The University of Osaka
Institutional Knowledge Archive

Title	固体表面間の相互作用力に関する研究
Author(s)	遠藤, 勝義
Citation	大阪大学, 1991, 博士論文
Version Type	VoR
URL	https://doi.org/10.11501/3054421
rights	
Note	

The University of Osaka Institutional Knowledge Archive : OUKA

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

The University of Osaka

【86】

氏名・(本籍)	遠藤勝義（えんどう かつよし）
学位の種類	工学博士
学位記番号	第 9534 号
学位授与の日付	平成3年2月28日
学位授与の要件	学位規則第5条第2項該当
学位論文題目	**固体表面間の相互作用力に関する研究**
論文審査委員	(主査) 教授 森 勇藏　教授 井川 直哉　教授 青木 亮三 教授 川邊 秀昭　教授 片岡 俊彦

論文内容の要旨

本論文は，二固体の表面が真に接触した場合の固体表面間の相互作用力いわゆる付着力を，原子論的立場から，さらには表面・界面の電子のエネルギー状態から理論的に解析するとともに，相互作用力を大気中や超高真空中，水中といった各種環境下で測定することによって，それぞれの場合の相互作用力の原因を明らかにしたものである。さらに，摩擦力を原子論的立場から解明し，また超精密加工の例である超精密切削およびＥＥＭ（Elastic Emission Machining）の加工機構と相互作用力の関係について論じており，次の10章から構成されている。

第1章では，本研究を通観し，その目的と意義について述べている。

第2章では，固体表面間の相互作用力を理論的に明らかにするために必要な固体表面および界面の電子のエネルギー状態を量子力学に基づき解析する方法について説明し，表面および界面のエネルギー状態を計算している。

第3章では，弾性接触状態におけるチップとプレートすなわち球と平面間の相互作用力を接触界面で化学結合に基づく原子間の結合力が生じるという仮定のもとに理論的に解析している。すなわち，表面エネルギー・界面エネルギーを原子論的立場から定量的に評価し，Hertz の接触理論とさらに接触円外側の原子間力の影響を考慮に入れ，球と平面間の相互作用力を求めている。

第4章では，摩擦力は界面原子間の結合力によって生じると考え，弾性接触状態における摩擦現象を界面原子個々の挙動から原子論的に考察し，新しい摩擦の概念を提案している。

第5章では，大気中でチップとプレート間の相互作用力を測定し，大気中での相互作用力の主たる原因は van der Waals 力であることを明らかにしている。

第6章では，超高真空中で清浄な同種金属間の相互作用力と接触面積を測定し，接触荷重を与えなくても，接触界面の原子間にはバルク内と同じ化学結合が生じるという結論を得ている。

第7章では，超精密加工であるダイヤモンド工具による金属切削を例に，その工具すくい面での摩擦現象と相互作用力の関係について議論している。摩擦係数および相互作用力を測定しそれらに相関があることを示し，またダイヤモンドと金属の接触界面の電子のエネルギーから相互作用力を評価できることを示している。

第8章では，水中で粉末粒子を用いて加工するＥＥＭの加工機構と相互作用力の関係について考察するために，水中での相互作用力を測定している。その結果，接触した二種類の固体を分離するときに一方の表面原子がもう一方の表面原子を除去するというＥＥＭの加工機構と同じ現象によって，水中での相互作用力が生じていることを見出している。

第9章では，接触界面で原子間の結合力が発生するような清浄な表面間の摩擦力を大気中および超高真空中で測定し，第4章で提案した新しい摩擦の概念の妥当性を示している。

第10章では，本研究の内容を総括し，得られた結論をまとめている。

論文審査の結果の要旨

固体表面間の相互作用力は，接触する二固体の界面に生じる原子間の結合力に基づくものであり，超精密加工や摩擦の機構など，固体の表面現象を支配している重要な因子である。本論文は，二固体の表面が真に接触した場合の固体表面間の相互作用力を，原子・電子のレベルから理論的に解析するとともに，相互作用力を超高真空中や大気中，水中といった各種環境下で測定することによってそれぞれの場合の相互作用力の原因を明らかにし，さらに，超精密加工および摩擦の機構と相互作用力の関係を明らかにすることを目的にした研究をまとめたものである。その成果を要約すると，以下の通りである。

(1) 固体表面間の相互作用力を理論的に解明するのに不可欠な表面エネルギーおよび異種原子間の界面のエネルギー状態を，量子力学に基づき表面・界面の電子のエネルギーを計算することから定量的に解析する方法を確立している。

(2) 弾性接触状態におけるチップとプレート間の相互作用力を接触界面で原子間の結合力が生じるという仮定のもとに理論的に解析し，相互作用力のチップ先端半径依存性，もしくは相互作用力と接触面積の関係が測定できれば，相互作用力から原子間の結合エネルギーが評価できることを明らかにしている。

(3) 大気中でチップとプレート間の相互作用力を測定し，大気中での相互作用力の主たる原因は van der Waals 力であることを明らかにしている。また，超高真空中で清浄な同種金属間の相互作用力と接触面積を測定し，接触荷重を与えなくても，接触界面の原子間にはバルク内と同じ化学結合が生じるという結論を得ている。

(4) 摩擦力は界面原子間の結合力によって生じると考え，弾性接触状態における摩擦現象を界面原子個々

の挙動から原子論的に考察し，新しい摩擦の概念を提案している。すなわち，二固体の相対変位によって界面原子間の結合がつなぎ換わるときに，界面原子間に蓄えられたひずみエネルギーの一部が格子振動のエネルギーとして消費され摩擦仕事になるというものである。そして，この新しい摩擦の概念の妥当性を大気中と超高真空中での微小領域の摩擦力の測定から示している。

(5) 超精密加工であるダイヤモンド工具を用いた金属切削における工具すくい面での摩擦現象は，ダイヤモンドと金属の表面原子間の化学結合が原因であることを明らかにしている。また，ダイヤモンドと金属の界面電子のエネルギー状態から表面原子間の結合力の大きさが評価できることを示している。

(6) 水中での相互作用力は，接触した二種類の固体を分離するときに一方の表面原子がもう一方の表面原子を除去するという現象を利用した超精密加工であるＥＥＭ（Elastic Emission Machining）の加工機構と同じ物理現象が原因であることを見出している。

以上のように本論文は，固体表面間の相互作用力を原子・電子レベルから，理論的・実験的に解明するとともに，工学的に重要な超精密加工および摩擦の機構における相互作用力の役割について有用な知見を得ており，精密加工学および表面工学に貢献するところが大きい。よって，本論文は博士論文として価値あるものと認める。