HOKKAIDO UNIVERSITY

Title	Friction and Lubrication of Hydrogels with Surface Geometric Patterns [an abstract of dissertation and a summary of dissertation review]
Author(s)	八島, 慎太郎
Degree Grantor	北海道大学
Degree Name	博士(生命科学)
Dissertation Number	甲第11502号
Issue Date	2014-06-30
Doc URL	https://hdl.handle.net/2115/56720
Rights(URL)	https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/2.1/jp/
Type	doctoral thesis
File Information	Shintaro_Yashima_review.pdf, 審査の要旨

Hokkaido University Collection of Scholarly and Academic Papers : HUSCAP

学 位 論 文 審 査 の 要 旨

博士の専攻分野の名称 博士（**生命科学**）　氏 名 八島 慎太郎

審査担当者	主 査	教 授	龔 剣萍
	副 査	教 授	小松崎 民樹
	副 査	准教授	黒 川 孝 幸
	副 査	特任教授	佐々木 直 樹

学 位 論 文 題 名

Friction and Lubrication of Hydrogels with Surface Geometric Patterns
（表面ジオメトリックパターンを有するハイドロゲルの摩擦と潤滑）

博士学位論文審査等の結果について（報告）

生体の軟骨や眼球の表面摩擦は極めて低いため、我々は抵抗を感じることなく滑らかに運動することができる。生体組織が柔らかく水を含んだ状態にあることでこのような低摩擦性を維持していると考えられているものの、その詳細な機構については明らかではない。ハイドロゲル(以下ゲル)は生体同様に水を含んだ柔らかい物質であり、生体代替素材としての応用が期待されている。著者は合成ゲルをモデル物質として使い、含水軟物質の表面摩擦について研究を行った。特に、軟骨表面に微細な凹み構造があることに着目し、ハイドロゲル表面にも微細な表面形状を施すことでその摩擦特性について検証した。

本論文の第一章では、ゲル表面に 1-10μm オーダーのランダムな粗さをもたせ、その摩擦挙動について評価した。平坦な表面をもつゲルに比べ、粗さをもつゲルは摩擦力が大きく、また摩擦挙動の再現性がよいことを初めて発見した。これらの結果は、粗さをもつ表面は接触面積が小さくなるので摩擦も小さくなる、という乾燥摩擦における一般的な結果とは異なるものである。液中における表面粗さをもつゲルでは、粗さの頂点の部分は局所的に大きな圧力がかかるため基板と強固に接触する。また、平滑なゲルに比べてゲルと基板間の排水に要する時間が短くなることも考えられる。よってこれらが大きな摩擦を生んでいると考察されている。これらの考察はゲル−ガラス界面の共焦点レーザ顕微鏡による観察実験によって確かめられている。

第二章では、ゲル表面に制御された凹み及び凸の表面形状を施し、その摩擦挙動の評価を行った。著者は凹みの形状を持つゲルは平滑な表面のゲルに比べて摩擦力が低いことを明らかにし、また界面に水が存在しない状態ではこの摩擦低減効果がほとんど現れないことを示した。これによって、ゲル表面にある凹みの構造が水を保持することで摩擦を下げていることを解明した。この結果は生体軟骨表面に存在する凹みの構造も同じような機構により摩擦低減効果を担っていることを示唆しており、生体軟骨の低摩擦機構への理解を深めた。一方、凸の表面形状を持つゲルではその表面積が小さくなっているにもかかわらず、摩擦力は大きくなることを明らかにした。第一章において明らかにした効果と同様に、接触部の圧力が大きいことと、界面に存在す

る水が自由に排水されることの二つの効果によりゲルが基板と速やかにかつ強固に接触し、大きな摩擦を生んでいると考察している。更に、凸の表面形状がもたらすこのような効果は潤滑液の粘度が極めて高い場合([η]=10Pa.s)にも表れることを確かめられている。

第三章では、粘度の高い溶液中においてゲルを回転させて滑らせた際に、ゲルと相手基板の接触部が円対称のパターンを描くという現象について記述されている。この現象は著者によって初めて発見され、非平衡状態がパターンを形成する新しい例になると考えられている。現段階で詳細な機構の解明には至っていないものの、界面の高分子溶液のシアシニングがこのパターンの形成と密接な関係にあることが示唆されている。

第四章では球状の突起を付けたガラスのシリコンゴム上での接触と摩擦を検証した。シリコンゴムとガラスの接触面積を直接観察によって評価し、摩擦力との関係を評価している。接触面積の荷重依存性の結果は、表面形状と接触面積についての古典的なモデルである Greenwood-Williamson モデルには従わず、接触点間の弾性的な相互作用が重要な役割を果たしていることを示した。更に、接触面積の結果によって微小な表面の凹凸における摩擦エネルギーの散逸を考慮したせん断応力の導出が可能となり、これが平滑な表面で生じるせん断応力の平均に比べて大きいことを明らかにした。

以上を要するに、著者はゲルの表面形状を変化させることで、その摩擦挙動に及ぼす影響について新知見を得たものであり、生体組織の摩擦機構の理解や、ゲルという素材の機能付加に貢献したといえる。また、ゲルの界面について新たな非平衡状態の現象を発見している点も重要な業績である。

よって著者は北海道大学博士(生命科学)の学位を授与される資格を有するものと認める。