

# 耕耘機なた爪直平部の静的定置実験

松 尾 昌 樹

(山形大学農学部農業機械学研究室)

Masaki MATSUO : Static Experiments on the Fixed Position of Vertical Blades of Rotary Tiller.

## I. 緒 言

なた爪の形状作用を研究するには形状要素を分析し、ある要素の耕耘特性をみて行く方法が妥当であるが、如何なる耕耘条件でも常に各要素が不変で実際耕耘状態と大差のない定置実験方式を用いて、なた爪直平部の静的実験を行なった。

形状要素としては爪厚さ、刃先角、楔角(爪断面形状)、切込角をとり、回転中心距離(耕耘ピッチ)、耕深を変え耕耘トルクを測定し考察した。

## II. 実験装置及び方法

1. 耕耘トルク測定装置 鉄棒に爪軸を取付けその中央部に供試爪、一端に第1図のようなトルク計をとりつけて土槽内の土を切削耕起する。原理はトルクレンチの応用で固定プーリー①は軸受、鉄フレーム②に固定し、溝面を粗くしてゴム紐③のスリッパを防ぎ、記録紙巻取および記録用ドラム④と紙送りドラム⑤の両軸を固定したフレーム②、及びバネ板⑥を少し間隔をおいて爪軸⑩にボルト⑨で止め、ゴム紐③を①と巻取ドラム④の間にかけ爪軸⑩の回転を④に伝え、巻取ドラムの紐溝面も粗にする。ハンドル⑧で回転させると爪にかかる抵抗モー

メントがトルクと釣り合うまでバネ板⑥は曲げられ、たわみ量をペン⑦で記録紙上に横方向に記録し、一方爪軸回転角はドラム④の縦方向送りとして記録する。

故に予めバネ板のたわみと荷重、回転角と記録紙送りとの関係を検定して任意の回転角のトルクと変動、全耕耘トルク(仕事量)を知り得る。連続測定の場合は記録用敷板と巻取ドラムを別にし、後者のみ回転させる。

いま片持ばりの平板バネのたわみ式は

$$\delta = \frac{l^3 P}{3EI} = \frac{4l^3 P}{Eb h^3} \dots \dots \dots (1)$$

ここに  $\delta$ : たわみ量,  $E$ : 縦弾性係数  $= 21000 \text{ kg/mm}^2$ ,  
 $l$ : 板の有効長さ,  $I$ : 断面二次モーメント  $= \frac{bh^3}{12}$ ,  
 $P$ : 先端荷重,  $b$ : 板の幅,  $h$ : 板の厚さ, とする。

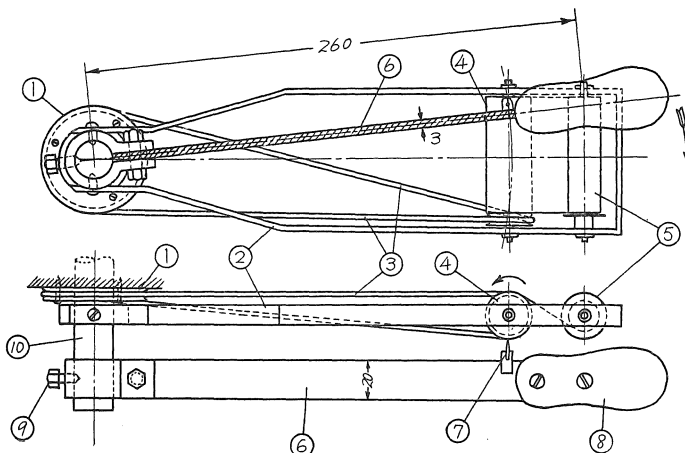
$\delta$  は大きい程精度はよいが変形量の記録が円弧のため余り大きいと誤差が大きく、小さい構造とするため5cmとし、 $l$  は大きい程手廻しが容易であるが構造上制約があり、190mmとし(1)式より $b$ を求めた。 $P$ は最大トルクを4.5kg-mとし、作用点回転半径を260mmとすれば最大約20kgとして設計した。 $h$ はJIS規格及び $b, l$ の値を考慮して3mmとし、 $b$ は上記各値を(1)式に代入整理し20mmとした。

これ等を(1)式に代入し $l$ を求めると192mmを得る。なおこの時の最大曲げ応力 $\sigma$ は

$$\sigma = \frac{6P}{bh^2} = 128 \text{ kg/mm}^2 \dots \dots \dots (2)$$

材質はSUP6で油焼入850°C、焼戻500°Cとした。記録、巻取ドラムは23mmφのビニールパイプで、固定プーリー①の直径は $\delta$ との関係を考慮し回転角100°に対する縦送りが約5cmになるよう57.6mmφとした。

トルク計の検定を行うため中間値載荷時のバネ板位置が水平になるよう爪先を固定し、ハンドル部中央に既知重量を漸次載荷し、たわみとの較正線図を得、次に爪軸の回転角に対する記録紙縦送りとの関係を求めるといずれも直線の比例関係を示す。



第1図 耕耘トルク測定装置

2. 供試土壌 土壌条件をなるべく一定とするため、5mm 篩を通した砂壤土を4cm位ずつつめてよく振動させるという操作を繰返し、土表面を板で覆い約 20kg の重錘をおき ( $0.037\text{kg}/\text{cm}^2$ ) 一週間位放置し、所定含水比の時実験した。押込硬度は  $2.1 \pm 0.3\text{kg}$  で、含水比は  $20.4 \pm 0.8\%$ 、平均容量、平均孔隙率、平均圧結度はそれぞれ 1.25, 52.3%, 93.2, 塑性限界は22.1%, 内部摩擦角は平均  $20.6^\circ$ 、粘着力は平均  $0.21\text{kg}/\text{cm}^2$ 、真比重は 2.62である。

3. 供試爪 最大回転半径 22cm, 爪幅はどこも4cm, 爪厚さ  $t$  は第2図でA~Eは全て6.8mm, F, Gは3.4mmとし、Aでは刃先角  $\tau = 60^\circ$  となるよう  $RS = QQ'$  とし峰部に行く程細くなるよう負の楔角を与え、Bは矩形、Cは  $\tau = 60^\circ$ ,  $\delta = 0^\circ$ , Dは  $\tau = 60^\circ$ ,  $\delta = 2^\circ 38'$  で実際のなた爪直平部の断面に似ている。Eは  $\tau = \delta = 4^\circ 51' 30''$ , Fは  $t =$

3.4cm,  $\tau = 180^\circ$ ,  $\delta = 0^\circ$ , Gは  $t = 3.4\text{cm}$ ,  $\tau = 60^\circ$ ,  $\delta = 0^\circ$ 。

切込角  $r$  は第3図のように  $r = 90^\circ$ ,  $50^\circ$ ,  $20^\circ$ , 及び  $r$  (指数曲線の増加をするもの) の4種とし、従つて総計28種となり全て表面を平滑にし、ペンキを塗付し摩擦係数を一様にした。

4. 耕耘条件 回転中心距離 (ピッチ)  $p$  は4.5, 9, 13.5cmの3種とし9cmを基準とし、耕深は 12cm を基準とし8, 12, 16cmの3種、定置回転速度は約  $20\text{deg}/\text{sec}$ , (約 2.4rpm) で一定に保った。

### Ⅲ. 実験結果及び考察

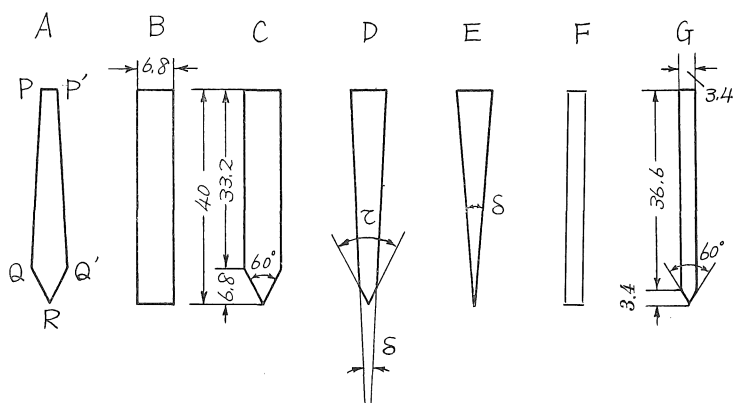
1. 記録の修正 トルク計のたわみ横変位は記録紙送り方向に正確に常に直角ではなく、円弧を画くからその偏差を修正し、更に爪空転所要トルク (平均  $0.08\text{m}\cdot\text{kg}$ ) を予め差引く要がある。又記録用敷板と巻取ドラムを兼ねた本装置では巻取が進むに従いドラム径、紙送りが大となるからこれも修正の要がある。但し 2, 3 重位なら大差なく巻取ドラムを付ければ勿論問題ない。

2.  $F-\theta$ ,  $S-\theta$ ,  $A-\theta$  線図 標準条件下の結果を修正して後、較正線図より  $T-\theta$  線を得、次に爪1回転間の刃縁切削長さを  $S$ , 土壌と接触する爪刃両側面 (傾斜面の場合は垂直投影面) 面積を  $A$  とし各進入角毎の  $S$  と  $A$  をそれぞれ図上で実測し、 $\theta$  との関係を求め、これを図示すれば  $S-\theta$ ,  $A-\theta$  線図を得る。

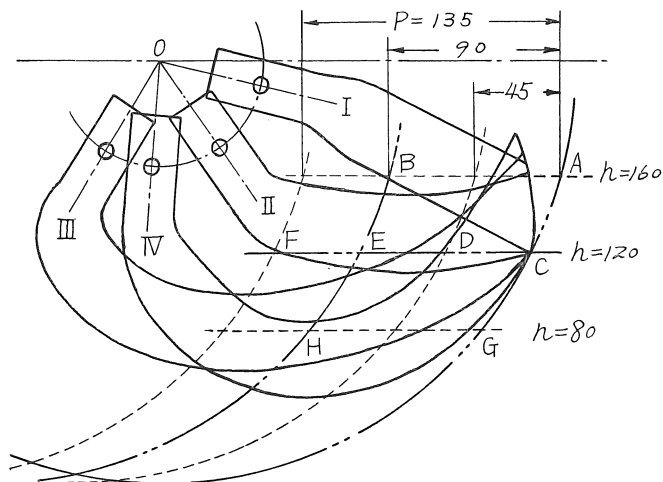
第4図は断面形の違いによる  $T-\theta$ ,  $S-\theta$ ,  $A-\theta$  線図で、I, II, III, IVはそれぞれ切込角  $r = 90^\circ$ ,  $50^\circ$ ,  $20^\circ$ ,  $r$  なるナタ爪直平部で  $S-\theta$ ,  $A-\theta$  は共に切込角が一定なら一定である。

第5図はピッチ、耕深を変えた場合の各線図で、ピッチに相当する回転中心距離を4.5, 9, 13.5cm, 又耕深を 8, 12, 16cm と3種に変えた場合の各線図を1例として D-II, G-IVなる2種の直平爪についての実験結果である。

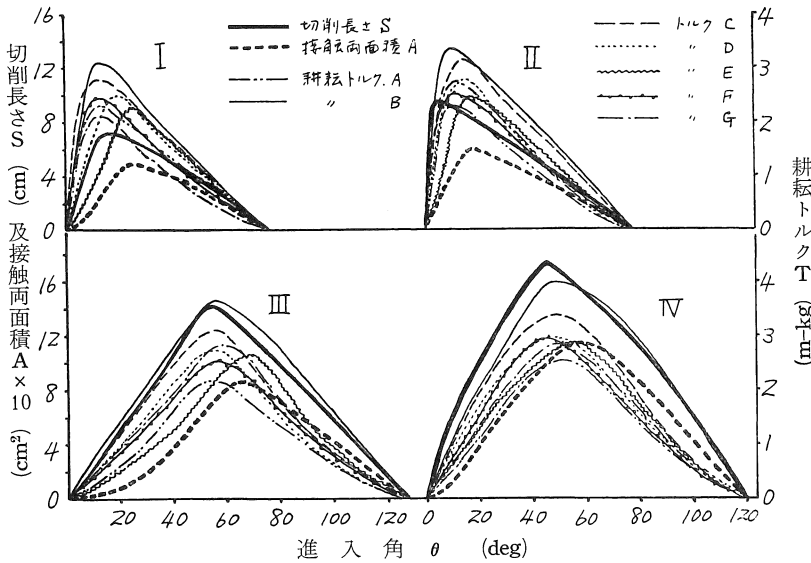
(a), (b) はピッチが基準値 9cm の時の D-II 型, G-IV 型爪で、共に耕深が  $h = 8, 12, 16\text{cm}$  についての各線図を示したもので、進入角  $\theta$  は  $h = 16\text{cm}$  の



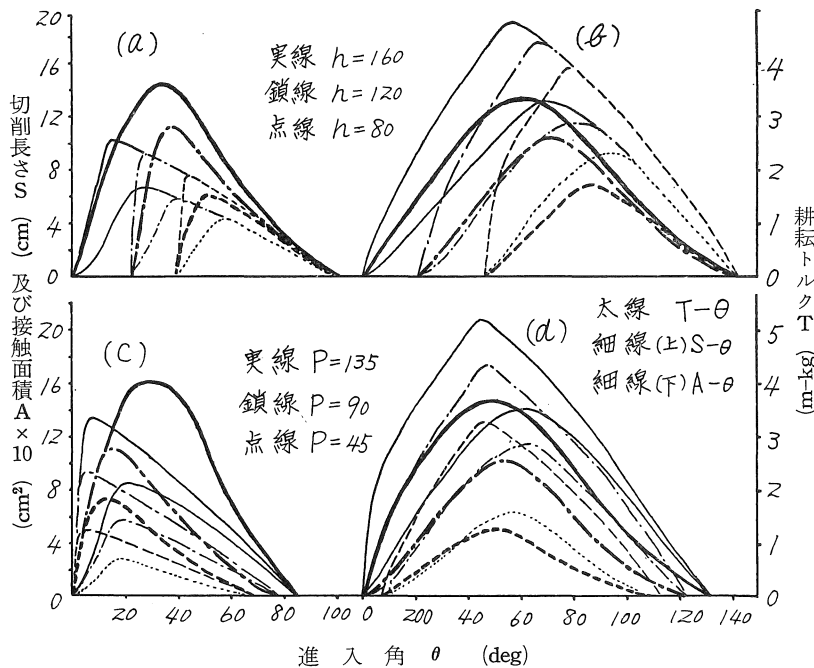
第2図 切断面形状



第3図 試作爪の切込角と爪幅



第4図 切断面形の違いによる $T-\theta$ ,  $S-\theta$ ,  $A-\theta$ 線図



第5図 ピッチ、耕深を変えた場合の $T-\theta$ ,  $S-\theta$ ,  $A-\theta$ 線図

耕耘に要する仕事（全耕耘トルク）でトルクと作用回転角  $\theta$  (Radian) との積がこの場合爪のした仕事  $T\theta$  である。T が一定でない時は  $T-\theta$  曲線と  $\theta$  軸により囲まれた面積で表わす。  $S-\theta$ ,  $A-\theta$  についても同様である。

4.  $T_{mean}$ ,  $S_{mean}$ ,  $A_{mean}$  (平均値) 及び  $T_{max}$ ,  $S_{max}$ ,  $A_{max}$  (最大値)

$T\theta$ ,  $S\theta$ ,  $A\theta$  を作用回転角  $\theta$  で除した値が平均値でそれぞれ  $T_{mean}$ ,  $S_{mean}$ ,  $A_{mean}$  とすれば、作用回転角間のトルク強度の大小が比較検討できる。今それぞれの最大値を  $T_{max}$ ,  $S_{max}$ ,  $A_{max}$  とする。

5.  $\theta_T$ ,  $\theta_S$ ,  $\theta_A$  (最大値進入角) 各最大値の時の進入角で、爪軸中心の通過直線を零とする回転角になおして最大値回転角が求まる。

#### 6. 実験結果の考察

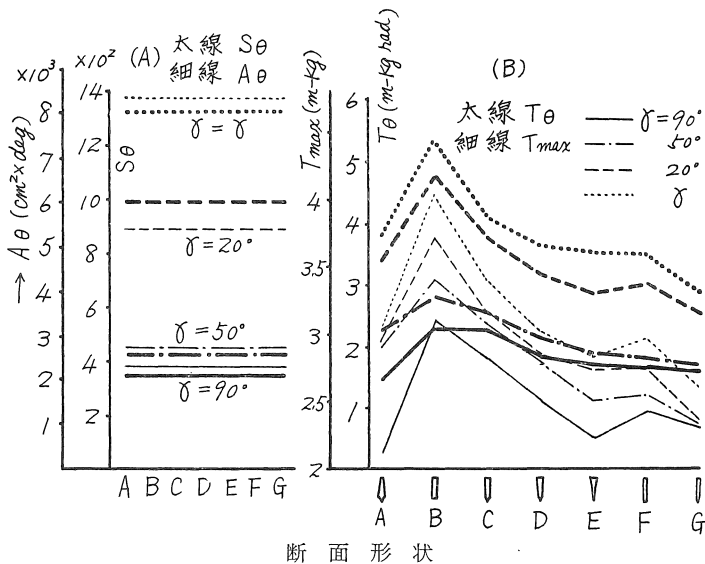
(1) 断面形状、切込角  $r$  と  $S\theta$ ,  $A\theta$ ,  $T\theta$ ,  $T_{max}$  との関係 断面形状 A, B...G なる 7 種の爪につき  $r = 90^\circ$ ,  $50^\circ$ ,  $20^\circ$ ,  $r$  なる 4 種の切込角の  $S\theta$ ,  $A\theta$  は第 6 図 (A),  $T\theta$ ,  $T_{max}$  は (B) となる。これらの図からいえることは (i)  $S\theta$ ,  $A\theta$ ,  $T\theta$ ,  $T_{max}$ ,  $S_{max}$ ,  $A_{max}$  共に  $r = 90^\circ$ ,  $50^\circ$ ,  $20^\circ$ ,  $r$  の順に大きく、(ii) 断面形状による  $T\theta$  は殆んど  $B > C > A > D > F > E > G$  で、B や F のように刃付けのない爪は抵抗増

切削開始点を零として測り、切削終点では  $T$ ,  $S$ ,  $A$  共零となり、 $\theta$  値も一致する。又  $h$  は一定で  $p$  が変わった場合  $r = 50^\circ$  の爪では切込始点は一致するが、 $r = r$  では始点、終点共一致しない。

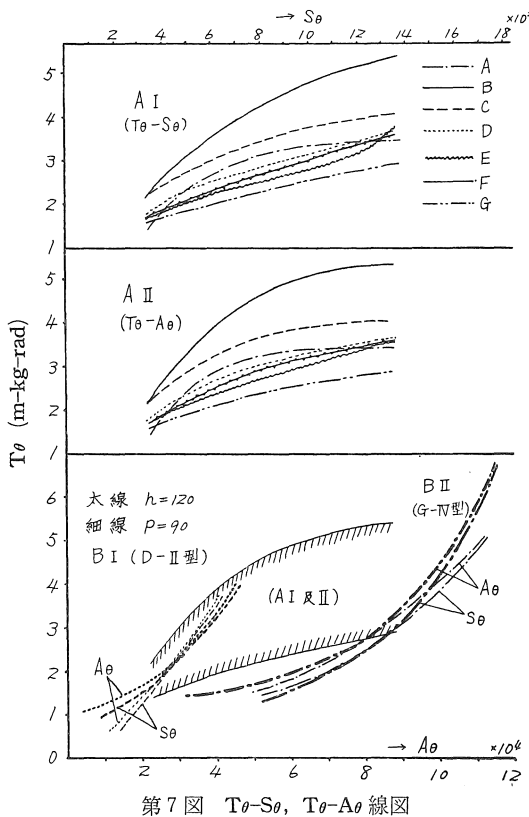
3.  $T\theta$ ,  $S\theta$ ,  $A\theta$  (面積) 上記  $T-\theta$  線図からは或る瞬間のトルクを知ることができるが、実際問題となるのは

加が大で、一般に刃縁が尖る程耕耘トルクは減少し、(iii) 爪厚さが  $1/2$  になると  $T\theta$  は約  $1/1.3 \sim 1/1.6$  位減少し、(iv) 刃先角が  $90^\circ$  から  $0^\circ$  になると  $T\theta$  は  $1/1.4 \sim 1/1.7$  位減少し、(v)  $T_{max}$  についても  $T\theta$  と大体同様なことがいえる。

(2) 断面形状、 $r$  と  $\theta_{max}$  との関係 各種断面形



断面形状  
第6図 断面形状;  $r$  と  $S_\theta$ ,  $A_\theta$ ,  $T_{max}$  との関係



第7図  $T_\theta$ - $S_\theta$ ,  $T_\theta$ - $A_\theta$  線図

状の爪につき4種の $r$ 毎のS, A, Tの最大値進入角 $\theta_{max}$ は, (i)  $\theta_T$ は $r=90^\circ$ のA, B, C, F, Gだけが $\theta_S$ より小さく, 他は全て大きい. これは $r=90^\circ$ では切込作用な

く, 押込作用のみで地表面の圧縮破壊に大きな力があるためと考えられる.

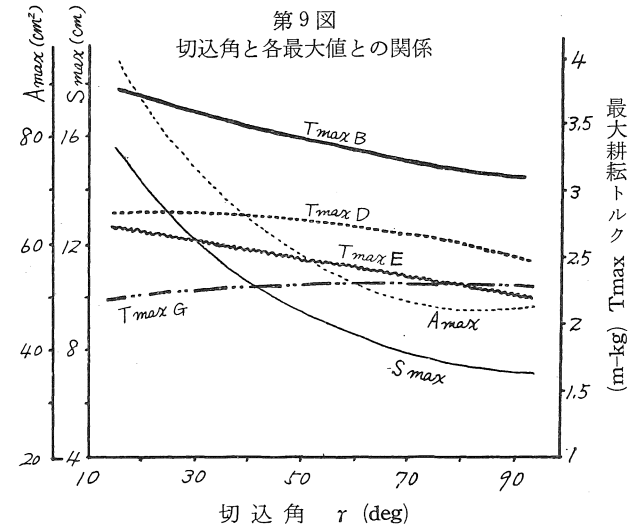
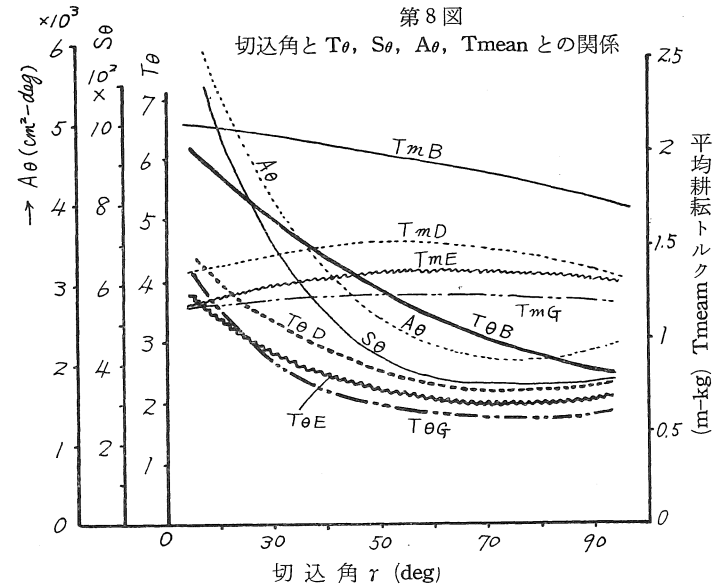
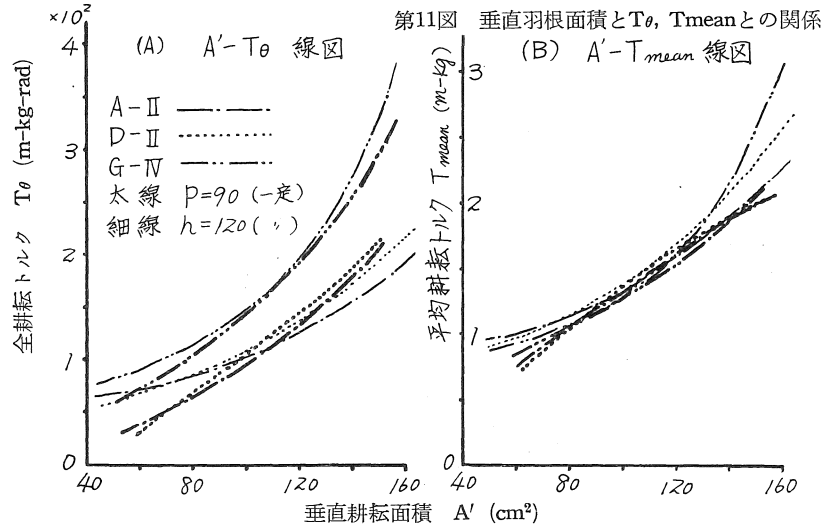
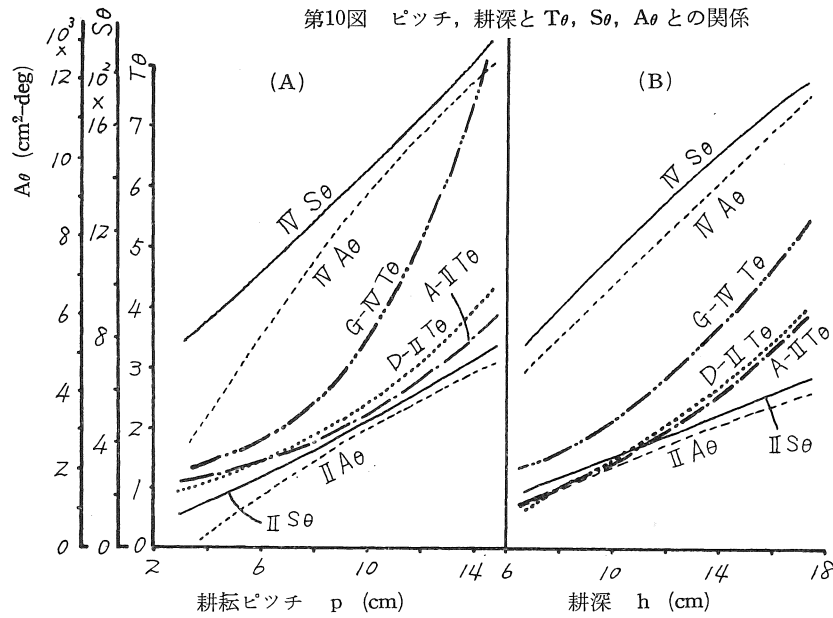
(ii) 刃縁端を尖らす程 $\theta_T$ 大となり $\theta_A$ に近づき或いはそれより大となる. 特にEの形が大きいが一様に $\theta_S > \theta_T > \theta_A$ である. (iii)  $r=20^\circ$ と $r=70^\circ$ ではS, A, T共その最大角は $r=20^\circ$ の方が大きい.

(3)  $T_\theta$ - $S_\theta$  及び  $T_\theta$ - $A_\theta$  との関係  
標準条件 ( $p=9\text{cm}$ ,  $h=12\text{cm}$ ) の下に各種爪の $T_\theta$ - $S_\theta$ ,  $T_\theta$ - $A_\theta$  との関係はそれぞれ第7図 (A I), (A II) となり,  $p=9\text{cm}$ 一定で $h$ を変えた場合及び $h=12\text{cm}$ 一定で $p$ を変えた場合のD-II型爪, G-IV型爪の $T_\theta$ - $S_\theta$ ,  $T_\theta$ - $A_\theta$  線図はそれぞれ同図 (B I), (B II) のようになる. これよりいえることは, (i)

一般に $T_\theta$ は $S_\theta$ ,  $A_\theta$ の増加と共に漸増し, 刃縁が尖り爪厚さが薄い程増加率は減少する. (ii)  $r$ が小さい程特に $r=70^\circ$ の場合は $S_\theta$ ,  $A_\theta$ が大きい割に, $T_\theta$ は左程大きくない. (iii)  $T_\theta$ - $S_\theta$  と  $T_\theta$ - $A_\theta$  両曲線の傾向は大体同一で  $T_\theta$ - $A_\theta$  曲線の方が幾分上への傾向を有す. (iv) (B I), (B II) はピッチ及び耕深を変えた場合の1例に過ぎないが, (A I), (A II) で求めた各点について  $p$ ,  $h$  を変えると, (B I) 乃至は (B II) のような変動をする. すなわちピッチ一定で $h$ を変えた場合と $h$ 一定で $p$ を変えた場合, B I, B II では爪形状により変化状態は異なり, D-II型では $p$ 一定で $h$ を変えた場合の方が $S_\theta$ ,  $A_\theta$ の増加に伴う $T_\theta$ の増加率は大きい, G-IV型では反対となる. (v) 又は(B)の場合は全て曲線が下に凸となり, $S_\theta$ ,  $A_\theta$ の増加に伴う $T_\theta$ の増加率は(A)の場合と反対にやや急増する. すなわちD-II型では耕深が, G-IV型ではピッチが増加すると $T_\theta$ は急増する. (vi) 爪形状によりピッチ, 耕深の変化量が同一でも $S_\theta$ ,  $A_\theta$ ,  $T_\theta$ 共その変化量が異なり, $r=20^\circ$ ,  $r=70^\circ$ 等は変化量大きい.

(4)  $r$  と  $T_\theta$ ,  $S_\theta$ ,  $A_\theta$  及び  $T_{mean}$  との関係 第4図と第6図から $r$ と $T_\theta$ ,  $S_\theta$ ,  $A_\theta$  及び  $T_{mean}$  との関係を求めると第8図のようになる.  $S_\theta$ ,  $A_\theta$  については $r=70^\circ$ ,  $35^\circ$ の場合も追加した.  $T_\theta$ ,  $T_{mean}$  は断面形状により異なるが, B, D, E, Gについてのみ記し $r=70^\circ$ の場合は全て省略した.

これよりいえることは (i)  $T_\theta$ ,  $S_\theta$ ,  $A_\theta$  共 $r$ の増加とともに減少するが,  $S_\theta$ ,  $A_\theta$  は $r=50^\circ$ 位まで急減し以後は殆んど一定である. (ii)  $T_\theta$  は断面形状に関係し,



松尾——耕転機なだ爪直平部の静的定置実験

形状Bではほぼ直線的に減少するが、他の形状のものは  $r=45^\circ$  附近より減少率は低下し一定値となる。(iii) 故に切込角  $r$  からいえば普通の断面形状では  $r=50^\circ$  附近が変曲点で、それより小さいと急増し仕事量からは  $50^\circ$  以上が有利である。しかし纏絡性の点からは  $r$  の小さい方が有利で、この相反する要求を共に一応満足さす  $r=50^\circ$  附近が妥当である。(iv)  $T_{mean}$  には爪Bでは  $r$  の増加と共に減少するが他の形状の爪は大体一定か、 $r=50\sim60^\circ$  附近が中高である。

(5) 切込角  $r$  と最大値  $T_{max}$ ,  $S_{max}$ ,  $A_{max}$  との関係 第9図のように  $S_{max}$ ,  $A_{max}$  共に  $r$  の増加と共に減少するが次第に減少率は低下し、 $T_{max}$  は断面形状により異なり、大体  $r$  と共に減少する。

(6)  $r$  と  $\theta_T$ ,  $\theta_S$ ,  $\theta_A$  との関係  $T$ ,  $S$ ,  $A$  共に最大角は  $r=50^\circ$  附近が最小で、それより小さいと急増し  $r$  が  $50^\circ$  より大きいと徐々に増加する。

(7)  $p$  及び  $h$  と  $T_\theta$ ,  $S_\theta$ ,  $A_\theta$  との関係  $h=12\text{cm}$  一定時の  $p$  と  $T_\theta$ ,  $S_\theta$ ,  $A_\theta$  との関係、および  $p=9\text{cm}$  一定時の  $h$  との関係を示すと、第10図(A), (B) のようになる。

これより一般に (i)  $T_\theta$ ,  $S_\theta$ ,  $A_\theta$  共に  $p$  及び  $h$  にはほぼ比例する。(ii) 詳しくは断面形状によって異なり、 $r=50^\circ$  より  $r=r$  の方が各値共大きく、 $p$  や  $h$  に対する増加率も大きい。特に G-IV の  $T_\theta$  は  $p$  が増す程急増する。(iii)  $S_\theta$  は殆んど直線的で、 $T_\theta$  は急増し  $p$ ,  $h$  共に或る限界値以上は不経済で、動力損失の大きいことを示し、その限界は種々の条件により異なる。特に  $r=r$  では増加率が大きい。

(8) 垂直耕耘面積  $A'$  と  $T_\theta$  及び  $T_{mean}$  との関係 これ等の関係は第11図のようで  $T_\theta$ ,  $T_{mean}$  共に  $A'$  の増加と共に増加し、 $T_{mean}$  は大体直線関係を有し、G-IV 型は増加率が次第に急増し不経済となる。又  $p$  の増加による  $A'$  の増加であると、 $h$  の増加による  $A'$  の増加であるとを問わず  $A'$  と  $T_\theta$ ,  $T_{mean}$  は共にほぼ比例的關係をなす。

#### IV. 直平部の破碎作用

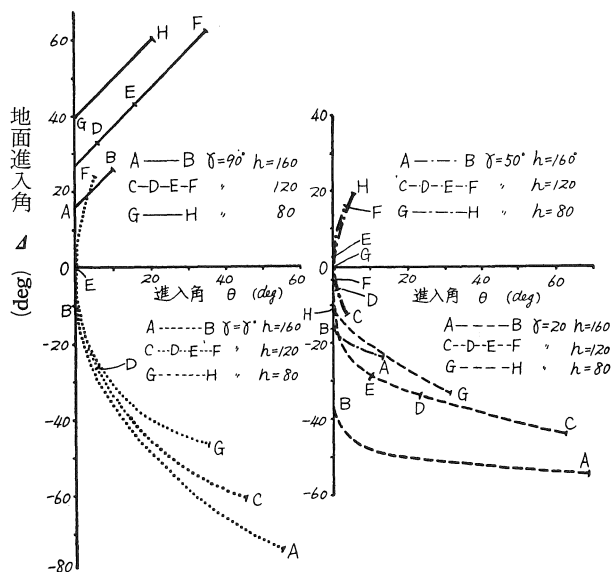
各種形状の爪で各種耕耘条件の下に静的定値回転を行なった際、地表面及び土中で

きる割れ目の生成、破碎機構と土壌附着現象を観察し、耕耘トルクとの関連性を見出した。

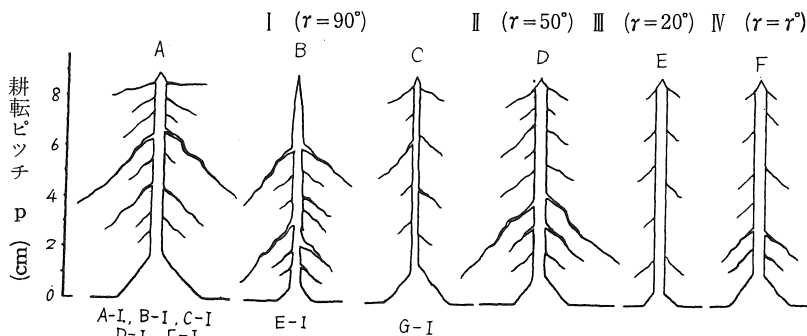
#### 1. 地表面の破碎現象

(1) 割れ目生成過程 切込角  $r$ , 耕深, ピッチ等により進入初期の位置が異なるため、割れ目生成過程も異なる。今  $r=90^\circ$ ,  $50^\circ$ ,  $20^\circ$ ,  $r$  なる4種の爪につき  $h=16$ ,  $12$ ,  $8\text{cm}$  の場合の進入角  $\theta$  と地面進入角  $\Delta$  との関係は第12図のようになり、 $h=12\text{cm}$ ,  $p=9\text{cm}$  の標準条件で、 $r=90^\circ$  では刃先端より切込み、 $r=50^\circ$  では中央部より、 $r=20^\circ$  及び  $r=r$  では柄部から切込み始め、従つて割れ目は  $r=90^\circ$  では上端より末端に向い、他の爪では反対方向に順次生成発展する。

又刃縁より峰部へ切込むに従い割れ目も生長し、左右対称に発生する。各種爪の割れ目状態は大体第13図のようである。



第12図 進入角と地面進入角との関係



第13図 地表面の割れ目

(2) 切込角と破碎機構 同図より切込角が破碎現象に影響することがわかるのでそれ等につき考察する。

(i)  $r=90^\circ$  (I型爪) の場合: 先端の切込と同時にやや水平に、次に 6~7cm 附近で両側に大きな割れ目を作り、以後は微細な割れ目が散在し末端で大きな割れ目と共に三角形に削り取られる。断面形 E では刃縁が尖鋭なため上端の割れ目なく、峰部が進出した時初めて大きな割れ目を生じ、以下同様。G 型は厚さが薄く刃縁が尖鋭なため割れ目は少ない。

(ii)  $r=50^\circ$  (II型爪) の場合: 全域に殆んど同時に発生生長し、4cm 附近に大きな割れ目が発生し、後は I 型と同様で I より少ない。

A 型では先端と末端に大きな割れ目が多く、C、G 型では先端割れ目が水平に近いことがあり、F、G 型では全体に少ない。

(iii)  $r=20^\circ$  (III型爪) の場合: 最も少ない上に目立つ特徴はない。B、C、F、G 等は殆んど発生しない。

(iv)  $r=r$  (IV型爪) の場合:  $r=20^\circ$  より下半部で幾分多い。

(3) 断面形状と破碎機構 一般に爪厚さが大きい程割れ目も大きく多い。刃先角、楔角の大小による差は殆んどないが、幾分小さい方が少ない。

(4) ピッチ、耕深と破碎機構  $h$  を一定とし  $p$  を変えた場合の破碎機構は殆んど同じで、 $p$  が大きくなる程末端附近の割れ目は多い。

又  $p$  一定で  $h$  を大きくすると少なくなる。 $p$  より  $h$  の大小による方が、割れ目の大小変化は大きい。 $r$  による変化程の相違はない。

(5) 含水量による破碎機構 同一形状爪、同一条件では含水比の大きい方が (24%位) 多く、18%位では少ない。又耕耘トルクも含水比の大きい方が大きい。

## 2. 破碎作用による考察

(1) 引張破壊による割れ目 爪回転に伴ない土壌は爪容積だけ圧縮されるが含水比の小さいうちは爪と土との粘着力も小さく、爪は土中を滑動し土は凝集力で変形を阻止するが、含水比が大となると凝集力 (引張、剪断破壊強度) より粘着力が大となり、土は爪表面に附着し、回転に伴ない移動し、土は引張破壊を生じ変形する。従つて割れ目もトルクも大きく、静的直平部切削による地表面割れ目は殆んど引張破壊によることがわかる。

(2) 土の弾性膨脹 E、D、A 型爪には含水比がやや多い場合土の弾性圧縮膨脹の現象がみられ、E、D 型

では刃縁が尖鋭なため土は刃縁から峰部まで次第に圧縮されるが、峰部通過と同時に土の弾性膨脹を起し、第 13 図 (B) のようになる。これに対し側面平板の爪では刃先角による圧縮後直ちに解放せず、摩擦と圧縮作用を継続し、この間圧縮土粒子間には安定し弾性を失なうので復元しなくなると考えられる。

(3) 直平部破碎機構の考察 割れ目方向は、殆んど  $45^\circ$  をなすが、最先端で水平に傾く場合もある。

耕深  $h$  が変化しても地表面の切込は常に第 3 象限内にあるから、変位の水平成分は常に先端から末端へ向かうため爪と土との粘着力水平分力も後へ引く作用をする。この分力は回転半径が小さく  $h$  が深くなるほど大となるが、割れ目生成の主要因であることは前述の割れ目生成現象が主として引張破壊で、 $45^\circ$  に向いている点等から明らかである。

しかし実際の割れ目量がその水平分力値通りでなく、同一の断面形、耕耘条件、位置 ( $r$ 、 $h$  等が一定) でも  $r$  により非常に異なる。この原因を考えるに、割れ目は刃縁形状が影響するのは明らかであるから、割れ目の大小の代表的な I、II 型爪につき説明すると、(i) 前記 I、II 型等で刃先附近の水平に近い割れ目は粘着力を伴なぬ圧縮剪断破壊によるものと考えられる。

(ii) I 型では先端部に続く刃縁や側面による圧縮押込作用が回転方向に働き、従つて凝集力を有する土は爪に伴ない移動せんとし、粘着力と共に爪附近の土が後方へ引張られて大きな割れ目を発生する。

(iii) 先端より少し後方に大きな割れ目が発生するのは、刃先端構造が第 3 図のように扛起角  $\alpha=27^\circ30'$  と仮定し先端部を削除してあるので、爪幅最大の処が粘着力及び圧縮排除抵抗が最大となり、割れ目も最大になると考えられる。かくして一旦割れ目が生成すれば変形が起り、剪断、滑りと進み、粘着力、圧縮排除抵抗が土の引張応力より大きくなつたところで割れ目を生ずる。

(iv) III 型では爪接触面の粘着力は後方に働くが、刃縁の地面進入角  $\theta$  は負となり、土壌側から爪の運動をみると、一つは回転方向の変位、他の一つは刃縁の前方 (負) への変位で、後者によつて土は圧縮、粘着力により前方へ移動し、前者による割れ目生成を阻害する作用をする。これは III 爪を回転を伴わずにただ刃縁で前方へ押割つてみれば地表面には反対方向 (前方斜め) に割れ目ができることから明らかである。

故に両作用の結果として絶対値の大きい前者が残る、小さな割れ目しか生じないものと考えられる。

(v) 更に刃縁の垂線方向速度は III 型の方が遅く、

第1表 各種爪の地面進入角

型 式	耕 深 測 点	16cm		12cm			8cm	
		A	B	C	D	E	G	H
I	90°	—	—	27°	33°30'	43°20'	—	—
II	50	-24°40'	-15°30'	-12°40'	-5°10'	0°	0°	19°
III	20	—	—	-44°	-33°50'	-28°40'	—	—
IV	r	-74°10'	-10°40'	-60°30'	-26°10'	0°	-46°20'	10°

第2表 刃縁垂直方向の速度 (cm/sec)

型 式	耕 深 測 点	16cm		12cm			8cm	
		A	B	C	D	E	G	H
I	90°	—	—	43.2	35.6	28.6	—	—
II	50	32.9	20.7	33.1	27.0	21.6	32.0	23.4
III	20	—	—	14.5	11.6	9.4	—	—
IV	r	2.0	20.7	2.7	16.6	20.1	2.8	20.7

(註) 垂線方向の速度は1秒間に $2\pi/32$ 回転とした場合の値

これも割れ目の少ない原因と考えられるが、その影響は小さい。

(vi)  $r=r$ の爪又は耕深が変化した場合も大体同様な説明ができる。以下各種の場合の地面進入角、刃縁垂線向の速度を求めると、第1, 2表の通りである。

以上のことより地表面の割れ目についていえる事は、  
(i)  $r$ が90°に近く、地面進入角が大きく、耕深が小さく爪厚さが厚く、含水比が大きい程いづれも割れ目が大きくなる。(ii) 爪先端部はやや水平に近い割れ目を生ずるが、これは圧縮剪断破壊によるもので、その他は全て45°の傾斜で割れる。これは引張破壊によるものである。(iii) 刃先角、楔角には余り関係せず、楔角を与える土は弾性圧縮、膨張の現象を呈する。

**3. 地表面下の破碎現象** 地表面下の破碎、割れ目生成を観察すると地表面下は次第に土排除部分を掘げ、かつ斜下方に割れ目を発生し、下部に大きな空溝を作る。これは土壌条件により多少異なるが、次の土壌附着とも関連し、刃縁に摩擦力と粘着力を生じ、土が附着したまま排除されるからで、この断面形状は大体土中の圧力分布状態を示すとみてよい。

**4. 土の附着現象** 土を圧縮する面(土と接触し、摩擦抵抗と粘着力が働く面)には全て土が附着するが、上述垂直断面の割れ目状況と対比してうなづける。

又土の附着は $r$ とも関係し押込作用が多く切込の少ないもの程附着量が多い。

## V. 摘 要

1. なた爪直平部の形状につき各種耕耘条件下で静的定置実験を行なった。

2. 土壌条件、爪回転半径、垂直爪幅、回転速度等は全て同一とした。

3. 形状要素としては切込角4種、爪厚さ2種、爪横断面形状(刃先角、楔角)5種、耕耘条件としてピッチ3種、耕深3種を変え耕耘特性に及ぼす影響をみた。

4. 耕耘特性のうち耕耘トルクは新たに考案した自記トルク計により、回転角に対するトルクを求め、その最大トルク、全耕耘トルク(仕事量)、平均トルク、最大トルク回転角等を垂直耕耘面積、切込爪縁長さ等と対比考察した。

5. 地表面、地表面下の割れ目生成、破碎現象、土の附着等を観察し考察した。

## Synopsis

1. Static and fixed experiments were tried on the shape of vertical blade, under many working conditions.

2. Soil condition, maximum tine radius, vertical tine width, rotor speed & etc. was unchanged usually.

3. It was studied that the correlation between the influence upon the load characteristics and the change of form elements consist of four kinds of carving angle, two kinds of blade thickness, five kinds of section form (tooth angle, wedge angle), and working conditions (three kinds of pitch and depth of cut).

4. Cutting torque correspond with rotating angle were measured by new designed recording torque meter, there maximum torque, working torque, mean torque, rotating angle at the maximum torque & etc. were contrasted with vertical cutting area, cutting edge length, and the connection with each other was considered.

5. The growth of crack or shear line on the ground surface and underground, breaking phenomena, adhesion of soil to tine, and etc. were observed and considered.