

農業機械学会東北支部報

No. 58 DEC. 2011

平成23年12月

目次

研究報告

- ・ An Investigation into the Temperature Dependency of Rice Constituent Determination Using Near-Infrared Spectroscopy
 . . . Dhirendranath SINGH · Yuka NISHIYAMA · Motoyasu NATSUGA · Mitsuhiko KATAHIRA . . . 1
- ・ 近赤外分光法によるヤギ生乳成分の測定 鳥 友 岡 · 夏賀元康 · 片平光彦 · 吉田宣夫 . . . 5
- ・ 小型 GPS ロガによる大区画水田ほ場における稲わら収集作業の計測
 . . . 齋藤雅憲 · 進藤勇人 · 片平光彦 · 加藤良成 · 山谷正治 . . . 9
- ・ 八郎潟干拓地水田における稲わら収集作業による土壌踏圧の実態
 . . . 進藤勇人 · 中川進平 · 齋藤雅憲 · 片平光彦 · 加藤良成 · 山谷正治 . . . 13
- ・ An investigation into the optimization of rice straw collection system for bioethanol fuel production
 . . . Mitsuhiko KATAHIRA · Hayato SHINDO · Masanori SAITO · Ryosei KATO · Shoji YAMAYA ·
 Motoyasu NATSUGA . . . 17
- ・ 農業用水路水位の遠隔監視センサの開発と利用 小林由喜也 · 近藤 正 . . . 21
- ・ 飼料用トウモロコシの生育に伴うスペクトルデータの変化とその利用法
 . . . 中坪あゆみ · 田中勝千 · 杉浦俊弘 · 皆川秀夫 · 嶋田 浩 . . . 25
- ・ 消雪後の固結土壌条件下における水稻不耕起V溝直播 (第4報) 野沢智裕 . . . 29

トピックス

[東日本大震災への対応]

- ・ 東日本大震災に寄せて 一青森県一 田中勝千 . . . 33
- ・ 東日本大震災に寄せて 一岩手県一 武田純一 . . . 37
- ・ 東日本大震災に寄せて 一宮城県一 富樫千之 . . . 41

[シンポジウム・現地見学会報告] 45

[若手の会活動の報告] 48

[支部奨励賞を受賞して] 50

[西山喜雄元支部長を偲んで] 51

支部会記事

- 庶務報告及び会計報告 52
- 平成23年度研究発表会発表課題 60
- 東北支部役員及び次期評議員・役員選挙結果・次期役員体制 61
- 農業機械学会東北支部規約・表彰規定と内規・役員選挙規定・投稿規定 62

東北地域農業機械関係の研究担当者名簿 66

団体賛助会員名簿・個人会員名簿 72

An Investigation into the Temperature Dependency of Rice Constituent Determination Using Near-Infrared Spectroscopy

Dhirendranath SINGH* · Yuka NISHIYAMA** · Motoyasu NATSUGA* · Mitsuhiko KATAHIRA*

Rice constituents such as protein and moisture play an important role in determining its quality. In contrast to traditional methods, Near Infrared Spectroscopy (NIR) is a non destructive method of analysis that has proven to be a fast, efficient and reliable way of determining rice constituents. However, the NIR spectra have been known to be affected by temperature; a phenomenon known as ‘temperature dependency’. While this is documented in the literature for fruits, work on the temperature dependency of rice constituent determination has not been found. This study seeks to verify the presence of temperature dependency in rice constituent determination and explore simple methods for temperature compensation. The spectra of 125 brown rice samples were measured at combinations of sample and room temperatures at 10, 20 and 30°C. A calibration model developed with sample measured at room and sample temperature 20°C was used to predict samples at all temperature conditions. Temperature dependency were confirmed as prediction biases (-1.5 - 1.8), and temperature compensation was applied in the form of a global model which reduced the biases (-0.21- 0.18). It was found that by making calibrations from different combination of temperature condition it was possible to reduce the number of samples needed for a robust model, hence reduce labour and cost of calibration development.

[Keywords]Near infrared Spectroscopy, Calibration, Temperature dependency, Rice, Protein Content

1. Introduction

Rice is the most important staple food for a large part of the world's human population providing more than one fifth of the calories consumed worldwide by the human species. The constituent of any product is an important factor in determining its quality. The major chemical constituents of milled rice as reported by Kawamura et al. (2003) are moisture (15%), protein (7%) and starch (77%). Juliano (1985) in Delwiche et al. (1996), Ishima et al. (1974), Yanase et al. (1984) and Shibuya (1990) in Kawamura et al. (2003) reported on Protein's effect on rice texture. Because rice with high protein content is less sticky, in countries that prefer sticky rice determination of protein content is an important factor for both quality and economic reasons.

Near Infrared Spectroscopy (NIR) has proven to be a fast, efficient, reliable and cost effective way to determine rice constituents especially protein and moisture content. Delwiche et al. (1996) developed NIR calibration models for protein determination of whole-grain milled rice

samples, revealing acceptable results of protein content. While the benefits of NIR outweigh those of its chemical counterparts (e.g. Kjeldahl method for protein content analysis) for routine analysis, various factors can give rise to spectral variation resulting in errors in measurement. Temperature is one of the most prevalent factor that affect NIR spectra. Chauchard et al. (2004), Abe (2000), Kawano et al. (1995) reported on the influence of temperature on the NIR spectra and various compensation methods.

2. Methods

In this study the temperature dependency of rice constituent determination in Near-Infrared Spectroscopy for brown rice was investigated. Spectra were measured for 125 brown samples at different room and sample temperatures as shown in Table 1. AG-RD scanning spectrometer (Shizuoka Seiki, CO., Ltd., Japan) was used for spectral measurement. Its spectral range is 730 – 1100 nm with 0.5 nm interval. PLS calibrations were then developed using The Unscrambler 9.8(CAMO, Norway) and R. Temperature

*Faculty of Agriculture, Yamagata University. ** Sanshi Service Co., Ltd.

dependencies were measured as prediction biases of calibrations made. Bias is the mean difference between the measured and the predicted values given by the formula: $Bias = \bar{y} - \hat{y}$; where \bar{y} and \hat{y} corresponds to the mean measured and predicted values, respectively

Temperature compensation methods explored were the use of a global model as used by Kawano et al (1995), and temperature combinations as used by Piers et al (2003).

3. Results and Discussions

The temperature dependency was verified by using a calibration model developed with spectra recorded at room temperature 20°C (R20) and sample temperature 20°C (S20) to predict protein content for samples measured at temperature conditions shown in Table 1. In Fig.1 biases are visible in the predicted vs. measured scatter plots of the predictions made.

Sample	Room		
	10°C	20°C	30°C
10°C	R10 S10	R20 S10	R30 S10
20°C	R10 S20	R20 S20	R30 S20
30°C	R10 S30	R20 S30	R30 S30

Table 1 Temperature conditions

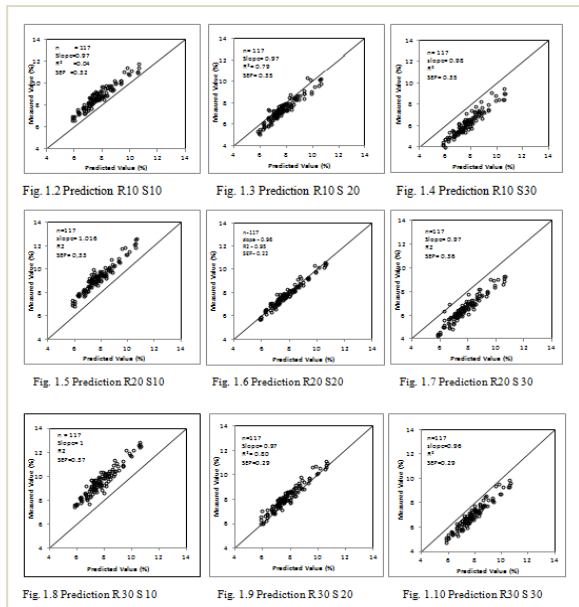


Fig.1 Predicted vs. Measured Scatter plots of Predictions

From the predictions displayed in Fig.1.1-1.9, it can be seen clearly that all conditions, with the exception of R20S20 – the temperature condition at which the calibration was made, displayed some amount of bias. These biases illustrate the effect of temperature on the spectra. It is shown that R10 S20 and R30S20 had the least amount of bias from the 45 degree line that represents a perfect fit i.e. bias = 0. This could be attributed to the sample temperature being the same as calibration set, which allowed for the calibration to predict these conditions to some extent. The small bias in these two cases can then be attributed to the effect of room temperature on the instrument i.e. spectral measurement since sample temperatures were constant. For R20S10 and R20S30 the room temperature was same as calibration set and sample temperature varied, the biases were larger in this case. Another noticeable trend is that for cases where sample temperature was 10°C the bias positive, while for cases where the sample temperature was 30°C the bias was negative, irrespective of what was the room temperature. The presence of these biases confirms the existence of temperature dependencies and suggests that sample temperatures have a greater influence than room temperature i.e. instrument temperature for measurements made by the AG-RD spectrometer.

Having established the existence of temperature dependency, a global calibration model was made and then biases for each temperature condition were calculated. Fig.2 shows the comparison between the predictions biases of R20S20 and the global calibration.

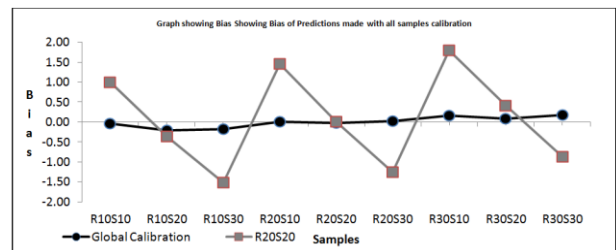


Fig.2 Prediction biases of R20S20vs.Global model

Since the biases within the global calibration were very low (-0.21 to 0.18) compared to (-1.5 to 1.8) of the R20S20 calibration, it was decided that enough variation existed in

the data set to adequately predict for the various temperature conditions. While the global model was able to effectively predict samples at all temperature conditions, it entails gathering and measuring a large amount of samples. This is often time consuming and requires labor and other resources that would increase the cost of the calibration process and the overall operational cost of the NIR instrument. As such an investigation was carried out to find the least amount of samples necessary to adequately predict all temperature conditions.

Sample Combinations

The objective of this approach was to determine whether a robust model could be achieved by using a less temperature conditions there by reducing time and cost for calibration process. To do this, different temperature conditions were combined and used as calibration data. The models developed were evaluated by using them to predict all temperature conditions. The combinations were made with temperature conditions as shown in Table 2.

Room			
Sample	10	20	30
10	R10 S10	R20 S10	R30 S10
20	R10 S20	R20 S20	R30 S20
30	R10 S30	R20 S30	R30 S30

Table 2. Combinations made with temperature conditions

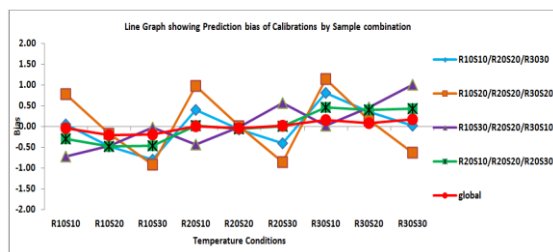


Fig.3 Prediction biases of Sample combination vs. Global

As is evident from Fig. 3, the prediction biases of calibrations made with simple combinations were still larger than those of the global calibration. The calibration with the lowest prediction biases was

R20S10/R20S20/R20S30 with bias range of -0.48 to 0.01. For this calibration room temperature was constant and sample temperatures varied, while the largest prediction biases(1.15 to 0.01) were observed for the calibration where sample temperature was kept constant at 20°C and room temperature varied (R10S20/R20S20/R30S20). This supports the suggestion made earlier that sample temperature may have a greater influence on NIR spectra than room temperature. Given that the biases of these simple combinations were more than those of the global calibration, they were deemed unacceptable. As such all possible combinations were explored to determine if different combinations of samples can adequately compensate for temperature effects in the form of prediction biases. In the initial calculations/data processing the Unscrambler 9.8 software was used, however due to time taken per calculation and the number of calculations to be done, in the interest of efficiency, the R software package was utilized to evaluate all sample combinations.

A function was written to develop a calibration model by Partial least squares regression which was then used to predict the nine temperature conditions and return R² and RMSEP values for the model and prediction biases for the predictions. The prediction biases were calculated for calibrations made with 501 different sample combinations, where 254 combinations contained R20S20. From the 254 calibrations containing R20S20, those with the lowest prediction biases were selected for each number of combination as shown in Fig.4.

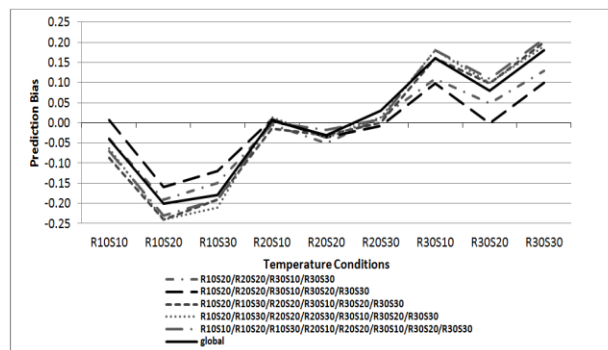


Fig. 4 Best results of All Combinations

Fig. 4 reveals that a calibration that uses samples from five temperature conditions (R10S20/R20S20/R30S10/R30S20/ R30S30) gave the lowest prediction biases (-0.15 to 0.1). The biases produced by this calibration were smaller than all combinations made and even those of the global calibration. The composition of the calibration set shows that in addition to R20S20, only one sample set where room temperature was 10°C was required (R10S20) along with all of the samples where room temperature was 30°C and sample temperature varied. The calibration made with five temperature conditions used only 55% of the samples used in the the Global calibration. From Fig. 4 it is shown that the calibration developed with four temperature condition also produced prediction biases lower than the global model (-0.19 to 0.13). The number of combinations used for calibration would depend on the accuracy of predictions required, since four temperature condition would reduce labour and cost but will give higher biases than five conditions which would need more labour and increase cost. Hence, the level of accuracy required will be determined by how much conditions used in the calibration process.

4. Conclusion

The results of this study show that temperature affects the determination of protein content determination by NIR for rice and temperature compensation is possible with the use of global calibrations. It is also indicated that it is possible to reduce the number of temperature conditions used in the calibration set which will reduce cost and time required to develop calibration.

Acknowledgements

The author gratefully acknowledge the financial support from Japan International Cooperation Agency (JICA), the contributions of Shizouka Seki Co.Ltd. for both sample collection and reference analysis and my colleagues in the Agricultural Systems Engineering Laboratory, Yamagata University.

References

1. Abe H, Iyo C, Kawano S. 2000. A study on the universality of a calibration with sample temperature compensation. *Journal of Near Infrared Spectroscopy* **8**:209.
2. Blanco M, Valdés D. 2006. Suppressing the temperature effect in near infrared spectroscopy by using orthogonal signal correction. *Journal of Near Infrared Spectroscopy* **14**:155.
3. Chauchard F, Roger J, Bellon-Maurel V. 2004. Correction of the temperature effect on near infrared calibration—application to soluble solid content prediction. *Journal of Near Infrared Spectroscopy* **12**:199.
4. Delwiche SR, Mckenzie KS, Webb BD. 1996. Quality Characteristics in Rice by Near-Infrared Reflectance Analysis of Whole-Grain Milled Samples. *Cereal Chem.* **73**(2):257-263 **73**:257-263.
5. Garcia H, Filzmoser P. 2011. Multivariate Statistical Analysis using the R package chemometrics:1-71
6. Kawamura S. 2003. Development of an automatic rice-quality inspection system. *Computers and Electronics in Agriculture* **40**:115-126.
7. Kawano S, Abe H, Iwamoto M. 1995. Development of a calibration equation with temperature compensation for determining the Brix value in intact peaches. *Journal of Near Infrared Spectroscopy* **3**:211.
8. Peirs a. 2003. Temperature compensation for near infrared reflectance measurement of apple fruit soluble solids contents. *Postharvest Biology and Technology* **30**:233-248.

近赤外分光法によるヤギ生乳成分の測定

烏 友図*・夏賀元康*・片平光彦*・吉田宣夫*

Constituent Determination of Goat Milk by Near-Infrared Spectroscopy

Yuuto Wu*・Motoyasu NATSUGA*・Mitsuhiko KATAHIRA*・Norio YOSHIDA*

Abstract

An investigation into the constituent determination of goat raw milk such as fat, protein, lactose, solids non fat (SNF) and total solids (TS) by near-infrared spectroscopy (NIRS) was carried out. The spectra of milk samples were measured in the transmission mode using glass cells of 2mm, 5mm and 10mm thickness over a wavelength region of 650-1100nm. Milk samples were also measured by Milko-scan 133B and obtained values were used as reference. Calibration models of milk constituents were developed and validated with full-cross validation method. The following results were obtained: determination coefficient (r^2) was 0.62 and standard error of cross validation (SEVC) was 0.39% for fat, $r^2=0.62$ and $SECV=0.22\%$ for protein, $r^2=0.11$ and $SECV=0.22$ for lactose, $r^2=0.35$ and $SECV=0.37\%$ for SNF, $r^2=0.64$ and $SECV=0.53\%$ for TS.

[Keywords] near-infrared spectroscopy, goat, raw milk

1. はじめに

ヤギの乳質は、いくつかの要素により変動することが知られており、特に種の特長、泌乳段階、遺伝、繁殖習性、飼育方法、搾乳方法や生理状態などに深く関係している (AGANGA AAら、2002)。搾乳中あるいは搾乳直後に、乳質を迅速かつ簡便に測定できればこれらの関係の解明がさらに進むことが期待できる。

近年、種々の分析機器が開発され、食品成分の分析に威力を発揮している。そのなかで、牛乳成分分析に用いられる代表的なものとして、①乳脂肪・乳タンパク質・乳糖が赤外域で示す固有の吸収を利用する赤外線牛乳分析計、②カゼインミセルの破壊後、ホモジナイザーにより脂肪球の大きさをそろえ、その濁度から脂肪率の測定をするもの、③色素法により蛋白質率を測定するもの、④TS測定用に、マイクロ波加熱と電子天秤とを組合わせた分析機器などがあげられる。①～③はAOAC (Association of Official Analytical Chemists) に公定法として採用されており、④も公定法に認定されるための作業が進んでいる。しかしこれらは、装置が高価であったり測定が煩雑であったり、測定項目が限られる、などの欠点を有する。

近赤外分光法は、農産物や食品を構成するO-H、C-H、N-Hなどの官能基の近赤外波長域における吸収スペクトルによりそれらの成分あるいは特性を推定する非破壊分析法の一種で、主として粉状の固体試料を対象にして開発されてきた。1978年には、カナダ穀物委員会 (CGC) および米国農務省穀物検査機関 (USDA/FGIS) に小麦タンパク質分析の公定法として採用され、その後、肉製品・青果物・シリアルフード・タバコ・羊毛などの水分・脂質・

タンパク質・炭水化物の分析に用いられるなど、分析対象・試料形態は多岐にわたっている (佐藤ら、1985)。

市販の近赤外分光分析計の検出器は、1100nm以下の波長ではシリコン (Si) ディテクタが、1100nm以上の波長では硫化鉛 (PbS) とヒ化ガリウムインジウム (InGaAs) ディテクタが一般的に使われている。PbS と InGaAs ディテクタは Si ディテクタに比較して高価であり、また、温度特性が大きいため、ペルチエ素子を使った電子冷却などによりディテクタを一定温度に冷却する必要があるため、分析計のコストを引き上げる要因となっている。Si ディテクタにはこれらの欠点がなく、低コストのため、測定波長範囲は Si ディテクタが使用できる 1100nm 以下であることが望ましい (夏賀ら、2002)。

そこで、本研究では、近赤外分光法を用いて、ヤギ生乳の主成分である乳脂肪、乳タンパク質、乳糖、無脂固形物 (SNF) と全固形物 (TS) の成分含量を、波長範囲 650-1100nm の透過モードで推定できないか、検討した。

2. 材料と方法

(1) 供試試料

本研究のヤギ生乳試料は、山形大学農学部附属やまがたフィールド科学センターの高坂農場で育成している経産の4頭のザーネン種雌ヤギから採取した。ヤギの繁殖期は、品種や飼育されている地域の緯度により違いが見られる。日本ザーネン種は、秋口に繁殖期を迎え、早春に子を産むような繁殖形態を持つと言われる。分娩前後から乳腺でミルクを生産し始め、泌乳期間は年間 200～300 日程度である。本研究のサンプリングは、2010 年 6 月 1 日から 7 月 30 日にかけて、1 日 1 回、特定の時間帯

*山形大学大学院農学研究科

に行なった。生乳試料は、ヤギ1頭から100ml程度採取し、試料を直ちに冷凍保存した。すべてのサンプリング終了後、冷凍試料を解凍し、半分を基準分析に、半分を近赤外スペクトル測定に供した。

(2) 基準分析

Milko-scan 133B (Foss Electric, Denmark)を用いて試料の乳脂肪、乳タンパク質、乳糖、無脂固形物(SNF)と全固形物(TS)の含量を測定し、基準値とした。本装置は、前述①に基づく分析装置で、AOACで公定法に採用されている(夏賀ら、2002)。測定は冷蔵庫中で解凍し、40℃のウォーターバスで約5min加温した試料で行った。

(3) スペクトル測定

本研究では、光源にKBEX-151A(150W:Soma Optics Co. Ltd)を、分光器にSD1024DW(Ocean Optics Inc.)を、入力・出力用光ファイバーにφ600μm VIS/NIR(Ocean Optics Inc.)を用い、ソフトウェアOOIbase32(Ocean Optics Inc.)によりスペクトルの収集を行った。光路長2mm、5mm、10mmの3種類のガラスセルを用い、標準板にテフロン板を使用して透過スペクトルを測定した。

測定条件は、積分時間と繰り返し回数を、2mmでは積分時間5s×繰り返し回数10、5mmでは25s×10、10mmでは50s×10として、それぞれ測定し、平均スペクトルを記録した。

(4) キャリブレーションの作成と検証

短波長域(650-1100nm)では、目的成分による吸収は第2倍音によるもので微弱であり重なり合っているため、吸収ピークの同定は困難である。そこで、数個の吸収ピークを用いる線形重回帰(MLR)分析法ではなく、全波長域を用いても多重共線性の恐れが少ないとされるPLS(Partial Least Squares)回帰分析をキャリブレーションの作成に採用した(夏賀ら、2002)。統計解析ソフトウェア

にはThe Unscrambler v9.8(CAMO, Norway)を使用し、full-cross validation法によりキャリブレーションの作成と検証を行った。図1、2に光路長5mmと10mmのヤギ生乳試料のスペクトルを示した。スペクトルを詳細に検討し、ノイズの影響が少ないと考えられる750-1000nmでのみキャリブレーションの精度を検討した。

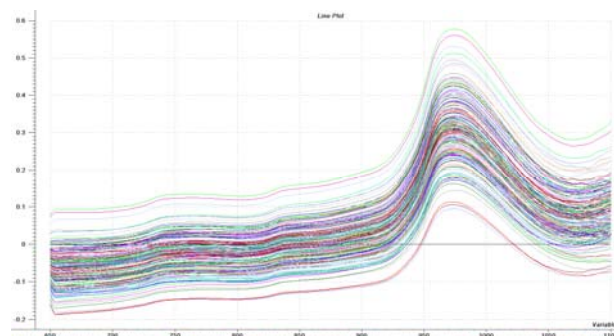


図1 光路長5mmの近赤外スペクトル(650-1100nm)

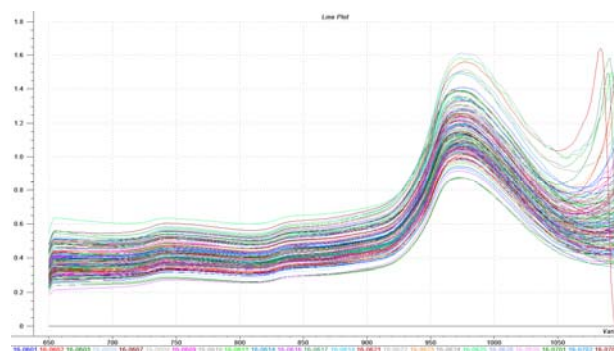


図2 光路長10mmの近赤外スペクトル(650-1100nm)

表1 キャリブレーション一覧

成分	成分範囲(%)	光路長(mm)	波長範囲(nm)	n	nF	r ²	SECV(%)	Bias(%)
乳脂肪	0.53~4.49	2	750-1000	151	3	0.46	0.46	0.00
		5	750-1000	161	6	0.62	0.39	0.00
		10	750-1000	162	6	0.61	0.40	-0.01
乳タンパク質	1.12~3.27	2	750-1000	151	1	0.26	0.30	0.00
		5	750-1000	162	6	0.62	0.22	0.00
		10	750-1000	162	2	0.41	0.27	0.00
乳糖	3.42~4.91	2	750-1000	151	6	0.11	0.22	-0.01
		5	750-1000	162	4	0.10	0.22	0.00
		10	750-1000	162	3	0.09	0.22	0.00
SNF	5.99~8.63	2	750-1000	151	1	0.11	0.44	0.00
		5	750-1000	162	5	0.35	0.37	0.00
		10	750-1000	162	2	0.24	0.40	0.00
TS	6.53~12.03	2	750-1000	151	3	0.45	0.66	0.00
		5	750-1000	162	5	0.64	0.53	0.00
		10	750-1000	162	4	0.59	0.57	0.00

* n: 試料数(アウトライヤを除外した数), nF: 回帰分析のファクタ数, r²: 決定係数, SECV: 近赤外分光法による予測値の標準誤差, Bias: 基準法による測定値の平均と近赤外分光法による予測値の平均との差

3. 結果と考察

表1にキャリブレーションの結果を示した。

(1) 乳脂肪

乳脂肪の測定精度は、光路長2mmにおいて、決定係数(r^2)が0.46、測定値の標準誤差 (SECV : Standard Error of Cross Validation)が0.46%であった。光路長5mmにおいては、 r^2 が0.62、SECVが0.39と2mmより精度が向上した。これは、光路長の長くなることで生乳試料からの情報量が多くなったことに起因すると考えられる。しかし、光路長10mmでは、5mmとほぼ同程度の精度であった。これは、光量不足に起因する可能性がある。10mmでは、積分時間を5mmの2倍の50sとしたが、生乳のような懸濁溶液では、光の散乱が大きいため、試料を透過する光強度が小さく、したがってS/N比(信号対ノイズ比)が低下して測定精度が落ちたことが考えられるからである。よって、積分時間を長くすれば、測定精度が上がる可能性が残されている。図3に乳脂肪の光路長5mmにおけるキャリブレーションの散布図を示した。

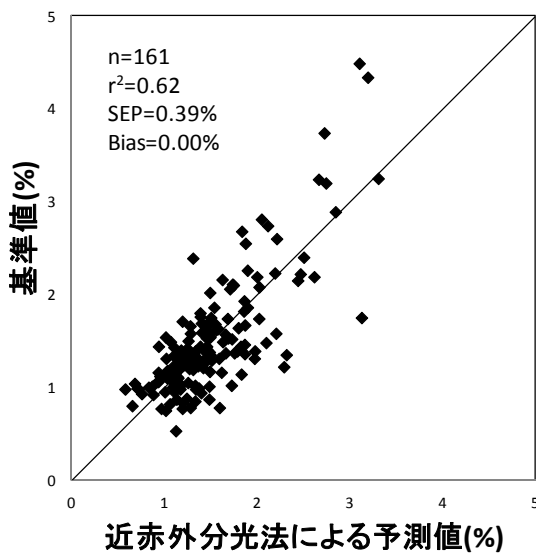


図3 乳脂肪キャリブレーションの散布図
(光路長5mm、波長範囲750-1000nm)

(2) 乳タンパク質

乳タンパク質の測定精度は、光路長2mmにおいて、 r^2 が0.26、SECVが0.30%であった。5mmにおいては、 r^2 が0.62、SECVが0.22%と、乳脂肪と同様に3種類の光路長では最良の精度を示した。図4に其のキャリブレーションの散布図を示した。

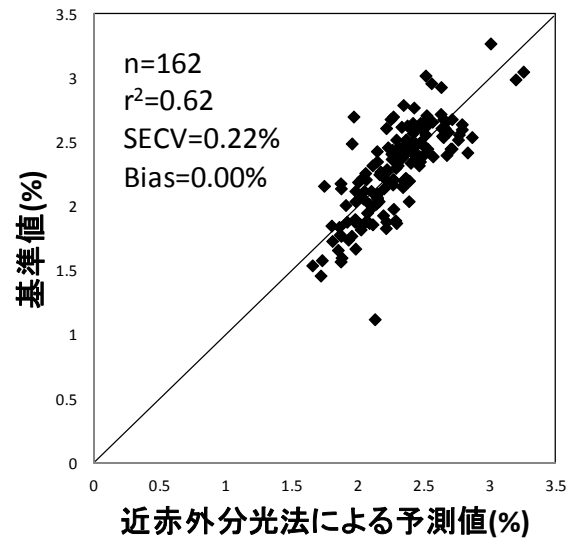


図4 乳タンパク質キャリブレーションの散布図
(光路長5mm、波長範囲750-1000nm)

(3) 乳糖

乳糖の測定精度は、光路長2mm、5mm、10mmにおいて、 r^2 がそれぞれ0.11、0.10、0.09であり、SECVは全て0.22で、精度が極めて低く、近赤外分光法で測定できなかったことを意味する。これは、本研究に用いた生乳試料の乳糖の成分範囲が3.42-4.91%であり、乳脂肪と乳タンパク質と比較して狭いことが関係している可能性がある。成分範囲を広げれば測定精度が向上する可能性はあるが、乳糖の成分含量は比較的狭い範囲内で変動することが1年にわたって行なった固体乳成分の分析結果からも示されており(佐藤ら、1985)、精度の改良は難しいことが予想される。図5に光路長5mmにおけるキャリブレーションの散布図を示した。

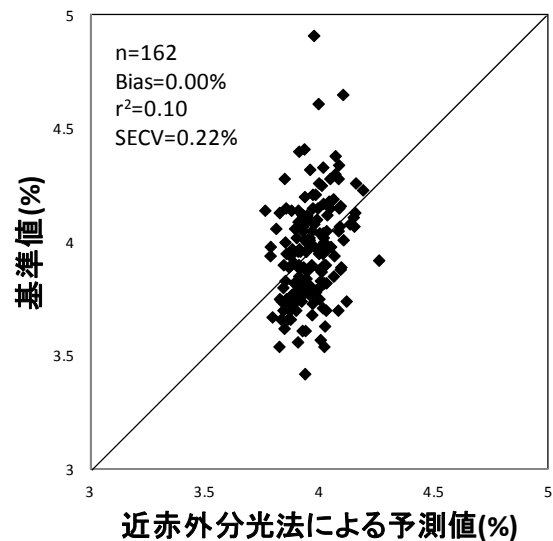


図5 乳糖キャリブレーションの散布図
(光路長5mm、波長範囲750-1000nm)

(4) SNF と TS

生乳は、水分とそれ以外のもの、すなわち全固形物 (TS : Total Solids) との2つのカテゴリーに大きく分類される。また、全固形物(TS)は、さらに乳脂質と無脂固形物(SNF : Solids Non Fat)とに分けられる。無脂固形物(SNF)には、乳タンパク質、乳糖、ミネラル、ビタミンなどが含まれている。SNF には乳糖の占める割合が大きく、したがって、乳糖の測定精度が低いことが反映されて測定精度が低かった。TS は乳糖の割合が相対的に小さいので測定精度はそれほど低くならなかった。図6と図7にSNFとTSの光路長5mmにおけるキャリブレーションの散布図をそれぞれ示した。

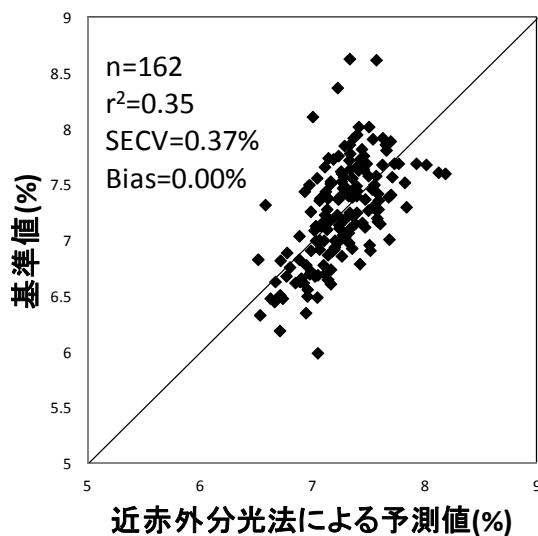


図6 SNF キャリブレーションの散布図
(光路長5mm、波長範囲750-1000nm)

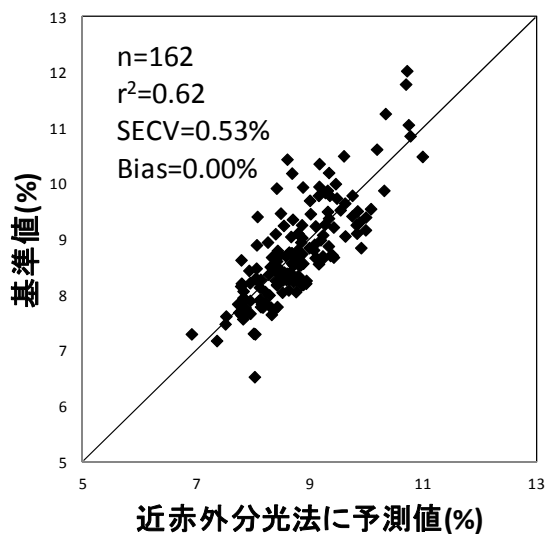


図7 TS キャリブレーションの散布図
(光路長5mm、波長範囲750-1000nm)

4. 結論

本研究では、近赤外透過分光法 (波長範囲750-1100nm) によりヤギ生乳成分の測定精度を検討した。その結果、

- (1) 乳脂肪、乳タンパク質は精度よく測定できたが、その他の成分では測定できなかった。
- (2) 光路長を長くすると測定精度が向上するが、そのためには透過光量を確保する必要があると考えられる。
- (3) 今後さらに、試料数を増やすことおよび測定手法を改善することによって、測定精度の向上が求められるか検討を加えていく予定である。

謝辞

山形大学農学部附属やまがたフィールド科学センター高坂農場には、生乳試料のご提供をいただいた。また、山形県農業総合研究センター畜産試験場には、Milko-scan のご提供をいただき、生乳試料の分析にご指導およびご協力をいただいた。さらに、生産機械システム研究室の学生には生乳の採取と分析にご協力をいただいた。ここに記して謝意を表する。

参考文献

- 1) AGANGA AA, AMARTEFIO JO, NKILE N : Effect of storage of lactation on nutrient composition of Tswana sheep and goat's milk. J Food Compos Anal 15, 533-543, 2002
- 2) 岩元睦夫・河野澄夫・魚住純 : 近赤外分光法入門、幸書房、25、1994
- 3) 佐藤哲生・岩元睦夫・橋詰和崇・吉野正純・古川左近・染谷幸雄・矢野信禮 : 近赤外分光分析法による生乳成分の測定、日畜会報、56 (11)、878-882、1985
- 4) 佐藤哲生・吉野正純・古川左近・染谷幸雄・橋詰和宗・矢野信禮 : 日畜会報、56、215-220、1985
- 5) 夏賀元康・川村周三・伊藤和彦 : 近赤外分光法における測定波長範囲と光路長が生乳成分の測定精度に与える影響、農業機械学会誌、64 (5)、83-88、2002

小型 GPS ロガによる大区画水田ほ場における稲わら収集作業の計測

齋藤雅憲*・進藤勇人*・片平光彦**・加藤良成***・山谷正治***

Measurement of Rice Straw Collection System Using Small GPS Logger on Large Scale Paddy Field

Masanori SAITO*・Hayato SHINDO*・Mitsuhiko KATAHIRA・Ryosei KATO・Shoji YAMAYA

Abstract

The objective of this research work evaluate measurement of operating speed and operating path using small GPS logger. Small GPS logger installed in each work machinery with road driving test and rice field test. The result showed that it was able to estimate operating speed from measuring of the conventional method. And capture characteristics of the rice straw collection system in field test. It is necessary to optimize the work process of collection system to use any knowledge gained from working with measurement of small GPS logger.

[Keywords] small GPS logger, large scale paddy field, rice straw, collection system

1. はじめに

現在、秋田県では稲わらを原料とするバイオ燃料製造技術の実証に取り組んでおり、大区画水田において稲わらの効率的な収集運搬の実証試験を行っている。バイオ燃料をより低コストで製造するには、原料となる稲わらの効率的な収集運搬が重要である。収集運搬の作業行程を効率化・最適化するには、作業能率、作業精度を支配する主要な要因である作業速度や作業経路などを正確に把握する必要がある。従来、作業速度計測は、一定距離間の作業に要する走行時間をストップウォッチで数回測定して、速度を算出し、その平均値を使用している¹⁾。しかしながら、この方法では、多数のほ場の作業速度を計測するのに手間がかかる問題がある。加えて、大区画ほ場では、従来法が一定距離間の計測であるため、実作業の直進区間全体の速度と大きく異なる可能性がある。また、従来の手計測による作業経路計測では、点化する多数の大規模水田で複数の作業機が同時に稼動する作業経路を時系列で記録し、作業後に検討を行うことは困難である。

一方、近年、農作業の見える化を目的として、ほ場内作業状況や、ほ場間移動の作業能率解析に小型 GPS ロガを用いる事例が増えている²⁾³⁾。また、GPS で計測される速度精度と位置精度は、実験的には検証されているが、ほ場における実際の作業速度と作業経路との比較例は少ない⁴⁾⁵⁾。

そこで本研究では、効率的な稲わら収集運搬を実現するための作業速度、作業経路などの正確な把握を目的とした。その調査方法として、低価格な市販の小型 GPS ロガを用いて、路上走行試験と稲わら収集のほ場作業試験において、速度、経路、ウィンドロー数、バール数、バール分布を計測して、従来法との比較・検討を行った。

2. 試験方法

(1) 路上走行試験

1) 試験場所 秋田県農林水産技術センター農業試験場内アスファルト路上

2) 供試機械・計測機器等 乗用管理機(I 社, JK14), ストップウォッチ, 小型 GPS ロガ a 機(W 社, WBT-202, サンプリング 1Hz, 位置精度 2.5m CEP(単独測位), 2.0m CEP(SBAS)), ホイールメジャー(my 社, MG20S), GPS ロガ b 機(検証用)(T 社, Pro XR, DGPS ビーコン)

3) 調査項目

① 走行速度

ストップウォッチで走行時間の測定を行い、速度を算出し、GPS ログデータの速度と比較した。10m 区間においてストップウォッチで計測した速度を SW 区、ストップウォッチの 10m 区間に対応する区間の GPS ログデータの速度の平均値から算出した速度を a 機速度 1 区、GPS 測定の開始と終了の 2 点間の距離から算出した速度を a 機速度 2 区とした。

② 走行経路・距離

走行経路は、ログデータを直交座標に変換し解析した。推定走行距離は、ホイールメジャーによる計測と、ログデータの速度の積算値を a 機距離 1 区、ログデータの座標間の距離の積算値を a 機距離 2 区とした。供試機の走行速度は、0.7, 1.5m/s の 2 段階とした。

(2) ほ場作業試験

1) 試験場所 秋田県大潟村 秋田県農業公社ほ場 0.55ha 区画(長辺×短辺=150m×36m)×3 筆(ほ場 A, B, C: 5460, 5428, 5460 m²), 1.25ha 区画(長辺×短辺=150m×76m)×1 筆(ほ場 D: 11866 m²)

2) 供試機械・計測機器等 集草作業:トラクタ(NH 社, T4030SMC-4)+レーキ(J 社, R3350S 型), 梱包作業:自走

*秋田県農林水産技術センター 農業試験場, **山形大学, ***秋田県農業公社

集草(レーキ)

梱包(ロールベアラ)

運搬(グラブ)



図1 作業体系の概略

式ロールベアラ(S社, JRB3010型), 運搬作業:トラクタ(NH社, T4030SMC-4)+ベールグラブ(M社, BG II-T070型), ストップウォッチ, 小型GPSログ a機(W社, WBT-202, サンプルング 1Hz)

3) 調査項目

① 作業速度

20m区間においてストップウォッチで, 走行時間を計測し算出した速度をSW区, GPSログデータからSW区の20m区間に対応した2点間の距離と走行時間から算出した速度を測定区間区, 直進作業区間に対応した2点間の距離と走行時間から算出した速度を直進区間区として, 集草・梱包作業速度についてそれぞれ比較した。

② 作業経路・作業距離

作業経路は, ログデータを直角座標に変換し解析した。ウィンドロー数は, 集草・梱包作業経路から推定した。また, ベール位置, ベール分布は, 梱包作業と運搬作業に用いた機械の停止位置から推定した。推定走行距離は, 1秒毎の座標間の距離の積算値とした。

3. 結果及び考察

(1) 路上走行試験

路上走行試験時のGPSログのログデータを直角座標に変換し, 走行経路を図1に示した。a機の走行経路は, b機に比べ, 位置精度が低いために, 滑らかではないことが明らかになった。しかし, 直進・旋回を区別して, 供試機がどのように動いたかを検討するには十分であると判断した(図1)。

次に, SW区とa機の走行速度の計測結果の比較を図2に示した。SW区とa機速度1区, a機速度2区は直線関係があることが明らかとなり, その傾きからa機速度1区とa機速度2区は, SW区に比べ, それぞれ10%, 4%速かった。これは, a機の位置計測精度が低いことから, サンプルング間隔(1s)毎の速度計測誤差の累積と, 位置計測誤差の累積が影響しているものと考えられた。速度1区に比べ速度2区の精度が高いのは, 速度の算出に2点間の距離を用いているので, 計測誤差の累積が少ない

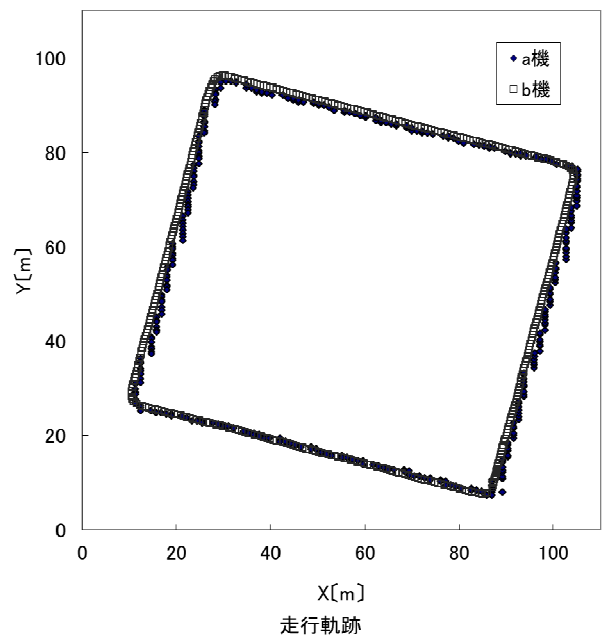


図1 路上走行試験の走行経路

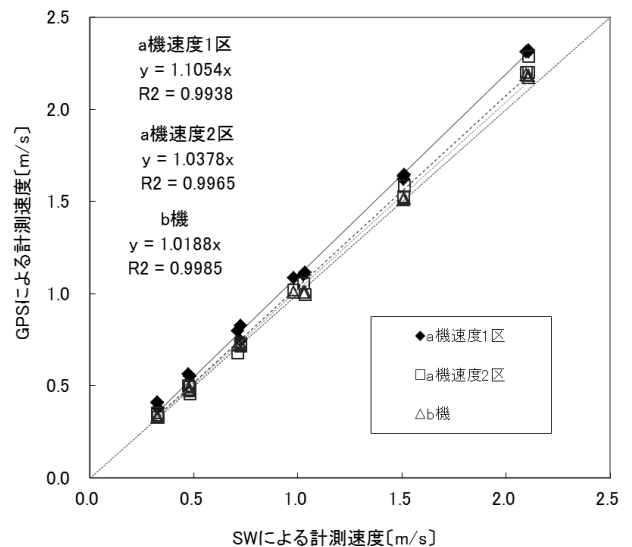


図2 路上走行試験の速度計測結果

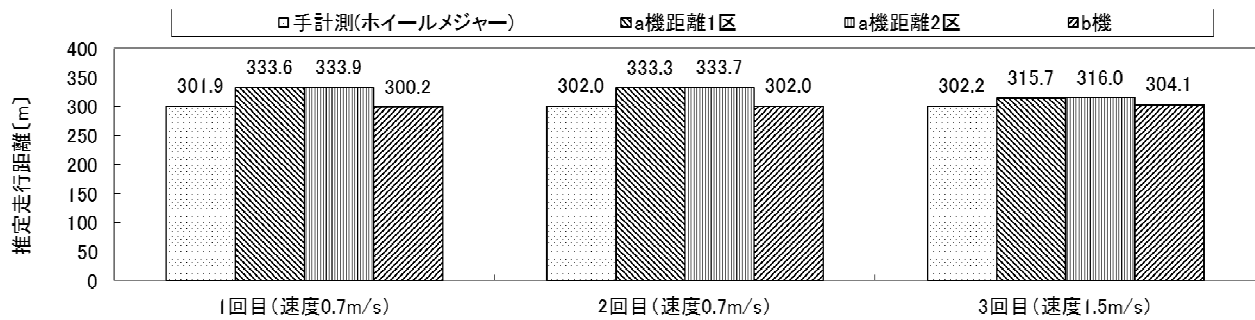


図3 路上走行試験の推定走行距離

ためと推察された(図2)。

さらに、路上走行試験時の推定走行距離を図3に示した。a機距離1区とa機距離2区の推定走行距離は、供試機の速度が0.7m/sでは、333.3~333.6m、333.7~333.9mとなり、ホイールメジャーによる距離と比較して、平均11%長くなった。一方、供試機の速度が1.5m/sでは、ホイールメジャーによる距離と比較して、平均4%長くなった。これは、走行速度が速い場合には計測点数が少なくなり、計測誤差の累積が減少するためと推察された(図3)。

路上走行試験の結果から、小型GPSログを用いて、走行速度、走行経路、走行距離を計測・算出できることが明らかになった。

(2) ほ場作業試験

ほ場A作業時の集草作業・梱包作業・運搬作業の作業経路を図4, 5, 6に示し(ほ場B, C, Dの作業経路は省略した)、各作業の推定走行距離とウィンドロー数、梱包数を表1に示した。作業経路データから、ウィンドロー数、梱包数は、ほ場A~Cでそれぞれ4~7列、11~12個であった。また、ほ場A~Cでの推定作業距離は、集草作業で2,294~2,888m、梱包作業で801~1,439m、運搬作業で2,343m~2,381mであった。集草作業と梱包作業ではウィンドロー数が増えると作業距離が伸び、ペールをほ場外に運ぶ運搬作業では、梱包数が増えると作業距離が伸びる傾向があった(表1)。

集草作業時の経路から直進行程が12回であることが示され、梱包作業はウィンドロー数が4列であることが示された。両作業経路から、直進行程3回でウィンドローが1列作成されていることが明らかとなった。また、ほ場の短辺が36mであることから、集草作業の有効作業幅が、3.0mであると推察できた(図4, 5)。

ペールの個数が梱包作業時と運搬作業時の経路から11個であることと、ペール位置、分布状況が確認可能であった。梱包作業時と運搬作業時において、ペール推定位置が異なるのは、a機のロールペーラへの取り付け位置が、ロールペーラ本機中央からオフセットしていることと、運転席と排出部がオフセットしているためである(図5, 6)。

ペール運搬作業は、大きく旋回してペールを運搬して

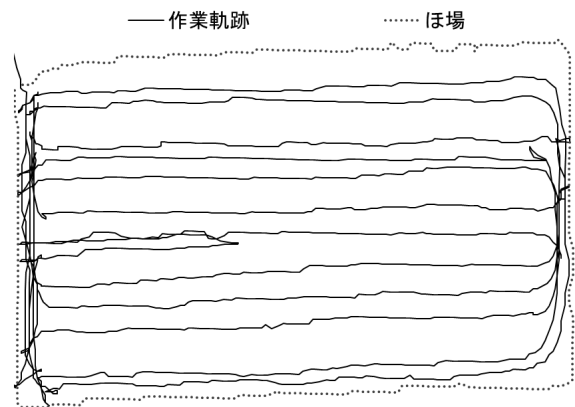


図4 集草作業の作業経路(ほ場A)

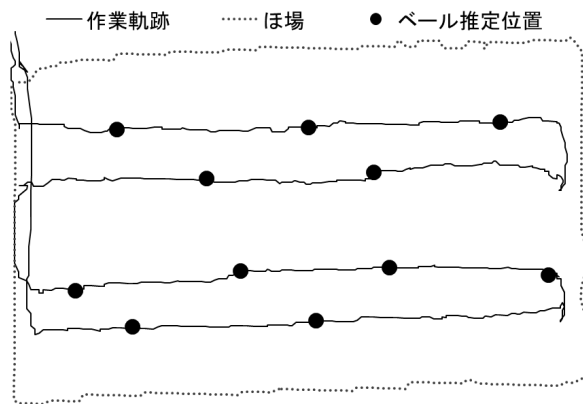


図5 梱包作業の作業経路(ほ場A)

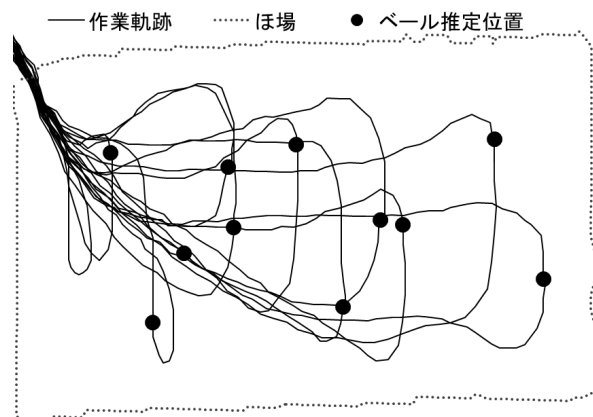


図6 運搬作業の作業経路(ほ場A)

表1 ほ場作業時の推定走行距離と集草列・梱包数

	集草(m)	梱包(m)	運搬(m)	ウィンドロー数	梱包数
ほ場 A	2283	801	2343	4	11
ほ場 B	2294	1094	2688	6	12
ほ場 C	2888	1439	2381	7	11
ほ場 D	5946	2810	4814	17	27

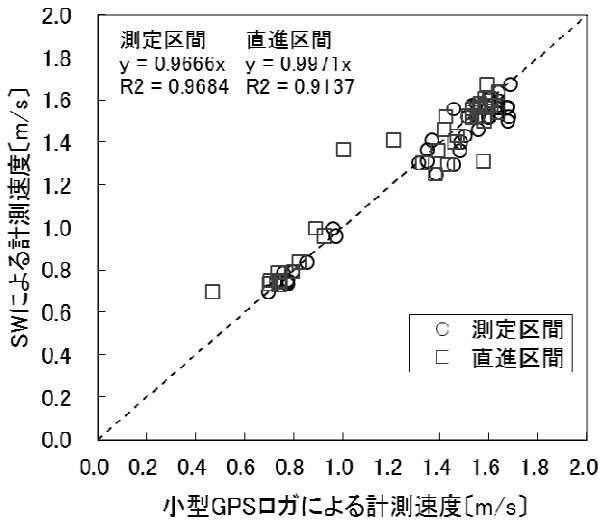


図7 ほ場作業時の速度計測結果

いることが示された。これは、運搬作業が他作業と比較して、作業経路が定まっておらず、直進・旋回を繰り返さない作業であるためと推察される。さらに、運転者が、ほ場を傷めないでかつべール運搬が容易な任意の経路を選択している可能性も考えられた(図6)。

次に、集草・梱包作業時の20m区間のSW区、同区間のa機測定区間区と、直進区間区との速度の関係を図7に示した。a機測定区間区、直進区間区とSW区の間には、それぞれ、 $y=0.9666x, R^2=0.9684$ 、 $y=0.9971, R^2=0.9971$ の直線回帰の関係があった。また、直進区間区が測定区間区に比べ遅い場合があった。これは、直進区間において負荷変動、あるいは運転者による調整で、速度が一時的に変動した可能性が考えられた。これらのことから、本試験で小型GPSログを用いて計測・算出することにより、従来法と同等のほ場作業速度を得られると考えられた。(図7)。

ほ場走行試験の結果から、小型GPSログを用いて、作業速度、作業経路、作業距離を計測・算出できることが明らかになった。また、各作業の特徴を捉えることが可能であった。さらに、作業機ごとの作業経路を比較することで、有効作業幅などを推定できる可能性が示された。

4. 摘要

本研究では、小型GPSログを用いて、路上走行試験とほ場作業試験において、作業速度、作業経路などの計測を行った。走行速度・作業速度は、小型GPSログの速度から、ストップウォッチによる従来法の作業速度を推定できた。作業経路は、集草作業、梱包作業、運搬作業の特徴を視覚的に捉える事が可能であった。推定走行距離、推定作業距離は、速度が速い場合には、計測点数の影響で計測誤差が減少する傾向が示された。

今後の課題として、小型GPSログによる作業計測から得られた知見を基に、一連の収集運搬の作業行程を最適化する必要があると考えられた。

謝辞

本研究は、農林水産省「ソフトセルロース利活用技術確立事業」の助成を受けて実施しました。また、小型GPSログのデータ整理法について、九州沖縄農業研究センターの大嶺政朗氏に多大な協力をいただきました。関係各位に御礼申し上げます。

参考文献

- 1) 農業技術協会, 農作業試験法, 1315, 1987
- 2) 大嶺 政朗, 杉本光穂: 小型GPSログによる小区画分散圃場における圃場間移動と作業能率の関係, 農作業研究, 45-別, 101-102, 2010
- 3) Mitsuhiro Katahira, Hayato Shindo, Masanori Saito, Shinpei Nakagawa, Ryosei Kato, Shoji Yamaya, Motoyasu Natsuga: An investigation into the optimization of rice straw collection system for bioethanol fuel production from reclaimed heavy clay paddy-rice fields in Hachirogata, An ASABE Meeting Presentation Paper Number 11, 2011
- 4) T.Chosa, M.Omine, K.Itani: Dynamic performance of global positioning system velocity sensor for extremely accurate positioning, BIOSYSTEMS ENGINEERING, 97, 3-9, 2007
- 5) 帖佐 直, 大嶺政朗, 細川 寿, 柴田洋一, 小林 恭: 研究成果情報, RTK-GPSを用いた農用車両の滑り率連続計測手法, 2003

八郎潟干拓地水田における稲わら収集作業による土壌踏圧の実態

進藤勇人*・中川進平*・齋藤雅憲*・片平光彦**・加藤良成***・山谷正治***

Soil Compression with Rice Straw Collection Work on Reclaimed Heavy Clay Paddy-rice Fields in Hachirogata

Hayato SHINDO*・Shinpei NAKAGAWA*・Masanori SAITO*・Mitsuhiko KATAHIRA**・Ryosei KATO***・Shoji YAMAYA***

[キーワード] 土壌踏圧、稲わら収集、八郎潟干拓地、走行回数、矩形板沈下量、土壌水分

1. 緒言

八郎潟干拓地では1筆1.25haを基本とした大区画ほ場で大型農業機械による効率的な水田作が行われている。水稲の稲わらは有用な有機資源であるが、地力増進のためのほ場還元が主体で、畜産や園芸品目へ積極的に活用されていない現状である。米生産の副産物である稲わらを積極的に活用するために、稲わらを原料とするエタノール製造の取り組みを始めており、大区画水田における稲わらの効率的収集運搬作業体系を構築する必要がある。八郎潟干拓地の多くはスメクタイト主体とした粘土含量50%を超える排水不良の重粘土水田で¹⁾、作物の生産性が高い一方で地耐力が低く²⁾、補助暗きよなどの排水対策が進んだ現在でも大型作業機の走行や作業が困難になる場合がみうけられる。特に稲わら収集運搬作業は水稲収穫後の水田で行うため、作業機による踏圧によりほ場の均平や硬度が悪化し、翌年の水田作に影響することが懸念される。

さて、大型機械の水田基盤への適応性については走行性、作業性、地耐力などの詳細や水田基盤の改善対策が報告されている³⁾。また、土壌の条件、水分、コンシステンシー指数や矩形板などを指標とした沈下量とトラクタの牽引力や滑り率、沈下量などについても詳細に検討され、報告されている^{4)、5)}。八郎潟干拓地では作業性改善に有効な技術である低接地圧作業機の導入や排水対策などを生産者が積極的に実施している。さらに近年では、諫早干拓地で耕うん後土壌におけるトラクタによる踏圧現象について解析されており⁶⁾、農作業機による踏圧は現在でも農業機械の大型化を背景にして、営農レベル重要な問題となっていると考えられる。しかし、これらの多くは作物の作付け前や作付け中の報告であり、収穫後のほ場で調査された報告はほとんどない。

そこで本報では、八郎潟干拓地水田におけるコンバイン収穫時に排出された稲わらの収集運搬作業によるほ場

踏圧の実態について調査、検討したので報告する。

2. 試験方法

(1) 試験場所・土壌条件

秋田県農業公社ほ場（長辺150m×短辺75.5m、10mピッチで8本の本暗きよが施工されている）・細粒質斑鉄型グライ低地土、強粘質

(2) 作業体系と供試機械

1) 作業体系：稲わら収集作業前後の踏圧深度を調査したほ場の作業体系は、反転（2010年10月18日）→反転（以降の作業はすべて10月19日）→集草→梱包→ほ場外運搬である。

2) 供試機械：①反転：トラクタ（ニューホランド、T4030SMC-4、出力56kW、低圧ツインタイヤ：前輪650/45-22.5、後輪750/50-30.5）+ジャイロヘイメーカ（スター農機 MGH3100 型、R3350S 型）、②集草：トラクタ（ニューホランド、T4030SMC-4、出力56kW、低圧ツインタイヤ：前輪650/45-22.5、後輪750/50-30.5）+レーキ（JF-STOLL、R3350S 型）、③梱包：自走式ロールベアラ（スター農機、JRB3010 型）、④ほ場外運搬：トラクタ（ニューホランド、T4030SMC-4、出力56kW、低圧ツインタイヤ：前輪650/45-22.5、後輪750/50-30.5）+バールグラブ（丸久製作所、BG II-T070 型）

(3) 調査項目

1) 作業機の最大踏圧深度：集草、梱包、ほ場外運搬（ベール把持時）に用いた各作業機の最大踏圧深度と矩形板沈下量（20×100mm、垂直荷重30kgf）を調査した。調査はそれぞれの作業機について、水稲収穫時のコンバインや稲わら収集作業に用いた作業機により踏圧されていない6地点で行った。

2) ほ場進入路付近の踏圧深度：ほ場進入路（3×3m）で、作業前の矩形板沈下量、深さ0～5cmの土壌含水比（105℃、24時間）、レーザ測量機（Spectra-Physics

*：秋田県農林水産技術センター農業試験場 秋田県秋田市雄和相川字源八沢 34-1

**：山形大学農学部 山形県鶴岡市若葉町 1-23

***：秋田県農業公社 秋田市土崎港北 2-17-70

Laserplane 社、Laser Eye) 収集作業前後の田面高さをサイコロの目状に9地点で計測した。

3) 作業機の作業軌跡: 小型 GPS ロガ (Wintec 社、WBT202型) を各作業機のキャビン上部に設置し、1Hz で座標データを測位した。

4) 稲わら収集作業前後の踏圧深度: 作業前後に農道側(図3のy軸側短辺)から30m地点(図3図中の実線部)で短辺と平行にレーザ測量機を用いて、田面高さを測定した。調査は条間を30~90cm間隔(平均38cm)で117地点行い、作業前後の田面の高さから作業前後の踏圧深度を算出した。あわせて、各調査地点の矩形板沈下量、深さ0~5cmの土壌含水比を調査した。

5) 踏圧回数: 目視とGPSロガにより得られた作業軌跡から踏圧回数を調査した。

3. 結果及び考察

(1) 作業機の最大踏圧深度

トラクタ+レーキ、ロールベアラ、トラクタ+ベールグラブの最大踏圧深度は、矩形板地下量と正の相関が認められた。トラクタ+レーキ、ロールベアラ、トラクタ+ベールグラブの平均踏圧深度はそれぞれ、14.8mm(矩形板沈下量平均6.6mm)、18.7mm(矩形板沈下量平均11.1mm)、20.4mm(矩形板沈下量平均10.4mm)であった。トラクタ+ベールグラブは250~300kgのベールを把持しているため、本機の重量増加と前部への重心の移動に

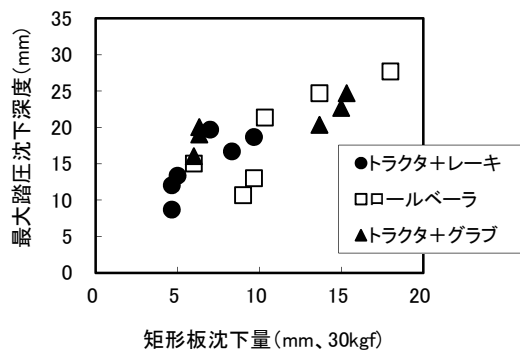
より、最大踏圧深度がトラクタ+レーキより大きくなったと考えられた。また、ロールベアラは走行部がクローラ型であるため、最大踏圧深度が大きくなりにくいと考えられた(図1)。

(2) ほ場進入路付の近の踏圧の実態

稲わら収集作業前の矩形板沈下量や土壌含水比が大きく異なるほ場A、Bの作業後の踏圧の状況を図2に示した。土壌含水比が0.574、矩形板沈下量が7.4mmのほ場Aは、30回作業機より踏圧されたものの沈下が小さかった。一方土壌含水比が1.378と高いほ場Bは、矩形板沈下量が47.8mmと大きく、作業後では平均で82.0mm沈下し、トラクタ車輪の大きな轍を残す結果となった。降雨により滞水するため、翌年の耕うん作業に支障があると推察された(図2)。

(3) 作業機の作業軌跡

反転(2回)、集草、梱包、ほ場外運搬作業の作業軌跡を図3に示した。2回の反転作業ではコンバインから排出された稲わらの乾燥を促進するため、往復作業ではほ場全面をほぼ均一に走行した。集草作業は1往復の作業で1列のウィンドローを作成したため、1往復の作業が近接した縞状の軌跡を示した。集草作業により17列のウィンドローが作成されたため、ロールベアラも17工程の走行であった。ほ場外へのベールの運搬作業は、ベールの効率的な把持と運搬やトラクタ走行による轍の形成を少なくするため、大きく弧を描く作業軌跡となった。ま



作業機	矩形板沈下量と踏圧深度の相関係数(r)	平均矩形板沈下量(mm)	平均踏圧沈下深(mm)
レーキ	0.8144*	6.6	14.8
ロールベアラ	0.8339*	11.1	18.7
グラブ	0.8303*	10.4	20.4

注1) * は、5%水準で有意であることを示す。

図1 各作業機の矩形板沈下量と踏圧深度の関係

ほ場A

土壌含水比0.574、踏圧回数30回、矩形板沈下量7.4mm
作業後沈下深度: 平均10.3mm(最高30mm、最低-18mm)



ほ場B

土壌含水比1.378、踏圧回数28回、矩形板沈下量47.8mm
作業後沈下深度: 平均82.0mm(最高170mm、最低-5mm)



図2 ほ場進入路付近の踏圧の実態

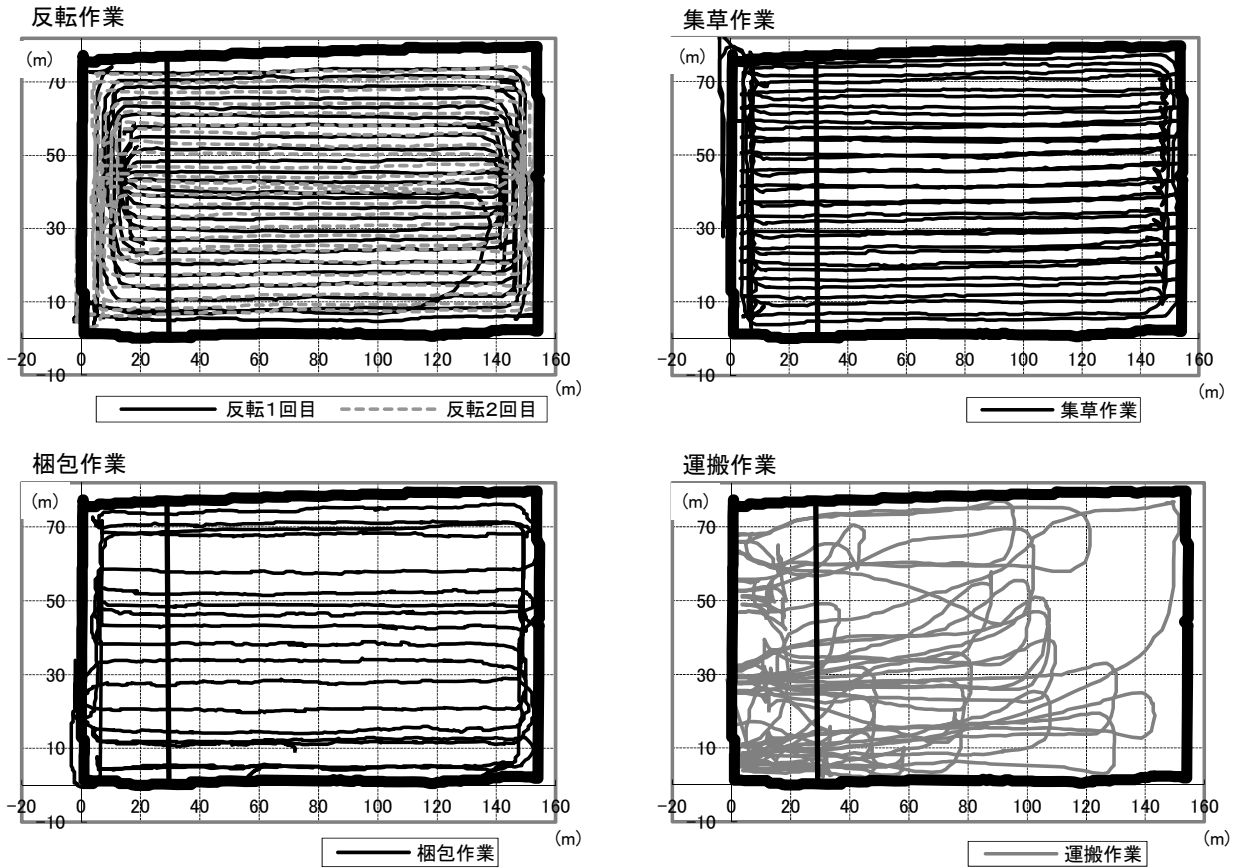


図3 稲わら収集作業における作業の作業軌跡

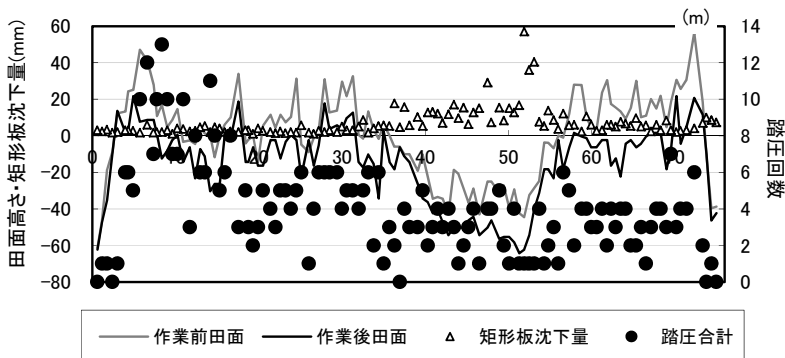
注1) 図中の長辺30m地点の実線は、作業前後の田面高さを調査した位置を示す

た、バールをy軸側農道へ運搬したこととx軸側から作業を始めたことにより、x軸側とy軸側に偏ったトラクタの走行軌跡となった。それぞれの作業機が作業の目的に合わせた特徴的な走行経路をたどる必要があるため、作業機によるほ場の踏圧を減らすためには、それぞれの作業機の走行距離を減少させる作業計画を立てることが重要になると考えられた(図3)。

(4) 作業前後の田面高さと踏圧回数

作業前の田面の高さは測定地点の平均値を0として+56.5~-61.4mmであり、両側の長辺畦はん近く(0~3mと75m付近)と35~55m付近が低かった。作業機による

踏圧回数の中央値、平均値がともに4回で、最大13回、最小0回であった。運搬作業を0m側から行ったため、0m側の踏圧回数が多い傾向であった。踏圧深度は、平均で15.9mm、最大39.4mmであった。作業前の田面が高い0m側は矩形板沈下量が小さいが踏圧回数が多いため、作業後の田面が低くなった。それにより作業後の田面は作業前に比べ最大値が小さくなり、平均では15.9mm低くなった。また、作業前の田面高さが低い40~55m地点付近は踏圧によりさらに田面が沈下していた。田面の踏圧が次作の水稻生育に及ぼす影響は小さいことが報告されている⁷⁾が、滞水や地耐力の低下などにより耕うん作業など



	作業前田面高さ(mm)	作業後田面高さ(mm)	踏圧深度(mm)	踏圧回数	矩形板沈下量(mm)	含水比
平均値	0.0	-15.9	-15.9	4.0	6.9	0.56
中央値	3.0	-11.3	-14.4	4.0	5.0	0.56
最大値	56.5	21.7	6.6	13.0	57.0	0.72
最小値	-61.4	-64.3	-39.4	0.0	1.0	0.46
標準偏差	22.9	21.5	9.8	2.6	7.8	0.06

図4 作業前後における田面高さの変化と基本統計量

注1) 調査は図3図中に示す実線部、長辺30m地点で短辺と平行に行った(n=117)

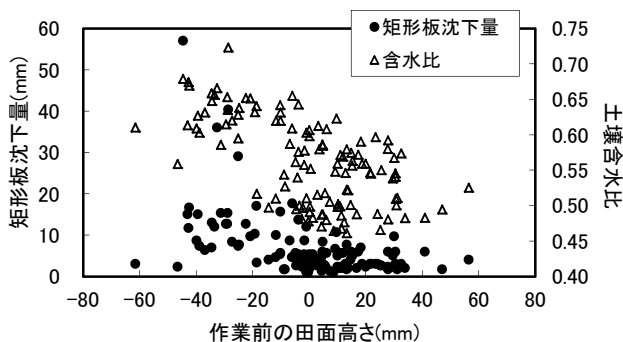


図5 作業前の田面高さと土壌含水比及び矩形板沈下量の関係

に影響を及ぼすことが懸念された(図4)。

(5) 作業前の田面高さ、土壌含水比、矩形板沈下量、踏圧回数が作業後の田面高さに及ぼす影響

調査を行った117地点の作業前の田面高さと土壌含水比、矩形板沈下量の関係を図5に示した。土壌含水比は0.46~0.72であり、地点による差が大きかった(図4)。作業前の田面が低い地点は土壌含水比が高く、矩形板沈下量が多い傾向であった。矩形板沈下量は土壌水分の影響が大きいことは広く知られており、これまでの知見と合致する結果であった(図5)。

図6には調査を行った117地点を金須ら⁴⁾の土壌分級の方法に従い、矩形板沈下量3mm未満(n=34)、3mm以上7mm未満(n=47)、7mm以上(n=36)の3階級に分級した踏圧回数と踏圧深度の関係を示した。調査地点全体では、踏圧回数が多いほど踏圧深度が大きくなる傾向にあった。また、矩形板沈下量が多いほど、少ない踏圧回数で踏圧深度が大きくなる傾向であった。ほ場外運搬作業以外の作業機は往復作業により作業するため、田面の低い地点を避けることは困難であるが、運搬作業については、田面の低い地点(土壌含水率が高く、矩形板沈下量の大きい地点)の走行回数を減らす作業計画がほ場沈下の低下につながると考えられた(図6)。

4. 摘要

本報告では、八郎潟干拓地におけるコンバインから排出される稲わら収集運搬作業によるほ場踏圧の実態について、作業機の走行経路、田面高さ、踏圧回数に着目して、調査、検討した。その結果、調査地点での踏圧回数は最大13回であり、沈下深度平均15.9mm、最大39.4mmであった。また、水田の田面高さ低い地点は土壌含水比が高く、矩形板沈下量が多かった。さらに、矩形板沈下量が多い地点は、少ない踏圧回数で踏圧深度が大きくなることなどが明らかになった。

これらの結果から、稲わらの収集運搬作業ではほ場踏圧を小さくするためには、水稻生育中の溝きりなどによりほ場の排水性を高め土壌の乾燥を図るとともに、特にほ

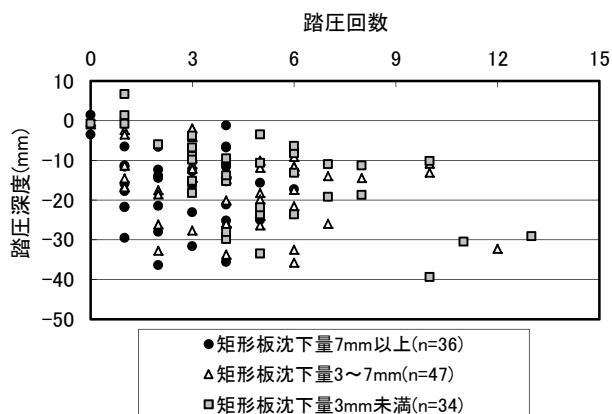


図6 矩形板地下量と踏圧回数が踏圧深度に及ぼす影響

場外運搬作業で田面の高い地点(土壌含水比が低い)を走行し、走行距離を短くする作業計画を立てることが重要と考えられた。また、田面の低い地点は土壌含水比が高く(矩形板沈下量が多い)、少ない踏圧回数でも踏圧深度が大きいことから、レーザ均平機などを用いて水稻作付け前にはほ場を均平化することにより土壌水分を平準化することで、ほ場の沈下を低減できると考えられた。今後、ほ場内での作業機の走行距離を短くする作業体系を検討する必要があると考えられた。

謝辞

本研究は、農林水産省「ソフトセルロース利活用技術確立事業」の助成を受けて実施しました。関係各位に御礼申し上げます。また、GPS測位データの解析につきまして(独)農研機構九州沖縄農業研究センターの大嶺政朗氏に多大な協力をいただきました。

参考文献

- 1) 佐藤敦・高橋正: 秋田県八郎潟干拓地における低湿重粘土の粘土組成、塩基状態と物理性とくにコンシステンシー、土肥誌、55、109-116、1984
- 2) 金子淳一: 八郎潟干拓地へドロにおける機械化適応性の向上と耕地化過程に関する研究、秋田農試研報、22、1977
- 3) 農林水産技術会議事務局: 大型機械化に伴う水田土壌基盤整備に関する研究、研究成果、40、1969
- 4) 金須正幸: 農業機械の走行可能性、土壌の物理性、14、10-14、1966
- 5) 国分欣一: 水田におけるトラクターの走行可能性と土壌物理性について、土壌の物理性、21、21-27、1969
- 6) 宮寄朋浩・岡安崇史・山田寧直・井上英二: 諫早湾干拓土壌におけるトラクタ走行で生じる踏圧現象、農作業研究、45(1)、29-35、2010
- 7) 飯田周治・新村善男・上森晃・久津那浩三: 耕耘方法の相違と大型機械による土壌の踏圧が水稻の生育収量に及ぼす影響、日作紀、59(4)、672-678、1990

An investigation into the optimization of rice straw collection system for bioethanol fuel production

Mitsuhiko KATAHIRA¹, Hayato SHINDO², Masanori SAITO², Ryosei KATO³, Shoji YAMAYA³, Motoyasu NATSUGA¹

Abstract

This investigation examined optimization of a rice straw collection system designed to produce bioethanol fuel from paddy-rice grown over 9800 ha in reclaimed heavy clay paddy-rice fields in Hachirogata, Akita, Japan. This study investigated agricultural machinery performance in various field conditions with different lengths of cutting rice straw. The rice straw collection system includes raking, packing, bale handling transportation, and wrapping to wrapping bale handling transportation. The operating speed was little affected by differences in cutting rice straw length by raking. Operating speeds increased with 20 cm blocks by packing. Roll bale transportation using a bale handler achieved high operation speeds for 20 cm blocks, when holding roll bales. Raking, packing, and roll bale transportation improved the work rate for short lengths of cutting rice straw. The tendency was strongest for the 20 cm block. Specific fuel consumption was influenced by operation distances for raking, bale weight with packing, and operation speed with roll bale transportation.

[Keywords] bioethanol, rice straw, collection system

Introduction

The sharp rise in oil prices is a global problem. For that reason, biofuels have received attention as alternative energy resources. Any biofuel of vegetable origin can be produced continuously to extract biomass (JARUS, 2008). Bioethanol fuel production using waste cellulose material such as vegetable stalks and leaves, presents an interesting method that does not conflict with food cultivation. Regarding bioethanol production, Japan has cultivated rice continually for over 2000 years. Therefore, we are studying the rice straw obtained from paddy fields as a main resource. Japan generates far too much rice straw and chaff every autumn in its paddy field area of 2,946,000 ha. These materials are typically returned to paddy fields using rotavators, and the utilization ratio is about 30%. Using much more rice straw might improve the energy situation of Japan.

This research investigated cultivation at Ogata village (40°N 140°E), which is a very large paddy field area, with total field area of 17,229 ha and with farming area of 9,160 ha (2009 fiscal year), in Japan. That village is seeking to establish bioethanol production technology using rice straw as a material. Ogata village, which has bad drainage because of its heavy clay soil on 80% (15,435 ha) of its main farmland, has small bearing power of soil in any wet condition. However, Ogata village's fields are suitable for cultivation of paddy rice

because of their rich contents of ammonia nitrogen and calcium (Shoji et al., 2001). Moreover, these fields, separated into about 1.25 ha divisions, have been the most efficient rice cultivation in Japan for the use of large agricultural machines.

This study investigated the optimization of rice straw collection systems for low cost bioethanol fuel production. Field tests verified power farming characteristics, which can collect different lengths of cutting rice straw left by combine harvesters.

Material and Methods

For this study, a nonglutinous rice cultivar "Menkoina" was raised in Akita Agriculture Public Corporation fields, Ogata, in 5040–5460 m² for one field block during 2010–2011. According to chemical analyses, these fields' soil was heavy clay. Combine harvesting was complete during the preceding October.

Rice straw collection used a rake (R3350S; JF-Stoll, Fig.1) with 3.4 m working width. The rake was mounted on a tractor (56 kW, T4030SMC-4; New Holland). Rice straw packing used a self-propelled roll baler (36.8 kW, JRB3010; Star, Fig.2) with 1.3 m working width. Roll bale transportation from the infield to out of the field used a bale handler (183 kg for total weight, 5.7 kN for the maximum lifting load, BGII-T070; Marukyu). The bale handler was mounted on the tractor (56 kW, T4030SMC-4; New Holland). Wrapping of the roll bale

used a remote control wrapping machine (Wm1555R; Takakita Co. Ltd., Fig.3) 120–160 cm for adaptation bale diameter, with 750 kg total weight. The remote control wrapping machine was mounted on a tractor (32 kW AT41; Iseki). Wrapping roll bale transportation, used for taking in and taking out remote control wrapping machine roll bales, used a wheel loader (L9-2; TCM).



Fig.1 View of a rake



Fig.2 View of a self-propelled roll baler



Fig.3 View of a remote control wrapping machine and mounted on a tractor

Investigations were conducted of the rate of work (h/ha), specific fuel consumption (L/km). The rate of work measured working hours (h) and operating speed (m/s) using a small size GPS (WBT-202; Wintec, Fig.4) and sampling rate 1 Hz, and calculated from the area of the target field. Specific fuel consumption values were respectively calculated using fuel consumption as measured using the top fill method and the total operating distance measured using a GPS.

We set up the following three test blocks: rice straw length of 5 cm, 20 cm, and using no cut.



Fig. 4 View of small size GPS (WBT-202) and set positions

Results and Discussion

Power Farming System and Rice Straw Collection System Characteristics

The rice straw collection system examination proceeded from raking, packing, roll bale transportation, and wrapping to wrapping roll bale transportation. Tractors for raking and roll bale transportation have broad tires—a 650-mm-wide front wheel, and a 750-mm-wide rear wheel—to stabilize the vehicle and reduce soil compression of Ogata's heavy clay paddy fields (Fig. 5).



Fig.5 View of bale handler mounted tractor

Rice straw collected in each test block was 8–78 cm rice straw length, with 270–339 kg/bale bale weight, 36.7–41.3% moisture content, 183–223 kg/m³ roll bale density, 5999–6775 kg/ha collected, and 11–12 per field for the number of roll bales produced (Table 1).

The amount of rice straw per windrow decreased concomitantly with long cutting length of rice straw, as confirmed using linear regression ($R^2=0.91$) shown in Fig. 6. The weight per bale showed no clear difference between the rice straw cutting lengths. Moreover, that tendency was the same as the amount of rice straw moisture content.

Operating Speed and Rate of Work

The average operating speeds of the rake were 1.51 m/s with the no-cut block, 1.49 m/s with the 20 cm block, and 1.45 m/s with the 5 cm block. The relative frequency of operating speeds of the rake showed that 0.950–1.249

Table 1 Roll bale outline

Test blocks	Items	Length (cm)	BW (kg)	MC (% wb)	CRS (kg/ha)	Roll bale shapes			Density (kg/m ³)	N
						D(m)	H(m)	V(m ³)		
	No cut	78 (6)	310 (24)	41.3	6204	1.20 (2.17)	1.23 (0.55)	1.39 (0.02)	223	11
	20cm	27 (10)	270 (18)	36.7	5999	1.24 (2.79)	1.23 (0.00)	1.48 (0.05)	183	12
	5cm	8 (2)	339 (24)	39.8	6775	1.24 (2.97)	1.24 (0.41)	1.49 (0.06)	227	11

*: () values are standard deviation

** : Length is cutting rice straw length. BW is roll bale weight. MC is moisture content. CRS is collecting rise straw. D is roll bale diameter. H is roll bale height. V is roll bale volume. N is number of roll bale

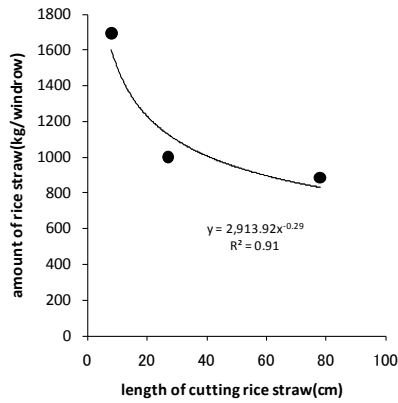


Fig. 6 Relationship between amount of rice straw and length of cutting rice straw

m/s occurred during 53–57% of operation, 2.150–2.449 m/s occurred at 22%, and both operating speeds accounted for 75–79% of all operations. Relative frequencies of operating speeds of rake were slightly influenced by the rice straw cutting length. The average operating speeds of the self-propelled roll baler were 1.22 m/s with the no-cut block, 1.25 m/s with the 20 cm block and 1.23 m/s with the 5 cm block. The relative frequency of operating speeds of self-propelled roll baler showed that 0.950–1.249 m/s occurred during 58–67% of operations, 2.150–2.449 m/s speed occurred during 15–16% of operations, and both operating speeds occupied 72–82% of all operating speeds. The relative frequencies of operating speeds, 0.950–1.249 m/s, of the 20 cm block were higher than those of the other blocks (Fig. 7). The average operating speeds of the bale handler for roll bale transportation were the following: 2.00 m/s with no holding of bales, and 2.32 m/s with holding of roll bales with the no-cut block; 2.44 m/s for both no holding of bale and holding of roll bale with the 20 cm block; and 2.29 m/s for no holding of roll bales and 2.31 m/s for holding of roll bales with the 5 cm block. Relative frequencies of operating speeds bale handler showed that 2.150–2.599 m/s occurred during 21–27% of operations with the no holding of roll bales, and during 16–29% of operations with holding of the roll bales (Fig. 8).

The bale handler shows a linear increase of operating speeds and the roll bale handling distance. Moreover, a 20 cm block concentrated roll bales on 2 blocks in field to

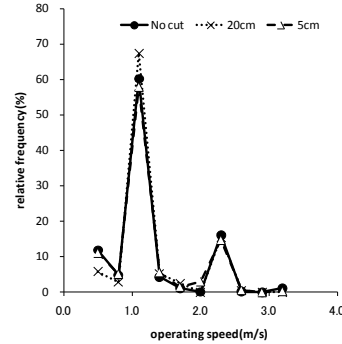


Fig. 7 Distributions of operating speed by roll baler

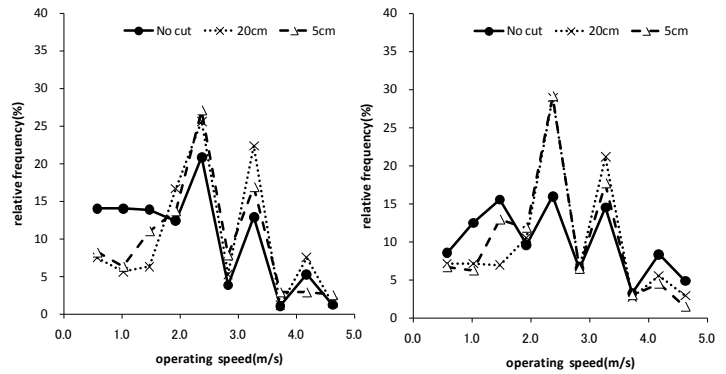


Fig. 8 Distributions of operating speed by bale handler (left: no holding, right: holding)

have 2.0 and 2.5 m/s, at operating speed. Therefore, the 20 cm block might be higher efficiency of bale handling work. As described above, raking and packing and roll bale transportation improved all work when the rice straw length was cut shorter. That tendency was strong in a 20 cm block (Fig. 9).

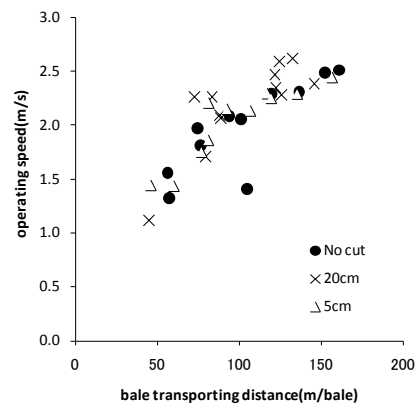


Fig. 9 Relationship between operating speed and bale transporting distance

The rates of work were 0.95–1.13 h/ha for the rake, 0.88–1.32 h/ha for the self-propelled roll baler, and 0.63–0.73 h/ha for the bale handler. The bale handler showed slight fluctuation of the rate of work by the difference in cutting rice straw length, and that tendency was same at operation distance. The rake and the self-propelled roll baler increased the rate of work, when these were long rice straw lengths. The work rates showed correlation ($R^2=1.00$, rake, 0.97, roll baler) with the operating distance to make roll bale by the rake and a roll baler.

The operating distances of bale handlers were 2.36 km with the 5 cm block, 2.69 km with the 20 cm block, and 2.39 km with the no-cut block. The bale handler increased total operating distance to produce many roll bales. However, the operating distance showed no clear difference from the rate of work. The coefficient of determination was 0.034 (Fig. 10).

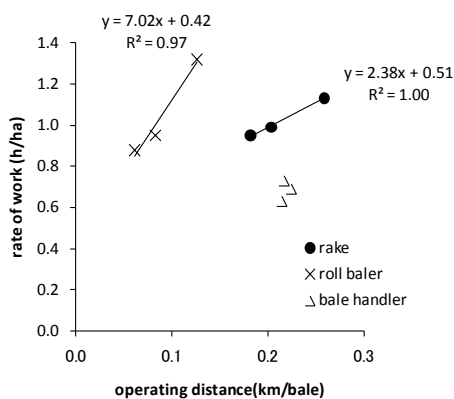


Fig. 11 Relationship between rate of work and operating distance

Specific fuel consumption of rake with the no-cut block increased 0.4 L/km than other blocks, as operating distance. Specific fuel consumption of the bale handler was 0.83–1.00 L/km, showing no clear difference. Specific fuel consumption of the self-propelled roll baler was 3.83 L/km with the 5 cm block. That rate consumed about 1.0 L/km more than the other test blocks. Specific fuel consumption of the rake increased because the operation distance was so long to produce one roll bale. The roll bale transportation using the bale handler is correlated with operation speed. Fuel consumption is affected by the running gear and number of rotations of a tractor. The packing of the self-propelled roll baler is related closely to the bale weight left by the roll baler, which more strongly influences fuel consumption than the operating distance when making roll bales (Fig. 12).

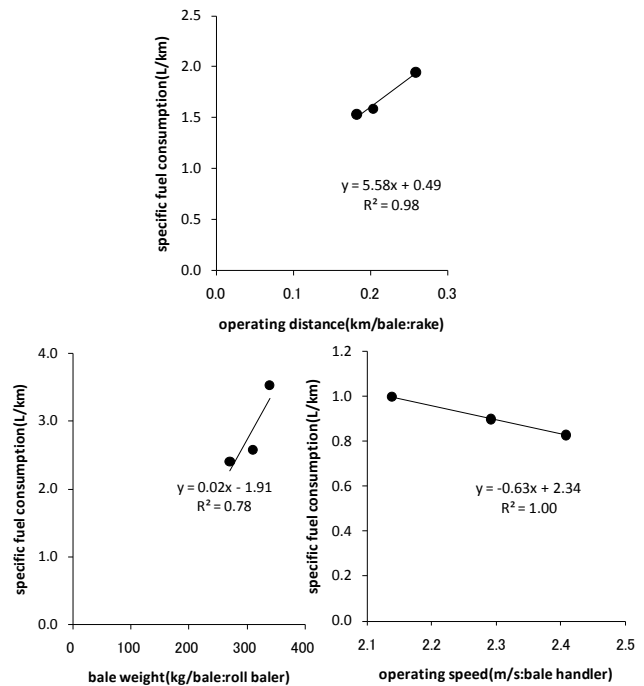


Fig. 12 Relationship between specific fuel consumption and content of works by individual machines

Conclusions

The rice straw collection system to produce bioethanol fuel from reclaimed heavy clay paddy-rice fields in Hachirogata proceeded from raking, packing, bale handling transportation, and wrapping to wrapping bale handling transportation. Operating speeds had little influence according to the difference in cutting straw length by raking, and increased operating speed with the 20 cm block by packing. The roll bale transportation which used a bale handler raised the work rate of the high-speed operations region for the 20 cm block when holding roll bales. Raking and packing and roll bale transportation improved the rate of work where the rice straw length was short. That tendency was strong in the 20 cm block. Specific fuel consumption influenced the operation distance with the raking, bale weight with packing, and operation speed with the roll bale transportation.

Acknowledgements

The authors acknowledge the financial support of soft cellulose using project by JARS (The Japan Association of Rural Solutions for Environmental Conservation and Resource Recycling) and operating support of Akita Agriculture Public Corporation operators.

References

- Shoji, S. 2001. New Paddy Rice Cultivation Technology in OGATAMURA. Tokyo, JAPAN: Rural Culture Association.
- JARS. 2008. Report of bioethanol fuel No1, 24-36.

農業用水路水位の遠隔監視センサの開発と利用

—八郎湖水質汚濁防止に係わる過剰水（余剰水）削減対策の一事例—

小林由喜也[※]・近藤 正[※]

Development and Use of a Water Level Monitor System of Irrigation Channel

-A Trial Measure of Excessive Irrigation Water Reduction for Improving Water Quality in Lake Hachiro-

Yukiya KOBAYASHI[※]・Tadashi KONDO[※]

キーワード 農業用水、余剰水、水位監視システム、八郎湖、汚濁防止

1. はじめに

秋田県大潟村の農業用水源である八郎湖（調整池）の水質汚濁が進んで久しい。この間、様々な試験研究や各種の取組みが展開されてきたが、まだ好転の兆しは見えない¹⁾。近藤は、長年にわたり八郎湖の水質汚濁に関する調査研究を行い、5月から9月の取水量の相当量が余剰水となって調整池に貫流し、この余剰水が汚濁原因の一部であることを明らかにした（図1）。そこで「大潟村余水対策促進協議会」^{※※}が、適正な用水管理による余剰水削減運動を開始したが、必ずしも順調には進まなかった。

その理由は、1用水系（距離1～1.2km）に1.25haの水田24筆の圃場が存在し、それらの所有農家は2～6戸であるため、全体の取水に影響を与えないよう余裕を見て用水路に取水せざるを得ないこと、また、きめ細かな取水ゲート調節を行うにしても、1km先の小用水路末端の水位が不明であるためゲート操作は経験に頼るしかなく確実さに欠ける難点があ

ったためでもある。

そこで、平成20年度から取水ゲート位置で、1km先の小用水路末端水位を認識するセンサの開発に着手した。平成22年度にほぼ実用に供しうる水位監視装置が完成したので、その概要と利用結果及び課題等を報告する。

※※)「大潟村余水対策促進協議

会」；大潟村、大潟土地改良区、J A大潟村、秋田県立大学、秋田県八郎湖基幹施設管理事務所、大潟村農地・水・環境保全対策推進会議等が参画。

2. 小用水路末端水位監視センサの開発

1) 開発のコンセプト

① 遠隔監視装置： 取水ゲートを操作する幹線用水路の位置で、1～1.2km先の小用水路末端水位を確認できる装置であること（図2参照）。

② 農家が違和感なく使える装置： 水位センサは、末端水位を検知するがゲート操作は農家が行う。し

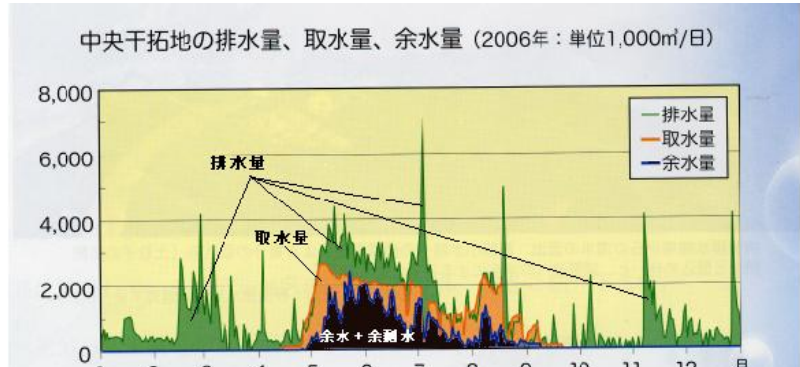


図1 八郎潟干拓地の農業用水利用の現状

小用水路の観測値から算定した推定値（近藤 正）

「大潟村余水対策協議会資料、2008.3」

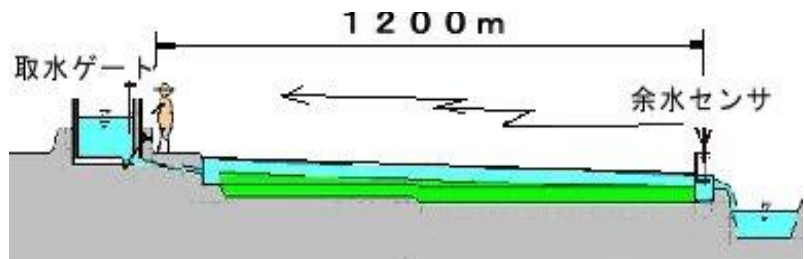


図2 小用水路末端水位監視装置の全体像

※ 秋田県立大学生物資源科学部

たがって、農家がこまめに水量を調節しようとしなければいかなるセンサも意味がないことから、農家が「余剰水を削減しよう＝監視装置を使ってみよう」という気になるものを目指した（使い勝手の良さ）。

② 経費の低減： 村内には21系統の幹線水路とそれに連なる約500系統の小用水路（L=1～1.2km）が存在する（図3）。仮に事業費を充てるとして、1基3～5万円としても1500～2500万円の経費が必要となる。したがって、できるだけ安価な装置でなければならない。できれば農家が自作できる簡易な装置であることが最も望ましい。（安価、自作可能なレベルの装置）。

④ 電源： 電源に経費をかけないため、可能な限り省電力を目指す。

以上の開発コンセプトのもとで、以下のようなセンサ構造等を実験や試作により検討した。

2) センサの構造検討の経緯

水位を検出するセンサは、最も製作簡易なフロート式水位計と光電スイッチ（リレー内蔵）の組み合わせをベースとし、1～1.2km先の水位状況を伝達する方法として次のような可能性を検討した。

①最初に検討した伝達機構は光による方法であり、水位計のセンサリレーで駆動できる3つのタイプ（3～5色で点灯する点滅灯、自動車用ウィンカー、緊急自動車用点滅回転灯）を試みた。しかし、いずれも快晴時に人間の目で識別可能な距離は300m～500mが限界であった。

②旗または表示板による伝達も検討したが、少なくとも2.5m四方以上の大きさが必要であり、しかも白色以外は識別不能であった。また、風による揺れや巻き付き、転倒のほか掲揚・掲示機構の問題もあり、旗もしくは表示板等による伝達は困難と考えられた。

③無線等による伝達方式の検討

最も容易な伝達手段は無線の利用である。最初に試みたのは、8ビットの信号伝達可能な無線データ転送装置である。水位計のセンサリレー信号を発信器に接続することで8段階の水位レベルを送信できたが、1式（送信機、受信機）で14万円（500系統で7000万円）を要することやメンテナンス費用の観点から実現性はないと判断した。

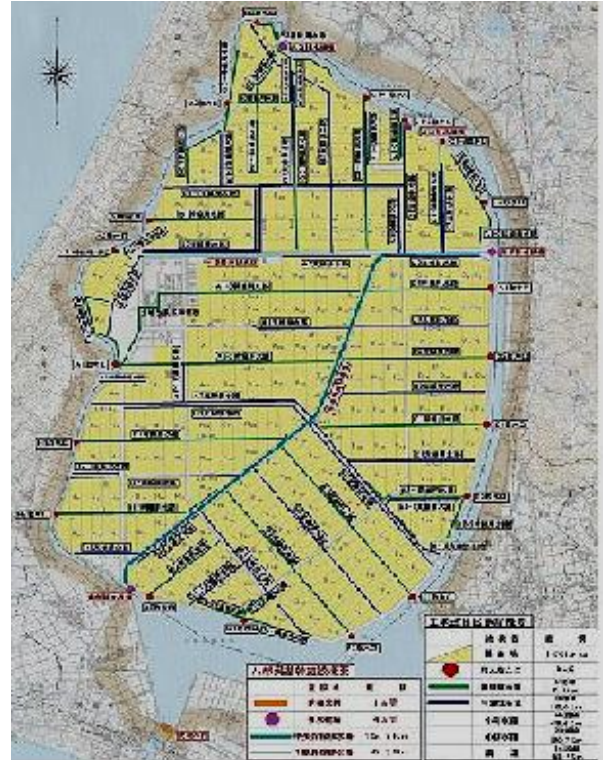


図3 大瀧村内用水路系統図

（大瀧村土地改良区HPより）

次に、トランシーバ及び携帯電話の利用を検討した。幸い自動受信機能付きトランシーバと自動着信機能付き携帯電話が比較的低価格で市販されている。これの利用を可能とするためには水位信号を音に変換する必要があるが、安価で各種の音源パーツが市販されている。トランシーバは、1式（2台）3万円で、500系統分で1500万円を要する。携帯電話の利用については、発信場所が限定されることもなくどこからでも、いつでも確認可能となり、使い勝手は格段に向上すると考えられた。

最終的には、トランシーバ型と携帯電話型を試作して利用試験を行った。これらの製作コスト等詳細は以下で述べる。

3) 開発センサの全体構成

センサの全体像は図4示すように、水位計のフロートと連動して上下する軸に貼付した遮光版がパイプ内に取り付けた光電センサ光路を遮ることによって、センサに内蔵されたりレーが作動し、これに接続した音源パーツが水位に応じた音を発する仕組みで、水位によって3種類の音を発する。現在の設定は、適性以上（＝過剰）、適性、適性以下（＝不足）の3レベルで実験した。適性許容範囲は3cmとした。

ただし、この範囲は光電センサの取り付け間隔を変えることで変更可能である。

図5のようにセンサの近傍に自動着信型（受信時に自動発信する）のトランシーバまたは携帯電話を配置し、これにアクセスすることにより、音の種類で水位レベルを確認できるものである。今回開発した機器は常時いずれかの音を発信している構造であり、電源管理面では課題が残っている。

①トランシーバ型

トランシーバ型は受信距離が約 1.5km であるため、圃場での作業中や帰宅途中で取水ゲート付近を通過する時に農家のトランシーバで末端水位を確認できる。また、複数配置する場合は、最大9チャンネルの設定が可能であるため、多数配置しても近傍の水位計との混線は回避できるが、チャンネルの徹底が不可欠である（図6参照）。

②携帯電話型

携帯電話型は、場所時刻を問わずいつでも末端水位が確認でき、利便性は高く、混線の心配もないが電話料がかかる。

④ 電源の検討：電源については、開発する機器の使用期間が用水期間（4月中旬～8月中旬）の4ヶ月であり、バッテリーを設置して充電1回程度で対応する案が有力と思われた。ただし、検討の中では、余剰水による微少発電機利用（余剰水発生量に応じて発電量が変わる）や太陽電池利用も検討した。

3) センサの製作とコスト等

表1に携帯電話型の製作コストの概算を示した。部品等材料費は 15000 円程度である。製作に当たっ

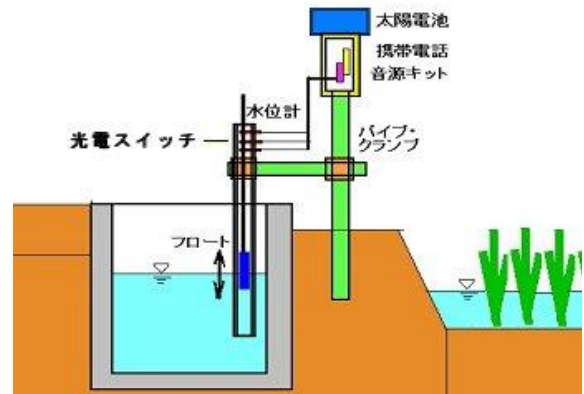


図4 水位センサの詳細

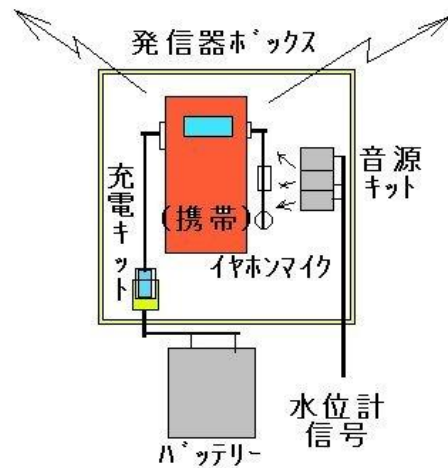


図5 水位（音源）発信装置の概要

ては光電センサと水位計の設定に注意を要する程度で、その他は携帯電話の充電キット、マイクキットなど安価な市販品の組み合わせであり、一般の農家

表1. 水位センサの製作コスト

No	部品等名称	型式等	個数	価格概算
1	水位計パイプ	塩ビ管、VP50、1m	1本	500円
2	水位センサ	自作製小型光センサ EE-SX91	3個	4000円
3	水位センサロッド	9mm角アルミパイプ、1m	1本	500円
4	水位センサフロート	(適宜)	1個	200円
5	音源キット	Panasonic, EB2132, FB2112, Fb2122	3個	3600円
6	クランプ、配線材料		一式	3000円
7	バッテリー		1式	4000円
	(材料費小計)			15,800円
8	太陽電池キット	10wクラス(充電器含む)	1式	18000円、(任意)
9	携帯電話	自動着信・マイク付き	1台	10,000円/年プリペイド

でも容易に製作可能である。すでに一農家が自作して供試している。電源については、センサの利用期間は4ヶ月程度であり、充電する（交換）場合、太陽電池は不要となる。電話機は0円、通話料は年間1万円（プリペイド、休止料金含む）である。

3. センサの利用と課題

写真1、写真2は各々小用水路末端、幹線用水路末端における携帯電話型機の設置状況である。

平成22年度は、トランシーバ型を設置し、同一水系の4戸の農家を使用した。1.5kmという伝送距離では、現場での状況把握で対応できることから、ほとんど使用しなかったとの報告であった。課題としては1.5kmという電送距離の短さがあげられた。平成23年度は、携帯電話型を設置し、農家圃場の小用水路のほか土地改良区が管理する幹線用水路の末端（取水施設からの距離約10km）の水位監視用としても実験を行った。設置時期が6月末で、圃場への取水の大きな変動を伴う代かき期を過ぎていたこともあり、詳細な聞き取りは今後行うが、今年度の使用頻繁は高くないと思われる。次年度の用水期（代かき期）に再度試験を実施したい。

幹線用水路については、土地改良区から委託された水系管理担当者1名で6系統の幹線用水路の水位監視と調節を毎日行うことから、幹線水路水位の監視用としては有効であるとのことであった。また、自作した農家は小用水路末端に圃場を持つ農家であり、常に用水不足を心配しながらも、常時現場に行けない悩みの解消のために活用している。用水不足の監視用に利用したことになり、本来の目的以外の効用もあった。今後、小用水路末端ではなく、各農家圃場の取水口水位の監視用に活用されることが想定される。個々の農家の圃場用水管理のためのこまめな取水ゲート操作が、結果として余剰水削減のための取水管理に結びつくことを期待したい。

今後の課題としては、①用水路には目に見える以上にゴミや雑草等の混入があり、水位計のフロートに付着するなどによりフロートの動きが鈍くなること。②仮に末端水位がわかって取水ゲートを操作しようとした場合のゲート開度の指標がないこと。③ゲートを操作しても、末端水位が安定するまでに1時間以上かかることである。現在これらに関する調査

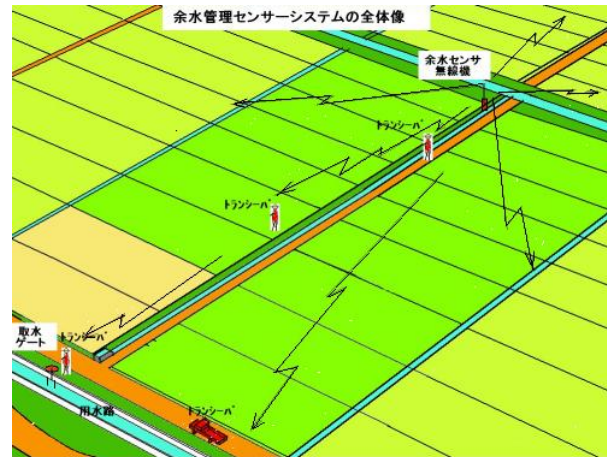


図6 トランシーバ型システムの全体像

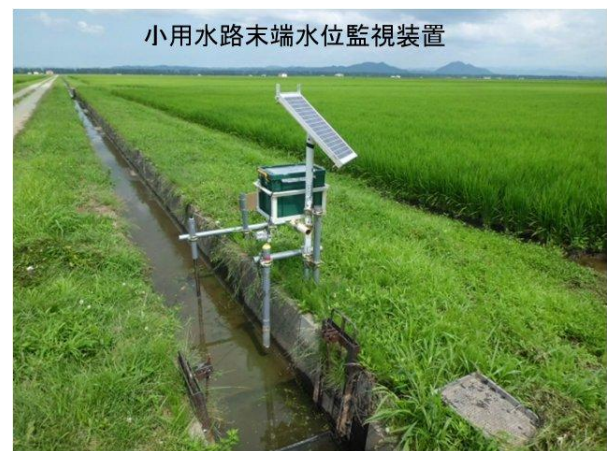


写真1 開発センサの設置風景（小用水路）



写真2 センサの設置風景（幹線用水路）

実験を行っている。

参考文献

1) 平成20年度・八郎湖水質保全対策事業の実施状況、秋田県生活環境文化部環境あきた創造課八郎湖環境対策室

飼料用トウモロコシの生育に伴うスペクトルデータの変化とその利用法

中坪あゆみ*・田中勝千**・杉浦俊弘**・皆川秀夫**・嶋田 浩***

Change in spectral data arising from maize growth and its application

Ayumi NAKATSUBO, Katsuyuki TANAKA, Toshihiro SUGIURA, Hideo MINAGAWA, Hiroshi SHIMADA

[Key words] maize, remote sensing, NDVI,

1. はじめに

飼料用トウモロコシ(以下、トウモロコシ)は国産飼料に立脚した畜産の振興に有用な作物であるため、生産拡大を目指した様々な省力的播種・収穫・調製技術が開発され、その一部はすでに普及段階に達している。同時に、飼料生産機械への過大投資の回避や労働時間の節減を目的としたコントラクタの利用も推進されている。コントラクタの利用を拡大するためには、これまで経験によって決定されてきた作業計画を、作物状態から客観的に評価・判断された作業計画に変換することが求められている。そのためには、生産管理に必要な情報を明確にし、効率的な取得方法と時期、または取得情報の利活用方法を確立させる必要がある。これを解決するために、リモートセンシングを利用した方法が注目されている。国内における米麦栽培では、リモートセンシングを利用した農業生産システムの構築が検討され、実証試験の段階に達している(安積・志賀2003)。飼料作物では、草地生態系の保全を目的としたモニタリングに関する報告は多い(井上ら2008)が、トウモロコシの生産管理支援を目的とした研究例は少ない。そこで本研究では、近年、その利活用が期待されているハイパースペクトル情報に着目し、飼料用トウモロコシ畑を対象とした生産管理支援システムの構築を最終目的とした。

2. 本報でのねらい

リモートセンシングの分野で多用されているNDVIなど植生指数を用いて収量や品質を評価する場合、現存量や植生率が一定以上になると詳細な把握が難しい。また、圃場のスペクトル情報は、空間分解能によって主作物以外の雑草や土壌のスペクトルデータの混入(ミクセル)が問題となる(児島ら2008, 中坪ら2011)。そのため、スペクトル情報に含まれているノイズによる影響を除去するためのスペクトル処理方法やスペクトル情報を各

要素に分解する方法(スペクトル分解)が提案されている(小熊ら2002, 小阪ら2004)。しかし、これらの処理には多くの時間がかかることや大きなノイズは除去しきれないなどの問題点が挙げられる。そのため、群落を対象としたリモートセンシングの場合、スペクトル情報に含まれている圃場内のさまざまな植生情報(草種)を把握し、ノイズを考慮するようなセンシング方法が必要である。また、圃場内のスペクトル情報と生育量または植生状況を把握し、センシング時のノイズを抑えることは推定精度の向上や正確な評価に寄与する。そこで本報では、トウモロコシ群落のスペクトルデータとトウモロコシの生育量との関係を明らかにし、主作物以外の雑草や土壌のスペクトルデータの混入を考慮したスペクトルデータの利用法とセンシング時期を提示することとした。

3. 材料および方法

(1) 試験区の概要

青森県十和田市に位置する北里大学獣医学部附属フィールドサイエンスセンター十和田農場内のトウモロコシ畑を試験地とした。2008年と2009年の二年にわたり、試験地内の南北方向にトラクター走行用の2.0m通路を挟み込むように20a(200m×10m)の試験区を二区画(A区とB区)を設けた。両区とも小区(10m×10m, n=10)として除草区と無除草区を交互に配置した。いずれの区も有機栽培を想定しているため農薬は散布していない。なお、除草区ではおおよそ播種後60日までに手作業にて除草処理を2回程度施したが、無除草区では一切除草処理をしなかった。

(2) スペクトルデータの取得

センシングシステムとして、トラクターベース(中坪ら2009a, 中坪ら2009b)を採用した。供試センサとして、ハイパースペクトルイメージングセンサ(Specim, ImSpectorV10, 観測波長域

* 北里大学大学院獣医畜産学研究所 ** 北里大学獣医学部 *** 秋田県立大学生物資源科学部

400–1,000nm, 波長分解能 10nm) を用いた。センシング期間 は出芽期から収穫期までとし, この期間内に週に1ないしは2回 のペースでトウモロコシ群落の斜め上方からセンシングした。センシング後, センシングデータをパソコンに取り込み, ハイパー スペクトル画像を作成し, ハイパースペクトルデータを抽出した。なお, ハイパースペクトル画像の作成およびハイパースペクトル データの抽出については岡本ら (2006a, 2006b) の手法を用いた。その後, 光環境を正規化処理 (岡本ら 2006b)にて補正し, 処理後のハイパースペクトルデータから正規化差分植生指数 (Normalized Difference Vegetation Index: NDVI) を算出した。

(3)トウモロコシ生育量の取得

トウモロコシの生育量として, 稈長, 稈径, 葉身部の SPAD 値, 最大光合成速度, トウモロコシ現存量, およびトウモロコシ畑の 植被率を定期的に測定した。また, 播種後 20 日から収穫日にあ たる播種後144日の間に, 水分(%)とTDN, CP, EE, OCC, デン プン, OCW, Oa, Ob, NDF, ADF, および ADL の主要 11 成分 の乾物含有率(% DM) を求めた。なお, 飼料の成分分析は, 十勝農業協同組合連合会に委託した。

4. 結果と考察

図1に NDVI の推移を示す。2008 年に取得した NDVI は, 両試験区ともに栄養生長期の播種後 20 日(6 月 12 日)から出穂・ 絹糸抽出期直前の播種後 63 日(7 月 25 日)にかけて急激に大き くなり, その後, 開花期にあたる播種後 80 日(8 月 11 日)までの 約 20 日間一定値(最大値)が保たれたのち, 収穫時にかけて緩 やかに低下した。また, 2009 年の場合も同様の傾向が見られた。 試験区間の NDVI は, 栽培初期の栄養生長期から NDVI が最大 値に達するまでは, 除草区よりも無除草区が高かった。一方, NDVI が最大値に達した出穂・絹糸抽出期以降は, 無除草区よ りも除草区が高い傾向が見られたが, 試験区間の違いはほとん どなかった。

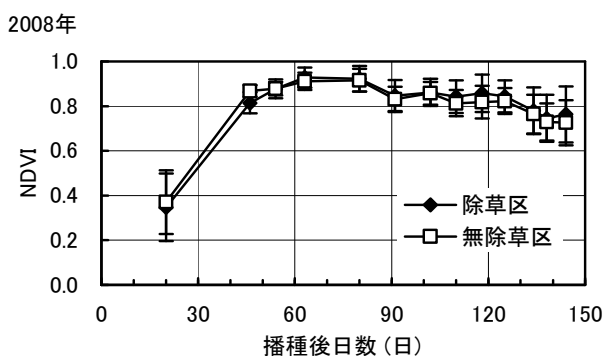


図 2 に稈長, 稈径, および SPAD 値それぞれの推移を, 図 3 に被度の推移を示す。稈長は, 2008 年の場合, 両試験区ともに 播種後 96 日(8 月 27 日)に, 2009 年の場合も, 両試験区ともに 播種後 86 日(8 月 15 日)に最大値に達した。稈長の試験区間の 差は, 2008 年の場合, 播種後 54 日(7 月 16 日)まではみられな かったが, その後は有意な差がみられた($p<0.01$)。一方, 2009 年の場合は, 稈長に試験区間の差はなかった。稈径は, 2008 年 の場合, 播種後 70 日(8 月 1 日)から 75 日(8 月 6 日)にかけて, 2009 年の場合は播種後 60 日(7 月 20 日)に最大値に達した。 両年ともに, 稈径は稈長が最大値に達するよりも 26 日前に最大 値に達していた。試験区間の差は, 2008 年の場合は播種後 40 日(7 月 2 日)まで, 2009 年の場合は播種後 52 日(7 月 12 日)ま でみられなかったが, その後, 両年ともに有意な差がみられた ($p<0.05$)。SPAD 値は, 両試験区ともに 2008 年の場合, 播種後 105 日(9 月 5 日)に, 2009 年の場合は播種後 118 日(9 月 16 日) に最大値に達し, その後は両年ともに収穫時にかけて徐々に低 下した。また, 試験区間の差は, 稈径の場合と同様の傾向が見ら れた。植被率は, 両年ともに, 除草区と無除草区で明らかに異なり, 除草区よりも無除草区で高かった。特に, 無除草区の植被率 は, 除草区よりも 30 日前に最大値に達していた。また, 無除草区 では, 播種から植被率が最大値に達するまでの間, 植被率の 80%が雑草由来のものであった。しかし, 両試験区の植被率が 最大値に達する播種後 90 日(8 月下旬)以降は, トウモロコシ由 来の植被率が 80%以上であり, 雑草由来の割合は 20%以下だ った。これら生育量と前述した NDVI の推移を比較すると, NDVI の推移は稈長および SPAD 値よりも稈径または植被率の 推移に類似していた。

表 1 に NDVI と生育量および飼料成分との決定係数を示す。 全栽培期間を対象とした場合, 稈長, 植被率, およびデンプン以 外の項目では, 全体的に NDVI との決定係数は低かった(0.47 –0.00)。一方, 期間を特定した場合, 稈長, 稈径, および植被

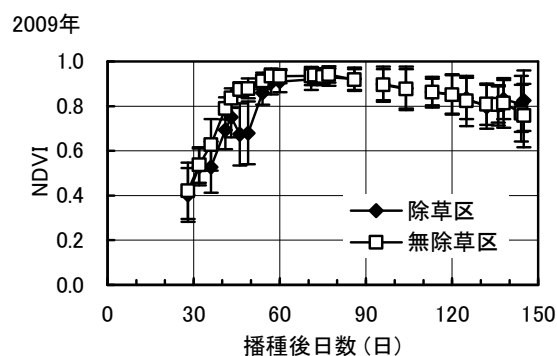


図1 NDVIの推移

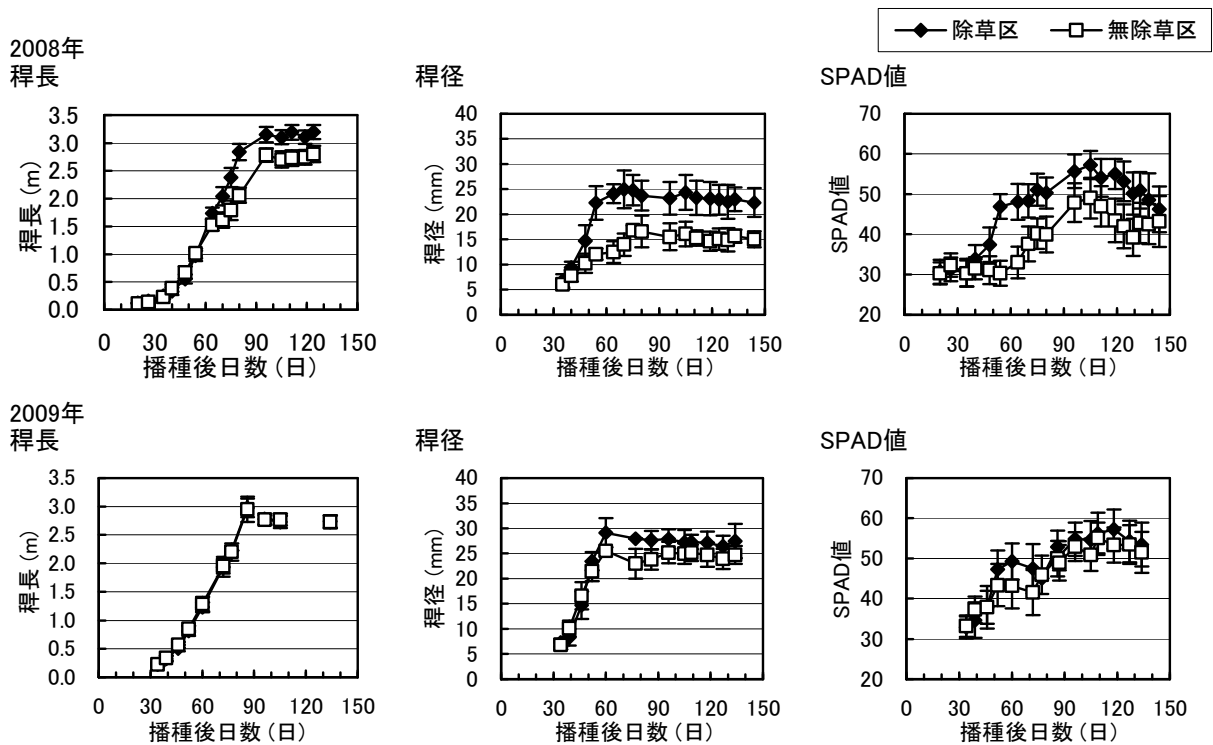


図2 生育量(株長, 稈径, SPAD値)の推移

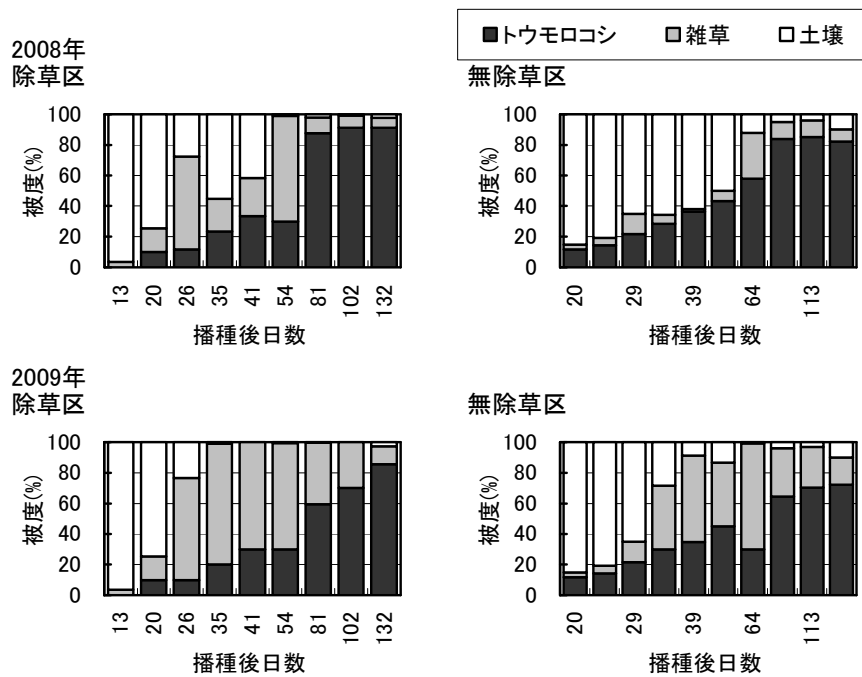


図3 被度の推移

率は、播種後20日から60日の開花期直前までの期間において、NDVI との決定係数が特に高かった(0.93-0.70). 水分と飼料成分は、開花終了後の播種後91日から収穫期の144日において、NDVI との決定係数が全期間の場合よりも高くなった(0.54

-0.26). 以上から、開花期までのスペクトル情報は稈長や植被率の把握に、開花期以降のスペクトル情報は水分と飼料成分の把握への利用が期待された.

5. まとめ

トウモロコシ生育に伴うスペクトルデータの変化に着目した結果、栄養生長期から出穂・糸糸抽出期直前までの NDVI には除草の有無による試験区間の違いが見られた($p < 0.01$)。そのため、この期間のスペクトルデータからは雑草の有無を識別できると考え、除草作業の計画や除草効果の評価に利用できると判断した。一方、開花期から収穫期の NDVI には除草の有無による試験区間に有意な差($p < 0.01$)は見られず、雑草の影響がほぼ見られなくなったと判断された。そのため有機栽培のように除草処理が十分に行き届かない畑においても、慣行栽培と同様の手法で評価できることが示された。また、この時期の NDVI にはトウモロコシの水分、現存量および飼料成分による違いが見られたことから、スペクトルデータはトウモロコシの生育と飼料成分の評価に利用できると考えられた。

7. 参考文献

- 1) 安積大治・志賀弘之 (2003) 水稻成熟期の SPOT/HRV データによる米粒蛋白含有率の推定. 日本リモートセンシング学会誌 23(5), p451-457
- 2) 井上吉雄・ギャッシュディンミア・境谷栄治・中野憲司・川村健介 (2008) ハイパースペクトル計測に基づく正規化分光反射指数 NDSI マップおよび波長選択型 PLS による植物・生態系変量の評価：米粒タンパク含有率・クロロフィル濃度・バイオマス評価を事例として. 日本リモートセンシング学会誌 28(4), p317-330
- 3) 児島利治・秋山侃・石原光則・ARA Wahid Din (2008) 流域圏の構造と機能の空間分布. システム農業 24(2), p121-128
- 4) 中坪あゆみ・田中勝千・杉浦俊弘・加藤 亘・三谷 歩・石岡義則・嶋栄吉・嶋田 浩 (2011) 航空機ハイパースペクトルセンサを用いた飼料用トウモロコシ (*Zea mays* L.) 畑の植生指数と生育量との関係. 日本草地学会誌. 57(1) p34-38
- 5) 小熊宏之・島崎彦人・山形与志樹 (2002) 森林樹冠率の推移におけるミクセル分類手法の有効性に関する研究. 写真測量とリモートセンシング 41(2), p4-14
- 6) 小阪尚子・宇都有昭・小杉幸夫(2003)農地ハイパースペクトルデータの ICA 支援用ミクセル分解:航空機観測への適用. 写真測量とリモートセンシング 43(3), p30-41

表1 NDVIと生育量および飼料成分との決定係数

	全期間		特定期間	
	決定係数 (R ²)	期間 播種後日数(日)	決定係数 (R ²)	期間 播種後日数(日)
稈長	0.66	20-132	0.93	20-54
稈径	0.47	20-134	0.70	32-46
SPAD値	0.31	20-144	0.49	20-46
植被率	0.85	20-134	0.82	20-60
最大光合成速度	0.14	46-134	0.46	54-134
トウモロコシ現存量	0.19	47-150	0.47	70-150
水分	0.01	63-144	0.54	91-144
TDN	0.18	63-144	0.51	91-144
CP	0.02	63-144	0.26	91-144
EE	0.04	63-144	0.26	91-144
OCC	0.03	63-144	0.48	91-144
デンプン	0.55	63-144	0.50	91-144
OCW	0.00	63-144	0.50	91-144
Oa	0.01	63-144	0.53	91-144
Ob	0.00	63-144	0.47	91-144
NDF	0.01	63-144	0.50	91-144
ADF	0.02	63-144	0.50	91-144
ADL	0.01	63-144	0.46	91-144

6. 謝辞

北里大学獣医学部フィールドサイエンスセンターの職員の皆様および環境情報学研究室の専攻生には多大なご協力を頂いた。ここに記して感謝の意を表す。

- 7) 中坪あゆみ・田中勝千・杉浦 俊弘・皆川秀夫・嶋 栄吉・嶋田 浩 (2009a) ハイパースペクトルイメージングセンサを用いた飼料用トウモロコシ (*Zea mays* L.) 畑のセンシング(第1報) — 異なるプラットフォームによるスペクトルデータの比較 —. 農業機械学会東北支部報. 56, p21-24
- 8) 中坪あゆみ・田中勝千・杉浦俊弘・皆川秀夫・嶋 栄吉・嶋田 浩 (2009b) ハイパースペクトルイメージングセンサを用いた飼料用トウモロコシ (*Zea mays* L.) 畑のセンシング(第2報) — スペクトルデータと水分および栄養成分との関係 —. 農業機械学会東北支部報. 56, p25-28
- 9) 岡本 博史・酒井 憲司・村田 哲郎・片岡 崇・端 俊一 (2006a) ハイパースペクトル画像による多目的解析に対応したオブジェクト指向ソフトウェアフレームワークの構築. 農業情報研究 15 (2), 103-112
- 10) 岡本 博史・酒井 憲司・村田 哲郎・片岡 崇・端 俊一 (2006b) ハイパースペクトル画像解析フレームワークを利用したリモートセンシングソフトウェアの開発. 農業情報研究 15 (3), 219-229

消雪後の固結土壌条件下における水稲不耕起V溝直播（第4報）

—大規模営農への展開—

野沢智裕

Development of the V-furrow No-Till Direct Seeding on the Solid Soil Condition being after Thaw Period

Part 4: Progress to the Large-scale Farming

Tomohiro NOZAWA

〔キーワード〕 水稲、乾田直播、不耕起V溝直播、大規模営農

1 はじめに

筆者は、寒冷地北部における水稲不耕起V溝直播の実用化技術について試験を継続し、第1報（2007年）、第2報（2007年）、第3報（2009年）でその結果を報告した。これまでに、大豆や水稲を収穫した圃場を秋にロータリ耕で整地しておき、消雪後に乾燥した状態を播種床として播種することで、水稲不耕起V溝直播の実用性を確認している。更に、融雪水などを利用して春季代かきが可能な場合には、その後に乾燥固結させた播種床条件でも水稲不耕起V溝直播が実用可能であることも報告した（2009年）。

これらの試験結果は、水稲不耕起V溝直播を適用できる播種床条件の自由度の高さを示しており、寒冷地北部でも導入できる可能性が高まった。

本報では、現在家族経営で水稲移植栽培を営んでいる農家が、水稲不耕起V溝直播を導入して大規模営農を展開していくことを想定した実証栽培試験を実施したので、その結果を報告する。

2 方法

(1) 試験条件

ア 試験場所

青森県産業技術センター農林総合研究所（以下、青森農林総研。住所は青森県黒石市田中）の敷地は1辺約1km四方の正方形で、その中央部に庁舎、農業機械格納庫、給水所、米乾燥施設等がまとまっている。敷地内の北西から南西の外縁部に延べ約45haの面積の圃場がある。建物がある場所を集落、圃場を農地とすると農村集落に見立て、青森農林総研の敷地内で実証栽培試験を実施した。圃場のうち30a～3ha区画の農道ターン可能な圃場を6

筆、合計7.3haを供試した。土壌は中粗粒灰色低地土である。

イ 試験年次

2010年に実施した。

ウ 労働条件

組作業人員は、家族経営農家を想定して最大2名とした。作業者は青森農林総研職員で、筆者も一部加わった。

1日の作業時間は、作業開始時刻8時45分前後、作業終了時刻16時45分前後の約8時間（収穫作業だけは、概ね10時開始、16時30分終了の約6時間30分）とした。準備、移動、昼食、休憩等もこれに含めた。

エ 使用機械

青森農林総研所有のホイルトラクタ（40.5kW（55馬力）、代かき機（作業幅2.8m）、あぜ塗り機、不耕起V溝直播機（条間20cm×10条）、混合機（容量100L）、自走式動力噴霧機（散布幅10m、容量500L）、畦畔草刈機（トラクタ装着型、刈幅60cm）、自脱型コンバイン（6条）、トラック（2t）、ロータリ（作業幅2m）を各1台、刈払機を2台使用した。これらの機械装備は慣行の移植栽培で使用しているもので、新たに追加した機械は播種機のみである。病虫害防除と収穫後の乾燥・調製は作業委託とした。

オ 耕種概要

中生品種「まっしぐら」（一部「つがるロマン」）を用い、播種量は乾籾相当8kg/10aとした。施肥は被覆尿素を播種同時施用し、施肥量は窒素成分8.0kg/10a、りん酸、加里は無施用とした。除草体系は、湛水前に茎葉処理剤、湛水後に一発剤の散布とし、残草は手取りした。

カ 播種床条件

全ての供試圃場は、前年水稲収穫後にロータリ耕で整地（稲わらすき込みのための秋耕）を行った。その後、融雪水をためるために暗渠や排水口は全閉の状態越冬

した。各圃場とも最大積雪深は80cm前後であったが、消雪期（3月下旬）は融雪水のたまり方が異なった。そのため、次のA、B、Cのパターンの播種床条件で播種した。

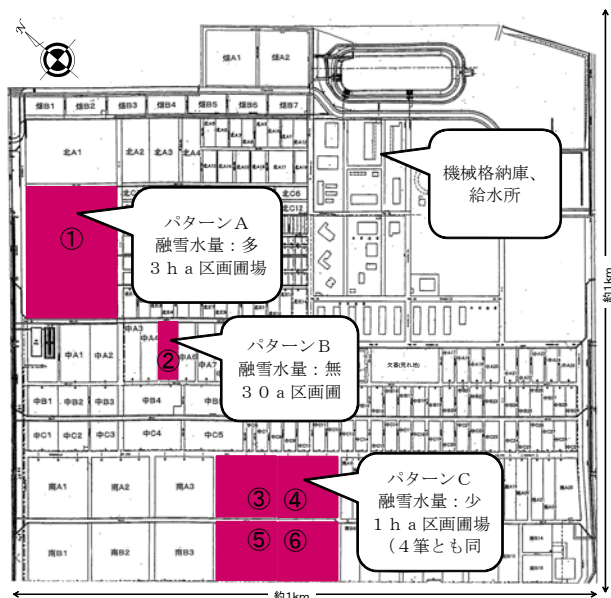


図1 青森農林総研敷地の概略と供試圃場

パターンA：融雪水が多くたまっていた圃場（1筆、図1の①、図2）。融雪水で春季代かき後、排水し、乾燥固結した状態で播種した。

パターンB：漏水により融雪水が全くたまっていなかった圃場（1筆、図1の②、図3）。漏水抑制のために通水開始直後の用水で春季代かきした後、速やかに排水し、乾燥固結した状態で播種した。

パターンC：融雪水が少なく（ひたひたの状態）たまっていた圃場（4筆、図1の③～⑥、図4）。代かきは可能であったが、作業数を減らすために排水して乾燥させ、不耕起状態で播種した。

(2) 調査方法

ア 作業能率等

圃場作業量は、各圃場への進入時から退出時までの時間を測定して算出した。

イ 出芽及び収量

圃場の大きさに応じて1筆当たり3～10か所の調査地点を均等に配置し、出芽揃い期に出芽数、成熟期に坪刈りを行った。全刈収量は、1筆ごとコンバイン収穫して計量・算出した。

収量は、水分15.0%、1.90mmの縦目ふるいで選別した玄米重とした。

ウ 残草量

手取り除草したノビエの個体数を圃場ごとに計数した。



図2 パターンA圃場の消雪期の状況



図3 パターンB圃場の消雪期の状況



図4 パターンC圃場の消雪期の状況

3 結果・考察

(1) 作業体系

実施した作業体系を表1に、主な作業の圃場作業量と負担面積を表2に示した。

各作業は、ほぼ計画どおりに実施でき、大規模営農体系は、1～2人の作業人員でも作業適期内に余裕をもって実施できることが確認された。

主な作業の負担面積で小さい値は、畦畔草刈りの21.2haと収穫の22.2haであった。このため、この作業体系の負担面積はこれらに制約されて21ha前後と推定される。

なお、畦畔草刈りは、供試圃場の法面面積が通常より広いために時間を要したもので、実施には収穫作業が体系の負担面積を制約するものと考えられる。

寒冷地北部の水稻直播では、播種適期内に播種を終えることが重要であり、青森型水稻直播栽培技術マニュアル（青森県、2008）では乾田直播の播種晩限を5月15日頃としている。

春季代かきを実施した場合、特に播種床条件Bの用水で代かきを行い乾燥固結後に播種する場合には、播種晩限までに播種床条件が整うかどうか危惧される。今回

は、No.②圃場がこのパターンであったが、播種は適期内の5月11日に実施でき問題はなかった。

他の圃場の播種は、播種床条件Aの融雪水で春季代かきをしたNo.①圃場が5月3日、播種床条件Cの不耕起としたNo.③から⑥までの圃場が4月26、27日に実施でき、いずれも播種適期内であった。

表1 作業体系

作業名		作業計画 (月/旬)	作業実績 (圃場No.と実施日)	主な使用機械
代かき		3/下～5/上	①3/19、3/23（2分割で実施）、 ②4/23	代かき機、 トラクタ
種子準備	種子消毒、 浸種	4/下	①～⑥ 3/31 種子消毒 4/1-8 浸種	—
	忌避剤塗沫		①～⑥ 4/9 忌避剤塗沫	混合機
播種・施肥		4/下～5/中	①5/3、②5/11、 ③～⑥4/26、4/27	不耕起V溝直播機、 トラクタ
雑草防除	湛水前	5/下～6/上	①5/22、6/2、 ②③⑤5/31、 ④⑥5/21、6/1	自走式動力噴霧機
	湛水後	6/中	①～⑥6/24	(手動加圧散布器)
	手取り	8/下～9/中	①～⑥8/24-25、9/13	—
病虫害防除		8/中、8/下	委託	産業用無人ヘリ
栽培管理	あぜ塗り	4/上～4/中	②4/6	あぜ塗り機
	畦畔草刈り	6/下～9/上	①～⑥6/24-30、7/23-30、9/1-10	畦畔草刈機、刈払機
	水管理	6/上～8/下	①～⑥6/5-8/24	—
収穫		10/上～10/中	①10/1、10/5、②10/7、 ③10/5、④10/6、⑤10/6、⑥10/12	自脱型コンバイン、 トラック
乾燥調製		10/上～10/中	委託	ライスセンタ
稲わら処理		10/下～11/中	①11/4、11/7、②11/4、 ③④11/8、⑤⑥11/11	ロータリ、 トラクタ

注1) あぜ塗りは②圃場のみ実施。他圃場は道路で囲まれているため実施なし。

表2 圃場作業量、負担面積等

作業名		作業人員 (人)	圃場作業量 (ha/時間)	実作業時間 (時間/日)	1日の 負担面積 (ha/日)	作業可能 日数 (日)	作業回数 (回)	負担面積 (ha)
代かき		1	0.31	6.5	2.0	20	0～1	53.9
種子予措	忌避剤塗沫	2	1.67	6.5	10.8	20	1	130.0
播種・施肥		2	0.59	6.5	3.8	20	1	45.9
雑草防除	湛水前	1	0.67	6.5	4.3	20	1～2	43.8
	湛水後	1	2.00	6.5	13.0	5	1	39.0
	手取り	2	0.71	6.5	4.6	30	2	41.8
栽培管理	あぜ塗り	1	0.50	6.5	3.3	15	1	29.3
	畦畔草刈り	2	0.20	6.5	1.3	80	3	21.2
収穫		2	0.37	5.0	1.9	20	1	22.2
稲わら処理		1	0.33	6.5	2.2	30	1	39.0

注1) 圃場作業量は30a区画又は1ha区画の値。

注2) 実作業時間は実測値を平準化し、収穫5.0時間、その他6.5時間とした。

注3) 作業可能日数率は、各作業とも60%とした。

注4) 代かきの負担面積は全体7.3haの一部3.3haだけ実施したときの数値。全てで実施すると25.3haとなる。

注5) 雑草防除（湛水前）の負担面積は全体7.3haの一部5.0haで2回、残り2.3haで1回実施したときの数値。全てで1回実施した場合には54.0ha、全てで2回実施した場合には27.0haとなる。

注6) あぜ塗りの負担面積は、全ての圃場が30a区画圃場と仮定して全部実施した場合の数値。

(2) 生育状況

表3に実証栽培圃場の出芽数、収量及び品質を示した。

出芽数は139～189本/㎡が得られ、各圃場とも出芽状況は良好であった。播種床条件による大きな差異は見られなかった。

収量は坪刈収量で501～546kg/10a、全刈収量で488～548kg/10aであった。坪刈収量では、春季代かきを行った播種床条件AとBの圃場が、不耕起の播種床条件Cの圃場より高い傾向が見られたが、播種床条件Cでも概ね実用的な収量水準を達成したと思われる。

品質は検査等級が全て1等と良好であった。

表3 出芽数と収量

圃場 No.	播種床 条件	出芽数 (本/㎡)	坪刈収量 (kg/10a)	全刈収量 (kg/10a)	品質
					検査等級
①	A	139	535	未計測	1等
②	B	158	546	548	1等
③	C	189	502	516	1等
④	C	157	523	519	1等
⑤	C	164	502	521	1等
⑥	C	156	501	488	1等
全体平均		160	518	518	1等

注1) No.⑥は、暗渠水閘の不具合で水漏れがあり、この影響で圃場1/3の生育が劣った。

注2) 東北農政局2010年10月28日公表の水稲予想収量で青森県津軽のふるい目幅1.90mmの収量は558kg/10a。

(3) 雑草の発生状況

水稲乾田直播では、除草対策が問題になることが多い。小規模栽培では除草に失敗しても後期除草剤の追加散布や手取り除草で対応できるが、大規模栽培では、経費や労働力の関係で、それが難しくなることが予想される。そのため、失敗の無い除草体系の選定が重要と考える。

今回の実証栽培では、このことを踏まえて、グリホサート剤→ノミニー液剤→一発剤の除草剤体系と、これからグリホサート剤を省略したノミニー液剤→一発剤の除草剤体系の2体系を実施した。その後の手取り除草の方法は、比較的労働力のかからない「ヒエ抜き」と呼ばれる方法で行った。これは、水稲より草高が高く出穂したノビエを圃場の周囲をから発見し、結実前に抜き取って（又は地際で切断）圃場外に搬出する方法である。

表4に各圃場の除草剤体系と残草量（手取り除草で圃場外に搬出したノビエ数）を示した。

表4 除草体系と残草量（手取り除草したノビエ数）

圃場 No.	播種床 条件	区画	除草剤体系	残草量	
				8月24, 25日	9月13日
				(個体/圃場)	(個体/圃場)
①	A	3ha	G5/22→N6/2→D6/10	0	0
②	B	30a	N5/31→D6/10	—	—
③	C	1ha	N5/31→D6/10	135	63
④	C	1ha	G5/21→N6/1→D6/10	0	6
⑤	C	1ha	N5/31→D6/10	38	9
⑥	C	1ha	G5/21→N6/1→D6/10	0	0

注1) 除草剤体系のアルファベットは、次の除草剤の略。

G: ラウンドアップ マックスロート又は三共の草枯らし、

N: ノミニー液剤、D: ダブルスター-SB顆粒。

アルファベットの後の数字は散布月日（月/日）。

注2) 本数の0はノビエを発見できなかったことを示す。

注3) No.②は未調査。達観ではNo.③と同密度の残草量であった。

注4) ノビエ以外の残草は無視できる程度であった。

グリホサート剤→ノミニー液剤→一発剤の除草剤体系をとった圃場では、手取りしたノビエが0本であった。

グリホサート剤を省略した体系では残草があったが、本数の多いNo.③圃場でも、1ha区画全体で8月が135個体、9月が63個体と問題になるほど多くはなかった。なお、各圃場ともノビエ以外の残草はほとんど無かった。

播種床条件での差異は判然としなかった。

グリホサート剤の散布時期は水稲の出芽直前が良く、また飛散事故防止の観点から周囲の水田が移植される前が望ましいため、計画し難い点もあるが、大規模営農において完全除草ができるメリットは大きいと思われる。

4 まとめ

寒冷地北部の水稲移植栽培農家が、水稲不耕起V溝直播を導入して大規模営農を展開していくことを想定し、青森農林総研内で実証栽培試験を実施した。

播種床条件は、圃場の融雪水のたまり方に応じた3パターンとした。すなわち、融雪水が多たまっていた圃場では融雪水で春季代かき後、乾燥固結した状態（パターンA）、融雪水が全くたまっていなかった圃場では通水開始直後の用水で春季代かきした後、乾燥固結した状態（パターンB）、融雪水が少なくなっていた圃場では不耕起状態（パターンC）の播種床条件で播種した。

その結果、約21ha規模までの大規模営農が少人数で実施可能な作業体系であることが確認され、いずれの圃場でも実用的な収量と良好な品質が得られた。除草対策については、グリホサート剤→ノミニー液剤→一発剤の除草剤体系で手取り除草が不要となった。

以上、水稲不耕起V溝直播は、少人数で大規模営農体系が取組め、多くの機械を移植栽培と共用できることから、大きな投資ができない家族経営農家が水稲栽培の規模拡大を進める上で、有望な栽培方法であることが確認された。

5 参考文献

- 野沢智裕, 消雪後の固結土壌条件下における水稲不耕起V溝直播（第1報）, 農業機械学会東北支部報 No.54, 9-12, 2007
- 野沢智裕, 消雪後の固結土壌条件下における水稲不耕起V溝直播（第2報）, 農業機械学会東北支部報 No.54, 13-18, 2007
- 野沢智裕, 消雪後の固結土壌条件下における水稲不耕起V溝直播（第3報）, 農業機械学会東北支部報 No.56, 9-12, 2009
- 野沢智裕・横山裕正, 寒冷地北部における水稲不耕起V溝直播の現地実証, 農業機械学会東北支部報 No.56, 13-16, 2009
- 青森県, 青森型水稲直播栽培技術マニュアル, 2008

TOHOKU BRANCH REPORT
OF
THE JAPANESE SOCIETY OF AGRICULTURAL MACHINERY

CONTENTS

RESEARCH PAPERS

SINGH , D., NISHIYAMA , Y., NATSUGA , M., KATAHIRA , M. :
An Investigation into the Temperature Dependency of Rice Constituent Determination Using Near-Infrared Spectroscopy . . . 1

Wu , Y., NATSUGA , M., KATAHIRA , M., YOSHIDA , N. :
Constituent Determination of Goat Milk by Near-Infrared Spectroscopy 5

SAITO , M., SHINDO , H., KATAHIRA , M., KATO , R., YAMAYA , S. :
Measurement of Rice Straw Collection System Using Small GPS Logger on Large Scale Paddy Field 9

SHINDO , H., NAKAGAWA , S., SAITO , M., KATAHIRA , M., KATO , R., YAMAYA , S. :
Soil Compression with Rice Straw Collection Work on Reclaimed Heavy Clay Paddy-rice Fields in Hachirogata 13

KATAHIRA , M., SHINDO , H., SAITO , M., KATO , R., YAMAYA , S., NATSUGA , M. :
An investigation into the optimization of rice straw collection system for bioethanol fuel production 17

KOBAYASHI , Y., KONDO , T. :
Development and Use of a Water Level Monitor System of Irrigation Channel 21

NAKATSUBO , A., TANAKA , K., SUGIURA , T., MINAGAWA , H., SHIMADA , H. :
Change in spectral data arising from maize growth and its application 25

NOZAWA , T. :
Development of the V-furrow No-Till Direct Seeding on the Solid Soil Condition being after Thaw Period (Part 4) 29

TOPICS 33

NOTES 52

ORGANIZATION DIRECTORY 72