

## 遠隔 SIMS による月表面分析システムの検討

田中孝治、佐々木 進、三浦保範 1)

宇宙科学研究所、1)山口大学

1. 背景
2. 基本原理、システム構成
3. 空間分解能、2 次イオン量の推定
4. 予備実験結果
5. 機器仕様とシステム重量
6. まとめ

## 背景

これまで、アポロ、クレメンタイン、ルナプロスペクタなどの米国の探査機により、月利用の上で必要な組成、環境等に関する多くのデータが取得されている。

ルナプロスペクタ：中性子分光計 > 極域の永久影の領域に大量の氷の存在  
空間分解能：150km

元素分布を精度よく、高分解能で定量的に把握するには、ランダーや移動探査機などによる直接探査が必要とされている。

移動探査車の走破性能あるいは月の長い夜間や永久影内などでは探査機へのエネルギーの供給が課題。

# 基本原理

## システムコンフィギュレーション

ランダーは極域クレータリム部の永久日照あるいは日照時間の長い領域に設置する。

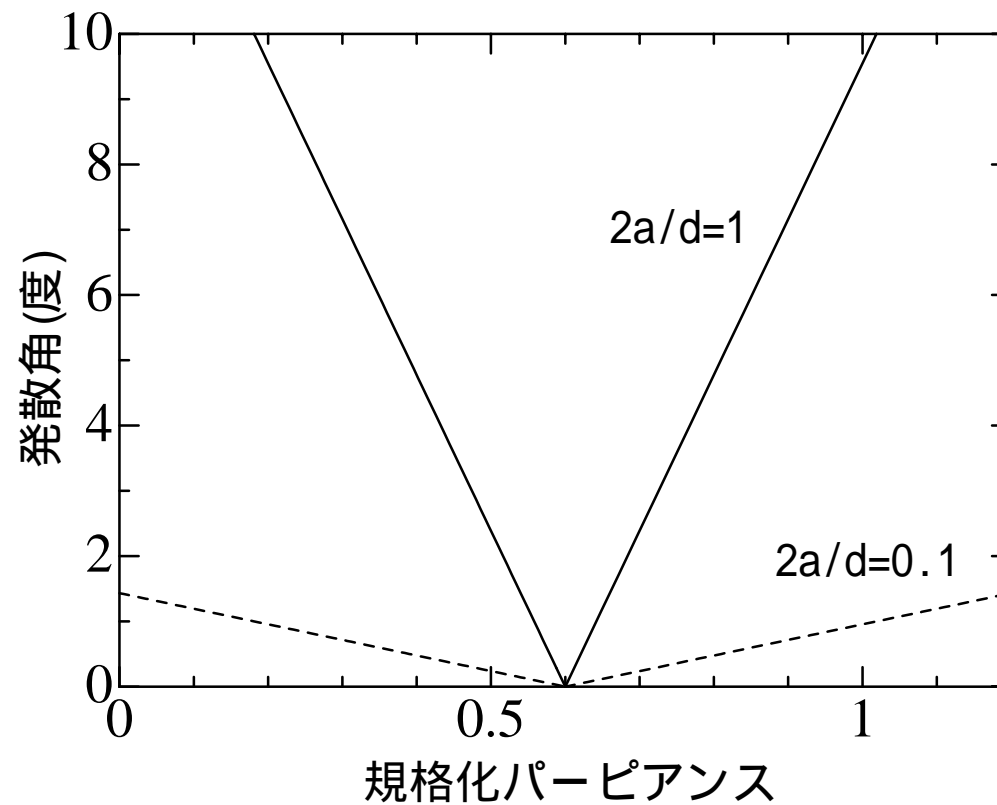
ランダーからクレータ内にイオンビームを照射し、月面からの2次イオンを質量分析計で計測する。質量分析計は4重極型あるいは飛行時間型を用いる。

イオンビームの照射距離は数 km 程度とする。

# 空間分解能

# 平行平板 2 電極引き出し系におけるビーム発散角

$$\omega = \frac{1}{4} \cdot \frac{2a}{d} \left| 1 - \frac{5P}{3P_c} \right| \quad (\text{rad}) *$$



\*T.S.Green; IEEE trans.Nucl.Sci.Ns-23,No.2,(1976).

アスペクト比が 0.1 のとき発散角は約 1 度であるが、イオン電流は 1/100 となる。

このとき、1km 先のイオンビームの照射範囲は以下となる。

アスペクト比	発散角(度)	照射領域の半径(m)
1	14.3	250
0.1	1.43	25

## イオン源の一例

### Kaufman 型イオン源

イオンビーム電流 $I_B$	0.5 ~ 1.0A
加速電極流入電流	$5 \times 10^{-3} I_B$
加速電圧	2kV
放電電流	10 ~ 20A (~ 20 $I_B$ )
放電電圧	25 ~ 30V
軸方向磁界	10 ~ 30Gauss
ガス効率	85%



## 検出可能 2 次イオン量の見積もり

照射イオン電流      1A

照射距離              1 ~ 10

km

2 次イオン生成率      0.1 ~ 1%

検出部における 2 次イオン量

$10^{6\sim7}$  ions  $\text{cm}^{-2}/\text{s}$  (1km)

$10^{4\sim5}$  ions  $\text{cm}^{-2}/\text{s}$  (10km)

## 予備実験

- ・ 2 次イオンの発生効率の測定

カウフマンイオン銃、電気推進機で測定を行い、論文値と比較を行った。

ターゲット：アルミ、鉄、銅

一次イオン種：アルゴン、酸素、キセノン

## 機器仕様

システム重量	15kg
システム寸法	200 × 200 × 300
イオン銃	2 ~ 3kV, ~ 1A (パルス駆動 : 50ms)
ビーム径	5cm
ビーム収束性	1.5 度
質量分析計	4 重極型
マスレンジ	1-150
分解能	200
開口面積、効率	10cm <sup>2</sup> 、 10%
イオン検出	想定カウント : 10 <sup>4</sup> ~ 10 <sup>5</sup> /s (10km)

## システム重量

イオンビーム装置	7kg
イオンガン	2.0kg
イオン銃電源	3.0kg
ガスリザーバー	2.0kg
質量分析器	5.0kg
分析器	2.0kg
電源	3.5kg
制御、データ処理部	2.0kg
構体	1.5kg
合計	15kg

## まとめ

今回の予備的な検討により、ランダーからのイオンビーム照射を用いることにより、数 km 程度の範囲を、数十～百 m 程度の空間分解能で組成分析を行えそうであることがわかった。

## 今後の機器開発課題

真空チャンバ内に月環境を模擬し、2 次イオンの放出角度分布、初期エネルギーの分布を調べる。

マスペクトルのデータベースの作成

1 次イオン源の開発

- ・ 発散角が小さく、イオン強度の強いイオン源の開発
- ・ 最適な 1 次イオン種

質量分析計の開発