

トラクタの操作特性評価に関する研究 トラクタ単体の運転操作

川上克己¹⁾・小宮道士²⁾

Studies on estimates of tractor operating performance

— Tractor operation —

Katsumi KAWAKAMI and Michio KOMIYA

(June, 1995)

緒 言

農業の本格的な機械化は、農作業が畜力からトラクタへと移行するに伴って始まり、オペレータは当初専業経営者の男性に限られていた。今日では一戸の農家で数台のトラクタを所有し、ほとんどの農作業をトラクタで行っている。オペレータは経営体の主人、後継者のみでなく、主婦や高齢者にまで広がっている。作業対象が建築、土木等の現業作業と同じように、作業環境が一定しない為に経験や学習による熟練を必要とする。

従ってトラクタ作業は熟練するに依り、精度が高く、安全で効率的な作業が可能となるが、別な視点から考えると、オペレータの高齢化、婦女子化等に伴い熟練度を要求しないトラクタ作業にすることが安全の上からも重要である。以上の観点からトラクタ単体の運転操作特性についての評価を試みた。

実 験 方 法

トラクタの運転操作は日頃自動車とトラクタに乗る機会が多い、4名のオペレータにより、走行速度を0.31~2.07 m/sの範囲で8段階に変え、直線走行に於ける発進から停止までと、屈曲走行とその停止までを実施した。

直線コースは20 mで、記録計のトリガスイッチを作動させ、計測を開始してから主変速レバーを作動させて

クラッチペダルを踏み、シャトルレバーを前進側に移動して発進した。

指定位置で止まるようにクラッチペダル、ブレーキペダルを操作してから計測を終了した。屈曲コースは図1に示すように幅が3 mで、5.5 m毎に右2回、左2回直角に屈曲して停止する。計測は発進後速度が一定になってから、地面に立てられたポールがトラクタ機体に取付けられたトリガスイッチを作動させて開始する。計測の終了は屈曲走行を終了して、トラクタが停止してからである。

測定項目はクラッチペダル、ブレーキペダルの操作量、前輪のかじ取り変位、後輪回転の有無を知る為のラグパルスの検出である。どの項目についても変位計をトラクタ機体に取付け、車載のデータロガーに記録し解析した。

データのサンプリング間隔は屈曲走行時の1~7段階の速度、0.31~1.44 m/sについて20 ms、8段階の速度2.07 m/sと直線走行の全速度について10 msである。

供試トラクタは25 kW/2700 rpmの4輪駆動クボタL1-345 D型で、走行時のエンジン回転数は1630 rpmとした。

オペレータの自動車運転に対する意識を把握するために、免許更新時に行われる安全運転自己診断テスト(SAS 489一般用)を実施した。

1) 酪農学科 (農業工学)

Department of Dairy Science (Agricultural Engineering), Rakuno Gakuen University, Ebetsu Hokkaido 069, Japan.

2) 酪農学科 (畜産システム工学)

Department of Dairy Science (Livestock Systems Engineering), Rakuno Gakuen University, Ebetsu Hokkaido 069, Japan.

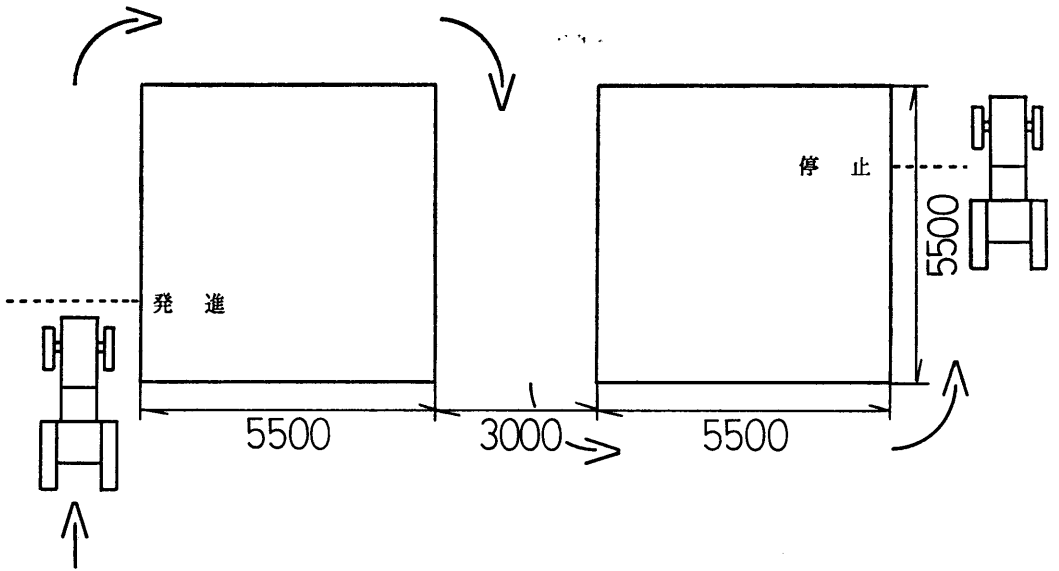


図1 屈曲走行コース

実験結果および考察

運転者の自動車運転に対する日頃の意識を表1に示す。このテストは32の設問を「はい」「いいえ」で答えるもので、最高得点は32点、最低得点は15点になるように作られている。得点の高いほど安全意識の高いオペレータになる。この結果からTとOが自動車運転について日頃慎重であるといえる。

表1 安全運転自己診断テスト

| 運転者 年令 | T | K | H | O | 最高 得点 | 最低 得点 |
|-----------|------|------|------|------|----------|----------|
| | 40代 | 30代 | 20代 | 20代 | | |
| 合計得点 | 28 | 22 | 22 | 29 | 32 | 15 |
| % | 87.5 | 68.8 | 68.8 | 90.6 | 100 | 46.8 |

1) 直線走行の評価

直線走行でのトラクタ運転は発進時と停止時のペダル操作が安全運転、正確な運転の為に評価の対象になる。特に重要なことはトラクタの走行速度に対応した機敏な操作と適正な位置での停止である。

表2に発進時の主変速レバーの操作時間とクラッチペダルの操作時間を示す。発進時の操作時間はほぼ3秒前後であるが、主変速レバーの操作時間が全体の操作時間を左右し、慎重なTとOが長い時間を要した。特に40代のTは年代的影響が操作の機敏さを欠いたのではない

表2 発進操作時間 (msec)

| 運転者 | T | K | H | O |
|-------------------------|------|------|------|------|
| クラッチペダルを踏み込むまで | 357 | 387 | 314 | 395 |
| 主変速レバー操作 | 2232 | 1530 | 1533 | 1817 |
| クラッチペダルを上げてトラクタを発進させるまで | 1132 | 1028 | 1115 | 905 |
| 発進操作合計 | 3721 | 2945 | 2962 | 3117 |

操作時間は走行速度8段階の平均値

かと思われる。

停止操作は最初にクラッチペダルを踏み、次にブレーキペダルを踏んで指示された場所に停止することであるが、最終評価として正しい位置に停止することである。

停止位置は走行方向と直角に地面に白色ラインを引いて指示した。トラクタのボンネット先端とラインが上から見て一致した時を正しい停止位置とした。従って、停止時にオペレータの目からこのラインとトラクタ先端を正しく合わせる事は難しい。表3に停止時のペダル操作時間と停止位置を示す。

TとOは走行速度8段階のすべてに対し指示位置の手前で停止した。Hは4回、Kは3回指示位置上で停止し、他は手前で停止した。TとOがどの場合も手前で停

表3 停止操作時間 (msec)

| 操作内容 | 運転者 | T | K | H | O |
|-----------------------------|-----|-----------------|----------------|----------------|-----------------|
| クラッチペタルの踏み込み | | 916 | 850 | 590 | 458 |
| ブレーキペタル操作時間 | | 332 | 315 | 386 | 441 |
| クラッチペタルを踏んでからブレーキペダルを踏み終るまで | | 1480 | 1365 | 1507 | 1677 |
| ブレーキを踏み始めてから停止するまで | | 263 | 411 | -32 | 11 |
| 停止位置 (cm) (標準偏差) | | -13.1 (-7.2) | -3.5 (-3.3) | -6.3 (-9.1) | -13.4 (-6.2) |

操作時間は走行速度 8 段階の平均値
但し H は 7 段階

止したのは、自己診断テストの結果にあるようにオペレータの慎重さがもたらしたものと見える。ペタル操作の特徴としては、T と K はクラッチペタルの操作、ブレーキペタルの操作ともゆっくりであるのに対し、H と O はクラッチペタルの操作時間が短かく、またブレーキペタル

を操作してから止まるまでの所要時間も短い、H の場合にブレーキペタルを操作する前に停止したのは、トラクタ車輪の走行抵抗によって停止したことを示している。H と O は T と K よりも操作が機敏である反面、ゆとりがないとも見える。走行速度とクラッチペタル、ブレーキペタルの操作時間の関係を図 2、3 に示す。クラッチペタルの操作時間は走行速度に関係なく、個人差として評価して良いのではないと思われる。

ブレーキペタルの操作については T、K、O の場合、走行速度が速くなるに従ってブレーキペタルの操作に長い時間を要したのは、停止のために早くからペタルに足を掛けていたからと思われる。ブレーキペタルの踏み始めから停止するまでの時間を図 4 に示したが、走行速度の遅い場合には、どのオペレータもブレーキペタルの踏み前にタイヤの走行抵抗でトラクタは停止した。

走行速度が速い場合 T、K、O の 3 オペレータのブレーキペタルの操作時間及び停止までの時間はほぼ同じで、標準的な傾向と思われる。実際の運転操作を拝見した状況においても、安心できる運転状況であった。

H は走行速度が速くなるに従いブレーキの操作時間、停止までの時間が徐々に短くなり、運転操作に不安定さとゆとりのなさを感じた。

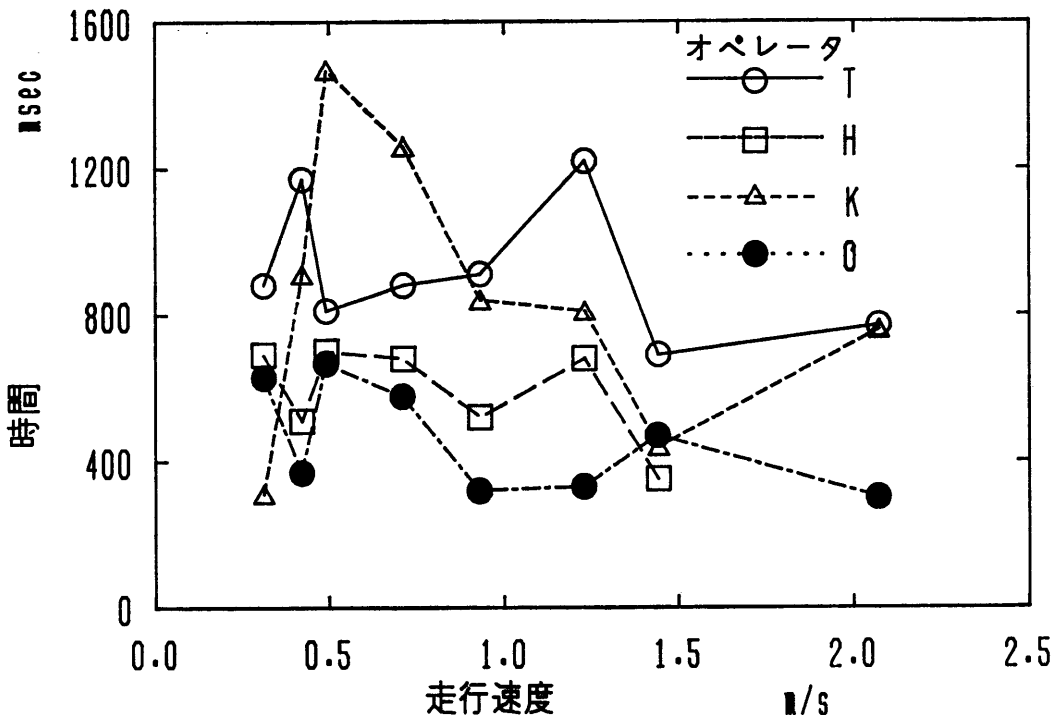


図2 クラッチペタルの踏み込み時間 (直線走行後の停止)

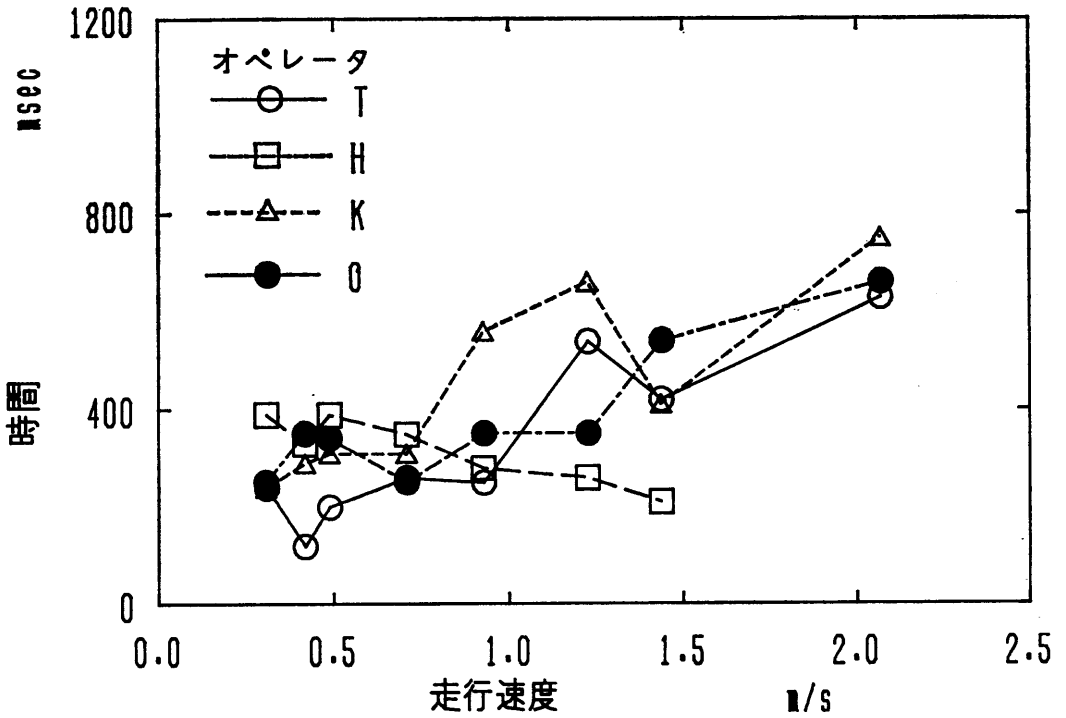


図3 ブレーキペタルの踏み込み時間(直線走行後の停止)

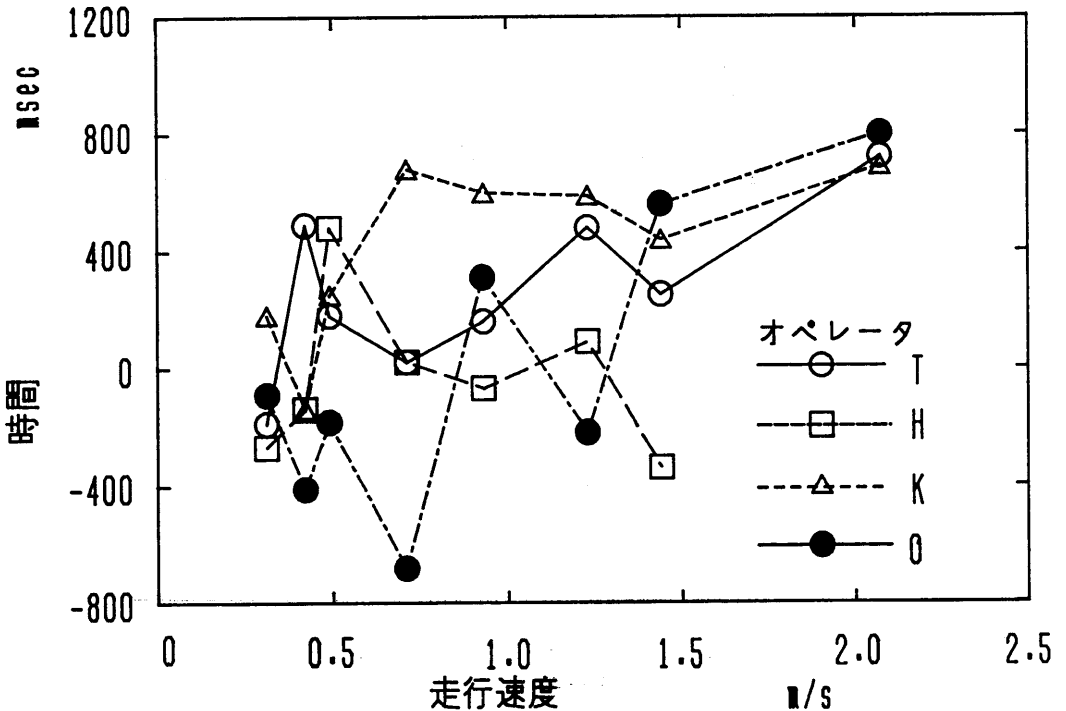


図4 フレーキペタルを踏み始めてから停止するまでの時間(直線走行後の停止)

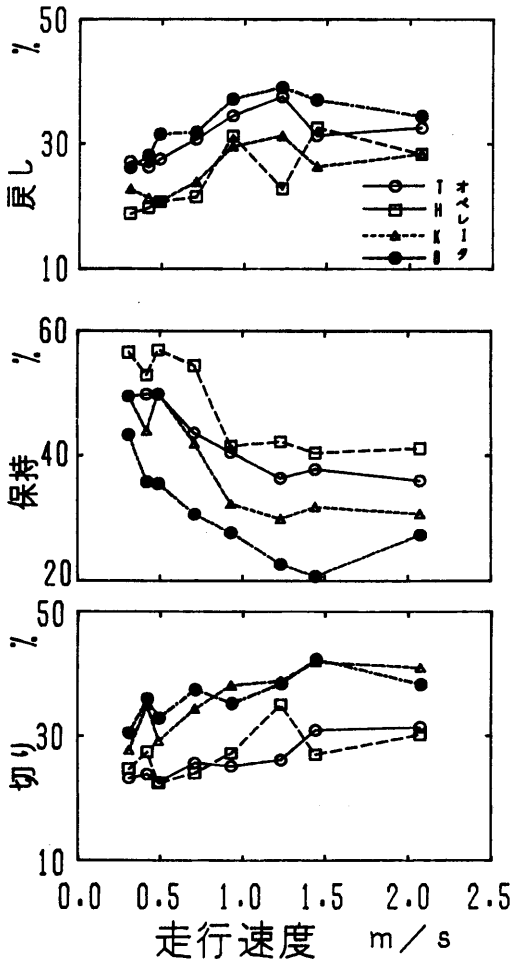


図5 屈曲時のハンドル操作特性

2) 屈曲走行の評価

(1) ハンドル操作

屈曲走行の評価はハンドル操作と最後の停止操作である。

ハンドル操作は切り、保持、戻し操作の割合と全走行時間に対する屈曲走行時間の割合で比較検討した。オペレータ4人のハンドル操作割合は図5の如くなり、どのオペレータも走行速度が速くなるに従って切りと戻しの割合が増加し、保持の割合が減少した。個人別特徴として、Oは保持時間が最も短く、切りと戻しに他のオペレータより大きな割合を占めた。このオペレータと逆の特徴を示したのがHで、保持時間の割合が最も大きく、切りと戻しの割合が他のオペレータより小さくなった。T, Kは両者の中間で、Tの場合速く切ってゆっくり戻すタイプ、Kはゆっくり切って速く戻すタイプということに

なる。4人のオペレータはそれぞれ違った特徴を示した。ハンドル操作から屈曲走行のみに要した時間を求め、全走行時間に対する割合で比較すると図6のようになる。

ハンドルの切り、戻しの割合の短いHは、小回りの為に屈曲時の時間割合は小さい。逆に切り、戻しの割合が大きいOは、大きく回る為に屈曲時の時間割合は大きくなった。TとKは両者のほぼ中間である。

屈曲走行のハンドル操作の評価はオペレータ自身の屈曲方法に対する操作意識によって異なる為に簡単に提示出来ないと思われる。

すなわちオペレータ自身がどのような操作で屈曲するのが良いと判断したかである。

無理ではあるが、評価を下すとすれば、Hは低速時に適したハンドル操作であり、Oは高速時に適していると思われる。TとKはどちらにも適する中間型といえるのではなかろうかと思われる。このような判断は運転時の観察からも間違っていないと言及できる。Hは高速になると、ハンドルの戻しに安定さを欠き、Oは低速時、丸味を帯びた屈曲走行で直角のコースに沿った走行とはいえない。

(2) 停止操作

屈曲走行の停止操作は直線走行の停止操作と異なり、ハンドル操作により屈曲から直線走行に向かって直ちに停止するもので、手によるハンドル操作と足によるペダル操作の両動作を同時に行わなければならないという難しさがある。

図7に停止の為にクラッチペダルの操作時間を示す、どのオペレータも走行速度が速くなるに従ってクラッチペダルの操作時間も短くなり、直線走行時停止の図2と違った傾向を示した。

走行速度の一番速い2.07 m/sの時はどのオペレータもクラッチペダルの操作時間がほとんど同じになったが、走行速度が変化する毎にクラッチ操作時間は大きく変化し、操作の特徴を評価するのは困難である。ブレーキペダルの操作時間は図8の如く、直線走行時より時間変動が大きくなり、又走行速度が速くなると停止に要する時間も徐々に長くなり、直線走行と同じ傾向を示した。オペレータの特徴としてはTとKがH, Oより操作時間が短く、速度の変化に対する変動も少なかった。特にTは走行速度の変化に対して安定した操作状況であった。

ブレーキペダルを踏み始めてから停止までの時間は図9の如くなり、走行速度が速くなるに従って長く要し、図4の直線走行の場合と同じ傾向であった。T, H, Oのオペレータが低速～中速でブレーキペダルを踏む前に停

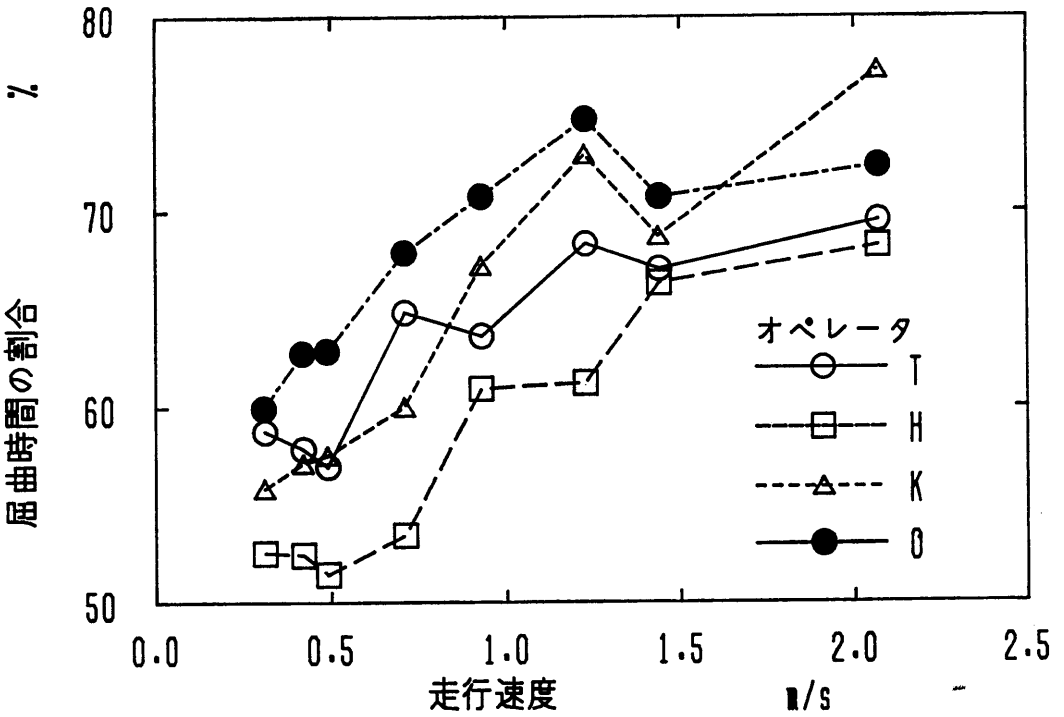


図6 全走行に対する屈曲時間の割合

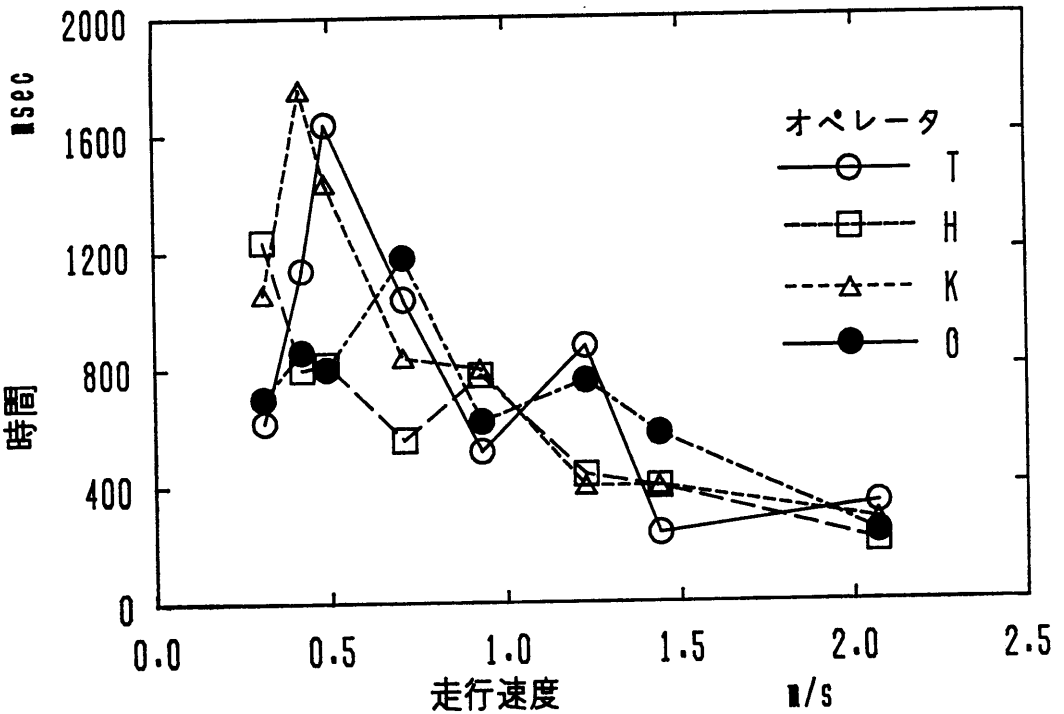


図7 クラッチペダル踏み込み時間 (屈曲走行後の停止)

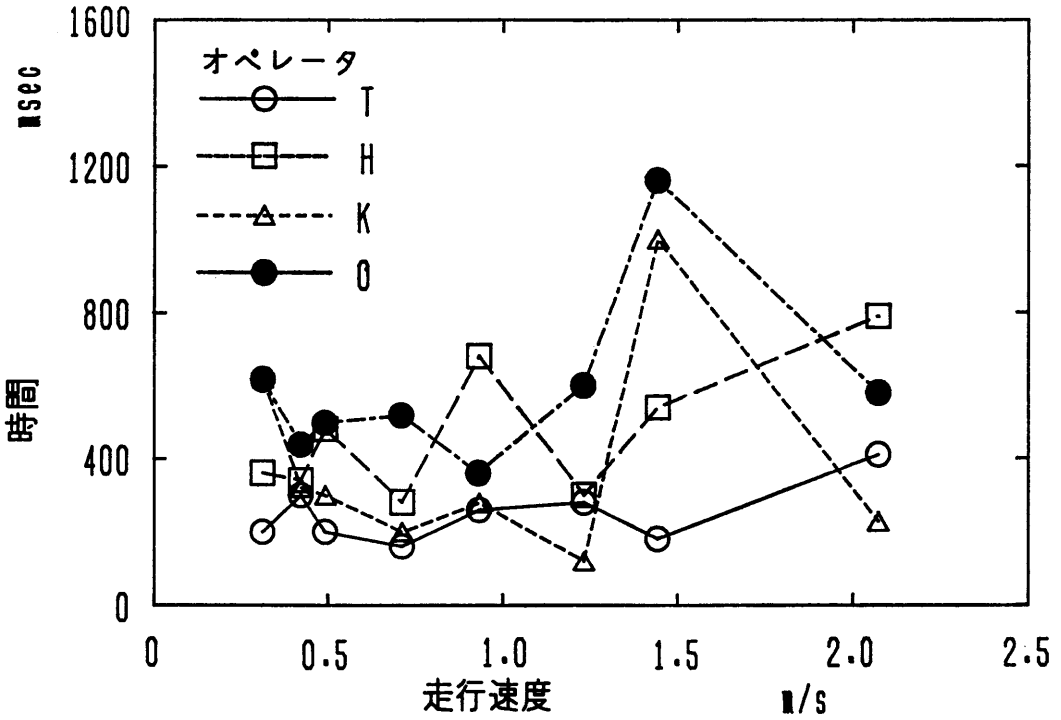


図8 ブレーキペタルの踏み込み時間(屈曲走行後の停止)

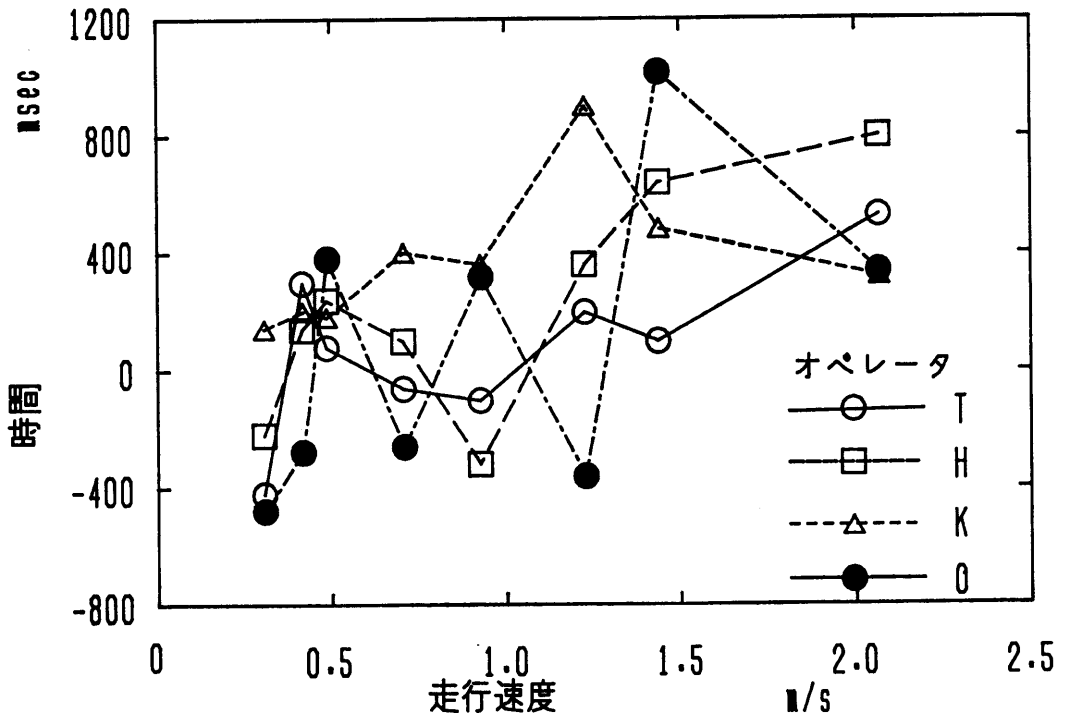


図9 ブレーキペタルを踏み始めてから停止するまでの時間(屈曲走行後の停止)

止したのは、クラッチを早く踏んだことに起因すると思われる。オペレータの操作特徴として、中速においてKはTより停止までに長い時間を要したが時間の変動が少なく比較的安定した状況を示した。H、Oは変動が大きくなったが平均すると、低中速でTとほぼ同じになった。屈曲走行後の早い停止操作で要求されることは、停止までの時間を予測し自分なりに余裕のある操作をすることである。従って停止の為の時間変動の少ない安定したTとKの操作がトラクタ運転に適しているものと評価してよいのではないかとと思われる。

屈曲走行実験の停止位置の精度については測定しないので判断することはできない。

摘 要

トラクタ操作に於けるオペレータの操作特性を評価する為に、4名のオペレータにより直線走行における発進、停止操作と屈曲走行に於けるハンドル操作と停止操作を実施した。以下に要約する。

1) 自動車運転で慎重なオペレータは、トラクタの発進操作で変速レバーの操作に長い時間を要した。又直線走行後の停止操作では早目に停止する傾向を示した。

2) 停止時クラッチペダル、ブレーキペダルの操作については、ペダル操作の早い人と遅い人があり、早い人

は停止までの時間も短く機敏であるがゆとりが感じられない。

ブレーキペダルを踏み始めてから停止するまでの時間が走行速度が速くなるに従って長くなる運転は、逆の運転操作に比べ安定した運転と評価できる。

2) 屈曲時のハンドル操作は走行速度が速くなるに従って切りと戻しの比率が増し、保持の比率が減少した。

安定した運転操作にはハンドルの切り、保持、戻しの適度なバランスが必要で、ゆとりのある運転としては早く切ってゆっくり戻すことが必要である。

4) 屈曲走行後の停止操作は手と足の両操作が同時に要求され、機敏さと正しい判断が必要である。走行速度の変化に対しクラッチペダルとブレーキペダルの操作時間が大きく変化しないことが安定した運転には必要である。

参 考 文 献

- 1) 米川智司・坂井直樹・春原 亘 (1990). 熟練トラクタオペレータのあいまいさ. 農作業研究, 25(2): 148-154.
- 2) 梅田重夫・穂波信雄 (1975). トラクタの操縦性能に関する研究 (第1報). 農業機械学会誌, 37(2): 149-155.

Summary

Studies for the estimation of tractor operating performance were conducted. The traveling courses were straight and right-angled. Figures for the start, stop and steering of the tractor were estimated.

The results were as follows:

- 1) Careful operators required a long time to actuate of controls at the start motion and the tractor were stopped on slightly inside of the assigned position at the stop motion.
- 2) The operating times for the brake pedal increased with travel speed for safety operators.
- 3) For steering on a right angle course, the feed and the return ratios of steering increased with the travel speed, and the stop ratio decreased. Speedy feed and slow return motion are necessitated for proper steering.
- 4) Rapid stopping after conering and quick and accurate judgement are required for steady operation. It is necessary that the operating times of the clutch pedal and the brake pedal don't change much with travel speed.