

## 論文審査の要旨および学識確認結果

報告番号	甲 第 号	氏 名	卷内 崇彦
論文審査担当者：	主査	慶應義塾大学教授	理学博士 白濱 圭也
	副査	慶應義塾大学教授	博士(理学) 齊藤 圭司
		慶應義塾大学准教授	博士(理学) 渡邊 紳一
		慶應義塾大学教授	博士(工学) 堀田 篤
(論文審査の要旨)			
<p>学士(理学)、修士(理学) 卷内崇彦君提出の学位請求論文は、「Elastic Anomaly of Adsorbed Films (吸着薄膜の弾性異常)」と題し、全6章より構成されている。</p> <p>固体表面での気体分子の吸着現象は、物理、化学、工学の多方面から盛んに研究されており、触媒や水素貯蔵などの基盤技術でも重要である。物理学では、単原子層程度の厚さの吸着薄膜は2次元系として振る舞い、バルク物質にない様々な創発相が発現するため、重要な研究対象となってきた。著者は本研究で、ガラス基盤に物理吸着したヘリウム、水素、ネオンの薄膜の弾性率が極低温で異常な増大を示すこと、即ち吸着薄膜が「硬くなる」ことを発見した。このような現象が見つかったのは一世紀以上にわたる吸着現象の研究で初めてのことであり、「弾性異常(Elastic Anomaly)」と名付けられた。本論文では6種類の分子薄膜に対して弾性異常の詳細な測定と解析を行い、弾性異常は吸着薄膜特有のエネルギー構造に起因することが示された。</p> <p>第1章は序論であり、ヘリウム、水素、ネオンの基本的性質、物理吸着現象の基礎、本研究の背景となるヘリウム薄膜の過去の研究について述べたあと、本論文の概要が述べられている。第2章は実験方法の記述であり、ねじれ振動子による弾性の測定方法、吸着基盤として用いた多孔質ガラス試料、極低温生成と温度測定法、気体吸着の方法、実験の手順について述べている。</p> <p>第3,4,5章でそれぞれヘリウム、ネオン、水素薄膜に対する弾性測定の結果と解析が述べられ、実験結果に対する解釈が提案されている。第3章はヘリウム薄膜の記述である。ボース粒子である<sup>4</sup>He薄膜は、吸着量が臨界値(約2原子層)を越えると超流動状態となるが、臨界吸着量より薄い膜は超流動を示さない局在状態にある。本章では局在薄膜の弾性率が低温で散逸を伴って増大すること(弾性異常)の発見と、弾性異常の性質が詳細に記述されている。著者はこの弾性異常がヘリウム薄膜に存在する2つのエネルギーバンドに起因することを提案している。すなわち、弾性異常は局在バンドから空間的に広がったバンドへの原子の熱活性化型励起と緩和プロセスにより生じることを、詳細な解析と実験データとの比較により明らかにしている。さらにフェルミオン同位体の<sup>3</sup>He薄膜でも同様の弾性異常を発見し、その振る舞いを記述している。これらの結果より、<sup>4</sup>Heと<sup>3</sup>He薄膜はともにモット絶縁体やモットガラスに類似した、励起にギャップを持つ圧縮性の局在状態であり、吸着量の増加とともにギャップが閉じて量子相転移を起こすと結論している。</p> <p>著者はさらに、弾性異常がヘリウム薄膜に特有の現象かを調べるため、ヘリウムより重く量子性の弱いネオンと、多様な同位体を有する水素分子(H<sub>2</sub>, HD, D<sub>2</sub>)薄膜で弾性測定を行った。第4章はネオン薄膜の弾性異常の記述である。ネオン薄膜でも約5Kで弾性異常を発見したが、ヘリウムと異なり量子相転移を示さない古典系であることを明らかにしている。この結果から、弾性異常は量子性に関係なく、薄膜のエネルギー構造に起因する普遍的現象であることを示唆している。第5章では、3種類の水素同位体薄膜において異なる温度で複数の弾性異常を発見したことと、その性質を記述している。複数の異常は水素分子の古典及び量子拡散と、薄膜最表面の分子の過冷却状態に起因するという解釈を提案している。第6章では結論として、本研究の成果がまとめられている。</p> <p>以上、著者は本研究で吸着薄膜の弾性異常という新しい現象を発見し、その振る舞いが薄膜の量子性や熱力学的性質に起因することを解明している。また調べた全ての薄膜で弾性異常を発見したことは、弾性異常があらゆる吸着薄膜に存在する普遍的現象であることを示唆している。従って本研究は、ヘリウムや水素薄膜の持つ量子多体的性質や、吸着現象の普遍的性質を明らかにする重要な成果であり、広く物理学、化学、工学等の関連分野で学術上寄与するところが少ない。</p> <p>よって、本論文の著者は博士(理学)の学位を受ける資格があるものと認める。</p>			
学識確認結果	<p>学位請求論文を中心にして関連学術について上記審査会委員で試問を行い、当該学術に関し広く深い学識を有することを確認した。</p> <p>また、語学(英語)についても十分な学力を有することを確認した。</p>		