

可搬型茶摘採機の振動軽減に関する研究 (I)

—振動暴露中の作業者の手掌部皮膚温について—

宮部芳照・岩崎浩一・柏木純孝

(農業システム工学講座)

平成3年8月10日 受理

Studies on the Reduction of the Vibration for Portable Type Tea-Plucking Machine (I)

— On the Skin Temperature of a Palm under Vibration Load —

Yoshiteru MIYABE, Koichi IWASAKI and Sumitaka KASHIWAGI
(Laboratory of Agricultural Systems Engineering)

結 言

可搬型茶摘採機は我国において、昭和40年代にはいつて開発されてきたものであり、この摘採機は茶の摘採作業のみならず、茶園の重要な管理作業の一つである整枝作業にも使用されるものである。その作業法は茶畦の両側から2人の作業者がそれぞれむかい合って摘採機を把持しながら作業を進めるものであり、傾斜地あるいは小区画茶園にも容易に導入できることから広く普及してきた。しかしながら、この茶摘採機による手腕系の振動障害の問題は今なお十分に解決されていないのが現状であり、その早急な対策が望まれている。肝付¹⁾はチェンソーの使用実態を模した振動負荷実験を行い、手指筋力と振動負荷さらには振動障害との関連性について明らかにしようと試みているが、まだはっきりした因果関係が見い出されていない。また、筆者らは前報²⁾において、茶摘採機の振動軽減を図ることを目的とした振動解析を行いその基礎資料を得たが、本報ではさらに、作業者の局所振動障害との関連性を見い出すため、可搬型茶摘採機の振動暴露中における作業者の手掌部皮膚温について検討を行ったのでここに報告する。

実 験 方 法

今回供試した可搬型茶摘採機は前報で述べたものと同じ型式のものを使用しているため、その諸元については省略する。なお、摘採機エンジンの回転数は実作業時の定格回転数3600rpmとした。

作業者の手掌部皮膚温の測定は被験者を2人と

し、その体格などについては Table 1 に示した。実際の茶園において、可搬型茶摘採機を使用して摘採作業を行った場合、1畦(畦長さ約70~100m)につき約5~6分要しており、作業方法としては2人の作業員で4~5畦を連続して作業を行った後、約10分間休憩し、また同じように作業を続ける方法と5~6人一組で1畦ごとを交代で作業を行う方法とがある。したがって、今回の手掌部皮膚温の測定にはこれらの作業方法を考慮して、振動暴露24分、休憩12分を5回(計180分)繰返したパターンと振動暴露6分、休憩24分6回(計180分)繰返した二つのパターンについて行った。測定方法は Fig. 1 に示すように、作業者の手掌部(左手)に①赤外線カメラ(富士通 K. K., INFRA-EYE, KU-150 型)を当て、1分間毎に撮影し、これを30秒間ホールドして、⑤カラーテレビモニタ(SONY, KY-16HFI)で見ながら②コントローラ(富士通 K. K., X-7107B)および③カラーエンコーダ(富士通 K. K., ENC-100)を通して④ビデオレコーダ(SONY, SL-J7)でビデオテープに録画した。これを再度、⑤カラーテレビモニタに写し出し、画面上に出るスポット温度測定点の温

Table 1. Physique of operators

Item	Operator		
	A	B	
Age	23	24	
Sex	Male	Male	
Stature (cm)	175.0	164.3	
Weight (kgf)	65.0	55.2	
Grasping power (kgf)	Left	55.0	
	Right	51.0	
		63.2	53.0

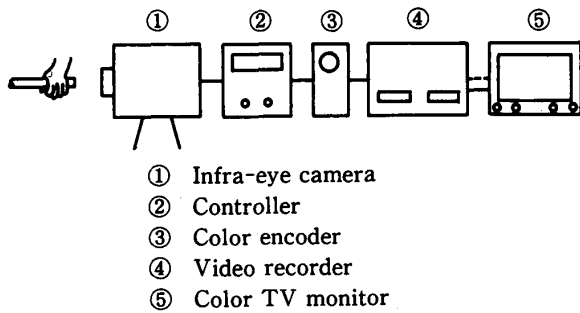


Fig. 1. Schematic diagram of hand-skin-temperature measuring apparatus.

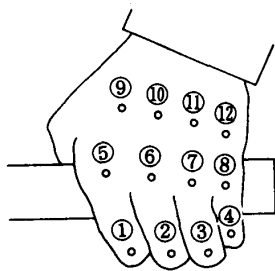


Fig. 2. Measuring points of hand-skin temperature.

度を手掌部12点についてそれぞれ読み取った。なお、手掌部皮膚温の測定点は Fig. 2 に示したとおりである。また、皮膚温の測定他に、被験者が摘採機を把持する力と摘採機ハンドル握持部の振動測定も同時に行った。把持力の測定方法は今回、茶摘採機用に改造した把持力計（竹井機器工業 K. K., No. 81001）を使用し、動歪計（共和電機 K. K., DPM-110A）を介して電磁オシログラフ（横河電機 K. K., EMO-62）に把持力を記録させた。また、振動の測定方法は前報で述べた方法と同様であり、3方向加速度ピックアップ（リオン K. K., PV-93T）をハンドル握持部に装着し、手持工具用振動レベル計（リオン K. K., VM-19A）、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測定した。

結果と考察

手掌部皮膚温の経時変化については横軸に経過時間、縦軸に振動暴露前の被験者の初期皮膚温を基準値（0°C）として、その後の振動暴露、休憩時の皮膚温変化を初期皮膚温との差で表した。

Fig. 3, Fig. 4 は振動暴露24分、休憩12分のパターンを5回繰返した場合について、被験者 A が摘採機ハンドル握持部を弱く把持した時（総合把持力4.7

kgf）と強く把持した時（総合把持力12.8kgf）の手掌部皮膚温の経時変化についてそれぞれ示したものである。なお、いずれの場合も被験者 A の初期皮膚温は23.5°C、室温9.0°C（湿度63%）であった。また、振動レベルは周波数分析を行った結果、中心周波数63Hzのところを最大値を示し、握持部を弱く把持した場合115dB、強く把持した時113dBであった。まず、Fig. 3 についてみると、手掌部皮膚温は振動間欠暴露時間が経過するにしたがって、全体的に低下する傾向を示した。しかしながら、皮膚温変化を詳しくみると、振動暴露中は低下し、休憩中はやや回復する傾向を繰返しながら徐々に低下していくことがわかる。とくに90分経過時までは振動暴露中の皮膚温の低下割合は大きく、1回目の振動暴露によって5.3°C、2回目で7.1°C、3回目では4.0°Cの低下を示し、初期皮膚温より8.3°Cの低下がみられた。しかしながら、その後の90分間は皮膚温の低下割合はやや小さく、1.0~2.3°Cの低下を示した。また、休憩中は皮膚温の回復がみられたが、1回目の休憩時には初期皮膚温近くまで回復したものの、その後、2回、3回目の休憩時には皮膚温の回復割合は小さくなり、1.6~3.4°Cの上昇がみられた。その後4回、5回目の休憩時になると皮膚温の回復割合はさらに小さくなり、0.4~0.8°Cの回復がみられたにすぎず、結局180分経過時には初期皮膚温より8.8°Cの低下がみられた。

つぎに、Fig. 4 は同じく被験者 A の場合のハンドル握持部を強く把持した時の手掌部皮膚温の経時変化である。これも前述の弱く把持した場合の経時変化と同じような傾向を示しており、90分経過時までは皮膚温の低下割合は大きく、初期皮膚温より9.2°C

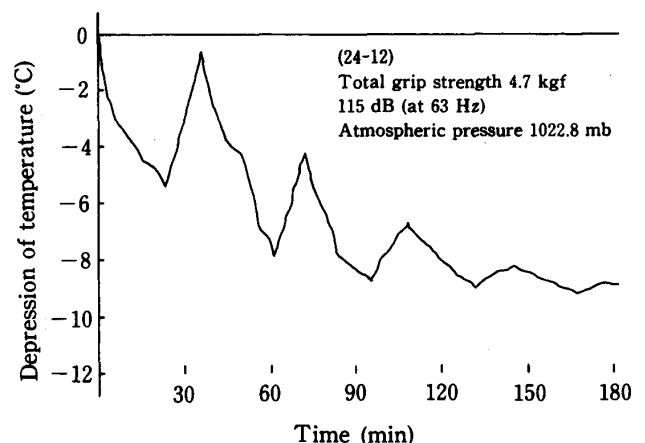


Fig. 3. Change of hand-skin temperature. (A)

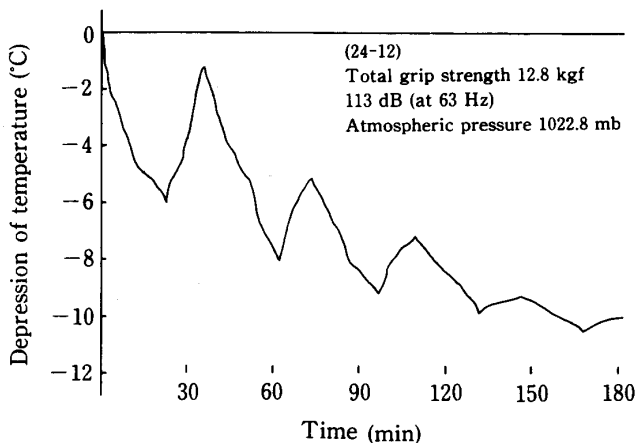


Fig. 4. Change of hand-skin temperature. (A)

の低下を示した。さらにその後の90分間では0.8°C低下し、結局180分経過時には初期皮膚温より10.0°Cの低下がみられた。また、振動暴露時と休憩時における皮膚温の経時変化は弱く把持した場合と同様に、振動暴露中の皮膚温は低下し、1回目の振動暴露で6.0°Cの低下、2回目で6.8°C、3回目で4.1°C、その後1.2~2.7°Cの低下がみられた。また、休憩中は皮膚温の回復があり、1回目の休憩において4.8°Cの回復がみられ、その後は0.5~2.9°Cの回復がみられた。つぎに、総合把持力の強弱の違いによる皮膚温の低下についてみてみると、ハンドル握持部を強く把持した方が180分経過時には弱い把持より1.3°Cだけ皮膚温の低下が大きくあらわれた。このことは被験者が今回の実験のように、重量物（摘採機の単体重量18kgf）を持って、ハンドル握持部を強く握ることにより、弱い把持に比べて手掌部の末梢血流がより阻害され、また同時に、ハンドル握持部への熱伝導が高くなることによって皮膚温の低下がやや大きくあらわれたものと考えられる。また、振動レベル値においては、弱い把持の方が強い把持に比べて逆に2.0dBだけ高い値を示しており、振動負荷が高くなると、手掌部への振動が一時的ではあるが末梢血管の拡張を促す効果につながるため、皮膚温の低下度合いがやや小さくなったものと考えられる。

つぎに、Fig. 5, Fig. 6には振動暴露6分、休憩24分のパターンを6回繰返した場合について、被験者Aが摘採機ハンドル握持部を弱く把持した時（総合把持力4.7kgf）と強く把持した時（総合把持力12.8kgf）の手掌部皮膚温の経時変化をそれぞれ示した。なお、この時の被験者の初期皮膚温は23.8°C、室温9.0°C（湿度63%）で、振動レベルの最大値はいずれの場合も中心周波数63Hzのところ弱く把持した

場合115dB、強く把持した時112dBであった。まず、Fig. 5をみると、この場合も振動間欠暴露時間が経過するにしたがって、手掌部皮膚温は振動暴露中は低下し、休憩中は回復を繰り返しながら全体的には徐々に低下する傾向を示した。振動暴露中の皮膚温の低下割合は振動暴露3回目、4回目の時、とくに大きく3.6~3.7°Cの低下を示し、初期皮膚温より6.7°Cの低下がみられた。その後の皮膚温の低下割合は小さく0.6~1.8°Cの低下を示した。また、休憩中の皮膚温は上昇するが、とくに1回目の休憩時には休憩後、10分経過時に1.3°Cの回復がみられ、その後、14分間は同皮膚温を保った。また、さらに2回目の休憩時においても休憩後、15分経過時に1.5°C回復し、その後、9分間は同温度で推移した。60分経過後は0.2~1.2°Cの回復を繰り返しながら180分経過時では初期皮膚温より8.0°Cの低下がみられた。

つぎに、Fig. 6は振動暴露6分、休憩24分のパターンを同じく被験者Aが握持部を強く把持した時の手掌部皮膚温の経時変化である。この場合も前述し

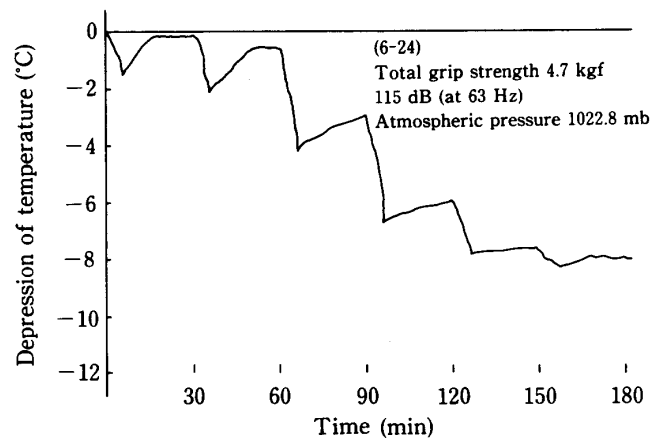


Fig. 5. Change of hand-skin temperature. (A)

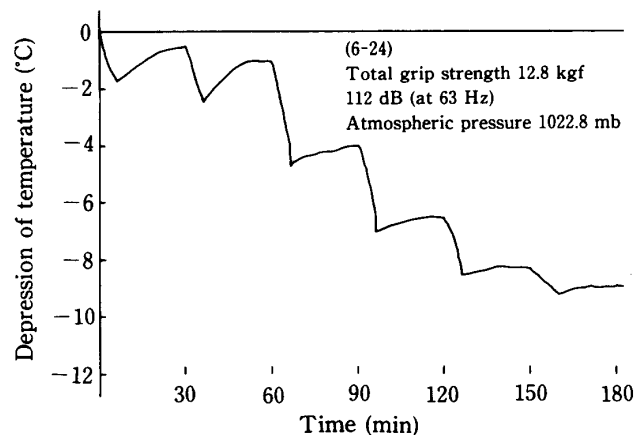


Fig. 6. Change of hand-skin temperature. (A)

た24分—24分のパターンの経時変化と同じような傾向を示しながら180分経過時には初期皮膚温より8.9°Cの低下がみられた。これは握持部を弱く把持した場合に比べて0.9°Cだけ低い皮膚温を示し、このことも前述したように、強く把持することによって手掌部の末梢血流がより阻害され、さらにまた、振動負荷、握持部への熱伝導等が皮膚温の低下に大きく影響したものと考えられる。

つぎに、被験者 B の場合について同様な実験を行ったが、その結果を Fig. 7~Fig. 10 に示した。まず Fig. 7, Fig. 8 は振動暴露24分、休憩12分のパターンを5回繰り返した場合のハンドル握持部を弱く把持した時（総合把持力4.1kgf）と強く把持した時（総合把持力11.9kgf）の手掌部皮膚温の経時変化を示したものである。この時の被験者 B の初期皮膚温は23.6°C、室温9.4°C（湿度66%）であった。また、振動レベルは中心周波数63Hzのところで最大値を示し、弱く把持した時118dB、強く把持した時116dBであった。Fig. 7についてみると、手掌部皮膚温は時間

の経過とともに、振動暴露中は低下し、休憩中はやや上昇を繰り返しながら全体的に徐々に低下する傾向を示した。皮膚温は1~3回目の振動暴露によって4.3~5.9°C低下し、その後、180分経過時には初期皮膚温より7.9°C低下した。また、Fig. 8は同じ被験者 B が握持部を強く把持した場合の皮膚温の経時変化であるが、この場合も Fig. 7と同様な傾向を示しながら、180分経過時には初期皮膚温より9.2°C低下した。また、総合把持力の強弱の違いによる差をみると、強い把持の方が180分経過時には1.3°C低い皮膚温を示した。

つぎに、Fig. 9, Fig. 10は振動暴露6分、休憩24分のパターンを6回繰り返した場合の被験者 B が弱い把持（総合把持力4.1kgf）と強い把持（総合把持力11.9kgf）の時の手掌部皮膚温の経時変化を示したものである。その時の被験者の初期皮膚温は23.6°C、室温9.6°C（湿度71%）であり、振動レベルは同じく中心周波数63Hzのところで弱い把持の場合、最大値で118dB、強い把持で117dBであった。いずれの場

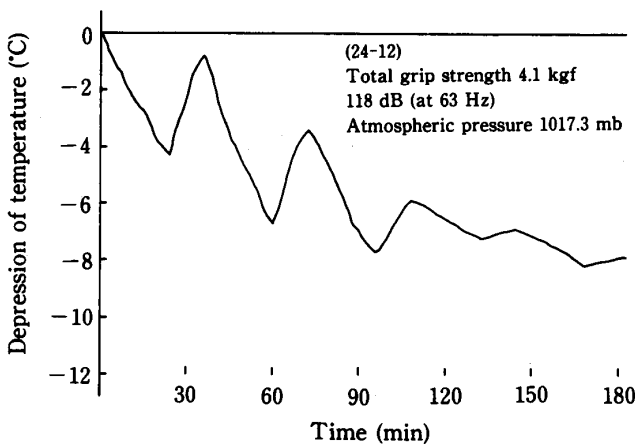


Fig. 7. Change of hand-skin temperature. (B)

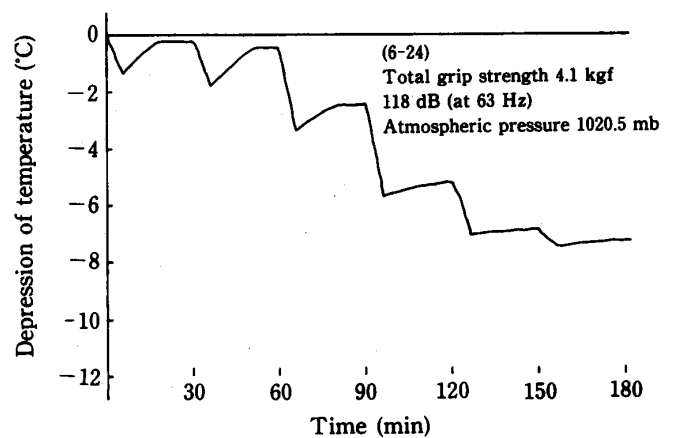


Fig. 9. Change of hand-skin temperature. (B)

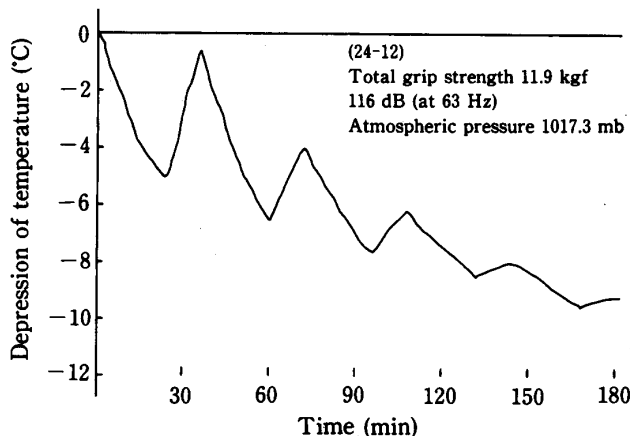


Fig. 8. Change of hand-skin temperature. (B)

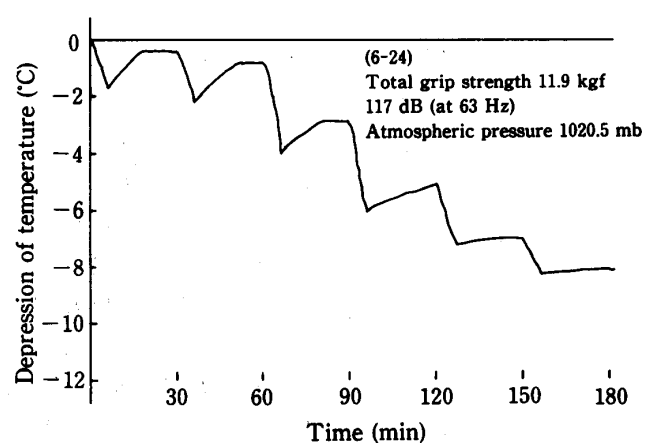


Fig. 10. Change of hand-skin temperature. (B)

合も皮膚温は時間の経過とともに徐々に低下しているが、これを Fig. 7, Fig. 8 の24分—12分のパターンの場合と比較してみると、休憩時の回復状況にやや違いがみられ、いずれの場合においても振動暴露1～3回目までの皮膚温の回復は休憩直後12～15分で0.9～1.4°C上昇し、その後の休憩時間中は同温度を保ちつつ推移していくことがわかる。180分経過時には弱い把持の場合、初期皮膚温より7.3°C、強い把持では同じく8.1°C低下した。また被験者A, Bの違いでみると、被験者Bの方が24分—12分のタイプで、初期皮膚温より0.8～0.9°C、6分—24分のタイプで0.7～0.8°Cそれぞれ皮膚温の低下が少なかった。

今回の実験では室温が9.0～9.6°Cとあまり差はなかったが、今後は室温を低温、高温時とさらに変化させた場合にこれが手掌部皮膚温にどのように影響するかについても明らかにする必要がある。また、測定時間を今回は180分としたが、その後の皮膚温の回復状況についても調べ、さらには振動無負荷時の手掌部皮膚温の経時変化についても実験を行っていく予定である。

要 約

可搬型茶摘採機による手腕系の振動障害について、その因果関係を明らかにするため、まずその基礎資料として、振動暴露および休憩中における作業者の手掌部皮膚温の経時変化について検討した。その結果を要約すると次のとおりである。

1. 振動暴露24分、休憩12分を5回繰返した場合の手掌部皮膚温の経時変化は振動暴露中の皮膚温は低下し、休憩中は回復する傾向を繰返しながら180分経過時には初期皮膚温より被験者Aで8.8～10.0°C、被験者Bで7.9～9.2°Cの低下がみられた。

2. 振動暴露6分、休憩24分を6回繰返した場合

の手掌部皮膚温の経時変化については24分—12分のパターンと同様な傾向を示しながら低下し、180分経過時には初期皮膚温より被験者Aで8.0～8.9°C、被験者Bで7.3～8.1°Cの低下がみられた。

3. 振動間欠暴露のパターンの違いによっては6分—24分タイプの方が24分—12分タイプより180分経過時で0.6～1.1°C皮膚温の低下が少なかった。

4. 茶摘採機のハンドル握持部の把持力の違いによっては被験者Aの場合、強い把持(総合把持力12.8kgf)の方が弱い把持(総合把持力4.7kgf)に比べて180分経過時で0.9～1.2°C皮膚温の低下が大きかった。同じく、被験者Bの場合も強い把持(総合把持力11.9kgf)の方が弱い把持(総合把持力4.1kgf)に比べて0.8～1.3°C低下が大きかった。

5. 被験者の違いによっては被験者Bの方が24分—12分タイプで0.8～0.9°C、6分—24分タイプで0.7～0.8°C、それぞれ180分経過時で皮膚温の低下は少なかった。

6. 今後は外気温の変化、180分経過後の皮膚温の回復状況、さらには振動無負荷時の皮膚温の経時変化等について実験を行う予定である。

謝辞 本実験の遂行にあたり、種々御協力を戴いた鹿児島県茶業試験場栽培研究室の各位と御校閲を戴いた本学農学部宮里 満教授に対して深く謝意を表します。

文 献

- 1) 肝付邦憲：振動負荷の取手把持力に及ぼす影響に関する実験的研究。労働科学, Vol. 58, No.4, 183-196 (1982)
- 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)

Summary

In order to clarify the causation between the skin-temperature and the vibration-disturbance in the palm of an operator occurring due to the vibrations of a portable typed tea-plucking machine, analyses were carried out on the basic characteristics of the skin-temperature-process observable at a palm put under vibrating or resting-state.

The results obtained are summarized as follows:

1. In case of five-times repetition (vibrating-time-24 min., resting-time-12 min) skin-temperature-dropping occurred in a palm under a vibrating-state, being recovered under a resting-state. It was ascertained that these alternative changes were repeated at the skin-temperature. As compared with the

skin-temperature at the beginning, at the skin-temperature observed after 180 min. dropping of 8.8~10.0°C occurred in case of the operator (A), on the other hand, that of 7.9~9.2°C in case of the operator (B), respectively.

2. In case of the six times repetition (vibrating-time-6 min., resting-time-24 min.) the skin-temperature-dropping in a palm was similar to that of the 24~12 min. case pattern. As compared with the skin-temperature noted at the beginning, dropping of 8.8~8.9°C (A) and that of 7.3~8.1°C (B) occurred, respectively.

3. The skin-temperature-dropping in 6-24 min. case pattern occurring after 180 min. was noted to be 0.6~1.1°C lesser than that in the 24~12 min. one.

4. Concerning the skin-temperature-dropping occurring after 180 min. in case of the operator (A), it was ascertained that in a strong-total-grasping-force (12.8 kgf) it was 0.9~1.2°C larger than in case of the weaker one (4.7 kgf). As to the skin-temperature-dropping occurring in case of the operator (B), in a strong total grasping force (11.9 kgf) it was 0.8~1.3°C larger than in case of the weaker one (4.1 kgf).

5. The skin-temperature dropping in an operator (B) observable after 180 min. was 0.8~0.9°C (24~12 min. case pattern) or 0.7~0.8°C (6~24 min. case pattern) lesser than those in case of an operator (A).

6. The following items were left to the future studies : ① changes in the atmospheric temperature. ② recovering process of the skin-temperature after 180 min. ③ the skin-temperature variations occurring in accordance with the elapsing time under the vibration-no-load state.