

複合遊星歯車装置の速比と効率の計算式

第3報 2ケの複式外歯車遊星歯車装置の組合わせからなる
複合遊星歯車装置

両角宗晴*

(昭和58年10月4日受理)

On the Speed-Ratio and the Efficiency Formulas for the Combined Planetary Gear Systems

(3rd Report, Combined Planetary Gear Systems Composed of a
Pair of Planetary Train with Compound Planets)

Muneharu MOROZUMI

The combined-planetary-gear transmission was subjected to an analysis with a view to deriving formulas for speed ratio and efficiency. The analysis has revealed that the circulating power in the transmission flows through the branch control circuit into the differential, thus leading to a successful formulation. The efficiency formulas obtained require as parameters only two quantities, the number of teeth and the efficiency of stationary gear trains.

1 緒 言

遊星歯車装置では、1個の基本軸を固定して残りの2本の基本軸の間で入力と出力の受け渡しをするが、これとは別に、遊星歯車機構の3個の基本軸のどれもが固定されずに1個の基本軸と他の2個の基本軸の間で入力と出力の受け渡しをするものを差動歯車装置と呼び、別名開路式遊星歯車装置と呼ばれる。これに対し、遊星歯車装置の2個の基本軸をなんらかの方法で機械的に結合してその2個の基本軸の動きが互に拘束され、これと残りの基本軸との間で入力と出力の受け渡しをするものを閉路式遊星歯車装置と呼ぶ。これも1種の差動歯車装置である。2個の単純遊星歯車機構を結合して複合遊星歯車装置を作る場合に、それぞれのキャリアをいずれも連結軸としないで、どちらかのキャリアを固定させると、いわゆる閉路式遊星歯車装置となる。2個の内歯車式単純遊星歯車装置の組合わせからなる閉路式遊星歯車装置の速比と効率の計算式¹⁾および内歯車式単純遊星歯車装置と複式外歯車遊星歯車装置の組合わせからなる閉路式遊星歯車装置の速比と効率の計算式^{2,3)}はすでに筆者により与えられている。本論文においては2組の複式外歯車遊星歯車

* 精密工学教室 教授

装置の組合わせからなる閉路式遊星歯車装置の速比と効率の計算式を求めた。

2 複合遊星歯車機構における動力の循環と効率計算式の誘導

2.1 $Z_A > Z_C$, $Z_{A'} > Z_{C'}$ の場合

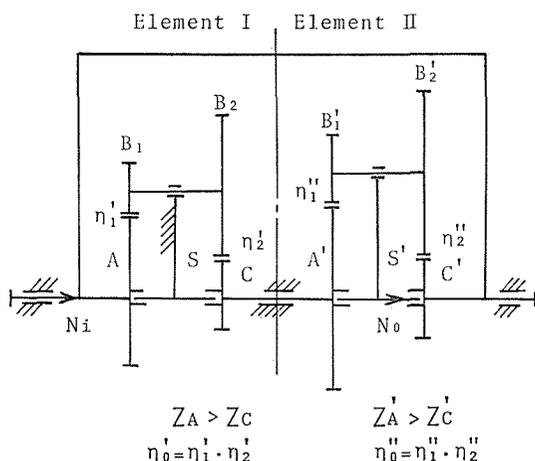


図1に示すごとく、複式外歯車遊星歯車装置Ⅰ（要素Ⅰと呼ぶ）と複式外歯車遊星歯車装置Ⅱ（要素Ⅱと呼ぶ）を連結して複合遊星歯車装置を作るのに、太陽外歯車AとC'を連結し、太陽外歯車CとA'を連結し、要素ⅠのキャリアSを固定して、基本軸Aを入力軸とし、要素ⅡのキャリアS'を出力軸とすると、動力が循環することについて考えてみる。要素ⅠとⅡを切り離れたときの要素ⅠのキャリアSの角速度 ω_S と、要素ⅡのキャリアS'の角速度 $\omega_{S'}$ はそれぞれ

Fig.1 Combined Planetary Gear with Power Circulation

$$\omega_S = \frac{Z_A Z_{B_2} \omega_A - Z_C Z_{B_1} \omega_C}{Z_A Z_{B_2} - Z_C Z_{B_1}}, \quad (1)$$

$$\omega_{S'} = \frac{Z_{A'} Z_{B_2'} \omega_{A'} - Z_{C'} Z_{B_1'} \omega_{C'}}{Z_{A'} Z_{B_2'} - Z_{C'} Z_{B_1'}} \quad (2)$$

によって表わされる。ただし Z_A , Z_C , Z_{B_1} , Z_{B_2} , $Z_{A'}$, $Z_{C'}$, $Z_{B_1'}$, $Z_{B_2'}$ はそれぞれ歯車A, C, B_1 , B_2 , A' , C' , B_1' , B_2' の歯数。 ω_A , ω_C , $\omega_{A'}$, $\omega_{C'}$, ω_S , $\omega_{S'}$ はそれぞれ歯車A, C, A' , C' , キャリヤS, S'の角速度とする。図1のように要素ⅠとⅡを連結すると、 $\omega_A = \omega_{C'}$, $\omega_C = \omega_{A'}$ となり、 $\omega_S = 0$ とすると式(1)より

$$\omega_C = \frac{Z_A Z_{B_2}}{Z_C Z_{B_1}} \omega_A \quad (3)$$

を得る。これを式(2)に代入して

$$\omega_{S'} = \frac{Z_A Z_{B_2} Z_{A'} Z_{B_2'} - Z_C Z_{B_1} Z_{C'} Z_{B_1'}}{Z_C Z_{B_1} (Z_{A'} Z_{B_2'} - Z_{C'} Z_{B_1'})} \omega_A \quad (4)$$

を得る。これより速比 u は

$$u = \frac{\omega_{S'}}{\omega_A} = \frac{Z_A Z_{B_2} Z_{A'} Z_{B_2'} - Z_C Z_{B_1} Z_{C'} Z_{B_1'}}{Z_C Z_{B_1} (Z_{A'} Z_{B_2'} - Z_{C'} Z_{B_1'})} \quad (5)$$

で表わされる。この場合要素Ⅱは歯車 A' と C' が入力軸で、キャリア S' が出力軸の差動歯車機構である。そこでこの差動歯車機構をつぎのごとき2つの成分の遊星歯車装置に分けて考える。すなわち歯車 A' を固定し、歯車 C' のみの回転によって、キャリア S' に ω_{S1}' の角速度と、出力 N_{01} を伝達する第1成分遊星歯車装置と、歯車 C' を固定し、歯車 A' のみの回転によって、キャリア S' に ω_{S2}' の角速度と N_{02} の出力を伝達する第2成分遊星歯車装置からなると考える。いまキャリア S' への全出力を N_o 、出力トルクを T_o とすると

$$N_o = T_o \omega_{S'} = T_o (\omega_{S1}' + \omega_{S2}') = N_{01} + N_{02}$$

が成立する。これより

$$T_o = \frac{N_o}{\omega_{S'}} = \frac{N_{01}}{\omega_{S1}'} = \frac{N_{02}}{\omega_{S2}'}$$

を得る。これより

$$N_{01} = \frac{\omega_{S1}'}{\omega_{S'}} N_o, \quad (6)$$

$$N_{02} = \frac{\omega_{S2}'}{\omega_{S'}} N_o \quad (7)$$

を得る。

第1成分遊星歯車装置

この第1成分では、歯車 A' を固定するから、式(2)において $\omega_{A'} = 0$ とおき

$$\omega_{S1}' = -\frac{Z_C' Z_{B1}'}{Z_A' Z_{B2}' - Z_C' Z_{B1}'} \omega_A \quad (8)$$

を得る。式(6)に式(4)と(8)を代入して

$$N_{01} = -\frac{Z_C Z_{B1} Z_C' Z_{B1}'}{Z_A Z_{B2} Z_A' Z_{B2}' - Z_C Z_{B1} Z_C' Z_{B1}'} N_o \quad (9)$$

を得る。

第2成分遊星歯車装置

この第2成分では、歯車 C' を固定するから、式(2)において $\omega_{C'} = 0$ とおいて

$$\omega_{S2}' = \frac{Z_A Z_{B2} Z_A' Z_{B2}'}{Z_C Z_{B1} (Z_A' Z_{B2}' - Z_C' Z_{B1}')} \omega_A \quad (10)$$

を得る。式(7)に式(4)と(10)を代入して

$$N_{02} = \frac{Z_A Z_{B2} Z_A' Z_{B2}'}{Z_A Z_{B2} Z_A' Z_{B2}' - Z_C Z_{B1} Z_C' Z_{B1}'} N_o \quad (11)$$

を得る. 式(9)と(11)より

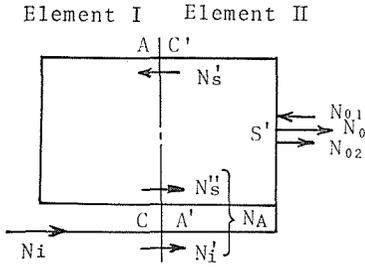


Fig.2 Power Circulation

$$\frac{N_{02}}{N_{01}} = -\frac{Z_A Z_{B2} Z_A' Z_{B2}'}{Z_C Z_{B1} Z_C' Z_{B1}'} < 0$$

を得る. 従ってこの機構は図2に示すごとく, 動力が循環する. そして歯車Aからの入力を N_i , キャリヤ S' からの出力を N_o とすれば, 装置の効率 η は

$$\eta = N_o/N_i \quad (12)$$

から計算される. そして次式が成立する.

$$N_A = N_i' + N_{S''} = \eta_1 N_i + N_{S''}, \quad (13)$$

$$N_{02} = \eta_2 N_A, \quad (14)$$

$$N_{S''} = \eta_1 N_{S'} = \eta_1 \eta_3 (-N_{01}). \quad (15)$$

故に

$$N_i = \frac{N_{02}}{\eta_1 \eta_2} - \eta_3 (-N_{01}) \quad (16)$$

を得る. ここで η_1 は要素IでSを固定して, 歯車Aを入力軸, 歯車Cを出力軸としたときの効率で

$$\eta_1 = \eta_0 \quad (17)$$

によって表わされる. ただし要素Iで歯車Aと B_1 との嚙合効率を η_1' , 歯車Cと B_2 との嚙合効率を η_2' とすると, キャリヤSを固定したときの要素Iの基準効率 η_0' は $\eta_0' = \eta_1' \cdot \eta_2'$ から計算される. なお要素IIで歯車 A' と B_1' との嚙合効率を η_1'' , 歯車 C' と B_2' との嚙合効率を η_2'' とすると, キャリヤ S' を固定したときの要素IIの基準効率 η_0'' は $\eta_0'' = \eta_1'' \cdot \eta_2''$ から計算される. そして $\eta_0' = \eta_0'' = \eta_0$ において計算をすすめることにする. さて η_2 は要素IIで C' を固定し, 歯車 A' を入力軸, キャリヤ S' を出力軸としたときの効率で

$$\eta_2 = \frac{\eta_0 Z_A' Z_{B2}' - Z_C' Z_{B1}'^4}{\eta_0 (Z_A' Z_{B2}' - Z_C' Z_{B1}')} \quad (18)$$

により計算される. また η_3 は要素IIで A' を固定し, キャリヤ S' を入力軸, 歯車 C' を出力軸としたときの効率で

$$\eta_3 = \frac{\eta_0 (Z_A' Z_{B2}' - Z_C' Z_{B1}')^4}{Z_A' Z_{B2}' - \eta_0 Z_C' Z_{B1}'} \quad (19)$$

により計算される. 式(16)に式(9), (11), (17), (18), (19)を代入すれば

$$N_i = \frac{(Z_A'Z_{B2}' - Z_C'Z_{B1}')\{(Z_A'Z_{B2}' - \eta_0 Z_C'Z_{B1}')Z_A Z_{B2} Z_A' Z_{B2}' - (\eta_0 Z_A'Z_{B2}' - Z_C'Z_{B1}')Z_A'Z_{B2}' - \eta_0 Z_C'Z_{B1}'\}}{\eta_0(\eta_0 Z_A'Z_{B2}' - Z_C'Z_{B1}')Z_C Z_{B1} Z_C' Z_{B1}'} N_o$$

を得る。

したがって装置全体の効率 η は

$$\eta = \frac{(\eta_0 Z_A'Z_{B2}' - Z_C'Z_{B1}')\{(Z_A'Z_{B2}' - \eta_0 Z_C'Z_{B1}')Z_A Z_{B2} Z_A' Z_{B2}' - (\eta_0 Z_A'Z_{B2}' - Z_C'Z_{B1}')Z_A'Z_{B2}' - \eta_0 Z_C'Z_{B1}'\}}{(Z_A'Z_{B2}' - Z_C'Z_{B1}')\{(Z_A'Z_{B2}' - \eta_0 Z_C'Z_{B1}')Z_A Z_{B2} Z_A' Z_{B2}' - (\eta_0 Z_A'Z_{B2}' - Z_C'Z_{B1}')Z_A'Z_{B2}' - \eta_0 Z_C'Z_{B1}'\}} \quad (20)$$

によって計算される。

つぎに図1において、キャリア S を固定して、要素IIの S' 軸を入力軸とし、要素Iの A を出力軸とするときの効率 η を求める。この場合の速比 u は式(4)から

$$u = \frac{\omega_A}{\omega_S} = \frac{Z_C Z_{B1} (Z_A Z_{B2}' - Z_C' Z_{B1}')}{Z_A Z_{B2} Z_A' Z_{B2}' - Z_C Z_{B1} Z_C' Z_{B1}'} \quad (21)$$

で表わされる。この場合要素IIはキャリア S' が入力軸で歯車 A' と C' が出力軸の差動歯車機構である。そこでこの差動歯車機構をつぎのごとき2つの成分の遊星歯車装置に分けて考える。すなわち歯車 A' を固定し、キャリア S' から歯車 C' に流れる動力を考え、このときの S' の角速度を ω_{S1}' 、入力を N_{i1} とする第1成分遊星歯車装置と、歯車 C' を固定し、キャリア S' から歯車 A' に流れる動力を考え、このときの S' の角速度を ω_{S2}' 、入力を N_{i2} とする第2成分遊星歯車装置に分けて考える。いまキャリア S' からの入力を N_i 、入力トルクを T_i とすると

$$N_i = T_i \omega_{S'} = T_i (\omega_{S1}' + \omega_{S2}') = N_{i1} + N_{i2}$$

が成立する。これより

$$T_i = \frac{N_i}{\omega_{S'}} = \frac{N_{i1}}{\omega_{S1}'} = \frac{N_{i2}}{\omega_{S2}'}$$

を得る。これより

$$N_{i1} = \frac{\omega_{S1}'}{\omega_S} N_i, \quad (22)$$

$$N_{i2} = \frac{\omega_{S2}'}{\omega_S} N_i \quad (23)$$

を得る。

第1成分遊星歯車装置

この第1成分遊星歯車装置では、歯車 A' を固定するから、式(22)に式(2)と(8)を代入して

$$N_{i1} = -\frac{Z_C Z_{B1} Z_C' Z_{B1}'}{Z_A Z_{B2} Z_A' Z_{B2}' - Z_C Z_{B1} Z_C' Z_{B1}'} N_i \quad (24)$$

を得る。

第2成分遊星歯車装置

この第2成分では、歯車 C' を固定するから式(23)に式(2)と(10)を代入して

$$N_{i2} = \frac{Z_A Z_{B2} Z_A' Z_{B2}'}{Z_A Z_{B2} Z_A' Z_{B2}' - Z_C Z_{B1} Z_C' Z_{B1}'} N_i \quad (25)$$

を得る。式(24)と(25)より

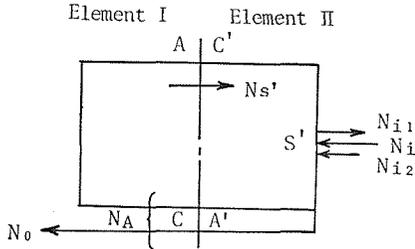
$$\frac{N_{i2}}{N_{i1}} = -\frac{Z_A Z_{B2} Z_A' Z_{B2}'}{Z_C Z_{B1} Z_C' Z_{B1}'} < 0$$

を得る。従ってこの機構は図3に示すごとく、動力が循環する。そして次式が成立する。

$$N_A = \eta_1 \eta_2 N_{i2}, \quad (26)$$

$$N_A = N_o + N_{S'}, \quad (27)$$

$$(-N_{i1}) = \eta_3 N_{S'}. \quad (28)$$



故に

Fig.3 Power Circulation

$$N_o = \eta_1 \eta_2 N_{i2} - \frac{(-N_{i1})}{\eta_3} \quad (29)$$

を得る。ここで η_1 は式(17)から求められる。 η_2 は要素IIで C' を固定し、キャリア S' を入力軸とし、歯車 A' を出力軸としたときの効率で

$$\eta_2 = \frac{(Z_A' Z_{B2}' - Z_C' Z_{B1}')^4}{Z_A' Z_{B2}' - \eta_0 Z_C' Z_{B1}'} \quad (30)$$

により計算される。また η_3 は要素IIで A' を固定し、歯車 C' を入力軸、キャリア S' を出力軸としたときの効率で

$$\eta_3 = \frac{\eta_0 Z_A' Z_{B2}' - Z_C' Z_{B1}'}{Z_A' Z_{B2}' - Z_C' Z_{B1}'} \quad (31)$$

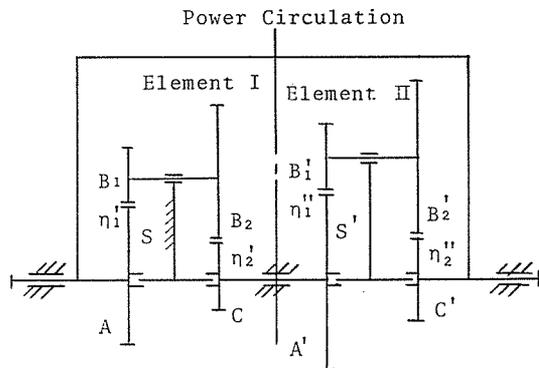
により計算される。式(29)に式(24), (25), (17), (30), (31)を代入すれば

Table 1 Speed-Ratio and Efficiency Formulas for Combined Planetary Gears with Power Circulation

Combination

A — C'
C — A'

$$\begin{aligned} n_0' &= n_1' \cdot n_2', n_0'' = n_1'' \cdot n_2'' \\ n_0' &= n_0'' (= n_0) \end{aligned}$$



$$Z_A > Z_C$$

$$Z_A' > Z_C'$$

$$i_1 = Z_A Z_{B2}$$

$$i_1 > i_2$$

$$i_2 = Z_C Z_{B1}$$

$$i_3 > i_4$$

$$i_3 = Z_A' Z_{B2'}$$

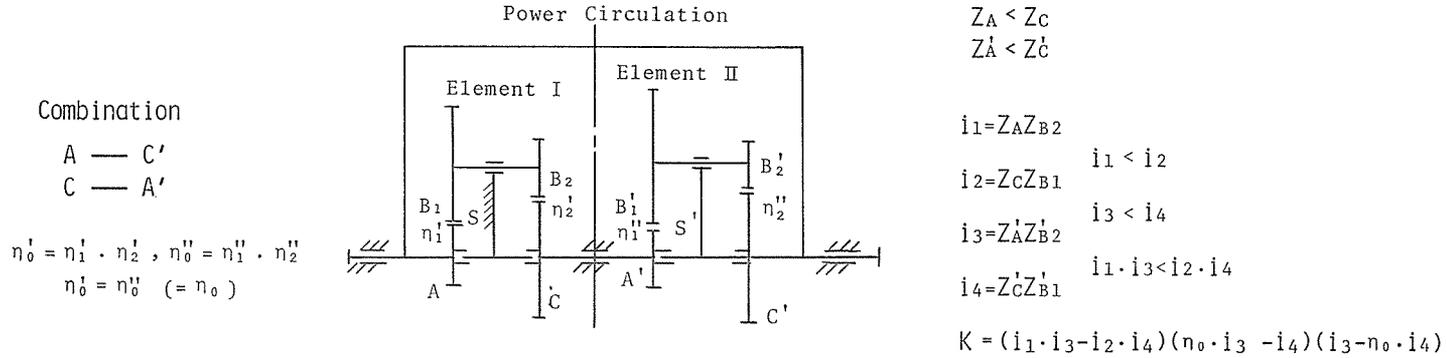
$$i_1 \cdot i_3 > i_2 \cdot i_4$$

$$i_4 = Z_C' Z_{B1'}$$

$$K = (i_1 \cdot i_3 - i_2 \cdot i_4)(n_0 \cdot i_3 - i_4)(i_3 - n_0 \cdot i_4)$$

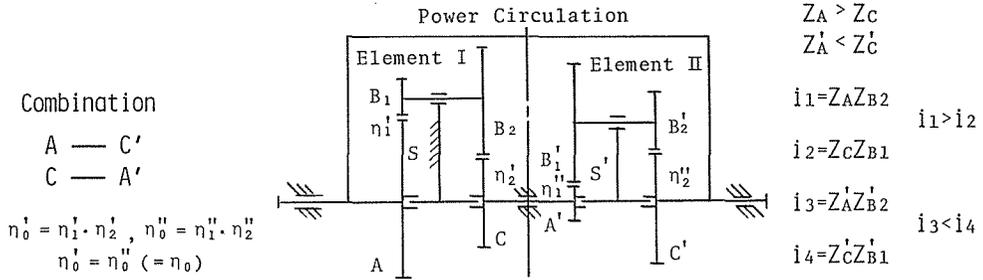
Driver	Follower	Fixed	Speed Ratio	Efficiency of Combined Planetary Gears
A	S'	S	$u = \frac{\omega_{S'}}{\omega_A} = \frac{i_1 \cdot i_3 - i_2 \cdot i_4}{(i_3 - i_4) i_2}$	$\eta_r = \frac{K}{(i_3 - i_4) \{ (i_3 - n_0 \cdot i_4) i_1 \cdot i_3 - n_0 (n_0 \cdot i_3 - i_4) i_2 \cdot i_4 \}}$
C	S'	S	$u = \frac{\omega_{S'}}{\omega_C} = \frac{i_1 \cdot i_3 - i_2 \cdot i_4}{(i_3 - i_4) i_1}$	$\eta_r = \frac{\eta_r}{n_0}$
S'	A	S	$u = \frac{\omega_A}{\omega_{S'}} = \frac{(i_3 - i_4) i_2}{i_1 \cdot i_3 - i_2 \cdot i_4}$	$\eta_r = \frac{(i_3 - i_4) \{ n_0 (n_0 \cdot i_3 - i_4) i_1 \cdot i_3 - (i_3 - n_0 \cdot i_4) i_2 \cdot i_4 \}}{K}$
S'	C	S	$u = \frac{\omega_C}{\omega_{S'}} = \frac{(i_3 - i_4) i_1}{i_1 \cdot i_3 - i_2 \cdot i_4}$	$\eta_r = \frac{\eta_r}{n_0}$

Table 2 Speed-Ratio and Efficiency Formulas for Combined Planetary Gears with Power Circulation



Driver	Follower	Fixed	Speed Ratio	Efficiency of Combined Planetary Gears
A	S'	S	$U = \frac{\omega_{S'}}{\omega_A} = \frac{i_1 \cdot i_3 - i_2 \cdot i_4}{(i_3 - i_4) i_2}$	$\eta_m' = \frac{\eta_m}{\eta_0}$
C	S'	S	$U = \frac{\omega_{S'}}{\omega_C} = \frac{i_1 \cdot i_3 - i_2 \cdot i_4}{(i_3 - i_4) i_1}$	$\eta_m = \frac{K}{(i_4 - i_3) \{ n_0 (n_0 \cdot i_4 - i_3) i_1 \cdot i_3 - (i_4 - n_0 \cdot i_3) i_2 \cdot i_4 \}}$
S'	A	S	$U = \frac{\omega_A}{\omega_{S'}} = \frac{(i_3 - i_4) i_2}{i_1 \cdot i_3 - i_2 \cdot i_4}$	$\eta_{IV}' = \frac{\eta_{IV}}{\eta_0}$
S'	C	S	$U = \frac{\omega_C}{\omega_{S'}} = \frac{(i_3 - i_4) i_1}{i_1 \cdot i_3 - i_2 \cdot i_4}$	$\eta_{IV} = \frac{(i_4 - i_3) \{ (i_4 - n_0 \cdot i_3) i_1 \cdot i_3 - n_0 (n_0 \cdot i_4 - i_3) i_2 \cdot i_4 \}}{K}$

Table 3 Speed-Ratio and Efficiency Formulas for Combined Planetary Gears with Power Circulation



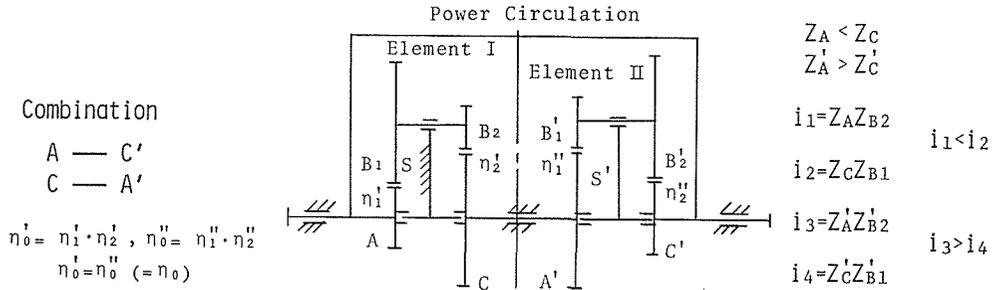
i) $i_1 \cdot i_3 > i_2 \cdot i_4$

Driver	Follower	Fixed	Speed Ratio	Efficiency of Combined Planetary Gears
A	S'	S	$U = \frac{\omega_{S'} i_1 \cdot i_3 - i_2 \cdot i_4}{\omega_A (i_3 - i_4) i_2}$	$\eta_{VI}' = \frac{\eta_0}{\eta_{IV}}$
C	S'	S	$U = \frac{\omega_{S'} i_1 \cdot i_3 - i_2 \cdot i_4}{\omega_C (i_3 - i_4) i_1}$	$\eta_{VI} = \frac{1}{\eta_{IV}}$
S'	A	S	$U = \frac{\omega_A (i_3 - i_4) i_2}{\omega_{S'} i_1 \cdot i_3 - i_2 \cdot i_4}$	$\eta_{VII}' = \frac{\eta_0}{\eta_{III}}$
S'	C	S	$U = \frac{\omega_C (i_3 - i_4) i_1}{\omega_{S'} i_1 \cdot i_3 - i_2 \cdot i_4}$	$\eta_{VII} = \frac{1}{\eta_{III}}$

ii) $i_1 \cdot i_3 < i_2 \cdot i_4$

Driver	Follower	Fixed	Speed Ratio	Efficiency of Combined Planetary Gears
A	S'	S	$U = \frac{\omega_{S'} i_1 \cdot i_3 - i_2 \cdot i_4}{\omega_A (i_3 - i_4) i_2}$	$\eta_{VII}' = \eta_{II}'$
C	S'	S	$U = \frac{\omega_{S'} i_1 \cdot i_3 - i_2 \cdot i_4}{\omega_C (i_3 - i_4) i_1}$	$\eta_{VII} = \eta_{III}$
S'	A	S	$U = \frac{\omega_A (i_3 - i_4) i_2}{\omega_{S'} i_1 \cdot i_3 - i_2 \cdot i_4}$	$\eta_{VIII}' = \eta_{IV}'$
S'	C	S	$U = \frac{\omega_C (i_3 - i_4) i_1}{\omega_{S'} i_1 \cdot i_3 - i_2 \cdot i_4}$	$\eta_{VIII} = \eta_{IV}$

Table 4 Speed-Ratio and Efficiency Formulas for Combined Planetary Gears with Power Circulation



i) $i_1 \cdot i_3 > i_2 \cdot i_4$

Driver	Follower	Fixed	Speed Ratio	Efficiency of Combined Planetary Gears
A	S'	S	$U = \frac{\omega_{S'}}{\omega_A} = \frac{i_1 \cdot i_3 - i_2 \cdot i_4}{(i_3 - i_4) i_2}$	$\eta_{IX} = \eta_I$
C	S'	S	$U = \frac{\omega_{S'}}{\omega_C} = \frac{i_1 \cdot i_3 - i_2 \cdot i_4}{(i_3 - i_4) i_1}$	$\eta'_{IX} = \eta'_I$
S'	A	S	$U = \frac{\omega_A}{\omega_{S'}} = \frac{(i_3 - i_4) i_2}{i_1 \cdot i_3 - i_2 \cdot i_4}$	$\eta_X = \eta_{II}$
S'	C	S	$U = \frac{\omega_C}{\omega_{S'}} = \frac{(i_3 - i_4) i_1}{i_1 \cdot i_3 - i_2 \cdot i_4}$	$\eta'_X = \eta'_{II}$

ii) $i_1 \cdot i_3 < i_2 \cdot i_4$

Driver	Follower	Fixed	Speed Ratio	Efficiency of Combined Planetary Gears
A	S'	S	$U = \frac{\omega_{S'}}{\omega_A} = \frac{i_1 \cdot i_3 - i_2 \cdot i_4}{(i_3 - i_4) i_2}$	$\eta_{XI} = \frac{1}{\eta_{II}}$
C	S'	S	$U = \frac{\omega_{S'}}{\omega_C} = \frac{i_1 \cdot i_3 - i_2 \cdot i_4}{(i_3 - i_4) i_1}$	$\eta'_{XI} = \frac{n_0}{\eta_{II}}$
S'	A	S	$U = \frac{\omega_A}{\omega_{S'}} = \frac{(i_3 - i_4) i_2}{i_1 \cdot i_3 - i_2 \cdot i_4}$	$\eta_{XII} = \frac{1}{\eta_I}$
S'	C	S	$U = \frac{\omega_C}{\omega_{S'}} = \frac{(i_3 - i_4) i_1}{i_1 \cdot i_3 - i_2 \cdot i_4}$	$\eta'_{XII} = \frac{n_0}{\eta_I}$

$$N_o = \frac{(Z_A'Z_{B_2}' - Z_C'Z_{B_1}')\{\eta_0(\eta_0Z_A'Z_{B_2}' - Z_C'Z_{B_1}')Z_AZ_{B_2}Z_A'Z_{B_2}'\}}{(Z_AZ_{B_2}Z_A'Z_{B_2}' - Z_CZ_{B_1}Z_C'Z_{B_1}')\{Z_A'Z_{B_2}' - \eta_0Z_C'Z_{B_1}'\}} - \frac{(Z_A'Z_{B_2}' - \eta_0Z_C'Z_{B_1}')Z_CZ_{B_1}Z_C'Z_{B_1}'}{(\eta_0Z_A'Z_{B_2}' - Z_C'Z_{B_1}')} N_i$$

を得る。したがって装置全体の効率 η は

$$\eta = \frac{(Z_A'Z_{B_2}' - Z_C'Z_{B_1}')\{\eta_0(\eta_0Z_A'Z_{B_2}' - Z_C'Z_{B_1}')Z_AZ_{B_2}Z_A'Z_{B_2}'\}}{(Z_AZ_{B_2}Z_A'Z_{B_2}' - Z_CZ_{B_1}Z_C'Z_{B_1}')\{Z_A'Z_{B_2}' - \eta_0Z_C'Z_{B_1}'\}} - \frac{(Z_A'Z_{B_2}' - \eta_0Z_C'Z_{B_1}')Z_CZ_{B_1}Z_C'Z_{B_1}'}{(\eta_0Z_A'Z_{B_2}' - Z_C'Z_{B_1}')} \quad (32)$$

によって計算される。いま $Z_AZ_{B_2}=i_1$, $Z_CZ_{B_1}=i_2$, $Z_A'Z_{B_2}'=i_3$, $Z_C'Z_{B_1}'=i_4$ として式(5)と(20)を表1の一番上の欄に示し、式(21)と(32)を表1の上から三番目の欄に示す。他の場合についても同様の計算を行なって表1を得た。

2.2 $Z_A < Z_C$, $Z_A' < Z_C'$ の場合

表2に速比と効率を示す。

2.3 $Z_A > Z_C$, $Z_A' < Z_C'$ の場合

表3に速比と効率を示す。

2.4 $Z_A < Z_C$, $Z_A' > Z_C'$ の場合

表4に速比と効率を示す。

3 結 言

2組の複式外歯車遊星装置の組合わせからなる閉路式遊星歯車装置の速比と効率の計算式を導き、これらの表を作成した。そしてこれら計算式は、装置の歯車の歯数と基準効率を用いて直ちに計算することができる。なおこれらすべての場合に、動力が循環することを明らかにした。最後に本研究に助力された境久嘉君に感謝の意を表します。

文 献

- 1) 両角宗晴, 複合遊星歯車装置の速比と効率の計算式について, 第1報 2ケの内歯車式単純遊星歯車装置の組合わせからなる複合遊星歯車装置, 信州大学工学部紀要, 44号(昭53-7), p.133
- 2) 両角宗晴, 複合遊星歯車装置の速比と効率の計算式について, 第2報 内歯車式単純遊星歯車装置と複式外歯車遊星歯車装置の組合わせからなる複合遊星歯車装置, 信州大学工学部紀要, 53号(昭57-12), 1.
- 3) 両角宗晴, 複合遊星歯車装置の速比と効率の計算式について, 第2報(その2) 内歯車式単純遊星歯車装置と複式外歯車遊星歯車装置の組合わせからなる複合遊星歯車装置, 信州大学工学部紀要 54号(昭58-7), 31.
- 4) 両角宗晴, 遊星歯車機構の効率評価の簡単な分りよい方法について, 信州大学工学部紀要, 31号(昭46-12), 105.