トルク比一定の歯車に関する研究 (第2報)

久 野 精 市 郎

Study on the Tooth Profile of Constant Torque Ratio. (2nd Report)

Seiichiro KUNO

Operating equations of a pair of gears kept up a trasmitting constant torque have been given by several coordinates. Namely, they are shown in the cases that a path of contact is expressed by a polar coordinate and the tooth profiles are expressed by using tangential, tangential polar and rectangular coordinates respectively.

There, as a path of contact is a straight line, a tooth profile and a transmitted rotating error are calculated by using the tangential polar coordinate. As a part of those, there are shown, when $\lambda = 12.5^{\circ}$; k = 1.02, 1.04, 1.06; i = 1, 2, 4, 6, 8, 10; $R_2 = ikR_1$.

where λ: friction angle

i: gear ratio k: coefficient

D 1: C

 $R_{\,\scriptscriptstyle 1}$: radius of torque circle of follower

 R_{2} : radius of torque circle of driver

Thus, the usefulness of those tooth profiles are considerated from the relationship between the error of transmitted rotating angle and the minimum number of gear teeth.

1. 緒 言

トルク比一定の歯車の嚙合関係式は、接触点の軌跡が極座標、歯形の式が接線座標⁽¹⁾⁽²⁾、接線極座標⁽³⁾⁽⁴⁾、直交座標⁽⁵⁾、の場合について与えられている。ここでは接触点の軌跡にある直線を与えた場合のトルク比一定の歯形を接線極座標の式を使って実際に計算した。

歯車のトルク円半径をそれぞれ R_2 , R_1 , 増速比をi とすると回転角伝達誤差の関係からトルク比一定の歯車では $R_2=ikR_1$, (k は1 に近い定数)となる。そこでここではその一部として摩擦角 $\lambda=12.5$ °, k=1.02, 1.04, 1.06 の場合について計算し,それらの影響と歯形,伝達誤差,最小歯数等の関係を調べた。

2. 計算式及条件

接触点の軌跡をトルク点を極とする極座標で、歯形の式を 0_1 , 0_2 をそれぞれ極とする接線極座標で表した場合の嚙合関係式⁽³⁾ に於て $\theta=\theta_{01}$ (近寄り側), θ_{02} (遠のき側), とすると次の式が導ける.

0, 歯車

歯
$$\bar{\pi}$$

$$\left\{ \begin{aligned} \frac{dP_1}{d\alpha_1} &= R_1 \frac{\sin\theta_{02}}{\cos\lambda} - P_1 \tan\lambda \\ \alpha_0 - \alpha_1 &= \cot\lambda \log \frac{R_1 \sin\theta_{02} - P_1 \sin\lambda}{R_1 \sin\theta_{02} - R_1 \sin\alpha_0 \sin\lambda} \end{aligned} \right.$$

02 歯車

歯 先
$$\left\{ \frac{dP_2}{d\alpha_2} = R_2 \frac{\sin\theta_{02}}{\cos\lambda} - P_2 \tan\lambda \right.$$

$$\left\{ \alpha_2 - \alpha_0 = \cot\lambda \log \frac{R_2 \sin\theta_{02} - R_2 \sin\alpha_0 \sin\lambda}{R_2 \sin\theta_{02} - P_2 \sin\lambda} \right.$$

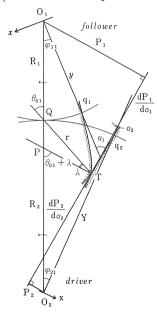
歯
$$\overline{\pi}$$

$$\begin{cases} \frac{dP_2}{d\alpha_2} = R_2 \frac{\sin\theta_{01}}{\cos\lambda} + P_2 \tan\lambda \\ \alpha_0 - \alpha_2 = \cot\lambda \log \frac{R_2 \sin\alpha_0 \sin\lambda + R_2 \sin\theta_{01}}{P_2 \sin\lambda + R_2 \sin\theta_{01}} \end{cases}$$

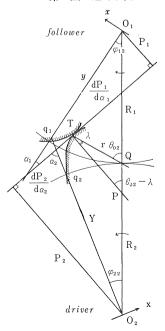
ただしlpha。はそれぞれ点Qにおける歯 $\, {
m F}\,$ の傾き角である.此らの式に $\, lpha_1,\, lpha_2 \,$ を与えて $\, P_1\,$, $\, P_2\,$; $\, \frac{d\, P_1}{d\, lpha_1},\,$

 $\frac{dP_2}{d\alpha_2}$ を求めこれを次式に代入して歯形を求めた.

$$a\alpha_{2}$$
 0_{1} 嫩 車
$$\begin{cases} x = -P_{1}\cos\alpha_{1} + \frac{dP_{1}}{d\alpha_{1}}\sin\alpha_{1} & \dots (5) \\ y = P_{1}\sin\alpha_{1} + \frac{dP_{1}}{d\alpha_{1}}\cos\alpha_{1} & \dots (6) \end{cases}$$
 0_{2} 嫩 車
$$\begin{cases} X = -P_{2}\cos\alpha_{2} + \frac{dP_{2}}{d\alpha_{2}}\sin\alpha_{2} & \dots (6) \\ Y = P_{2}\sin\alpha_{2} + \frac{dP_{2}}{d\alpha_{2}}\cos\alpha_{2} & \dots (6) \end{cases}$$



第1図 近寄り側



第2図 遠のき側

また摩擦角 λ , θ_{01} , θ_{02} , α_{0} には次の関係がある⁽⁵⁾.

$$\frac{\pi}{2} - 2\lambda \ge \theta_{01} \ge \frac{\pi}{2} - \lambda - \alpha_{0max}.$$

 $\frac{\pi}{2} \geq \theta_{02} \geq \frac{\pi}{2} + \lambda - \alpha_{0max}$.

従って接触点の軌跡が直線の場合,遠のき側の式では特 に α_{0} は 小さくはとりにくい. 特に α_{0} = λ の時, θ_{1} の 歯元, 0_2 の歯先はなくなる.

ここで計算する条件は次のようにきめた.

 $\lambda = 12.5^{\circ}$ $R_1 = 1$ $R_2 = 1.02iR_1$, $1.04iR_1$, $1.06iR_1$ i=1, 2, 4, 6, 8, 10

 φ_{12max} : 1歯のかみあいにおける 0_1 歯車の遠のき 側の最大回転角

次に 0_1 , 0_2 歯車の回転角を φ_1 , φ_2 ; 回転角伝達誤 差を ε とすると次の関係がある $^{(3)}$.

近寄り側
$$\begin{cases} \varphi_{11} = (\theta_{01} + \lambda + \alpha_1) - \frac{\pi}{2} \\ \varphi_{21} = \frac{\pi}{2} - (\theta_{01} + \lambda + \alpha_2) \\ \varepsilon = \varphi_{11} - \frac{\varphi_{21}}{i} \cdots (7) \end{cases}$$
 遠のき側
$$\begin{cases} \varphi_{12} = \frac{\pi}{2} - (\theta_{02} - \lambda + \alpha_1) \\ \varphi_{22} = (\theta_{02} - \lambda + \alpha_2) - \frac{\pi}{2} \\ \varepsilon = \frac{\varphi_{22}}{i} - \varphi_{12} \cdots (8) \end{cases}$$

また P_1 , P_2 関係は

すなわち近寄り側では α_1 を与えて(7)より ϕ_{11} , (1)より P_1 を求める. 次に(9)より P_2 , (4)より α_2 を求めると (7)より同じ嚙合点における ϕ_{21} の値が求められ, これ から回転角伝達誤差 ϵ がわかる。遠のき側でも同様にし て求められる.

3. 計算結果

第1表 0_1 歯車の歯形と回転角伝達誤差 $(R_2=1.02i)$

かみあ		$\alpha_0 =$:35°	$\alpha_0 =$	30°	$\alpha_0 =$	25°			誤差	ε		
あい	$\alpha_1 - \alpha_0$	x	у	x	у.	х	у	i=1	i=2	i=4	i=6	i=8	i=10
近	2°	0.0158	1.0217	0.0127	1.0212	0.0098	1.0201	0.01.26	$0^{\circ}\!.01\overset{'}.4\overset{''}{0}$	0.01.47	0.01.49	0.01.50''	0.01.51
育り	4°	0.0330	1.0438	0.0268	1.0428	0.0208	1.0408	0.01.02	0.01.57	0.02.25	0.02.34	0.02.38	0.02.41
(歯	6°	0.0517	1.0660	0.0423	1.0649	0.0332	1.0622	-0.01.14	0.00.51	0.01.53	0.02.14	0.02.24	0.02.31
近寄り(歯先)	8°	0.0718	1.0883	0.0592	1.0873	0.0469	1.0842	-0.05.28	-0.01.40	0.00.12	0.00.49	0.01.07	0.01.18
	10°	0.0934	1.1107	0.0776	1.1100	0.0620	1.1066	-0.11.40	-0.05.38	-0.02.40	-0.01.42	-0.01.13	-0.00.55
	$\left \alpha_0-\alpha_1\right $	x	у	x	У	х	у	i=1	i=2	i=4	i=6	i=8	i=10
诗	2°	- 0.0074	0.9891	- 0.0049	0.9911	- 0.0029	0.9935	- $0.01.26$	$-\mathring{0.01.40}''$	$-$ 0 $\overset{\circ}{.}01\overset{\prime}{.}4\overset{\prime\prime}{7}$	$-\r{0.01.49}^{'}$	$-\r{0.01.5}\H{0}$	$-\r{0.}01.5\H{1}$
0 0	4°	- 0.0138	0.9788	-0.0091	0.9830	-0.0052	0.9879	-0.01.02	-0.01.57	-0.02.25	-0.02.34	-0.02.38	-0.02.41
遠のき(歯元)	6°	- 0.0193	0.9693	-0.0124	0.9758	- 0.0068	0.9834	0.01.14	-0.00.51	-0.01.53	-0.02.14	-0.02.24	-0.02.31
幽	8°	-0.0240	0.9605	-0.0151	0.9695	- 0.0079	0.9799	0.05.28	0.01.40	-0.00.12	-0.00.49	-0.01.07	-0.01.18
	10°	- 0.0279	0.9525	- 0.0171	0.9642	- 0.0086	0.9776	0.11.40	0.05.38	0.02.40	0.01.42	0.01.13	0.00.55
	12°	- 0.0311	0.9454	- 0.0186	0.9599	- 0.0089	0.9764	0.19.54	0.11.04	0.06.46	0.05.20	0.04.38	0.04.12

第2表 0_2 歯車の歯形 $\begin{pmatrix} R_2 = 1.02i \\ \alpha_0 = 35^\circ \end{pmatrix}$

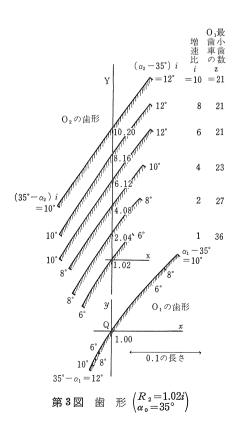
							(40 - 00 /							
かみあ	$(\alpha_2-35^\circ)i$	i=	1	$i=$	2	$i=$	4	i=	6	i=	8	i=	=10	
あい	$(\alpha_2-55)i$	X	Y	X	Y	X	Y	X	Y	X	Y	X	Y	
	2°	0.0085	1.0317	0.0083	2.0516	0.0081	4.0915	0.0081	6.1315	0.0081	8.1715	0.0081	10.2115	
遠	4°	0.0181	1.0440	0.0170	2.0634	0.0165	4.1032	0.0163	6.1431	0.0163	8.1830	0.0162	10.2230	
のき(歯先)	6°	0.0288	1.0567	0.0263	2.0756	0.0252	4.1149	0.0248	6.1547	0.0246	8.1946	0.0245	10.2346	
(iii	8°	0.0406	1.0698	0.0362	2.0879	0.0341	4.1269	0.0334	6.1665	0.0330	8.2063	0.0328	10.2462	
一光	10°	0.0536	1.0832	0.0466	2.1005	0.0432	4.1389	0.0422	6.1784	0.0416	8.2181	0.0413	10.2579	
	12°	0.0677	1.0969	0.0575	2.1134	0.0527	4.1511	0.0511	6.1903	0.0503	8.2299	0.0499	10.2696	
	(35°-α ₂)i	X	Y	Y	X	Y	X	Y	X	Y	X	X	Y	
近	2°	-0.0147	0.9982	-0.0151	2.0181	- 0.0153	4.0580	- 0.0153	6.0980	- 0.0153	8.1380	-0.0154	10.1780	
寄	4°	-0.0281	0.9767	- 0.0295	1.9963	- 0.0302	4.0361	-0.0304	6.0761	- 0.0305	8.1160	- 0.0306	10.1560	
10	6°	-0.0403	0.9557	-0.0432	1.9748	- 0.0447	4.0142	-0.0452	6.0542	- 0.0455	8.0941	- 0.0456	10.1341	
近寄り(歯元)	8°	-0.0512	0.9352	- 0.0563	1.9534	-0.0590	3.9926	- 0.0599	6.0324	- 0.0603	8.0722	-0.0606	10.1122	
匹	10°	-0.0609	0.9153	- 0.0687	1.9323	-0.0729	3.9710	-0.0743	6.0106	- 0.0750	8.0504	-0.0754	10.0903	

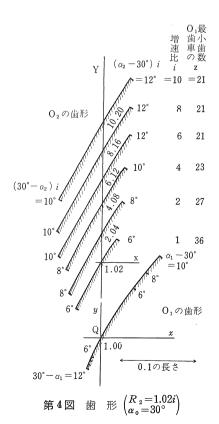
第3表 0_2 歯車の歯形 $\begin{pmatrix} R_2 = 1.02i \\ \alpha_0 = 30 \end{pmatrix}$

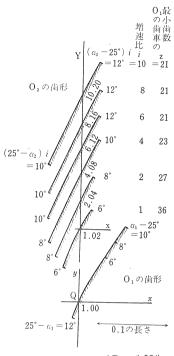
かみあ	$(\alpha_2 - 30^{\circ})i$	i=	1	i=1	2	i=	4	i=	6	i=	8	i=	10
あい	$(\alpha_2-30)i$	X	Y	X	Y	X	Y	X	Y	X	Y	X	Y
	2°	0.0059	1.0299	0.0057	2.0497	0.0056	4.0896	0.0056	6.1296	0.0055	8.1695	0.0055	10.2095
遠	4°	0.0128	1.0405	0.0119	2.0598	0.0114	4.0994	0.0113	6.1393	0.0112	8.1792	0.0111	10.2192
のき(歯先)	6°	0.0207	1.0518	0.0185	2.0702	0.0175	4.1094	0.0171	6.1491	0.0170	8.1889	0.0169	10.2288
(iii	8°	0.0297	1.0636	0.0257	2.0810	0.0238	4.1195	0.0231	6.1590	0.0228	8.1988	0.0227	10.2386
一	10°	0.0397	1.0760	0.0333	2.0921	0.0303	4.1299	0.0293	6.1691	0.0288	8.2087	0.0285	10.2485
	12°	0.0509	1.0889	0.0415	2.1035	0.0371	4.1404	0.0356	6.1793	0.0349	8.2187	0.0345	10.2584
	$(30^{\circ}-\alpha_2)i$	X	Y	X	Y	X	Y	X	Y	X	Y	X	Y
近	2°	-0.0117	0.9989	-0.0120	2.0188	-0.0122	4.0587	-0.0122	6.0987	-0.0122	8.1387	- 0.0123	10.1787
寄	4°	-0.0221	0.9785	-0.0233	1.9979	-0.0240	4.0376	-0.0242	6.0775	-0.0243	8.1175	- 0.0244	10.1574
2	6°	-0.0313	0.9587	-0.0341	1.9773	-0.0355	4.0166	- 0.0360	6.0564	- 0.0362	8.0963	-0.0364	10.1362
近寄り(歯元)	8°	-0.0394	0.9396	-0.0442	1.9570	-0.0467	3.9958	-0.0475	6.0354	- 0.0480	8.0752	-0.0482	10.1151
	10°	-0.0465	0.9213	-0.0537	1.9370	-0.0576	3.9751	-0.0589	6.0145	-0.0596	8.0542	-0.0600	10.0940

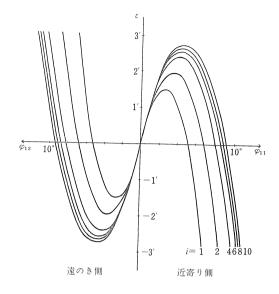
第4表	02	歯車の歯形	$\begin{pmatrix} R_2 = 1.02i \\ r_1 = 25^{\circ} \end{pmatrix}$
第4表	0_2	歯車の歯形	$R_2 = 1.02$

	,												
かみあ	$(\alpha_2-25^\circ)i$	i=	1	i=1	2	i=i	4	i=0	6	i=i	3	i=1	10
あい	$(a_2-20)i$	X	Y	X	Y	X	Y	X	Y	X	Y	X	Y
	2°	0.0037	1.0276	0.0035	2.0474	0.0034	4.0873	0.0034	6.1272	0.0034	8.1672	0.0034	10.2072
遠	4°	0.0083	1.0361	0.0074	2.0552	0.0071	4.0948	0.0069	6.1346	0.0069	8.1745	0.0068	10.2145
のき(歯先)	6°	0.0137	1.0455	0.0118	2.0635	0.0109	4.1025	0.0106	6.1422	0.0104	8.1820	0.0103	10.2219
(編	8°	0.0200	1.0557	0.0165	2.0723	0.0149	4.1105	0.0144	6.1499	0.0141	8.1896	0.0139	10.2294
一	10°	0.0274	1.0665	0.0217	2.0815	0.0191	4.1187	0.0183	6.1577	0.0179	8.1972	0.0176	10.2370
	12°	0.0357	1.0781	0.0273	2.0910	0.0235	4.1271	0.0223	6.1657	0.0217	8.2050	0.0214	10.2446
	(25°-α ₂)i	X	Y	X	Y	X	Y	X	Y	X	Y	X	Y
沂	2°	- 0.0088	1.0003	- 0.0091	2.0201	- 0.0092	4.0600	- 0.0093	6.0999	- 0.0093	8.1399	- 0.0093	10.1799
寄	4°	- 0.0165	0.9813	- 0.0176	2.0005	-0.0182	4.0401	- 0.0184	6.0800	- 0.0185	8.1199	- 0.0185	10.1599
9	6°	- 0.0230	0.9632	- 0.0255	1.9814	- 0.0268	4.0205	- 0.0273	6.0602	- 0.0275	8.1001	- 0.0276	10.1400
近寄り(歯元)	8°	- 0.0287	0.9460	- 0.0329	1.9626	- 0.0352	4.0010	- 0.0359	6.0405	- 0.0363	8.0803	- 0.0366	10.1201
	10°	- 0.0333	0.9297	- 0.0398	1.9443	- 0.0432	3.9818	-0.0444	6.0210	- 0.0451	8.0606	- 0.0454	10.1003









第 6 図 回転角伝達誤差 (R₂=1.02i)

第5図 歯 形 $\begin{pmatrix} R_2 = 1.02i \\ \alpha_0 = 25^{\circ} \end{pmatrix}$

第5表 0_1 歯車の歯形と回転角伝達誤差 $\begin{pmatrix} R_2 = 1.04i \\ R_2 = 1.06i \end{pmatrix}$

かみ	$\alpha_1 - \alpha_0$	$\alpha_0 =$	35°	$\alpha_0 =$	=30°		誤	差ε	$(R_2=1.0$)4 <i>i</i>)		$egin{array}{c} arepsilon(R_{2} = \ 1.06i) \end{array}$
あい	α ₁ -α ₀	x	У	x	у	i=1	i=2	i=4	i=6	i=8	i=10	i=1
	2°	0.0158	1.0217	0.0127	1.0212	0.03.43	0.03.57	0.04.03	0°.04′.05	0.04.06	0.04.07	0.05.56
近	4°	0.0330	1.0438	0.0268	1.0428	0.05.40	0.06.33	0.06.59	0.07.08	0.07.13	0.07.15	0.10.07
寄	6°	0.0517	1.0660	0.0423	1.0649	0.05.46	0.07.48	0.08.48	0.09.08	0.09.18	0.09.24	0.12.32
	8°	0.0718	1.0883	0.0592	1.0873	0.04.00	0.07.39	0.09.27	0.10.03	0.10.21	0.10.32	0.13.07
り	10°	0.0934	1.1107	0.0776	1.1100	0.00.19	0.06.07	0.08.57	0.09.54	0.10.22	0.10.39	0.11.51
备	12°	0.1166	1.1331	0.0975	1.1330	-0.05.20	0.03.08	0.07.17	0.08.39	0.09.20	0.09.44	0.08.40
(歯先)	14°	0.1414	1.1554	0.1190	1.1560	-0.13.00	-0.01.16	0.04.25	0.06.18	0.07.14	0.07.48	0.03.31
	16°	0.1678	1.1776	_	_	-0.22.44	-0.07.10	0.00.21	0.02.50	0.04.04	0.04.48	-0.03.36
	18°	0.1958	1.1995			-0.34.35	-0.14.34	-0.04.54	-0.01.44	-0.00.10	0.00.46	-0.12.48
	$\alpha_0-\alpha_1$	x	у	x	y	i=1	i=2	i=4	i=6	i=8	i=10	i=1
	2°	- 0.0074	0.9891	- 0.0049	0.9911	-0 $.03.43''$	$-$ 0 $\overset{\circ}{.}$ 03 $\overset{\circ}{.}$ 5 $\overset{\circ}{7}$	$-\r{0.}04.0\H{3}^{'}$	$-$ 0 $\overset{\circ}{.}$ 04 $\overset{\circ}{.}$ 0 $\overset{\circ}{.}$	$-\r{0.}04.0\H{6}$	$-\r{0.}04.0\H{7}$	-0.05.56
	4°	- 0.0138	0.9788	- 0.0091	0.9830	-0.05.40	-0.06.33	-0.06.59	-0.07.08	-0.07.13	-0.07.15	-0.10.07
遠	6°	- 0.0193	0.9693	- 0.0124	0.9758	0.05.46	-0.07.48	-0.08.48	-0.09.08	-0.09.18	-0.09.24	-0.12.32
0	8°	- 0.0240	0.9605	- 0.0151	0.9695	-0.04.00	-0.07.39	-0.09.27	-0.10.03	-0.10.21	-0.10.32	-0.13.07
	10°	- 0.0279	0.9525	- 0.0171	0.9642	-0.00.19	-0.06.07	-0.08.57	-0.09.54	-0.10.22	-0.10.39	-0.11.51
\$	12°	- 0.0311	0.9454	- 0.0186	0.9599	0.05.20	-0.03.08	-0.07.17	-0.08.39	-0.09.20	-0.09.44	-0.08.40
(E)	14°	- 0.0336	0.9392	- 0.0196	0.9567	0.13.00	0.01.16	-0.04.25	-0.06.18	-0.07.14	-0.07.48	-0.03.31
(歯元)	16°	- 0.0355	0.9339	- 0.0202	0.9546	0.22.44	0.07.10	-0.00.21	-0.02.50	-0.04.04	-0.04.48	0.03.36
	18°	- 0.0369	0.9296	- 0.0204	0.9536	0.34.35	0.14.34	0.04.54	0.01.44	0.00.10	-0.00.46	0.12.48
	20°	- 0.0378	0.9264		_	0.48.36	0.23.29	0.11.25	0.07.28	0.05.30	0.04.19	0.24.05
	22°	- 0.0383	0.9242	_	_	1.04.51	0.33.56	0.19.10	0.14.20	0.11.56	0.10.30	0.37.32

第6表 0_2 歯車の歯形 $\begin{pmatrix} R_2 = 1.04i \\ \alpha_0 = 35^{\circ} \end{pmatrix}$

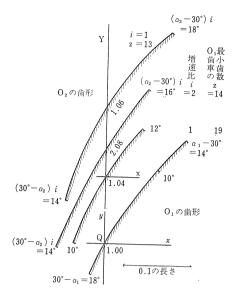
								$\alpha_0 - 30$	/				
かみあ	(α ₂ -35°)i	i=	1	i=1	2	i=	4	i=	6	i=	8	i=	:10
あい	(a ₂ 00)i	X	Y	X	Y	X	Y	X	Y	X	Y	X	Y
	2°	0.0087	1.0519	0.0084	2.0918	0.0083	4.1717	0.0082	6.2517	0.0082	8.3317	0.0082	10.4117
	4°	0.0184	1.0644	0.0174	2.1039	0.0168	4.1836	0.0167	6.2635	0.0166	8.3435	0.0165	10.4234
遠	6°	0.0293	1.0774	0.0269	2.1163	0.0257	4.1956	0.0253	6.2754	0.0251	8.3553	0.0250	10.4352
0	8°	0.0414	1.0908	0.0369	2.1289	0.0347	4.2078	0.0340	6.2874	0.0337	8.3672	0.0335	10.4471
	10°	0.0546	1.1045	0.0475	2.1417	0.0441	4.2201	0.0430	6.2995	0.0424	8.3792	0.0421	10.4590
É	12°	0.0691	1.1184	0.0587	2.1548	0.0537	4.2325	0.0521	6.3117	0.0513	8.3913	0.0508	10.4710
歯	14°	0.0848	1.1326	0.0704	2.1681	0.0636	4.2451	0.0614	6.3240	0.0603	8.4034	0.0597	10.4830
	16°	0.1017	1.1468	0.0827	2.1815	0.0738	4.2578	0.0709	6.3363	0.0695	8.4156	0.0686	10.4951
先	18°	0.1200	1.1611	0.0957	2.1952	0.0842	4.2706	0.0806	6.3488	0.0788	8.4279	0.0777	10.5073
	20°	0.1396	1.1753	0.1092	2.2089	0.0950	4.2835	0.0904	6.3613	0.0882	8.4402	0.0869	10.5195
	22°	0.1605	1.1894	0.1233	2.2228	0.1060	4.2965	0.1005	6.3739	0.0977	8.4526	0.0961	10.5317
	(35°-α ₂)i	X	Y	X	Y	X	Y	X	Y	X	Y	X	Y
	2°	-0.0150	1.0177	- 0.0154	2.0576	-0.0155	4.1376	- 0.0156	6.2176	- 0.0156	8.2976	-0.0157	10.3776
近	4°	-0.0287	0.9959	- 0.0301	2.0355	- 0.0307	4.1153	-0.0310	6.1952	-0.0311	8.2752	-0.0312	10.3552
	6°	-0.0411	0.9745	-0.0441	2.0135	-0.0456	4.0930	-0.0461	6.1729	-0.0464	8.2528	- 0.0465	10.3328
寄	8°	-0.0522	0.9536	-0.0574	1.9917	-0.0601	4.0709	-0.0610	6.1506	-0.0615	8.2305	- 0.0618	10.3105
り	10°	-0.0621	0.9333	- 0.0701	1.9702	- 0.0743	4.0489	- 0.0757	6.1285	- 0.0764	8.2083	- 0.0769	10.2882
(C)	12°	-0.0708	0.9136	-0.0821	1.9489	- 0.0881	4.0269	-0.0902	6.1064	-0.0912	8.1861	-0.0918	10.2659
歯元	14°	- 0.0785	0.8946	- 0.0935	1.9279	-0.1016	4.0051	-0.1044	6.0843	- 0.1058	8.1639	-0.1066	10.2437
	16°	-0.0852	0.8763	-0.1043	1.9071	-0.1148	3.9834	- 0.1184	6.0623	-0.1202	8.1418	-0.1213	10.2215
	18°	- 0.0909	0.8587	- 0.1145	1.8867	- 0.1276	3.9618	- 0.1322	6.0404	- 0.1345	8.1197	- 0.1359	10.1994

第7表 0_2 歯車の歯形 $\begin{pmatrix} R_2 = 1.04i \\ \alpha_0 = 30^\circ, 25^\circ \end{pmatrix}$

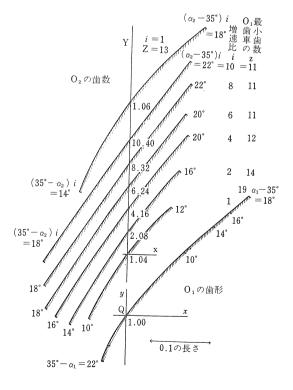
かみ	$(\alpha_2-30^\circ)i$	i=	=1	i=	=2	(95%):	$i=$	1
みあい	$(\alpha_2-30)i$	X	Y	X	Y	$(\alpha_2-25^\circ)i$	X	Y
	2°	0.0061	1.0501	0.0058	2.0899	2°	0.0038	1.0478
遠	4°	0.0131	1.0609	0.0121	2.1001	4°	0.0084	1.0565
	6°	0.0211	1.0724	0.0189	2.1108	6°	0.0139	1.0660
0	8°	0.0303	1.0845	0.0262	2.1218	8°	0.0204	1.0764
ŧ	10°	0.0405	1.0971	0.0340	2.1331	10°	0.0279	1.0874
2	12°	0.0519	1.1102	0.0423	2.1448	12°	0.0364	1.0992
(歯先)	14°	0.0645	1.1238	0.0511	2.1567	14°	0.0461	1.1115
20	16°	0.0784	1.1376	0.0605	2.1690		_	
	18°	0.0935	1.1517	0.0705	2.1815	_	_	_
	$ (30^{\circ}-\alpha_2)i $	X	Y	X	Y	$(25^{\circ}-\alpha_2)i$	X	Y
	2°	- 0.0119	1.0185	-0.0122	2.0584	2°	- 0.0089	1.0199
近	4°	-0.0225	0.9977	-0.0238	2.0371	4°	-0.0167	1.0005
寄	6°	- 0.0319	0.9775	-0.0347	2.0161	6°	-0.0235	0.9821
b	8°	- 0.0402	0.9580	- 0.0451	1.9954	, 8°	-0.0292	0.9645
協	10°	- 0.0474	0.9393	-0.0548	1.9750	10°	- 0.0340	0.9479
(歯元)	12°	- 0.0536	0.9215	- 0.0639	1.9550	12°	- 0.0379	0.9322
	14°	- 0.0588	0.9044	-0.0724	1.9354	14°	- 0.0410	0.9175

第8表 0_2 歯車の歯形 $(R_2=1.06i)$

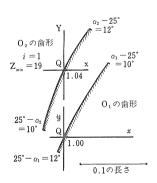
かみ	(α ₂ -	i=1		(α ₂ -	i=1	
あい	35°) <i>i</i>	X	Y	30°) <i>i</i>	. X	Y
	2°	0.0089	1.0722	2°	0.0062	1.0703
	4°	0.0188	1.0849	4°	0.0133	1.0813
遠	6°	0.0299	1.0981	6°	0.0215	1.0930
0	8°	0.0422	1.1117	8°	0.0308	1.1053
35	10°	0.0557	1.1257	10°	0.0413	1.1182
き(歯先)	12°	0.0704	1.1399	12°	0.0529	1.1316
光	14°	0.0864	1.1543	14°	0.0658	1.1454
	16°	0.1037	1.1689	16°	0.0799	1.1595
	18°	0.1223	1.1834	18°	0.0953	1.1738
	(35°- α ₂)i	X	Y	$(30^{\circ} - \alpha_2)i$	X	Y
	2°	-0.0153	1.0373	2°	-0.0121	1.0381
近	4°	- 0.0292	1.0150	4°	- 0.0230	1.0169
寄	6°	- 0.0418	0.9932	6°	- 0.0326	0.9963
h	8°	- 0.0532	0.9719	8°	-0.0410	0.9765
り(歯元)	10°	- 0.0633	0.9512	10°	- 0.0483	0.9574
	12°	-0.0722	0.9311	12°	- 0.0546	0.9392
	14°	- 0.0800	0.9118	14°	- 0.0599	0.9218



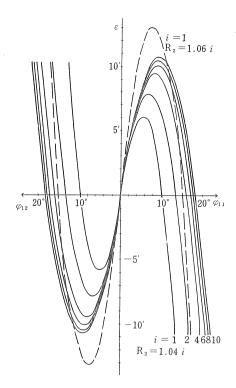
第8図 歯形 $\begin{pmatrix} R_2 = 1.04i, 1.06i \\ \alpha_0 = 30^{\circ} \end{pmatrix}$



第7図 歯形 $\begin{pmatrix} R_2 = 1.04i, 1.60i \\ \alpha_0 = 35^{\circ} \end{pmatrix}$



第9図 歯形 $\begin{pmatrix} R_2 = 1.04i \\ \alpha_0 = 25^\circ \end{pmatrix}$



第10図 回転角伝達誤差 (R₂=1.04i, 1.06i)

- (1) 0_1 歯車の歯形は α_0 , α_1 に関して変化し $R_2 = kiR_1$ のk 及i の値には影響なく,同じ歯形である.ただし同じ α_0 に対してk 又はi が大きくなると 0_1 の歯形の嚙合範囲は長くなり,従って 0_2 の歯形も大きくなる.
- (2) α_1,α_2 は 2° おきにとった. 第 3 図の $\varphi_{11}=\alpha_1-35^\circ$, $\varphi_{21}=35^\circ-\alpha_2$ は 0_1 , 0_2 歯車の近寄り側の回転角; $\varphi_{12}=35^\circ-\alpha_1$, $\varphi_{22}=\alpha_2-35^\circ$ は 0_1 , 0_2 の遠のき側の回転角である.又図のその部分に 示した角度は,嚙合限界点における 0_1 歯車の回転角に相当する. (ただし 2° の中間の場合は切上げて 2° にしてある) 図 4, 5, 7, 8 も同様である.
- (3) 回転角誤差曲線は $R_2 = kiR_1$ の k 及 i の値によって変化し、 α_0 には影響ない。 又近寄り側と遠のき側では正負が逆(すすみおくれが逆)になるのみで曲線

は点 Q に対して対称である。第 6, 9 図に示すように k Q i が大きくなる程曲線は広がってくる。

- (4) k=1 の場合, すなわち $R_2=iR_1$ の時は回転角誤差は近寄り側では正のみで回転と共に大きくなり, 遠のき側では負のみで次第に小さくなる. 従って次の歯との誤差曲線に段差ができ, 回転が円滑でなくなる.
- (5) 回転角誤差曲線が次の歯の曲線と無理なく繋がるという条件で最小歯数を求め各図に記入した。 R_2 = 1.02iの場合には曲線の波が小さいために最小歯数が多くなった.又 α_0 =35°,30°,25°ではk及iが同じ値なら誤差曲線は同じになるので最小歯数も変らない.

(6) $\alpha_0 = 35^\circ$, 30°, 25° の場合, 遠のき側接触点の軌跡

- は 0_10_2 とそれぞれ θ_{02} = 67.5° , 72.5° , 77.5° をなくしており従って 0_1 歯車の遠のき側回転角の限界はそれぞ φ_{12} = 22.5° , 17.5° , 12.5° となる. k 及 i の値が大きくなると誤差曲線は広がってくるので最小歯数も少くなるが φ_{12} との関係から制限を受ける. R_2 = $1.04iR_1$ では; α_0 = 35° (φ_{12} = 22.5°) の場合はこの影響が全然なく,従って i=1~10 までよく; α_0 = 30° (φ_{22} = 17.5°) では i=1, 2 の場合のみが; α_0 = 25° (φ_{12} = 12.5°) では i=1 の場合のみが実用になる、又 R_2 = $1.06iR_1$ では α_0 = 35° , 30° の場合とも i=1 だけが可能であり, α_0 = 25° では全く実用にならない.
- (7) ここに計算した歯形は R_1 =1 の場合であるが, R_1 をいくらにとっても R_2 = kiR_1 から R_2 を決めれば 此れらの関係は同様に成立つ.ただここでは一歯の嚙 合中に摩擦角 λ は一定であるとした.又片歯面の計算 のみを行ったが反対側の歯形も同じ値となる.ただし 駆動,従動が逆になった場合は当然トルク比一定の条件はなくなる.

4. 結 言

(1) トルク比一定の条件で接触点の軌跡を直線とした場合の1 部として摩擦角 λ =12.5°, R_1 =1, R_2 = kiR_1 で定数k, 増速比iを変えた場合の歯形及回転角伝達誤差を接線極座標を使って計算した。これらの条件の中で実用になると思われるものを \bigcirc 印で,ならないと思われるものを \times 印で示すと次のようになる.

·	<i>i</i>			α 0		R_{2}		α_0		R_{2}		α ο
<i>\\</i>	1.02 <i>i</i>	1.04i	1.06i	35°	1.02i	1.04i	1.06i	30°	1.02i	1.04i	1.06i	25°
1	0	0	0	0 ~ 1 = 42.5°	0	0	0	θ ₀₁ = 47.5°	0	0	×	θ ₀₁ =52.5°
2	0	0	×	$\theta_{0.2} = 67.5^{\circ}$	0	0	×	θ _{0.2} =72.5°	0	×	X	θ _{0.2} =77.5°
4	0	0	×	P ₁₂ max.	0	×	X	φ_{12max} .	0	×	×	P12max.
6	0	0	×	=22.5°	0	×	X	=17.5°	0	×	×	=12.5°
8	0	0	×	22.0	0	×	×	1.10	0	×	X	12.0
10	0	0	×		0	×	×		10	×	×	

- (2) 0_1 歯車の歯形は k 及 i には関係なく, α 。(点 Q に おける歯形の 0_10_2 に対する傾き角)の みに 影響する. 又 0_2 歯車の歯形は k, i 及 α 。のそれぞれに影響する.
- (3) 回転角伝達誤差曲線は α 。には関係なく k 及 i に影響し、これが大きくなる程曲線は広がってくる。(波長及振巾が大きくなる)
- (4) 最小歯数は誤差曲線が無理なく連続するという条件できめた。従って曲線が広がる程(k,i が大きい程)少くなるが遠のき側の最大回転角、 $\alpha_0=35^\circ$ 、 30° 、 25° で $\varphi_{12max}=22.5^\circ$ 、 $,17.5^\circ$ 、 12.5° から制限を受け、これらの相関々係から最小歯数は制限される。
- (5) $\alpha_0=35^\circ$, 30° , 25° になるにつれて遠のき側接触点の軌跡は 0_10_2 と $\theta_{02}=67.5^\circ$, 72.5° , 77.5° となり次第に 0_1 歯車の歯元, 0_2 歯車の歯先が少くなり, 嚙合範囲が少くなるので最小歯数を少くとりにくくなる. 遠のき側については α_0 を小さくしても 0_1 の歯元, 0_2 の歯先が少くならないようなものととし, φ_{12max} . を更に大きくとれるような歯形なら, k を大きくとれば最小歯数はなお少くなるものと思われる.

これらの結果がトルク変動を特に小さく押えたい場合 の歯形設計の参考になれば幸いである. 終りに本研究に当りいろいろと御示唆を頂いた本学藤 井工学部長,東北大学酒井教授,槌川助教授及計算をお 手伝い頂いた本学松本順子氏らの名を記して謝意を表す る。

参考文献

- (1) 酒井高男・東谷宗郎:歯面間の摩擦に起因する歯車機構のトルク比変動、日本機械学会仙台地方講演会前刷 (1962.11)
- (2) 鎌本博夫: 伝達トルク比一定の時計歯車の研究, 精密機械, 30巻5号 (1964) 385-393
- (3) 久野精市郎:トルク比一定の歯車に関する研究(第1報),愛知工業大学研究報告第2号(1966)135-140
- (4) 酒井高男・森田信義:トルク比一定の歯車に関する 研究 (第1報歯形論), 精機学会東北支部講演会前刷 (1967.3)
- (5) 久野精市郎:トルク比一定の歯車に関する研究(第4報歯形論), 精機学会日本機械学会共催北陸信越支部講演会前刷(1967.10)
- (6) 久野精市郎:トルク比一定の歯車に関する研究(第 3報直線軌跡の場合),精機学会日本機械学会共催北 陸信越支部講演会前刷 (1967.10)