

# 複数の惑星探査ローバーによる音源探査手法の開発

システム工学群

宇宙地球探査システム研究室 1180025 大塚 祐樹

## 1. 研究背景

昔から生命の起源や地球外生命体,はたまた人類の次なる移住先として火星は注目を集めてきた.そして 1960 年代から火星探査のための様々な開発も行われてきた.火星探査車に関しては 1996 年に初めてローバーが火星に着陸した.その後もスピリットやキュリオシティなどが打ち上げられ,2020 年にも NASA は次のローバーの打ち上げを計画している.火星探査は回を重ねるごとにローバーは大型化され,またどの探査においても単機での投入である(1).

また数多くの火星探査が行われてきたにも関わらず,火星大気中の音に関してはほとんど調査・観測がなされていない.火星探査ローバーに音波観測用のマイクを搭載することで物理量の間接計測や,観測した音を利用した音源探査等にも有用ではないかと考えられる.

## 2. 研究目的

本研究では惑星探査,特に火星探査における複数の小型惑星探査ローバーによる音源探査手法の開発を行っていく.また開発した惑星における音源探査手法の有用性の確認も本研究の目的とする.

## 3. 音源探査<sup>(2)</sup>

惑星探査において音源探査を行う場合,音波波形に対する相互相関係数を用いて,音源位置推定を行う(2).相互相関係数は

$$R_n^{(fg)} = \frac{\sum_{i=0}^{N-1} f_i g_{i+n}}{\sqrt{\sum_{i=0}^{N-1} f_i^2} \sqrt{\sum_{i=0}^{N-1} g_i^2}} \dots \dots \dots (1)$$

で表される.この時の相互相関係数は正規化された相関値となり,-1 から+1 までの範囲での値を持つ.相互相関係数の絶対値が 1 に近ければ近いほど,その時の 2 つの音波信号は類似していると言える.また相互相関係数が 1 だった場合,2 つの信号は同じものであると言え,逆に 0 に近づけば近づくほど 2

つの信号に類似性はないと言える.あるマイク①で受信した信号 $f$ ,別のマイク②で受信した信号 $g$ に関して,信号 $g$ を $n$ サンプルずらした時の相互相関係数が最大となった場合,この時のサンプル数分,相関のある 2 つの信号 $f, g$ には位相差があると言える.この位相差から各マイクへの音の到着時間差を求めることができる.音速が既知の場合,音の到着時間差から各マイクと音源との距離の差が分かる.このことから音源位置の候補は,マイク①の座標を $F_1(c, 0)$ ,マイク②の座標を $F_2(-c, 0)$ とした時,図 1 の様にこの 2 点を焦点とした双曲線を描ける.

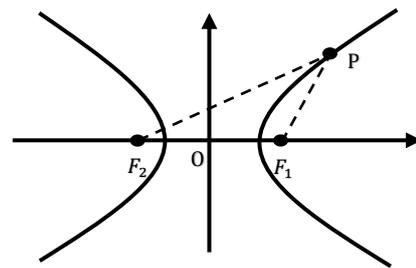


Fig.1 Hyperbola for point determination

この様に 2 個のマイクロホンへの音の到着時間差から,各マイクロホンと音源との距離の差が分かる.そして求めた距離差から各マイクロホンの座標を焦点とした双曲線を描くことで,音源位置の候補を出せる.これを平面上において 3 個以上のマイクロホンでそれぞれ行い,各双曲線の交点を求めることで 2 次元平面上での音源位置推定が可能となる.

## 4. 音源位置推定実験

高知工科大学構内キャンパスグリーンにおいて IC レコーダーを用いた実験と,Raspberry Pi Zero と高感度マイクアンブレキットを用いて作製した自作装置を用いた実験の,2 つの実験を行った.それぞれの実験において IC レコーダーまたは自作装置を図 2 のように正三角形をなすように配置し,任意の点より音を鳴らす.それぞれの IC レコーダーまたは自作録音

装置で録音した音に対して相互相関処理を行うことで、音の到着時間差と音源からの距離差を求めた。

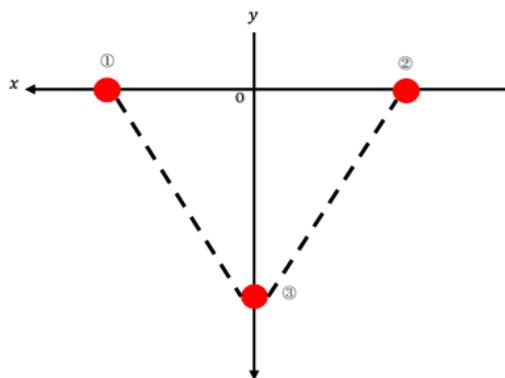


Fig.2 Configuration of sensor deployment

算出した音源からの距離差を用いて双曲線を作成し、音源位置の候補の軌跡を描く。

## 5. 結果・考察

IC レコーダーを用いた音源位置推定の実験結果を図 3 に、Raspberry Pi Zero と高感度マイクアンプキットで作製した自作録音装置による音源位置推定の実験結果を図 4 に示す。

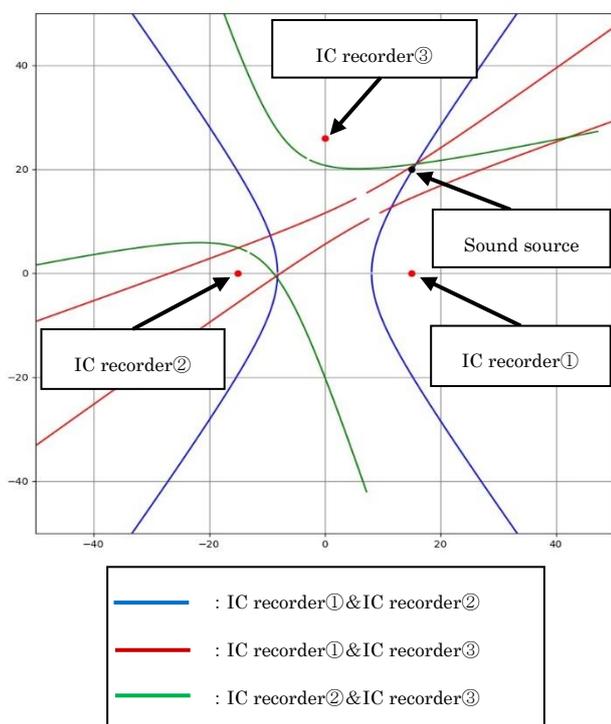


Fig.3 Result of experiment using IC recorder

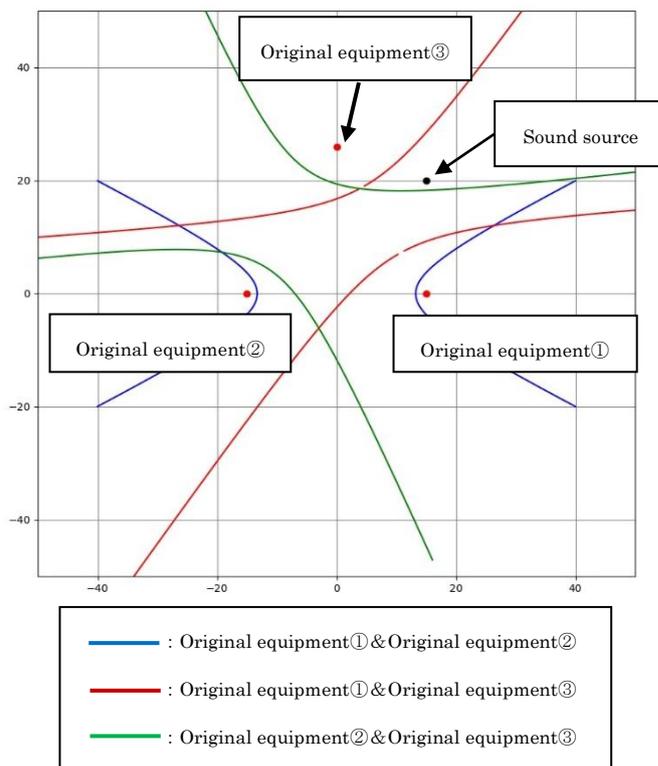


Fig.4 Result of experiment using original equipment

図 3 に示すように IC レコーダーを用いた実験では音源位置推定は精度よく達成されたと言える。しかし図 4 の通り、自作録音装置による音源位置の推定は出来なかった。これは自作装置による実験時に生じていた風などによる外乱により、相互相関処理に誤差が生じてしまったためと考えられる。

## 6. 結論

自作の音源位置推定プログラムはノイズが無く、イベントによる波形がクリアに確認できる場合に、正常に作動することが分かった。今後の課題としてはノイズに対しての処理を最優先で行わなければならない。また音源位置推定後のローバーの自律行動などに関しても、より詳細に検討していく必要がある。

## 参考文献

- (1)NASA, NASA History Program Office  
<https://history.nasa.gov/marschro.htm>, 2017年12月参照
- (2) 澳本拓郎, 相互相関法による音源位置推定, 平成 22 年度高知工科大学卒業研究報告, 2011  
<http://www.kochi-tech.ac.jp/library/ron/2010/2010info/1110236.pdf>