頂いた株式会社トランストロンに御礼申し上げます。原料搬入  
9 記録については球陽製糖株式会社および JA おきなわ恩納支店にご協力頂きました。  
10 利用した地図（沖縄県データセット）は東京大学空間情報科学研究センター（CSIS）  
11 との共同研究で提供頂きました。本研究は、農研機構九州沖縄農業研究センター 大  
12 嶺政朗氏（故人）との共同研究で、JSPS 科研費 23580360 の助成を受けたものです。  
13

## 14 引用文献

- 15 神谷貴広・町田武美（2002）GPS を利用した農作業記録の自動化に関する研究（第 2  
16 報）－ファジィ推論による作業同定－，農業情報研究，11:263-271。  
17 川村登他（1991）「新版農作業機械学」，文永堂出版，東京，250-251。  
18 町田武美・塩光輝（1995）GPS を利用した農作業記録の自動化に関する研究（第 1 報）  
19 －自動記録システムと GPS の測位精度－，農業情報研究，4:91-108。  
20 松尾和之・濱口秀生・渡邊和洋・渡邊好昭（2011）携帯型 GPS による農作業履歴の記  
21 録と履歴情報の利用 －携帯型 GPS による農業機械の作業履歴収集技術の開発－，  
22 日本作物学会紀事，80(3):346-353。  
23 南石晃明・藤井吉隆・江添俊明（2013）営農可視化システム FVS-PC Viewer の開発  
24 －農業技術・技能の伝承支援－，農業情報研究，22:201-211。  
25 大嶺政朗・杉浦綾（2011）農作業情報記録装置 Digi Farm Logger の開発 －GPS や  
26 IT を活用して農作業の「見える化」を実現－，機械化農業，3116:23-27。  
27 鹿内健志・南孝之・官森林・上野正実（2007）サトウキビ生産法人に集積された圃場  
28 の分散が生産性に及ぼす影響－地理情報システムを用いた分析－，農作業研究，  
29 42:29-36。  
30 田中恒大・平井康丸・鹿内健志・井上英二・岡安崇史・光岡宗司（2014）GPS 記  
31 録計を用いた精玄米収量計測法，九州大学大学院農学研究院学芸雑誌，69(1):1-7。  
32 上野正実・藤田憲治・前田建二郎（2006）GPS を用いたケーンハーベスタの挙動分  
33 析に関する研究，農業機械学会九州支部誌，55:9-13。  
34

35

1 英文表題

2 Recording Track Log of Sugar Cane Harvester and Analysis of Working Efficiency  
3 Utilizing Digital Tachograph System

4

5

6 英文著者名

7 Takeshi Shikanai\*<sup>1)</sup> and Senlin Guan<sup>2)</sup>

8

9

10 英文所属及び住所

11 1) Faculty of Agriculture, University of the Ryukyus, 1 Senbaru Nishihara,  
12 Okinawa 903-0213, Japan

13 2) Faculty of Medicine, University of Tsukuba, 1-1-1 Tennodai, Tsukuba, Ibaraki,  
14 305-8575, Japan

15

16 英文 Abstract

17 Because demand for labor is at its peak during the sugarcane harvesting  
18 season, mechanical harvesting of sugarcane is encouraged on the small islands  
19 located southwest of the main islands of Japan. Farmers in the area are  
20 encouraging efficient and stable farm management by promoting the incorporation  
21 of farming businesses, including accumulation of small farmlands and contracting  
22 mechanical harvesting for small farmers. For efficient machine operations on many  
23 farmlands, it is necessary to optimize the agricultural work plan. However,  
24 agricultural work should be planned effectively by recording the machine  
25 operations in every field and analyzing the data. In this study, a digital tachograph  
26 system, which is widely used in the transportation industry, was mounted on a  
27 small type of sugar cane harvester and used as an agricultural work recording  
28 device for analysis of the actual working data of the harvester. Based on the results  
29 of the analysis of the engine revolution data, it was possible to explain the actual  
30 working conditions of the harvester precisely. From the travel locus of a Global  
31 Positioning System device, it was possible to measure the area harvested with a  
32 degree of error of 8% or less. Images obtained with an event data recorder were  
33 analyzed to estimate the amount of the harvest. The working efficiency of this  
34 sugar cane harvester over the course of one day was found to be low, at  
35 approximately 0.4, compared with typical values of 0.6–0.85 for common  
36 agricultural machines, and the field working efficiency was as low as  
37 approximately 0.35. The reason for this is believed to be that the harvesting was  
38 carried out using a backstep sequence.

39

40

1 英文キーワード

2 farm work information, GPS, geographical information system (GIS), digital  
3 tachograph system, event data recorder, working efficiency

4

5

6 \*Corresponding Author

7 E-mail:tshikana@agr.u-ryukyu.ac.jp

8