

## 可搬型茶摘採機の作業強度について

### — 手腕部角度と把持力 —

岩崎浩一・宮部芳照・柏木純孝・井口 健

(農業システム工学講座)

平成6年8月10日 受理

## Labour Burden from Tea-Plucking Operation in Portable Type Machine

### — Grasping Force at Various Arm Angles —

Koichi IWASAKI, Yoshiteru MIYABE, Sumitaka KASHIWAGI  
and Takeshi IGUCHI

(Laboratory of Agricultural Systems Engineering)

## 緒 言

可搬型茶摘採機による作業はエンジン、刈刃部を含めた本体重量のみならず刈り取られた茶葉の重量を支えながら行われ、さらに、エンジンからの振動にも耐える必要があり、作業負荷の大きい作業であるといえることができる。そのため、筆者らは可搬型茶摘採機による作業負荷を軽減するための方策を見いだすことを目的として、ハンドル部での振動解析<sup>2)</sup>、振動暴露中の作業者の手掌部皮膚温の測定<sup>3)</sup>、振動軽減策<sup>4,5)</sup>、収穫された茶葉重量の把持力への影響<sup>1)</sup>などについて研究を進めてきた。

ところで、可搬型茶摘採機によって摘採作業あるいは整枝作業を行う際には、茶うねの大きさあるいは作業者の体格に合わせて摘採機のフレーム角度を適当に調節するようになっている。しかしながら、茶葉の品質面から適正な刈高となるよう刈刃部を一定の位置に保持しながら作業を進める必要があるため、フレーム角度が最適状態に調整されていないと作業者は無理な姿勢を長時間続けることになってしまう。一定の姿勢を保つことは、静的な動作であるためエネルギー消費はあまり大きくないものの疲労は大きいとされており<sup>6)</sup>、可搬型茶摘採機における最適な作業姿勢を明らかにすることは作業負荷軽減を考える上で、重要であると考えられる。そこで、本報では、ハンドル部の高さならびに角度によって、作業者の手腕部角度がどのように変化し、

その変化によって作業員への負担がどう現れてくるかを明らかにするために、把持力測定による基礎実験を行った。

## 実験装置および方法

### 1. 供試機および実験条件

供試機は、機体重量18kg、刃幅87cm、刈刃曲率半径110cmの可搬型茶摘採機である。Fig. 1に供試機の模式図を示す。本図に示されるとおり、供試機は茶うねの形状あるいは作業者の体格に合わせて、メインフレームと両サイドフレームの角度およびサイドフレームとハンドル部の角度がナット締めにより調節可能な構造となっている。本実験では、ハンドル部中心の地上高さHを80cmから10cmおきに120cmまで5段階に変化させた。また、メインフレームと

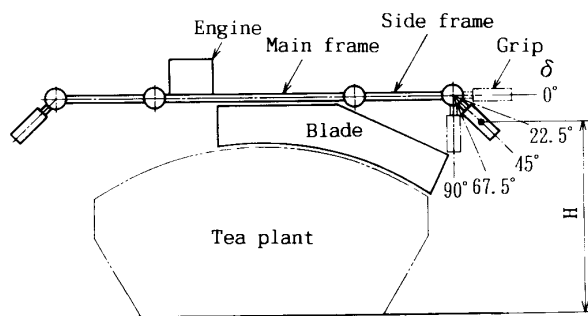


Fig. 1. Schematic diagram of the grip height H and the grip angle  $\delta$ .

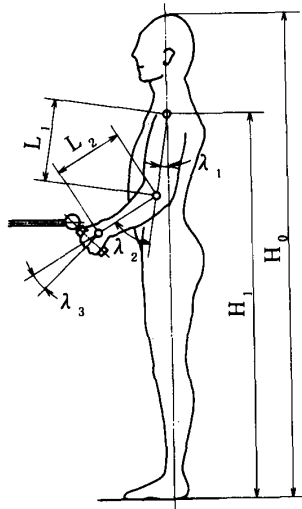


Fig. 2. Body dimensions and angles of upper arm  $\lambda_1$ , forearm  $\lambda_2$ , and hand  $\lambda_3$ .

両サイドフレームのなす角度は $0^\circ$ に固定し、サイドフレームとハンドル部のなす角度 $\delta$ を $0^\circ$ から $22.5^\circ$ おきに $90^\circ$ まで5段階に変化させた。

手腕部の角度については、Fig. 2 に示すとおり、鉛直線と上腕部のなす角度を $\lambda_1$ 、上腕部と前腕部のなす角度を $\lambda_2$ 、前腕部と手指部のなす角度を $\lambda_3$ とし、基準線に対して時計回りの角度を正とした。

被験者は男子学生3名とした。被験者の身体条件をTable 1 に示す。

Table 1. Body dimensions of subjects (cm)

Subjects	$H_0$	$H_1$	$L_1$	$L_2$
A	175	143	30	25
B	166	133	28	25
C	171	138	28	25

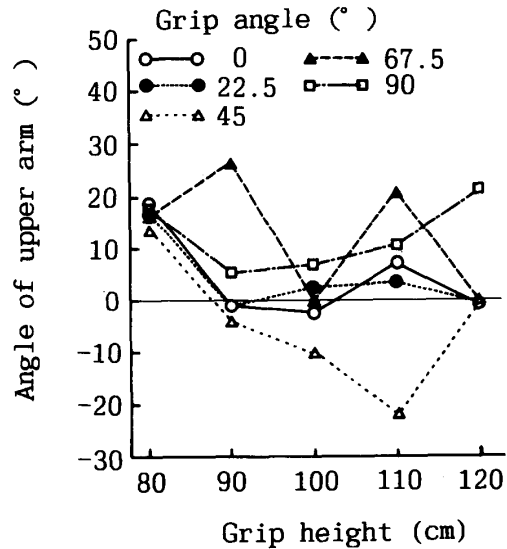
## 2. 測定方法

まず、親指を除く第2指から第5指までの各指について、把持力の測定が可能な把持力計を摘採機ハンドルグリップに替えて装着した。所定の角度にフレーム角度を調整し、メインフレームが水平となる状態で所定のハンドル部高さを保持するよう被験者に摘採機を支持させ、把持力の記録を行った。実験条件で設定したハンドル部高さならびにハンドル部角度について順次、測定を行った。また、被験者側方より写真撮影を行い、これに基づいて手腕部の角度を測定した。

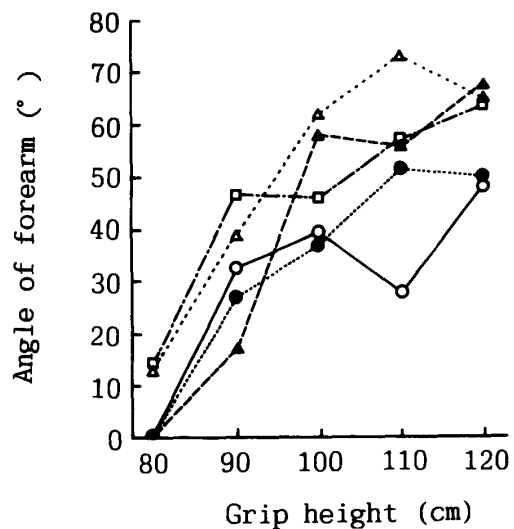
## 結果および考察

### 1. ハンドル部高さ、角度と手腕部角度の関係

ハンドル部高さが変化した場合の上腕部の鉛直線に対する角度 $\lambda_1$ の変化をハンドル部角度をパラメータとして表したのがFig. 3(a)である。同図に示されるとおり、上腕部の角度はかなりばらつきを示すものの、概ねハンドル部高さの増加に対して減少の傾向を示した。すなわち、ハンドル部高さが80cmにおいては $15^\circ \sim 20^\circ$ であったものがハンドル部高さが大になるにつれて減少し、 $0^\circ$ あるいは負の値を示すものもあった。一方、ハンドル部角度の変化に対しては特に顕著な傾向は認められなかった。



(a) Angle of upper arm



(b) Angle of forearm

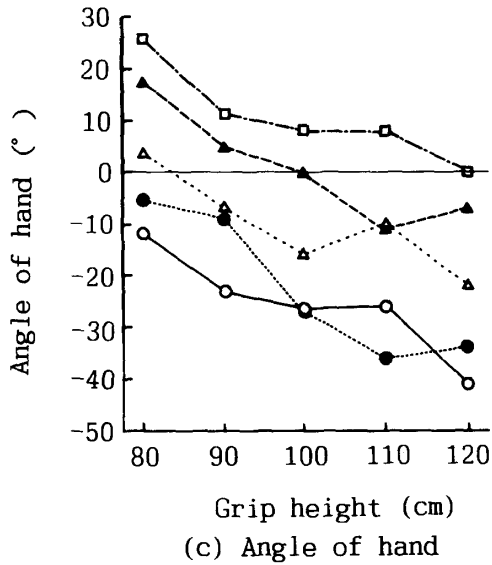


Fig. 3. Angles of arms vs. grip heights at various grip angles.

ハンドル部高さが変化した場合の前腕部の上腕部に対する角度 $\lambda_2$ の変化を表したのが Fig. 3(b)である。同図に示されるとおり、前腕部の角度は、ハンドル部高さの増加に対して増加の傾向を示した。すなわち、ハンドル部高さが80cmにおいては前腕部の角度は $0^\circ \sim 10^\circ$ であったものがハンドル部高さが120cmでは $50^\circ \sim 70^\circ$ となっていた。前腕部角度の上

昇は、ハンドル部高さが小さいときには急激であったが次第に増加の割合は小さくなっていった。一方、ハンドル部角度 $\delta$ の変化に対しては、それほど顕著ではないが $\delta$ が大であるほど前腕部角度は大きな値を示していた。

ハンドル部高さが変化した場合の手指部の前腕部に対する角度 $\lambda_3$ の変化を表したのが Fig. 3(c)である。同図に示されるとおり、手指部の角度は、ハンドル部高さの増加に対して直線的な減少の傾向を示した。すなわち、いずれのハンドル部角度においても、ハンドル部高さが80cmから120cmに増加すると手指部の角度は $30^\circ$ 程度減少した。また、ハンドル部角度 $\delta$ が $90^\circ$ の場合 $\lambda_3$ はすべて正の値であったが、 $\delta$ が $67.5^\circ$ では正から負の値へ変化していた。他の $\delta$ については $\lambda_3$ はすべて負の値を示していた。一方、ハンドル部角度 $\delta$ の変化に対しては、 $\delta$ が大であるほど手指部角度は大きな値を示しており、 $\delta$ が $22.5^\circ$ 上昇するごとに手指部角度は約 $10^\circ$ 上昇していた。

2. ハンドル部高さ、角度と把持力割合の関係

ハンドル部高さおよび角度の変化に対する第2指から第5指までの把持力の総和に占める各指の把持力の割合を示したのが Fig. 4 である。同図に示されるとおり、ハンドル部高さの増加にともなって第2指、第5指の把持力割合はわずかに上昇していたが、第3指、第4指の把持力割合はわずかに減少する傾向を示した。一方、ハンドル部角度の増加にと

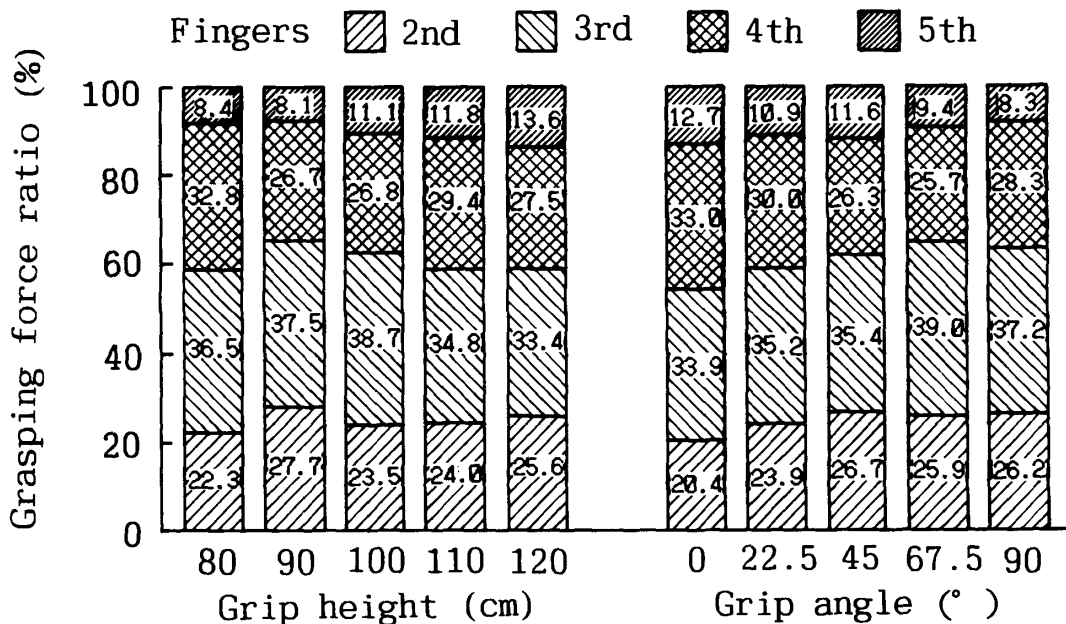


Fig. 4. Grasping force ratio of each finger at various grip heights and grip angles.

もなって第2指, 第3指の把持力割合はわずかに上昇していたが, 第4指, 第5指の把持力割合はわずかに減少する傾向を示した。いずれの場合においても各指の把持力割合は平均的には概ね,

第2指: 25%, 第3指: 35%,  
第4指: 30%, 第5指: 10%

前後の値を示していた。この結果を, 各指が本来発揮し得る把持能力<sup>1)</sup>と比較すると, ハンドル部の位置が高いほど, また, ハンドル部角度が0°に近いほど把持能力の割合に近づき, 良好な姿勢になると判断された。

### 3. ハンドル部高さ, 角度と総合把持力の関係

ハンドル部高さが変化した場合の第2指から第5指までの把持力の総和である総合把持力の変化をハンドル部角度をパラメータとして示したのが Fig. 5 である。同図に示されるとおり, 総合把持力はハンドル部高さが80cmから120cmに増加すると, ハンドル部角度が90°の場合には9.5kgから6.5kgへと顕著な減少の傾向を示したが他のハンドル部角度では7kg前後から6kg前後へとわずかに減少する傾向がうかがわれた。また, Fig. 6 にハンドル部高さをパラメータとしてハンドル部角度が変化した場合の総合把持力を示したが, ハンドル部角度の増加にともなっていずれのハンドル部高さにおいても総合把持力は増加する傾向がみられ, ハンドル部角度0°では5~6kgであったものが, ハンドル部角度90°では6~10kgとなっていた。増加の割合はハンドル部高さが小であるほど大きく, ハンドル部高さが大である場合にはハンドル部角度の総合把持力への影響はあまり大きくないことがわかった。

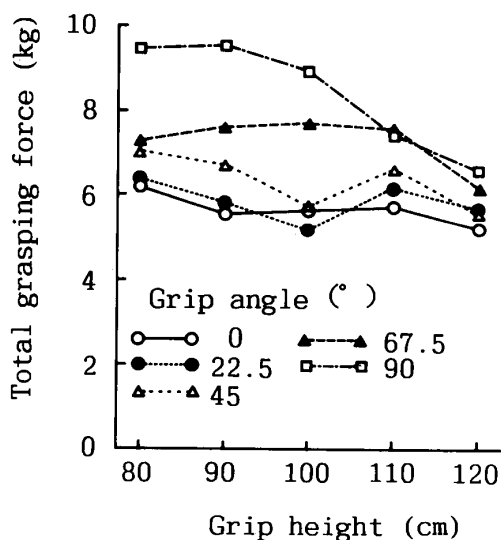


Fig. 5. Total grasping forces vs. grip heights.

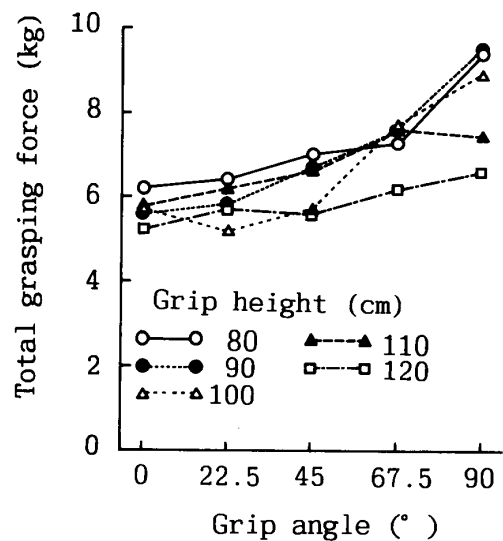


Fig. 6. Total grasping forces vs. grip angles.

### 4. 手腕部角度と作業負荷との関係

被験者に各姿勢における「つらさ」の程度を聞いてみたところハンドル部の位置が高くなり, 前腕部の角度が大きくなるほど, また, 手指部角度が絶対値で大きくなるほど「つらさ」の程度は大きくなるとの回答を得た。Fig. 5 に示されるように, ハンドル部の位置が高くなると総合把持力はやや減少する傾向を示したが, これは被験者にとって「把持しづらい」条件が増大したためと考えられる。このように不適切な姿勢での作業においては, 作業負荷の大きさは総合把持力の大小へは必ずしも反映されないことが示された。

本報では, 被験者の手腕部角度を側方からのみ計測し, そのデータに基づいて手腕部角度と作業負荷について分析したが, 特にハンドル部位置が高い場合には腕は3次元的に曲げられる。また, 実作業においては, 身体全体の姿勢が作業負荷に影響すると考えられる。今後はこれらの点について検討するとともに, 「つらさ」の程度を定量的に測定するなど, さらに研究を進める予定である。

### 要 約

可搬型茶摘採機による作業においてハンドル部高さあるいは角度に起因する手腕部角度が作業負荷に与える影響について明らかにするため, 作業姿勢を一連に変化させた場合の手腕部角度を測定するとともに第2指から第5指までの各指の把持力の測定を行い, 次のような結果を得た。

1. 上腕部の角度はハンドル部高さが80cmにおい

ては15°~20°であったものがハンドル部高さが大になるにつれて減少し、0°あるいは負の値を示すものもあった。前腕部の角度は、ハンドル部高さが80cmにおいては0°~10°であったものがハンドル部高さが120cmでは50°~70°となっていた。また、ハンドル部角度が大であるほど前腕部角度は大きな値を示していた。手指部の角度は、いずれのハンドル部角度においても、ハンドル部高さが80cmから120cmに増加すると30°程度減少した。また、ハンドル部角度が22.5°上昇するごとに手指部角度は約10°上昇していた。

2. ハンドル部高さの増加に対して第2指、第5指の把持力割合はわずかに上昇していたが、第3指、第4指の把持力割合はわずかに減少する傾向を示した。一方、ハンドル部角度の増加に対して第2指、第3指の把持力割合はわずかに上昇していたが、第4指、第5指の把持力割合はわずかに減少する傾向を示した。

3. 総合把持力はハンドル部高さが80cmから120cmに増加すると、ハンドル部角度90°の場合には9.5kgから6.5kgへと顕著な減少の傾向を示したが、他のハンドル部角度では7kg前後から6kg前後へとわずかに減少する傾向がうかがわれた。また、ハンドル部角度0°では5~6kgであったものが、ハン

ドル部角度90°では6~10kgとなっており、総合把持力の増加の割合はハンドル部高さが小であるほど大きかった。

4. ハンドル部の位置が高くなると総合把持力はやや減少する傾向を示したが、これは被験者にとって「把持しづらい」条件が増大したためと考えられた。

## 文 献

- 1) 岩崎浩一・宮部芳照・柏木純孝：可搬型茶摘採機の作業負荷軽減に関する研究（第1報）—茶葉重量の把持力への影響について—。農作業研究，83-89，29(2) (1994)
- 2) 宮部芳照：可搬型茶摘採機の振動解析。鹿大農学術報告，No. 41，89-95 (1991)
- 3) 宮部芳照・岩崎浩一・柏木純孝：可搬型茶摘採機の振動軽減に関する研究（I）振動暴露中の手掌部皮膚温について。鹿大農学術報告，No. 42，119-124 (1992)
- 4) 宮部芳照・岩崎浩一・柏木純孝：可搬型茶摘採機の振動軽減に関する研究（II）機体支持転輪装着による振動および把持力の軽減について。鹿大農学術報告，No. 42，125-130 (1992)
- 5) Miyabe, Y., Iwasaki, K. and Kashiwagi, S. : Hand-Transmitted Vibration Reduction of a Tea-Plucking Machine. Mem. Fac. Agr. Kagoshima Univ., No. 28, 137-143 (1992)
- 6) 人間工学ハンドブック編集委員会：人間工学ハンドブック。増補第2版，金原出版株式会社，317-325 (1972)

## Summary

In portable type tea plucking machine, measurements were made on the arm angles (variable according to a series of changes on the side of the operator's posture) as well as on the grasping forces of the respective fingers (from the 2nd to the 5th ones, each) for the purpose of elucidating the influence of the variations in the arm angles caused by the shiftings in the grip height and angle, on to the labour burden. The following results were obtained.

1. At the grip height of 80cm, the upper arm showed from 15° to 20° but it began to decrease with the increasing of the grip height, gradually going down to 0° or less. The forearm angle showed from 0° to 10° at the same height, but it began to increase with the increasing of the grip height, showing from 50° to 70° at the grip height of 120cm. The larger were the the grip angles the bigger were the forearm angles, simultaneously. With the increasing of the grip height from 80cm to 120cm, each hand angle decreased, irrespective of the angle degrees, by the degree of 30°, increasing around 10° at every 22.5° enlargement of the each grip angle.

2. As to the grasping force ratio, with the increasing of the grip height, a slight increasing of it was noted at the 2nd and the 5th fingers, while a slight decreasing was noted for the 3rd and the 4th fingers, respectively. On the other hand, with the enlargement of the grip angle, a slight increasing was noted on the grasping ratio at the 2nd and the 3rd fingers, in contrast to the slight decreasing of it at the 4th and the 5th fingers, respectively.

3. Provided that the grip angle was kept at 90°, with the increasing of grip height from 80cm to

120cm, the total grasping force tended to be decreasing considerably from 9.5kg to 6.5kg, while in the case when it was kept at the degrees other than 90°, the decreasing of it was noted to be slight, showing from around 7kg to around 6kg. At the grip angle of 0°, the total grasping forces increased from 5kg to 6kg, while at the grip angle of 90°, it increased from 6kg to 10kg, thus it was noted that the increasing ratio of the total grasping force got the bigger as the grip height shifted the more downwards.

4. With the increasing of the grip height, the total grasping forces tended to be decreasing, and this was assumed to be due to the increasing of the fatigue on the side of the operator derived from the 'awkwardness latent in keeping the grasping'.