

【付録：J】

伝達誤差解析例

J.1 実験装置

黒河、有浦の研究「歯車の負荷時高精度かみ合い誤差測定に関する研究」⁽¹⁾の成果と CT-FEM Opera の解析結果を比較した。

実験装置は、図 J.1 に示す動力循環式歯車運転試験機であり、伝達誤差計測用のエンコーダは分解能 1 秒を有している。

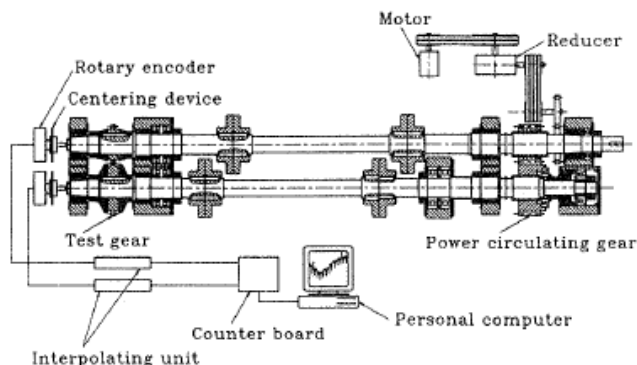


図 J.1 実験装置

J.2 実験結果と伝達誤差解析結果の比較

実験に供した歯車は図 J.2 の諸元を持つ歯車であり歯車精度は、JIS B 1702(1998) 0 級の歯研削歯車である。伝達誤差は、単位歯幅当たりの荷重を 8~784 (N/mm) として 7 種類の負荷を与え、そのときの伝達誤差を計測している。図 J.3 は 147(N/mm) の例を示している。



図 J.2 歯車諸元



図 J.3 トルク設定

CT-FEM Opera ソフトウェアで解析する際、図 J.1 の試料歯車を支持する軸受間距離が 240mm あることから負荷が作用する際、軸変位が発生することを想定し解析した。トルクと軸変位、そして伝達誤差の実験値と解析結果を表 J.1 および図 J.4 に示す。

図 J.4 の荷重 200(N/mm) より大きい領域では歯実験と解析は良く一致している。しかし、これより小さい領域では実験と解析結

表 J.1 伝達誤差解析結果

No.	単位荷重(N/mm)	トルク(Nm)	実験値(sec)	軸変位(sec)	解析結果(sec)
<1>	8	18.7	4.0	7.42	0.76
<2>	98	229.5	4.7	8.06	5.94
<3>	147	344	5.6	12.1	6.62
<4>	196	459	7.9	16.1	7.13
<5>	392	918	8.8	32.1	9.11
<6>	637	1492	11.2	52.2	11.7
<7>	784	1836	13.0	64.1	13.2

果は一致していない。この理由は、実験の負荷が 8(N/mm) において TE=4(sec) である理由は、歯形誤差や歯面粗さが表れていると考えられる。

図 J.5 に実験結果と解析結果の伝達誤差を重ね合わせた図を示すが、両者は良く一致した結果となっている。図中に示す赤色の縦線は、実験の目盛 20sec に合わせている。

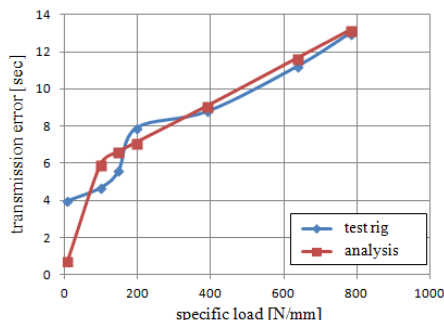


図 J.4 伝達誤差最大値 (実験と解析)

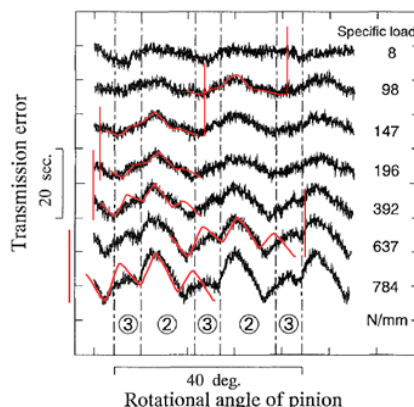


Fig.9 Transmission errors under several loads

図 J.5 伝達誤差 (実験と解析)

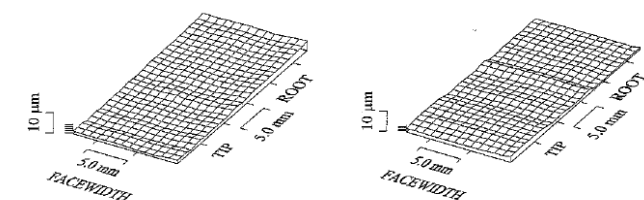
J.3 歯面形状と歯面粗さを考慮した伝達誤差

J.3.1 平歯車 (無修整)

実験に供した歯車諸元を図 J.6 に歯面形状を図 J.7 に示す。伝達誤差は、単位歯幅当たりの荷重を 22~392 (N/mm) として 7 種類の負荷を与えている。伝達誤差解析をする際は、歯面形状を図 J.8 のように与えた。実験と解析による伝達誤差結果を図 J.9 に示すが、両者は良く一致している。



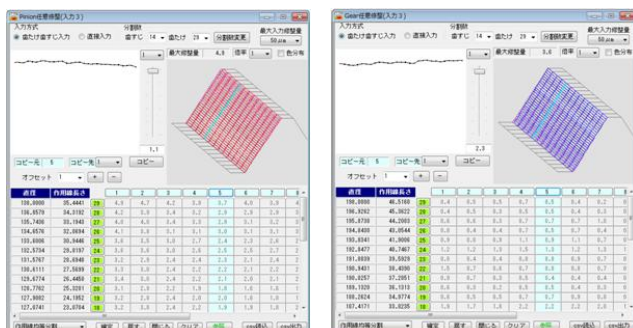
図 J.6 歯車諸元



駆動歯車

被動歯車

図 J.7 歯面形状



(a)ピニオン

(b)ギヤ

図 J.8 歯形誤差 (Excel データ読み込み)

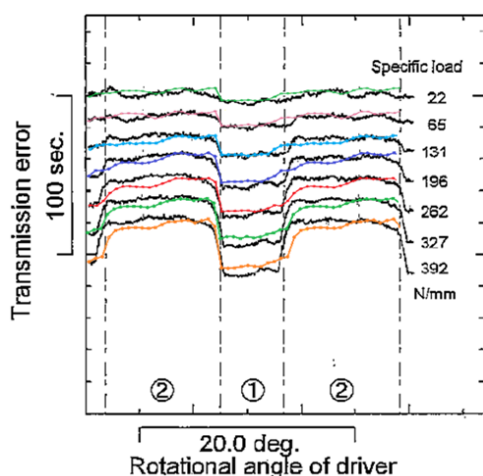
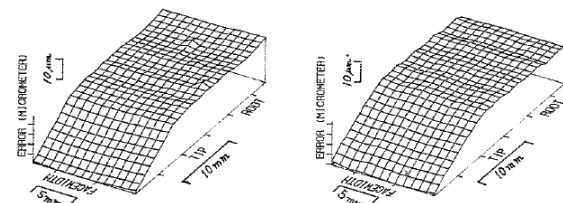


図 J.9 伝達誤差 (実験と解析)

J.3.2 平歯車 (歯先修整)

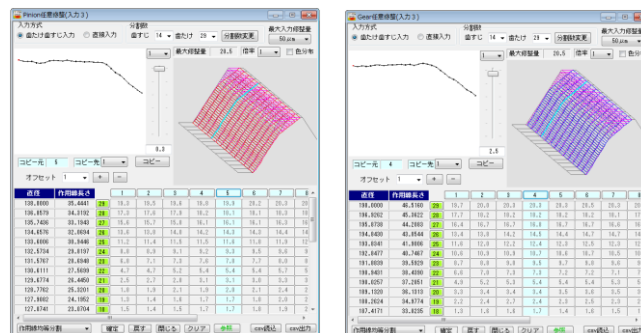
歯車諸元は、図 J.6 と同じであり、伝達誤差は、単位歯幅当たりの荷重を 22~654 (N/mm)として 11 種類の負荷を与えている。伝達誤差解析をする際は、歯面形状を図 J.10 のように与えた。実験と解析による伝達誤差結果を図 J.12 に示すが、両者は良く一致している。



駆動歯車

被動歯車

図 J.10 修整歯形



(a)ピニオン

(b)ギヤ

図 J.11 歯形誤差 (Excel データ読み込み)

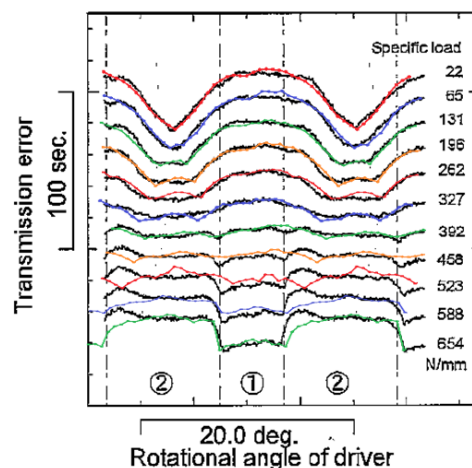
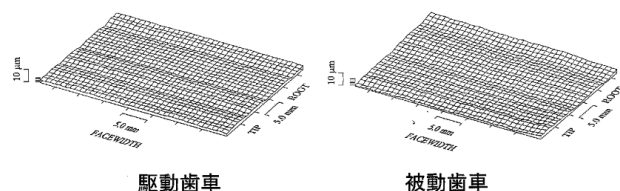


図 J.12 伝達誤差 (実験と解析)

J.3.3 はすば歯車 (無修整)

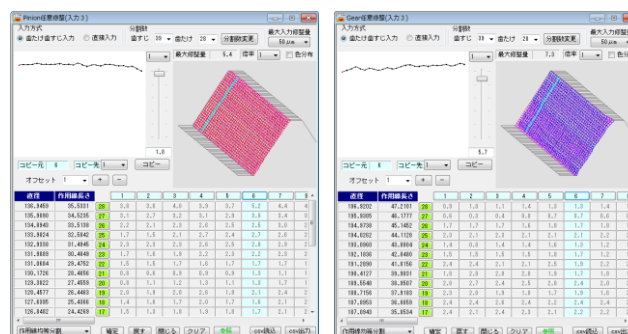
歯車諸元は、図 J.2 と同じであり、伝達誤差は、単位歯幅当たりの荷重を 8~650 (N/mm)として 16 種類の負荷を与えている。伝達誤差解析時の歯面形状を図 J.14 のように与えた。実験と解析による伝達誤差結果を図 J.15 に示すが、両者は良く一致している。また、図 J.16 に拡大波形を示すが、実験と解析結果は良く一致し



駆動歯車

被動歯車

図 J.13 歯面形状



(a)ピニオン

(b)ギヤ

図 J.14 歯形誤差 (Excel データ読み込み)

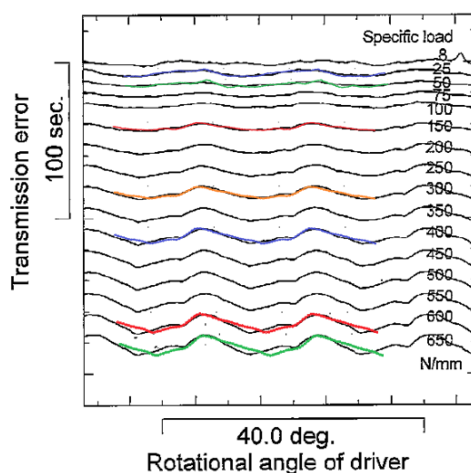


図 J.15 伝達誤差 (実験と解析)

ている。ただし、負荷による影響を考慮し表 J.2 のように食い違い誤差を与えている。

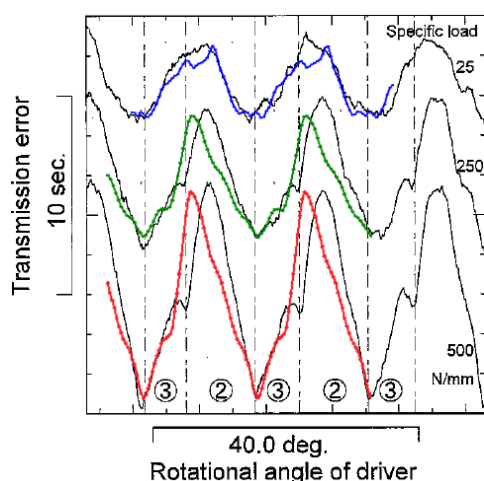


図 J.16 伝達誤差 (実験と解析)

表 J.2 傳達誤差解析結果

	TE _{max}		食い違い
N/mm	実験値(s)	解析(s)	φ ₁ (deg)
25	3.92	3.31	0.001
250	7.06	6.23	0.003
500	10.7	10.4	0.005

J.4 まとめ

- (1) 伝達誤差の実験と解析結果は，良く一致した。
- (2) ソフトウェア解析により，ほぼ確かな伝達誤差を予測することができた。

参考文献

- (1) 黒河, 有浦, 歯車の負荷時高精度かみ合い誤差測定に関する研究, 機論 C, 1998-7, pp.408-415
- (2) CT-FEM Opera, 歯車応力解析ソフトウェア, アムテック, (2014)

[付録：K] 動力損失解析例

K.1 概要

歯車の基礎と設計 (成瀬著)⁽¹⁾に掲載されている平歯車のかみ合い損失率と平均滑り速度との関係の実験を基に, CT-FEM Opera⁽²⁾で解析した, その結果を以下に示す.

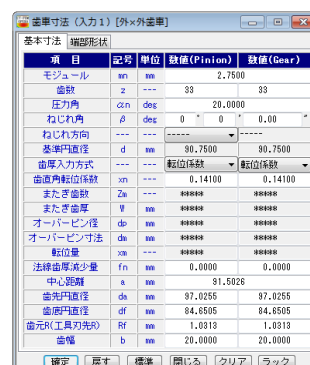


図 K.1 歯車諸元



図 K.2 設定

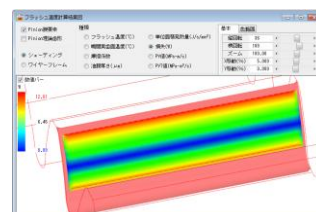


図 K.3 動力損失

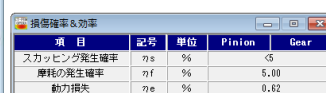


図 K.4 損傷確率，動力損失

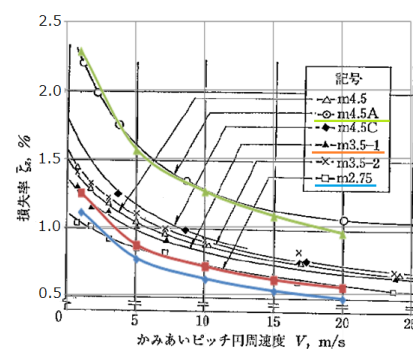


図 K.6 実験と解析

K.2 まとめ

- (1) 図 K.6 のように実験結果と解析結果は良く一致している。
- (2) ソフトウェア解析により、ほぼ確かな動力損失を予測することができた。

参考文献

- (1) 成瀬,「歯車の基礎と設計」, 養賢堂, 2001. P.132-133
- (2) CT-FEM Opera, 歯車応力解析ソフトウェア, アムテック,
(2014)

カタログ(vol.18), [45] CT-FEM Opera iii をご覧ください.