|55|スピロイドギヤ

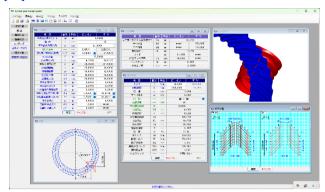


図 55.1 スピロイドギヤ

55.1 概要

スピロイドギヤは、一定リードのテーパピニオンが、かさ歯車形の大歯車にかみ合うもので歯数比は $10\sim300$ 程度までの広い範囲に使用され、かみ合い率は大きく ($\varepsilon>3$ 以上) ,すべり率は割合小さく,更に,歯の接触も組み立て誤差に鈍感であるためバックラッシも容易に調整可能です.また,ウォームギヤの場合,潤滑方向は,ウォームの回転方向と接触線方向が同じであるため抜け側の潤滑は厳しいですが,スピロイドギヤは,小歯車の回転方向と接触線が,ほぼ直角方向であることから潤滑には非常に有利です.このことから,歯車材料は,鋼歯車対としても使用が可能です.また,ウォームギヤは,ホイールの外側にウォームを配置しますが,スピロイドギヤは,大歯車の内側に小歯車を配置しますので歯車全体の容積を小さくすることができます.

本ソフトウェアで生成するスピロイドギヤの歯形は、理論歯形で生成しているため図 55.8~55.10 のような接触線を得ることができますが、Machine Design¹⁾では、スパイラルベベル盤で歯切り加工していて近似歯形であるため歯面の一部でのみ接触していることがわかります.

55.2 ソフトウェアの構成

ソフトウェアの構成を表 55.1 に示します。表中の \bigcirc は、基本ソフトウェアに含まれ、 \bigcirc はオプションです。

表 55.1 ソフトウェアの構成

No.	項目	掲載項	構成
1	基準ラックの設定	55.3	0
2	歯車諸元と寸法	55.4	0
3	組図	55.5	0
4	歯形計算	55.6	0
5	レンダリング	55.7	0
6	歯形修整	55.8	0
7	歯形データ出力	55.9	0
8	強度計算(鋼×鋼,鋼×Ni青銅)	55.10	0
9	接触解析	55.11	0
10	測定データ	55.12	0
11	HELP 機能	55.13	0
12	設計データ管理	55.14	0

55.3 プロパティ

基準ラックを図 55.2 で設定します. ここで基準ラックの□にチェックを入れると基準ラックの実寸法図を表示することができます. ここでは、並歯としたときの例を示します.



図 55.2 基準ラック

55.4 歯車諸元と寸法

図 55.3 では、モジュール、歯数を入力して[TAB]キーを押すと進み角から歯元 R まで標準値を表示します.ここでは、内端側歯幅と外端側歯幅を若干変更して歯車諸元を設定しています.そして、この歯車諸元では、図 55.4 のように、かみ合い率は ϵ_r =4.13 であることがわかります.

項目	記号	単位	ピニオン	ギヤ	
中央歯直角モジュール	mn	mm	3.50000		
歯 数	Z		1	45	
平均歯直角圧力角	α	deg	20.00000		
ねじれ方向			右ねじれ ∨	左ねじれ	
進み角/中央ねじれ角	γ/β	deg	5.00000	41.9997	
オフセット量	Е	mm	77.50000		
ピッチ円すい角	γ	deg	4.77303	83.0197	
中央基準円直径	d	mm	40.15800	211.9364	
内端側歯幅	bi	mm	25.00000	18.0000	
外端側歯幅	bo	mm	30.00000	12.0000	
凹面圧力角	α1	deg	10.00000	30.0000	
凸面圧力角	α2	deg	30.00000	10.0000	
中央歯末のたけ	ha	mm	3.50000	3.5000	
中央歯元のたけ	hf	mm	4.37500	4.3750	
中央歯直角円弧歯厚	sn	mm	5.40000	5.4000	
中央基準歯先円すい角	δa	deg	5.60400	84.89748	
中央基準歯底円すい角	δf	deg	3.73435	80.67310	
中央歯先R	ra	mm	0.50000	0.5000	
凹面中央歯元R	rf1	mm	1.20000	****	
凸面中央歯元R	rf2	mm	0.44000	****	

図 55.3 歯車諸元

項目	記号	単位	ピニオン	ギヤ
ギヤ中心から小歯車基準まで	Xm	mm	72.	2704
ギヤ外径	do2	mm	*****	235.9365
ギヤ内径	di2	mm	****	175.9365
有効歯たけ	h	mm	7.8750	
リード	L	mm	11.4598	*****
ビニオン基準角	σр	deg	43.0002	******
バックラッシ	jn	mm	0.1956	
かみ合い率	εγ		4.12926	

図 55.4 寸法結果

55.5 組図

図 55.5 の組図で全体のバランスがわかり、補助フォームで図の 拡大や距離計測をすることができます。また、図 55.6 に寸法記号を示します。なお、図中の水色線は、大歯車の歯幅中央の直径を示しています。

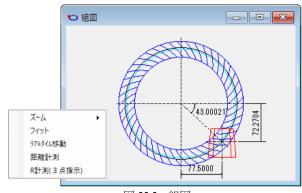


図 55.5 組図

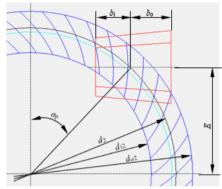


図 55.6 寸法記号

55.6 歯形計算

歯形計算では、図55.7のように歯面分割数を設定し、歯形を計算します.また、小歯車の歯形は、A形、N形、I形を選択することができますのでここではI形として計算を進めます.



図 55.7 歯形計算諸元

55.7 レンダリング

レンダリングと補助フォームを図 55.8 に示します.

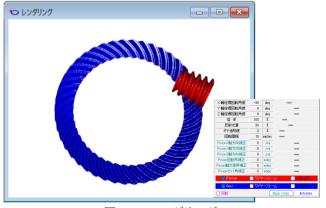


図 55.8 レンダリング

補助フォームで観察角度を変更してかみ合い接触線を確認すると図 55.9 のように同時接触線は 4 本であり図 55.10 では 5 本であることから図 55.3 のかみ合い率 ε =4.13 と一致します。また,大歯車凸面の接触線も図 55.11 のように 4 本(小歯車の回転角を変更すれば 5 本)を確認することができます。なお,この接触線の様子は,F.L. Litvin のスピロイドの論文 21 と一致しています。一方,スパイラルベベルギヤ盤で歯切りした歯形を基にした論文 31 では図 55.9 のような接触線とはならないため同時接触線 41 ~5 本という歯形は無理ということになります。

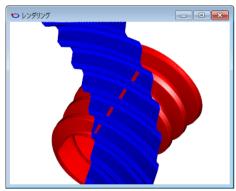


図55.9 かみ合い接触線4本(大歯車凹面)

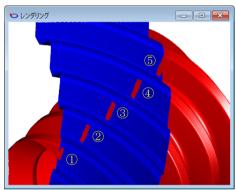


図 55.10 かみ合い接触線 5本(大歯車凹面)

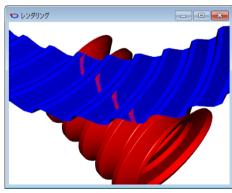


図 55.11 かみ合い接触線 4本 (大歯車凸面)

図 55.9~55.11 のように同時接触線が 4~5 本であれば負荷が分担されるため 1 歯に作用する負荷が軽減され、且つ、小歯車の回転方法と接触線の方向が、ほぼ直行していることから潤滑に対して非常に有利ということがわかります.

歯面修整することでレンダリング表示をすると図 55.12 のように接触の様子が変わっていることがわかります.

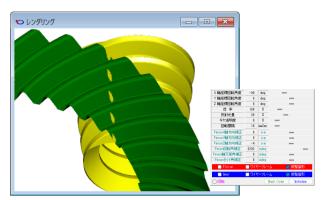


図 55.12 レンダリング (歯面修整)

55.8 歯面修整

歯先端部の端部接触を避けるため小歯車に歯先修整を施す場合, 図 55.13~55.16 のように設定することができ,大歯車も小歯車の 操作と同様,図 55.17 のように設定することができます.

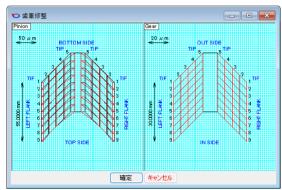


図 55.13 トポグラフ



図 55.14 歯形修整 (表示), 小歯車

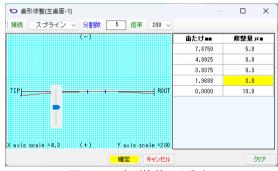


図 55.15 歯形修整, 小歯車



図 55.16 歯形修整 (簡易入力), 小歯車

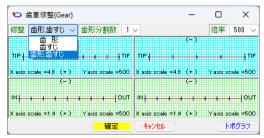


図 55.17 歯形・歯すじ修整 (表示), 大歯車

55.9 歯形データ出力

生成した歯形は、図 55.18 で出力することができます. 歯形作 図例を図 55.19 に示します.



図 55.18 歯形ファイル出力(修整歯形)

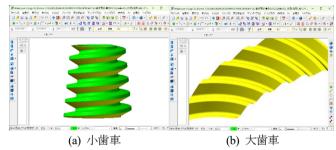


図 55.19 CAD 作図例

55.10 強度計算

強度計算は、Machine Design¹⁾ に基づいていますますが、本ソフトウェアではかみ合い率を考慮しています.. 強度計算は、図 55.20 のように小歯車のトルクと回転速度を入力し、図 55.21 で材料を選択することで強度結果を表示します.



図 55.20 強度計算



図 55.21 材料選択

55.11 接触解析 (オプション)

図 55.22 で接触解析の設定を行い[確定]すると生成した歯形を基にして伝達誤差解析、歯当たり(接触距離)や、すべり速度を計算します.そして、かみ合い接触を基にして全かみ合い率(接触解析では ϵ_V =4.15、図 55.4 では ϵ_V =4.13)を計算します.伝達誤差解析結果、フーリエ解析結果、ワウ&フラッタを図 55.23~55.25に示します.



図 55.22 接触解析設定

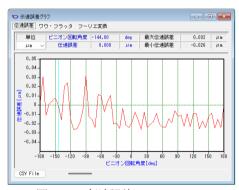


図 55.23 伝達誤差(TE=0.058µm)

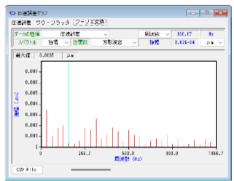


図 55.24 フーリエ解析

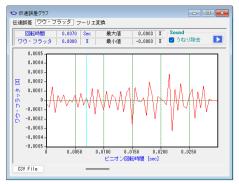


図 55.25 ワウ&フラッタ

歯当たり解析結果を図 55.26 に、すべり速度解析結果を図 55.27 に示します。また、接触距離のセル表示を図 55.28 および図 55.29 に、すべり速度の接触距離のセル表示を図 55.30 および図 55.31 に示します。

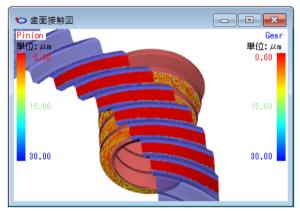


図 55.26 歯当たり解析 (接触距離)

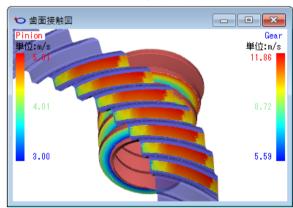


図 55.27 すべり速度



図 55.28 歯当たり解析 (接触距離, ピニオン) のセル表示

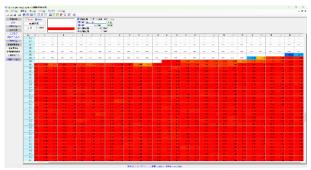


図 55.29 歯当たり解析(接触距離,ギヤ)のセル表示



図 55.30 すべり速度 (ピニオン) のセル表示

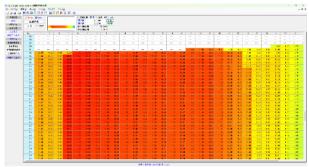


図 55.31 すべり速度 (ギヤ) のセル表示

55.12 測定データ (オプション)

Call Zeiss 三次元測定機の測定データの設定を図 55.32 に示します。 歯形分割数と測定逃げ量および測定基準距離を設定することにより測定点座標と法線ベクトルを TXT ファイルに出力します。 測定ファイル例を図 55.33 に示します.

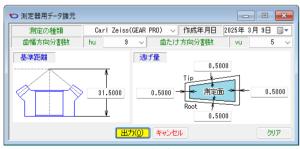


図 55.32 測定データ諸元

Helicon®および Spiroid®は、Illinois Tool Works 社の商標です.

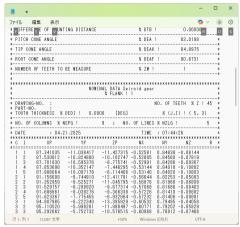


図 55.33 測定データ例 (大歯車)

55.13 HELP 機能

操作途中で使い方がわからない場合は、アクティブ画面で[F1] キーを押すことで図 55.34 のように説明画面を表示します.

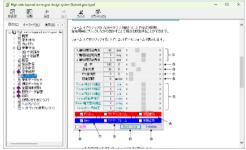


図 55.34 HELP 画面の例

55.14 設計データ管理

データベースは、Microsoft Access Database、Microsoft SQL Server そして ORACLE MySQL Server に対応しています。データベースの設定画面を図 55.35 に示します。

※Microsoft SQL Server および ORACLE MySQL Server は、インストールされている必要があります.



図 55.35 データベースの設定

引用文献

- 1) W.D. Nelson, Machine Design, Spiroid Gearing, 1961-2-16, Vol.33, No.4, pp.136-144 (1961)
- 2) F.L. Litvin, M. De Donno, Computerized design and generating of modified spiroid worm gear drive with low transmission errors and stabilized contact, Computer. Methods in applied mechanics and engineering. 162, pp.195 (1998)
- 3) Michael J. Herberger, Flex Rudolph, Bjorn Sievers, Efficient concepts for high ratio angular gear boxes, VDI-Berichte Nr. 2422, pp.801-813, (2023)