

農業機械学会誌にみる研究成果の概要

東京大学農学部 相良泰行

1. 報文の概要

昭和55年度(第42巻1~4号)に掲載されたオリジナル論文(報文)の総数は60編であり、資料・特集として掲載された記事は16編であった。これらの報文をその内容から大まかに分類したものを表1に示した。

表1 報文の内容別分類

項	目	編数
1.	エンジン	1
2.	土(土一機械系, 土一流体系)	4
3.	トラクタ	5
4.	作業機(播種・移植・管理・収穫・運搬等)	18
5.	施設(選果・畜産等)	13
6.	加工(調製・冷凍・貯蔵・物性・乾燥等)	17
7.	その他(システム解析等)	2

報文数から本年度の研究の動向をみると、全報文数に占める施設・加工分野の報文数の割合が増加したことが特徴として挙げられ、この分野では、農業施設を取巻くエネルギーや排気物処理・有効利用に関連した研究、穀類の調製・乾燥と農産物の理工学的特性に関連した基礎的研究が活発に行なわれたことに起因するものである。

本稿では表1の分類に従って、各分野の研究の動向と特徴を概観するとともに、昭和56年度の農業機械学会学術賞および森技術賞を受賞した次の2業績の梗概(農機誌43巻1号)を転載して紹介した。

1. トラクタのすべり率・負荷制御に関する研究; 伊藤信孝(三重大学農学部)
2. コンバインの穀粒自動袋詰装置の開発研究; 鈴木正壯^{*}・江崎春雄^{**}・今園支和^{***}・杉山隆夫^{*}・間中正雄^{*}(^{*} 農業機械化研究所, ^{**} 筑波大学農林工学系, ^{***} 農林水産省畑作研究センタ)

2. 研究の動向と特徴

(1) エンジン

バイオマス利用エンジンの開発研究の一環として、数年来ナタネ油を燃料としたディーゼル機関の運転特性が報告されてきたが、本年度はナタネ油の燃焼性について検討が進められ、軽油と比較して燃焼が早く完了して排気温度が低く、燃焼最高圧力やピストンリングの摩耗量などの点で優れていることが確認された。

(2) 土

畦畔や畝上等を走行する農業用車輛に対する地盤の支持力や沈下量を予測するために、地盤の形状を載頭くさび状無限体や四半ないし半無限体とみなした場合のすべり線解法による支持力解および沈

下現象の有限要素法シミュレーション・モデルが与えられた。また、流体で土壌を破壊するサブソイラの開発を目的として、ノズルで土壌層内に流体を圧送する研究が行なわれ、ノズル口の発生圧力が土壌の空隙率、飽和度、比表面積より推定され、土壌の破壊進行度合を表す破壊時相当ノズル口径が主に土壌の種類、含水率および層高により影響を受けることが明らかにされた。

(3) トラクタ

近年、畑作などに普及してきた深耕ロータリ耕うんにおけるエネルギー効率の最も高い方法として、耕うんづめの回転半径を小さくして耕うん軸を地表面下にし、アップカット耕うんを行う方法が提唱された。また、ロータリ耕うんトラクタの耕深、走行速度を調整してロータリ軸トルクを一定に保つ自動制御法を確立するための研究において、耕うん反力検出部のトルク検出性能、耕うん部昇降速度や不感帯幅などの設定と制御性能の関係が明らかにされた。トラクタの走行に関連して、斜面走行における走行軌跡の理論的解析、平面走行における沈下車輪の横すべり特性および砂丘地における小型トラクタ用着脱式ローラの単一履板に発生する前進力推定に関する研究が行なわれた。

(4) 作業機

播種作業における播種間隔、播種量の正確さは生育・収量に大きな影響を与える。このために、落下種子の検出機構を備えた精密播種機の開発が行なわれ、種子検出に光電式検出法を用いた場合の性能試験結果が報告された。田植機に関連して、苗マットのたわみや分離特性が明らかにされ、また植付け機構の動特性を把握するために、4節リンク機構の運動方程式解およびクランク軸トルクと加速度の周波数分析を用いて、植付け部クランク軸のトルク変動と振動特性に影響する要因とその効果が検討された。

管理機械に関連する分野では、在来の刈払機刈刃の摩耗や刃こぼれ、作業者の疲労や安全性を改善するために、ピアノ線刃を利用する試みや温室内土壌の熱風消毒装置およびバッテリー式乗用運搬車の試作研究が行なわれた。

収穫機の分野では、根菜類収穫機の機構、サトウキビ収穫機とサトウキビ汁の粘弾性挙動に与える機械収穫の影響、茶葉摘採機の刈刃位置の自動制御およびコンバインの穀粒自動袋詰装置に関する研究が行なわれ、収穫作業の労力節減を目的とした実用化のための研究が主流を占めた。また、農用車輛が不整地・悪路を走行する場合に、シートに生ずる振動を吸収するためのアクティブ・サスペンションが試作され、人間工学的見地からその性能が評価された。

(5) 施設

選果場では果実の等級選別に最も人力を要し、選別結果も再現性に乏しく、等級格付けに産地間格差が存在することなどの問題点が指摘されてきた。この等級選別工程の改善のために、習熟理論を用いた選別人の適性判定法が提唱された。他方、この工程の客観的判定法に基づく機械化を目的とし、カキ果実を用いてその光反射特性を選別に利用する試みがなされ、果皮の色調と光反射特性の相関、表面色の判定に適した波長帯、色むらの補正法等、実用化に当って重要な知見が報告された。

畜舎における家畜糞の濾過処理と急速堆肥化に関連して、豚糞および牛糞分散液の濾過特性が測定され、濾過流量の経時変化曲線の形が種々の条件下で把握された。また、牛糞の急速堆肥化の初期段階における仕込含水率と通風量が醗酵温度に与える影響が実験計画法に基づいて検討され、通風量の影響は含水率の2倍であり、両者の交互作用が存在することが確かめられた。

温室におけるエネルギーの有効利用に関連する分野では、温室内の温風暖房による温度むらを解消す

るための有孔ダクトの試作、大粒玉石を利用した蓄熱槽および寒冷地のソーラ・グリーンハウスに用いる2重チューブ式コレクタの集熱特性に関する研究が行なわれた。また、ビニールハウス表面に付着した塵埃を除去するための回転ブラシ式洗浄機が開発され、実用試験の結果、太陽熱の透過率の回復が顕著で洗浄効率も高いことから、市販されるに至った。

(6) 加工

穀物の調製・選別に関する分野では、インペラ型脱稈機の脱稈特性とインペラ内の粃の挙動が明らかにされ、また、回転型米選機の選別機構に関するモンテカルロ・シミュレーション・モデルが提唱され、選別精度や効率の測定結果が示された。この他に、穀殻や穀殻くん炭などの稈皮類を極低圧エゼクタで空気搬送する場合のエゼクタ部における搬送の最適条件が明らかにされた。

農産物の冷凍・流通に関連する分野では、真空冷却装置の凝縮機に氷を用いる場合の所要水量を得るために、単一氷球の減圧下における融解速度が予測され、境界理論に基づく物質移動係数が全圧の関数として表わされること等が判明した。また、青果物の輸送時における振動衝撃加速度の振動数成分が青果物の物理的損傷に及ぼす影響を明らかにするために、イチゴに吸収される損傷エネルギーが評価され、これに基づく振動数を考慮した輸送の再現シミュレーション時の等価加速度が示された。

農産物の理工学的特性に関する分野では、パレイショ試片の外力-変形挙動が線形粘弾性理論によって説明できることが示され、これに適用したマックスウェル型四要素モデルの定数と広い時間帯における緩和スペクトルが求められた。また、ウメ果実の熟度や鮮度判定を機械化・自動化するのに、果実の遅延発光特性を利用する試みや気密容器内の青果物に、ある環境条件をステップ入力として与え、その応答解析よりCA貯蔵条件を得る試みが行なわれ、温度入力による柿とトマトの O_2 、 CO_2 濃度変化を表現した電気回路モデルが示された。

乾燥の分野では粃の胴割れ発生機構や検査法に関する報文が6編を数え、粃の乾燥に伴う品質変化の問題がこの分野の主要な研究課題となってきたことを示している。米粒の乾燥・吸湿過程において米粒内部に発生する熱応力と水分差応力が過大になると割れ目を生ずるものと考え、乾燥過程および乾燥後の割れ率の経時変化が測定された。これにより、乾燥過程における胴割れ発生の主因が水分差応力にあり、割れ率は乾燥開始後4時間でピークに達することが確認された。これらの実験結果に基づき、乾燥過程、放冷過程、吸湿過程および吸湿後の貯蔵過程における胴割れ発生のメカニズムが定性的に明らかになった。この他に、玄米の品種判定の客観性を高め、かつ検査実務の迅速化を計るために、画像処理システムを導入する試みがなされた。ここでは、米粒を斜光照明して胴割れの有無・強弱を光学的濃度差に変換し、さらに画像処理システムで色相に変換することにより、うるち玄米の肉眼による胴割れ検定が容易になることが報告された。

(7) その他

農業生産に關与する気象条件や農作業技術の総合評価は生産の現場や技術導入の段階で重要となる。この評価のための手法として農業生産システムのモデル化とコンピュータシミュレーションによる方法が提案され、気象モデルと乾草を主とする粗飼料生産体系モデルのシミュレーション例が示された。この他に、青果物の卸売市場における競売時間に影響を及ぼす因子が数量化理論によって分析され、その因子を大きい順序で示せば、野菜では曜日、当日入荷量、前日入荷量、買参人数、果実では当日入荷量、曜日、天候、県別産地、買参人数であることが示された。

3. トラクタのすべり率・負荷制御に関する研究

プラウ等けん引型作業機による耕起作業においては次のことを考慮する必要がある。すなわち耕深の変動をできるだけ少なくし、かつ作業機にかかる負荷を極力一定にすることである。前者は耕深制御、後者は抵抗（負荷）制御としてシステム化され、抵抗制御による耕深制御は土壌が比較的均質な場合においてのみ都合よく制御されるが、それ以外では耕深の変動は免がれない。従来の抵抗制御は機械・油圧式がその殆どを占め、構造と機能は次の様である。すなわちプラウに作用する抵抗が土壌条件、土質の変化等により増加すると3点リンクの上部リンクにかかる圧縮力が増し、リンク端部に設置したばねがたわみ、このばねの変位が油圧制御弁を動作させ、作業機を上昇させて耕深を浅くすることにより負荷を減少させる。逆に負荷が減少するとばねは初期値に回復すべく変位し、油圧操作弁は作業を下降させ耕深を増す方向に作用する。従って既述の如く耕深一定のもとに抵抗制御を行うことは土質が均質でないかぎり不可能で、この耕深の変動が抵抗制御の欠点でもある。

本研究はこれまでの機械・油圧方式の抵抗制御にかわり、負荷の検出・制御に駆動輪のすべり率を用い、それをある設定範囲内に維持制御することにより作業機にかかる負荷を制御する自動制御系について究明したものである。

一般にすべり率は無負荷時の駆動輪の移動距離と負荷時のそれとの比較演算により求められるが、動的状態にある負荷の制御としては平均的すべり率は意味がなく、ここでは前輪もしくは第5輪の回転速度からトラクタの実走行速度を、また後輪である駆動輪の回転速度から理論車速を誘導し、両者から瞬時のすべり率を演算し、設定すべり率との比較により前者が後者より大なるときはプラウを揚げ、小なるときは下降させて耕深を変化させ負荷を制御するものである。すなわち従来の抵抗制御が機械・油圧式であったのに比し、本システムは電気・油圧式である。こうすることにより負荷の設定が広範囲に、かつ容易にでき、検出機構と増幅比較演算制御部分を単体装置化でき、また負荷がすべり率としてモニターできるなどの利点がある。本研究ではまずすべり率・負荷制御系の模擬定置実験装置を製作しシステムとしての性能評価を行うべく系の周波数応答、過渡応答、および安定性について検討、考察した。

次に実際のトラクタに試作制御系を装備し、圃場実験にてプラウ耕時の系の挙動を実験にて確めた。その結果、電気・油圧変換部のリレーおよび電磁弁の応答周波数としてそれぞれ10 Hz、3 Hz程度もあれば十分であることがわかった。これはプラウの昇降速度とトラクタ走行速度の関係よりリレー、電磁弁があまり頻繁に作動しても作業機であるプラウがある耕深に位置しているため昇降には若干の時間的遅れを有すること、また信号検出後ただちに作業機が上下動作されるより、いづらかでも時間的遅れを経た後制御される方が耕深変動が少なく、作業の仕上りがよい。すべり率検出用センサーとその位置については前輪と後輪に直接リムに圧着する方法や第5輪に装着する方法が考えられ、本研究ではこれら2方法についても圃場実験し、さらに第5輪の位置をトラクタ横腹部とプラウのコールト後横部の2位置についても検討した。リム方式ではタイヤへの泥土の付着、操舵に伴う車輪周速の変動等により不都合で、プラウに第5輪を装着する方法もプラウの昇降に伴う第5輪の周速度の変動が比較演算処理部以前の信号に悪影響を与えるため、実験段階では正確な測定の関係上第5輪によったが、実用化のためにはセンサーのコンパクト化と前後輪への適確な装置が必要であることを明らかにした。圃場実験の結果、制御系は正常に作動し、あらかじめけん引力試験にて求めたけん引力—すべり率の関係に基づき設定したすべり率の範囲でリレーは作動し、けん引力も設定範囲付近に制

御されており、本システムが抵抗制御としての実用化に十分対処できる可能性があることを明らかにした。

4. コンバインの穀粒自動袋詰装置の開発研究

自脱コンバインは、機能及び運転操作などが複雑であり、自動化の要望が高く、自動操向などいくつかの実用化されている。開発した装置は、最も開発が困難と言われる穀粒処理の自動化に関するものである。

自脱コンバインの穀粒処理法は、袋詰方式が大部分であり、補助者が乗るか、ホップを利用するかの方法で行われる。両方法とも充填量の監視や袋交換などの機構や作業を必要とし、また作業環境は、振動・騒音・粉塵などが多く決して好ましくなく、自動化の要請が高い。

(1) 設計目標

自動的に袋詰されたものには、肥料、飼料、菓子類など数多くある。

これらに利用される袋詰装置に共通の使用環境条件は工場での定置使用、直ちに市場に出荷され、袋の回収、再利用がないことなどであり、コンバイン用にはそのままの形で利用できない。即ち、コンバイン用の袋詰装置は、①移動しながら、②わら屑の混入があるものを、③乾燥までの一時貯留するだけであり、④袋は繰返し利用することなど使用環境条件は全く異なり、技術的に難しい問題がある。そこで設計目標を、次のように定めた。

① 全自動の袋詰装置とし穀粒袋は、繰返し使用することができ、充填量は、30 Kgとする。

② コンバイン装架用の小型軽量のものにする。

(2) 穀粒袋の開発

この装置のポイントは、互いに関連のある穀粒袋とそれに合った機構の開発にある。袋の形が決まれば、その開閉、分離機構などは関連して考案される。逆に、作用の確実な機構が開発されれば、それに合った袋の形も考案される。従って本研究でも両者の開発が平行して進められた。

まず袋の開発では、機械的に開口するもの、自然開口型など10種類以上の試作を行った。これらの大部分は、開口し易いものは漏れ易く、漏れないものは開きにくいという欠点があった。しかし、これらの中で充填穀粒の逆流を利用して閉袋するPP製の袋によって欠点を解消できた。この袋は、袋の側面内側に筒型のフラップを設け、このフラップを通して流入させ、逆流する穀粒は、フラップの変形により漏れることはない。すなわち穴のあいたポケットのようなものである。充填量は、約30 Kgとし穀粒の排出は、底部のファスナーによって行なった。フラップのサイズは、長さとの比を0.6以上にとれば、どんな取扱いを受けても漏れることはない。

(3) 機構の開発

袋詰機構は、空袋保持、袋分離、移送、開袋、充填・計量、閉袋そして排出の各機構を必要とする。これらを組合せれば自動的に作用するが、各機構が単機能では大型となり、かつ確実性のないものになる。開発に当っては、複数の機能を一つの機構で行うように留意した。例えば、先端がオーガ形の分離機構では、空袋保持、袋分離、移送、排出の4機能を集約できた。開袋、閉袋作用は前述の袋で解決した。また、充填と計量は、タンクとシュート(袋のフラップに差し込む樋状のもの)によって解決することができた。

充填量の決定のため、重量測定、充填レベル検出など種々試みたが、連続的に流入する穀粒をタンク内でレベル検出し、ロータリシャッタによる排出回数を計数する方法が機能的に簡単で確実であっ

た。

以上のようなオーガ形の分離機構，シュート付計量タンク，フラップ付穀粒袋そして充填促進のための袋加振板を組合せ，シーケンス制御による袋詰装置とした。試作は5号機まで行われ，1～3号機は各機能分析のため室内試験に供試し，前記の機構を持つ4～5号機では市販の4条刈コンバインに装架してほ場試験を行なった。

(4) ほ場試験

運転者が通常行う方法で収穫作業を行った。4号機では約2haの水稲，5号機（4号機に警報装置を付加したもの）では，2条大麦，水稲を合計1.9ha収穫した。その結果，装置の誤動作もなく，良好に袋詰作業を行うことができ，実用化の見通しを得ることができた。特にロータリシャッタ，シュート付のタンクによって計量し排出する方法，フラップ付の穀粒袋は，十分実用に供試得ると考えられる。

以上のような開発改良を通じ，所期の目的であったコンバイン用の自動袋詰装置を開発することができた。