

ゼネバ歯車についての研究

——理論解析に基づくゼネバ歯車の試作と実験——

露 木 光 夫*

An Analytic Treatise on the Geneva Stop

——Some Experimental Design of the Geneva Stop
in Theoretical Analysis——

Mitsuo TSUYUKI*

The Geneva Stop is one of the intermittent revolving mechanisms. This mechanism has been used for many years as a means of providing intermittent motion. The geneva stop is a mechanism which revolves by gearing the driver formed with the locking disk and the driving pin into the follower with n pieces of radial groove. The mechanism is normally locked during dwell times by a disk on the driver.

The locking disk of the driver has been formed with a circular curve. On account of this any residual torque on the follower, just before unlocking or just after locking, can produce chatter, scratch, excessive wear, or even a complete block of the mechanism. This report aims at the research of the notch of the locking disk which is able to lock even if the follower is given a load and to avoid the reverses and the damages. An excellent lock can be realized when the notch is formed with the locus of the follower's addendum corresponding to that of the driver.

From this point of view we can analyze the profile of the locking disk and design the Geneva Stop in order to analyze it experimentally.

1. はじめに

間欠運動機構には様々な方式がある。簡単でかつ廉価な欠歯歯車、ラチェット、ラック・ピニオン、ゼネバ、ワンウェークラッチ、電磁クラッチ・ブレーキ、空・油圧シリンダなど。またパラレル、バレル、ローラギアなどの高性能、高価なカム駆動方式の機構もある。

ゼネバ歯車は古くから最も多く使用されている間欠運動機構の一つで、外歯ゼネバ歯車、内歯ゼネバ歯車、球面ゼネバ歯車の三種類がある。このうち最も多く応用されているのは外歯ゼネバ歯車である。この歯車機構は、図1に示すように、ロック円板と駆動ピン（カム・フォロワー）とから成る駆動車（driver）と、 n 本の放射状

溝を持つ従動車（follower）との噛み合いにより成り立っている。

駆動車が矢印方向に等速回転すると、駆動ピンが従動車のピン溝に噛み合い始め、ロック円板はロック溝から外れ、従動車が位置1から2まで移動する。また位置2において、駆動ピンがピン溝から抜けでると同時にロック溝がロック円板と噛み合い始め、従動車は固定され、停止する。また、駆動車と従動車の噛み合い始めの状態が円滑になるようにするため位置1において、駆動ピン中心から見た駆動車中心と従動車中心とのなす角を直角にするのが原則¹⁾になっている。

このようにゼネバ歯車は、入力側の連続等速回転運動を出力側の間欠運動に変換する純機械的機構である。純機械的機構は、構造が簡単、入力軸に対して出力軸のタイミングがずれない（確動）、位置決め精度が良いなど

* 講師，機械工学科 1978 年 10 月 10 日受理

の特徴がある。

一方、駆動車に取り付けてあるロック円板には従動車の歯先との干渉をなくすために切り欠き部があり、円弧により設計製作されている。このため従動車の負荷の変動により位置 1 と 2 の状態でロックが不完全となり、ガタや擦傷や摩耗を引き起こし、はなはだしい場合には逆転や破損を起こす。この欠点は駆動ピンがピン溝に入る直前と抜けでる直後にロック円板とロック溝との噛み合い面積（ロック面積）が極めて減少し、ロックが不完全となるために生じる。噛み合い面積を減少させないように工夫したゼネバ歯車機構が提案²⁾されている。

従来、ロックが不完全となるのは、ロック円板切り欠き部を円弧によって製作したことによる主たる原因がある。切り欠き部は駆動車中心と駆動ピン中心を固定し、従動車中心を駆動車中心を軸として回転させたときの従動車の歯先端の描く軌跡曲線として求めることができる。前報^{3),4)}で示すように切り欠き部は小さくなり、ロック円板円周は従来と比べて 3~13% 程度増加する。

ロック円板切り欠き部の違い（円弧近似と理論計算によるロック円板の相違）によって、ゼネバ歯車の特性がどのようなになるかを調べるために装置を試作し、実験的に解析した。これらについて報告する。

2. 設計と試作

2.1. 主なる記号

- n : 従動車の放射状溝の数。従動車が 1 回転する間に停止する回数で割出数とも呼ぶ。
- s : 従動車の歯先の幅。
- l : 駆動車と従動車との中心距離。

r : ロック円板半径。

R : 従動車半径。

δ : 従動車の歯の開き角。

c_0 : 駆動ピン中心。

r_0 : 駆動車中心から切り欠き部上の任意点までの距離。

α : 割付角。

β : 割出角。

γ : 停止角。

2.2. 設計試作の基礎

設計試作に当たっては理論的に解析したロック円板切り欠き部を持つ駆動車と従来通りのロック円板切り欠き部を持つ駆動車の 2 種について 4 枚歯ゼネバを採用する。

ゼネバ歯車の駆動車と従動車は、幾何学的制約から n, s, l を与えることにより、主要寸法と運動が次式で与えられる。

ロック円板半径

$$r = l \sqrt{1 + \cos^2 \frac{\pi}{n} - 2 \cos \frac{\pi}{n} \cdot \cos \left(\frac{\pi}{n} - \delta \right)} \quad (1)$$

従動車半径

$$R = l \cos \frac{\pi}{n} \quad (2)$$

割出角

$$\beta = \frac{2\pi}{n} \quad (3)$$

割付角

$$\alpha = \pi - \beta \quad (4)$$

停止角

$$\gamma = 2\pi - \alpha \quad (5)$$

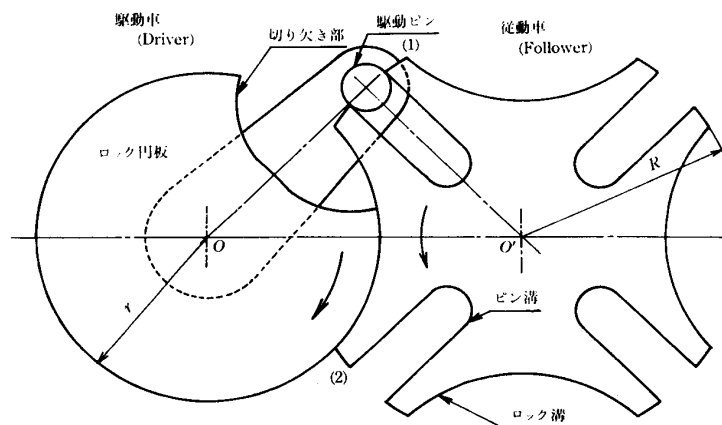
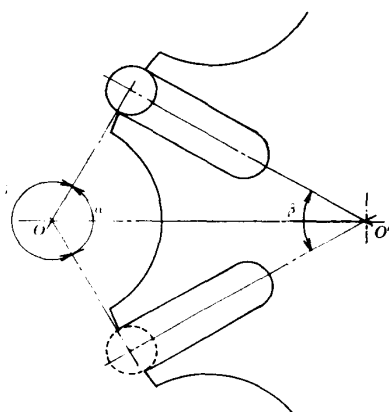


図 1 外歯ゼネバ機構

ゼネバ歯車についての研究 (露木光夫)

図 2 割付角 (α), 割出角 (β), 停止角 (γ)表 1 $s, r, R, \alpha, \beta, \gamma$ の関係
($l=100\text{ mm}, n=4$)

従動車の歯先の幅	s	32 mm
ロック円板半径	r	54.74 mm
従動車半径	R	70.71 mm
割付角	α	90°
割出角	β	90°
停止角	γ	270°
移動/停止	α/γ	1/3

なお, r と R は図 1 に, α, β, γ は図 2 に示すとおりで, 4 枚歯ゼネバの場合のこれらの関係を表 1 に示す。

ゼネバ歯車の伝達能力は, 駆動ピンの曲げ強度と従動車のピン溝の許容面圧応力によって決まる。同じ材料, 硬度であれば駆動ピンの直径がより大きく, 幅がより広い駆動ピンで, かつ従動車のピン溝の厚さが大きいほど, 伝達能力が大きい。しかし, ピン溝の厚さを大きくしすぎると製作上テーパになりやすく, 駆動ピンとピン溝との接触が不完全となり, 伝達能力は低下する。

$$r_Q = l \sqrt{\cos^2 \frac{\pi}{n} + 1 - 2 \cos \frac{\pi}{n} \cdot \cos \left(\sin^{-1} \frac{s}{2l \cos(\pi/n)} + \sin^{-1} \frac{\sin(\pi/n) \cdot \sin \theta}{\sqrt{\sin^2(\pi/n) + 1 - 2 \sin(\pi/n) \cos \theta}} \right)} \quad (6)$$

$$\alpha = \cos^{-1} \left\{ \frac{r_Q}{2l \sin(\pi/n)} - \frac{l \cos^2(\pi/n) + 1 - 2 \sin(\pi/n) \cdot \cos \theta - \sqrt{(\sin^2(\pi/n) + 1 - 2 \sin(\pi/n) \cdot \cos \theta)(4l^2 \cos^2(\pi/n) - s^2)}}{2r_Q \sin(\pi/n)} \right\} \quad (7)$$

$$\begin{cases} x_Q = r_Q \cos \alpha \\ y_Q = r_Q \sin \alpha \end{cases} \quad (8)$$

として表わされる (6), (7), (8) 式から求められる。数値計算した結果は前報 (4) に記したが具体的製作では θ のピッチが大きいため, ピッチを 0.1° にして計算機によって求めた。プログラムは次のとおりである。

表 2

(単位: mm)

種別	標準市販品	試作品
駆動車	ロック円板半径	53
	駆動車軸径	20
	歯厚	10
	切り欠き部 $R=71.5$ の円弧理論値による	10
従動車	従動車半径	71.5
	従動車軸径	20
	歯厚	10
	ピン溝の幅	16

2.3. 設計条件

設計に際しては従来のゼネバ歯車との性能の比較をする目的があり市販されている 4 枚歯のゼネバ歯車の数値を参考にし, 準拠する。設計条件の主なものは次のとおりである。

1. $n=4$
2. $l=100\text{ mm}$
3. $T_{\max}=4\text{ kg}\cdot\text{m}$ (出力最大トルク)
4. $s=32\text{ mm}$

2.4. 設計および製図

設計値と標準市販品の概要は表 2 のとおりである。

なお, 設計図の主なものを付図 1, 2, 3 に示した。

2.5. 製作

2.5.1. ロック円板の製作

ロック円板半径は (1) 式より 54.74 mm となる。ロック円板切り欠き部は N.C 工作機械によって理論的形狀を持つように製作する。N.C. に入力すべき数値は切り欠き部上の任意点を極座標 (r_Q, θ) で表わし, 次に直交座標 (x_Q, y_Q) で求める。すなわち,

このプログラムで求めた値を 45° 変換し, 工具の中心 (x', y') を次の (9) 式より決定した。

$$\begin{cases} x' = x_{n+1} - \frac{y_{n+2} - y_n}{\sqrt{(x_{n+2} - x_n)^2 + (y_{n+2} - y_n)^2}} \cdot R \\ y' = y_{n+1} + \frac{x_{n+2} - x_n}{\sqrt{(x_{n+2} - x_n)^2 + (y_{n+2} - y_n)^2}} \cdot R \end{cases} \quad (9)$$

```

C;PROGRAM BY GENEVA STOP **520207**
READ(1,10)N,K
10;FORMAT(2I5)
WRITE(1,20)
20;FORMAT(/,30HTSUYUKI PROGRAM BY GENEVA STOP,2/)
WRITE(1,30)
30;FORMAT(/,2X,2HNO,3X,2HTE,6X,2HRQ,9X,3HALH,9X,2HXQ,7X,2HYQ,
7X,3HXQB,7X,3HYQB)
DO 100 I=1,N,K
AM=(FLOAT(I)-1.)/10.-7.
TE=AM*3.14159/180.
GM=SQRT(2.)
SM=SIN(TE)
CM=COS(TE)
SSM=GM*CM
FJ=SIN(TE)/SQRT(3.-2.*SSM)
DDN=ATAN(FJ/SQRT(1.-FJ*FJ))
RQ=SQRT(1.5-GM*COS(0.22825+DDN))
AZ=GM*RQ/2.
BZ=1.5*GM-2.*CM
CZ=SQRT(5.6928-3.7952*SSM)
DZ=2.*RQ
EZ=AZ-(BZ-CZ)/DZ
ALH=ATAN(SQRT(1.-EZ*EZ)/EZ)
XQ=RQ*COS(ALH)
YQ=RQ*SIN(ALH)
XQB=(XQ-YQ)/GM
YQB=(XQ+YQ)/GM
WRITE(1,40)I,AM,RQ,ALH,XQ,YQ,XQB,YQB
40;FORMAT(/,15,2X,F5.2,2X,F8.5,2X,F8.5,2X,F8.5,2X,F8.5,2X,F8.5,
2X,F8.5)
100;CONTINUE
STOP
END

```

ただし、 R は工具の直径。(9)式における添字は(8)式より求められた連続する3点 (x_n, y_n) , (x_{n+1}, y_{n+1}) , (x_{n+2}, y_{n+2}) から (x_{n+1}, y_{n+1}) に対応する工具の中心を求めるためのものである。(9)式によって求めた工具の中心の座標 (x', y') を表3に示す。このようにしてロック円板切り欠き部を製作する。

2.5.2. 従動車の製作

従動車は市販標準品を改良することによって製作する。すなわち、市販標準品の直径は143 mmであり、本設計によれば(2)式より141.42 mmとなる。ロック溝の曲率半径は市販品は47 mm、本設計の試作品では45.26 mmである。よって改良によって従動車を製作することができ、目的の理論的形狀が得られる。

2.5.3. 試作装置の組立

ゼネバ歯車の停止時のロック機構は、駆動車のロック円板が従動車のロック溝と噛み合うことによって行われる。ゼネバの停止精度を低下させないように軸間距離の加工、キーとキー溝とのギャップに注意を払い、さらに組み立て誤差を最小にすべく考慮を払い組み立てた。

3. 実験

3.1. 実験の目的

標準市販品と本設計による試作品のゼネバ歯車について、その特性を実験的に解析しゼネバの性能の実証を行い、さらに市販品と試作品とについてその得失を比較検討する。実験内容は次のとおりである。

(1) 無負荷時において、変位線図を求め、これより

ゼネバ歯車についての研究 (露木光夫)

表 3 工 具 中 心 の 座 標

(単位 mm)

入力 番号	x'	y'	入力 番号	x'	y'	入力 番号	x'	y'	入力 番号	x'	y'	入力 番号	x'	y'
1	14.419	52.064	41	13.354	43.968	81	15.134	35.666	121	19.383	28.789	161	22.808	25.603
2	14.342	51.677	42	13.364	43.757	82	15.215	35.469	122	19.522	28.637	162	22.852	25.565
3	14.305	51.688	43	13.375	43.544	83	15.297	35.274	123	19.661	28.484	163	22.900	25.522
4	14.250	51.497	44	13.387	43.331	84	15.380	35.080	124	19.780	28.356	164	22.946	25.481
5	14.196	51.307	45	13.402	43.121	85	15.465	34.887	125	19.911	28.218	165	22.991	25.439
6	14.144	51.114	46	13.418	42.908	86	15.551	34.695	126	20.042	28.084	166	23.032	25.402
7	14.093	50.920	47	13.450	41.981	87	15.639	34.505	127	20.174	27.948	167	23.077	25.361
8	14.044	50.727	48	13.384	42.499	88	15.729	34.315	128	20.307	27.814	168	23.123	25.320
9	13.997	50.532	49	13.366	42.916	89	15.820	34.125	129	20.438	27.686	169	23.163	25.283
10	13.951	50.338	50	13.502	42.062	90	15.912	33.938	130	20.572	27.557	170	23.211	25.239
11	13.906	50.141	51	13.529	42.843	91	16.005	33.752	131	20.706	27.429	171	23.254	25.200
12	13.863	49.944	52	13.555	41.637	92	16.101	33.567	132	20.839	27.305	172	23.296	25.160
13	13.872	49.746	53	13.584	41.430	93	16.198	33.382	133	20.975	27.180	173	23.344	25.116
14	13.782	49.547	54	13.616	41.212	94	16.296	33.199	134	21.111	27.057	174	23.386	25.076
15	13.744	49.348	55	13.648	41.007	95	16.395	33.018	135	21.246	26.938	175	23.426	25.039
16	13.708	49.147	56	13.684	40.792	96	16.496	32.836	136	21.381	26.820	176	23.471	24.997
17	13.673	48.948	57	13.722	40.575	97	16.598	32.657	137	21.517	26.703	177	23.516	24.955
18	13.639	48.740	58	13.759	40.369	98	16.702	32.479	138	21.655	26.588	178	23.566	24.918
19	13.608	48.543	59	13.870	39.681	99	16.806	32.302	139	21.810	26.459	179	23.603	24.873
20	13.579	48.346	60	13.791	39.950	100	16.913	32.127	140	21.858	26.420	180	23.647	24.831
21	13.550	48.136	61	13.767	40.189	101	17.020	31.952	141	21.902	26.383	181	23.689	24.791
22	13.524	47.933	62	13.932	39.530	102	17.129	31.780	142	21.952	26.342	182	23.731	24.750
23	13.499	47.728	63	13.979	39.322	103	17.238	31.609	143	21.996	26.304	183	23.778	24.705
24	13.476	47.523	64	14.028	39.114	104	17.349	31.440	144	22.041	26.267	184	23.820	24.665
25	13.455	47.317	65	14.080	38.905	105	17.461	31.270	145	22.085	26.230	185	23.862	24.625
26	13.435	47.110	66	14.132	38.699	106	17.575	31.103	146	22.132	26.190	186	23.906	24.582
27	13.418	46.904	67	14.187	38.492	107	17.689	30.937	147	22.179	26.150	187	23.950	24.539
28	13.400	46.697	68	14.244	38.286	108	17.804	30.773	148	22.221	26.115	188	23.991	24.498
29	13.387	46.489	69	14.302	38.080	109	17.921	30.610	149	22.270	26.073	189	24.033	24.458
30	13.374	46.281	70	14.362	37.874	110	18.039	30.449	150	22.317	26.033	190	24.077	24.415
31	13.364	46.072	71	14.428	37.657	111	18.185	30.252	151	22.358	25.997	191	24.120	24.371
32	13.355	45.863	72	14.476	37.500	112	18.255	30.152	152	22.405	25.957	192	24.159	24.333
33	13.347	45.654	73	14.551	37.267	113	18.374	30.066	153	22.452	25.917	193	24.200	24.292
34	13.342	45.443	74	14.619	37.061	114	18.518	29.820	154	22.496	25.879			
35	13.338	45.233	75	14.688	36.860	115	18.641	29.665	155	22.542	25.838			
36	13.336	45.023	76	14.758	36.659	116	18.764	29.515	156	22.585	25.800			
37	13.336	44.813	77	14.829	36.462	117	18.889	29.363	157	22.579	25.806			
38	13.338	44.602	78	14.905	36.257	118	19.029	29.196	158	22.744	25.801			
39	13.342	44.390	79	14.981	36.055	119	19.122	29.084	159	22.770	25.637			
40	13.347	44.179	80	15.056	35.863	120	19.255	28.934	160	22.767	25.640			

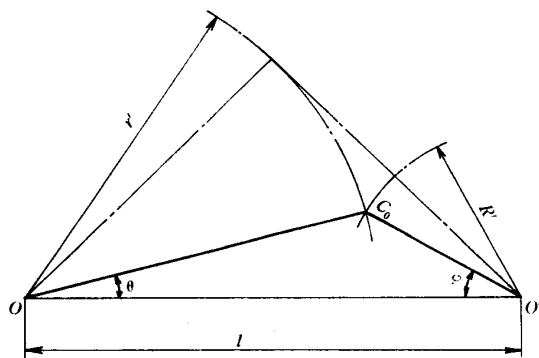


図 3 速度, 加速度

図式微分法によって速度線図, 加速度線図を求め理論値との比較を行う。

(2) 無負荷時において, ロック円板円周が増加したことによるロック状態の比較を行う。

(3) 負荷時にくい込み現象が起こるが, くい込み現象が試作品では解消されることの実証。

3.2. 実験方法

実験は駆動軸と従動軸に円分度器を設けて計測する。すなわち, (1) に対しては駆動車回転角 (θ°) に対応する従動車回転角 (φ°) を計測する。(2) に対しは駆動車回転角 (θ°) に対して従動車の歯先端でのクリアランスを計測する。(3) に対しては従動車に負荷を加えた状態で駆動車回転角何度でくい込み現象を起こすか計測する。

3.3. 理論

3.3.1. 角速度, 角加速度⁵⁾

図 3 に示すように, 駆動車中心 O と従動車中心 O' を結ぶ直線を基線として回転角度を測る。駆動ピン C_0 の中心の回転角を θ , 従動車のピン溝の中心線の回転角を φ とし, $\overline{OC_0} = r'$, $\overline{O'C_0} = R'$ とすれば,

$$\begin{cases} r' \sin \theta = R' \sin \varphi \\ r' \cos \theta + R' \cos \varphi = l \end{cases} \quad (10)$$

(10) 式より R' を消去して整理すると,

$$\tan \varphi = r' \sin \theta / (l - r' \cos \theta) \quad (11)$$

(11) 式を時間 t で微分し, 駆動車の角速度 $d\theta/dt = \omega$ 一定とすれば,

$$\sec^2 \varphi \frac{d\varphi}{dt} = r' \omega (l \cos \theta - r') / (l - r' \cos \theta)^2$$

また,

$$\begin{aligned} \sec^2 \varphi &= 1 + \tan^2 \varphi \\ &= (l^2 + r'^2 - 2lr' \cos \theta) / (l - r' \cos \theta)^2 \end{aligned}$$

よって, 従動車の角速度は

$$\frac{d\varphi}{dt} = r' \omega (l \cos \theta - r') / (l^2 + r'^2 - 2lr' \cos \theta) \quad (12)$$

従動車の角加速度は

$$\frac{d^2\varphi}{dt^2} = -lr' \omega^2 (l^2 - r'^2) \sin \theta / (l^2 + r'^2 - 2lr' \cos \theta)^2 \quad (13)$$

となる。

4 枚歯ゼネバ歯車では駆動ピンの噛み合い始めの角 θ は $+45^\circ$ であり, 噛み合いの終わりは -45° である。

3.3.2. ロック

駆動車の任意の回転角 (θ°) に対して従動車の回転角 (φ°) が ($\varphi^\circ + 4\varphi^\circ$) とならなければ, $4\varphi^\circ$ は駆動車と従動車との噛み合い時におけるクリアランスにより生じるもので,

$$4\varphi = \text{加工誤差} + \text{形状誤差} + \text{組立誤差} \quad (14)$$

として表せば, 形状誤差が大きなクリアランスの要因となり, これによりロック状態を判定することができる。

3.3.3. くい込み現象の解析

標準市販品では, 従動車に負荷が加わると, 駆動ピンが従動車のピン溝に入る前と抜けでる後でくい込む現象

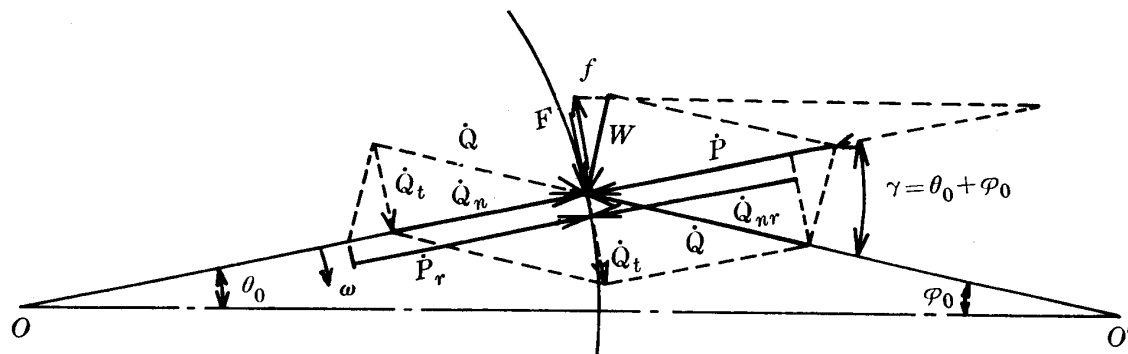


図 4 くい込み

ゼネバ歯車についての研究 (露木光夫)

が生じる。図4に示すように、従動車側負荷 W と回転力 F との関係を求めるに、

$$\dot{W} = \dot{P} + \dot{Q}, \quad \dot{Q} = \dot{Q}_n + \dot{Q}_t$$

$$\therefore \dot{W} = \dot{P} + \dot{Q}_n + \dot{Q}_t$$

\dot{Q}_n の反作用を \dot{Q}_{nr} とすると、

$$\dot{Q}_n = -\dot{Q}_{nr}$$

$\dot{P} - \dot{Q}_n = \dot{P} + \dot{Q}_{nr}$ となり、 μ を摩擦係数とすれば、

$$\mu(P + Q_{nr}) = f \quad \text{ただし } f \text{ は摩擦の力}$$

よって、

$$F + Q_t - f > 0 \quad (15)$$

のときくい込むことなく回転する。

図より、 $P \cos \gamma = Q$ (ただし $\gamma = \theta_0 + \varphi_0$)

$$P \sin \gamma = W$$

であり、

$$Q_t = Q \sin \gamma = P \sin \gamma \cos \gamma = W \cos \gamma \quad (16)$$

$$Q_n = Q \cos \gamma = P \cos \gamma^2 = \frac{W}{\sin \gamma} \cos^2 \gamma$$

$$= \frac{W}{\sin \gamma} - W \sin \gamma$$

$$\therefore Q_{nr} = -\frac{W}{\sin \gamma} + W \sin \gamma$$

$$\therefore f = \frac{-2\mu W}{\sin \gamma} + \mu W \sin \gamma \quad (17)$$

(16), (17) 式を (15) 式に代入して

$$F + W \cos \gamma - \frac{2\mu W}{\sin \gamma} + \mu W \sin \gamma > 0$$

$$\therefore F > \left(\frac{2\mu}{\sin \gamma} - \cos \gamma - \mu \sin \gamma \right) W \quad (18)$$

(18) 式より右辺括弧内が負であればくい込むことなく回転することが分かる。

4. 実験結果および考察

4.1. 角速度、角加速度⁶⁾

角速度、角加速度は (12), (13) 式により理論的に求められ、横軸に駆動車回転角 θ を取るとその理論曲線は図5のようになる。横軸を無次元時間 t で表わし、 $\omega = 1(\text{rad/sec})$, $\omega^2 = 1(\text{rad/sec}^2)$ とすると角速度の最大は 2.414 であり、角加速度の最大は 5.407 となる。すなわち、角加速度は始端と終端において不連続となり機構上きけられない欠点となる。このためゼネバ歯車は高速回転には不向きであり、一般には 100 rpm ぐらいまでが使用限界とされており、普通には 30~60 rpm で使われている。

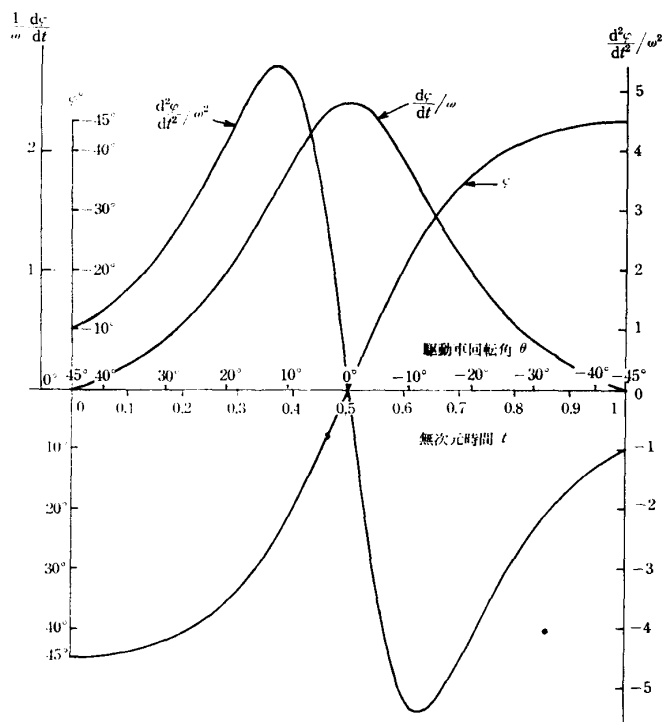


図5 ゼネバ特性、理論値 ($n=4$ の場合)

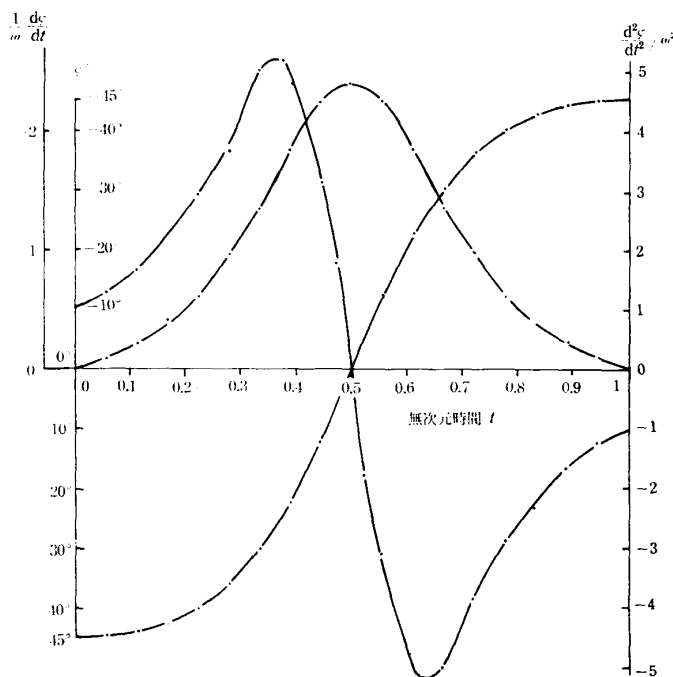


図6 ゼネバ特性、実験値 (試作品)

図6, 7は実験結果で、図6は試作したゼネバの特性曲線であり、図5の理論曲線とほぼ一致している。図7は市販標準品の特性曲線であり、変位線図は駆動車回

相模工業大学紀要 第 13 卷 第 1 号

表 4 μ と γ

$\gamma \backslash \mu$	0.10	0.12	0.14	0.15	0.16	0.17	0.18	0.19	0.20	0.21
1°	10.458	12.750	15.041	16.187	17.333	18.479	19.625	20.770	21.916	23.062
2°	4.728	5.873	7.019	7.591	8.164	8.737	9.310	9.882	10.455	11.028
3°	2.818	3.581	4.344	4.726	5.107	5.489	5.871	6.634	6.634	7.015
4°	1.863	2.435	3.007	3.293	3.579	3.865	4.151	4.437	4.723	5.009
5°	1.290	1.747	2.204	2.433	2.661	2.890	3.119	3.347	3.576	3.804
6°	0.908	1.289	1.670	1.860	2.050	2.240	2.431	2.621	2.811	3.002
7°	0.636	0.962	1.288	1.451	1.614	1.777	1.940	2.102	2.265	2.428
8°	0.433	0.718	1.002	1.144	1.287	1.429	1.571	1.714	1.856	1.998
9°	0.275	0.528	0.780	0.907	1.033	1.159	1.285	1.412	1.538	1.644
10°	0.150	0.376	0.603	0.717	0.830	0.944	1.057	1.171	1.284	1.397
11°	0.047	0.253	0.459	0.562	0.665	0.768	0.871	0.974	1.077	1.179
12°	-0.037	0.151	0.339	0.434	0.528	0.622	0.716	0.810	0.904	0.998
13°		0.066	0.239	0.326	0.412	0.499	0.585	0.672	0.759	0.845
14°		-0.007	0.153	0.233	0.314	0.394	0.474	0.554	0.635	0.715
15°			0.080	0.154	0.229	0.304	0.378	0.453	0.528	0.602
16°			0.016	0.086	0.156	0.225	0.295	0.365	0.435	0.505
17°			-0.040	0.026	0.091	0.157	0.222	0.288	0.353	0.419
18°				-0.027	0.035	0.097	0.158	0.220	0.343	0.343
19°					-0.015	0.043	0.102	0.160	0.218	0.276
20°						-0.004	0.051	0.106	0.161	0.216
21°							0.006	0.059	0.111	0.163
22°							-0.034	0.016	0.066	0.115
23°								-0.022	0.025	0.072
24°									-0.011	0.034
25°										-0.001
26°										
27°										
28°										
29°										
30°										
31°										
32°										
33°										
34°										
35°										
36°										
37°										
38°										
39°										
40°										
41°										
42°										

くい込み現象の起きない安定な領域

ゼネバ歯車についての研究 (露木光夫)

に対する F/W

0.22	0.23	0.24	0.25	0.26	0.27	0.28	0.29	0.30	0.31	0.32
24.208	25.354	26.499	27.645	28.791	29.937	31.083	32.083	33.374	34.520	35.666
11.601	12.173	12.746	13.319	13.891	14.464	15.037	15.610	16.182	16.755	17.328
7.397	7.779	8.160	8.542	8.924	9.305	9.687	10.068	10.450	10.832	11.213
5.295	5.581	5.867	6.153	6.439	6.725	7.011	7.297	7.583	7.689	8.155
4.033	4.262	4.490	4.719	4.947	5.176	5.405	5.633	5.862	6.090	6.319
3.192	3.382	3.572	3.763	3.953	4.143	4.334	4.524	4.714	4.904	5.095
2.591	2.754	2.917	3.080	3.243	3.406	3.568	3.731	3.894	4.057	4.220
2.141	2.283	2.425	2.568	2.710	2.852	2.995	3.137	3.279	3.421	3.564
1.791	1.917	2.043	2.169	2.296	2.422	2.548	2.675	2.801	2.927	3.053
1.511	1.624	1.738	1.851	1.965	2.078	2.191	2.305	2.418	2.532	2.645
1.282	1.385	1.488	1.591	1.694	1.797	1.900	2.003	2.106	2.209	2.311
1.092	1.187	1.281	1.375	1.469	1.563	1.657	1.751	1.845	1.939	2.034
0.932	1.019	1.105	1.192	1.279	1.365	1.452	1.539	1.625	1.712	1.799
0.795	0.876	0.956	1.036	1.116	1.197	1.277	1.357	1.436	1.518	1.598
0.677	0.752	0.827	0.901	0.976	1.051	1.125	1.200	1.275	1.349	1.424
0.574	0.644	0.714	0.784	0.854	0.923	0.993	1.063	1.133	1.203	1.272
0.484	0.550	0.615	0.681	0.746	0.812	0.877	0.943	1.008	1.074	1.139
0.405	0.466	0.528	0.590	0.651	0.713	0.775	0.836	0.898	0.960	1.021
0.334	0.393	0.451	0.509	0.567	0.625	0.683	0.742	0.800	0.858	0.916
0.272	0.327	0.382	0.437	0.492	0.547	0.602	0.657	0.712	0.767	0.822
0.215	0.268	0.320	0.372	0.424	0.476	0.529	0.581	0.633	0.685	0.738
0.165	0.215	0.264	0.314	0.364	0.413	0.463	0.512	0.562	0.612	0.661
0.120	0.167	0.214	0.261	0.309	0.356	0.403	0.451	0.498	0.545	0.592
0.079	0.124	0.169	0.214	0.259	0.304	0.349	0.394	0.440	0.485	0.530
0.042	0.085	0.128	0.171	0.214	0.257	0.300	0.344	0.387	0.430	0.473
0.008	0.050	0.091	0.132	0.173	0.215	0.256	0.297	0.338	0.380	0.421
-0.022	0.018	0.057	0.097	0.136	0.176	0.215	0.255	0.294	0.334	0.378
	-0.011	0.027	0.065	0.103	0.141	0.178	0.216	0.254	0.292	0.330
		-0.001	0.036	0.072	0.108	0.145	0.181	0.218	0.254	0.290
			0.009	0.044	0.079	0.114	0.149	0.184	0.219	0.254
			-0.015	0.019	0.052	0.086	0.120	0.153	0.187	0.221
				-0.005	0.028	0.060	0.093	0.125	0.158	0.190
					0.006	0.037	0.068	0.076	0.131	0.162
					-0.014	0.016	0.046	0.055	0.106	0.137
						-0.003	0.026	0.035	0.084	0.113
							0.007	0.018	0.064	0.092
							-0.009	0.002	0.045	0.072
								-0.013	0.028	0.055
									0.013	0.038
									-0.001	0.044
										0.011
										-0.001

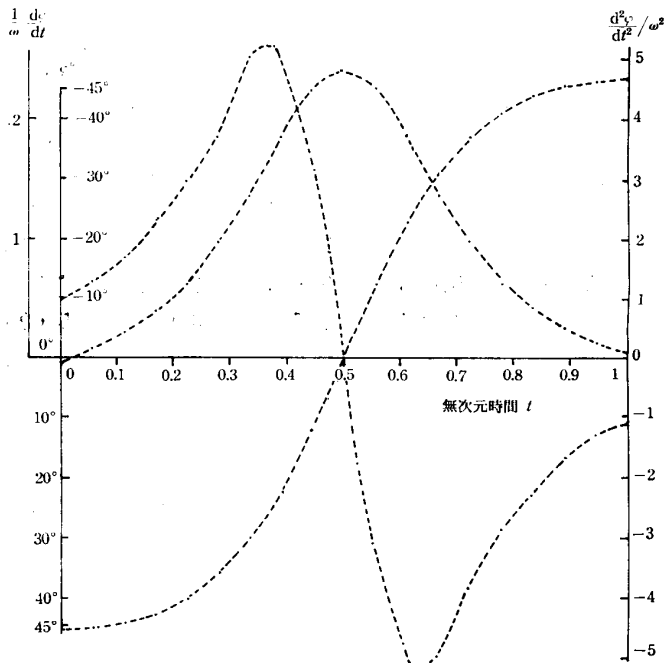


図 7 ゼネバ特性, 実験値 (市販標準品)

転角 $\theta=45^\circ$ (ロック円板とロック溝との噛み合いが終わる点) で, 従動車の回転角が 47° となり, $\theta=-45^\circ$ では $\varphi=-48^\circ$ となり, 両者の噛み合いの始端と終端で角速度が 0 とならない。同様に角加速度は始端と終端で ± 1 とならず不連続が拡大する。これら二つの特性曲線によって試作品と市販品を比較してみるに, 市販品は噛み合いの始端と終端において従動車の慣性による影響を受けて変位線図が理論値と一致しない。これはロック円板の切り欠き部を大きく取りすぎていることによって生じる。

4.2. ロック

図 8 は試作したゼネバと市販品ゼネバの駆動車回転角 (θ°) に対して従動車の回転角 (φ) に対する変化量 $\Delta\varphi$ からクリアランスを求めたものである。ロック円板円周が増加したことによるロックの确实性を検討するためロック円板とロック溝との噛み合いだけを考慮し, 駆動ピンは取りはずした状態で $\Delta\varphi$ を計測した。

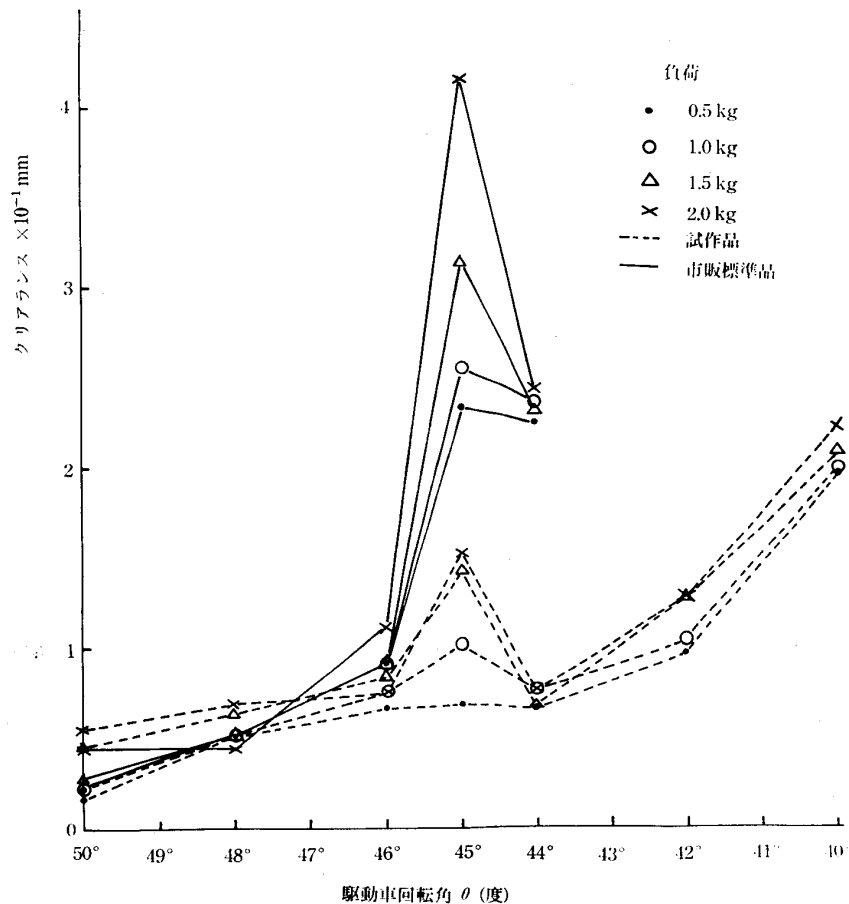


図 8 クリアランス

ゼネバ歯車についての研究 (露木光夫)

横軸は駆動車回転角で 50° は駆動ピンがピン溝に噛み合う前 5° のときであり、 45° のときに駆動ピンはピン溝に噛み合い始め、従動車を回転させることになる。破線は試作品で θ が 46° までは市販品と同程度のクリアランスを示し差は少ない。 θ が 45° になると試作品の

表 5 μ に対する $F/W=0$ なる γ

μ	γ	μ	γ
0.1	11.54	0.23	27.60
0.12	13.89	0.24	28.97
0.14	16.27	0.25	30.36
0.15	17.48	0.26	31.80
0.16	18.69	0.27	33.28
0.17	19.92	0.28	34.81
0.18	21.15	0.29	36.42
0.19	22.41	0.30	38.12
0.20	23.67	0.31	39.94
0.21	24.96	0.32	41.93
0.22	26.27		

度 6 γ に対する $F/W=0$ なる μ

γ	μ	γ	μ
1	0.0087	21	0.1788
2	0.0174	22	0.1868
3	0.0262	23	0.1947
4	0.0349	24	0.2025
5	0.0436	25	0.2103
6	0.0523	26	0.2179
7	0.0609	27	0.2255
8	0.0696	28	0.2329
9	0.0782	29	0.2402
10	0.0868	30	0.2474
11	0.0954	31	0.2545
12	0.1039	32	0.2614
13	0.1124	33	0.2682
14	0.1209	34	0.2748
15	0.1293	35	0.2812
16	0.1377	36	0.2874
17	0.1460	37	0.2935
18	0.1543	38	0.2993
19	0.1625	39	0.3049
20	0.1707	40	0.3103

クリアランスに対し、市販品のクリアランスは約 3 倍となり、 44° 以下では市販品はロック不可能となる。試作品で 40° はまでロック可能で、切り欠き部の減少(切り欠きを理論的形状で製作したためロック円板円周が増加した)による効果が表われている。これは従動車の負荷の変動を市販品では駆動ピンに加わる接触面圧力だけで吸収するため駆動ピンの破損の恐れがあるのに対し、試作品では負荷の変動を接触面圧力とロック面圧力で吸収することができ、ピンの破損を防ぐことができることを示している。

4.3. くい込み

市販品ゼネバ歯車には、従動車に加わる負荷により、両車がかい込み回転できなくなる現象がある。解析した結果は (18) 式に示したが、 μ と γ に種々の値を代入し数値計算した。この結果を表 4, 5, 6 示す。実験した結果は $\gamma \approx 24^\circ$ であり、表 6 から $\mu = 0.203$ である。一方、試作品ではくい込み現象が生じないが、これは同一条件の下で市販品との比較をすると $\gamma \approx 40^\circ$ となり表 4 の負領域になり、くい込みが起らないことが分かる。

5. 結 論

4 枚歯ゼネバ歯車を試作し、標準市販品との比較実験を行い、特性と性能の実証を行った。これによって次のことが分かった。

1. 特性曲線については、試作品は理論曲線と一致するが、市販品は噛み合いの初めと終りで理論曲線と一致しない。このため速度でも不連続な点が生じる。切り欠き部を理論的に製作した試作品では噛み合いの初めと終りでも正確な噛み合いをする。
2. 試作品では、ロック円板円周が増加するため、市販品に比べクリアランスが減少し、逆転、破損の防止ができる。
3. 市販品ではくい込み現象があり、焼き付けを起こす原因となることがあるが、試作品ではくい込み現象が生じない。
4. 試作品は特性曲線が理論値と一致するため、機械に組み込んで使用する場合にも設計計算が容易である。

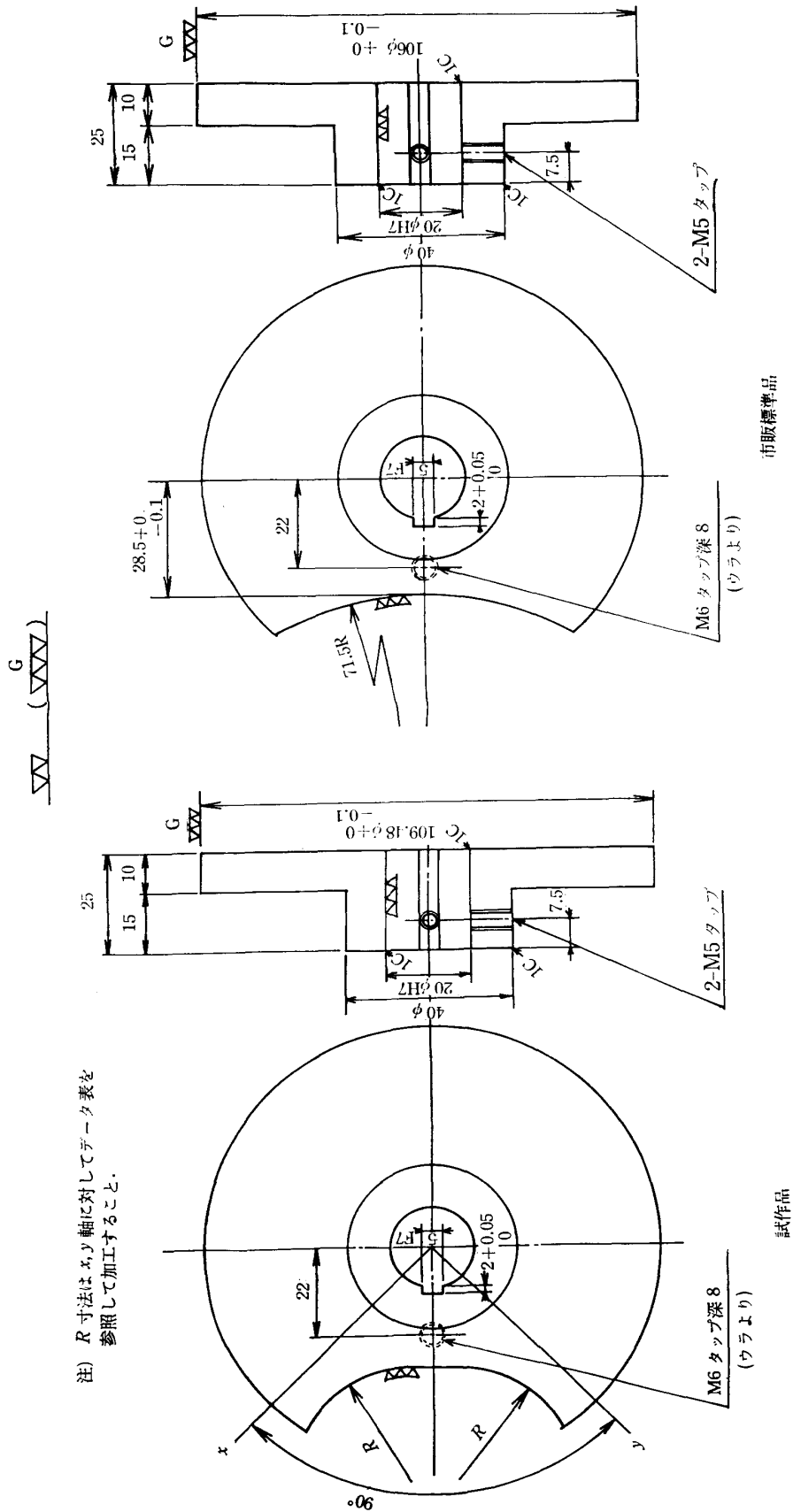
参考文献

- 1) 日本機械学会: 機械工学便覧 (改定第 5 版), 7-146.
- 2) NASA: Mechanical Engineering, 46, Apr.

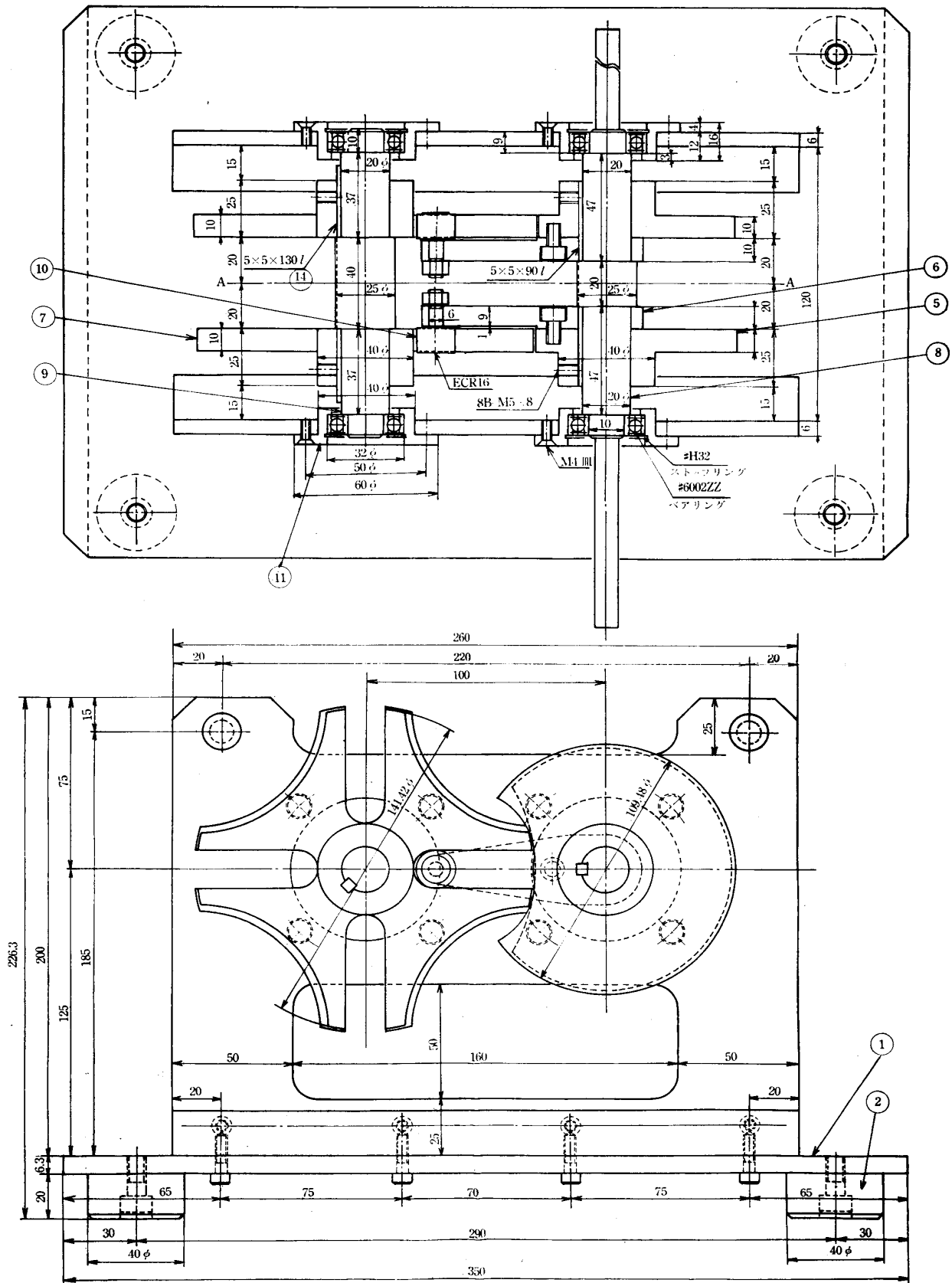
相模工業大学紀要 第 13 卷 第 1 号

- (1975).
- 3) 露木: 相模工業大学紀要, **9**, 1 (1975), 13.
- 4) 露木: 相模工業大学紀要, **11**, 1 (1977), 11.
- 5) 稻田・森田他: 大学演習機構学 (オーム社), (第 1 版第 5 刷), 140, 1970.
- 6) 牧野 洋: 自動機械機構学 (日刊工業新聞社) (初版), 134, 1977.

ゼネパ歯車についての研究 (露木光夫)



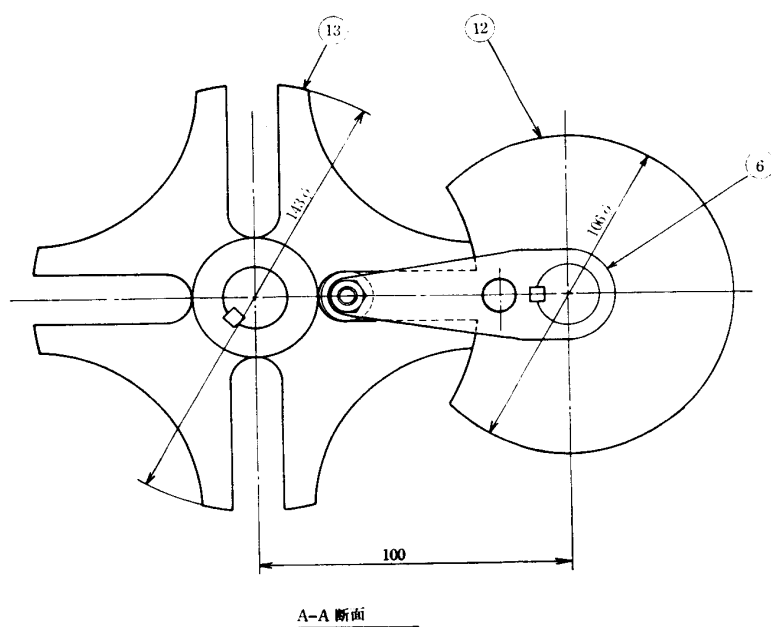
付図 1 駆動車ロック円板



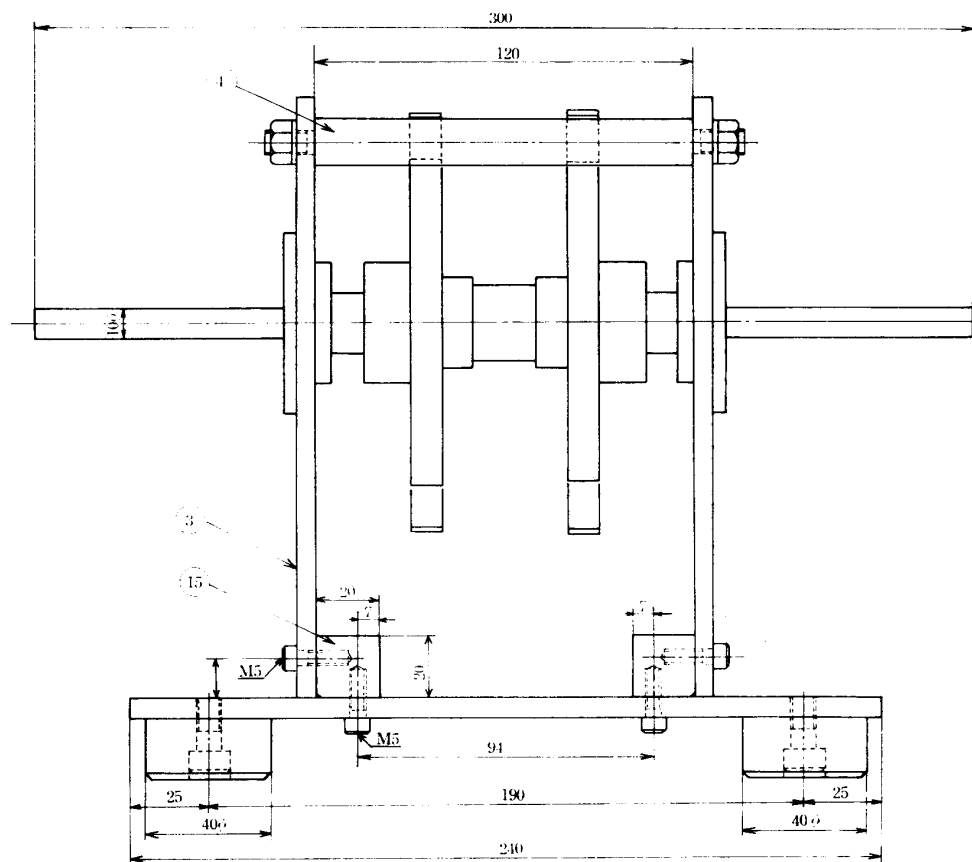
付図 2-1 ゼネバ歯車組立図

ゼネバ歯車についての研究 (露木光夫)

15	継手ブロック	2	SSO	C6
14	平行キー	1	市販	4-100
13	ホイール	1	市販	(ゼネバ)
12	ドライバー	1	SSO	タフトライド
11	ハウジング	4	SSO	C6
10	カムフォロアー	2	市販	FCR 16
9	軸	1	S45C	タフトライド
8	軸	1	S45C	"
7	ホイール	1	SSO	"
6	アーム	2	SSO	"
5	ドライバー	1	SSO	"
4	タイロット	4	SSO	"
3	サイドプレート	2	Al	
2	脚	4	Al	
1	ベースプレート	1	Al	

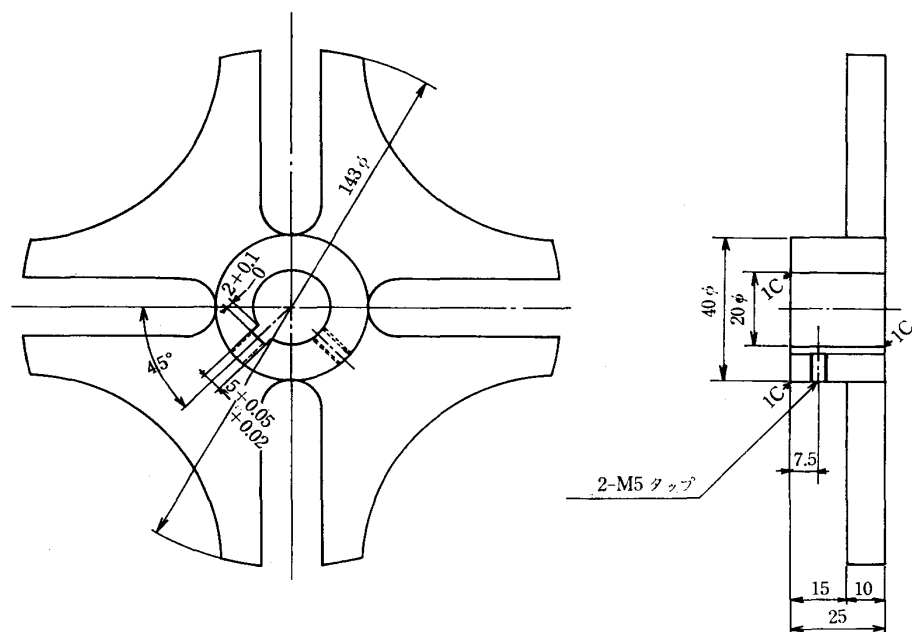


部番	品名	個数	材質	摘要
----	----	----	----	----

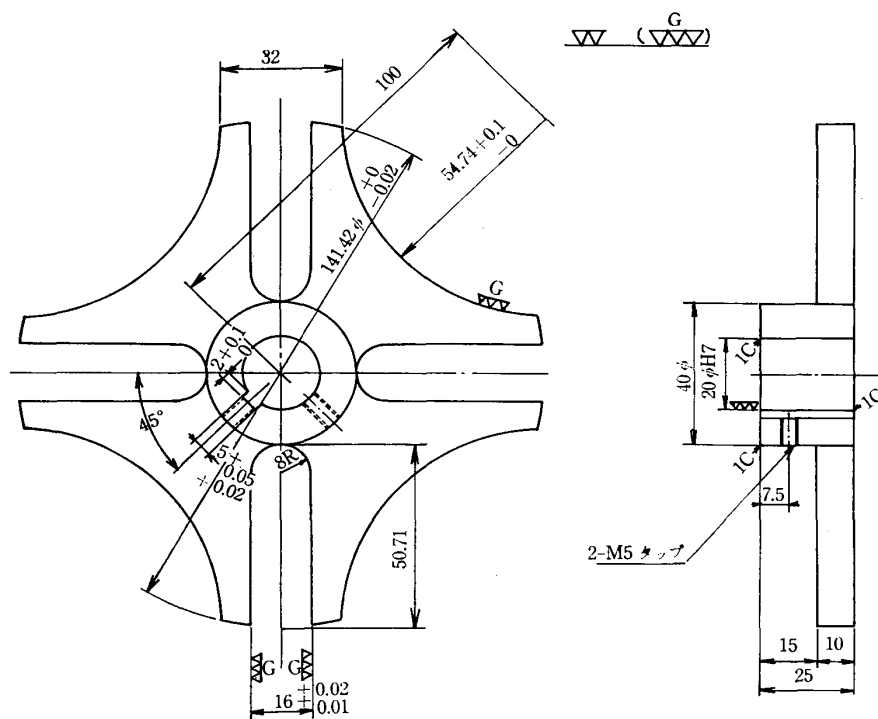


付図 2-2 ゼネバ歯車組立図

相模工業大学紀要 第 13 巻 第 1 号



市販標準品



試 作 品

付図 3 従動車ホイール