

## あとがき

特に若い歯車技術者、研究者の方々に

日本中の歯車に関係する技術者・研究者の方々のご協力により、おそらく世界で最も歯車損傷を網羅的に集めた百科事典を世に出すことができた。衷心、喜びを感じると同時に各位に対し深甚の謝意を表す。

この際、この歯車損傷大全を利用する方々にお願い申し上げたいことがある。

歯車は最終製品の性能を十分発揮するよう設計されねばならない。したがって、壊れると絶対ダメで、歯車の強度的信頼性がまず最重要課題である。また、運転が静かで滑らかで振動騒音等の問題が起こらないようにすることも重要な課題である。たとえば乗用車用歯車ではこの音振の問題がここ 50 年間、最大の歯車設計、製造の課題であった。ついで、ギヤボックスの容積は十分小さく、また、重量は十分軽く、最終製品たる機械の性能ならびに商品性に支障がないか、それらを高める効果があるかどうかを検討される。省資源、省エネルギーの問題が起こってきている現在では、その歯車装置の動力伝達効率が悪くないかもチェックされる点である。そして、その製品が市場性を持つために、どの程度の製造コストで出来るかが最後に問題となる。

実用稼働される機械装置の中で使われている歯車装置が、目的としている機能・性能を発揮し続けてくれる良いのであるが、なかなかそうまくは行かず、運用中に何らかのトラブルが発生することも多くあり、その場合には発生原因を特定し対策を施さねばならない。このようなトラブルの原因究明・対策立案作業がトラブルシューティングである。わたくしの経験では、機械技術の本質は、どのようなトラブルをどれほど多く経験してきたか、そして、それをどのように克服してきたかの累積であり、理論の多くは後付けではないかと思う。その意味でトラブルシューティングが機械技術を生み出してきたものかもしれない。

歯車の歯の強さ計算法は、例えば歯面のピッチングや歯の折損といった損傷をそのモードのみが単独に起こると仮定して作られているとか、損傷進展の挙動が運転時間の経過に伴いポジティブフィードバック系として変化して行くことが考慮されていないとか、厳密に考えると、問題だらけなのであるが、それでも実際の歯車の設計を実用上、大過なくやって、機械装置を運転することができて来れたのは、長い年月にわたる歯車の使用経験、損傷対策の経験から、その情報を勉強し、計算法を徐々に改良していった成果である。すなわち歯車の強さ計算法とは、歯車損傷のトラブルシューティングの結果の集大成にほかならない。トラブルシューティングの基本は、何の予断も持たず、現実の損傷を素直に、正確に見ることのできる能力であり、その損傷の状態を物理学の原理原則から論理的に説明することができるかである。このトラブルシューティングに最も役立つものとして、過去に経験した歯車損傷事例を整理して参照できるようにしたものが本書である。

本書は可能な限り嘘が含まれないように努力して内容を精査したつもりであるが、神様でない人間のやること、所詮、完全無欠のものではありえない。本書を利用する方は、本書に書かれていることが、宗教的聖典のように疑ってはならない真実であるとは決して思わないで頂きたい。常に批判的に本書を参照し、自分の経験と照らして、どの部分を信じどの部分は別の理解をした方が損傷の観察結果と自分の考えの間に論理的整合が取れるかを考えることが必要である。すなわち、自分なりの説が立てられるように歯車事故を始めとする機械損傷事例を観察し、対策を立て、その結果がどのように評価されるものになったかを記憶していただきたい。このような態度で機械損傷に接することが、その人の機械損傷研究者・技術者としての能力をより発展させてゆくものであると信ずる。

本書の発刊時点で、私がなぜそのような物理現象になるのかを理解できていないことがある。浅学の至りであるが不完全な人間のこと、次の世代が乗り越えて行って頂きたく思っている。

小生がいまだに理解できていない例を2つあげる。

1. かみ合い始めにおいて歯先エッジがトロコイド干渉でかみ合い相手歯車の歯元歯面を攻撃する機構であるが、図 0.8-2 は平歯車のトロコイド干渉状態を 2 次元モデルで良く説明している。ところがトロコイド干渉は、はずば歯車でも起こり、歯元歯面に記録されているトロコイド干渉の滑り領域と切込み領域といった表面損傷状態は、平歯車とはずば歯車でほとんど同様である。しかしながら、はずば歯車では図 0.8-2 で歯先エッジが接触する直前に当該の歯の軸方向（紙面に垂直方向）の歯先エッジがすでに強く接触していて歯は弾性変形しているので、歯先エッジの接触状態は図 0.8-2 での説明と大幅に異なるはずである。すなわち図 0.8-2 では、現実のはずば歯車歯面のトロコイド干渉の機構を説明することが全く出来ていない。
2. かみ合い始めのトロコイド干渉付近における異物のかみ込み状態の説明を、①かみ合い範囲外の歯元隅肉部からかみ合い領域内の歯元歯面に続く異物の引きずり痕跡、②歯先チャンファ一部にも認められる異物のかみ込み痕、③歯面に残る異物の引きずり痕跡、④歯面に残るスクラッチ痕や異物かみ込みクラッシュ痕の形状、等の観察結果から、例えば図 9.1.1-1 のように説明しているが、歯車のかみあい進行の機構学的には、接触面（エッジ）の相対速度関係が矛盾している。かみ合いの進行に伴い歯先・歯溝間の空間の形状ならびに容積が急速に変化して行く中で、異物をも含んだ潤滑油・空気の混合物が遠心力の影響も受けながらどのように挙動するのかとか、接触している歯面が離れてゆく時には、その開いてゆく歯面隙間に潤滑油が激しく吸い込まれるはずだとか、はずば歯車の場合にはその状態がどうなるのだとか、といった議論はまだ全く抜けており、真実の状況理解は出来ていない。

歯車損傷の物理学的解明を、次の日本を支える若き力に期待して

2019 年 8 月 8 日

京都修学院の自宅にて 久保愛三