

## 重量果菜類の搬送システムの開発研究

## —農業用省力技術開発—

鍋田芳達\*・井戸泰男\*・村田 勝\*・東家節生\*

Development of the conveyance system of weight fruit vegetables

— Utilization of the laborsaving apparatus for agriculture —

Yosisato NABETA\*, Yasuo IDO\*, Masaru MURATA\* and Setuo TOUYA\*

農産物の中の重量果菜類（スイカ等）は、ハウス内耕地が比較的狭い作業環境であること、床面が平坦ではなく軟弱な地盤であるなどの悪条件の中で、中腰の姿勢でスイカ700個前後を2～3時間で収穫、搬送しなければならないため、農家の人にとって非常に辛い作業である。本研究では、これら従事者の作業の軽減を図るために力仕事を機械にさせる収穫搬送システムを開発した。

当収穫搬送装置は電気もエアも使わずに収穫搬送が出来ることが特長であるため、電源やコンプレッサーもなくまた始末に困る長い電線やエア配管もなく非常にすっきりしており、後の保守点検が非常に簡単である。最終的に電気もコンプレッサーも使わない方式になったが開発途中においては、電気やエアを使った方式も検討、製作、実験もしており、それらとの長所、欠点等も述べながら報告する。

## 1. はじめに

本県の農業統計によれば、スイカに関しては、作付面積2,500ha、収穫量106,500トン、生産額145億円（平成12年度、九州農政局統計資料：表1に示す）と、ここ数年、2位、3位を大きく引き離しての日本一の作物となっている。重量果菜類の中でもスイカの収穫作業に着目することにした。このスイカの収穫、搬送、移載等の作業は、ほとんどが人力で行われているのが現状である。従ってこれら取扱従事者の作業負担の軽減化、省力機械化が課題となっている。また本県スイカ生産栽培農業において、今後ハウス施設面積の増加が予想される半面、農家戸数及び労働力は減少し、高齢化の傾向が一段と進むものと思われる。これらの現状を踏まえ、小型で、安価な、使いやすい農業機器の開発を行うこととした。

初年度において、現地農家ハウスの実態調査を実施したところ、スイカの収穫、搬送、移載等の作業は、ほと

んどが人力であった。中でもスイカの収穫の際、中腰の姿勢で台車に入れる作業は、かなりの労力を要していた。従ってこの作業の機械化・省力化を図ることが作業従事者の負担を軽減化するうえで最も有効な手段であると認識した。そこで把持装置の開発に特に力を入れた。エア・バランサー方式、真空エジェクター方式、簡易吸着方式、簡易機械方式によるものの4種類について考案、試作し、実験を行った。また、収穫されたスイカの運搬、搬送、移載等の作業においても不安定な一輪車での運搬程度では、従事者の作業負担が大きく、アルミ製4輪台車による改善策も図った。

## 2. 現地農家の調査結果

本県のスイカ栽培農家の実状を把握するため、県内の中でもスイカ栽培が盛んなJA鹿本管内の農家ハウス内において、現地調査を実施した。その結果、スイカは、単棟ハウスより、連棟ハウスによる栽培が多いことが分かった。調査区域にある5戸においては、5～10連棟であった。現地スイカ栽培ハウスの形状については、図1に示すとおり、幅5,700mm～6,000mm、高さ2,700mm～3,300mm、奥行50,000mm～80,000mm程あり、入り口の大きさは、幅2,000mm～2,400mm、高さ1,800mm程である。ハウスの中央には、幅500mm～600mm程のあぜ道があり、その左右2,600mm～2,800mmの畝間にスイカが栽培されている。

スイカの収穫、運搬風景を図2の写真で示しているが、スイカは、3～4人で朝7時頃から3時間程かけて、収穫され、その後直ちに市場へ出荷される。ハウス内でのスイカの運搬には、一輪車が使われている。一輪車には、

表1 熊本県のスイカ統計資料

熊本県のスイカ	
作付面積	2,500 ha (全国順位 1位)
収穫量	106,500 t (全国順位 1位)
出荷量	100,100 t (全国順位 1位)
粗生産額	142億円 (全国順位 1位)
H12年度、九州農政局統計資料	

\* 生産技術部

問い合わせ先：nabeta@kmt-iri.go.jp

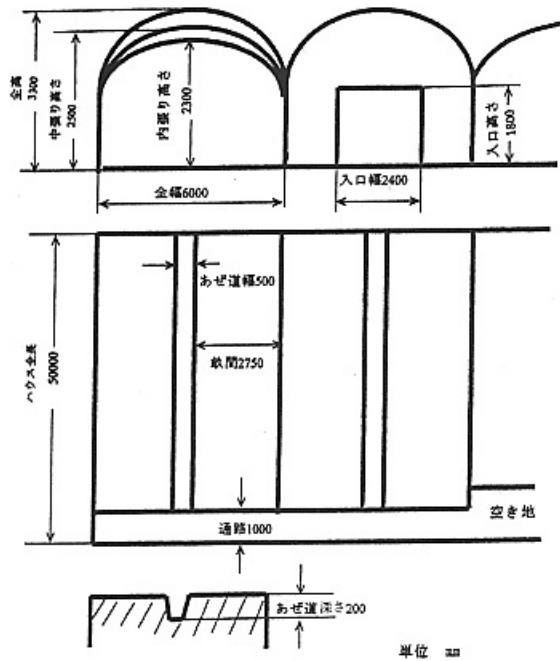


図1 ハウス形状図

1個当たりの質量が7～8kgのスイカを10～11個程、一度に載せて運搬するので、その質量は、80kg前後にもなり、かなりの労力が求められるのである。本研究開発では、できるだけ小型で、軽量、使い勝手が良いもの、更に他の作物にも利用できるよようにという農家から出された要望に対応可能な省力機械の実現を目標とした。

### 3. スイカ収穫搬送装置全体の概要

スイカの収穫をなるべく楽にするため、必要な部分には機械装置を持ち込み無駄な力は使わないように工夫した。その装置を図3に示す。<sup>2)</sup>

当装置は装置全体を移動させるスライダー部、把持装置をスイカの近くに持ってくるアーム部、最後にスイカをつかむ把持装置部からなっている。当装置には、電気やエアが全く使われていないため、装置の近くにモータ



図2 スイカ収穫風景

ーやコンプレッサーが無く、また電気の配線、エア配管もなくすっきりしている。

このことは、動力が来ていないハウスにも取り付けが可能であり、後のメンテナンスも非常に簡単であるなど当装置の大きな特長になっている。

以下、それぞれの部分について説明する。

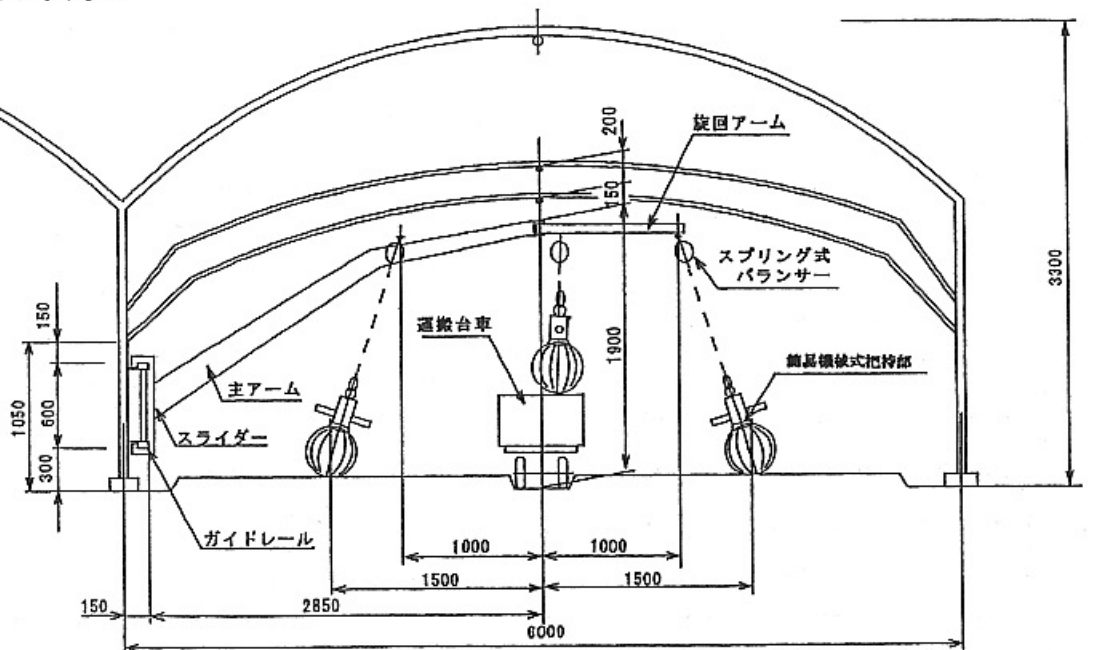


図3 ハウス内の搬送装置概観図

### 3.1 把持部

まず、スイカをつかむ把持装置であるがその原理は図4に示す。この装置は、てこの原理を使ったもので上か

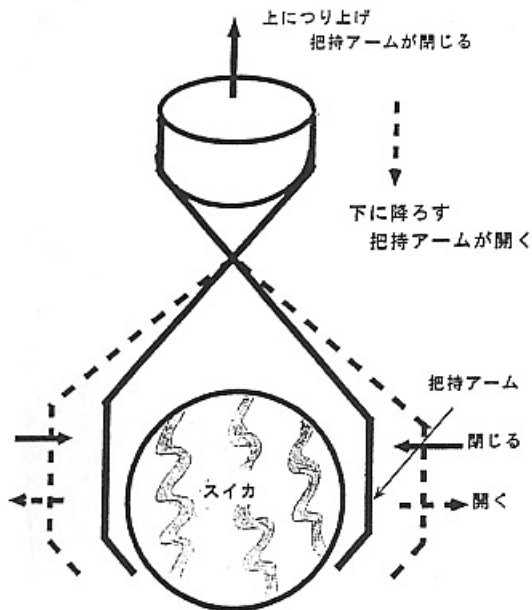
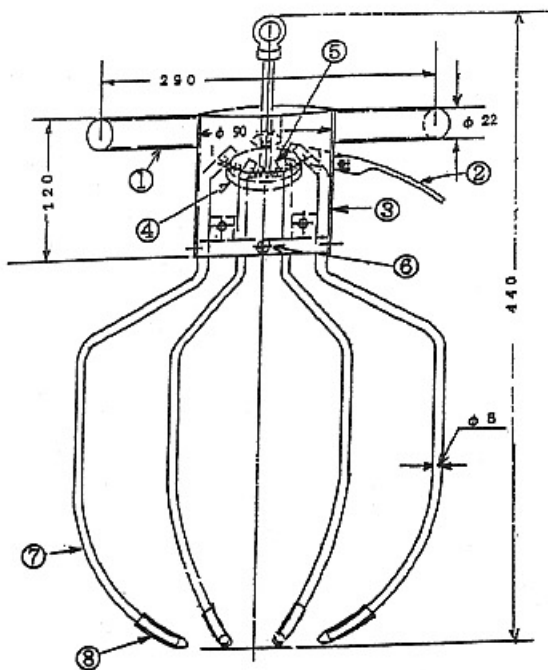


図4 把持装置簡易機械原理図

らの引っ張り力がかからないとアームは開き、上に引っ張るとアームが閉じスイカをしっかりと把持するようになっている。この方式によりスイカはしっかりと把持され宙に浮く。そしてスイカが収納ケースに収まった場合は把持装置簡易機械方式概略図5の2の開放レバーを下げ



- ① 握り金具
- ② 開放レバー
- ③ 駆動カバー
- ④ 開放スプリング
- ⑤ 把持カム板
- ⑥ 溝付ピン
- ⑦ 把持フック
- ⑧ 先端キャップ

図5 把持装置簡易機械方式概略図

ることによりレバーは開きスイカは解放される。逆にスイカをつかむときには、アームが開き、スイカを持ち上げるときに（スイカの重量がかかった場合にだけ）アームが閉まることになる。当初はエアーを使ってこの動作を実現したが、開発を重ねた結果、簡単なメカニズムで把持することが可能になりシンプルな装置となった。<sup>1-6)</sup>

### 3.2 機械式バランサー（スプリング式バランサー）

把持装置の上にスプリング式のバランサーを取り付けているが、これもまた省力化に大きく役立っている。一般には、バランサーは、エアーを使ったものがほとんどであり、非常に使い易いが、当機械式バランサーはスプリングを使っており、例えば50Nの力にセットしておけば50Nのスイカはスプリングの力50Nで上に引っ張られるので重さは感じられない。エアー方式は、前述のとおり、非常に使い易いという利点はあるが装置全体として構造が複雑で重量物となり、エアーを供給するための配管、配線が必要になる等、欠点があるためエアーを使用しない機械式バランサーを採用した。（図6）

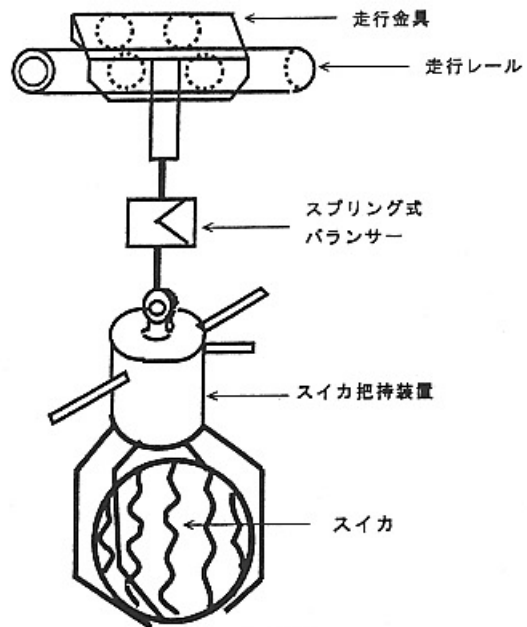


図6 把持装置図

### 3.3 腕（アーム）部

つぎに腕（アーム）の部分であるが、アームがハウスの中央付近まで移動できるようにした。ハウスの中央部分には関節があり、フリーのジョイントを使って、アームの先の方が旋回するようになっている。これはスイカが畑のどの場所にあってもそこに移動可能にするためである。

### 3.4 移動部（スライダ）

主アームはスライダに固定されている。スライダの役目はハウス内を50m～100m水平方向に行き来してハウス全体に当装置を移動させるものである。そのスライ

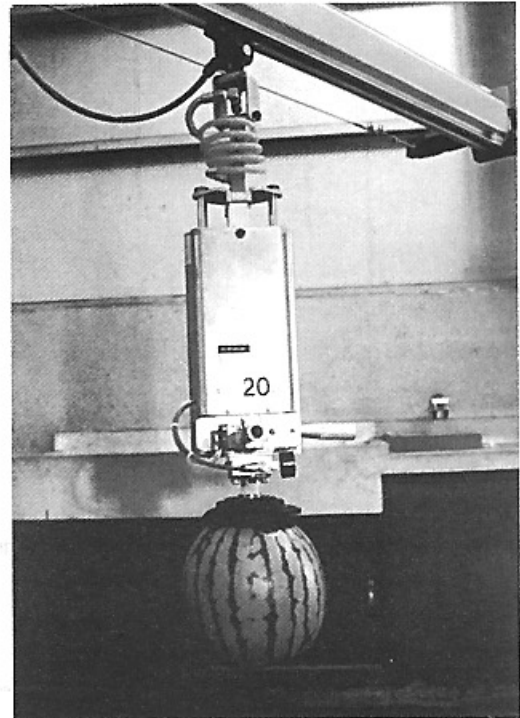
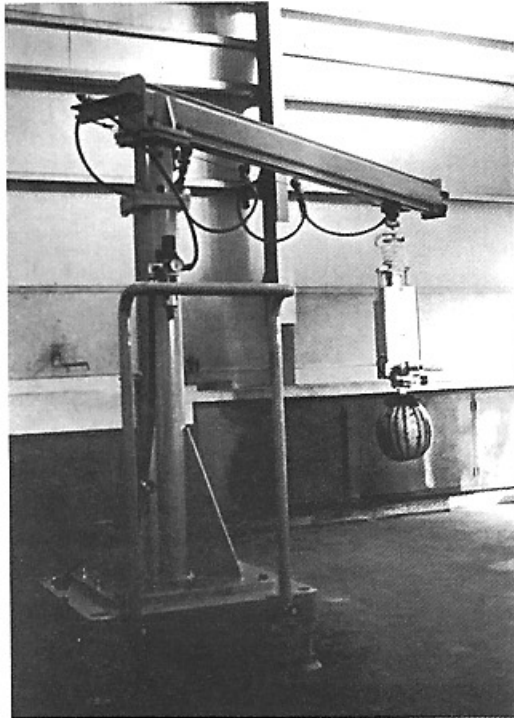


図7 把持装置エアバランサー方式概要

ダーに主アームが固定されておりスライダの移動とともに装置も移動する。当初、装置の移動方式については、天井走行方式を考えていたが、調査の結果、天井のパイプの強度が弱く装置全体の荷重に耐えられないことが判明した結果、天井走行方式は断念せざるを得なかった。そこで装置の移動方式は横（側面）の支柱を利用することにした。横の支柱は径が5cm位あり、間隔も2.5mであり利用するに十分な形状寸法を備えていた。

また、どのハウスにも支柱は必ずあるので、これを利用することとした。スライダは、2.5m間隔の支柱に上下2本のパイプを通し（ハウスの長手方向に一杯）取り付けた。そのパイプをガイドレールとしてスライダを移動できる方式とした。

#### 4. 把持装置の試作経過

##### 4.1 エアバランサー式

エアバランサーを利用した把持装置は工場等での搬送・運搬作業に一般的に使用されているものでスイカ用として改良、試作したものである。この試作した装置については図7に示している。吸着と、重さを感じることなく動作ができること等、その性能は優れてはいるが表2の比較表でも判るように、装置がかなりの重量物となり、現地ハウス内での利用は困難であり、スイカ用としての採用を断念した。

##### 4.2 真空エジェクター方式

当方式の装置は、エジェクターで真空を作り吸着パツ

ドで、スイカを吸い付けるものである。エジェクターの回路は図8のとおりである。この装置はかなり強力に吸い付けるのでスイカの重さには十分耐えることが出来る。<sup>3)</sup>

この方式は確実に吸着できるのでスイカにとっては安全であるが、前述のエアバランサー式と同様に装置費がかかる。電源、コンプレッサーに対する電線、配管の引き回しが長いなどの欠点があり、実験したまでに止めた。

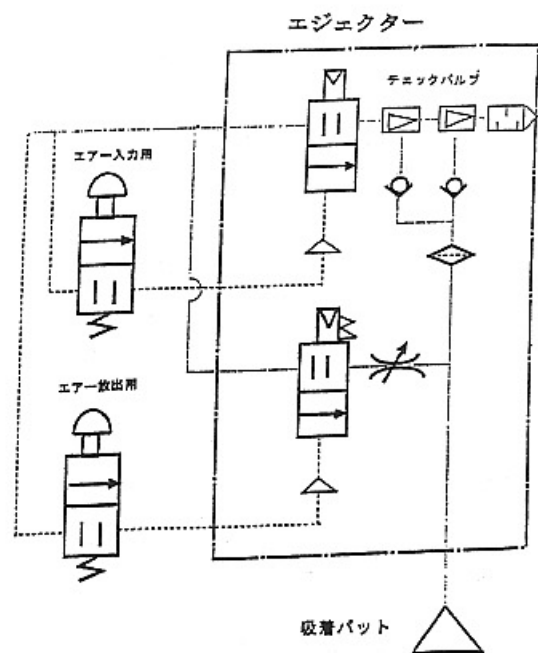


図8 把持装置エジェクター回路図

#### 4.3 簡易吸着方式

当方式は電源、コンプレッサーもいらず簡単に真空を作る方式である。その仕組みは図9、実際の形状図は図10のとおりである。まず吸着パッドをスイカに押し当てる。するとチェックバルブから吸着パッドのエアが抜け吸着パッドは圧縮される。つぎにスイカを引っ張り上げると、吸着パッドは膨張しようとするが、どこからもエアが入らないため、パッドの中は負圧になり、よって吸着力が発生し、スイカを吸着する。

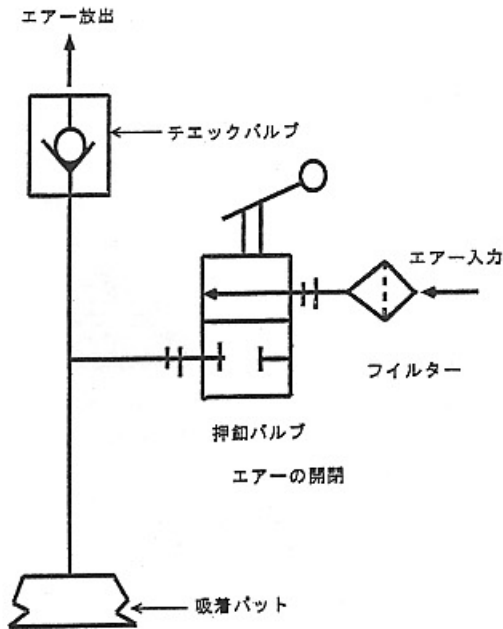


図9 簡易吸着エア回路図

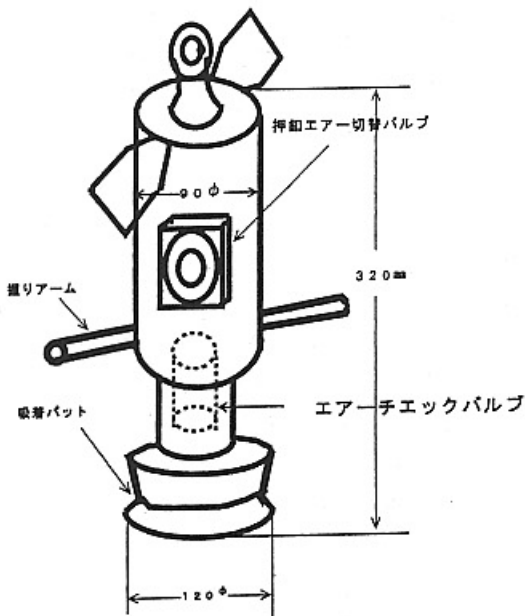


図10 把持装置簡易吸着方式概略図

ここで問題になるのは、スイカに歪みがあると隙間から吸着パッド内にエアが入り込むことがある。その結果

吸着力が発生せずに、スイカが落ちる場合がある。また、余り歪みがない場合でもスイカの表面に、ほこりがついていているような時には、十分な吸着力が発生せずスイカが落ちることがあり、スイカの把持装置としては不適であった。図11に実物を使った吸着風景を示す。

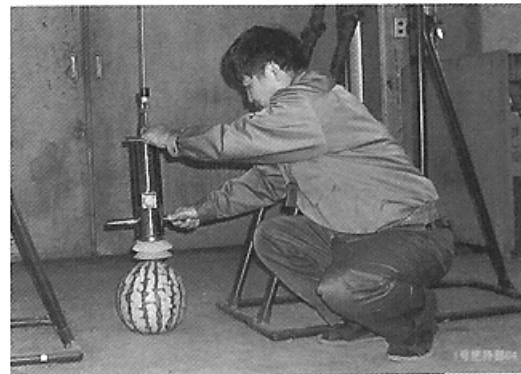
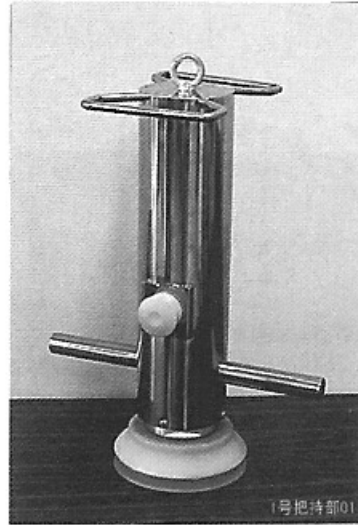


図11 把持装置簡易吸着方式概要

#### 4.4 簡易機械方式

先に述べた3つの方式は欠点が多く、スイカの把持装置としては、採用できないことが判明した。そこで純然たる機械方式を考案し採用することとした。

当方式については、前述にある装置全体の概要3.1把持部の中で述べており、原理等については、省略し、この構造、機構について説明する。

機械方式の構造は、直径90mm、高さ120mmのステンレス製円筒状パイプの下方に下記の把持アームを取り付けることとした。直径8mmのステンレス製パイプを指でつかむような形状になるように少し彎曲に加工したものを把持アームとして、円筒部品の下端部に円周4分割の間隔で把持アームを4本取り付けた。把持アームの最大開閉幅を80mmとなるように、手動開閉レバーの操作で加減し、スイカの把持を行うこととした。簡易機械装置本体部の大きさは、全高440mm、全幅350mmであり、また質量は、

2.0kgである。

簡易機械装置本体部の写真を図12に示す。

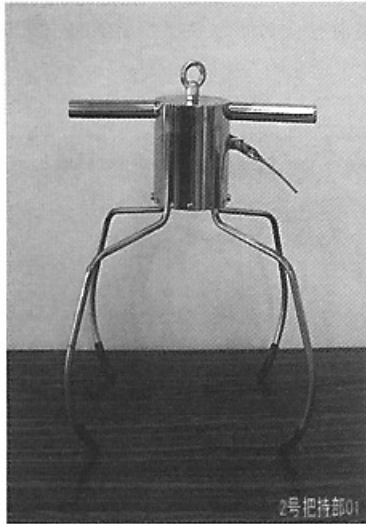


図12 把持装置簡易機械方式概要

## 5. 運搬走行機器の試作概要

### 5.1アルミ製4輪台車の試作

ハウス内通路の運搬用としてアルミ製の手動式運搬台車を試作した。直径210mmのゴム製タイヤを600mm間隔に、前後2本ずつ取り付け付けた。左右のタイヤ幅について200～500mmの間隔の調整ができるようにした。この調整幅は、あぜ道の間隔が500mm程あるために、それに対応できるようにした。台車の大きさは、全高800mm、全長1,100mm、全幅490mm、質量は、8.8kgである。試作した4輪台車の写真を図13に示す。

### 5.2天井フレーム走行実験用取付金具の製作

今回は天井走行方式は断念したが十分な強度がある場

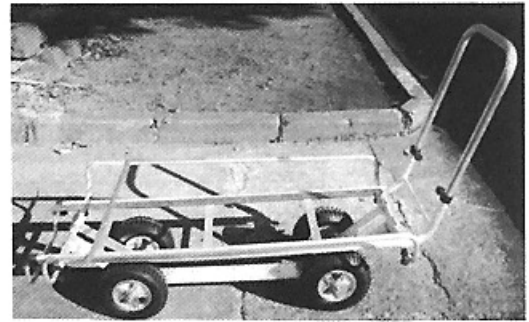


図13 アルミ製4輪台車

合は天井走行方式も十分利用できる。そこで天井走行方式について実験を行ったので報告する。

ハウスの天井固定用フレームに走行用レールを取り付けて、このレール上に把持装置を移動させる機構とする

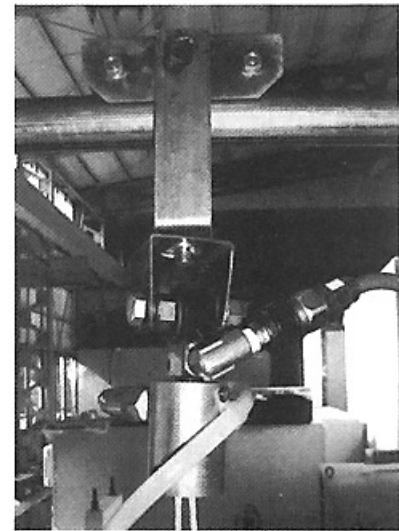


図14 取付金具概要

ための取り付け金具について試作した。この金具は、レール上から容易に脱着可能な構造にした。この金具の概要については、図14に示す。

金具は、コの字型の直方体形状（長さ120mm、幅42mm、高さ50mm、厚さ1.5mm）の鋼製枠の中に4個の車輪（直径26mm、幅6mmシリコン樹脂製）を組み入れ、この車輪でレール上を走行させることとした。この鋼製枠に把持装置を固定した。スイカを収穫する際に、畝間のスイカの地点まで把持装置が容易に移行することが必要である。そのために走行レール上から垂直に把持装置を吊り下げ、その状態から左右に60°程、傾斜させても無理なく把持装置の動作ができるかという確認を行った。結果は良好であった。動作確認の実験図を図15に示す。

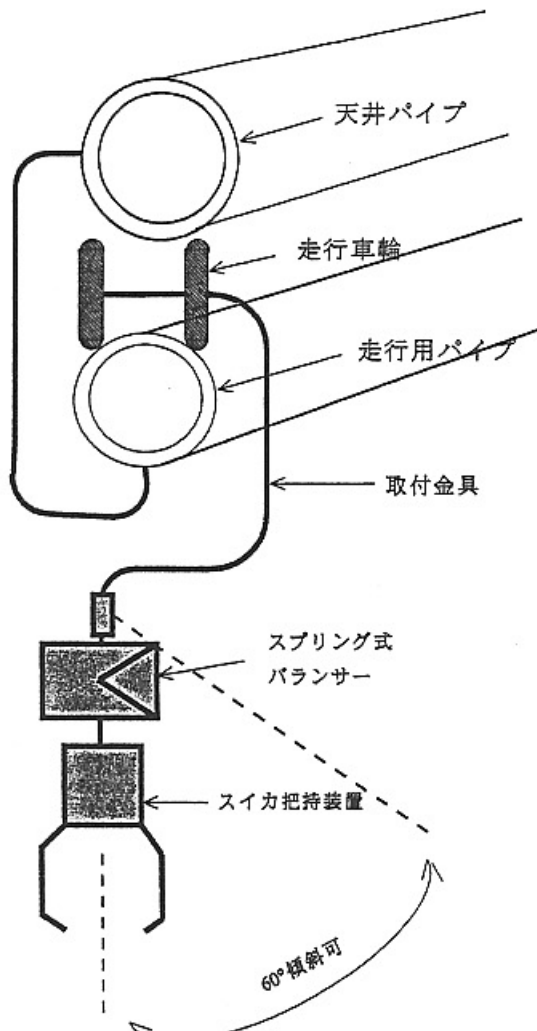


図15 把持装置の動作確認実験図

6. 試作の結果と考察

- (1) 空気圧利用によるエアーパーランサー方式及び真空エジェクター方式は、把持する能力は確実にスイカの小玉、大玉という大小には関係なく能力の差異はなかった。把持能力の判定は、スイカを吸着パットで吸着後、1分間放置し、脱落するか否かを観察した。十分な把持能力は確認できたものの、エアークンプレッサーを動力源とするため、ハウス内にエア電源、エア配管等の設備を必要とし、設備費の負担が大きい。
- (2) 簡易吸着方式は、ハウス内にエア電源、エア配管等の設備を必要とせず、設備費の負担が軽減できるものとして考案した。しかし、吸着力が弱いためスイカの重量が5kgを越えると把持できず、簡易吸着方式での実用化は、困難であることが判った。
- (3) 簡易機械方式では、スイカの重量による能力の低下はなく、試作した把持装置の中では、表2の比較表からも判るように、最も小型化・軽量化を図ることができた。

表2 把持装置4方式の比較表

仕様	方式	エアーパーランサー	真空エジェクター	簡易吸着	簡易機械
駆動方式		エア	エア	エア	スプリング
本体部重量 (kg)	1号機	15.4	1.4	2.7	2.0
	2号機	11.2			
1分間把持耐久時間		良好	良好	不可	良好
電源		有り	有り	不要	不要
コンプレッサー		有り	有り	不要	不要
試作価格 (万円)	1号機	125.0	8.0	27.0	17.0
	2号機	85.0			

しかし、把持アームの開閉（内部スプリング部位）がどの程度の頻度に耐えられるかが問題であり、商品化後の課題となる。

- (4) ハウスの天井固定用フレームに走行用レールを取り付けて、このレール上を移動させるための把持装置取り付け用金具は、脱着可能な機構としており、利便性、軽量化を図ることができた。
- (5) ハウスの側面支柱を利用した把持装置の取り付けについては、今後、モデル機を使って操作性、利便性、耐久性等について検討する必要がある。

7. まとめ

試作した搬送システムの特長をあげれば次のとおりである。

- (1) 把持装置の中で最も小型化・軽量化・低コスト化を図ることができたのは、簡易機械式であった。また、電源や、コンプレッサー等を不要にできたことが大きな特長といえる。
- (2) フレームに把持装置本体を取り付ける金具は、取り付け、取り外しが容易にできるように脱着可能なものとした。
- (3) ハウス内での把持装置の使用は、側面支柱を利用する方が安全で確実な作業ができる。
- (4) ハウス内での運搬作業は、一輪車よりもアルミ製4輪台車の方が利便性があり、作業の軽減も図れる。

最後に本研究では、搬送装置に関していくつかの方法を開発試作したものであるが、蓄積したノウハウを実用化に向けて県内JA管内の生産農家に対して普及を図りたい。小型化・軽量化・低コスト化を更に進めて製品化を行う予定である。

最後に本研究を実施するにあたり御指導いただいた岐阜大学工学部応用情報学科谷和男教授、試作機の設計・

製作に御協力いただいたアイコアルファ(株)、ティラース熊本(株)、F  
oAシステムに対し深謝申し上げます。

#### 文 献

- 1) 二瓶亮・上松正明, ファナックロボットF200の特長  
と適用例, ロボット』128, 日本ロボット工業会,  
p46-50, 1999
- 2) 中山正和, 研究開発の技術, 東京, 日刊工業新  
聞社, p114-174, 1972
- 3) 石川和雄, 真空技術とその物理, 東京, 丸善,  
p81-113, 1995
- 4) 平山直道, 産業機械・装置, 機械工学便覧, 東  
京, 日本機械学会編, 丸善, 220p, 1991
- 5) 平山直道, 運搬機械, 機械工学便覧, 東京, 日  
本機械学会編, 丸善, 215p, 1991
- 6) 江崎春雄, 農業機械ハンドブック, 東京, 農業  
機械学会編, コロナ社, 994p, 1984