

論文内容要旨 (和文)

氏 名 大竹與志知



論 文 題 目 食違い軸歯車の歯形理論の拡張

歯形理論は食違い軸歯車の研究開発の基礎となる。従って、歯形理論の拡張は、工学的、工業的發展のために総合的に寄与する。また、歯車の高性能化に対しても歯形理論の拡張は必須となる。高性能化の方法としては、歯面形状に自由度を与える方法、歯面形状の最適化を計る方法がある。歯面形状に自由度を与えるには、これに対応した新しい歯形理論を必要とする。また、歯面形状の最適化を計るには、歯車の豊富な情報を元に設計評価を高速かつ効率的に繰り返し、有効な解を誘導する必要がある。これに対し、かみあいや歯面性質の視覚的、直感的把握や、簡単かつ高速なシミュレーションが有効な手段となる。本論文では、これらの諸課題に取り組み、独自の視点から歯形理論の拡張を図ることにより、工学的、工業的發展および高性能化の為の拡張歯形理論を確立した。

まず、新概念であり論文の核となるA平面と準ピッチ点のペアを定義し、空間像を明らかにする。

次に、2種類の新歯車構成について論じる。歯車構成法Ⅰでは、歯車基準の与え方により種々の歯車形態を得る。新歯車構成法Ⅱは一对の歯車形態を統一的に考える場合に有効となる。

次に、平歯車のかみあい論を展開する。本理論では、平歯車のかみあい条件式を明らかにし、接触面や相手歯面の平歯車数式解法を導く。さらに、かみあい条件式の解を導く。ここでは、世界で初めて解の誘導に成功する。この解式は工学的に重要であり、接触面や相手歯面のシミュレーションの高速化、高精度化にも貢献する。特に数値計算が相乗的かつ多用される解析では効果を発揮する。

次に、一義的歯車を明らかにする。歯形上のかみあい条件を歯形法線が準ピッチ点を通ることであると一義的に表現できるとき、この性質をかみあい条件の一義的性質と呼び、この性質を有する歯車を一義的歯車と呼ぶ。この歯車には実用歯車の多くが含まれる。本論文で扱う一義的歯車は、実用歯車の歯面に自由度を与えたものであり、インボリュートヘリコイド系歯車、球面インボリュート系歯車、回転面系歯車である。一義的性質はかみあいを平歯車のかみあい二次元的に扱うことを可能とする。本歯形論では、まず一義的歯車の一義的性質を明らかにする。続いて、一義的歯車の重要式であるかみあい条件式とその解式を、一義的性質より簡明なプロセスで誘導する。ここで、特筆すべきは特に難解とされるハイポイドギヤが属する歯車Ⅲについても、解の誘導に成功している点である。

次に、諸線方向とすべり率の拡張理論について論じる。ここで扱う諸線は、接触線、歯形1、接触点軌跡線、歯形2、すべり線1、軌線、すべり線2である。歯形1、歯形2は接触点軌跡線上で接する。歯形1、接触点軌跡線、歯形2の特別な場合が、すべり線1、軌線、すべり線2である。接触線の方向は重要な研究テーマの1つでありウイルドハーバーや酒井、高橋等により論じられてきた。すべり率については、谷村、酒井の研究がある。ここでは、諸線方向とすべり率の新しい表示式を誘導する。この表示式は歯面1の垂直2方向の曲ねじれ率（曲率とねじれ率の総称）による曲率表示式Ⅰ、Ⅱである。

次に、曲ねじれ率に関する理論を拡張する。曲率については、谷村、酒井の研究がある。これらの研究により干渉条件に至る曲率の基礎理論は確立されているが、曲ねじれ率に関するすべてが示されている訳ではない。ここでは、酒井理論を基に、干渉条件に限定せずより広くあるいは詳細に論じることにより、食違い軸歯車の曲ねじれ率に関する理論を拡張する。まず、歯面の任意方向の曲ねじれ率の新しい表示式を誘導する。次に、これを基に食違い軸歯車の曲ねじれ率に関する多くの項目について論じ、その空間像、関連式、性質等を明らかにする。

最後に、接触点における歯面性質の全体像を明らかにする。歯面性質としては接触線角、すべり率、相対曲率を考える。歯面性質の全体像は、この歯面性質の最適化に効果的に働く。しかし、歯面性質の全体像の解明には至っていない。著者は、歯面性質を歯面3要素で表現することに成功し、歯面性質を歯面3要素を座標軸とする1つの歯面性質空間で表現した。この歯面性質空間は歯面性質の全体像を視覚的、直感的に与える。本理論では、歯面性質空間を構築すると共に、歯面性質空間を特徴付ける特性面を明らかにする。また、歯面性質空間の具体的な空間像をシミュレーションにより示す。これらにより、歯面性質空間の特徴や全体像を明らかにする。最適な歯面要素はこの全体像によりはじめてマクロ的に捉えることが可能となる。歯面性質空間の応用の方向性と可能性については、既報で広範囲に亘って論じ、歯面性質空間は開発と設計を進めるための重要な指標と標準を提供することを示した。

論文内容要旨 (英文)

氏 名 大竹與志知

論 文 題 目 An Extension of Tooth Profile Theory of the Skew Gears

Development of tooth profile theory, which is the basis of high performance, is essential for engineering development and to achieve higher performance of the skew gears. There are two ways to improve the performance: a method of giving freedom to the tooth surface shape and a method of optimizing the tooth surface shape. In order to give freedom to the tooth surface shape, a new tooth profile theory corresponding to this is required. In addition, in order to optimize the tooth surface shape, it is necessary to repeat design and evaluation at high speed and efficiently based on abundant information of gears, and to derive an effective solution. For this purpose, visual and intuitive grasp of contact and tooth surface properties and simple and fast simulation are effective tools. In this paper, we address these issues and extend the tooth profile theory from the unique viewpoint, and many extended tooth profile theory for high performance has been established.

First, we define a pair of A plane and sub pitch points, which is a new concept and core of the paper, and clarify the spatial image.

Next, we discuss two new gear construction. In the new gear construction method I, various gear form can be obtained by the way of giving the gear standard. The new gear construction method II is effective when considering pair of gear form in a unified manner.

Next, we develop theory of contact similar to spur gear. In this theory, the spur gear-like contact condition formula is clarified, and the spur gear-like formula solution method for finding the contact surface (contact line locus surface) and the opposite tooth surface is derived. Furthermore, the solution of the contact condition formula is derived. Here, we succeed in leading the solution for the first time in the world. This formula is important in terms of engineering, and contributes to speeding up and improving the simulation of contact surfaces and opposite tooth surfaces. This is especially effective in analyzes where numerical calculations are used synergistically and frequently.

Next, one definition gear is clarified. When the contact condition on the tooth profile can be uniquely expressed as that the tooth profile normal passes through the sub pitch point, this property is called one definition property of the contact condition, and a gear having this property is called one definition gear. The one definition gear discussed in this paper is a practical gear with a degree of freedom on the tooth surface. The one definition property makes it possible to handle the contact like a spur gear two-dimensionally. In this theory, we first clarify the one definition property of the one definition gear. Next, we derive the contact condition formula and its solution formula, in a simpler process by the one definition property. Here, it should be noted that the solution is successfully derived even for the one definition gear to which the hypoid gear belongs.

Next, we discuss the extension theory of lines directions and slip ratio. Here, we derive a new expression of the direction of lines and the slip ratio.

Next, we extend the theory about bending and torsion. Here, based on Sakai theory, we extend the theory of bending and torsion of skew gears. First, we derive a new expression for the bending and torsion of the tooth surface in any direction. Next, based on this, we will discuss many items related to the bending and torsion of the skew gear, and clarify its spatial image, related equations, properties, etc.

Finally, an overall image of the tooth surface properties at the contact point is clarified. Author succeeded in expressing the tooth surface properties with three tooth surface elements, and expressed the tooth surface properties with one tooth surface property space with the three tooth surface elements as coordinate axes. Tooth surface property space gives an overall image of tooth surface properties visually and intuitively. In this theory, we construct the tooth surface property space and clarify the characteristic surface that characterizes the tooth surface property space. Moreover, the concrete spatial image of tooth surface property space is shown by simulation. By these, the feature and the overall image of the tooth surface property space become clear. The optimum tooth surface elements can only be macroscopically captured from this overall image.

学位論文の審査及び学力確認の結果の要旨

令和2年 2月 4日

理工学研究科長 殿

論文博士論文審査委員会

主査 水戸部 和 久 印
副査 妻 木 勇 一 印
副査 黒 田 充 紀 印
副査 川 崎 一 正 印
副査 大 町 竜 哉 印

学位論文の審査及び学力確認の結果を下記のとおり報告します。

記

論文申請者	氏名 大 竹 與志知		
論文題目	食違い軸歯車の歯形理論の拡張		
学位論文審査結果	合 格	論文審査年月日	令和2年 1月22日～ 令和2年 2月 4日
論文公聴会	令和2年 2月 4日	場 所	工学部6-508教室
学力確認結果	合 格	学力確認年月日	令和2年 2月 4日
学位論文の審査結果の要旨 (1,000字程度)			
<p>本論文は、A平面と称する媒介平面を導入して食違い軸歯車の歯形とかみ合いを論じ、視覚的、直感的把握が可能な歯形理論を提案している。この歯形理論を用いて従来の理論に比べ、簡単かつ高速なシミュレーションが可能となり、食違い軸歯車の高性能化を図ることを意図した研究である。</p> <p>本論文は全9章で構成されている。第1章は緒言であり、本研究の背景と目的が述べている。第2章は基礎理論であり、本研究の基盤となる、A平面と準ピッチ点および準ピッチ線について定義している。第3章は歯車構成法であり、本研究で提案した理論を用いて一般的な食違い軸歯車歯形を説明できることを示している。第4章はかみあい理論であり、食違い軸歯車のかみあい条件の解を誘導している。第5章では一義的歯車を定義し、それを用いてかみあう歯面の接触点軌跡や、かみあう相手歯車歯形を数値的に導出できることを示している。第6章では接触線方向、歯形方向、接触点軌跡方向、すべり線方向といった歯車のかみ合いを説明する諸線方向を説明し、それらを用いてすべり率を表現している。第7章では食違い軸歯車歯面の曲ねじれ率について述べている。第8章では、接触線角、すべり率、接触線に垂直な相対曲率を歯面性質空間と称し、それらを統一的に説明し、数値計算によって図示できることを示している。第9章は本論文の結論である。</p> <p>本論文を審査員が通読し、公聴会による口頭発表および質疑応答の結果、本論文は以下に示す通り学位論文審査基準を満足していると判定した。</p> <p>(a) 本論文で提案している歯形理論は極めて独創的であり、新規性は十分である。</p> <p>(b) 関連研究等の引用が十分なされており、研究背景が明確に示され、研究目的が正しく述べられている。</p> <p>(c) 論文構成は適切であり学位論文としての体裁は十分整っている。</p> <p>(d) 本研究で提案している理論は、歯車の高性能化に関して寄与することが期待でき、工学的有用性は十分である。</p> <p>以上より、本論文は博士学位論文として合格と判定した。</p> <p>なお、本論文は研究倫理または利益相反等に係る学内規定に基づく手続きは必要ない。</p>			
学力確認の結果の要旨			
<p>学位論文の内容について博士論文審査員による面談を通して、専門知識についての理解力、研究能力、英語による学術的な記述能力など、博士の学位を授与するのに十分な知識と能力を確認した。博士論文公聴会における40分の口頭発表についての40分の質疑応答において適切な論述が行われた。これより、学力確認の結果は合格と判定した。</p>			