

農作業の自動化に関する基礎的研究 (I)

—栽培ボックスとその移動システムの開発について—

宮部 芳照・岩崎 浩一・柏木 純孝

(農業システム工学講座)

平成5年8月10日受理

Fundamental Studies on the Automation of Farming Operations

—On the Development of a Cultivating Box and the Shifting Systems—

Yoshiteru MIYABE, Koichi IWASAKI and Sumitaka KASHIWAGI

(Laboratory of Agricultural Systems Engineering)

緒 言

我が国で消費される野菜の97%は国内で生産されている。その中で栽培施設で生産されている面積はその集約性、経済性の点から年々増加の傾向を辿っており、ガラス室を含めた園芸用ハウスの設置状況を実面積でみると1988年度で約44,881haであり、1984年度対比では約1.2倍になっている^{1),2)}。しかしながら、栽培施設の問題点としては施設内での植付け、管理、防除、収穫作業等が劣悪な作業環境下で行われることが多く、農業従事者の高齢化等とも相俟って施設内作業の自動化、省力化が一層強く望まれている。また、栽培施設において生産コストの低減を図るためには収益性の高い果菜類を含めた多種にわたる作物の栽培技術の確立を図ると共に設備費、光熱費等の低減が不可欠である。

そこで、本研究では太陽光併用式栽培施設において、栽培ボックス平面移動方式を採用した場合の栽培ボックスの開発とその移動システムについて開発研究を行い、若干の知見を得たのでここに報告する。

実 験 装 置

1. 地上移動式栽培ボックス

Fig. 1 に示したように、厚さ12mmの合板で長さ720mm、幅720mm、高さ300mm、重量26kgの地上移動式栽培ボックスを製作した。この寸法は果菜類を栽培する際に最小限必要とされる株間(450mm)、土壌深さ(200mm)、土壌容積(50,000cm³)から決定した。また、栽培ボックスの底面には地上

移動させるためにホイールタイプとボールタイプの2種類のキャストをそれぞれ取付けた。キャストの取付け位置および取付け個数はFig. 1に示したように、株の直下にあたる①点に1個ずつ計4個取付けた場合と②点を含めた計12個取付けた場合の2通

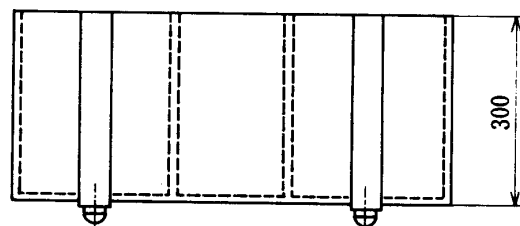
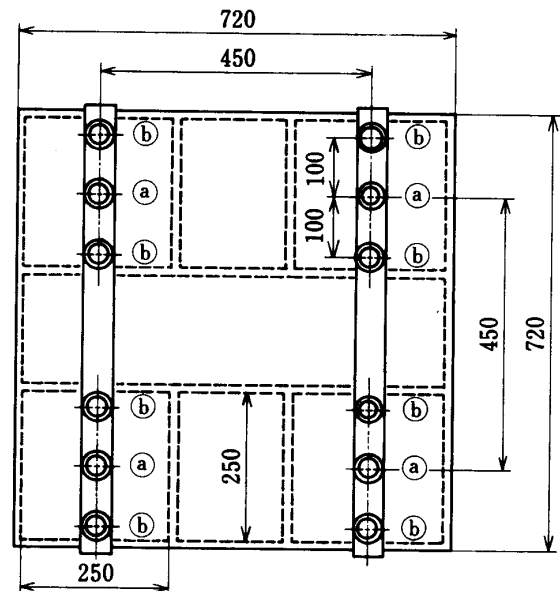


Fig. 1. Ground-shifting-box.

Table 1. Specification of castors

Type	Wheel castor, 420-A	Ball castor, U-8B
Material of roller	Solid rubber	Steel
Approved load	30kg	30kg
Maker	HANMA	KYOU EI

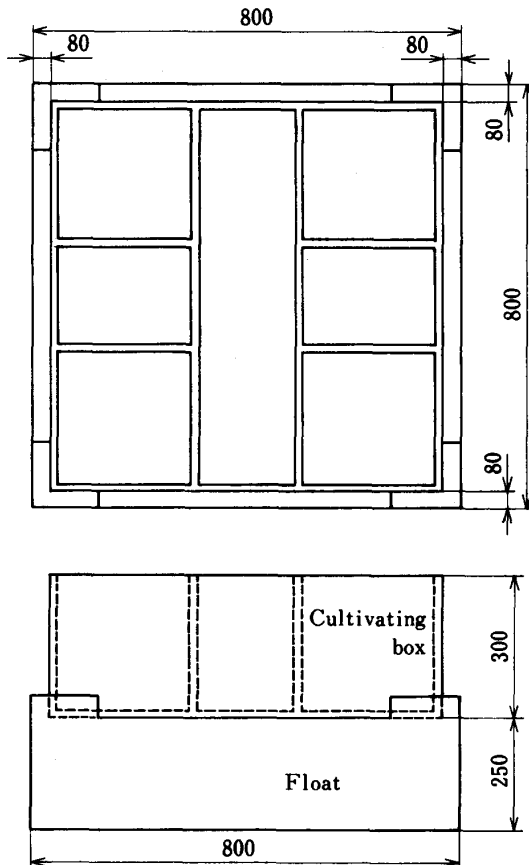


Fig. 2. Aquatic-shifting-box.

りとし、キャスト数の違いと栽培ボックスを移動させるに必要な牽引動力との関係を調べた。なお、キャスト4個取付けの場合は栽培ボックスの最大重量(土壌重量94kg, ボックス重量26kgの場合)に耐えうる最低のキャスト数である。また、今回供試した2種類のキャストの諸元はTable 1に示したとおりである。

2. 水上移動式栽培ボックス

水上移動式は栽培ボックスを水面上に浮かせて移動させる方式のものであり、Fig. 2にその形状、寸法を示した。水上移動用フロートには長さ800mm、幅800mm、高さ250mm、重量1.5kgの発泡スチロールを使用し、その上に前述の地上用栽培ボックスをキャストを取除いて搭載固定したものである。

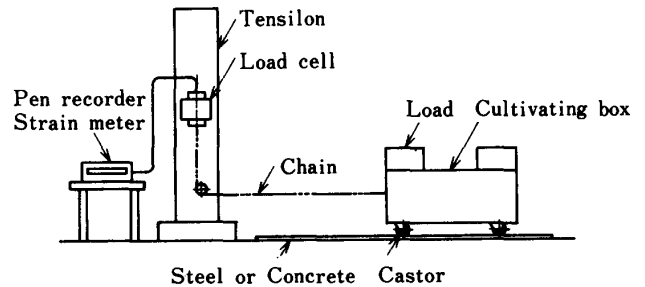


Fig. 3. Measuring apparatus of tractive horse power of ground-shifting-system.

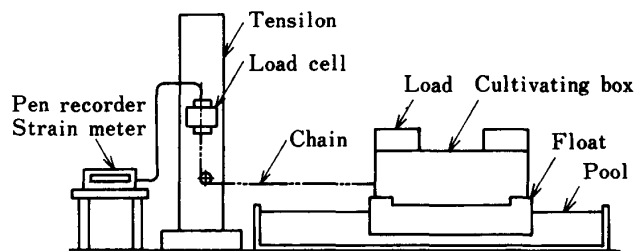


Fig. 4. Measuring apparatus of tractive horse power of aquatic-shifting-system.

実験方法

地上移動式および水上移動式ともに、まず栽培ボックス1個を移動させるに必要な牽引力を測定するため、Fig. 3, Fig. 4に示したように、栽培ボックスとロードセルをチェーンで連結し、万能引張圧縮試験機を用いて栽培ボックスを牽引移動させ、動歪計を介して多ペンレコーダに牽引力を自記させた。水上移動式の場合は実験用プール(長さ2m、幅1m、水深0.3m)に栽培ボックスを浮かべて同様な測定を行った。栽培ボックスの移動速度は実際に管理作業を行う際に適した範囲内の25cm/minおよび50cm/minとした。また、栽培ボックスにかかる荷重は畑作に使用される有機質土壌の湿潤密度0.8~1.5g/cm³、用土深さ10~25cmより算出して30, 39, 50, 56, 74, 94kgの6段階とし、それぞれ測定された牽引力から牽引動力を算出した。なお、地上移動式の場合はさらにキャストの接地面をコンクリートと鉄板の2種類としてそれぞれのコロガリ摩擦係数

を測定した。

結果および考察

1. 地上移動式

Fig. 5, Fig. 6 にホイールタイプキャストを取付けた場合の接地面が鉄板とコンクリートにおける栽培ボックスの牽引動力について示した。

まず、接地面が鉄板の場合は牽引速度25cm/min, 50cm/min およびキャスト取付け個数 4 個, 12個の場合ともに土壌重量の増加に伴ない牽引動力は増大した。例えば, キャスタ数 4 個, 牽引速度50cm/min の時, 土壌重量30kg で牽引動力は0.26W であるのに対し, 土壌重量94kg では0.56W で約 2 倍の増大

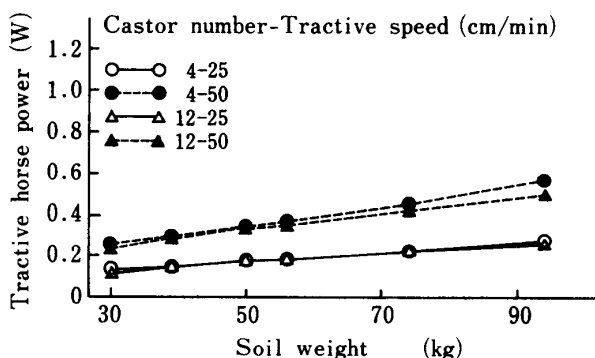


Fig. 5. Tractive horse power of wheel-castor type cultivating box on the steel plate-surface.

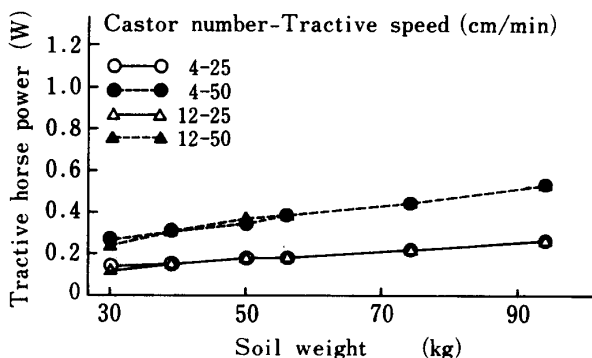


Fig. 6. Tractive horse power of wheel-castor type cultivating box on the concrete-surface.

を示した。また, キャスタ数の違いによる牽引動力の差をみると牽引速度が50cm/min で, 土壌重量 74~94kg ではキャスト数の少ない方がやや牽引動力は大きくなる傾向を示したものの, 同じ牽引速度においてはキャスト数の違いによる牽引動力の差はほとんどなかった。また牽引速度の違いによつては牽引動力は各土壌重量および各キャスト数の場合とともに牽引速度に大きく影響され, 牽引速度が早くなると牽引動力は増大した。また最大牽引動力は栽培ボックスの起動時に現れ, 各牽引条件において平均牽引動力の約1.3倍の値を示した。

次に, 接地面がコンクリートの場合は Fig. 6 に示したように, 牽引速度25cm/min, 50cm/min およびキャスト取付け個数 4 個, 12個の場合ともに土壌重量の増加に伴ない牽引動力は増大した。例えば, キャスタ数 4 個, 牽引速度50cm/min の時, 土壌重量 30 kg で牽引動力は0.27W であるのに対し, 土壌重量 94kg では0.54W で 2 倍の増大を示し, 接地面が鉄板の場合とほぼ同様な増大傾向を示した。キャスト数の違いによる牽引動力については各土壌重量の場合ともにその差はほとんどなく, 牽引速度に大きく影響され, 牽引動力は牽引速度が早くなると増大した。また, 最大牽引動力は接地面が鉄板の場合と同様に, 栽培ボックス起動時で平均牽引動力の約1.3倍の値を示した。

次にホイールタイプキャストのコロガリ摩擦係数は Table 2 に示したように, 接地面が鉄板の場合 0.13~0.14, コンクリートの場合0.14~0.15で表面あらかの影響により, コンクリート面の方がやや大きな値を示した。

Fig. 7, Fig. 8 にボールタイプキャストを取付けた場合の接地面が鉄板とコンクリートにおける栽培ボックスの牽引動力について示した。

まず, 接地面が鉄板の場合は, 牽引速度25cm/min, 50cm/min およびキャスト取付け個数 4 個, 12 個の場合ともに土壌重量の増加に伴ない牽引動力はそれぞれ増大する傾向を示した。例えば, キャスタ数 4 個, 牽引速度50cm/min の時, 土壌重量30kg で 0.44W であるのに対し, 土壌重量94kg では0.90W

Table 2. Coefficients of rolling resistance of castors

	Steel-surface	Concrete-surface
Wheel type castor	0.13~0.14	0.14~0.15
Ball type castor	0.07~0.13	0.07~0.15

で約2倍の値を示した。また、キャスト数の違いによる牽引動力の差は牽引速度が同じ場合、キャスト数の少ない方がいずれの場合も牽引動力は大きな値を示した。これはボールタイプキャストは地上面に接する回転体部が球状の硬鋼で製作されており、接地面積が小さく1点集中荷重がかかりやすい構造になっているため、接地面との間にコロガリ摩擦のほかにスベリ摩擦が生じることによって牽引動力が増大したものと考えられる。また、牽引速度の違いによる牽引動力は各土壌重量および各キャスト数の場合ともに牽引速度に大きく影響され、牽引速度が早くなると増大した。また、最大牽引動力はホイールタイプキャストの場合と同様に栽培ボックスの起動時に現れ、各牽引条件において平均牽引動力の約1.5倍の値を示した。

次に、接地面がコンクリートの場合は Fig. 8 に示したように、各牽引速度およびキャスト数の場合ともに牽引動力は土壌重量の増加に伴ない増大する傾向を示した。例えば、キャスト数4個、牽引速度50 cm/min の時、土壌重量30kg で牽引動力は0.69W

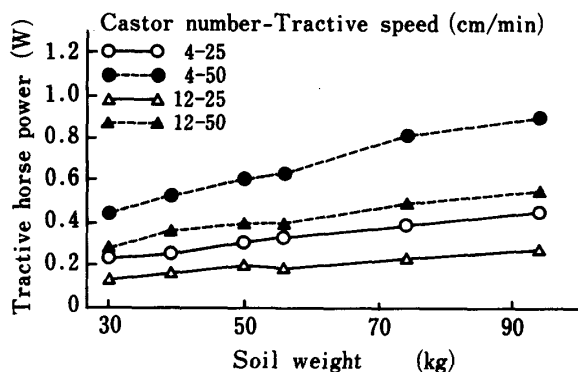


Fig. 7. Tractive horse power of ball-castor type cultivating box on the steel plate-surface.

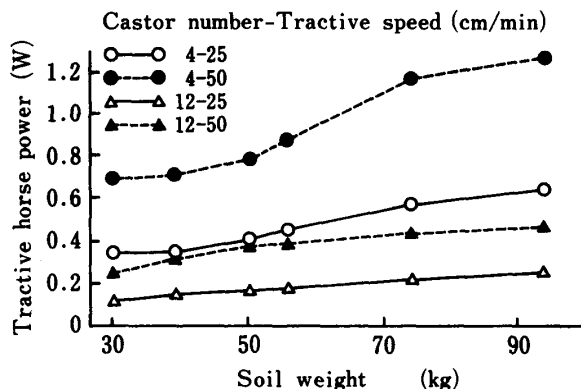


Fig. 8. Tractive horse power of ball-castor type cultivating box on the concrete-surface.

であるのに対し、土壌重量94kg では1.27W で約2倍の増大を示した。また、キャスト数の違いによる牽引動力の差は牽引速度が同じ場合、キャスト数の少ない方が牽引動力は大きな値を示し、その原因については前述の接地面が鉄板の場合と同様なことが考えられる。また、牽引速度の違いによる牽引動力は各土壌重量および各キャスト数の場合ともに牽引速度が早くなると増大する傾向を示し、最大牽引動力は栽培ボックスの起動時で平均牽引動力の約1.5倍の値を示した。次に、ボールタイプキャストのコロガリ摩擦係数は Table 2 に示したように、接地面が鉄板の場合0.07~0.13, コンクリートの場合0.07~0.15で、前述の回転体部が硬質ゴム製のホイールタイプに比べてやや低い値を示した。

以上、今回試作した栽培ボックスを地上移動式で行う場合、本実験で供試したキャストのうち、ホイールタイプの方が接地面における表面あらさの影響を受けにくいと共にキャスト取付け個数も4個で実用上問題なく、且つ牽引動力もより少ないことが判明した。

2. 水上移動式

Fig. 9 に栽培ボックスを水上移動させた場合の牽引動力について示した。

水上移動式ではいずれの牽引速度においても栽培ボックスの牽引動力は非常に少なく、例えば、牽引速度25cm/min, 土壌重量94kg において、牽引動力は 4.43×10^{-3} W であった。また、各牽引速度において牽引動力は土壌重量の増加に伴ない増大する傾向を示し、例えば、牽引速度50cm/min の時、土壌重量30kg で 1.48×10^{-3} W であるのに対し、土壌重量94kg では 9.31×10^{-3} W で約6.3倍の増大を示した。また、各土壌重量において牽引動力は牽引速度が早くなると増大する傾向を示し、牽引速度25cm/min の

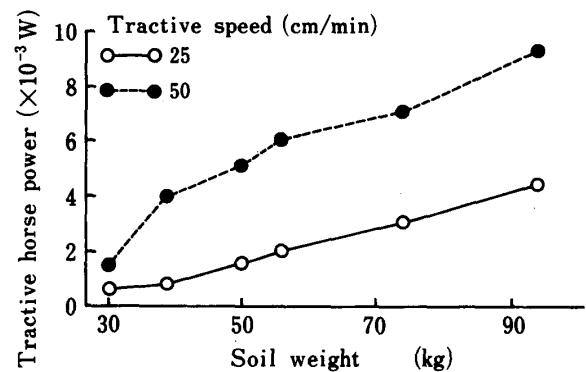


Fig. 9. Tractive horse power of aquatic-shifting box.

時に対し、50cm/min の場合は約2.6倍の牽引動力を示した。これは栽培ボックスが水上移動する際に水から受ける摩擦抵抗が増大したためであると考えられる。しかしながら、水上移動式においては地上移動式のホイールタイプキャスト付き（土壌重量94 kg、牽引速度50cm/min、キャスト取付け個数4個、接地面コンクリート）の場合の牽引動力0.54W に対し、約1/60の動力しかかかっておらず、植物工場等の施設農業において栽培ボックスの水上移動式を導入することは牽引動力の大幅な軽減を図る上で有利な方式であると考えられる。今後は水上移動式において、更に複数個の栽培ボックス移動法および作物の栽培管理法等について検討を進めて行く予定である。

要 約

農作業の自動化を図るために、栽培施設内における栽培ボックスの開発とその移動システムについて検討した。その結果を要約すると次のとおりである。

1. 地上移動式栽培ボックスではホイールタイプ

キャスト付きの方がボールタイプキャスト付きに比べて牽引動力が少なく、接地面がコンクリートの場合、キャスト取付け個数4個、牽引速度50cm/min、土壌重量94kg の時、牽引動力は0.54W であった。

2. 両タイプのキャスト付き栽培ボックスともに、最大牽引動力は栽培ボックスの起動時に現れ、平均牽引動力の約1.3~1.5倍の値を示した。

3. キャスタのコロガリ摩擦係数は接地面がコンクリートではホイールタイプで0.14~0.15、ボールタイプで0.07~0.15であった。

4. 水上移動式栽培ボックスではいずれの牽引速度においても牽引動力は非常に少なく、牽引速度50 cm/min、土壌重量94kg で 9.31×10^{-3} W であり、地上移動式栽培ボックス（ホイールタイプキャスト4個取付けの場合）の約1/60の牽引動力であった。

文 献

- 1) 小林 寛：野菜工場。P. 8~9, 東京電機大学出版局(1985)
- 2) 農業機械年鑑。P. 70~71, 協新農林社 (1993)

Summary

In order to automate the farming-operations, development was made on the two types of experimental cultivating-castor-box to be applied for the agricultural structures, with some examinations of the shifting-systems for the respective boxes, performed. The results obtained are as follows.

1. In the ground-shifting-systems for the boxes, the tractive horse power of the wheel-castor typed box showed lower power than the ball-castor typed one. The tractive horse power of the wheel-castor typed one fixed on the concrete-surface was 0.54 W, with the attached castors numbering 4 pieces, under the tractive speed of 50 cm/min, the soil weight being 94 kg.

2. The maximum tractive horse powers in the two types of castor-box were brought forth at the starting point of the boxes, being about 1.3~1.5 times larger than the mean tractive horse powers.

3. The coefficients of the rolling resistance of the two types of the castors fixed on the concrete-surface were 0.14~0.15 (in case of the wheel type done) and 0.07~0.15 (in case of the ball type done), respectively.

4. In the aquatic-shifting-systems for the boxes, the respective tractive horse powers of the boxes were quite negligible under every tractive speed, being of the lower power than in the ground-shifting-systems. The tractive horse power of the aquatic-shifting-systems for the boxes was 9.31×10^{-3} W under the tractive speed of 50 cm/min, with the soil weight being 94kg, which was about 1/60 times lower as compared with the ground-shifting-systems (in case of the wheel typed one attached with castors numbering 4 pieces).