

# トラクタ・プラウ耕における巡回操作から見た水田の適正作業区画について

誌名	東北農業試験場研究速報
ISSN	0495730X
著者	涌井,学,
巻/号	1号
掲載ページ	p. 37-42
発行年月	1963年3月

# トラクタ・プラウ耕における旋回操作から 見た水田の適正作業区画について

涌 井 学

## 1. 目 的

機械化作業に適する水田区画は、耕耘、整地、育成管理、防除、収穫等の作業工程の方法並びに水管理の便否等から総合的に決定されるべきであるが、各工程別労働手段の諸元性能に未確定のものも多いので、ここでは、将来の機械化に適正な水田区画を想定する一資料として、プラウ耕の中、特に旋回操作の関係から見た研究結果を報告する。

## 2. 試 験 方 法

1. 供試機 クボタ式T15トラクタ及びボトムプラウ（14吋1連）、実験時の調節寸法条件は次の通り。
  - $p$ : トラクタ前輪からプラウ双先端迄の距離、2.25m
  - $q$ : トラクタ左後輪とプラウ双先端との距離、0.93m
  - $w$ : 同右後輪外側面とプラウ双先尻との間隔、0.25m
  - $b$ : プラウ双巾、0.35m
  - $d$ : 耕深、0.18m
  - $v_1$ : プラウ耕前進速度 0.68m/sec
  - $v_2$ : から歩き後退速度 1.25m/sec
  - $r$ : トラクタの最小旋回半径 2.19m

2. 供試圃場 当場盛岡試験地、砂壤土乾田、稲刈跡地、50m×20m、2枚。

### 3. 作業方法の約束

(1) 耕法 プラウ耕法には連続耕と間断耕とがあり、それぞれに外返し耕と内返し耕とがある。各耕法の理論的残耕面積を比べよう。外返し連続耕では、トラクタは区画の隅で半径 $r$ を以て $90^\circ$ に方向変換するから、第1周目には、4隅にそれぞれ $r^2(1-\pi/4)$ の残耕部ができる。2周目以降、トラクタ内側後車輪の旋回半径は $r$ でもプラウの軌跡は後車輪軌跡より耕巾 $b$ だけ内側にずれるから、旋回のためごとに三日月形の残耕を生じる。この面積は、 $b(1-\pi/4)(2r-b)$ である。耕耘が進むにつれ、トラクタの最小旋回半径を半径とする半円が両短辺側に残ると、以後は間断耕に移らなければならない。以上の残耕の総計は $(4-\pi)(rM+br-r^2-Mb/2)$ である。 $M$ はトラクタ耕の方向と直角な区画の巾である。内

返し連続耕では、圃場中央の巾 $2r$ 以内の部分をもつ間断耕で処理し、続いて連続耕で漸次外周に向うから、4隅の残耕はそれぞれ $M^2(4-\pi)/16$ となり、従つて残耕総計は $M(4-\pi)/4$ となる。

間断耕では、内返し・外返しともに両端に旋回方法別に異なる長さ $l$ の枕地を生ずるが、この部分は最後に後退併用片道耕によつて処理すれば、結局2隅に面積 $lp$ の矩形の残耕ができる。従つてその総計は $2lp$ となる。

以上から、この研究では、残耕面積の最も少ない間断耕法を採用した。なお、トラクタの車輪がアゼに乗り上げ、又はアゼをまたがないものとすれば、アゼの内側に後車輪外側面とプラウ双先端又は双先尻との間隔に等しい巾の残耕ができるが、この巾は供試条件では外返し耕の方が狭い。そこで本実験では、始めアゼ沿いに2往復外返し耕を行なつてから内返し耕に移ることにした。

次に、内返し耕では、まずすき割り・すき寄せを行ない、以後順次すき割り中心線から遠ざかりつつ耕起を続けるが、この一単位の間、即ち地割りの巾を適当に決めなければならない。最初のすき割り・すき寄せでは、旋回間隔（すき止めと次のすき始めとの耕巾中心線の間隔）が狭いので、8字型、つぼ型、火山型等（第1図）の旋回を行ない、旋回間隔がトラクタ最小旋回半径 $r$ の2倍を越えてからU字型旋回に移るが、旋回間隔が増すにつれて枕地におけるから走行距離が長くなり旋回時間が漸増するから、この方法はU字型旋回時間が始めの地割り中心部における旋回時間と等しくなる迄にとどめ、以後は再び地割りしてその中心部のすき割りから始めるのが適当である。理論的には地割り巾（U字型旋回の有効最大限界）は $4r$ になる。しかし、すき割り、すき寄せは、トラクタ及びプラウの操作に熟練を要する上に、いわゆる中高を生ずる原因となる。そこで、ここでは、作業単位区画の巾 $M$ のいかんを問わず、すき割り・すき寄せは区画中心線のみで行ない、当初の外返し制部分に接する迄内返し耕を続けることにする。

なお、枕地の長さは、第1図のように旋回方法によつて異なるが、その処理は後退併用片道外返し耕によるこ

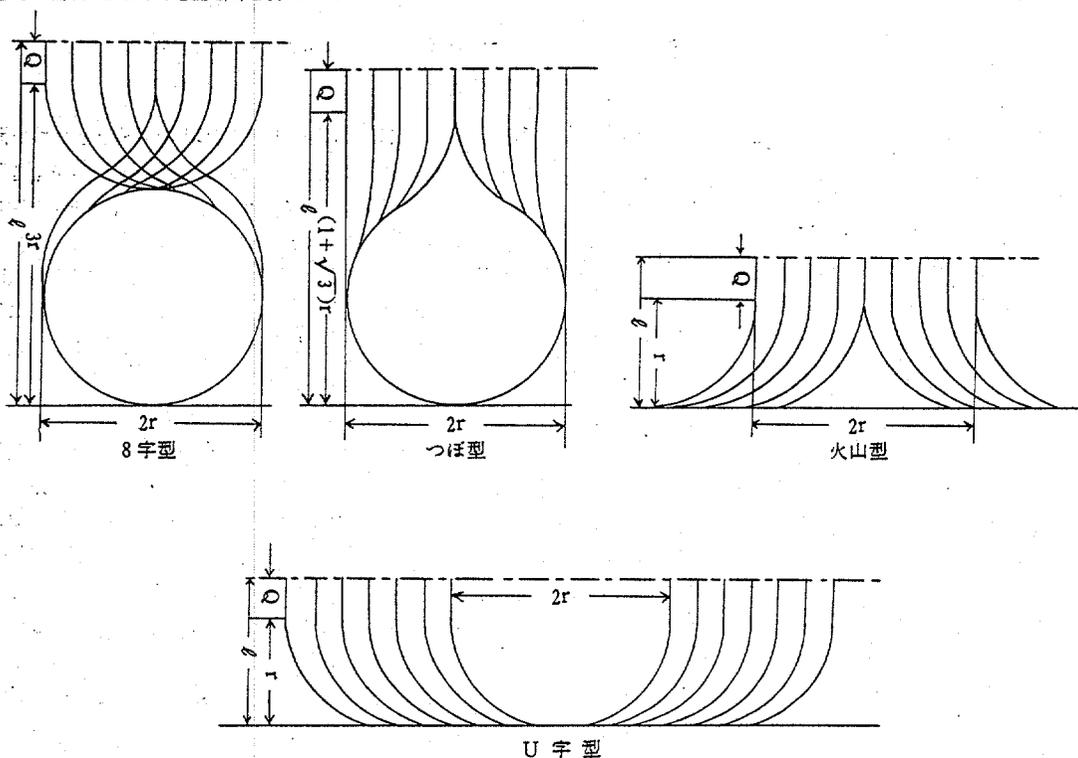
とにする。

(2) 旋回方法 旋回間隔が $2r$ に達する迄は、8字型、つぼ型又は火山型のうち最も能率的な方法により、 $2r$ を越える部分ではU字型旋回を行なう。

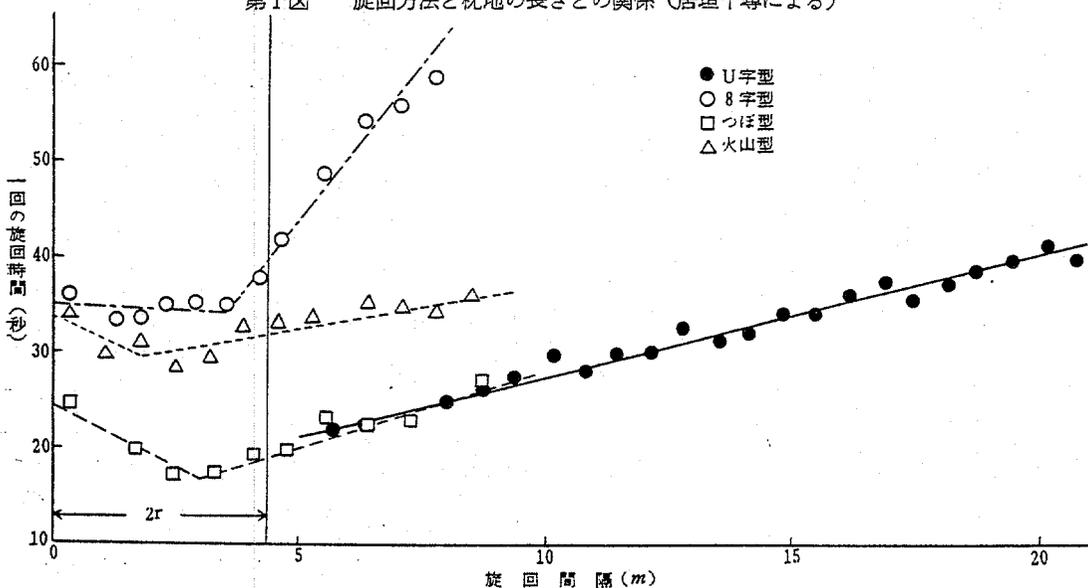
3. 試験結果並びに考察

1. 旋回方法の選定

(1) 旋回方法と所要時間との関係 第1図の4種の旋回方法別に、旋回間隔と1回の旋回に要する時間との関係



第1図 旋回方法と枕地の長さとの関係 (居垣千尋による)



第2図 旋回方法別、旋回間隔と旋回所要時間との関係

を測定した結果を第2図に示す。8字型・つぼ型・火山型ともに、すき割り・すき寄せの始めには、旋回間隔が甚だ狭くてトラクタの操向がきゆうくつであるため、所要時間がやや多く、以後、間隔が2~3.5mに達する迄は、所要時間が漸減する。しかし、間隔が更に増せば、から走行距離が延びるので、所要時間は再び増加する。U字型では、実験の範囲では、旋回間隔の増加と旋回所要時間の増加とが相伴なう。第2図から、前節で述べた地割りの適当な巾を求めると、8字型旋回では約16m、つぼ

型では約8m、火山型では15mとなる。

今、旋回間隔 $2r$ 以内における3種の旋回方法については所要時間の減少・増加の変曲点の前後に2分し、又、U字型では一括して、それぞれ旋回間隔( $xm$ )と1回の旋回所要時間( $ysec$ )との関係を直線化し、各直線を表わす一次式  $y=px+q$  を最小自乗法によつて求めると、第1表ようになる。かような一次式化によつて、ある旋回方法の累計所要時間を等差級数の和として求めることができる。

第1表 旋回方法の比較

方 法	損 壊 程 度 の 順 位	枕 地 長 さ			旋 回 時 間		b / 2ar	※※ 残 耕 率
		最大	最小	平均(a)	間隔 $2r$ ※ 以内におけ る合計時間 (b)	旋回間隔 ( $xm$ )と 旋回時間 ( $ysec$ )と の関係		
8字型	1	7.45	6.55	6.98	598	$x < 3.5y = -0.26x + 35.38(1)$ $x \geq 3.5y = 6.43x + 12.01(2)$	sec/m <sup>2</sup> 19.56	% 3.14
つぼ型	2	5.82	3.91	4.55	326	$x < 3 y = -2.57x + 24.93(3)$ $x \geq 3 y = 1.49x + 13.16(4)$	16.32	2.05
火山型	3	4.93	4.21	4.74	510	$x < 1.8y = -2.21x + 34.03(5)$ $x \geq 1.8y = 0.85x + 28.69(6)$	24.56	2.13
U字型					$y = 1.23x + 15.37(7)$			

※  $r$ は最小旋回半径、この場合 2.19m、秒以下四捨五入

※※ 圃場区画 50m×20m の場合について計算

(2) 旋回方法と枕地及び残耕との関係  $2r$ 以内の旋回間隔における3種の方法を実験的に比べると、旋回時のトラクタ車輪による枕地の損壊は、8字型が最も著しく、火山型が最も軽度である。異なる方法間でも、又同じ方法の中でも、ハンドルを左右に強く切るほどこの損壊が著しくなる。枕地の長さ $l$ の大きさは、理論上は第1図のようであるが、実際には8字型が最も長く、つぼ型が最も短かかった。火山型は後退操作を含むため、実験時の機械及び圃場の条件並びにオペレータの技術では、理論値よりかなり大きくなり、つぼ型のそれを上廻つた。なお、 $l$ の実験値から、区画の2隅に生ずる残耕面積を求めると第1表のようになった。

以上から、旋回間隔 $2r$ 以内における旋回方法として、つぼ型を選んだ。

2. 耕起所要時間計算式の誘導 前節(3)の約束に従えば、耕起作業の所要時間は、(i)耕起方向アセ際内部の外返し耕時間、(ii)その間の部分の内返し耕時間及び(iii)枕地の片道耕時間から構成されるが、(ii)は、旋回間隔 $2r$

以内の所要時間とその巾を越す部分の所要時間とに分けることができるので、これら4つの部分工程ごとに所要時間の計算式を導いた。ただし、式中の記号は次の通りとする。

L: 区画の縦長 (進行方向の長さ) (m)

M: 区画の横巾 (進行方向と直角に見た長さ) (m)

B: つぼ型旋回を伴なう耕起部分の巾、即ち $2r$  (m)

$T_1$ : L方向アセ際外返し耕所要時間 (旋回を含む、以下同様) (sec)

$n_1$ : 同上行程数 (この場合は4)

$T_2$ : 巾B以内の耕起所要時間 (sec)

$n_2$ : 同上行程数 (この場合は12)

$T_3$ : 巾Bの外側の内返し耕所要時間 (sec)

$T_4$ : 枕地処理片道耕所要時間 (sec)

$p_3, p_4, p_7, q_3, q_4, q_7$ : 第1表の式(3)(4)及び(7)の  $p, q$  の値

求めた計算式は次の通りである。

(i) L方向アセ際外返し耕所要時間 (sec)

$$T_1 = \frac{n_1(L-2\ell)}{v_1} + \frac{(n_1-1)}{2} \left\{ p_7(2M-4w-n_1b) + 2p_7 \right\} \quad (8)$$

(㉔) 巾B以内の耕起所要時間 (sec)

$$T_2 = \frac{B(L-2\ell)}{bv_1} + \left( \frac{B}{2b} - \frac{1}{2} \right) (p_3B + 2q_3) + \frac{(B-bn_2)[p_4\{B-b(n_2-1)\} + 2q_4]}{2b} \quad (9)$$

(㉕) 巾Bの外側の内返し耕所要時間 (sec)

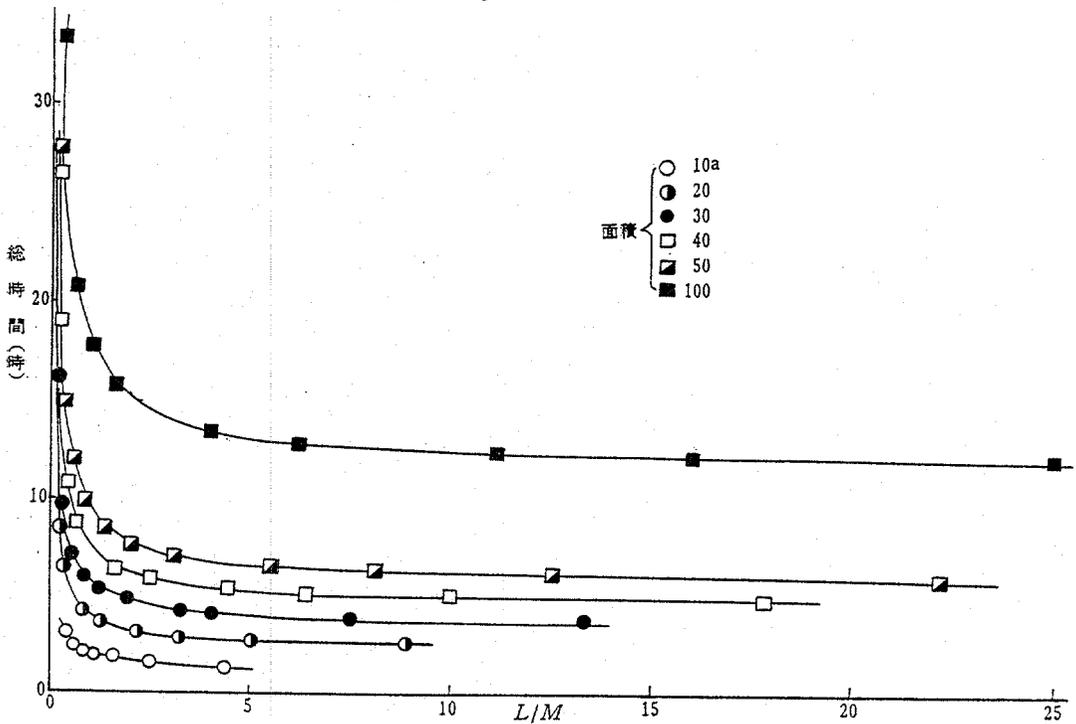
$$T_3 = \frac{(L-2\ell)\{M-(2w+n_1b+B)\}}{bv_1} + \left\{ \frac{M-(2w+n_1b+B)}{2b} - \frac{1}{2} \right\} [p_7\{B+M-(2w+n_1b)\} + 2q_7] \quad (10)$$

(㉖) 枕地片道耕所要時間 (sec)

$$T_4 = 2(M-p) \left( \frac{\ell}{bv_1} + \frac{1}{v_2} \right) \quad (11)$$

3. 区画の面積及び縦横の比と作業所要時間との関係 区画を矩形とし、その面積が10、20、30、40、50及び100aのそれぞれの場合について、縦横の長さをいろいろに与え ( $M \geq 15m$ )、作業所要時間を(3)、(4)、(7)~(11)式によつて求めた。なお、Bは正確には4.39mであるが

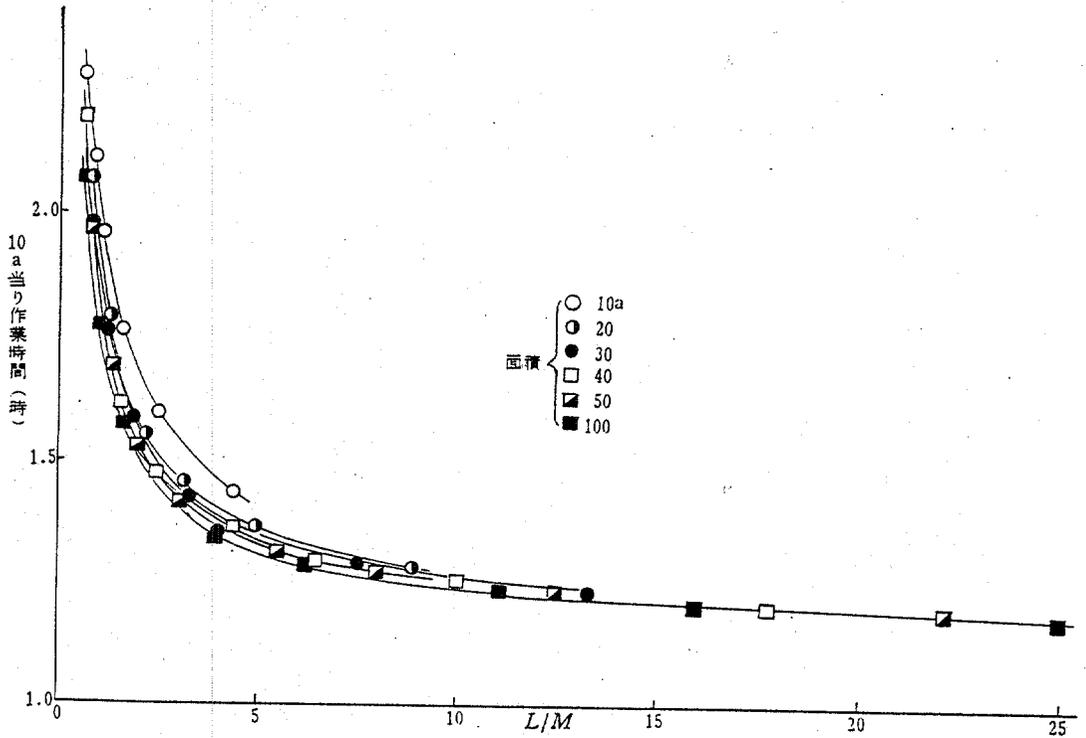
、プラウ耕巾の整数倍の値をとり4.2mとした。又、(9)式中のつば型旋回所要時間も、耕巾との関係を考慮して、 $n_2=12$ 行程のうち、始め8行程分は式(3)により、残り4行程分は式(4)によつた。結果を第3~5図に示す。



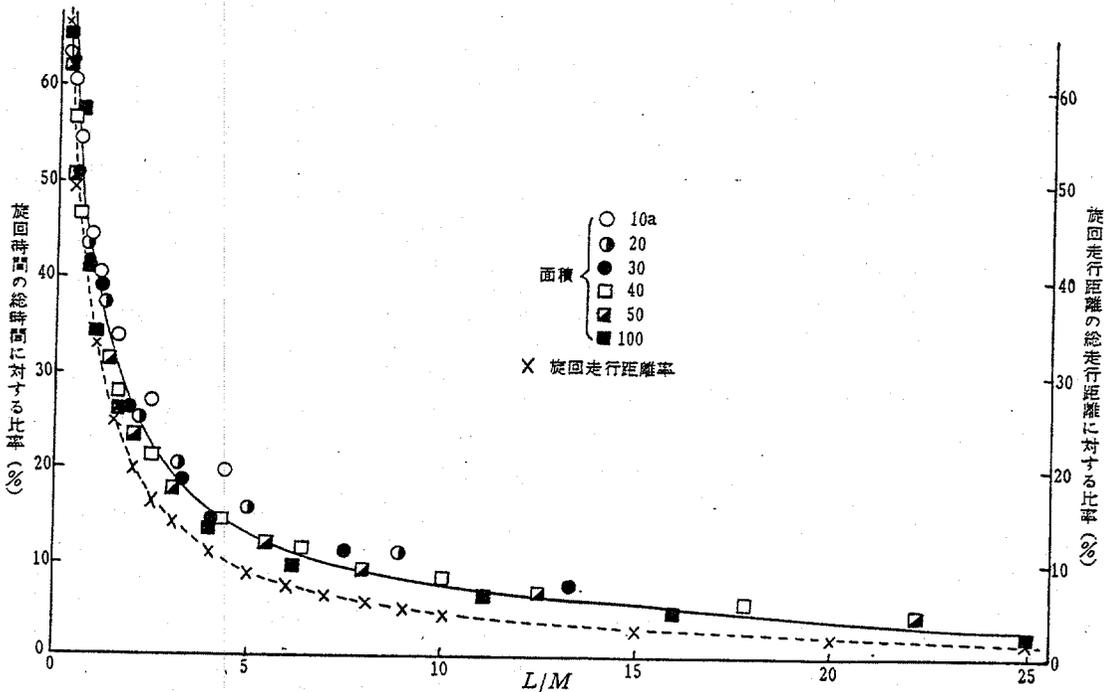
第3図 区画の面積及び縦横比と所要時間との関係(プラウ耕)

第3図のように、区画の面積が増せば作業所要時間も増すが、Mが相対的に狭いほど、即ちL/Mが大きいほど面積による所要時間の差が小さい。又、この図のように、面積が大きいほど、L/Mと所要時間との関係曲線の変曲点が図の右方へ寄ることは、面積を拡げてもL/M

を大きくしないと、所要時間短縮効果がそれほど上がらないことを意味する。ただし、第4図のように、L/Mがおよそその10以上になると、区画全面積の大小による単位面積当り所要時間の差は基だ僅かになる。即ち、区画面積による能率の差は、L/Mが小さいほど顕著である



第4図 区画の面積及び縦横比と10a当り作業時間との関係(プラウ耕)



第5図 区画の面積及び縦横比と旋回時間率・旋回走行距離との関係(プラウ耕)

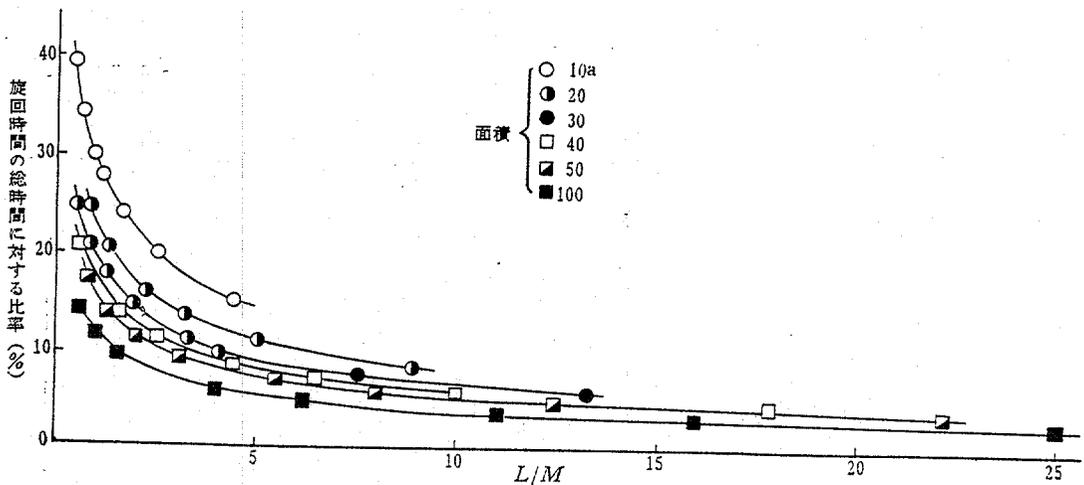
このような結果は、主として $L/M$ と旋回による時間損失との関係によるものである。巾 $M$ の区画では、旋回時の走行の平均距離は $M/2$ であるから、区画の両端で合計 $M$ となる。一方、1行程の全走行平均距離は $2L+M$ であるから、から走行距離の全走行距離に対する割合 $I(\%)$ は、次式で与えられる。

$$I = \frac{M}{2L+M} \times 100 \quad (12)$$

$L/M$ のいろいろな値に対する $I$ を式(12)によつて求めた結果が第5図の点線である。即ち、 $L/M$ がおよそ5より小さくなるとから走行距離の割合が急に高くなる。一方、実験値と式(8)~(11)から求めた作業総所要時間に対する旋回時間の割合と $L/M$ との関係は同図の実線のようにあつて、走行距離の場合とほぼ同様に、 $L/M$ がおよ

そ5以下になると、旋回時間の比率は、区画面積のいかんを問わず急に高くなる。第5図で、点線が実線よりもいく分図の下方にずれたのは、式(12)がすべてU字形旋回を行なう前提で導かれていること、耕起中の走行速度と旋回中の走行速度とが同一でないことなどによる。

以上を総合すれば、単位面積当り所要時間を短縮するには、区画面積の拡大も有効であるが、それよりも $L/M$ の増大の方が効果が大きい。従つて、区画の横巾は、播種・薬剤散布・灌排水等の栽培諸作業の関係から適当に決定し、縦の長さはそれに応じて横巾の数倍にすればよい。この倍率は、旋回による損失時間の割合を10%以下にとどめようとするれば、 $L/M \geq 6$ に定める必要がある。



第6図 区画の面積及び縦横比と旋回時間率との関係 (ロータリ耕)

#### 4. 摘要

1. トラクタ・プラウ耕における作業能率及び効率を高めるような作業区画の条件を明らかにするため、国産小型乗用トラクタ（機関出力15~18PS）を用いて実験を行なつた。

2. 作業能率及び効率の向上の対しては、区画面積の増大が有効であるが、それよりも区画の縦横の比率を大きくする方が、一そう効果的である。

3. 旋回（後退を含む）による損失時間の作業総時間に対する割合を10%以下にとどめようとするれば、区画の縦方向の長さを横巾の6倍以上にとる必要がある。