

農業機械学会東北支部報

NO. 41 DEC. 1994

平成 6 年 12 月

目 次

論説

東北支部について思うこと 雁野勝宣 1

研究報告

・ナタネ粗製油を燃料とした小型ディーゼル機関の運転 富樫千之 3

・草地の表面状態とトラクタ走行性（第2報）

田中勝千・本橋国司・杉浦俊弘・嶋田 浩 7

・環境にやさしい低コスト米づくりの実証（第3報） 泉 正則 11

・セル成型樹脂トレイ利用全自動野菜移植機の性能と利用法

新田政司・鶴田正明・高橋 修・大里達朗・高橋昭喜・八重樫耕一 15

・高能率ネギ移植機の開発 瀬野幸一・斎藤洋助・芳賀泰典・田中 進・向田良一 19

・果実収穫機の開発の現状と課題 孫 明・高橋照夫・福地 博・張 樹槐 23

・生糞の太陽熱直射乾燥における日射量の算出について

工藤泰暢・C. I. ニンド・戸次英二 29

・玄米の品質判定に関する研究 赤瀬 章・相良 明・上出順一 33

・ハンドリング技術のための数値シミュレーション

元林浩太・長坂善禎・矢治幸夫・木村勝一 39

・ハンドリングのための根菜類の力学的特性の研究（第1報）

長坂善禎・元林浩太・矢治幸夫・木村勝一 45

・上向流バイオマス熱分解炉の性能評価について〔英文〕

E. A. カルカソナ・太田義信 49

・耕うん実験計測システムの開発 鄭 鋼・太田義信・伊藤賢明・片岡 崇 55

・レーザーガイドによる圃場内自動直進走行の試み

木村勝一・山内敏雄・矢治幸夫・元林浩太 61

・画像処理によるコンテナの位置計測法（第1報） 大下泰生・雁野勝宣・屋代幹雄 65

トピックス

新技術・新製品コーナー 71

海外報告 76

農業機械関係の試験・研究担当者名簿 82

支部会記事

庶務報告、会計報告およびシンポジウム、支部役員選挙結果 88

活動活性化のための助成事業報告 97

農業機械学会東北支部規約・東北支部投稿規定・東北支部役員選挙規定 98

団体賛助会員名簿 101

〈論説〉

東北支部について思うこと

雁野勝宣*

My Impressions for Tohoku Branch of JSAM
Katsunobu GANNO*

1.はじめに

平成5年10月1日付で東北農試に転任となり、と同時に東北支部の事務局長という大役を仰せつかった。先輩達のご努力を引き継ぎ、この重責を果たせねばと思っている。前任地の九州農試では、農機学会九州支部に所属し、約1年半であったが、支部幹事として、支部の運営に関わった。事務局長としての仕事は全く初めてであるが、事務局員の献身的な支えにより運営されていることをまず理解いただければと思う次第です。

2.前任地では

今は東北地域を対象として研究を行う訳であるが、前任地の九州農試では総合研究チームというプロジェクトチームに所属していた。これは専門分野の異なる研究者を結集して、地域的な問題を解決するために新設された部門である。このチームには約4.5ヶ年間に亘り、主として環境保全技術に取り組んだ。環境保全といつても研究領域は広範囲である。南九州畑作地帯の浅層地下水には高濃度の硝酸態窒素が含まれる場合がある。このため、当チームでは、硝酸態窒素の溶脱制御技術を各種の専門分野（栽培、土壤肥料、機械・作業、農業気象、農業土木、等）の共同研究体制で実施した。筆者も新たな耕うん・畦立法を考案し、肥料溶脱軽減技術を確立した。わが国は水田農業を中心で、欧米諸国で問題となっている農業が原因と考えられる硝酸態窒素等による地下水汚染が直ちに懸念されるようなことはないものの、畑作地帯では上述したような状況も無視できない。そして、持続性のある農業生産を維持していくために、環境保全型農業の確立をいつも念頭に置いて研究を進める必要があろう。前任地では、科学技術庁招請研究員として来日したDr.Islamと共同で研究する機会があった。彼は農業土木分野の灌

溉が専門であるが、彼らは、研究のあり方（特に、彼はヨーロッパでの研究生活を体験している）や国際問題、人生問題等、貴重な話を聞いた。しかし、残念ながら、彼は母国のバングラディッシュに帰らず、今はニュージーランドで生活している。

3.東北支部の役割

東北地域の農業は、夏の偏東風「やませ」が太平洋側に霧と低温による冷害を生じさせるといった気候下にあるものの、豊富な土地・水等の自然的資源を活用して高い生産力を維持している。そして、水稻生産量が全国の約3割を占める数字にみられるように、わが国における重要な食料供給基地となっている。筆者は東北支部に所属して約1年であるが、これまで支部の生い立ちが試験場と大学の交流の場としての役割があることを知った。いわば官学の連携である。これからは、よくいわれることだが産官学の連携すなわち産（民間）の協力が重要である。ちなみに、東北地域に居住する支部会員の内訳は、民間関係者が22名（12%）、国公立試験場ほかの関係者が67名（38%）、大学関係者が54名（30%）、その他が35名（20%）となっている（平成5.12.1現在）。それ故、民間関係者の会員増が望まれるところである。

農業機械化を推進する上での農業機械の存在は大きいことは言うまでもないが、かつて機械化できぬ作物は消え去るしかないといわれたが、「機械化できない技術は、技術として成り立たない」とも考えられ、わが国の食料生産基地としての東北地域の役割は益々重要視されるであろう。この時こそ、東北支部の役割を大いに発揮したいものである。

4.研究者としての役割

平成5年は平成大凶作といわれる大冷害の年でもあった。特に東北地域の稲作の被害は大きかっ

た。異常低温という気象異変の前には、今まで培ってきた農業技術も全く通用しなかったという現状には心を痛める。平成5年と打って変わって平成6年は全国的にも異常高温が続き、それが幸いして水稻の作柄も良好である。昨年の大冷害も「喉元過ぎれば何とやら……」で過去のことになりつつある。研究者としては、目先の事にとらわれることなく、もう少し先をみて研究に取り組みたいものだとつくづく思うが、これは容易なことではない。本年10月中旬に、つくば市で未来型農業労働技術に関する研修に参加する機会があり、その中で通産省工業技術院機械技術研究所ロボット工学部への見学も含まれていた。そこで感じたことは、当研究所も民間との結びつきが非常に強いということである。今、農業機械分野は、新しい食糧・農業・農村政策の方向（新農政）プランの推進に精力を費やしている。すなわち、新農政の言を借りれば、「農業を技術集約型産業として確立し、若者が夢を持って取り組めるようにしていくこと」や「生産・作業環境改善技術として、センサーやコンピューターを活用した作業ロボットの開発」等である。国公立試験研究機関を問わず大学でもこうした目標をもって研究を進めていると推察しているが、ともすれば、研究のための研究となる可能性もある。これは、研究者として「肝に銘ずる」ことである。上記の研修では、「ロボットは手段であり、目的ではない」という話しがあり、なるほどと思った。

5. 東北支部を活性化させるために

事務局を担当して約1年、おおよその支部運営の内容が理解したところである。平成5年2月に支部会員に実施されたアンケート結果をみても、支部会や支部報はあまり役立っていないと、試験場、大学以外の会員は思っている。また、支部報も情報誌としての性格を強める等の希望があった。

以下、支部活性化のための私案を述べてみたい。

①支部発表会、シンポジウムについて

支部発表会は年1回開催されているが、人脈をつくり、各種の情報も得られる絶好の機会もある。しかし、会員が参加しやすい内容にすることや、発表会に出席することで何も得るもののがなければ、出席を見合わせるのも自明の理である。

②支部報の発行について

支部報の充実については、かなり改善されてきている。それは、従来の論文主体から情報誌としての役目を明確にさせ、第40号（平成5年12月発行）から、新技術、新製品のコーナーや会員の声を設けたことにみられる。筆者は、国立の試験研究機関に所属しているが、色々な研究課題に取り組んでいるので、研究状況などを紹介できればと思っている。大学においても、現在、主体的に取り組んでいる研究テーマについて、分かりやすく紹介できれば会員にとっても関心を持つのではないかだろうか。民間（農業機械メーカー、農協、農業者等）からは、農機分野に何を望むか、期待するかをお聞かせ願えればと思っている。

③研修会の開催

これについては、平成5年度から開催され、支部より助成金として約1万円の補助がある。平成5年度2件、平成6年度3件と増加傾向にあり、研修活動の趣旨に沿ってどんどん申請していただければと思っている。いずれにしても支部活性化への道は、会員各位のために役に立つ学会支部として今後も存在することである。そのためには、どんな小さな意見でも出してもらえば運営に携わる者としては大助かりである。

6. おわりに

自己紹介的なことがらや今までの研究について、また支部のあり方等について思いを述べてきた。今、回りを見わたしても農業機械分野への風当たりは強い。しかし、新農政や21世紀に向けた農業へのあり方の中で、作業の省力化、軽作業化、安全性、快適性等を実現できるインテリジェント機械の開発は、我々農業機械分野の分担すべき課題の一つである。支部会員の全精力を費やして、東北地域、いやわが国の農業の発展のために貢献したいものである。最後に筆者が強調したいことは、農業が本来もっている国土保全・環境保全機能を再認識し、農業生産に伴う環境への負荷を軽減すべく今この時点から研究に取りかかることがある。それは遅かれ早かれ環境問題が人類の生存に大きな影響を及ぼすと確信しているからである。支部会員の方々と今後論議したいと思っている。

ナタネ粗製油を燃料とした小型ディーゼル機関の運転

—脱酸油による燃焼騒音と始動性—

富樫千之*

On the Operation of a Small Diesel Engine Using Unrefined Rapeseed Oil as Fuel
— Noise and Startability by Deacidified Oil —

Chiyuki TOGASHI*

Abstract

In the case of using substitute fuel, the startability, combustion noise, output performance and long-term operation performance are important performance parameter for engines. In this report, the author compared the effects of fuel on the startability and combustion noise, using unrefined rapeseed oil (deacidified oil) and light oil.

[Keywords] unrefined rapeseed oil, deacidified oil, diesel engine, noise, startability

I. まえがき

機関は始動がよく、燃焼騒音が小さく、出力特性が良好なことが要求される¹⁾が、さらに代替燃料を使用する場合には、長時間運転でも機関に支障を及ぼさないことが必要条件として加わる。すなわち、ナタネ粗製油を代替燃料として考える場合、上記4点の確認が重要である。そこで本報では、ナタネ粗製油（脱酸油）の代替燃料としての可能性を検討するため、上記4点のうち燃焼騒音と始動性の実験を行い、軽油を燃料とした場合と比較したので報告する。

II. 騒音の表示

1. 騒音レベル

騒音レベルには、同じ音圧でも低い周波数や非常に高い周波数の音は人間が感じにくいことを考慮して聴覚補正したA, B, Cの3特性があり、全体を含めた騒音を測定する場合に用いられる。このうち多くの騒音の感覚量は、A特性の騒音レベルに対応することが確認されたため、一般的騒音測定には音の大小にかかわらずA特性で測定す

ることが規定されている²⁾。

2. オクターブバンド音圧レベル

オクターブバンド音圧レベルは、騒音源自身の音を他の音から分離し、騒音防止設計において防止方法や材料を選定するために用いられる分析方法で、1オクターブバンド音圧レベルと1/3オクターブバンド音圧レベルがある²⁾。

III. 供試燃料および供試機関

1. 供試燃料

一般に植物油は、圧搾法または抽出法によって得られた原油からディスラッジ（油脂中不溶性物質の除去）、脱ガム（油脂中可溶性物質の除去、この物質は一般にガム質といわれる）、脱酸（遊離脂肪酸の除去）、脱色（色素類の除去）、脱臭（揮発性物質の除去）の、各処理による精製工程を経て得られる。精製工程における全処理を行っていないものは粗製油である。

供試燃料は、N社から入手したナタネ脱酸油と、比較のための市販軽油である。両供試燃料の諸性質を表1に示す。

表1 供試燃料の諸性質

項目	燃料	ナタネ脱酸油	軽油
比重 (20°C/4°C)		0.919	0.837
低発熱量(kcal/kgf)		9,300	10,900
動粘度 (cSt) (20°C)		63.4	1.64
(40°C)		29.4	1.20
(60°C)		16.1	0.92

比重は浮秤法、低発熱量は熱研式自動ポンプ熱量計（島津製作所製CA-3形）、動粘度はウベローデ型粘度計によって測定した。

2. 供試機関

供試機関の仕様を表2に示す。

供試機関にみられるように、最近の小型ディーゼル機関は、従前の機関より定格回転数が速く、圧縮比が高く、燃料噴射時期が早いことが特徴である。

IV. 実験方法

1. 燃焼騒音試験

燃焼騒音の測定は、機関と電気動力計を2つのB形Vベルトによって連結し、負荷と回転数を変

表2 供試機関の仕様

製造会社	ヤンマーディーゼル株式会社
機関名称	H A 4 B
形 式	横型4サイクルディーゼル機関
燃焼室形式	特殊渦流予燃焼室式
シリンダ径×行程 mm	φ 66 × 66
定格出力 kW(PS)/rpm	2.57 (3.5) / 2400
最大出力 kW(PS)/rpm	2.94 (4.0) / 2400
圧縮比	23.5
燃料噴射時期	B T D C 16.5°
燃料ポンプ形式	ボッシュタイプ
噴射ノズル	スロットルタイプ
燃料噴射圧 Mpa (kgf/cm²)	15.68 (160)
冷却方式	水冷式
始動方式	增速手始動式

化させて行った。負荷は定速負荷性能試験における25, 50, 75, 100%負荷に相当する動力計荷重0.85, 1.7, 2.65, 3.55, 3.9kgfとし、回転数は1600rpmから50rpm間隔で定格回転数の2400rpmまでとした。ただし、0kgf負荷（無負荷）運転の測定は、動力計と連結しないで行った。燃焼騒音の測定位置は、歯車音などの内燃機関騒音の影響を小さくするため、マフラー排気孔から90°の方向で、マフラーとの距離10mmとした。測定はリオン社製の騒音計（NA-20, A特性値測定範囲27～130dB）によって行い、燃焼騒音はA特性値とした。

2. 始動試験

始動試験は予め始動練習をした6人の実験者を行った。始動前に気温を測定し、両供試燃料とも3回の試動で運転できなかった場合は、始動用ガソリンカップにガソリンを滴下し、再度始動を試みることとした。

V. 実験結果および考察

1. 燃焼騒音試験

ナタネ脱酸油の燃焼騒音結果を図1に示す。燃焼騒音は、全て動力計荷重で回転数が速くなるにつれて高くなった。荷重ごとにみると、全ての回転数で燃焼騒音が最も高いのは荷重3.9kgf、次いで3.55kgfとなった。しかし、2150～2400rpm回転数の燃焼騒音は、総じて荷重が大きいほど高くなつたが、1600～1900rpm回転数の燃焼騒音ではむしろ荷重1.7, 2.65kgfのほうが0kgfより低くなつた。

ナタネ脱酸油と軽油の燃焼騒音差を図2に示す。図2はナタネ脱酸油燃焼騒音から軽油燃焼騒音の値を差し引いているため、正值は脱酸油の方が軽油より燃焼騒音が高いことを意味し、負値は低いことを意味する。

動力計荷重3.9kgfのナタネ脱酸油燃焼騒音は、軽油燃焼騒音と比較して最も高かったものの、2000rpmを除いて0.5dB以下の差であった。3.55kgfの脱酸油燃焼騒音は、軽油燃焼騒音と同程度かそれより低い値となり、その差は全て0.5dB以下であった。2.65kgfの脱酸油燃焼騒音は、1600～2100rpm間で約1～2.5dB低くなり、回転数が

2150rpmより速くなると軽油燃焼騒音とはほぼ同程度となつた。1.7kgfの脱酸油燃焼騒音は、1600～1950rpm間で約1.5～2.5dB低くなり、2000rpmを過ぎると軽油燃焼騒音との差が小さくなり、2400rpmではほぼ同程度となつた。0.85kgfの脱酸油燃焼騒音は、3.55kgfとほぼ同様に総じて軽油燃焼騒音よりやや低い値で推移した。0kgfの脱酸油燃焼騒音は、1600～1850rpm(1750rpm除く)で低く、1900～2150rpm(2050rpm除く)で高く、2200rpm以上ではほぼ同程度となり、全体的にその差は小さかった。

燃焼騒音は燃焼最高圧力、燃焼最高圧力上昇率が高く、着火遅れが大きく、着火後の燃焼速度が速いと大きくなり、特に着火遅れの影響が大きいと報告³⁾されている。ナタネ油は燃料としての特徴として、着火性が悪いため着火遅れが大きく(低温・低圧の条件下ではさらに着火遅れが大きくなる)，他方では含酸素燃料であるため着火後の燃焼速度が速くなる。このため、林ら³⁾の報告(供試機関：定格出力4.41kW/1200rpm、最大出力5.51kW/1500rpm、圧縮比20、噴射時期BTDC12°)によると、ナタネ油は軽油より燃料噴射時期が早くなるほど着火

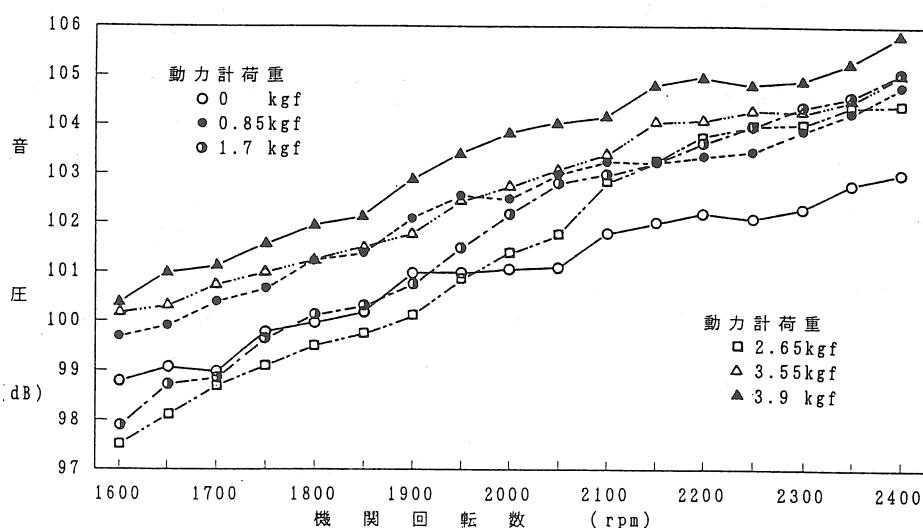
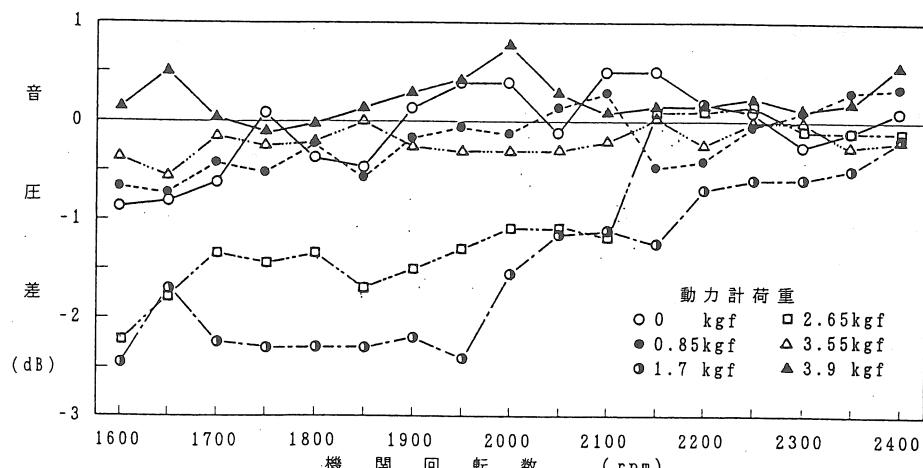


図1 ナタネ粗製油(脱酸油)の燃焼騒音

図2 ナタネ粗製油(脱酸油)と軽油の燃焼騒音差
(ナタネ脱酸油燃焼騒音-軽油燃焼騒音)

遅れが大きくなるため、燃焼騒音も大きく、特に着火遅れが10°CA(クランクアングル)より大きくなると両燃料の差が著しくなるとしている。

しかし、本試験の結果は、ナタネ脱酸油燃焼騒音の方が軽油燃焼騒音よりやや低い値となり、林ら³⁾の報告と相違した。この原因是、供試機関の差異によるものと考えられる。すなわち本供試機関は、高压縮比、高回転数のために、燃焼は相対的に高温・高压の条件下で行われ、噴射時期が遅くなってしまって着火遅れは小さくなり、燃焼騒音も遅

表3 始動試験

実験者	軽油			ナタネ脱酸油		
	気温 (°C)	試動回数および始動		気温 (°C)	試動回数および始動	
		無	有		無	有
A	6	1回→○	—	4	3回→×	1回→○
B	7	1回→○	—	3	3回→×	1回→○
C	5	1回→○	—	2	3回→○	—
D	7	1回→○	—	4	3回→×	1回→○
E	8	1回→○	—	4	3回→×	1回→○
F	8	1回→○	—	3	3回→○	—

注：無は始動用ガソリンカップからのガソリン補給なし。
有は始動用ガソリンカップからのガソリン補給あり。
○は始動。×は始動せず。

減したものと考えられる。

以上のように、ナタネ脱酸油を燃料とした高圧縮比、高回転数の小型ディーゼル機関の燃焼騒音は、低負荷においても高くならず問題ないと考えられる。

2. 始動試験

始動試験結果を表3に示す。気温5～8°Cでの軽油を燃料とした始動は、1回の試験で運転できた。これに対して、気温2～4°Cでのナタネ脱酸油の場合は、始動はかなり困難であったが、始動用ガソリンカップにガソリンを滴下してやれば、1回の試験で運転が可能であった。

機関の始動性は、燃料の着火温度、セタン価、粘度に影響をうける¹⁾。一般に植物油は、着火温度が高く、セタン価も軽油の48に対して約10低い^{1),5)}。また、粘度の適正は、エンジニアードで2～3(20°C、動粘度で約12～21cSt)、最大で5(20°C、動粘度で約37cSt)とされている^{4),6)}。しかし、ナタネ脱酸油の動粘度は、20°Cで63.44cStとかなり高く、噴射の霧化を不良にさせる。

これらのことからナタネ脱酸油での始動性が低下したものと考えられ、ナタネ精製油での始動実験の報告⁴⁾と同様の結果を示した。植物油の始動性は、軽油と混合することによって向上する¹⁾ことが知られている。しかし、ナタネ脱酸油だけでも始動用ガソリンカップにガソリンを滴下してやれば、容易に始動が可能で、やや煩雑さが伴うもののそれほど障害にならないと考えられる。

VI. まとめ

ナタネ粗製油(脱酸油)の代替燃料としての可能性を検討するため、燃焼騒音と始動性の実験を行い、軽油を燃料とした場合と比較した。

結果は、以下のとおりであった。

- 1) ナタネ脱酸油の燃焼騒音は、定格出力100%負荷荷重で軽油燃焼騒音よりやや高く(0～0.5db)なったものの、他の荷重では総じて低くなかった。
- 2) ナタネ脱酸油での始動は、燃料の性質から困難であったが、始動用ガソリンカップにガソリンを滴下してやることによって、容易に始動できた。

参考文献

- 1) Ken Araya : An Analysis of Diesel Engine Startability Fueled with Sunflower Oil, J. of Environ. Sci. Lap., Senshu Univ.2, pp.1～166, 1991
- 2) 藤本茂夫 : 騒音の測定、内燃機関の実験と計測、山海堂, pp.90～95, 1969
- 3) 林重信他3名 : 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, pp.11～21, 1992
- 4) 飯本光雄 : 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, pp.483～487, 1977
- 5) W. Bandel, W. Heinrich : Vegetable Oil Derived Fuels and Problems Related to Their Use in Diesel Engines. Eneergy Biomass, pp.822～829, 1983
- 6) 農業機械学会編 : 改訂農業機械ハンドブック、コロナ社, pp.299, 1969

【閲読者コメント】ナタネ脱酸油の粘度は高く示されていますが、燃料ポンプや燃焼ノズルへの影響および排煙濃度について問題がないかをお聞かせ下さい。

【著者回答】燃料ポンプおよび75%負荷運転における燃料噴射ノズルへの影響はありません。しかし、無負荷運転ではノズルに不燃焼物の付着がみられましたので、現在この点の解明と改善に関する研究を行っております。また、排気黒煙濃度は軽油より低く問題はないと考えております。

草地の表面状態とトラクタ走行性（第2報）

— 牧草根量と土壤の圧縮強さとの関係について —

田中勝千*・本橋閻司*・杉浦俊弘*・鳴田 浩**

The Effect of Surface Conditions on Tractor Mobility in Grassland (Part 2)

Katsuyuki TANAKA*, Kunizi MOTOHASHI*, Toshihiro SUGIURA*, Hiroshi SHIMADA**

I. はじめに

前報¹⁾では、草地作業を行うトラクタの走行性をけん引比の大きさで評価した場合、土壤水分よりも土壤硬度（山中式硬度計）の方がトラクタのけん引比を予測できることを報告した。土壤硬度は土壤水分に左右されることは言うまでもないが、けん引比と土壤水分との関係は必ずしも明確ではなかった。土壤硬度には、気象条件による土壤水分の他に、牧草生長量としての牧草根量が関わっていると考られる。本報では、牧草根量と土壤の圧縮強さの経日変化を調査し、両者の関係について検討した。

II. 方 法

1993年度に本学付属農場採草地内に設定した測定区を引き継いで利用した。測定区はA区（平坦地）、B区（平坦地）、C区（10°の傾斜地）の3つである。各区毎に3つの分割区を設け、概ね1週間に2回の割合で、分割区毎に草地表面から30mm深の土壤（上層土壤）と30～60mm深の間の土壤（下層土壤）をルートオーガ（DIK 5551 φ24mm）を使って採取し供試体とした。トラクタタイヤのけん引力は、土壤のせん断強さによって決まる。しかし、タイヤのせん断速度は高速なので測定が容易ではない。また、けん引力の大きさに牧草根量が関係するとすれば、表面下のどの深さまでせん断の効果が及ぶのかが分かっていない。そこでとりあえず一軸圧縮試験を行い、牧草根量

と圧縮強さとの関係を調べることにした。試料採取後、直ちに引張り圧縮型万能試験機（島津DCS-2000）を使って、0.5mm/sの速度で圧縮試験を行った。圧縮試験後、湿潤重量を測定し、通風乾燥機で24hr絶乾後、土壤水分を求めた。引き続き、絶乾後の試料を3種類の篩（1.0, 0.84, 0.42mm）を使って、水洗いしながら牧草根を分別した。分別した牧草根を絶乾して、土壤の全乾物当たりの割合として牧草根量を求めた。けん引試験方法は前報¹⁾に準じた。なお、通常の草地利用に準じて6月3日に1番草刈りを行った。

III. 結果と考察

1. 草地表面の土壤水分の経日変化

図1に草地表面の土壤水分と降水量の経日変化を示した。図の横軸は雪解け後の経過日数を、左縦軸は降水量を右縦軸は上層含水比を示している。本年度の雪解けの起算日は、昨年同様4月1日とした。含水比は60%（d.b.）を超えることはほとんどなく、60%（d.b.）を下回ることがほとんどなかった昨年度とは対照的であった。

2. 草地表面土壤中の牧草根量の経日変化

図2・図3に、それぞれ草地表面の上層土壤と下層土壤の牧草根量の経日変化を示した。図の横軸は雪解け後の経過日数を、縦軸は牧草根量を示していて、プロット点は3つの分割区の平均値である。1番刈り時前後の期間では、上層土壤と下層土壤の牧草根量に差はなく、下層の牧草根量が

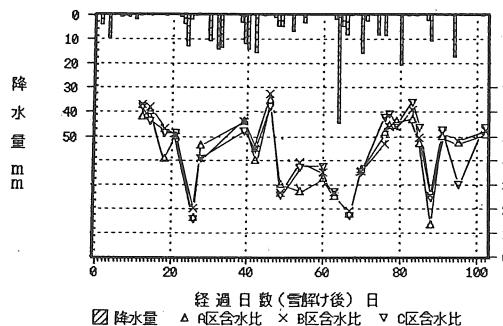
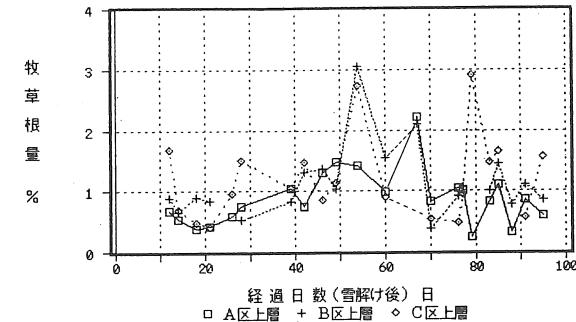
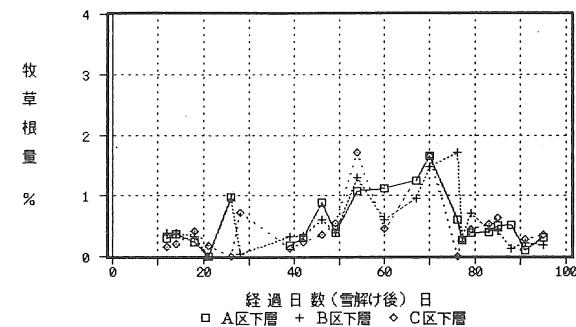


図1 草地表面の土壤水分と降水量の経日変化

上層のそれを上回る場合が見られた。しかし、測定期間を通してみると、上層土壤に比べて下層土壤では牧草根量が少なく、牧草根量の大部分は表面から30mmの部分に存在していた。区によってピーク時が異なるが、牧草根量は1番刈り時の63日前後まで増加傾向を辿り、その後減少傾向を示していた。オーチャードグラス草地を対象に刈取り後の根の乾物重量の変化を調べた実験²⁾によると、根の乾物量は再生部（茎葉）の増加傾向とは対照的に刈取り直後は減少傾向を示し、同化器官（茎葉）の成長とともに徐々に減少から増加に転じるとされている。調査草地もオーチャードグラスを主体とする寒冷地型混播牧草地なので同様の変化傾向を示したものと思われる。

3. 草地表面土壤の圧縮試験結果例

図4・図5に、それぞれ草地表面の上層土壤と下層土壤の典型的な荷重変位曲線を示した。図の横軸はクロスヘッドの変位量（0.2mm/目盛）を、縦軸は圧縮荷重（2.45N(0.25kgf)/目盛）を示している。上層土壤では弾性域から塑性域へ移行した後、急激に荷重が増加した。圧縮を継続すると供試体は側方向に膨張しながら潰れていくが、崩壊することなく、圧縮荷重は増大の一途を辿った。これに対して、下層土壤では図のように明確なピーク値を示し、圧縮を継続すると試料が崩壊する例が見られた。図5は一番刈り前後に見られた典型例である。試料が降伏した後の荷重の立ち上がり速度に差はあるが、荷重変位曲線のパターンは、上層土壤と下層土壤とも似ている。

図2 草地表面土壤中の牧草根量の経日変化
(上層土壤)図3 草地表面土壤中の牧草根量の経日変化
(下層土壤)

4. 草地表面土壤の圧縮強さの経日変化

上層土壤の場合、荷重変位曲線は弾性変化から塑性変化に移行した後急激に荷重が増加するので、図3の下層土壤の場合のような最大値は見つけにくい。上層土壤のような荷重変位曲線が得られる木材の場合（放射方向圧縮）では、比例限度の荷重を断面積で割って比例限度応力で評価している³⁾。ここでは降伏点が比較的容易に見つけられるので、この時の応力を土壤の圧縮強さとした。図6・図7に、それぞれ草地表面の上層土壤と下層土壤の圧縮強さの経日変化を示した。図の横軸は雪解け後の経過日数を、縦軸は土壤圧縮強さを示して、プロット点は各区とも分割区3点の平均値である。上層土壤の場合、圧縮強さは30~80kPaの範囲にあり、グラフは変動しながらも、雪解け後70日までは増加傾向を示していると考えられた。一方、下層土壤の場合もグラフは変動するが、経

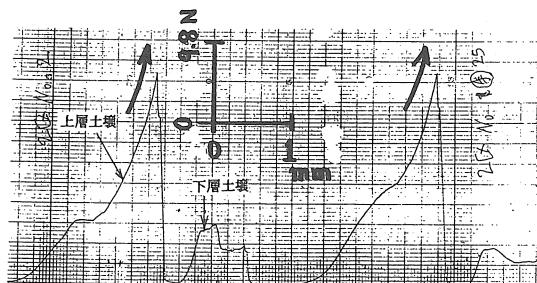


図4 草地表面土壌の圧縮試験結果例
(1994年5月31日)

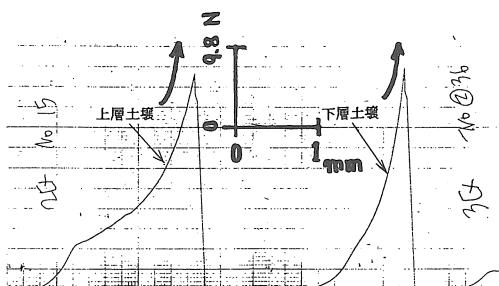


図5 草地表面土壌の圧縮試験結果例
(1994年6月6日)

過日数に関わらず概ね50kPaであった。上層土壌と下層土壌の含水比の差は5%以下であった。従って土壌水分の影響ではないことは明らかである。両者の違いは、土壌中に混在する牧草根の存在にあると考えられた。その理由は、下層土壌の試料の中で上層土壌と同じ荷重変位曲線を示す試料には、上層土壌と同程度の牧草根が進入してきていたからである（図2・図3参照）。同様に、上層土壌で圧縮強さが増加傾向にあるのも、牧草生育にしたがって地表面から30mm付近の地表層で、牧草根が増加したことによると推察される。

図8に土壌の圧縮強さと牧草根量の経日変化を上層土壌と下層土壌に分けて示した。図の横軸に雪解け後の経過日数をとり、牧草根量を棒グラフで、土壌圧縮強さを線グラフで示している。プロット点は9測点の平均値である。雪解け直後から30日ぐらいまでは、上層土壌より下層土壌の方が圧

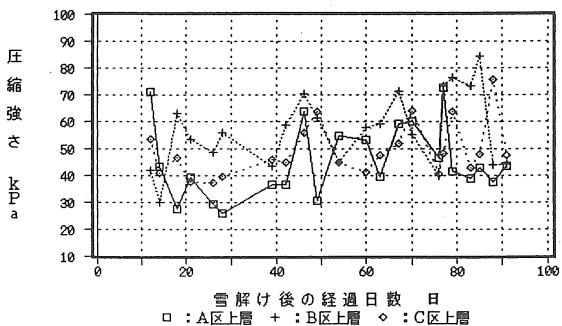


図6 草地表面土壌の圧縮強さの経日変化
(上層土壌)

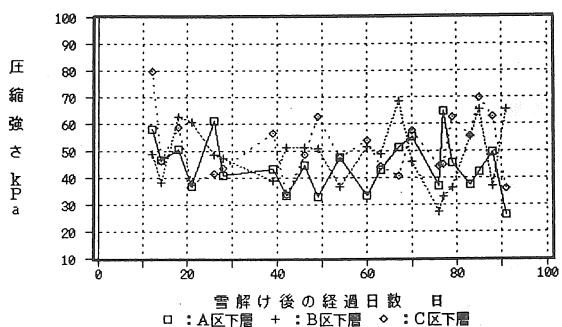


図7 草地表面土壌の圧縮強さの経日変化
(下層土壌)

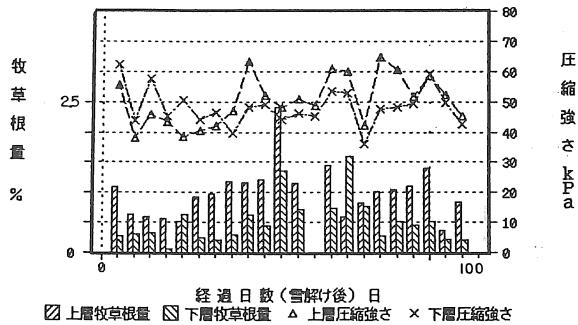


図8 草地表面土壌の圧縮強さと
牧草根量の経日変化

縮強さが大きく、それ以降上層土壌が下層土壌を上回る期間が継続した。上層土壌の圧縮強さが下層土壌を上回る時期は、上層の牧草根量が増加しつつある時期に相当している。

図8に示したデータを使って牧草根量(x)と土壌の圧縮強さ(y)を線形回帰したところ、上

層土壤、下層土壤おのおのについて下記のような結果が得られた。

$$\text{上層土壤: } y = 37.7 + 13.9 \cdot x$$

(データ数18, 相関係数 0.491, 5% レベルで有意)

$$\text{下層土壤: } y = 47.0 + 2.57 \cdot x$$

(データ数18, 相関係数 0.134)

上層土壤では相関係数が0.491となり、5% レベルで有意であった。一軸圧縮試験によって得られた圧縮強さが増加することを根拠に、牧草根量の増加がせん断強さを大きくするとは言えないがその可能性はあると判断した。というのは、荷重変位曲線からも読み取れるように牧草根量の増加が圧縮強さの増大とともに、外力に対して土壌の急激な破壊を防ぐ効果があると判断されるからである。図9に上層土壤の場合の牧草根量と土壌の圧縮強さとの関係を示した。

IV. 結語

草地表面から深さ30mmまでの間にある土壌中の牧草根量と、土壌の圧縮強さとの間には有意な関係があった。荷重変位曲線から牧草根量がトラク

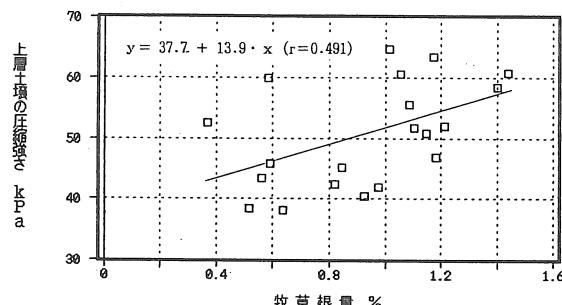


図9 草地表面土壌の牧草根量と土壌の圧縮強さとの関係（上層土壤）

タのけん引性能に寄与する可能性は示されたものの、今後せん断試験を含めて定量的な検討が必要となる。

V. あとがき

青森県農業試研場藤坂支場より気象データを提供して頂いた。心よりお礼申し上げる。また、調査に協力いただいた畜産機械学研究室専攻生に謝意を表する。

引用文献・参考文献

- 1)田中勝千・本橋国司・杉浦俊弘・嶋田 浩：草地の表面状態とトラクタ走行性(第1報), 農業機械学会東北支部報第40号, 3-8, 1993
- 2)江原 薫・佐々木統治・池田 一・名田陽一：牧草の再生に関する生理・生態学的研究(第1報)オーチャードグラスおよびイタリアングラスの再生に及ぼす貯蔵養分量および温度の影響, 日本草地学会誌, 10(3), 214-220, 1965
- 3)伏谷賢美 他：木材の物理, 140-142, 朝倉書店, 1985

[閲読者コメント]

深さ30mmまでにおいては牧草根と圧縮強さの間に関係があることはわかりました。しかし、特に牧草地などのような根が一面に張り巡らされる場合でのトラクタの走行性に関する圧縮強さ（沈下、踏圧等）を考える場合、根に関する評価指標としてここで用いられている「根量」だけでは不十分なように思われます。ルートマットの形成など根の存在状態（分布状態）の評価も考慮すべきであると思われます。

[著者回答]

けん引試験を行った場合、経験的にラグの高さに相当する深さの土壌（供試トラクタの場合表面下30mmの土壌）がタイヤの推進力によってせん断破壊されれば、それ以上けん引力があがらないことが分かっています。そこで表面下30mmの土壌を採取し、圧縮強さと根量を調査したわけです。しかし、ご指摘のように牧草根の垂直分布状態によって、けん引力の上昇過程が異なることは十分に予想されることであり、ルートマットの形成状態をも含めて今後検討したいと考えています。

環境にやさしい低コスト米づくりの実証（第3報）

—表層碎土同時移植（ハロー田植機）の利用効果と経済性—

泉 正則*

Ecological Culture of Rice Plant by Non-Harrowing (part3)

Effect of utility and economical merit for simultaneous cultivating
surface soil and transplanting(Harrow Rice Transplanter)

Masanori IZUMI*

1. はじめに

今日でも田植は稻作作業のなかで最も繁雑で激しい労働を必要とする。田植機が普及しても基肥散布・耕起・灌水・代播・落水・田植・灌水と短時間にこれらの作業を繰返し実施されている。この作業行程の代操作業を略して、表層碎土と同時に田植ができる「ハロー田植機」を考案し、その構造・機能について第1報で報告した。第2報ではハロー田植圃場の土壤環境が、慣行代播圃場に比べ作土内に大きな土塊が多いため、大孔隙割合が大きく、その一部に空気が存在していることや、灌水の浸透量が多いなどの違いがある。その為ハロー田植圃場では地温の上昇、地力窒素の緩やかな発現⁶⁾と、作土の強還元化の抑制⁵⁾がみられ、これが水稻の生育収量によい影響を与えていていることを報告した。筆者が今回、東北地方の普及所の実証圃や、農協の展示圃として計127ヶ所に於いてハロー田植を実施し、その結果から栽培上の利用効果、機械作業上の問題点、水稻冷害軽減効果、経済性などをまとめたので報告する。

2. 現地調査からの利用効果と作業上の問題点

1) 植付精度向上と雑草防止

ハロー田植機は表層のみ攪拌してすぐ田植するから、田面の均平と碎土率を高める事が重要である旨第1報で報告した。今回現地で実施した結果、地域によって差が生じた。大部分の水田を秋耕する太平洋側地域では、慣行代播田植とハロー田植の植付精度は変わりないものが大部分であった。一部に浮苗が多かった例を見ると田植え前4~5日間に灌水が不十分で土塊を完全に埋没させなかつた為、田植作業時に土塊が堅く泥流化せず、苗の保持が悪く浮苗となった。又日本海側地域は春耕が主体で碎土が荒く、雑草特にスズメテッポウが

大きくなつて耕起で全部埋没せず、田植後に再生した例が多かった。灌水前にドライブハローで表層碎土と露出した雑草を枯死させることができ植付精度を高め初期雑草を抑え、活着後に中期除草剤で雑草防止が出来る。表層碎土後灌水までの期間が10日以内であると雑草発生が少ないと山形農試が報告している。

2) 田植時の水深調節

田植時の水深は土塊の70~80%露出状態で行うが、火山灰土壤や碎土率が良い圃場は浅水状態（土塊90%露出）で田植すると苗の泥流埋没を防ぐ。

3) ハロー田植田の透水性変化

田植直後は漏水が多いが灌水後30日程度で慣行代播圃場と同程度になると発表されている⁷⁾現地試験では1~2日低下したと判定した実証圃が半数あり、日減水深2dl以内が適地と考えられるまた、圃場間に段差のある所では畦畔ぎわを1行程代播を行うと防げる。

4) 生育経過と出穂

慣行代播圃場に比べハロー田植圃場では、初期の葉色が早く濃くなり根毛も多く活着が早まった圃場が60%・変わらない圃場が38%となり、第2報で報告した事が裏付けされた。粘質土壤では最高分け期の茎数が慣行代播圃場より少なく推移し、有効茎歩合は高まつた所が大半であった。

平成5年7月以降日照不足と低温で生育が遅れ慣行代播圃場では出穂が8~9日遅れたが、ハロー田植圃場は一日程度遅れが少ない。又初めて栽培したハロー田植実証圃では成熟期の判定がわかりにくいという意見が農家からあった。成熟期後半まで根に活力が残り秋まさり型生育と合致する。

5) ハロー田植栽培による水稻の冷害軽減

平成5年は歴史に残る大冷害の年であった。そ

*三菱農機株式会社（元・宮城県古川農業試験場）

の原因是東北地方ではヤマセの影響で長雨、低温・日照不足による障害不穏と生育遅延、登熟不良、いもち病の大発生であった²⁾。筆者がハロー田植栽培の研究を初めて3年目に、ハロー田植栽培と冷害の被害程度の関係を調べ図-1には地域別の結果を示した。調査地域の中では、冷害に厳しい地域程ハロー田植区の水稻の減収割合が小さいことが分かった。太平洋側のヤマセ地帯では、日照不足と低温で障害不穏や出穗遅延(8~9日)登熟不良が目立っている。その際、同じ水稻品種を用いて慣行代播田植区とハロー田植区の収量比較をすると後者の収量が岩手では平均15%、宮城では16%と高くなっている。平成5年の冷害の実態調査結果では¹⁾水稻根の高い活力が冷害回避に役立っていると報告されていることから、ハロー田植区の根の活力がこの実態調査と同様に冷害軽減に役立ったものと見られる。

3. ハロー田植栽培法の経済効果

ハロー田植栽培を実施した場合の経済効果を見るために、宮城県における現地実証試験結果を次に示した。その結果は作業の効率化、省力化により臨時雇用の削減とトラクタ利用台数減につながり、収量も若干高められたことから、農家の稻作経営の改善に役立つことが明らかになった。

事例

宮城県大和町(有)鶴巣農場の大規模水田経営の例

1) 鶴巣農場の概要

昭和30年代に山林を開拓し46haを所有する大規模水田経営農場で、農場長以外は周辺農家と年間労務契約を結び、勤務時間は午前8時から午後4時までとし土日祭日は休み、各農家の農作業が優先し終わってから農場に勤務する労使関係で成り立っているユニークな農場である。

2) 圃場の概要

土質は砂質土(砂岩風化土)再整備後15年目、区画は50~70aが70%, 30a以下と1ha以上が各々15%, 片側農道ターン方式、水源は溜池と地下水利用、用水はパイプライン灌がい、排水は溜池に環流する。圃場の分散は2団地、移動距離1.5K以内である。

3) 技術の特徴と内容

年間雇用農家の作業と競合しない作業体制が基

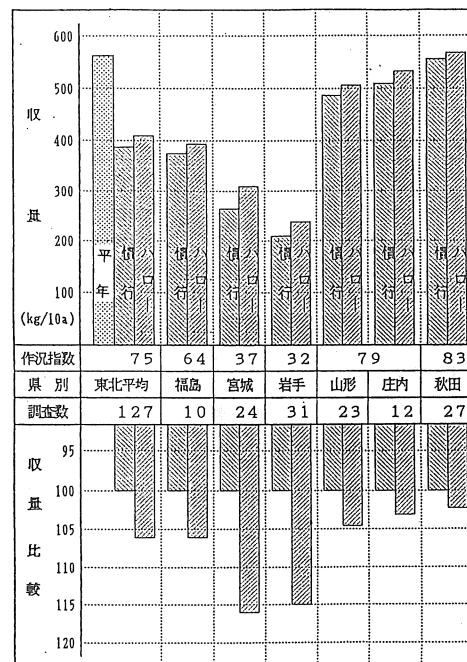


図-1 1993年大冷害における地域別の慣行代播き田植区とハロー田植区の水稻収量の比較

本

- ・育苗培土の自給:作業員の仕事確保
- ・成苗移植: 5~6葉分けつ苗を育て移植する。
- ・粗植栽培:箱数と労力節減
- ・ハロー田植栽培:代播の省略で臨時雇用節減
- ・生育中期の過石追肥:生育調節と倒伏防止
- ・常時深水栽培:分けつ抑制と水管理労力の節減並びに雑草防除
- ・超低農薬栽培:いもち病防除しない、除草剤は使用基準量の35%~40%散布
- ・超省力で安定多収:冷害の影響を受けにくい

4) 耕種概要

- ・品種:ササニシキ 50% ひとめぼれ 25% コシヒカリ 20%外
- ・育苗法:播種量45~55g/箱播、粒浸漬20日間条播・育苗日数 55~60日育苗中にせん葉2回 その都度追肥 N2g/箱
- ・栽植密度:m²当たり14株(24×30cm) 1株1~2本植
- ・施肥法:ペースト二段施肥25% 側条+深層追肥65% 深層追肥は乗用田植機利用
- ・施肥量:10a当たり三要素窒素 7~9 kg(元肥)

十深層追肥) 磷酸18kg 加里10~11kg

5) 田植時の作業概要

平成4年（慣行田植）…代播作業は砂質土の為前日代播、翌日田植えを行う為に、男6人を臨時に雇用してトラクタ1台にオペレータ2人が交代で運転する。運転しないときは、田面の浮遊物を除いたり水田四隅の手直しを行う。

田植作業は臨時雇用を含め10人の組作業、3台の田植機を稼働させる。（田植3人、苗供給3人、苗・肥料（ペーストは箱詰め）の運搬2人、ハウスから苗出し積み込み2人）

平成6年（ハロー田植）…田植え作業はハロー田植機3台、7~8人の組作業（田植3人、苗運搬、苗肥料供給3~4人、苗積み込み1人）補助者が休暇で2台稼働 3日あり

畦畔からの漏水防止と畦畔際の雑草防除の為、ドライブハローを傾斜させ（写真-1）畦畔際を代播すると同時に四隅の均平作業に1人要した。圃場の周囲を代播したこと、水の流れが良くなり管理面でも効果が出た。

6) 機械稼働と所要労力

耕起作業は15~18cmの耕深にして稻わら全量糊込みながら、大型トラクタで行うが平成6年はやや碎土率を高めたことと、復田1ha増えたので1日増加した。（表-1）従来の田植は砂質土の為、前日代播、翌日田植えを長年続けてきたが、平成6年はハロー田植機の導入で漏水防止、四隅均平、雑草防止の為畦畔際を一工程のみ代播を行っているのでハロー田植は機械稼働、稼働労力とも、代播作業が大幅に減じた。田植作業の組人員の減少は、ペースト肥料を500リットル入りタンクを自動車に積んで圃場に置いたことと、ハロー田植に

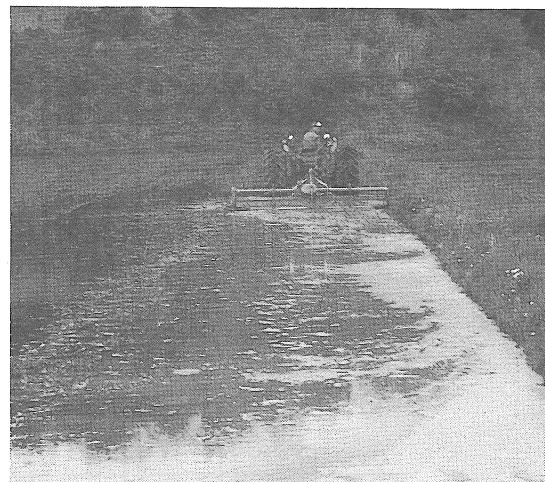


写真-1

したので植付速度を下げ、苗出し運搬、苗供給を4~5人で行った。反面田植日数が2日増したが植付精度は高まった。ハロー田植機導入で39haを田植完了までの所要労力は平成4年に比べ70人（約33%）が節減になった。

7) 経済効果

現行の機械装備を平成4年と平成6年の対比が困難であるので平成5年の市販価格にて、現有台数の作業原価計算を行った。計算方法は『全講連水田作機械化てびき』³⁾並びに『農業機械研修会編』⁴⁾によって表-2の結果を得た。これを基に現行装備の状態で利用した場合の10a当たり作業原価は表-3の通りで、耕起から田植完了までの固定費+変動費の合計は平成4年は16,588円、平成6年は12,573円となりハロー田植機導入前に比較して25%の節減が出来た。更に水稻収量のプラスαについて第2報で報告した通り、秋まさり的生育で数パーセントの収量増が見込めること、さ

表-1 機械労働と所要労力

鶴巣農場

年	作業名	機械名	作業期間 月/日	作業日数	機械稼動 延日数(台)	延労働力(人)		
						運行	副操	合計
H 4 38 ha	耕起	トラクタ+ローラー	4/1 ~ 4/15	7日	21 日(3)	21	—	
	代播き	トラクタ+代播機	5/10~ 5/26	12日	36 日(3)	36	36	
	田植	田植機	5/11~ 5/27	12日	36 日(3)	36	60	
	苗・肥 新運搬	トラック	/	12日	24 日(2)	24	—	213
H 6 38 ha	耕起	トラクタ+ローラー	4/4 ~ 4/15	8日	24 日(3)	24	—	
	代播き	トラクタ+代播機	5/10~ 5/26	14日	14 日(1)	14	—	
	田植	ハロー田植機	5/11~ 5/27	14日	39 日(3)	39	52	
	苗・肥 新運搬	トラック	/	14日	24 日(2)	14	—	143

表-2 作業原価計算

機械名	購入価格	年固定費率	年間稼動時間	年間固定費	1時間当	燃料・油脂
トラクタ・ローラー	710万	19.5%	245時間	1,384,500円	5659円	400円
乗用田植機	208万	37.0%	168時間	769,600円	4580円	234円
ハロー田植機	245万	37.0%	168時間	917,600円	5462円	273円
トラック	150万	29.0%	637時間	435,000円	683円	150円

表-3 10a当たり作業別原価

	平成4年				平成6年			
	機械費	燃料	労賃	計	機械費	燃料	労賃	計
耕起	2,260	192	485	2,937	2,260	192	485	2,937
代播	4,407	374	1,672	6,453	1,564	124	285	1,979
田植	3,807	78	2,706	7,198	4,533	213	2,379	7,657
運搬	532	75			532			
計				16,588				12,573
対比				100%				75%

らに、現所有トラクタ3台は代播と田植を同時進行の場合必要台数であったが、ハロー田植栽培法に切り替えることによって、耕起作業は2台で可能であり、代播作業も1台でよく、今後更新の際は1台を減らしても作業上支障がない。農場長は季節的臨時雇用が困難になっているので雇用確保の苦勞が解消される精神的効果も大きいと評価している。

4. 終わりに

ハロー田植は、繁雑で激しい労働を必要とする、代播作業を省略し碎土と田植が同時に実施されること、用水の落水や再灌水作業が必要無くなつて農家にとって田植作業前後の労力配分が容易になり作業負担の軽減をもたらすことが実証された。また、ハロー田植は稲の根系の良好な環境を作り秋まさり型⁷⁾の生育となって米品質と収量の向上に貢献する。更に平成5年の大冷害における圃場の生育実態調査から、ハロー田植栽培法が冷害軽減に役立つことが明らかになった。

謝辞

本報告をまとめるにあたり、東北大学教授庄子貞雄氏、宮城短大佐々木邦夫氏から有益なご教示を頂いた。又、鶴巣農場関良二氏、東北地方の各普及所、農協の担当者から資料の提供を頂いた。

ここに記して深く謝意を表する。

参考文献

- 1)千葉満男：平成5年冷害実態調査報告日土肥誌
- 2)宮城農業センター：平成5年度異常気象による水稻の被害実態と解折(1994)
- 3)全講連農機部：水田作機械化のてびき(1968)
- 4)農業技術研修会：農業機械導入利用と安全管理(1984)
- 5)秋田県農試：試験成績、不耕起及び無代播移植栽培の効率的施肥(1993)
- 6)福島県農試：試験成績、水稻表層代播移植による栽培法施肥窒素の利用率と土壤窒素の吸収量(1993)
- 7)秋田県農試：水稻の無しきかき栽培法(1992)

〔閲読者コメント〕 低コスト稻作の方法として今後の普及が期待されますが、雑草防除など連続して栽培を行った場合の問題点は無いでしょうか

〔筆者回答〕 側条施肥位置が浅いとやや雑草発生量が多いので5cm目標にして実施すると慣行と変わり無い様です。更に、同一圃場を継続した場合について更に検討します。

セル成型樹脂トレイ利用全自動野菜移植機の性能と利用法

新田政司*・鶴田正明*・高橋 修*・大里達朗*・高橋昭喜*・八重樫耕一**

Performance and Using of Automatic Vegetable Transplanter of Utilizing Cell-Mold Tray

Masashi NITTA*, Masaaki TSURUTA*, Osamu TAKAHASHI*,
Tatsuro OHSATO*, Akiyoshi TAKAHASHI*, Koichi YAEGASHI**

[キーワード] 全自動野菜移植機、セル成型樹脂トレイ、レタス、全面マルチ移植、移植能率・精度

1. 著 言

農作業の機械化が進む中で、野菜栽培についてはほとんどが人力に依存している。特に移植、収穫作業には多くの労力を要しており、野菜栽培における効率的機械化栽培体系の確立が強く求められている。

そこで、全面マルチ栽培のレタスを対象にセル成型樹脂トレイを利用した野菜移植機の性能と利用法について検討したので報告する。

2. 試験方法

- (1) 試験場所 岩手県二戸郡一戸町農家圃場、及び岩手農試場内圃場
- (2) 試験年次 1991年～1993年
- (3) 供試作物 レタス

(4) 供試移植機 Y社・歩行型・1畦1条植・全面マルチ対応移植機、型式：ACP-1M

3. 試験結果

(1) 移植機の性能

① 移植機の作業能率

10a当たりの作業時間は、約2時間30分～3時間30分で慣行の手植え方式に比べて1/3～1/4の作業時間であった。全体的にトラブル等による作業中断もなく、作業はほぼ順調に進んだが、畦立て・マルチ張り作業の不十分な畦では正常な状態で移植ができない場合もあった。また、前日に降雨があるなど圃場条件が悪い場合には、走行中に泥が車輪に付着するなど作業性が低下した。(表1)

表1 移植機の性能

区 NO. (場 所)	① 農試	② 一戸	③ 農試	④ 一戸	
調査年月	1992.5	1992.5	1993.5	1993.7	
作業条件	小雨中	前日降雨	良好	良好	
傾斜度	3～5°	2～3°	2～3°	3～5°	
圃場形状	13×30m	42×7m	30×14m	52×4m	
作業時間	移植 苗補給 旋回 調整	75.7% 6.5 13.7 4.1	77.2% 6.0 10.5 6.3	76.8% 4.9 14.7 3.6	88.6% 3.4 8.0 0.0
	分/10a	218	186	177	149

注) 試験区①では、降雨中の移植作業であったため、作業速度をやや落として作業した。

表2 作業精度

調査項目 区	株間(cm) 目標25cm	植付深さ(cm)	抜取り ミス率(%)	マルチカット率(%)			植付穴の 苗位置	植付角度 平均(°)
				a	b	c		
① 農試	上り	26.8	0.0	0	0	100	中心100%	90.0°
	下り	25.2	0.9	0	0	100	〃	88.5°
③ 農試	上り	24.6	0.6	0	100	0	中心100%	88.5°
	下り	25.6	0.2	0	85	15	〃	85.5°
④ 一戸	上り	24.0	-0.1	0	-	-	—	85.5°
	下り	25.7	0.1	0	-	-	—	90.0°

注) 1. マルチカット率: a は完全カット、b は>90%、c は<90%を示す。

2. 植付深さ: ポット上面が地表面より上の場合を-, 下の場合を+とした。

② 移植精度

目標株間を25cmに設定したところ、実際の株間は24.0cm~26.8cmで、設定株間にに対する誤差は10%以内であった。また、植付角度（立毛角）も各調査圃場の平均で85°以上と良好であった。

苗はマルチカットされた植付穴のほぼ中心に移植され、植付深さも十分であった。また、トレイからの苗の抜き取りミスはほとんどみられなかつたが、埋没苗・転び苗がときどき発生し、欠株率は発生の多い圃場で5%程度であった。（表2）

③ 植付角度と収穫物の品質

植付角度と変形球（出荷不可）発生割合の関係を図1に示した。植付角度が75°以下で変形球の発生が多くなることから、適正な機械使用に努め作業精度の向上を図ることが必要である。

また、碎土が悪い場合やマルチ張り作業が悪いと移植精度に影響するので、これらもていねいに

行うことが重要である。

④ 収穫時調査結果

各試験区における機械移植と手植えの収穫物の調査結果を表3に示した。機械移植では手植えより球重がやや軽かったが、変形球の発生も少なく品質も良好であった。

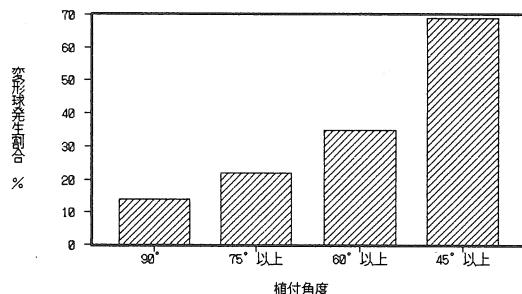


図1 植付角度と変形球の発生

表3 収穫時調査

調査項目 区	全重(g)	球重(g)	外葉数(枚)	球形(cm)		最大葉(cm)		変形球割合(%)		
				球高	球径	長さ	幅	良品△	△	×
① 機械移植	平均	715	442	10.9	12.1	11.3	32.0	22.0	93	7 0
	手植え	平均	929	583	9.2	10.8	12.9	32.9	23.8	70 30 0
③ 機械移植	上り	881	520	10.7	12.8	15.9	24.2	30.4	95	5 0
	下り	840	442	11.7	12.5	15.4	25.6	30.8	100	0 0
④ 機械移植	平均	995	601	10.4	13.1	16.8	25.3	32.8	100	0 0
	手植え	平均	758	594	7.8	10.7	11.5	20.7	29.9	95 5 0

注) 変形球割合: △は正常ではないが出荷可能なもの、×は出荷できないものを示す。

表4 トレイの形状

トレイの種類	セルの大きさ(内寸)・容量				セル数 (穴/トレイ)	商品名
	上部タテ (mm)	上部ヨコ (mm)	深さ (mm)	容量 (ml)		
25-200	25	25	45	15	200	ヤマ-野菜トレイ

(2) 育苗法

① 育苗用トレイ

今回供試したトレイの形状を表4に示した。

なお、使用したトレイには底穴があるため底板を必要とし、試験では排水性確保等のため多孔の水稻用育苗箱を用いた。

② 播種作業

播種作業の手順とレタス10a当たりの播種作業時間を表5に示した。

延べ播種作業時間は、播種板利用、手動式播種機(YUS-60)利用による播種作業とも約2時間で手播き方式による慣行の約半分であった。

手動式播種機の播種粒数は1粒が約95%, 0粒が約4%と良好な播種精度であった。また、播種板利用でもほとんどが1粒播種であった。(表6)

表5 播種能率(1992年調査)

作業名	レタス10a当たり作業時間 (200穴トレイ42箱・8400株)	
① 床土詰め	41.7分	
② 灌水	7.8	
③ 鎮圧	9.5	
④ 播種	播種機 YVS60 21.2分 (1人作業)	播種板使用 10.9分 (2人組作業)
⑤ 覆土	25.9分	
⑥ 灌水	11.0	

注) 1. 播種板方式は農家の熟練者による作業。

2. ①②③⑤⑥の作業は個別の1人作業。

③ 播種作業の省力化

共同育苗センターなどでは、培土の充填・播種・覆土・灌水作業が1行程で可能となる播種プラントを使用することにより効率化が図られる。

また、比較的小規模の個人育苗では、播種板または手動式播種機、鎮圧具の使用でも省力化できる。

④ 育苗管理及び移植適期

メーカー専用の培養土を用いる場合、播種後10日目以降、原則として毎日、専用肥料2,000~4,000倍液を灌注し生育促進を図ることが必要で、移植適期は、本葉3~4葉(草丈4~6cm、育苗期間20~26日)である。

表6 播種精度(1992年調査)

播種粒数	割合(%)
0粒	4.3
1粒	95.1
2粒	0.6

注) 1. 供試播種機はYVS-60。

2. 播種粒数は1セル当たり。

(3) 移植機の負担下限面積

移植機の負担下限面積の試算結果が表7である。

償却費等の移植機の費用総額が手植え労賃を下回る面積をレタスで試算すると、年間延べ定植面積が5.3haとなることから、本機の負担下限面積は概ね5haを目安とする。

表7 移植機の負担下限面積

品 目	費用比較			移植機負担 下限面積	その他の
	移植機・ 手植の別	固定費(1台 当たり年間)	流動費 (10a当たり)		
レタス	移植機	償却費ほか 470,700円	労賃 3,900円 燃料費 180円	移植機利用 の費用が手 植えを上回 る面積 5.3 ha	(1)本機利用は全面マルチ栽培で あるが、既にマルチャーは整備 済とし、追加投資はないものと して試算した。 (2)費用比較は1994年1月現在の 数値で示した。
	手植え	—	労賃13,000円		

4.まとめ

(1)移植機の性能

①移植機の作業能率

10a当たりの作業時間は、約2時間30分～3時間30分で慣行の手植え方式に比べて1/3～1/4の作業時間であった。

②移植精度

(ア)植付精度は、マルチカットされたほぼ中心に苗が移植され、欠株率5%以下、植付平均角度85°以上と良好であった。

(イ)植付角度が75°以下で変形球が多くなるので適正な機械使用に努め、作業精度の向上を図ることが必要である。また、碎土が悪い場合やマルチ張り作業が悪いと移植精度に影響するのでていねいに行う。

③収穫時調査結果

機械移植は、手植えに比較して球重がやや軽いが変形球が少なく品質は良好であった。

(2)育苗法

①育苗用トレイ

育苗は、1セル当たりの容量が15ml程度の200セルトレイを使用することにより、手植え並の品質を得ることができた。

②播種作業能率・精度

(ア)10a当たりの延べ播種作業時間は、播種板利用・手動式播種機(YVS-60)利用による播種作業とも約2時間で、慣行の約半分であった。

(イ)播種精度は、播種板利用・手動播種機利用とも

適正播種粒数割合95%以上と良好であった。

③育苗管理及び移植適期

(ア)播種後10日目以降、原則として毎日、専用肥料2000～4000倍を灌注し生育促進を図る。

(イ)移植適期は、本葉3～4葉(草丈4～6cm、育苗期間20～26日)である。

④移植機の負担下限面積

本移植機の負担下限面積は、概ね5haであった。

参考文献

- 野菜移植機の開発改良—セル成型苗移植機(全自動移植機)—、岩手県立農業試験場技術部農業機械科成績概要集、岩手農試(1991～1993)

【閲読者コメント】機械化が切望されている大規模野菜作地域の生産者にとって貴重な参考データになると思われます。移植機の現地導入に際しては土壤条件・地形条件などが移植精度に大きく影響すると思われますが、特に留意すべき項目についてお聞かせ下さい。

【著者解答】

全面マルチ移植では、その前作業となる碎土・畦立てマルチ張り作業をていねいに行うことが特に大切になると思います。

よって、それらについての適正な機械の所有・導入が移植機の性能を生かすための必要な条件になるとを考えます。

高能率ネギ移植機の開発

瀬野幸一*・斎藤洋助*・芳賀泰典*・田中進*・向田良一*

Development of High Efficient Welsh Onion Transplanter

Kouichi SENO*, Yousuke SAITO*, Yasunori HAGA*

Susumu TANAKA*, Ryouichi MUKAIDA

1. はじめに

現在、野菜作における機械開発は、野菜産地における労働力の高齢化、減少化に対応すべく、官民一体となって進められている。

一方、県内における野菜栽培は、高収益な転作作物として年々増加傾向にあり、機械化による省力栽培体系の確立が必要とされている。

こうした背景のなかで、平成3年度から3カ年の計画で「ネギの機械化作業体系の確立」試験に取り組んできた。

移植の機械化として、当時引き抜き苗用として一般的に普及していたディスク式半自動移植機を供試、セル苗に対する適応性を検討した。

その結果、この移植機は、苗供給が人力であるため、苗供給スピードにより移植能率が左右され、5a/日程度の処理しかできず、人力に比較すれば効果はあるが、機械的には能率的なものとは言えず、価格的にも高価である。

このため、平成4年度からペーパーポットを利用した高能率ネギ移植機の開発に取り組み、市販化されている野菜移植機に使用されていた連続ペーパーポットにヒントを得て、当該ポットを切断せずひも状に移植する機械を開発したので報告する。

2. 開発経過

(1) 試験年次 平成3年～平成5年

(2) 開発方針

- ・チェーンポットを連続的に引き出し、搔き取らずに移植する。
- ・管理機による畦立と同時に移植する1行程同時作業機とする。



図1 ディスク式半自動移植機による移植

・市販のディスク式半自動ネギ移植機の5倍程度の作業能率を確保する。

(3) 試作1号機

試作1号機は、ロータリ爪を装着した3.7kWの管理機の牽引装置に試作培土板、苗置台、苗誘導路及び植え付け動作面での苗の浮き上がりを防止するガイドを取り付けた溝切り開口器、覆土輪を直結した。

(4) 試作2号機

試作2号機は、4.4kWの管理機に羽根ロータリを装着し、本体の上下動により植付動作面と地面がかい離する事を防止するため、ターンバックルを利用した上下可動の連結装置により植付装置を連結した。

3. 試験方法

- (1)供試機械 試作1号機、2号機
 (2)供試品種 吉蔵
 (3)使用ポット N社製ペーパーポット (CP303, CP305 264穴)
 (4)作物条件 は種粒数 3粒／穴
 育苗日数 64日間
 使用培土 スーパー子床
 (5)土壤条件 耕起方法 トラクタによる普通ロータリ2回耕
 (6)調査項目 チェーンポットの大きさと苗の生育、試作機の作業速度・作業精度、試作機の改良点

4. 試験結果及び考察

(1)試作機の性能

1) 試作1号機

1号機での移植試験では、溝切り同時移植作業

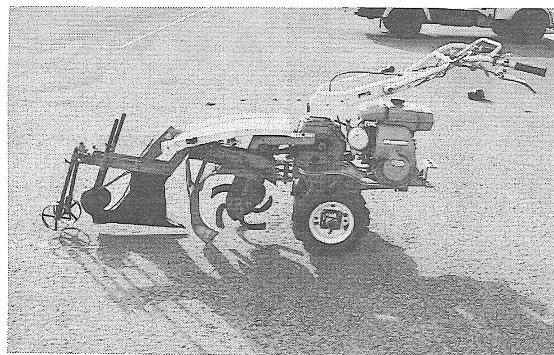


図2 試作1号機

は可能であったが、畦高さが栽培面から要求される高さに達しなかった。

これは使用したロータリーの種類やロータリーロート数と作業速度の不整合に原因があると判断された。

また、覆土も不安定になり、ポットの露出が発生した。

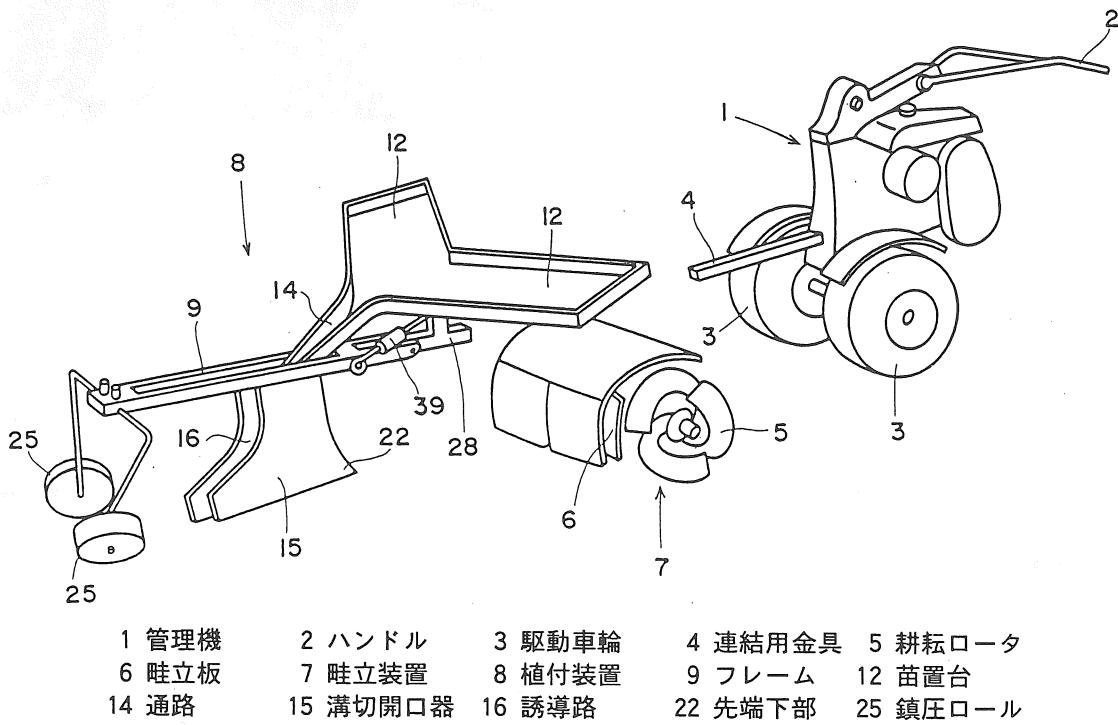


図3 試作2号機の概略図

これは、管理機の上下動による移植装置の浮き上がりに起因すると推察される。

このため、試作2号機ではこれらの点を解消することを念頭に試作に着手した。

2) 試作2号機

試作2号機での移植試験では、土壤含水比23.9~24.7%，5mm以下の碎土率78.9~81.1%，見かけ耕深24.7cmの土壤条件で、株間5.2cm，作業速度0.17~0.22m/S，溝高さ20.1~21.1cm，覆土厚2.1~3.0cmで畦立・移植ができた。

また植付姿勢は、直立が92.7%，60~90度が7.3%で良好であった。

この移植方式では、ほ場条件により作業性能が大きく左右される。

ほ場の条件としては、第一に要求される溝深に対応できる耕深が確保されることが必要となる。

また、土壤水分、土性が変わると碎土率に影響し、土塊が大きくなつた場合覆土が不十分になり易いと考えられる。

こうした点から、今回のほ場条件は比較的適したものと言え、この程度のほ場であれば効率的な作業が可能と考える。

次に、チェーンポット苗の種類と移植適応性を検討したがその苗条件を表2に示した。各ポットとも育苗日数が60日を越えているため、草丈が30cm以上と徒長しやや老化苗となった。このため、全区とも移植時に葉が絡み付き、ポットがミシン目から切断される現象がみられた。

また、2.5cm高ポットの苗は、移植時に苗置き台の上で転倒し易く、ポットがミシン目から切断された。

作業能率は、表3の作業速度から畦間1mの場合、理論作業量が7.2a/hとなる。これは、市販化されているディスク式半自動移植機の5倍以上

表2 苗の生育

ホット高 cm	草丈 cm	葉枚数	茎径 mm
5	36.9	3.7	2.8
4	37.9	3.8	3.1
3	33.9	3.9	2.9
2.5	31.3	3.8	3.2

表3 移植状況

ポット高 cm	畦形状			覆土厚 cm	作業 速度 m/s
	a cm	b cm	c cm		
5	48.5	21.2	8.3	2.1	0.20
	47.2	20.1	9.1	3.0	
ポット高 cm	植付姿勢			株間 cm	
	90° %	90~60° %	60°> %		
5	92.7	7.3	0.0	5.2	
	92.7	7.3	0.0	5.2	

表4 溝切・移植作業の10a当たり機械利用時間

(理論作業量)

	溝切(機械)	移植作業	合計
人力移植	1.2hr	41.7hr	42.9hr
従来機種	1.2hr	7.7hr	8.9hr
開発機種		1.2hr	1.2hr

表1 ほ場条件

層位	土壤含水比 (%)	碎土率(%)				
		30mm<	30~20	20~10	10~5	5mm>
上層	24.7	0.4	0.6	5.2	14.9	78.9
下層	23.9	1.7	0.5	4.0	12.7	81.1

※ トラクタロータリ2回耕 みかけ耕深24.7cm

の能率となり、このことは、表4に示した溝切り・移植作業の各作業法別の作業時間からもわかる。

(2)今後の問題点

今回開発した移植機は、現在市販されている移植機と同等以上の作業能率が期待できると考えられる。今後の問題点としては、移植機のコンパクト化や調整方法の簡易化が上げられる。また、この移植機に適する苗の育苗法や育苗日数の解明が必要である。

4. まとめ

ネギの移植作業の省力化を図るため、高能率なネギ移植機を開発した。

- (1)開発した移植機の特長は、溝切りと移植の同時作業を行うため、従来の溝切り作業時間と同程度の作業時間で移植ができる。
- (2)既存の管理機にアタッチメントとして装着可能で、操作性、取扱いの面も考慮し、比較的簡単な機構に仕上げている。
- (3)作業能率は、従来のディスク式半自動移植機の5倍以上の作業量が期待できる。

〔閲読者コメント〕 低価格・高能率のネギ移植機が開発されました。移植時に葉や根が絡み付き、ポットが切断されることが、残された問題点として整理されています。この点について、機構の改善等で対処できるのかどうかお聞かせください。

〔著者回答〕 苗誘導路内の苗抑えの改善等により、ある程度までは対応可能だと思いますが、基本的には、移植機に適する苗条件を解明し、適正な育苗日数を検討しながら対処したいと考えています。

果実収穫機の開発の現状と課題

—リンゴ収穫機・ロボットの開発に向けて—

孫 明*・高橋照夫*・福地 博*・張 樹槐*

Existing State and Problems of Development for Robotics of Fruit Harvesting
—Developing an Apple-picking Robot for Japanese Orchards—

Ming SUN*, Teruo TAKAHASHI*, Hiroshi FUKUCHI*, Shuhuai ZHANG*

Abstract

This paper focuses on existing state of the technological development of fruit-picking robots so far, pointing out the problems still to be solved in developing a harvesting robot for the Japanese apple orchards.

A fruit-picking robot performs such operational processes as recognition and approach to an objective tree and fruits, picking and collecting of the fruits.

Various designs of robotic systems have been proposed, which may be partly incorporated in apple-picking robot being researched on. Such hardware as manipulator, end-effector, and dedicated vehicle is already existing, but software for apple-picking process is yet to be developed.

The major problems for robotic harvesting process are: (a) to identify very many fruits on large tree subject to variable environmental conditions, (b) to approach and reach for the fruit with an obstacle avoidance algorithm.

[Keywords] fruit-picking robot, apple-picking robot, recognition, approach, picking, collecting

1. はじめに

現在、リンゴの収穫はほとんど人手で行われている。平成2年の農林統計によるとリンゴの収穫に要する労働時間は10アール当たり約101時間で、全作業時間の37.1%を占めている¹⁾。リンゴの収穫作業は機械化が最も困難な部類に属しこれまで取り残されてきた。しかし、労働力の減少や労賃の上昇、また輸入の自由化等の最近の情勢から、その機械化が強く望まれている。果実収穫の機械化には振動や風力による方式があるが、リンゴの場合には機械的損傷を与えやすいため加工用などに限られる。生食用として果実の商品価値を保つためには、人手の収穫作業に代わることができる収穫用ロボットの開発が必要と思われる。リンゴ

の収穫機・ロボットの研究はまだ少ないが、他の果実等では種々の方式の収穫ロボットが研究されている。

本報では、それらに関する最近約10年間の開発の現状と問題点を調べ、リンゴ収穫機・ロボットの開発に利用できる点や今後課題となる点について検討した。

2. 果実収穫作業の内容別に見た技術開発の現状

人手によるリンゴの収穫作業は図1のような手順を繰り返して行われる。ロボットによる収穫でも、大体同じような手順の作業が必要となる。ここでは、リンゴ収穫ロボットの開発において各作業上考慮すべき具備条件と、それらの作業に対応

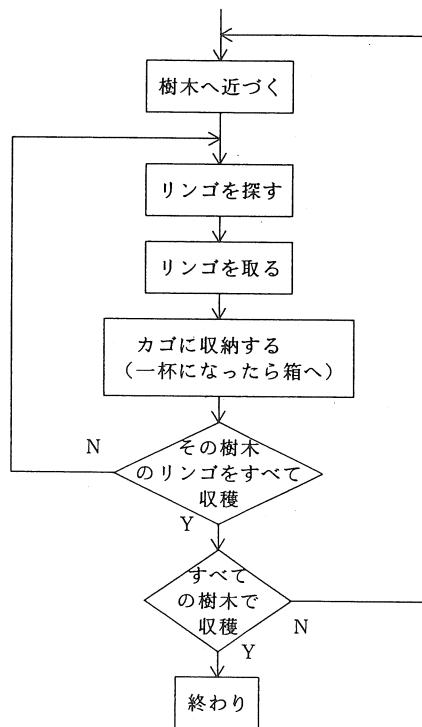


図1 リンゴ収穫の手順

する技術開発が他の果実収穫機・ロボットの研究の中でどのような現状にあるかを調べた。

(1) 対象樹木の認定・接近移動作業

無人の収穫ロボットが果樹園で果実を独自に連続的に収穫するためには、対象となる樹木を認定する能力と、そこまで移動する能力が必要である。対象樹木の認定能力には、樹木の識別、樹木の全体構造の認識、果実の分布状況の認識等の能力が含まれる。ロボットが移動する時の能力には軟弱地や傾斜地等の走行性能に関する機械的能力と、接近すべき位置・距離の検出、接近経路の認識・判断、走行速度の調節判断及び機体姿勢の認識・修正等の判断能力が含まれる。

上述のうち移動については、いわゆる移動ロボットの研究があるが、果実の収穫ロボットに関連したものとしては、車輪型のバッテリカーを用いたトマト収穫ロボットの研究例²⁾がある。同ロボットでは畠に沿って自動的に操向し、ハウス内の主要箇所に設置した反射板を光センサで検出して自己と対象樹木の位置関係を判断し収穫場所に移動する方式が取られた。

軟弱な狭い園地や傾斜地では、モノレール等の

軌道方式やクローラ型走行方式が利用される。ミカン収穫ロボットの研究³⁾ではクローラ方式の走行部が用いられたが、上述の認定・判断作業は人間の操縦で行われた。クローラ型収穫機の自動操向と対象の認定に関する研究は水稻用コンバイン等を除いては見あたらない。

その他、防除機関では超音波を利用して対象樹木の検出を行った研究例⁴⁾もある。

以上のように、果実収穫機における対象樹木の認定・接近移動作業の研究例はまだ少ない。

(2) 対象果実の認定作業

収穫の対象とする果実の認定作業には、表1に掲げたように、果実の識別、位置検出、形状認識

表1 果実の認定作業において具備すべき条件

具備すべき条件	内容
果実の識別	果実同士、葉、枝・幹の識別（背景の影響、照明条件の変化、果実と葉等が同系色かどうか）
果実の位置検出	樹冠内に分布する多数の果実の位置検出
果実の形状認識	葉等を含む画像の中で果実の形状・寸法・軸方向などの認識
機械的能力	可視範囲・精度、可動範囲、リアルタイム性、可搬性など

等に関する判断能力と機械的能力を具備する必要がある。現在その研究には視覚センサとしてテレビカメラが利用されている。

果実と葉・枝等の識別では、両者の分光反射特性に基づく色信号処理方法を用いた研究が多い。色信号から二値画像を得る方法には、RGB色信号同士を直接比較する方法と、それらの信号を処理して輝度信号、色相、彩度、色差等を用いる方法がある。ただし、前者は照明条件の変化で大きな影響を受けるので、その影響の小さい後者の方法が多く取り上げられている。その方式と使用例を表2に示す。各方式とも対象果実と葉や背景との色の違いが明瞭な時に有効とされている^{5)~8)}。果実が葉等に隠された場合、途中に枝等の障害物のある場合、太陽光がカメラのレンズに入射する場合等には問題がある。

表2 二値画像を得る方法と使用例

方式	使用例	
	果実	結果
色差	トマト	識別が可能
三原色のうち二色の差又は一原色と信号全体の平均値の差	ミカン	葉等に一部隠された果実の中心を求めることが可能
映像信号中に占める特定の色信号の比率	トマト ミカン ナス	多段階の色の判別が可能
色相、彩度	ミカン	影等の発生の場合にも識別が可能

キュウリのように葉や背景と同系統の色の場合には、次のような方法が有効であると報告されている⁹⁾。可視領域から近赤外領域までの分光反射特性を調べ、識別に適する植物体特有の波長帯域を複数選択し、その波長帯域に合う干渉フィルタをテレビカメラに取り付けることによって識別を行う。

果実の位置検出には、表3に示すようにステレオ画像法、ビジュアルフィードバック法、距離センサを併用する方法等がある。ステレオ画像法は、

トマトの場合のようにカメラと果実の距離があまり離れない場合に有効である⁵⁾。それに対してビジュアルフィードバック法は、カメラがハンドとともに果実に接近するので、ミカンのように樹冠が比較的大きい場合でも有効であるとされている¹⁰⁾。さらに果実位置の検出精度を高めるため、距離センサを併用した研究例¹¹⁾もある。

テレビカメラを用いた果実の認定作業ではコンピュータによる画像解析が必要である。その処理方法は種々研究されているが、一般に精度を高くるほど処理すべき画素数が増えて解析時間が急増することが問題点としてあげられている¹²⁾。

(3) 対象果実の把持作業

把持作業を行うための機械的能力と判断能力に関する具備すべき条件としては次のようなものがあげられる。ハンドの機械的能力については、把持力・位置の調節、手首のねじり、引張、把持方向の調節、ハンド先端の支持力、迅速性、確実性、果実への傷害防止等である。また制御のための判断能力としては、ハンドの接近経路、把持手順、採果手順の判断・決定等である。

ロボットに装着されるハンドの把持方式はつかみ方式と吸着方式に大別される¹³⁾。これまでの収穫ロボットで主に用いられた例を表4¹⁴⁾に示す。果実の形状や硬軟の状態によっては、両方式を併

表3 対象果実の位置検出の方法と使用例

方式	カメラ位置	使用例	結果
ステレオ画像（両眼立体視）法	肩の上に取り付け、二箇所から撮影	トマト ミカン キュウリ	果実の三次元座標、カメラから果実まで距離が近い場合に有効
ビジュアルフィードバック法	ハンドに取り付け、果実に接近して撮影	トマト ミカン ブドウ	果実等の形状の明瞭化が容易、樹冠内部の果実の検出が可能、果実の大小により、距離誤差が生じやすい、高速画像処理が必要
距離センサを併用する方法	(P S D を用いた三次元視覚センサ)	トマト ミニトマト	近距離の果実に有効

表4 収穫ロボットハンドの把持方式の例

方式	内容	機能	対象例
つかみ	ゴム製三本指	曲げ、回転	トマト
		ハサミで切断	ミカン
	平板型グリッパ、カッター	把持方向の自在回転、切断	キュウリ
		切断、果房の押出	ブドウ
	フレキシブルな多指	真空運動機構で引張	リンゴ
吸着	吸着パッド、くし状カバーカッター	分離、切断	ミカン

用する場合もある¹⁵⁾。いずれの場合でも果実に傷を付けずに採取できるような把持状態にするためには、ハンド内の果実の位置と把持する力を適切に決めることが重要である。

把持の際の果実の検出方法には表5のような例がある。各方法とも果実の種類とあまり関係なく用いられているが、実用面からすれば果実の形状や寸法の変化に柔軟に対応し一定の検出精度を保つ方式が望ましい。

表5 ハンドで把持の際の果実の検出法

センサ	方法	応用例
近接覚	果実の直前でオンになると把持	ミカン収穫ロボット
光電	果実が光を遮った時把持	りんご収穫ロボット(フランス)
接触覚	果実との接触状態があるしきい値を越えれば把持	スイカ収穫ロボット
視覚	決められた三次元位置に達すると把持	トマト収穫ロボット ミカン収穫ロボット

把持力を決める方法には、ばねを利用する方式のほか、指にひずみケージを貼り付けて把持力を検出する力覚センサ方式¹⁶⁾や、空気圧駆動の場合のように空気圧を検出して行う方式⁴⁾等がある。

把持した果実を採取する採果方法は果実によって様々である。ミカンやブドウのように硬い果梗を持つ場合には切断方式が取られる。トマトでは曲げ方式に切断機能を加えた方式が取られている。リンゴについてはフランスの研究例のように引張方式もあるが、日本では果梗が果実に残っていることが重要視されるので人手と同様ねじって取る方式が必要になる。

以上のように、把持作業のハードウェア面での研究・開発は盛んであるが、それらを制御するためのソフトウェアの面での研究はまだ十分でないようと思われる。例えば、果実の認定から把持作業を行うまでの間にハンドの接近経路を決めなければならないが、その途中に葉や枝等の障害物がある場合の制御アルゴリズムはほとんど研究され

ていない。把持手順や採果手順の決定方法についても同様のことがいえる。

(4) 対象果実の収納作業

採取した果実を収集箱等へ運ぶ収納作業で具備すべき条件は、機械的能力として非衝撃性、迅速性、確実性、後作業との継続性等が、判断能力として収納量、収納状態（偏り、詰まり等）の検出・判断があげられる。

収納作業については次のような方式の研究例がある。①直動型マニピュレータが中空になっていて、収穫した果実がその内部を通り収集箱へ入れられる方式で、フランスにおけるリンゴ収穫ロボットに用いられた例¹⁷⁾、②太いパイプの伸縮型の腕の中に果実を一時的に貯めておき、一定量貯まるとパイプの後部から収集箱へ落とす方式で、ミニトマト収穫ロボットの例¹⁸⁾、③直動型の腕を縮めたり回転させて直接収集箱へ入れる方式で、ミカン収穫ロボットの例³⁾、④多関節型の腕を折り曲げて直接収集箱へ入れる方式で、トマトの収穫ロボットの例²⁾。

以上のように、果実が比較的小さく、衝撃にも強い場合には、腕の内部やその周囲に果実の通路を設けて収納する方式を取ることが可能であるが、そうでない場合には③や④のように採果後直接収集箱まで運んで入れる方式が取られている。

3. 各作業技術開発における問題点と今後の課題

ここでは、リンゴ収穫機・ロボットの開発の観点に立って、上述の各開発技術の中で利用できる点や問題となる点及び今後の課題を検討する。

(1) 対象樹木の認定・接近移動作業

リンゴ収穫機・ロボットの場合、不整地や傾斜地の園地を走行する場合が多く、また大きな樹冠を持つ樹木上のリンゴを収穫しなければならないため、他の果実収穫ロボットに比べ、厳しい条件におかれている。

対象樹木の認定方法として、テレビカメラで直接樹木全体を撮影して認識する方法もありうるが、現在の画像処理技術では困難なようである。移動ロボット等の研究にみられるように、予め樹木ごとにマーク板等を設置しておき、それを光センサやテレビカメラで検出しながら近づく方法が有効

と思われる。ただし、その場合にはマーク板と樹木認定に関する情報との対応をどのようにとるかが問題となる。一つの対策としては、収穫ロボットを他の管理作業にも利用できるようにし、オペレータの操作を含めた一連の作業の中で、種々の判断や決定について学習・記憶させる方式が考えられる。

走行部としては、バッテリーカー方式が制御しやすいが、動作範囲の広い大型のマニピュレータを搭載し、かつ不整地や広い園地を走り回るために、クローラ型走行方式が有利と思われる。

(2) 対象果実の認定作業

リンゴの色は品種によって異なり、葉や枝等と識別の容易なものとそうでないものがある。識別しやすい品種では、前述のような色信号処理の方式が利用できると思われるが、そうでない品種の識別方法についてはまだよく分かっていない。キュウリの例のように波長帯域との関連を調べ、適切な識別方法を見出す必要がある。

大きな樹冠内に分布するリンゴの位置検出には、前述のような理由からビジュアルフィードバック法が有利と思われる。しかし、マニピュレータを果実に接近させる際に、枝等の障害物を避けるためロボット本体を移動させる必要がある場合には、カメラは全体の状況を監視できるようにハンドではなく本体側にある方がよい。こうした点からテレビカメラの取付位置とその影響との関係の検討も今後の課題の一つである。

果実の認定作業では、その精度を高くするほど画像処理時間が長くなることが大きな問題であり、対策としてはより高速な画像処理のアルゴリズムの開発と利用を図ることが基本である。そのほか、精度を保ちつつ画像処理量を減らすような方法も考慮すべきであろう。例えば、一画像中の特定領域の精密処理とカメラの駆動を連動させる方式等が考えられる。

(3) 対象果実の把持・収納作業

これまでの果実収穫ロボットで果実の把持の際の問題点として、①マニピュレータ制御上の機械的誤差及び果実の位置検出の誤差によるハンドと果実の位置のずれ、②ハンドが周囲の葉等を押したり、風による枝の揺れなどのために生じる果実

の位置の変化、③把持された果実のハンド内での不安定等があげられている。

リンゴの場合も同様な問題の発生が予想されるが、リンゴの形状は球形に近く果実が比較的固いので、ハンドの把持方式としては、前述の方式のどちらでもよく、また把持位置や把持力の調節もトマトなどに比べて容易と思われる。ただし、果梗が抜け落ちないように果実をねじりながら引張って取る必要がある。そのためには果軸の方向を認識してつかむようにしなければならない。さらに隣接のリンゴとの接触等が少ない構造が望ましい。こうしたことから固着の確実な吸着方式を主とし、つかみ部分を従とするような把持方式が考えられる。なお、把持作業全体にわたる制御アルゴリズムの開発も今後の課題である。

収納作業では、リンゴ果実が比較的大きく、また衝突などで傷がつきやすいので、腕の中を通過させる方式やガイドレールなどの上を回転させて収集箱に入れる方式は適切でない。直動型あるいは関節型のどちらの場合でも採果後直接収集箱に入れる方式が適当と思われる。

4. まとめ

これまでに研究された果実収穫機。ロボットの現状と問題点を調べ、リンゴ収穫ロボットの開発に向けた検討を行った。その開発の難しさは、前述したように大きな樹冠内に分布する多数の小さな果実を認定し、不整地面で体勢を保ちながら枝等の固い障害物を避けて果実を採取しなければならない点にある。しかし、近年のテレビカメラとコンピュータ画像解析技術の発展で果実の認定等が可能になりつつある。またハンドやマニピュレータ機構、移動機構等ハードウェア面については、これまで他のロボット等で開発されたもので利用できるものが少なくない。ただし、それらを制御するためのコンピュータアルゴリズムの研究、つまりソフトウェア面での研究は、各部分ともあまり進んでいないようと思われる。

リンゴ収穫機。ロボットの作業対象となる樹木や果実は栽培期間を通して同じ位置にある。そのため、ロボットの制御ソフトウェアの面からみると、防除や授粉等の他の管理作業と共通化できる

部分が多い。したがって、その開発にあたっては、経済性、安全性及び信頼性の確保等に留意し、ただ単に収穫作業用としてだけではなく、他の管理作業にも利用できることを念頭に置いて進めるべきであろう。

参考文献

- 1) 青森県りんご協会他：青森りんご台風被害と支援，171, 1991
- 2) 川村登他：農業用ロボットの研究（第1報），農業機械学会誌46(3), 353-358, 1984
- 3) 藤浦建史他：果樹園用収穫ロボットの研究，農業機械学会誌52(2), 35-42, 1990
- 4) 農業機械学会：昭和62年度農業機械のロボット化に関する調査研究，農業機械学会, 1988
- 5) 川村登他：農業用ロボットの研究（第2報），農業機械学会誌49(6), 563-570, 1987
- 6) 湯川典昭他：果実収穫用ロボットの視覚フィードバック制御（第1報），農業機械学会誌52(3), 53-59, 1990
- 7) 近藤直他：果実認識用視覚センサの研究（第1報），農業機械学会誌49(5), 476-482, 1987
- 8) 田中芳夫他：パソコンベース色彩画像処理による果実検出，農業機械学会誌52(1), 61-67, 1990
- 9) 近藤直他：果実認識用視覚センサの研究（第2報），農業機械学会誌49(6), 563-570, 1987
- 10) 近藤直他：マニピュレータ装着用カメラによる果実の位置検出法（第2報），農業機械学会誌51(4), 41-48, 1989
- 11) 藤浦建史他：農作物の三次元形状と色情報の計測，第50回農業機械学会講演要旨，441-442, 1991
- 12) Y.SARIG:Robotics of Fruit Harvesting, A State-of-the-art Review, J.agric. Engng Res. 54, 265-280, 1993
- 13) 渕上正朗：ロボットを導入した生産システム，日刊工業新聞社，1994
- 14) 岡本嗣男他：知能ロボット工学，実教出版，1992
- 15) 門田充司他：トマト収穫用ハンドに関する研究(2), 第53回農業機械学会講演要旨，391-
- 392, 1994
- 16) 梅田幹雄他：油圧駆動式スイカ収穫用グリッパーの開発，第52回農業機械学会講演要旨，197-198, 1993
- 17) d' Esnon, A.G.: Robotic Harvesting of Apples, Agri-Mation 1, ASAE, 210-214, 1985
- 18) 藤浦建史他：ミニトマト収穫ロボットの研究(1), 第53回農業機械学会講演要旨，381-382, 1994

【読者コメント】農業機械分野の最も難しい課題に取り組もうとする姿勢と努力に敬意を表します。当面、どの部分からリンゴ収穫のロボット化に取り組もうとされているかお聞かせ下さい。

【著者回答】リンゴ収穫作業のロボット化には多くの困難な課題がありますが、とくに果実の認定の可否が作業全体のロボット化の成否に関係すると思います。そこで、初段階としてリンゴ園内の果実と葉・枝等の識別に関する基礎的研究を進めたいと考えています。

生穀の太陽熱直射乾燥における日射量の算出について

工藤泰暢*・C.I.ニンド*・戸次英二*

On the Calculation of Solar Radiation during Sun Drying of Raw Rough Rice

Yasunobu KUDO*, C.I.NINDO*, Eiji BEKKI*

Abstract

Incident solar radiation measured with a pyranometer on the horizontal must be transformed to give corresponding amounts received on the surface of raw rough rice that is thinly spread on an inclined plane for sun drying. A method for such calculations is suggested in this present paper. Comparisons made between calculated values and measurements on the horizontal plane coincided well under clear sky conditions. However, when the sky was overcast, both became considerably different. For the horizontal plane and the inclined planes of the wavy surface in fixed direction, the maximum solar radiation was 800W/m^2 in summer, but it fell to 600W/m^2 during the rice harvest season in autumn. When the direction of the inclined planes of the wavy surface was changed once per hour, the recorded 700W/m^2 of solar radiation was less than for the fixed direction in summer.

[Keywords] sun drying, plane surface, wavy surface, solar radiation

1. 緒言

米の太陽熱直射乾燥を慣行としている熱帯地域では、穀層を薄く平らに広げてならし、あるいは波面の列状(windrow)にして乾燥する。水平面は日射計で水平面全天の日射量を測定しうるが、斜面については計算によらざるをえないもので、本報では水平面から任意の傾斜角に至る日射量の算出方法を提示し、計算値と実際の測定値とを比較して、この計算式を利用しうるか否かを検討した。また、青森県(北緯 40°)の米収穫期における生

穀の太陽熱直射乾燥の実験結果を熱帯地域へ適用するに当り、1日の日射量が秋季に低いことから、熱帯の日射量とほぼ等しい夏季に、水平面と波面について計算値で特性を把握しようとした。

2. 日射量の計算法

晴天下の日射量の計算法については、宇田川¹⁾とColliver²⁾による方法を参考に、以下の順序で行った。

一般に、地面と太陽の位置関係は図1のとおり

*弘前大学農学部 弘前市文京町3

で、高度(Altitude) β と方位角(Azimuth) ϕ によって表わされる。すなわち、

$$\sin \beta = \sin \psi \cdot \sin \delta + \cos \psi \cdot \cos \delta \cdot \cos \omega \quad \cdots(1)$$

$$\cos \phi = (\sin \beta \cdot \sin \psi - \sin \delta) / \cos \beta \cdot \cos \psi \quad \cdots(2)$$

ここで、 ψ ：緯度、 δ ：太陽赤緯、

$$\sin \delta = 0.397949 \sin\{360(n-81)365\} \quad \cdots(3)$$

n は通日で、 $n = 1 \sim 365$ である。時角 ω は

$$\omega = [t + \{E/60 + (L-L_s)/15 - 12\}]15 [^\circ] \quad \cdots(4)$$

ここで、 t ：標準時 (0~24時)

L ：経度

L_s ：標準子午線の経度

E は均時差で、時計時刻の平均太陽時と真太陽時の差であり、近似式は

$$E = 0.258 \cos X - 7.416 \sin X - 3.648 \cos 2X - 9.228 \sin 2X \quad [\text{min}] \quad \cdots(5)$$

ここで、 $X = 36(n-1)/365.242$

式(1)~(5)を用い、青森県の緯度、経度、日付、時間から β と西偏角 7° ³⁾ の ϕ を計算した結果、実測値とは $\pm 1^\circ$ 以下の差であった。

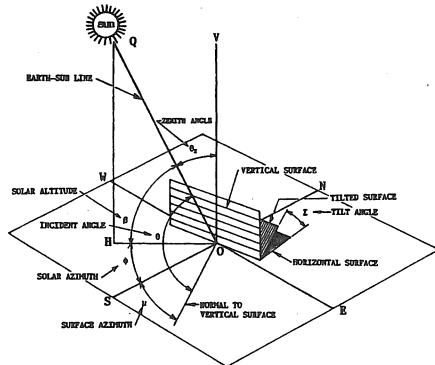


図 1 地面と太陽の位置関係

晴天下の日射量 I_c は直達日射 I_b と散乱日射 I_d からなり、

$$I_c = I_b + I_d \quad \cdots(6)$$

このうち、 I_b は

$$I_b = I_o \cdot \tau_b \cdot \cos \theta_z \quad \cdots(7)$$

ここで、 I_o は大気圏外日射量で、太陽常数 I_o を 1365W/m^2 とすると、通日 n に対し

$$I_o = I_s \{1 + 0.034 \cos(360n/365.25)\} \quad \cdots(8)$$

τ_b は直達日射の大気透過率で、

$$\tau_b = A_0 + A_1 \exp(-k/\cos \theta_z) \quad \cdots(9)$$

ここで、定数 A_0 、 A_1 、 k は 23km 可視の標準大気状態で、標高 A が 2.5km 以下において、

$$\left. \begin{aligned} A_0 &= r_0 \{0.4237 - 0.00821(6-A)^2\} \\ A_1 &= r_1 \{0.5055 - 0.00595(6.5-A)^2\} \\ k &= r_k \{0.2711 + 0.01858(2.5-A)^2\} \end{aligned} \right\} \quad \cdots(10)$$

係数 r_0 、 r_1 、 r_k は気候型によって異なり、熱帯地域は 0.95 、 0.98 、 1.02 、中緯度地域の夏は 0.97 、 0.99 、 1.02 、その冬は 1.03 、 1.01 、 1.00 である。

$\cos \theta_z$ について、一般に水平面に対する入射角を θ として、

$$\begin{aligned} \cos \theta &= \sin \delta \cdot \sin \psi \cdot \cos \Sigma \\ &\quad - \sin \delta \cdot \cos \psi \cdot \sin \Sigma \cdot \cos \mu \\ &\quad + \cos \delta \cdot \cos \psi \cdot \cos \Sigma \cdot \cos \omega \\ &\quad + \cos \delta \cdot \sin \psi \cdot \sin \Sigma \cdot \cos \mu \cdot \cos \omega \\ &\quad + \cos \delta \cdot \sin \Sigma \cdot \sin \mu \cdot \sin \omega \end{aligned} \quad \cdots(11)$$

ここで、表面方位角 μ と傾斜角 Σ は図 1 に示してある。 θ_z は太陽の天頂角(Zenith)で、 $\Sigma = 0$ の場合、

$$\cos \theta_z = \sin \delta \cdot \sin \psi + \cos \delta \cdot \cos \psi \cdot \cos \omega \quad \cdots(12)$$

また、 I_d は

$$I_d = I_o \cdot \tau_d \cdot \cos \theta_z \quad \cdots(13)$$

τ_d は散乱日射の大気透過率で、 τ_b との間に以下の関係がある。

$$\tau_d = 0.2710 - 0.2939 \tau_b \quad \cdots(14)$$

以上の式に任意の緯度、経度、日付、時間を与えれば、太陽の位置と日射量を容易に算出しうる。

3. 結果と考察

8月4, 24, 31日に図2に示す平面層と波面層に対する太陽熱直射乾燥を想定し、各表面に対する日射量を計算した。同時にアルベードメータ(英弘: MR-22)により水平面全天日射量を測

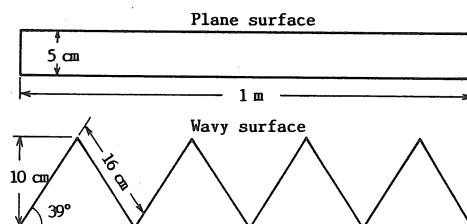


図 2 平面層と波面層の表面状態

定した。傾斜角39°は乾燥前の安息角36~48°の平均値42°より小さくした。

ここで、波面層の傾斜方向調節とは、太陽に向かた斜面の方向を太陽の移動する角度の中間に波面の中心を位置するように、調節して行くものである。

水平面の計算値と実測値は図3のとおり、晴天下でよく一致した。ただし、本図に表わしていないが曇天に変わると両値は離れ、ほとんど利用できなくなることもわかった。

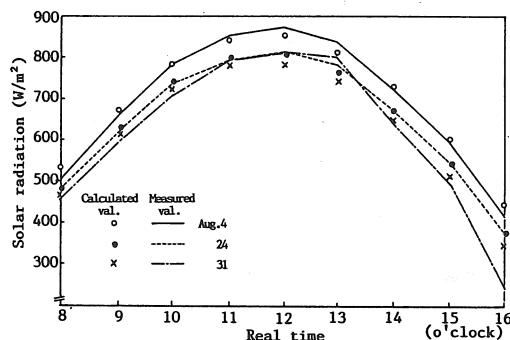


図3 日射量の計算値と測定値の比較

斜面については水平面のように測定できないので、あらかじめ水平面と斜面の日射量の計算を同時にやって、両値の比を測定された水平面全天日射量に乗じて、斜面での日射量とした。その結果、水平面とほぼ同様の結果となった。よって、この計算法が晴天下の生穀の太陽熱直射乾燥に、表面の傾斜角にかかわらず適用しうることが実証された。

その効果について、図4に示す水平面と斜面（波形方向固定）の日射量は、夏季に最高の800 W/m²を超えて表面温度も40°C以上になることもあるが、斜面の波形方向調節では太陽方位角が調節されて日射量の上下動を繰り返し、最高がおよそ700W/m²で、表面温度40°C程度にとどまった。この方法は穀層の表面温度の異常上昇を抑制していることが確認された。

平面と斜面（波形方向固定）の夏季の日射量は秋季に比べ太陽高度角が大きくなるので、両面の差を縮小する。これは図5に示す太陽の斜面に対する角度αが垂直へ近づくほど、日射量が大きくなるからである。αの日変化を図6に示すと、日

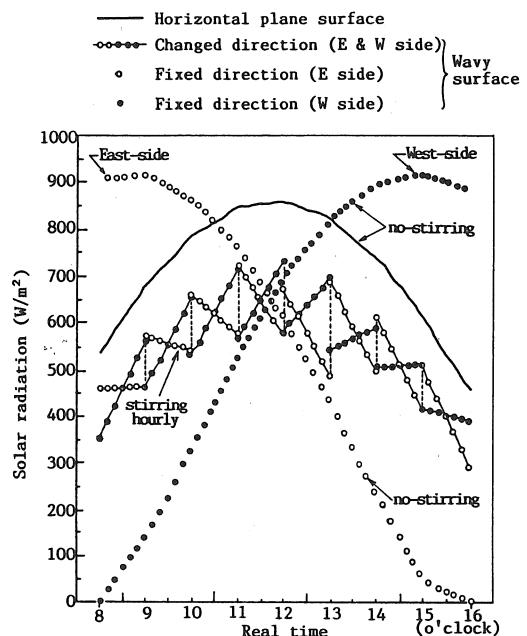


図4 日射量の日変化

射量が最高に達する正午付近で、水平面は秋季の135°に対し夏季の113°と、日射の強い90°へ約20°近づいているが、斜面は秋季の96°から夏季の76°へと、90°との差が前者の6°と後者の-14°を合わせ両者で8°にとどまる。このため、夏季には水平面と斜面の日射量の最高値が縮小することになる。

計算された日射量の1日の積算経過を夏季と秋季について図7a, bに示す。乾燥には日射量が経過時刻に関係なく均等に供給されることが望ましく、この積算曲線がより直線的になる方がよい。水平面は直線的で最終積算値が最も大きく、斜面の波形方向調節は同じく直線的であるが、最終積算値は斜面の波形方向固定とはほぼ同程度で水平面より小さくなる。

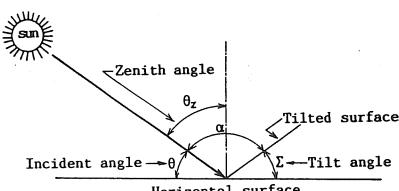


図5 斜面と太陽との角度α

4. 摘要

平面の計測値と計算値とは晴天下でよく一致したが、曇天では著しい差があった。斜面の日射量は計測できないので、計算方法を提示した。これにより斜面に対する日射量の特性を知ることができるが、本報はその一部として日射量の日変化に適用を試みた。

参考文献

- 宇田川光弘：パソコンによる空気調和計算法，オーム社，pp.46-51, 1986
- Colliver, D.G. : Techniques of Estimating Incident Solar Radiation, Ed. Parker, B.F., Solar Energy in Agriculture, Vol.4, pp.14-17, Elsevier, 1991
- 国立天文台編：理科年表，丸善，p.784, 1992

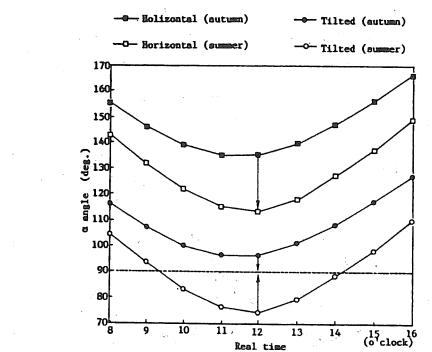


図6 α の日変化について、夏秋の比較

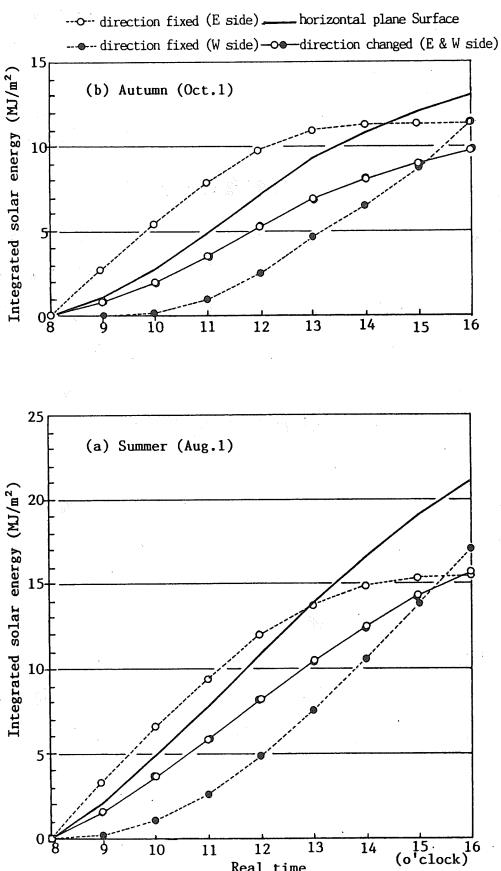


図7 日射量の積算経過について、夏秋の比較

【閲読者コメント】 紙の天日乾燥では、表面が水平と波面どちらが良いのでしょうか。

【著者回答】 波面にすると入射量が小さくなるので、表面温度が下がる。しかし、受光面積が平面より大きくなるので、乾燥能率の差は僅かである。波面の方が天日乾燥に欠かせない攪拌をしやすい。

玄米の品質判定に関する研究

—品質判定機による判定について—

赤瀬 章*・相良 明*・上出 順一*

Studies on the Quality Judgment of Brown Rice
—The Judgment with the Quality-judging Machine of Brown Rice—

Akira AKASE*, Akira SAGARA*, Jun-ichi KAMIDE*

Abstract

Authors investigated separation performance by the quality-judging machine of brown rice comparing it with result of brown rice inspection by Food Inspection Office. Main results are as follows:

- (1) As we set transmission to reflection ratio of light to over 0.95 and red to green ratio to 0.86 to 0.96 as a whole rice grain at the quality-judging machine of brown rice, values of whole rice percentage by the quality-judging machine were about 10% higher than them by Food Inspection Office.
- (2) The difference between values of whole rice percentages by the quality-judging machine and Food Inspection Office is because of overlap of distributions of immature grains and whole grains.
- (3) The same grain being supplied to the quality-judging machine in repetition, values of transmission to reflection ratio of light were a little different. That is because posture and position of a grain in the hole at the turn table a bit change on all occasions.

キーワード：品質判定機，食糧事務所，透過・反射比，赤緑比

1. はじめに

玄米の等級格付けは農林水産省食糧事務所の検査官が行なっている。一方で、近年、玄米の品質判定機が開発され、乾燥施設、精米工場、試験研究機関などで活用されている。また、食糧事務所での玄米の検査量は平成4年度で約700万トンであった。それに対して検査官は約5,600人である。玄米の検査は、収穫直後の10月から12月の短期間に集中し、1人1日当たりの検査量は膨大な量になる。また、現在の検査方法は、検査官の肉眼でなされており、大変な疲労を伴う。従って近い将来、品質判定機は食糧事務所の検査官の負担を低減させるための補助機械として、重要な位置を占めると思われる。

そこで、品質判定機について選別性能を調べ、食糧事務所でなされた検査結果と比較、検討した。

2. 実験装置および方法

1) 実験装置

実験装置として市販の品質判定機“S社製RS-1000A”を使用した。品質判定機の概略を図1に示す。粒送円盤で移送された玄米1粒毎にハロゲン光を照射して、透過光センサで玄米内部を透過する光量（透過光量T）と、反射光センサで玄米表面を反射する光量（反射光量Re）を測定し、透過・反射比T/Reを算出する。透過・反射比は玄米の透明度を表し、値が高いほど透明である。同時に反射光を光ファイバーで分光ヘッドに供給

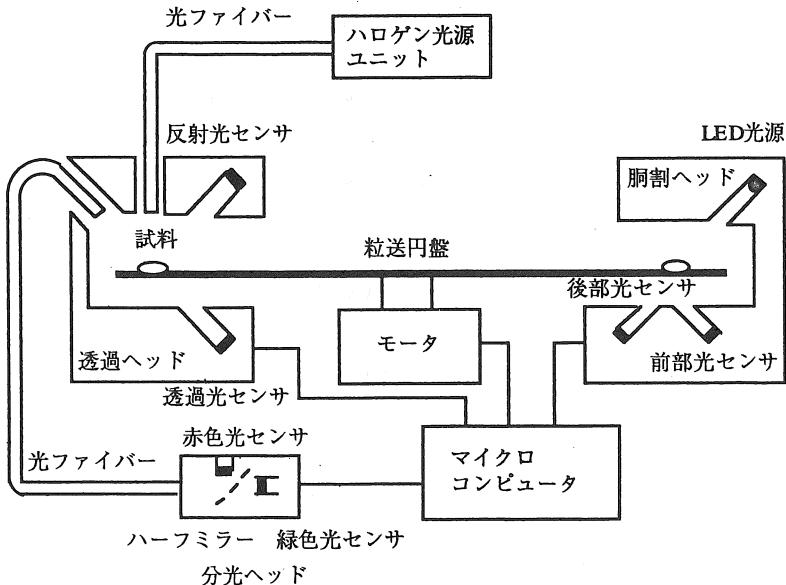


図1 供試品質判定機 (S社RS-1000A)

し、センサで赤色光量Rと緑色光量Gを検出し、赤緑比 R/G を算出する。粒が青いと赤緑比の数値は低く、茶米、着色粒等の茶褐色では数値が高くなる。さらに胴割ヘッドでは、良質粒（整粒）と判定された玄米1粒毎にLED光源の光が照射され、玄米の前半部分を透過する光量（前部光量F）と、後半部分を透過する光量（後部光量B）を測定し、前部・後部光量比 F/B を算出する。これは胴割を判定するのに用いられるが、本実験では胴割は取り扱わなかった。

図2のように縦軸に赤緑比、横軸に透過・反射比を取ると、整粒、未熟粒、被害粒、着色粒、死米はほぼ図のように分布することが知られており、逆に各粒の透過・反射比、赤緑比がわかると、それがどういう種類の粒であるかがわかり、それによって分類される。本報では図2を粒ブロック図と呼ぶ。本実験では各ブロックの閾値は、透過・反射比0.25, 0.95, 赤緑比0.86, 0.96, 1.06に設定した。つまり整粒ブロックは、透過・反射比0.95以上、赤緑比0.86～0.96となる。以上のように、透過・反射比、赤緑比の閾値は、品質判定の結果に大きな影響をもつため、極めて重要となる。

2) 供試材料

供試材料は、山形大学付属農場1993年度産どまんなか、ササニシキ、はえぬきの3種で、約5日毎に7回収穫（収穫日：9/29, 10/4, 10/9, 10/14, 10/19, 10/24, 10/29）したもの用いた。刈取適期は、どまんなかが10月8日、ササニシキが10月13日、はえぬきが10月20日であると判断された。収穫日以外の条件がすべて同じ試料を得るために、各品種とも30a圃場のほぼ中心に7m×10mの試料採取区画を設定し、そこから収穫日を変えて7分の1ずつ刈り取った。稻は刈取

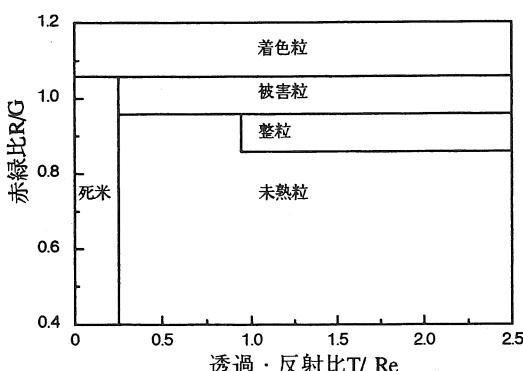


図2 品質判定機の粒ブロック図

り後、直ちに坪刈り用脱穀機で脱穀し、穀は室内で自然乾燥させ、テスト用穀すり機で穀すりした。なお、1993年度は冷夏、日照不足、長雨のため、戦後最大の凶作になった。山形大学農学部のある庄内地方では、登熟が例年より20日以上も遅くなり、作況指数も88であった。

3) 実験方法

品種、収穫日の異なる計21の試料をテストグレーダ（選別量500g、選別時間5分）にかけ、1.8mmのスクリーンの網上産物を使って次の(1)(2)(3)の測定をした。

(1)品質判定機による測定

品質判定機では1粒ずつ判定するため、いくつに分類されたものは粒数比で数値化される。一方、食糧事務所でなされる検査の結果は重量比で表わされる。従って重量比に統一するために、玄米を品質判定機にかけ、整粒、未熟粒、被害粒、着色粒、死米の5つに分類し、各粒の平均的な重量割合から、粒数を重量に換算した。品質判定機での測定は、1点につき1,000粒の玄米を使用した。

食糧事務所で分類された試料から品種、収穫日、分析項目毎に数粒ずつランダムに取り出し、1粒ずつ品質判定機にかけ、透過・反射比、赤緑比を測定した。

また、品質判定機の判定の再現性を確認するために、各分析項目毎に取り出した同一粒を品質判定機に20回かけ、透過・反射比、赤緑比を測定した。

(2)食糧事務所での検査

各試料を山形食糧事務所鶴岡支所に品質判定を依頼した。食糧事務所の分析項目は、大きく分けて整粒、未熟粒、被害粒、着色粒、死米の5つに、もみ等の異種穀粒、小石等の異物を加えた7項目で、未熟粒、被害粒、着色粒、異種穀粒には、さらに細かい項目がある¹⁾。なお、検査には試料1点につき10gが使用された。

(3)食味値測定

玄米の品質と関連があると思われる食味値を測定した。供試した食味計は佐竹製作所製TB-1Aである。測定には試料1点につき200gが使用された。

3. 実験結果と考察

1) 食糧事務所と品質判定機による玄米の品質判定結果の関係

玄米の等級は、容積比、整粒歩合、形質、水分、被害粒等に左右されるが、調製を適正に行なえば、整粒歩合が等級を決定する。そこで、試料を食糧

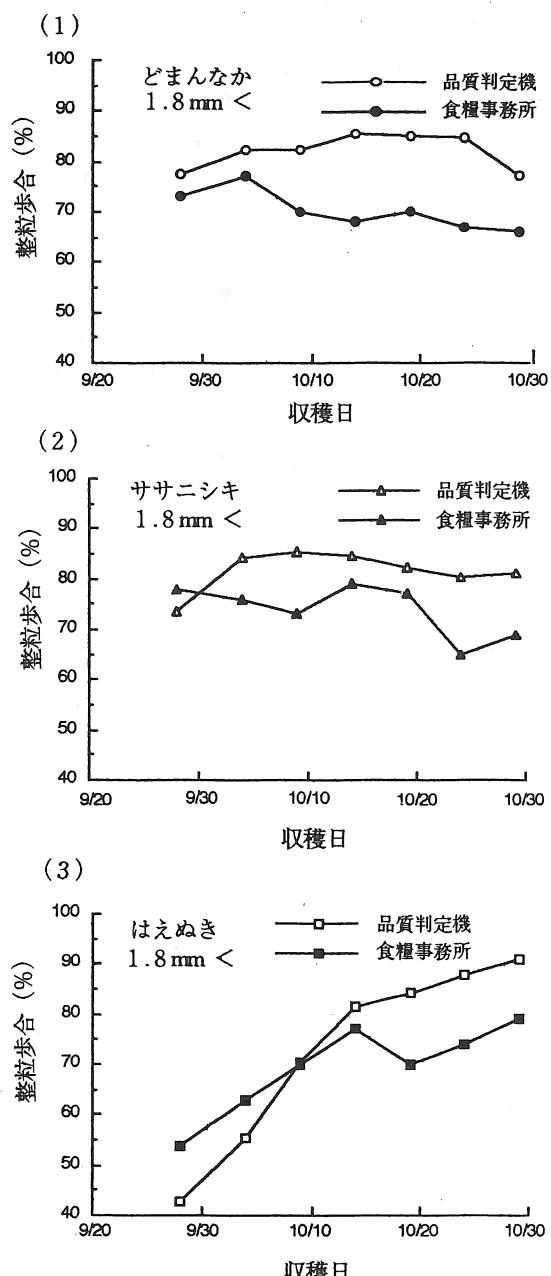


図3 整粒歩合の経日変化

事務所で検査し、さらに品質判定機にかけ、それで得られた整粒歩合の経日変化を図3に示した。どまんなか、ササニシキの整粒歩合は、品質判定機では80%付近、食糧事務所では70%付近をほぼ平行に推移しており、はえぬきは、品質判定機では40%から90%に、食糧事務所では50%から80%にそれぞれ増加している。今回設定した閾値では、整粒歩合70%から90%の時、品質判定機の整粒歩合が食糧事務所のそれより約10%高くなり、はえぬきの初期段階のように整粒歩合が低い時には、品質判定機の整粒歩合は食糧事務所のそれより低くなっている。原因は不明であるが、各種粒の粒数重量換算比率を一定に設定したことが関係しているのではないかと思われる。

各試料の品質判定機による整粒歩合と、食糧事務所による整粒歩合の関係を図4に示す。縦軸に品質判定機の整粒歩合、横軸に食糧事務所の整粒歩合を取り、各品種別にプロットした。実線は全測定値の回帰直線であり、破線は両軸の値が等しい場合である。殆どの試料は食糧事務所より品質判定機の方が高い値を示しており、全体的に見ると整粒歩合が低くなるにつれ、両者の差が広がっている。

食糧事務所と品質判定機による整粒歩合の差の原因を調べるために、食糧事務所で分類された各種粒を分析項目毎に一粒ずつ品質判定機にかけ、その透過・反射比、赤緑比を測定した。それを粒ブ

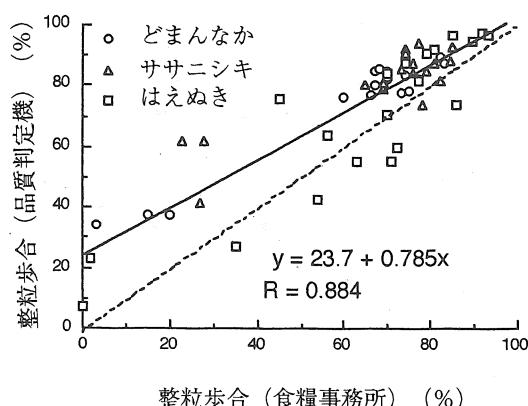


図4 食糧事務所と品質判定機による整粒歩合の関係

ロック図にプロットしたものを図5に示す。(1)(2)(3)はどまんなか、ササニシキ、はえぬきであり、それらを合わせたものを(4)総合とした。なお、どまんなかの着色粒、はえぬきの被害粒、着色粒は食糧事務所の分類では存在しなかった。どまんなか、ササニシキ、はえぬきでは、各品種間に大きな差は生じていないように思われる。次に、分析項目毎に見ると、未熟粒以外の粒はある程度各粒ブロックに含まれているが、未熟粒は広範囲に分布している。未熟粒は乳白粒、基部未熟粒、腹白粒、青未熟粒、その他未熟粒に細分されるが、それらが如何に分布するかを調べた。その結果を図6に示す。それによると乳白粒、基部未熟粒、腹白粒は比較的狭い範囲に分布したが、その他未熟粒は広範囲に分布しており、整粒ブロックと多数オーバーラップしている。未熟粒の中ではその他未熟粒の占める割合が大きい。以上のことが、品質判定機と食糧事務所による整粒歩合の差の大きな要因になっていることが分かった。

2) 品質判定機の判定の再現性

食糧事務所で分類された各種粒からそれぞれ1粒を取り出し、品質判定機に20回ずつかけ、透過・反射比、赤緑比を測定し、粒ブロック図にプロットした(図7)。整粒、未熟粒は、赤緑比がほぼ一定であるが、透過・反射比が0.30から0.40の幅をもって分散している。これは、測定時における粒の姿勢によって差が生じたものと思われる。姿勢によってハロゲン光が粒内部を通過する距離が変わり、その結果透過光量T、すなわち透過・反射比T/Reが変化する。また、粒送円盤上の粒穴での粒の位置ずれも考えられる。着色粒も整粒、未熟粒と同じ傾向が見られる。また、着色粒はブロックからはずれている。これは、この粒の着色が軽微であったためであろう。被害粒の赤緑比は0.97付近と1.02付近の二箇所に分かれている。これは、被害粒の表面の状態が表裏で異なるため生じたものと思われる。死米は、透過・反射比に比べ赤緑比が若干大きく分散している。上記の粒の姿勢や粒穴でのずれに伴う透過・反射比のずれについては、その改善がなされたことが生本氏²⁾によって報告されている。すなわち、品質判定機の処理能力を向上させるため、円盤の粒穴へ

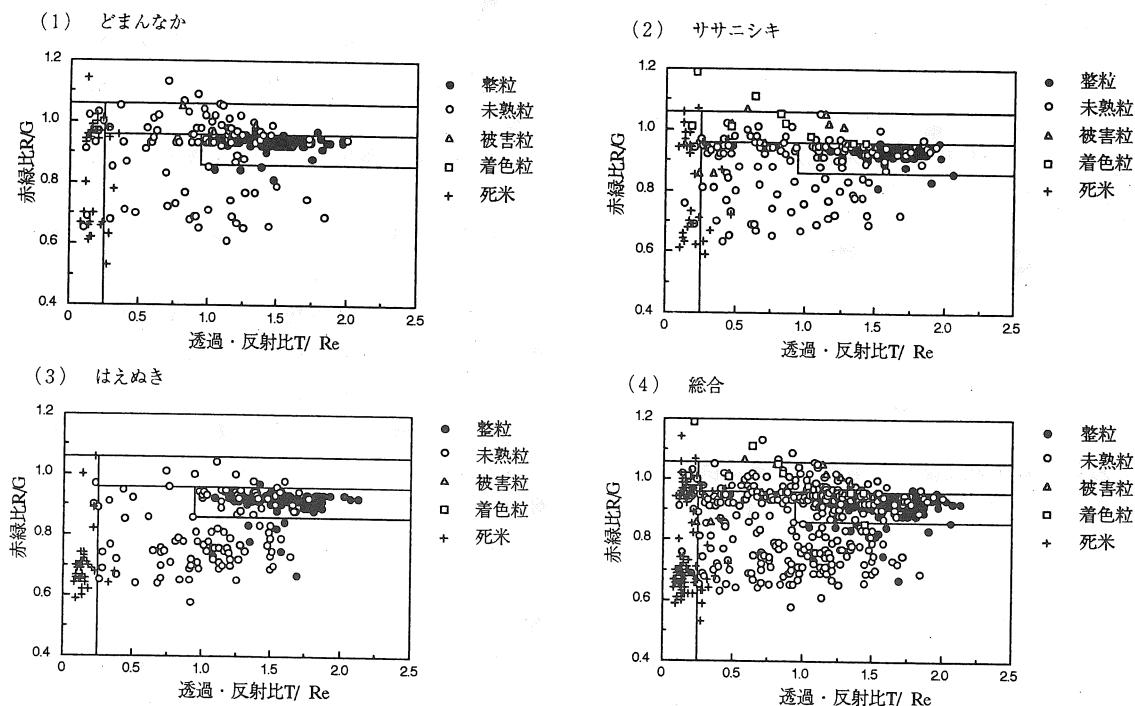


図5 食糧事務所で分類された粒の赤緑比、透過・反射比

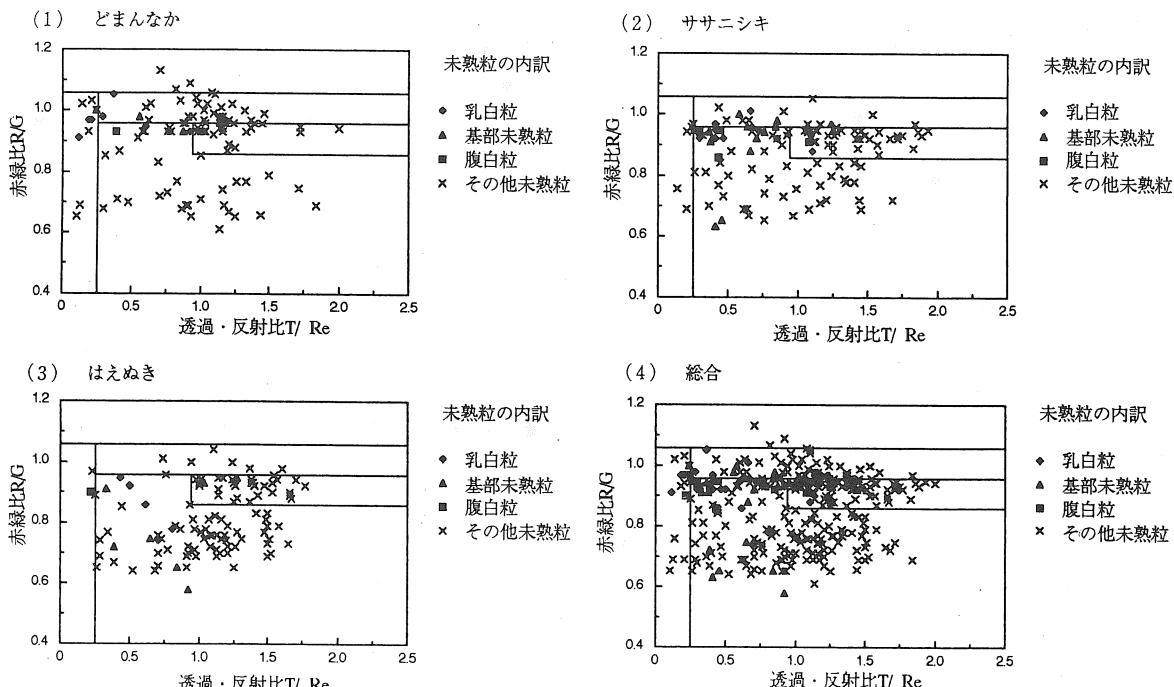


図6 食糧事務所で分類された未熟粒の赤緑比、透過・反射比

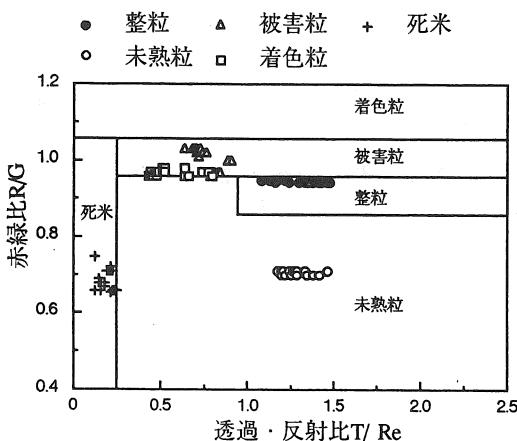


図7 単粒を反復して品質判定機に供給したときの赤緑比、透過・反射比

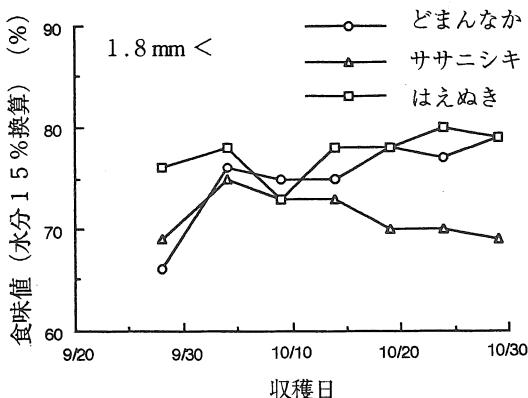


図8 食味値の経日変化

玄米が入り易くするため小型吸引装置を取り付けた結果、処理能力は勿論向上したが、それに伴って玄米がうまく粒穴におさまって透過・反射比のずれが少なくなり、選別精度も向上したということである。

3) 食味値の経日変化

3品種の食味値の経日変化を図8に示す。食味値は水分に左右されるため、水分を15%に換算したものを食味値とした。今回の実験では、3品種とも収穫適期まで食味値は上昇したが、その後、どまんなかの食味値はゆるやかに上昇し、はえぬきは変化せず、ササニシキはゆるやかに低下した。

4. 摘要

玄米の品質判定機の選別性能を食糧事務所による玄米検査の結果と比較検討した。主な結果は次の通りである。

- (1)品質判定機の整粒ブロックを透過・反射比0.95以上、赤緑比0.86から0.96にしたとき、品質判定機による整粒歩合は、食糧事務所による整粒歩合に比べて10%前後高くなった。
- (2)品質判定機と食糧事務所による整粒歩合の差の原因は、「その他未熟粒」の一部が整粒ブロックに重なっていたためである。
- (3)品質判定機に同一粒を反復して供給した時、透過・反射比に若干ずれが生じた。その原因是円盤の粒穴における粒の姿勢および位置がその都度若干変化するためである。

謝辞

本研究の遂行に当たり、玄米の品質検査に御協力頂いた農林水産省山形食糧事務所鶴岡支所の安部正検査課長、玄米の食味値測定に御協力頂いた庄内経済連山居倉庫米穀研究室の水野貞吉室長に深く感謝致します。

参考文献

- 1)食糧庁：農産物検査関係通達集、1985
- 2)生本俊明：穀粒選別機に係る研究及び機器の開発、農産物検査とくほん、108号、1993

【閲読者コメント】食糧事務所の品質判定値を基準に、供試品質判定機による指示値がどのくらい離れているかを主に調べていますが、まだ未熟粒について問題があるように受け取りました。使い方や今後の改良についてお知らせ下さい。

【著者回答】未熟粒には「その他未熟粒」があり、その中には皮が厚いものや溝が深いもの等、現在の品質判定機では検出しにくいものが含まれています。そのため、当面、食糧事務所と品質判定機の値の差を、品種別、時期別に調べておく必要があると思います。

ハンドリング技術のための数値シミュレーション

—堆積ダイコンの静力学的解析—

元林浩太*・長坂善禎**・矢治幸夫*・木村勝一*

A Numerical Simulation for the Handling Technology
— Static Analysis of Stacking Japanese Radish —

Kota MOTOBAYASHI*, Yoshisada NAGASAKA**, Yukio YAJI*, Shoichi KIMURA*

[Keywords] 根菜類, 物理特性, ハンドリング技術, コンテナ搬送

1. 緒 言

重量野菜をはじめとする各種農産物のハンドリング作業は、労働負荷の大きいことが問題となっている。作業の機械化・自動化により大量・高速処理が可能となり、作業能率の向上や省力化には貢献するものの、作物の品質や損傷といった観点からは制約を受けることになる。バラ積みコンテナで収納物に機械的損傷を与えない安全な堆積高さに関しては、例えば粒体物質の堆積圧に関する研究¹⁾等が報告されている。本報では、主としてダイコンのコンテナ搬送を想定し、大型コンテナ内でのダイコン堆積時の荷重分布特性に関する数値シミュレーションを行った。具体的には、ダイコンを円筒形モデルで近似して荷重分布等の静力学的解析を行うとともに、ダイコンの物理特性を調査し、大量搬送時の堆積方法とその時にダイコンが受ける静荷重および損傷程度の関連について検討を行った。

2. 試験装置及び方法

(1) ダイコンの接触状態

堆積ダイコンの接触状態を確認するために、圧力測定フィルム（F社、測定範囲 5～25kgf/cm²）を供試して簡易な載荷試験を行った。試験ではダイコンを2層積みとして堅い平板の上に静置し、その上に質量約20kgの錘りを3個載せて載荷した。圧力測定フィルムは、平板と1層目のダイコン、および1～2層目のダイコンの間に配置した（図1）。供試ダイコンは「ときなし」で質量1.2kg、

根長400mm、根径70mm（いずれも3本の平均値）である。

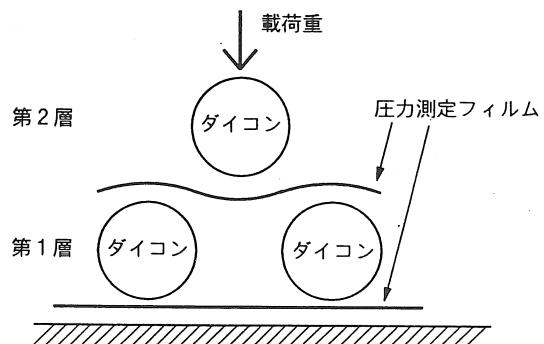


図1 圧力測定フィルムによる接触状態の測定

(2) 荷重分布特性

数値シミュレーションを簡便に行うために、ここではすべてのダイコンを密度が一定で長さ・直径・質量の等しい円筒形と仮定した。Green²⁾によれば、コンテナ内での荷重分布はコンテナ側壁付近ではブリッジ現象により減じられることが報告されている。ここでは大型コンテナを想定するため、ブリッジ現象による影響は排除して検討することとし、堆積時の断面における解析を行った。すなわち、ダイコンの直径を2r、重量をWとし（図2）、平行に配置したダイコンの間隔dおよび堆積層数nを変数として、堆積高さと最下層ダイコンの受ける静荷重を導出した。さらに、大型

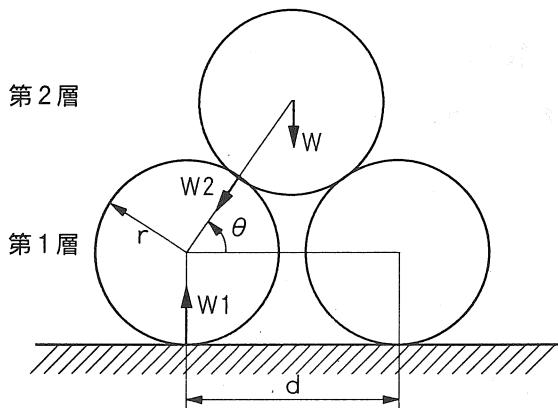


図2 堆積ダイコンの荷重分布シミュレーション

コンテナ内での収納効率を求めるために、 $r = 40$ mm, $W = 15\text{N}$ を代入して考察を行った。

(3) ダイコンの静的圧縮試験

ダイコンを何層にも堆積させた場合には、最下層のダイコンは最も大きな静的圧縮荷重を受け、変形による損傷が問題となる。そこで、ダイコンを供試した一軸圧縮試験を行い、ダイコンの荷重-変形特性を測定し、併せて堆積ダイコンの自重による圧密沈下量を検討した。試験装置及び試験方法の詳細は別報³⁾の通りであり、プランジャには鋼製角棒の側面（幅12mm、長さ100mm）を使用した。また、圧密による沈下量を考察するにあたっては、供試ダイコンの根長400mm、堆積時の接触長さは300mmとして試算を行った。すなわち、試験機による載荷重F(N)に対して、接触部での単位長さあたりに作用する垂直荷重を、荷重密度P(N/m)として、

$$P = F / 0.012 \quad (1)$$

と定義し、さらに、接触長さ300mmに対して垂直荷重12Nが作用している状態を想定して、実際の荷重密度 $P_0(\text{N}/\text{m})$ を

$$P_0 = 12 / 0.3 = 40$$

とした。

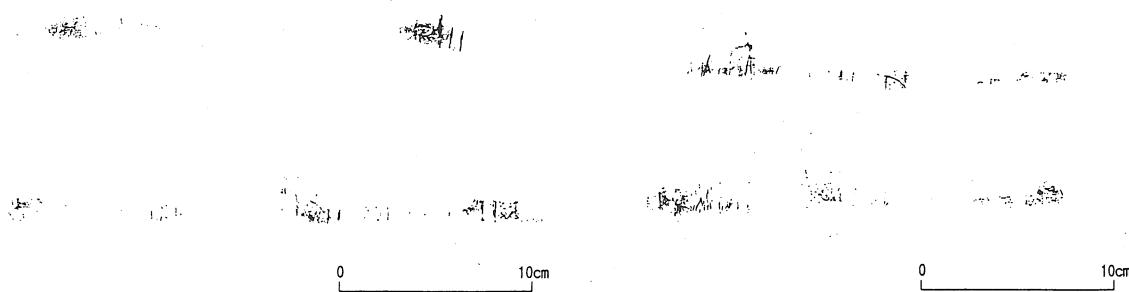
3. 結果及び考察

(1) ダイコンの接触状態

600Nを載荷した場合の測定例を図3に示す。図3(a)はダイコンと平板の接触状態で、図3(b)はダイコン同士の接触状態である。この図から、接触面積は圧密により拡大するものの、初期的にはダイコンと平板は“点”で、ダイコンとダイコンは“線”で接しているとみなすことができる。すなわち、平板との接触ではダイコン表面の微少な凸部のみが接触しているのに対して、ダイコン同士の接触では相互に変形しあって接触面積を拡大していると考えられる。したがってコンテナの底面との接触による損傷を低減するには、弾性率の大きな材料を採用してダイコンとコンテナ内面との接触面積を拡大する方法が考えられる。また、ダイコン同士の接触状態は円筒形モデルによる数値シミュレーションで近似できると考えられた。

(2) n層堆積した状態

図2のように、第2層のダイコンを第1層のダイコンの中間位置に順次堆積していくと、配置間隔dの変域は $2r \leq d \leq 4r$ となるが、 $2\sqrt{3}r \leq d$ では第3層が第1層に接触して層序に乱れが生じるため、ここでは $2r \leq d \leq 2\sqrt{3}r$ とした。圧密



(a) 平板とダイコンの接触状態

(b) ダイコンとダイコンの接触状態

図3 圧力測定フィルムによる測定例

による沈下を考慮しなければ、 n 層堆積時の全堆積高さ H は、

$$H = 2r + (n-1)\sqrt{4r^2 - \frac{d^2}{4}} \quad (2)$$

となり、堆積層数を n 層として、ダイコンの半径 $r = 35, 40, 45\text{mm}$ の各場合についてこの式を解くと、図4のようになる。この図で、各曲線の d 値の上限および下限は、上述の $2r$ および $2\sqrt{3}r$ の値である。

また、荷重負担の最も大きい最下層のダイコンが受ける荷重は、床面からの反力を W_1 、上層のダイコンからの斜め方向の圧縮力を W_2 とすると、次の式で示される（図5）。

$$W_1 = nW$$

$$W_2 = \frac{r(n-1)W}{\sqrt{4r^2 - \frac{d^2}{4}}} \quad (3)$$

ここで、最下層ダイコンの受ける力のつりあいは、接触角 θ を用いて次式の通りとなる。

$$W_1 = 2W_2 \sin \theta \quad (4)$$

ただし、

$$\sin \theta = \frac{1}{2r} \sqrt{4r^2 - \frac{d^2}{4}}$$

$$\cos \theta = \frac{d}{4r}$$

最下層ダイコンの受ける垂直荷重の大きさは堆積方法によらず、堆積層数によって決定される。このため、最も大きな静的圧縮荷重を受ける最下層ダイコンの損傷を軽減するためには、単に堆積層数を少なくすれば良いことがわかる。

(3) 単位体積あたりの収納本数

ダイコンの自重による圧密を考慮しなければ、図2のごとく堆積した場合、第1層と第2層の左右方向のズレを考慮すれば、単位幅(D)あたりの配置本数 M は(5)式で、また単位高さ(H)あたりの堆積層数 N は(6)式で示される。

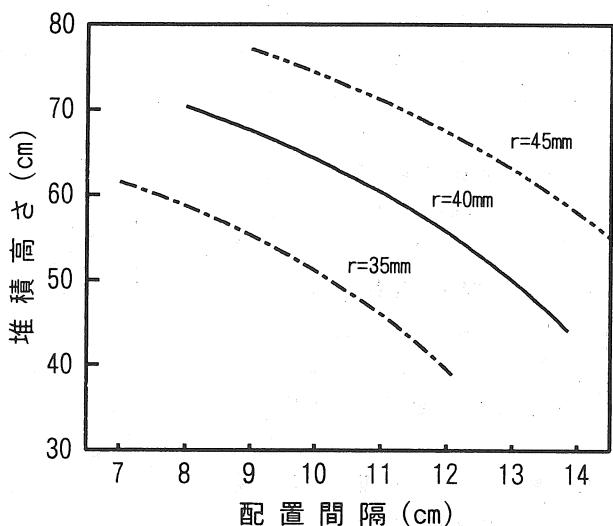


図4 配置間隔と堆積高さの関係 ($n=10$ の場合)

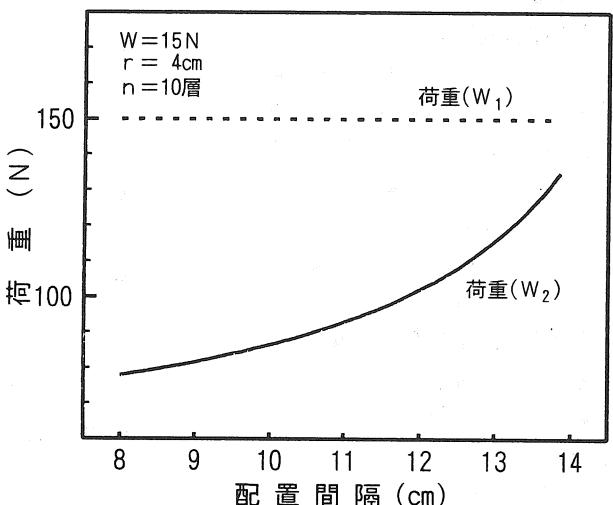


図5 最下層ダイコンへの荷重分布

$$M = \frac{D - 2r}{d} + \frac{1}{2} \quad (5)$$

$$N = \frac{H - 2r}{\sqrt{4r^2 - \frac{d^2}{4}}} + 1 \quad (6)$$

また、単位断面積あたりに収納できるダイコンの本数を収納効率 E （本/m²）とすると、

$$E = M \times N \quad (7)$$

となる。ただし、 M 、 N および E の値は大型コン

テナ内での収納効率を求めるための指標であるため、特に整数である必要はない。配置間隔 d とした時の収納効率を図6に示す。

以上から、配置間隔 $d = 2r$ または $2\sqrt{3}r$ のとき最も収納効率が高いといえる。 $d = 2r$ の状態は、第1層のダイコンを隙間なく配置した状態の、いわゆる最密充填の状態であり、 $d = 2\sqrt{3}r$ は $d = 2r$ の細密充填の状態を横に90°回転して配置した状態と等しい。いっぽう、(3)式から明らかなように最下層ダイコンの損傷程度を軽減するためには堆積層数を少なく抑える必要があり、このためには $d = 2r$ とする方法が最も収納効率が高く損傷も少ない配置方法となる。

(4) 静的圧縮試験による荷重-変位特性

ダイコンを供試した静的圧縮試験で、除荷過程を除いた圧縮過程のみに関する荷重-変位特性の一部を図7に示す。これは約70点の供試試験片のうち、試験片高さ $h = 35.0 \pm 0.1\text{mm}$ のものについて示したが、他の高さの試験片についても同様の結果となった。(1)式により載荷重を荷重密度に換算すると、変位量 x (mm) と荷重密度 P の関係は、べき乗回帰により回帰式は

$$x = 1.037 \times 10^{-3} \times P^{0.7692} \quad (8)$$

となり、相関係数 $r^2 = 0.9734$ を得た。

ここで、 n 層堆積したダイコンの総沈下量 ΔH は、第 i 層の相対沈下量 Δh_i を用いて

$$\Delta H = \sum_{i=1}^n \Delta h_i \quad (9)$$

と表される。第 i 層のダイコンが下層のダイコンに及ぼす荷重密度の垂直成分は、

$$P_i = (n - i + 1) P_0 \quad (10)$$

であるから、各層の相対沈下量 Δh_i のうち、最下層の Δh_1 は、

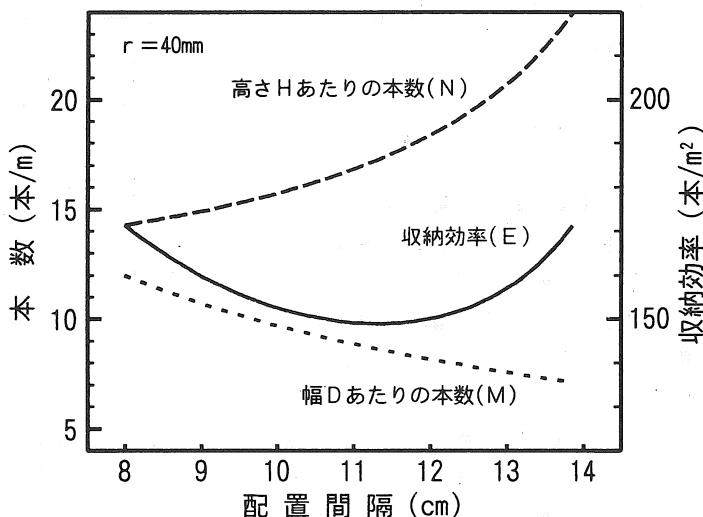


図6 堆積時の収納効率($D=1\text{m}$, $H=1\text{m}$ の場合)

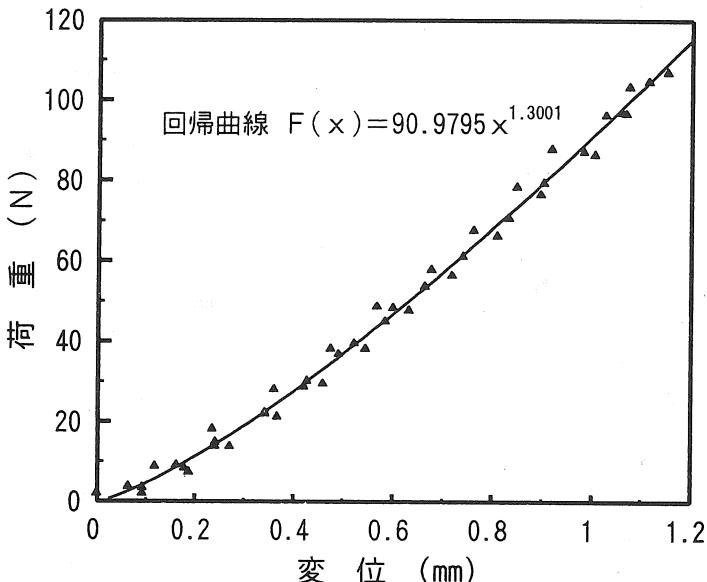


図7 ダイコンの荷重-変位特性

$$\Delta h_1 = 1.037 \times 10^{-3} \times (n P_0)^{0.7692} \quad (11)$$

となる。いっぽう第2層以上では、第 i 層ダイコンの圧密前後の接触角をそれぞれ θ_i および θ'_i として(図8)、

$$\theta_i = \theta'_i \quad (12)$$

と近似すれば、

$$\begin{aligned} \Delta h_i &= \Delta x_i \sin \theta_i \\ &= 2.074 \times 10^{-3} \times \sin \theta_i \left(\frac{n-i+1}{2 \sin \theta_i} P \right)^{0.7692} \end{aligned} \quad (13)$$

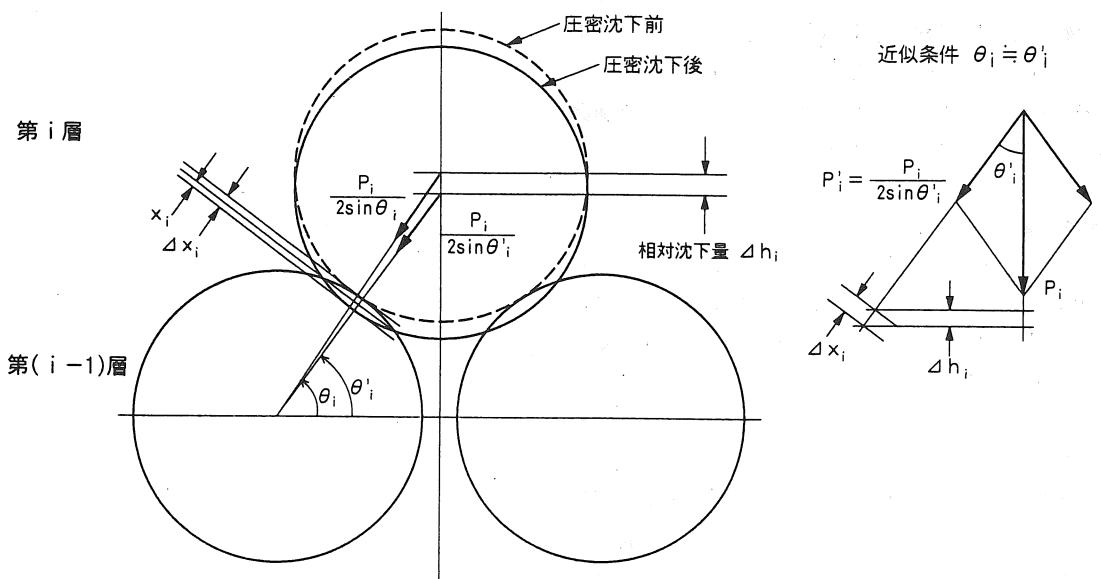


図8 堆積層の圧密沈下シミュレーション

ここで、最も収納効率の高い $d = 2r$ の状態について、(9), (11), (13)式を解くと、図9の結果が得られる。この図で、 Δh_1 は最下層ダイコンの相対沈下量であるが、この値はすなわち最下層のダイコン表面がコンテナ底面に押しつけらる際の変形量と等価であり、また Δh_n ($n = 7, 10, 13, 16$) は n 層堆積時の各層の累積沈下量を示したものである。

のである。また ΔH は全体の最上層の沈下量で、総堆積層数が増加するにつれて指数関数的に増加しているが、16層堆積時でも1.5mm程度である。(6)式によれば、ダイコンの半径を35mmとしたとき、1mの高さに約16層のダイコンを収納出来ることから、1m堆積したダイコンの圧密沈下量は1.5mm程度となることを示している。

以上の結果から、根菜類堆積時の圧密による沈下量とその時の損傷程度が予測可能になり、ダイコンの場合では、高さ1m程度の堆積では変形による損傷の可能性が少ないことが認められた。

4. 結論

ここでは、大型コンテナ内の収納物への荷重負担について理論的に整理し、さらに農作物に作用する荷重とその時の変形量を調べることにより、大型コンテナ内での堆積方法と静荷重による損傷程度について予測可能になり、さらに大量運搬のための大型コンテナの寸法決定のための指標を得ることが出来た。

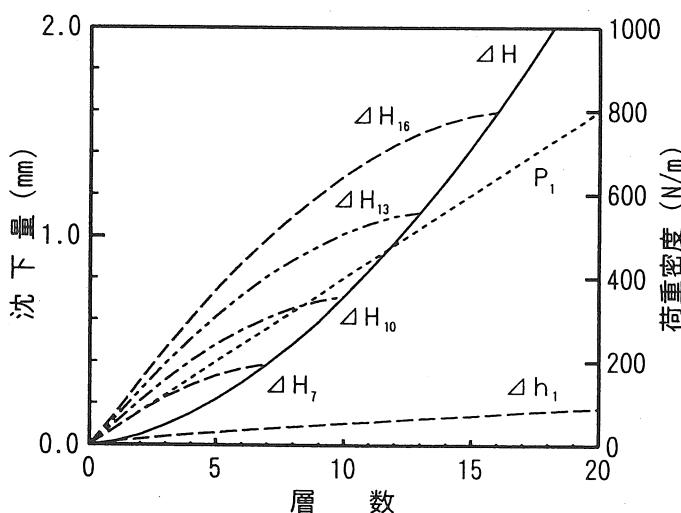


図9 ダイコン堆積層の圧密沈下量

また本報では、収穫物を理想化された円筒形と仮定して数値シミュレーションを行ったが、実際の農作物の形状や物理特性は不定形・不均一であり、このことを考慮した数値シミュレーションや、形状変異・個体間ばらつき等に対応した計測制御技術の高度化は今後の課題である。

参考文献

- 1) Mohsenin,N.N. : Physical properties of plant and animal materials. Vol.1,pp.432, Gordon and Breach Science Publishers(New York),1970
- 2) Green,H.C. : The susceptibility of fruit and potatoes to damage during handling, Inst.of Agr.Engineers,20(1)pp.34-42,1965
- 3) 長坂善禎,他: ハンドリングのための根菜類の力学的特性の研究(第1報) —ダイコンの圧縮試験—, 農機学会東北支部報 No.41, 45-48, 1994

【閲読者のコメント】ダイコンに限らず、コンテナ輸送時に発生する問題は、振動による損傷だと考えられます。今回の静力学的解析をもとにダイナミクスにも焦点をあてられることを期待します。

【著者回答】今後は、ダイコンを含めた各種農産物に関して、大型コンテナ内で静的荷重を長時間受けた場合のクリープ挙動や、振動・衝撃加速度等による損傷について検討していきたいと考えています。

ハンドリングのための根菜類の力学的特性の研究（第1報）

—ダイコンの圧縮試験—

長坂善楨**・元林浩太*・矢治幸夫*・木村勝一*

Physical Properties of Root Crops for Handling Technology (Part 1)
— Uniaxial Loading Test of Japanese Radish —

Yoshisada NAGASAKA**, Kota MOTOBAYASHI*, Yukio YAJI*, Shoichi KIMURA*

[Keywords] 根菜類, 力学的特性, 損傷, ハンドリング技術

1. はじめに

農作物のもつ固有の特徴、すなわち損傷を受け易く、大きさ・形等の均一性を欠くといった性質は、ハンドリング作業の自動化・省力化を進めていく上での問題となっている。本研究では、収穫した根菜類に損傷を与えることなく効率的に把持・搬送・収納するハンドリング技術の基礎として、形状の変異や力学的特性を解明することを目的とする。ここではダイコンの一軸圧縮試験を行い、ハンドリング技術の観点からその力学的な特性について検討した。

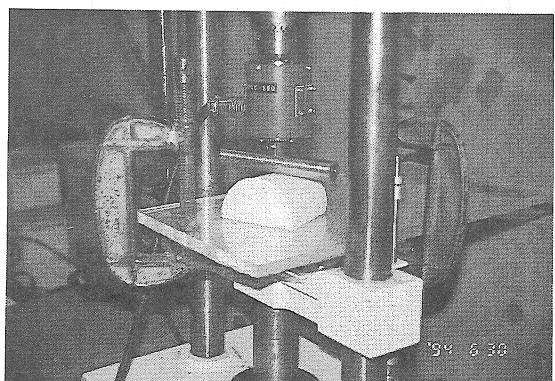
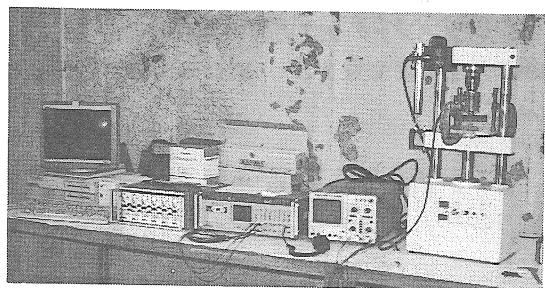
2. 試験装置及び方法

試験装置を図1に示す。試験は一軸圧縮試験器(アイコーエンジニアリング)を用い、幅100mm、直徑20mmの円柱状のプランジャーと、幅100mm、奥行き12mmの角柱状のプランジャーの2種類で圧縮した。圧縮力と変位量の変化を、ロードセル(新興通信LT-30KA)と変位変換器(共和電業DLT50A)か

らストレインアンプを介してデータレコーダに記録した後、AD変換ソフト(カノープスDSS98-4)を用いてパソコンによるデータ解析を行った。

試験片は、図2に示すようにダイコンの根長を計測して6等分し、半月形の試験片を作った。その際、側根から離れた位置を圧縮する試験片と、側根の近傍を圧縮する試験片の2種類を作った。

これを用いてダイコンの根長方向、円周方向の



	根径(mm)	根長(cm)	根重(g)
計測値	56~91	31~44	560~1540
平均	67.6	36.0	930
標準偏差	7.03	4.13	249

表1 ほ場のダイコンの根径、根長、根重

図1 試験装置

圧縮位置による力学的特性の違いを調べた。また与える変位量の違いによる圧縮力、残留変形の大きさを計測した。供試材料は東北農業試験場のほ場で栽培した「ときなし」を供試し、ほ場から掘取直後に測定を行った。

圧縮速度はすべて0.108mm/sで行った。また、最大圧縮力はおよそ20Nから100Nの間で変化させた。試験終了後、各部位の試験片を105°C-24時間法で水分計測した結果、水分は95~96%とほぼ一定であった。

また試験に先立ちほ場のダイコン60本について根径、根長、根重を調査した。この結果を表1に示す。試験には根長が400mm程度、根径が75mm程度、根重が1200g程度のもの約25本を選定して供試した。

3. プランジャの接触部分

ダイコンの断面の形状が円であるとすると、図3に示すように与えられた変位量と根径からプランジャとダイコンの接触面積が求められる。

変位量が根径に比べて充分小さい場合、プランジャで圧縮する部分だけが変形していると考えると、プランジャの長さ方向の接触部の長さLは半径に対する変位量を Δx 、断面の円の半径をrとして、

$$L = 2 \sqrt{r^2 - (r - \Delta x)^2}$$

より

$$L = 2 \sqrt{-\Delta x^2 + 2 r \Delta x} \quad (1)$$

となるので、プランジャの幅をd₁とすると、接触面積Sは

$$S = 2 d_1 \sqrt{-\Delta x^2 + 2 r \Delta x} \quad (2)$$

となる。また、半径に対する変形率y = $\Delta x/r$ で表すと(2)式は

$$S = 2 d_1 r \sqrt{-y^2 + 2 y} \quad (3)$$

で表される。

4. 結果および考察

図4に円周方向、根長方向の位置の異なる部分

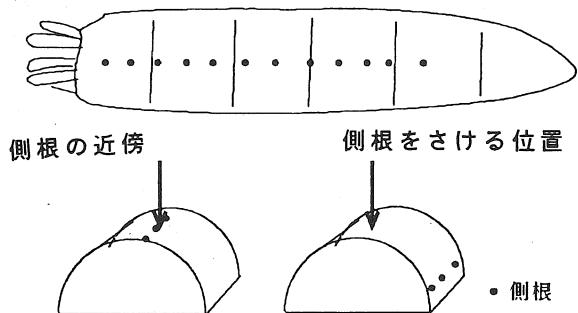


図2 供試試験片

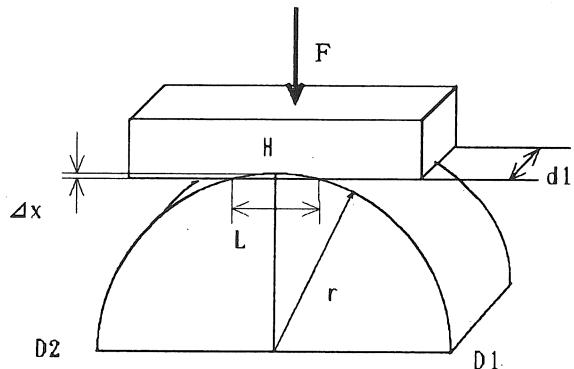


図3 接触面積

に圧縮力を加えた際の、圧縮力が50Nと100Nの場合の変位量を示す。圧縮には直径20mmのプランジャを用いた。変位量は50Nの場合が0.8mmから1.3mm、100Nの場合が1.4mmから2.2mmの範囲にある。また同一のダイコンでも位置によってばらつきがあった。図5に圧縮力が50N、100Nの場合の、変位量を試料高さによって除した変形率で示す。50Nの場合は2.5~4%に、100Nの場合は4.5~6.5%であった。ダイコンの圧縮位置の違いによる力学特性の有為な差は認められなかった。

図6に12mm角のプランジャによる圧縮試験の結果の一例を示す。図6aは最大圧縮力到達直後にプランジャを上昇して除荷した場合で、図6bは最大圧縮力発生位置で30秒間プランジャを保持した場合であり、応力緩和が認められる。応力緩和の時間変化を図7に示す。各試験でプランジャを停止してからおよそ5秒間で圧縮力は大きく緩和し、その後の低下は緩やかになった。この緩和によって残留変形が大きくなると考えられる。図6

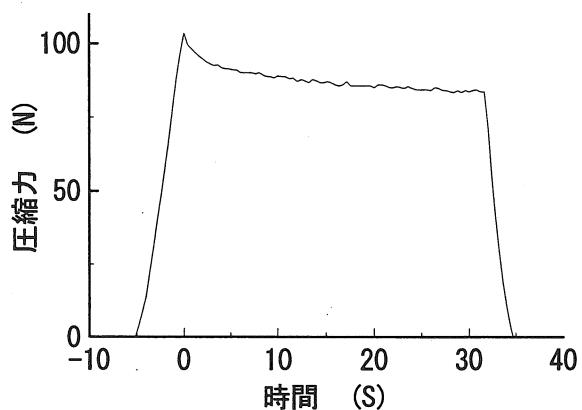
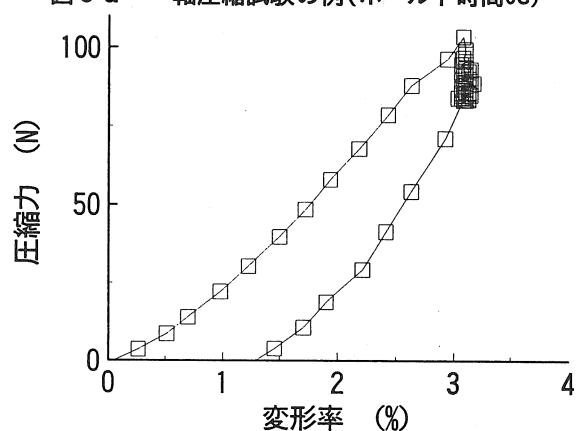
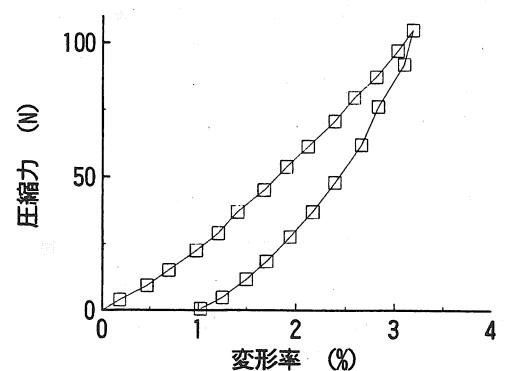
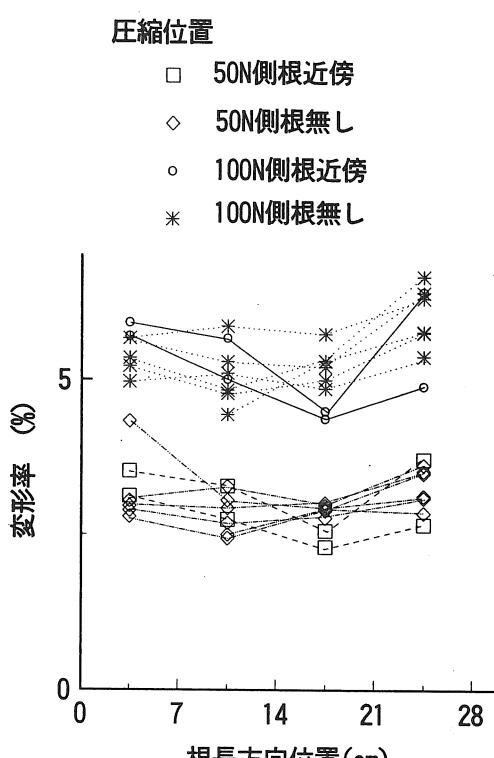
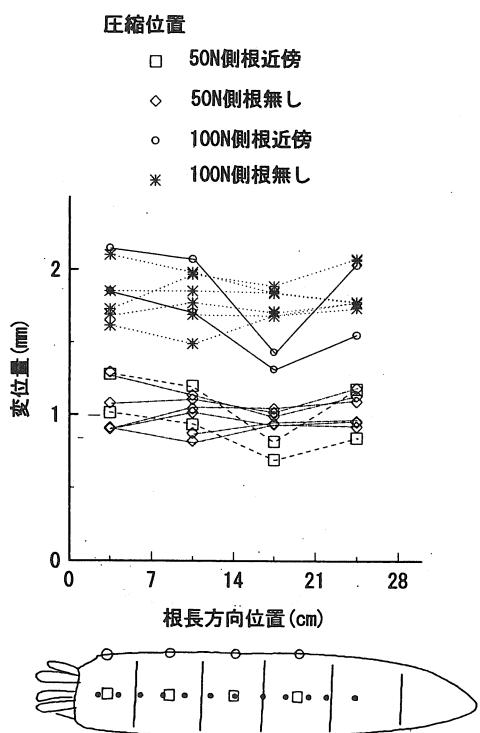


図7 圧縮力の緩和

a, b を比較した場合は b は a より残留変形が大きくなっている。

各試験の最大変形率と残留変形の大きさの関係を図8に示す。これらを直線回帰して比較すると、ホールド時間が30秒の場合は、ホールド時間0秒の場合の1.15倍の残留変形が発生する。図7のよ

うに最初の5秒間で圧縮力が大きく緩和し、その後の低下が緩やかになので、プランジャーの位置をホールドしている時間が5秒間より長ければ、その残留変形には大きな差は生じないと考えられる。

残留変形がダイコン表面の損傷によって生じるものと考えると、図8からダイコンができるだけ変形させないことが重要である。肉眼での観察では、今回使用した12mm角のプランジャーでホールド時間30秒の場合、変形率がおよそ2%をこえるとプランジャーによる損傷が目立ってくるようであった。図9に図6と同様の各試験の変形率最大の位置での圧縮力を示す。変形率が2%の場合は圧縮力が50N程度になり、図8より残留変形が0.8%程度になった。

(3)式により変形率が2%の場合、ダイコンの半径が35mmであれば接触面積は167.3mm²となり、圧縮力が50Nであれば接触面の平均圧力は0.30MPaとなる。根径が大きいダイコンのほうが同一の力を加えた際に接触部の面積が大きくなるため、平均の圧力が下がり損傷が発生しにくくなると考えられる。Boussinesqの理論¹⁾によれば、圧縮に使用した角棒は接触している両角の応力が最大になるため、その部分の損傷が圧縮後にダイコンに残る考え方される。以上のことから、ダイコンを把持、搬送する際に、ダイコンと接触する部分はなめらかな形状のものを使用し、接触部の平均の圧力が0.30MPaをこえないようにすることが必要であると考えられる。またほ場でのダイコンは表1に示したようなばらつきがあるので、これらに対応した把持、搬送技術が必要である。

5. おわりに

ダイコンの一軸圧縮試験を行い、ハンドリング技術の観点からその力学的な特性について検討した。根長方向、円周方向の圧縮部位による力学的特性の大きな違いは認められなかった。また外観を重視した場合、圧縮面に加わる圧力が0.30MPa程度であれば今回試験に供試したダイコンについては、残留変形による損傷は目立たないということが明らかになった。今後はクリープ試験などを実施し、さらにダイコンの持つ力学特性について研究を進めていくことが必要である。

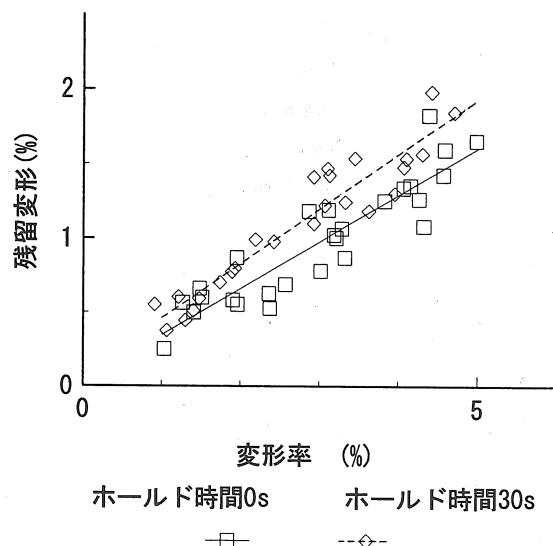


図8 変形率-残留変形

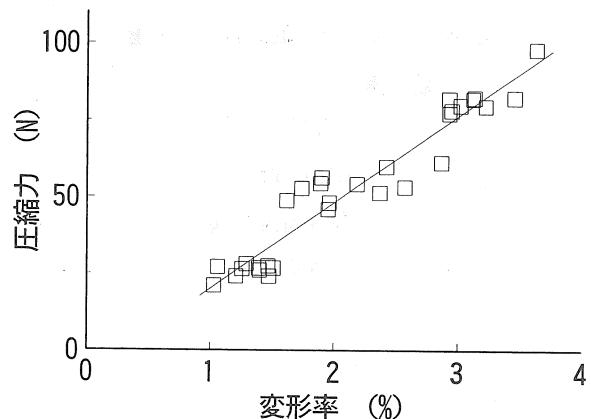


図9 変形率-圧縮力

参考文献

- 1) Timoshenko, S.P., Goodier, J.N. : 弾性論 (金多 潔 監訳), コロナ社, pp.99~102, 1972

[閲読者コメント]ハンドリング作業の機械化にあたって対象物の力学的な特性を知ることは重要であり、本報もその基礎資料になると思われる。利用に際しては評価基準も大事になるので、今後そうした点も含めた研究の発展を期待する。

上向流バイオマス熱分解炉の性能評価について

E.A.カルカソナ*・太田義信*

要 旨

本報では、上向流バイオマス熱分解炉の性能を評価するために、質量保存則とエネルギー保存則を用いた。はじめに供試熱分解炉にバークペレット（樹皮粉末固形物）を0.22kg/min供給した場合に生成ガス熱量が最大となる送風量は0.17Nm³/minであり、空気／バークペレットの供給質量比は1.15と見出された。その時の生成ガス発熱量は2.0MJ/minであり、供給バークペレット発熱量の48%に相当すると評価したが、熱量計の測定により確かめられた。この熱分解炉反応に水蒸気を加えると、水性ガス反応が加わって生成ガスの発熱量は上昇する。送風量0.17Nm³/min時にガス熱量が最大となる水蒸気量は9.5g/minと見出されたが、これは供給バークペレット質量(0.24kg/min)の4%に当たり、空気／バークペレットの供給質量比は1.08である。ガス発熱量は3.2MJ/minまで上昇して、供給バークペレット発熱量の72%に相当し、水蒸気の添加により供試熱分解炉の性能は6割程向上すると評価した。

Performance Evaluation of an Upflow Biomass Pyrolysis Reactor by Mass and Heat Balance

Edwin A. CARCASONA* and Yoshinobu OTA*

[keywords] biomass, pyrolysis reactor, mass balance, heat balance

I Introduction

From the late 1980s to the present, Iwate University has been conducting studies on biomass pyrolysis using an upflow type reactor with bark pellet as feedstock. The equipment used in this study was already reported in the 1990⁴. Since standards for conducting biomass pyrolysis and combustion performance testing and evaluation analyses are not yet established, this paper presents the applicability of the Law of Conservation of Mass and Energy in 1) approximating the gas calorie, and 2) evaluating the performance of an upflow biomass pyrolysis reactor.

II Experiment Methodology

The experiment process flow chart is shown in Fig.1. The feedstock(bark pellet)was supplied to the reactor through the hopper. Table 1 shows the proximate analysis of bark pellet and

*Faculty of Agriculture, Iwate University

its heating value. Air was supplied to the reactor by a blower attached to an air flow meter. Water was supplied by a controlled flow water pump. The heat from the reactor's outside wall transformed the water into steam. Inside the reactor, the produced gas moved in the upward direction towards the reactor gas exit point where the thermometer sensor was located. This sensor was connected to a temperature control device and twin timer which turns the auger on and off if the exit gas temperature exceeded 95°C. The decrease in the output gas temperature was due to the contact between the downward flowing bark pellet and the upward flowing produced gas. In this manner, the feed rate was dependent on the leaving produced gas temperature. The produced gas then went to the 2 unit condenser where tar was separated from the gas. If the produced gas will be used as fuel for the engine, it will pass through the filter for final cleaning before it is supplied into the engine. Otherwise, it will be burned in the gas combustor where the produced gas heating value can also be approximated. The reactor's outside wall temperature was measured by thermocouple attached to a digital recorder(Chino, Procos VII). The temperatures inside the reactor at various levels were measured by thermocouple attached to a digital hand held recorder(Chino, CD700). The measured temperatures were used to determine the approximate amount of heat loss.

Tests were conducted at various air supply conditions (no water supply) in order to determine the optimum air supply for this reactor. The amount of air supplied was determined by opening the valve until the float in the flow meter reached the desired air supply level. At optimum air supply condition, tests were conducted using different water supply conditions.

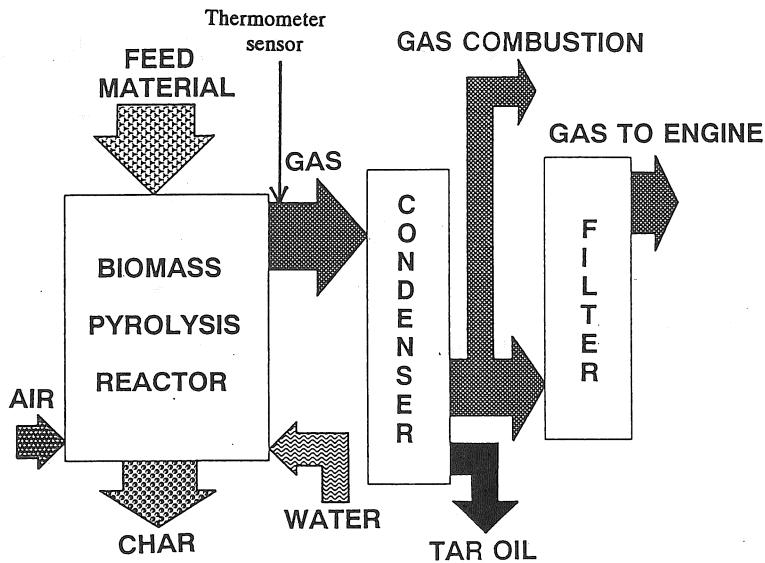


Fig. 1 Experiment process flow chart

Table 1. Proximate analysis of bark pellet

Moisture (%)	10.44
Volatile matter (%)	63.78
Fixed carbon (%)	18.15
Ash (%)	7.63
Heating value (MJ/kg)	18.78

III Results and Discussion

3.1 Evaluation at different air supply

3.1.1 Result of mass balance

In this study the combination of the pyrolysis reactor and condenser was selected as the control volume and was assumed to be a steady-flow system. Input were bark pellet, air and water, while the output were gas, tar and char. The mass balance equation is

$$m_{bp} + m_a + m_w = m_{gas} + m_{tar} + m_{char}$$

where m_{bp} , m_a , m_w , m_{gas} , m_{tar} and m_{char} are the mass flow rate of bark pellet, air, water, gas, tar and char, respectively, in g/min. The composition of m_{tar} were tar oil and tar residue. At these tests, m_w was zero since water was not supplied into the reactor. Using the mass balance equation, it was found that the optimum air supply condition was 175 l/min because the end product contained 73% gas and others (14% tar and 13% char). Figs. 2 shows the result of mass balance at different air supply conditions. The bark pellet feed rate (Fig. 2a) at 200 l/min air supply was higher than at 175 l/min air supply, but the amount of produced gas generated was lower than the amount of produced gas at 175 l/min air supply as seen in Fig. 2b. This was due to too much air supply resulting in incomplete combustion.

3.1.2 Result of heat balance

The gas calorie can be approximated through the use of the heat balance equation. The input heat (Q_{in}) in MJ/min is the amount of heat available from the bark pellet. It is equal to the heating value of the bark pellet (MJ/kg) multiplied by the amount of feed rate(kg/min). The heat balance in a steady flow system is Q_{out} equal to Q_{ad} . The output heat Q_{out} is

$$Q_{out} = Q_{proc} + Q_{loss} + Q_{gas} + Q_{tar} + Q_{char}$$

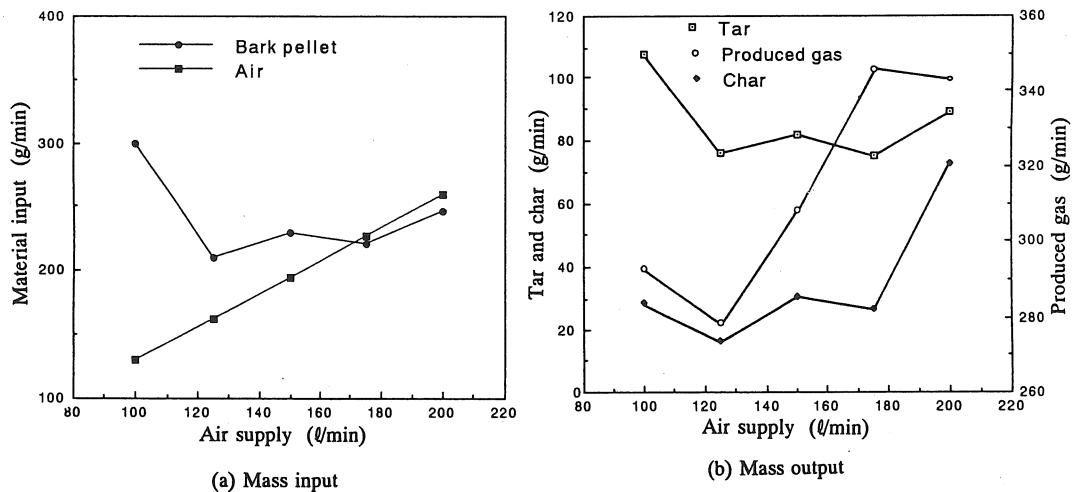


Fig. 2 Mass balance at different air supply (no water supply)

where, Q_{proc} =reaction heat, MJ/min, Q_{loss} =heat loss, MJ/min, $Q_{gas}=m_{gas} \times H.V._{gas}$

$$Q_{tar}=m_{tar} \times H.V._{tar}$$

$$Q_{char}=m_{char} \times H.V._{char}$$

Q_{gas} , Q_{tar} , and Q_{char} refers to the available heat of gas, tar, and char respectively, while H.V. represents their heating value. H.V. $_{tar}$ varies according to the amount of tar oil and tar residue. The heating value of tar oil and tar residue are 42.9 and 26.7 MJ/kg respectively⁴⁾, while the heating value of char is 22.2 MJ/kg. Heat loss is defined as the energy that escaped from the reactor to the environment. Reaction heat is the endothermic heat necessary in the reduction, pyrolysis and drying processes. Knowing the values for Q_{in} , Q_{proc} , Q_{loss} , Q_{tar} and Q_{char} , the gas calorie (Q_{gas}) could then be approximated⁵⁾. The result of using the heat balance equation is shown in Fig.3. From this figure, optimum air supply condition was at 175l/min (221 g/min bark pellet supply) because the gas calorie was about 2.0 MJ/min. This value was in close proximity with the produced gas heating values obtained from gas chromatograph and gas combustor. Also, from this figure, it was observed that the heat losses at 100 and 125l/min air supply were relatively high due to the incomplete combustion that resulted in the generation of carbon monoxide (CO) instead of carbon dioxide (CO₂). The concept used in this study was that complete combustion (C+O₂→ CO₂) must occur in the combustion layer so that carbon dioxide can be generated, which will be subsequently reduced to carbon monoxide (C+CO₂→2CO) in the reduction layer. From Fig.4, the maximum heating value of the produced gas (about 2.0 MJ/min) was at 175 l/min (0.17 Nm³/min) air supply. This heating value was about 48% of the input thermal energy. Equivalence ratio, Φ is often used to express the quantity of air relative to fuel in a gasification process. It is defined as the ratio of the actual air-fuel ratio to the theoretical air-fuel ratio. Bark pellet contained 46.8% carbon, 5.8% hydrogen and 39.1% oxygen. Using these values, the theoretical air-fuel ratio was calculated to be 5.7kg air per kg bark pellet¹⁾. At 175l/min air supply, the actual air-fuel ratio was 1.15kg air per kg bark pellet

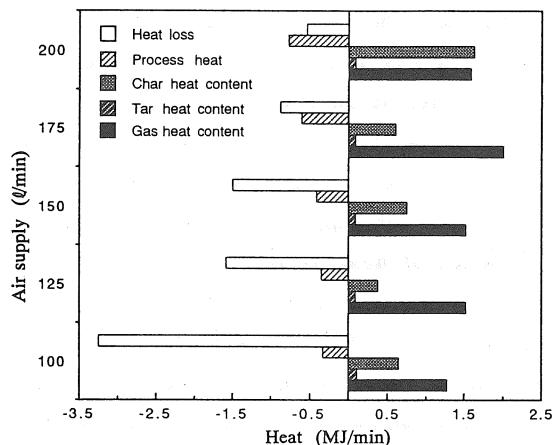


Fig.3 Heat balance at different air supply (no water supply)

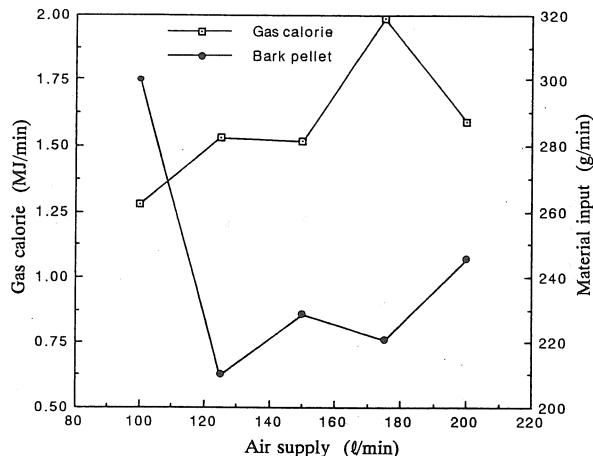


Fig.4 Comparison of gas calorie and bark pellet supply

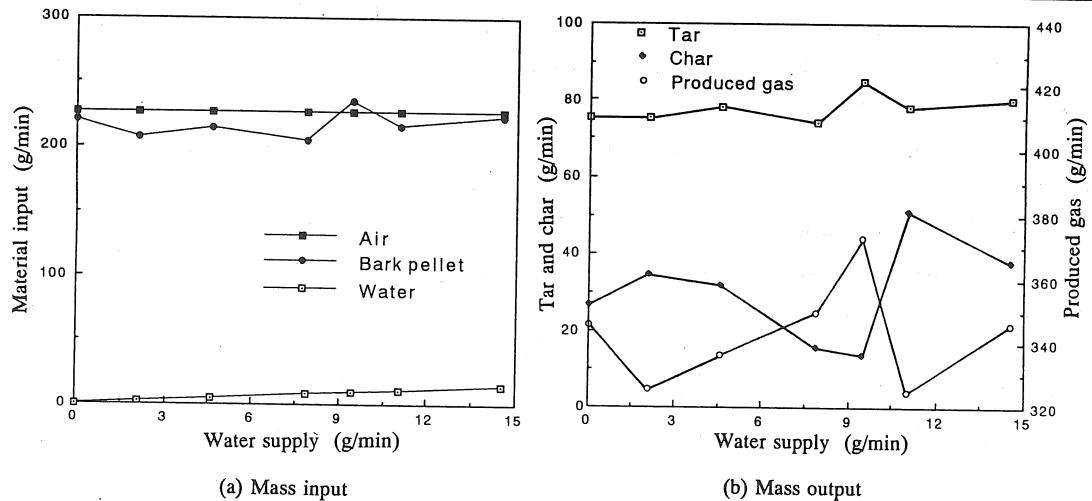


Fig. 5 Mass balance at different water supply (175ℓ/min air supply)
and Φ was about 0.20. Payne²⁾

obtained a value of $\Phi = 0.18 - 0.24$ for upflow gasification of corn cobs at 9% moisture.

3.2 Evaluation at different water supply

3.2.1 Result of mass balance

The water gas reaction ($C + H_2O \rightarrow CO + H_2$) is necessary to enrich the produced gas. This can be accomplished by supplying water to the reactor. At the optimum air supply condition of 175ℓ/min, tests were conducted at various water supply conditions. Fig. 5 shows the mass balance at different water supply conditions. From this figure, it was found out that the maximum amount of generated gas was at 9.5 g/min water supply. At this condition, the actual air-fuel ratio was 1.08 kg air per kg bark pellet ($\Phi=0.19$). This means that less carbon will be oxidized by oxygen. Since water in the form

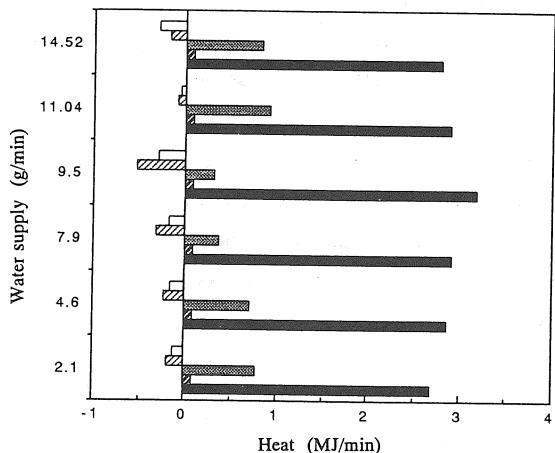


Fig. 6 Heat balance at different water supply (175ℓ/min air supply)

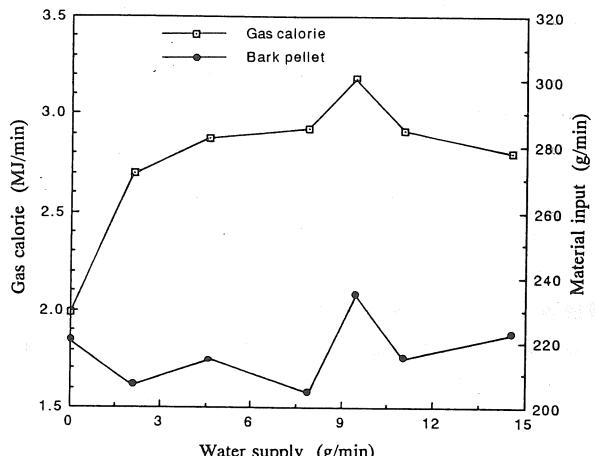


Fig. 7 Comparison of gas calorie and bark pellet supply

of steam was supplied into the reactor, the oxygen of the water was used to increase the carbon conversion in order to satisfy the required chemical equilibrium constraint³⁾. The end product contained 78% gas and others (17% tar and 5% char). The amount of char (5%) was minimum due to the utilization of the carbon content of the bark pellet during the water gas reaction.

3.2.2 Result of heat balance

Fig. 6 shows the result of heat balance. This figure confirms that the addition water into the reactor enriched the gas because the gas calories were more than 2.0MJ/min. From this figure the peak gas calorie was found to be at 9.5 g/min which was about 3.2 MJ/min or about 72% of the input heat energy. Fig. 7 shows that increasing the amount of water supply beyond 9.5 g/min or about 4% of the bark pellet supply weight does not increase the gas calorie.

IV Conclusions

The application of the Law of Conservation of Mass and Energy proved to be useful in approximating the gas calorie of the produced gas and subsequently, in assessing the performance of the upflow biomass pyrolysis reactor. For this particular reactor, the optimum air-fuel ratio was 1.15 ($\Phi=0.20$) because the end product contained 73% produced gas which has a heating value of about 2.0 MJ/min or 48% of the input energy. The optimum water supply was 9.5 g/min (about 4% of the supplied bark pellet weight) because the heating value of the produced gas was about 3.2 MJ/min or 72% of the input energy. The water increased the carbon conversion because at this condition the air-fuel ratio was 1.08 ($\Phi=0.19$).

References

- 1) Malte, Philip C.: Combustion, Biomass Handbook, Gordon and Breach Science Publishers, p371-387, 1989
- 2) Payne, F.A., Chandra, P.K.: Mass Balance for Biomass Gasifier-Combustors, ASAE 28(26), p2037-2041, 1985
- 3) Probstein, R.F. and Hicks, R.E.: Synthetic Fuels, McGraw-Hill International Book Company, p95-208, 1982
- 4) Shimizu, H., Carcasona, E., Uparivong, S., Pairintra, R. : Heat Balance Verification of the Developed Biomass Pyrolysis Reactor (Japanese), Tohoku Branch Report of The Japanese Society of Agricultural Machinery, No.37, p35-42, 1990

【閲読者コメント】複数の要因を同時にかえて求めた最適空気量や加湿量であるため、説得力と一般性に欠ける。空気比等で表示すれば一般性のある評価が得られるでしょう。

【著者回答】送風量の表示を標準状態の空気量に換算し、材料バークペレットの供給量は、空気／バークペレットの供給質量比として表示し直した。

耕うん実験計測システムの開発

鄭 鋼*・太田義信*・伊藤賢明*・片岡 崇*

Development of Experimental Measuring System in Tillage

Gang ZHENG*, Yoshinobu OTA*, Yoshiaki ITO*, Takashi KATAOKA*

Abstract

The aim of this study is to develop a spring shank tiller system for high speed operation. This tilling system is capable of tilling at one operation, on hard soil, stony field and natural grassy lands, etc. An extended ring transducer dynamometer and a high speed video camera were used in developing the measuring system of the spring shank tiller. In the experimental setup, the tiller was fixed while the soil bin traversed along the rails.

The resistance and displacement of the tillage tine, viewed with a high speed video camera were observed to be always changing during the operation of the apparatus. These variations of resistance and displacement of the tine were measured. Furthermore, the measured data were combined and analyzed in order to clarify the properties, effects and tilling motion mechanism of the tillage tine.

[Keywords] tillage, measuring system, spring shank, tillage tine

1. はじめに

中国では約3億haの天然牧草地を有し、その中の1/3が家畜の踏圧などにより退化しており、天然草地の改良に適した作業機が切実に望まれている。そこで著者らは比較的硬い土、石れき地、天然牧草地などに対して粗放的であるが高速作業が行える弾性シャンクを利用した耕うん装置の開発に着手している。これまで弾性シャンクおよび剛性シャンクによる耕うん爪の耐摩耗性について検討してきた。その結果、従来のカルチベータの作業能率を向上させて、比較的硬い土壤でも深く高速耕うんができるようなシャンクと耕うん爪を試作した。この重作業用耕うん装置の性能を把握するため、耕うん爪の運動と作用力の変化を解析できるように、三分力荷重変換器および高速ビデオカメラを利用した実験計測システムを開発した。

これまでの弾性シャンクを利用した耕うん爪についての研究では、荷重変換器を用いて水平あるいは垂直方向の耕うん抵抗による解析が多い¹⁾²⁾⁴⁾。しかし、弾性シャンクであるため耕うん中に、耕うん爪の切削角や耕うん抵抗の大きさ、方向および作用点位置は常に変化している。これらを解析するため、作用力の計測だけでなく耕うん爪の位置計測も必要であると考えた。また耕うん実験の際、耕うん爪およびシャンクの挙動を正確に撮影するためには、シャンク取り付け部に対する高速ビデオカメラの撮影位置を固定させなければならない。そのため、耕うん装置フレームを固定して、耕うん土槽をレール上で移動させる実験構造を採用した。

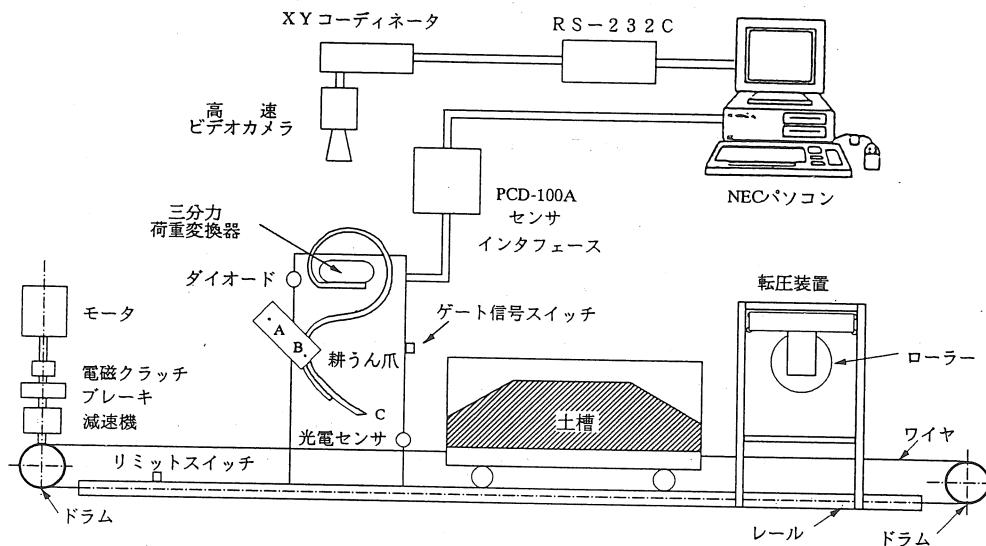


図1 実験装置の概要

2. 実験計測システムの概要

1) 耕うん実験装置

耕うん実験装置の概要是図1に示した。主に、土槽けん引部、耕うん部、転圧装置および高速ビデオカメラ部と計測部から構成されている。

実験土槽は、長さ2m、深さ0.4m、幅0.5m(容積0.4m³)であり、耕深30cmの実験が可能である。

土槽はドラムに巻いたワイヤを引張ることにより、レール上を移動する。土槽の移動速度は、変速モータ(SC251-BA, 3.7/1.23KW, 東洋電機(株))により調節し、光電センサで測定する。走行レールの長さは実験室の制限から8mとした。また、モータ動力より土槽の慣性力が大きいので、一定の実験速度まで短い距離で素早く加速できるように、電磁クラッチ(SFC-501/BMS, 神鋼電機(株))を設けた。さらに減速のため、ブレーキを設けた。実験時には、モータを始動させ実験設定速度まで回転数を上げてから、電磁クラッチを入れ土槽を実験速度にする。そして計測の終わった直後、リミットスイッチによりクラッチを切って、ブレーキをかけることにより土槽を急減速停止させる。また15:1の減速のため駆動ドラム軸に軸

上減速機(SM107G15ST-35, (株)椿本チェイン)を取り付けた。実験土槽の耕うん速度は、検証により設定値2.0m/sの0.5%以内であった。

耕うん部は、耕うん爪の振動に影響を及ぼさないように剛性の高いフレームに固定した各種シャンクに供試耕うん爪を取り付けて、直線運動系の耕うんを行う。

一様な土壤硬度の供試土壤に調整するため、転圧装置を作製した。水分調整を行った細粒土壤を土槽に入れて水平に均した後、上下自由にスライドできる荷重台を取り付けた転圧ローラを降ろして、土槽上を移動することにより転圧する。また、重りを変えて、土壤硬度2.5MPa(25kgf/cm²)まで供試土を締め固めることができる。

2) 計測システム

耕うん実験の計測システムは、耕うん爪の作用力とシャンク挙動画像の検出部、記録部、データ解析部より構成される。

耕うん実験の際、図2に示す三分力荷重変換器をシャンク基部に取り付けて、耕うん爪に作用している耕うん抵抗力を水平抵抗成分、垂直抵抗成分と進行方向への横軸回りモーメントに分けて測定した。同時にシャンク取り付け用固定フレーム

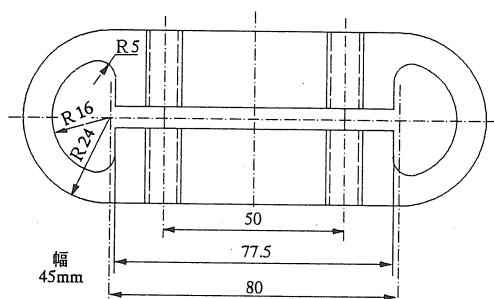


図2 三分力荷重変換器

と対峙して設置した高速ビデオカメラ (HSV-400, ナック株) で、図1に示した耕うん爪取り付け平板上のA点およびB点の挙動を撮影する。

三分力荷重変換器による作用力のひずみ出力と光電センサによる土槽移動速度パルス信号は、センサ・インターフェース (PCD-100A, 株共和電業) を用いてパーソナルコンピュータ (NEC 9801DA) に入力して記録する。センサ・インターフェースはサンプリングレート最大1600回／秒 (4チャンネル同時) まで設定でき、測定のコントロールはゲート信号スイッチにより行われる。

また、高速ビデオカメラによる爪運動の画像信号 (400フィールド／秒および200フィールド／秒) は、XYコーディネータ (V-78B-J, ナック株) を用いて各フィールドごとにデジタル変換処理しインターフェースRS-232Cを通じてパーソナルコンピュータに入力して記録する。作用力側の同期信号は、インターフェースのゲート信号に直列するダイオードでビデオカメラに送信する。

3) 実験装置の性能

本実験装置は、各種の弾性シャンク (剛性シャンクを含む) および耕うん爪を用い、耕深、土槽移動速度、土壤含水比、土壤硬度を変化させて種々の条件下で耕うん爪の作用力および運動解析が可能である。実験装置の計測性能は次の通りである。

- ①耕うん抵抗 (けん引力) : 最大 1,960N (200kgf)
- ②耕深: 最大30cm
- ③耕うん速度: 0.6~2.0m/s

④土壤硬度: 最大2.5MPa (25kgf/cm²)

⑤高速ビデオカメラの撮影:

400フィールド／秒,

200フィールド／秒

⑥XYコーディネータの座標変換:

分解能 X軸640ポイント

Y軸480ポイント

⑦三分力荷重変換器による作用力の検出:

垂直抵抗: 最大1,960N (200kgf)

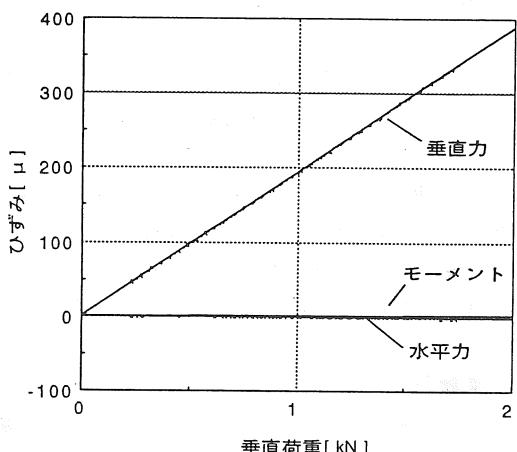


図3 垂直力の較正曲線

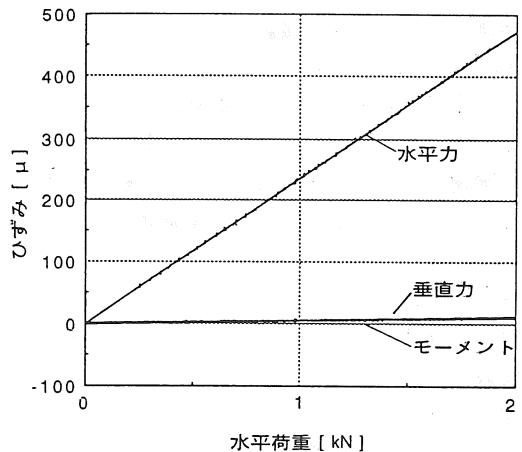


図4 水平力の較正曲線

水平抵抗：最大1,960N(200kgf)

モーメント：最大980N・m(100kgf・m)

⑧三分力荷重変換器の較正：

試作した三分力荷重変換器の垂直引張力の較正曲線を図3に示す。較正係数は $5.161\text{N}/\mu\epsilon$ 、非直線性は約0.2%、ヒステリシスは約0.3%である。また2kNの垂直荷重に対して、水平力の出力は11.7N、モーメントの出力は0.6N・mである。

水平力較正曲線を図4に示す。較正係数は $3.485\text{N}/\mu\epsilon$ 、非直線性は約0.2%、ヒステリシスは約0.3%である。また2kNの水平荷重に対して、垂直力の出力は48.4N、モーメントの出力は5.9N・mである。

モーメントの較正曲線を図5に示す。較正係数は $0.5084\text{N}\cdot\text{m}/\mu\epsilon$ 、非直線性は約0.2%、ヒステリシスは約0.3%である。また200N・mのモーメント荷重に対して、垂直力の出力は321.8N、水平力の出力は15.5Nである。垂直方向の出力に対するモーメントの干渉はかなり大きいので、この干渉を補正する計算方式を検討している。

3. 実験方法

耕うん実験計測システムを使用した耕うん実験の一例により、実験の手順を述べる。

1) 実験条件

①供試耕うん爪と弾性シャンク：

図6、図7に示す。

②高速ビデオカメラの撮影：

200フィールド/秒

③供試土壤：砂質ロームで最大乾燥密度が 1.03 g/cm^3 で、平均含水比は53.3% (db)

④土壤硬度：深さ20cmまでの平均土壤硬度は1.5 MPa (DIK-5520貫入式土壤硬度計、大起理化工業株)

⑤耕深：20cm

⑥耕うん速度：1.5m/s

2) 実験データの収録

耕うん抵抗のデータはセンサ・インターフェースの出力よりパソコンコンピュータのフロッピーディスクに記録する。さらに同期信号を確認して、高速ビデオカメラにより撮影された爪運動のA、B点の画像信号を、XYコーディネータで各フィー

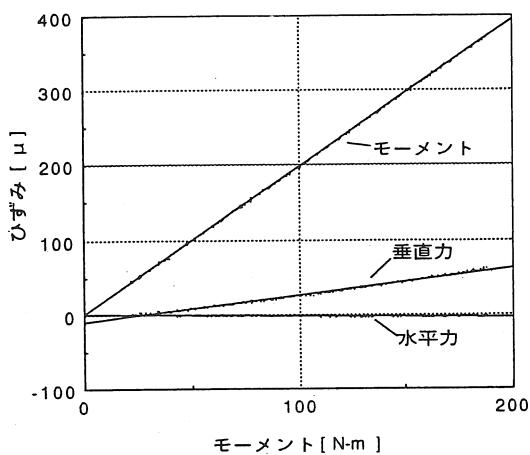


図5 モーメントの較正曲線

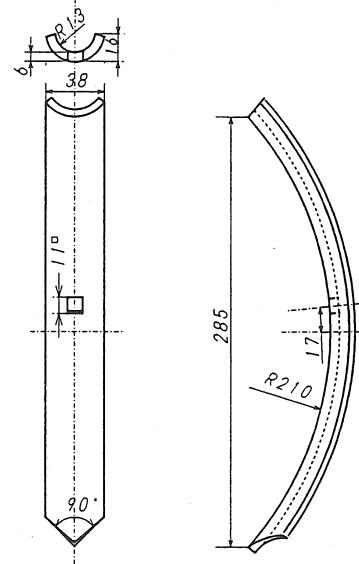


図6 耕うん爪

ルドごとにデジタル変換処理し、パソコンコンピュータに入力して収録する。

4. 実験結果の解析法

耕うん爪の受けた作用力は、計測データより水平抵抗、垂直抵抗およびモーメントに分離して得られる。一方、耕うん爪上のA点とB点のデータ

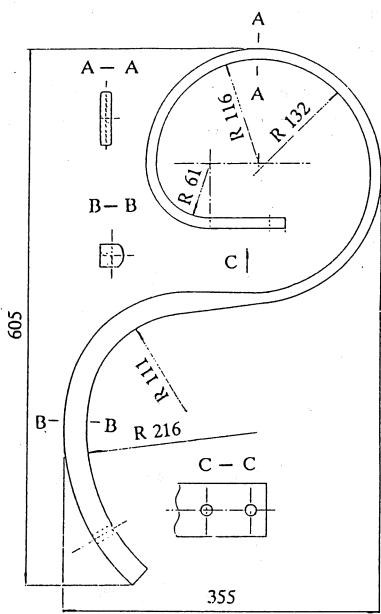


図7 弾性シャンク

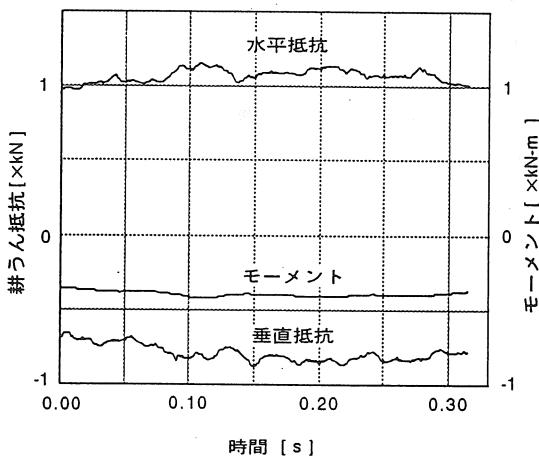


図8 耕うん抵抗曲線 (1.5m/s)

からプログラムにより爪先C点の位置、変位量、速度等のような運動量が得られる。これらのデータはスペクトル解析により耕うん爪の作用力と運動量をそれぞれ単独に解析した後に、相互の関連

を解析する。

例としては、図8に三分力荷重変換器による耕うん速度1.5m/s時の耕うん抵抗を示す。水平抵抗の平均値は1,086N、最大値1,168N、最小値962Nで、水平抵抗の作用方向は後ろ向きである。垂直抵抗の平均値は805N、最大値896N、最小値679Nで、垂直抵抗の作用方向は下向きである。モーメントの平均値は397N·m、最大値422N·m、最小値359N·mであり、図1上では時計回りに作用している。

次に図8は不規則振動している出力波形なので、スペクトル解析を行った。水平抵抗について、高速フーリエ変換(FFT)によるスペクトル解析した結果を図9に示した。この場合の水平耕うん抵抗は、20Hz以下の低い不規則振動を示している。

上記の実験中に撮影した映像より、画像処理した耕うん爪先の変位を図10に示した。耕うん速度1.5m/sにおける耕うん爪先の前後移動幅は29mmで、上下移動幅は19.6mmであった。また、耕うん爪の水平変位曲線もFFT解析を行って図11に示した。そのパワースペクトル分布は図9の水平耕うん抵抗のパワースペクトルに類似しているが、水平変位の変動には高い周波数成分の存在が認められた。

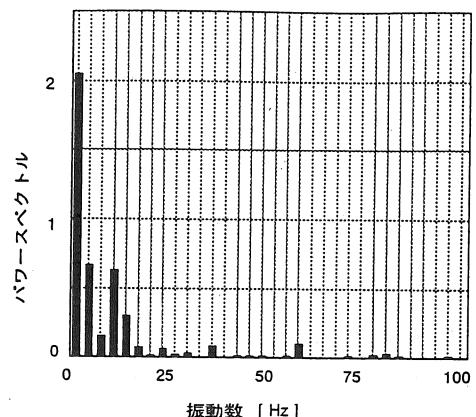


図9 水平抵抗成分のFFT (1.5m/s)

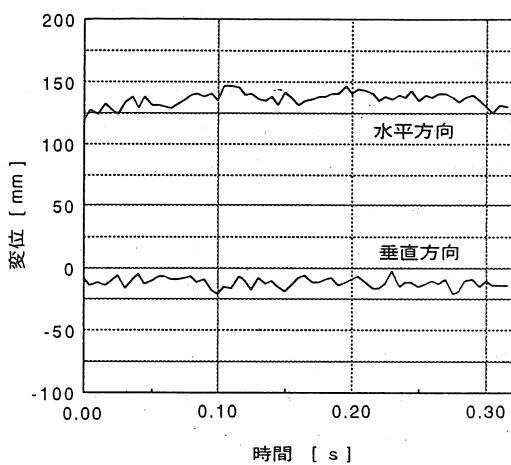


図10 爪先の変位

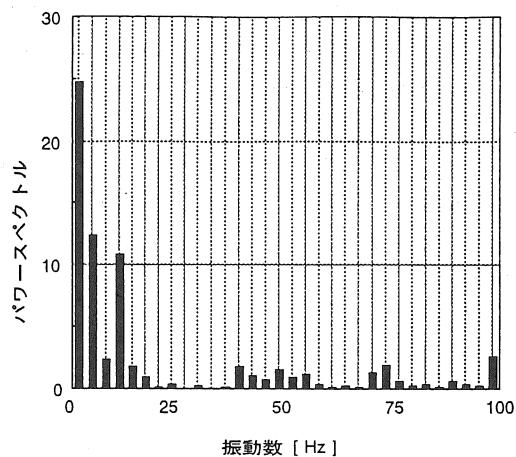


図11 水平変位のFFT (1.5m/s)

5.まとめ

耕うん実験装置と三分力計荷重変換器を試作し、高速ビデオカメラと計測装置を加えて、高速耕うん実験計測システムを開発した。本システムは次の計測・解析が可能である。

- 1) 耕うん抵抗の水平抵抗、垂直抵抗とモーメントの計測。
- 2) 耕うん中に変動している耕うん爪の位置と変位量の計測。
- 3) 耕うん抵抗と運動量データの組み合わせによ

り、耕うん抵抗力の大きさ、方向および作用点の位置、耕うん爪の切削角および位置、速度、加速度等の解析。

今後、この実験計測システムを用いて、種々のシャンクと耕うん爪に関する耕うんメカニズムの解明を計画している。

参考文献

- 1) 南部 悟、端 俊一、遠藤敏男：カルチベータ用シャンクに関する研究、農機誌、45(3), 311-318, 1983
- 2) 米川智司、木谷 収、岡本嗣男、坂井直樹：耕うん時の土壤-機械系の力学的挙動計測法に関する研究、(第2報)、農機誌、53(1), 39-46, 1991
- 3) 大下泰生、伊澤敏彦、屋代幹雄、武田純一、鳥巣 諒：トラクタ作業性能計測システムの開発(第1報)、農機東北支部報、39, 75-80, 1991
- 4) 申 順男、木谷 収他：ミニマムティレッジツールに関する研究、(第1報)、農機誌、54(6), 21-29, 1992
- 5) 渡辺 理、ひずみゲージとその応用、日刊工業新聞社, 1969
- 6) 広間達夫、太田義信：拡張円形分力計および八角形分力計の応力特性、農機東北支部報、36, 57-62, 1989

レーザーガイドによる圃場内自動直進走行の試み

木村勝一*・山内敏雄*・矢治幸夫*・元林浩太*

Development of Automatic Straight Traveling Control System Guided by Laser-beam

Shoichi KIMURA*, Tosio YAMAUCHI*, Yukio YAJI*, Kota MOTOBAYASHI*

「キーワード」 レーザー、自動走行、大区画圃場

1. 目的

近年、生産性向上とより効率的な作業のために、大区画圃場の造成が進行している。このため、圃場の長辺は200m以上と長くなり、特に、移植や直播作業などの湛水状態における直進作業は、有効なマーカが無くオペレータは難儀をしている。そこで、圃場作業用機械に自動化技術を取り入れ、高性能作業技術を開発する一環として、本報では、圃場内走行作業を対象に、均平作業に用いているレーザー均平制御装置を汎用利用し、レーザーを指標とした直進走行の自動制御を試みた結果を報告する。

2. 試験研究方法

(1)供試機械：

レーザー制御装置；受光センサ、CLS社（米国）受光範囲幅±9.6cm

発光器、SP社（米国）有効半径 350m ヘリウム-ネオンガスレーザー 出力2mW

ラジコン走行車；K社 AX-5 (15.8kw), ラジオコントロール仕様、同径4輪駆動、前輪操舵と4輪操舵切り替え可能

噴頭回転式広幅散布機；東北農試試作機、除草剤散布作業幅 25m

(2)供試圃場：

東北農試場内の大区画圃場、圃場区画 50×400m (2 ha)

(3)自動直進走行の制御方法：

圃場外に設置したレーザー発光器で、圃場の長辺方向に向かって圃場面に垂直な光を出す。一方、ラジコン走行車の操舵回路にレーザー制御装置か

らのコントロール信号を接続し、レーザーを常に追従する操舵によって自動直進走行を試みる。

(4)試験項目

①操舵方法は前輪操舵と4輪操舵(4WS)の2方法を検討する。

②ラジコン走行車に広幅散布機を搭載し、自動

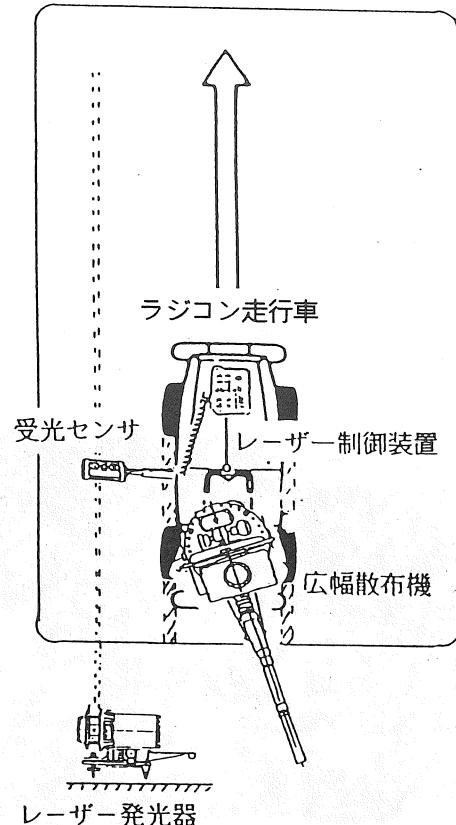


図1 レーザーによる自動直進制御説明図

直進走行による除草剤（商品名サンパー ド粒剤）散布作業の作業性能を調査する。

(5)走行条件：

- ①直進走行試験；水稻収穫後のロータリ耕うん跡地(1993年12月), 平均耕深 11.5cm
- ②除草剤散布作業性能試験；湛水直播水稻栽培圃場(1994年5月), 播種2日後の湛水状態

3. 試験結果および考察

(1)レーザーガイドの自動直進走行制御の概要

図1に示すように機器の構成は、ラジコン走行車、レーザー制御機器からなり、ラジコン走行車には噴頭回転式広幅散布機を搭載した。

ラジコン走行車は、K社のラジコン芝刈機の台車を用い、湛水状態の圃場内走行可能なように、最低地上高16cmを約10cm高い26cmにするため、車

輪径が大きく、タイヤ幅が11cmと狭い車輪に替えた。さらに、トレッドを移植水稻の条間にあわせて120cmに拡大して、水稻が節間伸長する前の7月上旬頃までの作業が可能なように改造した。

レーザー制御装置は発光器、受光センサと制御信号を出力するコントロールパネルから成る。発光器は均平作業では水平な光を出すが、それを横に90度傾けて固定し、垂直な光の面を作つて圃場の長辺方向に向けて発光させた。受光センサは表と裏にセンシング部があるので、ラジコン走行車の左横に、前後方向からレーザーを受光できるよう水平に取り付けた。受光センサがレーザーを受けると図2に示すように、中央部の±6mmは制御信号は出さず、±6mm～±46mmの範囲では0.5秒間隔のパルス信号、±46mmから±96mmの範囲ではステップアップした連続の信号をコントロールパネルを通じて電圧出力する。これ以上の範囲か

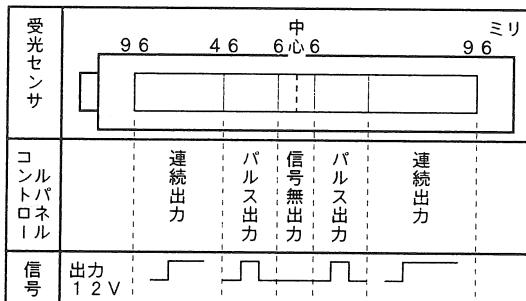


図2 レーザー受光センサと出力信号

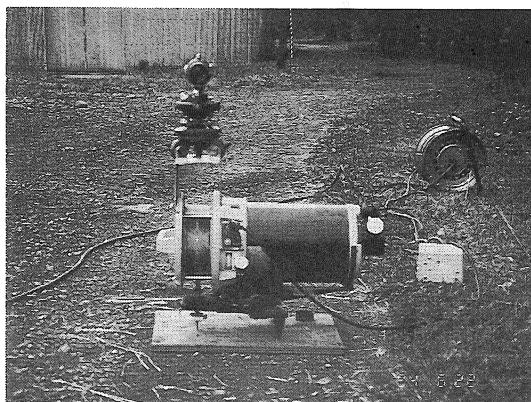


図3 スコープ付きレーザー発光器

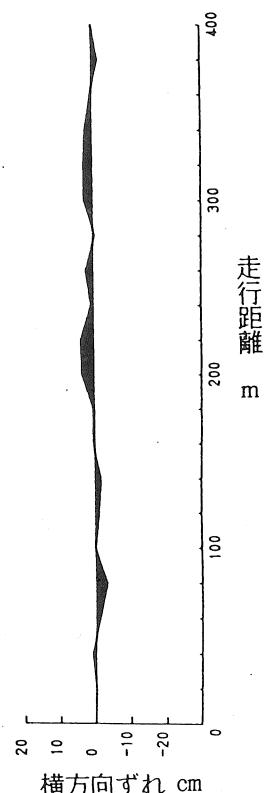


図4 自動直進走行の計測結果

ら外れると信号は出さない。

ラジコン走行車は、前後進や操舵の制御が電気信号によって可能である。そこで、レーザー制御装置のコントロールパネルからの信号を、ラジコン走行車の操舵制御回路にリレーを介して接続した。

ラジコン走行車の操舵制御は、可変抵抗（電圧変化）で行われており、受光センサの中央部から光が外れると操舵信号を出し、左に外れた場合には左方向に、右に外れると右方向に操舵する。ラジコン走行車が受光センサの中央から±6mmの範囲から外れた場合の制御設定操舵角は、任意に設定できる。ここでは数回の予備走行テストの結果から、1m/s以上の高速走行では制御操舵角を±4.0度、それ以下の低速では±7.1度に設定した。また、レーザーが受光センサの受光範囲（±9.6cm）から外れると、本来は、受光センサからレーザーが外れた側を記憶させ、元に戻す操舵制御を行わなければならないが、その制御法が未確立なので、ここでの操舵制御回路は初期設定の直進状態（操舵角0度）になるようにした。

走行前の準備として、直進走行ガイド位置に発光器を設定しなければならない。後述するように除草剤散布作業時には、圃場の両端にそれぞれ人を配置し設定した。設定距離が長くなると目標が遠くなり、当然、わずかの左右の調整でも横方向のふれが大きくなつて、発光器の設定に時間を要した。そこで、設定方法改善策として、図3に示

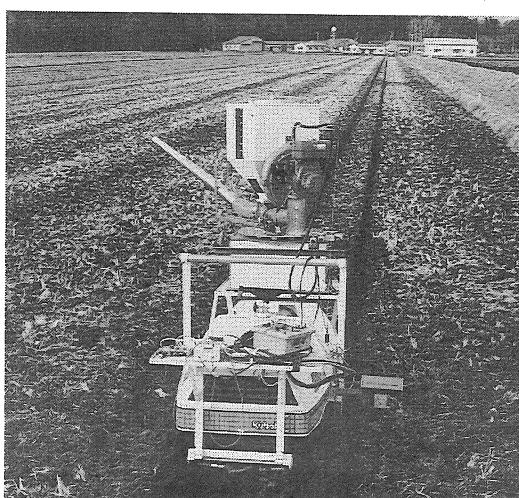


図5 レーザーガイドによる自動直進走行状態

すように、発光器に測量用のスコープ（倍率25倍）を取り付け、設定を圃場の端で一人で行えるようにした。すなわち、進行方向の圃場端に測量用ポールなどの目標物を設定し、作業を始める側の位置に発光器を設置し、装着したスコープをのぞいて一人でレーザーを目標物に合うように設定可能とした。その結果、長辺距離400mの場合の発光器の設定では、レーザーと目標物の左右誤差は±19cm、200m換算で±9.5cmであった。移植栽培を対象にした場合の直進誤差は、現在整備が進められている大区画圃場の長辺の最大が200から250m程度である。この範囲内の作業条件を前提とすれば、横方向の許容誤差は条間30cmの稲に重ならない±15cmが限界と考えられ、一人で走行位置の設定可能なスコープ付き発光器による設定方法が有効と思われた。

(2)ロータリ耕うん跡地での直進走行試験

レーザーガイドによる自動直進走行制御装置の性能調査のため、車輪跡のトレースが容易な、水稻収穫後にロータリ耕うんした乾田状態の圃場で、2輪操舵と4輪操舵の各方法による自動直進走行制御を試みた（図4、図5）。

走行速度0.54m/sと0.91m/sの試験の結果、2輪操舵では図4に示すように400mの長さを横方向の誤差が±4cm以内に走行でき、実作業の応用が可能と思われた。4輪操舵では操舵時の横方向のふれ幅が2輪操舵よりやや大きく、0.91m/sの速度でオーバーハングし、受光センサのセンシング幅±9.6cmから外れ制御不能になる場合があった。また、本制御方法では走行速度は2.0m/sが限界で、これ以上の走行速度では操舵角の設定を小さくしても、オーバーハングする割合が高くなつた。

走行速度に対応した適切な操舵角の設定方法は今後の課題である。

レーザーを利用しないで、通常のマニュアル操作による直進走行を試み、乗用田植機の作業精度を比較した。走行軌跡計測のためロータリ耕うんした乾田状態の圃場を使用した。長辺150mの圃場の先端にポールをたて、それを目標にオペレータがマニュアルのハンドル操作で田植機の直進走行を試みた結果、横方向の走行誤差は左右±8cm

となった。これに比べるとレーザーガイドによる本方法は、はるかに高い精度の自動直進走行が可能であった。

(3)湛水直播水稻栽培圃場における除草剤散布作業時の自動直進走行

実際に長辺400mの大区画圃場(2ha)で、湛水深8cm程度の湛水直播の水稻播種2日後に、自動直進走行による除草剤散布作業を行って、この制御法の問題点を検討した(図6)。除草剤は細粒剤なので散布幅25mとなり、短辺50mの供試圃場では往復作業となった。直進作業以外の旋回や次の行程への移動はオペレータが手動で行った。走行速度0.3~0.5m/sの範囲では、レーザーガイドから外れることはなく、レーザー発光器設定の準備作業時間を除いた作業能率は、通常の作業能率と変わらなかった。しかし、発光器設定を含め

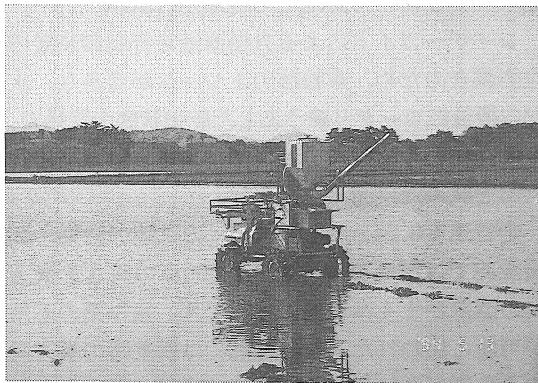


図6 湛水圃場での自動直進による除草剤作業

表1 レーザーガイドによる除草剤散布作業能率

圃場面積	2ha(50×400m)
作業機	噴頭回転式広幅散布機
作業幅	25m
平均作業速度	0.41m/s(0.31~0.48m/s)
作業時間	1°20'30"(100%)
散布	33'11"(42)
補給	10'55"(14)
移動・旋回	5'2"(6)
散布機調整	1'57"(2)
発光器の移動・調整	29'25"(36)
作業能率	0.67h/ha

た全作業に占めるレーザー発光器の設定時間は36% (29分) であった(表1)。前述したようにレーザー発光器の設定所要時間は、スコープを利用する方法にすれば、大幅に短縮されると思われた。

(4)今後の問題

ここでめざしている作業方法は、方形な区画の水田を対象にし、予め走行位置を決めておき、その道筋にそって作業させようとするものである。直進はレーザーを主体とし、旋回は方位センサや振動ジャイロ等で誘導させる方法による全自動化を図りたい。しかし、未だ自動旋回の技術が確立していないので、当面は旋回や、次の行程への誘導にはラジコンによる遠隔操作を考えている。水稻直播の播種作業や、追肥・薬剤散布作業など10~50mといった広幅作業を対象にすれば、本レーザーガイド制御方式は、発光器設定に時間を要しても自動化のメリットは高いと考える。

本報で対象としたレーザーガイドによる自動直進作業では、受光センサの制御範囲から外れた場合の安全対策と旋回を自動化する技術開発が必要である。そのためには、自動制御システムにコンピュータ制御を取り入れる必要がある。

4. 摘要

圃場均平作業に用いているレーザー制御装置とラジコン走行車を使用し、自動直進走行するシステムの実作業への可能性が得られた。

作業速度0.5m/s程度までは400m走行で横方向の誤差は±4cmに修められた。また、発光器設定の迅速化のために、発光器にスコープを取付けるなどの改善点を明らかにした。

参考文献

- 木村勝一, 他: レーザー光利用による水田の自動均平(第1報), 農業機械学会東北支部報, No.34, p15~18, 1987.
- S.Okuyama, M. Fukuda, K. Ito, S. Tanaka: The Radio Controlled Tractor from Kubota, International Off-Highway & Powerplant Congress, 1987

画像処理によるコンテナの位置計測法（第1報）

—ステレオ画像法による位置測定—

大下泰生*・雁野勝宣*・屋代幹雄**

Location of the Container with Machine Vision(Part 1)
— Location with Stereo Vision Method —

Yasuo OHSHITA*・Katsunobu GANNO*・Mikio YASHIRO**

Abstract

One of the main factors for the automation of handling the container is to achieve an efficient machine vision system. The color machine vision system with stereo vision method was developed to locate container for carriage of agricultural products in the field. System components included two color television cameras, two image memory boards, and a microcomputer board. The container was located by executed two image processes. The container colored blue was first extracted in the color image plane involved green crops, brown soil, and so on. Secondly, the gravity of container measured three-dimensionally by left and right image planes with stereo vision method. The error of location of the container was less than 4 cm (error level 5 %) in the range of distance 20~180cm from camera to container.

Keyword : Machine vision, Color image, Stereo vision, Container

1. はじめに

重量野菜や肥料などの移動・運搬作業は労働負担が大きく、農業従事者の減少や高齢化に対応するために、これらの作業を省力化・軽労化することが重要な課題となっている。そこで、重量物のハンドリング作業を機械化するために、重量物をコンテナ等の収納具に納めて移動・運搬する作業体系を検討している。この作業体系ではコンテナ1個当たりの取扱荷重を最大50kgf程度まで大きくし、コンテナの持ち上げ・移動作業の大部分を機械化することを目標としており、著者等は圃場内のコンテナの収集作業用として手動操作による多関節型アームを用いた自走式ハンドリング車両を開発した。この車両を将来、リモコン化・自動化するためにコンテナ等の対象物の位置を自動計測する技術の開発が必要となり、近年、著しい

技術発達を続けている画像処理技術を導入することとした^{1)~4)}。ここではステレオ画像法により三次元的にコンテナの位置計測を行う画像処理システムの開発と測定精度について検討した。

2. 装置の概要

1) 画像処理技術の適用対象

画像処理技術を適用するハンドリング作業風景を図1に示す。コンテナ使用によるハンドリング作業体系では、まず、コンテナを圃場に配置して、重量野菜等の収穫物をコンテナに投入する。次にハンドリング車両が圃場内を走行してコンテナを収集する。この車両は多関節型のアームと2本爪式のハンドを有し、この爪をコンテナの縁に掛けたり上げ、積載部に移動する。現在この車両は手動操作方式であるが、コンテナの拾い上げ作業

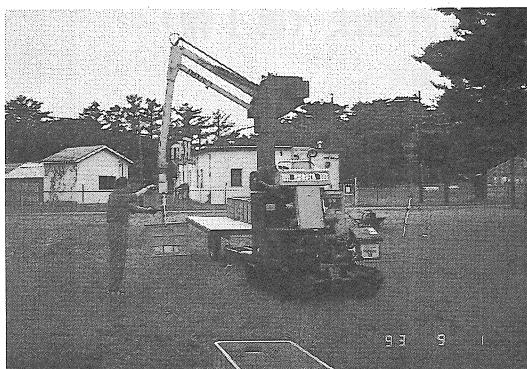


図1 ハンドリング作業風景

をリモコン化・自動化するために画像処理装置によりコンテナの位置計測を行い、アームおよびハンドを位置制御するための改造を検討している。したがって、ここで使用される画像処理技術には屋内での使用環境と異なり、照明条件が不安定で、背景に多様な色や形が含まれる等の問題があり、これらの課題を克服することが要請される^{5),6)}。

2) 画像処理システム

画像処理システムの構成を図2に示す。システムの特徴はCCDカラーカメラおよび画像入力ボードをそれぞれ2組使用したステレオ画像方式としたことである。また、画像処理システムは、車載することを前提としてラックに挿入するシングルボードタイプのCPUボードや画像入力ボードを使用し、小型化・計量化を考慮した。なお、試験時は画像データをモニタリングするためにディスプレーを接続した。

CCDカラーカメラ（東京電子工業、CS5130）は1/2インチ固体撮像素子を使用し、画素数は768(水平)×494(垂直)、出力信号は赤緑青(RGB)分離出力、露光時間自動調節(オートアイリス)・出力信号ゲイン自動調整機能付きで、使用したレンズの焦点距離は4mmの広角レンズある。試験ではピントをレンズから約80cmの位置に合わせて固定して使用した。

画像入力ボード(サイバーテック、CT-9801C)は水平512×垂直486×8ビット×RGB=750kバイトの画像メモリを有し、CCDカラー カメラからのカラービデオ信号をデジタル画像データに変換する。1回の画像の取り込み時間は1/30

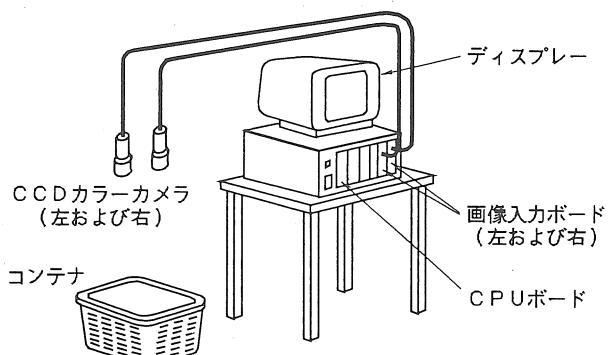


図2 画像システムの概略図

秒である。

撮像のコントロールや画像データの処理等はCPUボード(アドテックシステムサイエンス、AMU-386)で行い、使用したCPUは80386SX(クロック周波数16MHz)で、プログラムはC言語を用いて作成した。

3) 三次元位置計算

対象物を左右2つのカメラでとらえたとき、人間の目と同様に、左右の画像に視差が生じる。この視差から三角測量の原理で対象物の三次元位置を求める⁷⁾。対象物の三次元座標を求める位置計算の概略を図3に示す。

対象物Pに対して水平方向に一定間隔Lだけ離して設置した2台のカメラが対象物をそれぞれのカメラの撮像固体素子上の座標(x_l, y_l), (x_r, y_r)でとらえたとき、レンズの焦点距離をfとすると、対象物の三次元座標(x, y, z)は図中の式で求められる。

4) 画像処理ソフトウェアの概要

撮像し、対象物の三次元位置を求める画像処理ソフトウェア(以後処理ソフト)のフローチャートを図4に示す。主な処理内容は次のとおりである。

①撮像：CPUボードから画像入力ボードに撮像コマンドを送ることにより、CCDカラーカメラからのカラービデオ信号をデジタル画像データに変換し、画像メモリー上に記憶する。本画像処理システムでは2組の画像入力ボードを有しているため、左右の画像はほぼ同時に撮像され、照明条件が刻々変化する屋外での使用でも同一の照明

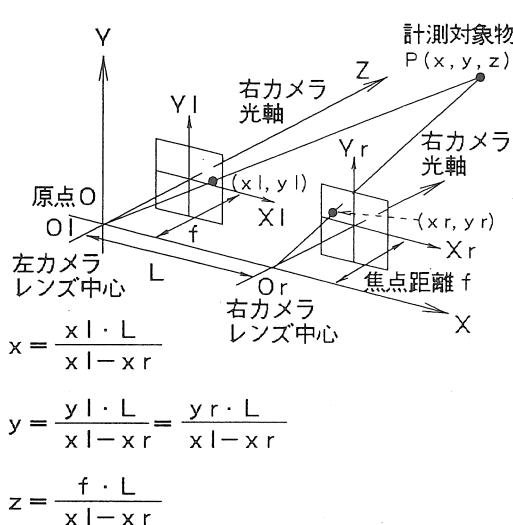


図3 ステレオ画像による位置計測方法

条件下でステレオ画像を得ることができる。

②色抽出：カラー画像の中から赤・緑・青のいずれかの色を抽出する。抽出は、各画素の赤色階調(R), 緑色階調(G), 青色階調(B)を用いて、次式により行う。

赤色抽出：2 R - G - B

緑色抽出：2 G - B - R

青色抽出：2 B - R - G

なお、本画像処理システムは8ビットの画像データを使用しているため0～255の256階調である。また、抽出する色の選択は初期設定で行う。さらに、モノクロ画像を得たい場合は次式により階調の変換を行う。

モノクロ：0.299R + 0.587G + 0.114B

③二値化：256階調画像の中からコンテナ等の対象物の領域を抽出するために、しきい値により黒画素と白画素に分割する。しきい値は初期設定で標準値を入力し、二値化の前処理で階調の最大・最小値を求め、中央値で補正する。

④重心計算：二値化により抽出された対象物の領域について重心を求める。ラベリング処理により面積の最大領域を求め、この領域について重心を求め、2番目以降のコンテナおよびノイズについては計算を行わない。

⑤三次元位置計算：左右それぞれの画像より得

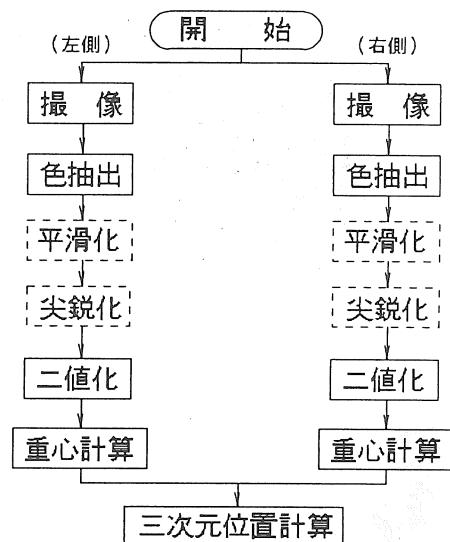


図4 画像処理フローチャート

られた対象物の重心位置により図3の式で三次元位置を求める。

開発したソフトウェアでは、ノイズ除去のために二値化の前に平滑化処理、およびエッジ強調のための尖鋭化処理も行うことができる。撮像する画面の背景や照明条件によりこれらの処理の使用を選択する。また、画像データは当初512×486画素について演算を行っていたが、処理時間短縮のために、画像データを取り込んだ後、256×256画素に圧縮して色抽出以降の処理を行った。本ソフトウェアでは2組の画像データを撮像・処理するため、撮像から重心位置計算まで処理を左右交互に行い、最後に三次元位置の計算を行う。なお、

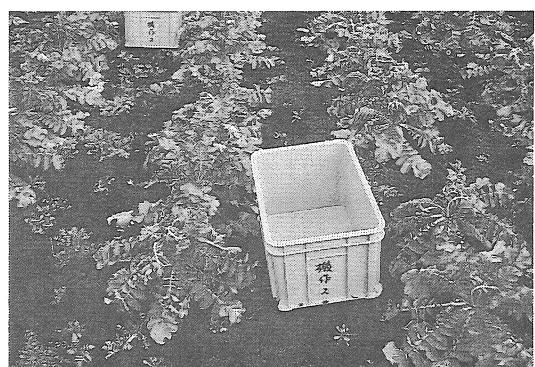


図5 コンテナ配置位置の風景

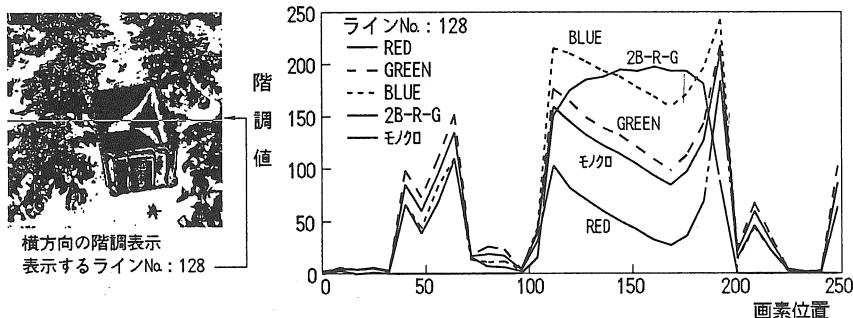


図6 カラーおよびモノクロ画像の階調

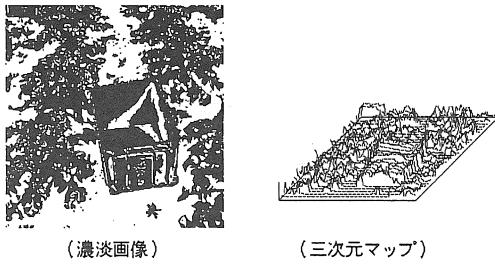


図7 モノクロ画像処理例

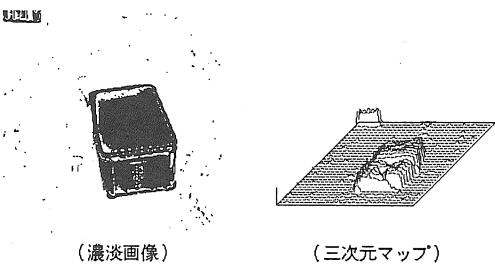


図8 カラー画像処理例

各処理途中において、モニタリングのためにディスプレー上に濃淡画像や三次元マップを表示させることができる。

3. 色抽出試験

1) 試験方法

圃場内に配置したコンテナを抽出するために適した画像処理方法を検討するために、対象物をモノクロおよびカラー画像で撮像して処理した場合を比較した。試験場所はダイコン栽培圃場で、使用したコンテナは青色のプラスチク製で、サイズは幅34×長48×高26cmであった。ダイコンは収穫適期前で葉が大きく展開し、コンテナはダイコ

ン作付列の条間に配置した。撮像は晴天で直射日光が照射された状態で行った。

2) 試験結果

ダイコン栽培圃場内にコンテナを配置した状態を図5に示した。撮像した画像はコンテナの青色、ダイコンの緑色、土壌の茶色等で占められていた。この画像データの中央付近の水平方向についての階調を図6に示した。コンテナについては青色が、ダイコンの葉については緑色が高い階調値を示したが、土壌の部分では各色成分とも低い階調値を示した。ただし、コンテナの縁やダイコンの葉の一部は太陽の反射光でハレーションを起こして白色となり、赤・緑・青色成分とも高い階調値を示した。青色の領域を抽出するため、2B-R-Gに式で計算した結果、コンテナの部分の演算値は高くなり、ダイコンの葉や土壌の部分の演算値は低い値を示した。

モノクロ画像データを使った濃淡画像および三次元マップを図7に示した。モノクロ画像ではコンテナの部分の階調が100～200の範囲に、ダイコンの葉の部分の階調が70～140の範囲にあり、しきい値によってコンテナの領域のみを抽出することは困難であった。

カラー画像から2B-R-Gの演算を行った画像データを使った濃淡画像および三次元マップを図8に示した。青色の抽出によりコンテナの領域のみを良好に取り出すことができた。当初、ノイズ除去のための平滑化処理や、エッジを強調させるための尖鋭化処理を行っていたが、供試圃場の背景にはコンテナ以外に青色のもののがなく、コンテナと背景とのコントラストが大きいため、平滑

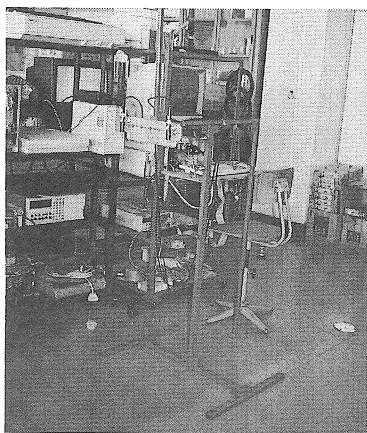


図9 距離計測精度試験風景

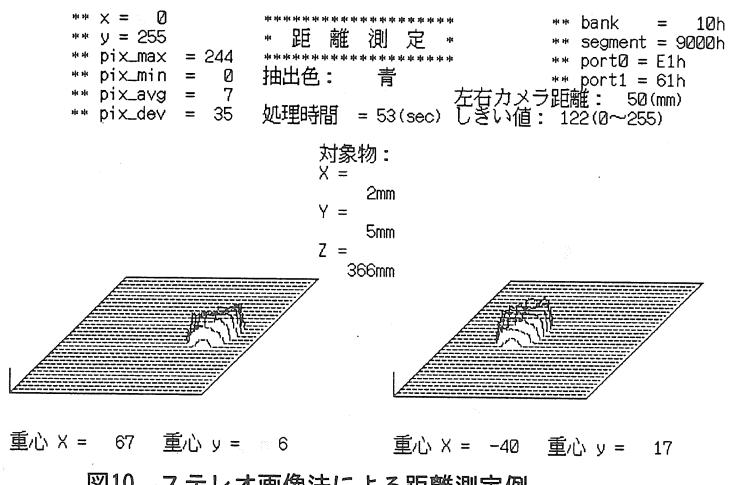


図10 ステレオ画像法による距離測定例

化や尖鋭化処理なしでも良好な抽出が可能であり、これらの処理を省略した。

モノクロ画像処理とカラー画像処理を比較した結果、圃場内で作物や土壤等の背景に対してコンテナを抽出するためには、カラー画像処理が有効であった。

4. 距離測定精度試験

1) 試験方法

ステレオ画像法では左右のカメラの光軸距離が対象物の距離測定精度に影響する。光軸距離と測定精度の関係を調べるために、左右カメラ光軸距離を5, 10, 15, 20cmの4段階に変えて対象物の三次元座標を計測し、実際の位置と比較した。測定対象物は直径5cmの青色の円盤で、対象物の位置をZ軸方向についてレンズからの距離20~180cmに設定した。測定は室内で行い、照明は一定の条件で行った。試験風景は図9に示したとおりである。この試験ではカメラの光軸取り付け方向が距

離測定精度に大きく影響する。そのため左右のカメラの取り付けには直動レールガイドユニットを使用し、左右カメラ間距離変更時の光軸のずれを少なくするように考慮した。

2) 試験結果

ステレオ画像法による距離測定処理中のディスプレーの表示例を図10に示した。左右画面とも測定対象を良好に抽出でき、重心位置も的確に算出できた。撮像から三次元位置計算までの処理に要する時間は約20秒で、ディスプレー上に濃淡画像や三次元マップを表示させる処理を加えると60秒程度を要した。

次に、対象物までの設定距離と測定距離の関係を図11に、測定誤差を図12に示した。

測定可能最短距離は、対象物が直径5cmの円盤の場合、左右カメラ光軸距離(L)=20cmで約30cm、L=15cmで約20cmであった。使用したカメラのレンズの焦点距離が4mm、対角線画角が90°であることから、例えばレンズからの距離20cmの位置で

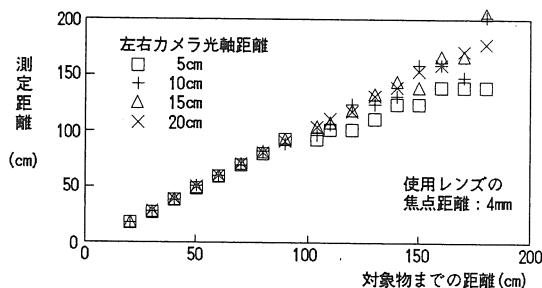


図11 距離測定結果

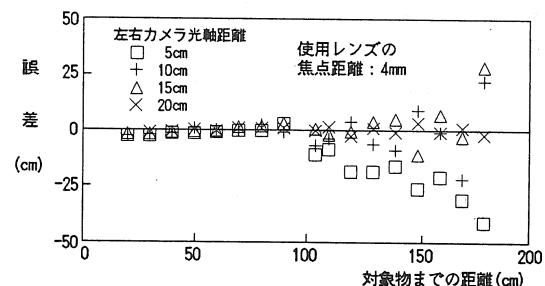


図12 距離測定誤差

の視野は $32 \times 24\text{cm}$ となる。画像処理システムでは正方形の領域を処理しているため実際の視野は $24 \times 24\text{cm}$ となる。左右のカメラの視界に入り、ステレオ画像となる領域は $L = 5\text{ cm}$ で $19 \times 24\text{cm}$, $L = 20\text{cm}$ で $4 \times 24\text{cm}$ となり、 $L = 20\text{cm}$ では直径 5 cm の対象物をとらえることができなかった。

一方、設定距離が長くなると、 $L = 5\text{ cm}$ の場合、対象物までの距離が 100cm を越えるあたりから誤差が急激に大きくなつた。これは L が短いことにより左右の画像の視差($x_l - x_r$)が少ないためである。レンズからの距離が 100cm の位置での視野は $120 \times 120\text{cm}$ であり、1画素当たりの分解能は $0.5 \times 0.5\text{cm}$ となる。 $L = 5\text{ cm}$ の場合では左右のカメラでとらえたステレオ画像の視差は10画素程度しかなく、 $L = 20\text{cm}$ の場合の40画素に比べると誤差が大きくなる要因となつた。 $L = 20\text{cm}$ の場合、設定距離 180cm でも測定誤差は 4 cm 以下にとどまり、設定距離 $30 \sim 180\text{cm}$ の範囲内での測定誤差率は5%以下であった。したがつて L が長いほど測定精度が高まる傾向が見られた。

距離測定精度試験の結果から実際の位置計測制御に適用する場合、測定対象物までの標準的な距離に応じて左右カメラ光軸距離を適正に調整することが重要と考えられる。

6. おわりに

圃場に配置したコンテナの位置を計測するために、画像処理による測定対象物の抽出方法や距離測定精度を検討した。

- (1)カラー画像処理により、圃場内に配置した青色コンテナを作物や土壤から良好に抽出できた。
- (2)ステレオ画像法では左右カメラ光軸距離により測定範囲や測定精度が異なり、左右カメラ光軸距離 20cm で、設定距離 180cm の測定誤差は 4 cm 以下であった。

今後の問題点として、処理時間の短縮が重要な課題である。本画像処理システムは処理時間が20～60秒と長く、ハンドリング車両に適用し、位置決め制御に適用することを考慮すると大幅な処理時間の短縮を図る必要がある。

参考文献

- 1)近藤 直, 川村 登: マニピュレータ装着用カメラによる果実の位置検出法(第1報), 農機誌, 47(1), p60～65, 1985
- 2)近藤 直, 遠藤俊三: マニピュレータ装着用カメラによる果実の位置検出法(第2報), 農機誌, 51(4), p41～48, 1989
- 3)川村 登, 並河 清, 藤浦建史, 浦 元信: 農業用ロボットの研究(第1報), 農機誌, 46(3), p353～358, 1984
- 4)川村 登, 並河 清, 藤浦建史, 浦 元信: 農業用ロボットの研究(第2報), 農機誌, 47(2), p177～182, 1985
- 5)D.C.Slaughter, R.C.Harrell: Discriminating Fruit for Robotic Harvest Using Color in Natural Outdoor Scenes, Trans. of ASAE, 32(2), p757～763, 1989
- 6)B.K. Miller, M.J. Delwiche: A Color Vision System for Peach Grading, Trans. of ASAE, 32(4), p1484～1490, 1989
- 7)J. Jia, G.W. Krutz: Location of the Maize Plant with Machine Vision, J. Agric. Engng. Res., 52(3), p169～181, 1992

〈新技術コーナー〉

乳苗の無代掻き整地移植栽培

鎌田 易尾*

はじめに

稲作における機械化の進展は、肥料、農薬など新資材の普及と合わせて、稲作の省力化と労働の軽減に大きく貢献してきた。しかし、今日の農業情勢をみると、将来とも稲作経営で自立するためには、さらに規模を拡大し、省力化、低コスト化を図る必要がある。こうした中で秋田農試では、省力、低コスト稲作研究の課題として乳苗移植栽培法、無代掻き整地移植栽培法、不耕起移植栽培法、直播き栽培法などに取り組み一応の成果を得ている。ここでは、さらに省力、低コストを目標にした乳苗の無代掻き整地移植栽培について1994年の結果からその内容を紹介する。

1. 中苗による無代掻き整地移植栽培

秋田農試では1984年から中苗無代掻き整地移植栽培の試験に取り組んできた。現行の機械移植栽培法から施肥と代掻き整地を省いた作業体系となり、春作業の労働時間は10a当たり40~50%の省力となる。

圃場の透水性が良くなり、異常還元による水稻根への障害が少なく、秋まさり型の生育を示す。また、田畠輪換を前提とした場合、この栽培法は土壤の孔隙率を高めるなどの改善効果がみられ、畑輪換時の排水効果も良くなる。一方、植付精度が低下しやすいので、碎土率の向上と圃場の均平を図ることが大切である。また、透水が大きくなるので肥料が流失したり、水管理に労力が多く費やされるので、排水不良田での適応性が高く、漏水田は不適である。

2. 乳苗移植栽培

播種量200~240g/箱、育苗日数7~8日、草丈6~7cm、葉数1.4~1.5葉を基準とする乳苗は、加湿出芽を行うための育苗機、マット強化材としての乳苗専用マットが必要などの費用増になるが、労働力の軽減、育苗経費の低減に加えて、作期の拡大による稲作低コスト化などのメリットがある。しかし、圃場条件によっては移植精度の低下、過

繁茂、倒伏、病害発生などの危険性が大きいなどのデメリットもある。

3. 乳苗の無代掻き整地移植栽培

1) 耕うん整地作業法

無代掻き整地移植栽培は植付精度が低下しやすい傾向にある。このため耕うん整地の条件として、碎土率の向上と圃場の均平が要求される。乳苗は草丈が短いので中苗に比べて植付精度低下の危険性が高いと予想された。そこで耕うん整地法として、高碎土率が期待される①二軸ロータリ耕と、現行のロータリ耕の後に代掻きロータを利用した②ロータリ耕+代掻きロータ碎土の2作業法について検討した。

ロータリ耕1回のみでは碎土率(20mm以下)が38%と低く、このままの状態では無代掻き移植は無理とみられた。

二軸ロータリ耕による碎土率は86%と高く、目標の70%をクリアし、圃場の均平もほとんど問題にならなかった。ただし、作業時間はロータリ耕より2.8倍も多くかかった。

ロータリ耕の後に代掻きロータ碎土を行うことにより、碎土率は80%代にまで高まり、また、作業時間も二軸ロータリ耕より10%程度短縮出来た。

表-1 春作業時間(h/10a)

	慣行	無代掻①	無代掻②
堆肥・土改材散布	0.38	0.38	0.38
肥料散布	0.68	0	0
耕 ロータリ耕	0.51	0.51	0
転 代掻ロータ碎土	0	0.83	0
整 二軸ロータ耕	0	0	1.47
地 代掻ロータ代掻	1.33	0	0
小 計	1.84	1.34	1.47
田植(6条乗用側条)	0.97	1.11	1.11
合 計	3.87	2.83	2.96

注) 無代掻き①: ロータリ耕+代掻ロータ碎土
無代掻き②: 二軸ロータ耕

2) 機械移植精度

現行の田植機利用を前提にY社の乗用6条田植

機（側条施肥）を使用した。ただし、現行の田植機そのままであると移植された後の圃場は、田植機のフロート跡がスジ状に低くなり、その後の水管理や除草効果に影響が出るためフロートの横に均平盤を取り付けた。この均平盤はボルトにより簡単に取り外し可能なものである。

中苗利用の経験から移植精度を向上させる方法として「かん水・落水処理」を行った。これは耕うん整地直後にかん水し、全面湛水した後落水して数日間置き、移植前に圃場表面に水がスジ状に見える程度の極浅水かん水をして移植する方法である。

以上の条件での植付精度をみると移植直後は慣行（代掻き）に比べ機械的欠株や浮き苗、埋没苗がやや多い傾向にある。また、活着後の欠株率は慣行より1%程度高くなるが、全体としては3%程度で問題となる数値ではなかった。ただし、作業速度は、慣行移植よりも10倍程度遅くする必要がある。植付深は慣行よりもやや深くなり、草丈の短い乳苗としては移植時に埋没の危険性が大きいと思われる。

表-2 植付精度

	正常植株(%)	*欠株(%)			植付深	活着後欠株率
		機械的	浮苗	埋没		
慣行	98.6	0.7	0.7	0	2.7	2.2
ローラリ+代掻きロータ	94.5	3.3	2.2	0	3.3	3.3
二軸ロータ	97.8	0	0	2.2	3.5	2.2

注) *印欠株率は移植直後

3) 水稲の生育、収量

慣行に比べ茎数が少なく経過し、最終の穂数も少なかったが、有効茎歩合が高まり、穂長も長い。稻体は生育後半まで葉色が青く、枯れ上がりの少ない健全な生育を示した。

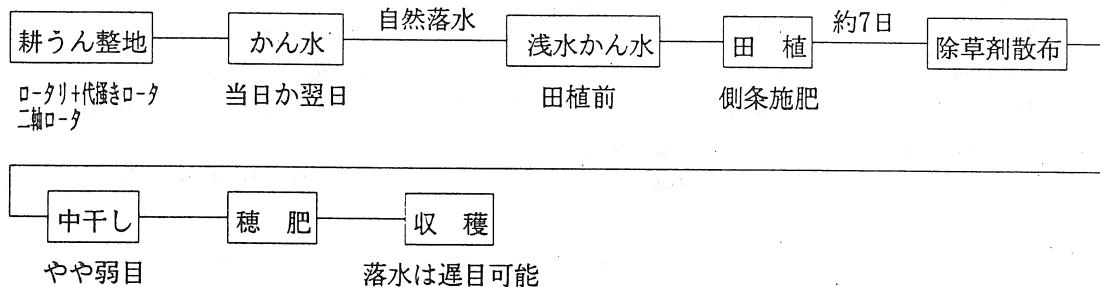
玄米重は555～592kg/10aで慣行と同程度の収量が得られた。

4) 残された問題点

乳苗利用による無代掻き整地移植栽培は1994年単年度のみの試験であるが、田植機に若干の改良を加えることでほぼ可能とみられた。しかし、当該年は比較的気温の高い年であったことに加え、碎土率の確保しやすい圃場条件であった。

今後は高速田植機への対応、施肥法、病害虫防除、水管理など年を重ねて検討する必要がある。

図-1 無代掻き整地移植栽培の作業体系



〈新技術コーナー〉

キャベツ収穫機の実証試験

小野寺

徹*

はじめに

秋田県の生産農業所得に占める野菜の割合は10.9%で、作付面積は昭和60年をピークに減少している。また、稻单作地帯のため第2種兼業農家率は64%と高く、農業就業人口の54%を60歳以上が占めている。このため、野菜生産の課題として、省力化、軽作業化による労働改善、転換畑を利用した作付規模拡大による出荷量増大が上げられる。

秋田県では、野菜生産の機械化をこれら課題解決の重要な対策の1つと位置付け、キャベツ、ネギ等機械化実証試験を現場と共同で実施している。今回は転作作物として重要なキャベツの機械収穫試験について紹介する。

1. 供試キャベツ収穫機の特徴

全自動収穫機：キャベツの引き抜き、茎切断から後部コンテナの搬入まで自動である。このためオペレータは操舵に専念でき、労働負荷は比較的軽い（図1）。

半自動収穫機：引き抜き、茎切断は収穫機で行い、仕上げ切断はオペレータが行う。走行は、うねに追従する方式である（図2）。

2. 結果

切断面から判定した出荷可能割合は、全自動収穫機で92%，半自動収穫機で全量出荷可能となった（表1）。収穫からコンテナ搬出までの10a当たり作業時間は、全自動収穫機が14.4時間、半自動収穫機が17.8時間である（表2）。全自動収穫機では出荷率向上のためカッタを浅切に設定したこと、収穫後に茎の再切断が必要となり、箱詰めまでにはさらに時間を要する。一方、半自動収穫機はコンテナ搬出後すぐ箱詰めが可能であった。

全自動収穫機で僅かながら茎割れが発生したが、その原因は明らかでなかった。

3. 今後の課題

収穫機の有効利用に当たっては、均一な苗作り、収穫適期、栽培様式等の栽培技術の見直しが考えられる。しかし、現場からの要望は数種類の栽培

様式に対応、キャベツ以外の作物に利用できること等、汎用性の高い機械であることが求められている。今後も現場の意見を尊重した開発が必要である。

近年、東北各県でキャベツ収穫機に関する試験が実施されており、関係機関と連携を深めた試験ができますよう、御指導、御協力を願います。

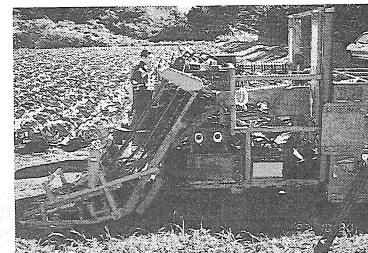


図1 全自動収穫機



図2 半自動収穫機

表1 作業精度

収穫機	損傷球 ¹⁾ (%)	切断茎長 (cm)	平行切り(%)		斜め切り(%)		収穫物の出荷割合(%)	
			a	b	c	d	e	出荷可能 (a+b+d)
全自动	16.0	3.5~3.9	0	54.0	0	26.0	4.0	92.0
半自動	4.2	3.5~4.5	-	-	-	-	-	100

1) 収穫中の落下(落球)、挟まった等。

表2 作業時間(時間/10a)

収穫機	調整	収穫			小計	合計	作業速度 (m/秒)
		実作業	旋回・移動	附帯 ¹⁾			
全自动	0.8	7.8	4.9	0.9	13.6	14.4	0.14
半自動	0.4	11.6	2.3	3.5	17.4	17.8	0.03

1)組入数: 2人。

〈新製品コーナー〉

吸引式精密播種機

武野 節生*

1 まえがき

野菜作は手作業が多く機械化の難しい作業の一つとされてきたが、近年欧米より導入されたセル成形苗（プラグ苗）が機械化・省力化の手段として次第に脚光を浴び、現在急速に普及しつつある。（図1参照）

これらの状況を踏まえ移植技術と併行して開発されたのが「マイコン形播種プラント（YVMP-130）」である。

以下その概要について説明します。

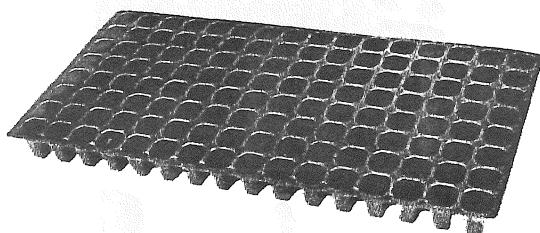


図1. セル成形苗用トレイ 30-128

2 主な特長と主要諸元

外観図を図2に、主要諸元を表1に示す。

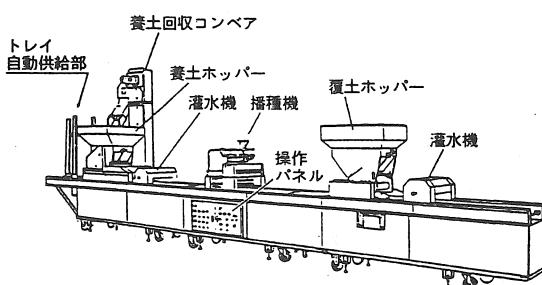


図2. 播種プラントの外観図

表1. YVMP-130 主要諸元

機 体 寸 法	全 長 (mm)	7000
	全 幅 (mm)	1040
	全 高 (mm)	2300
質 量 (kg)		610
播 種 方 式		真空吸引方式
適 用 種 子		裸種子・コート種子
播 種 ト レ イ		ヤンマー用トレイ(25口・30口)
使 用 養 土		ヤンマー野菜養土
制 御 方 式		シーケンス制御
電 源		3相200V, 1.2kW
播 種 能 率 (箱/hr)		125箱(25口)・145箱(30口)
播 種 精 度		欠粒1%以下(球状)

主な特長として

- (1)播種の一貫作業が全自動で行える。
- (2)裸種子、コート種子、いずれも播種できる。
- (3)吸着ノズルの加圧清掃を行う為詰りが少ない。
- (4)種子ホッパーの回動回数の変更（2回にセッ
トすると、ノズルが種子ホッパーに挿入され
たまま、種子ホッパーが2回回動し、吸着精
度が上がる）および、ノズルの加振を採用す
ることにより余分な種子がふるい落とされ、
1粒の吸着精度が高い。
(図3の6行程目を参照)
- (5)種子の変更に伴うノズルの変更が容易。
- (6)鎮圧した養土の凹みに播種されるため、苗が
セルのほぼ中央となる。
- (7)2粒播種もスイッチ1つで変更できる。
等が挙げられる

3 構造と機能

播種の各作業行程は、図2の外観図の左から右に進み、育苗箱にトレイが収納された状態で

- (1)始動スイッチによりトレイが供給される。
- (2)次に充填部においてトレイを検出し、養土
が充填され、ロールで鎮圧後、回転ブラシ
でトレイ表面を均平にする。
- (3)灌水部で充分灌水された後、次のトレイが
供給される。
- (4)種子を埋没するための凹み（鎮圧）をつけ、

その凹みに合わせて2列ずつ播種される。
(播種行程は後述する)

(5)鎮圧・播種後、再度トレイの搬送を検出し
て覆土および覆土灌水を行い播種一連の作業が完了する。

播種部の作業行程を図3に示し、計8行程でトレイの各セル2列分の播種を行う。

トレイの搬送と2列毎の播種サイクルは同調して行い、約2秒間で播種サイクルは完了し、順次これを繰り返して播種する。

又、播種サイクルの時間短縮により能率は向上するが、反面播種精度は低下する傾向にあり精度を保って能率を向上するには、播種する列数を増やすことが得策と考えられる。

1粒を確実に吸着するいわゆる吸着精度は、吸着する負圧、ノズル穴径(キャベツの場合は0.6φ)、種子の大きさ・重量・形状等に左右されるが、大きな要因となるのはノズル穴径である。

次に、吸着精度の試験結果を図4、図5に示す。

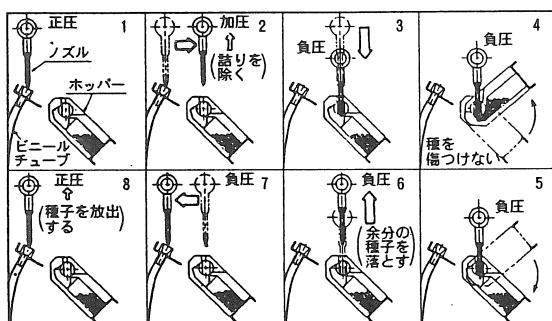


図3. ノズルの作動工程

図4は吸着する負圧が高いと欠粒は減少し2粒以上が増加する。図5はノズル径が大きいと欠粒は減少し2粒以上が増加する等を各々示している。

一般に丸い種子は精度が良く、偏平・細長になる程、精度が悪くなる。

以上より、マイコン形播種プラントYVMP-130の優れている要因として、2列ずつ播種する為、サイクルが長いこと、及びノズルの作動行程中に加振を行い余分な種子をふるい落とす事等が考えられる。

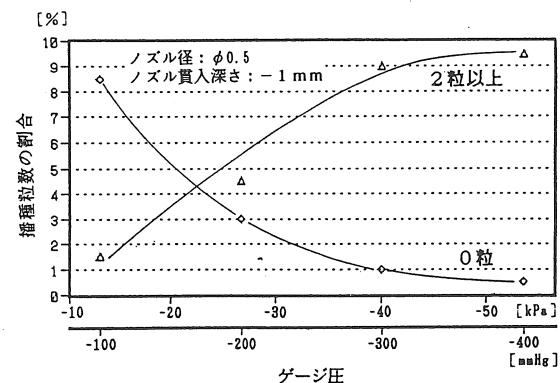


図4. ゲージ圧と播種粒数割合 (ナス)

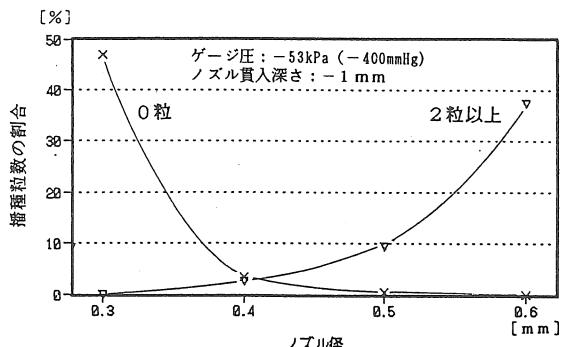


図5. ノズル径と播種粒数の割合 (ナス)

4 今後の課題

偏平・細長等の異形種子の吸着精度は、なお改善の余地があり、種子価格の上昇と相まって終局はこれらの異形種子を確実に1粒ずつ播種できることが望まれる。また能率、取扱性の向上等の課題は多く、今後とも改善して行く必要がある。

〈海外報告〉

アメリカ農業豆知識

佐々木 邦男*

Pieces of Information on American Agriculture

Kunio SASAKI

筆者は昭和31年以来、今まで30回に及ぶ海外渡航歴を持つ。その大半はアメリカに集中しているが、その外にもヨーロッパ8回、中南米3回、東南アジア2回、オセアニア2回などが含まれる。

これらの経験を踏まえて収集した資料をもとに、平成5年10月から週1回のペースで河北新報に海外農業豆知識のタイトルで執筆中である。今回、編集幹事より急な投稿依頼があったので、とりあえずそのアメリカ編の一部を紹介することで責を果たしたい。

1. 単位

アメリカ農業視察の際に、日頃聞き慣れない単位を並べられて戸惑うことが多い。そこで、現在、アメリカ農業で使われている単位について紹介しよう。

先ず距離はマイル (mile \approx 1.6km)、従って速度も時速何マイル (mph) で表される。株間やうね幅の長さはインチ (inch \approx 2.54cm)、フィート (foot \approx 30.5cm) で数字の右上にそれぞれ「」」「」印がついている。この単位は高さや水深を表す場合にも用いられる。

面積はエーカー (acre \approx 0.4ha)、農薬などの重量やコメの収量にはポンド (lb \approx 450g)、それが大量の場合はハンドレッドポンドウェート、つまり百ポンド重 (cwt \approx 45kg) が用いられる。小麦などの穀物にはブッシュル (bushel \approx 35.3l) が用いられる。ガソリンなどの液体はガロン (gallon \approx 3.8l) である。

野菜類は段ボール箱詰めされるのでカートンで示される。1カートン当りの重量はまちまちで、セロリ27kg、キャベツ、レタスは22.5kg、トマト、

芽キャベツは11.3kgとなっている。袋詰めの場合はサックで呼ばれ、ニンジン、タマネギは22.5kg入れである。

以上のようなアメリカ農業で用いられている単位をつかんでいれば、それこそ、知った得情報となって現地で戸惑うことなくなる。

2. バアレー

アメリカ農業の視察で、農業地帯や産地の説明を受ける際、何となくバアレーという言葉が出てくる。中学校時代に習った英単語のバアレーは谷間であったから、産地のイメージに直接つながらず、戸惑う人が多い。それもそのはず、現地ではバアレーは平野を指しているのである。

例えば、カリフォルニア州の州都、サクラメントからロサンゼルスまで幅約200km、長さが約600kmの大平野が横たわっている。これがセントラルバアレーと呼ばれるもので、水田、綿畑、牧草畠、アーモンド等の果樹園、それに酪農や肉牛農場など、多様で多彩な農業地帯が広がっている。

この外、サクラメントバアレーといえば米作地帯、サリナスバアレーといえば野菜産地の代名詞となる。そういえば、このサリナスバアレーは俗にアメリカのサラダボウルと呼ばれる程の全米一、否、世界一の野菜産地で、約12万haもの野菜畠が広がっている。今年、日本は記録的な高温と乾燥気候に見舞われ、コメのみならずレタスやスイカなどの青果物を大量に輸入したが、その多くはこのサリナスバアレーからであることを知る人は少ない。12万haといえば、ほぼ宮城県内の水田面積に匹敵する広さである。だから、そのスケールは谷間などといえる代物ではない。なにしろ、

カリフォルニア州の面積が日本全土の約1.3倍にも相当するから、そのスケールは推して知るべしである。バレーはゆめゆめ谷間と思うなかれである。

3. 経営農地面積

アメリカの農家数も例にもれず、年々、減少を続けている。過去10年間に約31万戸もの農家が減少して、現在、209万5千戸まで落ち込んでいる。

同様に農地面積もスプロール化によって、約1,909万2千ha減少して、現在、全米の農地面積は約3億9,200万haである。

一方、1農家当りの平均経営農地面積は、農家数、農地面積の減少とは逆に漸増傾向がみられる。過去10年間に16.2ha増加して、現在187.2haとなっている。これは農地面積に比べて農家数の減少割合が大きいため、結果的に一農家当りの平均経営農地面積を押し上げたことによるものである。この経営農地面積の中で、小作地の占める割合は12%である。

アメリカでは、倒産する農家は珍しくない。その際、倒産農家の農地は大資本の企業に買収されるケースが多い。だから、中西部の農村には、農業が残っていても、ガソリンスタンドやスーパー、マーケットの廃屋だけが残っていて、ムラが消えている現実がみられる。

その上、森や林までが農地に化けてしまって、国土保全の面に喘ぎが感じられる。生産性一本やりの規模の論理に基づくアメリカ流農業のデッドロックが見えている。従って、規模は自然と共生できる程々でよいことも知っておくべきであろう。

4. 農地価格

アメリカの農地価格については、案外、知られていないので、1992年3月現在のホットな知り得情報をお届けしよう。ただし、為替レートが常に変動しているので、価格はドル表示のままとする。

全米の平均農地価格は、かつて穀物景気に沸いた1970年代後半からジリ高となり、82年には10a当り206ドルの最高値を記録した。だが、旧ソ連軍のアフガン侵攻でアメリカ政府は対ソ穀物禁輸の制裁措置をとったため、それ以後の農地価格は

下落の一途をたどり、俗に灰色の80年代といわれたものである。しかし、89年から再び上昇に転じている。

また、州によっても大きな差があり、大都市ニューヨーク市に隣接しているニュージャージー州は、とりたてて農業州と呼べないにもかかわらず、全米一の10a当り1,110ドルとなっている。全米で最も安い農地はワイオミング州で、驚くなれば、たったの35ドルである。全米の平均農地価格は10a当り175ドルであるから、全国農業会議所が平成5年2月に発表した10a当りのわが国の水田の平均価格約180万円に比べたら比較にならぬ安さである。現在は更に円高が進んだので、その格差はなおさら拡大している。ちなみに、最大の農業州であるカリフォルニア州の農地価格は、10a当り441ドルとなっている。

なお、日本のように田畠の地目の違いによる価格差はみられない。むしろ、肥沃土と土性が重視され、一般的には粘性土が高く、砂質土が安いという傾向がみられる。

5. 農家収入

アメリカ農務省による農業センサスの取り方が1989年から変わったので、90年現在の農家収入について、収入金額のランクごとの農家割合を紹介することにしよう。

先ず、10,000ドル以下の農家割合が6.6%，10,000から15,000ドルが8.2%，15,000から25,000ドルが17.8%，25,000から35,000ドルが18.6%，35,000から50,000ドルが21.5%，50,000ドルから75,000ドルが16.3%，75,000から100,000ドルが6%，100,000ドル以上が5%となっていて、平均農家収入は34,170ドルである。

大規模経営のアメリカ農業というイメージからすれば、この農家収入は意外に少ないと感じ取られる方も多いだろう。ところが、経営者にはこの農家収入のほかに、監督者ないしは技術者として、最も高い時給単価の労賃収入を別に得ているのである。この労賃は、既に生産費にカウントされているから、農家収入とは別扱いなのである。だから、農家収入のいかんにかかわらず、経営者自身の生活費は保障されていることになる。このよう

に、企業農業では労賃は支払い支出が原則なのである。

この点、労賃を所得としてみるわが国のやり方とは違うので、額面通りに受け止めないことである。データの背景を読むことがいかに大切であるかについては、このようなところでもわかる。

6. 主要農産物

アメリカの主要農産物生産額ベストテンを紹介すると①肉牛（33%）②酪農製品（12.5%）③大豆（8.5%）④トウモロコシ（8.2%）⑤豚（7%）⑥小麦（6%）⑦ブロイラー（4.2%）⑧花き・苗木（3.5%）⑨鶏卵（2.9%）⑩綿（2.4%）となる。そして、全農産物に占める全家畜の生産割合は51.3%，全作物が48.7%となっている。

このように並べてみると、わが国に対する牛肉の市場開放要求がいかに強かったか、その背景をうかがい知ることができよう。また、気になるコメは29位にランクされるマイナーな作物であるが外貨獲得では12位となるので、自由化攻勢のトンが一段と高いのもこの辺にあるとみたい。

これらの農産物の生産州ベストテンは①カリフォルニア（10%）②テキサス（6.6%）③アイオワ（5.2%）④ネブラスカ（5%）⑤イリノイ（4.8%）⑥ミネソタ（4.4%）⑦カンザス（4.2%）⑧ウィスコンシン（3.6%）⑨フロリダ（3.2%）⑩ノースカロライナ（2.9%）となっており、これらの諸州はアメリカを代表する農業州といえる。

ちなみに、全家畜生産のトップはテキサス州だが、全作物は全農産物のトップ同様、カリフォルニア州である。それ故、ゴールデンステートと呼ばれるのである。

7. 農作業賃金

1991年7月現在の全米における農業労働者数は約331万人である。このうち、雇用労働者数は約3分の1を占めているから、この辺にも企業農業の姿を見ることができる。とりわけ、全米最大の農業州であるカリフォルニアでは、年間、22万人余のメキシコ人季節労働者を受け入れている。しかし、ウェットバックと呼ばれる密入国労働者もかなりの数というから、実際には大変な数と見る

べきであろう。ゴールデンステートと呼ばれる富める州の農業の陰に、このような集団の手助けがあるわけだ。

この全米農業労働者の平均時給は5ドル57セントで10年前の約1.5倍に跳ね上がっている。年間の平均農作業従事日数は167日で、この農作業賃金のトータルは5,033ドルである。これを1日当たりでみると、約30ドルの日銭を稼いだ勘定になる。この時給は作業種別によって異なり、圃場作業の場合は5ドル67セント、畜産関係では5ドル32セントとなっている。また、収穫や選別作業は、直接、商品を取り扱う作業だけに時給は高くなる。最も高い時給は、監督者と熟練技術者である。

ちなみに、カリフォルニア米づくりの監督賃金は時給9ドル5セントと高い。アメリカ流合理主義が農作業賃金にも見られて面白い。

8. カリフォルニア米の由来

昨年の大冷害で何かと気になったのが食味で共通するといわれる対岸のカリフォルニア米の動向である。そこで、その情報をシリーズでお知らせしよう。

先ず、今回はカリフォルニア米の誕生秘話といふか、由来を取り上げてみる。その昔、ゴールドラッシュに沸いた折に西部鉄道が建設された。その工事のために多くの中国人労働者が雇用されたのである。ところが、ご飯党の中国人にとっては、パン食ではどうにも力仕事に身が入らなかったらしい。

そこで、現地で何とかコメを調達しようと、南部で栽培されていた長粒種のインディカ米を持ってきて試作してみたが、乾燥気候のため、全然、実らなかったという。ちなみに、カリフォルニア州は4月から11月までが乾期、12月から3月までが雨期なのである。

ところが、1912年ごろ日系移民が日本種の稻を植えてみたところ、見事に実ったという。確か、九州産の「渡舟」という品種だったらしい。これがカリフォルニア米の元祖となったのである。だから、当時、このコメづくりで成功した日系移民も多く、コメ御殿が建ったとさえいわれたそうだ。その代表人物が、ライスキングといわれた福島県

出身の故国府田敬三郎氏である。

このように、カリフォルニア米の元祖は短粒の日本種（ジャボニカ）であり、今も主流となっている中粒種（メディアムグレン）にその血が流れている。今日的コメ事情を考えると皮肉なものだ。

9. カリフォルニア米の栽培歴

カリフォルニア米の主産地はサクラメントバレーである。灌漑水は万年雪をいただくシエラネバダ山系を水源とするサクラメント川とフェザー川などから直接、取水するか、人工ダムに貯水して利用している。ちなみに、州内には約80ものダムがある。

ところが、収穫面積は冬期間の降雨（雪）量によって大きく変動して不安定となる。例えば1987年には201,800haだったが、89年には164,000ha、さらに少雨の年が続いた91年には130,000haまで落ち込んでしまった。年間の降雨量が約500ミリ、それも4月から11月までの乾期はたったの55ミリだから、水がカリフォルニア農業のアキレス腱なのである。

さて、このカリフォルニア米の栽培歴は、冬期間の12月から2月にかけて農業機械の修理や事務処理に当たられる。各農家はショップ（修理小屋）を持っていて、農家自身が機械の修理を行うのである。この点が、わが国稻作農家と違うところである。3月に入って耕起、碎土均平、4月は施肥鎮圧溝立て作業、そして灌水後、空中直播きとなる。5月から8月までは継続灌水、この間、雑草と害虫防除、必要があれば追肥、9月に排水、10月に収穫、穀運搬、乾燥貯蔵、11月には稻ワラ処理、秋耕となっている。貯蔵期間にもよるが、ポストハーベストアプリケーションがとられるし、稻ワラの焼却には州環境保全局の指示に従わなければならない。

このようにみると、移植と直播き、地上作業と空中作業の違いこそあるものの、作季はほぼ、日本と同じである。ただし、乾燥気候のため、イモチ病などの病害防除作業がないのが特徴的である。

10. カリフォルニア米づくり

カリフォルニア米づくりは、基本的には播種床準備と収穫の地上作業と、施肥・播種・防除の中作業とに二分される。

先ず、水田1枚が100m×800mの8ha大区画整形田が多い。これはレザー光線利用の均平機の出現で可能となったもので、これまでの波形畦畔水田から長方形の整形田に変わっているのは、ロスの少ない日本の水田に学んだものといえよう。播種床準備の耕起作業は200馬力クラスの4輪駆動トラクタでデスクプラウ（幅4.2m）を用い、その後の碎土作業はデスクハロー（幅6.3m）で2回掛け、仕上げの鎮圧溝立て作業はライスローラー（幅7.3m）で行う。聞き慣れないライスローラーとは、そろばん玉の形をした直径1m程の鉄輪を並べたもので、これで鎮圧溝立てすることによって、湛水散播した種もみが溝に集まって波浪による種子の移動が抑えられ、覆土も容易となって条播したのと同じ苗立ちとなる。その上、コンバイン収穫の際、デバイダー操作をスムーズに行うことができる。

空中作業は、すべて地域の航空会社への委託作業となる。軽飛行機による播種作業についてみると、48時間浸漬、消毒した種もみがトレーラーで滑走路へ運び込まれる。軽飛行機のタンク容量は1,200kg、1回の散布幅が12m、10a当たりの播種量は約17kgだから、ワンフライトで約7haの面積をカバーする。1日に10回から11回のフライトを繰り返すので、1日当たりの播種面積は70から80haとなる。わが国の移植作業の優に20倍以上の作業量である。

収穫はコンバイン（刈幅5.4m）とグレンカート（もみ搬出車）の組合せ体系がとられる。結局、高能率な地上作業と空中作業が生産性向上に大きく寄与しているといえよう。

〈海外報告〉

1992年国際農業工学会に出席して

太田 義信*

Impression of AgEng' 92

Yoshinobu OTA*

1. はじめに

ECの発足を契機として連体感を持ち始めたヨーロッパ諸国では、農業工学の分野にも波及しており、1992年1月1日にEurAgEng(European Society of Agricultural Engineers)が、フランスのFrancis Sevilla氏を会長としてスタートした。この欧州農業工学会は、歴史の古い国際農業工学会(CIGR)のヨーロッパ支部学会の性格を有しており、1984年に発足してCIGRの組織下にあるAgEng(International Conference on Agricultural Engineering)を発展させたもので、2年毎に各国で国際学会を開催することになっている。

さて、今回のAgEng' 92/Uppsala(1992年国際農業工学会)はCIGRとEurAgEngの共催のもとに、スウェーデン農業工学研究所が主催者である。ストックホルム市の北方70kmに位置する世界でも有数な大学都市ウプサラ市のスウェーデン農科大学を会場にして、1992年6月1日~4日まで開催された。ここでの研究発表が目的であったが、学会の前にドイツに立ち寄り、かつてドイツ留学していた寺尾教授(北海道大学農学部)の案内で、農業機械の研究が盛んなベルリン工科大学では、ゲーリッヒ教授の研究施設を見学し、ペーター先生や大学院生らと討議を行なった。つぎのミュンヘン工科大学では、レニウス教授と森を散歩しながら、広い視野に立ったトラクタの展望や古代ローマの街道について話がはずんだ。また、ドイツ最大のトラクタメーカーであるFENDT社を訪問して、ライター技師とトラクタ開発に関する情報交換を行ない、貴重な技術資料入手することができた。

2. 国際農業工学会について

期 日 : June 1-4, 1992

場 所 : Uppsala, Sweden

主 催 : Swedish Institute of Agricultural Engineering

参加登録者数: 373名(35カ国)

部門別の研究発表課題数	小計	講演	ポスター
Power & Machinery	65	35	30
Buildings	30	15	15
Processing	36	15	21
Ergonomics & Safety	16	9	7
Environment Protection	34	18	16
Sensors, Electronics&Automation	36	23	13
Information Technology	3	3	0
Management&Operating Research	9	9	0
Soil & Water	22	10	12
Energy	13	4	9
Park & Horticulture	37	21	16

Total 301 162 139

発表課題は上記の11部門に分れており、全部で301課題であった。その他に基調講演(Plenary session)が3回(R.O' Callaghan: Decision-Making in Land Use, K.Th.Renius: Tendencies in Tractor Design, Francis Sevilla: What Engineering for the 21st Century Rural Professionalなど)あり、課題別的小委員会(Mini-meeting)が9会場、特別企画委員会(Special Interest Group Meeting)が11会場、ビデオ発表が3課題、植物園での歓迎会(Reception)、スウェーデン農科大学農業工学科およびスウェーデン農業工学研究所の公開見学会(Open Doors at the Technical Departments)、大聖堂でのオルガンリサイタル(Organ Recital in the Cathedral)、ウプサラ城での饗宴(Banquet)、および6コースの見学会(Study Tours)など盛り沢山の催物があった。

参加登録者は総数373名であり、地元のヨーロッパからは全体の80%を占める298名(内訳:スウェーデン116名、イギリス29名、ドイツ26名、フランス24名、オランダ20名、デンマーク17名、イタリ

ア14名、スペイン11名、フィンランド11名、他にポーランド、ノルウェー、ハンガリー、ベルギー、アイルランド、オーストリア、スイス、ルーマニア)、北アメリカからは39名(米国28名、カナダ11名)、アフリカからは17名(ナイジェリア9名、モロッコ、タンザニア、ケニア、ガーナから各2名ずつ)、アジアからは13名(日本3名、インド3名、トルコ2名、中国、台湾、イラン、イスラエル、トンガから各1名ずつ)であった。

講演発表とポスターセッションとの課題数の比率は54:46でほぼ同数となっている。講演発表は8会場において3日間にわたり行われた。講演時間は質問時間を含めて1課題30分と長く、OHPを使用して発表したわが身には骨の折れることであったが、同様なテーマに関心のある研究者同志がじっくり研究成果を聞き合い、討論するような雰囲気であった。

ポスターセッションの方も盛大であり、目を引きやすいように、かつ分りやすいようにポスターの表現法にはよく工夫がされていた。しかもポスターセッションは、講演発表が行われていない時間帯に1時間ずつ2日間にわたり配置されていた。日本の学会発表から見れば、学会全体がゆったりとしたペースであり、午前10時と午後3時に30分間のコーヒータイムがあり、ランチタイムは12:30~2:00まであり、夜は歓迎会やオルガンリサイタル、懇親会が催されていた。

最終日には、第3コースの見学会に出かけた。湖沼の間を貸切りバスは走り抜けて、頑丈な乗用車で名高いボルボの建設機械部門であり、生き残りをかけて米国の異種建設機械メーカーと提携したVME(Volvo-Michigan-Euclide)社を見学した。工場内は撮影禁止となっていて、見学者はトラクタにけん引された数珠繋ぎのトロッコに乗せられて、スピーカーから説明を聞きながら機械製造一組立て工場内を一巡したが、お決まりのコースの所為かあまり印象に残らなかった。その後は野外展示場で、積込み機や車体屈折式のダンプトラックなどの迫力ある実演を見学した。

午後は“Energy Forests”と呼ばれているSalix(柳の一種)の林畠と苗木の定植作業、および収穫機械を見学した。Salixは幹径8mmたらずで長

さ20cmの苗木を植えると、4~5年で幹径が5cm程、樹高が3m位になるshort-rotation forestであり、何度も刈り取って家庭暖房の燃料やパルプ材にする計画であった。国土の半分を占める森林王国のスウェーデンにおいて、リサイクルなバイオマスエネルギーの開発に取組んでいる姿に感銘を受けた。

3. CIGR(国際農業工学会)について

CIGR(Commission Internationale du Genie Rural, 英語ではThe International Commission of Agricultural Engineering)は、パリに本部があり、農業工学とその関連分野を包括する国際学術団体である。第1回国際農業工学会(総合会議)が1930年にベルギーのリュージュ(Liege)で開催されてから60余年の古い歴史を持ち、第2次世界大戦中の一時期を除いて、5年毎に世界各地で開催してきた(1994年以降は4年毎に開催予定)。

また、CIGRはFAO(国際連合食糧農業機関)やUNESCO(国際連合教育科学文化機関)に対して諮問機関の役割を果たしており、総合会議には世界中の研究者、技術者および農学関係者が参加している。

第11回国際農業工学会(1989年)はダブリン(アイルランド)で開催され、41ヵ国、約500名の参加者があった。日本からは12名が参加した。第12回国際農業工学会(CIGR World Congress and AgEng'94 Conference on Agricultural Engineering)は、本年8月29日~9月1日にイタリアのミラノ市で開催された。この会議には、Eur-AgEng(欧州農業工学会)は勿論のこと、ASAE(アメリカ農業工学会)およびAAAE(アジア農業工学会)も主催者となっており、日本からも二十名程が参加したと聞いている。なお、ASAEが期限付きながらCIGRに再入会したので、CIGRは文字通り世界の学術団体である。

AgEng'92の使用言語は英語に統一されていたが、非英語圏諸国からの参加者も多く、不十分な英語でも理解できるような気配りが見られた。また、研究テーマやその内容にも国内学会での発表に関連したものが多く見られ、欧州農業工学会に親近感を抱いた。