



|              |   |
|--------------|---|
| Title        | 分子間力顕微鏡を用いた各種表面間相互作用の計測   |
| Author(s)    | 廣島, 通夫  |
| Citation     | 大阪大学, 1999, 博士論文  |
| Version Type | VoR   |
| URL          | <a href="https://doi.org/10.11501/3155511">https://doi.org/10.11501/3155511</a> |
| rights       |   |
| Note         |   |

*The University of Osaka Institutional Knowledge Archive : OUKA*

<https://ir.library.osaka-u.ac.jp/>

The University of Osaka

|            |   |
|------------|---|
| 氏名         | ひろしまみちお<br>廣島通夫                                   |
| 博士の専攻分野の名称 | 博士(理学)  |
| 学位記番号      | 第 14759 号   |
| 学位授与年月日    | 平成11年3月25日  |
| 学位授与の要件    | 学位規則第4条第1項該当<br>基礎工学研究科物理系専攻                      |
| 学位論文名      | 分子間力顕微鏡を用いた各種表面間相互作用の計測                           |
| 論文審査委員     | (主査)<br>教授 柳田 敏雄<br><br>(副査)<br>教授 葛西 道生 教授 村上富士夫 |

### 論文内容の要旨

筋収縮や細胞内の情報伝達など生体内における各種機能の発現は、関係する個々の生体分子間の相互作用が集積した結果である。これら生体分子間に作用する分子間力は、各種の相互作用が複合したものとなっている。生体分子間に作用する力を測定し、その作用機序を理解するためには、構成する各種相互作用の種類や性質を知る必要がある。そこで本研究では、近年開発した高感度分子間力顕微鏡を用いて、各種の均一表面（疎水性表面、帯電表面）間に作用する力を、生体分子程度のサイズを有する微小プローブにより計測、解析した。

生体分子サイズ程度のプローブ（曲率半径17nm）表面をシランカップリング剤により疎水性に修飾し、同様に修飾したガラス基盤との間に作用する力を溶液中において測定した。得られた主な結果は以下の通りである。

#### 1) 長距離引力の存在と溶液塩強度への依存性

純水中において約200nmの長距離に及ぶ引力が観測された。この引力の作用距離は、溶液中の塩強度の増加に伴い減少を示した。得られた力のプロファイルは、二つの指数関数和でよく近似され、減衰定数の一方は塩強度に関わらず一定であったが、他方には塩強度に対する依存性が見られた。しかし、帯電表面間における静電相互作用の減衰数（デバイ長）の塩強度依存性とは傾向が異なっている。

#### 2) 巨視的現象との相関

溶液の液滴と疎水表面間の接触角の巨視的計測結果より、表面疎水性（表面張力）の度合いと、引力の作用距離及び減衰定数に相関があることが示された。このことは、観測された長距離力が、水（分子）と疎水表面との相互作用を反映したものであることを示唆している。

疎水表面間の相互作用については未だに解明されていない点が多いが、生体分子サイズ程度の表面にも長距離引力が作用することを示した初めての結果である。

修飾を施していないプローブ/基盤間の相互作用についても同様の測定をおこなった。得られた結果から、間隙距離が10nmより長い領域では、この相互作用力は表面間力の挙動を記述するDLVO理論に従うが、それ以下の表面近傍においては、理論の予測より逸脱することが示された。そこで計測と同様の条件で静電相互作用についてシミュレーションをおこない、表面近傍ではDLVO理論の仮定（表面間力は電気二重層力とファンデルワールス力の単純

和で表される)が一意に成立しないことを示唆する結果を得た。

### 論文審査の結果の要旨

本論文は、著者らのグループが近年開発した高感度分子間力顕微鏡により、各種の均一表面（疎水性表面、帯電表面）間に作用する力を、生体分子サイズ程度の微小プローブ（曲率半径17nm）により計測、解析した結果について述べている。この顕微鏡は、従来測定機器の約100倍に相当するサブピコニュートン分解能を有しており、従来の研究では成し得なかった、生体分子程度の表面に作用する微小力の測定を成功させた。

本論文は大別して二つの研究より構成される。疎水性表面を有するプローブとガラス基盤間の相互作用の研究では、純水中で約200nmの長距離に及ぶ引力の存在を明らかにするとともに、この引力の作用距離が溶液塩強度に依存することを示した。また、力のプロファイルを二つの指数関数で近似した際、一方の減衰定数は塩強度に関わらず一定であるのに対し、他方は塩強度依存性を示すことを明らかにした。さらに、これら微視的現象の計測結果と、溶液の液滴と疎水表面間の接触角（巨視的現象）を比較し、表面疎水性（表面張力）の度合いと、引力の作用距離及び減衰定数に相関があることを示した。このことは、長距離引力が、水と疎水表面との相互作用を反映したものであることを示唆する。疎水性相互作用に関しては未だに解明されていない点が多いが、これらは生体分子サイズ程度の疎水表面間相互作用に関する初めての知見である。

次に弱帯電性表面についても同様の研究をおこない、間隙距離が10nm以下では、表面間力の挙動がDLVO理論の予測（表面間力は電気二重層斥力とファンデルワールス引力の単純和で表される）より逸脱することを示した。さらに、計測と同様の条件で静電相互作用のシミュレーションをおこない、表面近傍でDLVO理論の仮定が一意に成立しないことを示唆する結果を得ている。

本論文により得られた知見は、生体分子間相互作用の作用機序に対する理解の一助となる。また、用いている実験系は、そのサイズから生体分子間相互作用の良いモデル系となっており、これらの研究を一層発展させる道を拓くものである。これらから、本論文を博士（理学）の学位論文として価値のあるものと認める。