

報告番号 ※ 第2880号

## 主論文の要旨

題名 境界潤滑における案内面の  
摩擦特性に関する研究

氏名 小林明発

# 主論文の要旨

報告番号	※ 第 2 号	号	氏名	小林明発
<p>境界潤滑は，潤滑作用のうち極めて複雑で多様性に富む潤滑現象を包含する潤滑状態であり，トライボロジカルなトラブルの大部分が発生する潤滑領域でもある。境界潤滑機構のうち，潤滑油が固体表面に形成する吸着油膜は，境界潤滑特性に極めて大きな影響を及ぼす。このため，吸着油膜の厚さ，耐圧能およびせん断強さ等について多くの研究がなされてきている。その結果，境界潤滑機構のうち特に吸着油膜の特性についてかなりの知見が蓄積され，潤滑油の特性改善に役立てられてきている。しかしながら，これらの研究はいずれもかなり単純化された条件下の境界潤滑状態について検討されたものである。実際の境界潤滑状態については，吸着油膜の特性に加え，多数の微小突起の集まりにより構成される接触2面の表面性状も吸着油膜との関連において境界潤滑機構に極めて大きな影響を及ぼすものと考えられる。</p>				
<p>そこで本研究では，まず境界潤滑機構を解明するため，これまでに得られている境界潤滑機構に関する知見を踏まえ，より実態に則していると考えられる新たな境界潤滑モデルの提示を行い，境界潤滑機構について詳細に検討した。さらに，この境界潤滑モデルに基づき，工作機械案内面のうち最も複雑な表面性状をもつきさげ仕上げ面について，その表面性状の把握法を示すとともに，静摩擦特性に関しても詳細な検討を加えた。</p>				
<p>すなわち，まず第2章においては，微小突起間の金属接触を伴う現実的な境界潤滑状態に関し，金属接触部内のミクロな接触機構と</p>				

# 主論文の要旨

報告番号	※ 第	号	氏名	小林明発
<p>吸着油膜接触部内の接触圧力分布特性とを考慮した新しい境界潤滑モデルを提示した。このモデルに基づき，金属接触部，吸着油膜接触部の荷重支持特性および摩擦力特性について検討した。さらに微小突起の高さ方向の分布状態を考慮した接触理論を適用することにより，金属接触面積および吸着油膜接触面積などを求め，静摩擦特性（静摩擦係数）を理論的に評価するための手法を明らかにした。</p> <p>次いで，表面性状および潤滑油の各特性値が静摩擦特性に及ぼす影響について理論的に検討した。その結果，金属接触部のせん断強さ <math>C_1</math>，みかけの接触面積内の微小突起個数 <math>I_0</math>，突起の高さ方向の分布係数 <math>D</math>，突起の曲率半径 <math>R</math>，最大高さ <math>H_{max}</math>，真実接触率 <math>\gamma</math>，吸着油膜接触部の荷重支持能力 <math>C_2</math> が静摩擦特性に大きな影響を及ぼすパラメータであることを明らかにした。さらに，表面性状因子の静摩擦特性に及ぼす影響は，ある特定の潤滑油に対しては上記の表面性状因子で定まる表面性状係数 <math>k</math> により統一的に評価できることを示し，またこの事実を実験的にも確認した。</p> <p>第3章では，第2章で提示した新しい境界潤滑モデルに基づき，境界潤滑条件下での潤滑油の潤滑能を，接触面の表面性状との関連において総合的に評価する手法について理論的に詳細に検討した。新しい境界潤滑モデルおよび接触機構から求められた静摩擦係数の厳密解は，表面性状の各パラメータからなる表面性状係数 <math>k</math>，吸着油膜接触部の荷重支持能力 <math>C_2</math>，吸着油膜厚さ <math>tb</math> の複雑な関数となっているため，これらの各因子の静摩擦特性に対する影響度を適確</p>				

# 主論文の要旨

報告番号	※甲第 乙	号	氏名	小林 明 発
<p>に判断することが困難である。そこでこれらの因子により構成される簡単な評価式（境界潤滑能評価係数 <math>Z</math>）を求め、この評価式により静摩擦特性を検討した。その結果、この評価式により、実際的な境界潤滑条件下における静摩擦特性（静摩擦係数）が定量的に評価できることを明らかにした。また金属接触部の真実接触率 <math>\gamma</math> が、静摩擦係数 <math>\mu_s</math> と境界潤滑能評価係数 <math>Z</math> の関係に対して及ぼす影響についても吟味し、<math>\gamma</math> の値によって <math>\mu_s - Z</math> 関係が影響を受ける様子について明らかにした。</p> <p>第4章では、これまでの境界潤滑モデルに基づく静摩擦特性の評価に関する理論的手法の妥当性について、実験的に検討した。その結果、境界潤滑条件下の静摩擦特性は、境界潤滑能評価係数によって定量的に評価しうることを明らかにした。また境界潤滑条件下における摩擦実験の結果から、吸着油膜接触部の荷重支持能力 <math>C_2</math> の大きさは0.35、真実金属接触率 <math>\gamma</math> の値は0.9、金属接触部のせん断強さ <math>C_1</math> は0.5と見積ることが妥当であることを明らかにした。さらに潤滑油の種々の性質のうち、境界潤滑特性に密接に関連するものは、吸着油膜厚さと吸着油膜接触部の荷重支持能力の二つの量であるが、実際には後者は通常の潤滑油ではそれほど差異はなく、前者の吸着油膜厚さの差異によって潤滑性能の優劣が生ずることを示した。</p> <p>次に第5章では、高い精度を要する長い案内面によく使用されるきさげ仕上げ面について、上記の境界潤滑モデルを適用することを</p>				

# 主論文の要旨

報告番号	※甲第 乙	号	氏名
<p data-bbox="148 419 1232 1099">試みた。まず表面性状が極めて複雑なきさげ仕上げ面について、その表面性状を定量的に把握する一手法を示した。すなわちきさげ仕上げ面の模型として、1回のきさげ加工による切削痕を表面を構成する一つの面素と考え、この面素がある分布関数に従って高さ方向に分布し、また面素内微小突起もある分布関数に従って分布しているものとして、両方の分布関数を組み合わせることにより、複雑な表面性状をもつきさげ仕上げ2面の接触突起個数を求める。次に方向性があるきさげ仕上げ面を構成する微小突起を種々の形状に模型化し、さらにきさげ加工の方向の分布をも考慮することによって境界潤滑条件下におけるきさげ仕上げ2面の接触状態を理論的に明らかにする手法について検討した。</p> <p data-bbox="148 1132 1232 1746">第6章では、きさげ仕上げ案内面の表面性状に関する前章の理論的な把握方法について、実験的にその妥当性を明らかにした。すなわち、理論的に求めた分布関数と表面あらさ曲線から求めた実際の面素および微小突起の分布関数はよく一致し、また方向性をもつきさげ仕上げ面の微小突起は、楕円体と仮定したとき静摩擦係数の理論値と実験値がよく一致することから、楕円体が微小突起模型として最も適切であることも明らかにした。さらにきさげ方向の分布は離散的であり、その方向は摺動方向に対して<math>0^\circ</math>、<math>90^\circ</math>、<math>45^\circ</math>、<math>135^\circ</math>のいずれかであること、きさげ方向は静摩擦特性にかなり影響を及ぼすことも示した。</p> <p data-bbox="183 1779 1232 1813">極めて複雑な表面性状をもつきさげ仕上げ2面間の静摩擦特性に</p>			

# 主論文の要旨

報告番号	※ 甲 第 乙	号	氏名	小林明発
<p>関する静止時間依存性の発生機構は微視的スキーズ効果によりよく説明できることが明らかとなった。またこの静摩擦特性に関する静止時間依存性は、きさげ仕上げ面の組み合せを変えるとかなり変動し、表面性状の影響が著しいことも明らかとなった。上述の手法により理論的に求めた吸着油膜厚さと静摩擦係数の関係が実験的に求めたものとよく一致することからも、きさげ仕上げ面の静摩擦特性に関する理論的な考察が妥当であることを示した。</p>				
<p>次に第7章では、きさげ仕上げ面の静摩擦特性についてより一般的に考察するため、きさげ仕上げ面の各表面性状パラメータを広範囲に変えて種々のきさげ仕上げ面の組み合せを想定し、表面性状パラメータが静摩擦特性に与える影響を、きさげ仕上げ2面が同一の表面性状をもつ場合および異なる表面性状をもつ場合について、静摩擦係数<math>\mu_s</math>、接触突起個数の割合<math>P_s</math>、接触面積中に占める金属接触面積の割合<math>\lambda_s</math>などにより理論的に検討した。その結果、きさげ仕上げ2面の表面性状が同一の場合および異なる場合においても、表面性状パラメータのうち静摩擦特性に大きな影響を及ぼすのは、面素内微小突起の最大あらし<math>h_{max}</math>、面素の黒当りの割合<math>\alpha</math>、面素内微小突起の一次の分布係数<math>\delta</math>等であることを明らかにした。またこれらの表面性状パラメータを変えた場合、接触突起個数が極大となる表面性状パラメータ値の存在することが明らかとなった。さらに実験に供した仕上げ程度の異なる3組のきさげ仕上げ面の表面性状値を用いて静摩擦特性を計算した結果、実験値と定性的にはよく</p>				

# 主論文の要旨

報告番号	※甲第 乙	号	氏名	小林明発
<p>一致することから、これまでのきさげ仕上げ面の表面性状の把握方法ひいては静摩擦特性の評価方法の妥当性が明らかとなった。</p> <p>次に、きさげ仕上げ面の表面性状を表わす各パラメータとの関連において、吸着油膜厚さ <math>t_b</math> が静摩擦特性に与える影響について検討した。その結果、いずれの表面性状との関連においても、吸着油膜厚さ <math>t_b</math> は静摩擦特性に極めて大きな影響を与えることを明らかにした。また静摩擦特性に及ぼす接触荷重の影響を検討した結果、きさげ仕上げ面の静摩擦特性には荷重依存性があることも明らかとなった。</p> <p>きさげ仕上げ面の摩擦特性は、きさげ仕上げ面の表面性状を総合的に表わす一つの無次元量（単一表面性状係数<math>\xi</math>）の積によって総合的に整理することができ、積の値が大きいきさげ仕上げ面の組み合わせほど摩擦係数は減少することから、きさげ仕上げ案内面の静摩擦特性ひいては摺動体の摺動挙動を改善するためには、この単一表面性状係数<math>\xi</math>に含まれる表面性状パラメータ（黒当りの割合<math>\alpha</math>、面素内微小突起の一次の分布係数<math>\delta</math>、微小突起の曲率半径<math>R</math>、<math>R'</math>、面素内微小突起の最大あらさ<math>h_{max}</math>、微小突起の平面分布密度<math>Z</math>、<math>Z'</math>）を改善することにより<math>\xi</math>の大きいきさげ仕上げ面を使用すればよいことを明らかにした。</p>				