

イントロダクション1 AIビッグデータ漁解禁! ライセンス・フリー無線で誰でもリアルタイム計測

超長距離ローパワー無線入門

宮崎 仁 Hitoshi Miyazaki

■ ボイジャーには長距離無線の基本がぎっしり

● 弱まりながらはるか遠くまで広がる電波

空気がほとんどない宇宙空間では、光や電波などの電磁波は吸収や散乱でエネルギーが失われることがないので、どこまでも広がっていきます。

太陽系の近くにある恒星(たとえば約4.3光年離れたケンタウルス座 α 星や約8.6光年離れたシリウス: おおいぬ座 α 星)の光はもちろん、約250万光年離れたアンドロメダ銀河の光も、長い長い時間をかけて地球に届きます。

電磁波が1点から全方位に放射されていけば、放射源を中心とした球の表面積に比例して拡散していくので、観測される電磁波の強度は逆にそれに反比例して弱まります。すなわち、星からの距離の2乗に反比例します(逆2乗の法則)。

● 40年以上飛び続けている惑星探査機「ボイジャー」

そこまで遠くではないですが、地球を離れて木星や土星などの惑星探査を行い、現在は太陽系を抜け出したあたりを飛行しながら地球と通信を続けているのがNASAの探査機ボイジャーです。

1977年8月に2号が、9月に1号が打ち上げられ、飛行開始からすでに40年以上経ちました。

1号は2012年に太陽圏外に出て、現在は地球から216億km以上離れた位置を飛んでいます。地球に電波が届くまで片道20時間以上かかります。2号も2018年に太陽圏外に出て、現在は地球から180億km以上離れた位置を飛んでいます。地球に電波が届くまで片道16時間以上かかります。40年以上前に設計・製作された装置がずっと稼働し続け、これほどの遠距離通信ができているのは驚くべきことです。

逆2乗の法則による信号強度の低下を少しでもカバーするために、ボイジャーでは探査機本体より大きい直径3.7mのパラボラ・アンテナを装備して、効率良く電波の送信と受信を行っています。アンテナが地球の方向を向いていないと効率が低下するので、機体の

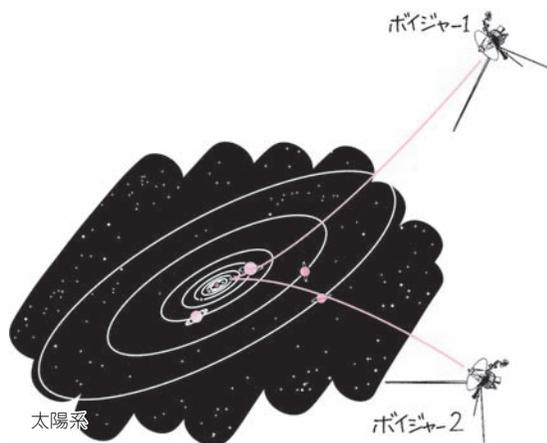


図1 2機のボイジャーが旅を続けている
ボイジャーは双子の探査機。ボイジャー2号の2週間後にボイジャー1号が打ち上げられた。探査した惑星の違いでボイジャー1号のほうが少し速くを航行中

回転方向に補助エンジンを噴射するACTスラスタを用いて姿勢制御を行っています。ここ数年はACTスラスタの劣化が進んできたことから、2017年には軌道制御用の別のスラスタであるTCMスラスタを動作させて姿勢制御に成功したといえます。

● 3カ所の大径パラボラ・アンテナで超高感度受信

地球側では、地球上をほぼ120°ずつカバーするように、アメリカ西海岸(ゴールドストーン)、スペイン(マドリッド)、オーストラリア東部(キャンベラ)の3カ所に設置した深宇宙通信施設をネットワークで結んだDSN(Deep Space Network)においてボイジャーなどの探査機と通信を行っています。

探査機から地球に届くわけて微弱な電波を効率良く受信するために、それぞれ直径70m、34mなど複数の巨大なパラボラ・アンテナを組み合わせています。ボイジャー、ガリレオ、カッシーニなどNASAによる多くの探査機をはじめ、はやぶさなど米国以外の探査機も地球との通信にDSNを利用しています(図2)。

● 狭帯域低レート通信でS/Nを改善させる

超遠距離、超微弱の無線通信を成功させているもう

【セミナー案内】[演習あり][ビギナー向け] 実習・基礎から始めるアナログ回路の理解と体系的設計手法(入門編)
——シミュレータや表計算ソフトを活用した効率的で良質なアナログ回路設計
【講師】中村 黄三 氏、5/11(土) 24,000円(税込み) <https://seminar.cqpub.co.jp/>



図2 Deep Space Networkの通信状態をモニタできるDSN NOW
アメリカ、スペイン、オーストラリアの各拠点のパラボラ・アンテナ
がどの探査機と通信しているのがひと目でわかる。通信中のビット・
レートや信号強度も表示される



一つの決め手は**超低速通信**です。

ボイジャーでは**ダウンリンクに8 GHz帯で160 bps、アップリンクに2 GHz帯で16 bps**と、きわめて低いビット・レートの通信を行っています。無線通信の基本公式によれば、S/Nは送信出力とアンテナ利得に比例し、距離の2乗と帯域幅に反比例します。ビット・レートを下げて帯域幅を狭めることで、微弱信号での通信を可能にしています。そのかわり、多量のデータを送信するには長い時間が必要です。

ボイジャーは多数の画像を宇宙から地球に届けてきましたが、**1枚の画像伝送に10時間以上かかる**こともあったといえます。

IoTは地球規模！誰でも使える 超広域ローパワー無線LPWA

● 微弱な電波で長距離通信できる無線が求められている

遠い宇宙を飛び続ける探査機との無線通信には大きな夢がありますが、巨大なパラボラ・アンテナが必要とか、電波を発信するには無線局の免許や従事者の免許が必要という条件があって、簡単にはできません。ここでは、地球上で簡単に実現できる微弱無線通信に目を向けてみましょう。

携帯電話、無線LAN、Bluetoothなど、個人で自由に利用できる無線通信機器が身の回りにどんどん増えています。いったん無線の便利さに慣れると、電線につながった有線通信には戻れません。通信のデータ・レートも有線と遜色なく高速化しています。

● Wi-Fi/Bluetoothは目の届く範囲しか飛ばない

無線LANやBluetoothは、自分が買った機器同士で直接無線通信ができ、無線局免許も通信料も不要です。その代わりに通信距離はごく近距離に限られます。

元々は室内など限られた範囲での利用を目的としたものであり、無線LANでは数十m、Bluetoothは数mの距離で用いるのが一般的です。

障害物などが無い開けた屋外では、無線LANで数百mの通信が可能だと言われていますが、基本的には目の届く範囲の通信用です。

● 携帯電話は有料で広範囲のデータ収集には不向き

LTEなどは、世界中の携帯電話や固定電話、最近ではアプリを利用してパソコンとも通話や通信ができます。ただし、個々の携帯電話機は携帯電話会社の設置した基地局との間で無線通信を行っており、携帯電話機同士が直接無線通信を行っているわけではありません。

携帯電話機は、携帯電話会社が一括して無線局の免許を取得しており、数km離れた基地局との間でより高品質な無線通信ができます。基地局から先は携帯電話会社や固定電話会社が設置した回線を利用して通信することになります。その代わりに、携帯電話会社に所定の通信料を支払わなければなりません。

【セミナー案内】 [演習あり] [ビギナー向け] 実習・基礎から始めるアナログ回路の理解と体系的設計手法(実践編)
——シミュレータや表計算ソフトを活用した効率的で良質なアナログ回路設計
【講師】 中村 黄三 氏, 5/12(日) 24,000円(税込) <https://seminar.cqpub.co.jp/>