成形プラスチック歯車研究専門委員会 プラスチック歯車の用途拡大と 強度評価法の確立を目指して*

Application Expansion and Establishment of Estimation Method of Tooth Strength of Plastic Gears

小出隆夫** 上田昭夫***
Takao KOIDE and Akio UEDA

Key words gear, plastic, injection molding, strength, load capacity, standard

1. はじめに

成形プラスチック歯車は、軽量で無潤滑使用、大量生産が可能など多くの利点をもっており、OA 機器、自動車部品などに多く使用されている。成形プラスチック歯車研究専門委員会は、成形プラスチック歯車の技術の開発および技術向上を目的として、成形プラスチック歯車の精度、騒音、強度などの性能向上ならびに生産技術に関する調査、研究、開発、実験などを行うため、1992年に青山学院大学教授（当時）岩井實先生（故人）が立ち上げられた。その後、委員長は宮城工業高等専門学校教授（当時）庄司彰、京都工芸繊維大学教授森脇一郎と続き、2011年より筆者が4代目の委員長を拝命している。本専門委員会の活動は、この分野の学会研究会としては現在、わが国では唯一の研究組織である。本分科会レビューは、2002年、2008年に続き、3回目となる。

本稿では、本専門委員会の最近の活動と研究助成、研究会、講習会、見学会、プラスチック歯車の強度評価法のJIS化に関する取り組みについて紹介する。

2. 最近の活動

2.1 委員会設立 20 周年記念事業

本専門委員会は、2012年2月で設立20周年を迎えた。これまで2002年に10周年記念誌「最新成形プラスチック歯車技術—この10年の歩み—」を、2007年に15周年記念誌「成形プラスチック歯車研究専門委員会の足跡—最近5年間の歩み—」を発行し、今回は本委員会の強度規格小委員会企画の記念誌「プラスチック歯車の設計指針—より良い歯車を設計するために—」¹⁾（図1）を発行した。本書は、委員会の20年の歴史のふり返りと、強度規格小委員会で2005年より検討してきたJIS規格案「プラスチック円筒歯車の曲げ強さ評価方法」の解説書の位置付けとなる

もので、プラスチック歯車の設計をする際の多くの Tips とその解説も含まれており、プラスチック歯車設計のためのバイブルを目指したものである。本書はプラスチック歯車の設計を行う技術者には大変参考になるものと自負している。

また、20周年記念講演として、技術講演「プラスチック歯車50年の歩み」（岡山理科大学 滝 晨彦委員）、特別講演「日本は世界1位の資源大国」（東京財団研究員・製作プロデューサー 平沼 光氏）を行った。

2.2 委員会活動

本専門委員会発足当時は、正会員（企業会員）25社、個人会員（専門委員）21名であった。その後10周年、15周年時にはそれぞれ正会員30社、43社と順調に増加してきたが、現在は27社にまで減少している（個人会員は18名）。これは2011年3月の東北大地震や近年の不況のためもあると思われるが、今後一層の活動強化が必要であると痛感している。

本専門委員会は、これまで112回の研究会、16回の特別講演会、16回の講習会、32回の見学会を実施し、また

図1 20周年記念誌

*原稿受付 平成25年7月10日

**正会員 鳥取大学大学院工学研究科機械宇宙工学専攻機械工学講座（鳥取市湖山町南4-101）

***正会員 アムテック有限会社（大阪市港区弁天1-2-1）

図2 正弦歯形歯車とインボリュート歯車の動力伝達効率の比較

多くの小委員会活動を行い、成形プラスチック歯車の技術向上を目指して活動してきた。研究会では、プラスチック歯車に関する最新技術、プラスチック歯車に直接関係しなくても技術者として知っておくと役に立つと思われる技術などに関する講演を行っている。講習会では、プラスチック歯車の材料、金型、成形、設計技術に関する事項について講義形式で解説している。見学会では、プラスチック歯車に関連する業界で注目されている企業や研究機関を訪問している。

また、専門委員会の下に強度、騒音、強度規格の3小委員会を設け、個別のテーマについて調査・研究活動を行ってきた（後述のように2013年度より小委員会の改組を行ったので、現在の小委員会活動はこれまでとは変わっている）。

強度小委員会では、ヘリカルホイールと線接触する鼓形および円筒ウォームを用いた場合のヘリカルホイールの強度、正弦歯形を有するプラスチック歯車の強度、グリース潤滑および無潤滑下でのプラスチックねじ歯車の歯面温度に関する研究を実施し、強度設計に関する情報提供を行った。図2は、強度小委員会の活動で得られた、正弦歯形歯車とインボリュート歯車の動力伝達効率の比較を示す。正弦歯形の採用により無潤滑下では動力伝達効率が増大することが認められる。

騒音小委員会では、プラスチック歯車の動向調査（アンケート調査）の実施、集計、分析を行った²⁾。またポリアミド（MCナイロン）歯車の膨潤が歯車精度に及ぼす影響、吸湿による膨潤が振動・騒音に及ぼす影響について検討を行った。

強度規格小委員会では、プラスチック歯車の曲げ強さ評価に関するJIS規格案の作成、前述の20周年記念誌をテキストとする講習会企画を行うとともに、JIS規格案を発展させていく作業を実施し、PA（ポリアミド）歯車についての評価を進めた。さらに、内歯車に関する実験を進めるための試験機設計に取りかかった。

表1 2012年度研究助成

研究者名	所属	研究テーマ
高橋美喜男	木更津高専	プラスチックねじ歯車の強度に関する研究（増減速の影響）
森川浩次	佐世保高専	高負荷トルクにおけるナイロン・ウォームホイールの疲労損傷形態とその負荷能力

近年の正会員数の減少と精密工学会本部への研究活動分担金（2009年度より）のため運営費が赤字になる可能性が出てきたため、2013年度より小委員会、研究会・講習会運営方法の大幅な変更を行った。

三つの小委員会を一つの小委員会に統合し、研究活動は公募で決定したプロジェクトを実行するワーキンググループで行うことにより、研究活動を犠牲にすることなく小委員会運営経費の削減を行った。また、研究会、講習会会場も長年使用してきた青学会館から機械振興会館に変更することにより運営経費の大幅な削減を行うことができ、今後委員会活動を停滞させることなく調査・研究活動を行う基礎ができたものと考えている。

3. 研究助成

小委員会での研究活動の他に、本専門委員会では個人会員の中からプラスチック歯車の技術開発、技術向上への寄与が期待できる研究に対して研究助成を行っている。表1に2012年度に行った研究助成を示す。

4. 研究会

最近5年間の研究会での技術講演のトピックスを以下に示す。

- ポリアミド樹脂の接合と多層の歯車
- 高耐熱性ナイロン材 EPS ウォームギヤの負荷能力
- 高負荷価値成形—複合成形—
- POM 長期寿命（バイオ燃料中）の予測技術開発
- パワートレイン用低フリクション樹脂部品の開発
- 金型温度の非定常解析ニーズに応える
- 金属光造形（加工）に関する研究
- ポリマーナノアロイ
- 樹脂成形品の破面解析技術
- 微小モジュール歯車の三次元歯面トポグラフィ計測
- 歯面の清浄さが歯面強度に与える影響（POM 歯車の場合）
- これからの車に求められる樹脂材料の機能・用途
- ポリプロピレンの開発と自動車材料への応用
- コルヌ歯形の歯車
- 環境を考慮した材料設計と歯車への可能性
- プラスチック歯車のかみ合い発熱のコンピュータシミュレーション
- 金型のコーティング
- 複雑微細形状の高精度櫛円振動切削技術
- 多点ゲート射出成形品におけるゲート位置の最適化

- 植物由来樹脂に関して
- 金型のトライボロジー
- 芳香族ポリアミド樹脂へのガラス繊維及び PTFE 添加の歯車寿命に及ぼす影響
- 日本機械学会の部門講演会と年次大会およびドイツ VDI の国際会議で発表されたプラスチック歯車関係論文の概説
- 射出成形による新規ハイブリッド歯車の研究開発
- 円筒歯車の力学入門
- 構想検討の充実に役立つ設計手法
- プラスチックの部品の破壊解析手順～フラクトグラフィと樹脂流れの可視化～
- 熱伝導性プラスチック材料の開発と CAE を用いた熱流体解析について
- X 線 CT による高分子材料の 3 次元構造解析
- 国内外に見る射出成形技術の注目動向
- 歯面温度を考慮したプラスチック歯車の寿命推定方法
- ラマン分光を用いた μm 領域の応力・ひずみ測定
- 新しいプラスチック歯車の試み（正弦歯形歯車と鼓形ウォームギヤ）
- ねじ歯車の歯面温度（モジュールの影響）
- スーパーエンプラを用いた自動車用 EPS ウォームホイールの負荷能力
- 非円形歯車を用いた常時伝達変換システム
- プラスチック歯車 50 年の歩み
- 電子ビームによる表面加工技術とその応用例
- レーザー光を用いた歯車歯面損傷診断技術の開発
- プラスチック歯車への新たな挑戦
- プラスチック歯車の中国事情
- 断熱成形技術アドバサーモTM、金属と樹脂の複合化技術レザリッジTM
- 高品質と開発期間半減は両立できる一品質工学の基本的な考え方
- 歯車用プラスチックの圧縮応力—ひずみ特性：ひずみ速度の影響
- 最近の射出成形技術と成形不良対策
- 高容量歯車耐久試験装置の振動計測
- 転がり軸受を用いた小型減速機の開発
- 歯車の音・振動に関して
- プラスチックねじ歯車の強度に関する研究（増減速の影響）
- 高負荷トルクにおけるナイロン・ウォームホイールの疲労損傷形態とその負荷能力
- 粘弾性を考慮したプラスチックはすば歯車の動力伝達特性の解析
- 薄膜センサによる歯車歯面の圧力分布計測
- ハイブリッド自動車のメカニズムと制御
- 音質評価と騒音測定の最新情報（音源探査）
- 溶射技術による高機能表面改質

図3 講習会の様子

5. 講 習 会

最近 5 年間に行った講習会は次のとおりである。図 3 に第 16 回講習会（2012）の写真を示す。

- プラスチック歯車の基礎（歯車、材料、設計逸話）
内容：標準歯車の幾何学、機械屋に解る樹脂材料の基礎、プラスチック歯車の“失敗ないしょ話”
- プラスチック歯車騒音の基礎と実際
内容：騒音の基礎、プラスチック歯車の騒音源、ポリアセタール樹脂歯車の騒音、歯車騒音の測定事例、総合討論
- プラスチック歯車の精度
内容：プラスチック歯車の精度規格 JIS B 1702-3: 2008 の概説、歯車の形状測定および測定機の校正、歯車かみ合い試験機の評価と意義、総合討論
- より良いプラスチック歯車の作り方
内容：プラスチック歯車の歯切り加工、プラスチック歯車の成形加工、成形加工を視野に入れた歯車の形状設計、総合討論
- プラスチック歯車の設計指針～よりよい歯車を設計するために～
内容：歯元曲げ応力の計算法、実験装置と実験データの解析、材料、総合討論

6. 見 学 会

最近 5 年間の見学先は次のとおりである。図 4 に第 32 回見学会（2012）の写真を示す。

- 株式会社小野測器（技術講演：最新のギヤノイズ、振動解析手法について）
- 安田工業株式会社（技術講演：YASDA MICRO CENTER YMC430 の紹介）
- 東京国際空港（羽田空港）
- 株式会社日産アーク（技術講演：先端分析・解析技術の紹介）
- 株式会社ニコン横浜製作所（技術講演：3D 計測システム HN-6060, CT スキャナ XTH225, CNC 画像測定システム NEXIV の紹介）

図4 見学会写真

7. JIS 化の取り組み（強度評価法）

これまでプラスチック歯車の強度規格は、ISO にも JIS にもなかった。2005 年に本専門委員会内に強度規格小委員会（委員長：森脇一郎京都工芸繊維大学教授、幹事：上田昭夫アムテック(有)代表取締役）が設置され、規格化に向けた活動が始まった。2009 年に JIS 規格化の作業は日本歯車工業会の成形プラスチック歯車部会（メンバーは強度規格小委員会+工業会から数名）に移管された。鋼歯車の場合には、曲げ強度、歯面強度の規格があるが、プラスチック歯車の損傷のほとんどは曲げ折損であるため、規格化は曲げ強度について進められた。JIS 原案は、昨年規格協会を通じて経済産業省に提出され、本年 6 月 20 日付けで JIS B 1759「プラスチック円筒歯車の曲げ強さ評価方法」³⁾として公示された（図 5）。なお、曲げ強さを評価するために必要な材料強度値は、現状では POM に対するものしか提示されていないが、本専門委員会において今後 PA などの材料の強度値を継続して明らかにしていく予定である。

8. お わ り に

本専門委員会の活動と、プラスチック歯車に関する最近のトピックスについて述べた。プラスチック歯車の設計は、その強度に及ぼす因子が多いため、鋼歯車の設計手法をそのまま適用することができない。プラスチック歯車の設計に携わっている方々にはぜひ本専門委員会への入会をご検討いただけたら幸いである。

図5 JIS B 1759 (2013)

参 考 文 献

- 1) 公益社団法人精密工学会成形プラスチック歯車研究専門委員会：20 周年記念誌「プラスチック歯車の設計指針—より良い歯車を設計するために—」, (2012)。
- 2) 公益社団法人精密工学会成形プラスチック歯車研究専門委員会：プラスチック歯車の動向調査報告, (2012)。
- 3) JIS B 1759:2013「プラスチック円筒歯車の曲げ強さ評価方法」, (2013)。

小出隆夫

1979 年鳥取大学大学院工学研究科修士課程機械工学専攻修了。同大学助手、助教授、准教授を経て 2012 年 4 月より大学院工学研究科機械宇宙工学専攻機械工学講座教授。工学博士。専門分野は、機械要素、疲労、振動・騒音、トライボロジー。

上田昭夫

1983 年アムテック(有)を設立。代表取締役。歯車技術に関するソフトウェアの開発と経営に従事。博士(工学)。成形プラスチック歯車研究専門委員会幹事。