

四点接触軸受の接触問題の FEM 解析

FEM developed for contact analysis of four-point contact ball bearings

By Prof. Shuting Li

1. 概要

機械設計を行う際には、軸受の支持剛性、負荷能力及び使用寿命を前もって知る必要があるため、理論上で転がり軸受の接触問題（支持剛性、面圧とせん断応力など）が解析できるようにすることが極めて重要である。その中で四点接触玉軸受は、他の単列軸受と同じスペースで、ラジアル荷重・アキシャル荷重・曲げモーメント荷重を受けられるため、幅が取れない機械装置には積極的に用いられている。四点接触玉軸受は実用化されているが、いまだにこの軸受の支持剛性、耐曲げモーメント能力、面圧分布及び接触面下のせん断応力を精確に求めることは容易ではなく、寿命計算方法もまだ確立されていない。

軸受の接触問題を解析するために、筆者は20年以上をかけて三次元有限要素法（3D-FEM）を用いた軸受の接触問題を解析できる数値解析法を開発したとともに、専用ソフトウェアも開発した。このソフトの特徴は、普通のパソコンで軸受の接触問題が解析できるようになり、またAbaqusのようにFEM解析のためのモデリングを行う必要がなく、軸受の寸法と軸受に加わるラジアル荷重、アキシャル荷重及び曲げモーメントをソフトに入力すれば、軸受の内部荷重、接触面圧、せん断応力及び支持剛性が自動で解析できるようになる。

軸受の内部荷重分布が分かれば、玉と内・外輪軌道面の間には存在する油膜厚みの計算もできるようになる。解析理論の詳細については参考文献⁽¹⁻²⁾をご参照ください。

2. 軸受の構造と寸法

研究対象とする四点接触軸受の構造寸法図を図1に示す。玉の直径は11.9062mm、玉の数は8個である。図1に示すように3個のボール（1番、2番と3番）を用いて接触解析を行った。

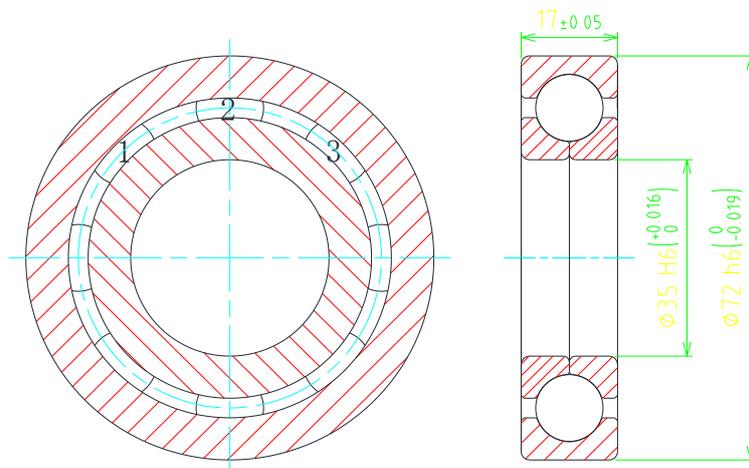


図1 研究対象とする四点接触軸受の構造寸法図

3. 四点接触軸受の接触解析

四点接触軸受の接触問題を弾性体の接触問題として取り扱う。図2は内輪、外輪及びボールの要素分割パターンである。

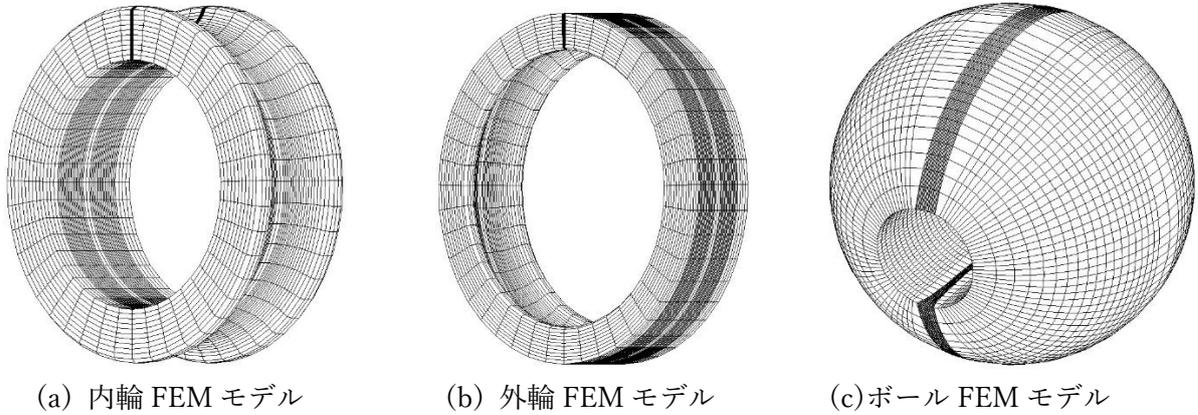


図2 接触解析のための FEM 要素分割パターン

軸受の上部から下向きのラジアル荷重を図1に示す軸受に加えてラジアル方向の接触解析を行う場合には、得られたボール上下表面の面圧分布をそれぞれ図3と図4に示す。図3(a)~(c)はそれぞれ図1に示す1番、2番と3番のボール上部表面の接触面圧分布の等高線図である。図4(a)~(c)はそれぞれ図1に示す1番、2番と3番のボール下部表面の接触面圧分布の等高線図である。図に示すように1番と3番の面圧分布は同じであり、また2番のボール表面に面圧が最大となっていることが解析された。またボール下部の面圧は上部面圧より大きいことが分かる。

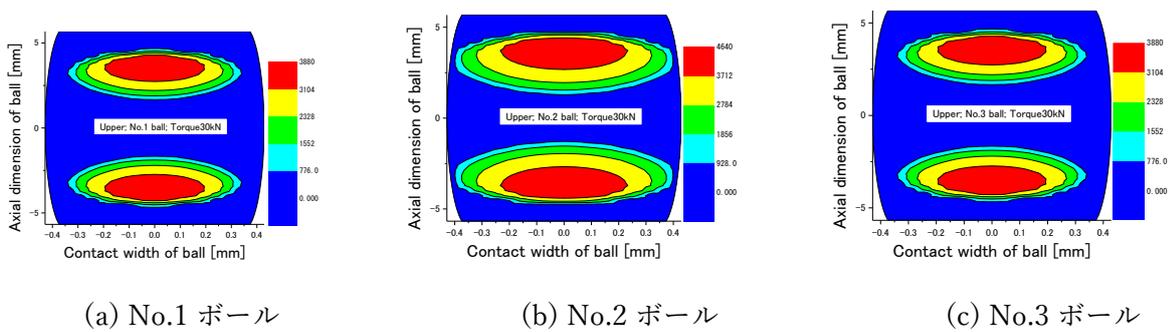


図3 ボール上部表面の接触部面圧分布(MPa)

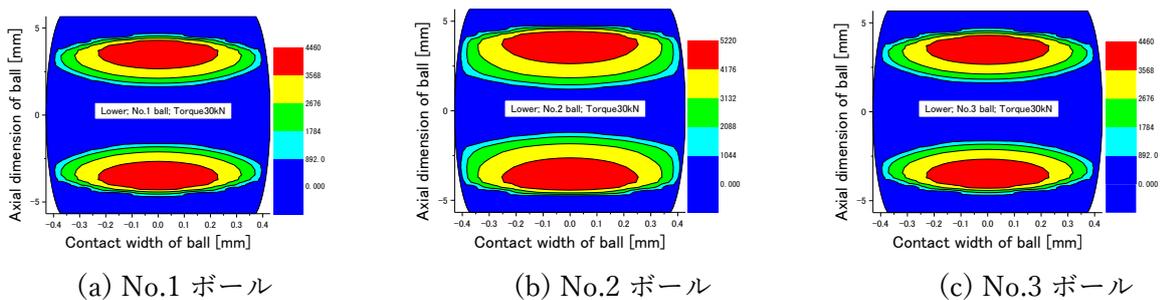


図4 ボール下部表面の接触部面圧分布(MPa)

文責：島根大学総合理工学部機械設計研究室教授 李 樹庭

2026年2月22日 Email: shutingnpu@yahoo.co.jp

参考文献：

- (1) Shuting Li, “Strength analysis of the roller bearing with a crowning and misalignment error”, **Engineering Failure Analysis**, Vol. 123, 2021, pp.1-15
- (2) Shuting Li, “A mathematical model and numeric method for contact analysis of rolling bearings”, **Mechanism and Machine Theory**, Vol. 119, 2018, pp.61-73