

1. 科学観測における加工技術の必要性

探査ローバによる惑星探査ミッションでは目的地に移動した後、分光器による成分分析やマニピュレータによる岩石移動などを行うために、試料の加工が不可欠である。しかし、探査ローバには電力や重量などに制約があるため、地上の加工機を利用することは困難である。

そこで、我々は、惑星表面探査のための岩石研削・加工技術として、超音波振動を利用した岩石研削機(Ultra Sonic Drill:USD)について研究を進めている。また、この探査機用加工機の開発は工学的に困難な点が多く、NASA(JPL)やESAでも注目され、研究が進められている。

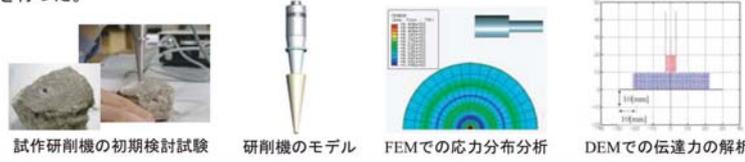
同分野の研究例



現在までの研究状況

まず、加工のために十分な力を得られるか確認するため、超音波振動で駆動する研削機を試作し、初期検討試験を行った。その結果、試作研削機により岩石の研削を確認できた。

次に、超音波振動の増幅量を決定するホーン形状について検討を行い、有限要素法による解析より、振動の伝搬経路の違いによって先端での力の分布が異なることを確認した。また、破壊現象を定量的に評価するため、個別要素法にてホーン毎の研削シミュレーションを行った。



有限要素法の結果を考慮した研削シミュレーションより、先端で力の分布が波紋上になるホーンにて高い研削結果が予想された。本稿では複数の接触点での力の印加による効果について検討する。また、平たい先端表面が波形に変わるほどの先端振幅の変化について実験により検証する。

2. 先端形状による研削能力の違い

2.1. 研削性能評価に用いる個別要素法(Distinct Element Method: DEM)

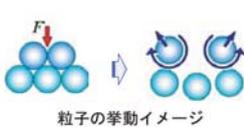
実験実験からの検討課題

- ・ホーン(形状・素材)、加工対象への力の印加点の違いにより研削能力が変化する
- ・撃力印加による破壊過程の理解が困難
- ・破壊現象の再現、再実験が困難

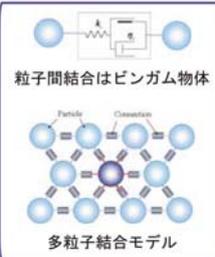
物体を粒子の集合体としてモデル化し、破壊・崩壊過程を解析する

DEMで実現すべき粒子の挙動

- ・粒子間の結合
- ・粒子間の結合切断
- ・回転



DEMモデル

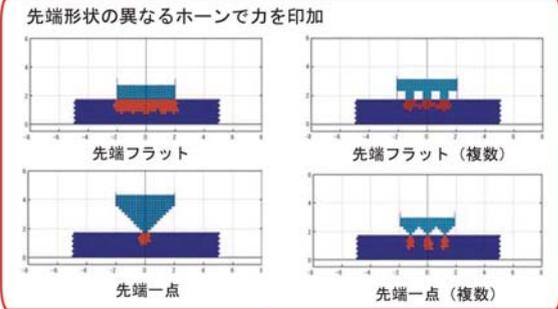


2.2. 接触方法の違いによる研削性能変化の検証

- ・点接触と面接触による研削性能の変化
- ・多点接触の研削性能評価



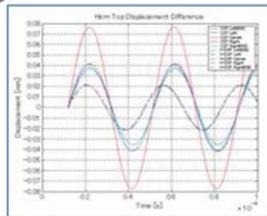
接触方法の違いによる伝搬力の変化(初期の力一定)



接触点が多点(多数)あることで力の相乗効果の発生を確認

2.3. 研削力のシミュレーションと試作器による実験

先端が平坦なホーンにおける応力分布の影響確認



ホーン先端をレーザ ドップラー振動計で計測

- ・先端振幅の増幅現象を確認
- ・同一ホーンにおける部位による先端振幅の増幅率変化を確認
- ・ホーンによる先端振幅の増幅率変化を確認

3. まとめと今後の課題

接触方法の違いによる研削性能の変化を確認するため、個別要素法を利用してシミュレーションを行った。その結果、多点接触における研削能力の向上が確認できた。また、ホーン先端で力分布の影響による振幅変化を実験より確認することができた。これより、ホーン外形に段をつけることで先端に凹凸加工をしたものと同様の接触点を得られることが明らかとなった。

今後は、ホーンによる力の増幅量を考慮した先端形状の検討を進めることとともに、表面の研削性能だけでなく内部への振動伝搬の影響などについて解析を行う予定である。