

可搬型茶摘採機の振動解析

宮部芳照

(農業システム工学講座)

平成2年8月7日 受理

Analysis of Vibration of a Portable Type Tea-Plucking Machine

Yoshiteru MIYABE

(Laboratory of Agricultural Systems Engineering)

諸 言

従来, 我国の茶栽培は傾斜地や小区画ほ場において行われ, 人力による作業が主流であった。また, その収穫作業は茶の栽培に要する全労働時間の中で約6割を占め, 収穫時期も短期間に集中している。そのため, 茶の生産においても省力化が強く望まれ, 特に摘採作業の機械化は大きな課題である。

茶園作業は産地によって, ほ場条件や茶園の仕立て方が異なり, その収穫作業も摘採鋏や小型携帯用摘採機を用いて収穫している所が多い。しかしながら, 平坦地で大量生産を主体とする地域ではクローラ型乗用摘採機を導入している所も一部にあるものの, そのほとんどが可搬型茶摘採機を使用しているのが現状である。

最近, 可搬型茶摘採機使用の作業者にエンジンから受ける振動で, レイノー現象に似た局所振動障害がみられるようになり, この種の手腕系の振動障害に対する早急な対策が望まれている。そこで, 本研究では茶摘採機の振動軽減をはかることを目的とし, まずその基礎資料をえるために, 可搬型茶摘採機の振動解析を行った。

供試機および実験方法

1. 供試機

今回, 振動解析に供試した茶摘採機は一般に最も多く普及している形式のもので, 作業員2人が互いにむかい合って摘採機を把持し, 茶うねに沿って横歩きしながら摘採作業を進めて行くものである。その諸元はTable 1に示すとおりである。

Table 1. Specification of the tested plucking machine

Machine		
Type		M type, M-5
Length	(mm)	1800
Height	(mm)	350
Width	(mm)	450
Frame		Aluminum pipe, Diameter 22 ϕ (outer), 19 ϕ (inner)
Engine		K type, KT-18; Air-cooled 2 cycle; 1.0~1.5PS/3600rpm; Displacement 35cc
Total weight	(kgf)	18
Cutter-bar		
Type		Drum type of straight cutting edge-connection
Radius of curvature	(mm)	1100
Width	(mm)	870
Tea gatherer		Forced-feeding method

2. 実験方法

(1) 把持力の測定

振動解析にあたって、まず摘採機を把持する作業者の把持力の変化と振動との関係を見るために、Fig. 1に示す摘採機ハンドルのエンジン側および反エンジン側の左右それぞれ2カ所の計4握持部に把持力計(竹井機器工業K.K.No.81001)を取り付け、動歪計(共和電業K.K.DPM-110A)、電磁オシログラフ(横河電機K.K.EMO-62)を介して作業者の総合把持力を測定した。

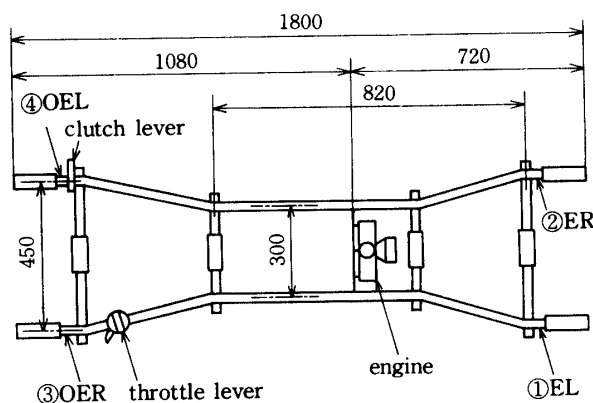


Fig.1. Measuring position of grip force and vibration.

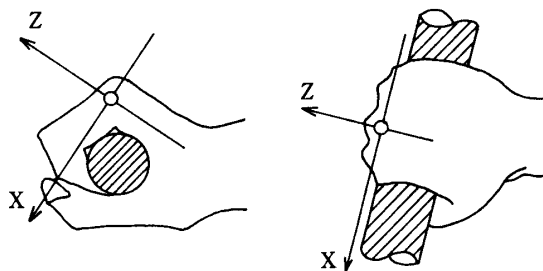


Fig.2. Directions of hand-transmitted vibration.

(2) 振動の測定

振動の測定はFig. 1に示す把持力の測定箇所と同位置の握持部に3方向加速度ピックアップ(リオンK.K.PV-93T)をそれぞれ装着し、手持工具用振動レベル計(リオンK.K.VM-19A)、カセットデータレコーダ(ティアックK.K.R-61)、1/3オクターブバンド周波数分析器(リオンK.K.SA-59)およびレベルレコーダ(リオンK.K.LR-04)を介して振動レベルを取出し解析を行った。また、摘採機エンジンの回転数は実作業時の定格回転数3600rpmで実験を行った。

なお、ここで測定する振動の3方向はFig. 2に示すように、標準的に工具を保持した時、右手第3中手

骨頭を座標原点とする直交座標系を考える国際標準化機構ISO5349¹⁾に準じたZ方向(第3中手骨の方向)、Y方向(握られた棒芯に平行な方向)およびX方向(Y方向と第3中手骨に直交する方向)の3軸方向を採用した。

また、測定した振動は公害振動²⁾に用いられる振動加速度レベル(VAL)

$$VAL = 20 \log_{10} \frac{Ar.m.s.}{A_0} \quad (dB)$$

ここにAr.m.s.: 振動加速度の実効値

A_0 : 振動加速度レベルの基準値で、

$$0dB = 10^{-3} cm/s^2 r.m.s.$$

に、さらに人体の振動感覚補正值を加えた振動レベル(VL)

$$VL = VAL - W_n \quad (dB)$$

ここに W_n : 人体感覚に応じた周波数における補正值で表わした。

結果と考察

1. エンジン側握持部の振動解析

エンジン側ハンドル左握持部の3軸方向の振動をそれぞれ250Hzまで、1/3オクターブバンド周波数分析した結果をFig. 3, Fig. 4, Fig. 5に示した。

まず、Fig. 3に振動方向がZの方向の振動レベルを示したが、破線が弱く把持した場合、実線が強く把持した場合で、その時の総合把持力はそれぞれ4.65kgf, 12.66kgfであった。つぎに、振動レベルを各周波数成分ごとに考察すると、中心周波数63Hzのところピークが現われ、その時、振動レベルは113~115dB・VLの値を示した。また、総合把持力の強弱の違いによる振動レベルの差をみると、総合把持力が弱い場合の方が強い時に比べて全体的に2~3dB・VL高い値を示した。また、Fig. 4, Fig. 5は同測定部位のY方向およびX方向の各周波数成分ごとの振動レベルをそれぞれ表わしたものであるが、両方向の振動ともに、総合把持力の強弱いかんにかかわらず、Z方向の振動と同様な傾向を示しており、振動レベルは中心周波数63Hzのところ、いずれの振動方向においても一つのピークが現われ、Y方向で105~106dB・VL、X方向で110~111dB・VLの最大値を示した。このように、いずれの振動方向の場合においても、中心周波数63Hzのところ振動レベルが最も高く現われたのはエンジンの回転数3600rpmの周波数成分60Hzが他の周波数成分より高い値で摘採機ハンドル握持部に伝搬しているためであると考えられる。また、

振動方向の違いによる振動レベルの値はZ方向が最も高く、つぎにX方向で、最も低い値を示したのはY方向であった。

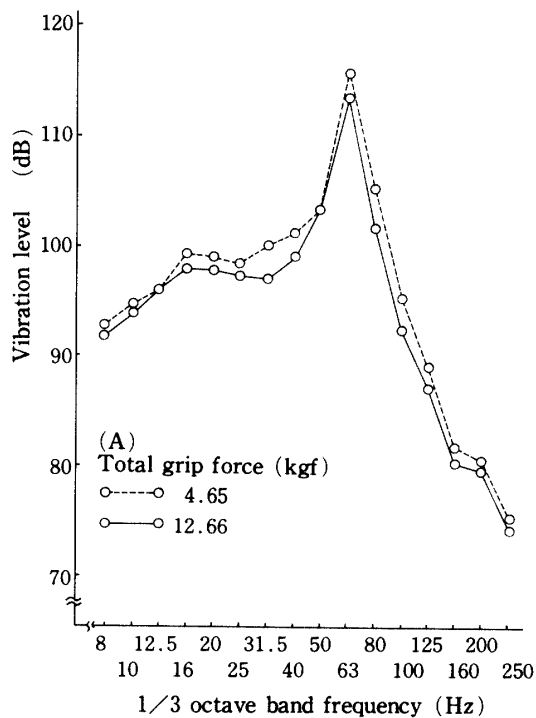


Fig. 3. Environmental vibration spectrum. (E.L.Z) ①

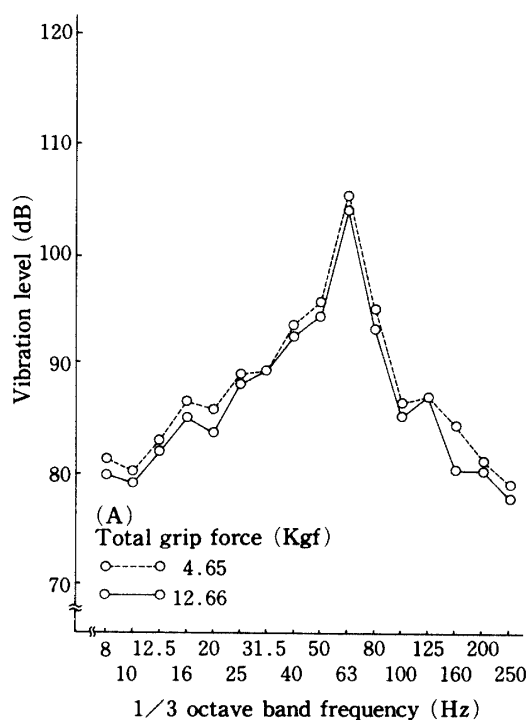


Fig. 4. Environmental vibration spectrum. (E.L.Y) ①

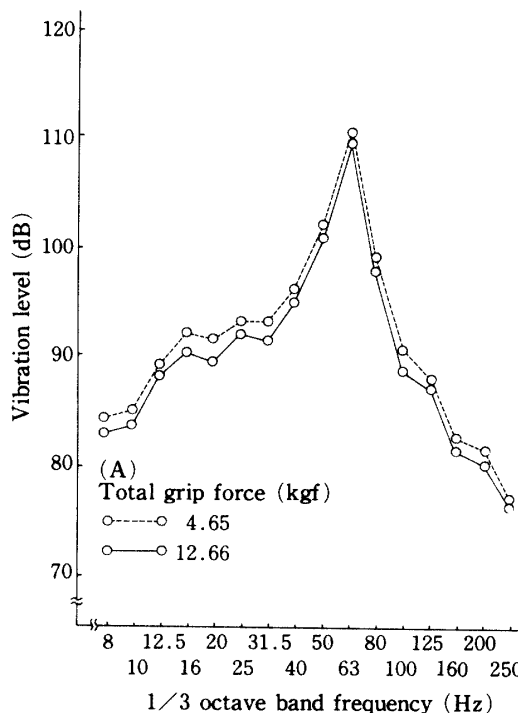


Fig. 5. Environmental vibration spectrum. (E.L.X) ①

つぎに、エンジン側ハンドル右握持部の3軸方向の振動をそれぞれ250Hzまで、1/3オクターブバンド周波数分析した結果をFig. 6, Fig. 7, Fig. 8に示した。まず、総合把持力についてみると、弱く把持した場合、4.68kgf, 強く把持した時、12.71kgfであり、総合把持力の強弱の違いによる各周波数成分ごとの振動レベルの差は3振動方向ともに、エンジン側ハンドル左握持部の場合と同様な傾向を示しており、弱く把持した時の方が強い時に比べて2~3dB・VL高い値を示した。また、3振動方向の各周波数成分ごとの振動レベルもエンジン側ハンドル左握持部と同様に、中心周波数63Hzのところでは最大値を示し、Z方向で112~114dB・VL, Y方向で105~106dB・VL, X方向で110~111dB・VLであった。つぎに、エンジン側ハンドル左右握持部の各周波数成分ごとの振動レベルを振動方向別にそれぞれ比較してみると、Z方向の振動レベルにおいて、最大値を示す中心周波数63Hzのところでは総合把持力の強弱いずれの場合においても、それぞれ約1dB・VL程度低い値を示した。その他のX, Y方向の振動レベルについては左右の把持部ともにほとんど変化はみられなかった。

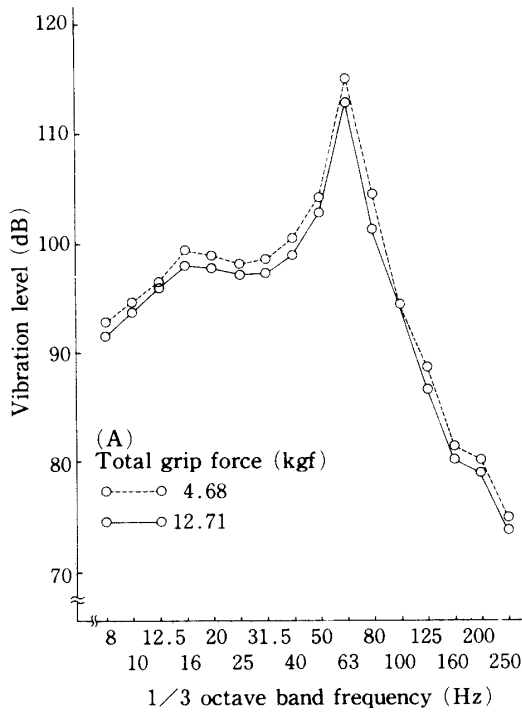


Fig. 6. Environmental vibration spectrum. (E.R.Z) ②

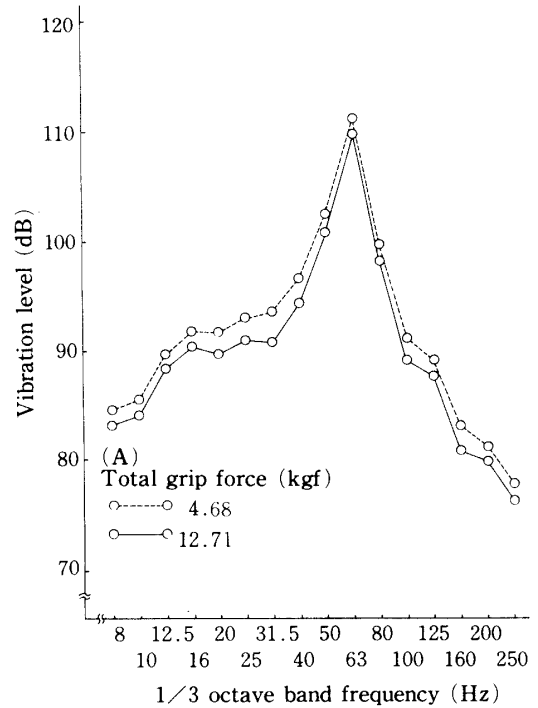


Fig. 8. Environmental vibration spectrum. (E.R.X) ②

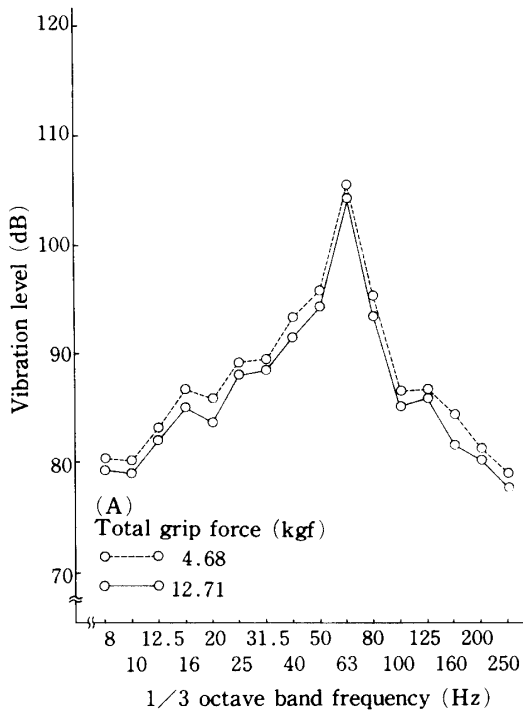


Fig. 7. Environmental vibration spectrum. (E.R.Y) ②

2. 反エンジン側握持部の振動解析

反エンジン側ハンドル左握持部の3軸方向の振動をそれぞれ250Hzまで、1/3オクターブバンド周波数分析した結果をFig. 9. Fig.10, Fig.11に示した。

まず、Fig. 9はZ方向の振動レベルを各周波数成分ごとに表わしたものである。その中で破線がハンドル握持部を弱く把持した場合、実線が強く把持した時を示しているが、その時の総合把持力は弱い把持で4.70kgf、強い把持で12.73kgfであった。総合把持力の強弱の違いによる各周波数成分ごとの振動レベルは弱く把持した場合の方が強い把持に比べて、約1~2 dB・VL高い値を示した。つぎに、振動レベルを各周波数成分ごとにみても、中心周波数63Hzのところの一つの大きな山があり、その時の振動レベルは108~110dB・VLで最大値を示した。またさらに、中心周波数16Hzのところでも一つの山がみられ、99~100dB・VLの振動レベルを示した。このように、反エンジン側ハンドル握持部の振動レベルの値にはエンジン側ハンドル握持部に比べて顕著な二つの山がみられる。また、同測定部位のYおよびX方向の各周波数成分ごとの振動レベルをFig.10, Fig.11に示しているが、YおよびX方向の振動ともに、総合把持力の強弱のいかんにかかわらず、前述のZ方向の振動と同じような傾向を示しており、振動レベルに顕著な二つの山がみられる。振動レベルの最大値は両方向の振動ともに中心周波数63Hzのところ、Y方向が103~104dB・VL、X方向で107~108dB・VLの値を示した。また、総合把持力の強弱の違いでは強

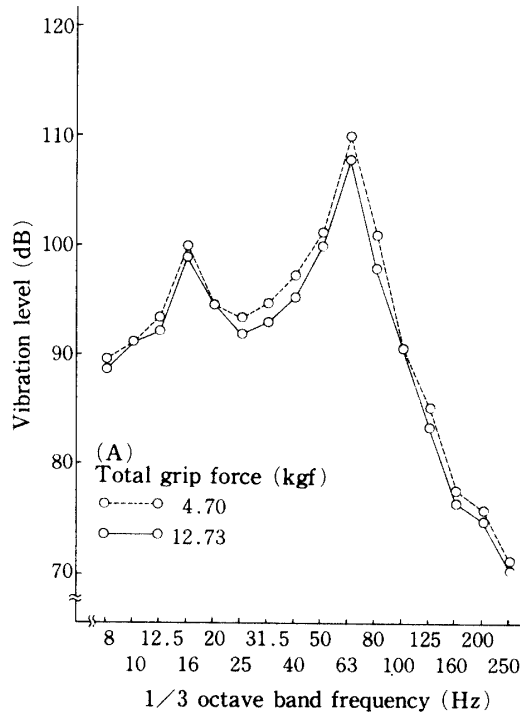


Fig. 9. Environmental vibration spectrum. (OE. L. Z) ④

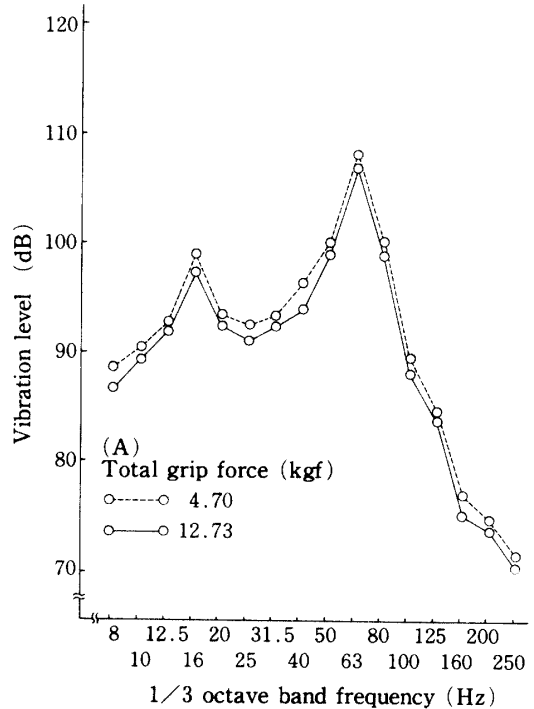


Fig. 11. Environmental vibration spectrum. (OE. L. X) ④

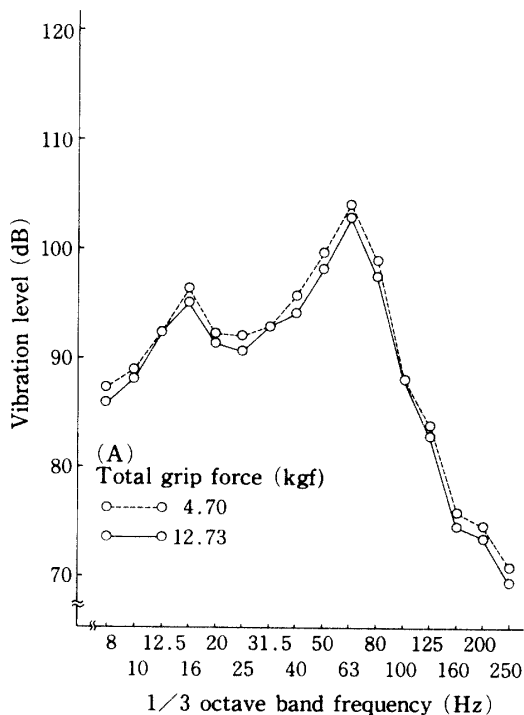


Fig. 10. Environmental vibration spectrum. (OE. L. Y) ④

く把持した方が弱い把持に比べて、振動レベルは低い値を示した。このように中心周波数63Hzと16Hzのところで、振動レベルに山がみられるのはエンジンの回転数3600rpmの周波数成分60Hzおよび15Hzが他の周波数成分より高い値でハンドル握持部に伝搬し

ていることがわかる。つぎに振動方向の違いによる振動レベルの値はZ方向が最も高く、つぎにX方向で、最も低い値を示したのはY方向であった。

つぎに、反エンジン側ハンドル右握持部の3軸方向の振動を250Hzまで、1/3オクターブバンド周波数分析した結果をそれぞれFig.12, Fig.13, Fig.14に示した。まず、総合把持力は弱く把持した場合、4.72 kgf、強く把持した場合、12.75kgfであった。総合把持力の強弱の違いによる各周波数成分ごとの振動レベルの差は3振動方向ともに、左握持部の場合と同様な傾向を示し、弱く把持した時は強く把持する場合に比べて、振動レベルは1～3 dB・VL高い値を示した。また、3振動方向の各周波数成分ごとの振動レベルは左握持部の振動伝搬と同様に、中心周波数63Hzと16Hzのところで山がみられた。また、振動レベルの最大値は3振動方向ともに63Hzのところで現われ、Z方向で109～112dB・VL、X方向で107～108 dB・VL、Y方向で103～104dB・VLの値を示した。つぎに、反エンジン側ハンドルの左右握持部の振動レベルをそれぞれ振動方向別に比較してみると、Z方向の振動レベルは各周波数成分にわたって、左握持部の方が右握持部より総合把持力の強弱いずれの場合においても、約1～2 dB・VL低い値を示した。その他のX、Y方向の振動レベルについては左右握持部において、ほとんど変化はみられなかった。

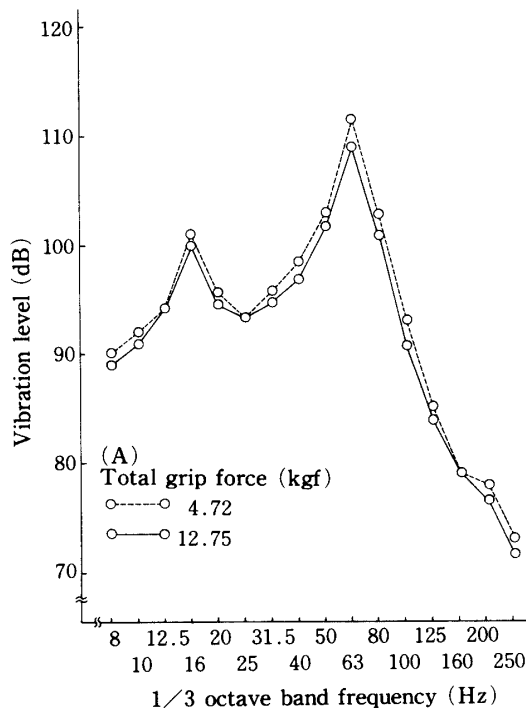


Fig. 12. Environmental vibration spectrum. (OE.R.Z) ③

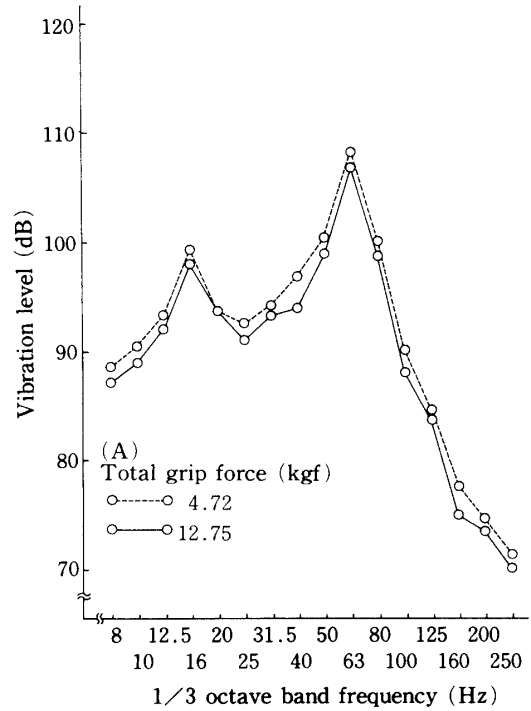


Fig. 14. Environmental vibration spectrum. (OE.R.X) ③

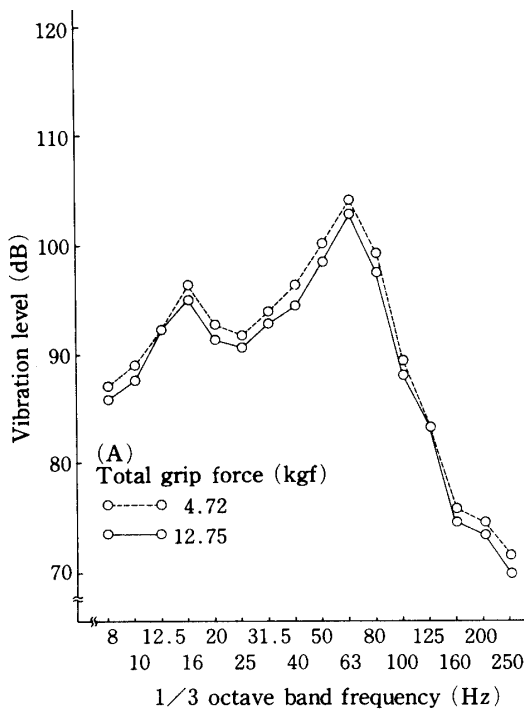


Fig. 13. Environmental vibration spectrum. (OE.R.Y) ③

さらに、エンジン側と反エンジン側ハンドル握持部の振動レベルを振動方向別に比較してみると、まず、Z方向の振動レベルにおいてはエンジン側ハンドルの左右握持部の方が反エンジン側に比べて、強

く把持した場合、3～5 dB・VL、弱く把持した時2～5 dB・VLだけ、より高い振動レベルを示した。また、Y方向およびX方向の振動レベルについては強弱いずれの把持においても、それぞれ2 dB・VLおよび3 dB・VLエンジン側の方が高い振動レベルを示した。このように、いずれの振動方向においてもエンジン側ハンドル左右握持部の方が反エンジン側に比べて高い振動レベルを示しており、このことはFig. 1からもわかるように、機体フレームの構造およびエンジンの搭載位置に密接な関係があると考えられる。

以上、可搬型茶摘採機のハンドル握持部の振動について考察してきたが、4握持部のうちで最も高い振動レベルを示した部位はエンジン側ハンドル左握持部のZ方向(第3中手骨の方向)振動で、113～115 dB・VLの振動レベルを示した。この値は日本産業衛生学会がISOの規制値案をもとに提案している振動暴露規制目標値に照らし合わせてみると、1～2時間が連続振動暴露の限界時間になっている。これらのことから、実際の茶摘採作業を考えると、作業者の手腕系の振動障害問題も含めて、可搬型茶摘採機の振動軽減を早急にはかる必要がある。今後はさらに、摘採機本体フレームやハンドル握持部の構造および摘採機の把持方法等について検討を進めて行く予定である。

要 約

可搬型茶摘採機の振動軽減をはかるための基礎資料として、摘採機ハンドル握持部の振動解析を行った。その結果を要約すると次のとおりである。

1. エンジン側ハンドル握持部の振動において、より高い振動レベルが現われるのは左握持部のZ方向で、中心周波数63Hzのところでは113~115dB・VLの値を示した。

2. 反エンジン側ハンドル握持部においては右握持部のZ方向の振動レベルが高く、中心周波数63Hzのところでは109~112dB・VLを示した。また、中心周波数16Hzのところでも振動レベルに山がみられ、同測定部位のZ方向で100~101dB・VLの値を示した。

3. 振動方向の違いによる振動レベルの値は4握持部ともに、Z方向が最も高く、つぎにX方向で、最も低い値を示したのはY方向であった。

4. 総合把持力の強弱の違いによるハンドル握持部の振動レベルは4握持部の3振動方向ともに、弱く把持した場合が強く把持した時に比べて、約1~3dB・VL高い値を示した。

謝辞 振動解析にあたって、機器の便宜をはかっていただいた鹿児島県茶業試験場栽培研究室各位に深く感謝します。また、取りまとめに御協力いただいた本研究室柏木純孝技官に謝意を表す。

文 献

- 1) ISO 5349: Mechanical vibration-guidelines for the measurement and the assesment of human exposure hand-transmitted vibration, (1986)
- 2) 北村恒二: 騒音と振動のシステム計測, P234~236, コロナ社, (1979)

Summary

For the purpose of effectively reducing the hand-transmitted vibrations of a portable type tea-plucking machine, the basic characteristics of handle-grips-vibrations of the machine were analyzed.

The results obtained are summarized as follows.

1. Higher vibration levels of the machine at the engine-side were 113~115dB・VL(center frequency 63 Hz, engine speed 3600 rpm) under the Z-direction of the left-handle-grip.

2. Higher vibration levels of the machine at the opposite side of the engine were 109~112dB・VL (c.f. 63Hz, engine speed 3600 rpm) and 100~101dB・VL(c.f. 16Hz, engine speed 3600 rpm) respectively, under the Z-direction of the right-handle-grip.

3. The vibration levels of the four handle-grips became higher in the order, Y-, X-, Z-directions.

4. When a weak total grasping force acted upon the handle-grip from the outside of the machine, the vibrations of X-, Y-, Z-directions of four handle-grips showed an increase of vibration levels of 1~3 dB・VL in comparison with the strong total grasping force.