ISSN 0287-9115

農業機械学会東北支部報

No.46 DEC.1999 平成11年12月

目　　次

巻頭言
雑感，試験研究レベルの向上を望む・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・戸次英二・・・1
研究報告
・ディーゼル燃料としての植物油の噴霧微粒化・・・・・冨樫千之・松森一浩・上出順一・・・3
・機構解析手法によるトラクタ挙動解析モデリング・・・・・・・元林浩太・西脇健太郎・・・9
・自動追尾型測距測角儀を使用したトラクタの自動走行
・・・・・・・・・・・・・・・高野　剛・田中勝千・本橋圀司・石田頼子　・・13
・土中応力の3次元解析プログラムの開発
・・・・・・・・・・・・・・・広間達夫・及川　理・一戸陽介・太田義信　・・19
・水稲複粒化種子の造粒・播種技術の開発（第２報）
・・・・・・・・・冨樫辰志・西脇健太郎・矢治幸夫・木村勝一・菊池康紀　・・23
・水稲芽出し籾流体直播機の開発
・・・・・・・・・・伊藤勝浩・高橋政夫・高橋　修・一守貴志・大里達朗　・・29
・乾田土中早期湛水直播における点播用播種機に関する研究（第１報）
・・・片平光彦・久米川孝治・若松一幸・鎌田易尾・金田吉弘・児玉　徹　・・33
・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３報）
・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・小林由喜也・嶋田　浩　・・37
・草地におけるプリシジョンファーミング（第２報）
・・・・・・・・・・・・・・田中勝千・本橋圀司・高野　剛・石田　頼子　・・41
・ブルーベリーの機械収穫
・・・・・・・・・赤瀬　章・鈴木　洋・本間英治・神原麻土・布袋屋明嗣　・・45
・中国・東北部の塩類土壌地帯の農地改良について（第２報）
・・・・・・・・・・太田義信・馬場秀和・井上克弘・雑賀　優・原　道宏
・・・・三輪　弋・尚　慶昌・趙　蘭波・楊　志超・張　盛文・孫　長占　・・49
・農業機械関連文献データベースの構築・・・・・・・・・・・・・・・・・・鶴田正明　・・53
トピックス
新製品コーナー・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・57
東北若手の会報告・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・58
シンポジウム報告・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・60
海外報告　・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・65
支部会記事
庶務報告および会計報告・幹事役割分担・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・72
平成１１年度研究発表会発表課題・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・77
農業機械学会東北支部規約・東北支部報投稿規定・・・・・・・・・・・・・・・・・・・81
農業機械関係の研究担当者名簿・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・83
団体賛助会員名簿・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・90

農業機械学会東北支部

雑感、試験研究レベルの向上を望む

支部常任幹事　戸次英二
（弘前大学農学生命科学部）

支部報からの印象

この支部報の編集を今年度より筆者から山形大学の赤瀬教授へバトン・タッチした。これまで３か年この仕事に携わっていて、毎年編集後記を書く時になると、さまざまな印象が過った。以下、その雑感を述べる。

支部報の内容はご覧のように支部運営に関するお知らせもあるが、頁数のほとんどは研究論文で占められている。以前は各県農試と東北農試からの投稿がかなりの割合で見受けられたが、最近は大学教官のものが大勢を占めるようになり、さながら大学連合機関誌の様相さえする。したがって、原理的あるいはモデル的な内容のものが多くなり、実用的な記事を求める農試、普及行政、メーカー開発研究部門から見れば、すぐに役立ち難く、しかも難読であるかもしれない。

これが一因で支部会の人気や期待に陰を落としていることは否めない。言い訳ではないが、大学教官にはより高度な基礎的・学術的研究成果が求められているので、事例的、応用的、技術的な内容へ変更することは、自ずと限定される。読者はそこに段差や温度差を覚えるかもしれない。しかし、応用には自然の理にかなう基礎的根拠が必要で、閃きや思い付きも一旦関連する基礎科学のフィルターを通して進まれた方が効率的で、結論を誤って発表したり、状況変化で妥当性を欠くようになることは、少なくなる。このような見地に立って、現状に甘んじることなく、自助努力はもとより、支部活動を通して技術や学術の交流を深め、東北支部の試験研究レベルを高めたいものである。

試験研究の充実

試験研究を遂行するには資金と人的能力が必要であることは言うまでもない。資金は絶対量が潤沢なほど望ましいが、有効活用のための綿密な準備もまた必要である。能力は個人あるいは共同の頭脳レベルと精神的・肉体的実行力からなるものである。

理想として、日ごろ培った基礎的知識と経験、洞察力、先見性と閃き、関連研究者間の論議などを総合して、明確な研究目的に対する綿密・周到な実行計画を練り上げ、実行中は気力を観察やデータの収集に傾注させ、予見と結果と新知見を混然とせず、思考力を最大限に発揮させて考察し、体系・分離させることが肝要である。論議を重ねて再現性のある普遍的知見は結論として抜き出すことになる。このように一つの試験研究課題を実行するには、心身ともに消耗する集中力が不可欠である。また、日ごろ参考文献の収集を怠ることなく、課題とその内容に係わるオリジナリテイを確認するとともに、自己主張の裏付けや発想の糧とする。

現実はどうであろうか、言い難いことではあるが、試験研究以外の仕事が集中力を

削いでいる。職場という集団の中に身を置いているので、管理・運営にも精力を注がなければならないが、研究者はもっと自分の置かれた環境や体制を抜本的に改善する努力が必要と思う。余裕があっても良いとはいうものの、形式的で無駄な時間、またそれを醸すような行事や無意味な発言が多すぎはしないであろうか。

大学における研究

大学教官の職務は大雑把に教育と研究が半々と言われているが、管理業務、内外の学会活動、国際交流（自主的な留学生受け入れや研究者交換訪問等）などの用務が加わり、己の研究に傾注しうる実質的な時間は少なくなる。研究業績の評価は現状において出版論文数が優先し、評価の難しい質については後回しになっているので、各教官は論文執筆に余念がなく、授業の準備時間を短縮している。学生が教官の授業を評価する時代になり、準備のわるい授業は強い批判を浴びることは目に見えている。

米国の大学を例に見れば、教官は授業の準備、実行、アフターケアに万全を期するよう習慣づけられている。大学院の院生は、担当教官に集金能力があればテーチング・アシスタントに、また準研究員として実験遂行の補助者となり、生活資金を給与されている。共同実験を進めうる素地が整っていると言える。教官会議でも無用な駄弁を繰り返す論客に悩まされることなく、貴重な時間を余計に費やすいらいらも少ない。所要時間を初めに限定して決議や連絡事項の伝達を行っている。研究に対する集中力の欠如が論文の数と質を共に貧弱な結果へ陥らせるので、もっと個人の意識あるいは管理体制の変革が必要ではなかろうか。

農業試験場における試験研究

試験研究機関の職務は研究に直接係わることばかりでなく、管理業務はもとより、普及行政機関との係わりを密接にしなければならないため、諸会議、新技術の普及指導にも多くの時間を費やしている。研究課題は農家の現場からの要請に応えるものが多いので、一人の研究者が複数の課題をかかえ、広く薄くなりがちである。研究で思考する環境は大部屋に机を並べ、フィックス・タイムの8時間勤務をベースに行われているので、集中力を維持しにくいのではないかと察せられる。来客の会話で気が散るし、頭の調子も常に一定ではないからである。集中力を高めるために部分的でも個室化とフレキシブル・タイムの導入は如何なものであろうか。また、機関内および関連行政機関との諸会合にとどまらず、見識を高め、己のレベルを確認する上でも、諸シンポジウムへの参加、学会年次大会での研究発表、他研究機関の研究者との自由討議、資料収集等に出張命令を躊躇せずに出す体質の変化が望まれる。そのための予算措置に、試験研究機関を統轄している行政事務官は認識不足を改め、高い研究成果がもたらす将来の姿にもっと思いをおくべきではなかろうか。

以上、恐れもなく書き並べたが、要は試験研究のレベルを高めなければ、高度化を志向する社会のニーズに十分応えれない時代に入ってきていることを、東北支部会で試験研究に携わっているメンバーが強く認識すべきと思ったからである。

ディーゼル燃料としての植物油の噴霧微粒化

富樫千之*・松森一浩*・上出順一**

Atomization of spray of Vegetable Oil as Diesel Fuel

Chiyuki TOGASHI*, Kazuhiro MATSUMORI*, Jun-ichi KAMIDE**

[キーワード] ディーゼル機関，代替燃料，ナタネ脱酸油，噴霧粒径，噴射圧力

Ⅰ．まえがき

ディーゼル機関は高い熱効率と経済性，さらに耐久性にも優れている点から広範囲に利用されている。ディーゼル機関の燃料としては埋蔵量が有限である化石燃料が使用されているため，化石燃料と他のエネルギを適切に組み合わせるエネルギミックスの視点から，代替燃料として再生産が可能な植物油が検討されている[1－3]。この植物油を採る油脂植物は光合成でO_2を放出するため，環境的にCO_2とニュートラルになる利点がある[4]。

一方，エネルギや環境問題からディーゼル機関のさらなる熱効率の向上が求められている。この対策の一つが燃料の微粒化であり，さらに微粒化の方法の一つとして燃料を高圧でノズルから噴射することである[5]。そこで本報では，ノズル噴射圧力の変化に対するナタネ脱酸油および軽油との混合油の噴霧微粒化について，スロットルノズルおよびホールノズルを供試して検討したので報告する。

Ⅱ．供試材料および噴射ノズル

1．供試燃料

供試したナタネ脱酸油は前報[6]と同様にN社から入手した。混合した軽油は市販のものである。

供試油の動粘度はウベローデ型粘度計で測定し，図1に示した。ナタネ脱酸油および軽油との混合油の動粘度は，軽油の混合割合が多くなるほど低下した。

2．受止め液

液浸法の受止め液は，既報[7]の結果からシリコン油(東レ・ドウコーニング・シリコーン社製，WF-30)とした。供試シリコン油の動粘度は，10，20および30℃で141.3，118.3および95.1mm²/s（図2），表面張力は30.9mN/m（25℃），密度は0.977 g/m³（12℃）である。

3．噴射ノズル

噴射ノズルは，スロットルタイプとホールタイプの2種類とした。供試ノズルの仕様は表1に示した。

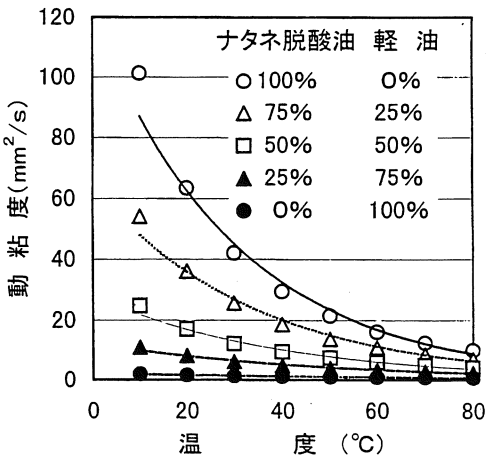


図1　供試油動粘度の温度依存性

*宮城県農業短期大学　　**山形大学農学部

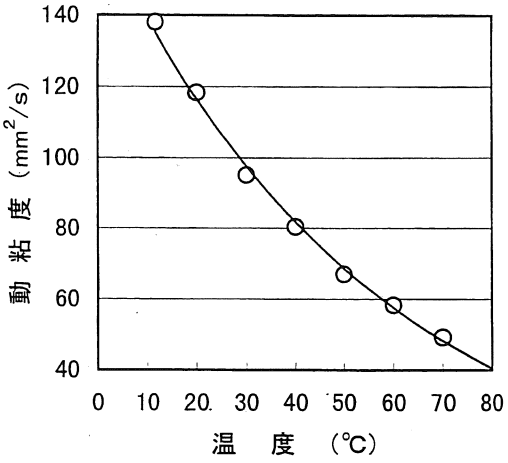


図2 シリコン油動粘度の温度依存性

噴射口径 0.19mm のホールノズルは小型機関に，スロットルノズルは中型機関に使用されている。スロットルノズルの噴射口は１か所であるが，ホールノズルは噴射口が４か所あり，噴射液滴は 150° の挟角を持ちながら，４方向に発射される（図３）。

Ⅲ. 測定方法

実験方法は，既報[7]と同様とした。噴霧粒子測定の手順の概略を以下に示す。①燃焼室から取り外した噴射ノズルを水平に取り付け，燃料を大気中に噴射する。②噴霧液滴をシャーレに塗布した受止め液で捕捉する。③捕捉した噴霧液滴を顕微鏡を介して拡大撮影し，現像プリントから噴霧粒子を直接測定した。

小型ディーゼル機関(ヤンマーディーゼル K.K.，NFAD5，定格出力/回転数：3.7kW/2,600 rpm)の回転数は電気動力計で調整し，1,800rpm とした。シャーレで捕捉した噴霧液滴は，顕微鏡（オリンパス G-23 X）で 80 倍に拡大し，カメラ（ニコン

表1 供試ノズルの仕様

ノズルタイプ	スロットル	ホール
ノズル口径（mm）	1.0	0.19
噴射圧力（MPa）	11.8	19.6
噴口数（個）	1	4
噴霧角度（度）	−	150
使用機関（kW/rpm）	8.7/2,700 ～ 16.2/2,800	3.7/2,600

M-35.SR）撮影した。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の溶解および噴霧液滴間の合体を最小限とするため 30 s 以内[7]とした。

スロットルノズルにおける噴霧液滴の捕捉位置は，図４に示したとおり，噴射中心線上距離 1.0，1.4，1.8 および 2.2 m（C 100～C 220），噴射中心線から右方 0.2 m離れ，距離 1.0，1.4 および 1.8 m（R 100～R 180）の位置で行った。また，ホールノズルの捕捉位置は，噴射中心線上

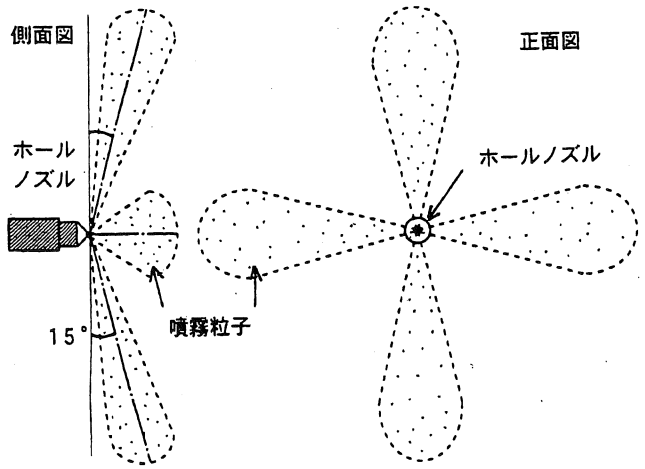


図3 ホールノズルの噴霧状況

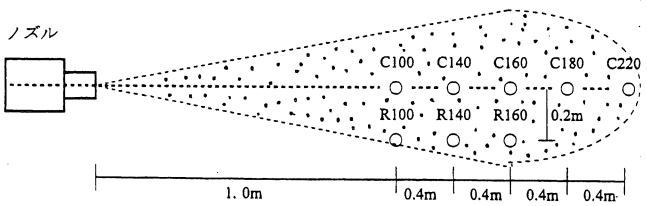


図4 スロットルノズルによる噴霧液滴の捕捉位置

距離 1.0，1.2，1.4，1.6 および 1.8 m（C 100～C 180：以下Cラインと記す），噴射中心線から右方 0.2 m離れ，距離 1.0，1.2 および 1.4 m（R 100～R 140：以下Rラインと記す）の位置で行った。

噴射ノズルと捕捉シャーレの高低差は約 0.2 mであった。噴射はレギュレータハンドルを全開の状態とし，1回のナタネ脱酸油の噴射量は，スロットルノズルで 0.063g，ホールノズルで 0.057g であった。なお，ホールノズルの噴射口は4か所あるが，実験では3か所の噴射は遮断し，水平方向1か所からの噴射とした。

噴射圧力の調整はノズル圧力調整シムの加除で行い，スロットルノズルの噴射圧力は 13.7，11.8，10.8MPa，ホールノズルのそれは 21.6，19.6，17.6 MPa のそれぞれ3段階とした。

スロットルノズルにおける捕捉位置 C 100，C 180，C 220 およびR 100，R 180 と，ホールノズルにおける捕捉位置C 100，C 140～C 180 およびR 120，R 140 の噴射燃料は，ナタネ脱酸油 100％のみとした。これに対して，スロットルノズルの捕捉位置C 140 およびR 140 と，ホールノズルの捕捉位置C 120 およびR 100 の噴射は，供試燃料の粘性を変化させて行った。この粘性の変化は供試燃料のナタネ脱酸油と軽油の混合割合を変えて行った。ナタネ脱酸油と軽油の混合割合はそれぞれ 100：0，90：10，80：20，70：30，60：40，50：50，40：60，30：70，20：80，10：90 の 10 段階とした。

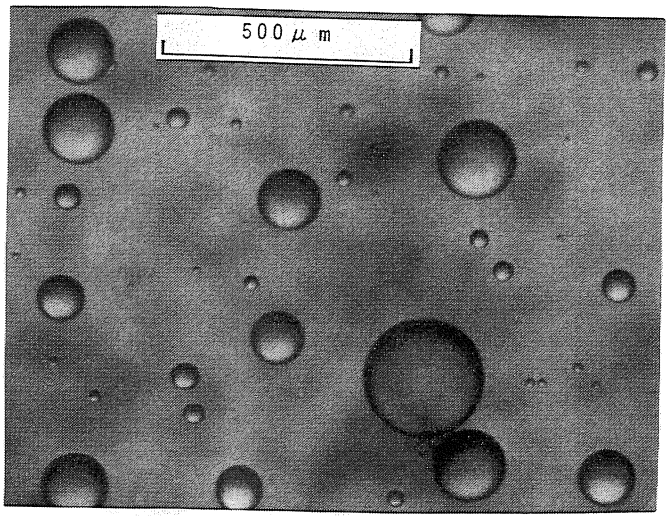
実験は両ノズルで各噴射圧ごとに2～3回行った。ナタネ脱酸油と軽油の混合割合を変えて行った実験の捕捉位置は，CおよびRラインとも噴射された噴霧粒子が最も多い位置とした。このため，スロットルノズルではC 140，R 140，ホールノズルではC 100，R 100 とし，両ノズルで捕捉位置が異なった。

Ⅳ. 実験結果および考察

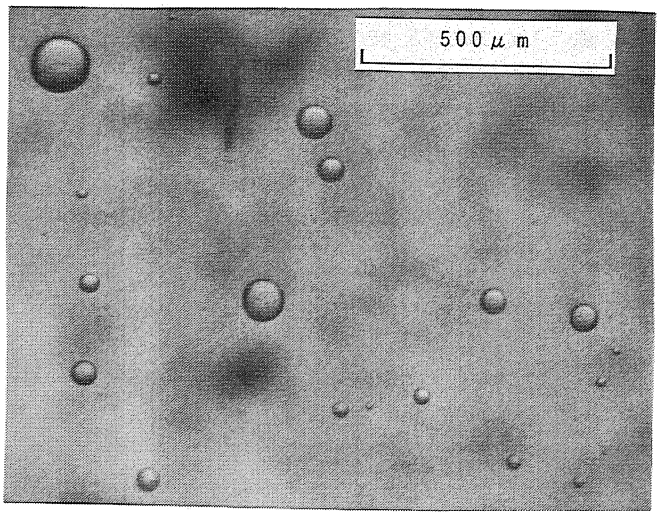
燃焼時間は噴霧粒子容積に対する総噴霧粒子表面積の大きさに影響されるため，総容積を総表面積で除した比表面積粒子径で表され，平均噴霧粒径として計算した[3，6]。

1．スロットルノズル

噴射圧力 10.8MPa，捕捉位置C 140 において



（1）噴射圧力 10.8MPa，ナタネ脱酸油 100%



（2）噴射圧力 10.8MPa，ナタネ脱酸油 30%

写真1 スロットルノズルによる噴霧粒子（12℃）

撮影した噴霧粒子の一例を写真１に示した。ナタネ脱酸油の混合割合が少なくなると，噴霧粒子は小さくなる。また，図５および図６は捕捉位置Ｃ140 とＲ 140 における動粘度と平均噴霧粒径の関係を示した。また，横軸はナタネ脱酸油および軽油との混合油を動粘度に変換して示した。噴射温度が異なってもナタネ脱酸油と軽油の混合割合を動粘度に変換することによって，平均噴霧粒径は動粘度との関係で整理することができる[6]。

図から噴射圧力が高くなるにつれて連続的に噴霧粒径は小さくなることがわかる。しかし，噴射圧力 13.7MPa と 11.8MPa の平均噴霧粒径の差は，噴射圧力 11.8MPa と 10.8MPa の差より小さくなったことから，噴射圧力の増加割合に対する噴霧微粒化割合は一様に低下するのではなく漸減的傾向になる。

図７はＣラインとＲラインにおける噴射距離と平均噴霧粒径の関係の一例を示した。燃料はナタネ脱酸油 100％である。Ｃラインの平均噴霧粒径はＲラインより約 20～40 μｍ程度大きく，Ｃライン，Ｒラインとも噴射距離が長くなると平均噴霧粒径はかなり大きくなる傾向になった。大きな噴霧粒子は質量当たりの空気抵抗が相対的に小さくなるため，遠くへ飛散する[8]。

２．ホールノズル

写真２は 17.6MPa，捕捉位置Ｃ 100 において捕捉，撮影した噴霧粒子の一例を示した。スロットルノズルによる噴霧粒子よりも小さいなった。また，図８，９は捕捉位置Ｃ 120 とＲ 100 における噴射燃料動粘度と平均噴霧粒径の関係を示した。

ホールノズルスロットルノズルと同様に，ナタネ脱酸油は軽油に対する混合割合が多いほど動粘度が高くなり，平均噴霧粒径はやはり連続的に大きくなる。

また，噴射圧力を 17.6MPa から 19.6MPa と高めると平均噴霧粒径は小さくなったが，さらに 21.6MPa と高めても噴霧粒径の変化はほとんどなかった。このため，供試ホールノズルの微粒化の噴射圧力限界はおおよそ 20MPa 程度と考えられた。

図 10 はＣラインとＲラインにおける噴射距離

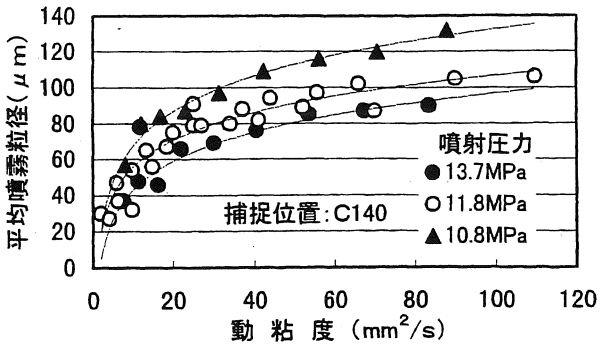


図5 スロットルノズルによる動粘度と平均噴霧粒径（捕捉位置C140）

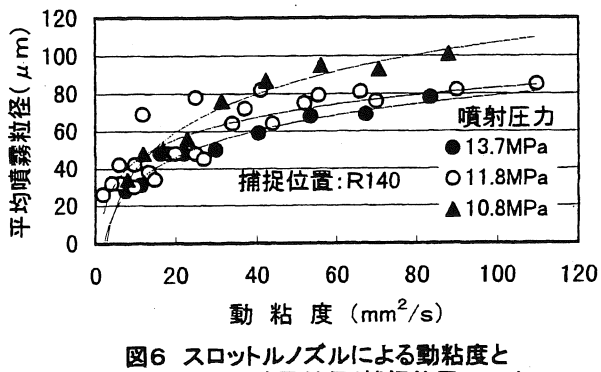


図6 スロットルノズルによる動粘度と平均噴霧粒径（捕捉位置R140）

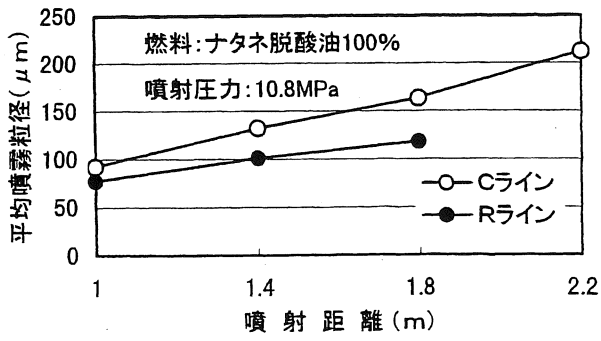


図7 スロットルノズルによる噴射距離と平均噴霧粒径

とナタネ脱酸油による平均噴霧粒径の関係の一例を示した。Cラインの平均噴霧粒径はRラインよりやや大きい程度で，Cライン，Rラインとも噴射距離が長くなると平均噴霧粒径は少しずつ小さくなる傾向があり，スロットルノズルの傾向と反対であった。

ホールノズルの噴霧液滴の状態を目視すると，噴射された粒子は噴射距離1.2m程度の地点に集中し，やがてその地点から噴霧粒子が噴射方向を中心にゆるやかに拡散移動した。このとき移動は小さい粒子ほど大きかった。このため，噴射距離（捕捉位置）が長くなるほど平均噴霧粒径は小さくなったものと考えられた。

V．まとめ

ディーゼル機関の熱効率を高めるために燃料の微粒化について検討した。燃料は代替燃料として調査しているナタネ脱酸油と軽油の混合油である。微粒化の方法は燃料の噴射圧力を変化させて行った。

結果の概要は以下のとおりである。

1．スロットルノズル

1）各噴射圧力において，両捕捉位置C 140，R 140における動粘度と平均噴霧粒径の関係は曲線近似できた。

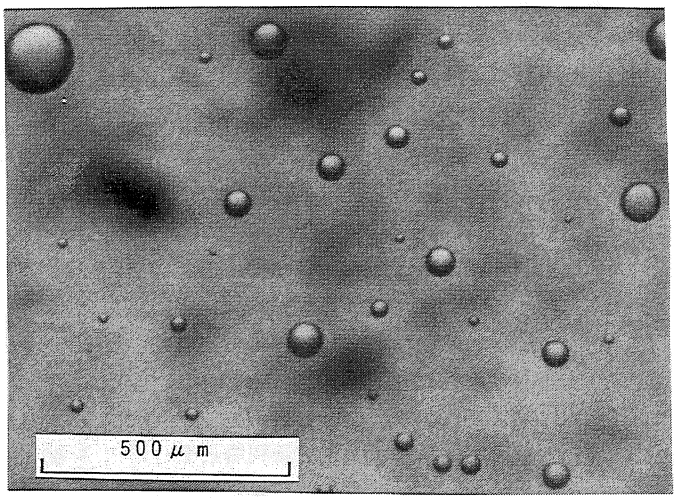
2）平均噴霧粒径は，噴射圧力が10.8MPa，11.8MPa，13.7MPaと高くなるにつれて小さくなるが，噴射圧力増加の割合に対して噴霧粒径の低減割合は大きくならなかった。

3）ナタネ脱酸油100%の場合，Cラインの平均噴霧粒径はRラインより約20～40 μm程度大きく，Cライン，Rラインとも噴射距離が長くなると平均噴霧粒径はかなり大きくなる傾向になった。これは，大きな噴霧粒子は質量当たりの空気抵抗が相対的に小さくなるため，遠くへ飛散するためであった。

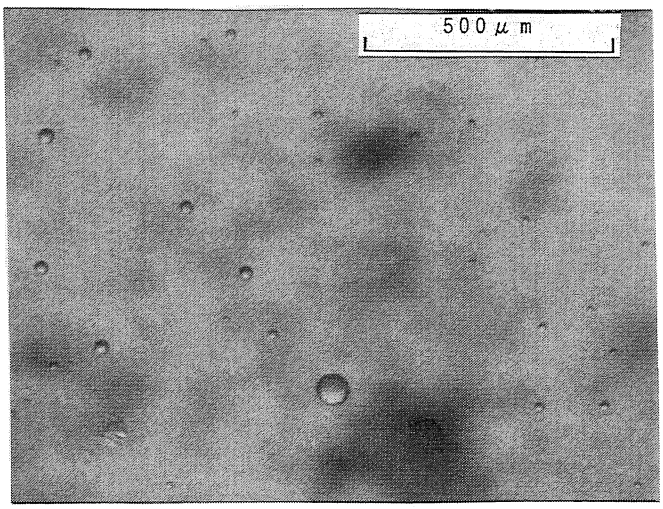
2．ホールノズル

1）スロットルノズルと同様に，各噴射圧力おいて，両捕捉位置C 120，R 100における動粘度と平均噴霧粒径の関係は曲線近似できた。

2）均噴霧粒径は，噴射圧力を17.6MPaから19.6MPaと高めると小さくなったが，さらに20.6MPaと高めても噴霧粒径の変化はほとんどみられなかった。このため，供試ホールノズルの微粒化の噴射圧力限界はおおよそ20MPa



（1）噴射圧力 17.6MPa，ナタネ脱酸油 100%



（2）噴射圧力 17.6MPa，ナタネ脱酸油 20%

写真2 ホールノズルによる噴霧粒子（12℃）

程度と考えられた。

3）ナタネ脱酸油100％の場合，Cラインの平均噴霧粒径はRラインよりやや大きい程度で，Cライン，Rラインとも噴射距離が長くなると平均噴霧粒径は少しずつ小さくなる傾向を示し，スロットルノズルの傾向と反対であった。

今後はさらに燃料の微粒化とディーゼル機関の性能について検討する必要がある。

参考文献

1）飯本光男：ナタネ油を燃料とした農用小型ディーゼル機関の運転（Ⅰ）農機誌，38(4)，483-487，· 1977

2）林　重信，外：小型予燃焼室式ディーゼル機関の性能に及ぼす菜種油燃料の影響，農機誌，54(2)，11-21，1992

3）Araya,K..：An Analysis of Diesel Engine Startability Fueled with Sunflower Oil，*J. Environ. Sci. Lab. Senshu Univ. Hokkaido*，2，1-166，1991

4）木谷　収：バイオマス資源利用とその技術展望，ユーブレックス研究集会要旨集，2-9，1996

5）飯田訓正，外：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，62(598)，421-428，1996

6）富樫千之，松森一浩，上出順一：植物油の粘性が噴霧粒径に及ぼす影響，農機誌，60(5)，83-89，1998

7）富樫千之，上出順一：ナタネ脱酸油の噴霧粒径，農機誌，59(2)，89-99，1997

8）長尾不二夫：内燃機関講義上巻，養賢堂，247-256，1969

［閲読者コメント］燃料の微粒化は機関性能に大きく影響すると思われますが，供試スロットルノズルにおける微粒化の限界噴射圧力に関する見解についてお聞かせ下さい。

［著者回答］一般に，ディーゼル燃料の噴霧粒化の噴射圧力限界は約20MPa程度だとされていますが，ノズルタイプによっても差異があると考えられます。スロットルノズルの場合は噴射口の構造により15MPa程度が噴射圧力の限界だと考えられます。さらに，噴射圧力を高めるためには，ノズルの材質をも検討しなければならないと考えられます。

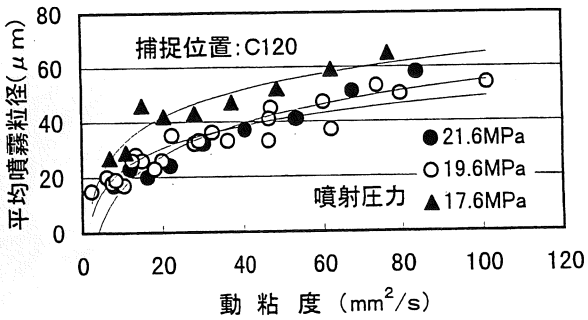


図8 ホールノズルによる動粘度と平均噴霧粒径（捕捉位置C120）

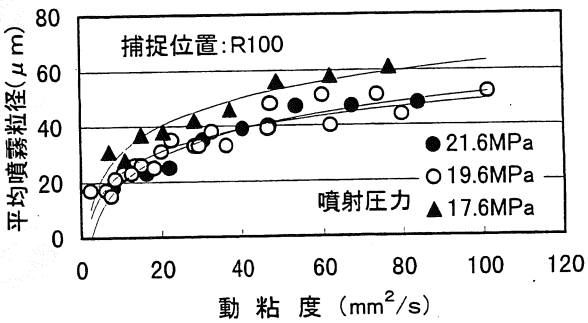


図9 ホールノズルによる動粘度と平均噴霧粒径（捕捉位置R100）

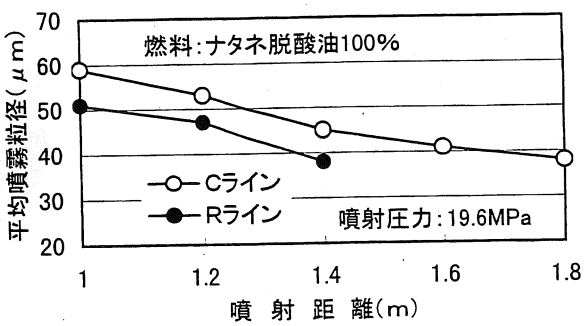


図10 ホールノズルによる噴射距離と平均噴霧粒径

機構解析手法によるトラクタ挙動解析モデリング
－ Pro/MECHANICAによる側方転倒解析 －

元林浩太*・西脇健太郎**

Tractor Modeling for Dynamic Behavior Analysis using with Motion Analysis Method
- Analysis of Side Overturning by Pro/MECHANICA -

Kota MOTOBAYASHI*, Kentaro NISHIWAKI**

[Keywords] 機構解析，姿勢認識，トラクタ，動的解析，側方転倒

1．緒　言

代かき後の水田、畦畔や圃場への導入路、さらには軟弱地や傾斜地で各種の作業を行いながら走行する農用車両は、耕起作業などでの土との相互作用、播種・資材散布や収穫作業に伴う重心移動や、トレーラ等の被牽引車両からの反力など、動的で過酷な力学条件にさらされる。このため、充分な牽引力を確保しつつ作業精度を向上し、さらに土壌締め堅めの低減やオペレータの安全性・快適性を向上させるためには、動的状態に対応できる三次元姿勢認識技術を確立し、車両姿勢を水平かつ一定高さに維持することが必要である。

いっぽう、有限要素法よる構造解析やＣＡＤを始めとするＣＡＥ技術は、研究、解析、設計、生産等の分野で広く活用されている。特にユーザーインターフェイスの優れた汎用ソフトウェアや部門間でのデータ共有を可能とする統合化ソフトウェアの出現により、従来は高度な知識を有する特定の解析専門家のみのツールであった計算力学手法の普及をより推し進めている。

本研究では、近年発達の著しい計算力学手法のひとつである機構解析手法を四輪トラクタ構造に適用し、各種内界センサによるリアルタイム機体姿勢認識手法の開発を目指した動的シミュレーションを行うとともに、本手法による車両のモデル化と解析適応性について検討を加えることを目的とする。

2．既往の研究

乗用型農用車両の転倒に関する理論的研究は、傾斜地でのトラクタ作業を想定した転倒に関する解析[1)]を中心に古くから行われている。また、転倒時の安全技術としては、転倒した場合の防護装置として安全フレーム[2) 3)]が開発され既に実用化されているほか、転倒を未然に予防する能動的な安全技術として、傾斜センサの利用した転倒防止装置や転倒防止構造物の考案、傾斜地に適した姿勢制御技術の研究[4)]などが行われている。いっぽう、実働状態における車両の挙動変化を検出する手法は、傾斜地作業でのけん引力と耐転倒角を検討するために車輪荷重の変動を測定する方法など[5) 6)]が研究されているが、いずれも実用化には至っていない。また、計算力学を駆使した動的シュミュレーションによるトラクタ車両系の安定性の検討は、道路上を移動する際の高速安定性に関する研究[7)]が行われているにすぎない。

3．解析装置及び方法

(1)供試解析装置

本試験では、ハードウェアとしてUNIXワークステーション（米HP社9000ｼﾘｰｽﾞ ﾓﾃﾞﾙ712/80、CPU：PA-LISC 7100LC、ﾒｲﾝﾒﾓﾘ：192MB、X-Window ｼｽﾃﾑ装備）を供試し、汎用機構運動解析ソフトウェア（米PTC社 Pro/MECHANICA）により解析を行った。Pro/MECHANICAは、P法有限要素法による構造解析を行うStructure、機構解析を行うMotion 及びソリッドモデラと形状データを互換出来るＣＡＤインターフェイスなどから構成されている。本解析では、解析アルゴリズムに数式処理が可能なKane法を採用しているMotionを使用した。これは、従

* 農林水産省東北農業試験場（現在：農林水産省草地試験場）
** 農林水産省東北農業試験場

来のLagrange法による数値処理とは異なり、変数を運動方程式内に包含させた処理が可能であり、初期値を頻繁に変更する最適化解析に高速に対応することが出来る。

(2)機構解析について

機構解析は、複数の部品から構成される機構に対して外力あるいは強制的な運動を与えた場合の部品相互の運動の変化、すなわち位置、速度、加速度、角度やこの時の内力などの時刻歴の変化を求める手法である。この際、機構を構成する個々の部品を剛体とみなす点が、他の構造解析手法と異なる点である。また、個々の部品は必ずしも連結されている必要はなく、物体の衝突や衛星の運動のような対象も扱うことが可能である。

(3)解析方法及び解析対象

解析を行うには、まず図形データとしての幾何学モデルを作成する。これには、ユーザーインターフェイスを利用するか、あるいはＣＡＤデータファイルを変換して利用することも可能である。次にこの図形データを参照しながら、運動解析の対象となる「部品(Part)」、その運動を規定する「接続条件(Connection)」、そしていずれかの部品に対して「駆動条件 (Driver)」や 「荷重条件(Load)」を定義していく。また、運動方程式群を有効に解いていくために必要な 「不動点(Ground Point)」や「質量特性(Mass Propertiy)」を定義する必要がある。また、本解析では各部品の幾何学的形状は意味を持たず、 部品相互の位置関係、接続条件、 質量特性が明確に定義されていれば、解析は有効に実行される。解析の結果は、動きを画面上に再現するアニメーション表示、あらかじめ定義した任意の点の相対的な位置や速度、接続点の反力等のグラフ表示、数値データの出力など形で評価することが出来る。

解析対象は 四輪乗用形トラクタ（MF-3060形，機関出力58kW，質量3840kg）とした。解析では、まず最初に計算機上に機構モデルを作成し、各部の接続状況および自由度を確認した後、路面の傾斜角を徐々に増加させてトラクタが側方転倒するシミュレーションを行った。

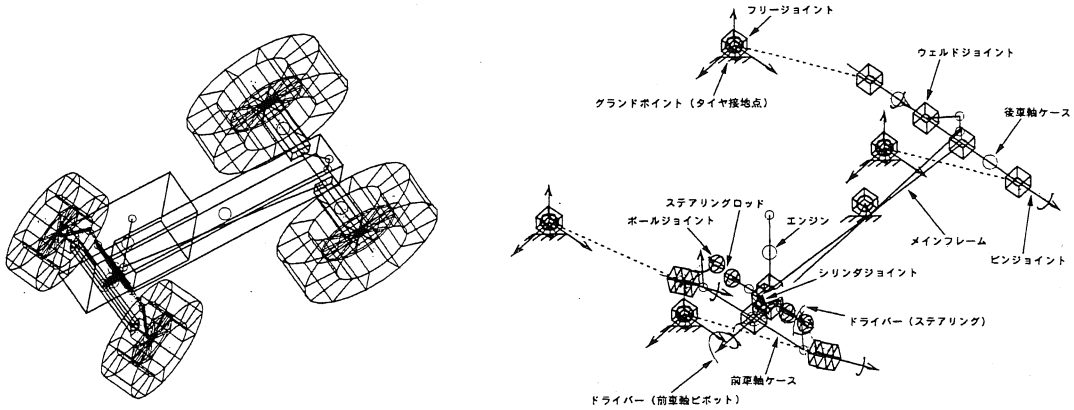
３．結果及び考察

(1)試作した機構モデル

供試ソフトウェアにより作成した四輪トラクタの機構モデルを図１に示す。このモデルの総部品点数は後述の路面構成要素を含めて42点であり、それらが相互に固定、回転、スライドなどの条件で接続されている。特に、前車軸ケースは自在にスウィングできるようにピボット支持されており、さらに時間変数で操舵シリンダの動作を定義すれば左右前輪に操舵角を与えることが可能である。ランダムな路面に対する追従性を検討する予備解析の結果、このモデルは凹凸に対して前車軸をスウィングさせながら常に４輪の接地を保つことができた。

(2)接地条件のモデル化

タイヤが接地している時は路面にめり込まず、また転倒する時などは路面から離れるという接触問題に対応するために、４輪の接地点に路面構成要素として以下の様なモデル化を行った（図２）。



(a) ワイヤフレーム表示　　(b) スケマティック表示

図１　Pro/MECHANICAによる４輪トラクタの機構モデル

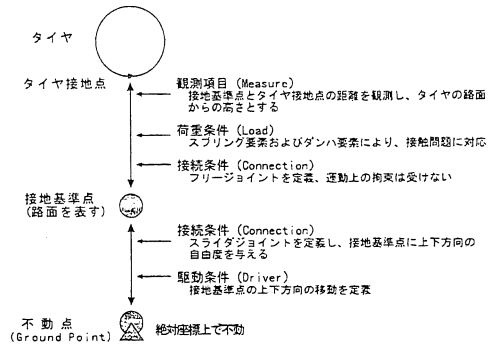


図２　タイヤ接地部の接触問題への対応

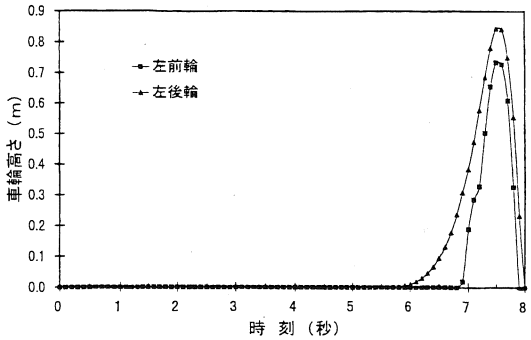


図４　車輪の路面からの高さ

すなわち、各輪の接地部の直下に架空の接地基準点となる新たな機構要素を設定し、この点を任意に上下動させることで、路面の傾斜や凹凸を表現することとした。さらに、接地基準点とタイヤの間にはダンパ要素とバネ要素を組み込み、タイヤが接地している時のみ反力を生じるように定義した。以上の結果、路面の凹凸を表現する上下動を接地基準点に与えることで不整地を走行する動的シミュレーションが可能になり、速度や傾斜等の条件によっては、車輪が路面から離れる現象の再現も可能になった。

(3)側方転倒解析

左側の前・後輪の接地基準点を10cm/sの速度で徐々に上方に移動させて路面を右方向に傾け、最後には側方転倒するシミュレーションを行った。その結果、傾斜開始後 5.6秒（傾斜角20.5度）で左後輪が浮き上がって３輪状態となった。この時モデルの前車軸センターピボット部は良好に動作している事も確かめられた。さらに、傾斜開始後 6.9秒（傾斜角38.5度）には左前輪も路面から浮き上がり、その直後にトラクタは右方向に転倒した。この時の様子を図３に、左側前後輪の路面からの距離の変化を図４に示す。

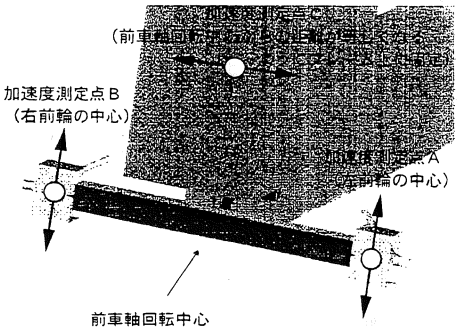
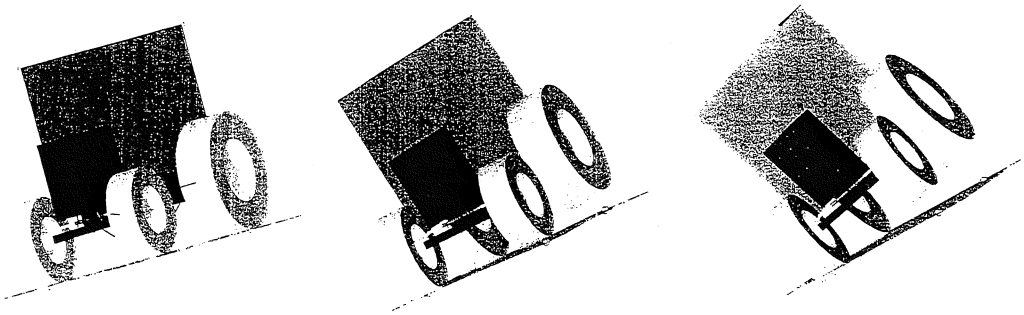


図５　機体前部の加速度観測点

(4)側方転倒時の検出挙動

モデル上に任意に設定した約20箇所の観測点について、３軸加速度、荷重、路面との距離・傾斜等の逐次変化を解析した。その結果、①後輪の接地荷重、②前車軸の両端点及び前車軸ピボット点直上点の３点（図５）での加速度は、転倒の際に



(a)傾斜開始 5.5秒後　　(b) ３輪状態（6.9秒後）　　(c) ２輪状態（7.2秒後）

図３　機構モデルによる４輪トラクタの側方転倒

特徴的な挙動を示した。すなわち各輪の接地荷重は、３輪状態になるまでは傾斜の増加に連れて左輪から右輪に徐々に移動し、さらに横転するまでの間には、荷重が集中していた右後輪の接地荷重が急激に減少した（図６）。また、３輪状態になってから横転するまでには、前車軸ピボット直上点の横方向（ｙ方向）加速度が微増して機体前部が前後軸（ｘ軸）まわりに回転し、転倒する瞬間には前車軸左端点（左前輪）の上下方向（ｚ方向）に極めて大きな加速度が検出された（図７）。これらの挙動は転倒検出パラメータとして有効であり、本解析条件の下では転倒を事前に予測できる可能性が認められた。

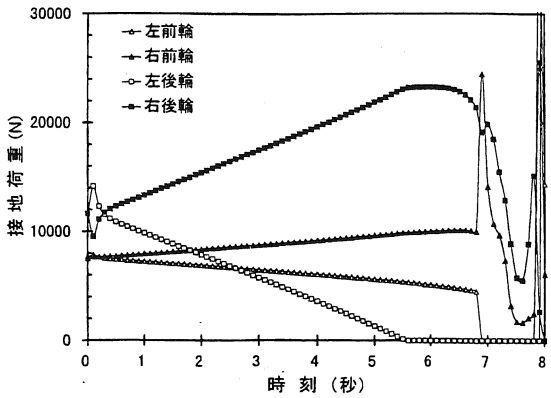


図６　各車輪の接地荷重の変化

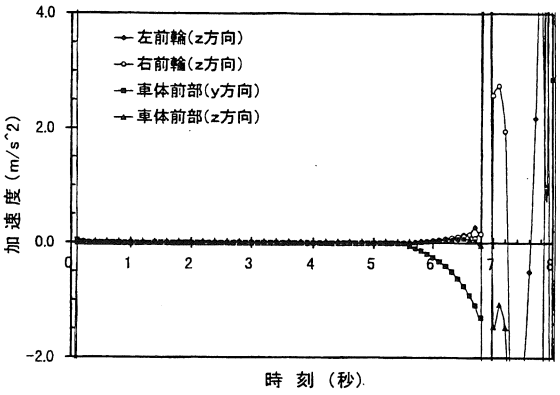


図７ 機体前部観測点の加速度の変化

４．結　論

４輪トラクタの機構モデルを作成し、片側車輪を徐々に持ち上げることで側方転倒を誘発して機体各部の挙動を解析した。その結果、車上の設置した内界センサにより側方転倒を事前に検出するための計測パラメータの特定が可能になった。供試解析モデルを様々な路面形状に対応できるように改良して、さらに広範囲の条件下で一般的に利用できる計測パラメータを探索すること、及び実車を供試した検証試験を行うことが今後の課題である。

参考文献

1) 小中俊雄：ベクトルによるトラクタ力学，農業機械学会選書２，農業機械学会，1989

2) Schwanghart, H. : Tractor overturning and testing of safty devices against overturning, Scientific Information Section, NIAE Silsoe, Translation 340, 1973

3) 石川文武ほか：トラクタ用安全フレームの研究（第１報），農機誌，46(2)，pp. 183～188，1984

4) 田尻巧郎ほか：傾斜地用トラクタの姿勢制御に関する研究（第２報），農機誌，51(2)，pp. 57～65，1989

5) Steinkampf, H. : Messung räumlich wirkender Kräfte zwischen Schlepper und Gerät, Grundlagen der Landtechnik, 21(3), pp. 71～76, 1971

6) 冨樫辰志ほか：トラクタ車輪荷重測定装置の開発，農機誌，49(4)，pp. 369～380，1987

7) Böhler, H. : Lastkollektive eines Traktorrumpfes. II - Simulation der Belastungen bei Transportfahrten, Landtechnik, Sonderausgabe 53, pp. 199～200, 1998

自動追尾型測距測角儀を使用したトラクタの自動走行

－　自動走行システムと走行試験　－

高野 剛*,　田中勝千*,　本橋圀司*,　石田頼子**

The automatic running in tractor by the homing type total station
－The automatic running system and the running examination－

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

Abstract

This report is describe about the automatic running system of a tractor which used a homing type total station and the running examination result using it. This system is one which does automatic running and transmitting the position information got at the homing type total station to tractor by radio communication. It was examined (the 890m mileage, the running speed of 0.33 m/s, the 44minute running time) during the running at a course which combined a 65m straight line and the turning radius of 5 m. As a result, the running precision in the straight line section indicated an automatic running at a maximum of 0.17 m and an average of about 0.1 m.

[Keywords] tractor, automatic running, homing type total station, magnetic direction sensor, radio communication

Ⅰ．はじめに

農用車両での作業の自動化に向けての研究が各機関で行われ，GPS[1)2)3)]や自動追尾型測距測角儀[4)5)6)]を使用した自律走行についての報告がなされている。これらの技術は、近年注目されているプレシジョンアグリカルチャに必要とされると考られる。そこで，著者らは，草地圃場を対象とした牧草収穫・管理作業の自動化を目的としたトラクタの自動走行システムを作成した。本システムは，主にトラクタの位置検出を行う自動追尾型測距測角儀（トプコン社 AP-L1A　以下 AP-L1A）と位置情報をトラクタへ伝送する無線モデム，さらにコンピュータによってトラクタの操舵を行う機構によって構成される。本報では，作成したシステムの概要と本システムを用いての自動走行試験を行った結果について報告する。

Ⅱ．自動走行システム

作成した自動走行システム概要図を図１に示す。システムは主に，以下に示す３つの部分により構成される。(1)AP-L1A を中核とする位置計測部，(2)位置情報やトラクタの走行状態を無線モデムにより，基地局と移動局間で相互通信する伝送部，(3)トラクタに搭載した地磁気方位センサによる方位角度と伝送された位置情報からハンドルの回転制御を行う計測・制御部からなる。本システムでは，AP-L1A の設置点を基地局，トラクタ側を移動局とした。なお，供試トラクタは，クボタ KL－4212（31kW）である。

（1）　位置計測部

位置計測部で使用される AP-L1A は，常時レーザ光で走査して，反射プリズムを自動追尾し，測距・測角を行うものである。なお，反射プリズムは，トラクタの後車軸中点の屋根上（地上高 2404mm）に取り付けた。AP-L1A で計測した測距・測角（水平角・天頂角）は，RS232C 回線を介してパソコン（NEC9821-NA12）へ転送され，ただちに座標計算および光波座標値から圃場座標への座標変換が行われ

＊北里大学　獣医畜産学部　＊＊筑波大学農林工学系

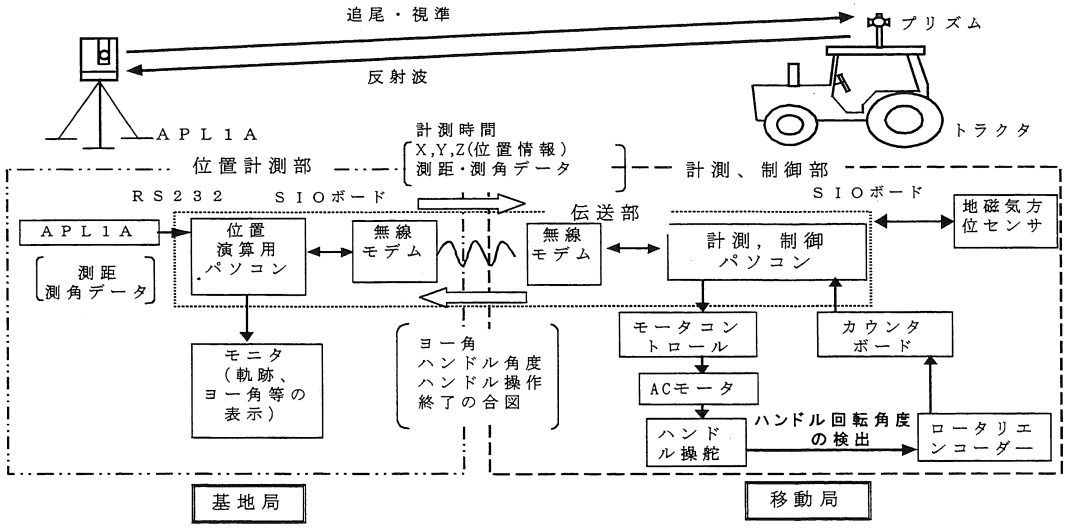


図1 自動走行システムの概要図

る。そして，基地局側のパソコンでは，座標値やトラクの走行軌跡，ヨー角，およびハンドル角度がモニタできるようにしてある。

（2） 伝送部

基地局と移動局間の情報伝送には，スペクトラム拡散方式の無線モデム（クラリオン社 UX1000A）を使用した。基地局からは主に位置情報を，そして移動局からは，トラクタのヨー角，ハンドル角度，ハンドル回転操作完了の信号が送信されている。

（3） 計測・制御部

トラクタに搭載した計測・制御用パソコン（NEC9821-NA12）は，伝送された位置情報（座標値）の取得し，トラクタ屋根上（地上高 2184㎜）に取り付けた地磁気方位センサ（プレシジョンナビゲーション社 TCM2 精度±１度）により車体方位角度の計測を行う。そして計測した方位角度からトラクタのヨー角を求める。自動走行中のハンドルの回転角度は，設定コースに対するトラクタ後車軸中点の位置とヨー角から算出する。トラクタの操舵は，自作した減速機と AC サーボモータ（オリエンタルモータ社 FX2200）により，ハンドル軸を直接回転させて行うようにした。操舵は，前輪舵角で制御を行

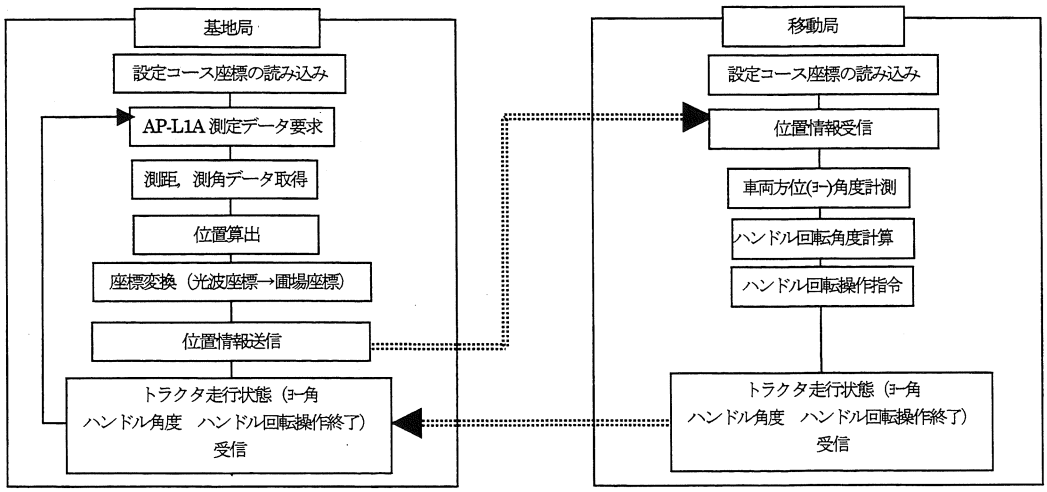


図2 自動走行プログラムフローチャート

うべきであるが，システムの都合上，今回は，この減速機にロータリエンコーダ（コパル社　RMW38）を取り付けて，ハンドル角度を計測し，このハンドル角度で制御する方法で行った。

（4）　自動走行プログラム

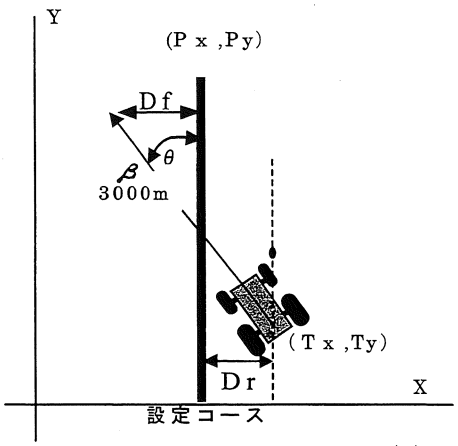
基地局および移動局パソコンでのプログラムのフローチャートを図２に示す。基地局，移動局のそれぞれのパソコンには，プログラム起動後，設定コースの座標値，方位角度を記録したファイルが読みこまれる。基地局側では，AP-L１A へ計測要求を行い，座標計算後，移動局へ位置情報を送信する。そして操舵終了後，移動局から送られるトラクタのハンドル操作終了信号を受信して，再び AP-L１A へ計測要求を行う手順を繰り返すようにしてある。無線伝送時の誤送信，誤受信に対しては，伝送データに BCC（ブロックチェックキャラクタ）を付加してエラーを検出できるようにした。さらに，エラー時には、移動局から基地局へ位置情報の再送要求をして正確な位置情報を得られるようにした。本システムのプログラムは，C 言語（Turbo-C）および一部アセンブラを用いて作成した。

Ⅲ. トラクタハンドル角度算出方法

ハンドル回転角度の算出は，行本[6]，N.Noguchi[7]らの方法を参考にして，直線区間と旋回区間で以下に示すそれぞれの方法で行うようにした。

(1)　直線区間でのハンドル角度算出方法

直線区間は設定コースと車両との横方向偏差，および車両のヨー角とコースの方位角度との差を考慮して，ハンドル角度を決定するのが適当と考えた。そこで，図３および，図中の式で示すように，まず設定コースとトラクタ後軸中点との横方向の差 Ｄｒを求める（図中(1)式）。さらにトラクタヨー角とコース方位角度の差θからトラクタ後車軸中点よりβ（3000㎜）前方の点とコースとの横方向偏差 Ｄｆを求める（図中(2)式）。この Ｄｆ，Dr を加算し，係数αを乗じてハンドル回転角度を算出する（図中(3)式）単純な比例制御の操舵を行うようにした。係数αの値は，0.8（㎜/度）で，これは，100㎜の偏差で 80 度のハンドル角度（前輪操舵角で５度に相当）の操舵をすることを意味し，αやβの値は，何回か予備走行試験をして決定したものである。



Ｄｒ=(Tx−Px)　　－（1）

：トラクタ後軸中点と設定コースとの横方向偏差

Ｄｆ=(Tx+ β×sinθ−Px)　　－（2）

：トラクタ後軸中点より 3000mm 前方点での設定コースとの偏差

ハンドル回転角度＝α×（Ｄｒ＋Ｄｆ）　－（3）

(Ｐｘ,Ｐｙ)：設定コース座標

(Ｔｘ,Ty)：トラクタ後軸中点座標

θ：車両ヨー角と直線方位角度との差

α：0.8

β：3000mm

図３ 直線区間でのハンドル回転角度の算出

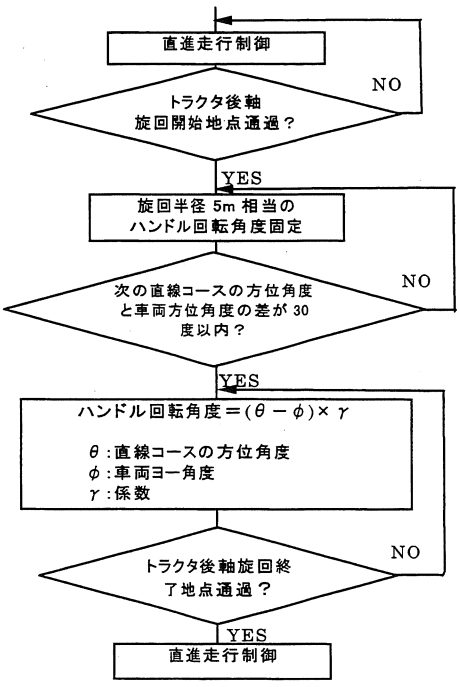


図４　旋回区間でのハンドル回転操作

(2) 旋回区間でのハンドル角度算出方法

旋回区間では，図４のフローチャートに示す方法で行っている。直線コースと次の直線コースとの間隔は10mなので，旋回区間は旋回半径5mで走行するのが適当と考えた。そこで，トラクタ後軸中点が旋回区間開始地点を通過したら，旋回半径５m に相当するハンドル角に操舵し，その角度を保持したまま旋回走行する。旋回中，車両ヨー角が次の直線コースの方位角度に対して 30 度以内となったら，図中の計算式により，その両者の角度の差θに比例したハンドル角度を操舵するようした。これは，旋回終了時点前までに，車両のヨー角が次の直線コースと平行の状態を保つようにして，次の直線コースにスムーズに進入できようにするためである。後軸中点が旋回区間終了点を通過した後は，直線区間でのハンドル角度算出方法で走行する。

Ⅳ.走行試験

北里大学内の芝草に覆われた平坦なグランド地（一部地面が露出）に直線 75m（南北方向），旋回半径５m とするＵの字を連続させたコース（走行距離約890m）を設定した(図5)。スタート点の座標は（0,-10），ゴールは（90,-10）とした。AP-L1A は，圃場座標の(15,-25)の地点に設置した。光波座標から圃場座標に座標変換を行うために，事前に圃場座標の原点（0,0）とＹ軸上の１点を計測した。

走行試験に先立ち，設定コースに沿って人間の運転による予備走行を行った。これは，直線コースの方位角度を求めるためであり，地磁気方位センサで計測した。設定コースファイルには，各直線走行区間と旋回走行区間を示す座標値と計測したコースの方位角度が記録され，プログラム起動時に読みこまれてコンピュータに走行経路がセットされる。基地局，移動局でプログラム起動後，まず手動でAP-L1Aからトラクタ上の反射プリズムを視準して，自動追尾のセットを行う。トラクタは，自動で始動・停止する機能を有していないため，スタート点付近（1.5,-15）までは，人間が運転して，その後，自動走行させた。走行距離約 890m を速度 0.33m/s で走行し，走行時間は約 44 分であった。また，基地局から移動局への位置情報の伝送周期は約 0.8 秒で，走行時間(10msec 精度)，走行座標値，車両ヨー角，ハンドル角度等のデータはすべて，基地局のコンピュータに伝送され，記録保存される。走行試験の様子を図６に示す。

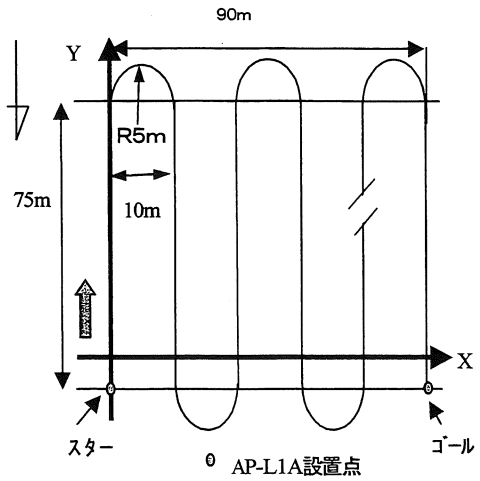


図5 設定コース

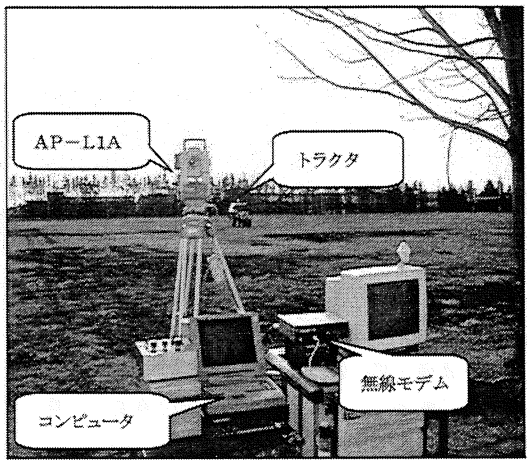


図6 自動走行の様子

Ⅴ. 結果と考察

走行軌跡の一例を図７に示す。走行軌跡は，AP-L1Aで追尾した計測値から求めたものである。旋回後の軌跡が少しずれたものの，おおよそ設定コースに沿った軌跡となった。この結果から，AP-L1A を使用した本システムによって，トラクタの自動走行が可能であることが示された。直線区間の走行軌跡の一部分を図８に示す。今回は操舵を比例制御のみとしたため，小さい蛇行を繰り返しながらコースに沿って走行する結果となった。直線区間（各直線コースのＹ軸（−５〜60m 間））の設定コースとトラクタ後

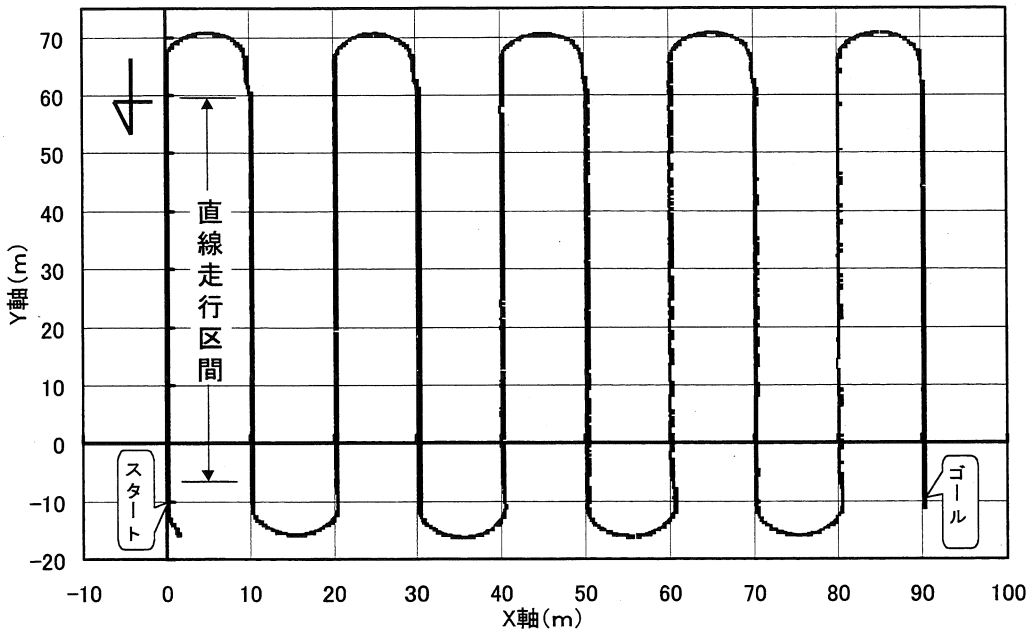


図7 自動走行による走行軌跡

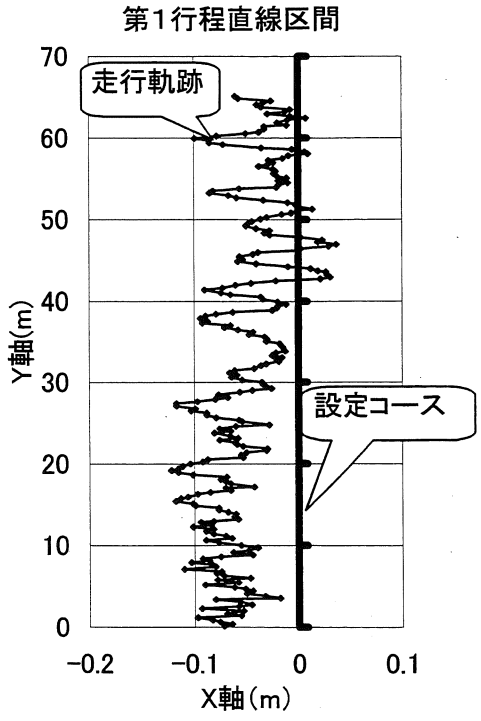


図8 直線区間での走行軌跡

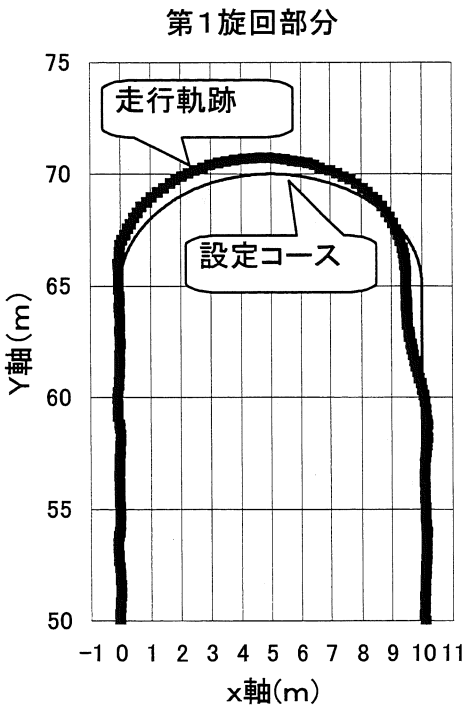


図9 旋回区間での走行軌跡

車軸中点との横方向偏差は，最大0.17m，平均0.1m程度であった。しかし，トラクタ後車軸中点の偏差に対して，トラクタ前部はそれ以上に大きく蛇行していることが観察され，将来，牧草刈り取り作業の走行を行う場合には，直線コースでの制御方法をさらに検討する必要がある。旋回区間での走行軌跡の一部分を図9に示す。旋回区間では，設定コースに対して外側を回る軌跡となった。これは，車両後車軸中点が旋回開始地点を通過してから，ハンドルを回すように設定したためであり，この点についても改善する必要がある。旋回中，トラクタヨー角が次の直線コース方位角度30度以内に入るまでは，一定のハンドル角度（半径5m相当）を保持するだけの操作にしたため，走行軌跡の旋回半径は，必ずしも5mとはならなかった。そのため，次の直線コースへの進入時，コースに収束するのに大きく蛇行する場合もあった。従って，旋回中も設定コースに沿って走行するような制御を行い，曲線路から直線路に進入する時の操舵方法も検討する必要がある。

VI. まとめと今後の課題

草地圃場での牧草収穫・管理作業の自動化を目的としたトラクタ自動走行システムを作成した。位置検出装置に自動追尾型測距測角儀（AP-L1A）を使用し，グランドでの走行試験を行った結果，直線走行時でのトラクタ前部のふらつきや旋回区間での旋回に，まだ問題があるが，直線走行区間では，最大0.17m，平均約0.1mの偏差での自動走行ができた。よって本システムにより，トラクタの自動走行の可能性が示された。今後は，

(1) 直線，旋回区間での走行制御の精度を向上させるための制御方法
(2) 草地圃場のように路面凹凸があるところでの高速度（約2m/s以上）走行になるとAP-L1Aが一時追尾不能になることが想定され，その場合に備えた内界センサを併用した位置データ取得方法
(3) 傾斜地走行での反射プリズムの傾斜補正

を検討する必要があると考えている。

謝辞

本研究は，文部省科学研究費補助金基盤研究C一般(2)10660245の補助金を受けた。記して感謝申し上げます。

参考文献

1）井上慶一、大塚寛治、杉本光穂、村上則幸、黎　文　自律走行のためのGPSとジャイロのカルマンフィルタによるセンサフュージョン技術（第1報）農業機械学会61(4)103-113，1999
2）岩崎浩一，宮部芳照，池原健一：GPSを用いたトラクタの走行制御に関する研究，農業機械学会　第57回大会講演要旨13-14
3）屋代幹雄、大下泰生、伊澤敏彦、雁野勝宣　GPSによる作業機の位置計測法　農業機械学会東北支部報40　19-22，1993
4）木村勝一、矢治幸夫、元林浩太、山内敏雄　：圃場生産のための自動走行作業技術の開発　平成7年度東北農業試験研究成績・研究概要集ー作業技術ー農林水産省・東北農業試験場編120-121
5）鳥巣　諒，中辻直良，武田純一：トラクタの等高線に沿った自律走行について（第2報）農業機械学会　第58回大会講演要旨　377-378，1999
6）行本修，両尾陽介，野口伸，鈴木正肚：耕うんロボットシステムの開発（第2報）農業機械学会60(4)29-36，1998
7）N.Noguchi，K..Ishii，H.Terao：Development of an Agricultural Mobile Robot using a Geomagnetic Direction Sensor and Image Sensors，Journal of Agricultural Engineering Research (1997)67，1-15

[閲読者コメント]

我が国では，自律走行問題がはやりである。凹凸のある滑りやすい傾斜牧草地の自律走行車両の研究として今後の発展を期待したい。

[筆者回答]

傾斜地牧草地での自律走行には，まず傾斜や凹凸を有する土地でも高精度な位置情報を安定して得られる計測方法と鳥巣ら[5]の車両の横滑りに対応した制御が重要であると考えております。今回の自動走行試験で示された問題点を解決して，今後は，傾斜牧草地での自律走行を試みたいと思っております。

土中応力の３次元解析プログラムの開発

広間達夫*・及川　理*・一戸陽介*・太田義信*

Development of Three Dimensional Analysis Program for Stress in Soil under a Running Wheel

Tatsuo Hiroma, Osamu Oikawa, Yosuke Ichinohe, Yoshinobu Ota

Abstract

A three dimensional finite element program was developed to analyze the tractive performance as well as the soil compaction and normal stress in the vertical direction in soil was analyzed. The soil model is the combined model which has a viscoelastic model under a loading stress state and an elastic model under an unloading stress state. The results showed that the normal stress in soil appeared in front of the lowest point of the wheel. The calculated normal stress in the vertical direction in soil agreed well with experimental results. The program developed can be used to evaluate the tractive performance of a wheel and the soil compaction under a running wheel.

[Keyword] three dimensional analysis, finite element method, viscoelastic model of soil, stress in soil

Ⅰ．緒言

農用トラクタは，けん引性能を十分発揮し，農作業の省力化，効率化を図る車両である。しかし，農用トラクタの走行により，土壌圧縮が引き起こされ，この土壌圧縮により土壌を構成する孔隙のバランスが崩れて作物の生育に障害をもたらす[1)]等の負の側面もある。土壌圧縮を軽減しながら十分なけん引性能を発揮するタイヤを開発するためには，車輪と土との相互作用を十分に理解する必要がある。

現在までに，２次元有限要素解析プログラムを開発し，車輪と土との相互作用についての検討を行ってきた[2), 3)]。しかし２次元ひずみ問題としての解析では，車輪幅方向の応力分布の影響を考慮することができない。そこで，車輪幅方向の土の変位に拘束を設けない３次元有限要素解析プログラムを開発した。本研究では，車輪下の土中の鉛直応力分布を調べると共に３次元有限要素解析の有効性を検討した。

Ⅱ．実験装置及び方法

実験装置及び実験方法について既に報告[3)]してあるので，ここではその概要を示す。実験に用いられた車輪は鉄製で，直径 451 mm，幅 125 mmである。車輪の位置は，走行距離測定器により記録され，この記録は走行速度を測ると共に，土圧計と車輪の位置関係を求めるのに用いられている。土中の鉛直応力は，土中に埋め込まれた土圧計（受圧面直径 27mm）により測定されているが，土圧計は土がほぐされた状態で車輪幅の中心線上に深さを変えて，転圧後の深さが約 50mm，150mm，300mmになるように３個所に埋設されている。走行実験終了後に土圧計の上の土を取り除いて，路面表面からの深さと，土槽に設定した基準位置からの進行方向距離が測定された。実験条件を，表１に示す。

表１　実験条件

回転角速度	約 1.0[rad/s]
含水比	66±1%[d.b]
単位体積質量	1.4 [g/cm^3]

*岩手大学農学部

Ⅲ．接地部の境界条件

車輪と土との接触面に作用する摩擦力は，接触面で車輪進行方向の摩擦力 f_q と，車輪幅方向の摩擦力 f_r とに分解できる。接地法線応力を f_p，摩擦係数を μ，粘着係数を c とすると，この接触面に作用する摩擦力は

$$f_q \leqq c + \mu f_p \qquad (1)$$

$$f_r \leqq c + \mu f_p \qquad (2)$$

で与えられる。（1），（2）式で，等号は限界摩擦力を示している。車輪端にある節点に作用する摩擦力に関して，車輪幅方向の摩擦力 f_r が，限界摩擦力より大きくなった場合に，この角点の節点は車輪の外側に移動して，車輪と接触しなくなり，この部分では車輪幅が小さくなることになる。この車輪幅の減少を避けるために，角点近傍をより細かい要素で分割して生じる誤差を少なくする方法もあるが，このようにすると要素数が膨大になって，計算時間の増加につながる。

そこで開発した３次元解析プログラムでは，接触面に作用する車輪幅方向の限界摩擦力を無限大にして，車輪に接触する土の車輪幅方向の変位を０に拘束した。この方法は，接触面上の各点に実際より強い拘束を与えることになるが，直進走行をしている場合は，f_r は f_q に比べてごく小さいと考えられるので，計算結果に与える影響は少ないと判断した。

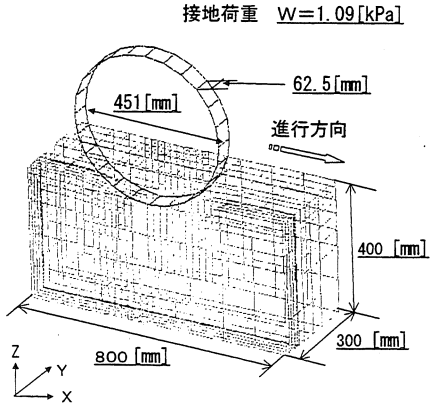


図１ 車輪及び土槽モデル

Ⅳ．３次元解析モデル及び計算条件

３次元解析に用いた車輪と土槽モデルを図１に示す。解析には，対称性を利用して車輪及び土槽を中心面で半分に分割したモデルを用い，３次元要素には，４角形８節点からなるアイソパラメトリック要素を用いた。進行方向を x，幅方向を y，鉛直方向を z に採った座標系を採用し，解析領域は，実験に使用した土槽にあわせて，y 方向に 300mm，z 方向に 400mmの大きさに設定した。x 方向については，車輪が進行し定常状態になるまでの進行距離と計算時間を考慮して，800mmとした。

走行実験結果[3]と比較するために，接地荷重を 1.09kN とし，車輪回転角速度及び進行低下率については実験値を用いて計算を行った。また、土の粘弾性係数及び車輪と土の粘着係数と摩擦係数については文献３の値を用いた。なお，車輪の進行方向は，図の左から右とした。

Ⅴ．結果及び考察

土槽の３箇所に埋設した土圧計で測定された鉛直応力の一例を進行低下率 2.2%で進行速度 0.132m/ｓの場合について図２に示す。図で，○印は深さ 80mm，×印は深さ 164mm，△印は深さ 267mm の位置の鉛直応力を示している。横軸は，車輪中心からの水平距離である。鉛直応力は，車輪が埋設した土圧計に近づいてくると，急激に大きくなり，車輪中心の約 50mm 前方で最大値に達し，その後減少していることがわかる。この鉛直応力の最大値は，土圧計の埋設位置が深くなると小さくなるが，ほぼ同じ位置で生じていることがわかる。

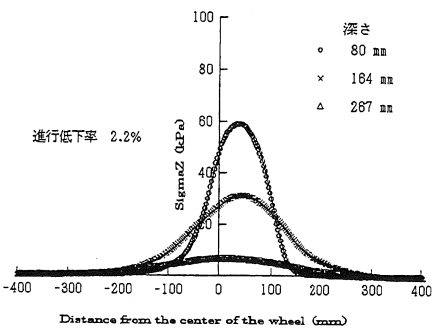


図２ 鉛直応力分布（実験結果）

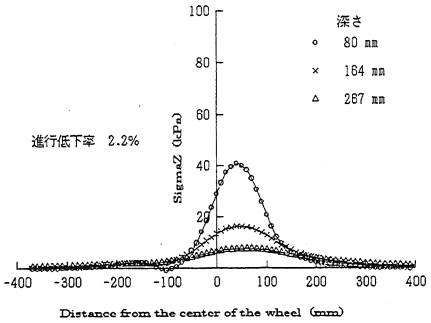


図３　鉛直応力分布（３次元解析結果）

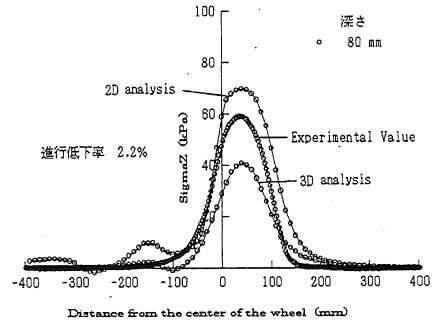


図４　解析結果と実験結果の比較

実験と同じ走行条件で計算した３次元解析結果を図３に示す。３次元解析結果の鉛直応力分布は，実験結果とほぼ同様な傾向を示し，最大値も実験結果とほぼ同じ位置で生じているが，その値は，実験結果よりも小さい。

鉛直応力の大きさを比較するために，深さ80mmの位置に関して，実験結果，３次元解析結果および，以前に報告した２次元解析結果[3]について調べた（図４）。鉛直応力の分布形状及び最大値の生じる位置は，実験結果と解析結果はほぼ同じであることが分る。しかし，最大値については，３次元解析結果は実験結果より小さく，２次元解析結果は実験結果より大きくなっている。

図５に，この場合の車輪幅方向における接地法線応力分布の３次元解析結果を示す。図は車輪中心から片側の分布を示しているが，車輪端で大きな接地応力が得られていることを示しており，法線応力の平均値は，中心部の法線応力の 1.6 倍である。この図は本解析プログラムで計算された車輪幅方向の法線応力分布が，弾性地盤上で表面が一様に変位する剛性荷重が作用した場合における接触面応力[4]と同様であることを示している。

実験に用いた土は，本解析モデルで考慮されていない塑性挙動を示すので，車輪端の近傍では降伏し，粘弾性計算で得られるような大きな応力が発生しないと考えられる。実際の接地法線応力分布は，凹状の分布形状を示すが、車輪端では３次元解析結果より小さく中心部では３次元解析結果より大きくなる。しかし、凹状の分布形状であるため、中心部では平均応力より小さいと考えられる。２次元解析結果は車輪幅方向の応力変化を考慮していないので，平均応力が計算される。

これらは，接地部の法線応力分布に関しての検討であるが，この接地応力分布が土中の応力分布にも影響していると考えられる。このことを考慮すると，実際の車輪中心下の鉛直応力は，３次元解析で計算される値と，２次元解析で計算される値の間をとると考えられる。

そこで，３次元解析結果と２次元解析結果のどちらが実験結果により一致しているかを調べた。実験結果との差を評価するために，実験値と計算値の差の平均二乗和の平方根を計算し，この値を計算値の誤差とした。計算値の誤差を上層部（深さ 53～100mm）に埋設した土圧計の位置で比較した結果を図６に示す。進行低下率が大きくなると，車輪の滑りによる土の移動に伴う土圧計の移動により，土圧計の埋設位置が変化し，実験毎に埋設深さが異なっているこ

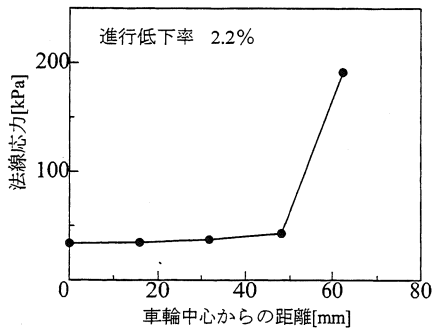


図５　車輪幅方向の接地法線応力分布
（車輪最下点）

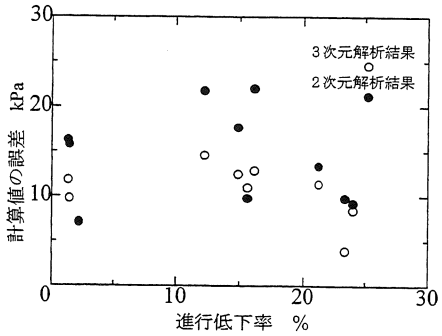


図６　鉛直応力の計算誤差
（深さ 53～100mm）

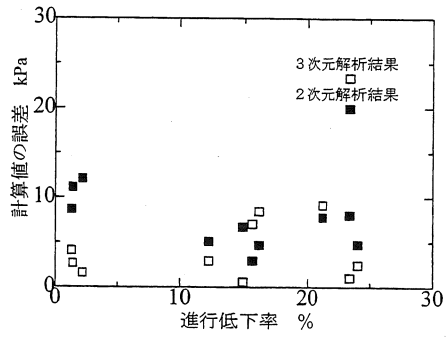


図７　鉛直応力の計算誤差
（深さ 238～300mm）

と等により，ばらつきが生じているが，誤差の平均値を調べてみると，３次元解析結果は 10.3kPa であり，２次元解析結果は，14.3kPa であった。次に，下層部（深さ 238～300mm）に埋設した土圧計の位置で比較した計算値の誤差を比較した結果を図７に示す。進行低下率が 15%以上で，３次元解析結果が２次元解析結果より大きな値を生じているが，３次元解結果の誤差の平均値は 4.0kPa であり，２次元解析結果は 7.2kPa であった。

これらの結果より，３次元解析プログラムで計算された鉛直応力は，２次元解析結果に比べて実験結果との誤差が小さく，２次元解析より精度良く計算できた。３次元解析では，２次元解析では表現できなかった車輪幅方向の土の移動を考慮した結果と考えられる。

Ⅵ. 結言

車輪と土の相互作用に関して，３次元有限要素解析を行い，土中の鉛直応力分布を調べると共に，３次元有限要素解析の妥当性を検討した。以下に結果をまとめる。

１．車輪下の土中の鉛直応力は，車軸より前方で最大値が生じる。

２．３次元解析は，２次元解析より土中の鉛直応力を精度良く計算できる。

３．３次元解析は，車輪走行による土の圧縮を解析するのに有効である。

参考文献

1) Inge Hakasosn, Ward B. Voorhees and HughRiley: Vehicle and Wheel Fractors Influencing Soil Compaction and Crop Response in Different Traffic Regimes, Soil & Tillage Research, 11, 239-282, 1988.

2）広間達夫, 阿部孝志, 片岡　崇, 太田義信：有限要素法による車輪の走行性能の解析（第１報），農業機械学会誌, 61(1), 115-121, 1999

3）広間達夫, 阿部孝志, 一戸陽介, 片岡　崇, 太田義信：有限要素法による車輪の走行性能の解析（第２報），農業機械学会誌, 61(1), 123-129, 1999

4）最上武雄：土質力学, 技法堂出版, 224-225, 1969.

[閲読者のコメント] このような解析では、実験値と計算値の差がどの程度であれば精度がよいといえるのでしょうか。また、本解析プログラムの，ゴム車輪への適用性は如何でしょうか。その際の問題点は何でしょうか。

[著者回答] 土槽内の供試土を均質にできないこと等のため、土中応力に関しては、20%程度の差であれば、比較的精度が良いと考えています。また、本解析プログラムにはタイヤのモデルを組み込むことが可能でありますが、その為にはタイヤモデルの構築が必要です。

水稲複粒化種子の造粒・播種技術の開発（第２報）

－粘土ひも切断式造粒法の開発と播種試験－

冨樫辰志*・西脇健太郎*・矢治幸夫*・木村勝一*菊池康紀**

Development of Rice Direct Seeding System Using Multiple Grain Pellet(Part 2)
－Development of New Granulation Method of Multiple Grain Pellet and Seeding Test in a Paddy Field－

Tatsushi TOGASHI*, Kentaro NISHIWAKI*, Yukio YAJI*, Syoichi KIMURA*, Yasunori KIKUCHI**

［キーワード］水稲直播，複粒化種子，造粒法，粘土ひも切断式，播種精度

１．はじめに

閉塞感のある水稲作の省力・低コスト化を大幅に進めるため，現在，日本型直播技術の開発研究が全国で精力的に行われている[1)]。最近，稲作農家側からは，コシヒカリ等良食味品種に適応した直播技術として，散播方式よりも点播方式に対する要望が少なくない。筆者らは，数粒の水稲種子をペレット状に成形して複粒化種子とし，それを点播する新たな直播技術の開発を進めている[2)]。本技術は，栽培管理が移植栽培に近く安定していることの他に，複粒化種子の多機能化等により，他の点播方式よりも有利となる可能性がある。複粒化種子の必要条件としては，水稲種子５～７粒を含むこと，できるだけ小さな球形であること，適度な硬度を有すること，等が挙げられる。

本報では，複粒化種子の造粒法として開発した「粘土ひも切断式造粒法」の概要と造粒された種子の物理性，および圃場における播種試験結果について報告する。

２．研究方法

１）複粒化種子の物理性

造粒した複粒化種子の寸法・質量および含まれる水稲種籾数を調査した。硬度は，圧縮試験装置で供試種子の厚み方向に荷重を加え，破砕が生じた時点での荷重を読みとり，それを圧砕強度とみなした。酸素発生資材（カルパー）被覆量は，1.25倍および2.0倍の２区，乾燥程度を被覆直後（含水率17.8%wb），陰干しで12ｈ経過後（同15.8%wb），同24ｈ経過後（同8.1%wb）の３区設定した。

２）播種試験

(1) 供試機械諸元

市販の湛水土壌中直播機（６条用乗用田植機装着型，5.5kW，前報参照）に一部改良を加えて供試した。播種機は傾斜ベルト式（セル直径14mm，深さ９mm），ベルト駆動は各条ごとに接地駆動輪方式である。

(2) 種子・圃場条件

品種：あきたこまち，播種日：５月12日，播種面積：10a，設定播種量：乾籾3.8kg/10a。圃場は耕うん後，播種日の２日前に代かきして播種日前日に落水し，当日は通常の移植時の土壌条件（水深0～2cm程度）とした。土壌硬度は33.7±5.6mm(土壌表面硬度計：DIK-5580)，土質は厚層腐植質多湿黒ボク土。その他，現地試験は東北4県の農業試験場および農家圃場の計6カ所で行った。

(3) 作業条件など

設定作業速度：0.42m/s，条間：30cm，設定播種間隔（株間に相当）：16.5cm。苗立調査は，播種日より19日後（積算温度：277度）に出芽深度・株間・出芽本数を調査した。

３．結果および考察

＊東北農業試験場　**（有）北日本ゼオライト販売

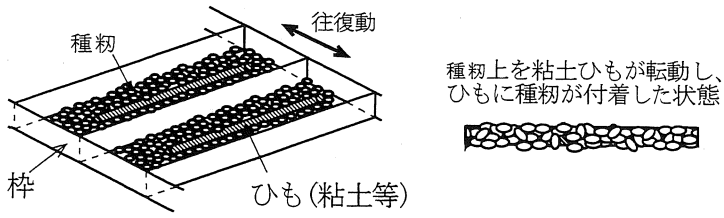


図1-1　水稲種籾の粘土ひも付着工程

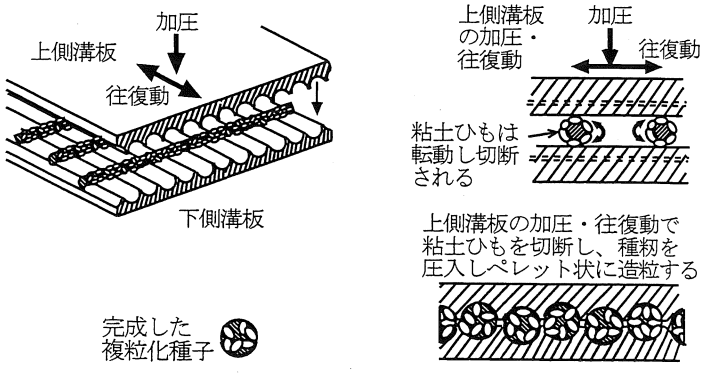


図1-2　粘土ひもの切断・造粒工程

1）造粒工程

新たに開発した粘土ひも切断方式による複粒化種子の造粒工程は以下の通り（図1-1，1-2）。

①粘土に加水・混捏して適正な硬度に調整する。

②調整した粘土を市販の電動式シーリングガンに装填し，枠内にひも状に射出し，射出後に水稲催芽種子で粘土ひもを覆う。

③枠を往復動し粘土ひもを転動させて粘土ひも表面に水稲種子をまんべんなく付着させる。

④種子が付着した粘土ひもを，目開き10㎜のクリンプ網に載せて余分な種子を排除する。

⑤粘土ひもを溝と直交するように下側溝板に載せ（写真１），上側溝板をかぶせて加圧しながら往復動させる。

⑥粘土ひもは切断されると同時に，表面に付着している水稲種子が粘土内に僅かに圧入されてほぼ円形に造粒される。隣接する溝の深さが異なるので，造粒された複粒化種子は効率よく切り離される。

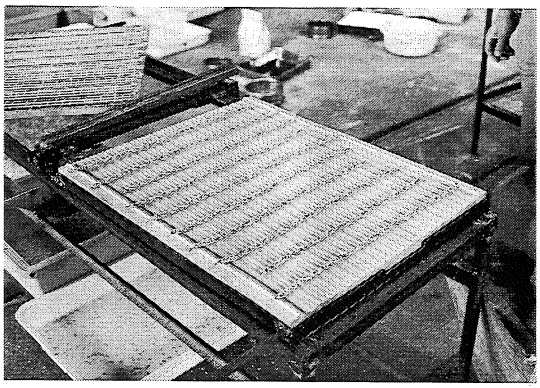


写真１　溝板上の粘土ひも

造粒した種子には一旦，互いに付着するのを防ぐためにカルパーを薄くまぶし，その後コーティングマシンで加水噴霧しながらカルパーを再度被覆する。

以上の作業工程について所要時間を測定した結果，合計５分の例を表１に示した。特に粘土ひも射出工程と，粘土ひもに着いた余分な種籾

表１　造粒工程別所要時間割合

工程名	時間 s（割合%）
粘土ひも射出	90　(30.0)
種子ばらまき	30　(10.0)
粘土ひも転動	20　(6.7)
籾除去天地返し	60　(20.0)
溝板上の調製	20　(6.7)
切断・造粒	30　(10.0)
その他の動作	50　(16.7)
合　計	300　(100.1)

の除去工程の占める時間割合が大きく，自動化を進める上での優先検討事項と思われた。

２）実際の造粒条件

粘土は陶芸用の市販品（含水率22%wb，100円/kg）を用いた。硬度調整は，粘土に水を加えて含水率24%wbとし，山中式土壌硬度計の測定値４mm（40kPaに相当）の土壌硬度とする。粘土ひもの直径を3.5mm，溝板の溝幅を8.5mmとした場合，使用する粘土質量は乾籾の1.2～1.3倍となる。製作した溝板の概要を図２に示した。

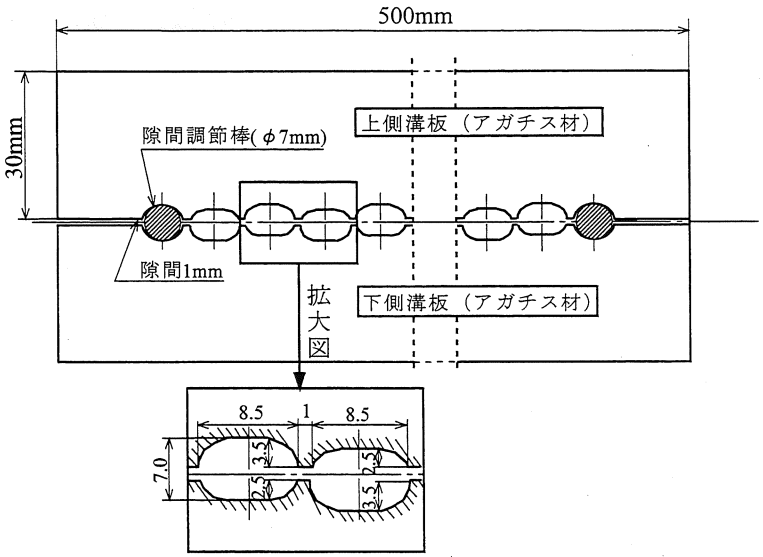


図２　上・下溝板の概要

上・下の溝板寸法は，各々，長さ550mm，幅500mm，厚さ30mmであり，幅8.5mm，深さ2.5mmおよび3.5mmの溝が交互に計48本成形されている。幅8.5mmというのは種籾の長さ約7.1mmを考慮して設定した値である。溝の長さ 550mm，約450mmの粘土ひも10本とした場合，１回で造粒できる粒数は歩留まり95%として約450個。カルパー被覆量はトータルで乾籾の1.2～1.3倍とした。コーティング後数時間風乾し，6.7mmメッシュふるいで選別して残ったものを供試複粒化種子とした。

３）造粒作業能率

２人組作業での１回当たり所要時間は平均約６分間（複粒化種子450個）であった。10a当たり乾籾４kgの播種量（条間30cm，株間17cmで20000粒/10a）とすると作業能率は毎時2.3a分（毎時4500粒，２人組作業）となる。しかし，実用的な普及技術としては５ha／日程度の能率が必要と思われ，大幅な高能率化が必要であると判断された。

４）複粒化種子の物理性

(1)形　状

測定した複粒化種子の最大径と最小径の関係を図３に示した。最大径は９～13mm（平均10.7±1.1mm），最小径は５～10mm（平均7.9±1.3mm）の範囲内にあった。種子形状は球形に近い楕円球の形状となるが（写真２の右側），これ

は成形する溝寸法（幅8.5mm，深さ7.0mm）に起因するものと推察された。写真２の左側は，カルパーコーティングマシンで造粒した複粒化種子である（前報参照）。傾斜ベルト式播種機のベルトセルの寸法は最大で直径15mm，深さ９mm以内と見積もられるので，許容最大径は12mm程度以内と考えられ，今回の複粒化種子寸法は許容範囲をクリアしていると判断された。

(2)質　量

複粒化種子１個当たりの質量分布を図４に示した。複粒化種子全体の含水率16%wb時の質量構成比率（推定値）は，催芽籾27%，粘土25%，カルパー34%，水14%。ただし，カルパーは乾籾比　1.25倍被覆しており，水14%には乾籾・粘土・カルパーの水分は含まれていない。カルパーの適正な被覆量については今後の栽培分野を待たねばならないが，現時点では乾籾の1.2～2.0倍の範囲にあると考えられる。

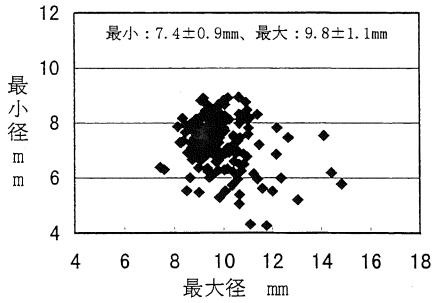


図３　複粒化種子の直径

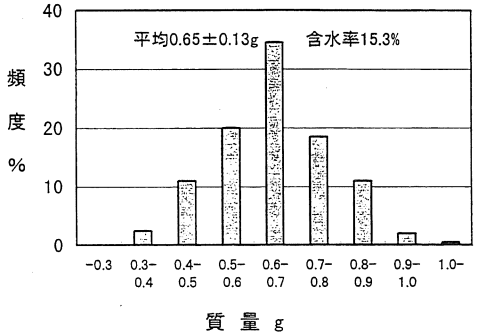


図４　複粒化種子の質量

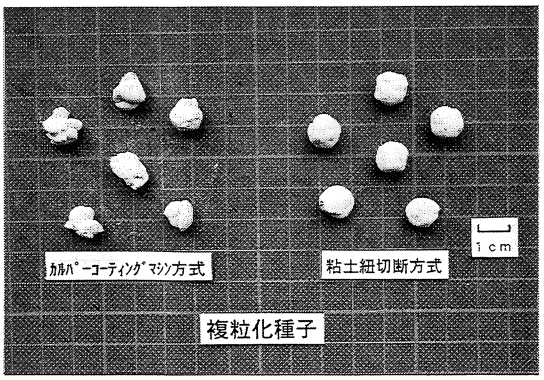


写真２　複粒化種子の形状

(3)含まれる種籾粒数

複粒化種子１個当たりに含まれる種籾粒数を図５に示した。催芽籾の平均的な寸法が長さ7.1 mm，幅3.4mm，厚さ2.4mm（あきたこまち）であることと，本方式で造粒された複粒化種子の寸法・質量および含まれる籾粒数とを考慮すれば，本方式は，必要な種籾数（５～７粒）を，より小さな体積のペレットに含ませることのできる高精度な技術であると判断された。

今後の課題としては，より完全な球状に近づけること，最終的なコーティング作業の省力化，バインダとしての粘土に肥料等多機能化を付加すること，等が挙げられる。

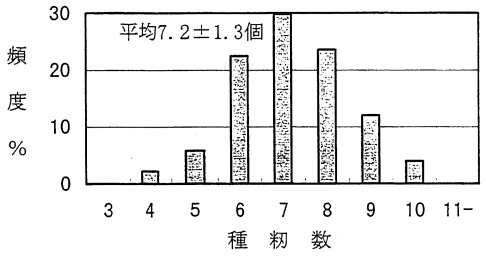


図５　複粒化種子に含まれる種籾数

(4) 表面硬度

表面硬度の調査では，圧砕強度を測定した。表２より，①カルパー被覆作業直後（含水率17.8%wb）では15～16Nの強度であったが，

表２　圧砕強度

ｶﾙﾊﾟｰ被覆量	被覆直後 (17.8%)	12h経過 (15.8%)	24h経過 (8.1%)
1.25倍	16.3N	18.5N	24.9N
2.0 倍	15.0N	23.2N	33.5N

注）（）内は種子全体の含水率wb

圧砕強度不十分であることは観察からも明かであった。②24ｈ経過後の含水率 8.1%wbの場合，圧砕強度は大きな値となったが，乾燥しすぎで脆さが目立ち，衝撃には弱いと推察された。③12ｈ経過後の含水率15.8%wbでの強度は約20Nであり，総合的に見て適当な強度と判断された。この場合，被覆直後の含水率よりも僅か２%の低下であるが，そのほとんどが表面に被覆されたカルパーの含水率低下と考えられるので強度的にはかなりの増加となる。カルパー被覆量の違いでは，被覆直後を除き，2.0倍の方が1.25倍よりも強度は大きな値であった。

５）圃場播種試験

(1) 供試播種機の改良点

①各条ごとの接地駆動輪突起部分の面積を大きくして駆動力を増した。

②車輪跡の溝に追随する接地駆動輪の回転を安定させるため，整地用プレートをフロートに取付けた。

③種子の覆土効果を上げるために覆土板にウエイト２種（0.1kgと0.2kg）を取付けられるようにした。

④種子のブリッジ現象をなくすためにホッパ出口を広げた。

改良効果については，④は明確に効果が認められた，①と②については一定の効果は認められたが，若干改良の余地がある，③は圃場によって，あるいは一筆圃場内でも場所によって効果があったりなかったりして効果の判定は非常に難しい，と判断された。

(2) 出芽深度

土壌表面と複粒化種子中心点までの距離を出芽深度とする。設定５～10mmに対する試験結果9.2mmはほぼ良好な値であった（表３）。

表３　圃場播種試験結果

*土壌硬度	: 33.7mm（±5.6mm）
播種量	: 3.5kg/10a（乾籾）
出芽深度	: 9.2mm（±3.6mm）
株間	: 17.2cm（±2.8cm）
出芽本数	: 110本/㎡
推定出芽率	: 88.8%
作業速度	: 0.37m/s

*土壌表面硬度計(DIK-5580)による。

(3) 播種間隔（株間）および播種量

設定株間は16.5cmであったため，接地駆動輪のすべり率が－４％（乾田面走行ですべり率０％とした）となって播種間隔は17.2cmとなった（写真３）。複粒化種子の播種粒数は約2万/10a，種籾数は14.4万/10aとなった。苗立率70%と仮定すると苗立本数100本/㎡は適正な値と判断される。

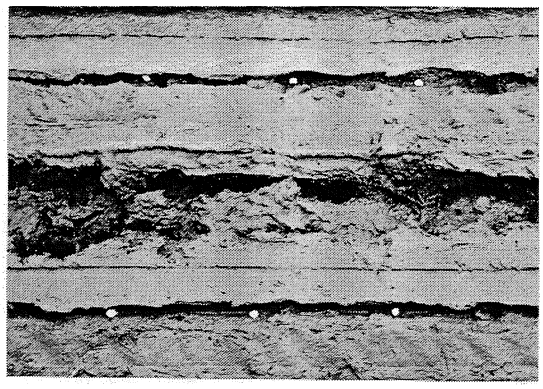


写真３　複粒化種子の播種状況

(4) 作業性

作業行程は，通常の移植作業と同様に考えて良い。ただし，枕地の土壌条件（凹凸や硬さ）が悪ければ，作業速度を30%ほど落とす（写真４）。マーカによる隣接行程の識別効果は，滞水面積が大きくかつ深い箇所では不十分であった。

(5) 播種機の問題点

現地播種試験は東北農業試験場内圃場の他に，青森県・岩手県・秋田県・宮城県の試験場及び

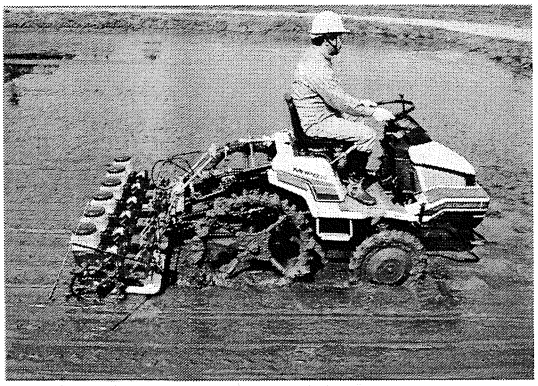


写真４　複粒化種子の圃場播種試験状況

農家圃場，計６カ所で行った。以下の問題点は，それらの試験中に摘出されたものである。

①10a 作業中に数回以上の割合で，播種ベルトのセルに種子が詰まる現象が生じた。直径14mm，深さ９mmのセル穴に対して，扁平形で大きめの種子が１個詰まっている場合と，小さめの種子が２個詰まっている場合とがみられた。

②土壌が堅い場合（土壌表面硬度計で20mm未満），覆土が不十分で種子が表面露出したり，また，車輪轍への土壌の埋戻し作用が不十分で接地駆動輪の回転数が低下した。軟らかすぎる場合（同硬度計で50mm以上）は，接地駆動輪のすべり率が－20%以上となって，播種間隔が広くなる傾向であった。適正土壌硬度は30～40mmで，接地駆動輪のすべり率は－10%前後（設定播種間隔16.5cmの場合）と推定された。

④６個ある播種ユニットのうち，進行方向に向かって左から３番目が全体のセンシングユニットの役割を果たしていて，フロートが受ける土壌抵抗を感知して油圧動作で適正な上下位置を保持する構造となっている。他の播種ユニットは独立懸架方式なので，土壌硬度が軟らかめの時にセンシングユニットのフロート位置が他のフロート位置よりも深くなり（油圧の抵抗で），播種土壌面が他の条よりも１～２cm低くなった。その結果，播種後落水が不十分となり，降雨・滞水の影響により出芽率が30%以上低下した。

④傾斜ベルト式播種機を使用しているため，欠株などが発生しない安定した播種精度を保つ限界作業速度は0.7m/s前後と判断された。

⑤複粒化種子では，鳥害が大きくなる可能性がみとめられた。数本が１箇所から出芽するために散播より標的になりやすく，特にカモ類から集中的に攻撃された事例があった。

４．摘　要

水稲直播用の複粒化種子を高精度に造粒する方法として「粘土ひも切断式造粒法」を開発した。造粒された複粒化種子は長径10.7mm，短径7.9mmの楕円球形状で，質量 0.65ｇ，含まれる種籾数は7.2粒であった。本方式は，より小さなペレットにより多くの種子を混入できる造粒技術である。しかし，作業能率は現時点で毎時4500粒（２人組作業）と非常に低いレベルにあるので，高能率化が大きな課題として残された。

複粒化種子の播種試験では，前年度の問題点を改良した結果，播種量・出芽深度・株間距離等は良好な値であったが，種子のセルへの詰まり，土壌が硬い場合への対応技術等に解決すべき問題点が摘出された。なお，粘土ひも切断式造粒法は，現在，特許出願中である。

【参考文献】

１）（財）農政調査委員会：日本の農業－あすへの歩み－205 水稲直播栽培の新展開，1998

２）冨樫辰志，他：水稲複粒化種子の播種技術の開発（第１報），農業機械学会東北支部報（45），41～44，1998

【コメント】　粘土ひも切断式造粒法を今後どのようにして作業能率を高め，実用レベルにもっていこうとしているのか伺いたい。

【著者回答】　粘土ひも射出からその他の動作まで約８工程のうち，先ず，最も時間のかかる粘土ひも射出工程を連続作業とする自動化を検討中です。実用レベルは，毎時１０万粒（0.5ha相当分）以上と考えられるので，できるだけ目標値に近づけるよう研究・開発を進めたい。

水稲芽出し籾流体直播機の開発

伊藤勝浩*・高橋政夫**・高橋　修***・一守貴志****・大里達朗*****

Development of rice seeding machine using sprouting seeds into jelly

Katsuhiro ITOH*,Masao TAKAHASHI**,Osamu TAKAHASHI***,Takashi ICHIMORI****,
Tatsurou OHSATO*****

【キーワード】水稲、湛水直播、芽出し籾、流体資材、播種機

1．はじめに

旧岩手県立農業試験場（以下岩手農試）では、昭和60年～平成元年に寒冷地に適する直播技術の安定化を目的に、籾を数mm芽出しし、流体資材に混入させて播種する「芽出し籾土壌ペースト播種法」を考案し、更に平成２年～４年には、芽出し籾を流体資材に混入した状態で播種可能な、芽出し籾流体直播機の開発を行った。

しかしこの際に、流体資材として選定したベントナイトは、調製後の安定性、EC、再現性等に改良の余地があり、新たな流体資材の探索が望まれた。また、播種機の構造は、成形溝への点播播種方式で無覆土であったため、浮苗や倒伏の発生など栽培上の課題もあった。

本報告では、岩手農試が開発した、芽出し籾直播栽培法について、流体資材の探索と、播種機構の改良を行った結果、水稲芽出し籾流体直播機の播種精度の向上が見られたので報告する。

2．試験方法

1）流体資材の選定

催芽器において48～60時間、出芽長3～5mm程度に催芽した種籾を用い、それぞれの流体資材に混和し、機械適応性（再現性、安定性、粘度、播種精度、播種量）、直播適応性（出芽状況、苗立歩合）について検討した。慣行区をこれまでのベントナイトとし、ゼラチン、高吸水性アクリル系樹脂（サンフレッシュSD-500D）、ベントナイト＋合成培土、合成培土＋増粘剤、カンテンについて、比較検討した（表1）。

2）播種機の開発改良

平成６年度は作業機本体部分をM社乗用６条田植機MPR-65、播種機部分は岩手農試が開発した芽出し籾流体播種機を装着し試験を行った。平成９年度以降については、作業機本体を代かきローターを装備したM社表層砕土同時田植機（ハロー田植機：乗用６条）MHP-605に変更した。播種機部分は引き続き岩手農試が開発した芽出し籾流体播種機について改良を行った（図4．図5）。

表１　各流体資材の調製方法

①ベントナイト 水１ℓに対し規格600メッシュのベントナイト130ｇを加える。タチガレエース液剤を混入し、粘度を調整する。
②ゼラチン 水１ℓに対し、2.5%、2.0%、1.75%、1.5%、1.25%、0.63%のゼラチン溶液を作る。
③サンフレッシュ 水１ℓに対し、0．5%の高吸水性アクリル系樹脂を加える。
④ベントナイト＋土 水１ℓに対し130ｇのベントナイトを加える。できたベントナイト液の75%相当の土（M社合成培土用土（無肥料）を篩いにかけたもの）を加える。
⑤土＋増粘剤 M社合成培土用の土（無肥料）を篩いにかけたもの４ℓに対し水2.2ℓを加え、増粘剤として合計質量の0.2%の質量のアルギン酸ソーダを加える。
⑥カンテン 水１ℓ当たりカンテンパウダー（S-7：伊那食品工業）5ｇ（水に対し0.5%）を加え加熱溶解後、常温で１昼夜冷却した後、約2mm角網目の篩いを通し、カンテン粉砕液とする。

*岩手県農業研究センター　**花巻地方振興局農林部　***千厩地方振興局農林部
****岩手県庁農産園芸課　*****岩手県農業研究センター県北農業研究所

3．試験結果

1）流体資材の検索

試験を行った流体資材中で、機械適応性、直播適応性が得られた資材はカンテンであった（表2. 表3. 表4）。ベントナイトでは時間の経過とともに粘度の変化が見られた（表5）。また、増粘剤では土の微妙な違いにより同一割合の添加でも粘度が全く異なった（表5）。カンテンは次の点が優点として上げられた。①濃度を同一にすれば再現性があり、常に同じ状態の流体資材を作ることが可能であった。②時間の経過に伴う粘度の変化が無く、流体資材を播種前日に準備しても播種当日まで同じ状態を保つことが可能であった。③カンテン粉砕液にあらかじめ、種籾を混和しておいても、種籾と流体資材の分離が無く播種精度が安定的であった。（表2. 表3. 表4）

2）播種時のカンテン粉砕液と種籾の混合割合及び播種機の設定について検討したところ、吐出試験においては、試験3から試験6において詰まりが発生せず、おおむね8kg／10aの播種が可能であった。しかし、圃場試験では試験4から試験6では、詰まりが発生したので、カンテン粉砕液10ℓに対し乾籾1kgの混入割合が望ましいと判断できた（表6）。

3）播種機構の改良

①播種ノズルは、従来は長さ20cmほどで点播状態に播種していた（図1）。この場合種子は土壌表面に播種した状態となり、苗立率が最も高くなった。しかし、播種後の潅水により籾の流亡や倒伏が発した。ノズルを内径15mmのシリコンチューブ製とし、長さを40cmとすることによって、播種時の土壌硬度において、やや軟らかい状態の圃場では、播種ノズルが適度に湾曲し、土壌表面を這うように播種された。これにより、1cm程度の最適な播種深となり、併せて土壌の戻りによる覆土状

表2　各資材別の出芽性　（平成6年度）

資材 / 項目	ゼラチン 2.50%	ゼラチン 1.25%	ゼラチン 0.63%	ﾍﾞﾝﾄﾅｲﾄ 14.5%	ﾍﾞﾝﾄﾅｲﾄ+土(1:3)	寒天 0.5%	ｻﾝﾌﾚｯｼｭ 0.5%
試験条件	シャーレ内30℃8日静置、120粒2反復						
出芽率 %	67.1	69.2	82.9	82.1	96.0	100	100
出芽長 mm	4.4	9.6	11.5	15.9	58.4	64.3	37.1
出根長 mm	0.2	1.0	1.6	9.2	43.5	80.7	14.1
備考	硬	やや柔	柔				
評価	×	△～○	○	○	○	○	○

表3　播種精度及び苗立状況　（平成6年度）

項目	播種量(kg/10a)		播種籾数(粒/m²)**				掘り取り調査		
試験区	設定量	実際量	①	②	③	平均	掘取り数 粒/m²	苗立本数 本/m²	苗立率 %
ゼラチン	5.0	5.8*	170	123	147	147	133	27	20.0
寒天	5.0	5.0	150	158	148	152	155	63	40.9
ｻﾝﾌﾚｯｼｭ	5.0	4.7	173	188	168	177	103	32	30.6
ﾍﾞﾝﾄﾅｲﾄ+土	5.0	5.4	135	138	－	137	155	52	33.3
ﾍﾞﾝﾄﾅｲﾄ	5.0	5.9	103	183	－	143	165	48	29.3

*実際量：資材使用量から計算　**2m当りの播種粒数調査から計算

表4　苗立状況②　（平成7年度）

区名	播種月日	播種量設定値 kg/10a	播種実測値 kg/10a	調査月日	苗立率(%)	苗立数 本／m²	備考
1．土＋ﾍﾞﾝﾄﾅｲﾄ区①	5/ 9	10.0	7.09	6/ 5	76.6	117	植代区
2．土＋ﾍﾞﾝﾄﾅｲﾄ区②	5/ 9	10.0	11.98	6/ 5	79.0	216	荒代区
3．土＋ﾍﾞﾝﾄﾅｲﾄ区③	6/ 9	10.0	10.40	7/ 5	72.5	242	再播種
4．カンテン区①	5/ 9	10.0	7.19	6/ 5	－	－	資材試験
5．カンテン区②	6/ 9	10.0	8.70	7/ 5	73.3	151	再播種
6．土＋増粘剤区①	5/ 9	10.0	10.87	6/ 5	－	－	資材試験
7．土＋増粘剤区②	5/12	10.0	9.40	6/14	48.5	71	現地試験

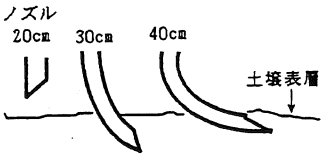
態が得られ、苗立率の確保と倒伏防止の両立が可能であった（図1．表7）。従来はホッパの下部のプラスチック部分がやや狭く、前方に60°の角度で折れ曲がっており、このことが播種時の籾詰まりの原因の一つとなっていた。そこで、ホッパ位置を作業機前方に移動し、播種ホースが繰り出し部のローラーピンに当たる部分をストレート化し籾詰まりの解消を図った（図2．図3）。

②慣行どおり代掻きした圃場において、芽出し籾流体播種機での播種作業時に、更にM社ハロー田植機の代掻きローターを使用することにより、種子は代かきされた土壌表面にわずかに埋没する状態で播種することが可能であった。代かきローターの使用により播種時の土壌硬度の改善効果が得られ、播種機が適応可能な播種前の圃場の落水状態の幅が広まり、種子の適正播種深の確保が容易となった。また、他の播種方式に比較して播種深の変動係数が少なかった（図5．表8）。

③播種機の繰り出し部は、ホッパの流体資材がシリコン製の播種ノズルを通る際に、6本のローラーピンが回転することにより、絞り出す機構になっている（図3）。播種量はローラーピンの回転速度により変化するが、播種量を多くするため、ローラーピンの回転を早くするとシリコンチューブの狭められている時間が長くなり、詰まり易くなった。そこで各条の繰り出し部のローラーピンを6本から3本に減らした。これにより種籾と流体資材の詰まりが無く播種作業を行うことが可能であった。

表5　各流体資材（籾混入後）の粘度（平成7年度）

流体資材名	粘度（dPa･s）
土＋ﾍﾞﾝﾄﾅｲﾄ①	45.0
土＋ﾍﾞﾝﾄﾅｲﾄ②	80.0
土＋増粘剤①	120.0
土＋増粘剤②	32.0
カンテン	25.0



図左：従来式播種ノズル

図1　流体播種ノズルと土中への播種状態

表6　流体資材＋催芽籾の吐出試験結果（未走行）　（平成10年度）

試験NO	カンテン濃度0.5%　籾混入割合	主変速	株間設定	10a当推定吐出量（ℓ）	推定乾籾播種量（kg/10a）	評価
1	ｶﾝﾃﾝ粉砕液10ℓ・種籾1000g（乾籾当）	低	16cm	59.8	6.8	△
2	ｶﾝﾃﾝ粉砕液10ℓ・種籾1000g（乾籾当）	低	14cm	82.7	5.9	○
3	ｶﾝﾃﾝ粉砕液10ℓ・種籾1000g（乾籾当）	低	12cm	94.4	8.2	◎
4	ｶﾝﾃﾝ粉砕液 7.7ℓ・種籾1000g（乾籾当）	低	16cm	71.7	9.1	◎
5	ｶﾝﾃﾝ粉砕液 7.7ℓ・種籾1000g（乾籾当）	低	14cm	83.9	8.5	◎
6	ｶﾝﾃﾝ粉砕液 7.7ℓ・種籾1000g（乾籾当）	低	12cm	97.8	9.5	◎

注）①6条中4条についての平均値②走行時のｽﾘｯﾌﾟ率を5%と仮定③乾籾千粒重は28gとして算出
評価の内容について　◎：詰まり無し。10a当播種量も8kg以上を確保。○：詰まり無し。10a当播種量は6～8kgを確保。△：詰まり無し。10a当播種量は6kg未満で少ない。

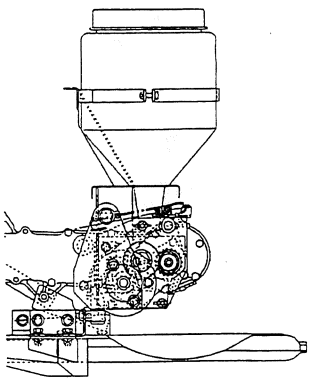


図2　改良前の播種機部分

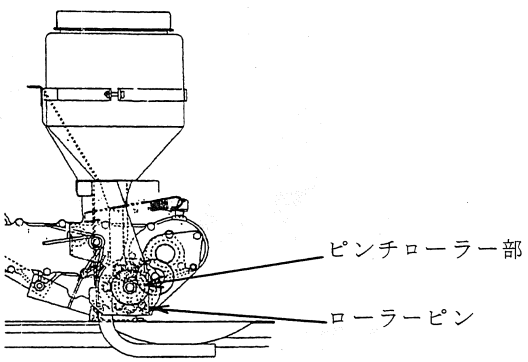


図3　改良後の播種機部分

4．まとめ

1）芽出し籾流体播種機において、使用する流体資材は寒天粉砕液が適当と思われた。また、併せて、ホッパの改良や繰り出し部のローラーピンの本数の見直しなど、播種機構を改良することにより、籾詰まりが解消し、播種精度が向上した。

2）播種機構をシリコンノズル引きずり式に改良し、播種機部分に無代かき田植機の砕土ローター装置を新たに取り付けることにより、最適播種深の確保が容易となり、播種精度が向上した。

3）更に解決を要する点としては①寒天粉砕液を使った流体資材は製造に加熱を要するなど、労力がかかりすぎるため、今後は、簡易製造が可能な資材の探索が必要である。②播種に伴う単位面積当たりに使用する流体資材の容量が多いため少量化が必要である。

4）本研究において、芽出し籾流体播種機は機械として形ができた。しかし、開発機の利用による苗立率の向上や出穂期の遅れ回避、収量の安定については、基礎試験に添うものとはなり得なかった。今後更に検討が必要である。

［閲読者コメント］本技術を、環境保全型農業を前提とした多機能型直播技術に発展させることはできないでしょうか。

［著者回答］カルパーコーティング種子を使用した直播に比較し、流体資材中に肥料や農薬を入れることは容易と思われます。播種同時施用などによって、環境保全的を目的とすることは可能と思われます。しかし、その際は芽出し籾に対する薬害や流体資材に対する適応性等について、検討する必要があると思います。

表７　苗立調査結果：播種34日後調査（流体資材：ベントナイト）　（平成６年度）

NO	播種形態	播種深 (cm)	掘取り総数 粒／㎡	不出芽粒数 %	伸長停止 %	苗立数 本／㎡	苗立率 %	倒伏程度 1～5
1	播種ノズル長20cm	0	102.5	14.6	17.9	69.2	67.5	0.9
2	播種ノズル長30cm	2.0～3.0	159.2	9.4	73.3	27.5	17.3	-
3	播種ノズル長40cm	1.0～2.0	131.7	7.0	57.6	46.7	35.5	0.1
4	播種ノズル長20cm＋作溝	2.0～3.0	136.7	15.2	65.3	26.7	19.5	-
5	播種ノズル長30cm＋作溝	2.0～3.0	165.0	7.1	87.9	8.3	5.0	-
6	播種ノズル長40cm＋作溝	1.0～2.0	79.2	17.9	40.0	33.3	42.0	0.1
7	播種ノズル長20cm＋作溝	2.0	151.7	21.1	5.3	85.0	56.0	3.6

表８　出芽深調査（播種後34日後調査）　（平成10年度）

試験区	最大深さ	最小深さ	平均深さ（cm）	ＳＤ	ＣＶ％
１．芽出し籾流体播種	1.2	0.2	0.53	0.20	38.5
２．作溝表面条播	1.6	0.2	0.69	0.35	50.2
３．代かき同時打ち込み土中点播	2.5	0.2	0.79	0.53	67.3
４．ＲＣヘリ散播	1.8	0.1	0.60	0.35	62.9

注）試験２～試験４はカルパーコーティング籾を使用した岩手県内で行われている湛水土中直播方式

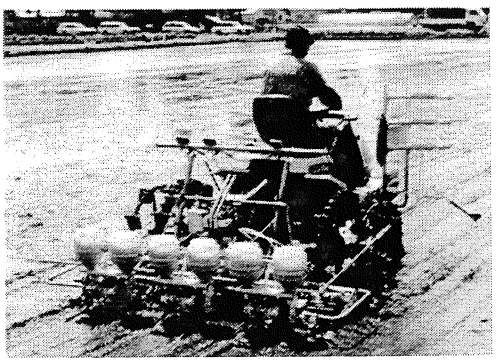


図４　岩手県農業研究センターが開発改良した芽出し籾流体播種機①

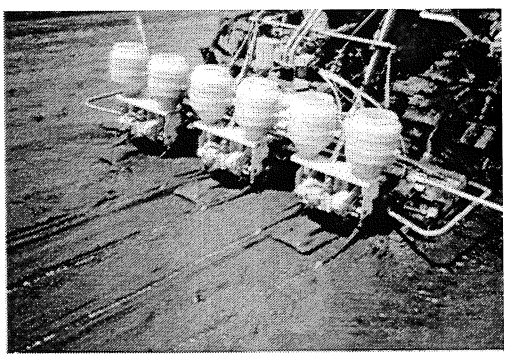


図５　岩手県農業研究センターが開発改良した芽出し籾流体播種機②

乾田土中早期湛水直播における点播用播種機に関する研究 (第1報)

－リンクベルト式繰り出し機構の播種穴容積と播種粒数について－

片平光彦*　久米川孝治**　若松一幸*　鎌田易尾*　金田吉弘*　児玉徹*

A Study of Hill Drop Seeder for Direct Seeding in Well-Drained Paddy Field (Part 1)

－ The Relationship of Volume of Seeding Hole and Hill Planting for Link-belt Type Seeding Mechanism －

Mitsuhiko KATAHIRA*, Koji KUMEKAWA**, Kazuyuki WAKAMATSU*, Yasuo KAMADA*, Yoshihiro KANEDA*, Toru KODAMA*

Abstract

This paper has investigated Link-belt type seeder which was combined in experimental hill drop seeder so as to be used for well-drained paddy field. At the intervals of one and two link-belts grains for dry rice seed were about 31.1 and 18.1, and coefficient of variation were 10.1 or 9.8%, respectively. The difference between the intervals of one link-belt and state of rest for link-belt was small, and it was necessary for experimental hill drop seeder to be used at the interval of one link-belt. When the volumes of hole within the link-belt was changed to 0.79, 0.93, 1.06, 1.41 cm^3, these were put in the 16, 23, 27, 33 grains for dry rice seed, 14, 20, 24, 29 grains for soaking rice seed, and 13.4, 16.7, 24.5 grains for soaking rice seed at the seeding time, respectively. Because the direct seeding of well-drained paddy field needed about 20 grains of soaking rice seed, the experimental hill drop seeder had to use 1.41 or 1.06cm^3 at the hole volume of link belts. The relationship of slippage and hill space within row showed a tendency to increase in a linear function.

[Key Words] Direct seeding, Link-belt, Hill planting, Hill space, Slippage

1．緒言

現在各地で研究が行われている水稲直播栽培では、乾田もしくは湛水状態の圃場に対してラジコンヘリ等による散播、市販播種機による条播[1]、打ち込み式や複粒化種子による点播[2)3)]といった方法で播種作業が行われている。秋田県は水稲作後の圃場に大豆や野菜の作付けを行う田畑輪換に対応するため、無代かきの乾田圃場に播種を行い、早期に湛水する乾田土中早期湛水直播（以下折衷直播と呼称）技術の開発に取り組んでいる。折衷直播における播種作業は、中間管理や収穫作業の簡易さから点播が望まれており、そのための播種機を現在開発中である。

そこで、本報は折衷直播用に作成した試作点播機の基本設定を明らかにすることを目途に、開閉式の播種口へ種子を送るために取り付けたリンクベルト式繰り出し機構の播種穴間隔と容積が、播種粒数に対してどのような影響を与えるかを検証した。また、リンクベルト式繰り出し機構の動力源である鎮圧ローラの進行低下率と播種間隔の関係についても検討を加えた。

2．実験方法

(1)供試材料

実験に供試した籾は、前年産(品種：でわひかり)の乾籾と浸種籾を用いた。なお、浸種は常法[4]（水温 10～15℃、7～10日間）で行った。

(2)実験機

実験は、試作点播機をトラクタ(クボタ，GL-32型)に取り付けて行った。試作点播機は溝切ディスク（φ 300)、播種口、リンクベルト式繰り出し機構(向井，HS-300 型)を 8 条に構成し、ドライブハロー(ニプロ，HR-2205B-4S 型,作業幅2200mm)と覆土用の鎮圧ローラ(材質：塩化ビニール管,幅 2360mm,φ 280)を播種機の前後に組み合わせたものである。試作点播機を用いての播種作業の様子を写真1に示し、リンクベルト式繰り出し機構周辺の各寸法を図1に示す。

種子を播種口へ送るために設置したリンクベル

*：秋田県農業試験場　秋田市仁井田小中島 111
**：前秋田県農業試験場

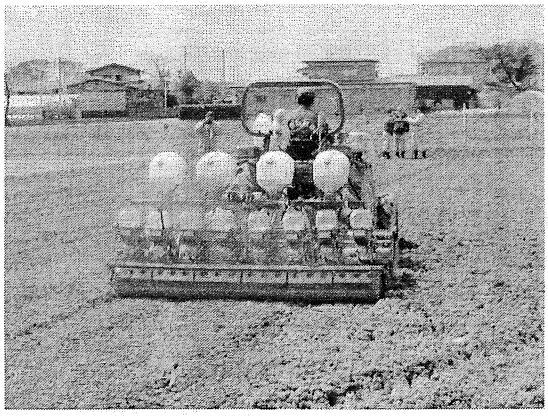


写真１　試作点播機での播種作業

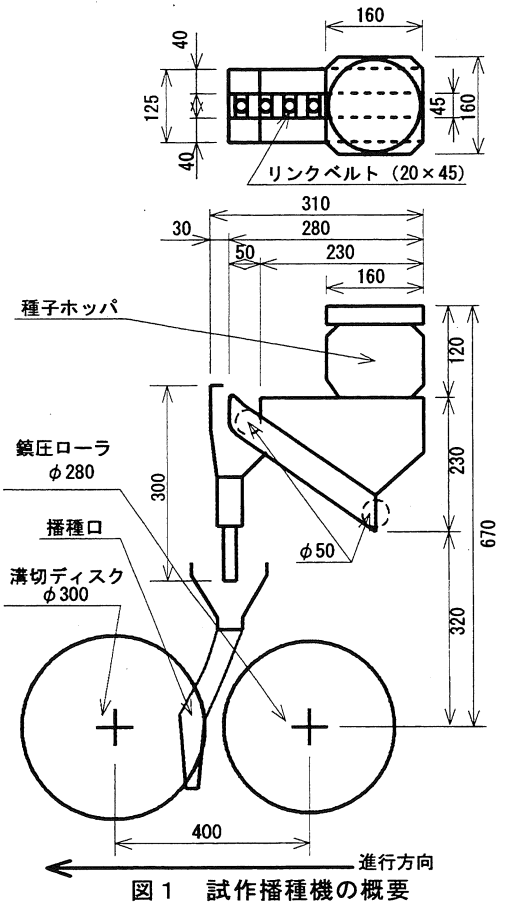


図１　試作播種機の概要

ト式繰り出し機構は取付角度が 45 ° で、平盤型ベルト素子(横 45 ×縦 20mm)を多数連結して無端化したものである。ベルト素子の表面には種子を受け入れるための穴が形成されており、表面と裏面（穴なし）を交互に入れ替えることで種子送り間隔を調節することができる。リンクベルト式繰り出し機構と播種穴を写真２に示す。

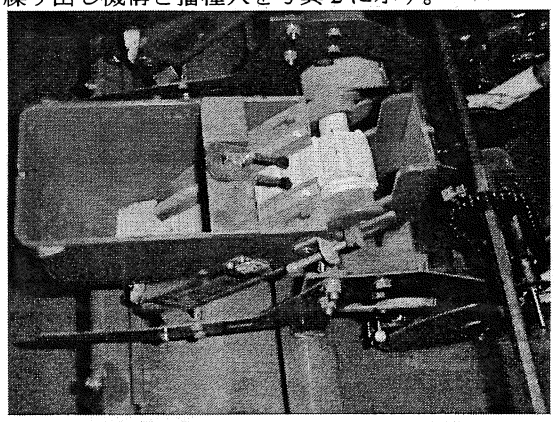


写真２　リンクベルト式繰り出し機構と播種穴の外観

(３)検討項目

１）播種穴間隔

試作点播機の播種粒数を決定するには、種子の落下時間に影響を与えるリンクベルト式繰り出し機構の播種穴間隔を調節する必要がある。そこで、適正な播種穴間隔を決定するために、播種穴容積が 1.41cm^3　(直径 1.5 ×深さ 0.8cm) のベルト素子を用いて、播種穴とベルト素子間が一個間隔、二個間隔となるように連結したリンクベルト式繰り出し機構を用意した。種子ホッパ内には適当量の乾籾を入れ、ドライブハローを回さない状態で播種試験を行った。圃場面に落ちた種子はピンセットで採取し、落下粒数を比較した。

２）播種穴容積

播種穴間隔が決定した場合、試作点播機の播種粒数は、播種穴容積を変化させて調整することになる。そこで、折衷直播に適した播種粒数を得ることのできる播種穴容積を確認するため、市販物を基に穴容積が 1.41 (直径 1.5 ×深さ 0.8cm)、1.06 (1.3 × 0.8)、0.93 (1.3 × 0.7)、0.79 (1.2 × 0.7) cm^3 のベルトを作成し、それらを用いてベルト静止時と播種作業時の種子粒数を計測した。ベルト静止時は平面に置いたベルト素子に対し、乾籾と浸種籾を播種穴の上面まで間隙がなくなるまで詰めた後、種子とベルト表面が平行となるようにピンセ

ット等で微調整を行ってから、穴に含まれた粒数を計測した。播種作業時では、圃場面に落下した浸種籾をピンセットを用いて拾い集め、粒数を計測した。

３）進行低下率と播種間隔

播種した種子の覆土を行う鎮圧ローラは、リンクベルト式繰り出し機構等の動力源となっているため、それらの負荷によって滑りを発生させる。その進行低下率は、播種作業中に鎮圧ローラ 10 回転の進行距離を秋田県平鹿町（1999,4/26）の現地圃場と農試圃場（1999,4/30）で計測して算出した。無負荷走行試験は鎮圧ローラ 10 回転の進行距離について、リンクベルト式繰り出し機構の駆動チェーンを鎮圧ローラのスプロケットから外し、ドライブハローを駆動した状態で計測した。播種間隔は苗立ちした水稲 11 株間の距離について、先頭株の中心から最後部の株の中心までを定規で計測した。なお、播種機の進行方向に対して縦長の楕円状（平均：長径 10 ×短径 4cm）に展開した株の中心は、長径部分から抽出した。

３．結果と考察

（１）播種穴間隔と播種粒数

リンクベルト式繰り出し機構の播種穴間隔と播種粒数の関係を表１に示す。播種穴一個間隔では播種粒数が平均 31.1 粒、変動係数 10.1%、二個間隔は平均 18.1 粒、変動係数 9.8%であった。

播種粒数の変動はいずれも約 10%の付近にあり、リンクベルト式繰り出し機構からの落下量が安定していたといえる。播種穴の間隔によって播種粒数に差が生じたのは、種子が一定周期で開閉する播種口へ供給されるまでの時間が播種穴一個間隔で短く、二個間隔で長くなるため、後者の場合、落下途中で播種口が閉じることになり播種粒数を少なくした。しかし、一個間隔では、容積 1.41cm^3 の穴で乾籾が平均 33 粒(静止時)入ることと比較して差が小さく、種子が播種口へ供給される時間と播種口の開閉が同調した間隔といえる。

表1　播種穴間隔と播種粒数

項目 ＼ 測定回数	播種粒数(粒) A	B
1	35	17
2	31	21
3	27	18
4	34	16
5	32	18
6	27	17
7	32	20
平均	31.1	18.1
変動係数(%)	10.1	9.8

A:播種穴一個間隔
B:播種穴二個間隔

（２）播種穴容積と播種粒数

播種穴容積と播種粒数の関係を図２に示す。リンクベルトが静止した状態では、播種穴容積が大きくなるほど、乾籾で平均 16,23,27,33 粒、浸種籾で平均 14,20,24,29 粒と穴に入る種子の量が多くなった。また、播種作業時では、それぞれの容積で平均 13.4,16.7,24.5 粒の播種量となった。その場合、播種穴容積(V_x)と播種粒数(R_y)の関係は、

$$R_y = -6.5V_x^2 + 38.2V_x - 16.6 \quad (1)$$

と二次関数的に増加する傾向にあった。

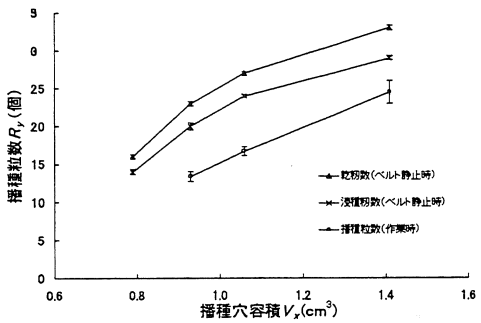


図２　播種穴容積が播種粒数に与える影響

浸種籾数が乾籾数よりも平均値で 12.2%減となったのは、浸種による吸水で質量が 20 ～ 25%程度増加することから [4]、それに伴い容積が拡大したためである。また、播種作業時の落下粒数が静止時よりも平均 26.3%減少したのは、トラクタとドライブハローの振動がリンクベルト式繰り出し機構に加わり、それによって籾が傾斜した播種穴からこぼれ落ちたためである。播種穴容積と播種粒数の関係は、籾の形状が品種によって異なることや、穴の直径や深さの違いによっても変化を生ずる。しかし、それらの差はいずれも小さいため、実験で得られた V_x と R_y よる増加傾向と大きな差がないといえる。

折衷直播では、苗立ち率を向上させるために一株当たり約 20 粒程度の播種粒数[5]が必要とされる。すなわち、試作点播機では播種の設計に応じて、播種穴容積が 1.41cm³（直径 1.5 ×深さ 0.8cm）もしくは 1.06cm³（1.3 × 0.8cm）を用いることが、苗立ちを安定させる上で必要である。

3）播種間隔と進行低下率

播種間隔(L_y)と鎮圧ローラの進行低下率(S_x)の関係を図3に示す。なお、播種時の作業条件を表2に示す。

表2　作業条件

項目 / 場所	作業条件 作業速度 (m/s)	エンジン回転数 (rpm)	土壌	含水比 (%, db)	砕土率 (%)
平鹿町	0.43	2500	細粒グライ土	53.3	64.2
農試	0.43	2500	灰色低地土	31.8	58.6

播種時の進行低下率は土壌条件によって異なり、1.3 ～ 5.9%の範囲にあった。播種間隔は、21.5 ～ 24.2cm の範囲にあった。また、両者の関係は、

$$L_y = 0.004S_x + 0.218 \quad (2)$$

の一次関数で回帰できた。

鎮圧ローラは滑りを少なくするために、ローラの両側に鉄製のスパイクピン（長さ 4cm、φ 0.9cm）を取り付けている。その結果、S_x は最大でも 5.9 %と小さくすることができた。リンクベルト式繰り出し機構は動力を鎮圧ローラの回転から得ているため、ローラの滑りによってベルト素子の移動時間が変化する。そのため、播種間隔は設計時で 22.4cm としたが、実測値で平均 22.9cm と設計よりも 2.1%大きくなり、S_x が大きいほど L_y も増加する。進行低下率は播種日の天候や土壌条件によって異なるため、それに柔軟な対応ができるよう播種間隔を現場で簡易設定できる方法について今後検討すべきと考える。

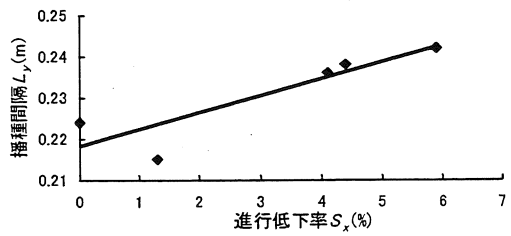


図3　進行低下率が播種間隔に与える影響

4．摘要

1）播種穴一個間隔では播種粒数が平均 31.1 粒で、二個間隔では平均 18.1 粒であった。播種穴一個間隔での播種粒数は、静止した状態と比較して差が小さく、試作播種機に適した間隔といえる。

2）リンクベルト静止状態では、乾籾で 16,23,27,33 粒、浸種籾で 14,20,24,29 粒となった。播種作業時では 13.4,16.7,24.5 粒となり、静止時よりも平均で 26.3%減少した。折衷直播は一株当たり 20 粒程度の播種粒数が必要とされるため、試作播種機の場合播種穴容積を 1.41cm³ もしくは 1.06cm³ とすべきである。

3）播種穴容積(V_x)と播種粒数(R_y)の関係は、$R_y = -6.5V_x^2 + 38.2V_x - 16.6$ と二次関数的に増加する傾向にあった。

4）播種間隔の設定は 22.4cm としたが、鎮圧ローラの滑りによって平均 22.9cm と設定よりも 2.1%大きくなった。

5）播種間隔(L_y)と進行低下率(S_x)の関係は、$L_y = 0.004S_x + 0.218$ の一次関数で回帰できた。

参考文献

1）西村　洋：水稲湛水直播の新技術，農機誌 59(3),138 － 142,1997

2）冨樫辰志：水稲代かき同時土中点播機，農機誌 60(2)，189 － 190，1998

3）冨樫辰志，伊藤信雄，西脇健太郎，矢治幸夫，森田　敏，木村勝一：水稲複粒化種子の播種技術の開発，農機東北支報 45，41 － 44，1998

4）秋田県：水稲直播栽培指針，p.31 － 32，1997

5）金田吉弘，三浦恒子，鎌田易尾，児玉徹：多粒点播による乾田土中早期湛水直播栽培（第1報），東北農業研究 52（投稿中）

［閲読者コメント］水稲生産も田畑輪換の中での位置づけが重要という点で重要な研究であり、又播種様式としても点播という特徴がありますので、点播のメリット、畑作へとつなげる土壌条件の変化を十分検討してほしいと考えます。

［著者回答］折衷直播の特徴を生かした田畑輪換技術を確立するため、現在折衷直播後の圃場における土壌の透水性や砕土性の変化、枝豆など畑作物の生育試験を中心に検討を進めております。

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３報）

－小区画実験水田における出穂後画像の濃度分布－

小林由喜也*，嶋田　浩*

The Luminunce Distribution of RGB-image under Various Field Conditions（Part3）

－ The Luminunce Distribution on the image after the ears coming stage in a small scale paddy field －

Yukiya KOBAYASHI *，Hiroshi SHIMADA *

Abstract

We are investigating luminunce distribution in a small area paddy field in order to develop image processing method to survey the crop-growing stage in practical field. At present, we investigated RGB-image, differenceand ratio of RGB-image. The obtained results are as follows:

1）The image after the ears coming stage was composed by ears, leaves and a small area of paddy field. When the image was compared to that of before the ears coming stage, constituent elements were limited, but there seems to exist many factors to be examined because color and shape of ears changed fast in a short period. 2）Examination on RGB value of ears, leaves and paddy field indicated that luminunce distribution was different among top part of rice plant, medium and lower part of plant. But luminunce distribution area was indistinguishable between ears and upper part of leaves. Thus the discrimination between ears and upper part of leaves is essential subject to achieve our study. 3）The results of the difference and the ratio of RGB value, which was effective to distinguish plants from others, indicated that R-G value or G-B value was effective at ears coming and flowering stage. On the ratio of R/G value was effective to distinguish ears from others.

［キーワード］画像処理，ＲＧＢ濃度分布，水稲，圃場モニタリングシステム

1. はじめに

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，小区画の実験水田の平面画像を継続して取得し，画像の基本情報である濃度分布について調査している。既報[1,2]では草丈・茎数の情報取得に係わる出穂前の画像濃度分布の特徴等について報告した。本報では，出穂時期の確認や収穫時期あるいは収量の推定を行うための穂の識別に係わる出穂後の画像濃度分布について報告する。

秋田県立大学短期大学部

２．実験方法

供試実験圃場，撮影機材および画像処理装置等は既報と同じである。また，田植え日（５月１６日），栽植密度（２２株／㎡），栽培管理は秋田県の標準的耕種法に準じた。収量は１０ａ換算 467kg で県内の平均的収量より少なかった。調査検討した画像は，既報と同様に主としてＲＧＢ画像，ＲＧＢ濃度差・濃度比画像で，全て同じ部分を比較検討した。また，色相の変化を見るため表色系画像も一部利用した。

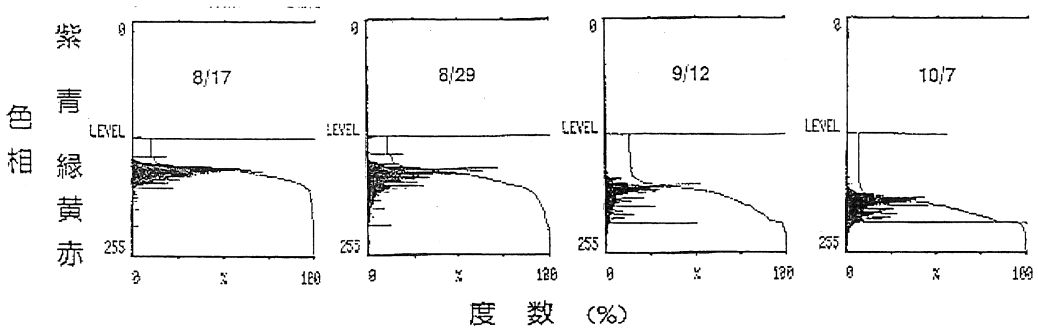


図２　出穂後の時期と画像全体の色相濃度分布（図中の曲線は累積度数を表す。）

3. 結果と考察

１）出穂後水田画像の特徴

図１に出穂・開花期(8/17)，登熟初期(8/29)成熟期(9/12)の画像例を示した。出穂前・後の画像と比較すると，出穂前の画像は既報[1]で示したように，稲体，水面，陰影，撮影機材，太陽光や雲の反射像など多くの要素で構成されるが，出穂後は穂，葉および陰影と若干の田面で構成される。また，出穂前は稲体の画像に占める面積の比率は変化するが，稲体，水面とも色相に大きな変化はない。しかし，出穂後は，図２に示す表色系－色相濃度分布で明らかなように，出穂期(8/17)から成熟期，収穫期(10/7)に向かって，緑から黄領域へ色相が変わる（図２の LEVEL 0 は紫，150 前後は緑，200 前後は黄，255 は赤に相当する）。したがって，出穂後の画像は構成要素は主に穂と葉と少ないが，穂の識別に当たっては色相の変化も考慮に入れる必要がある。

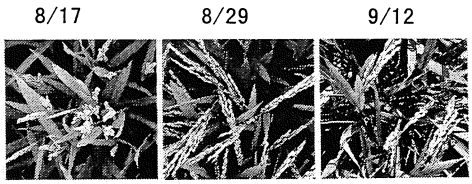


図１　出穂後の水田画像例

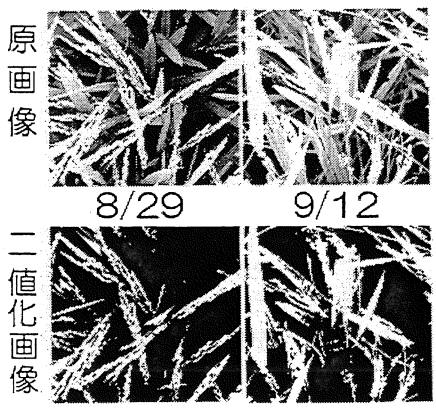


図３　出穂後画像の２値化画像例

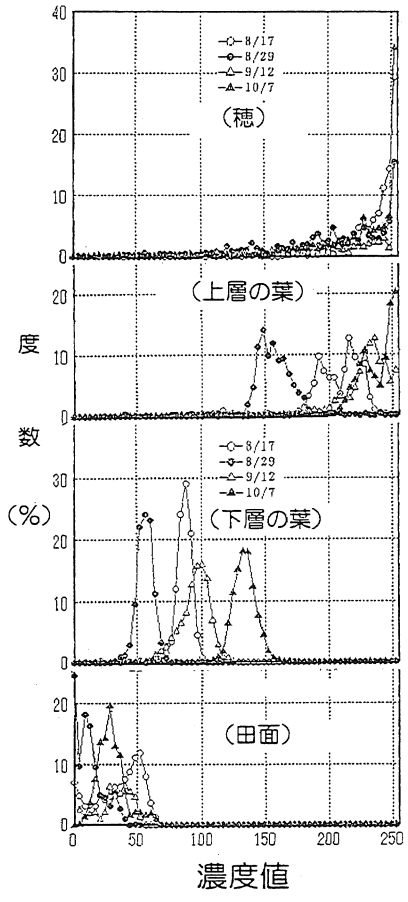


図４　穂，葉，田面のＲＧＢ濃度分布例

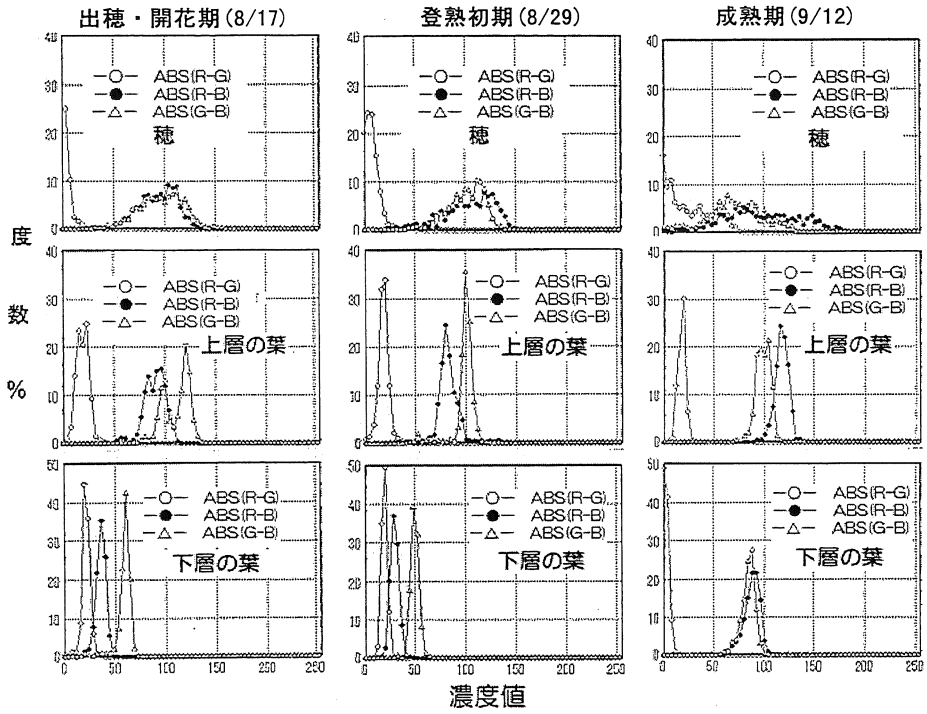


図５　出穂後画像のＲＧＢ濃度差画像の濃度分布

２）穂，葉および田面のＲＧＢ濃度分布

図３に穂の識別能力が比較的高いＲ画像の２値化画像例（判別分析法による）を示した。登熟初期(8/29)の例のようにＲ画像単独でも穂が識別出来る場合もあるが，撮影条件によっては成熟期(9/12)の例のようにＲＧＢ単独画像では穂の識別ができなかった。そこで，穂，葉，田面のＲＧＢ濃度分布を調べ，穂を識別するための課題を検討した。その結果，図４に示すように，田面および下層の葉の濃度は明らかに穂の濃度分布域と異なるが，上層の葉の濃度分布域は，登熟後半ほど穂の濃度分布域と重なる傾向がみられた。したがって，穂を認識する場合の最大の課題は上層の葉と穂を識別することであると考えられた。

３）ＲＧＢ濃度差・濃度比画像の濃度分布

ここでは，既報[1]で述べた出穂前画像で稲体の識別に有効であったＲＧＢ濃度差・濃度比画像が穂の識別にも利用可能かを検討するため，穂と上層，下層の葉についてＲＧＢ濃度差・濃度比画像の濃度分布を調べた(図５)。図５中の ABS(R-G)等は濃度差の絶対値を表したものである[1]。出穂後次第に色相や穂の様態が変わるためＲＧＢ濃度差の分布域も図のように変化する。特徴的な点を述べると，成熟期には穂の濃度分布域が広くなるほか，上層の葉で ABS(R-B)と ABS(G-B)の分布域が登熟初期までとは逆転し，さらに下層の葉では両者が重なるなど，成熟期と登熟初期までの濃度分布の様相は異なった。ＲＧＢの組み合わせについて見ると，ABS(R-G)では出穂・開花期に穂と上層の葉に濃度差が見られた。ABS(R-B)は登熟初期には穂と下層の葉の濃度は明確に異なり，穂と上層の葉では分布領域が一部重るが濃度に差が見られた。また，ABS(G-B)は出穂・開花穂期と登熟初期に穂と下層の葉に，出穂・開花期には穂と上層の葉に濃度差が見られた。しかし，成熟期ではＲＧＢどの組み合わせでも濃度分布域が重なった。以上のように，成熟期を除いて穂と上層の葉の識別に有効な濃度差のある画像が認められたが，ＲＧＢの組み合わせが異なることから，穂の識別へのＲＧＢ濃度差画像

の利用には限界があると推察された。

次に穂と上層の葉のＲＧＢ濃度比画像[1]の濃度分布を調べた。その結果，図６に示すようにＲ/Ｂおよびｇ/Ｂ濃度比画像では穂と上層の葉の濃度分布域が重なるため，穂の識別には利用できなかった。しかし，Ｒ/Ｇ濃度比画像の場合は，図６のように分布が集中的で明らかに濃度差が認められた。図７は図６に示したＲ／Ｇ濃度比画像を閾値９５で２値化した結果であるが，一部上層の葉も認識されているが穂の識別は比較的良好であった。

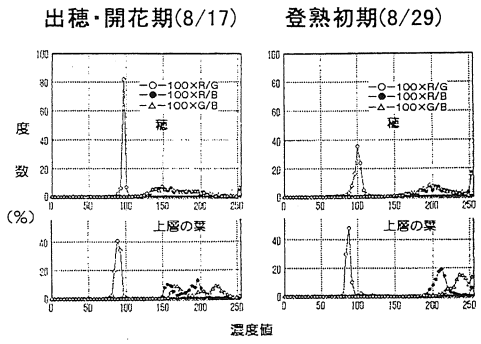


図６出穂後画像のRGB濃度比画像の濃度分布例

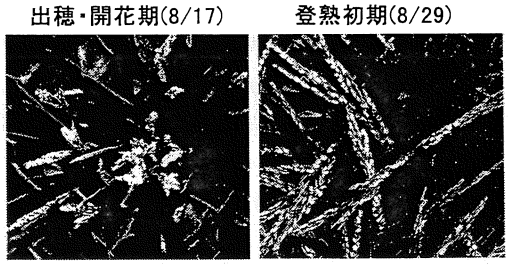


図７　R/G濃度比画像の2値化例

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，小区画実験水田を例に画像の濃度分布を調査している。今回は，出穂後の水田のＲＧＢ画像およびＲＧＢ濃度差・濃度比画像の濃度を調査した。得られた結果の要点は次のとおりである。

１）出穂後の画像は穂と葉と若干の田面で構成され，出穂前画像に比べると構成要素は少ないが，短期間に色相あるいは穂の様態が変化することから，穂の識別のため検討すべき要因は多いと考えられた。

２）穂，葉，田面のＲＧＢ濃度を調査した結果，穂と下層の葉および田面の濃度は明らかに異なるが，穂と上層の葉の濃度分布域が重なることから，穂の識別に当たっては，この両者の識別が大きな課題となる。

３）出穂前画像で稲体と稲体以外の識別に有効であったＲＧＢ濃度差・濃度比画像を検討した。その結果，濃度差画像では出穂・開花期は ABS(R-G)または ABS(G-B)が，登熟初期には ABS(R-B)が穂の識別に有効であった。また，濃度比画像の中ではＲ／Ｇ濃度比画像が穂の識別に有効であった。ただし，いずれも完全な穂の抽出には至らなかったことから，今後は色相，明度，彩度の検討が可能な表色系画像[3]の利用について検討する予定である。

引用文献

1) 小林由喜也・中村典裕・嶋田浩：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），農機学会東北支部報 No44,51-56,1997

2) 小林由喜也・嶋田浩：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２報），農機学会東北支部報 No45,25-30,1998

3) 日本色彩学会：新編色彩科学ﾊﾝﾄﾞﾌﾞｯｸ（第２版),東大出版会,1998

【閲読者コメント】本研究の結果から，出穂・開花期ではＲ－Ｇ，Ｇ－ＢまたはＲ／Ｇが穂の識別に有効であるとありましたが，どの程度の精度でしょうか。できれば２値画像を示してもらえませんか。

【著者回答】ＲＧＢ画像の利用では図７のように穂の抽出に限界があります。今後は，ＲＧＢ画像から変換した表色系画像から，例えば，Ｒ／Ｇ濃度比画像の２値化画像でほぼ穂と認識された範囲のみを抽出し，色相，明度，彩度を利用して穂と上層の葉の微妙な画質の違いを判断する２段階方式を検討したいと考えております。

草地におけるプリシジョンファーミング（第2報）

―― セミバリアンス解析を用いた牧草収量のサンプリング間隔の検討 ――

Precision Farming of Grassland (II)

— Data Acquisition Intervals on Grass Yield Using Semi-variance Analysis —

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

田中勝千*・本橋圀司*・高野剛*・石田頼子**

Abstract

This study investigated the applicability of the Precision Farming for a grassland and described attempts of a Field Information System for the grassland. Data acquisition interval was examined to estimate the appropriate yield mapping system based on Semi-variance analysis. The optimum data acquisition interval on yields of the tested grassland was estimated less than 10 m using the yield of 62 windrows in 1st grass cutting.

[Keywords] precision farming, semi-variogram, pasture, grass yield

Ⅰ．はじめに

本研究は，草地を対象にプリシジョンファーミングの適用の可能性を明らかにすることを目的としている。プリシジョンファーミングは FIS（Field Information System），GPS（Global Positioning System），適応制御農業機械および圃場条件センサの４つのシステムから構成される[1]。前報[2]では，草地のほ場情報システムを構築するための基礎データとして，土壌中の硝酸態窒素濃度およびｐＨと牧草収量との関係について報告した。本報では，セミバリアンス解析を用いて，牧草収量を表わす場合のサンプリング間隔について検討した。

Ⅱ．牧草収量調査とセミバリアンス解析

（1）牧草収量調査

イタリアンライグラスを主体とする本学付属農場採草地内に，４ヶ所の調査区を設けた。各調査区の長辺は 50mで，短辺は 12～28mである。調査区の地形は緩傾斜が多く，３ヶ所が 3～8 ° の傾斜地である。傾斜地用のトラクタ（AEBI TT33）にフロントドラムモーアを装着して，1998 年 5 月 25 日に１番草を刈取った。平均刈り幅は1.50mであった。1.50 m×2.0mを小区として，電子重量計（AIKO 7120B）を用いて小区毎の生草重量を全量測定した。各調査区の長辺方向にできたウインドロー（牧草刈取り列）毎に，５つの小区より少量の牧草集めて一つのビニール袋にまとめ，そのウインドローの含水率測定用の試料として研究室に持ち帰った。生草重量測定時の牧草の含水率を基に，小区毎の単位面積当たりの牧草乾物重量を求め，これを牧草収量とした。

（2）セミバリアンス解析

サンプリング間隔の検討には，計量土壌学によるセミバリアンス解析を用いた[3]。セミバリアンス$\gamma(h)$の定義を図１に示した。また，典型的なセミバリオグラムを図 2 に示した。セミバリアンス解析は，２点間の特性値がどの程度のサンプリング間隔（距離）まで関連性があるかについて定量的に示してくれる。この最大値が，図 2 に示された

＊北里大学獣医畜産学部　青森県十和田市　　＊＊筑波大学農林工学系　茨城県つくば市

$$\gamma(h)=\frac{1}{2(n-h)}\sum_{i=1}^{n-h}[Z(Xi)-Z(Xi+h)]^2$$

γ(h)：セミバリアンス
h：距離(Lag)
n：全データ数
Z(Xi)，Z(Xi+h)：地点 Xi，Xi+h における各特性値

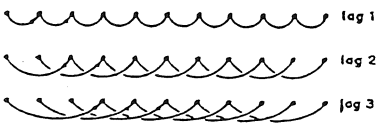


図1 セミバリアンスγ(h)の定義

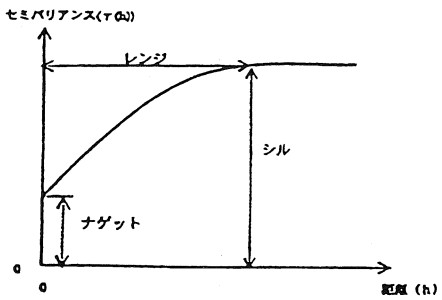


図2 典型的なセミバリオグラム

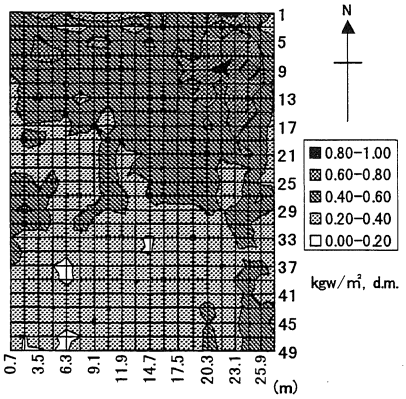


図3 収量マップ(2-1-A区，1番草)

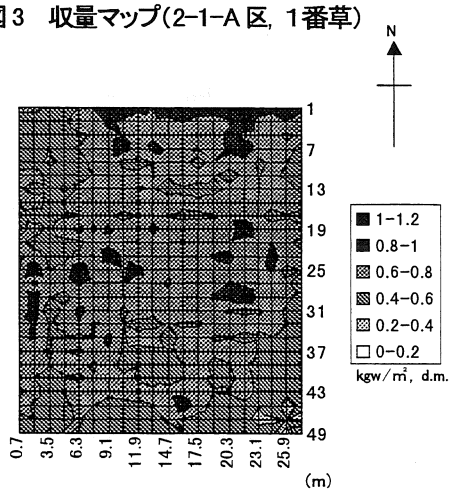


図4 収量マップ(2-4-B区，1番草)

レンジであり，サンプリング間隔はこの距離以下でなければ相互の関連性は失われる。図1に示したセミバリアンスの定義は，土壌のｐＨや硝酸態窒素濃度のように点の情報として得られた場合の解析に用いられ，一次元となっている。収量のように面積の情報の場合には，二次元で定義された式を用いなければならない[4]。しかし，小区の面積は 1.50m×2.0m と狭く，小区の中心に牧草収量を代表させれば，一次元の解析でもイールドマップを作成した場合に収量の変動を表現できると判断した。

Ⅲ. 結果と考察

各区の長辺方向にできたウインドロー毎にセミバリアンス解析を行い，全調査区で 62 の牧草収量のセミバリオグラムを作成した。しかし，図2に示した典型的なセミバリオグラムの傾向を示すものは全体の 23%と少なかった。そこで，全調査区に共通する1.5m×2.0mの小区が25個集まった1.5m×50mのウインドローを想定し，牧草収量の変動とそれらから求められるセミバリオグラムとの関係を検討した。小区の牧草収量を任意に変えた場合に計算される牧草収量のセミバリオグラムは，図5に示した5つのタイプに分類できると考えられた。タイプⅠは，2点間のデータに関連性がない場合で，基質グリコーゲンのセミバリオグラムに見られる場合である[3]。

以下，番号が進むほどピーク値が明瞭に表れレンジの把握が容易になる。表1に，セミバリオグラム

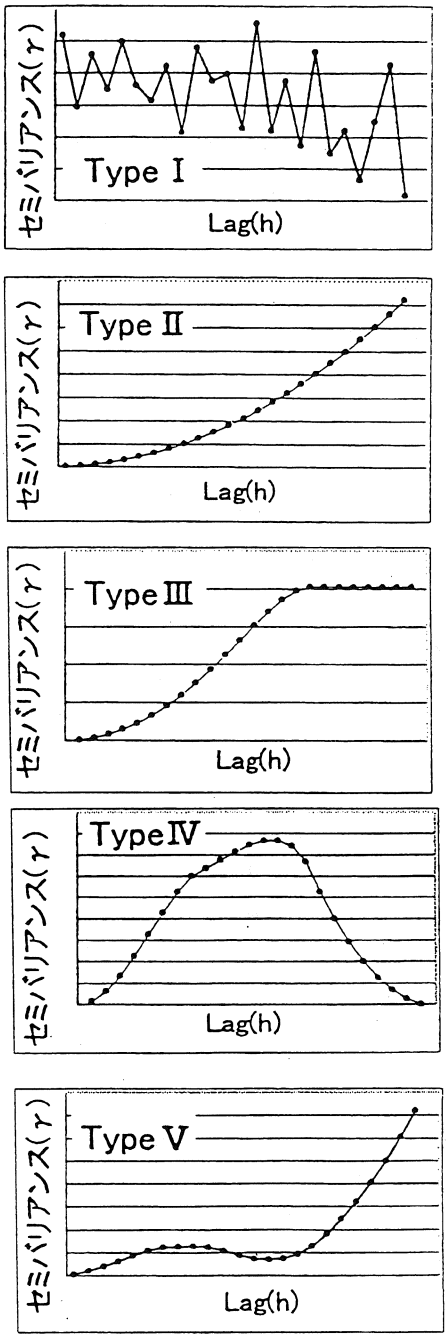


図５　牧草のセミバリオグラムの分類

表1　セミバリオグラムのタイプ別割合

Type	頻度	割合(%)
Ⅰ	0	0
Ⅱ	4	6
Ⅲ	14	23
Ⅳ	13	21
Ⅴ	31	50
合計	62	100

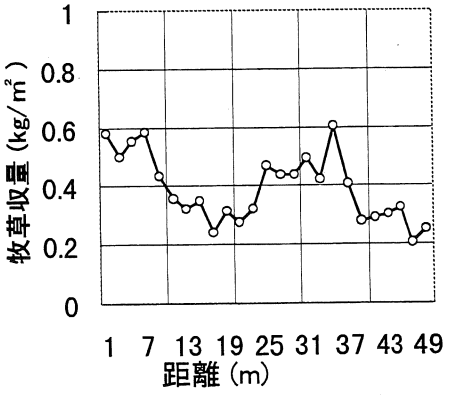


図６　牧草の収量分布図の一例
（図３の第1列目のウインドロー）

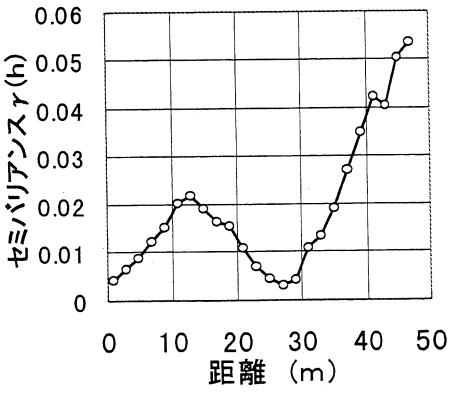


図７　TypeⅤの例
（図６の場合のセミバリオグラム）

をタイプ別に分類した結果を示した。62 のセミバリオグラムを調べた結果，もっとも頻度の高かったのはタイプVで全体の半分の割合を占めた。図6は，図 3 (2-1-A 区，1番草）の左端に位置するの第1列目のウインドローの牧草収量分布図である。図7はそのときのセミバリオグラムで，タイプVの典型的な例である。

解析に用いたデータは単年度の1番草を対象としていて，必ずしも普遍性があるとは言い難い。解析に用いたデータの中で，タイプIと分類されたセミバリオグラムは無かった。タイプIを残したのは，タイプ別に分類する際に，タイプIとタイプIIとの判別は難しかったことと，2番草，3番草のように刈取り番草が変わればタイプIと判断されるセミバリオグラムが現れる可能性があるからである。

セミバリオグラムがピーク値を有するのは，タイプIII，IV，Vの3つである。それらのピーク値，あるいは，レンジを示すと思われた距離は8〜13mで，関連性を示すラグは平均 10mであった。したがって，牧草収量を把握する場合のサンプリング間隔は10m 以下であると考えられた。

IV. まとめ

大学付属農場採草地において，牧草収量を表わす場合のサンプリング間隔について検討した。セミバリアンス解析を用いた結果，サンプリング間隔は10m以下が適切であると考えられた。今後，土壌の理化学性についても検討する予定である。

謝辞

本研究の一部は，科学研究費補助金基盤研究(C)(2)10660245 の補助を受けた。草地土壌のサンプリング法および分析法について生物生産環境学科の緑地環境保全学研究室のご助言をいただいた。また，研究室の専攻生手塚・塚本・横山君には課題研究のテーマとしてご協力いただいた。記して謝意を表します。

参考文献

1) 谷脇憲：プレシジョンファーミングにおける GPSの利用，計測と制御，36(8)，559−561，1997
2) 田中勝千・本橋圀司・高野 剛・石田頼子：草地におけるプリシジョンファーミング（第1報），農業機械学会東北支部報，45，21-24，1998
3) 農業機械学会編：シンポジウム「日本型プレシジョンファーミングを考える」講演要旨集，1998
4) 李 忠根・飯田訓久・梅田幹雄・下保敏和：水田におけるモミとワラの収量マップ，農業機械学会誌，61(4)，133-140，1999

「閲読者コメント」

草地を対象としたプリシジョンファーミングは水田等より実用性は高いと思いますが，収量分布は最も重要な要因です。本研究の結論はサンプリング間隔 10m 以下とありますが，例えば 5mとしても 50m 区画で 10 点×10 点です。実用上粗いと思われますが，いかがでしょうか。

「著者回答」

ご指摘のように精密ほ場管理と銘打っている割には，粗いサンプリング間隔で良いとの印象は拭えません。本報では，手作業による収量測定結果を基に，計量土壌学の手法を使ってサンプリング間隔の最大値を求めたと判断しています。実際に収量分布を求めるには，刈取り時期に何らかの方法により収量を自動的に計測する装置が不可欠です。リアルタイムに収量を計測できたとした場合，今回小区で設定した 2m程度が妥当かと思っています。というのは，図6に示したように，解析に用いたウインドローのほとんどの収量分布で比較的滑らかなグラフが描かれていたからです。一方，サンプリング間隔は施肥作業との関わりが深いので，適応制御作業機械（散布量可変型作業機械）の作業幅や作業精度によって変わってくると思われます。

ブルーベリーの機械収穫

－果実の引っ張り試験及び振動試験－

赤瀬 章*・鈴木 洋*・本間英治*・神原麻土*・布袋屋明嗣*

Mechanical Harvesting of Blueberry Fruits

-Pull Test and Vibration Test of Blueberry Fruits-

Akira AKASE*, Hiroshi SUZUKI*, Eiji HONMA*,
Mado KOHARA*, Akitsugu HOTEIYA*

Abstract

Pull test and vibration test of blueberry fruits were conducted for the purpose of harvesting blueberry fruits. The main results are as follows:(1) Pull resistance force between a spur and a fruit is about 1N in mature fruit and about 1.5-2.5N in immature fruit.(2) Removing time is less than 1s in mature fruit and 2-10s in immature fruit by vibration of 4cm stroke and 10Hz frequency. (3) The larger scale of a fruit bunch and a limb is, the lower fruit removing percentage is. (4) As a 2.4 meter limb was vibrated by the shaker of 6.5cm stroke and 13.5Hz frequency, all mature fruits and about half immature fruits were dropped. (5) Harvested fruits on vinyl sheet were with little damage.

[Key words]　blueberry, vibrational harvesting, selective harvesting, removing force

1．はじめに

ブルーベリーは生食はもちろんジュース，ジャムなどの加工にも向き，更に眼精疲労に効くアントシアニン(色素)を多く含むため近年注目されてきた。我が国では１９８０年頃から生産が増加し，現在栽培面積 200ha，生産量は600tonで品不足の傾向にある。収穫期は７月から８月中旬で，果実は徐々に熟するためシーズン中に数回収穫しなければならない。またシーズンの終わりには加工用として全量収穫する。１果房の中でも徐々に熟するので，収穫は手で一果づつ摘み取るため多くの労力を必要とする。摘み取り者の不足，老齢化から機械収穫が強く望まれている。本報ではシェーカ設計の基礎資料を得るため，果実の脱離抵抗力を測定し，室内振動装置によって１果実,1果房，小枝を対象として振動を与え，振動脱離性を測定した。

2．ブルーベリーの引っ張り試験

(1) 実験方法

燐青銅製片持ち梁の先端にあるクランプに果実の結果枝を取り付け，果実を手で鉛直下方に引っ張り，片持ち梁に貼られたストレンゲージによって脱離抵抗力を測定した[1)]。

(2) 実験結果及び考察

ブルーベリーの果実質量と脱離抵抗力の関係を図１に示す。果実は当初緑色であるが，果実質量の増大につれ成熟が進み紫色となる。果実色は紫，中，緑の３つに分類した。質量が0.5ｇ以下で緑色の果実では脱離抵抗力は1.5-2.5Nである。成熟に伴い脱離抵抗力は低下

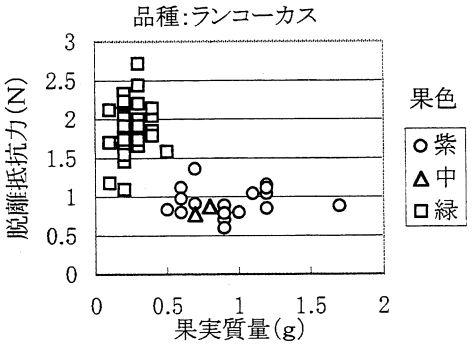


図1　果実質量と脱離抵抗力の関係

＊山形大学農学部

し，0.5ｇ以上の紫色果では約 1N であり，脱離抵抗力の小さい熟果のみを選択的に収穫することが可能であることが示唆された。

3. ブルーベリーの室内振動試験

（1）実験方法

変速モータでクランクスライダ機構[2)]を駆動し，振動部先端のクランプに果実や果房の結果枝，小枝を取り付け振動を与える。加振のストローク(全振幅)は 2cm,4cm，振動数は 10.0, 13.3, 16.7Hz，加振時間は３秒である。果実，果房及び小枝の振動状態をみるため高速度ビデオ（ナック社製メモリーカムＣ²Ｓ，200 コマ／ｓ）で撮影した。果実が脱離に要する時間は高速度ビデオから読みとった。果房，小枝の取り付けは鉛直方向とした。

果房及びいくつかの果房を含む小枝の振動状態はその大きさ(規模)によって影響されると思われる。果房及び枝の規模は規模係数[3)]で表わされる。

$$k = d^2 l \quad \cdots\cdots\cdots (1)$$

k：小枝の規模係数(cm³)

d：小枝の基部直径(cm)

l：枝の全長(cm)

小枝の規模係数と果実個数の関係を求めた。

（2）実験結果及び考察

枝の規模係数と果実個数の関係を図２に示す。単粒果実の質量と脱離時間の関係を図 3 に示す。振動数は 10.0, 13.3, 16.7Hz，全振幅は４cm とした。振動数一定の時は果実質量が大きいほど脱離に要する時間は小さくなる。又,振動数が高くなれば脱離時間は小さくなる。即ち振動数が 10.0, 13.3, 16.7Hz と高くなるにつれ１秒で脱離する果実質量は約 1.0, 0.7, 0.5ｇと小さくなる。

次に小枝の規模係数と果実の脱離率の関係を図４に示した。熟果と未熟果では脱離率に大きな差が現われた。規模係数が小から大に変化すると脱離率は低下した。それは規模が小さいと果実に直接振動が伝わるからである。

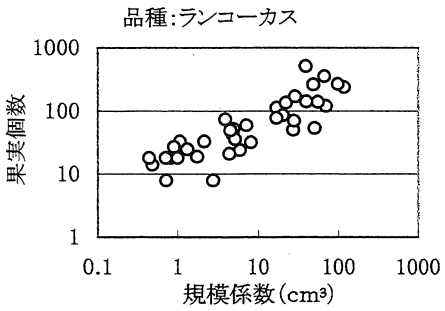


図2　小枝の規模係数と果実個数の関係

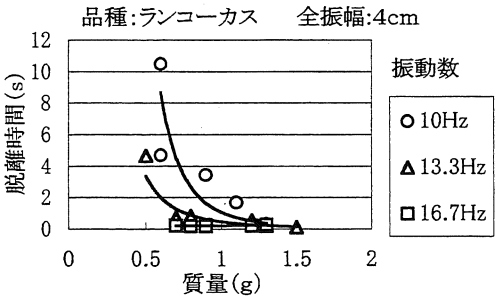


図3　単粒の果実質量と脱離時間の関係

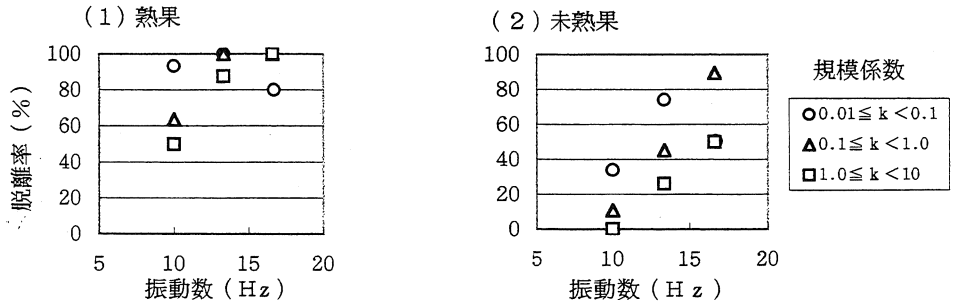


図４　枝の規模係数と脱離率の関係
（全振幅 4cm，振動時間３秒）

次に振動数 16.7Hz 一定で全振幅を変えた時の脱離の関係を図５に示す。全振幅が大きい方が脱離率は高く,単粒脱離の割合も高くなることがわかった。全振幅一定で振動数を変化させたときの脱離状態を図６に示す。振動数が高くなれば脱離率は高くなり，振動数 20Hz では熟果の脱離率が 100%となった。

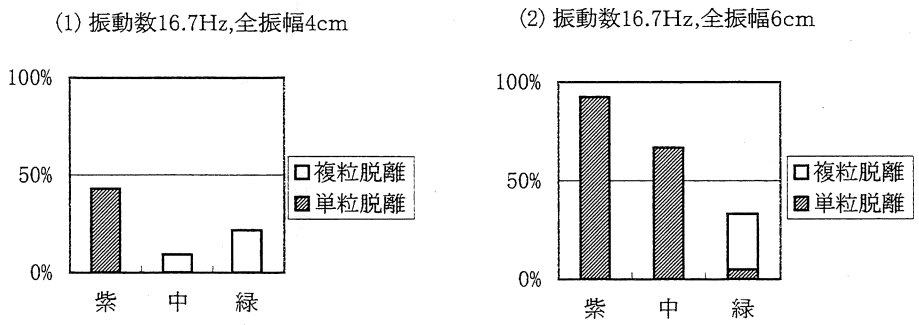


図５　全振幅と脱離の関係
（品種：ランコーカス（規模係数≧1.0））

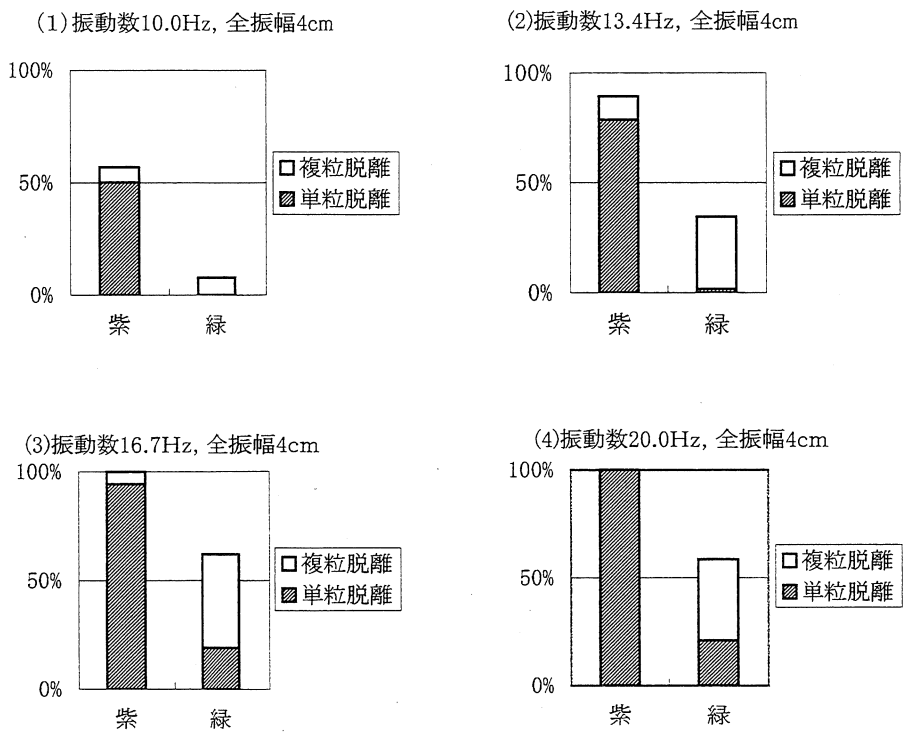


図６　振動数と脱離の関係
（品種：ランコーカス）

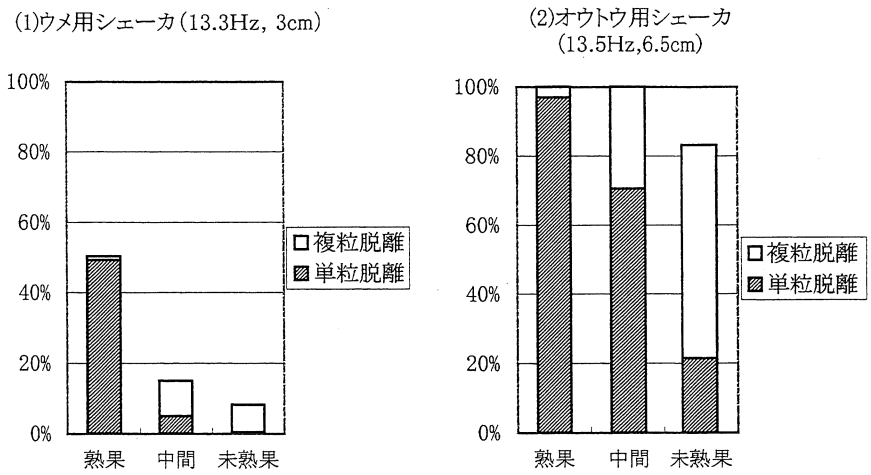


図７　ほ場試験結果
（ランコーカス，枝の全長 2.4m，基部直径 2.3cm）

５．ほ場試験

（1）実験方法

1999 年８月５日，品種ランコーカスを対象としてほ場試験を行った。対象となる枝の全長，基部直径，果実の個数を測定し，ブルーベリー樹の下に果実を受け止めるためのシートを敷いた。まずウメ用シェーカ(振動数 13. 3Hz, 全振幅 3cm)で３秒間振動させた。熟果で脱離しない部分があったので同じ枝をオウトウ用シェーカで３秒間振動させた。振動毎に落下した熟果と未熟果の個数の確認を行ったが，２回目のオウトウ用シェーカによる脱離率は１回目のウメ用シェーカで落下した果実を含んでいる。

（2）実験結果及び考察

ほ場試験の結果を図７に示す。ウメ用シェーカでは熟果の５０％しか収穫されなかったが，オウトウ用シェーカでは未熟果もほとんど落下した。このことからブルーベリーではオウトウ用シェーカの振動数を少し低下させるとよいと思われたが，ほ場試験は次年度に十分行う予定である。なお，ブルーベリーはオウトウに比べ樹高も低く株間も小さいのでブーム長さは 1.3m が適していると思われた。

６．まとめ

ブルーベリー果実の引っ張り抵抗力は，熟果では約１N，未熟果では約 1.5～2.5N であった。振動数 10.0Hz, 全振幅４ｃｍの単粒振動試験では，脱離時間は熟果で１秒以下，未熟果では 2～10 秒であった。結果枝，小枝の規模係数が大きくなると脱離率が低下した。ほ場試験では全長で 2.４m，基部直径で 2.3cm の枝を対象にオウトウ用シェーカ(振動数 13.5Hz,全振幅 6.5cm)で振動した結果，熟果のほとんどが，また未熟果も大半が落下した。またビニールシートで捕果した結果，果実損傷は問題ないと思われた。

参考文献

1）赤瀬 章他：オウトウ果実の脱離特性，農機学会東北支部報，No43,43,1996
2）赤瀬 章他：小枝を対象としたさくらんぼの振動特性，農作業研究，30(2),103,1995
3）土屋功位：果実の機械収穫に関する研究（第４報），農機誌，40(1),53-59,1978

農業機械学会東北支部報　No.46 : 49～52, 1999

中国・東北部の塩類土壌地帯の農地改良について（第２報）

－作物の増収対策－

太田義信*・馬場秀和*・井上克弘*・雑賀　優*・原　道宏*・三輪　弋*
尚　慶昌**・趙　蘭波**・楊　志超**・張　盛文**・孫　長占**

Studies on the Land Improvement in the Saline Soil Area in the Northeast China (Part 2)

-Measures for Increased Yield of Crops-

Yoshinobu OTA*,Hidekazu BABA*,Katsuhiro INOUE*,Suguru SAIGA*,
Michihiro HARA*,Hajime MIWA*, SHANG Qingchang**, ZHAO Lanpo**,
YANG Zhichao**, ZHANG Shengwen**, SUN Changzhan**

Abstract

This study chose an experimental region of typical saline soil at the western area in Jilin province, and conducted the field investigation on the physical and chemical analyses of the soil and the following three experiments in 1996-1998. (1) Experiment to improve saline soil paddy field: The effect of irrigation to leaching of saline to rice growth and productivity were investigated. When subterranean water pumped up was used, rice production was rose up to 6,000 kg / ha. High productivity can be expected in the areas where subterranean water is plenty enough for rice cultivation and drainage canal are equipped. (2) Experiment to improve saline soil field: The relationships between amount of soil conditioner and crop growth were investigated for corn cultivation. A combined treatment of mulching film and applying aluminum sulfate or gypsum improved corn yield drastically even in the areas where were not suitable for crop production. (3) Experiment to recover grassland: One of the most important factors caused the degeneration of grassland is overgrazing in this area. Therefore, the effect of keep-off livestock temporally from grassland was investigated using natural grassland of 650 ha. From the control plot, great effect was observed in recovering of vegetation and in productivity of the grassland.

[Keywords] 塩類土の理化学的特性　塩類土の水稲　塩類土の畑作物　塩類土の草地

１．はじめに

中国の吉林省北西部から黒竜江省西部にかけての草原地帯は，少ない年間降水量に比べて年蒸発量が大きいなどの厳しい気象条件に加えて，家畜の過放牧等により裸地が増大している。これは，地中のカルシウム塩等が地表層に移動し集積してくる土壌の塩類化によるものであり，吉林省内では約170万ha(草地140万ha，耕地30万ha)が塩類土

＊岩手大学農学部　＊＊吉林農業大学（中国）

壌となり，農業生産に影響している[1]。

本研究は，文部省の国際学術研究として1996年から3ヵ年にわたり岩手大学農学部（6名）と吉林農業大学（5名）の研究協力によって，この塩類地帯を食糧生産の場として蘇らせ，増収を図るために必要な調査研究を行い，作物生産のための具体的な方策を見い出すことを目的として実施された。

2．土壌調査

1996年8月，図1に示す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壌調査を行った。この場所は中国の土壌分類によれば，植生のある場所の土壌は「草甸かん土」，植生がほとんどない場所は「草甸塩土」である[2]。土壌断面は深さ1mのピットを試坑し，2土壌断面の形態的特徴を記載した。さらに各土壌層位より不攪乱土壌試料を容重缶に採取し，大学において分析した。

その結果，調査地点の2土壌断面とも堅く締っており，植物根や腐食を含む草甸かん土の表層を除いて，容積重は全体的に高く1.6～1.7(g/cm^3)の値を示し，植物根の伸長が阻害される硬さである。また，三相分布によれば，2断面とも56～64％の高い固相率を有しており，下層になるほど気相の割合がかなり低くなっている。さらにこれらの風乾土と水を混合(1:2.5)し，pHメータで測定した結果は表1のように，草甸かん土はpH8.7～9.5でCa^{+2}を多く含み，草甸塩土はpH10.1～9.6でNa^{+}を多く含んでいた。

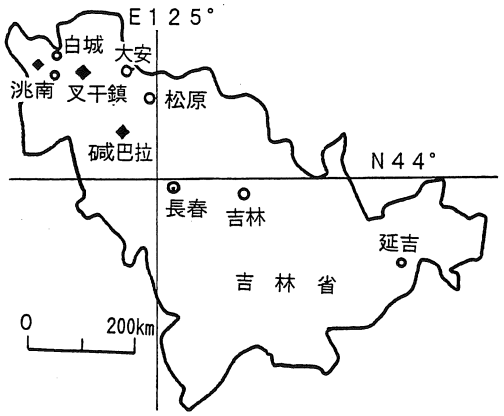


図1　中国・塩類土壌地帯の作物栽培試験地

つぎに現地土の工学的方法による活用を考慮して，JISの土質分類法による粒度試験を行った。その結果を深度別の粒径加算曲線としてまとめると，－40cmまでは粒径0.1mm 以下が60％を占めていて，ほぼ均一な粒度の土層となっており，粒径1 mm 以上は殆どない。さらに土質分類からは，両断面とも土性はシルト質埴土，軽埴土，重埴土であり，シルト質埴土が主体となり地表から下層まで緻密な粘土層で構成されている。

表1　アルカリ塩類土の化学的特性

土壌区分 土壌深さ(cm)	pH (H_2O)	EC mS/cm	水溶性および交換性陽イオン Ca cmol(+)/kg	Mg cmol(+)/kg	K cmol(+)/kg	Na cmol(+)/kg	CEC cmol(+)/kg	塩基飽和度 (%)
草甸かん土								
0－13	8.7	0.3	22.5	7.5	0.6	2.4	16.6	199
13－27	9.2	0.7	14.8	11.4	0.2	6.7	15.8	211
27－42	9.3	0.7	14.6	10.2	0.3	6.7	14.1	225
42－63	9.6	0.7	17.8	10.6	0.3	8.8	18.1	207
63－83	9.5	0.7	20.5	11.3	0.4	9.6	23.3	179
83－103	9.5	0.6	27.8	11.8	0.4	9.6	24.4	203
草甸塩土								
0－16	10.1	2.2	16.3	2.9	0.5	26.6	24.9	186
16－40	10.0	1.8	17.3	6.1	0.4	25.8	28.8	172
40－60	9.7	1.4	16.6	10.1	0.4	19.0	28.7	161
60－80	9.6	1.0	18.8	7.0	0.4	15.9	29.6	142
80－100	9.6	0.9	18.4	7.1	0.4	14.9	30.0	137

（調査地点：吉林省とう南市大通郷）

つぎに現地で採取した自然土について透水試験を行った結果，地表に近い－10～－15cmでは透水係数は10^{-4}～10^{-5}cm／sの値を示したが，地表から30cm以下では10^{-6}～10^{-7}cm/sとなり不透水性の土層である。

このような土壌は重くて硬く植物根の成長が困難である。大型農業機械で土盤を破砕するか砂客土によって孔隙の多い膨軟な土壌に改良することが必要であるが，粘土分を流失させないで保水能力を高めるために機械施工法を工夫しなければならない。

３．作物栽培試験

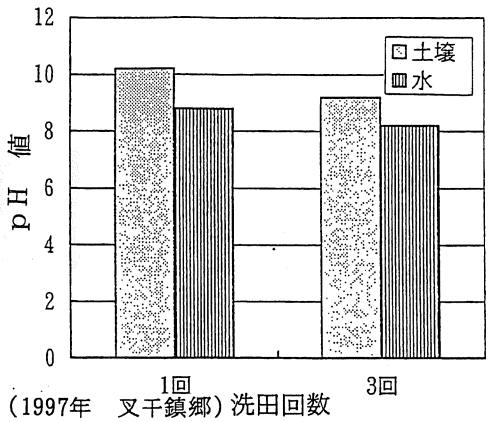
1997年から塩類土壌地帯における作物栽培試験を行うにあたり，水田，畑地および草地の試験地を，吉林農業大学（長春市）からの交通の利便性を考慮して図１のように長春市の北西300 kmに位置する吉林省前郭県ぜん巴拉村，および430 kmに位置する大安市叉干鎮郷に設けた。

(１)塩類土水田の改良試験

塩類土壌の改良法として，①代かき時に灌漑水を用いて洗田し，水田土壌中の塩分を溶脱させてアルカリ性を低下させる方法，②硫酸アルミナの土壌改良剤の添加と水田マルチの併用によるアルカリ性の緩和法，および③風砂土を客土として塩類土と混和させる土層改良法を検討した。

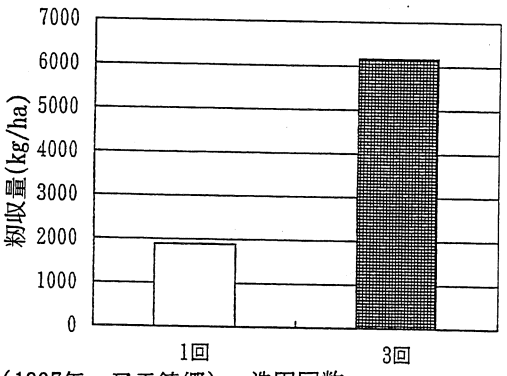
今回の試験研究では，①と②の方法を実施した。叉干鎮郷において，①の塩類土の洗田による水田ｐＨの変化を図２に示した。さらに洗田回数に伴う籾収量を図３に示した。これらによれば，洗田回数の増加は水田土壌および灌漑水のｐＨを低下させ，籾収量に３倍程の大きな影響を与えている。

つぎに②の試験のためにかん巴拉村に600m²の処理区を12区画設けて，土壌改良材の施用量を変化させ，併せて水田マルチの効果を試験した。これは水田マルチにより水温と地温を上昇させ，水面蒸発量と地下浸透量の減少を図ることを目的としたものであり，プラスチックフィルムによる水田マルチ栽培の生育状況と収量等を調査した。その結果は図４に示すように，水田マルチは水温と地温を上昇させており，しかも水面蒸発量を抑制するので灌漑水量を1/2に節水することができた。



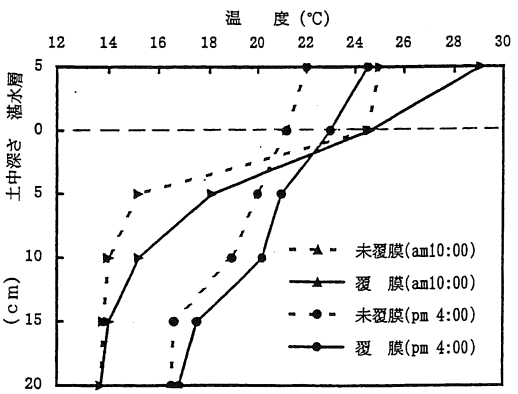
(1997年　叉干鎮郷) 洗田回数

図２　塩類土壌水田の洗田回数によるｐＨ変化



(1997年　叉干鎮郷)　洗田回数

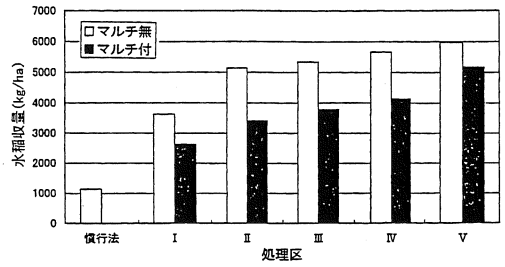
図３　塩類土壌水田の洗田回数による籾収量



(1998年6月16日　ぜん巴拉村)

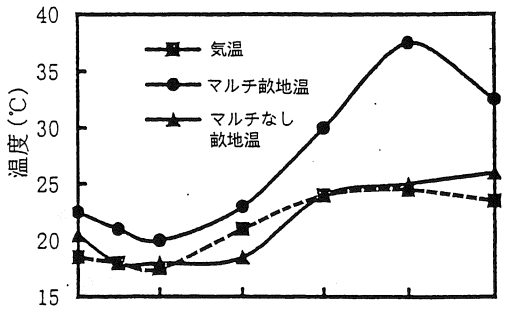
図４　水田マルチによる水温と地温の変化

しかしながら水稲の収量については，図５に示すように一般農家の慣行法と比べて洗田と土壌改良剤（硫酸アルミナ）の施用により３～５倍の増収を得たが，水田マルチの効果についてはあまり



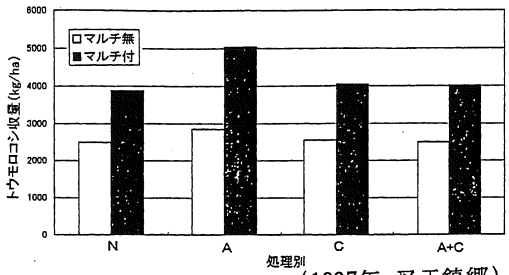
処理区Ⅰ：土改剤　0kg/ha　　処理区Ⅳ：土改剤　900kg/ha
処理区Ⅱ：土改剤　300kg/ha　　処理区Ⅴ：土改剤 1200kg/ha
処理区Ⅲ：土改剤　600kg/ha　　（1998年　ぜん巴拉村）

図５　土壌改良剤及び水田マルチによる重度塩類土水田の籾収量



（1997年5月3日　又干鎮郷）

図６　トウモロコシのマルチ栽培による被覆畝の地温変化



（1997年 又干鎮郷）

N：無処理区　　A：硫酸アルミ(5g/株)　　C：石こう(5g/株)
A＋C：硫酸アルミ(2.5g/株)＋石こう(2.5g/株)

図７　土壌改良剤及びマルチ栽培によるトウモロコシの収量

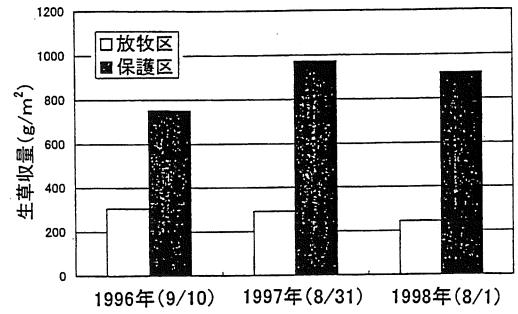


図８　塩類土壌草地における柵囲い保護区の効果

認められなかった。

(２)塩類土畑地の改良試験

トウモロコシを試験作物として，アルカリ塩類土壌の改良剤には硫酸アルミを施用し，塩類土壌地帯では春先に乾燥しやすのでプラスチックフィルムによる畝マルチ栽培を併用して，作物の生育及び収量等を調査した。マルチ栽培による被覆畝の地温の昇温効果は，図６に示したように午後に大きく現われている。収量については，図７のように土壌改良剤よりもマルチ栽培による増収効果が1.5～2.0倍と大きいことを示している。さらにプラスチックフィルムによるマルチは畝内の昇温効果が大きく，しかも塩類集積を緩和する効果があることを学内実験で確かめた。

(３)塩類土草地の退化防止策

1996年から３年間の牧草生育状況を，従来の放牧地を対照区として牧草の混合播種（羊草とアルファルファの比率＝5:1）と柵囲いによる保護区を設けて，草原退化に伴う草種の変遷，および保護区における草生回復状況をぜん巴拉村の草地(650ha)において調査した。その結果は図８に示すように，保護区の生草収量は１年目が対照区の2.5倍，２年目が3.3倍，３年目が3.8倍と増大している。しかも生草に占める牧草種の比率も１年目で47%，２年目で54%，３年目で67%と増えている。柵囲い保護区により草原を回復出来ることを示した。

参考文献

1)太田義信ほか：中国・東北部の塩類土壌地帯の農地改良に関する研究（第１報），農機東北支部報 44,87-90,1997

2)中国科学院南京土壌研究所編，川瀬金次郎他訳：中国土壌－改良利用・性質・肥沃度・生成分類－，博友社，1983

3)「土の世界」編集グループ編：土の世界－大地からのメッセージ－，朝倉書店，1990

農業機械関連文献データベースの構築

鶴田正明＊

Development of the Database of the Agricultural Machinery literature

Masaaki TSURUTA ＊

【キーワード】　データベース，文献，農業機械

1．はじめに

パソコン等情報機器の発達とともに情報検索が容易に利用できる状況となりつつある。しかし、岩手県の農業関係試験研究機関では有料のデータベースを利用する環境にない。最近、日本植物工場学会では農業工学系雑誌検索サービスを行っており、無料で手軽にインターネット上で利用できる環境が整いつつある。

ここでは、岩手県農業研究センターで閲覧できる東北や岩手県での試験研究などを含めた農業機械関連文献のデータベースシステムを開発したので紹介する。

なお、このデータベースシステムはWindows95(98)及びデータベースソフトAccess97を用いて開発した。データはMOを利用して読み書きしている。利用するに当たってはこれらの機材やソフトが必要である。

2．データベースの内容

農業機械関係の文献として、農業機械学会誌、農作業研究、農業施設学会誌などがありこれらの文献を中心に農業機械学会東北支部報、岩手県農業研究センター試験概要（旧岩手県農業試験場）を対象とした。入力済みﾃﾞｰﾀは4,335件（平成１１年９月末現在）で、その内訳は表１のとおりである。

入力した項目は、論文名、出典、発表年月日、ページ、著者、キーワード、内容要約である。（ただし、キーワード及び内容要約は入力されていないものが多い）

データベースの利用法としては、論文名や著者などを手がかりに関連する文献を検索することが多い。Accessの利用法に習熟していれば、ソフト自体のメニューを利用してこれらの操作が可能となっている。しかし、ここでは、誰でも簡単に利用できるように、データを入力・訂正・検索する一覧表（テーブル）とカード型フォームのほかに、検索用のフォームとこれらの利用を円滑にするためのメニュー画面を作成した。

表１　開発データベース登録データ数

登録学会誌等	登録件数
農業機械学会誌　vol, 27.～61.5	2,491
農業機械学会東北支部報　第12～45号	618
農作業研究　通巻１～100号	765
農業施設学会誌　vol,22.3～30.2	163
岩手農試農業機械関連研究研究	220
その他	78

（平成１１年９月末現在）

3．データベースの構造

(1)メニュー

Accessを起動して「農業機械関連文献データベース」ファイルを選択すると自動的にメインメニュー（図１）が立ち上がる。

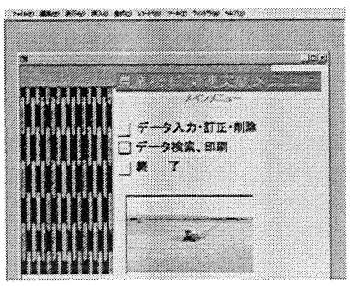


図１　メインメニュー

＊岩手県農業研究センター

このメインメニューは、Accessのツールメニューよりメニュー用フォームビルダを利用して作成した。自動起動はマクロでautoexecファイルを作成した。マクロは、アクションと引数を指定するだけで、簡単に処理を自動化することができる。

メインメニューで、データ入力・訂正・削除ボタンをクリックすると、入力編集のためのメニュー１が表示される（図２）。

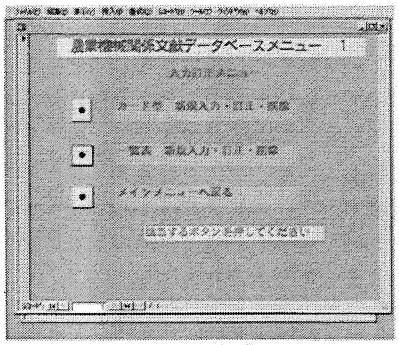


図２　メニュー１

メニュー１では該当ボタンをマウスでクリックすることにより、「カード型での入力フォームへの分岐」、「一覧テーブルへの分岐」、「メインメニューへ戻る」、というメニューになっている。

(2)一覧テーブル

Accessでは、最低でも１つのテーブルが必要でデータベースで入力したデータはすべてテーブルに保存される。テーブルはフィールドとレコードから構成されており、フィールドはそれぞれの項目のことであり、１件分のフィールドの集まりがレコードである。このデータベースでは次のようなフィールドとデータ型を設定した（表２）。

表２　データ構造

項目（ﾌｨｰﾙﾄﾞ名）	データ型
No.、D_No.、頁、	数値型
登録日	日付/時刻型
論文名、出典	テキスト型（255）
発表年月日	テキスト型（40）
著者１～10	テキスト型（50）
キーワード１～12	テキスト型（50）
内容要約	メモ型

（　）はﾌｨｰﾙﾄﾞｻｲｽﾞ（文字数）である

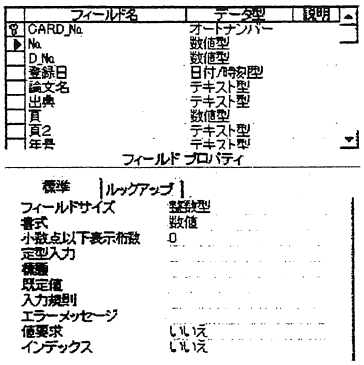


図３　テーブル（デザインビュー）

テーブルにはデザインビュー（テーブルの設計を行う画面）とデータシートビュー（データの入力などを行う画面）の２とおりの表示方法があり、それぞれを図３，４に示した。

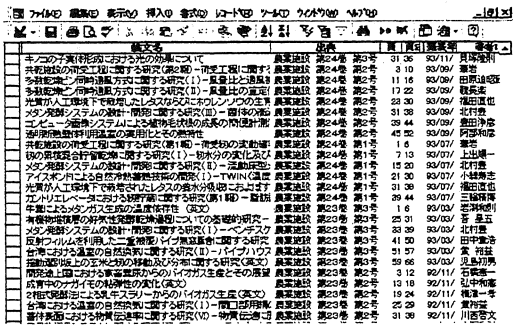


図４　テーブル（データシートビュー）

(3)カード型フォーム

データを入力する場合、１レコードづつ入力することが多いことから、入力用のフォームを作成した（図５）。

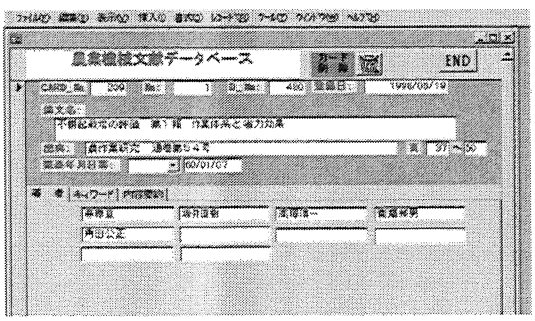


図５　カード型入力フォーム

キーワードや著者の数は文献によって異なるが、データ入力の際に項目が不足した場合に随時追加し、現在著者数１０，キーワード１２となっている。

４．データ検索・印刷

データの検索・印刷用として図６に示すフォームを作成した。

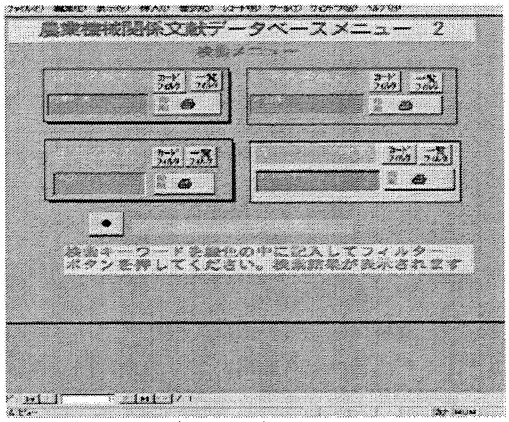


図６　データ検索用フォーム

このデータ検索用フォームはAccessに不慣れなユーザーでも簡単な語句を入力するだけで検索が行え、その検索結果も一覧あるいはカード型で表示することができる。

検索項目は「論文名」、「出典名」、「著者名」、「キーワード」の４項目で各々単独に行う。複数の項目を検索する機能はないので、最初にこのメニューで大雑把な絞り込みをする場合に利用できる。ただし、キーワードや著者名のように多数のフィールドがある場合、それらの９フィールド（キーワード１～９，著者名１～９）の中を検索して該当レコードを表示するようにしている。

選択クエリーにおいてフォームのフィールドを抽出条件として、抽出条件欄に次のような条件式を与えた。

Like ""&[Forms]![メニュー2-2]![検索key]&"*"*

ここで、「Like」は長い文字列の中から指定したパターンに一致するものを調べる演算子であり、"＊"はワイルドカードである。「ﾒﾆｭｰ2-2」というフォームの「検索key」という名称の欄に書いてある文字列の入っているレコードを検索するという意味である。

クエリーは、テーブルのフィールドを組み合わせたり、抽出条件を設定して、テーブルから必要なデータを取り出したりするためのものである。

このクエリーを起動させるために「カードフィルタ」、「一覧フィルタ」という２つのボタンを作成した。「カードフィルタ」ボタンをクリックすることにより図５に示したカード型フォームが表示され、検索されたレコードがカード型で表示される。同様に「一覧フィルタ」では図４のテーブル型の形式で検索データが表示される。

画面は、フォーム上のデザインビュー画面でツールボックスを利用して簡単に作成でき、また命令はコマンドボタンのプロパティの中にマクロ名を記入する。

Accessのマクロを作成するには図７のようにアクションとその引数を選択していくことでできる。

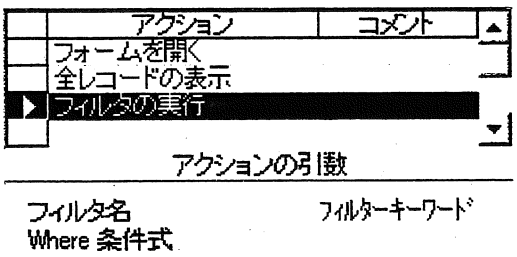


図８　検索マクロ（ｷｰﾜｰﾄﾞ）

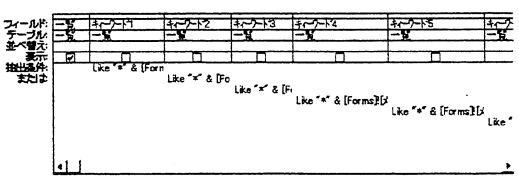


図７　検索フィルター（クエリー）設定例

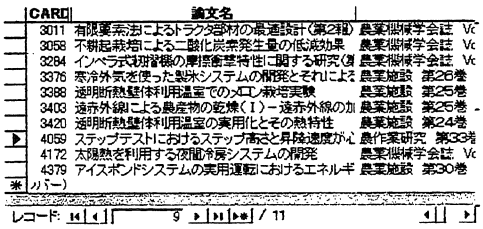


図９　検索事例（キーワード：エネルギー）

図８はキーワード検索の欄に「エネルギー」という語を入力したときの出力画面の一部である。
また、論文名で検索した例の該当件数を表３に示した。

表３　論文名からの検索件数例

入力語句（キーワード）	検索件数
播種	７４
トラクタ	２８３
田植機	９５
防除	３７
収穫	２６２
乾燥	３４７
調製	４８
品質	８２
コンバイン	１２４
エネルギー	２３
情報	１５
作業計画	８
米	１３３

(2)検索結果の印刷

検索結果を印刷できるように検索内容ごとに様式を作成した。各検索ボックスにある印刷ボタンをクリックすることで印刷が行われる。

印刷の様式は印刷用のレポートをデザインして作成する。デザイン作成はフォームのデザインと同様に、デザインビューを表示してフィールドリストの中から表示したい項目をバランスなどを考えながら張り付ける。ページ数や印刷月日なども関数を用いて記入するようにした。デザインが完成したら、レポート様式をレポートフォルダーの中に登録する。次ぎに、そのレポートを印刷するためのマクロを作成する。マクロには印刷レポートを開く命令と印刷する命令を記入するだけでよい（図１０）。

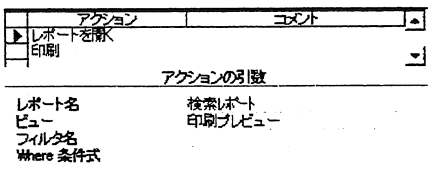


図１０　マクロ：論文名検索印刷

このマクロを、印刷命令ボタンのプロパティの中に記入することによって完成する。出力見本例が図１１である。

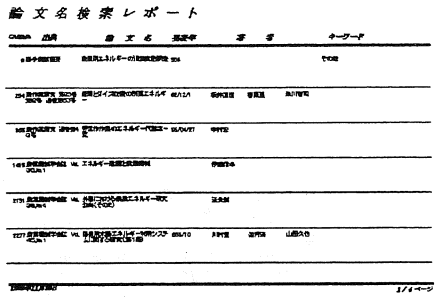


図１１　印刷レポート例

５．ま と め

農業機械関係の文献データベースを作成した。このデータベースを用いて「農業の担い手支援エキスパートシステム」を作成するのが真の研究課題である。１０年ほど前に盛んに開発されたエキスパートシステムであるが、その後活用されている話をきかない。今後、このデータベースの内容を活用しながら、インターネット上で活用できる農業者支援システムを構築する予定である。

参考文献

１）超図解ACCESS97(基礎編、クエリー&応用編)、エクスメデイア
２）ACCESS97　クエリー・リレーション編　エーアイ出版

〔閲読者コメント〕インターネット上で公開されることを期待しております。インターネット環境ではユーザー側からの情報提供も可能であり、文献データの集積も効率的に行えると思います。今後の展開等、お答えをお聞かせ下さい。

〔著者回答〕ACCSEESS97以降のバージョンではＷｅｂサイトデータベースが可能となっておりますので今後検討してみます。

＜新製品コーナー＞

歩行型豆刈機　Ｍ１－ＧＴ

和同産業株式会社*

１．新開発、搬送ベルト

新形状突起ベルト採用により、豆をやさしく搬送し、傷めません。

２．軽量・コンパクト化

取り回し、操作性の良さで、ベテランから女性まで楽に収穫作業が出来ます。

３．組替え調整式タイヤトレッド

圃場条件により、各畝巾に合わせてタイヤトレッドを組替えることができます。安定性の高い３輪走行です。

４．新構造刈刃でスムーズ作業

刈刃をチップソー１枚にし、刈刃下持ち構造にすることにより、刈刃部に雑草などが絡みにくく、スムーズな刈り取りができます。

５．メンテナンスがラクラク

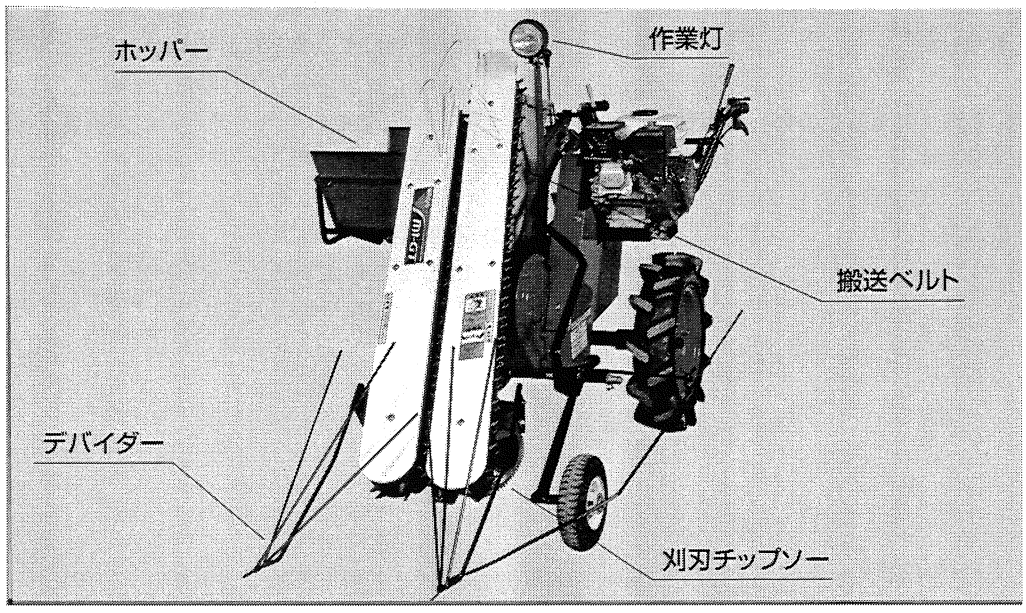
シンプル構造により、点検、整備調整がしやすくなりました。

６．ランニングコストの低減

本機にマッチした小型エンジンの搭載により、経済性がアップしました。

■主要諸元

ビーンハーベスター　型式 M1－GT		
エンジン	型　式	空気4サイクルOHV
	最大出力	2．8PS／1，800回転
	総排気量(c.c.)	118
	燃料タンク(l)	2．5
機体寸法	全　長(mm)	2，100
	全　幅(mm)	1，325
	全　高(mm)	1，220
全装備重量(kg)		145
フレーム	刈　刃(mm)	305(チップソー)
	刈高さ(mm)	50～200
	車速段数	前進2段、後進1段
	刈取条件	1条刈
	作業能率(a/h)	最大23



*〒025-0035　岩手県花巻市実相寺４１０　TEL 0198-24-3221　FAX 0198-41-1221

＜東北若手の会報告＞

第10回東北若手の会　「岩手滝沢」の報告

中野芳雄*・小出章二**

Report of 10th "Tohoku Wakate-no-kai (Seminar for young researchers; Tohoku Branch of the Japanese Society of Agricultural Machinery)" in Iwate-Takizawa in 1999

Yoshio NAKANO* and Shoji KOIDE**

1．はじめに

平成11年8月16日から18日の2泊3日、第10回東北若手の会が岩手大学農学部付属滝沢農場内宿泊施設（岩手県滝沢村）で開催されました。本年、東北では、記録的な猛暑の夏となりましたが、その猛暑を吹き飛ばすかのような力強い勉強会が行われましたので、ここに報告します。ちなみに、東北若手の会は、岩手滝沢が発祥の地。平成5年8月に、スタートして以来、東北各県、遙かは福岡、東京、そして第57回年次大会（山形大学にて）と全国規模開催を含め、岩手滝沢に東北を時計回りに1周するまでに、若手の会も10回目を数えました。なお、今回の第10回東北若手の会の参加者は、大学機関や農林水産省関係から24名でした。

2．第10回「東北若手の会」の報告

下記の基礎講座、研究紹介、海外出張報告をベースとして、勉強会を行いました。

1)　基礎講座

テーマは"農業分野での情報通信"です。

東北農業試験場　元林浩太氏

「シリアルデータ通信システムの農業分野への応用」－CANバスに基づく国際標準化ネットワーク－

北里大学　高野　剛氏

「GPSの農業・畜産機械での利用」

元林氏は近年、特に欧米で盛んに進められているトラクタと作業機間のデータ通信手段の統一・標準化について、シリアルバスによるデータ通信技術の特徴とその標準化の動向や精密圃場管理技術の実現に向けた戦略を紹介されました。環境先進国ドイツはミュンヘン工科大学で学ばれた氏の技術は、我々の興味を引くのに数分もかかりませんでした。活発に質問が飛び交い、質問時間を大幅に超過し、当日の夜の部「ミュンヘン滞在記」においても精密圃場管理技術の一端についてVHSで補足説明をしていただきました。

高野氏は無線モデムを使ってのトラクタ遠隔操作・自動走行についてVHSを交えながら、解説されました。特に伝送データについての解説は丁寧で勉強になりました。VHSでは雪上面におけるトラクタ遠隔操作・自動走行を紹介され、雪上面を無人で走るトラクタの姿に会場より感嘆の声が挙がりました。

2)　研究紹介

下記、2名の大学院生の研究発表がありました。質問時間は45分間設定されていましたが、それでも足りないぐらいの活発な討論となりました。

岩手大学　田子雅則氏（M2）

「ひび割れ米・胴割れ米の混入が炊飯に及ぼす影響」

山形大学　宮竹史仁氏（M2）

＊秋田県立大学生物資源科学部　＊＊岩手大学農学部

「コンポスト化反応速度の含水率依存性」

3)　海外出張報告

海外の研究生活等についてＶＨＳを用いての報告が２題ありました。

東北農業試験場　元林浩太氏
「ミュンヘン滞在記」
とにかく、街並みがきれいなこと、そして撮影が５月だったこともあり新緑が美しかったことが、印象的でした。環境を重んじた国らしく、ゴミゴミした印象は全くありませんでした。また、ミュンヘン工科大学の農業機械関係の講座に対する設備とその充実ぶりには、ただ驚くばかり…、さすがドイツ（？）と思わされました。

岩手大学　片岡　崇氏
（メッセンジャー：岩手大学、及川・一戸氏）
「若手の会 in Texas　報告」
ここでは、当時テキサスＡ＆Ｍ滞在中の岩手大学片岡　崇先生がどのように生活・研究を行っているかについて、初夏にテキサスを訪ねた岩手大学大学院生及川氏と一戸氏からＶＨＳを用いて報告がありました。テキサスや大学のスケールの大きさに驚くとともに、一度は外国で勉強しようと思われた方も多かったのでは、と察します。

4)　次回に向けて

若手の会が10回目を迎えたこと、および発祥の地「岩手滝沢」にかえってきたことを期にスタッフの交代を行いました。以下に新スタッフを紹介いたします。

－　新スタッフ　－
代　表：田中勝千（北里大）
世話役：小出章二（岩手大）
　　高野　剛（北里大）
　　中野芳雄（秋田県立大）

今年度９月より新スタッフでの企画・運営に移行しております。なお、スタッフの交代に伴い、東北若手の会のホームページも変更予定です。どうぞこれからよろしくお願いいたします。

３．謝辞

本会の開催に当たり、岩手大学農学部教員・学生、そして岩手大学付属農場の方々には会場借用・準備等多大なご協力をいただきましたことを深謝しここに記します。また、農業機械学会東北支部からは本会に対する活動助成金を戴いております。記して感謝申し上げます。

また、これまで東北若手の会を牽引して下さいました岩手大学農学部廣間先生をはじめ、岩手大学農学部武田先生、山形大学農学部岩渕先生、岩手大学農学部片岡先生に感謝の意を表すとともに、今後とも変わらぬご指導をよろしくお願いいたします。

＜シンポジウム報告＞

「２１世紀の東北農業を考える」

（座長　広間達夫）

シンポジウムは，平成 11 年 8 月 19 日 15:10 より，岩手県農業センター大会議室で開催された。現在，国際的な輸入自由化の圧力や新農業基本法による市場原理の拡大等，東北農業には厳しい時代を迎えている。このような厳しい状況に立ち向かい，21 世紀の新しい東北農業の方向性を考えるために標記のシンポジウムが企画された。幸い，法人化やインターネット利用等で，意欲的な農業経営を行っている方々に話題提供していただけることになり，併せて，岩手県農業研究センターの大区画圃場の研究紹介をしていただいた。以下に講師の方々の講演の概要を紹介する。

講演１　大地と共に

講師：後藤敏夫氏（(有)ライフクリエイト.K 代表取締役）

集落内の営農体系の改善を行い，助け合いに基づいた農業機械の有効利用を図る目的で，昭和 62 年に転作組合を設立して交換作付けによる転作団地化を実施し，以後農村活性化住環境整備事業，21 世紀事業等を実施した。平成 5 年に組合員 13 名で改断営農組合を設立し，集団営農支援モデル事業，生産組織施設整備事業を実施した。更に経営管理の徹底，効率的な農業経営の確立，担い手の確保を目的として，平成 8 年に組合員 13 人で法人化を図り，現在の有限会社ライフクリエイトケイを設立した。

農業機械の集団利用組合では，農業機械の集団利用が十分に行われなくて，成功したといえる組合が少ない。成功しているように見える組合でも，組合リーダのボランティア活動による場合が多い。組合所有の機械以外に，個人で機械を所有していれば，個人の機械を利用する方が融通性があるので，集団利用の機会が減っていくことに原因があると考えた。そこで，組合設立にあたって，組合員所有の機械を半強制的に組合の所有にして，集団利用の実が上がるようにした。集落で農業機械の有効利用を図り，集落の農業を守るという理念を達成すべく，協力して事業経営にあたっている。

有限会社の概要を述べると，設立が平成 8 年 1 月で，資本金が４７０万円であり，米・野菜・花卉の生産販売，水稲苗・野菜苗・花卉苗の生産販売，肥料・堆肥の販売，漬物加工販売を行っている。組合員は 13 名で，後藤以外は兼業農家である。近所の奥さん方を労働力としているが，このことは集落内で仕事の機会を提供する意味でも

表１　作業面積

	平成８年	平成９年度	平成 10 年度
水稲	27.2ha	29.5ha	27.3ha
転作	4.3ha	5.1ha	9.2ha
合計	31.5ha	34.6ha	36.5ha

表２ 転作田の品目別面積（a）

品　目	平成８年	平成９年度	平成 10 年度
りんどう	４４	３４	７８
キャベツ（春）		６４	１０３
キャベツ（秋）		３０	６０
大　麦		１００	２０４
小　麦		９０	１５８
大　豆			２６４
カボチャ			２９
牧　草			１０
加工瓜			３０
白　菜		１５	２０
大　根		３０	２０

評価を受けている。

表1に作業面積の推移，表2に転作田の品目別面積を示すが，平成8年の合計作業面積が31.5haであったのが，平成10年度には合計作業面積が36.5haとなり，順調に事業が拡大している。

農業機械の稼動状況は，コンバインが20から23日/年，田植え機が12～15日/年である。機械の多目的利用も試みており，田植え機を改造して開発した大豆の管理機は，表2に見られるように，大きな成果を上げた。

表3に水稲作業体系を，表4に主要機械の一覧を示す。補助事業を活用して機械の購入を行っている。これらの機械の有効利用を図るために，機械の受託作業を請け負っている。実はこれが一番利益率が高い。年収が300万円から500万円程度あれば，作業受託に出しても良いという人が多いので，更なる受託作業の拡大を考えている。

近年，会社の経営を安定，拡大させるために，資材，肥料を安価に供給する工夫や，米の販売，漬物等の加工食品の販売を始めた。

組合員は，専従の後藤を除き，1haから1.5haの田畑を保有している兼業農家である。兼業農家の職業は，国家公務員，地方公務員，会社員であり，組合員は，給料の他に数10万円のボーナスは入ってくるという状況である。

表3　水稲作業体系と機械

溝上げ	トラクタ40PS（リース）
肥料散布	トラクタ（リース3台），肥料は共同購入
耕起	クローラトラクタ70PS
育苗	共同作業は出芽まで，運搬してハウスで個人管理している
代かき	クローラトラクタ70PS，トラクタ（リース2台）
苗運搬	2tトラック（リース1台），軽トラック（リース2台）
田植え	側条施肥田植機，肥料共同購入
除草	除草剤共同購入（一部会社負担）
草刈り	個人機械（一部会社負担），個人管理
防除・追肥	薬剤・肥料共同購入，個人管理
刈取り	コンバイン2台，バインダ（リース1台）
籾運搬	2tトラック（リース1台），軽トラック（リース3台）
乾燥調整	フレコンによる個人での出荷
出荷	2tトラック（リース1台）

表4　主要機械一覧

クローラトラクタ70PS 1台
クローラトラクタ40PS 1台（リース）
トラクタ2台（リース）
コンバイン4条・4条キャビン仕様
乗用田植機（6条1台，8条1台）
自走式マニュアスプレッタ 17t積み
コンバイン2台（4条，5条）
育苗施設
乾燥調整施設 1式
格納庫

講演2　産直によるお米の販売
—インターネットを使った生産会社経営—

講師：阿部義文氏（(有) 板倉農産 専務取締役）

板倉農産は，宮城県北部の登米郡の板倉集落で米の生産を行っている1家1法人（家族5名）である。板倉という集落の名前は，籾の保管倉庫としての蔵があったことにことに由来している。集落の核となり集落全体の所得向上を目指す目的のために，集落の名前を用いている。

昭和52年に第1次構造改善事業を導入して板倉第4水稲栽培組合を設立し，水稲栽培の規模拡大を図った。その後，水田転作が強化される中で，3戸の農家と板倉転作組合を結成し，集団転作に取り組み，同時に農地の全面請負作業を中心に経営面積の拡大を図ってきた。平成5年の大冷害をきっかけに，低農薬，有機米の生産に努め，消費者と直接取引ができる特別栽培米の生産を始めた。平成5年度に全国の消費者への宅配を開始し，平成6年には約800件の消費者に供給すること

になり，精米プラントを導入して，精米の品質，食味を安定させた。その結果，平成7年には宅配顧客が約1300件に増加した。

このような状況の中，増加した顧客に，より満足してもらうために，生産部門と販売部門を明確にする必用が生じた。そこで，より魅力のもてる農業を目指し，平成8年に法人化し，有限会社 板倉農産を設立した。法人経営の具体的構想として，販売チャンネルの拡張を掲げている。この構想実現のために，平成9年に，秋作業の過剰稼動の分散と籾貯留による米の食味，品質保持を目的として，籾貯留ビンを整備した。

板倉農産の現在の事業規模は，自作地7.5ha，借地1.4haの合計8.9haであり，作業受託は，耕起・代掻き1.2ha，育苗・田植え1.2ha，収穫・乾燥6.5haの合計8.9haである。経営組織は，図1に示すように，経営管理，栽培管理，顧客管理，販売管理を家族5人で分担し，経営管理，顧客管理については，パソコンを利用して合理化を図っている。年間売上規模は，推定であるが，平成7年度販売量48,000kg，売上高2,880万円，平成8年度販売量97,200kg，売上高5,832万円，平成9年度販売量147,480kg，売上高8,849万円，平成10年度販売量180,300kg，売上高10,818万円を達成している。

経営管理面では，年間の作業計画を春先に作成し，それに従って効率よく作業を行う工夫をしている。特に計画外流通米（産直米）の作付けについては，春先に顧客からダイレクトメールで注文を取り，作付け品種の構成，面積割合を決めて栽培している。一方作業受託は，完全予約制を取っており，前年の作業日誌を基に作業可能面積を求め，1年間の作業予定をパソコンで作っている。また，米の収穫時期にあわせて決算期を7月から翌年の6月に変更し，これにより在庫管理が合理化できた。

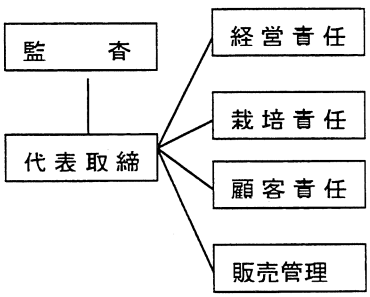


図1 経営組織

コスト低減のために，作業計画を立てると共に，肥料散布，畦塗り，耕起，代掻き等はセットで受託し，また作業機の脱着等の手間が省けるように団地化して省力化を図ると共に，流体マルチの採用，枕地の利用をやめる等の工夫をしている。

消費者と直接取引きを行っているので，低農薬，有機米の生産に努め，有機米の生産にあたっては，堆肥の使用を基本とし，畜産農家と連携して籾殻，米ぬかや稲わらと堆きゅう肥との交換を行い，10a当り2tの有機物を水田に供給している。更に，無農薬での米作りの実践として，あいがも農法（1.2ha）を導入している。

消費者のニーズを知るために，物語や履歴書を付けた農産物や産地の情報を載せた消費者通信を発信すると共に，年1回消費者を地元に招いて農業体験や交流会を実施している。

最近，生産される米の品質の向上を図る目的で，田んぼの状態を監視する水質センサーをNTTの協力で田んぼに取り付けた。O_2，PH等が自動計測されるので，これをホームページに紹介し，同時に，稲の生長の様子の映像，あいがもの鳴声，虫の音等，生産地情報や生育情報をホームページで提供している。水質値に食品会社が興味を示したり，田んぼの刻々の映像やあいがもの鳴声等が小学校の授業で使われたりと，大きな反響があった。現在1日の閲覧数は4,000件に達している。

このホームページを利用して，消費者の動向を知るためのホームページ上でのアンケート調査を実施している。アンケートを出した人にプレゼントを送っていることが，アンケートの回収率を高くし，プレゼントも好評を得ており，新たなユーザの開拓につながっている。

更に，米を作ると共に人を作るという理念の基に，NTT，宮城教育大学，仙台市科学館等が共同で進めている「フィールドミュージアム構想」に参画し，農業の生産現場からの情報提供を担当し

ている。また，（財）全国農業法人会議を窓口にした「インターンシップ研修制度」農業研修生の受け入れ農場として環境整備を進めている。

21 世紀はソフトの時代であり，栽培管理，経営管理，顧客管理，販売管理等の情報処理システムを構築することと同時に，農業の大切さを次の世代に伝える役割を担いたい。

講演３ 岩手県農業研究センター大区画圃場の研究紹介

講師：鶴田正明（岩手県農業研究センター農産部生産工学研究室室長）

１．大区画圃場の作業体系

岩手県農業研究センターで行っている，大区画圃場の実証研究を紹介する。表１に，長辺250m，短辺120m の 3ha 圃場の技術体系を示す。この圃場の均平度は，最大高低差 49mm，標準偏差 10.5mm であり，比較的高低差が小さく仕上がっている。

防除に用いているラジコンヘリと乗用管理の作業能率を，表２及び表３に示す。

２．自動水管理システム

遠隔操作で圃場に水を入れるシステムを試行中である。このシステムは，UR 対策で生研機構が構築したもので，無線と電話回線を用いることで圃場水位や水温等の情報が遠隔入手でき，入水量や入水深さも遠隔で指令できる双方向システムである。入水量，水位，水温，地温のデータは自動的にハードディスクに記録される。現在，天候予測に基づいた水管理システムについて検討している。

３．地下灌漑と乾田直播

3 ha 圃場に近接して 1ha 圃場があるが，これ

表１ 3ha（長辺 250m，短辺 120m）圃場の技術体系（平成９年度）

作業名		作業月日	使用機械	作業人員	作業延時間	hr/ha 3ha	hr/ha 比較	備考
耕起	耕盤均平	5/ 2	レーザーブラウ	1	5			耕深15cm
	表面均平	5/10	レーザーレベラー	1	8	4.3	3.3	標準偏差 10.51mm 最大差49mm
施肥	基肥	5/12	トラクタ+ﾌﾞﾛｰﾄﾞｷｬｽﾀ	1	6	2.0		N成分４kg/10ａ
追肥	流入施肥	7/23	トラック	2	2	0.7	7.0	くみあい液肥1号 N成分1.2kg/10ａ
代かき	荒代	5/14	60psﾄﾗｸﾀ＋代かきﾛｰﾀﾘ	1	7			１回
	植代	5/16	4.1m	1	9	5.3	5.7	２回
苗運搬		5/21-22	トラック２台	3~2	30			購入苗、運搬距離500m
移植	機械運転	5/22	10条、８条田植機	2	8			
	苗補給等	〃	人力	8	32	23.3	9.9	
防除	除草剤	6/ 5	ラジコンヘリ	3	4			ｸｻﾒｯﾂﾌﾛｱﾌﾞﾙ
	〃	7/ 3	乗用管理機	2	2	1.7	1.2	ｸﾘﾝﾁｬｰﾊﾞｽME
	いもち	6/18	ラジコンヘリ	3	3			ｵﾘｾﾞﾒｰﾄ粒
	〃	7/30	乗用管理機	2	6	2.7	16.7	ｺﾗﾄｯﾌﾟ粒
水管理		5/23～	自動給水栓	1	45	15.0	68.0	
草刈		7/4	刈払い機	1	8	2.7	45.0	造成直後や農道ターン等で草が少なかった
収穫・籾運搬		9/30 10/1・2 3・6	汎用コンバイン ｸﾞﾚﾝｺﾝﾃﾅ、ﾀﾞﾝﾌﾟﾄﾗｯｸ	2	61	20.3	17.9	
乾燥・調整		9/30～ 10/8	循環型乾燥機4.3t×2	2	75	25.0	4.0	
計					311	103.7	162.7	
雑物除去		5/ 2	運搬車	2	16			木の根等除去
稲わら列状集草		11/10	ヘイメーカー	1	4			
稲わら梱包・収納		11/11 13	ﾍｲﾍﾞｰﾗｰ、運搬車 〃	8 7	32 28	26.7		

注）労働時間比較データは石鳥谷地区１haほ場基盤整備初年度のものである

表２ ラジコンヘリの作業能率

作業名	作業速度 m／s	作業幅 m	散布量 10a当り	圃場作業量 ha/h	負担面積 ha	備考
除草剤散布（フロアブル剤）	６．１	１０	０．５ℓ	4.33	109	R50
いもち防除（粒剤）	７．８	５	１．０kg	7.28	184	Rmax

水稲作業可能延べ面積　５８５ha、導入可能延べ面積　１７９ｈａ

表３ 乗用管理機の作業能率

作業名		作業速度 m／s	作業幅 m	散布量 10a当り	圃場作業量 ha/h	負担面積 ha	備考
除草剤散布	（粒剤）	0.46	１０	1kg、3kg			
	（水和剤）	0.41	１０	80ℓ			
いもち防除	（粒剤）	0.53	１０				
追肥	（粒状肥料）	0.56	１０	kg	7.28	184	Rmax

らの圃場は暗渠管が水口のある水槽の底と繋がっており，暗渠部のバルブを開けることにより地下灌漑できる構造になっている。これを利用して現在，1ha 圃場で，乾田直播を実施している。

３．打ち込み点播直播の実証

九州農試で開発された打ち込み式点播播種機を用いた実証試験を実施中である。この技術は，播種深が一定で苗立ち良好な移植栽培並みの株を形成することから，東北各県で研究中の技術である。

苗立ち本数は播種量 5.2kg/10a 区で 92 本/m^2，6.9kg/10a 区で 141 本/m^2 と良好であるが，鳥害（スズメ）が少し見られた。

４．ロングマット水耕苗

農林省農業研究センターで開発された技術で，移植時の苗運搬等の重労働を軽減するため，長さ 6m 幅 28cm の水耕苗（現行 10 箱分）をつくり，ロール上状に巻き取って移植する。

この技術を用いると，６条田植え機で苗補給なしに 20～30a の移植が可能になる。現在，簡易育苗法や欠株対策などを検討している。

以上のように，農業法人化の現状と，今後の展開，及び大規模圃場の可能性について，ご講演をいただいた。農業法人の，集落の農業をまもりかつ集落活性化の活動や，インターネットを利用した生産現場からの情報発信活動の中に，21 世紀の東北農業の方向性を見出すことができた。しかし，座長の不慣れもあり，圃場規模拡大によるコスト低減や農業機械の果たす役割について，十分討議できなかった。

今回のシンポジウムが，農業機械関係者が，21 世紀の東北農業にいかに取り組んでいくのか，その方向を模索するための一助となることを願って，報告を閉じさせていただく。最後に，講師の後藤敏夫氏，阿部義文氏，鶴田正明に改めて感謝申し上げるとともに，21 世紀の東北農業の発展のためにご活躍されることをお祈り申し上げます。



講演風景

テキサスA&M大学滞在報告

片岡　崇*

Experiences at Texas A&M University

Takashi Kataoka*

Ⅰ．はじめに

平成10年12月1日から平成11年9月29日までの10ヶ月間，文部省在外研究員としてアメリカ合衆国テキサス A&M 大学に滞在し，Stephen W. Searcy 教授の元でプレシジョン・アグリカルチャ（Precision Agriculture）に関する研究に携わった。

テキサスA&M大学は，テキサス州カレジ・ステーション（College Station）にある。この街の名前は，以前，テキサスA&M大学正面に駅があったことに由来している。ちなみに，現在も線路は存在するが，貨物線として使用されている。カレジ・ステーションは，全米第4位の大都市ヒューストン（Houston）から北西へ約140kmのところに位置している。カレジ・ステーションは隣町のブライアンとツインシティを形成しており，人口約12万人の学園都市である。

テキサス州は，北緯26～37°に位置し，アラスカに次いで2番目に大きな面積を持っている。その面積は日本の約2倍である。また，アメリカ合衆国内の州で唯一独立国家であった経緯を有している。現在は，石油，航空宇宙産業，コンピュータ産業などのハイテク技術を誇るとともに街にはカウボーイが溢れ，今にも駅馬車が姿を見せるような街並みも残されている。テキサス州の州都は，オースチン（Austin）である。全米最大規模の州議事堂，あるいはO. Henry博物館などを訪ねることができる。

Ⅱ．テキサスA&M大学

(1) テキサスA&M大学

テキサスA&M大学は，1876年にテキサス農工大学（Agricultural and Mechanical College of Texas）として創立された，テキサス州最初の州立大学である。今も，Agricultural と Mechanical の頭文字”A”と”M”が大学名に残されている。

大学のモットーは，学生が文化や環境に対して深く理解するとともに民主社会の中における知識と技術を身につけることである。このような幅広い教育に加え，専門的かつ学術的教育も重視しており，特に卒業研究相当（Research Thesis）に対しては少人数指導を取り入れたきめ細かな教育を実践している。

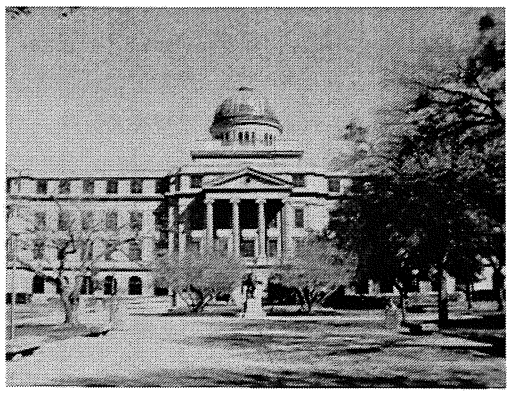


図1　Academic Building

1963年，テキサスA&M大学（Texas A&M University）に名称変更され，現在，

*岩手大学農学部

・College of Agriculture and Life Sciences
・College of Architecture
・Lowry Mays College & Graduate School of Business
・College of Education
・Dwight Look College of Engineering
・College of Geosciences
・College of Liberal Arts
・College of Medicine
・College of Science
・College of Veterinary Medicine

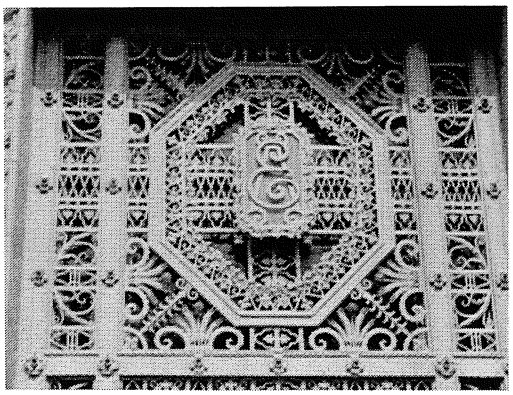


図2 Scoates Hall 正面玄関の装飾

の10の学部(College)，学生数約45,000人(内，大学院生は約9,000人)，教員数約3,000人の総合大学である。

メインキャンパスの敷地面積は約150 haであり，岩手大学の約10倍である。学内には，ゴルフコース，6万人収容のフットボールスタジアム，3万人収容の野球スタジアム，そして卒業式を執り行う立派なアリーナなどもあり，日本とは桁違いな施設の充実を痛感した。

(2) 農業工学科

農業工学科（Department of Agricultural Engineering）は，正式には College of Engineering に属している。農業工学科の建物は Scoates Hall と呼ばれ，これは現在では学内で最も古い建物のひとつである。正面玄関は，"A"と"E"を組み合わせたマーク，トウモロコシや麦，豆がデザインされている（図2）。また，実験室等は，AERL (Agricultural Engineering Research Laboratory)と呼ばれる別棟に集中して設置されている。

現在，農業工学科には27名の教員，7名の事務官，2名の技官がいる。主たる専門分野は，Power & Machinery, Precision Agriculture, 安全工学，食品工学，灌漑・排水，土壌物理，水質環境などであった。学科長の官職名は Department Head であり，Dean of College から指名される。

Ⅲ. 大学院の現状

(1) 設置の歴史

開学12年後の1888年に大学院（修士課程レベル）の教育プログラムが設置された。その後，1924年に大学院（Graduate School）が正式に設置された。1963年の現在の大学名への大学名変更とともに大学院改組（Graduate College）－個々の College に大学院をおく－が実施された。現在，Office of Graduate Studies という組織で全学を通じた学務上の事務処理を担当し，実質的な大学院生の指導は各学部が Graduate program として遂行している。ちなみに，最初の Ph.D.（博士号）の認定は，1940年であった。

(2) 大学院教員

大学院の教員 (Professor, 以下特に断らない場合，Professor は Full Professor をはじめ Associate Professor, Assistant Professor を含む）と学部の教員はほぼ等しい。学部教育において講義のみを受け持つ教員 (Lecture) は，当然大学院担当教員の中には含まれない。現在の大学院教員は約 2,300 人である。教員は，Assistant Professor としての資格を得ると同時に学部教育，大学院教育，Ph.D. の指導，審査を行うことができ，職階の差による学生教育に対する職務の差はほとんどない。

テキサス A&M 大学では，2学期制を採用してい

る。1月から5月上旬までの春学期（Spring Semester），8月下旬から12月までの秋学期（Fall Semester）は，それぞれ約15週間ある。6月から8月の間には夏学期（Summer School）が実施されている。授業期間は，学部生も大学院生も同じである。ほとんどの教員は，1つの科目について1回50分の講義を週2回，同科目の90分の実験・演習を週1回，1学期中に1つの講義科目を担当する。1学期に2科目を担当する場合もあるが，これは学部と大学院のそれぞれの授業ということであった。1学科当たりの教員数が日本と比べ非常に多いので，担当する授業科目数はアメリカの方が極端に少ない。よって，大学院生などの指導あるいは研究に専念できる時間が極めて多い。

(3) 大学院生

大学院の入学定員は，厳密な数字としては設けられていない。その時の教員数や，教員の受けている研究助成金（すなわち研究テーマ）の件数などにより流動的に変化する。極端ではあるが，教員個人の能力次第で大学院生を何人も採用することができる。

大学院に入学するために，学生はGRE（Graduate Record Examination）と呼ばれるアメリカ合衆国の大学院受験共通テストを受験しなければならない。受験科目は，受験する大学あるいは専攻により指定されている。この試験の結果と学部時代の成績GPA（Grade Point Average，成績の数値化，A－4点，B－3点，C－2点，…，に換算し全成績を平均点評価）を総合して合否が決定される。英語を母国語としない学生の場合，語学力の検査としてTOEFLが要求されている。

日本の場合，学生が学部から大学院まで同じ大学に通うことがほとんどであるので，教員は学生の資質・学力などを大学院入学以前に把握している。しかし，アメリカでは学生が学部，修士課程，博士課程の各段階で大学を変えることが一般的であるため，学生の学力の把握は極めて重要である。このような理由から，大学院入学に際して厳密な試験が実施されている。博士課程に入学する際も，同テストを受けなければならない。この時，GPAには修士課程での成績評価が追加され，入学基準値は厳しくなる。

テキサスA&M大学の大学院（修士課程）に入学するためには，GREは1100点（満点1,600点）以上，GPAは3.0点（満点4.0点）以上が一応の目安である（図3）。

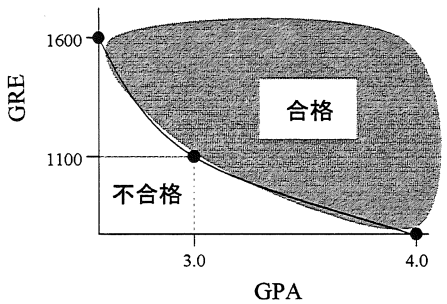


図3　テキサスA&M大学大学院合格のためのGREとGPAの関係

(4) 大学院生の研究教育

テキサスA&M大学の場合，修士課程大学院生の90%以上が修士論文に相当するResearch Thesisを選択し，Master of Scienceの取得を目指している。このため大学院の教育と研究は，日本のそれにかなり近くほとんど一体化している。

論文研究を選択しない大学院プログラムも用意されている。これはいわゆる社会人入学者を想定しており，大学院の授業単位のみで修士号を取得することができる。この場合の学位はMaster of AgricultureやMaster of Engineeringなど語尾に学部名がつき，Master of Scienceと区別される。社会人ばかりでなく一般学生もこのプログラムを選択することは可能である。ただし，博士課程に進学を希望する場合，この学位では若干の問題が生じることがある。

教員側の研究助成金の取得状況にもよるが，リ

サーチアシスタントやティーチングアシスタントなどのポストは非常に充実しており，大学院生の学資の補助として有効に活用されている。

(5) 学位の認定

学位審査は，指導教員委員会（Advisory Committee)で行う。主指導教員が委員長を務める。主指導教員は必ずしもFull Professorとは限らず，Associate ProfessorやAssistant Professorが成ることもできる。修士号の場合，主指導教員を含めた３人以上の教員で組織される。博士号の場合は，４人以上の教員が委員となる。修士号，博士号の審査には他学科の教員を１人以上委員に選ばなければならない。

Ⅳ. Precision Agriculture 研究グループ

Precision Agriculture に関する研究グループは S. W. Searcy 教授が主宰しており，農家へのPrecision Agriculture 技術導入指導を含め，作物センサーの開発，収量センサーの開発，作物生育モデルの開発などの研究に取り組んでいる。私が滞在していた時には，同教授の元には，ポスドク１名（Wonsuk Lee 博士)，修士課程大学院生５名（Jody Roades 君，Jennifer Jesship さん，Fox Gary 君，Marcia Ruble さん，Andy Beck 君)，学部学生４名の計10名が在籍していた。

現在の主たる研究テーマを列挙すると，(1) Cotton Yield Mapping (A. Beck)，(2) Corn Nitrogen Sensing (Dr. W. Lee)，(3) Crop Height and Plant Population Sensor (T. Kataoka)，(4) Remote Sensing Management Unit Modeling (M. Ruble)，(5) Water Quality Benefits of Precision Farming (J. Rodes) などであり，いずれもPrecision Agriculture に深く関わる研究である。土地柄，綿花を中心とした研究が多い。

実験ほ場の１区画が 40ha を越えることも特別なことではなく，日本のほ場との規模の違い，さらにはほ場内での移動に悩まされ，驚かされた。250PS クラスのトラクタが小さく見えた。

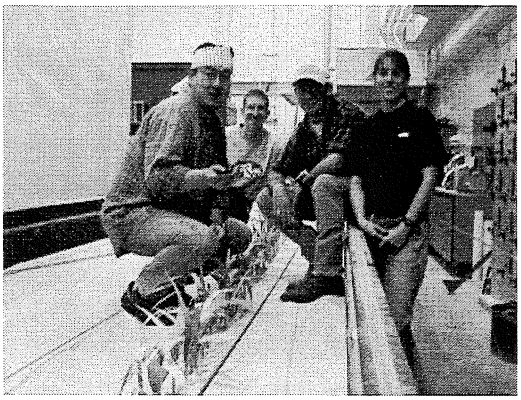


図３ Precision Agriculture 研究グループ

Ⅴ. おわりに

テキサスの気候は，冬は温暖であるが，夏には厳しい暑さの洗礼を受けた。街にはCow Boy 達が溢れていた。３月，ブルーボーネットという青色の花が一面に咲き誇り，目を和ませてくれた。

大学院のシステムに対しては，「現在のシステムが完璧とは思わないが，あえて欠点を見出すこともできない」という意見を聞いた。

テキサスA&M大学には，軍の士官学校も併設されており，卒業式やフットボールの試合等での，そのマーチングバンドの演奏は見事であった。毎年，11月にBonfireという行事がある。キャンプファイアの大型版である。丸太を，高さ10数mもの櫓状に組んで，長ければ４，５日燃え続けるそうである。唯一の心残りは，これを見られなかったことである

テキサスA&M大学滞在中の出来事をホームページにまとめています。是非一度ご覧下さい。
http://sagittarius.agr.iwate-u.ac.jp/~tkataoka/texas/index-texas.html

謝辞

今回の機会を与えてくれました岩手大学農学部太田義信教授，広間達夫助教授，ほか関係各位に深く感謝申し上げます。

アメリカ／カナダ農業工学会の1999年度合同国際大会に出席して

孫　明*

Participation in the 1999 ASAE/CSAE-SCGR Annual International Meeting

Ming SUN*

1.はじめに

今年7月18日から21日まで、アメリカ農業工学会（ASAE）の1999年度年次国際大会は、カナダで最大の都市トロントのSheraton Centre Toronto Hotelを会場に、カナダ農業工学会との合同で開催された。筆者は16日から26日までの10日間カナダに滞在して、この大会に出席した。ここでの研究発表が主目的であったが、トロント、ケベック・シティ及びモントリオールの見物も楽しんだ。

2.1999年度年次国際大会の概要

今回の大会には、約1100人の研究者が参加し、非常に大規模な大会であった。発表課題が、電子情報技術、食品工学、エネルギと機械、土と水、施設と環境、その他の6部門に分かれており、127セッションもあった。筆者の発表題目はMatching Binocular Stereo Images of Apple Trees through the Recovery of Epipolar Geometryで、電子情報技術の部門に属していた。19日の最初の発表で、12分の口頭説明と3分の質疑応答であったが、思ったより順調に終えた。

電子情報技術（Information & Electrical Technologies）に関する発表内容は、概ね以下のとおりであった。

ニューラルネットワークを用いた研究例が多く、例えば、フィールド・マップの構築、種の分類モデルの開発、果物の糖含有量の測定、植物と雑草の識別、朝鮮人参の品質評価及び牛肉画像の各部分の識別等であった。ファジィ理論を応用して雑草マップを構築し、除草剤の使用量を決定する研究紹介、ニューラルネットワークとファジィ理論を組み合わせて苗の生長状態の評価や物質の誘電性の計測を行う研究、データの平滑化フィルタについて遺伝的アルゴリズムを応用した研究例等が見られた。GPSを応用した例には、航空ビデオシステムを構築して測量データと画像によって評価する研究、磁気共鳴画像法（MRI）を応用して食品の温度マップを構築する研究があった。複合スペクトル画像分析技術を応用して家畜のリアルタイムの病気検査に関する研究、またステレオカラー画像の計測、センサを用いた計測やリモートセンシングの応用等の研究例も見られた。

3.トロント、ケベック・シティ、モントリオールの観光

大会の前日にトロントのダウンタウンを見物した。まず、トロント観光のナンバーワンの人気スポットと言われる世界一高いCNタワーを見に行った。タワーの頂点までは553mであるが、観光客の上がれるところが447mのスペース・デッキという展望台までであった。スペースは少し狭いが、世界一の高さを誇る展望台であるから、トロント全域の遠方に及ぶ景観が楽しめる。その下の346メートルのところにオブザベーション・デッキという広い展望台があり、ここでもイートン・センター、シティ・ホール、オンタリオ湖などを見渡すことができる。その階下に屋外展望台があり、風が吹き付けて快感を覚えた。この同じフロアに床の一部がガラス張りのガラスフロアと称するところがあり、足下に地上までの342mを素通しで見られるので、その上に立つには勇気がいっ

*弘前大学農学生命科学部

た。残念ながら筆者は恐怖感でその勇気を出せなかった。

CN タワーに隣接してスカイドームというスタジアムがある。入館しなかったが、外で野球観戦の彫刻を背景に写真を撮った。

次に、ユニオン駅を回って見た。駅舎を外で見ると古い感じであるが、ロビーホールに入るとその優雅さに驚いた。豪華なイタリアン・タイルの天井とアーチ型の窓がとても美しく、印象的であった。

ベイ通り（Bay St.）とフロント通り（Front St.）が交差する一帯がカナダの 5 大銀行が集まる高層ビル群で、東京のように現代的な大都会だと歩きながら感じた。

また、巨大ショッピングモールで有名なイートン・センタに立ち寄ってみた。買い物はともかく、遊びに来るにもピッタリする感じであった。

さらに、ダウンタウンのほぼ中心に位置するシティ・ホールに行ったが、2 つの湾曲した高層ビルとドーム型のビルを組み合わせたユニークなデザインの新しいシティ・ホールと煉瓦造りの時計塔の古いシティ・ホールの対照は、時の流れを感じさせた。

最後に、中国人である筆者はもちろん中華街へ足を運んだ。規模が世界最大で、味のレベルが高いと言われているので、食べてみたら本当に美味しかった。しかも値段が安かった。

次の日はツアーでハミルトン市の近くにある野生動物園等を見物に出かけた。野生動物園の中ではライオン、虎、豹などの肉食の動物がいるので、観光客が車に乗ったまま動物を見なければならず、車から降りることや車の窓を開けることもできなかった。駝鳥や鹿などがときどき車に近づいて、ガラスを挟んで顔を突き合わせるのが面白かった。

大会後に、ケベック・シティの見物に飛行機で移動し、二日間を過ごした。ケベック・シティはカナダで最も歴史の古い都市で、北アメリカで唯一の世界歴史遺産都市に指定されている。城壁に囲まれ、崖上の町の旧市街はどこを歩いてみても美しく楽しい思いがする。セントローレンス川を眺めて美しい家並みを見ると、その優しい環境と古い歴史に恵まれたこの町の魅力を実感させられた。特に、シャトー・フロントナックは 100 年前に作られた高級ホテルで、外観がまさにお城のように豪華である。現在はケベック・シティのシンボルとなっている。

また、ケベック・シティの近くにあるモントモレンスィ滝へ観光に行った。この滝は、巨大なナイアガラ滝より高くて 83mもあり、滝の近くに立つと霧の中に大自然の雄大さと美しさを感じ、爽快な気分であった。上方から滝全体を見るため、リフトで乗れるようになっているが、自然をもっと味わうには階段の方が楽しいと思い、487 の階段を登って滝に架かった橋の上に出た。自然の素晴らしさにひかれて、時間が経つのを忘れてしまうくらいであった。

ケベック・シティからトロントへ戻る途中で、モントリオールに立ち寄った。ここはカナダで最も人口の多い大都会である。ケベック・シティのように旧市街があって見所がいっぱいであるが、あいにくの雨で車の中から大ざっぱに見物しただけであった。モントリオールの特別な観光スポットはモントリオール・スタジアムである。1976 年にオリンピックが開催されたので、8 万人を収容するユニークなデザインのオリンピック・スタジアムがあった。スタジアムに併設する傾斜塔は、世界一の高さを誇るモントリオール・タワーである。時間が少なかったためにスタジアムの周りを見るだけであったが、実に見事な建物だと感じた。

4.おわりに

たった十日間の旅行であったが、楽しく、しかも勉強になり、大変印象に残る思い出ができた。この大会への出席に際し、同行した戸次英二教授からの暖かい支援を頂いた。ここに記して謝意を表する。

書　評

Robotics for Bioproduction Systems

Naoshi Kondo, K. C. Ting 編
ASAE (American Society of Agricultural Engineers), 1998 年刊
325 ページ，価格：$57.00，$47.00（ASAE 会員）
ISBN : 0-929355-94-6

急速に発展しつつあるコンピュータ技術とそのパーソナルユース化にともない，近年の農業分野におけるロボットの研究，開発動向には目覚ましいものがある。生物生産用ロボットは，21 世紀農業における農業労働力の確保や作業改善に大きく貢献するであろう。今後，自然や環境に対応したさらに高性能な生物生産用ロボットの研究・製品化が期待される。

標記の著書は，生物生産分野のロボットについて紹介した初めての英語の本である。本書は次の 12 章から構成されている。

Chap. 1　Introduction (Kondo and Ting)
Chap. 2　Robotics for Manipulating Biological Objects (Kondo and Ting)
Chap. 3　Fundamentals and Basic Components of Robots (Kondo)
Chap. 4　Design and Control of Manipulators (Kondo)
Chap. 5　Machine vision (Shirai, Kondo, and Fujiura)
Chap. 6　Sensors for Bioproduction Robots (Monta, Kondo, and Fujiura)
Chap. 7　Traveling Devices within Bioproduction Environments (Monta)
Chap. 8　Robots Intelligence (Murase, Shirai, and Ting)
Chap. 9　Robots in Bioproduction within Controlled Environments (Kondo, Fujiura, Ting, Okamoto, and Monta)
Chap. 10　Robots in Bioproduction in Open Fields (Kondo, Fujiura, Monta, and Sevila)
Chap. 11　Robots in the Food Industry (Ting)
Chap. 12　Systems Analysis, Integration, and Economic Feasibility (Ting)

本書の大きな特徴として，次の事が挙げられる。工業用ロボットの基礎知識のみならず，生物生産用ロボットとして必要な技術まで幅広く網羅されている。対象物が農産物であるとことを念頭においた設計論，制御方法，生物のセンシング，さらにロボットの知能化に関する理論など詳しくしかもわかりやすく解説されている。また，既に開発されている世界中の生物生産用ロボットなども紹介されている。

大学院生，留学生のための教科書，あるいは生物生産用ロボットの研究開発に携わる技術者，研究者にとって必携の参考書として推薦できる。

藤浦建史，近藤　直，門田充司，村瀬治比古，岡本嗣男，Francis Sevila，白井良明，K. C. Ting の著者らは，いずれもこの分野の先端的な研究者である。

（岩手大学農学部　片岡　崇記）