

南極地域におけるペネトレータ観測システム維持のための太陽光発電の検討
Consideration of Solar Power Generation for Maintaining Penetrator Observation System
in Antarctic Region

1265035 山本 耕大 (宇宙地球探査システム研究室)
(指導教員 山本 真行 教授)

1. 背景・目的

ハードランディング方式の探査機であるペネトレータ(図1)は、到達困難地域 (Unmanned-Place) に観測機器を無人で設置可能、複雑なソフトランディングシステムよりも低リスクで設置可能などのメリットがある。著者は第64次南極地域観測隊に参加しペネトレータを用いた観測を行った。このとき、現在のペネトレータ観測システムは1次電池を使用しており、長期間の観測が難しいことを知った。本研究では、ペネトレータを長期観測に対応させるため、特に南極地域での観測をスタディケースとし、太陽光発電の検討を行い、観測期間の長期化に対する定量評価を行うことを目的とする。



図1 ペネトレータの外観.南極で使用したペネトレータで、鉛筆形状をしており、その大きさは、最大直径(フィンを含む)が130 mm、長さが800 mmである。

2. 数値計算の概要

ペネトレータはその特殊な観測方法から、設置後に電池交換などシステム維持のメンテナンスが出来ない。そのため、太陽光発電に必要な日射量の観測値を数値計算によって定量化する検討が求められる。そこで、村井らの日射量の計算式[1]を参考に理論式(式(1))を構築した。

$$J_{au} = J_0 P^m C (\cos \theta_t + R \cos \theta_r) \tag{1}$$

式(1)は、 J_0 は太陽定数、 P は大気透過率、 C は気象条件による減衰、 θ_t は入射光とパネルとのなす角、 θ_r は反射光とパネルとのなす角、 R は地面の反射係数によって構成されている。補足として、式(1)は、観測点における太陽位置を特定する必要があるため、妥当性が示せれば、太陽系内を自転しながら公転する惑星上の任意の地点における日射量が計算可能となる。

3. ペネトレータの観測期間の試算

式(1)の妥当性を確認するため、札幌、東京、高知、および極夜期間のある南極(昭和基地)での日射量を気象庁の観測データと比較した。その結果、相対誤差が概ね10%以内に収まったため、式(1)を用いた数値計算を行えると判断した。次にペネトレータの電源容量の推移算出を行った。図2は、パネル傾斜角を90°、2次電池の電源容量 BT [Ah]を72 Ah、消費電力 P_{Loss} [Ah/Day]を1.23 Ah/Dayで固定し、太陽光パネル面積 S [m²]を2, 3, 4 m²で変化させたときの電源容量の推移である。ペネトレータの観測期間は、 $S = 4$ m²のときは通年して電源容量が尽きることはない($BT > 0$)が、それ以下の面積では、極夜期間に電源容量が尽きる日数が存在すると判明した。

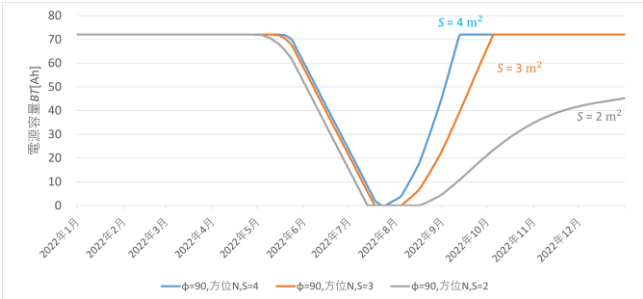


図2 ペネトレータの電源容量の推移. 横軸が日付、縦軸が電源容量 BT [Ah]のグラフである。パネル傾斜角を固定し、パネル面積を変化させたときの電源容量の推移を示す。

4. 吟味と検討

図2より、目安が得られたので、観測可能期間の検討を行った。太陽光パネル面積、消費電力、電源容量を変化させたときの観測可能日数の差を2パターン(表1, 2)に分類し、観測日数を確認した。このとき、パネル傾斜角 ϕ は、著者らが南極で実験して得たデータ[2]をもとに±30°の範囲で変動するものとし、0°, 15°, 30°で計算、方位は北、西、南のみを計算対象とした。また、消費電力は1週間の内、観測のため0.20 Ahを6日消費し、残りの1日は通信のために2.45 Ah消費すると仮定した。観測日数は観測開始からの日数でカウントした。水色で示す日数は通年観測が可能で、赤色で示す日数は電源容量がゼロになった日までの日数を示す。

表1. 太陽光パネル面積 $S = 2.6$ m²、電源容量 $BT = 36$ Ahで固定したときの観測日数の変化。

$\phi \backslash \theta$	N(0°)	W(-90°)	S(180°)
0	176	176	176
15	216	180	147
30	365	189	129

表2. 太陽光面積 $S = 2.6$ m²、電源容量 $BT = 72$ Ahで固定したときの観測日数の変化。

$\phi \backslash \theta$	N(0°)	W(-90°)	S(180°)
0	365	365	365
15	365	365	224
30	365	365	208

表1, 2を比較すると、電源容量 BT が2倍異なり、電源容量は太陽光発電における傾斜角と方位角の依存性のある程度解消してくれると示唆される。

5. 結論

本研究では、ペネトレータの観測可能期間について定量的検討を行った。その結果、観測期間は、太陽光パネル面積、消費電力、電源容量に依存することが示唆され、太陽光パネル面積2.6 m²にて有意な結果が得られた。これらは、今後のペネトレータの仕様決定に重要な要因と考えられる。

参考文献

[1] 村井俊治, 大林成行, “斜面の受ける太陽エネルギーに関する基礎的研究”, 生産研究, 25, p. 319-326, 1973.
[2] 西川泰弘, 山本耕大, 田中智, ”第64次日本南極地域観測隊におけるペネトレータ観測報告”, 南極資料, In Press.