

コルヌ歯車の騒音に及ぼす中心間距離の影響

佐々木秀和, 山本 健, 竹保義博, 松葉 朗

The Influence of Center-to-Center Distance between Cornu Gears on the Noise

SASAKI Hidekazu, YAMAMOTO Ken, TAKEYASU Yoshihiro and MATSUBA Akira

かみ合う一對のコルヌ歯車は、特定の中心間距離においてのみ等速比の回転運動を行うため、中心間距離の変化は速比の変化となり、これにより振動が発生することで騒音が大きくなることが考えられる。これに対してインボリュート歯車は、中心間距離が変化してもかみ合いに影響が無く¹⁾、速比の変化は発生しない。そこで、コルヌ歯車の中心間距離の変化が回転伝達に与える影響を騒音という特性値から把握する試みを実施した。その結果、コルヌ歯車の騒音は、インボリュート歯車のそれと比較して、中心間距離の影響を受けて変化する傾向が大きかった。しかしながら中心間距離 d が $d_0 + 0\text{mm} \leq d \leq d_0 + 0.6\text{mm}$ (d_0 : 基準となる中心間距離) の範囲内であればインボリュート歯車よりも静かに作動できることがわかった。

キーワード：コルヌ歯車、中心間距離、騒音

1. 緒 言

コルヌ歯車²⁾とは、基本歯形にコルヌ螺旋を使用した歯車であり、標準的なインボリュート歯車に対して歯元の歯厚が大きく歯元の曲げ疲労強度に優れた特徴を有している³⁾。しかしながら、インボリュート歯車が、歯車同士の中心間距離が変化しても速比が変化しないことに対し、コルヌ歯車は、基準の中心間距離以外では等速比とならない。歯車の速比は振動や騒音といった性能に直結すると考えられるため、歯車を使う製品設計には、歯車の加工誤差や組み付け誤差などを含めた公差設計を行うが、コルヌ歯車においてその参考となる資料が無い。1例として、コルヌ歯車およびインボリュート歯車に対して、中心間距離を変化させたときの騒音を計測した結果を報告する。

2. 試験方法

2.1 歯車試験片

本試験で用いたコルヌ歯車およびインボリュート歯車の諸元を表 1 に示す。歯車試験片は同一ロットの S45C で、焼きなまし処理を行った供試材を用いて、ワイヤカット放電加工機を使用して製作した。使用したワイヤは $\phi 0.2\text{mm}$ 、黄銅ワイヤ（沖電線（株）製）である。供試材の化学成分と機械的性質を表 2 および表 3 に示す。試作した歯車試験片を写真 1 に示す。

表 1 歯車諸元

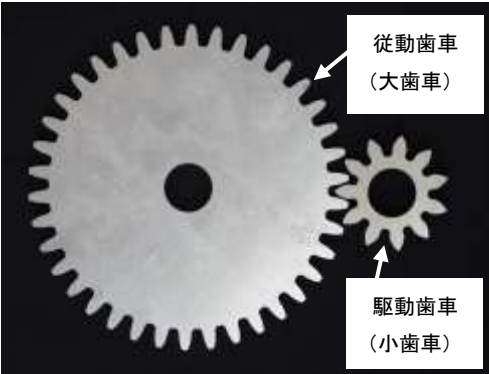
	コルヌ歯車		インボリュート 歯車	
	小歯車	大歯車	小歯車	大歯車
歯車の種類	平歯車			
モジュール (mm)	3			
圧力角 (°)	15		20	
歯数	11	38	11	38
転位係数	0.3	-0.3	0.3	-0.3
ピッチ円直径(mm)	33	114	33	114
歯末のたけ (mm)	4.5	2.7	3.9	2.1
全歯たけ (mm)	7.8		6.75	
歯幅 (mm)	10	5	10	5
かみ合い率	1.81		1.36	
材質	S45C			
熱処理	焼なまし (1123K → 炉冷)			
加工方法	ワイヤカット放電 (3rd カット)			

表 2 歯車素材の化学成分 (%)

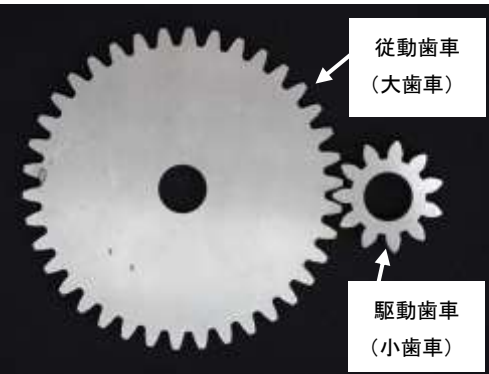
材種	C	Si	Mn	P	S
S45C	0.46	0.23	0.68	0.02	0.008

表 3 歯車素材の機械的性質

材種	降伏点 (MPa)	引張強さ (MPa)	伸び (%)	硬さ (Hv)
S45C	416	685	24	207



(a) コルヌ歯車



(b) インボリュート歯車

写真 1 歯車試験片

2.2 歯車騒音試験

一対の歯車同士の中心間距離を変えることができる動力吸収式歯車試験機の概略図を図 1 に示す。駆動側はベースに固定してあり、小歯車を取り付ける。従動側には大歯車を取り付け、ハンドルを回すことで従動側全体を紙面上下方向（図中の網目矢印であるスライド方向）に移動できる機構になっている。小歯車と大歯車の中心間距離の変化はこのスライド機構を利用して行うことができる。実験の様子を写真 2 に、試験条件を表 4 に示す。本試験では運転中の歯車に対して、中心間距離の基準値である 73.5mm から中心間距離を大きくする方向に従動側を移動させて行った。

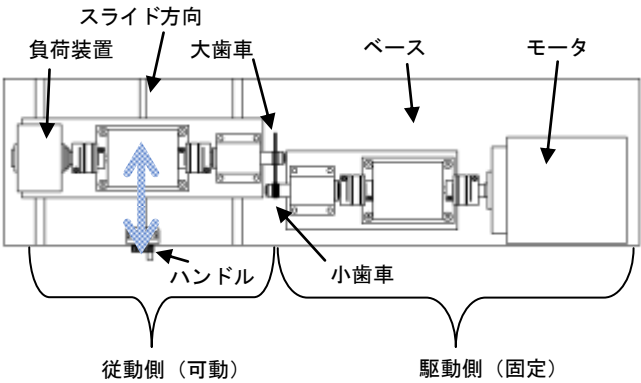


図 1 動力吸収式歯車試験機

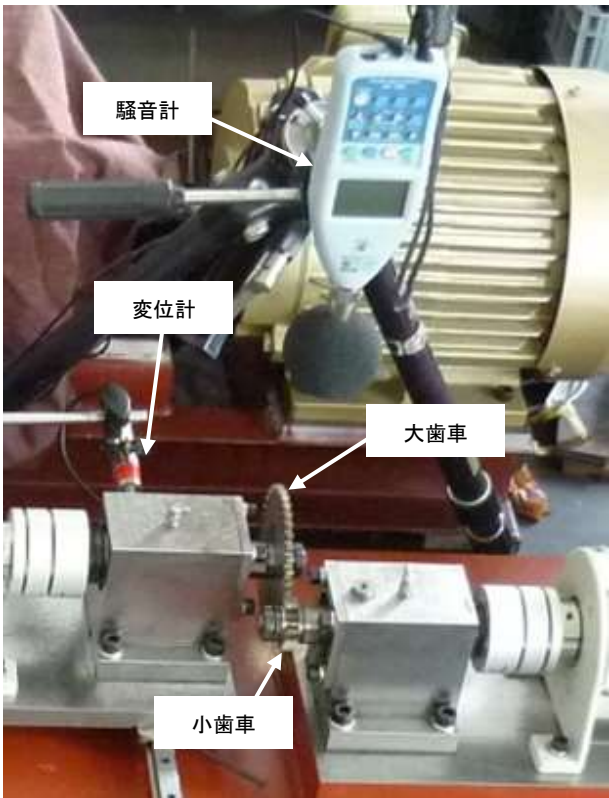


写真 2 試験の様子

表 4 試験条件

試験機の種類	動力吸収式歯車試験機
駆動歯車	小歯車
従動歯車	大歯車
中心間距離 (mm)	73.5～74.4
回転数 (rpm)	1,800 (小歯車)
騒音計	精密騒音計 NL-31 (RION (株) 製)
騒音計測位置	かみ合い点の上方 24.5 (mm)
変位計	DT-30G ((株) 共和電業製)
変位計測位置	従動側軸受け箱側面
負荷装置	HB6-1JW ((株) 工進精工所製)
負荷 (N・m)	0.6
潤滑	試験直前に潤滑剤塗布
潤滑剤	a グリスプレー : ALP-FM (トラスコ中山 (株) 製)

3. 結果および考察

試験結果を図 2 に示す。横軸は、歯車試験片の基準の中心間距離である 73.5mm を原点とし、歯車同士の中心間距離が大きくなる方向を正としたときの中心間距離の変化を表している。

全体的にインボリュート歯車は、中心間距離の変化に

対する騒音レベルの変化は、直線的に増加する傾向がある。さらに基準位置近傍ではおおよそ 80dB, 基準から 0.9mm の位置近傍ではおおよそ 81dB であり, その差は 1dB 程度であった。これに対してコルヌ歯車の騒音レベルは中心間距離の変化によって騒音が大きく変化している。その中でも中心間距離の変化量が 0.6mm を超えるあたりから騒音レベルが急激に大きくなっている。しかしながら, 中心間距離を d , 組み付けの基準となる中心間距離を d_0 としたとき, $d_0 + 0\text{mm} \leq d \leq d_0 + 0.6\text{mm}$ の範囲では, コルヌ歯車の方がインボリュート歯車よりも騒音レベルが低い値となっている。この 0.6mm をモジュール (使用した歯車試験片のモジュールは 3mm) で正規化すると 0.2 ($0.6\text{mm} \div 3\text{mm}$) となる。

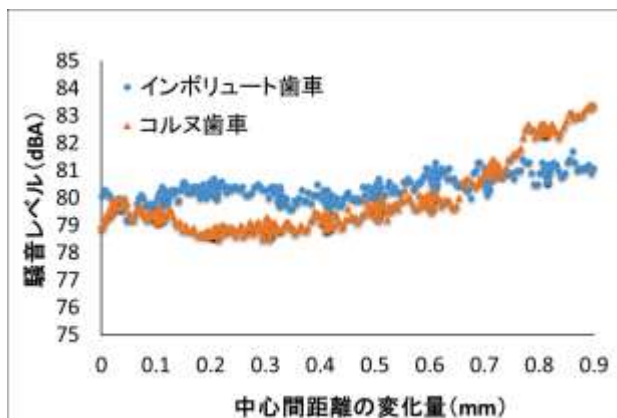


図 2 試験結果

4. 結 言

本報で使用したコルヌ歯車およびインボリュート歯車での中心間距離の変化量に対する騒音レベルの変化を比較した場合, コルヌ歯車はインボリュート歯車よりも中心間距離の変化によって騒音が大きく変化することが分かった。すなわち標準的なインボリュート歯車よりも歯車同士の位置決めにおいてより高い組み付け精度が必要であり, 実製品にコルヌ歯車を組み込む際において, その点に注意が必要である。

中心間距離を大きくする方向に変化させた今回の実験では, 組み付けの基準となる中心間距離から 0.2 モジュール mm の範囲内で使用することで異常な騒音を避けることができると考えられる。またコルヌ歯車は, 中心間距離を適切にすることで標準的なインボリュート歯車よりも静かに運転できることを示した。

文 献

- 1) 石川二郎：新版 機械要素 (2), コロナ社, 1996, p. 136.
- 2) 宮奥勉, 兼廣二郎, 佐々木秀和：特許第 4376938 号 (2009)。
- 3) 佐々木秀和ほか 5 名：広島県立総合技術研究所東部工業技術センター研究報告, 22, 1-5 (2009)。