

農業機械学会東北支部報

NO. 44 DEC. 1997

平成9年12月

目 次

研究報告

・ノズルテスターによるナタネ脱酸油の噴霧粒径	富樫千之・松森一浩	1
・深耕ロータリ耕うんの土壤移動特性（第1報）	小野寺一宏・片岡 崇・村上成宏・広間達夫・太田義信	7
・車輪下の土中垂直応力	広間達夫・阿部孝志・片岡 崇・太田義信	13
・斜面上におけるトラクタ系車両の自律走行	中辻直良・鳥巣 謙・武田純一	17
・第5輪によるトラクタの位置認識	本橋匂司・高野 剛・益子祐二	23
・光波測距角儀を用いたトラクタ走行軌跡の簡易計測法	田中勝千・本橋匂司・高野 剛・石田頼子	27
・超音波式変位センサによる牧草刈取り境界の検出（第1報）	田中勝千・本橋匂司・高野 剛・石田頼子	33
・加熱通風によるニンニクの乾燥特性と運転経費（第2報）	片平光彦・佐藤 賢・戸次英二	37
・除湿空気によるニンニクの乾燥特性と部位別水分量	佐藤 賢・片平光彦・戸次英二	43
・糞の吸湿による胴割れ	中西一久・バウテスタ, R.C.・戸次英二	47
・圃場における画像撮影環境と画像の濃度分布について（第1報）	小林由喜也・中村典裕・嶋田 浩	51
・画像処理による根菜類の幼苗の認識	上野有穂・張 樹槐・高橋照夫・戸次英二	57
・試作オウツシェーカによるほ場試験（第2報）	赤瀬 章・鈴木 洋・上出順一・岡 貴志・本間清治	61
・水稻湛水直播用株状点播機の試作	後藤克典・斎藤洋助・芳賀泰典・山下 亨・田中 進	65
・環境にやさしい低コスト米づくりの実証（第5報）	泉 正則	69
・ネギの省力栽培技術（第1報）	小野寺徹・田口嘉浩	73
・ネギの省力栽培技術（第2報）	小野寺徹	77
・葉たばこ作の機械化に関する研究	太田義信・佐々木公・片岡 崇	81
・中国・東北部の塩類土壤地帯の農地改良について（第1報）	太田義信・馬場秀和・井上克弘・雜賀 優・原 道宏・三輪 式	87

トピックス

新製品コーナー		91
海外研究報告		93
東北若手の会報告		100
シンポジウム報告		102
功績賞・奨励賞表彰者		108
奨励賞梗概		109

支部会記事

庶務報告および会計報告・幹事役割分担表		110
平成9年度研究発表会発表課題		115
農業機械学会東北支部規約・東北支部報投稿規定		117
農業機械関係の研究担当者名簿		119
団体賛助会員名簿		125
個人会員名簿		127

ノズルテスターによるナタネ脱酸油の噴霧粒径

富樫千之*・松森一浩*

Size of Droplets of Deacidified Rapeseed Oil from the Injection Nozzle Tester

Chiyuki TOGASHI*, Kazuhiro MATSUMORI*

Abstract

We have carried out injection tests of deacidified rapeseed oil with an injection nozzle tester and measured by the immersion method the size of droplets sprayed from the tester. The results obtained are summarized as follows:

(1)The average size of droplets sprayed horizontally was $111 \mu\text{m}$ and $177 \mu\text{m}$ at the catch point of R80 and C100. These injection tests showed almost the same results as those using an injection nozzle connected directly to a small diesel engine.

(2)The average size of droplets sprayed downward was bigger as the catch point was closer to the center line of injecting and the distance from the tester to the catch point was longer.

(3)It seems reasonable to suppose that the increase of the average size of droplets sprayed downward is caused by the combination of a slow droplet and a fast droplet sprayed after a slow one.

[Keywords] 代替燃料(substitute fuel), 燃焼(combustion), 噴霧(spray particle), ナタネ脱酸油(deacidified rapeseed oil), ノズルテスター(nozzle tester)

I まえがき

ディーゼル機関の燃焼研究において、重要な問題の一つに燃料の噴霧粒径がある。軽油や重油の噴霧微粒子化は、熱効率を高めるだけでなくすす¹⁾の発生量を抑制する。しかし、窒素酸化物の排出增加²⁾を伴うことから、噴霧の微粒子化による窒素酸化物の排出低減の研究¹⁾が行われている。燃料噴霧の微粒化は、噴射圧力、雰囲気粘性や燃料粘性の影響を受けるため、高压噴射、燃料加温による低粘性等の噴射条件の違いによる噴霧特性の研究例³⁾⁻⁵⁾がある。

一方、植物油をディーゼル燃料とした場合、排氣物との関係では、窒素酸化物や黒煙濃度が減少するとの報告がある⁶⁾ものの、その前段となる噴霧特性すなわち噴射ノズルから噴射された燃料の分布状態、到達度、噴霧粒径の大きさについて十分に解明されていない。そのため、筆者らは、ディー

ゼル燃料としてのナタネ油を中心とする植物油の噴霧粒径の特性を調べている。具体的には、①ナタネ油を含めた植物油の噴霧粒径、②植物油の粘性と噴霧粒径の関係、③噴射ノズルタイプと噴霧粒径および噴射分布の関係、をそれぞれ明らかにしようとしている。このうち、前2者に対しては、噴霧粒径を大気圧下、水平方向噴射、ピントルタイプの噴射ノズルとした条件で、シリコン油を受止め液とした液浸法で測定し、平均噴霧粒径は従来報告の1/3程度であること⁷⁾、液滴粒子の大きさは比重および表面張力の違いによる変化はわずかで、粘性の影響が最も大きく、平均噴霧粒径は動粘度が50~60mm²/s付近まで急激に大きくなり、その後漸増傾向に転じる1本の曲線で整理できること⁸⁾、を報告した。

後者の噴射ノズルタイプと噴霧粒径および噴射分布の関係をみる実験は、ノズルテスターの使用

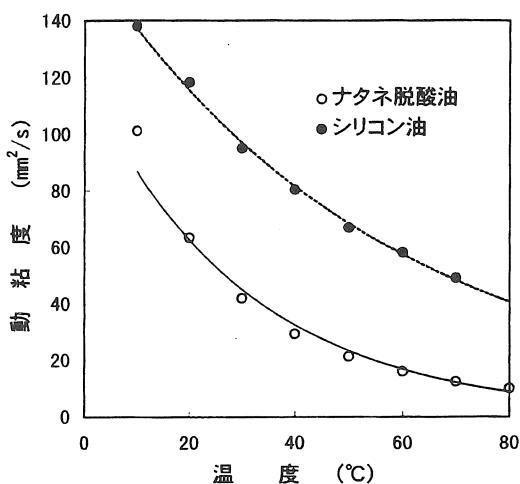


図1 ナタネ脱酸油・シリコン油
動粘度の温度依存性

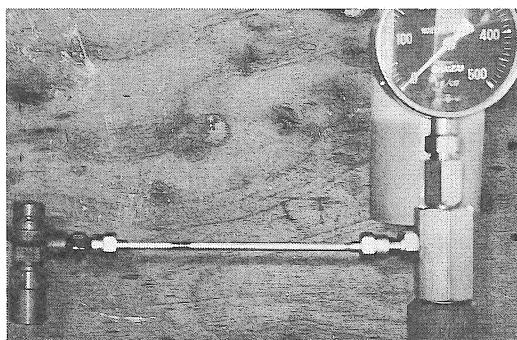


写真1 ノズルスターと噴射ノズル

が簡便で、水平⁷⁾および下方⁹⁾の2方向への燃料噴射が可能である。そこで本報では、ノズルスターを使用して水平および下方噴射による噴霧粒径を液浸法で測定し、ノズルスターによる噴霧粒径特性を確認するとともに既報^{7,8)}と比較した。

II 供試材料および噴射ノズル

供試したナタネ脱酸油はN社から入手した。供試油の動粘度は、ウベローデ型粘度計で測定し、温度依存性との関係で図1に示した。供試油の動粘度は、軽油と比較してかなり高く、温度依存性も大きい。

液浸法で使用した受止め液は既報^{7,8)}の結果からシリコン油（信越シリコーンK.K., KF96）

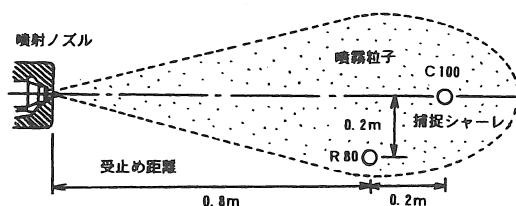


図2 水平噴射の噴霧粒子捕捉位置

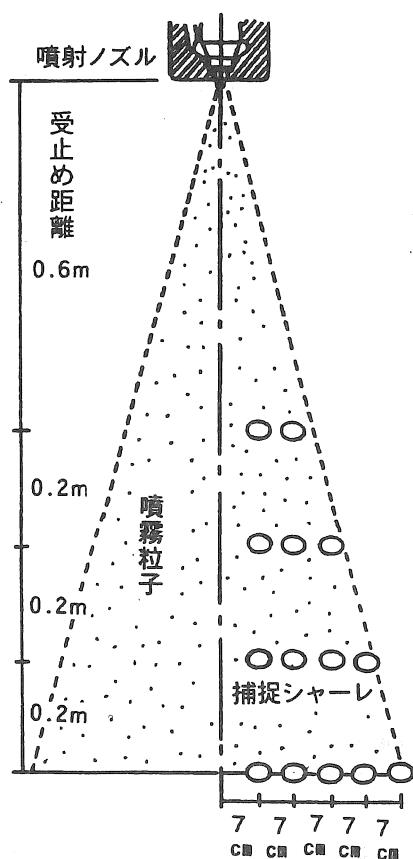


図3 下方噴射の噴霧粒子捕捉位置

とし、動粘度は供試油と同様にウベローデ型粘度計で測定した（図1）。シリコン油の動粘度は、各温度でナタネ脱酸油より40～50mm²/s程度高かった。

噴射ノズルは既報^{7,8)}と同様に小型ディーゼル機関（ヤンマーディーゼルK.K., HA4B, 定格出力/回転数: 2.57kW/2400rpm）に使用されているピントルタイプとした。

III 測定方法

実験は、大気圧下で行った。実験の手順は以下のとおりである。機関の燃焼室から取り外した噴射ノズルをノズルテスターに取り付け(写真1)，大気中に噴射した噴霧液滴をシャーレに塗布した受止め液で捕捉し、顕微鏡を介して拡大撮影し、現像プリントした噴霧粒子の径を直接測定する。すなわち、シャーレに捕捉した噴霧液滴は、顕微鏡(オリンパスG-23X)で80倍に拡大し、カメラ(ニコンM-35.SR)で撮影した。フィルムはISO400のカラーフィルムを使用した。噴霧液滴の捕捉終了から写真撮影終了までの時間は、噴霧液滴の受止め液への溶解および噴霧液滴間の合体を最小限とするため30s以内⁷⁾とした。

実験時の供試油の噴射温度は26°C、ノズルテスター

1回の燃料噴射量は、0.463gであった。それぞれの捕捉位置におけるノズルテスターの噴射回数は3～10回とし、噴射中心から離れると噴霧粒子数が少なくなるため、噴射回数を多くした。

実験時のノズルの噴射圧力は約13MPaであった。

1. 水平噴射

水平噴射実験は、噴射ノズルと捕捉シャーレの高低差0.27mとし、捕捉位置は既報⁷⁾を参考に、噴射中心線距離0.8m、右方0.2m(R80)および噴射中心距離1.0m(C100)の位置(図2)とした。

2. 下方噴射

下方噴射実験の噴霧液滴の捕捉位置は図3に示したように、噴射中心線上距離0.6m、右方7および14cm(60R7, 60R14)、同距離0.8m、右方7, 14および21cm(80R7～80R21)、同距

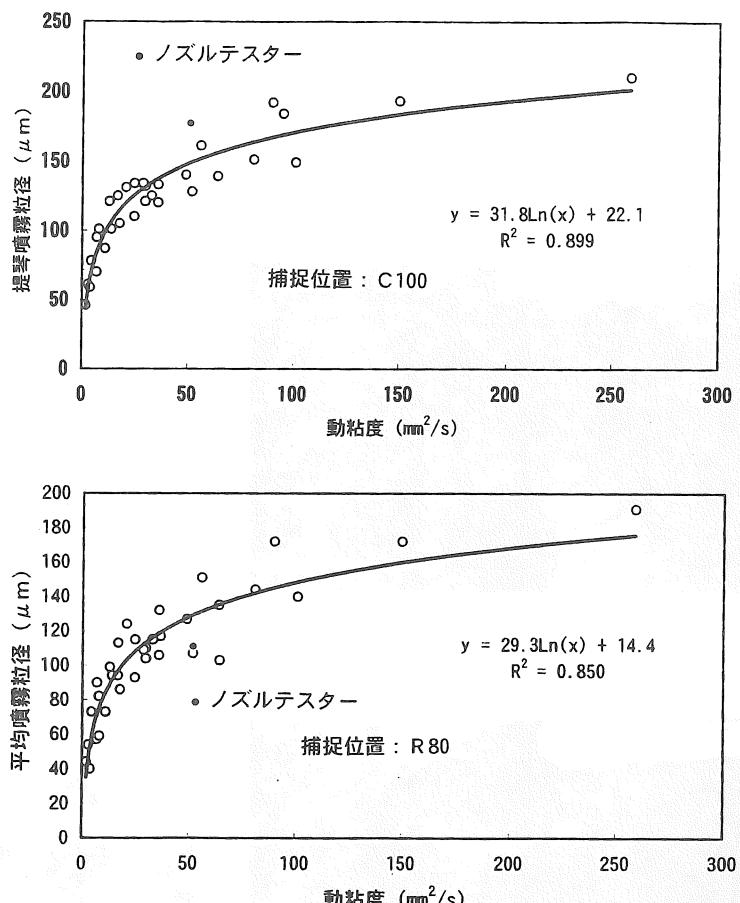


図4 動粘度と平均噴霧粒径の関係

離1.0m、右方7, 14, 21および28cm(100R7～100R28)、同距離1.2m、右方7, 14, 21, 28および35cm(120R7～120R35)とした。

IV 実験結果および考察

燃焼時間は噴霧粒子容積に対する総噴霧粒子表面積の大きさに影響されるため、総容積を総表面積で除した比表面積粒子径を平均噴霧粒径dとして、次式で計算した。

$$d = (\sum x_i^3 \cdot n_i) / (\sum x_i^2 \cdot n_i)$$

x_i : 噴霧粒子の測定粒径

n_i : x_i の個数

1. 水平噴射

水平噴射したナタネ脱酸油液滴の平均噴霧粒径は、捕捉位置R80およびC100でそれぞれ111μm

($n=713$) および $177 \mu\text{m}$ ($n=581$) であった。図4は前報⁸⁾の燃料動粘度と平均噴霧粒径の関係に、本実験結果を加えたものである。

ノズルテスターによる平均噴霧粒径は、C100でやや大きく、逆にR80ではやや小さかったが、前報⁸⁾の傾向の範囲内と考えられる。本試験と前報試験⁸⁾の噴射条件で異なる点は、機関回転数

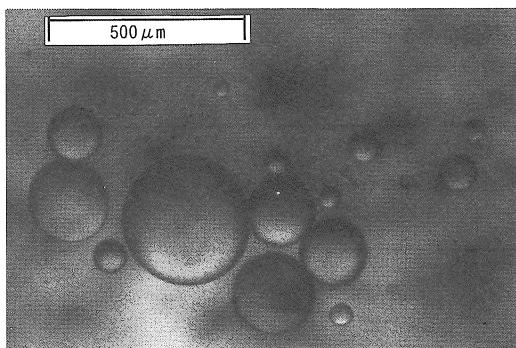
(1800rpm)、噴射圧力 (15.68MPa) であったが、図4からノズルテスターによる噴霧試験は、動粘度が同程度であれば、小型ディーゼル機関とノズルを直結した噴射と同様であると考えられた。

2. 下方噴射

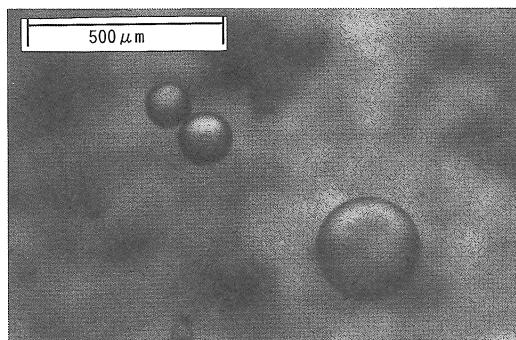
捕捉距離1.2mで撮影したナタネ脱酸油の噴霧粒子の一例は写真2に、液滴の平均噴霧粒径は表1に示した。

写真2から、大きな噴霧粒子は噴射中心に近い捕捉位置ではみられるが、噴射周辺部に移行するにつれてみられなくなった。同様に、大きな噴霧粒子は捕捉距離が遠くなるにつれてみられるようになった。そのため、平均噴霧粒径は、捕捉位置が噴射中心線に近く、捕捉距離が遠い場合に大きくなつた(図5)。

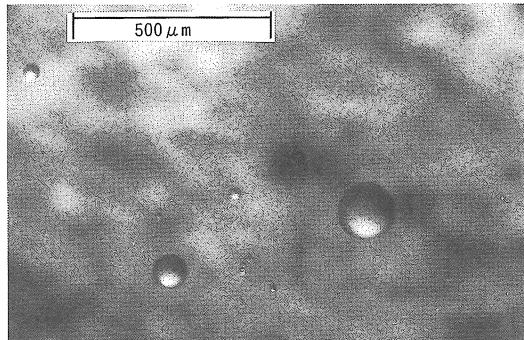
水平噴射における噴射中心線上の平均噴霧粒径は、捕捉距離が長くなるにつれて大きくなり、1.2mでは $196 \mu\text{m}$ ⁷⁾ で、その理由は、大きな噴霧



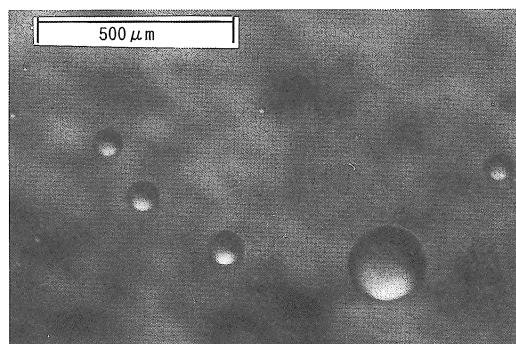
捕捉位置：120R7



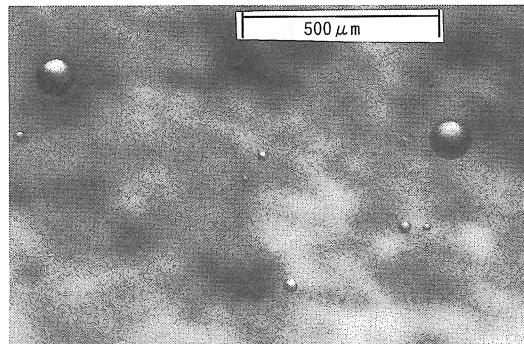
捕捉位置：120R14



捕捉位置：120R28



捕捉位置：120R21



捕捉位置：120R35

写真2 ナタネ脱酸油の噴霧粒子

粒子ほど到達度が大きいためであった。これに対して、下方噴射でも捕捉距離が長くなると平均噴霧粒径は大きくなるが、増加程度は水平噴射をかなり上回った。

連続撮影による大気圧条件下のディーゼル噴霧（噴射圧力60MPa：軽油）の初期過程の研究によると、初期に噴射された速度の遅い噴霧粒子は、後から噴射された速い噴霧粒子に衝突される⁴⁾。このような現象は、ナタネ油等の植物油を供試した場合も同様で、衝突した噴霧粒子が合体、大きな粒子へと成長し、平均噴霧粒径も大きくなったものと考えられる。特に粗大粒子が多く、通過量も多い中心部で著しく、かつ噴射距離が長くなるほど、合体の度合いも多くなるものと考えられる。

なお、水平噴射の場合にも、速度の遅い噴霧粒子は、後から噴射された速い噴霧粒子に衝突されるが、かなりの噴霧粒子が重力作用によって落下するため、衝突度合いが少なくなり、平均噴霧粒径が小さくなるものものと考えられる。

V まとめ

ノズルテスターを使用して水平および下方噴射による噴霧粒径を液浸法で測定し、ノズルテスターによる噴霧粒径特性を確認するとともに既報^{7,8)}と比較した。液浸法で使用した受止め液は、シリコン油とした。

結果の概要は以下のとおりであった。

- 1) 水平噴射による平均噴霧粒径は、捕捉位置R 80およびC 100でそれぞれ $111 \mu\text{m}$ および $177 \mu\text{m}$ であった。ノズルテスターによる噴霧試験は、小型ディーゼル機関とノズルを直結した噴射と同様であると考えられた。
- 2) 下方噴射による平均噴霧粒径は、捕捉位置が噴射中心線に近く、捕捉距離が遠い場合に大きくなつた。
- 3) 下方噴射による平均噴霧粒径の増大は、初期に噴射された速度の遅い噴霧粒子と、後から噴射された速い噴霧粒子の衝突合体が原因と考えられた。

表1 捕捉位置と平均噴霧粒径 () 測定個数

捕捉距離	0. 6 m	0. 8 m	1. 0 m	1. 2 m	
水平 距離	7 cm 14 cm 21 cm 28 cm 35 cm	147 μm (1175) 105 μm (549) — — —	204 μm (1395) 165 μm (845) 112 μm (631) — —	208 μm (1040) 154 μm (726) 137 μm (774) 103 μm (655) —	266 μm (610) 197 μm (681) 155 μm (998) 132 μm (914) 97 μm (852)

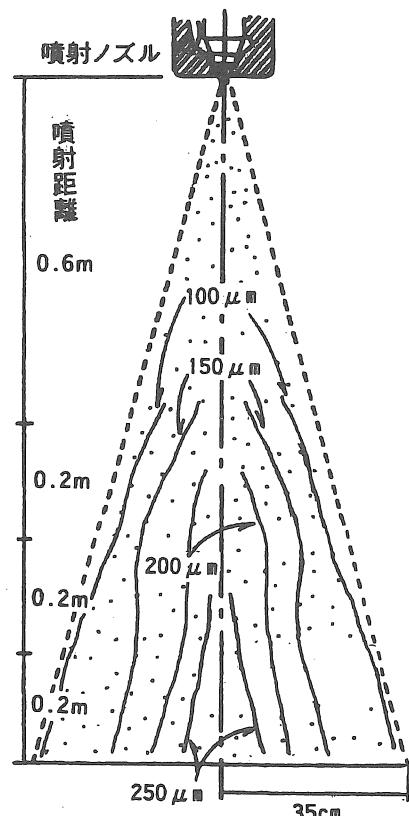


図5 平均噴霧粒径の分布

参考文献

- 1) 飯田訓正・外4名：急速圧縮装置を用いた微細孔高圧ディーゼル噴霧の燃焼過程に関する研究、機論集（B編），62(598)，421-428，1996
- 2) 山崎信行・宮本 登・村山 忠：燃料の加熱がディーゼル機関の噴霧特性と性能に対して及ぼす影響、機論集（B編），49(444)，1810-1818，1983
- 3) 段 智久・外4名：高压燃料噴射時のディーゼル噴霧構造に関する研究、機論集（B編），

- 62(597), 401—407, 1996
- 4) 石川直也・小森正憲・辻村欽司：ディーゼル噴霧の初期形成過程に関する研究，機論集（B編），62(598)，436—441, 1996
- 5) 段 智久・外4名：ディーゼル噴霧構造に与える霧氷気粘性の影響，機論集（B編），62(599), 327—333, 1996
- 6) Ziejewski,M. Goettler,H.J. :Comparative Analysis of the Exhaust Emissions for Vegetable Oil Based Alternative Fuels, ASE Tech Pap Ser,65—73,1992
- 7) 富樫千之・上出順一：ナタネ脱酸油の噴霧粒径，農業機械学会誌，59(2), 89—99, 1997
- 8) 富樫千之・松森一浩・上出順一：植物油の動粘度が噴霧粒径に及ぼす影響，第56回農業機械学会講演要旨，215—216, 1997
- 9) 飯本光雄・松尾昌樹・内野敏剛：ディーゼル燃料油としてのナタネ油の噴霧粒径，千葉大園学報，第30号，13—18, 1982

〔閲読者コメント〕 常用されている軽油の平均噴霧粒径と比べてナタネ脱酸油の噴霧粒径は、水平噴射の実験では2～3倍、垂直噴射の場合はさらに大きな粒子となっている。噴霧粒径が大きい場合、ディーゼルエンジン性能への影響および窒素酸化物等の有害物質の排出との関係は如何になるでしょうか。

〔著者回答〕 植物油脂の中でも粘性が大きく、噴霧粒子も大きくなるパーム油やナタネ油、大豆油等の植物油を燃料としたディーゼル機関の運転性能は、熱効率で軽油より高くなり、排気黒煙濃度および窒素酸化物の排出量は、軽油より低くなります。このため、植物油で噴霧粒子が大きくなることは性能および排出物には悪影響を及ぼさないと考えられます。しかし、植物油の粘度を変化させ、噴霧粒径を段階的に調整した場合のディーゼル機関の性能や排出物量の変化は十分に解明されていません。今後の課題になります。

深耕ロータリ耕うんの土壤移動特性（第1報）

—シルト系圃場における耕うん実験—

小野寺一宏*・片岡 崇*・村上成宏*・廣間達夫*・太田義信*

Shifting of Soil Layers Using Deep Rotary Tillage (Part 1)

—Tillage Experiment in Silt Loam Field—

Kazuhiro ONODERA*, Takashi KATAOKA*, Naruhiro MURAKAMI*,
Tatsuo HIROMA*, Yoshinobu OTA*

Abstract

The objective of this study is to clarify the relationships between shifting of soil layers and effective configurations of rotary blade for deep tillage rotary tiller. Shifting of soil layers has the influence on the crop cultivation and the weed germination. This paper describes results of tillage experiment using two different configurations of tillage blade in the silt loam field. In the use of standard blade the surface layer soil shifted to all layers and the middle layer and the bottom layer soils turned over each other. In case of the short scoop surface blade the surface layer soil maintained the same position, but the middle layer and the bottom layer soils were mixed. Therefore it seems to be that the shifting characteristics of the surface layer soil is not so good in the performance of this rotary tiller.

[Keywords] deep rotary tillage, reverse-rotational rotary tiller, shifting of soil, soil mixing

1. 緒言

深耕アップカットロータリ耕うん装置は、「すくいづめ」と呼ばれる特殊な耕うんづめを装備することで、低馬力の小型トラクタによる深耕耕うんを達成している^{1)~4)}。この深耕ロータリ耕うんによる圃場は、その特徴である深い作土域と良好な碎土効果により、従来のプラウ耕うんや浅耕のダウントカットロータリ耕うんと比べ収量の増加が報告されている⁵⁾。一方で、深耕ロータリ耕うんによる圃場は、従来のプラウ耕うんやダウントカットロータリ耕うんによる圃場よりも雑草発芽個体数が著しく多いことも報告されている⁵⁾。しかし、これまでアップカットロータリ耕うんによる耕うん後の土壤形成、土壤かく拌性に関する研究例は

少ない。

本研究は、耕うんづめ形状と土壤移動特性およびかく拌性との関係、さらには耕うんによる土壤形成と雑草発芽個体数との関連について検討することを目的とする。これまで、深耕ロータリ耕うん装置に装備されている「標準すくいづめ」に関する土壤の移動について報告されている⁶⁾。その結果、地表面付近の土壤は下向き、下層部の土壤は上向きの移動特性が示されている。本報では、この標準すくいづめとともに、標準すくいづめと比べて耕うん抵抗軽減において有利であるとされるすくい面長さが半分の「短すくい面づめ」⁷⁾の2種類の耕うんづめを供試して、耕うんによる土壤の移動特性について比較実験を行った。

2. 実験方法

圃場実験は附属滝沢農場において行った。表1に供試圃場の土壤組成を示す。供試圃場は、昨年秋起こしをして以来、そのまま放置されていた。

深耕ロータリ耕うんによる土粒子の移動特性は、土中に埋め込んだマーカ（プラスティック球、直徑 6 mm, 密度 0.85 g/cm³）の、耕うん前後の位置変化から調べた。

図1にマーカの埋め込み方法を示す。地表面から深さ30cmまでに、5cmおき7層にマーカを埋め込む。1層は、20個を1組として水平方向に3.5 cm間隔で5列、計100個のマーカからなる。なお、各層ごとマーカの色は変えている。

図2に、マーカの初期埋め込み位置と土壤採取区画の横断面図を示す。マーカ埋め込み区画の一端面を基準とし、耕うん方向 -50~150cmまでを50cm間隔、深さ方向は耕うん前の地表面を基準として、耕うん後の地表面から深さ30cmまで10cm間隔の区画を設定して土壤を採取し、その中に含まれるマーカの数を数えた。耕うん後の地表面は、耕うん前と比べ約10cmの高さをもったので、この部分を -10~0 cmの区画とし、区画数は合計16区画となった。

供試ロータリ耕うん装置には小橋工業(株)製アップカットロータリ耕うん装置(UC-120)を用い、小型トラクタ(16kW)でけん引した。供試耕うんづめにはこのロータリ耕うん装置に標準装備されている標準すくいづめと、短すくい面づめの2種類を用いた。図3に耕うんづめすくい面の形状、表2に供試耕うんづめの各寸法諸元を示す。

耕うん条件は、両耕うんづめともに、耕うん速度約10cm/s、耕うん軸回転数約160rpm、耕深30cmの実作業条件とした。なお、耕うんづめ形状と土壤移動特性の関係を知るために、ロータリカ

表1 供試圃場の土壤組成

真密度 [g/cm ³]	2.50
液性限界 [%d.b.]	86.5
塑性限界 [%d.b.]	77.5
(成分)	
砂 [%]	34.0
シルト [%]	26.0
粘土 [%]	40.0

バーは外した状態で実験を行った。

耕うん前土壤の地表面から深さ30cmまでの平均含水比は約82%，平均密度は約1.2g/cm³，平均硬度は約0.9MPaであった。耕うん後土壤の平均含水比は約79%，平均密度は約0.9g/cm³，平均硬度は約0.1MPaとなった。

3. 実験結果および考察

表3、4に、標準すくいづめと短すくい面づめについて各採取区画ごとのマーカ分布数、各深さごとのマーカ分布数、各水平位置ごとのマーカ分布数を示す。マーカの回収率は約95%であった。

水平方向の分布について、標準すくいづめの場

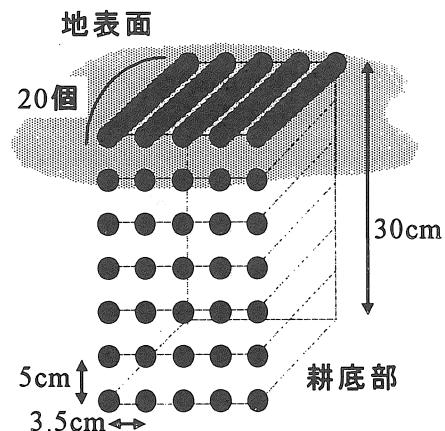


図1 マーカの埋め込み方法

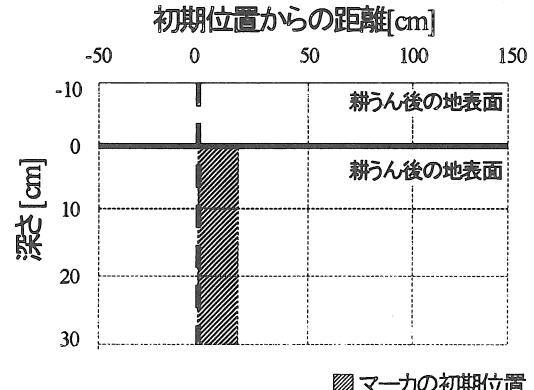


図2 マーカの初期埋め込み位置
と土壤採取区画

合は、0~100cmの区画に多く分布し、0~50cmと50~100cm区画ともほぼ同じ割合で分布している。一方、短すくい面づめでは0~50cm区画への移動割合が大きい事がわかる。

また、深さ方向の分布について、標準すくいづめでは、深さ-10~0cm区画への移動量は少なく、20~30cm区画に多く分布していることがわかる。一方、短すくい面づめでは、20~30cm区画にやや多く分布しているが、各区画とも同様の分布傾向といえる。

図4 (a) (b) に、標準すくいづめ、短すくい面づめについて、マーカの初期埋め込み深さごとに分類した耕うん後の各区画のマーカ分布数を示す。初期埋め込み深さ0, 5cmのマーカを上層部、10, 15, 20cmのマーカを中層部、25cmのマーカを下層部としている。この分類の根拠は、それぞれの深さごとのマーカ分布傾向が類似していたためである。

(a) 図の標準すくいづめの場合、初期埋め込

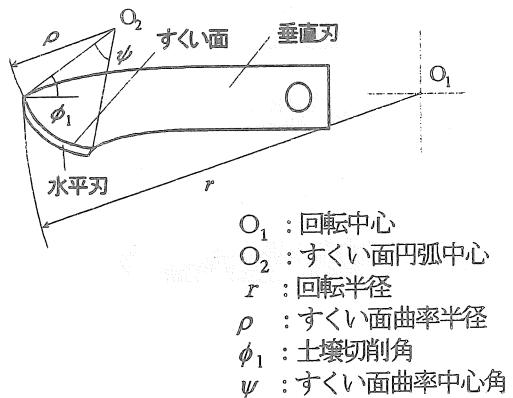


図3 耕うんづめすくい面形状

表2 供試耕うんづめの寸法諸元

	r [cm]	ρ [cm]	ϕ ₁ [°]	ϕ [°]
標準すくいづめ	25	6	40	50
短すくい面づめ	25	6	40	25

表3 各採取区画ごとのマーク分布数（標準すくいづめ）

区画(cm)	-50~0	0~50	50~100	100~150	深さごとの合計(個)
-10~0	5(個)	9	49	12	70
0~10	2	18	136	0	156
10~20	0	85	59	0	144
20~30	4	160	36	0	200
水平距離ごとの合計(個)	6	272	280	12	

表4 各採取区画ごとのマーク分布数（短すくい面づめ）

区画(cm)	-50~0	0~50	50~100	100~150	深さごとの合計(個)
-10~0	5(個)	43	85	2	130
0~10	2	49	65	0	116
10~20	4	97	27	0	128
20~30	16	164	1	0	181
水平距離ごとの合計(個)	22	353	178	2	

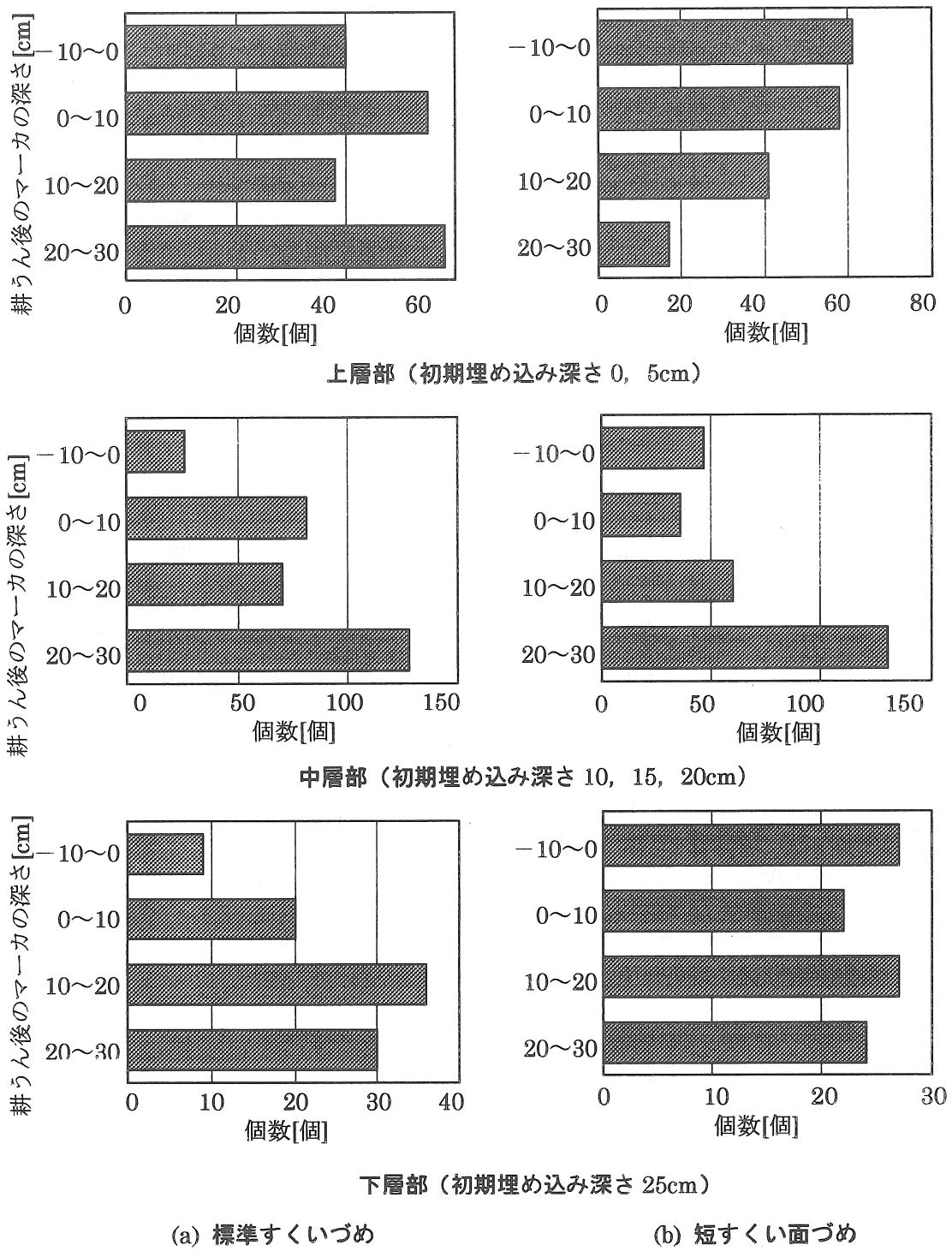


図4 マーカ初期埋め込み深さごとの
耕うん後土壤のマーカ分布数

み深さが上層部のマーカは、耕うん後各層に同じように移動していることがわかる。また、中層部のマーカは20~30cm区画への移動が多くみられ、下層部のマーカは10~20cm、20~30cm区画へ多く移動していることがわかる。したがって、上層部の土壤は全層へ移動し、中・下層部においては反転作用があることが認められる。

(b) 図の短すくい面づめの場合、初期埋め込み深さが上層部のマーカは、耕うん後も-10~0、0~10cm区画と上層部へ多く分布していた。また、中層部のマーカは20~30cm区画への移動が多くみられ、下層部のマーカは各層に対し同じ割合で移動していることがわかる。したがって、上層部の土壤はそのまま上層へ残り、中層部の土壤は下層へ、下層部の土壤は全層へ移動する傾向が認められる。

4. 摘要

深耕アップカットロータリ耕うん装置の土壤移動特性について、寸法諸元の異なる2種類の耕うんづめを供試し、マーカを媒体とした耕うん実験により検討した。

この結果、アップカットロータリ耕うん装置に標準装備されている「標準すくいづめ」では、上層部の土壤は全層へ移動し、中・下層部において反転作用が認められた。また、耕うん抵抗軽減において有利であるすくい面長さが半分の「短すくい面づめ」では、上層部の土壤はそのまま上層へ残り、中層部の土壤は下層へ、下層部の土壤は全層へ移動作用が認められた。

一般に雑草種子は、地表面から10cm程度までに存在する場合発芽する可能性を有している。したがって、上層部への耕うん後土壤残留率の高い短すくい面づめの方が、雑草発芽個体数が多くなることが推察される。

今後、短すくい面づめを用いた耕うん圃場における雑草発芽個体数の調査を行う予定である。また、耕うんによる土壤かく拌性及び移動特性に対し、一意的な評価を与える評価関数の確立も課題としてあげられる。さらに、土壤移動傾向や種子の移動を的確に表し得るマーカ媒体についても検討する。

参考文献

- 1) 渋沢 栄他：深耕ロータリ耕うんに関する基礎的研究（第2報），農機誌，43(2)，181-187, 1981
- 2) 渋沢 栄他：深耕ロータリ耕うんに関する基礎的研究（第3報），農機誌，44(1)，9-16, 1982
- 3) 渋沢 栄他：深耕ロータリ耕うんに関する基礎的研究（第4報），農機誌，45(1)，43-48, 1983
- 4) 渋沢 栄他：深耕用アップカットロータリ耕うんづめの研究（第4報），農機誌，47(2)，159-167, 1985
- 5) 片岡 崇他：深耕アップカットロータリ耕うんの作物生育への効果II，岩手大学農学部報告，22(3), 131-140, 1995
- 6) 片岡 崇他：深耕アップカットロータリ耕うん装置の土壤かく拌性，テラメカニックス，No. 15, p93-98, 1995
- 7) 第54回農業機械学会年次大会講演要旨, p93-94, 1995

[閲覧者コメント] 本研究は、深耕ロータリ作業における土壤の移動特性をプラスティック製マーカを使って調べ、雑草発芽との関係を明らかにしようとするもので大変重要と思います。ただ、実験条件が実際作業と異なる面がありますが、その点はどのようにお考えですか。

[著者回答] ここでは、低馬力トラクタ(約16kW)によりアップカットロータリ耕うん装置をけん引し耕うん実験を行いました。供試したシルト系の土壤条件において、耕深30cmを確保すると、耕うん速度は約10~20cm/s程度となります。またこの時、ロータリ耕うん軸の回転速度は、トラクタ側PTO 1速(540rpm)を選ぶとギア比から必然的に約160rpmとなります。ここでの耕うん実験条件は、この実作業を再現したものです。

今回、ロータリカバーを外して実験を行いました。これは、このロータリ耕うん装置の特徴である切削土の後方投てき性に注目したマーカの移動特性を検討するためです。現行のロータリ耕うん装置において、ロータリカバー装着状態で耕うんした

場合、今回の実験とは異なる結果が示されることが予測されます。しかし、現行のロータリカバー形状および取り付け位置では、切削された土がカバーに衝突して、ロータリ内に再進入し再耕うんが引き起こされることを確認しています。今後、この実験結果をもとに、アップカットロータリ耕うん装置のカバー形状についても検討していく予定です。さらに、耕うんづめ形状と切削土の移動特性から雑草防除、つまり雑草種子を地表面部に堆積させない耕うんパターンについて研究を進めていきたいと考えています。

車輪下の土中垂直応力

—ニューラルネットワークによる土中応力分布の推定—

広間達夫*, 阿部孝志*, 片岡 崇*, 太田義信*

Normal Stress Distribution in the Soil under a Running Wheel

— Estimation of Normal Stress Using Neural Network Technique —

Tatsuo HIROMA*, Koshi ABE*, Takashi KATAOKA*, Yoshinobu OTA*

Abstract

Soil compacted under a running wheel have effect upon crops production. It is necessary to measure stress distribution in the soil in order to investigate the soil compaction. This paper describes how to estimate the stress distribution for stress measured using a neural network.

Normal stresses were measured with three pressure transducers buried in the soil under a running wheel. The connecting weights were obtained with the method of back propagation. Closed agreement between calculated used by the connecting weights and measured results was obtained. The connecting weights can give the stress distribution. The stress distribution under a running wheel can be estimated using the neural network model.

[Keywords] normal stress, distribution under a wheel, soil compaction, neural network

1. 緒言

近年の農用車両の大型化に伴い土壤が締め固められる土壤踏圧現象が生じ、大きな問題になりつつある¹⁾。走行車輪による土壤踏圧の問題を検討するには、土の圧縮や土中のひずみの変化を知ることが必要である。しかし土中ひずみの測定は非常に困難であるので、比較的測定が容易な垂直応力を測定し応力からひずみの程度を推定する方法を考えられる。これまでに多くの研究者によって垂直応力の測定器が開発され^{2),3),4)}測定が行われてきたが、走行車両による車輪下の全体の垂直応力分布は得られていない。

そこで本研究は、パターン認識などに用いられているニューラルネットワークの技術を応用して、測定された実験データを教師データとして土中全体の応力分布を推定することを試みた。

2. ニューラルネットワーク

ニューラルネットワークは、パターン認識など定式化が困難な問題に用いられている。図1⁵⁾は各ニューロンの大まかな構造である。ニューロンは入力端子である樹状突起、本体の細胞体、出力端子としての軸索から成り立っている。各ニューロンの樹状突起はシナプスを通して他のニューロ

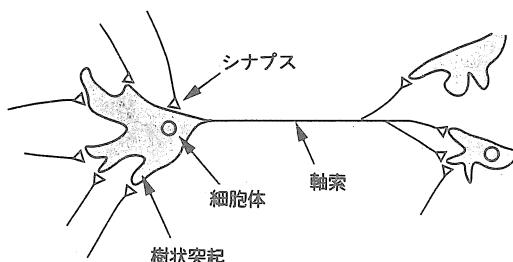


図1 ニューロンの概略

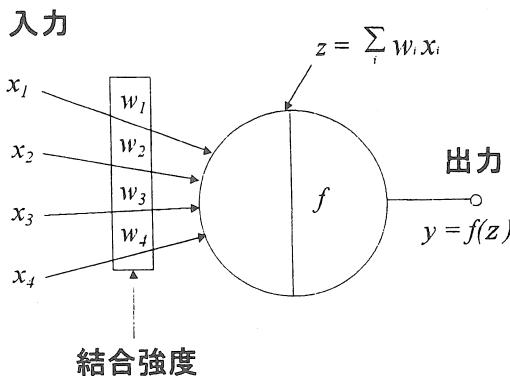


図2 ニューロンのモデル

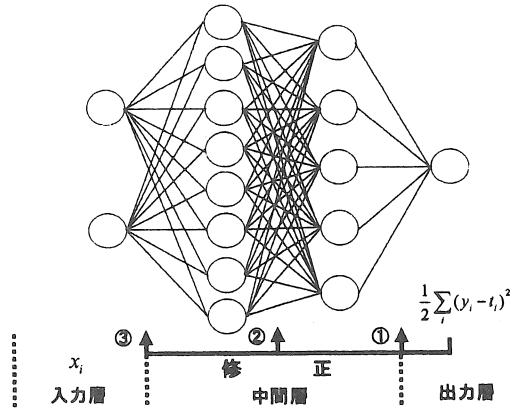


図3 ニューラルネットワークのモデル

ンから信号を受け取る。信号を受け取ると細胞体の膜電位が上昇するが、膜電位がしきい値を超えると急激に成長してインパルスを発生し、軸索を通じてそのインパルスが他のニューロンに刺激を及ぼす。これらの多数のニューロンが複雑に結合して人間の神経細胞は構成されている^{5),6)}。このニューロンの構造を人工ニューロンによってモデル化したのが図2である。このモデルでは、ニューロン間において信号は一方にだけ伝わり、ある重み（結合荷重） w をつけられて次のユニットに入力される。この結合荷重はシナプスを通る信号の衰弱に相当する。重みをつけられた*i*ユニットからの入力値 $w_i x_i$ は総和がとられ、応答関数 $f(z)$ による変形を受けた後、出力される。ユニットからの出力 y は $y=f(z)$ で与えられる。ここで、 $z=\Sigma w_i x_i$ であり、応答関数 $f(z)$ には、(1)式のシグモイド関数を用いた。

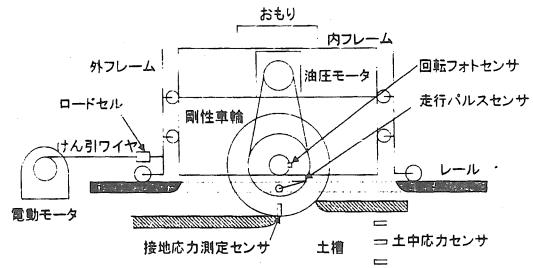


図4 実験装置

$$f(z) = \frac{1}{1 + \exp(-x)} \quad (1)$$

この最小単位のニューロンを多数組み合わせてネットワークを組んだモデルを図3に示す。図に示したモデルは、階層構造ニューラルネットモデルと呼ばれる。入力層からの信号が中間層を通って出力層から出力される。このときニューラルネットワークからの出力 y と教師データ t の差から総誤差関数 E が定義される。

$$E = \frac{1}{2} \sum_i \sum_j (y_{ij} - t_{ij})^2 \quad (2)$$

ここで*i*は出力ユニット数で*j*は教師データの数である。この総誤差関数を最小にするように結合荷重を修正し、最適な結合荷重を得る過程を学習と呼んでいる。最適な結合荷重が得られればパターン認識などが可能になる。結合荷重の最適解を求める方法に、逆誤差伝播法がある。

本研究では、この逆誤差伝播法を用いたが、これをそのまま適用すると誤差収束が遅れるので、収束の加速のため修正モーメント法を付加した。

3. 実験方法

車輪走行実験は、図4に示す車輪半径225mm、幅125mm、接地荷重約1.09kNの剛性車輪を使用した。含水比を約67% (d.b.) に調整した供試土中に、土圧計を3個所（深さ18, 30cm）に設置し、ローラで転圧して供試路面を準備した。従って実験前及び実験中の土圧計の位置が不明なので、実験終了後に土圧計の元の土表面からの深さと基準位置からの水平距離を測定した。これらの測定値から、車輪中心との位置関係（進行方向を正とした車輪中心からの水平距離及び深さ）を求めた。

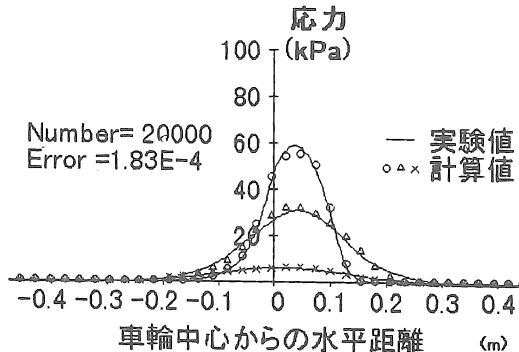


図 5 垂直応力の実験値と計算値の比較

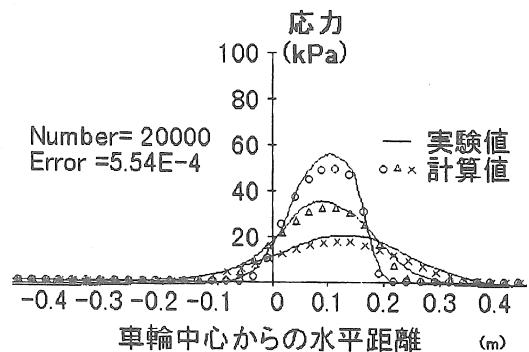


図 7 垂直応力の実験値と計算値の比較

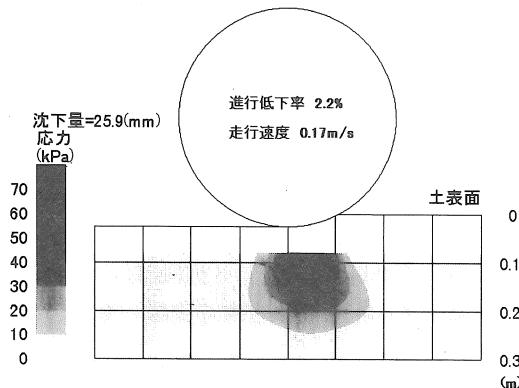


図 6 垂直応力分布

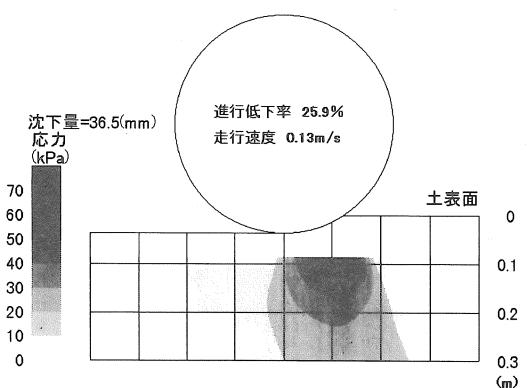


図 8 垂直応力分布

4. 実験結果

ニューラルネットワークの入力として土圧計の位置、出力として垂直応力とし、土中応力センサのデータを教師データとして計算を行った。中間層の数とユニット数は予め与えることができなくて試行錯誤で決定する必要があった。本実験の場合、図3のように中間層を2層（それぞれ8個、5個のユニット）に設定した場合が最も誤差が少なく収束も早かった。

図5はけん引負荷がない場合の垂直応力の実験値と計算値の比較である。この場合、進行低下率2.2%，走行速度が0.17m/sであった。ここで実験値は実線で示し、計算値は○,△,×印で示したが、対応する土圧計の深さは上層部に当たる7.9cm、中層部に当たる15.8cm、下層部に当たる27.3cmであった。2万回の学習で、誤差は 1.83×10^{-4} であった。計算値はどの深さにおいてもよく実験値と一致していることが分かる。この場合の土中の

垂直応力分布を図6に示す。図で車輪は左から右に走行している。けん引負荷がない場合、垂直応力は車軸前方に分布していることが分かる。なお、地表面と上層部の土圧計の間は、計算結果の信頼性が低下しているので空白にしてある。この部分の応力分布を得るには、土圧計を地表面近くに設置する必要がある。

図7に進行低下率25.9%における垂直応力の実験値と計算値を示す。土圧計の深さは上層部の8.7cm、中層部の15.5cm、下層部の25.7cmであり、2万回の学習で、誤差は 5.54×10^{-4} であった。この場合には上層部において計算値のピークの値が実験値に比べて小さい値を示している。これは、他の場合に比べて収束が遅く2万回の学習でも誤差が小さくならなかったことによると考えられ、学習回数を増やすと誤差が収束すると考えられるが、ここでは2万回の学習で計算を終了した。この場合の垂直応力分布を図8に示す。進行低下率

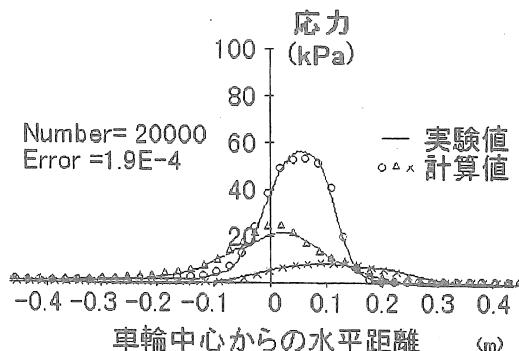


図9 垂直応力の実験値と計算値の比較

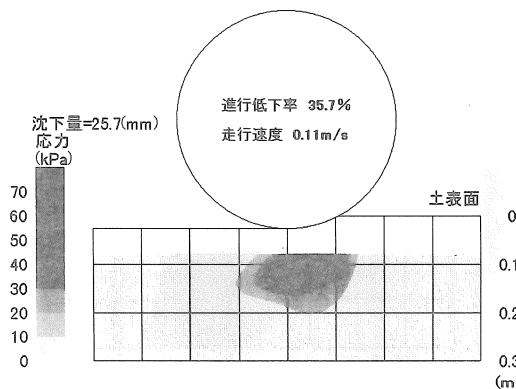


図10 垂直応力分布

が2.2%の場合と同様に垂直応力は車軸前方に広がっている。

今回の実験でけん引負荷が一番大きく、進行低下率が35.7%における垂直応力の実験値と計算値の比較を図9に示す。土圧計の深さは上層部の8.0 cm、中層部の16.4 cm、下層部の26.7 cmであり、2万回の学習で、誤差は 1.9×10^{-4} であった。この場合、上層部と中間部の応力は車軸近くでピークが生じている。この場合の応力分布を図10に示す。中層部の応力ピーク値が車軸中心に及んでいたことが影響して、応力分布の傾きが車軸後方に向かっている。土圧計の設置後に転圧を行ったので、土圧計が水平の位置を保てなかったことや土圧計位置の測定誤差が原因と考えられるので、土圧計の設置方法の改善とともに実験を繰り返してこの現象をさらに検討する必要がある。

5. 結言

ニューラルネットワークの技術を応用して、設

置した土圧計のデータから土中全体の応力分布を推定する試みを行った。その結果、3個の土圧計の測定結果から、車輪下の垂直応力分布図を作成することができた。各種走行条件による垂直応力分布の違いを調べることが今後の課題である。

参考文献

- 近江谷和彦、佐野泰将：農用車両のほ場走行回数と土壤硬度（1），テラメカニクス，12，1-5，1992.
- Harris, W.L., W.F. Buchele and L.E. Malven: Relationship of Mean Stress Volumetric Strain and Dynamic Loads in Soil, Trans. of the ASAE, 7 (4), 1964.
- Nichols, T.A., A.C. Bailey, C.E. Johnson and R.D. Grisso: A Stress State Transducer for Soil, Trans. Of the ASAE, 30 (5), 1987.
- 全 亨奎、谷口哲司、大友功一、岸本 正、玉利達人：農用タイヤ下の6方向応力の測定と解析に関する研究、農業機械学会誌, 59 (1), 21-28, 1997.
- 馬場則夫、小島史男、小澤誠一：ニューラルネットの基礎と応用、共立出版株式会社, 1994.
- 北村新三：ニューラルネットと計測制御、朝倉書店, 1995.

【閲読者コメント】 学習後のニューラルネットワークモデルの妥当性を検討する際、教師データとしての実測値の再現性はもちろんのこと教師データに使用しない実測値を検証データとして設定しその予測能力を確かめることもよく使われている手法の一つであると思われますが、これについてまたは今後の予定など、著者のお考えをお聞きしたい。

【著者回答】 ニューラルネットワークは2乗誤差の最小化という点で、回帰モデルと類似しています。従ってデータとして与えた範囲を超える場合の予測には、妥当性を慎重に検討する必要があります。今後も、対象の内部構造の理解を必要としない問題への応用を検討していきたいと考えております。

斜面上におけるトラクタ系車両の自律走行

—ニューラルネットワークによるモデル化—

中辻直良*・鳥巣 諒*・武田純一*

Autonomous Tractor on Slope

— Modeling with Neural Network —

Tadayoshi NAKATSUJI*, Ryo TORISU*, Jun-ichi TAKEDA*

Abstract

The objective of this study is to develop an optimal control strategy of an autonomous tractor which works on slope to keep on track on the contour line by steering control. On the slope, the tractor side slips for each wheel which is caused by gravity. Due to this condition, the operator has to control steering angle to keep the tractor on track. This steering strategy is one of the optimal control problem from a point of view of control engineering. The neural network system (NNS) model of the kinematics of the tractor on the slope was developed and optimal steering strategy was made by back propagation method. The outputs from the NNS compared to the actual one were in good agreement thus validating the adaptability of the model. Further study on the input values of yaw rate and sampling interval will be needed to get more accurate values.

[Keywords] steering strategy, neural network, back propagation, autonomous vehicle

I. はじめに

我が国の面積の大半は山間地で占められており、耕地面積を確保するために緩やかな斜面上にも畠地が存在する。このような場所において、人がトラクタ系車両を等高線方向に直進走行させる場合には、地球の重力が車両に作用するので車輪が横滑りを起こす。従って、オペレータはこれに対処するべく当て舵と呼ばれる操作を行って直進性を保っている。この操作は制御工学の観点から、斜面上で横滑りに対する最適制御を行っていると捕らえることができ、これを最適制御問題とすることができる。本研究では、この最適制御問題の制御則を明らかにし、斜面上でのトラクタ系車両の自律走行を最終目標とする。その第一段階として斜面上におけるトラクタ系車両の操舵と運動を、ニューラルネットワークでモデル化した。

斜面上でのトラクタ系車両の運動は、重力という外乱が車輪に生じるために複雑な非線形モデル

となり、力学モデルや運動学モデル等の数式モデルでの記述が困難である。そこで本研究では、非線形モデルに適したニューラルネットワークを用いることにより、この運動を表現した。

II. モデルの構造

本報で表現する車両運動モデルは、斜面上での

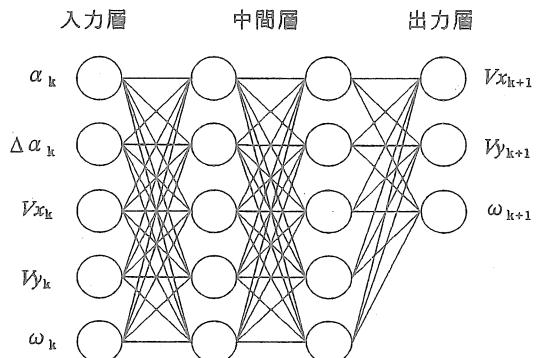


図1 ニューラルネットワークの構造

表1 供試トラクタの諸元

車両型式	FORD 7610 4WD
定格出力	70kW(95PS)
全長	3830mm
全幅	1980mm
ホイールベース	2250mm
重量	3840kg

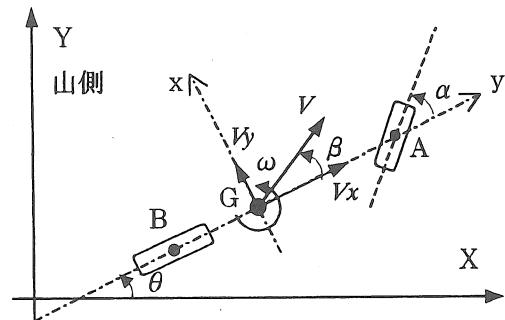


図2 座標系

運動に限定して作成した。座標系は地上固定座標系を等高線上のトラクタの進行方向に正のX軸、山側に正のY軸、X軸とトラクタのなす角度を θ とした。またトラクタの重心上に車両座標系を設けた。ニューラルネットワークの構造は、図1に示す様に4層階層型で、入力層と中間層に5個、出力層に3個のユニットを持っている。各ユニットに用いた応答関数は、式(1)に示すシグモイド関数とした。入力層に、時間tにおける車両の状態ベクトル $Z_t = (Vx, Vy, \omega)^T$ 、制御ベクトル $U_t = (\alpha, \Delta\alpha)^T$ を入力すると、出力層には、時間t+1における状態ベクトル Z_{t+1} を出力するようにした。速度成分 Vx , Vy は、車両座標系のものを採用した。

この運動モデルは、ある時間tにおける車両の状態ベクトルと制御ベクトルを与えると、 dt 時間後の車両の状態ベクトルを出力する。この状態ベクトルから、式(2) (3) (4)により図2の地上座標系(X, Y, θ)に変換をし、車両の座標を求め、モデルを評価した。なお、 $dt = 1$ 秒とした。

$$f(x) = \frac{1}{1 + \exp(-x)} \quad (1)$$

$$X_k = X_o + \sum_{i=1}^k (Vx_i \cos \theta_i - Vy_i \sin \theta_i) \quad (2)$$

$$Y_k = Y_o + \sum_{i=1}^k (Vx_i \sin \theta_i + Vy_i \cos \theta_i) \quad (3)$$

$$\theta_k = \theta_o + \sum_{i=1}^k \omega_i \quad (4)$$

III. 教師信号の取得

教師信号は、実際に斜面上での車両走行実験で得られたものである。取得には直接速度成分を測定する方法と車両の運動軌跡から求める方法があ

る。本研究では、マーカー投下装置(ACMDD)を作成し、これを用いて走行軌跡を時系列データとして取得した。これは、圧縮ボンプで加圧された水性塗料が、電磁弁を用いることにより一定周期で噴射される装置である。これを車両の前後車輪軸中心に取り付け、1秒周期で地上座標系の車両重心座標と方位を測定した。この位置情報から車両座標系の速度成分 Vx , Vy , ω を次のように計算して求め、教師信号とした。

車両重心座標は $G(X_G, Y_G)$ 、前後車輪軸中心点 $A(X_A, Y_A)$, $B(X_B, Y_B)$ から、

$$\left. \begin{aligned} X_G &= \frac{l_r X_A + l_f X_B}{l} \\ Y_G &= \frac{l_r Y_A + l_f Y_B}{l} \end{aligned} \right\}$$

と表せる。さらに、両辺を微分することにより、車両重心の速度成分を

$$\left. \begin{aligned} \dot{X}_G &= \frac{l_r \dot{X}_A + l_f \dot{X}_B}{l} \\ \dot{Y}_G &= \frac{l_r \dot{Y}_A + l_f \dot{Y}_B}{l} \end{aligned} \right\} \quad (5)$$

と表せる。

また、車両重心の速度成分は、横滑り角 β と姿勢角 θ から、

$$\left. \begin{aligned} \dot{X}_G &= V \cos(\theta + \beta) \\ \dot{Y}_G &= V \sin(\theta + \beta) \end{aligned} \right\} \quad (6)$$

と表せる。

姿勢角 θ は、 A , B 点の座標から、

$$\theta = \tan^{-1} \left(\frac{Y_A - Y_B}{X_A - X_B} \right)$$

と表せる。

横滑り角 β は、式(5) (6)より、

$$\tan(\theta + \beta) = \frac{\sin(\theta + \beta)}{\cos(\theta + \beta)} = -\frac{Y_G}{X_G} = \frac{l_r Y_A + l_f Y_B}{l_r X_A + l_f X_B}$$

$$\therefore \beta = \tan^{-1}\left(\frac{l_r Y_A + l_f Y_B}{l_r X_A + l_f X_B}\right) - \theta$$

また、 ω は、

$$\theta_{k+1} = \theta_k + \omega \Delta t \text{から}$$

$$\omega = \frac{\theta_{k+1} - \theta_k}{\Delta t}$$

と表せる。ここで、車両固定座標系の車両重心の速度成分は、

$$\begin{cases} Vx = V \cos \beta \\ Vy = V \sin \beta \end{cases}$$

となる。

また、ステアリング用油圧シリンダに変位計を取り付け、ACMDDと同期して舵角 α を測定した。供試車両の諸元は、表1に示す。測定したデータは速度約0.7m/s下で、周期16mで振幅が0.5, 1.0, 2.0mの3種類のスラロームを走行したものと、舵角を0度に固定した時のものである。それぞれの走行距離は約50mとした。実験は盛岡市厨川にある東北農業試験場において斜度約10°の斜面上で行った。図3に実験風景を示す。教師信号のパターン数は、290個である。

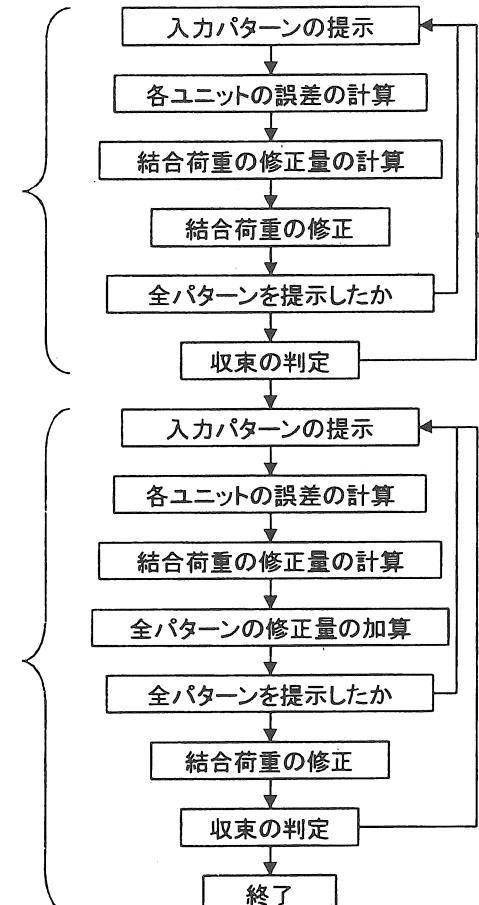


図4 バックプロパゲーション法

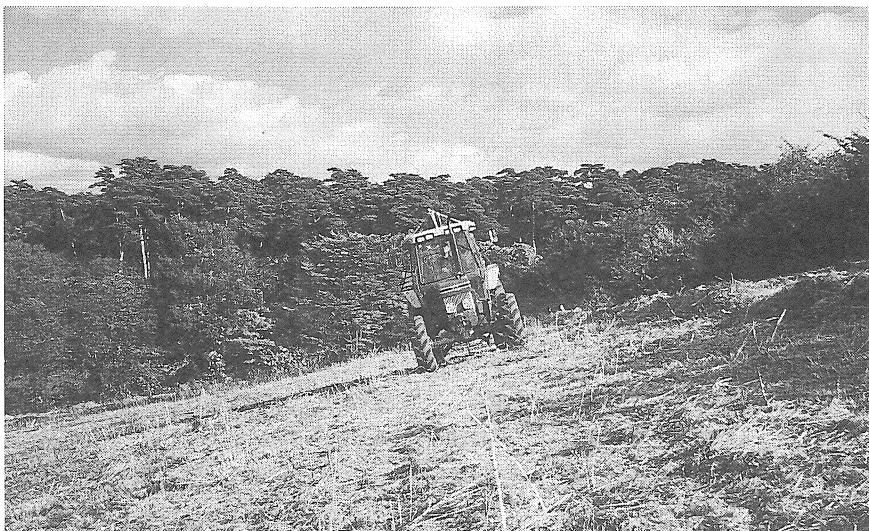


図3 教師信号の取得時の実験風景

IV. 学習方法

ニューラルネットワークの学習は、バックプロパゲーション法(BP法)で行った。BP法には、図4に示すように、パターン毎に修正量を計算し、その都度結合係数を修正する逐次修正法と、パターン毎に修正量を計算し、全パターンの修正量を足し合わせて全体の修正量を求め、結合係数を修正する一括修正法がある。前者は学習回数をN、パターン数をPとした時に、結合係数の修正が $N \times P$ 回行われ、後者より収束速度が速い。しかしその反面、教師信号の最後方のパターンに最適化されやすくなってしまう。一方後者は結合係数の修正がN回しか行われないが、全体的な最適化がされる強みがある。よって、収束速度を高めて全体的な最適化を行うために、図4の様に前者と後者を連続して行うプログラムを作成し、これを用いた。なお、今回は教師信号のパターン数が多いため、収束判定において収束判定係数E=0.001を下回ることがなく、結果として10万回づつ、計20万回計算した。プログラム言語は速度を優先するためにCを採用し、CコンパイラにはBorland社のBorlandC++5.0jを使用し、ターゲットをWin32とした。計算に要した時間は、Pentium166MHz相当で約2時間であった。計算は数度行い、その中で最も出力軌跡が良いと思われるものを結合係数として採用した。

V. モデルの評価

作成したニューラルネットワークモデルが、学習に用いた教師信号をどの程度再現できるかを評価するために、教師信号の作成に用いた走行データの初期状態と、時々刻々の舵角変化量 $\Delta\alpha$ をモデルに入力して走行軌跡を計算し、教師信号の軌跡と比較した。教師信号は、3種類のスラロームとステップ応答の計4種類である。図5から図8がその結果で、実線がモデルの出力値で破線が教師信号の値である。それぞれの図は横軸に進行方向のX座標を取り、縦軸に上から舵角 α 、角速度 ω 、姿勢角 θ 、横変位 Y を取った。モデル出力値の α は、モデルに入力した $\Delta\alpha$ の積算値で、実測値の α と同値となる。波形がずれている所から、車両の走行距離の違いを見ることができる。モ

ル出力値の θ は、前述の式(3)から計算した。同じく走行軌跡は、式(1)(2)から計算した。

図5は路面波長16m、振幅0.5m時のスラローム走行の実測値と計算値の軌跡である。横変位 Y は姿勢角の出力結果が良いため、かなり良い結果となっている。これは、舵角 α および舵角変化量 $\Delta\alpha$ が小さい場合には、角速度 ω の出力が良好であることを意味していると思われる。 α もほぼ実測値と等しいことから走行距離が等しく、速度成分 Vx 、 Vy の出力も良好であったことが分かる。

図6は路面波長が同じく16mで振幅1.0mの軌跡である。図4より舵角 α および舵角変化量 $\Delta\alpha$ が大きくなつたが、角速度 ω の出力は良好であり、位相のずれはややあるものの、姿勢角 θ や走行軌跡の出力は良好であることが分かる。しかし走行するにつれ、X方向の走行距離が短くなつており、速度成分 Vx 、 Vy の出力誤差が図4より大きくなつていた。

図7は路面波長が同じく16mで振幅2.0mの軌跡である。角速度 ω は、全体的には波形がうまく出力されている。しかし、舵角変化量 $\Delta\alpha$ の増大に伴い、角速度 ω の出力も大きくなっているため、出力誤差が大きいと姿勢角 θ の出力に大きく影響する。X=2m近辺の角速度 ω の出力誤差により、姿勢角 θ のこの部分に大きな誤差が生じ、出力軌跡がこの部分から大きく下方に落ちていっている。もしこの部分の誤差が小さければ、出力軌跡はより実測値に近づいたのは明白と思われる。

図8は舵角をほぼ0度に固定した時の軌跡である。実測値の角速度 ω はかなり振動しているが、出力値はほぼ一定の直線になっている。これは舵角変化量 $\Delta\alpha$ の変化が限りなく小さく、かつ舵角 α が0度近辺である場合に、角速度 ω の出力が微少の負の値を出力していることを示している。姿勢角 θ および走行軌跡はほぼ同じような軌跡となっている。しかしその走行距離は、かなり長くなつており、速度成分 Vx 、 Vy の出力誤差が大きいことを示している。

以上のことから、舵角変化量 $\Delta\alpha$ がかなり小さい時には、角速度 ω にはあまり影響がなく、走行距離が長くなる可能性が大きい。逆に舵角変化量 $\Delta\alpha$ が大きくなるほど、走行距離が短くなる可能性

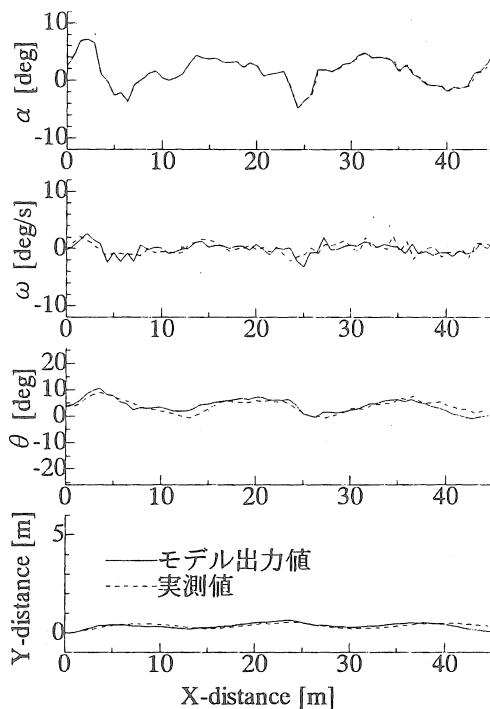


図5 振幅0.5m時の出力結果の比較

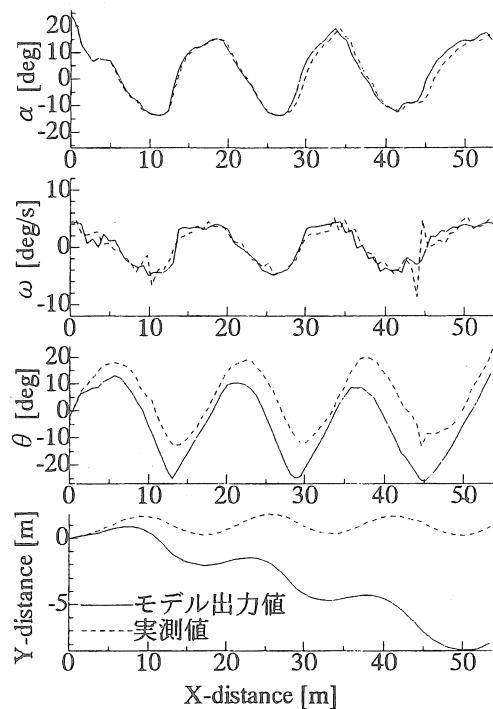


図7 振幅2.0m時の出力結果の比較

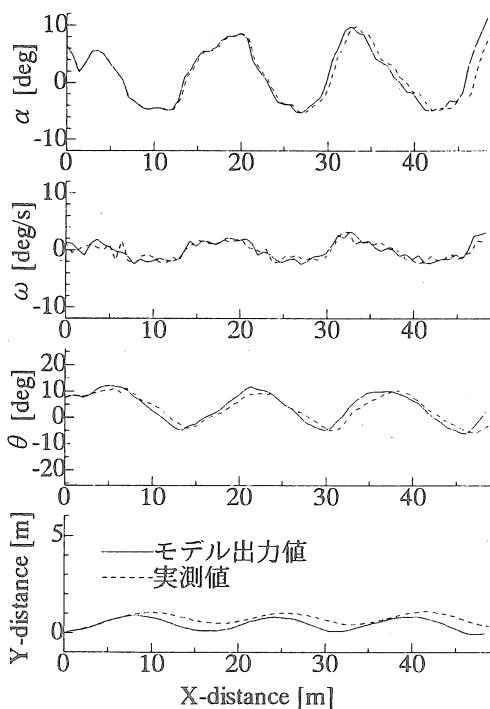


図6 振幅1.0m時の出力結果の比較

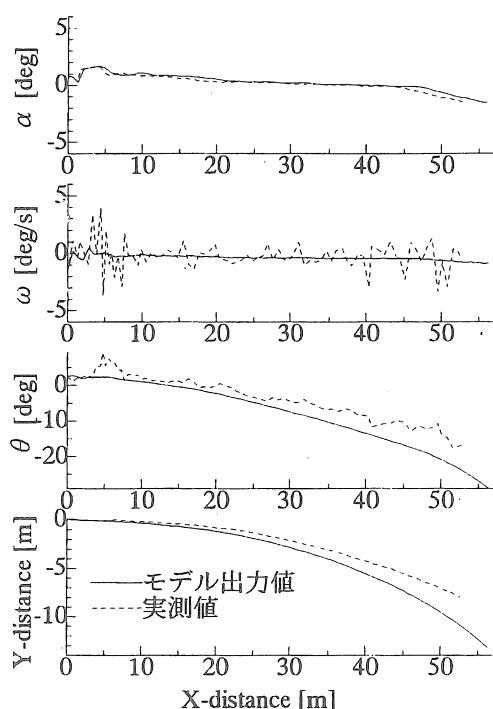


図8 軸角0度固定時の出力結果の比較

が大きい。また、図7より横滑りという現象が再現できていることがわかった。よって、本研究で作成したモデルは、斜面上での運動をある程度再現できたと思われる。

VII. おわりに

本研究は、斜面上におけるトラクタ系車両の自律走行を達成するために、ニューラルネットワークを用いて車両の操舵と運動をモデル化した。得られた結果をまとめると次のようになる。

- 1) 斜面上でのトラクタ系車両の横滑りが再現できた。
- 2) 作成したモデルは、ある程度高い精度を持っている。
- 3) 舵角変化量がかなり小さい時に、 ω に与える影響が小さいことがわかった。

などが挙げられる。

本研究で教師信号に用いた走行データは、車両座標から計算されている。走行実験に使用した圃場は、実験前に除草作業を行ったが、ブッシュ等が完全に除去されず、圃場表面がややあれた状況にあった。従って、速度成分 V_x , V_y , ω は測定時の誤差を多分に含んでいると思われ、さらに精

度の良いモデルを構築するためには、この部分の誤差を少なくする必要がある。今後は地表面が滑らかな斜面で、光ファイバジャイロを用いて連続的に ω を測定し、再度モデルを作成していく予定である。

参考文献

- 1.野口伸・石井一暢・寺尾日出男：ニューラルネットワークによる農用車両の最適制御，農機誌55(5), 83-92, 1993
- 2.阿部正人：自動車の運動と制御，山海堂，1992
- 3.安居院猛・長橋宏・高橋裕樹：ニューラルプログラム，昭晃堂，1993

【閲読者コメント】本文の結果を見ますと、ニューラルネットワークモデルによる出力は、教師データの実測値の再現性に関しても、それほど精度が高いと言い難いように思えますが。その原因または今後の予定について、著者の御考えを御聞かせ下さい。

【筆者回答】今回の教師信号の取得は、サンプリング時間を1秒とした。このことと $\theta_{k+1} = \theta_k + \omega \Delta t$ から θ の積算誤差が累積された(図6)と判断されます。また初期 $\Delta \alpha$ の誤差の影響を受けたと判断されます。従って今後、サンプリング時間を半分にする、走行傾斜路面を整備するような工夫を行いたいと考えています。

記号一覧

A	前車輪軸中心点
B	後車輪軸中心点
G	車両重心点
I	ホイールベース [m]
I_f	A G 点の長さ [m]
I_r	B G 点の長さ [m]
U	制御ベクトル(α , $\Delta \alpha$) ^T
V	トラクタの速度 [m/s]
V_x	車両座標系の x 速度成分 [m/s]
V_y	車両座標系の y 速度成分 [m/s]
X	地上座標系の X 座標
Y	地上座標系の Y 座標
Z	状態ベクトル(V_x , V_y , ω) ^T
α	トラクタの実舵角 [°]
$\Delta \alpha$	トラクタの舵角変化量 [° / s]
β	トラクタの横滑り角 [°]
θ	地上座標系の姿勢角 [°]
ω	車両座標系の角速度 [° / s]

第5輪によるトラクタの位置認識

—装置の改良と第6輪の追加—

本橋国司*・高野剛*・益子祐二*

Positioning of Tractor Using 5th Wheel

Kuniji MOTOHASHI, Takeshi TAKANO, Yuji MASUKO

Abstract

We improved the tractor positioning device using a 5th wheel reported by previous paper. As the results, the accumulated error of the tractor steering angle at 300m running and the measurement error of running distance became $\pm 2\text{deg}$ and $\pm 0.212\%$ respectively. For slope land use of this apparatus, the 6th wheel was equipped on the rear wheel axle line and measured the side slip angle of the tractor. The steering angle was corrected by using this detected side slip angle. As the results, the detecting accuracy of the tractor position in field was made great improvement.

[Keyword] internal sensor, tractor, positioning, 5th wheel, autonomous running

1. 緒言

近年トラクタの自律走行に関する研究が盛んに行われている。この研究には多くの課題があるものの基本となるのは作業中のトラクタに自車位置

表 1 実験装置の仕様

Tractor	4WD type 31kW wheel base 1820mm
Fifth wheel	$\phi 400$ printed rubber tire width 80mm ground contact load 15kgf
Sixth wheel	wheel $\phi 150$
Instrument	
encoder	24000 pulse/rev for steering 4096 pulse/rev for running distance 4096 pulse/rev for side slip
tiltmeter	TCM-X-90
computer	PC9821-Na12
A/D board	AD12-16TA
Counter board	CNT24-4A
sampling interval	0.25 sec

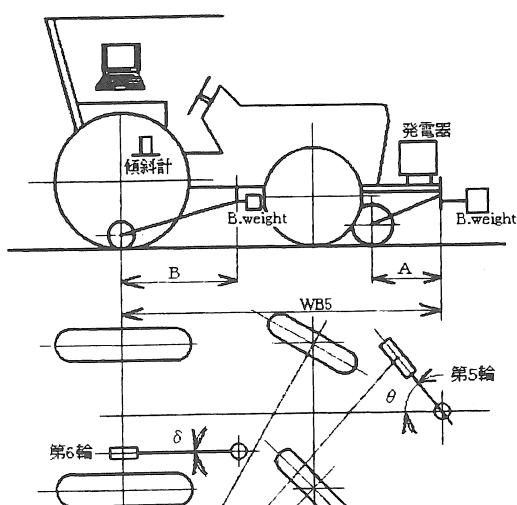


図 1 実験装置

を認識させることである。自車位置の認識に関してはGPS、光波測距測角儀による自動追尾などいろいろな装置の利用が検討されており、筆者らも第5輪を使った位置認識装置の開発に取り組んでいる²⁾。本報では第1報¹⁾で問題となった装置の問題点を改良し実験を行った。その結果について報告する。

2. 実験装置と動跡座標の計算

図1に試作した実験装置を、表1に装置の仕様を示す。本装置は機体と第5輪とのなす角、即ち式(1)に示す第5輪の舵取り角 θ からトラクタ機体の旋回角 ω を計算する。ここで L は第5輪の回転数から計算される進行距離である。 δ は機体の横滑り角で、今回新しく装着した第6輪により測定された。また傾斜計により機体の前後左右傾斜を測定し、以下の式から走行軌跡座標(X, Y, Z)を計算しリアルタイムでコンピュータ画面にモニタ表示させた。

$$\omega = \frac{L \times \sin(\theta + \delta)}{WB5 - A \times \cos(\theta - \delta)} \quad (1)$$

$$X = \Sigma (L \times \cos \alpha \times \sin (\Sigma \omega)) \quad (2)$$

$$Y = \Sigma (L \times \cos \alpha \times \cos (\Sigma \omega)) \quad (3)$$

$$Z = \Sigma (L \times \sin \alpha) \quad (4)$$

L =第5輪の進行距離(m)

$WB5$ =後車軸から第5輪ピボット軸までの距離
(m)

A =第5輪トレールアーム投影長(m)

θ =第5輪の舵取り角(rad)

ω =機体の旋回角(rad)

α =機体の前後傾斜角(rad)

β =機体の左右傾斜角(rad)

δ =機体の横滑り角(rad)

3. 装置の問題点と改良点

1) 第5輪の0点設定法の改良

図1の θ は機体と第5輪とのなす角度で直線走行中は $\theta=0$ である。トラクタを旋回させると第5輪は機体に対し舵取り角を持つようになる。

この角度をインクリメンタル型ロータリエンコーダを用いて0.25秒間隔で測定した。インクリメンタル型ロータリーエンコーダにはA, B, Z相の信号線があり、A, B相には1回転あたり4096, Z相には1回のパルス信号が発生する。前回はA, B相のみを使いZ相の信号を使わなかった。A, B相のみを計測に使うとスイッチが入ったところが0とされるので、測定開始時、第5輪と機体と

が同一線上にある時にスイッチングしなくてはならなかった。この際に要求される精度は360/4096=0.088度/pulseである。人手でこの精度を出すのは難しく、0点設定が不正確になった。そこで今回は0点の設定にロータリエンコーダのZ相を使い、電気的に0点の設定ができるようにした。Z相を使うと0点の設定誤差を1パルス以内にでき、より高精度のエンコーダでも利用できる。そのため舵取り角の測定に分解能の高い360/2400=0.015度/pulseのロータリーエンコーダを使用した。また第5輪のトレールアーム長さを以前の2倍の600mmとし、安定性を持たせた。

2) 横滑り誤差の検出と補正

トラクタが傾斜地を走行する場合、2つの問題があった。第1は、トラクタを傾斜地で直線走行させたとき、第5輪が自重から傾斜下方に流され正しく進行方向を指さないこと、第2点は、 θ 測定の基準としている機体そのものが横滑りし進行方向に対しある角度を持つ、という点である。第2の点は平坦地でトラクタを急旋回させたときにも発生する。第1の点は第5輪のピボット軸を介し反対側にカウンタバランスを取り付けることで対処した。第2の点は、横滑りをしない車輪は常に進行方向を向いているので後車軸線上に設置された第6輪は横滑りがないなら後輪の進行方向、即ち機体の進行方向と同一方向を指す³⁾。第6輪は図1に示すようにピボット点を中心にして自由に旋回できるので、横滑りをしないと見なせ、常に機体の進行方向を指していると考えられる。従ってピボット点で測定された第6輪と機体のなす角 δ は機体が進行方向に対してなす角、即ち横滑り角で、式(1)のようにすると横滑り成分を含んだ第5輪の舵取り角 θ を補正できる。即ち第6輪を新設する事で傾斜地に対応した。第6輪も第5輪と同様にZ相を使ったインクリメンタル型ロータリエンコーダ(4096pulse/rev)によって角度を検出した。

4. 実験の結果と考察

1) 平坦地での実験結果

芝地グランドに測量ロープを張り、約60mの区間を0.68, 1.0, 1.5m/sの速度で各4から5回直線

走行し、各車輪の舵取りパルス数の標準偏差を求めた。舵取りをしていないので標準偏差は舵取り角測定のばらつき指標となり路面のノイズか機械的誤差を示している。その結果、第5輪の振れは±38.5pulseで高速になると僅かに大きくなる傾向があった。第6輪は±2.9pulse（第5輪の精度に換算すると17pulse）で速度による影響ははっきりしなかった。車輪の左右方向への振れに換算すると第5輪が±6mm、第6輪が±5mmとなった。各輪の舵取り角に換算するとトレーラーアーム長さが600mmの第5輪は±0.5度、1140mmの第6輪は±0.25度であった。この車輪の振れが路面ノイズと装置の機械的誤差によると思われた。しかし、第5輪、第6輪とも同じような車輪の触れ幅を示したことから±5~6mmの振れ幅はほとんどが路面のノイズによると考えられる。また、この試験で、トラクタの走行距離を光波測距測角儀で測量し第5輪による測距値と比較し第5輪の測距精度を求めた。その結果平均49m 走行したときの誤差は±0.212%であった。

第5、6輪の0点設定を電気的に行えるようにし、 θ を検出するロータリエンコーダの分解能を24000pulse/revにした。しかしロータリエンコーダは機構上、1パルス（0.015度）の設定誤差を避けられない。（1）式によれば、24000pulse/revのロータリエンコーダのとき300mの走行で $\Sigma \omega$ に最大約2度の電気的誤差を生む計算になる。この誤差は走行距離が大きくなるほど大きくなり、旋回回数の多少には影響されない。第6輪の分解能は4096pulseと第5輪に比較し精度が低かった。これも上記と同様な電気的誤差を生ずるといえるが、直線走行中、 δ は一定しているので路面ノイズ以外の影響を受けないとも思われる。しかし、走行距離が長くなるほど累積誤差も大きくなることから、分解能の高いロータリーエンコーダを使うべきことがわかった。

図2は平坦地での走行結果の1例である。トラクタはs点からスタートし、自由に走行して再びs点に戻った。戻り時の機体の進行方向はスタート時と同じとしたので、舵取り角を正確に認識できたときには最終の舵取り角は0か360度となる。また、途中の走行軌跡座標を正確に認識できれば

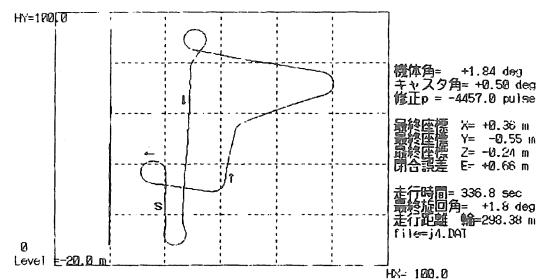


図2 走行軌跡（平坦地）

トラクタはスタート点座標に戻る。今回は光波測距儀による途中経路の確認を行わなかったが前回に比べ旋回角の認識精度は格段に向上し、図1では旋回角の誤差が1.8度、x方向の誤差の2乗とy方向の誤差の2乗を加え開平した値、即ち閉合誤差は0.66mとなった。このような精度向上は0点設定誤差が1pulseになった事による精度向上が大きかったと思われる。

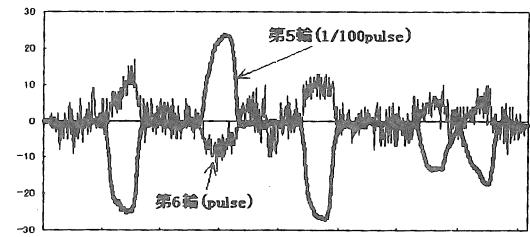


図3 平坦地走行時の横滑り

図3は平坦地走行中の第5輪と第6輪のpulseを示したものである。第5輪のpulseが一定値を示している部分はトラクタが直線走行しており、大きく変化している部分は半径約3mで旋回している。最後の方の小さな変化部分は大きな半径で旋回した部分である。それに対し平坦地の走行であるにも関わらず第6輪のpulseは旋回半径が小さい部分で約 $10 \times (360/4096) = 0.88$ 度、大きい部分で約 $5 \times (360/4096) = 0.44$ 度、変化している。このことは旋回中のトラクタには平坦地でも横滑りが発生していると言うことを示している。従って第5輪だけでは舵取り角の計測誤差を避けることができなかった。このことから、第6輪が旋回角の認識精度向上に大きく貢献したと考えられる。他の実験でもトラクタの旋回角認識誤差は走行距離約300mのとき約2度内外となり、誤差が前回

の装置より小さくなるとともに安定した旋回角を示すようになった。今回の装置はロータリーエンコーダの分解能を前回のものより約6倍高くした。また0点設定を電気的方法に変更した。その結果旋回角の誤差は走行路面のノイズと装置の機械的な誤差、それと電気的な誤差だけになったと思われる。実際に平坦地で約100～300m走行した時の $\Sigma \omega$ の誤差は1から2度以内に収まり、ロータリエンコーダの電気的誤差の最大値に近かった。

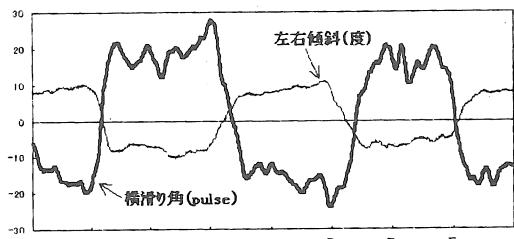


図4 左右傾斜と横滑り角の関係

2) 傾斜地での実験結果

図4は約8度の傾斜草地で等高線上を8の字走行したときのトラクタ機体の横傾斜角(度)と横滑り角(pulse)とを示したものである。

図4はトラクタが右側を谷として等高線走行し8の字を描くようにして出発点に戻った。傾斜0の点で横滑り角が0となっているのはトラクタが登坂方向、あるいは降坂方向を指し、横傾斜も0となつたからである。図4では1～2度の横滑りの

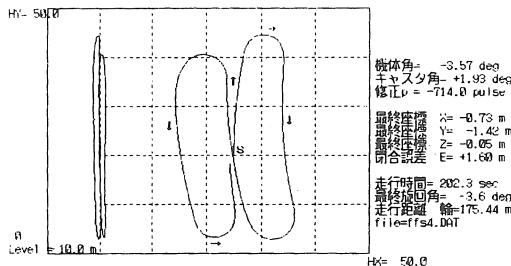


図5-a 傾斜地走行例（補正なし）

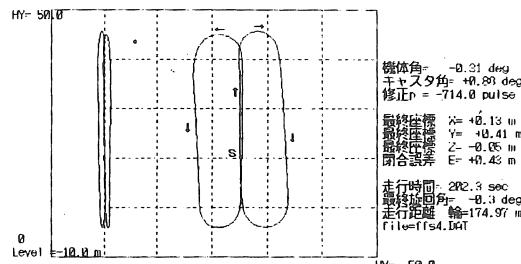


図5-b 傾斜地走行例（補正あり）

あつたことを示している。平坦地で旋回したときにも約0.8度の横滑りが観測され、これが旋回角の認識誤差となっていたと思われる。

図5は傾斜地での走行軌跡の一例である。aが今回試作した横滑り角検出装置からの δ を使わなかつたもの、bは使つたときのもので、傾斜地では横滑りの影響が大きいということを示している。

5.まとめ

前報の第5輪の0点設定の問題はロータリエンコーダのZ相を利用することで解決された。その結果、第5輪の舵取り角検出に、より高精度のロータリエンコーダを使えるようになり舵取り角の認識誤差を小さく、かつ安定させることができた。トラクタの旋回角 θ の誤差は300m走行で±2度以内、測距誤差は±0.212%、路面のノイズは±0.5度内外であることがわかつた。前報までは第5輪のみによるトラクタの位置認識実験を試みたが、傾斜地走行を考えるとトラクタの横滑り角測定用第6輪が必要であった。試作した第6輪はほぼ満足しうる精度を持っていた。また、平坦地でも旋回中には横滑りがあり誤差の原因となっていたことが明らかとなつた。その結果、位置認識精度が格段に向上した。

引用文献

- 1) 本橋,高野,益子;第5輪のみによるトラクタの位置認識,農機誌東北支部報43,11-14,1997
- 2) 本橋,嶋田,田中,高野;測距輪による位置認識,農機誌58(1),43-48,1996
- 3) 平尾,近藤,亘理,山本;理論自動車工学,山海堂,166,1979

[閲読者コメント] 第5, 第6輪を組み合わせた内界センサー方式による自動走行には新味があり、傾斜地でのさらなる成果を期待する。

[著者回答] 現在傾斜地で試験を行つており、その結果を分析中です。等高線方向の走行時には誤差の少ない認識が出来るものの、登降坂方向の走行時には幾つかの問題点も出ており、これの解決方法を探つてゐるところです。

光波測距角儀を用いたトラクタ走行軌跡の簡易計測法

田中勝千*・本橋閻司*・高野剛*・石田頼子*

A Simple Measurement Method to Determine a Tractor's Running Track
Using Total Station

Katsuyuki TANAKA*, Kuniji MOTOHASHI*,
Takeshi TAKANO*, Yoriko ISHIDA*

Abstract

This paper describes the study of a simple measurement method to determine the position of a moving vehicle using a total station with a reflective target placed at the height of 1 m over the safety frame of tractor. Under static conditions, measuring error was about 0.15 m at the collimation distance of 200 m.

And under dynamic conditions, means and standard deviations of measuring error were 0.31 ± 0.22 m on flat land, however these changed to 0.30 ± 0.28 m when the inclination of sloped land was revised. It was found that the accuracy of this running track measurement method was within the range of 1 m.

[Keywords] tractor, running track, total station, reflective target

I. はじめに

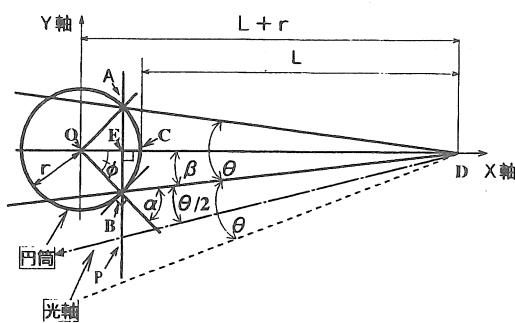
トラクタの自律走行の研究を進めるに当たって、各種センサが認識した自車位置と実際の走行位置（軌跡）とを比較することが必要となる。一般に、高い精度が要求され、走行距離が短い場合、トラクタ中央部から着色液体を点滴落下させる方法¹⁾や、作業跡地を調査する方法²⁾が用いられている。本報では、光波測距角儀（以下、光波儀）を用いて、精度が劣っていても長距離の軌跡を効率的に簡易計測できる方法について検討した。

II. 視準距離と測定誤差

トラクタの位置を求めるために、トラクタの安全フレーム上に取り付けたターゲットを光波儀で追尾・視準した。反射波が得られれば、水平角、天頂角および斜距離からトラクタの位置を計算できる。この方法は、計測時の誤差を累積しない、計測データが路面の凹凸の影響を受けにくいという長所がある。反射ターゲットはどの方向からで

も反射波が得られるように、外径0.21mの円筒全面にシートタイプの反射ターゲットを貼り付けた。光波儀から照射された光波は、距離に比例して発散し、誤差要因となる。ここでは反射波が得られる最大入射角 $\alpha = 45^\circ$ 、円筒の半径 r 、および光波の発散角 θ より、視準距離 L と測定誤差 ϵ との関係を求めた。

図1は、光波儀をD点に据え付けて反射ターゲットを視準した場合、反射ターゲットの中心が光軸（X軸）上にあり、発散した光波（DA, DB）と法線（OB）との交角 α が、反射波の得られる最大入射角 45° に等しい場合を示す。このとき、 $L=33.9$ mであり、Y軸方向のEBとX軸方向のEOは等しい。ここで、光軸が一点鎖線の場合、発散した光波が点Bを通る時、 $\overline{EP} = (\overline{EB} + \overline{BP}) > \overline{EO}$ である。そこで、Y軸方向の誤差EPを誤差 ϵ とし、実測値と比較した。



- ・円筒の半径: $r = 0.105(m)$
- ・円筒の中心点: O
- ・最大入射角: $\alpha = 45^\circ$
- ・視準距離: $\overline{DC} = L(m)$
- ・発散角: $\theta = (15/60)^\circ$
- ・Y軸方向の誤差: $\overline{EP} - \overline{EC} = \epsilon$
- ・光波儀据え付け点: D
- ・ $\phi = \angle DOB$
- ・ $L \leq 33.9m$: $\beta = \theta/2 = \text{一定}$
- ・ $L > 33.9m$: $\beta = \tan^{-1} \left[\frac{r \times \sin \phi}{L + r \times (1 - \cos \phi)} \right] < \theta/2$

図1 視準距離と測定誤差との関係

1. $10.0m \leq L \leq 33.9m$ の場合

(光波儀の最小測定距離は10.0m)

 $\triangle OBD$ について考えると、正弦定理より

$$\angle OBD = \sin^{-1} \left[\frac{(L+r) \times \sin(\theta/2)}{r} \right]$$

よって、

$$\phi = \angle OBD =$$

$$180^\circ - \sin^{-1} \left[\frac{(L+r) \times \sin(\theta/2)}{r} \right] - \frac{\theta}{2} \quad (1)$$

$$\text{また}, \overline{ED} = L + \overline{ED} = L + (r - \overline{OE})$$

$$= L + r \times (1 - \cos \phi) \quad (2)$$

 $\triangle EPD$ について考えると、三角比より

$$\epsilon = \overline{EP} = \tan \theta \times \overline{ED} \quad (3)$$

(2)式を、(3)式に代入すると、

$$\therefore \epsilon = \tan \theta \times [L + r \times (1 - \cos \phi)] \quad (4)$$

式中の ϕ は(1)式で求められ、視準距離 L によって変化する。2. $33.9m < L$ の場合この場合、 ϕ は次式で求められる。

$$\phi = \alpha - \frac{\theta}{2} \quad (5)$$

 $\triangle EPD$ について考えると、三角比より

$$\epsilon = \tan \angle PDE \times [L + r \times (1 - \cos \phi)]$$

$$= \tan \left(\frac{\theta}{2} + \beta \right) \times [L \times r \times (1 - \cos \phi)] \quad (6)$$

 $\triangle OBE$ について考えると、三角比より

$$\tan \beta = \frac{\overline{EB}}{\overline{ED}} = \frac{r \times \sin \theta}{L + r \times (1 - \cos \theta)}$$

$$\beta = \tan^{-1} \left[\frac{r \times \sin \theta}{L + r \times (1 - \cos \theta)} \right] \quad (7)$$

(5)式に、(6)式を代入して

$$\therefore \epsilon = \tan \left\{ \frac{\theta}{2} + \tan^{-1} \left[\frac{r \times \sin \theta}{L + r \times (1 - \cos \theta)} \right] \right\} \times [L + r \times (1 - \cos \phi)] \quad (8)$$

式中の ϕ は(5)式で求められ、 L に関わらず一定である。

III. 実験方法

1. 計測システムと供試車両

a. 光波測距測角儀 (ソキア SET3A)³⁾

光波儀は、光波計とデジタルセオドロイトを一体化させた測量機器である。距離値の標準偏差は $\pm(5\text{mm} + 3\text{ppm} \times \text{距離})$ であり、測角の精度は水平角 $4''$ 、天頂角 $5''$ （正反観測による一方向の平均値の標準偏差）である。また、斜距離、水平角、および天頂角を1つの測点データとして得ることができる。測定したデータを、インターフェースRS-232Cを介してラップトップパソコン（EPSON PC-286LS）に入力、保存した。光波儀の計測では、プリズム定数の確認と、気温と気圧による気象補正是毎回行う必要がある。なお、供試した光波儀は自動追尾方式ではない。

b. 反射ターゲット

全方位から視準できるように、外径0.21m、高

さ1.00m、厚さ0.0075mの円筒全面に、トンネル測量用のシートタイプ反射ターゲット（ソキアR S90N、245×245mm）を貼り付けて、反射ターゲットとした。

c. 供試車両と反射ターゲット取り付け位置

供試車両として、国産の汎用型トラクタ（K-L412DT, 31kW）を使用した。また、供試トラクタに2軸の傾斜計（トキメック TCM-2X-90）を搭載し、傾斜地走行のデータについて傾斜補正を行った。トラクタの安全フレーム上に、4本のボルト（φ10）を使用し、天板（20×1290×1420mm）を取り付けた。反射ターゲットを、固定台（20×1240×920mm）にビスで取り付け、ターゲットの中心軸がトラクタの後軸中心上を通るように、固定台と天板とを4本のボルト（φ10）で固定した。

2. 視準距離と測定誤差

グラント上に直線200mの距離を確保できるように、光波儀を据え付けた。据え付け点から11m地点と、15mから50m地点までは5m間隔で、60mから200m地点までは20m間隔でトラクタを移動、静止させ、トラクタ上の反射ターゲットを視準した。その際、各々の地点でターゲット中心から右側に視準点を手動でずらし、反射波が得られる限界を調べた。また、左側も同様に行った。

3. 走行軌跡の計測

a. 平坦地（直線コース）

平坦なグラント上に直線100mのコースを設定し、0.5, 1.0, 1.5m/sの速度で走行させた。光波儀はコース両端から等距離になるようにコース中央付近に設置した。

b. 平坦地（長距離コース）

平坦なグラント上に、直線部分が25m、旋回半径5mのU字からなる、全長230mの長距離コースを設定し、0.5, 1.0, 1.5m/sの速度で走行させた。

c. 傾斜地（直線コース）

付属農場第2圃場の傾斜草地（平均傾斜角度3.9±1.7°）に、平坦地と同様の直線コースを設定し、0.6m/sの速度で走行させた。

d. 傾斜地（長距離コース）

付属農場第2圃場の傾斜草地に、平坦地と同様

の長距離コースを設定し、0.4m/sの速度で走行させた。

平坦地、傾斜地とも、走行中のトラクタの車体中心通過点（ドローバー直下点）上にピンポールを打ち、真の通過点を求めた。

IV. 結果と考察

1. 視準距離と測定誤差

図2に視準距離と測定誤差との関係を示した。●印は測定値で、中心から光軸を左右にずらして反射波が得られた場合の最大誤差の平均値である。測定値は視準距離に比例して増加したが、視準距離200mでも0.15m程度であった。視準距離が大きくなるほど測定値と計算値の開きが大きくなつたのは、発散角から計算される誤差（式（4）、（8））が過大に見積もられたからだと考えた。

そこで、実際の反射点の動きを知るために、反射ターゲットの中心に光軸がある場合の視準距離L（=CD）と、反射波が得られた場合の距離BDとの差を図3に示した。

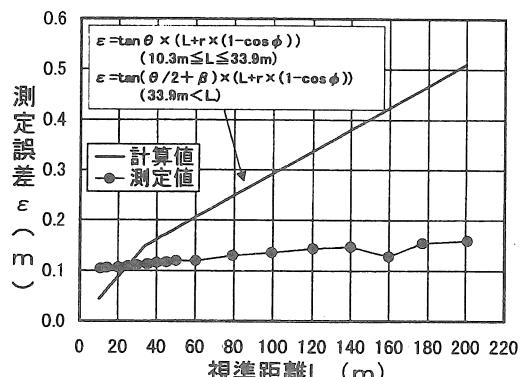


図2 視準距離と測定距離との関係

●印は左右の平均値、太い実線は回帰線、細線は95%信頼限界である。視準距離に比例して距離差は対数的に減少していた。つまり、視準距離が長くなるほど、実際の反射点はα=45°の点Bより点Cの方に移動していて、発散角から計算された誤差より測定値が小さくなることを示していた。光波儀は、測定精度を保証するために、一定以上の光量の反射が必要である。光波儀の照射量が一

定であれば、視準距離に比例して、反射する光量が減り、その分を補償するために反射点が中心に移った結果、測定値は発散角から求めた計算値を大きく下回ったと考えられた。

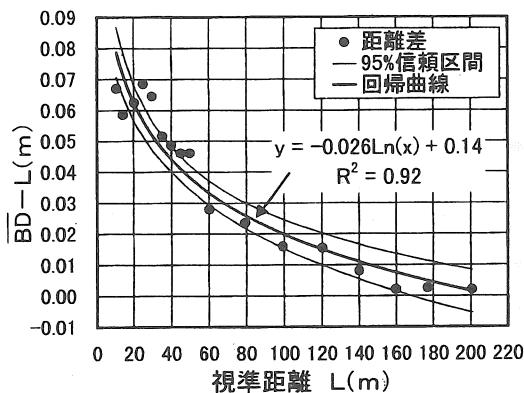


図3 \overline{BD} とLとの距離差

2. 計測軌跡

誤差の計測は静的条件で行った。一方、走行中のトラクタは、路面の凹凸を震動源として3軸通りに運動する。走行面が傾斜度を持つ場合、トラクタ上の反射ターゲットの運動はさらに複雑になり、計測条件は厳しくなる。トラクタの走行条件と傾斜条件を組み合わせて、簡易計測法によって求めた計測点（反射ターゲット座標）がどの程度精度を持つのかを、ピンポールでマークした通過点（ピンポール座標）と比較した。比較した計測点は通過点に最も近い点とし、両者の差の平均値

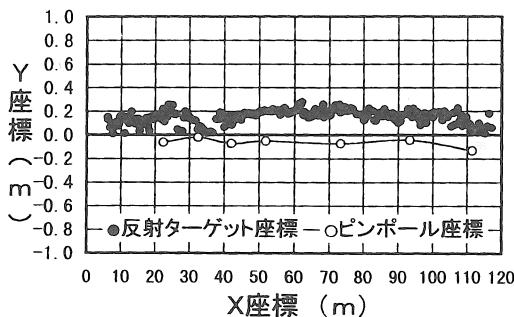


図4 光波儀で求めた走行軌跡とピンポール座標
(平坦地直線100m走行, 走行速度0.6m/s)

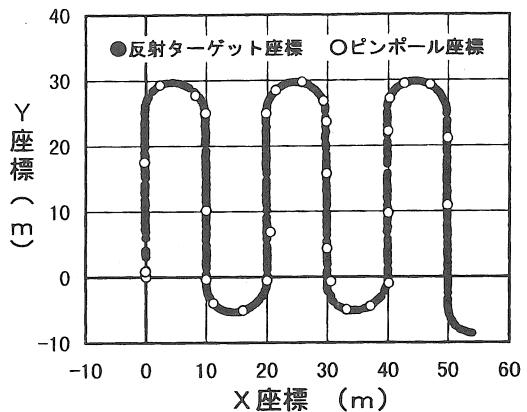


図5 光波儀で求めた走行軌跡とピンポール座標
(平坦地長距離走行, 走行速度0.5m/s)

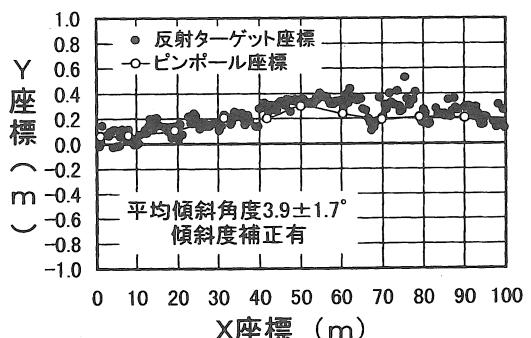


図6 光波儀で求めた走行軌跡とピンポール座標
(傾斜地直線100m走行, 走行速度0.6m/s)

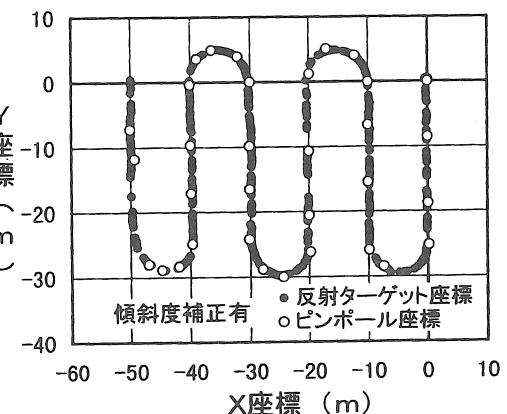
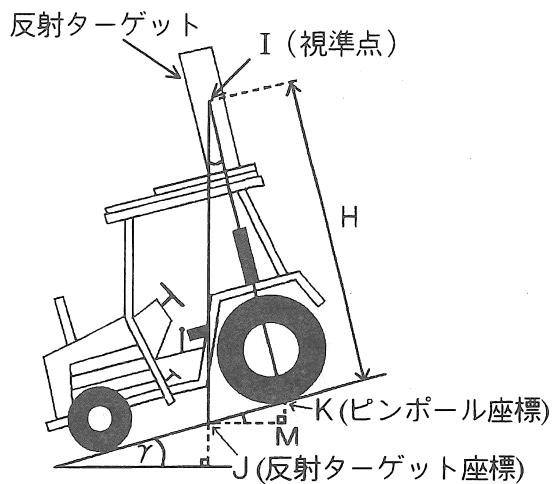


図7 光波儀で求めた走行軌跡とピンポール座標
(傾斜地長距離走行, 走行速度0.4m/s)

と標準偏差を求め、評価の指標とした。なお、本実験では視準距離 $L \leq 60m$ の条件で行った。平坦地における直線100m走行、長距離走行の軌跡の一例を図4、5に、傾斜地における直線100m走行、長距離走行の軌跡の一例を図6、7に示した。また、平坦地走行の結果を表1に、傾斜地走行の結果を表2に示した。平坦地で走行させた場合、直線走行全体の平均値と標準偏差は $0.32 \pm 0.13m$ で、最も良好な結果は、 $0.5m/s$ の時の $0.18 \pm 0.13m$ であった。長距離走行の最も良好な結果は、 $0.5m/s$ の時で、 $0.08 \pm 0.15m$ であった。

直線、長距離走行とも、走行速度が速くなると、誤差が大きくなっていることが分かる。走行速度が速くなると、機体のロール・ピッチ運動が大きくなり、測定点と真の通過点との距離の偏差が大きくなるためだと考えられる。しかし、長距離コース、直線100mコースにおいて、同じ走行速度毎に見ると、誤差にそれほど差は見られず、特に長距離走行の場合、デットレコニング^⑤より有利であると考えられた（表1）。草地畜産の展開されているところは、平場（平坦地）より山間地（傾斜地）の割合が多い。そのため、トラクタは、車両全体が地形に合わせ傾きつつ、前後、左右に緩やかに振動する。傾斜地で、反射ターゲットを載せたトラクタを走行させた場合、反射ターゲット



$$\overline{JK} = H \times \tan \gamma \quad (1)$$

$$\overline{JM} = \overline{JK} \times \cos \gamma \quad (2)$$

(1)式、(2)式より

$$\overline{JM} = H \times \tan \gamma \times \cos \gamma$$

$$\therefore \overline{JM} = H \times \sin \gamma$$

図8 傾斜度補正法

表1 反射ターゲット座標とピンポール座標間の誤差の平均値と標準偏差（平坦地）

	平 直 線			担 長 距 離			
走行速度(m/s)	0.50	1.0	1.1	1.5	0.50	1.0	1.5
ピンポール座標数	17	18	25	26	27	30	29
誤差の平均値±標準偏差(m)	0.18 ± 0.13	0.34 ± 0.14	0.37 ± 0.22	0.45 ± 0.33	0.08 ± 0.15	0.31 ± 0.23	0.47 ± 0.35

表2 反射ターゲット座標とピンポール座標間の誤差の平均値と標準偏差（傾斜地）

	傾 斜 地			
	直 線	長 距 離	1回目	2回目
走行速度 (m/s)	0.6	0.6	0.4	0.4
ピンポール座標数	22	20	37	35
誤差の平均値±標準偏差 (m) (補正前)	0.30 ± 0.23	0.32 ± 0.25	0.36 ± 0.60	0.46 ± 0.43
誤差の平均値±標準偏差 (m) (補正後)	0.23 ± 0.15	0.25 ± 0.15	0.33 ± 0.45	0.40 ± 0.36

もトラクタと一緒に傾くことになる。そのために、実際の走行点（ピンポール座標）と反射ターゲット座標との間に誤差が生じると思われた。そこで、傾斜角度に対する補正を行った（図8）。

傾斜地で直線走行させた場合、傾斜角度の補正によって、全体では、平均値と標準偏差が $0.31 \pm 0.24\text{m}$ から、 $0.24 \pm 0.15\text{m}$ となった。同様に、長距離走行では $0.41 \pm 0.52\text{m}$ から、 $0.37 \pm 0.41\text{m}$ となった。直線走行と長距離走行とも明らかに誤差が小さくなり、傾斜補正の効果が見られた（表2）。

以上の結果から、簡易計測法によって、平坦地、傾斜地とも1m以内の精度で走行軌跡を得られることが分かった。

V. 謝 辞

本研究の一部は文部省科学研究費補助金基盤研究(C)(2)08660314の補助を受けた。また、(株)ソキアの笹木氏より、光波測距測角儀の発光特性について助言を頂いた。ここに記して謝意を表する。

VI. 参考文献

- 1) 中辻直良、鳥巣諒、武田純一：斜面上におけるトラクタ系車両の自律走行、第44回農業機械学会東北支部講演要旨：38～39、1997
- 2) 野波和好、小松實、足立憲一：農用田植機の走行制御に関する研究（第3報），農業機械学会誌 57 (6) : 69～75, 1995
- 3) ソキア：SET3A取り扱い説明書
- 4) 本橋団司、嶋田浩、田中勝千、高野剛：測距輪による走行軌跡の計測、農業機械学会誌57 (2) : 29～35, 1996
- 5) 本橋団司、田中勝千、高野剛、嶋田浩：測距輪による位置認識、農業機械学会誌58(1) : 43～48, 1996
- 6) 瀧川具弘：レーザ光による位置、方位計測技術、農業機械学会誌 59(1) : 130～134, 1997
- 7) 田中政芳：光学式距離測定システムの設計、トランジスタ技術、7月号：288～303, C Q出版社, 1993

【閲読者コメント】このシステムを実際の作業に応用する場合の、注意事項などについてお聞かせください。

【著者回答】圃場の基線上に光波儀を設置した場合、必ずしも光波儀の操作が容易であるとは限りません。一般的には、見通しの利く任意の点に光波儀を設置します。その場合、光波儀で得られた座標を実際の圃場座標に変換しなければなりません。光波座標と圃場座標とを合わせるためには、予め、圃場内の最低2点に反射プリズムを設置し、正確な3次元位置を求める必要があります。また、光波儀設置点と最も近い測定点との距離は、30m以上が望ましく（供試機器の場合）、これ以下ではターゲットの追尾・視準が困難となります。

超音波式変位センサによる牧草刈取り境界の検出（第1報）

— トランクタと牧草刈取り境界との相対距離の計測 —

田中勝千*・本橋昌司*・高野剛*・石田頼子*

Method for Determining Grass Cutter Boundary Line
Using Ultrasonic Wave Sensor (Part 1)

— Measurement of Relative Distance between Tractor
and the Grass Cutter Boundary Line —

Katsuyuki TANAKA*, Kuniji MOTOHASHI*, Takeshi TAKANO*, Yoriko ISHIDA*

[Keywords] 超音波式変位センサ(ultrasonic wave sensor), 牧草(grass), 刈取り(reaping)

I. はじめに

現在、農業分野における作業自動化の研究が各研究機関で行われている^{1,2)}。草地畜産における牧草収穫作業の自動化の研究も例外ではないが、肥料散布や牧草反転など比較的精度の緩い作業に限られている^{3,4)}。筆者らは、刈取り走行の自動化を目標に、前段階として牧草刈取り境界の検出を試みた。

刈取り作業は刈り残しがないように、作業の重複幅を大きくとれば作業能率に直接影響する。刈取りは他の管理作業に比べて作業精度が厳しい作業である。しかし、作業対象物（刈取り前の牧草）がはっきりしているという点で何らかの方法で対象物を利用できれば、作業位置を特定しにくい肥料散布や牧草反転の作業に比べて有利ともいえる。トランクタと対象物との相対距離（位置）を検出できれば、値の制御の情報として利用できる可能性があるからである。

本報では、超音波式変位センサを使って、1番草を対象に、トランクタと牧草刈取り境界との相対距離（位置）を計測した結果について報告する。

II. 実験装置と実験方法

1. 供試車両と計測装置（図1参照）

供試車両として出力20.4kW (27PS) の傾斜地用トランクタ（ABEI TT33）を用いた。車両後部の中央にセンサ取付け台を装着し、牧草刈取り境界を検出する場合、地上高さ0.38mと0.28mの位置に超音波式変位センサ（以下超音波センサ）を

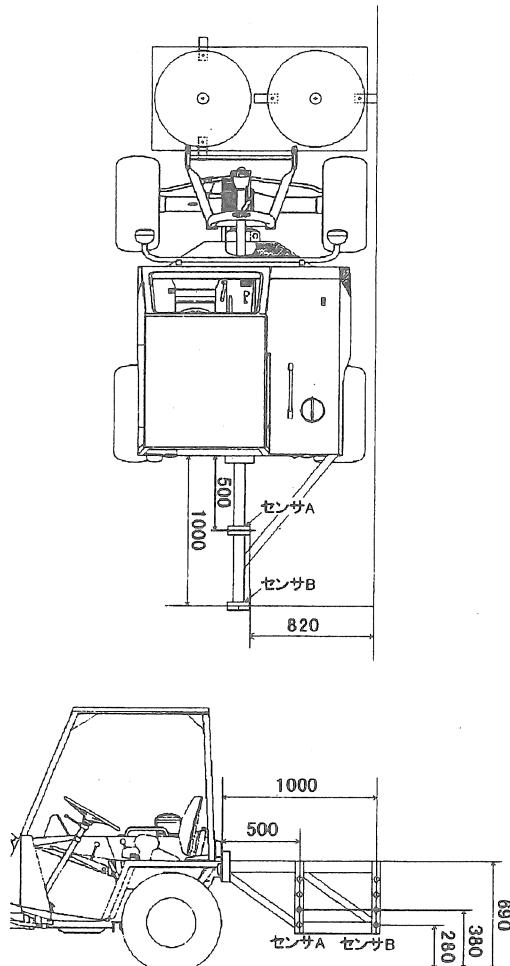


図1 供試車両とセンサ取付け位置

固定した（センサA, センサB）。超音波センサは、センサヘッドとアンプユニット(KEYENCE UD-320, UD-300)からなる。距離の測定範囲は0.20～1.30m（センサ中心軸からの垂直方向の誤差は最大で約0.07m），応答性は10Hz，最小検出物体の大きさは0.020mである。また，角度特性は，測定距離0.50～0.60mのとき最大で約13°となり，それ以上の距離では5°に収束する。モーアの取付け位置から求めた，超音波センサから牧草刈取り境界までの計算上の距離は0.82mである。エンジン回転数を一定条件に設定するため，タコメータ（小野測器GE 571）を取付けた。各センサからのデータは電圧として取り出し，データレコーダ（ティアックMR-30）に入力保存した。実験終了後，データをAD変換器（コンテックAD12/16TA(98)）を通してコンピュータ（EPSON PC-386GS3）に読み込み解析した。

2. 実験方法

（1）構造物側面の検出

長辺が15.2m，短辺1.9m，高さが0.89mのコンクリート骨材置き場の長辺側面を測定対象とした。予め側面から1.0m離れて，長辺に沿ってPPロープをアスファルト路面上に張った。オペレータは，PPロープに車両中心を合わせるようにトラクタを走行させ，側面の形状を測定した。走行速度0.89と1.4m/sで，計測を2回繰り返した。長辺の側面には，幅0.95m，高さ0.89mの骨材取り出入口が7個ある。この実験では，センサの取付け高さを0.58mとした。

（2）牧草刈取り境界の検出

超音波センサの最小検出物体の大きさは，0.020mとなっているが，予備実験の結果，測定距離の範囲内であれば，茎径が0.003～0.005mの牧草（イタリアンライグラス，オーチャードグラス）を検出できた。ドラムモーアで1番草を刈取り，草地上に長さ20mの刈取り境界を作った。刈取り境界に巻き尺を張り，基準線とした。0.05m間隔で基準線に曲尺を当てて，基準線に直角な方向の，未刈取りの牧草までの距離を測定した。その後，基準線を目安に，超音波センサを装備したトラクタを速度0.94m/sで走行させた。なお，実験に用いた草地はイネ科牧草の優先する草地で，イネ科

の牧草のほとんどがイタリアンライグラスである。

III. 結果と考察

（1）構造物側面の検出

図2はコンクリート骨材置き場の側面の形状を測定した結果で，横軸は進行距離を，縦軸は超音波センサが検出した側面までの距離を示している。

進行距離-1m～0mの範囲と15m以上の場合，1.3m以内に超音波を反射する物体はない。超音波センサは，最大検出距離の1.30mを出力した。進行距離0m～15mまでの検出距離のほとんどは，0.98～1.10mであり，オペレータは概ね側面から1.0m間隔で張られたPPロープに沿って走行したと推察できる。15mの区間中，センサは凹凸の形状を認識していて，凹の部分は7つある。これらは骨材取り出入口部分の木製の板材である。凸の部分はコンクリートブロック壁である。ブロックから板材までの奥行きは0.06mである。グラフは骨材取り出入口部分の長さと奥行きを捉えていて，設定した走行速度でも十分に側面の形状を計測できることが分かった。図中3mと9m付近に，実際の側面までの距離より大きく測定している部分がある。これらは，すべてのデータで同じ場所に表れていって，反射面の状態に不都合があると考えられた。

（2）牧草刈取り境界の検出

a. 基準線から未刈取り牧草までの距離測定

図3は基準線から未刈取り牧草までの距離を

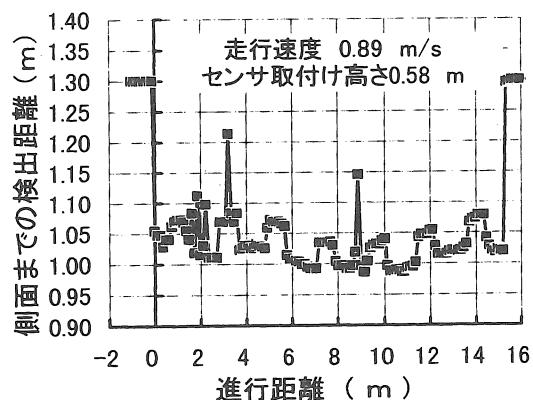


図2 骨材置き場側面までの検出距離の測定例

測定した一例である。測定間隔は0.05mなので、数カ所であるが基準線から0.20m以上離れないといふ草に当たらない場合があった。牧草までの距離の平均値と標準偏差は 0.07 ± 0.09 mで、変動係数は100%を超え、ばらつきが大きかった。

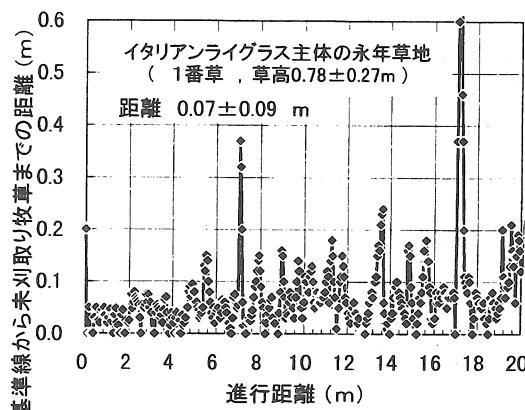


図3 基準線から未刈取り牧草までの距離測定例

b. 刈取り作業時の牧草刈取り境界の計測

図4は、予備実験で刈取り作業時の牧草刈取り境界を計測した例で、センサから刈取り境界までの距離は0.65mとした。センサが検出した点の動きを分かりやすくするために、数秒間の結果を載せている。センサA、Bとも距離0.6~0.8mのデータ群と1.3m付近のデータ群に分かれていると見ることができる。この場合、0.9~1.0m以上のデータは、牧草の刈取り境界からかなり離れたデータであるとして、しきい値を設定すれば刈取り境界とそれほど差のない結果が得られると考える。

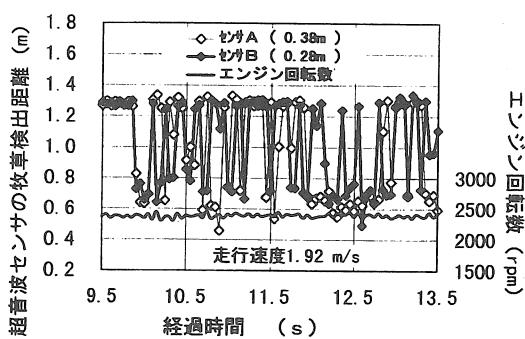


図4 超音波センサによる牧草刈取り境界の検出例

c. 牧草刈取り境界の計測

図5と図6は、走行速度0.94m/sで、図3のような分布を示す牧草の刈取り境界を計測した結果である。両図とも、図3の未刈取り牧草までの距離のばらつきの平均値0.09mをしきい値として、上限0.90以上のデータを消去して作図した。検出距離の平均値と標準偏差は、センサA、Bそれぞれ、 0.83 ± 0.06 mと 0.83 ± 0.03 mとなり、超音波センサから刈取り境界までの計算上の距離0.82mに近かった。取り付け高さの低い、センサBの方がわずかに標準偏差は小さかった。センサの取付け高さを変えたのは、茎の部分と葉が多い部分ではセンサの角度特性の関係で差が表れるのではないかと考えたからである。両センサの取付け高さの差は0.10mである。両センサの計測結果に差が表れなかったのは一番草で草丈が十分にあり、

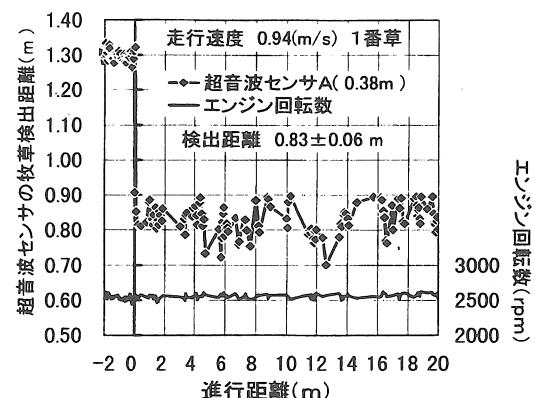


図5 超音波センサによる牧草刈取り境界の検出例

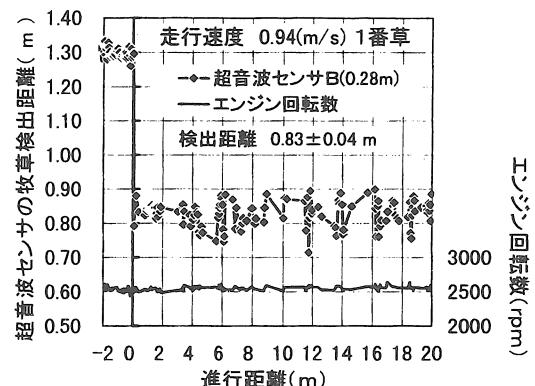


図6 超音波センサによる牧草刈取り境界の検出例

両センサとも茎の部分で超音波を反射したためであると思われた。示した図では明らかでないが、実際の刈取り走行時のデータでは、取付け位置の高いセンサAは、倒れかかった牧草を検知し、短めの距離を検出することがあった。

今回は、超音波センサの取付け位置をモアの後方に置いた。トラクタと牧草刈取り境界との相対距離を検出して、トラクタ走行を制御する場合、超音波センサはモアより前方に置くことによって、超音波センサと牧草刈取り境界との距離が概ね一定に保たれることをねらった。超音波センサが牧草刈取り境界を検出できるかどうかを知ることがもっとも知りたい点だからである。前方に置いた場合、計測結果はオペレータの操作の影響なのか、牧草の分布による影響なのか判別がつかなくなると考えたからである。

IV.まとめ

超音波センサを用いて走行中のトラクタが牧草刈取り境界を検出できるかどうかを検討した。基準線からの未刈取り牧草までの距離の分布と、超音波センサが計測した距離の分布から、しきい値の設定によっては、牧草刈取り境界を検出できる可能性があることを示した。

参考文献

- 1) 鈴木正肚, 唐橋需, 木下源一郎, 津村俊弘, 安村充弘: 農業ロボット開発の展望と課題, 農機誌, 57(6) : 143~168, 1995
- 2) 岡本嗣男, 行本 修, 近藤 直, 藤浦建史, 梅田幹雄: 農業ロボット開発の展望と課題, 農機誌, 58(1) : 127~154, 1996
- 3) 玉城勝彦, 飯嶋渡,瀬川敬, 傾斜草地における施肥作業を前提としたクローラ車両の自律走行, 第56回農業機械学会講演要旨 : 51~52, 1997
- 4) 西村秀司, 本田善文, 芋田憲司, 竹永博, 糸川信弘: 牧草収穫作業のためのトラクタの自動操舵に関する研究, 農機誌, 58(2) : 31~38, 1996

【閲読者コメント】センサと未刈取り牧草までの距離が既知であるので、しきい値が比較的簡単に設定できていますが、この距離が未知の場合には、しきい値の設定が難しくなると考えられます。今後の研究を期待しています。

【著者回答】作業機にディスクモアを想定した場合、モアのナイフとトラクタとの位置関係は取り付けによって定まります。したがって、超音波式変位センサと未刈取り牧草との距離は、刈取りの重複幅をどれくらい見込むのかによって、オペレータが任意に設定できると考えられます。しかし、稻のように規則正しく植え付けられている訳ではないので、しきい値の設定は容易ではないと思われます。また、超音波式変位センサ単独で牧草刈取りの自動化は難しく、他のセンサとのセンサフェュージョンによってはじめて達成されるを考えます。その意味で本研究は補助技術として位置づけています。

加熱通風によるニンニクの乾燥特性と運転経費（第2報）

— 排風の一部循環による運転経費軽減への効果 —

片平光彦*・佐藤 賢*・戸次英二*

Drying Characteristics of Raw Garlic Bulb by Heated Air and Its Running Costs
(Part 2)

—Effect on Decreasing Running Costs by Partial Recirculation of Exhaust Air—

Mitsuhiko KATAHIRA*, Ken SATO*, Eiji BEKKI*

Abstract

Partial recirculation of the exhaust air was tried to decrease the dryer running costs. The difference in relative humidity between the inlet air and exhaust air was about 2.5% at the recirculating rate of 38~51%, however, it increased to 4.0% at the rate of 77%. The deviation in garlic bulbs' temperature was less than 1°C at each layer. Kerosene consumption ranged from 1.24 to 1.37L/h, and electricity consumption was from 1.39 to 1.21kW under different air conditions. The total cost required to remove 1kg of water was ¥297/kg for the control, ¥102/kg for 38%, ¥142/kg for 51%, and ¥82/kg for 77% recirculating rate, respectively. Eventually, the effect on decreasing the running costs by partial recirculation of exhaust air was about 70% in maximum.

1. 緒 言

ニンニク球根は鱗茎、花茎、盤茎、外皮の四つの部分から構成されている。その中で鱗茎は複数の芽や葉で構成された複合形態で、盤茎はそこから発生する細根が内部の維管束と複雑に交差した構造になっている。そのため、ニンニク球根は主要な乾燥部位を花茎と外皮として、盤茎や鱗茎の水分が極めて蒸発しにくい形態となっている。その結果、かびを発生させやすい盤茎を貯蔵水分まで乾渢するのに長時間を要し、乾燥速度は著しく遅くなる。非循環で行った前報¹⁾では燃料や電力の消費量が多くなり、乾燥コストが高くなることが分かった。

本報では送風との温度差が小さく、依然高い乾燥能力を持つ排風に対して、その一部を再循環して利用する方式を前報で使用した市販のエアバッグ式乾燥機に組み込んで熱回収を行い、エネルギーの利用効率を高める改善策を施した。そこで、再循環量の変化によって生じる温度と湿度の経過、乾燥特性や運転経費の節減効果について検討した。

2. 実験方法

(1) 供試機

実験には農産物汎用乾燥機（佐竹、VDR3A型）を使用した。本報では排風の一部を送風側へ再循環させるため、排風を再循環用と屋外排出用に分歧する分流ダクトを排風ファンの直後の曲がり管に取り付けた。なお、非循環区は前報で使用したダクトを取り付けた。

(2) 実験材料

実験材料（品種：福地ホワイト）は1996年7月8日と16日に青森県常盤村で収穫されたニンニク球根を用いた。各収穫日の原料は二分して片方を有孔コンテナ10個に約18kgを均等に詰め、総量約180kgを乾燥室へ張り込んだ。他方は水分の蒸散を防ぐためビニールシートで全体を覆い、実験室内に保存した。

(3) 測定方法

実験装置の外形と測定センサの取付位置を一括して図1に示す。

1) 通風空気の温度と湿度：乾燥装置内と周囲

の各温度と湿度について、熱風温度は送風管と乾燥機内の燃焼炉とを連結する曲がり管内にT型熱電対を取り付けた。循環風の温度は分流ダクト内にT型熱電対を取り付けた。熱風と循環風が合流した直後の風温は、送風管内でサーミスタ式風速計（芝浦、PA2611型）により測定した。入風には空気取り入れ口の前方30cmの位置に温・湿度センサ（エース、白金薄膜抵抗体・ポリマフィルム）を、乾燥室内にも温・湿度センサ（送風側：芝浦、TPH-2C・PH-2C型、排風側：チノー、HV-P30型）を取り付け、変換器（入風：エース、YH-22-P2型、送風：芝浦電子、SC-370型、排風：チノー、HN-T114型）を介して測定した。なお、室温は乾燥装置から約2m離れた場所でT型熱電対により測定した。

2) 風速：送風側は熱風と循環風が合流した後の送風管内にサーミスタ式風速計（芝浦、PA2611型）を、排風側は再循環区が分流ダクト内に、非循環区が排風管内にそれぞれ熱式風速計（日本科学工業、6144型）を、循環風が循環ダクト内に熱式風速計（日本科学工業、24-3111型）を取り付けた。

3) 静圧：乾燥室下部のアンダースペース内に細管を差し込み、それを差圧マノメータ（東洋紡、EMA-150型）に連結して感知した。

4) 球根温度：球根の外皮表面から内部に向かって直角に10mmの深さへT型熱電対を埋め込み瞬間接着剤で固定した。これを品温測定用特定球根と称して15個作成し、前報に示す位置に分散配置した。

5) 乾減質量と球根の形状：球根を充填したコンテナは上下二段積みにして配置した。乾燥前後のコンテナ質量は、電気抵抗式台秤（クボタ、KL-10型）で秤量した。乾減質量測定用の特定球根は、20個用意して個々にネット袋に入れて初期質量を測定しておいた。それらは質量を8h間隔で直示上皿天秤（ザルトリウス、2255型）で秤量した。形状寸法測定用の特定球根は各コンテナに2個ずつ配置し、寸法をノギスで、質量を直示上皿天秤で測定した。各球根の配置場所は前報と同様である。

6) 鱗茎水分：50個の水分測定用の球根を原料

内から任意に抽出して、これらの中から乾燥期間中に8h間隔で2個ずつ取り出し、鱗茎水分を測定した。測定方法は前報と同様である。

7) 燃料消費量：実験前に灯油を入れた燃料タンクを電気抵抗式台秤で秤量しておき、乾燥中の灯油補充時に、前もって秤量しておいた灯油を加えて行った。乾燥終了時には燃料タンク内に残る灯油を再度秤量し、それまでの総質量から差し引いて総消費量とした。

8) 消費電力量：乾燥機へ入力される電力を三相電力計（日置、3184型）で測定した。

以上の各出力電圧はデータロガ（英弘、MP-090型）にそれぞれ入力し、パソコンコンピュータ（日本電気、PC-9801DX型）からフロッピディスクとプリンタの両方に記録した。

(4) 実験区の構成

再循環の風量割合を変化させた場合での乾燥特性と運転経費を明らかにするため、異なる内径を持つ循環ダクトを三種類用意し、それを分流ダクトに取り付けて循環量を38, 51, 77%にした実験区を設定した。また、これらの区と比較するために、通常運転の非循環区を対照区として設け、合計四つの実験区を構成した。

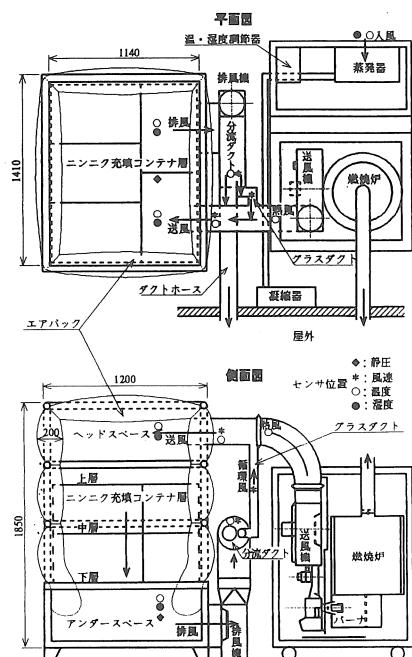


図1 供試乾燥機と測定点

3. 結果と考察

(1) 乾燥室内の静圧

非循環区における乾燥室内の静圧は平均-131.3 Pa, 再循環の38%区で-49.0Pa, 51%区で41.2Pa, 77%区で63.7Paと循環風量が増すごとに陰圧から陽圧へ転じた。

(2) 風量

各実験区での平均風速と風量を表1に示す。非循環区と再循環の38%区では排風量が送風量を上回って、エアバッグの裾部から周囲空気を吸入する状態となった。なお、38%区は四つの実験区の中で送風と循環風の速度が最も大きくなっている。これは、送風と循環風の圧力差が大きくなつたため、循環風が送風に合流し易くなつたためである。77%区と51%区はいずれも送風量が排風量を上回り、乾燥室内から通風が漏出するようになった。また、循環風量が多くなるほど屋外排出風量と入風量が減少して、循環風と混合した後の送風量を少なくした。

表1 送風と排風の速度および風量

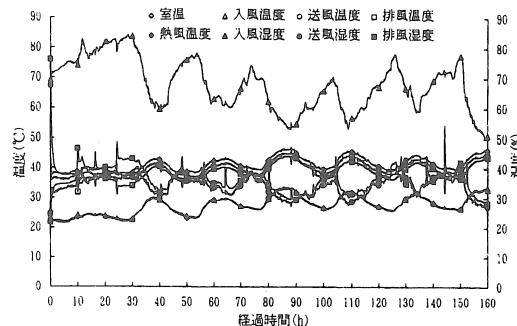
循環風量割合(%)	0	38	51	77
送風速度(m/s)	11.8	13.4	11.6	9.7
送風量(m ³ /min)	36.0	40.8	35.4	29.4
排風速度(m/s)	14.0	13.0	9.7	8.9
排風量(m ³ /min)	52.2	41.4	30.6	28.2
循環風速度(m/s)		10.8	8.3	8.9
循環風量(m ³ /min)		15.6	15.6	21.6

(3) 通風温度と湿度の経過

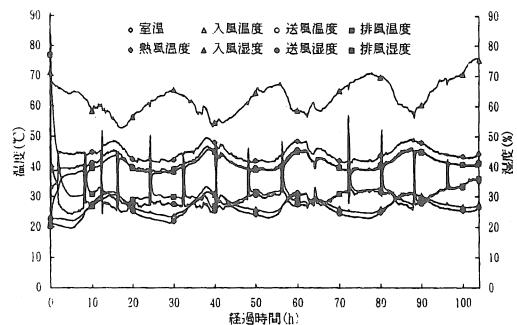
非循環区では、バーナで加熱直後の熱風温度が平均41.3℃、乾燥室入口の送風が39.8℃、球根積載層通過後の排風が38.4℃で送・排風の温度差は1.4℃であった。相対湿度は送風が34.2%，排風が36.5%で、両者の差は2.3%と四つの実験区の中で最も小さかった（図2a）。

再循環の38%区では熱風温度が平均44.3℃、これに39.4℃の循環風が混合して41.2℃の送風になり乾燥室内へ入る（図2b）。乾燥室内で通風が球根積載層を通過する際に、球根の温度上昇と蒸発の潜熱に熱量を奪われて、排風温度は1.0℃低下して40.2℃となっている。

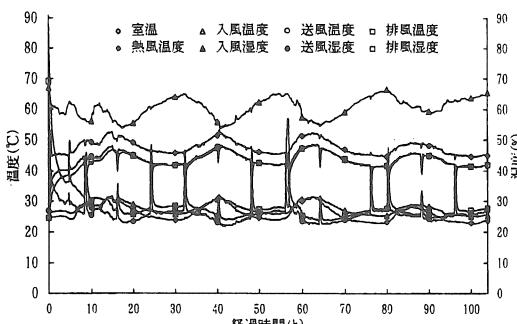
51%区では、温度の平均値が熱風で47.5℃、送



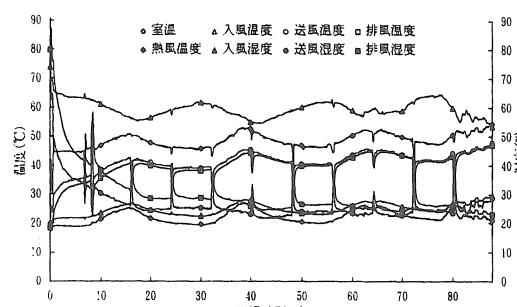
a. 非循環



b. 38%循環



c. 51%循環



d. 77%循環

図2a～d 送・排風と室内の温度と湿度経過

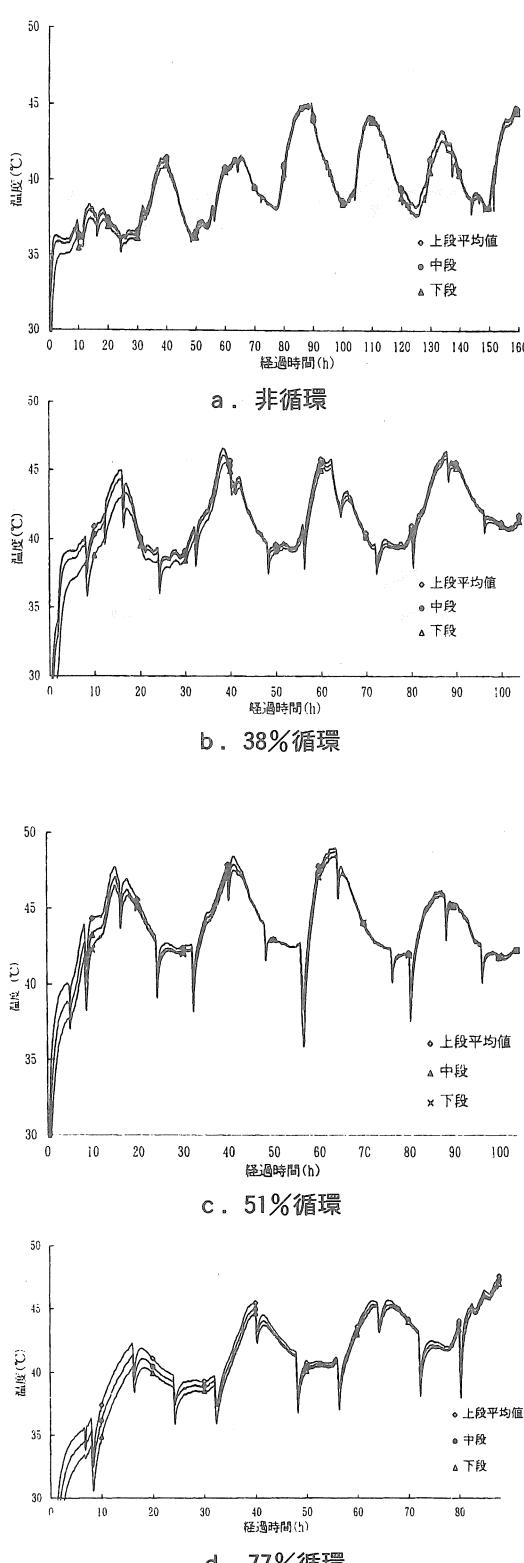


図3 a~d 品温の経過

風で43.4℃、排風で42.8℃であった（図2c）。循環風量割合を高めたことで、熱風と送風の温度差が4.2℃と大きくなっている。また、送風と排風の温度差は乾燥初期の20hまで約2℃程度あったが、その後縮小して乾燥終期にはほとんど差がなくなった。相対湿度は送風26.2%と排風28.7%で、その差は2.5%であった。

77%区では、温度の平均値が熱風で48.4℃、送風で41.1℃、排風で39.8℃であった（図2d）。循環する風量が最も多かったため、送風は熱風より温度を7.3℃下げるに至った。送風と排風の温度差は、乾燥初期の16hまで2～3℃の差であったが、その後縮小して平均1.3℃の差で経過した。送風と排風の相対湿度の差は、乾燥初期に7～8%，乾燥終期で2～3%に縮小した。この差は四つの実験区の中で最も大きく、循環風の熱量が有効に利用されていたと推測される。

以上を総括して、循環風量割合が高くなると、熱風と送風および送風と排風の間の温度差と湿度差が開いていき、所期の目的である排風の再循環利用による効果が認められる。

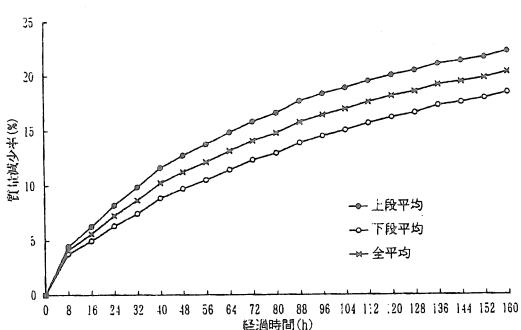
4) 品温の経過

品温の経過を図3a～dに示す。非循環区では、上層と下層の間に乾燥開始後40hまで約0.5℃の微差であったが、その後縮小して各層間の差はなくなっている。縦列経過は、前方のA、B列が乾燥初期に他列よりも高めに経過したが、その後相互の差を縮小して、各列の差はほとんどなくなつた（図3a）。

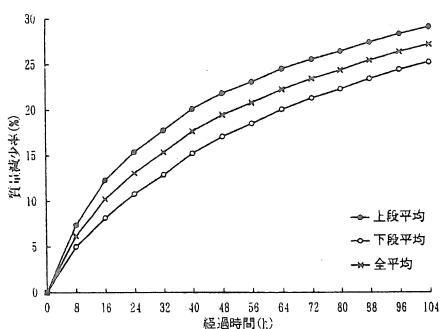
再循環の38%区では、乾燥開始40hまで上層と下層の間に0.5～1.5℃の差があった。各層間の差が非循環区よりも大きくなつたのは、送風量が多かつたためである。縦列間では、乾燥前半にA、B列に0.5℃ほど高い経過が見られたが、後半に至つて各層間の差はほとんどなくなつた（図3b）。

51%区での横列での品温経過は、38%区の場合とほぼ同様の傾向にあった。縦列間ではA、B列で他列よりも全乾燥期間にわたり高めに経過している（図3c）。

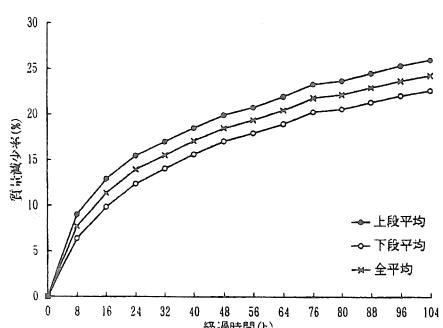
77%区では、乾燥開始後40hまで上層と下層の間は1～2℃の温度差で経過し、以後その差を漸減させながら乾燥終期に至つている。51%区より



a. 非循環



b. 38%循環



c. 51%循環

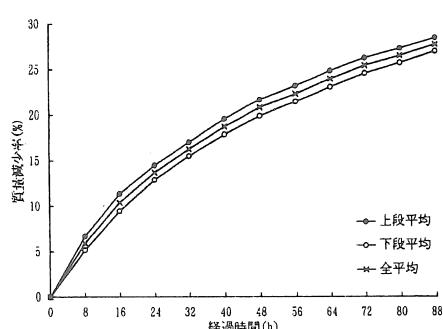


図4a~d 質量減少率の経過

も静圧が高かったために、横列間の差を明確にした。縦列間は乾燥前半に前方のA, B列と後方のC, D, E列の間に1℃の差を見るが、乾燥後半では他区と同様であった(図3d)。

(5) 質量減少率と形状の変化

特定球根の質量減少率の経過を図4a~dに示す。非循環区では、上段で22.3%，下段で18.5%と3.8%の差があった(図4a)。再循環の38%区は、上段で29.2%，下段で25.3%と3.9%の差である(図4b)。51%区では上段で26.1%，下段で22.7%と3.4%の差であった(図4c)。77%区では、上段で28.5%，下段で27.0%と1.5%の差で経過した(図4d)。乾減経過は上・下段の差がいずれも明確となったが、圧力が高まるにつれてその差が縮小し、均等に乾燥されていることが分かる。

また、球根充填コンテナの質量減少率は、単粒質量測定球根の減少率とほぼ同様の傾向を示し、循環風量割合を増加させて通風の圧力を陽圧にす

表2 特定球根の寸法(mm)と縮小率
および質量(g)の減少率(%)

実験区	項目	乾燥前	乾燥後	差	減少率
	a	86.12	84.11	2.01	2.34
0%	b	138.82	131.33	7.48	5.39
	c	68.81	65.83	2.98	4.32
	b-a	52.70	47.23	5.47	10.38
	質量	126.82	99.80	27.01	21.30
	a	78.84	73.92	4.93	6.25
38%	b	129.02	121.19	7.83	6.07
	c	69.02	65.27	3.75	5.44
	b-a	50.18	47.27	2.91	5.80
	質量	123.05	86.40	36.65	29.79
	a	89.05	86.10	2.94	3.32
51%	b	135.71	130.32	5.39	3.97
	c	65.39	62.51	2.88	4.41
	b-a	46.66	44.22	2.44	5.23
	質量	120.42	86.84	33.58	27.89
	a	76.04	73.88	2.16	2.84
77%	b	130.14	123.84	6.30	4.84
	c	69.64	66.78	2.87	4.12
	b-a	54.10	49.96	4.14	7.65
	質量	135.12	98.49	36.63	27.11

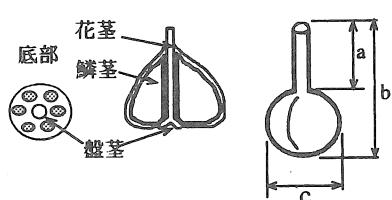


表3 総合運転経費

循環風量割合(%)	0	38	51	77
燃料消費量(L)	198.89	74.48	85.12	63.84
燃料消費量(L/h)	1.24	1.33	1.33	1.37
燃 料 費(円/kg)	225.34	79.57	91.40	65.45
電力消費量(kWh)	224.00	73.92	79.36	58.08
消 費 電 力(kW)	1.39	1.32	1.24	1.21
電 気 料(円/kg)	71.72	22.32	21.08	16.83
総 消 費 量(kWh)	2116.8	782.3	888.9	682.6
運 転 経 費(円/kg)	297.06	101.89	141.98	82.28

ることで、少ない風量比で乾燥速度を高めることができた。なお、いずれの実験区においても上層に配置したコンテナの質量減少率は、下層よりも高い傾向にあった。

各実験区での特定球根の寸法とその縮小率、および質量減少率を表2に示す。花茎の縮小率は5～10%，径の縮小率は4～5%となったが、循環風量割合による関係は明確でなく、球根個体の差が大きいと考えられる。質量減少率は、いずれの循環区でも25%以上となり、非循環区の21.3%と比べ4～7%高く、循環による効果が認められた。

(6) 総合運転経費

乾減水分1kg当たりの燃料と電力料金、総合運転経費を表3に示す。

1) 燃料消費量：非循環区の毎時燃料消費量1.24L/hに対し、循環区は1.33～1.37L/hで0.09～0.13L/h多い。また、乾減水分1kg当たりの燃料費を灯油単価を46円/Lとして試算すると、非循環区で225.34円、再循環の38%区で79.57円、51%区で91.40円、77%区で64.45円となる。循環風量割合を高めることで単位時間あたりの消費量が多くなったが、乾燥速度が速まったことで燃料費は軽減された。

2) 消費電力：非循環区の平均1.39kWに対し、再循環の77%区で1.21kW、51%区で1.24kW、38%区が1.32kWであった。循環風量割合が高くなると、屋外へ排棄される風量が減少するため送風機と排風機の出力が低下して、消費電力が少なくなる。乾減水分1kg当たりの電気料金を単価13円/kWhで試算すると、非循環区で71.72円、再循環の38%区で23.32円、51%区で24.08円、77%区で16.83円となる。

3) 総合運転経費：灯油の低位発熱量を43.5MJ/

kgとして、消費した灯油量の熱エネルギーを求め、これに電力消費量の分も加算した総消費量(kWh)は、非循環区で2,116.75kWh、再循環の38%区で782.25kWh、51%区で888.89kWh、77%区で682.57kWhとなる。循環風量割合が高くなるほど少ないエネルギーで乾燥することができる。乾減水分1kg当たりの総合運転経費は、非循環区の297.06円に対し、再循環の38%区で65.8%減の101.89円、51%区で61.4%減の114.98円、77%区で72.3%減の82.28円となる。

4. 摘要

- 1) 再循環区の循環風量割合を上げると、乾燥室内の静圧は陰圧から陽圧へ転じた。
- 2) 循環風量割合を高めると、屋外への排棄風量の減少と乾燥室内静圧の陽転で入風量が減少し、熱風温度が上昇した。これにより、循環風と混合後の送風温度が上昇し、送・排風の温度差と湿度差も開いていった。それらの差は循環風量割合が77%になると顕著となった。
- 3) 乾燥中の球根の温度経過について、いずれの実験区においても、乾燥前半の40hまで上層と下層の間に1℃程度の差があり、その差は圧力が高まるほど明確になった。
- 4) 乾減水分1kg当たりの運転経費は非循環区の297.06円に対し、再循環の77%区は72.3%減の82.28円であった。結局、排風の一部を再循環することで、70%近い運転経費の節減が期待できる。

参考文献

- 1) 片平光彦、佐藤 賢、戸次英二：加熱通風によるニソニクの乾燥特性と運転経費（第1報），農機東北支報43, 69-74, 1996

【読者コメント】循環風量割合を77%以上に設定した場合、さらなる運転経費節約が期待される結果になっております。この点について著者の見解をお聞かせ下さい。

【著者回答】循環風量を更に多くした場合、通風量が減少して電力消費量が少なくなります。また、圧力の増加から乾燥速度が速まり、1kgの水分を除去するのに要する費用が少なくなります。

除湿空気によるニンニクの乾燥特性と部位別水分量

佐藤 賢*・片平光彦*・戸次英二*

Drying Characteristics of Raw Garlic Bulb by Dehumidified Air and Moisture Content Distribution of Different Bulb Parts

Ken SATO*, Mitsuhiro KATAHIRA*, Eiji BEKKI*

Abstract

The drying characteristics and moisture contents of the different parts of raw garlic bulbs were investigated under different dehumidified air conditions. Different combinations of air temperature (15 and 25°C) and relative humidity (30 and 50%) were tried. The temperature and relative humidity of dehumidified air for all treatments were stabilized to set values prior to exposure of samples. The difference in weight reductions were not significant at different treatments and ranged from 0.05~0.07%/h. Moisture reduction rate was higher at low relative humidity compared with high relative humidity experiments. The final moisture contents of the main stem, foliage leaves and basal plate decreased below 18.7%. However, a small reduction of moisture was observed on the scaly bulb with the final moisture content varied from 62 to 67% in every experiments.

1. 緒 言

生ニンニク球根は乾燥中の蒸散量が少量であるため、乾燥所要時間が総じて長くなる。加熱乾燥方式で排風の再循環を行った場合でも、水分 1kg を除去するのに要したエネルギー量、すなわちエネルギー効率が穀物の約 10 倍にもなることが分かり¹⁾、乾燥コストの極めて高い農産物となってしまうことが懸念される。

そこで、通風の温度を周囲空気と同じく、湿度を除湿機で降下させる方法では、加熱のための燃料消費がなく電力も周囲空気の湿度に対して除湿機を選択的に作動させるため、乾燥期間が長期化してもエネルギー消費が少なくてすむと考えられる。

本報では、実験室内で乾燥空気の温度と湿度を選択的に設定することができる恒温恒湿空気供給装置を小型の乾燥室に連結して、除湿空気を用いた乾燥実験を行った。すなわち、通風の温度と湿度を 4 通りに組み合わせた実験区を構成し、温度と湿度の経過、乾燥速度と乾減経過、乾燥前後の部位別水分量から、ニンニク球根に対する除湿乾燥の有用性を検討した。

2. 実験方法

(1) 供試材料

1996年7月16日に青森県常盤村で収穫されたニンニク球根（品種：福地ホワイト）を用いた。貯蔵には、試料からの蒸散と結露防止のために発泡スチロール製の容器を用い、その中に約 2 kg ずつ均等に詰めた。その際、かびの繁殖に対処するため除菌剤を散布し、5°C の冷蔵庫内に貯蔵した。

(2) 乾燥装置

温度と湿度の調節には、ユニット型恒温恒湿空気供給装置（タバイ、ASE-110型）を用いた。乾燥室（容積 0.11m³）へは送風側に取り付けた風量調整用のバルブ（φ150）と、断熱材のグラスウールを巻いたダクトで連結した。乾燥室は厚さ 12mm の合板で作成し、内壁からの放湿と吸湿を防止するために、アルミ箔で全体を被った。外壁は断熱性を高めるために、厚さ 50mm の防熱材（スタイロフォーム）を取り付けた。試料の積載は網棚を用い、乾燥室の中央部に 160mm の間隔で二段積みとした。また、乾燥室の送风口には通風攪拌用のファンを設置した。

(3) 測定項目

1) 風速: 送風は送風ダクト (ϕ 150) 内に熱線風速計 (日本科学工業, 6144型) を、排風も同様に熱線風速計 (同上, 24-3111型) で測定し、それらをマイクロレコーダ (日置, 8201型) と自動平衡記録計 (チノー, EH800-12型) にそれぞれ記録した。

2) 静圧: 球根積載棚の上段と下段の間に細管を差し込み、それを傾斜管マノメータに接続して8h間隔で記録した。

3) 温度と湿度: 通風の温度と湿度は、送風が送風口の下方150mmの位置に温・湿度センサ(芝浦, TPH-2C・PH-2C型), 排風が球根積載棚を通過した直後のアンダースペース内に温・湿度センサ(芝浦, AH-1型)でそれぞれ測定した。実験室内は、恒温恒湿空気供給装置の上方200mmの位置に温・湿度センサ(チノー, HV-P30型)を置いて測定した。それらの各出力電圧は、変換器(送風側: 芝浦, SC-370型, 排風側: 芝浦, HV-361型, 室内: チノー, HN-T114型)を介して自動平衡記録計で記録した。

4) 乾減質量: 乾減質量測定用の球根を6個選別しておき、それを球根積載棚の上・下段に3個ずつ配置して、デジタル台秤(ザルトリウス,BP-310S型)により8h間隔で秤量した。その秤量値から初期質量に対する減少率を算出した。

5) 水分量: 水分は外皮、花茎、盤茎、鱗茎の各部位に分けた約3~5gを秤量缶に入れてオーブン(タバイ、PS-11型)内に配置し、桃野ら²⁾の測定条件を参考に105℃-24時間の絶乾法で測定した。測定は乾燥開始時と終了時に行った。

実験装置と各測定点を図1に示す。

(4) 実験区の構成

除湿空気による乾燥効果を検討するために、温度を15°Cと25°C、相対湿度を30%と50%になるよう恒温恒湿空気供給装置を操作し、それらを組み合わせた4実験区を構成した。一実験区ごとの張り込み質量は約1.5kgとし、試料積載棚の上・下段に均等に配置した。通風は風量 $6.6\text{m}^3/\text{min}$ を得るように風量調整弁で調節した。一実験区ごとの実験期間は、冷蔵庫に保存したニンニクの劣化

に対応するため、2週間に限定した。

3. 結果と考察

(1) 各測定値の経過

1) 風速の経過: 各実験区での平均風速と風量、風量比を表1に示す。送風量が $6.4\sim 6.6\text{m}^3/\text{min}$ であるのに対し、排風量が $5.7\sim 6.1\text{m}^3/\text{min}$ とな

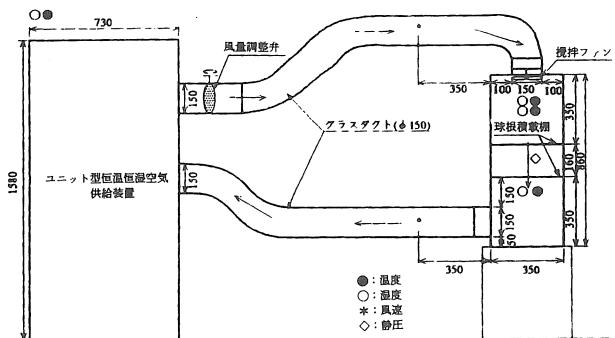


図 1 除湿乾燥実験装置

り、乾燥室内から $0.7\text{m}^3/\text{min}$ の漏出があった。特に、 $15^\circ\text{C}-30\%$ 区は漏出量が最も多かったために、入風量が増加して送風の状態が不安定となり、平均風速を高める結果となった。なお、投入口やダクトとの連結部をシリコンで固めるなどの措置は特に施さなかった。

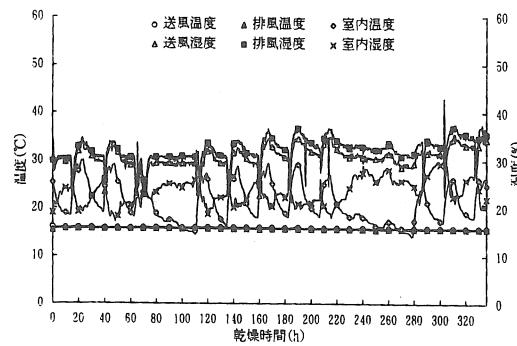
表1 送風と排風の速度と風量、風量比

項目	15℃		25℃	
	30%	50%	30%	50%
実験区				
送風速度(m/s)	6.4	6.0	6.0	6.2
送風量(m ³ /min)	6.80	6.37	6.37	6.58
排風速度(m/s)	5.4	5.5	5.5	5.7
排風量(m ³ /min)	5.73	5.84	5.84	6.05
風量比(m ³ /min·kg)	4.72	7.18	4.01	4.99

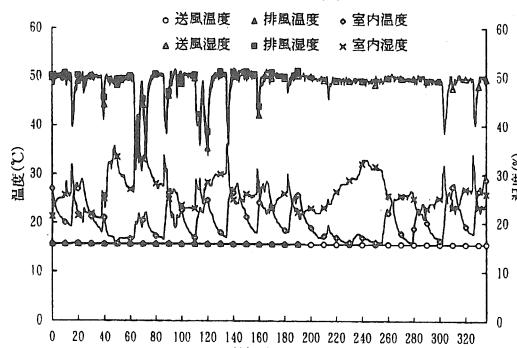
2) 静圧の状態: 乾燥室内の静圧は、全ての実験区で4.9~9.8Paで推移し、経時変動も小さかった。乾燥室内はヘッドスペースから球根積載棚までは陽圧であるが、球根積載棚付近で通風が漏出して減圧するためアンダースペースでは陰圧になっているものと推定された。

3) 通風の温度と湿度: 15°C - 30% 区では通風

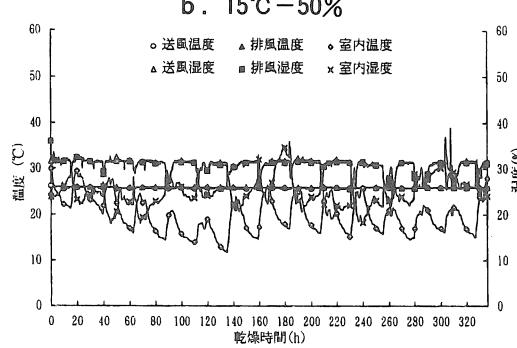
の温度が送風で平均15.8℃、排風で15.6℃と僅差であったが、相対湿度は送風で30.5%，排風で32.2%と、その差は全ての実験区の中で最も大きくなつた。これは発芽などの影響もあり、鱗茎からの乾減水分量が乾燥全期間を通して多かつたためである（図2a）。15℃-50%区では通風温度が送風で15.6℃、排風で15.7℃、相対湿度が送風で48.4%，排風で48.8%となり、排風が0.4%高く経過した（図2b）。25℃-30%区では通風温度が送風で25.8℃、排風が25.9℃、相対湿度が送風で30.8%，排風で30.7%と送風が若干高めに経過した。これは乾燥中・後期で鱗茎からの蒸散が少なかつ



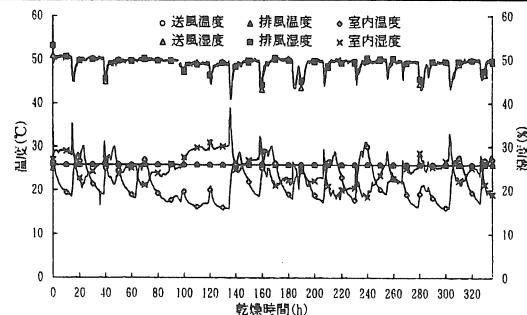
a. 15°C - 30%



b. 15°C - 50%



c. 25°C - 30%



d. 25°C - 50%

図2a～d 送・排風と室内の温度と湿度経たためである（図2c）。25℃-50%区では送・排風ともに25.8℃で経過し、相対湿度が送風で48.9%，排風で49.1%であった。相対湿度の平均値は排風が若干高めであったが、乾燥中・後期ではほぼ同じ程度で推移した（図2d）。

(2) 除湿空気が乾燥速度に及ぼす影響

1) 乾燥速度：張り込んだ全球根から算出した質量減少率と質量減少速度、及び毎時平均乾減水分量を表2に示す。15℃区では発芽した個体が多く含まれていたため、鱗茎からの蒸散量が多くなり、質量減少速度は25℃区よりも若干早まつた。しかし、両区間の速度差は僅少で、別に行った加熱通風乾燥（40℃-29.4%）で得られた乾燥速度（0.07%/h）と比較して近似した値が得られた。

なお、25℃区では湿度30%の方が50%の場合よりも速度を早めて、除湿による乾燥効果が見られた。また、毎時平均乾減水分量は質量減少速度と同様に温度間の差は小さかつたが、15℃と25℃の両区とも湿度の低い方で乾減水分量を多くしている。

表2 乾燥結果

測定項目	15℃		25℃	
	30%	50%	30%	50%
質量減少率(%)	21.4	22.7	18.6	17.5
質量減少速度(%/h)	0.06	0.07	0.06	0.05
毎時乾減水分量(g/h)	0.92	0.60	0.88	0.69

2) 乾減経過：特定球根6個の平均で表した質量減少率の経過を図3に示す。乾燥初期では、通風温度の15℃と25℃とともに、湿度の低い30%で質量減少率が大きく経過している。これは、主要な乾燥部位が初期に花茎と外皮にあり、湿度の低い方がそれらの部位からの水分蒸散量をより多くす

るためである。なお、15°C区では104h経過後も減少率を大きくしているが、これは発芽や発根により鱗茎からの蒸散量が多くしたためである。

加熱乾燥実験での経過と比較した場合、約70hまでは25°C-30%区とほぼ同じ傾向を示すが、乾燥後半では乾燥能力の高い加熱乾燥で、乾燥していく鱗茎や盤茎からの水分蒸散量が除湿乾燥よりも増加するため、減少率を大きくする。

ニンニク球根の乾燥に当たっては、可食部分の鱗茎から蒸散量をなるべく少なくすることや、加熱による鱗茎の褐変³⁾を避けることを考慮すると、除湿乾燥されたものの品質は自然乾燥品によるものと近似するので、加熱乾燥したものよりも良質な球根の出荷が可能となる。

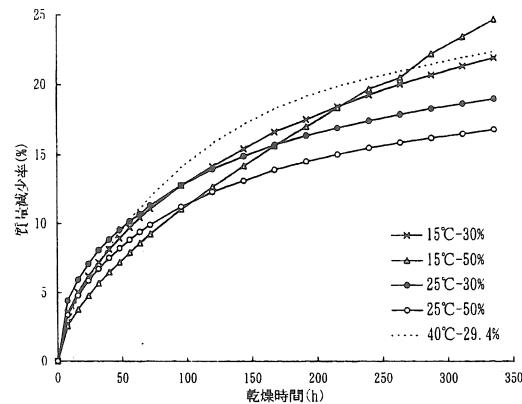


図3 乾減経過

(3) 各部位の水分変化

乾燥前後の球根の部位別水分量を表3に示す。初期水分の平均値は、桃野ら²⁾や山浦ら³⁾の測定結果と比較して鱗茎水分を除きいずれも低く、特に外皮、花茎でその割合が大きくなっている。これは、貯蔵期間が4ヶ月と長期に及んだため水分の蒸散量が多かったためである。

乾燥終了時の値は、山浦ら³⁾の行った実用規模での加熱乾燥結果（質量減少率22.9%の時点）と比較してほぼ同じとなった。すなわち、除湿乾燥は乾燥期間を長くするが、盤茎の仕上がり水分に差がなく、かびの発生しない貯蔵に適した状態まで乾燥可能である。また、花茎と外皮の水分は25°C区が15°C区よりも、30%区が50%区よりも小さくなっている。これらの部位は、小面積の盤茎や外皮に包まれた鱗茎と異なり、通風に直接接触する表

面積が大きかったためと考えられる。なお、可食部分の鱗茎はあまり乾燥せず、温度と湿度の影響も僅少であった。

表3 球根の部位別水分

各部位	実験区		15°C		25°C	
	30%	50%	30%	50%	30%	50%
乾燥前 花茎	42.1%	58.7%	47.6%	85.1%		
乾燥外皮	63.5	45.2	41.9	57.8		
乾燥盤茎	74.7	78.6	44.7	74.5		
乾燥鱗茎	65.5	70.9	69.6	65.3		
乾燥後 花茎	11.0	13.7	8.2	11.7		
乾燥外皮	16.3	17.6	12.1	12.3		
乾燥盤茎	14.6	18.7	14.5	16.3		
乾燥鱗茎	62.4	65.9	63.2	67.4		

4. 摘要

1) 質量減少速度は各実験区の間で0.05~0.07%/hと僅差であったが、毎時平均乾減水分量は相対湿度の低い区で0.2~0.3g/h多くした。

2) 乾燥によって花茎、外皮、盤茎の水分は18.7%以下まで低下し、貯蔵水分まで乾燥できた。可食部分の鱗茎は62~67%の高水分を維持できた。

3) 盤茎や鱗茎の水分は仕上がり時に実験区間の差がなかったが、花茎や外皮では温度が高く相対湿度の低い区で水分が低かった。

参考文献

- 片平光彦、戸次英二：エアバッグ式乾燥機によるニンニクの加熱通風乾燥（第2報），農機誌60(1), 1998
- 桃野寛、道場三喜雄、島田実幸：ニンニクの乾燥調整法に関する研究，農機北海道支報32, 55~59, 1991
- 山浦浩二、西村融典：ニンニクの収穫期における鱗球水分特性および乾燥速度と鱗球色調に及ぼす熱風乾燥条件の影響，香川県農報46, 45~58, 1995

〔閲読者コメント〕 加熱乾燥と比較した場合の除湿乾燥におけるエネルギー消費量の大小についてお聞かせ下さい。

〔著者回答〕 除湿乾燥は除湿機を駆動するための電力しか消費しないため、加熱乾燥よりもエネルギー消費量が少なくなります。

糲の吸湿による胴割れ

— Super riceの胴割れ —

中西一久*・バウテスタ,R.C.*・戸次英二*

Fissure of Rough Rice by Adsorption
—Fissure of Super Rice—

Kazuhisa NAKANISHI*, R.C.BAUTISTA*, Eiji BEKKI*

Abstract

Super rice, a high yielding variety (HIV) with a potential yield of 15 t/ha, is a newly developed rice type undergoing final breeding test at the International Rice Research Institute (IRRI) in the Philippines. In this study, a nonwaxy line (IR65600-97-1-22) was investigated for resistance to fissure by moisture adsorption. The grain is characterized with a soft and white abdomen and its resistivity to fissure appeared to be between those of indica and japonica type. Rough rice samples of 12.0, 14.0, 15.8, 18.0, and 20.2% moisture were exposed for six (6) hours under different air conditions inside an air oven. Samples with 15.8% to 20.2% moisture did not fissure at 95 and 98%RH. There was little fissure occurrence for 14.0% samples at 95%RH. Fissure was high for sample with 12% moisture, 10 to 15% at 98%RH, 7 to 10% at 95%RH and some were observed even at 80%RH. Thermal effect associated to air temperature changes from 20 to 40°C was not a significant factor to affect fissure due to adsorption. The moisture content of the samples and the relative humidity of the surrounding air were related to fissure occurrence.

1. 緒 言

既報¹⁾の「玄米の吸湿による胴割れ」に関しては、糲摺りとその後の貯蔵、産地から都市精米工場への長距離運搬等の状況下を想定したものであった。本報の、「糲の吸湿による胴割れ」については、乾燥、調製、貯蔵、搬送の状況を想定するものである。糲は玄米より透光性が劣るので、一般に胴割れ検査の正確を期するため、殻を手剥きした玄米を対象としている。人工的な透過光の発する熱によって影響を受けず、より透光性が高められるならば、糲の状態で検査が可能になる。ハロゲン光源からガラスファイバを通して、糲粒へ集中照射したところ、玄米に対するのと同じように明確ではないものの、光量を調節することにより、従来のlight transmittance²⁻⁶⁾やX-ray⁷⁻⁹⁾を使っ

た諸方法よりもかなり改善された。ここに, Japonica米より透光性の劣るSuper rice (High Yield Variety, 略称HYV) の吸湿胴割れについて、調査結果を報告する。

2. 実験方法

1) 吸湿条件の設定：現場における吸湿時の温度と相対湿度(RH, %)を想定し、温度20, 25, 30, 35, 40°Cと相対湿度80, 85, 90, 95, 98%を相互に組み合わせて、25の実験区を構成した。各区の温・湿度は図1の恒温恒湿器(タバイ, PR-1型)で調整した。器内の下段に3個の金網製の皿を置き、各皿に100粒ずつを単粒層が形成されるよう並べた。粒体周囲の風速は平均1.5m/sであった。温・湿度の経過を見るため、そのプローブを

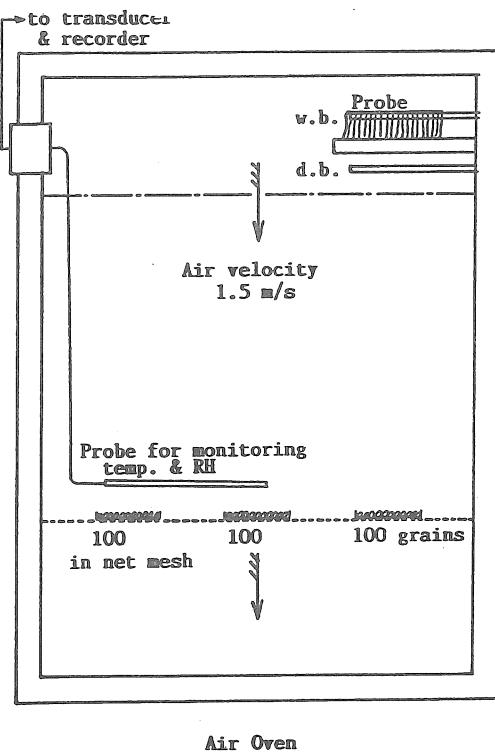


図1 恒温恒湿器内の穀の吸湿実験

皿の側に置き、器外に取り付けたトランスデューサ（ヤマト、YH-22-P2型）を介して記録計（日置、8201型）に連続プリントさせた。

2) 脳割れの検査：図2に示すとおり、照度を調節しうるハロゲン光源からガラスファイバのライ

トガイドを介して、光軸が穀の長軸に対し下方から20°前後の角度で照射されるようにした。検査に当たっては、左手にライトガイドの端末を持って、角度を任意に変えながら、また右手にピンセットを持って、1粒ずつを光軸の中心線に旋回させながら、脳割れを探った。

3) 供試穀：現在、フィリピンのIRRIで開発中のSuper rice（梗）を用いた。これは理化学的特性を調べながら育種を進めている高収量品種（HYV）である。収穫後直ちに搬送されてきた穀の水分は約24%であったから、実験室内の床面に広げて自然乾燥させ、乾燥途中で20, 18, 16, 14, 12%の2%刻みの各水分を採取し試料とした。吸湿の初期条件をそろえるため、透光性が良好で脳割れのない整粒のみを供試した。

4) 実験手順：温・湿度を計画どおりに設定した恒温恒湿器内に穀300粒を3枚の皿に100粒ずつに分けて入れ、6時間経過後に終了して、直ちに脳割れを検査した。その後3日間くらいは脳割れが継続的に増えるという報告があるので、72時間後にも再検査した。この粒数をもって脳割れ率を求めた。この手順は全ての実験区で共通とした。

3. 実験結果と考察

(1) Super riceの脳割れ検査の難易性

水分20.2%の穀に対して脱湿を想定した温湿度条件の25°C-RH85%では、穀とそれを脱っぷした玄米にも脳割れは全く見られなかった。逆に、水分が12.0%と低い穀に対し吸湿状態となる40°C

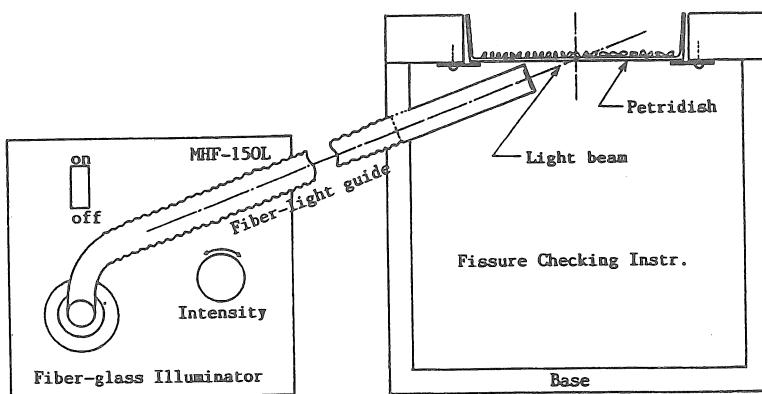


図2 脳割れ検定用照明器具

-RH80%では、胴割れは0であった。しかし、脱っぷして検査すると、300個中に3個の小さな割れが見つかった。粒内部の小さな割れは、穀の状態ではまだ十分に発見できないので、正しくはこの温湿度条件で1%程度の胴割れがあったことになる。Super riceは比較的粒体が大きく(玄米で $5.85 \times 3.14 \times 2.23$ mm), 透光性もJaponica米より劣っているため、胴割れの判断が非常に難しい品種である。

ハロゲン光源の光量を加減しながら、ファイバーライトで穀粒体へ照射することにより、検査精度は従来の諸方法よりかなり改善された。しかし、Super riceのような透光性の劣る品種に対しては、まだ検査誤差を許容しうるまでに至っていないので、ハロゲン以外の光源を検討してみる必要がある。よって、以下の実験では穀の状態での直接観察と手で脱ぶした玄米の状態での検査を併用して、胴割れを調べた。

(2) Super riceの吸湿胴割れ

穀300個中に含まれる胴割れ粒数について、本吸湿実験の各温湿度条件下で得られた結果を表1に示す。

Moist. Cont. (%)	r.h. (%)	Temperature (°C)				
		20	25	30	35	40
20.2	95	0	1	2	0	0
	98	0	0	2	2	0
18.0	95	0	2	0	0	0
	98	2	0	1	1	1
15.8	95	3	1	1	1	0
	98	1	3	0	0	3
14.0	90	2	1	2	0	0
	95	1	1	1	0	2
	98	7	6	4	4	3
12.0	80	1	3	2	2	3
	85	4	4	3	3	2
	90	2	8	5	6	4
	95	21	30	29	27	20
	98	31	42	31	45	34

表1 吸・脱湿6時間経過後の穀300粒中に含まれる胴割れ粒数

穀水分が20.2%から15.8%までは、飽和湿度に近いRH98%でも吸湿胴割れは見られなかった。水分が14.0%に下がると、RH90%と95%ではそ

れ以上の水分の場合と比較して差はないが、RH98%に至って、胴割れのやや増える兆候が見られた。過乾燥状態の水分12.0%においては、RH80%でも胴割れは増加しており、RH95%に至って胴割れ率の被害粒としての許容上限5%（食糧検査規格）を越え7~10%，RH98%では10~15%へ上昇した。温度は20~40°Cの広範囲に設定したが、胴割れに及ぼす影響は明確でなかった。すなわち、吸湿による胴割れは穀水分と周囲空気の湿度の関係で発生する。過乾燥穀の吸湿による胴割れは玄米ほどではないものの、乾燥後に貯蔵を経て穀摺りに至る工程では十分留意すべきことである。

(3) Super riceの胴割れに対する抵抗

Super riceは乾燥後の穀でも、またそれを脱ぶした玄米の状態でも全体に軟弱で、腹白が特徴的である。したがって、透光性がJaponicaと比較してかなり劣る。また、脱ぶ後の玄米表面は周囲空気からの吸湿によって切り傷状の割れを生じやすい。前年度の結果¹⁰⁾からJaponica種の「むつほまれ」と比較すると、図3に示すとおり穀ではやや胴割れし難いが、玄米では表面に損傷を受けやすいので、Japonica種の中間粒よりIndica種の長粒の方に若干片寄った特徴がある。この点はさらに実験を重ねて確認する必要がある。

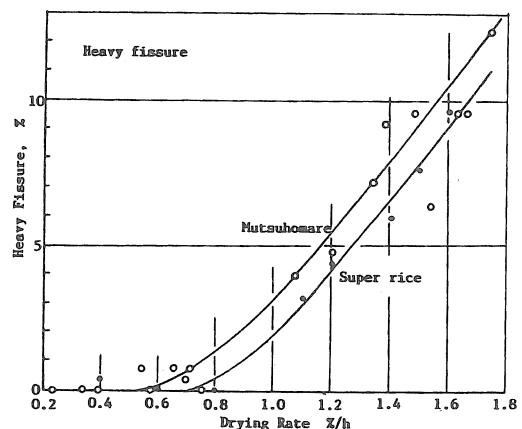


図3 Super riceの乾燥過程における胴割れ発生、Japonica種「むつほまれ」との比較

4. 摘 要

Super riceは乾燥した粒でも、またそれを脱っぷした玄米でも全体に軟弱で、腹白が特徴的である。玄米表面は周囲空気からの吸湿によって切り傷状の細かな割れを生じ易い。Japonica種よりもIndica種の方に近く、胴割れし難いが、玄米の状態では表面に損傷を受け易い特徴がある。

温・湿度を任意に設定しうる恒温恒湿器内にSuper rice（梗）の粒300粒を単粒層を形成するように金網Ⅲ上に置き、循環風下で6時間経過後の胴割れを調べた。その結果、粒水分が20.2%から15.8%までは、RH95%と飽和湿度に近いRH98%でも吸湿胴割れは見られなかった。

しかし、水分が14.0%へ低下すると、RH95%までは変化ないが、RH98%でやや増え始め、過乾燥状態の12.0%では、RH80%でも増加の兆候が見え、RH95%では胴割れ率7~10%，RH98%では10~15%に上昇した。設定された温度範囲20~40℃で、胴割れへの影響は明らかでなかった。

吸湿前の粒水分20.2%に対し、脱湿を予想される25℃-RH85%では、粒と玄米の状態で胴割れが全く見られなかった。これに対し、水分が12.0%と低い場合、吸湿を予想される40℃-RH80%では、粒の状態で観察した胴割れは0であったが、脱っぷした玄米では300個中に3個の細かい割れが見られた。

透過光を用いた粒の胴割れ検査はまだ精度が不十分であるから、今後も改善の余地がある。

参考文献

- 1) Bekki,E. and R.C.Bautista : Behavior of Fissure Caused by Moisture Adsorption, Bull.Fac.Agric., Hirosaki Univ., No.60:99-108, 1996
- 2) Kojima,K., T.Ikemi,E.Doi and T.Sugimura:Studies on Crack Tester for Un-husked Rice,Bull.Fac.Agric., Kochi Univ , No.17(3):25-32,1968
- 3) Kojima,K. and T.Sugiura: Study on Portable Crack Tester Built as Trial for Rough Rice,Bull.Fac.Agric.,Kochi Univ., No.18(3):27-35,1968
- 4) Kojima,K. and T.Sugiura: Crack Tester for Unhusked Rice Using Photosensitive Element, Bull. Fac. Agric, Kochi Univ., No.23(5):59-633,1974
- 5) Nagata,M.,T.Funuchi and Y.Okada: On Simple Crack Tester for Unhulled Rice, J.of Jap.Soc.Agr.Mach.,32(2):156-159,1970
- 6) Henderson, S. M.: The cause and characteristics of rice checking, Rice J. 57(5): 16-18,1954
- 7) Kagizaki ,H. and M. Kanda: Fissure Inspection Using X-ray for Brown Rice , Agric.and Hort.,36(3):569-570,1961
- 8) Matsuda,R.and H.Unegami : Studies on Mechanism of Crack Generation for Brown Rice ,Crack Inspection by Flourescopy of X-ray , Kansai Br.Rept., Jap.Soc.Agr.Mach.,23:67-69,1966
- 9) Okamura,T.,K.Suzuki, T.Sado and T. Hisamatsu:Checking the cracks of rice kernels in husks by a midget X-ray apparatus, J. of Jap.Soc.Crop Sci.,36(1):111-112,1967
- 10) Bautista,R.C. and E.Bekki: Grain Fissures in Rough Rice Drying, Differences in Fissuring Behavior of Selected Japonica and Indica Varieties, J. of Jap. Soc. Agr. Mach : 59(4) :97-108,1997

〔閲読者のコメント〕ハロゲン以外の光源として、どの様なものが適用可能と考えておりますか。

〔著者回答〕キセノン光源は照度が 4×10^6 luxとハロゲンの 5×10^4 luxに比べて高い。また、波長特性は自然太陽光と同じなので、ハロゲン光源に代わり、期待される。

圃場における画像撮影環境と画像の濃度分布について（第1報）

— 小区画実験水田における平面画像の例 —

小林由喜也*, 中村典裕*, 嶋田 浩*

Luminance Distribution of RGB-Image under Various Field Conditions (Part 1)
—An observation examined on the plane-image in a small scale paddy field —

Yukiya KOBAYASHI*, Norihiro NAKAMURA*, Hiroshi SHIMADA*

[キーワード] 画像処理, RGB濃度分布, 水稻, 圃場モニタリングシステム

1. はじめに

農業分野へ画像処理を応用する場合、撮影場面が選果施設のように屋内の場合もあるが、多くは自然光下の圃場等である。自然光下の画像から対象物を抽出する画像処理法については、多くの研究¹⁻⁵⁾があるが、一定の処理方法は確立していない。本研究の最終目標は、圃場における作物の生育過程を監視・追跡する画像処理手法の開発であるが、特定範囲の作物を継続的に画像入力・処理する必要がある。入力画像の良否は、その後の処理法に影響することから、生育期間中に出現するさまざまな撮影環境下の画像の様態を予め確認することは、その後の処理手法の開発にとって重要なである。しかし、これまで長期にわたって、圃場の作物画像を入力・処理した例は報告されていない。そこで、本研究では、水田を例に、さまざまな環境下の平面画像の濃度分布を調査し、今後の圃場画像の入力・処理上の課題等を検討した。

2. 実験方法

1) 実験田と画像処理装置

図1に実験田と撮影施設を示した。供試圃場は約6m²(2.5×2.5m)のビニル水田である。供試画像処理装置は日本アビオニクス製カラー画像処理装置(画素数=512×480), カメラは可視光領域の3-CCDカメラ(Victor製KY-F55B)である。撮影は畦畔に設置した塔上(高さ約3.7m)にカメラを取り付けて行った。カメラは前後移動と左右の揺動が遠隔操作できる。撮影はカメラのオート機能(オートフォーカス, フルタイムオートホワ

イトバランス, 自動感度調節)を利用した。

2) 供試品種と調査方法

供試品種はアキタコマチ、田植日は平成9年5月16日で、栽培管理は県内の標準耕種法に準じた。調査期間は、初期生育が若干不良だったこともあり、田植後1か月から出穂直前(8月6日)までである。最大撮影面積と株数は4.4m², 60株である。

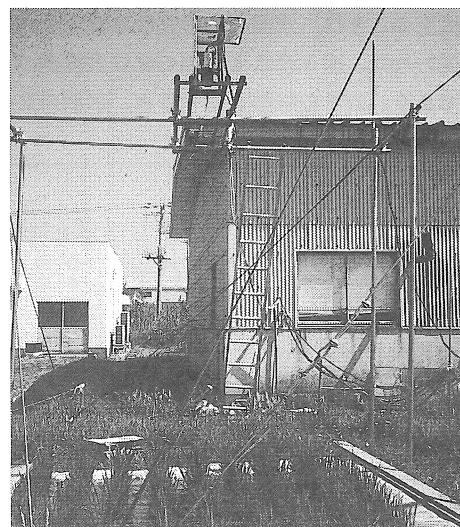


図1 実験圃場と撮影装置

カラー画像の濃度分布の表示方法には、RGB濃度表示、表色系表示、色差表示などがあるが⁶⁻⁷⁾、本報ではRGB画像、RGB濃度差および濃度比の画像を対象とした。濃度差と濃度比の演算は各々6通りで計12組あるが、濃度差は絶対値で表し、ABS(R-G), ABS(R-B), ABS(G-B)の3種

類を用いた。濃度比は、RGBのいずれを分母・分子とするかで変わるが、画像処理結果を左右するのは濃度値ではなく濃度分布であることから、 R/G , R/B , G/B に定数を乗じた3種類とした。

3. 結果と考察

1) 水田画像のRGB濃度の全体的な傾向

図2は6月29日、7月10日、7月19日（いずれも晴れ）における、水田画像全体のRGB濃度の分布例である。特徴的な点を述べると、RGB濃度はR, G, Bの順に大きく、GB濃度は分布域が接近した。分布の形状は、全面積に占める稻の面積比率が小さい時期には、RGBともほぼ単峰性を示したが、次第に2峰性の分布を示ようになる。この理由としては、稻が生育するに従って、広い濃度分布域を持つ稻の面積比が大きくなること、水面や稻株の中心部に影が発生して低濃度部を増加させること、葉面からの反射が高濃度部を増加させることが考えられた。

以上のこととは、水面と稻のRGB濃度分布からも伺われた。図3は水面と稻のRGB濃度の分布例である。両者の特徴を述べると、水面のRGB

濃度はいずれも分布範囲が比較的狭く、その後の稻の抽出処理を考えると、対象物の背景としては望ましい分布であった。また、GB濃度の分布域は広い範囲で重なるが、R濃度はGB濃度とはほとんど重ならない低濃度部に分布した。一方、稻のRGB濃度は水面に比べて広い範囲に分布し、比較的広い範囲でRGB濃度が相互に重なった。特に、稻のGB濃度はほとんど重なった。また、水面と稻のRGB濃度の重なる分布域を見ると、G濃度は最大濃度より低濃度へ向って約50%の範囲で重なるが、RB濃度は30-40%の範囲で両者が重なった。

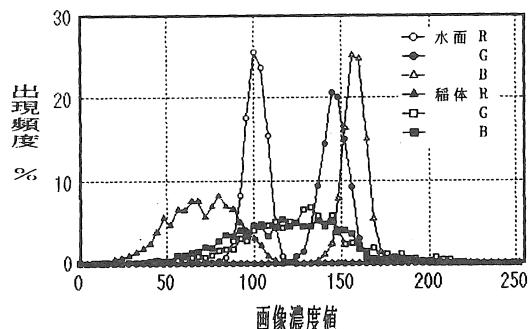


図3 水面と稻のRGB濃度分布

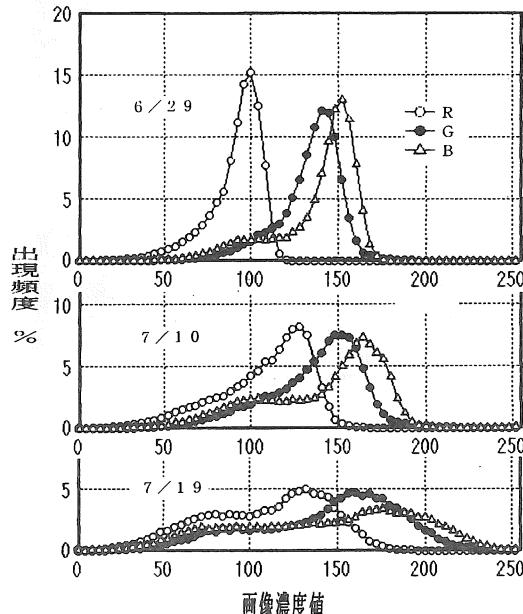


図2 水田全体画像のRGB濃度分布

以上のような、画像全体、水面および稻の濃度分布は、稻を抽出するための2値化について、次の2つの示唆を与えている。1つは画像全体の濃度分布が、稻の生育につれて2峰性を示すことから、水田には濃度の異なる水面と稻の2物体のみ存在すると考えると、RGBの単独画像からも、稻の情報は得られる可能性があること。今一つは、水面と稻のRB濃度が30-40%重なりを持つことは、残り70-60%は両者の濃度が異なることを意味するから、重なりのほぼ中央値が、RB単独画像の2値化の「しきい値」として利用できることである。試みに特に前処理無しにB画像を2値化（2値化後微粒子除去）した結果、完全な形の稻の抽出は無理であるが、稻株位、置や株の大きさは判別できたことから、今後、2値化の前後処理法を検討する余地はあった。また、以上の傾向は、天候（晴れ、曇り、小雨）によって空の状態が異なる場合でもほぼ同様であった。

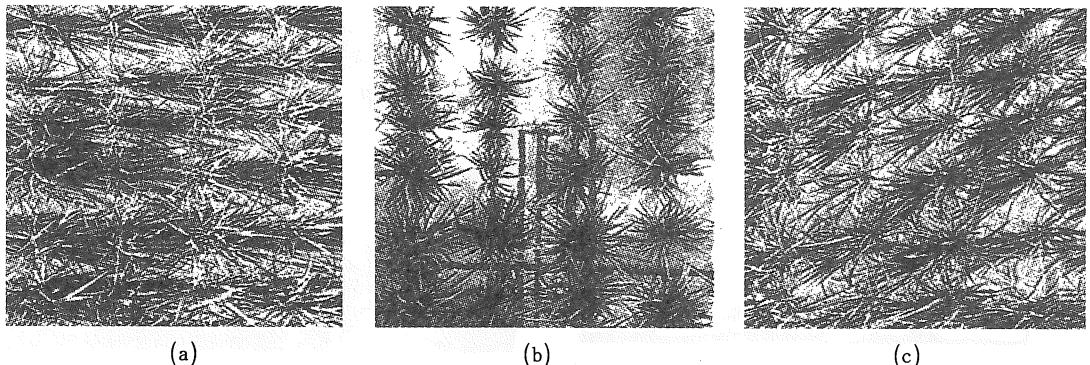


図4 撮影時刻別の原画像例（撮影時刻は、左より、9時、12時、14時）

2) 撮影環境と画像の濃度分布

ここでは、RGB単独の濃度、RGB濃度差および濃度比画像の濃度分布も対象とした。

① 陰影のある画像の濃度分布

図4は7月19日に早朝から1時間毎に入力した画像の一部である。正午の画像では稲の影がわずかに見られるが、9時と14時の画像では影が全面を覆う状態であった。図5は影、水面および稲のRGB濃度の分布例である。影と水面の濃度には明らかな差があり、その点では問題はないが、影のない水面と稲の濃度が重なるため、2値化等その後の処理に影響すると考えられた。また、RB画像では影と稲の濃度が広い範囲で重なり、G画像では3者の重なりが比較的少なかった。このような画像では、RGB単独の画像から稲を抽出することは困難であった。ただし、G画像から影部を抽出することは比較的容易であると考えられた。以上のように影の影響を避けようとすれば、正午前後の画像を利用することが望ましいが、この場合でも、太陽高度が90度以下であることや、カメラの視野角の関係で、晴天時には必ず稲の影が発生する。したがって、正確な稲の抽出のためには、影の処理が不可欠である。そこで、RGB濃度差および濃度比画像の利用を検討した。図6は図4-cを、前述した演算式で求めた濃度差と濃度比画像の濃度分布である。その結果、ABS(R-G)およびR×70/Gの場合に、比較的2峰性に近い分布を示した。ABS(R-G)演算画像を判別分析法で2値化した結果、図7のように(図4-cの上半分)稲が抽出され、影の処理へのRG濃度差画像の有効性が示された。ちなみに、こ

の場合の「しきい値」はほぼ濃度値40であり、40以上でも以下でも抽出精度は低下した。

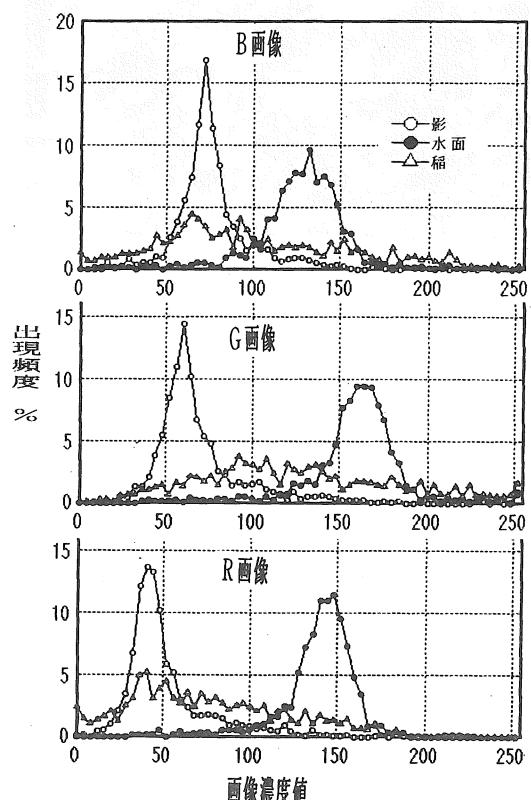


図5 影、水面、稲のRGB濃度分布

② 撮影機材の反射像、太陽反射光のある画像の濃度分布

水田の平面画像を入力する場合、水面が鏡の役割りを果たして、上方に設置した撮影機材の反射像が撮影される。また、最大全視野(2.2m四方)

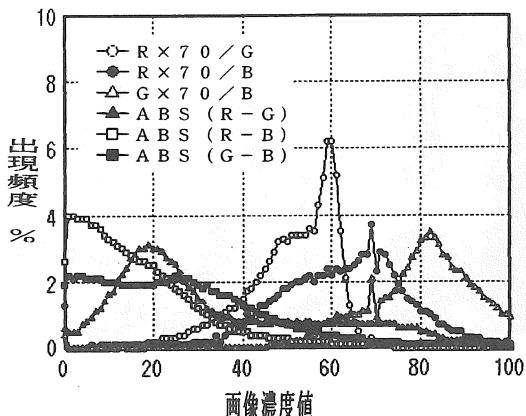


図6 影のある画像のRG B濃度差・濃度比
画像の濃度分布(白部:稻, 黒部:稻以外)

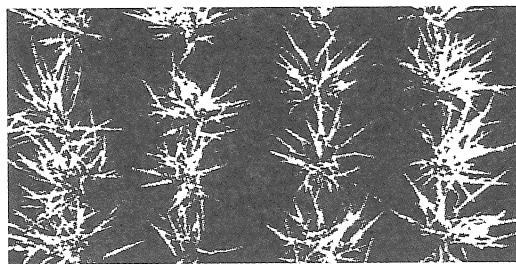


図7 影のある画像のRG濃度差画像の2値画像

を撮影すると、水面に反射した太陽光も画像の一部に取り込まれるなど、水面の存在が畠地とは異なる画像処理上の問題を発生させた。図8は撮影機材の像と太陽の反射光が同時に撮影された画像である。図9に、この画像について求めた6種類の濃度差と濃度比の画像の中で、比較的2峰性の高いものを示した。この場合は、濃度比($R \times 70/G$)の画像を2値化することによって、太陽反射光と機器の反射像が同時にキャンセルされ、濃度比画像の有効性も確認された。(図10)。

③風雨時および水の有無等と濃度分布

継続して定期的に作物情報を得ようとする場合、風雨時に画像を取得することも想定される。そこで、風雨時の画像についてRG B濃度差および濃度比画像の濃度分布を調査した。その結果、風については、風速5m/s程度では無風時と濃度分布に大きな差はなかった。ただし、風速10m/s前後では稻の平面投影面積が小さく映るため、稻を抽出したとしても結果の正確さは期しがたい(図11)。

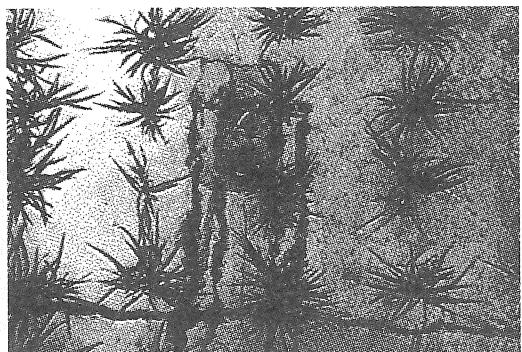


図8 撮影機材の反射像、太陽反射光のある入力画像

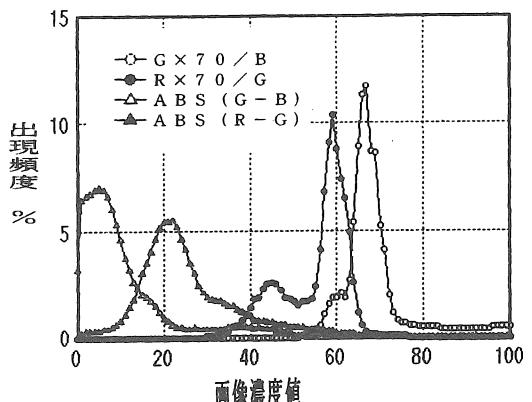


図9 機材の反射像と太陽反射光のある画像のRG B濃度比画像の濃度分布

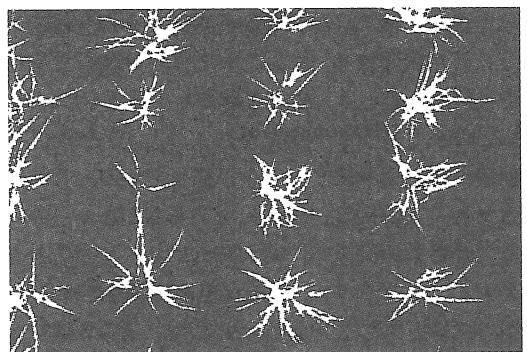


図10 機材の反射像と太陽反射光のある画像のRG濃度比画像の2値画像

また、降雨時は水面の乱れが発生するものの、画像処理上大きな問題はなかった。むしろ、小雨時は水面が乱れるため撮影機材の反写像は撮影されず、太陽光もないことから影はほとんど生じないなど、画像処理上は好ましい画像であった。ただ

し、大雨については、カメラ保全のため今回は調査できなかった。

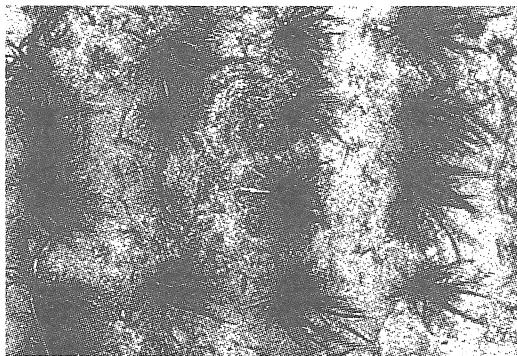
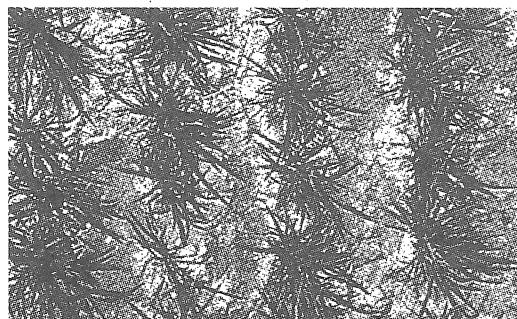
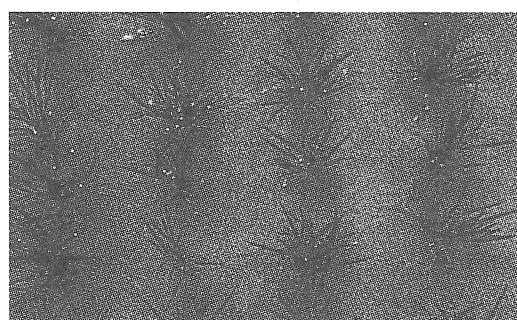


図11 強風時 (10m/s) の入力画像例



(a)



(b)

図12 落水時および水が濁った場合の画像

次に、栽培管理上、落水することもあることから、水がないかまたは少ない場合、および水が濁った場合の濃度分布について調査した。図12-aは晴天日の落水時の例であるが、RGB濃度の分布

範囲は広くなり、図13-aのように ($R \times 70/G$) の濃度比画像の濃度分布が2峰性を示すものの、単純な2値化では稲の葉が実際より細く認識され、また一部途切れるなど抽出精度に限界があった。したがって、必ずしも2峰性の濃度分布を示す画像から正しく稲が抽出されるとは限らない。

濁った水の場合は、澄んだ水面に比べてRGB濃度の分布範囲が若干広がるもの、図13-bのような2峰性の高い濃度分布があり、2値画像から稲の抽出は可能と考えられた。

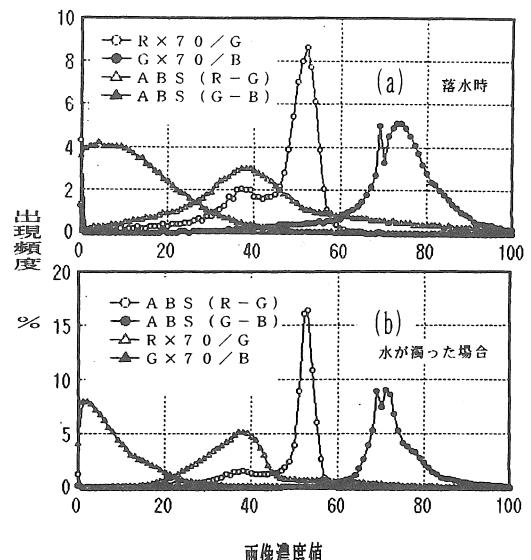


図13 落水時および水が濁った場合の画像のRGB濃度差・濃度比画像の濃度分布

以上のように、水田平面画像のRGB濃度差およびRGB濃度比画像の中に、稲の抽出を目的とした画像処理に適する2峰性の高い濃度分布を示すものが存在することが明かとなり、単純な2値化によって稲の抽出が可能であることが確認できた。ただし、撮影環境によって、有効なRGB濃度の組合せと画像間演算式が変ることから、今後、濃度分布図の形状等によって、適用演算式を決定する方法の検討が必要である。また、今回唯一、画像処理上問題のある濃度分布を示した落水時の画像については、2値化の前後処理方法のほか、表色系や色差系画像の利用についても検討する必要がある。

4. 摘 要

圃場における作物の生育過程を監視・追跡する画像処理手法を開発するため、小区画の実験水田を例に、生育期間中のさまざまな撮影環境下の画像の濃度分布を確認した。今回は、RGB濃度およびRGB濃度差・濃度比の画像について調査し、今後の圃場画像の入力・処理上の課題を検討した。得られた結果の概要は次のとおりである。

1) 水田画像全体のRGB濃度は、R, G, B の順に大きく、分布は生育初期は単峰性を示し、生育するに従って2峰性を示すようになる。水面のRGB濃度分布範囲は狭いが、RGB相互の重なりはGB濃度が比較的広く、RはGBと重なる領域が少なかった。稲のRGB濃度の分布範囲は広く、RGBとともに相互に重なる領域を持ち、特にGBはほとんど重なった。濃度分布を検討した結果、RGB単独画像からも、稲に関する一定の情報が得られる可能性は見出されたが、今後、2値化の前後処理方法の検討が必要と考えられた。

2) RGB濃度差および濃度比画像について、撮影環境と濃度分布の関係を調査した。その結果、水田全面が影に覆われた画像、あるいは撮影機材の反射像や太陽光の反射など、外乱要素の多い画像であっても、2峰性の高い濃度分布を示す濃度差画像もしくは濃度比画像が得られた。また、風雨時、水の濁った状態の画像については、むしろ外乱要素が少なく、画像処理上問題のない2峰性の高い濃度分布が得られた。これらの画像について、判別分析法で試行的に2値化を行った結果、稲の抽出は極めて良好であり、RGB濃度差または濃度比画像は、水田画像から稲を抽出する場合に有効である考えられた。ただし、撮影環境によって、有効な濃度差等の画像間演算式が変るため、今後、濃度分布の形状等から、適用演算式を特定する方法について検討が必要である。また、今回の調査で唯一、落水時の画像については、2峰性の高い濃度分布にもかかわらず、単純な2値化処理では稲の抽出に限界があった。今後、2値化の前後処理法や表色系等の画像濃度分布も検討する必要があると考えられた。

引用文献

- 1) 高橋照夫・張樹槐・孫明・福地博：線要素パターン検出方式の画像処理による線の形狀判別、農機東北支部報、No43, 49-54, 1996
- 2) 孫明・高橋照夫・戸次英二：画像処理による収穫時のリンゴ果実の識別（第1報）、農機誌、59(4), 53-60, 1997
- 3) 徳田勝・川村恒夫・山本博昭・堀尾尚志：スイカ収穫ロボットにおける視覚システムの開発（第2報）、農機誌、59(4), 47-52, 1997
- 4) 村上則幸・大塚寛治・井上慶一・杉本光穂：画像によるキャベツ認識技術の開発、農機誌、59(2), 65-72, 1997
- 5) 西卓郎・近藤直・毛利健太郎：キュウリの画像認識に関する研究（第1報）、農機誌、59(5), 45-53, 1997
- 6) 尾崎弘・谷口慶治：画像処理、共立出版、1989
- 7) 田村秀行監修：コンピュータ画像処理入門、総研出版、1994

【読者コメント】自然光下での稲の生育過程をビデオカメラでモニタリングするための画像処理法を実験し、抽出法を明らかにしたことは大変有意義だと思います。本報では生育期前半について述べられていますが、後半についてはどうでしょうか。

【筆者回答】生育前半の追跡対象としては、栽培管理上重要な草丈・茎数、病害、水管理状態などがあげられます。今回は草丈・茎数の識別に焦点を当てた処理法を探るのが主たる目的でした。後半は出穂や刈取り時期、収量予測などが目標になると考えています。後半期に関する今年度の予備的な調査では、水面が見えなくなること、葉が黄化すること、葉や穂の重なりが大きくなることから、前半の濃度分布とは次第に異なる様相を見せ、前半に有効であった画像処理法が必ずしも適用できなくなります。しかも、前半と後半の境界が判然としないので、今後、さらに、表色系や色差系の画像も含めて濃度分布特性を詳細に検討し、有効な処理法を開発したいと考えています。

画像処理による根菜類の幼苗の認識

上野有穂*・張 樹槐*・高橋照夫*・戸次英二*

Recognition of Young Seedlings of Rootcrops by Image Processing

Ariho UENO*, Shu-huai ZHANG*, Teruo TAKAHASHI*, Eiji BEKKI*

Abstract

To reduce the labor and required for thinning the young seedlings of rootcrops, the method recognizing the young seedlings of a radish was investigated by image processing of a CCD camera and irradiated effects of near infrared light. As the results, young seedlings of a radish and the other materials were discriminated using the intensive information of YIQ color specification (Y-signal). At nighttime, young seedlings of radish was easy to be recognized with near infrared light. In the daytime, young seedlings of radish was recognized by the nearly threshold value with near infrared light even either indoor or outdoor. However, when natural light is strong, near infrared light had little effect. So it was considered to be necessary for examining it in future.

[Keywords] binary image, RGB color specification, YIQ color specification, near infrared light

1. はじめに

根菜類はまっすぐ伸びた主根が肥大し成長するため、果菜類や葉菜類と異なり、移植は行わず条播きや点播きなどの直播方式で播種を行う。そのため、苗の間引き作業を行わなくてはならない。そこで本研究はこの間引き作業の省力化・自動化を図るため、その第1段階として根菜類の幼苗を画像処理によって認識する方法を検討した。

一般に植物の茎葉などと土壤とは、近赤外領域において、分光反射特性が大きく異なると報告されている¹⁾。本研究では植物のこの特徴に注目し、自然光の変化が著しい昼間や、夜間でも安定した画像を得ることを目的に、近赤外ライト照射の有効性を検討した。また、取得したCCDカメラの画像を2値化処理する際、従来のRGB表色系ではなく、YIQ表色系の輝度情報を用いて、根菜類の幼苗の認識方法を試みた。

2. 実験方法

(1) 実験装置

使用した種子は白首宮重尻丸大根で2条×4ヶ

所×4粒に人手で15cm間隔に点播した。培養土は黒土、腐葉土、肥料を6:3:1の割合で調合したものを33リットルパットに入れて使用した。また、撮影時に腐葉土の葉が影響しないように、培養土の表面に黒土のみを5mm覆土した。

撮影に使用したCCDカメラの主な仕様は、1/3インチカラーCCD、41万画素、NTSCコンポジット出力方式で、最低照度は5Lux(F1.2)となっている。また、照射用の近赤外ライトの主な仕様は、波長880±25nm、出力4.8Wである。

(2) 実験方法

大根の幼苗の画像取得は、発芽時（播種から2日目）より昼間（11時～13時）は屋内と屋外で自然光に近赤外ライトを併用して、夜間（18時～20時）は屋内で近赤外ライトを使用して、1ヶ所当たり15秒間、ビデオテープに画像を収録し、画像入力ボードを通じてパソコンに取り込んだ。絞りは手動で、昼間は5.6, 8, 11, 16の4通りに、夜間は4, 5, 6, 8, 11, 16の5通りに変えて撮影を行った。幼苗からCCDカメラ、近赤外ラ

イトまでの距離はいずれもおよそ20cmである。

3. 画像処理方法

一般に圃場で撮影されたCCDカメラの画像には作物部分以外に土、水などの要素が含まれている。そのため、それらのR(赤)、G(緑)、B(青)3原色の輝度分布は重なる部分が多く、R、G、B3原色の輝度値のみによるしきい値を用いて2値化処理を行うのは困難である²⁾。そこで本研究は、R、G、B3原色の輝度値をそのまま使用せず、それらをもとに算出され、カラーテレビ放送用の標準表色系としても採用されているYIQ表色系を使用した。

YIQ表色系では輝度情報が独立にY信号に含まれ、色差情報はI信号及びQ信号に含まれる。本研究はこのうちの輝度情報、すなわちYIQ表色系でのY信号のヒストグラムを検討し、2値化処理に用いるしきい値を決定して、大根の幼苗の認識方法を構築してみた。

RGB表色系からYIQ表色系への変換式は以下の通りである³⁾。

$$Y = 0.299R + 0.587G + 0.114B$$

$$I = 0.596R - 0.274G - 0.322B$$

$$Q = 0.211R - 0.522G + 0.311B$$

4. 実験結果及び考察

図1は昼間・屋内で撮影した大根の幼苗の原画像で、撮影条件は発芽より6日目で、近赤外ライトを使用し、CCDカメラの絞りは明るすぎたり、暗すぎたりしないように8に設定した。また、幼苗の丈は6cm、子葉の大きさは2cm×1cmである。図2は図1の原画像のRGB情報をYIQ表色系に変換したもののうち、Y信号のヒストグラムを示す。横軸には0～255の輝度値を、縦軸には各輝度値の総画素数がそれらの最大値に対する割合で、4区間の移動平均をとったものである。この図2からわかるように、ヒストグラムは明らかな双峰性をなし、輝度値の低い1つ目の山の部分は大根の幼苗以外の土などの部分であり、輝度値の高い2つ目の山の部分は大根の幼苗となっている。ただし、大根の幼苗の面積がその他の部分より比較的小さいため、その山の部分の割合は低

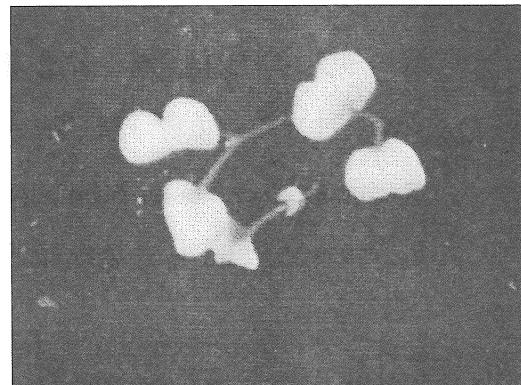


図1 原画像(昼間・屋内・近赤外ライトあり)

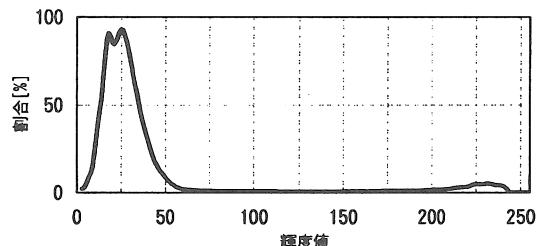


図2 図1のヒストグラム

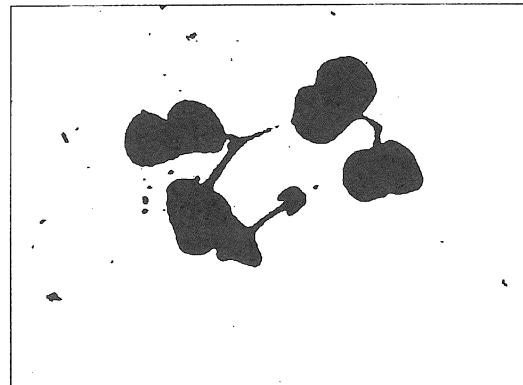


図3 図1の2値画像（しきい値70）

い値となっている。図3は図2のヒストグラムからしきい値を70としたときの2値画像である。この図3からわかるように、ノイズが少し残っているものの、大根の幼苗とそれ以外の部分を明確にわけることができ、しかも子葉から胚軸まで確認できた。また、図3の中央にある幼苗のように発育が遅れている子葉まで認識できたことは、今後間引きの対象となる不良苗などの検出にも応用できるものと考える。

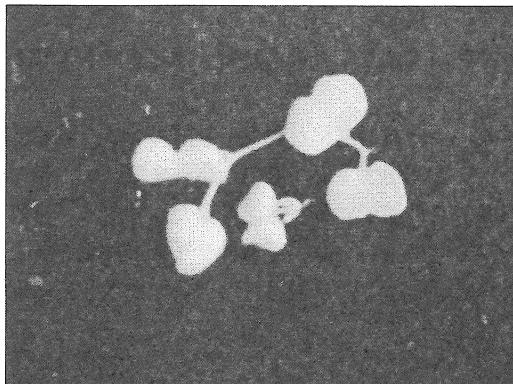


図4 原画像（昼間・屋外・近赤外ライトあり）

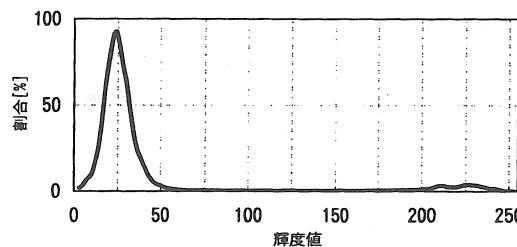


図5 図4のヒストグラム

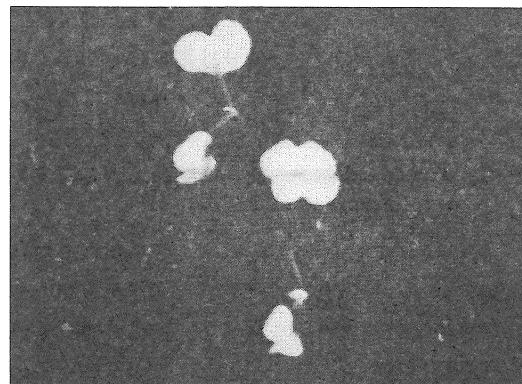


図7 原画像（夜間・屋内・近赤外ライトあり）

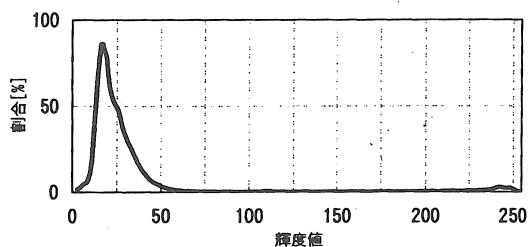


図8 図7のヒストグラム

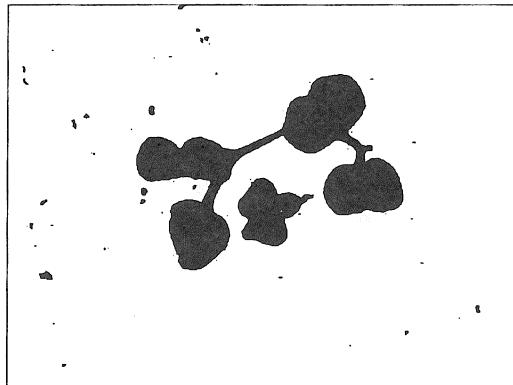


図6 図4の2値画像（しきい値70）

図4は昼間・屋外で撮影した大根の幼苗の原画像で、その他の撮影条件と幼苗の大きさは図1と同様である。図5は図4のY信号のヒストグラムで、図2とほぼ同様な傾向にある。図6は図5のヒストグラムからしきい値70としたときの2値画像である。この図6からでも図3と同様なしきい値処理で大根の幼苗とそれ以外の部分を明確にわけることができた。特にこの場合、自然光があまり強くなかったので、幼苗と土壤との近赤外領域

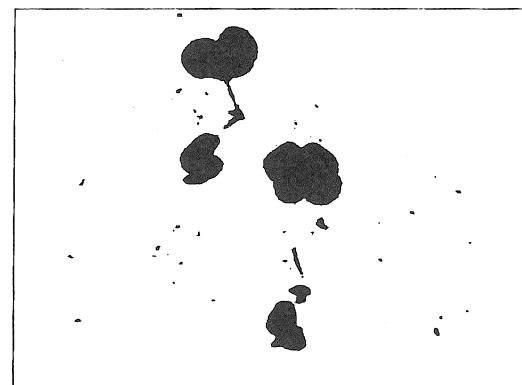


図9 図7の2値画像（しきい値70）

での分光反射特性が大きく異なり、近赤外ライトを照射することの効果が確認できた。ただし、屋外であるため、自然光の影響で2値画像の中のノイズが図3より少し多くなっている。今後これらのノイズの消去などについてさらに詳しく検討する必要がある。

図7は自然光のない夜間・屋内で撮影した大根の幼苗の原画像で、その他の撮影条件と幼苗の大きさは図1及び図4と同様である。図8は図7の

Y信号のヒストグラムで図2及び図5とほぼ同様な双峰性をなしている。図9は図8のヒストグラムからしきい値70としたときの2値画像である。

昼間と同様、大根の幼苗を認識することができた。このことから、自然光のない夜間撮影時の近赤外ライトの有効性が確認できた。

昼間撮影時における近赤外ライトの照射効果は図10に示す。ただし、近赤外ライトがある場合のY信号のヒストグラムを実線で、近赤外ライトがない場合のものを点線で示した。この図10からわかるように、近赤外ライトを使用しない場合、Y信号でのヒストグラムの谷の部分は大きく変動したのに対し、近赤外ライトを照射することにより常にはぼ同じ傾向になることがわかる。このことは大根の幼苗の画像を2値化する際、撮影日及びCCDカメラの絞りが同じであれば、近赤外ライトを使用することにより、昼夜を問わず、しきい値を同じ数値に設定できることを意味する。しかし、昼間・屋外で、直射日光が当たるような自然光の強い場合(30000Lux以上)、近赤外ライトの効果があまり表れないこともある。そのため、今後屋外で撮影する際、大根の幼苗を自然光から遮蔽する方法などを検討しなければならない。

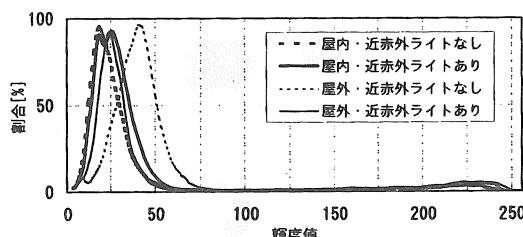


図10 昼間撮影時における近赤外ライトの照射効果

5. おわりに

本研究では根菜類の幼苗の間引き作業の省力化、自動化を図るために、CCDカメラなどによる画像処理技術を応用し、近赤外ライトの照射による撮影効果、及び大根の幼苗の認識方法を検討した。その結果以下のことが判明した。

(1) YIQ表色系の輝度情報であるY信号を用いることにより大根の幼苗とそれ以外の部分を識別することができた。

(2) 自然光のない夜間の場合でも、近赤外ライトの使用により、大根の幼苗の認識が容易にできた。

(3) 自然光の変化が著しい昼間の場合、近赤外ライトを使用すると、屋内、屋外を問わず、ほぼ同じしきい値で幼苗が認識できた。ただし、自然光が非常に強い場合、近赤外ライトの効果が現れないときもあり、今後これについて検討する必要がある。

参考文献

- 1) 近藤、遠藤：果実認識用センサの研究（第3報），農機誌，50(6)，83-89，1988
- 2) 大角、中村、山崎：画像処理による水稻の葉色測定に関する研究（第2報），農機誌，57(4)，45-52，1995
- 3) 高木、下田：画像解析ハンドブック，東京大学出版会，p 97-103，1992

【閲読者コメント】近赤外光の分光特性を農業機械化の視覚センサに利用する試みは、視覚情報能力の拡張という面から興味深いものがあります。今後の研究方向と実用化における問題点をお聞かせください。

【著者回答】今回、自然光のない夜間に近赤外ライトを用いることで幼苗を容易に認識できましたが、実用化に際して、日中の作業が前提となるので、今後、幼苗を自然光から遮蔽する方法や、近赤外領域で最適波長帯域の異なるフィルタを1枚もしくは2枚以上組み合わせて、近赤外ライトの有効性を検討する予定です。

試作オウトウシェーカによるほ場試験（第2報）

赤瀬 章*・鈴木 洋*・上出順一*・岡 貴志*・本間清治*

Harvesting Tests with a Prototype Cherry Shaker (Part 2)

Akira AKASE*, Hiroshi SUZUKI*, Jun-ichi KAMIDE*,
Takashi OKA*, Seiji HONMA*

Abstract

Field tests of harvesting cherry fruits were conducted using the prototype cherry shaker. Harvest operations were efficiently performed by improving the clamp. Furthermore the vibration state of a tree limb by the shaker was investigated. The amplitude of the clamp reduced than the setting, as the boom and the clamp vibrated opposite to each other. Therefore an additional mass onto the boom must be needed to enlarge amplitude of the limb at the clamp.

[Keywords] cherry for processing, cherry shaker, clamp, vibration of a limb

1. はじめに

山形県の加工用オウトウの生産量は年間約4,000tであり、そのすべてが手で収穫されている。収穫労働力が年々減少していることから、その機械収穫が望まれている。そこで小枝を対象としたオウトウ専用のシェーカを試作し、それによるほ場での収穫試験の結果を第1報¹⁾で報告した。そのシェーカは作業者が小型エンジンを背負い、ブームの先端のクランプ部を枝に引っかけて狭持し、振動を与える方式のものである。昨年のほ場試験の結果を踏まえて、供試エンジンの出力を大きくし、クランプを改良した2号機を試作し、ほ場試験を行ない、果実の落下状況を調べた。

さらに、シェーカの振動が枝にどの程度伝達されているかを調べ、クランプ位置を変えた時の枝の振動状態を計測した。

2. オウトウシェーカ2号機の試作

(1) オウトウシェーカの仕様

2号機は1号機よりエンジンの出力を大きくした。排気量は25.6ccから42.7ccになり、出力も1.06kWから1.60kWとなった。その結果シェーカ全体の質量も14.7kgから17.5kgとなった。

(2) クランプの改良

2号機のクランプ部を図1に示す。エンジンの出力を大きくしたことによりクランプの強度を高めた。クランプ部の挟持力を高めるためにリンク比 $\overline{ab}/\overline{bc}$ を大きくした。また、枝からクランプを外すときのクランプ爪の押し抜け力を向上させるため、バネの長さおよびバネ定数を大きくした。そのため、クランプを締め付けるワイヤ方向をブームと平行にした。クランプの改良によりクランプの締め付け、取り外しが円滑になり、作業性が向上した。

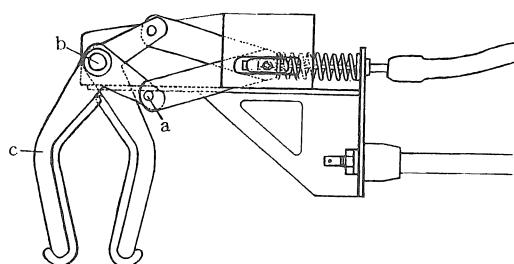


図1 クランプ部

3. ほ場での収穫試験

(1) 実験方法

実験方法は第1報¹⁾と同じである。なお、収穫

シーズン中、シェーカのアクセルレバーの設定は同一にした。

(2) 実験結果および考察

表1は本年度行なった圃場試験の全てをまとめたものである。左側は試験条件、右側は試験結果を表している。供試品種はナポレオンを中心として7種類である。表中の記号は、lが供試した枝の全長で約3m以下のものを対象とした。dは枝の基部直径、lcは枝の基部から枝を挟持しているクランプ位置までの長さ、dcはクランプに挟まれた枝の直径、tは振動時間を表している。さらに、落果率は枝全体の落果した割合、先端落果率はクランプより先の落果した割合、果梗付き果率は落下した果実の内で果梗付きの割合である。mは果梗を含まない1果の質量である。

図2は、果実の密度と先端落果率の関係を示したものである。クランプより先の枝の長さに側枝

の長さを加えた全長をlaとして、果実の密度を果実数とlaの比で表した。先端果実数/laの値が高いと先端落果率が低くなっているのは、参考文献²⁾表1から分かるように、果実同士の干渉によるものである。

図3はクランプ位置と先端落果率の関係である。前者は枝の基部からクランプまでの距離と枝の全長の比lc/lである。これからクランプ位置は基部に近い方が先端落果率が高いことが分かる。これは基部に近いところを振動すると枝の先端部の振幅が大きくなるからであろう。なお図示はしていないが、lc/lが高いと落果率もやや減少した。

収穫時期の違いによる影響を調べるために、1本の木（品種：サミット）を対象にして、7本の枝について収穫を3回に分けて行った。収穫月日は6月13日、6月20日、6月30日で表1の実験番号6, 12, 13, 14, 28, 29, 30にあたる。表1から果梗

表1 オウトウ振動収穫試験の条件および結果（1997年）

実験番号	実験日	実験場所	品種	条件					落果率	先端落果率	果梗付き果率	果梗付き			果梗抜け			不落果		
				l (cm)	d (cm)	lc (cm)	dc (cm)	t (s)				m (g)	糖度 (度)	m (g)	糖度 (度)	m (g)	糖度 (度)	m (g)	糖度 (度)	
1	6/6	イ	高	315	5	117,157	3.0,2.2	(3+3)+3	60.7	—	96.7	2	10.1	3.4	12.7	2.3	10.9	—	—	
2	6/6	イ	紅	195	3	—	—	5	100	100	88.1	4.4	9.5	4.5	9.3	—	—	—	—	
3	6/12	口	佐	200	3.3	92	2	5	66.3	93.9	83.1	4.1	11.4	4.4	12.5	4	10.2	—	—	
4	6/12	口	佐	165	2.4	55	2.1	3	62.7	65.4	67.3	3.9	11.5	4.1	12.3	3.7	11.1	—	—	
5	6/12	口	高	195	4.3	81	2.1	3	63	83	100	4.6	11	—	—	4	9.7	—	—	
6	6/13	イ	サ	245	3.6	85	2.4	3	70.2	69.4	100	2.1	7.7	—	—	2.1	8	—	—	
7	6/17	口	佐	188	2.5	65	1.6	3	92.3	96.5	45.8	3.4	14	3.4	13.6	—	—	—	—	
8	6/17	口	佐	172	3	56	1.7	3	94	94	49.2	3.8	14.2	3.9	15.5	—	—	—	—	
9	6/17	口	天	257	4.7	122	2.9	3	—	56	68.3	3.4	10.9	3.6	11	—	—	—	—	
10	6/17	口	ナ	207	5.2	96	2.4	3+3	81.1	90.4	90.5	3.6	11.3	4.5	12.4	—	—	—	—	
11	6/17	口	ナ	195	3.7	57	2.6	3	59.8	79	88.1	2.7	8.8	3	10.4	—	—	—	—	
12	6/20	イ	サ	202	3.4	95	2.1	3	53	55.3	100	2.8	7.5	—	—	3	8	—	—	
13	6/20	イ	サ	162	2.5	57,88	2.0,1.3	3+2	67.9	—	99.3	2.6	8.6	3.2	9.3	2.6	8.8	—	—	
14	6/20	イ	サ	192	3.2	94	2.2	3	91.5	93.5	98.4	3	9.2	3.5	9.7	3	8.8	—	—	
15	6/23	ハ	ナ	192	4	100	2.2	2	—	84.8	67.6	4.8	10.1	4.5	10.4	—	—	—	—	
16	6/23	ハ	ナ	225	3.7	135	1.9	2	—	64.2	61.8	4.2	8.9	4.7	10.3	—	—	—	—	
17	6/24	ニ	ナ	185	3.1	68	2	3	—	59.5	31.1	4.7	12.4	4.5	12.5	—	—	—	—	
18	6/24	ニ	ナ	238	4.5	96	3	3+2	—	—	27.3	4.4	13	4.3	13.3	—	—	—	—	
19	6/24	ニ	ナ	280	5.3	195	2.2	3	90.7	—	30.7	5	12.2	5.1	13.3	—	—	—	—	
20	6/24	ニ	ナ	153	3.6	51	2.5	3	98.7	—	44	5.5	13.2	5	13.1	—	—	—	—	
21	6/26	ニ	ナ	272	6	140,195	3.0,2.1	2+2	—	—	57.3	5.8	10.3	5.4	10.6	—	—	—	—	
22	6/26	ニ	ナ	198	2.8	46	2.5	2	67.1	67.6	64.3	6.2	12.1	6.6	10.9	—	—	—	—	
23	6/26	ニ	ナ	193	3	32	2.7	2	97.6	100	68.7	5.8	11.8	5.9	12	—	—	—	—	
24	6/26	ニ	ナ	173	—	23	2.1	2	100	100	27.3	6.2	13	6	12.2	—	—	—	—	
25	6/27	木	ナ	328	5.3	103	2.5	2	97.8	97.6	72.3	4.9	8.6	5	8.1	—	—	—	—	
26	6/27	木	ナ	453	5.4	280,373	2.6,2.1	(1+2)+2	57.8	—	81.2	5	7.9	5.3	8.3	—	—	—	—	
27	6/27	木	ナ	470	5.9	250,392	2.6,1.6	2+2	85.6	—	78.3	5.9	8.6	5.2	8.4	—	—	—	—	
28	6/30	イ	サ	190	2.6	40	2.3	2	80.6	82.7	54.5	3.7	8.8	3.7	8.8	3.7	8.8	—	—	
29	6/30	イ	サ	164	2.8	26	2.5	2	76.2	76.2	59.2	4.1	9	4.1	9	4.1	9	—	—	
30	6/30	イ	サ	153	2.9	48	2.1	2	85.2	91.4	48.6	3.4	7.8	3.4	7.8	3.4	7.8	—	—	

イ. 山形市 口. 鶴岡市(山形大学附属農場) ハ. 寒河江市 二. 村山市 木. 上山市
高. 高砂 紅. 紅さやか 佐. 佐藤錦 サ. サミット 天. 天香錦 ナ. ナポレオン

付き果率は、6月20日まではほぼ100%近いのに対して、6月30日には50%近くまで急激に低下したことがわかる。

4. ほ場での枝の加速度測定

シェーカから枝に伝達されている振動数と振幅を知るために、クランプ部の枝に加速度計を取り付けストレンメータにより加速度を測定した。そして加速度から振動数と振幅を計算した。表2では振動数、振幅ともに設定値（振動数13.3Hz、全振幅8.0cm）より小さくなっていることが分かる。

そこで基礎試験として、シェーカを枝に取り付けない状態、すなわち無負荷時でのシェーカ（クランプとブーム）の振動数と全振幅の測定をした。
(1)実験方法

シェーカのクランプとブームにそれぞれ加速度計を取り付け、クランプおよびブームの振動数と振幅を調べた。実験は1号機と2号機で行った。さらに高速ビデオ（ナック社製メモリーカムC²S、撮影速度200コマ／秒）でクランプ、ブームの振動を撮影し、同時に写したスケールからクランプ、ブームの全振幅を、撮影速度から振動

数を算出した。

(2)実験結果

結果を表3に示す。1号機、2号機ともクランプの全振幅は6.5cmとなつた。一方ブームの全振幅は1.3～1.4cm

であった。高速ビデオから算出したクランプ、ブームの全振幅もほぼ同じ値を示した。

無負荷時でのブームとクランプの加速度の波形によると、ブームとクランプの加速度は逆位相になっている。即ちクランプとブームが逆方向に動いており、それによってクランプの全振幅が設定振幅より小さくなることが分かった。

5. クランプの位置による枝の振動状況

オウトウ樹のほぼ水平な枝を対象にして、枝の振動試験を行った。

(1)実験方法

枝の全長の4等分点を枝の基部からそれぞれA、B、C点とし、そこに加速度計を取り付けた。ま

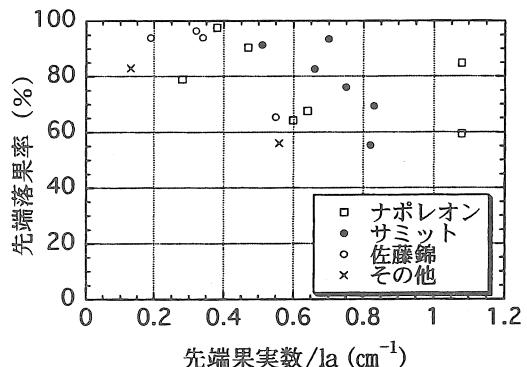


図2 先端結果実数／laと先端落果率の関数

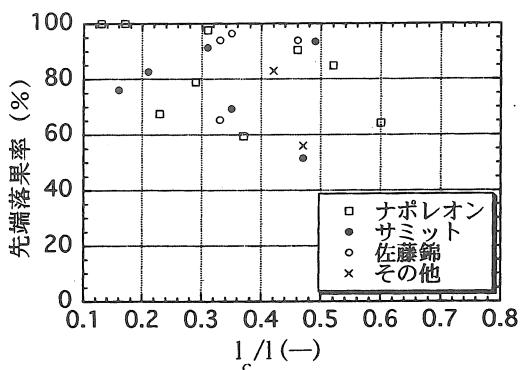


図3 la./lと先端落果率の関数

表2 クランプ部における枝の振動数と全振幅

表1の 実験番号	品種	振動数 (Hz)	全振幅 (cm)	l (cm)	d (cm)	l_c (cm)	dc (cm)	l_c/l (—)	l/d (—)
1	高砂	11.2	6.4	315	5.0	117	3.0	—	63.0
		10.9	4.5	315	5.0	157	2.2	—	63.0
3	佐藤錦	12.6	6.4	200	3.3	92	2.0	0.46	60.6
4	佐藤錦	12.1	5.4	165	2.4	55	2.1	0.33	68.8
6	サミット	12.5	5.8	245	3.6	85	2.4	0.35	68.1

表3 無負荷時でのシェーカ（クランプ部、ブーム部）の振動数と全振幅

	1号機		2号機	
	クランプ	ブーム	クランプ	ブーム
振動数(Hz)	12.4	12.4	13.5	13.5
全振幅(cm)	6.5	1.3	6.5	1.4
高速ビデオ撮影 からの全振幅(cm)	6.5	1.5	6.5	1.7

ず、A点をシェーカで加振し、A、B、C点の加速度を測定した。次にシェーカをB点に移動した。その後、A、B、C点の枝のバネ定数を計測した。

(2)実験結果

測定結果を表4に示す。A点を加振した時、B、C点の振動は枝1では大きくなかったが、枝

表4 加振位置を変えた時の枝の振動

枝	枝長(m)	シェーカ	加振位置	全振幅(cm)			振動数(Hz)
				A	B	C	
枝1	2.95	1号機	A	6.4	5.2	6.9	10.6
			B	4.5	6.5	4.9	10.9
		2号機	A	5.3	4.4	5.4	11.3
			B	4.4	7.2	4.0	11.4
枝2	3.00	1号機	A	5.0	7.8	8.3	9.8
			B	4.5	6.3	4.6	11.3
		2号機	A	5.8	8.2	8.7	10.3
			B	4.4	6.5	4.5	11.7

2ではかなり大きくなかった。これは枝1では、側枝が多くA点のバネ定数{13.8(N/cm)}が低かったのに対して、枝2では側枝が少なくA点のバネ定数{28.1(N/cm)}が高かったためと思われる。またクランプ位置をB点にしたときは枝1,2ともにクランプ部だけ振幅が大きくなかった。

図4はA, B, 2点の加速度の波形である。クランプ位置がA点のとき、B点ではA点より位相が少し遅れており、C点では逆位相になっている。またクランプ位置がB点のときは、A点ではB点と同位相であり、C点では逆位相になっている。

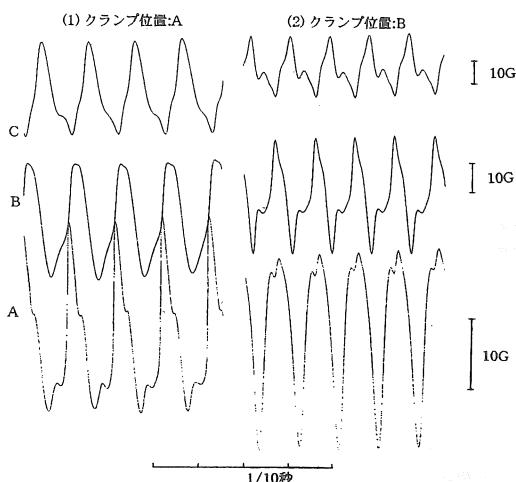


図4 枝の位置(A, B, C)での加速度の波形
(枝2, 2号機)

6. 結論

以上の結果をまとめると次のようになる。

- (1) クランプの改良により作業性が向上した。
- (2) 枝の単位長さあたりの果実数が少ないと、落果率が向上する。
- (3) シェーカから伝達されたクランプ取り付け部の枝の振幅は、設定振幅より小さかった。

(4)(3)を検討するため、無負荷でシェーカを運転したところ、クランプの全振幅は、設定が8.0cmであるのに対して、6.5cmであった。これはブームがクランプに対して逆方向に振動するためである。ブームの振動を小さくし、クランプの全振幅を大きくするためには、ブームに質量を付加する必要がある。

(5)側枝の少ない枝において、クランプを枝の基部に近づけると、枝の振幅が大きくなり、落果率、果梗付き果率が高くなかった。

参考文献

- 1) 赤瀬 章他：試作オウトウシェーカによるば場試験、農機学会東北支部報、43,39-42,1996
- 2) 赤瀬 章他：オウトウ果実の脱離特性、農機学会東北支部報、43,43-48,1996

【閲読者コメント】ウメやクルミなど同じように振動収穫が行われる果実類と比べて、オウトウには長い果梗部があります。枝を振動させて落果させる場合、枝に対する水平／垂直方向、あるいは果梗の方向などに対する最適振動方向は存在するのでしょうか。

【閲読者解答】現時点で明確になっているのは、参考文献²⁾にあるように、引っ張り力が果梗方向となす角が0, 90, 180度と大きくなると脱離抵抗力が小さくなることだけです。従って果梗方向が結果枝に対して概ね90度というように果梗の方向が定まれば、脱離させやすい枝の振動方向が定まります。しかし枝に対する果梗の方向が様々であれば、脱離に有効な枝の振動方向を特定することはできません。

水稻湛水直播用株状点播機の試作

後藤克典*・斎藤洋助**・芳賀泰典*・山下 亨*・田中 進*

Trial Production of Hill Drop Seeder for Paddy Rice

Katsunori GOTOH*, Yohsuke SAITO**, Yasunori HAGA*,
Tooru YAMASHITA*, Susumu TANAKA*

Abstract

The technique of direct sowing on paddy field using a knapsack type power applicator is so difficult to ensure uniform sowing and establishment of seedling that causes uneven growth and late tillers. Therefore a hill Drop Seeder for paddy rice was produced as a trial with the purpose of solving these problems and improving the technique of direct sowing.

Hill spacing in a row planted with the prototype seeder is interlocked to working speed and adjustable to three classes. As a result of planting it was obtained even spacing in a row with high accuracy up to 0.6m/s in working speed.

[keywords] paddy rice, direct sowing, hill drop seeder, hill spacing

1. 緒 言

水稻の直播栽培は、乾田直播、不耕起直播、折衷直播、湛水条播、湛水散播など、全国各地で実に様々な方式が試みられているが、山形県での直播栽培は、その大部分が背負式動力散布機を使った湛水散播である。この方式は、均一な播種、苗立ちを確保することが難しいため、生育むらや遅発分けつを生じやすく、その結果、未熟粒の混入が多くなり問題となってきた。加えて、苗立ち過剰の場合は、倒伏の危険性が大きくなり品質の低下をもたらすこともある。そこで、これらの問題を解決し、より移植栽培に近い生育をする直播栽培技術を確立するため、複数の種子を株状に播いていく点播機を試作した。

点播方式に関しては、既に九州農試¹⁾で代かき同時土中点播機として開発され、実用化の域に達している。しかし、この方式は、代かきと同時に播種するために播種深度にばらつきが生じやすく、東北地域のような寒冷地で使うには、打ち込み速度や代かき田面の硬さを調節する必要がある。また、播種ロールの動力をモーターから取っている

ため作業速度に合わせてコントロールボックスで回転数を調節しなければならない等の問題がある。

著者らは、播種深度の安定と播種間隔（点播間隔）が作業速度に連動することを念頭にいれ、試作に取り組んだ。本報では、その概要と播種精度について報告する。

2. 試作機の概要



写真1 試作機の外観

試作機は市販の6条田植機を使用し、苗のせ板と植付け爪を取り外した位置に試作した点播用の

播種機を取り付けた（写真1）。播種機は、市販されている繰り上げ式の播種機と、種子供給管、水車状の播種ロールとを組み合わせたもので、その動力は、本機のPTO軸からとっている（図1）。この6機の播種機を本機に取り付け、条間30cmの6条播きとした。

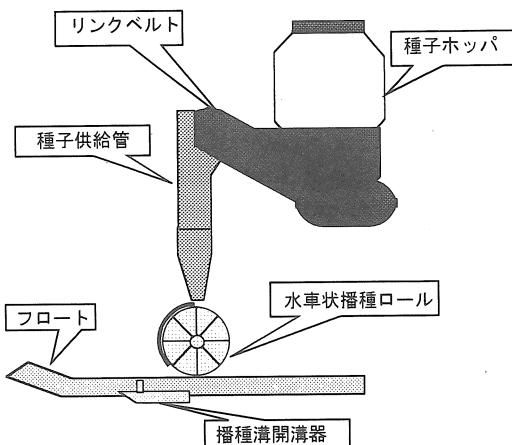


図1 播種機の構造

対象種子は、湛水直播で一般的に使われているカルバー2倍重コーティング種子としている。種子は、種子ホッパからリンクベルトにより連続的に種子供給管上部に供給され、種子供給管の中を落下し、土壤表面近くに設置した水車状ロールにいったん受け止められる。そこで、そのロールが進行方向に向かって回転することで、間欠的に種子が撒かれていく仕組みになっている。株間は、水車状播種ロールとPTO軸の回転を連動させることにより、田植機の植付け株間設定をそのまま利用できるため、13cm, 16cm, 18cmの3段階に設定できる。

播種深度については、フロート後部に取り付けた播種溝開口器で深さ20mmの溝を作り、その中に播くことで、播種深度が20mm以内になるようしている。ただし、試作機は覆土機構を備えていないため土壤表面播きとなる。

一株当たりの播種粒数は、平均8粒に調節している。これは、低温の影響で苗立率が低下しても移植と同様、一株当たり平均3本から5本の苗立が確保できるようにしている。

3. 播種精度

1997年5月9日に、場内は場において播種試験を行った。このときの場条件は、以下のとおりである。

品種	どまんなか
代かき後日数	6日
水深	0 cm
下げ振り1m貫入深さ	7.9cm
作業速度	0.45m/s

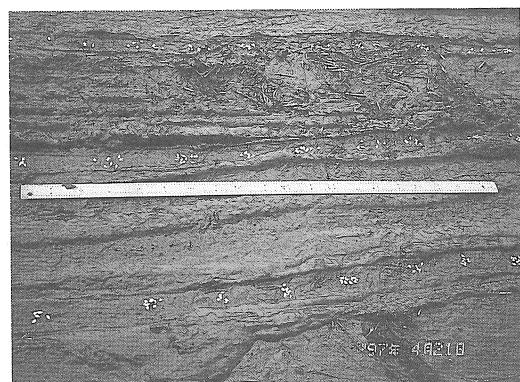


写真2 播種状況

播種状況は、株同士がつながることもなく、きれいな点播となった（写真2）。点播の形状は、進行方向に向かって長い橢円形となり、その長径は平均で3.8cm、短径は、平均2.4cmであった。長径はその60%が2~4cmの範囲内に収まっており、株としての生育が十分に期待できるものであった（図2-1, 図2-2）。一株当たりの粒数は、多少変動があるものの、平均7.7粒/株で、全体の84%が、5粒から10粒の範囲に収まっていた（図3）。播種量は、一株当たりの粒数が固定されているため、株間を狭くするほど多くなり、また株間は、機体のスリップの関係で少々狭くなつたが、ほぼ設定どおりの結果となった。

表1 播種結果

設定株間	播種量 (乾穀kg/10a)	株間 (cm)
13cm	5.6	12.5
16cm	4.6	15.5
18cm	4.2	17.0

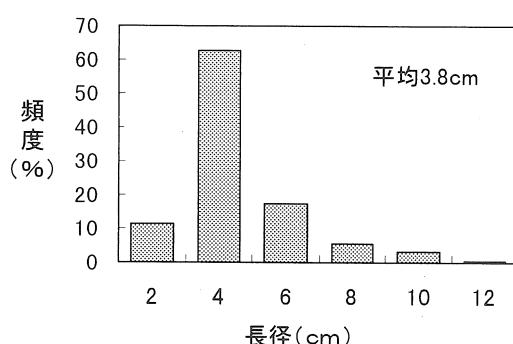


図 2-1 点播形状のばらつき（長径）

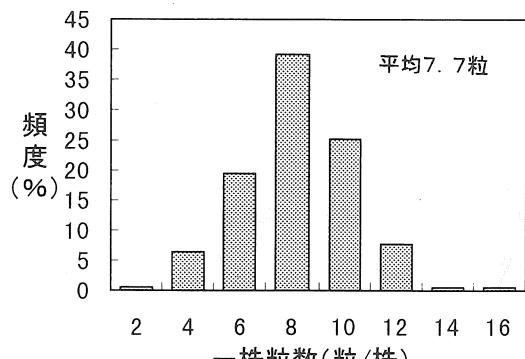


図 3 一株粒数のばらつき

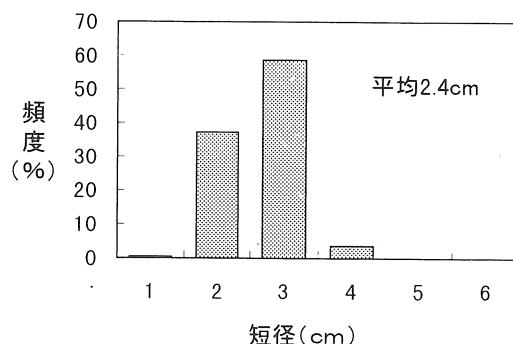


図 2-2 点播形状のばらつき（短径）



写真 3 生育状況（最高分けつ期）

4. 播種後の生育

播種後は好天に恵まれ、気温が平年よりも高く推移したために、種子の活動が活発になり、苗立ち率は83.4%と平年よりも1～2割ほど高くなかった。その結果、一株当たりの苗立ち本数は平均で6.3本、 m^2 当たりに換算すると150本/ m^2 前後になり、湛水直播としては、過剰気味の苗立ちであった。

苗立ち後の生育は順調に進み、最高分けつ期の草丈は平均58.4cm、茎数は31.1本/株、葉齡は慣行移植よりも約1葉遅れ、9.3葉であった。(写真3)

5. 水車状播種ロールの改良

上記のように試作機の播種精度は、作業速度0.45m/sにおいては極めて高いものであった。しかし、本機の最高速度である0.6m/sまで上げると、点播の形状が縦に長くなり条播に近くなる問題が生じた。そこで、高速でも点播形状が保てるよう

に、水車状播種ロールの改良を行った。

これまでの水車状播種ロールは、図4に示すように単に鉄板で8つの扇形のボックスに分けられていた。リンクベルトから供給される種子は、一旦、播種ロールのボックスに受けとめられ、ロールの回転とともに、ボックスの中心部から外縁部にかけて分散する。この状態でボックスが落下位置に来ると、同じボックスに入っていても、個々の種子に田面までの落下時間に差が生じてしまう。この時間差が、作業速度を上げたとき点播形状を縦に長くする原因であった。

そこで、種子が出来るだけ一つにまとまって落下するように、図4のような改良を加えた。

改良型の水車状播種ロールは、これまでと同様8つのボックスを持つが、ボックスの奥行きを出来るだけ小さくして種子間の距離を縮め、またボックスの形状を扇形からラグビーボール状にすることで種子を一方向に集まりやすくなった。

この改良型の水車状播種ロールを用いて作業速

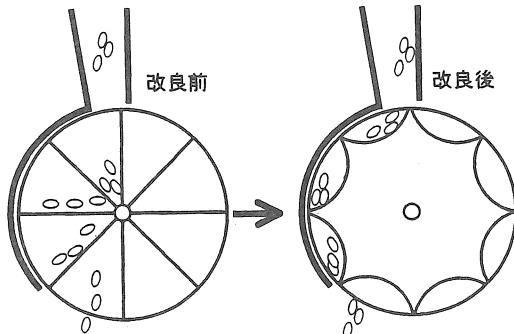


図4 水車状播種ロールの改良

度 0.45m/s と 0.6m/s との2区を設定して播種試験を行った。その結果、改良型の水車状播種ロールは、点播の長径が改良前と比べ約30%ほど縮小し、作業速度 0.6m/s でも平均 3.4cm と改良前の 0.45m/s レベルになった（表2）。また、長径のばらつきも以前より大幅に小さくなり、より高い精度での播種が可能となった。

表2 作業速度と点播の長径との関係

作業速度	改良前		改良後	
	長径	分散	長径	分散
0.45m/s	3.8cm	3.78	2.8cm	1.44
0.60m/s	4.8cm	5.12	3.4cm	1.96

6. まとめ

現在の水稻直播技術が抱えている問題を軽減し、より移植栽培に近づけることを目的に、湛水直播用株点播機の試作を行った。

試作機は、播種間隔が作業機の速度に連動しており、水車状播種ロールを改良した結果、作業速度 0.6m/s までは極めて高い播種精度が保たれることが確認された。しかし、覆土装置を備えていないため、土壤表面播きとなった種子は、ほ場状態によっては、播種後の入水によって流出し点播形状を崩すという問題が生じた。そのため、今後、点播形状を崩さずに、かつ均一に覆土するような装置を開発する必要がある。

また、本機として使用している田植機は、旧式であるために、作業速度が 0.6m/s で限界である。そこで、現在市販されている高速田植機並の作業

能率を確保するため、本機をより高速なものに換えて、それと同時に、高速作業に合わせた播種装置の改良を進めていこうと考えている。

参考文献

- 富樫 辰志：代かき同時土中点播機の開発、機械化農業2,7-10,1997
- 下坪訓次・富樫 辰志：水稻湛水直播葉代かき同時土中点播機Vol.1995,349-350,1996
- 中村喜彰ほか：水稻の湛水土中直播栽培の研究－栽植密度と管理技術の検討－、農機関西支部報58,83-85,1985
- 木村勝一ほか：CaO₂粉衣種子による無代かき折衷直播－耕うん同時施肥播種法について－、東北農業研究40,35-36,1987
- 山形県農林水産部：水稻直播栽培マニュアル、1997
- 山形農試機械土木部：農業機械に関する試験成績書、平成7年度・平成8年度、48-49,1997

【閲読者のコメント】図4のロールと供給管の位置関係について、時計の指針に例えて、12時ではなく10時くらいが確実性を増すように思いますが、いかがですか。

【著者回答】ボックスとカバーの間に種子がつまらないように、供給管を12時の位置にしましたが、今後の改良の際、検討させていただきます。

環境にやさしい低コスト米づくりの実証（第5報）

— ハロー田植田の水管理と刈取時期 —

泉 正則*

Ecological Culture of Rice Plant by Non-harrowing (Part 5)
water management and judgement of rice reaping

Masanori IZUMI*

1. はじめに

我が国の稻作りは昭和40年代にトラクタ、田植機、コンバインと除草剤を利用した機械一貫体系が確立し、大幅に省力化された。以来20数年を経過した今日栽培上解決を要することは、生ワラを全量すき込むようになったこと、雑草を防ぐ均平を重視して代掘精度が高まったことが、移植後30日前後から表土はく離や有機物分解による土壤の湧上り等、土壤の強還元による生育障害が多く見られる。これが対策として中耕、中干、間断灌水等の作業が増え、管理が繁雑になった。

これらを解決する表層碎土同時移植栽培法（以下ハロー田植と言う）が出来るハロー田植機を開発栽培した結果ハロー田植は、土壤孔隙割合が高く強還元化にくいため根の老化が進まず、秋まさり的生育で収量、品質が向上することを第1～4報で報告した。

今回はUR対策事業で急速に進んだ大区画圃場（レーザープルによる整地で均平度±5 cm 1 ha圃場）での水管理と刈取り時期について検討した結果を報告する。

2. 試験概要

場所 宮城県古川市・大和町

各々大区画圃場 1枚の面積 1 ha

供試条件

1) 品種 ひとめぼれ

2) 苗質 古川・中苗 (100 g 散播)

大和・成苗 (50 g 筋播)

3) 施肥法・量

古川 ペースト側条施肥+LPS苗箱施肥

*東日本三菱農機販売（株）（元古川農業試験場）

よる一発施肥体系

ネオペースト1号 20kg

NK301-100 13kg (育苗床土混和)

PK化成 20kg

(成分量N・5.9 P・7.6 K・7.7)

大和 ペースト側条施肥、穗肥、

ネオペースト1号 46kg (二段施肥)

NK化成 13kg (穗肥)

過石 80kg (生育中期施用)

(成分量N・7.6 P・18.3 K・7.1)

4) 土質 古川 灰色低地土 大和 細粒砂土

5) 水管理 田植後活着まで浅水 (3~4 cm)

以降目標茎数に達するまで徐々に水深を増して12cm、それ以後は落水期まで15cmの深水管理、中干、間断灌水は行なわない。

6) 稲わらは秋耕と同時に全量すき込む

7) 調査項目

気温・最高 最低 平均

地温・最高 最低 平均 (5 cmの位置)

労働時間 担当農家の作業日誌から集計

収量調査 1 ha全刈取り実収量を表す

生育調査 草丈 茎数 葉色を測定

坪刈調査 収量構成要素を把握する

3. 試験結果

1) 気温と地温の推移

日射によって水は暖まり、水田土壤に熱が伝わるので水量が少なく浅水の時水温上昇は早く、最高気温と最高地温は時間的ズレはあるがやや同じ程度になる。夜間気温が低下し水から放熱しても水は蓄熱容量が大きいため稻作期間の平均気温よ

り水田地表温が1.0~2.0℃高く経過することを日野氏²⁾が報告しており図1。5~6月の結果からも知られる。7~9月は15cmに深水にしたため、日別では最高気温30℃を越しても最高地温との差は10℃前後あり、月平均値で5~6℃平均地温が低く推移している特に8~9月は稻が成長して直射エネルギーが地面まで到達しにくい状態と併せて、地表温の高低差が縮まり最高気温より大幅に低く経過している。

2) 生育経過

表1に草丈、茎数、葉色の推移を示した。平成7・8年の気象は5~6月は低温、日照不足。7~9月は好天に恵まれ作況は、7年99、8年102であった。県の作況田は最高分けつ期の茎数が平年対比で8~12%少ない。ハロー田植田も同じ傾向であるが有効茎歩合が高く、茎太に生育いもち病や倒伏はなかった。平成7年7月は低温のため生育中期のLPSの肥効発現が遅れ、葉色が淡いので追肥を行う。

3) 収量調査

大区画圃場を使用したので試験区毎に全刈取り乾燥調整した結果を表2に示した。両年とも慣行栽培圃場に比べハロー田植田の収量は6~8%多く、品質は全量1等米である。平成7年の刈取りは古川慣行圃場の翌日刈取調整をした結果1.9~1.7mm以下の青米整粒主体の屑米が多く、刈取期が早過ぎたと考えられた。図2は大和圃場で刈取ったが稻わらが青いので同一ヶ所を9日後に刈取った結果図2の収量であり表3はその品質調査結果を示した。刈取りを遅らせた方が青未熟が減り、整粒が増し千粒重が高くなっている収量、品質が向上することが確認された。また、普及所(4ヶ所)の

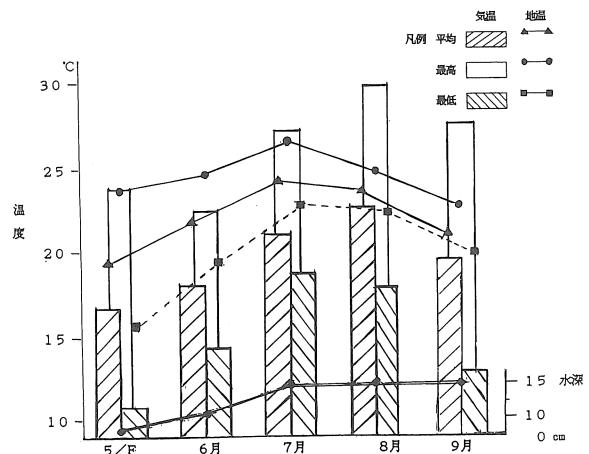


図1 月別気温と地温の推移（1996、大和）

技術確認団の坪刈り成績で青未熟が多かったと考察し、農家からの聞き取りとして実際の刈取りは坪刈より10~13日遅く、収量、品質が高かったと言ふ。

平成8年の古川試験圃場は慣行より1週間遅らせて刈取った結果、屑米が減り食味値79ポイントと慣行栽培より4ポイント高く出荷の検査等級は何れも全量1等米である。

4) 労働時間

担当農家の作業日誌から当該圃場における作業時間を計算した結果を表に示した。本田の水管理時間は深水のため毎日の見廻りが省け本田管理の主体は畦畔の草刈作業(80%)で大区画圃場とパイプライン灌水が更に水管理を容易にした。尚、比較は担当農家の大半を実験圃に使っているので、地域農業センターの指導指針を対照とした。整地(代掻)と施肥、田植えがハロー田植えでは1行程で終わり、かつ水管理は前記の通りとなり、指導指針から見ると大幅に省力化されている。

表1 生育調査 (古川)

	年 次	6月1日	6月20日	7月10日	8月1日	8月10日	附 記
草 丈 (cm)	H 7 H 8	20.9 19.3	31.6 30.7	58.0 47.2	79.5 74.0	94.3 87.3	出穂期 H 7年
1 m ² 当茎数 (本)	H 7 H 8	85 45	233 169	410 478	391 428	395 413	8月7日 H 8年
葉 色 (スパット値)	H 7 H 8	32.9	48.7	44.4	35.7	39.0	8月14日 35.8

表2 成熟期、収量調査 (古川)

	成熟期			1 穂	登熟	千粒重 g	刈取 時期 m/m以上	ハロー田植田	慣行田
	早 長 cm	穗 長 cm	穗 数 本 /	着粒数 粒	歩合 %			精玄米1.9 くず米	精玄米1.9 m/m以上
H 7年	80.2	18.5	413.6	81.7	76.6	22.0	9/30	534	40.5
H 8年	78.0	20.5	387.0	85.4	81.3	21.8	10/10	578	25.6

注：収量は全刈り実収量 10a当たり：kg

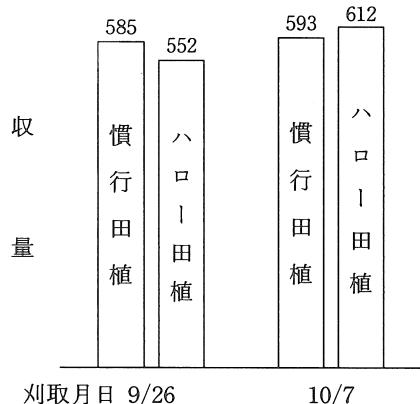


図2 刈取時期と収量 (大和)

大区画圃場のため圃場内に入らない工夫として、次の4点をあげる。

- 1) 除草剤は水口より流込み施用としてフロアブル剤を用い十分効果があった。
- 2) 病害虫防除として、2回ラジコンヘリにて粒剤散布を地域の共同散布に参加して行った。
- 3) 穂肥は緩効性肥料(LPS)の苗箱施肥とペースト側条施肥を組合せた一発施肥体系で穂肥を省いた。
- 4) 圃場整備と併行して暗きょ排水を施行しているので、溝切りや中干を行わずハロー田植と深水管理で肥培管理を行った。

4.まとめ

1) 大区画圃場の水管理は灌水、落水に時間を要しこまめな管理は出来にくいから、土壤中の孔隙割合が高い、ハロー田植の特徴を生かし深水管理を続けることで急激な地温上昇を抑え、急激な有機物の分解による還元障害を防ぎ、収量が安定する結果を得た。

2) ハロー田植では、従来の出穂後40~45日積算

表3 刈取時期と品質 単位%

区名	刈取 月日	玄米 良質	品質 未熟	被害 粒	千粒 重	収量 g	比
ハロー田植	9/26	59.1	34.8	6.1	23.7	94.4	
ハロー田植	10/7	75.0	18.6	6.4	24.2	103.2	
代播き田植	9/26	71.5	24.8	3.7	23.2	100.0	
代播き田植	0/7	78.5	14.3	7.2	23.6	100.0	

注 品質測定機(6000粒)による
出穂—8月12日 品種—ひとめぼれ

温度1000°Cに達しても根の活力が維持して秋まさり的生育であるから、刈取り時期7~10日程度遅らすことが品質が向上し食味値が高まり有効と認められる。

- 3) 毎日の見廻り作業が省けパイプ灌水で十分目的が達せられ、代播き、元肥散布、穂肥作業なしで慣行作業より大幅に省力化される。
- 4) 寒冷地稲作において減数分裂期の異常低温は花粉形成に甚大な被害を及ぼすから、深水管理期間が幼穂を保護し効果的水管理となる。
- 5) 最後に古川の低コスト実験圃の担当農家はこれまでの水管理と異なるため不安があったが2年目は解消した。大和の担当農家は10数年深水管理に精通しており、苗質を高めることで稲作が更に安定することを認めている。

最後に本実験事業を積極的に推進された古川市J A佐々木雄司氏、古川地域普及センター氏家一義氏、古川農試及川勉氏から資料提供助言を賜ったことに感謝申し上げます。

参考文献

- 1) 山根一郎:水田土壤学 1982

表4 展示圃作業別労働時間（10a当たり）

(古川) 単位：時間

合計	苗代ハウ	本田耕 ス一切	起整地	基肥	田植	追肥	除草	管排水 管理	防除	稻刈及 び脱穀	穀乾燥	生産 及脱穀	管理
ハロー田植	13.1	3.2	0.6	0.15	1.4		0.6	3.6	0.15	2.2	1.2		
県指導指針	39.0	5.6	3.5	1.2	5.3	0.3	0.7	7.9	0.6	11.4	1.8	0.7	

注：担当農家の経営概況 水田3.6ha 畑0.1(一兼農家)

を遅らす方が有利となると考えられます。



深水管理による株稻

- 2) 日野義一:日射早植稻作 1988
- 3) 古川農試:大区画圃場の超低コスト試験 1994~
- 4) 秋田農試:土壤肥料試験試験 1995

〔閲讀者コメント〕収穫時期を遅らせた方が良いというのは施肥法の影響が大きいように思います。ハロー田植は“ペースト側条施肥”と密接な関係があるのでしょうが，“表層碎土同時移植”と施肥法の効果を分けて考える必要はないでしょうか。

〔著者回答〕表層碎土同時移植（ハロー田植）では表層以外は無代播のため、土壤孔隙割合が高く、暖かい水の下方滲透量がやや増すため活着が早くかつ、土中深く伸びた根（強還元化による生育抑制が少ない第2報）が生育後半まで活力を維持し健全葉が成熟期後半まで残って光合成期間を延ばし未熟粒の成粒化を図る有効な手段として刈取期

ネギの省力栽培技術（第1報）

—産地における機械化の現状と問題点—

小野寺徹*・田口嘉浩**

Cultivation System of Welsh Onion for Saving Labor (Part 1)

—Present Situation and Problem of Mechanization at Production Area of Welsh Onion in Akita Prefecture—

Toru ONODERA*, Yoshihiro TAGUTI**

[キーワード] ネギ, 産地, 機械化

1. はじめに

秋田県の農業粗生産額は米が70%（平成7年）を占め、米に偏った生産構造となっている。このため収益性の高い野菜等を導入し、米とバランスのとれた複合経営を確立することが重要である。

野菜生産の中で、ネギは比較的の栽培が容易であるため秋冬野菜の主役として定着し、水田転作の作付順位も上位であるが、1戸当たり平均作付面積は10aと“自給的野菜”的域を脱していない。この要因を労働面から見ると、定植、調製、出荷の作業時間が多く、作業時期が集中しやすいことがあげられる。

このため、秋田県における代表的なネギ産地でのアンケート調査とネギ作業機械の性能試験を行い、機械化の現状と問題点を明らかにしたので報告する。

2. 試験方法

試験1 アンケート調査によるネギ作業の実態と問題点（平成4年）

1) 対象地域と農家数：秋田県能代市K集落とS集落のネギ作付農家43戸

試験2 ネギ作業機の性能試験（平成3～7年）

1) 試験場所：秋田農試水田転換初年目圃場、細粒灰色低地土。鴨島統、前作水稻無代かき移植栽培、1行程作業長48m

2) 供試機械：ネギ移植機MT社NP2、トラクタ装着式掘取機M社VDO01+DO300、ネギ専用皮むき機K社KF62

3) 栽培作型：秋冬栽培

4) 供試品種：吉蔵、元蔵他、計5品種

5) 調製・選別・出荷作業の作業人数と出来高：アンケート結果から算出

3. 結果と考察

試験1 アンケート調査によるネギ作業の実態と問題点

1) 調査地域のネギ生産状況

農協ではネギ、ミョウガ、キャベツ、アスパラ、ニンジンを基幹野菜として位置付けている。ネギの中心作型は11～12月出荷の秋冬栽培で、年間の労働分配と連作障害回避のためキャベツを組み合わせる農家が多い。

2) ネギ作業機械の所有状況

表1に移植機、皮むき機、掘取機の栽培面積別所有状況を示した。

調査地域は個別出荷のため、皮むき機の導入比率が高く、調製作業の機械依存度が高い。移植機と掘取機は、作付面積が多いと所有率も高いことから、大面積でのネギ栽培には欠かせない機械といえる（表1）。

表1 ネギ作付面積別の作業機械所有状況
(平成4年秋田農試・能代普及センター共同アンケートから作成)

ネギ作付面積	農家戸数 (戸)	移植機 戸数(戸)	比率(%)	掘取機 戸数(戸)	比率(%)	皮むき機 戸数(戸)	比率(%)
全体	42	32	76	27	64	41	98
50a未満	2	1	50	1	50	2	100
50~100a	15	8	53	8	53	14	93
100~150a	13	12	92	9	69	13	100
150~200a	5	4	80	3	60	5	100
200a以上	7	7	100	6	86	7	100

注) 無回答、不明、導入予定を除く。

3) 作業に対する意向

「ネギ栽培の中で苦しい作業は何ですか」の問い合わせに対して収穫が1位となった。同様に「不健康な作業」と「危険な作業」について解答を求めた結果、共に調製が1位となり、収穫、調製作業が

栽培上の負担となっている。理由として、収穫では腰痛、調製では皮むき機の騒音、移植では長時間窮屈な姿勢が指摘され、対応策として機械の能率向上と直播による省力栽培が求められている(表2)。

表2 各作業に対する意向と求められる対応策(平成4年秋田農試・能代普及センター共同アンケートから作成)

作業名	作業に対する意向 ^(a)			対応策	
	苦しい	不健康	危険		
定植	2	3	3	腰が痛い、暑い、他の作業と重なる 長時間窮屈な姿勢	移植機の能率向上 直播等省力技術
土寄せ			3	管理機が重い	
農薬散布		2	1	農薬被爆	
収穫	1	2	2	腰が痛い、天候に左右される 寒くて体が動かない	掘取機性能向上
調製		1	1	皮むき機の騒音、ネギの皮ですべる、寝不足	皮むき機性能向上
出荷		3		収穫作業に左右される、寝不足	出荷割当の適正化 出荷期間の延長

注) 数値は順位を示す。

試験2 ネギ作業機の性能試験

1) 移植機(図1)



図1 移植機による移植作業



図2 草丈の違いによる移植精度の差

供試移植機の移植可能な苗草丈は30cm程度で、それ以上では斜め植え、葉がらみによる移植不能が生じる(図2)。

ネギ移植機の作業時間は13時間／10a、作業速度は0.02m／秒となり、3秒に2本定植するペースであった。移植精度は、植付角度90（直立）～60°の割合が高い（表3）。ネギ移植機は作業速度が遅く、高能率化が必要である。

表3 ネギ移植機の作業時間と移植精度
(秋田農試 平成3年～4年)

作業時間 (時間/10a)	作業 速 度 (m/秒)	移植精度 ^{a)} (%)		
		植付角度 90～60°	60°以下	浮 苗
13.4	0.02	94.1	1.7	1.7

注) 植付角度は直立植えを90°とした。

10mm以下碎土率は82%。

2) 掘取機(図3)

組人数6人で、人力収穫と掘取機収穫の作業時間を比較した。掘取機による収穫時間は5.4時間／10a、延べ作業時間は32.6／10aで、人力収穫と同等だった。作業の内訳を見ると、掘取機収穫で引抜き作業者の待機が生じた(図4)。ネギの引抜き力は、掘取機の利用で1kg／本まで減少し、軽作業化が図れた(表4)。

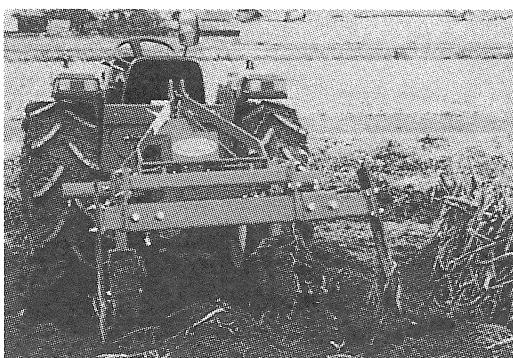


図3 掘取機

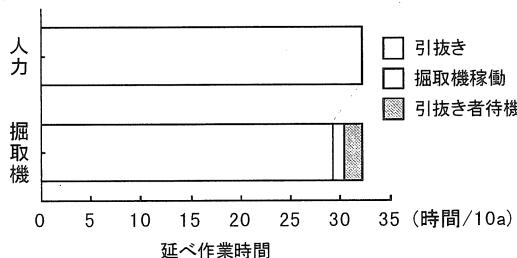


図4 収穫方法別の作業内訳
(秋田農試 平成4年)

表4 人力と掘取機の引抜き力の比較
(秋田農試 平成4年)

収 穫 方 法	引 抜 き 力	
	(kg/1本)	比 率 (%)
人 力	6.4	100
掘取機	1.1	17.2

3) 皮むき機(図5, 6)

防音カバー付き皮むき機は、作業者および周辺の騒音防止効果が高く、90dB以上の騒音範囲が半減した。防音カバーが閉じた時に、皮のむき具合が確認不可能で、能率が落ちる。このため防音カバーの材質または構造の改善が必要である(表5)。

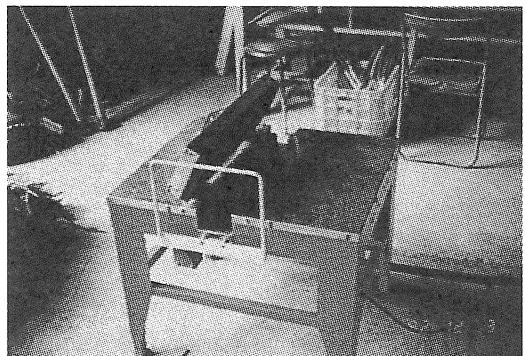


図5 防音カバー付皮むき機

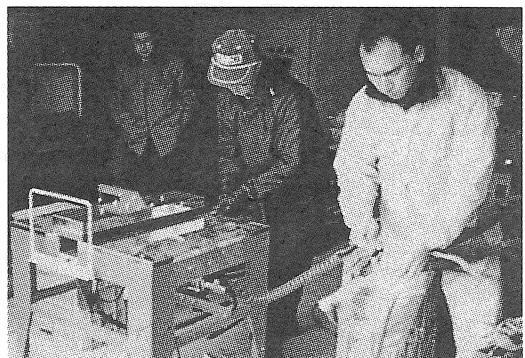


図6 皮むき機による調製作業

表5 皮むき機の騒音値と作業時間の比較
(平成4年 秋田農試)

防音カバーの有無	作業者の耳元(dB)	90dBの騒音範囲(m)	作業時間 ^{a)} (時間/10a)
有	93	半径2.5	78.4
無	87	半径1.2	82.3

注) 2人組み作業

4) 調製・選別・出荷作業の作業人数と出来高

調製から出荷まで連続した作業の作業組人数と時間当たり出来高(5kg入りケース箱数)の関係をアンケートから整理した。

調製から出荷までの作業工程は、葉切り、根切り、皮むき、磨き、選別、箱詰めの順で、機械作業は皮むきのみである。

時間当たり出来高は、組作業人数の増加による大幅な向上は見られない(図7)。これは、皮むき機の能率に制約されるためで、対策として皮むき前に切れ目を入れる工夫を行っている。

このため、皮むき機の高能率化および葉切り、根切り、皮むき、選別の連続した機械化が求められる。

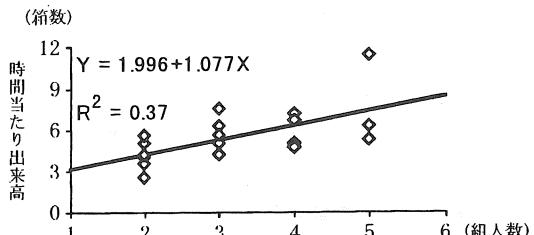


図7 調製～出荷までの組作業人数と時間当たり出来高
(平成4年 秋田農試・能代普及共同センターから作成)

4.まとめ

アンケート調査と機械性能調査から現状の機械化の問題点を整理すると、①ネギ栽培で負担となる作業は収穫と調製・出荷作業である、②移植機と皮むき機の能率が低い、③収穫、調製・選別・出荷作業は、部分的な機械化のため機械と手作業のバランスが取りにくい、の3点が明らかになった(表6)。

したがって、ネギ栽培面積拡大のためには、移植機、掘取機、皮むき機等の改良開発および省力栽培技術の確立が急務である。

表6 ネギ栽培における作業別利用機械と問題点の整理

(平成3～7年秋田農試)

作業名	定 値	収 穫	調製・選別・出荷
機械作業	定値	掘上げ	皮むき
利用機械	半自動移植機	トラック装着式掘取機	皮むき機
手作業	苗の掘取り、苗選別	引抜き、拾集	根切り、葉切り、磨き、選別、箱詰め
問題点	移植機の能率 長時間労働	機械と組作業人数のバランス 天候により作業期間が限定 共販期間に制約される	皮むき機の騒音と能率 長時間労働 収穫作業の影響を受ける 共販期間に制約される

参考文献

- 秋田県農業試験場：ネギ類の大型化技術に関する試験－ネギ類の省力機械化栽培技術と経済評価－、試験研究成果概要、1991－1996

ネギの省力栽培技術（第2報）

—直播栽培およびセル成型苗移植機による移植作業の省力技術—

小野寺徹*

Cultivation System of Welsh Onion for Saving Labor (Part 2)

—Transplanting Techniques for Saving Laber by Direct Sowing Culture and Plug-Transplanter —

Toru ONODERA*

[キーワード] ネギ, 直播, セル成型苗

1. はじめに

第1報で産地における機械化の問題点を明らかにし, 負担となるのは収穫, 調製・出荷作業, 移植機と皮むき機の能率が低い, 収穫, 調製・選別・出荷作業では, 部分的な機械化のため機械と手作業のバランスが取りにくい点を指摘した。

このうち育苗と定植作業の省力技術として, 直播栽培およびセル成型苗（以下セル苗と表記）機械移植栽培が知られている。

しかし, 直播栽培は, 間引きが必要で33時間／10aを要する。また, 軟白長が短い, 適当な初期除草剤がない等の問題点があり, 普及には至っていない。市販のネギセル苗全自動移植機は, 2条植えで高能率であるが, 専用セルトレイ利用のため汎用性が無く, 移植機の構造上, 浅溝の移植となり, 軟白長が短い傾向となる。

本報は, これら問題点を解決するため, 直播栽培における間引きの省略と軟白長確保, および裸苗半自動移植機を改良したセル苗移植機の実用性を明らかにしたので報告する。

2. 試験方法

試験1 直播栽培試験（平成3～7年）

供試播種機：T社ロール式播種機TP1000(図1)

供試品種：吉蔵（裸種子）

播種期：4月中旬 栽培様式：条間90cm

1) 間引きが省略可能な播種量

播種量により苗立数を変動させ, 収穫物の葉鞘径から適正播種量を求めた。

播種量は, 上限を移植栽培標準使用量の700ml／10a, 下限を播種機設定限界の230ml／10aとし, 700, 500, 300, 230ml／10aの4段階で検討した。播種量の調節は, 播種ロールを加工して行った（図2）。播種時の作溝深は10cmとした。



図1 供試播種機

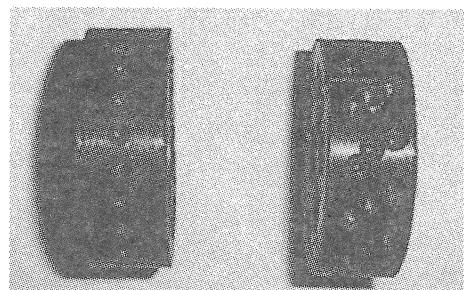


図2 加工ロール

2) 作溝播種による軟白長の確保

移植栽培と同様な溝切を行い播種する作溝播種により軟白長を確保して, 軟白長33cm以上の比

率向上をめざした。

初めに作溝播種の効果確認のため、平うね播種と作溝深10cmで検討し、次に作溝深の上限を移植栽培と同等の20cmとし、15, 10cmの3段階で検討した。播種量は400ml/10aで間引きなしとした。
試験2 改良型セル苗移植機の実用試験（平成6～7年）

供試セル苗移植機は、セル苗、裸苗（慣行苗）、ペーパーポット苗が移植可能で、従来どおりの作溝深で移植できる。この移植機の性能調査を行い、実用性を検討した。

供試機械：MT社ネギ移植機 N P 2 改良型

供試育苗資材：Y社セルトレイ25mm角（200穴/箱）、Y社育苗培土

供試品種：吉蔵（コート種子）

播種量：セルトレイ1穴当たり4粒

播種期：3月下旬

栽培様式：条間100cm、株間10cm

共通条件

供試圃場は、「水稻との複合経営」を考慮し、水田転換圃場を選定した。また、前年の水稻は無代かき移植栽培を行い、排水性と碎土率の向上に努めた。

1) 試験場所：秋田農試水田転換初年目圃場、1行程作業長48m、細粒灰色低地土・鴨島統、前作水稻無代かき移植栽培

2) 作型：秋冬栽培

3) 施肥量 (kg/10a) : N, P₂O₅, K₂O各30
(被覆尿素入り粒状複合140-16号)

3. 結果と考察

試験1 直播栽培

1) 間引きが省略可能な播種量

実播種量は、500ml区で506ml/10aとなった以外は概ね設定どおりであった。発芽率は播種後20日調査で7割であった。

生育期間中の葉鞘径は播種量に反比例し、播種量が少ないと太く、播種量が多いと細い傾向を示した（表1）。

収穫期のネギを調製し、葉鞘径を出荷規格別に分類すると、標準規格の割合が最も高い播種量は506ml、次いで300mlであることから、適正播種

量は300～500mlの範囲とみられる（表2）。

一般的なネギの調製重は100g程度で、調製重で評価した場合も播種量300ml～500mlが適範囲とみられる。平成6年に播種量を400mlとして試験を実施した結果、調製重115g、収量4200kg/10aとなった（表3）。

以上の結果、間引きが省略可能な播種量は、400ml/10a前後で、移植栽培と同程度のネギが生産可能となる。

表1 播種量別の葉鞘径の推移
(秋田農試 H 5. 4. 15播種)

播種量 (ml/10a)	葉鞘径(cm)	
	9月2日	11月16日
230	2.3	2.3
300	1.9	2.1
506	1.4	1.5
700	1.5	1.3

表2 播種量別の調製葉鞘径の出荷規格別割合
(秋田農試 H 5. 4. 15播種 11. 16調査) (%)

播種量 (ml/10a)	太 標準 細 外			
	2cm以上	1.5~2cm	1~1.5cm	1cm以下
230	100	0	0	0
300	66.7	33.3	0	0
506	0	53.4	46.6	0
700	0	29.5	62.1	8.4

表3 播種量別の収量
(秋田農試 H 5. 4. 15播種 11. 16調査)

播種量 (ml/10a)	苗立数 (本/m)	調製重 (g)	収量 (kg/10a)
230	15	143	2380
300	25	111	3100
400 ^{注)}	33	115	4200
506	48	90	4800
700	60	85	5670

注) H 6年試験

2) 作溝播種による軟白長の確保

作溝深10cmの収穫期軟白長は26cmで、平うねを4cm上回り、作溝播種の効果が確認できた（表4）。

作溝播種の効果は、本格的な土寄せを行った10月以降に見られ、作溝が深いと軟白長は長く軟白不完全（ボケ）は短くなり品質が向上した（表5）。

作溝深20cmでは2LとLの割合が高く、軟白長33cm以上の比率が向上した（表6）。

以上の結果、作溝播種により軟白長が確保され、移植栽培と同程度の作溝深により軟白長33cm以上の割合が高まる。

表4 平うねと作溝深10cmの軟白長の推移
(秋田農試 H 4. 4. 9播種) (cm)

播種法	9月7日		10月13日		11月9日(収穫期)	
	調	製	軟	白	調	製
	軟白長	不完全	軟白長	不完全	軟白長	不完全
作溝10cm	13	5	22	7	26	9
平うね	10	8	20	8	22	12

表5 作溝深別の軟白長の推移
(秋田農試 H 5. 4. 15播種) (cm)

作溝深 (cm)	9月2日		10月12日	
	調	製	軟	白
	軟白長	不完全	軟白長	不完全
20	14	3	18	5
15	10	2	16	6
10	11	3	19	8

表6 作溝深別の調製軟白長の出荷規格別割合
(秋田農試 H 5. 4. 15播種11. 16調査) (%)

作溝深 (cm)	2L L M S 外 2L.L					
	36cm	33~	30~	25~	25cm の割合	
	以上	36cm	33cm	30cm	以下	
20	14	36	36	9	5	50
15	18	14	50	18	0	32
10	17	22	44	13	4	39
平うね ^(注)	0	15	46	35	0	15

注) H 4. 4. 9播種、11. 9調査

試験2 改良型セル苗移植機の実用試験

1) セル苗移植機の特徴

改良箇所は苗供給部と搬送部である（図3、4）。移植適正苗形質は草丈10cm以上である。

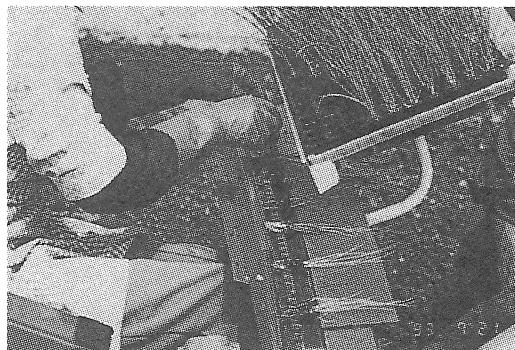


図3 改良型セル成型苗移植機の苗供給部

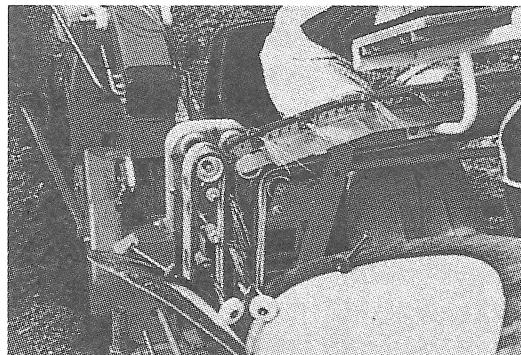


図4 改良型セル成型苗移植機の苗搬送部

2) 作業時間と精度

作業時間は5.6時間/10a、作業速度は0.05m/sで、裸苗半自動移植機の2.4倍の能率が得られた（表7）。植付角度は30°以下の割合が少く、良好であった（表8）。

3) 収穫物の品質

セル苗移植機は移植精度が高いものの、収穫物の葉鞘湾曲は裸苗より多いため、定植時の苗立数の検討が必要である（表9）。

表7 裸苗移植機と改良型セル苗移植機の作業時間比較
(秋田農試 平成6~7年)

移植機	作業時間 (時間/10a)	作業速度 (m/秒)
裸苗	13.4 (100)	0.02 (100)
セル苗	5.6 (42)	0.05 (250)

表8 裸苗移植機と改良型セル苗移植機の移植精度の比較
(秋田農試 平成6~7年) (%)

移植機	植付角度 ^(注)			欠株	合計
	90~60°	60~30°	30~0°		
裸苗	82.0	14.0	4.0	0	100
セル苗	80.0	18.3	1.7	0	100

注) 植付角度は直立植えを90°とした。

表9 移植機別の調製後の葉鞘部湾曲程度
(秋田農試 平成6~7年) (%)

移植機	湾曲程度			出荷可能割合 (出荷不可)
	1cm以内	1.5cm以下	1.5cm超	
裸苗	63	19	18	82
セル苗	60	20	20	80

以上の結果、改良型移植機は、裸苗移植機の2.4倍の能率を有し移植精度も良好なことから、実用性は高い。葉鞘の湾曲防止のため、定植時の苗立数の検討が必要である。

4.まとめ

直播栽培および改良型セル苗移植機の省力を確認するため播種から収穫までの作業時間を整理した（表10）。

直播栽培の作業時間は、間引きの省略により移

植栽培の75%に省力できる。セル苗移植では、播種時間が増加するものの、合計で84%の省力となる。

残された問題点として、直播栽培は発芽の安定、セル苗移植は苗立数の検討と作期拡大が上げられる。また、直播栽培をより省力化するためには、初期除草剤の開発が求められる。

表10 移植体系別の播種から収穫までの作業時間の比較（秋田農試 平成3～7年）

(時間／10a)

移植方法	育苗床準備	播種管理	育苗管理	苗掘、選別	本畑耕起	作溝	定植	除草	防除	土寄せ	収穫	合計	同比 (%)
裸苗	5	4	8.5	2	1.2	1	13.4	3	14	32.6	85	100	
直播			0.3			1.5	1	11.5	3	14	32.6	63.9	75
セル苗			6.9	7.1		1.5	1	5.6	3	14	32.6	71.7	84

謝辞

セル成型苗移植機試験の実施にあたり、供試移植機はマメトラ農機株式会社より提供を受けた。また、同社東北事業部秋田営業所の佐々木清志氏には技術援助の面で多大なる御協力を頂いた。ここに記して厚く御礼申上げます。

参考文献

- 1) 秋田県農業試験場：ネギ類の大型作目化技術に関する試験－ネギ類の省力機械化栽培技術と経済評価－、試験研究成果概要、1991－1996
- 2) 長谷川一・酒井雄行・鳴海勇蔵：ねぎの直まき栽培に関する研究、青森県農業試験場研究報告23、31－36、1978
- 3) 石黒嘉門：越津ネギの生産安定と栽培の省力化に関する研究、愛知県園芸試験場研究報告6、59－61、1967
- 4) 伊藤俊一・神谷清之進：水田の無代かき整地作業法、秋田県農業試験場研究時報25、34－39、1989
- 5) 逸見俊五・榎本優・須田十三男：春まきネギの直まき栽培法に関する試験－小型機械利用試験－、福島県園芸試験場研究報告8、63－86、1978
- 6) 小野寺徹：転換畑におけるネギ直播栽培作業技術、秋田県農業試験場研究報告34、41－50、1994
- 7) 小野寺徹・嶋貴和夫：ネギセル成型苗機械移植栽培における適正本数と植付角度、東北農業研究49、183－184、1996
- 8) 小野寺徹・嶋貴和夫：ネギの直播機械化栽培技術（第2報）、東北農業研究49、185－186、1996
- 9) 佐藤三郎・木村顕治・戸井田義孝・斎藤利男・影山正志：春まきネギの直まき栽培法に関する試験－品種及びは種・栽培管理法試験－、福島県園芸試験場研究報告8、45－62、1978

葉たばこ作の機械化に関する研究

—移植及び幹刈り作業について—

太田義信*・佐々木公*・片岡 崇*

Mechanization of Burley Tobacco Works

—Transplanting and Harvesting Operations—

Yoshinobu OTA*, Kou SASAKI*, Takashi KATAOKA*

Abstract

The rate of work capacity of the developed tobacco machines was compared to the efficiency of human labor according to the conventional hand works specifically in transplanting and harvesting Burley tobacco. The rate of work of transplanting Burley tobacco using the self propelled car with high straddle stand is not higher than that of human labor, although the self propelled car with high straddle stand which is mainly used to produce Virginia tobacco has multipurpose usage. The rate of work of the developed Burley tobacco harvesting machine is about 4 times higher than the manual works and the machine is necessary a group of 6~7 workers for making the tobacco harvesting systems.

[キーワード] 葉たばこ, バーレー種, 移植, 幹刈り

1. はじめに

葉たばこ作においては、全国的に就農人口の減少とそれに伴う1人当たり作付け面積の増加傾向が見られる。西日本の黄色種葉たばこ産地では、たばこ作専用機械による栽培の機械化を進めて、作業時間の大幅な短縮や労働の軽減化を達成しつつあり、将来的には1戸当たり作付け面積の増加にも対応しうる環境を整えてきている^{1) 2)}。

一方、東北地方を主産地とするバーレー種葉たばこ作については、作業時間や労働力を多く必要とする移植、収穫、乾燥及び調製作業の機械化がなかなか進まず、ここ十年の作業時間の短縮化は停滞している。そのため、バーレー種においては1人当たり作付け面積の増加に対応することが難しくなってきていている。岩手県の葉たばこ作の代表的産地、浄法寺町においても、図1に示すように耕作者の減少とそれに伴う1戸当たり耕作面積の増大がみられ、作業時間が増えている。

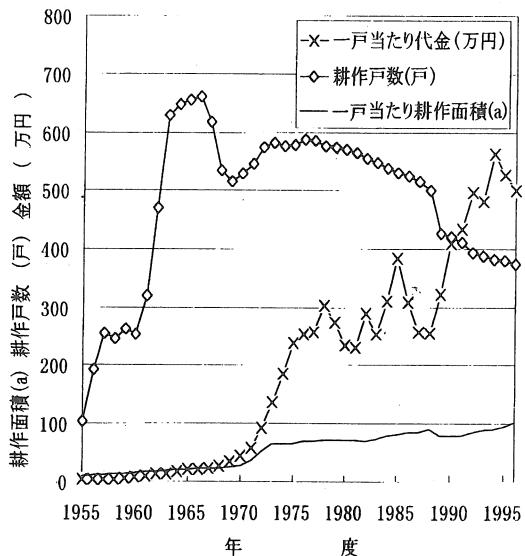


図1 葉たばこ作の生産推移（浄法寺町）

本研究は、バーレー種葉たばこ栽培の諸作業のなかで手作業と作業機が導入されつつある作業について、デジタルビデオカメラに収録した作業の動作研究を行い、バーレー種葉たばこ作の機械化に伴う作業能率について検討した。

2. 葉たばこ作の現況

黄色種とバーレー種について、10a当たりの年間作業時間を比較すると、図2に示すように1995年の場合、黄色種が187時間、バーレー種が303時間となり、その差は約120時間となる。そのうえ、黄色種は作業時間をさらに短縮する傾向がみられるのに対して、バーレー種は1986年頃より作業時間の短縮は停滞している³⁾。

図3から10a当たり作業別労働時間を比較すると、バーレー種は収穫、乾燥及び選別作業において、黄色種より多くの作業時間を要していることがわかる。この中で乾燥作業については、黄色種は火力乾燥により4～5日間で乾燥できるのに対して、バーレー種は品質保持の観点から自然乾燥となるために乾燥期間は1ヶ月以上と長くなる⁴⁾。バーレー種の火力乾燥についても研究が行われているが、実用化が進んでいない。したがって、当面は収穫及び選別の作業時間を短縮することが重要であると考えられる。

次に、黄色種とバーレー種のたばこ作専用機の普及率を比較する。図4に示すように黄色種の方は作業全般に機械化が進んでいるのに対し、バーレー種では施肥機、堆肥散布機、畦間作業車及び連編機の普及率は比較的高いが、移植作業及び幹刈り機に代表される収穫作業の機械化は進んでいない。圃場での移植作業及び収穫作業については、いまだ手作業に依存している。

3. 調査方法

1996年9月上旬に浄法寺町において葉たばこの幹刈り収穫作業、1997年4月下旬から5月上旬にかけて葉たばこ苗の移植作業、さらに8月に幹刈り収穫機（BTM-2000型、文明農機）について作業調査し、その作業動作をビデオカメラに収録した。また、JT盛岡原料本部より高架型作業機（AP-1型、文明農機）と自動給苗移植機（PT-1型、ヤンマー農機）による機械移植作業を収

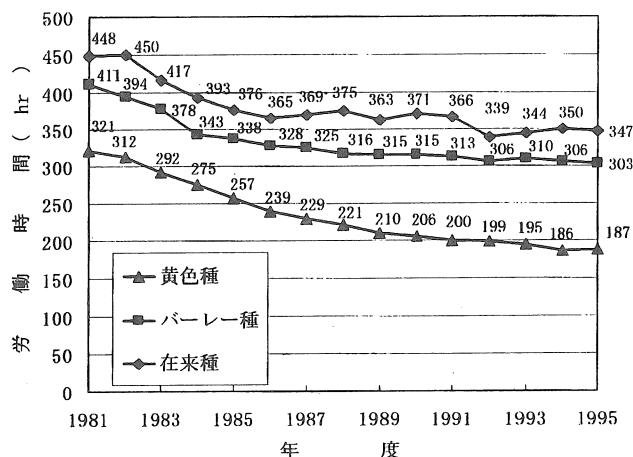


図2 葉たばこ作の労働時間（10aあたり）

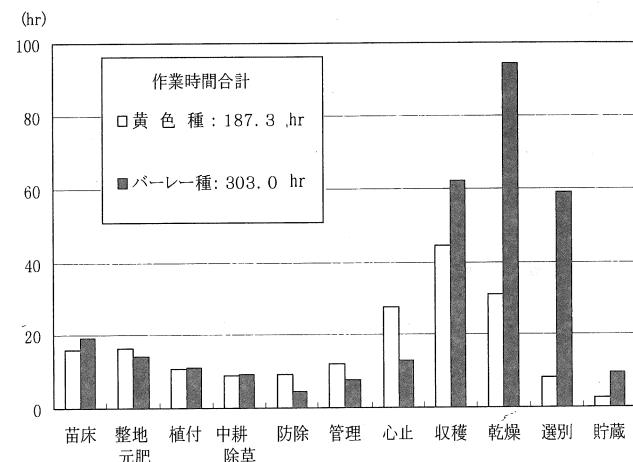


図3 10a当たり作業別労働時間の比較（1995年）

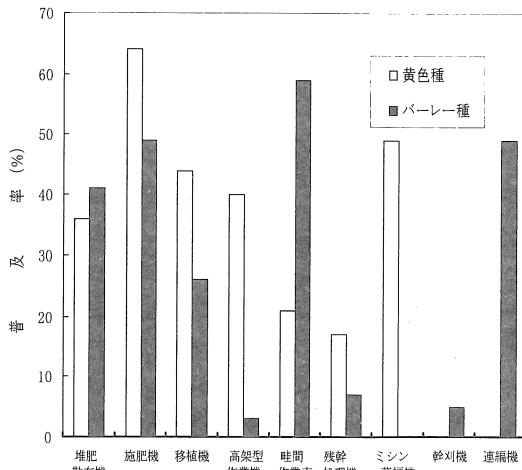


図4 葉たばこ作専用機の普及率 (1995年)

録したビデオテープを借用して、葉たばこの移植作業と幹刈り作業の機械化に関する作業動作分析を行い、作業能率を算出した。

4. 結果と考察

(1) 移植作業

現在、主に行われている移植作業の方法は、2人1組による手作業である。図5のように1人が移植器を両手で持ち、もう1人がセル成形されたたばこ苗を移植器の開口部に投げ入れると、移植器をマルチフィルムで覆った畝に突き刺して、移植器の爪を開き、苗を穴に落とす方法である。

収録された手作業による移植作業について動作分析を行い、移植動作を6区分して葉たばこ苗10本あたりに換算した結果を表1に示した。手作業による移植では作業者の組み合わせにより差異は

あるが、約19~25秒／(苗10本当たり)となる。その中で、作業者グループA、B、C(女性2名1組)と作業者グループD(男性2名1組)の全作業時間を比較すると、A、Bは、Dよりも速いペースで作業をしている。移植作業は、立位作業であり男女の体力差があまり影響しないと考えられる。

次に移植作業の機械化の例について述べる。黄色種たばこ作で多用されている高架型作業機の場合、走行しながら機体の中央部に取り付けられた回転式の開孔器に苗を一本ずつ手作業で投入することにより移植作業を行っている。高架型作業機は乗用型であり、操縦者1名と苗の投入を行う作業者1名による作業が多く、主に比較的平坦な黄色種たばこ作地帯で用いられ、バーレー種産地ではあまり使用されていない⁵⁾。また、図6の自動給苗移植機は操縦に1名の作業者を必要とし、たばこ苗を移植する一連の作業を自動化した歩行型作業機であるが、開発されて日が浅い。

これら2種の作業機による移植作業の分析から、たばこ苗10本当たりの作業時間に換算すると、高架型作業機で約22秒、自動給苗移植機で13~18秒という結果を得た。

手作業による場合と2種の作業機による移植作業とを比較すると、高架型作業機は移動速度が遅いため、全体の移植作業速度は手作業と同程度となる。自動給苗移植機は手作業と比べて最大2倍の作業速度を示している。また、手作業による移植作業時間には、実作業時間に加え植え直しや移植器の泥落し作業、及び休息時間、さらに圃場内で一度に持ち運びできる苗数が少ないと、苗の

表1 移植作業の各動作に要する時間 (苗10本当たりの平均作業時間)

作業者・作業機	計測回数	全作業	実作業	休憩・停滞	補給	植え直し	泥落とし	その他	(sec)
A(女性-女性)	20	19.39	14.22	0.37	1.41	0.40	2.99	0.00	
B(女性-女性)	20	23.42	17.32	0.00	4.18	1.80	0.00	0.13	
C(女性-女性)	20	25.49	19.00	0.00	2.84	2.95	0.19	0.51	
D(男性-男性)	13	24.56	17.07	0.40	2.41	1.18	2.57	0.93	
高架型作業機	12	22.42	21.06	0.00	0.76	0.00	0.00	0.60	
自動給苗移植機A	15	18.43	16.28	0.00	2.16	0.00	0.00	0.00	
自動給苗移植機B	11	13.40	13.40	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	

補給作業を頻繁に行うことによる時間等が含まれる。

次に、表1の動作分析の結果から移植の作業能率を試算し、表2に示した。手作業による移植の場合は約3~4a/hr、高架型作業機で3.6a/hr、自動給苗移植機で4.5~6.1a/hrとなり、作業人數当たりの作業能率で比較すると、手作業や高架型作業機の場合は作業者2名1組に対して、自動給苗移植機は1名で作業するので、1人当たりの作業能率は手作業及び高架型作業機に対し最大4倍となる。

これらの結果より、作業機による移植作業には、一度に6~8個のセル成形苗のトレイを積載でき



図5 手作業によるたばこ苗の移植作業

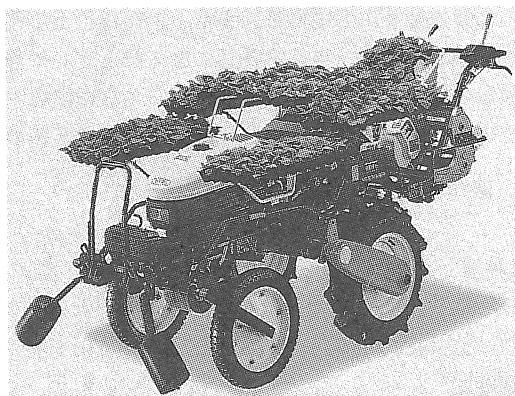


図6 たばこ自動給苗移植機

表2 移植作業能率の試算

作業者・作業機	作業能率(a/hr)
[2人1組]	
A(女性-女性)	4.2
B(女性-女性)	3.5
C(女性-女性)	3.2
D(男性-男性)	3.3
高架型作業機	3.6
自動給苗移植機	4.5~6.1

表3 幹刈り作業能率の試算

作業者・作業機	作業能率(a/hr)
[人力刈り取り]	
青年層	1.8~2.6
中老年層	1.2~1.8
幹刈り収穫機	5~10

るために手作業に比べて補給時間や調整等の時間が短くなる⁶⁾。そのなかで高架型作業機は移植作業能率に関しては手作業と同程度なので、作業能率の向上よりも乗用型のゆえに労力の軽減及び省力化の効果が大きいと考えられる⁷⁾⁹⁾。さらに、高架型作業機は黄色種たばこ作においては移植作業のほかに農薬散布、心止め、収穫等の広い用途に使用されており、汎用型作業機としての利点を有している。また、自動給苗移植機と高架型作業車とを比較すると、自動給苗移植機は、作業者1人により移植作業は自動的に行われ高能率作業機であるが、労力の軽減からは乗用型の開発が望まれる。

(2) 幹刈り収穫作業

バーレー種たばこの収穫方法は主に幹刈り法によっている。これは葉たばこ付きの幹に吊り込み用の溝（幅約10mm、深さ約10mm）を付けて刈り取る方法である。そのため、たばこ収穫専用のノコギリやナタを使って手作業で刈り取っている。直径3~4cm、長さ1.2~1.4m及び質量約0.8kgある葉たばこの幹を1本ずつ刈り取るために、労働時間も労力もかかり、葉たばこ作の作業のなかでは最も厳しい作業と見なされる。

刈り取り作業に要する動作は、図7のように葉



図7 手作業によるたばこ幹刈り作業

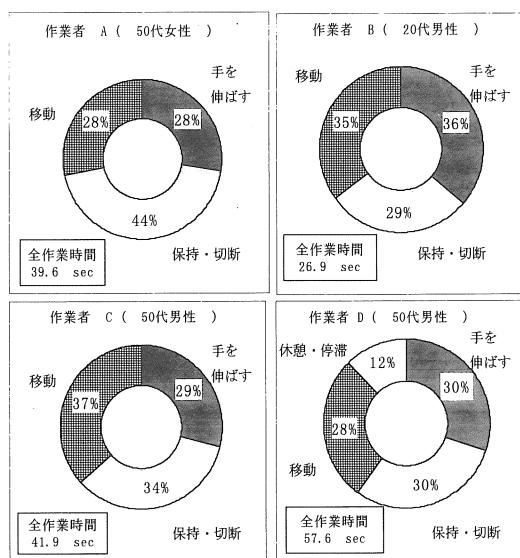


図8 幹刈り作業の各動作の割合



図9 たばこの幹刈り収穫機

たばこの幹に対して片手をのばして幹を握り、もう一方の手に持った専用のナタやノコギリで幹に吊り干し用の溝を付けて切断する。それから刈り取った幹を隣の畠に運び出して1サイクル作業となる。手作業による幹刈り作業について、ビデオテープより葉たばこの刈り取り作業を図8のように4つの作業動作に分析して、各項目の時間を算出した。図8より10本当たりの刈り取り作業は、27~58秒を要しており、作業者間に大きな差がある。最も速い作業者Bは、20代の男性であり、その他の作業者が50代の男女であるが、年齢及び性別等からくる体力差が作業速度に影響する労働であると考えられる。10本当たりの刈り取り作業のなかで、手を伸ばす、幹の保持・切断、移動の3動作の時間割合は1/3ずつであり、ほぼ等しく配分されていることがわかる。

次に最近開発された幹刈り収穫機について述べる。収穫作業は、図9のように作業機の先端部ガイドにより葉たばこの幹を両側のチェーンで保持し、先端部の円ノコで幹に吊り干し用の溝をつけてから幹を切断し、機上の作業者が刈り取った幹を把持して、後部の台車に積み込んでいくという方法である⁸⁾。収穫機の刈り取り速度に適合させるために、たばこ幹の積み込み作業者1~2名、操縦者1名の計2~3名が必要とする。

手作業及び収穫機による幹刈り作業についてビデオテープより動作分析を行ない、幹刈り作業の能率を試算して表3に示した。それによれば、手刈りの場合、青年層で1.8~2.6 a/hr、中高年層で1.2~1.8 a/hrとなり、幹刈り収穫機による場合は5~10 a/hrと見積もられた。

手作業と作業機による場合とでは、作業能率は作業機の方が3~4倍も大きい。さらに作業人数当たりの作業能率として比較すると、収穫機の方は2~3名の作業者を必要とすることから、青年層の作業者とあまり大差がなくなる。しかし、収穫機による幹刈りにおいて、幹積み込み、運搬、幹降ろし、及び吊り込みの一連の作業が円滑になれば、一層の作業能率の向上が見込まれるし、幹刈り作業者の労働強度は格段に軽くなる。

以上の結果から、幹刈り収穫機による収穫では、刈り取りは自動的に行われるが、後部の荷台への

幹積み込みが手作業なので、2名以上の作業者を必要とする。また、幹刈り作業を円滑に行うために、運搬と乾燥室の吊り込み作業とに3～4名の作業者を配置する必要があり、幹刈り収穫機作業体系においては6～7名の作業者を必要とする。

5.まとめ

移植作業及び幹刈り収穫作業について、手作業と機械化作業について作業動作と作業能率の点から検討した。

その結果、移植作業については、現在行われている手作業の移植作業は労働強度的には厳しくなるために、機械化に結びつきにくい点がある。バーレー種たばこ作においても、高架型作業機を用いて移植作業のほかに各種作業への利用拡大を図る機械化作業、並びに自動給苗移植機の場合は、高能率作業が期待できるので、共同利用の構築も考えられる。

幹刈り作業については、人力による幹刈りの作業能率には限界があり、耕作面積の拡大には対応できないので、6～7名の共同作業による幹刈り収穫機作業体系を早期に実現することが重要である。

参考文献

- 1) 春園 輝夫：たばこ作機械化最前線，農機誌，58（1），121～125，1996
- 2) 日本葉たばこ技術開発協会：葉たばこ技術・研究史，機械・経営編，1990～1991
- 3) 日本葉たばこ産業株式会社：葉たばこのできるまで，1993
- 4) 日本葉たばこ技術開発協会：葉たばこ技術・研究史，乾燥編，1991
- 5) 木下 能明：タバコ作における播種・育苗・移植作業の機械化，農機誌，43（2），319～323，1981
- 6) 三宅 康彦：タバコ作における移植・収穫作業の半自動機械化に関する労働科学的評価，農機誌，47（3），349～354，1985
- 7) 三宅 康彦：タバコ用手給苗移植機における給苗動作に関する研究，農作業研究，21（2），1～11，1986
- 8) Wells, L. G., G. B. Day, V. T. D. Smith : Automated Harvesting of Burley Tobacco, Trans. of the ASAE, 33 (4), 1033～1042, 1990
- 9) 三宅 康彦：タバコ作における移植作業の機械化に関する実態分析，農機誌，48（3，4），377～382，1986

【閲読者コメント】幹刈り作業機の共同利用を提案されていますが、研究という点からみると幹刈り作業の動作分析より労働強度を測定された方が説得力があるように思えますが。

【著者回答】農作業の機械化を検討する場合、現在行われている手作業の動作分析および労働強度の測定が考えられます。農作業によっては、労働強度が低くても人力作業として問題となる場合があります。葉たばこ作業の労働強度については、日本たばこ産業（株）から資料が出されております。

中国・東北部の塩類土壤地帯の農地改良について（第1報）

—塩類土壤の分析—

太田義信*・馬場秀和*・井上克弘*・雜賀 優*・原 道宏*・三輪 式*

Studies on the Land Improvement in the Saline Soil Area
in the Northeast China (Part 1)
—Analysis of Saline Soil—

Yoshinobu OTA*, Hidekazu BABA*, Katsuhiro INOUE*
Suguru SAIGA*, Michihiro HARA*, Hajime MIWA*

[キーワード] アルカリ塩類土、土壤物理性、塩類土の植生

1. はじめに

中国の吉林省西部から黒竜江省西部一帯は、かつては豊かな草原地帯であった。しかし、年降水量370~500mmに比べて年蒸発量は1200~1400mmと3倍程もあり、特に春期（4~5月）の平均降水量は40~50mmと少なく、しかも風が強く気温の上昇が急なために乾燥しやすい厳しい気象条件に加えて、牛馬や羊などの家畜の過放牧により裸地が増大している。そのため土中のカルシウム塩が地表に上昇し強アルカリ性塩分が表層土に集積してくる土壤の塩類化が進行している。その広がりは東経118°~126°、北緯43°~48°にあって南北約800km、東西約400kmに及ぶ約500万haである。そのうち、吉林省では約170万haが塩類土壌（草地140万ha、耕地30万ha）となり、現在では水田、畑地、草地が点在する状態となっている。

本研究は、文部省の国際学術研究として平成8年から3カ年にわたり岩手大学農学部から6名と吉林農業大学から5名の研究者が共同研究として、この塩類地帯を食糧生産の場として蘇らせるために必要な調査・研究を行い、農地改良のための具体的な方策を見い出すことを目的としている。

研究の現場は図1に示すように吉林省北西部の白城市及び大安市を中心とした塩類土壤地帯に設定し、現地の地理・地形、土壤・土質、水利・水環境、植生、草地・畑地及び水田の営農形態とそ

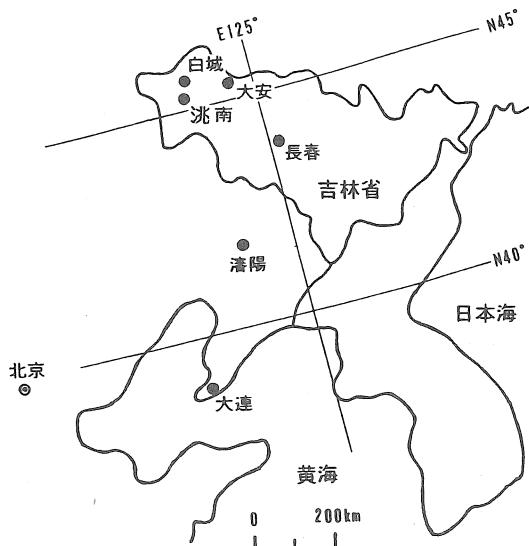


図1 中国・吉林省の位置

の環境等について調査する。さらに塩類土壤地帯における草地、畑地並びに水田の試験区を大安市近郊に設置して、塩類化の程度と作物生育、用水源と減水深、塩類化の軽減策と圃場収量変化等についての試験研究を行い、塩類土壤地帯の農地改良に関して化学的、生態的及び物理的に総合化された視点から研究するものである。

本報では、1年目の1996年に実施された塩類土壤の調査分析について報告する。

2. 1996年度の調査研究

(1) 土壤調査

1996年8月、図2に示すような吉林省とう南市大通郷の2ヵ所において、アルカリ塩類土の土壤調査を行った。調査地点の標高は約170mあり、地形はほぼ平坦で日当たりは良好である。調査地点は天然の植生が認められる場所（No.1）とそれより100m程離れた地点で1m程低く植生がまばらで土壤が露出した場所（No.2）である。中国の土壤分類によれば、調査地点No.1の土壤は草甸かん土（湿草地性アルカリ土、含塩量1～2%，pH 9～10）、調査地点No.2は草甸塩土（湿草地性含塩土、含塩量0.7%以下）である。含塩化土壤及びアルカリ化土壤を合せて「塩類土壤」と称している。聞き取り調査によれば、10年前は本調査地域は豊かな草原であったが、家畜の過放牧のために土壤の荒廃が進んだとのことである。土壤断面は深さ1mのピットを試坑し、さらに各土壤層位より不攪乱土壤試料を容重缶に採取し分析した。調査地点の土壤断面の形態的特徴を表1に示した。また、調査地点の塩類土は表2に示すように、2土壤断面とも堅く締っており、仮

比重は植物根や腐食を含むアルカリ土の表層土を除いて全体的に高く、1.6～1.7の値を示した。真比重もアルカリ土の表層以外は高い値を示した。三相分布によれば、2断面とも56～64%の高い固相率で特徴づけられ、下層になるほど気相の割合が低く孔隙率が小さくなる傾向が認められる。また、試坑した両断面とも土性はシルト質埴土、軽埴土、重埴土で粘土含量が高かった。全層位において塩酸によって激しく発泡することから、両断面とも炭酸塩を多量に含んでいることが推定された。



図2 中国のアルカリ塩類土壤地帯

表1 塩類土の土壤断面形態的特徴

(1) アルカリ土（草甸かん土、調査地点No.1：吉林省とう南市大通郷）

土壤層の厚さ	土壤層位	色	土 性	特 徵
0-13cm	A _s 層	2.5Y5/3	シルト質埴土	腐食含む、植物根富む、可塑性弱、屑粒状、斑紋結核なし、波状漸変
13-27cm	B _{L1} 層	2.5Y5/2	シルト質埴土	腐食なし、植物根含む、可塑性弱、弱角塊状、斑紋結核なし、平坦漸変
27-42cm	B _{L2} 層	2.5Y5/2	シルト質埴土	腐食なし、植物根あり、可塑性弱、弱角塊状、斑紋結核なし、波状明瞭
42-63cm	B _s 層	2.5Y3/3	軽埴土	腐食富む、植物根なし、可塑性あり、弱角塊状、斑紋結核なし、波状明瞭
63-83cm	B C ₁ 層	2.5Y4/3	軽埴土	腐食なし、植物根なし、可塑性富む、弱角塊状、斑紋結核なし、平坦漸変、リゾ状にシルト質白色物質(2.5Y7/2)挟む
83-103cm	B C ₂ 層	2.5Y4/4	軽埴土	腐食なし、植物根なし、可塑性富む、無構造、斑紋結核なし

(2) 塩類土（草甸塩土、調査地点No.2：吉林省とう南市大通郷）

0-16cm	A _s 層	2.5Y3/2	シルト質埴土	腐食なし、植物根富む、可塑性あり、弱角塊状～屑粒状、斑紋結核なし、平坦漸変
16-40cm	B _{s1} 層	2.5Y4/2	シルト質埴土～軽埴土	腐食なし、植物根含む、可塑性弱、弱角塊状、斑紋結核なし、平坦漸変
40-60cm	B _{s2} 層	2.5Y4/2	重埴土	腐食あり、植物根あり、可塑性富む、弱角塊状、斑紋結核なし、平坦漸変
60-80cm	B _{s3} 層	2.5Y4/3	重埴土	腐食あり、植物根なし、可塑性著しく富む、無構造、斑紋結核なし、平坦漸変
80-100cm	B C _s 層	2.5Y4/1.5	重埴土	腐食なし、植物根なし、可塑性著しく富む、無構造、斑紋結核なし

さらに現地の土層断面調査地点より採取した調査地点No. 2 の-25cm~-30cm及び-60cm~-65cm, 調査地点No. 1 の-100cm~-105cmの3深度の試料について、地盤工学会における土質試験を行い、次の結果が得られた。

①いすれの深度の試料においても、粒径2mm以上のレキは1%以下であり、シルト分及び粘土分を含む粒径0.075mm以下が72~86%を占めている。

②試料は粘性土に属し粘質土ないし粘土と分類される。液性限界は48~57%, 塑性限界は14~16%であり、機械施工の最も困難な土質と判定される。

③脱水を用いた飽和透水係数の測定を試みたが、試料の飽和の時点で塩分の溶解が原因と思われるスレーキングが生じ、試料は下部から崩壊した。透水係数の測定法が今後の課題である。

(2) 水田の用水調査

上記の土壤調査地帯には水源はなく、図3に示すように約30km東南東に下った水田開拓地（調査地点No. 3）とそこから下流に当たる北方約26kmの水田地帯（調査地点No. 4）において、地下水をポンプ揚水している井戸水を採取し、水質と水温を測定した。各調査地点の位置はGPS付きカメラにより計測した。その結果、上流側の水田開拓地の水温は7.5°C, 井戸の深さ40mと地下水位は低く、pH7.1, EC(電気伝導度) 0.38mS/mであり、下流側の水田地帯では水温8.0°C, 井

戸の深さ8mと地下水位が高く、pH7.6, EC 1.00mS/mであった。ECは水に含まれる電解質の総量を表わす指標であり、土壤の塩類濃度が高い場合は大きな数値を示すが、調査地点の地下水の水質は、pH, ECとともに水田用水としては問題がなく水量もかなりある。しかし、水温は非常に低く水稻生育限界の13°C以上にするためには水温上昇用の温水池等の施設を必要とすると考察された。

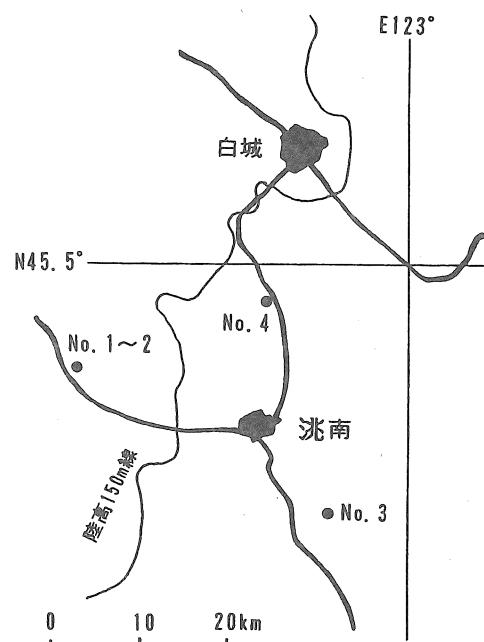


図3 塩類土壤地帯の調査地点

表2 アルカリ塩類土の物理的特性

土壤区分	土中深さ (cm)	土壤硬度*	湿重量 (g/100cc)	仮比重	真比重	三相 固相	分布 液相	(%) 気相
アルカリ土	1 - 1	0 - 13	23	1.45	2.58	56.2	19.6	24.2
	1 - 2	13 - 27	24	1.59	2.71	58.7	24.8	16.5
	1 - 3	27 - 42	24	1.72	2.71	63.5	22.4	14.1
	1 - 4	42 - 63	25	1.67	2.67	62.5	21.4	16.1
	1 - 5	63 - 83	25	1.63	2.74	59.5	31.8	8.7
	1 - 6	83 - 103	25	1.74	2.72	64.0	32.8	3.2
塩類土	2 - 1	0 - 16	23	1.58	2.74	57.7	30.4	11.9
	2 - 2	16 - 40	22	1.54	2.74	56.2	36.5	7.3
	2 - 3	40 - 60	21	1.71	2.71	63.1	34.8	2.1
	2 - 4	60 - 80	18	1.70	2.73	62.3	37.3	0.4
	2 - 5	80 - 100	18	1.63	2.73	59.7	39.2	1.1

*山中式硬度計の読み

(調査地点：吉林省とう南市大通郷)

(3) 畑作物調査

アルカリ塩類土壌地帯のなかで丘陵地や地上水に恵まれ水はけの良い土地では、塩類土に比較的に強い作物、ヒマワリ、トウモロコシ、及びコウリヤン、アワ、キビ等の雑穀類が栽培されていた。今回の現地調査は短期間のために、畑作物の生育状況までは判断できなかった。

(4) 草地の植生調査

1996年8月に吉林省とう南市大通郷の土壌調査地点の周辺で、植物の生育が比較的に旺盛な場所（調査地点No.1'）と貧弱な場所（調査地点No.2'）の2ヵ所において植生調査を行った。調査地点No.1'には11草種が生育しており、全体の生草質量は 133.4g/m^2 であった。當時家畜によって採食されている場所であることを考慮しても植物量は少ない。調査地点No.2'は過度の放牧により強アルカリ性土壌が一部表面に露出している場所であり、生草質量は 107.7g/m^2 と調査地点No.1'より少なく、草種数も4種であった。全体質量の約9割はアルカリ土壌に強い喊蓬であるが、虎尾草、星星草も混じっていた。調査地点No.1'のような多様な植物種が生育することが望ましいが、このような状態に回復させるためには、まず地面を植生で覆い蒸散量を抑制する必要があり、かなりの放牧禁止期間が必要と考えられる。

3. 農業機械の利用

中国には「塩分は水とともに来て、水とともに去る」（塩隨水來、塩隨水去）という言葉がある。塩類土壌の改良には、基本的には水で塩類を洗い流すことが重要である。そのためには、水源を確保して水田のように用排水溝を施工することや畠地においては深い排水溝を設けて地下水位を下げる施工は土木事業となる。

農家レベルの農地改良法として、現在はあまり農業機械は使用されていないが、水田の場合にはディーゼルエンジンを動力とした揚水ポンプを使用している。畠地においては、深耕により比較的地下深く貯水し、毛細管現象を切断して地表面蒸発を減少させ、土中の土壌水分を保持させることができられる。そのために簡易な深耕用農業機械の開発を行なっている。

草地においては、アルカリ塩類土を中和させる土壌改良剤とともに有機質や無機質肥料を施用し、マメ科の綠肥や羊草等の牧草を栽培し、迅速に地表を被覆して土中塩分の上昇を抑制する方法があり、その場合には農業機械が必要である。いずれにせよ、アルカリ塩類土は粘性土であり、緻密な構造のために多大な耕うん抵抗が予想される。

4. 今後の課題

1997年度から定期的にかつ長期間にわたる調査研究に着手するに当たり、塩類土壌地帯の水田、畠地及び草地の試験地を出来るだけ集約的に設置すること、及び吉林農業大学からの交通の利便性も考慮して、長春市の北方240kmに位置する大安市叉干鎮に次の3種の試験地を設けて試験研究を行う計画を立てている。

(1) 塩類土畠地の改良試験

試験作物はトウモロコシを用いて、アルカリ塩類土壌の改良剤として硫酸アルミニウム、石膏、両薬剤施用及び対照区の4試験区において、施用量と作物の生育及び収量、土壌の理化学的性質の変化等を解明する。

(2) 塩類土水田の改良試験

塩類土壌の改良法として、灌漑水を用いて土壌中の塩分溶脱及びアルカリ性低下の効果、水稻の生育と収量、土壌の理化学的性質の変化等を解明する。

(3) 塩類土地帶の草原回復試験

草原退化に伴う草種の変遷、土壌の理化学的性質の変化、フェンス保護区における草生回復効果を解明する。

参考文献

- 1) 中国科学院南京土壤研究所編、川瀬金次郎他訳：中国土壤—改良利用・性質・肥沃度・生成分類ー、博友社、1983
- 2) 「土の世界」編集グループ編：土の世界一大地からのメッセージー、朝倉書店、1990
- 3) Bolt,G.H. and M.G.M.Bruggenwert,岩田進牛他訳：土壤の化学、学会出版センター、1980

〈新製品コーナー〉

だいこんハーベスター

エム・エス・ケー東急機械（株）

1. はじめに

大根の収穫は意外に手間のかかるもので、天候に左右されず適期に大量を収穫・処理する必要がある。ここに当社で開発した機械を紹介する。トラクタマウント型と自走型の2種類があり、どちらも同様の引き抜きと切断の機能を備えている。

2. トラクタマウント型

型式DH150（図1）は80馬力級トラクタにセットされ、全天候の作業が可能である。

これによって安定した出荷が計画どおり実行できる。引き抜き部分（図2）はオペレータの斜め前方の見易い位置にあり、リフターがスムーズで傷のない掘り取りに効果的である。葉は粗ダッピングの後、横送りコンベアで仕上げ切断される（図3）。シッポ切りもついている。搬送コンベアは作業速度に合わせて調整できる。フレコンが図4のように後方へ取り付け可能である。作業能率は2,000～3,000本/hである。



図1 DH150型

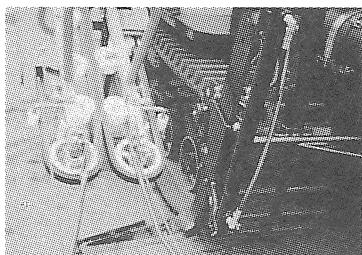


図2 引き抜き部分

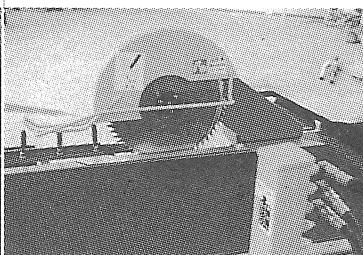


図3 仕上げ切断部



図4 フレコン装着

3. 自走型

当社とロールクリエート社が開発した専用機で、型式DH130は35馬力級、DH160は60馬力級である。登載するトラクタ（モロオカMK60）は図5のようにゴム・クローラー形式であり、湿地等の軟弱地や傾斜地に強く、全天候収穫機である。引き抜きコンベア前部にバイブロリフターを装着しており、葉部のタッピングが確実で、収納コンテナまでの大根の損傷が最小限に抑えられる。作業能率はオペレータを含む3名による作業で、2,000～3,000本/hである。



図5 DH160型

<海外研究報告> 1

Guelph滞在記

岩 渕 和 則*

My sabbatical leave in Guelph

Kazunori IWABUCHI

1. はじめに

カナダ、Ontario州のGuelph（ゲルフ）大学を訪問する機会を得て、去る1996年10月から約10ヶ月間Guelphに滞在して参りました。研究も含めて、この生活は私そして家族にとっても大変価値のある勉強ができ、貴重な滞在になりました。

私がお世話になったDr.Ottenは化学工学を専門とし、エネルギー移動現象を主に扱ってきました。農産物加工を手がけたため、日本の農機関係者でもおなじみの方も多いと思います。現在は都市ゴミのコンポスト化を主に行っており、熱や物質の移動現象からコンポスト化反応を解析できる数少ない研究者です。このため数年前から訪問する機会を窺っていました。1995年ChicagoでのASAEと農業・食品加工廃棄物に関する国際シンポジウムに参加した後にGuelphを訪ね、Dr. Ottenに会い訪問の承諾を得て実現したものです。

ここでは私の研究については割愛させて頂き、Guelphの街そして大学等の環境について紹介したいと思います。

2. Guelph

1) The Royal City

Guelph市は人口約9万6千人の小さな街で、Ontario州の州都でかつカナダ最大の都市Torontoの西約80キロにあります。丁度5大湖の中のOntario湖とHuron湖に挟まれた所に位置しております。日本企業が集中するTorontoの西隣のMississauga、Guelphのさらに南西にありトヨタの巨大な工場が新設されたCambridgeとその隣のKitchenerなどは人口も多く、日本人も沢山おりますが、Guelphは街を歩いていても日本人を見かけることがほとんどありませんでした。落ちついた静かな街であり、しかもTorontoへ車で40分ほどなので、通勤圏もあり、人気のある街だそうです。さらにナイアガラの滝へは1時間30分で行けます（時速100キロ以上だせる立派な車を

持っていればもっと短縮可能と思われます）。

約9万人のGuelph市民は、そのうち3万人が大学と何らかのかかわり合いを持っていると言われており、このためレンタカーや電気店には、University rateという特別価格があります。どうやら税金分が引いてあるらしいのですが、税金が州税（PST）と物品税（GST）を合わせて15%と高いOntario州では結構ありがたいものがありました。

この街は、またの名をRoyal Cityと言い英国王室との関係を強く意識しています。まずこの街が出来たのが、St. George IVに敬意を表して、1827年4月23日のSt. Georges Day（英国の記念日）だそうで、彼らが中世にGuelphという名を有していたことから、この街の名前にしたということです（パンフからの引用です）。今でもダウンタウンにはSt. George squareと呼ばれる広場があり、催しものがあると、ここが歩行者天国になります。しかし英國の影響が強いといっても、そこは移民の国ですので、イタリア、ドイツ、フランス、中国、メキシコ等からの多くの人種を抱えた街でもあります。

2) UoGuelph

Guelph大学はフルタイムの学部学生が1万人強、パートタイムの学部学生が約2千人、大学院生約2千人の大学です（1996現在）。山形大学も小さい大学ではないのですが、学部学生が8千6百人、大学院生約1千人ですので、それを超える規模であることがわかります。

Guelph大学はOntario Agricultural College (OAC) とOntario Veterinary College (OVC) を核にして1964年に出来た比較的新しい大学組織ですが、OACやOVCとしての歴史は100年以上あり、研究の上でカナダをリードしてきたそうです。現在はざっと並べてみても

- College of Biological Science
- College of Physical

- and Engineering Science
- Ontario Agricultural College (OAC)
- Ontario Veterinary College (OVC)
- Faculty of Environmental Sciences
- College of Arts
- College of Family and Consumer Studies
- College of Social Science
- Univ. School of Rural Planning and Development
- Institute of Environmental Policy and Stewardship
- Institute of Ichthyology
- Centre for Genetic Improvement of Livestock

があり、この他にもいくつかの研究所やセンターがあります。大学設立の経緯上、理農学色の強い大学であり、現にこの大学の予算の半分はOMAF (Ontario Ministry of Agricultural and Food) から貰っているそうです。農学系の人間にとって非常に恵まれた環境であることは間違ひありません。

3) School of Engineering

私がいた School of Engineering は組織上 College of Physical and Engineering Science の 1 組織です。この College の構成は

- Department of Chemistry and Biochemistry
- Department of Computing and Information Science
- Department of Mathematics and Statistics
- Department of Physics
- School of Engineering

のように化学系も混じっており、名前とはやや異なる奇妙な組み合わせではあります。これらの建物はかなり離れた場所にあり、かつ Engineering には大講義室が一つあるだけなので、講義の度に先生と学生は大移動するはめになります。Otten などは「これから講義だ」と言って10分も前に部屋を出していくことがよくありました。

School of Engineering は、以前は Department of Agricultural Engineering と名乗っていたらしく、まさに農業工学でした。マッセイファーガソンの名前が入った建物もあり、機械工作棟になっているところをみるとかつての様子が伺えます。しかし現在は農業工学では学生を集めることができます。

きなくなり、以下の 4 研究分野を柱にしております。

- Environmental Engineering
- Biological Engineering
- Water Resources Engineering
- Engineering Systems and Computing

上記の中に Food Engineering があったそうですが、昨年の張氏（弘前大）の報告とはやや異なり、Guelph では Food Engineering は人気がなく、そのプログラムもすぐやめてしまったそうです。この中で一番人気は Environmental で、学部学生のほぼ半数がこれに属しており、10年前には女子学生もほとんどいなかったのが現在ではわんさかおり、日本の農業工学科と同じ現象が起きているようです。ただグラントの取扱具合にも関係するのでしょうか、学生の数によって大学の組織や研究が簡単に変更される所があまりにも時代に翻弄されすぎている印象もあり、学問の発展上差し支えがないかどうか疑問を感じました。

4) 学生生活

学生生活は一般に質素です。服装は男女ともジーパンが 9 割で、シンプルでした。住居費は 1 ヶ月 約 300 \$ (3 万円弱) が平均ではないかと思います。パターンは 1 セメスター (4 ヶ月) 1300 \$ の学生寮に住む、1 ヶ月 1000 \$ ほどの一軒家を 4 人で共同生活するなどです。昼食は大抵が簡単なサンディッシュを自分で作ってくることが多いようです。というのは大学の食堂を利用すると 5 \$ 位はかかるからです。

授業料は学部によって違いますが、1 セメスター 平均 1300 \$ (13 万円弱) で、年間 2600 \$ ほどになります。ただしカナダ国外からの留学生等の Visa student は社会科学系で 1 セメスター 4000 \$、理系だと 7000 \$ ほどに跳ね上がります。年間だとその倍になり日本の私立大なみです。聞くところによるとこれだけ格差があると留学生が来難くなっているため、カナディアンと留学生の格差を縮めようとする計画があるそうです。

日本人の学生数は少ないながらも、OVC, OAC や社会科学系学部に何人かおりました。

3. 研究姿勢

院生以上は基本的には個々人にまかされており、自分で適宜指導教官と議論しながら進め、定期的に中間報告をするというのが流れです。上手く研

究が進行するもしないも学生の責任という考えが支配的ですから、何セメスターかかって修了しようが各人の勝手です。院生の場合、3セメスターで1年ですが、修士の場合は大体は5セメスターで出ていくそうで、修士も博士も日本の場合とあまりかわりません。ただ修士博士合わせて4年くらいで修了している学生もおりましたが、極めて優秀な学生だったのでしょう。彼の論文は直ちにJ.ofAgrEngResに掲載されておりました。

Defence（日本で言えば論文発表会に相当しますが、言葉通り相手の論理を自分の論理で切り返すことを意味し、激論になります）については、私も何度か出席する機会がありましたがとても良い勉強になりました。主指導教官と複数の副指導教官がおり、副には他大学の先生が入っております。他大学の先生は飛行機で何時間もかけていらっしゃることが多いので、普通、「わざわざ遠いところをお出で頂き……」などと言って和やかな雰囲気になるのですが、それは全くありません。Defenceをする者にとっては、主指導教官や複数の副指導教官はこの場合すべて「敵」になるからで、和やかな雰囲気でいられる訳がないのです。指導教官はむしろ非常に厳しい質問を浴びせます。私が知っている例では5時間ほど質疑応答をやっていたのを知っています。一步間違えば、修了は1セメスターくらいは当然のように遅れる事になるのですから、皆真剣になるのも当然でしょう。教官はそのようなトレーニングが学生のためになることを、良く知っているから実践できるのでしょうか。余談ですが、これが上手くいった後は本人の気分は疲れているとは言え、最高潮で、本人が家族持ちは奥さんや子供を連れてきて、皆とパブで飲むことになります。ただし費用はDefenceをした本人が持ります。私はこれでよく飲ませて頂きました。

私のボスのOttenは、School of EngineeringのDirector（学部長）であったため、自分の研究をする暇がないほどの多忙を極めます。そのかわり、他の教授達は会議に悩まされることはありません。Directorの任期は5年で、管理運営に関するほとんどのことはDirectorの責任で決定されるトップダウンで行われ、それを有能なセクレタリが補佐するするシステムです。このため、会議などは長くても2時間程度で終わります。ではOttenは研究をしていないのかというとそうではなく、

5名ほどの院生（Directorになる前は12名の院生がいた）とともにきちんとやっています。現在はコンポストによる生分解プラスチックとバイオフィルターの研究が主です。驚くのは、国際会議に次々とエントリーして発表の準備をしていることです。多忙のため、次々とキャンセルされていくことは明らかにも関わらず、精力的に行動しておりました。スキがあれば参加してやろうというPositiveな考えには大いに刺激を受けました。また余談になりますが、2年後のASAEは10年に1度のカナダ開催（Toronto）で、カナダ農業工学会とのJoint大会です。彼を中心となって開催することは間違いないので、皆さん是非参加して大会を盛り上げては如何でしょうか。

最後に、今回の私の滞在が実現し、研究が無事遂行されたのも、快く学生の指導をお引き受け頂いた上出、赤瀬の両先生をはじめ、農業工学講座の関係諸氏のサポート、そして学生諸君のおかげです。また時期を同じくして国内留学で来鶴していた宮城農短大的富樫先生にも学生諸君の良き相談相手となって頂きました。この場をかりて感謝の意を表したいと思います。

<海外研究報告> 2

University of California at Davis &
Technische Universität München 滞在記

片岡 崇*

Account of University of California at Davis & Technische Universität München

Takashi KATAOKA*

1. はじめに

平成8年3月26日から9月24日までの約6カ月間、平成7年度文部省海外研究動向調査により、アメリカ合衆国カリフォルニア大学デービス校に5カ月間、ドイツ・ミュンヘン工科大学などに約1カ月間滞在する機会を得ました。ホストプロフェッサーはそれぞれ、ウパジャヤ教授(Prof. Shrinivasa K. Upadhyaya)とレニウス教授(Prof. K. Th. Renius)でした。

カリフォルニア大学デービス校については、同時期同所に滞在された張氏の報告を参考して下さい[農業機械学会東北支部報43, 1996]。本報では、ウパジャヤ教授の指導の元で行ったPrecision Agricultureの研究、アメリカ合衆国滞在中に出席した3rd International Conference on Precision Agricultureとドイツ・ミュンヘン工科大学での研究などを紹介します。

2. Precision Agriculture (PA) 研究

ウパジャヤ教授は、Soil Dynamicsの研究で広くその名を知られており、御存知の方も多いものと思います。彼の現在の研究テーマのひとつである土壤Textureと土壤水分測定装置の開発研究に参加させて頂きました。チゼルプラウにコンデンサー型の土壤水分計を取り付け、耕うん抵抗と土壤水分をリアルタイムで計測することができます、またDGPSも装備されているので、ほ場内の自己位置を同時に認識することができます(図1)。土壤抵抗及び水分変化から土壤Textureを解析し、Precision Agricultureのための土壤マッピングを行うことを目的としています。

3. 3rd International Conference on
Precision Agriculture

図1 土壌Texture & 土壌水分測定装置
(右よりW. Lui氏, Upadhyaya教授, R. Ehsani氏,
筆者)

1990年以来、3年ごとに開催されているInternational Conference on Precision Agricultureは今回で第3回目となります。ミネソタ州ミネアポリス／ブルーミントン(Twin City)のラジソンサウスホテルを会場に、6月23～26日の日程で行われました。

ホストはミネソタ大学Soil Water and Climate Department, Precision Agriculture Center, Minnesota Extension Serviceでした。出席者はアメリカ、ヨーロッパを中心に、専門分野も作物学、土壤学、肥料学、農業工学など多岐に渡り、300名を越えていました。

セッションはNatural Resources Variability, Management, Engineering Technology, Profitabilityなどに分かれていました。研究発表と同時に展示会が開催されており、軍用目的から民間利用にその使用方法が変化し、市場拡大をねらうGPS関連通信機会社や肥料会社の出展が目立ちました。この辺にPA研究における産業界の底辺があるように感じました。

ミネソタ大学Rosemount Experiment StationでのPA用農業機械のフィールドデモンストレーションがありました。大型の自走式あるいは牽引

型の施肥機（図2），小型四輪バギー車を改造した土壤サンプル車などいずれもGPSを装備した車両の展示，デモ走行を見学することができました。また，土壤状態，化学物質分布，収量などのマップの紹介もありました。

個々の技術はそれなりに研究され発展してきていますが，土壤情報や化学物質情報，管理情報などと収量との有機的な結びつきに関する論議は薄く，この一番重要な点についてはこれから的研究課題という印象を受けました。

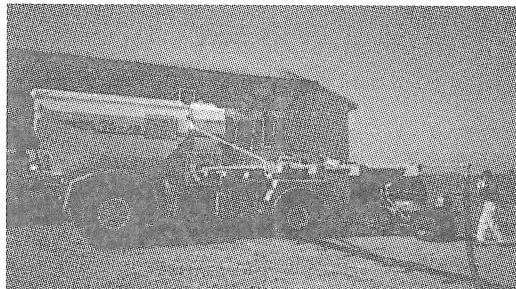


図2 ミネソタ大学PA用大型自走式施肥機

4. ミュンヘン工科大学

ミュンヘン工科大学へは数多くの方が訪問されているので，詳細な説明は省略させて頂きます。1996年9月現在の農業機械研究室のスタッフはレニウス教授，シュバングハルト教授，秘書のシュタインさん，6名のアシスタント，1名のポスドクでした。アシスタントのうち5名はレニウス教授に師事し，トラクタ用無段変速機（CVT）に関する研究を行っています。装置自体は，既にフィールドテストもほぼ終了しており，現在は，主として耐久性と材料の検討，さらに植物油の潤滑油への応用についての研究を行っていました。シュバングハルト教授に師事しているアシスタント（レンファー氏）はゼロスリップをテーマとしているようでした。

農業機械研究室は，1997年初頭に郊外の校舎へ引っ越しましたが，滞在中，建設途中の建物を見学する機会がありました。深さ2m，幅4m，長さ50m程度の大きなソイルビン（図3）と体育館規模の大型実験室，屋外の車両試験用コースを見るることができました。

レンファー氏は，新しいソイルビンに使用する土の探索によく出かけていたので，時々同行させて頂きました。おかげで，バイエルンの田舎町や

農村風景などを楽しむことができました。

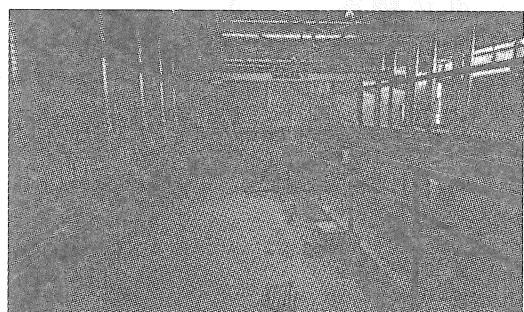


図3 農業機械研究室大型実験室
(右がソイルビン)

5. おわりに

Precision Agriculture研究の一部に携わり，理解を深めることができたことが大きな収穫でした。PAは環境型農業ということで，欧米を中心に急速に発展していますが，狭い耕地での集約的農業，海外競争力を高めるためにさらなる高効率生産が望まれる日本の農業においても重要な農法であると位置づけられます。日本型PAの確立が，21世紀を見据えた日本の農業生産のキーポイント，ターニングポイントになるかもしれません。

この度の海外訪問において，快く滞在を許可して頂いたウパジャヤ教授並びにレニウス教授，ヨーロッパの各研究機関訪問に際しご協力賜ったシュバングハルト教授に感謝申し上げます。

<海外報告> 3

5th International Symposium on Fruit, Nut and Vegetable Production Engineeringに出席して

片岡 崇*

Report of 5th International Symposium on Fruit, Nut and Vegetable Production Engineering

Takashi KATAOKA*

1. はじめに

平成9年9月2~10日、アメリカ・カリフォルニア大学デービス校（U.C.Davis）を会場に開催された5th International Symposium on Fruit, Nut and Vegetable Production Engineeringに出席してきました。実行委員会は、U.C.Davisの生物生産＆農業工学科（Department of Biological & Agricultural Engineering），委員長はPictiw CHEN教授が担当していました。第4回以前のこのシンポジウムについての詳細はわかりません。

本シンポジウムは、前半の研究発表会と後半の2泊3日の見学会（Field Tour）から構成されています。残念ながら、筆者は後半の見学会には参加できませんでした。また今回、カリフォルニア米の収穫作業に出会いました。合わせて記したいと思います。

2. シンポジウムの概要

参加者は約100名で、アメリカ国内、ヨーロッパからの出席者が大半でしたが、東アジアからの出席者も目立ちました。日本からは10数名出席していました。口頭発表2会場、ポスターセッション1会場の比較的小規模なシンポジウムでした。

セッションは、Production, Post Harvestの2つに大きく分けられていました。マシンビジョン、農業用ロボットからPrecision Agricultureを想定した栽培管理方法、X線やNIRを使用した品質評価法、計測法、作物体の硬度評価・測定器、画像解析方法、さらには各国におけるフルーツ市場の動向調査など発表テーマは多岐に渡っていました。Productionの会場にほとんどいたので、もう一方はよくわかりませんが、基礎研究という

よりはフィールド研究が主体という印象を受けました。

1セッションは、5~6の発表課題からなっており、発表時間は発表20分、質疑応答10分の計30分でした。東アジアからの出席者はOHPを使う人が多かったのですが（私も含めて）、欧米人はほとんどスライドを使って発表していました。筆者の発表は、そのセッションの2番目の予定でしたが、最初の方が現れず繰り上がりになり、最初から焦りました。また、質疑において確か3番目の質問者だったと記憶していますが、ヨーロッパの方で発音が違ったためよく理解できず、パニックに陥りました。座長（京都大池田教授でした）がそっと日本語で説明してくれたので、どうにか難を逃れることができました。感謝。



図1 Welcome Reception

3. 見学会

本シンポジウムには3つの見学会が企画されていました。（1）生物生産＆農業工学科の実験室。（2）U.C.Davis周辺のクルミ農家、トマトほ場とトマト検査場。（3）2泊3日のField Tour。

生物生産＆農業工学科の実験室見学では、農作業時の人間の姿勢の解析、Precision AgricultureのためのSoil Texture Sensor System、農産物

の表面硬度による選別機、たい肥生産システム他、担当の教授陣や学生が熱心に説明を行っていました。

U.C.Davis周辺のYolo郡はクルミやプルーンなどの果樹、加工用トマトの一大産地です。見学に訪れたクルミ農家では、生産者自らが果樹園の概要、栽培管理方法、収穫・貯蔵方法など説明してくれました。また、収穫用のシェーカーも屋外においていました。貯蔵タンクは、おせじにも清潔とはいえませんでした。クルミは外皮に被われているのであまり気を使わないのでしょうか。トマトは場では、大型の収穫機による収穫作業をみることができました。ここで使用されていた収穫機は、U.C.Davisとカリフォルニア州の共同研究用の車両で（そう説明していたはず？）、GPSと収量モニターを装備しています。このような高価な装置を装備しているにも関わらず、この作業機には10人程度の作業者が乗り込み、人力で選別作業を行います。不思議な機械です。収穫されたトマトは、ケチャップなどの加工工場に運ばれる前に検査を受けます。コンボイに牽引された2台のトレーラのトマトからサンプルを探り、場合によっては1台のトレーラから2カ所以上、検査します。もちろん人間による検査です。

Field Tourは、ワイン用ブドウの収穫を中心に、果物や野菜類の梱包・貯蔵施設などの見学であるとスケジュール表にありました。

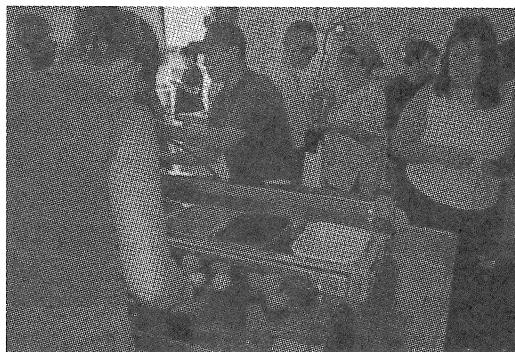


図2 トマトの検査場

4. カリフォルニア米の収穫

発表会が終った翌日の土曜日、デービスから北へ車で1時間程の水田地帯で、米の収穫作業をみました。作業者は、コンバインと伴走トラックのオペレーターの2名+貯蔵施設への運搬用トレーラーの運転手2名のことです。

米専用コンバイン（John Deer CTS、収穫モニタ・刈り取りロスモニタ付）が使用されていました。汎用コンバインを使用すると能率は1/2から1/3に落ちるそうです。刈り幅は20フィート、この時の作業能率は約2.2エーカー/hでした。見学した水田の総面積は500エーカー、水田1枚は約15エーカーでした。24時間操業で約10日間で収穫作業を終えるそうです。オペレータの好意で、コンバインのキャビンに乗せてもらい、そこから作業を見学させて頂きました。貴重な体験をしました。



図3 カリフォルニア米の収穫作業

5. おわりに

Reception PartyやBanquetの日本人のテーブルでは、他のどのテーブルよりもカリフォルニアワインを楽しんでいたようです。

筆者が昨年滞在したU.C.Davisで本シンポジウムが開催されたので、その時お世話になったS.K.Upadhyaya教授をはじめ多くのスタッフの方、院生などと再び交流を交わすことができました。

〈東北若手の会報告〉

第6回東北若手の会 in 庄内 & 第7回東北若手の会 in 小安峡の報告

片岡 崇*

Reports of 6th "Tohoku Wakate-no-kai(Seminar for young researchers)"
in Shonai' 96 &

7th "Tohoku Wakate-no-kai (Seminar for young researchers) "
in Oyasu-kyo '97
Takashi KATAOKA*

1. 第6回東北若手の会 in 庄内

平成8年10月10～11日、山形大学農学部附属農場を会場に第6回目の東北若手の会（代表：廣間達夫（岩手大学農学部））が開催されました。

(1) 基礎講座

今回はじめての試みとして、講師を招聘した基礎講座が開催された。招待講師の山形大学農学部粕渕辰昭氏からは「温度計測」について実験を交えた計測方法の講義を受けました。丁寧な説明は非常にわかりやすく、熱計測の経験がほとんどない者にとっても大いに理解を深めることができました。また、土壤水分計について紹介され、参加者の個人研究の立場から使用・応用方法に関する活発な議論がありました。

次いで、山形大学農学部岩渕和則氏を講師に「熱伝導方程式の作り方、解き方」を勉強しました。書き込むスペースをあらかじめ十分にとったレジュメに、方程式を書き込み解いていくという進め方も今回初めてでしたが、参加者の理解程度をみながら進行でき、基礎講座の持ち方として良い方向を示したものと思われます。

(2) 海外出張報告

平成7年度文部省海外研究動向調査により海外出張された、弘前大学農学部張樹槐氏及び岩手大学農学部片岡崇氏より報告がありました。滞在先の研究機関、研究内容はもとより、現地の街、雰囲気まで紹介されました。

(3) 次回に向けて

次の2点について確認しました。1) 秋田農業短期大学のソーラーカーチームに参加されている嶋田浩氏によるソーラーエネルギー及び太陽電池について話題提供を頂く。2) 東北若手の会のホームページ

を秋田農業短期大学嶋田浩氏を中心に作成する。

東北支部発表会に合わせて東北若手の会を設定していますが、今回はシンポジウム「田んぼや畑ではたらくコンピュータ」のため開催時期をずらしました。参加者は5機関から12名でした。

2. 第7回東北若手の会 in 小安峡

平成9年8月18～20日、秋田県皆瀬村中央公民館及び小安峡とことん山交流センターを会場に第7回目の東北若手の会が開催されました。

(1) 基礎講座

今回の基礎講座は、昨年に引き続き“測定”をテーマに、北里大学獣医畜産学部田中勝千氏より“光による位置計測”として「トラクタの自己位置計測」、弘前大学農学部張樹槐氏より“赤外線カメラによる温度計測手法”として「赤外線温度計測」についてそれぞれ話題提供・講義していただきました。特に、赤外線カメラに関しては実物を持参いただき、人間はもとより、タバコの火やジュースのペットボトルなど実際にいろいろ試すことができました。放射率などの校正ができるていないのであくまで温度差の測定でした。

(2) 特別企画 “エネルギー”

将来の農業において決して避けては通れないバイオマスおよび自然エネルギーを代表してソーラーについて紹介いただきました。

「バイオマスエネルギーとは？」さらに「内燃機関への利用方法」まで宮城農業短期大学富樫千之氏より話題提供がありました。ソーラーエネルギーについては、「太陽電池の仕組み」、「発電能力」の概説に加え、秋田県大潟村で開催されている「ソーラーカーラリーとレース用のクルマの機構。

特徴」まで秋田農業短期大学嶋田浩氏より説明がありました。蛇足ですが、ソーラーカーラリー用のクルマを1台作るために300万円程度かかるそうです。

(3) 研究紹介

東北若手の会初参加の東北農業試験場西脇健太郎氏、岩手大学農学部小出章二氏は自己紹介から始まりました。これまでの研究略歴について述べられた後、西脇氏のイチゴ表面の硬度を増大させる研究、小出氏の精白米の裂傷に関する研究には活発な質問が出ました。特に精白米の裂傷については、夕食準備時に確認実験をし、それを小出氏が再び解説するほどの盛り上がりになりました。弘前大学農学部上野有穂氏、片平光彦氏は大学院での研究紹介・発表でした。タイトルは、それぞれ「画像処理による根菜類の幼苗の認識」、「ニンニクの加熱通風乾燥に関する研究」です。

(4) 海外出張報告

平成8年10月から10ヶ月間、カナダ・ゲルフ大学に海外留学された山形大学農学部岩渕和則氏より、キャンパス紹介の他、カナダの気候風土・政治、ナイアガラの滝、ウェランド運河など報告がありました。

(5) 次回に向けて

前回の反省から、今回の東北若手の会は東北支部研究発表会に合わせて開催されました。8機関から26名の参加がありました。次回も今回と同様に東北支部研究発表会直前に2泊3日で行うことを確認しました。今回の反省点として、研究紹介の時間にもっと余裕をとること、全体の時間配分の見直しが挙げられました。

「基礎講座」には、“乾燥”を取り上げる予定です。講師は岩手大学農学部小出章二氏と(株)山本製作所片平寛氏を想定しています。また、「水田の直播技術」については、東北農業試験場西脇健太郎氏が紹介する予定です。

東北若手の会のホームページを作成しました(<http://www2.apca.ac.jp/>)。ご覧下さい。当面、表紙(1ページ目)は秋田農業短期大学に置かせていただく予定です。増設事項は、適宜各機関に分散させますが、今しばらくの間、管理は嶋田氏にお願いします。ホームページとともに東北若手の会のメーリングリストも開設しています。詳細はホームページをご覧下さい。

の「全国若手の会」の開催について、東北若手の会として企画を立案、運営する事を確認しました。具体案は、今後メーリングリストなどを活用して煮詰めていくこととしました。

3. 謝辞

第6回の庄内では、山形大学農学部附属農場及び山形大学農学部岩渕和則氏に会場借用などお世話になりました。また、第7回の小安峡では、秋田県皆瀬村中央公民館及び小安峡とことん山交流センター、秋田農業短期大学嶋田浩氏に会場借用、準備等お世話いただきました。記して感謝申し上げます。

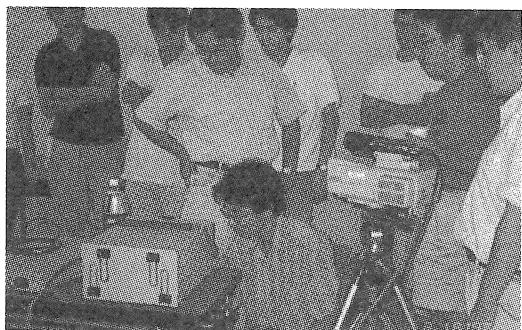


写真 第7回東北若手の会 in 小安峡
(赤外線カメラによる温度計測)

<シンポジウム報告>

「花き栽培における作業の機械化について」

(司会者、小林由喜也)

シンポジウムは平成9年8月20日15時より、支部大会々会場の秋田県横手市、横手平鹿広域交流センターにおいて開催された。テーマは、東北支部では初めて「花き栽培」を対象とした。現在、東北支部管内で「花き栽培」に関する研究を行なっている会員はほとんどなく、わずかに試験場関係の研究者が関係しているのみと聞く。このような中で、敢えて「花」を取り上げた理由は、農業の機械化が、水稻や畠作物などの大量・連続処理の機械化を経て、野菜・果樹といった個別・識別処理の分野へ進みつつある昨今、最もデリケートで作業のほとんどを人力に頼る「花き栽培」は、"次の次に到来する機械化"の対象であろうと常々考えていた。たまたま、見学会の中に県内で最も花き栽培の盛んな地区が含まれていることもあり、"花き栽培の勉強会"のつもりで企画したものである。幸い、県普及所の方、また、花専業を営む農家の方に話題提供していただける運びとなり、標記のテーマとなった次第である。以下に講師の方々の講演の概要を紹介する。

(1) 花きの年次別生産出荷状況

	切り花・鉢（苗）物 計				花き合計	
	作付面積 (a)	生産量 (千本)	生産額 (千円)	農家戸数 (戸)	作付面積 (a)	生産額 (千円)
平成5年	14,499	25,203	1,812,816	1,264	23,943	2,590,918
平成6年	15,324	30,584	1,997,384	1,186	24,614	2,791,505
平成7年	16,315	34,561	2,130,017	1,238	24,984	2,929,378
平成8年	18,603	40,022	2,274,894	1,320	26,978	2,898,627

講演 I 秋田県における花き栽培の現状と将来展望

山田宗弘氏（秋田地域農業改良普及センター、秋田県花き種苗センター兼務）

1. 秋田県における花きの栽培面積と生産額

本県の花き生産はわずかづつではあるが伸びており、秋田県花き生産者連絡協議会が中心となり、生産者大会や義樹と研修会を通じて、花き生産に対する意識の高揚・組織の拡大を図っている。この協議会には、キク、バラ、カーネーション、トルコギキョウ、鉢物の専門部会があり全県的な規模で組織活動を行なっている。また、各都市を規模とした地区花き生産者協議会があり、普及センターが事務局となりながら指導運営を展開している。

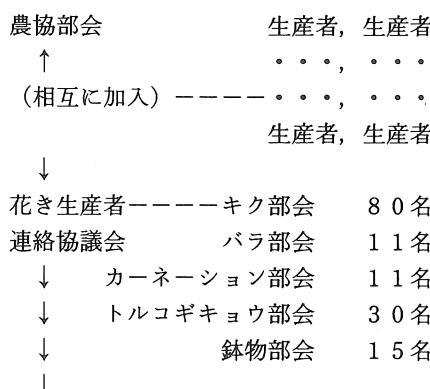
近年、JAの部会も発足し、JAの広域合併を目前にし、生産者相互で広域集出荷体制に対する話し合いが多く持たれ、これまでにない生産規模と流通体制の整備に大きな期待が寄せられている。

(2) 主要品目の生産状況

	平成6年			平成7年			平成8年		
	面積 (a)	出荷量 (千本)	出荷額 (千円)	面積 (a)	出荷量 (千本)	出荷額 (千円)	面積 (a)	出荷量 (千本)	出荷額 (千円)
輪ギク	2,701	5,510	447,670	2,773	5,611	395,195	2,703	5,677	346,855
スプレーギク	156	366	20,302	249	556	30,951	398	1,005	50,650
小ギク	1,068	1,974	101,882	1,088	2,189	88,057	1,422	2,748	91,648
ユリ類	783	1,327	143,121	1,241	2,579	190,064	1,034	2,148	212,899
トルコギキョウ	733	1,138	93,916	787	1,073	97,176	776	1,337	122,155
バラ	288	1,246	87,267	289	1,286	96,521	307	1,431	110,454
チュウリップ	372	1,495	93,987	329	2,013	129,769	178	1,694	109,087
ストック	445	753	66,772	499	863	69,882	526	946	82,913
ディルフィニウム	162	251	28,111	224	495	43,106	295	653	52,799
アルストロメリア	127	688	37,895	99	684	49,900	125	713	49,813
カーネーション	194	838	48,838	346	917	47,413	155	916	48,383
洋ラン類	138	68	39,178	165	68	39,176	172	70	45,330
スターチス	399	621	45,811	245	556	42,226	369	508	32,239
フリージア	35	159	7,635	35	258	12,923	48	304	13,907
宿根カスミソウ	52	43	1,055	52	53	5,461	23	25	3,010
シクラメン	154	137	93,664	163	130	90,357	166	144	88,516
シンビジウム	105	16	53,315	122	16	55,857	122	22	68,075
プリムラ	115	138	20,872	54	89	11,976	114	118	18,020

(3) 産地形態と組織

昭和40年代には個々の農家で独自に花き栽培を行なってきたが、昭和50年代に入ってからJAの深いが発足し、組織的栽培出荷が芽生えてきた。



地区生産者協議会

(県内12地区、会員385名)

(4) 流通方法と市場

生産者での選花・箱詰め

↓

農協で検査

↓

トラック等（秋田生花市場、仙台等東北
生花市場、関東生花市場）

(出荷時の留意事項)

- ① 1箱当たりの入り数は10本～100本
- ② 2Lで80cmの花が多い。
- ③ 集花時間は市場によって異なる。地元市場でも朝7時間での産地と、午後3時までの産地等さまざまである。

- ④ S T S など水揚げ剤が必要な切り花もある。
(デルフィニウム類)
- ⑤ 圈外出荷はエチレンの発生しやすい野菜類との混載はきかない。

2. 作業手法から見た切り花の基本的栽培技術

(1) 圃場選定と圃場づくり

- ①露地品目：キク類， テッポウユリ， ケイトウ等品目限られる。
- (長所) • 施設費かからない。
• 添削電等の有効活用によって輸作障害回避できる。
• 地域の気象的条件を活かしやすい。
- (短所) • 季咲栽培が多く開花調節しにくい。
• 病害が発生しやすい。

- ②施設品目：ユリ類， トルコギキョウ， バラ， ストック， カーネーション， 鉢物

- (長所) • 開花調節によりいろんな作型が組める。
• 開花期に花弁が雨に濡れることなく、 広範囲な花き品目の栽培が可能。
• 病害の発生が少なく全般的に品質が向上する。
- (短所) • 費用がかかる（パイプハウスで坪13,000～15,000円）
• 連作となり土壌障害が発生し易い。
• 灌水設備が必要となる。
• ダニ， アブラムシが発生しやすい。

★排水の良好な圃場

日持ちの良い切り花に仕上げるために、生育後半に圃場の水を切らなければならない。

★施設の建設前に簡易圃場整備が重要となっている。

(2) 土壤消毒

施設圃場の場合→サンヒュームによる消毒が主流（バスアミド， ガスターも見られる）

消毒の目的は、 ①フザリウム， センチュウ， 立ち枯れ病対策。

②雑草の防除。

★近年、 フロンと環境保全の観点から蒸気消毒が着目されてきている。

(3) 施肥・耕耘

①肥料→無機化成→有機化成→動物質のペレット。

液肥・葉面散布剤の補助的施用

海草類， 木酢液の活用。

②耕耘→深耕ロータリ， サブソイラ， リッジャー等による排水改善。

露地圃場の耕耘はロータリを使用、 施設内ではトラクターが管理機を使用。

(4) 畦立て・マルチ（管理機使用）

露地キクの例：畦幅110cm, 畦間隔135cm
135cm×0.03黒マルチ使用,
フラワーネットは15cmの4目
ネットの外の条に植付け。

ハウストルコギキョウの例：

畦幅110cm, 畦間隔160cm
135cm×0.03黒または白黒ダブルマルチ。 フラワーネットは12cmの9目。
中の条に植付け。

(5) 定植

花き栽培で最も労力のかかる作業である（植付け本数が多い）。

- キクのピンチ栽培→12本／m²
- トルコギキョウ →35本／m²

(6) 病害虫防除

①一般的には、 動力噴霧機を利用する。 ロボットカーラーの利用は以外に進んでいない。 その理由は、 圃場の凹凸、 灌水パイプがじゃまをする等が原因。

②一部で自動噴霧機使用されている。（ノーマン、 アクアウイングがバラ農家に事業導入されている）。

③施設では無人防除→イオウ剤での電熱による薰煙。

(7) 収穫・選花・箱詰め

圃場で収穫→カマ、 収穫車（採花は朝夕）

↓

自宅に移動→軽トラックで作業場へ

↓

選花 →キク、 アルストロメリア等では選花機の入っている農家もある。 ただし、 産地によって、 選花の考え方異なる。

（下葉花き、 一定の長さで切断、 結束、 ラッピング）

3. 秋田県における開花調節

(1) 日長型品目：キク科類

坪30Wの白熱電球で光中断

（PM10:00～AM2:00）， 品質向上のため早朝補光も実施。

(2) 温度型品目：トルコギキョウ、 バラ、 ユリ

開花誘導には15℃～17℃、越冬温度は5℃～13℃、

*) 日長と温度併用も行なわれている。光合成促進の為のナトリウムランプは花き種苗センター以外にない。

4. 機械および施設の装備

(1) 露地花きタイプ

トラクタ、管理機、マルチャー、動力噴霧機、軽トラック、(一部でブームスプレーヤー、選花機、結束機、予冷庫)

(2) 施設花きタイプ

パイプハウス(パイプハウスの二重装備はパイプを用いる場合とエクセル線を用いる場合がある)、白熱灯(60W～100W、3m間隔=坪30W)、換気扇、灌水パイプ(塩ビパイプ、25mm～30mm)、ポンプ、暖房機(灯油が主流、100vと200v両方ある。)、その他の機械装備は露地と同じ。

5. 花き栽培の展望

①花き種苗センターでの苗供給。②プラグ苗のメリット活かした生産技術の革新。③県独自の“オリジナル”的品目・品種の開発努力。④人間工学を重視した栽培方式の考案。⑤作業の機械化、システム化による労力軽減。⑥栽培周年化なのか、夏秋期に大規模栽培するのを選択。⑦気象立地の積極的活用。⑧花き経営で自立できる規模への転換。⑨流通体制の整備と“売る力”的強化。

講演-II 花き栽培における作業技術の実際と今後の課題

羽川與助 氏(秋田県十文字町、秋田県指導農業士、花き栽培農家、秋田県花き生産者連絡協議会副会長)

1. 花き栽培に取り組んだきっかけ

学生当時は昭和38年頃でちょうど農業の曲がり角といわれ、農業と他産業との効率の悪さが目についてきた時であり、学校卒業後千葉県に花きの研修に入り、それが栽培のきっかけとなった。

2. 現在の経営状況

(1) 作付け面積

部門	花 (切り花)	卉 (球根)	稲作	畑作	計
面積	90a	90a	90a	10a	2.8ha

(2) 労働力

- ①自家労働力：夫婦2人／年
- ②雇用労働力：パート延べ350人／年

(3) 施設

- ①ハウス 500坪
- ②冷凍庫 2基(計約10坪)
- ③作業舎 30坪
- ④灌水・消雪設備
- ⑤その他

(4) 機械装備

- ①トラクタ 52[PS]1台, 22[PS]1台
- ②管理機 2台
- ③ハウス加温機 200坪用2台, 100坪用4台
- ④堀取り機 2台
- ⑤花選別機 1台
- ⑥下葉取機 1台
- ⑦結束機 1台
- ⑧防除機 2台
- ⑨ブームスプレイヤー 1台(散布幅15m)

- ⑩自動播種機 1台

- ⑪乗用田植機 1台

- ⑫コンバイン 1台(3条刈り)

⑬乾燥機 1台（50石用）

⑭畳摺り機 1台

⑮自動計量機 1台

⑯その他

(5) 栽培品目／品種

①露地菊：天寿、松本城、東宮、桂林、他約20種

②施設菊：天寿、精雲

③施設ユリ：カサブランカ、マルコポーロ、他

④球根生産：シベリア、カサブランカほか

3. 花き栽培の具体的な作業手順

(1) 天寿（8月出荷）

作業項目	時期	手作業、機械作業の別
育苗（挿芽）	3月中旬	手作業
施肥・耕起	4月中旬	機械（トラクタブロードキャスター）
マルチ作業	4月中旬	機械（マルチチャーマー管理機）
ネット張り	4月中旬	手作業
／支柱立て		
ピンチ（摘芯）	5月中旬	手作業
防除・除草	5～8月	機械 (ブームスプレーヤ、トラクタ、ミストスプレーヤ)
仕立て	5月中旬	手作業
芽かき	7月上旬 ～中旬	手作業
摘蕾	7月中旬	手作業
出荷調製	8月上旬 ～中旬	手作業+機械 (選別機、結束機下葉取機)

(2) 施設ユリ

作業項目	手作業、機械作業の別
施肥・耕起	機械+手作業
ネット張り	手作業
／支柱立て	
定植	手作業
灌水（施肥）	機械（灌水設備）
防除・除草	機械
出荷・調製	手作業

(3) 球根生産

作業項目	手作業、機械作業の別
施肥・耕起	機械
植付け	手作業+機械（管理機）
防除・除草	機械
摘蕾	手作業
堀取り・出荷	手作業+機械（トラクタ、フォークリフト、堀取り機、冷蔵庫、トラック、他）

4. 今後の課題

- (1) 農村は高齢化に向かっており、機械化が必要。
- (2) ビジュアルフラワーへの対応の為にいかにコストを下げるかが課題となっている。
- (3) 国際競争が他の農作物同様厳しくなる。

5. 花き栽培における機械化について

- (1) 花選別機
 - ・選別・結束が1行程で出来るとよい。
 - ・個人でも使える普及型を。
- (2) 堀取機
 - ・2連式を使っているが、土が良くなれない。
 - ・オランダの様な方式の小型があればよい。

(3) 管理機

- ・土のハネ上げが左右均等でないといけないので、自動水平装置があればよい。
- ・風の影響を受けない管理機。

(4) 定植機

- ・マルチの上から定植できればよい。

(5) トッピングマシーン（摘蓄機）

(6) その他

以上のような、花き栽培全般にわたる内容で、スライド、OHPを使ってていねいな講演を頂いた。司会者の不慣れもあって、多岐にわたる諸課題を十分整理することができなかったが、機械化に関する現場の要望を列記すると、①当面、キクなどの定植（移植）の機械化、②防除関係では、現行機械の、花、あるいは花き圃場への適応性の向上、③収穫・調製作業の機械化、現行機（結束機）の改良、などが上げられた。また、花き栽培のプロの目から見て、摘蓄、芽かきなどの作業は機械には無理だろうとの指摘もあったが、可能性の探求を期待しての発言と受け止めた。

今回のシンポジウムは、花き栽培に関する第1回目の勉強会と位置付け、今後1人でも多くの会員が、花き栽培に視点を広げた研究を行う一助になることを願って、報告を閉じさせていただく。最後に、講師の山田、羽川両氏に改めて感謝申し上げるとともに、今後とも花き栽培の発展にご活躍されますことをお祈りします。

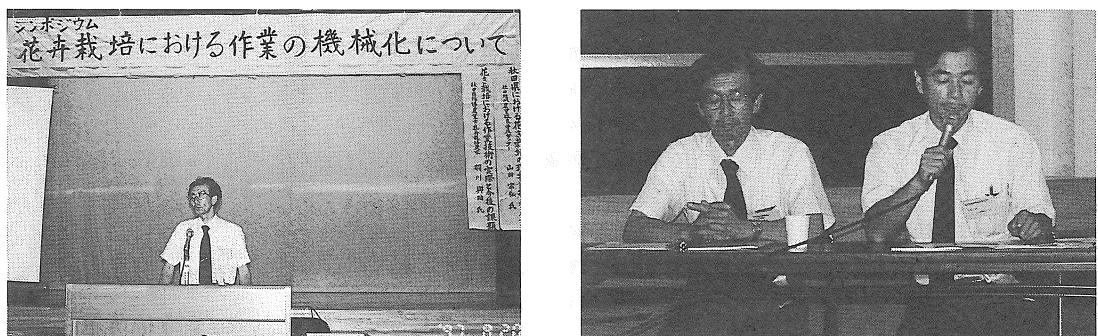


写真 シンポジウム 2景

平成9年度農業機械学会東北支部功績賞・奨励賞

平成9年8月20日に秋田県横手市で開催された農業機械学会東北支部総会で、下記の方々が平成9年度の功績賞と奨励賞を授与された。

1. 功績賞

佐々木邦男氏（元宮城県農業短期大学教授、現名誉教授）
 遠山 勝雄氏（元宮城県仙台地域農業改良普及センター所長、
 現松島町助役）
 橋本 進 氏（元福島県農業試験場種芸部農機具研究室長、
 現（株）福島クボタ主任調査役）

2. 奨励賞

岩渕 和則氏（山形大学農学部助教授）

なお、昭和57年度からの表彰者は下記のとおりである。

昭和57年 東北支部創立25周年記念事業

(表彰) 森田 昇氏
 苦米地勇作氏
 藤村 清一氏
 三浦 貞幸氏
 高橋 幸蔵氏

平成4年 東北支部創立35周年記念事業

(表彰) 須山 啓介氏
 一戸 貞光氏

平成5年 東北支部表彰規程制定

平成6年 (功績賞) 伊藤 俊一氏
 清水 浩氏
 武田 太一氏
 伴野 達也氏

平成7年 (功績賞) 伊藤 正吾氏
 尾形 浩氏
 富樫 伸夫氏

平成8年 (功績賞) 守屋 高雄氏
 (奨励賞) 大下 泰生氏

平成9年 (功績賞) 佐々木邦男氏
 遠山 勝雄氏
 橋本 進氏
 (奨励賞) 岩渕 和則氏

<奨励賞梗概>

奨励賞を受賞して

「乳牛糞のコンポスト化に関する基礎的研究」

岩 洸 和 則*

この度、平成9年度農業機械学会東北支部奨励賞を授かり、身に余る光栄を感じている次第です。更なる研鑽と学会への貢献がご推薦頂いた諸先輩そして学会員皆様への恩返しと考え、志を新たに致しております。また本研究は実に多くの方のご協力のもとで成し得たもので、特に山形大学上出順一、赤瀬章両教授の暖かいご助力、そして北海道大学伊藤和彦、松田従三両教授、筑波大学木村俊範教授によるご助言のもとでの成果です。この場で深く感謝致します。

今回受賞の対象になった研究「乳牛糞のコンポスト化に関する基礎的研究」の根底にあるのは、日本の農業システムが古くから所有していた廃棄物のコンポスト化をより効果的な反応にするためには如何にすれば良いかということあります。有機廃棄物のコンポスト化は技術的には容易な操作であり、廃棄物中に存在する好気性微生物が活性化されるよう、空気を供給すれば良いだけです。中には、人為的にコンポスト化を意図せずとも試料に対して空気拡散による酸素供給がなされ、反応が開始されることもあります。一般に農産廃棄物は富栄養な系であるため微生物への栄養補給をあまり考えなくて良いということや微生物の増殖環境が広範囲であることが「技術的に容易」と考えられているのです。しかし、文献に残っているだけでもすでに1世紀が経とうという歴史があるにも関わらず、今でもコンポスト化プロセスについては最適条件やそれを支持する原因理由がはっきり示されていないため、どこか判然としない処理であるという雰囲気が常にあります。私のこれまでの研究でもこれが解決された訳ではなく、未だ入り口に差し掛かった程度ですが、その一端を紹介致します。

乳牛糞の基礎物性

乾物粒子に関しては、乳牛糞乾物の真比重は約1.5で、生物由来の物は殆どがこの値をとります。乾物1gあたりの比表面積は約 $300\text{m}^2\cdot\text{g}^{-1}$ で、同じ

有機質である土壤中の腐植物質とほぼ同じ比表面積を持っています。これはかなり大きな表面積で、広大な微生物の住みかが作れること、沢山の酸素供給を受けられること等、反応には都合の良い材料であることがわかります。バルクとしての特徴に目を向けると、乳牛糞を堆積したときには嵩容積のほぼ半分が空気で、乾物は全体の10分の1以下であり層内部に酸素を供給するには都合の良い構造になっています。

乳牛糞の熱物性

乳牛糞の熱伝導率は非常に小さく、 $0.05\sim0.2\text{W}\cdot\text{m}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}$ の範囲にあり、熱を伝え難い材料です。特に含水率が低い場合は断熱材にほぼ匹敵するほどの性質になります。コンポスト層内部で高温に達しているものを見かけますが、それは自分自身が断熱材のような性質を持っているためです。また、含水率が低いと温度が素早く上昇するため、低含水材料がコンポスト化に適した材料と判断されることがあります、これは低水分のため材料比熱が小さいことに起因する現象で、必ずしも最適な条件とは一致しません。

反応に及ぼす物理的要因

コンポスト化を妨げているものに材料粒子の周囲を取り巻く水膜厚さと材料のマトリックポテンシャルが考えられております。

材料粒子に付着している微生物にとって、溶存酸素の補給は水膜を拡散伝搬されてくる酸素によるため、酸素がその通路を如何に素早く通り抜けるかで反応の良し悪しがほぼ決まると考えられます。一方マトリックポテンシャルは微生物の代謝活動そのものを阻害するため、生存を妨げると考えられます。コンポスト化反応の最適含水率はこの中間点に存在すると考えられます。