

## 特集



## 第4章 衛星からの電波を受信して 正確な位置や時刻を知る！

# GPS ナビゲーション・システムの 仕組みと技術動向

海老沼 拓史

Takuji Ebinuma

### 航法の歴史と GPS の出現

#### ■ 天文航法から電波航法へ

##### ● ロラン

20世紀まで天空の星に頼っていた航法技術は、第2次世界大戦における電波航法の出現で大きく変わりました。大戦中に船舶向けに米国で開発されたロラン(LORAN)は、双曲線航法を使った地上システムであり、始めての本格的な長距離電波航法システムでした。その後継版であるロランCは、現在も主要海運国の沿岸を航行する商船にサービスを提供しています。

双曲線航法は「2点からの距離差が一定な点は双曲線を描く」という原理に基づき設計されています。受信機は、二つの送信局から発信される信号の到達時間の差を計測します。このような電波航法システムはTDOA(Time Difference of Arrival)と呼ばれています。図1に示すように、2対の局からのTDOAを観測することで、2本の双曲線の交点から受信機の位置が

求められます。

ロランの信号は、沿岸部に設置された地上局から長波帯(LF)で発信され、そのサービス範囲は沿岸部から1100海里(約2000 km)程度です。

##### ● オメガ

同じ双曲線航法を使っているオメガは、電波到達距離の格段に長い超長波(VLF)を使い、八つの地上局で地球規模のサービスを提供する初めてのグローバルな電波航法システムでした。しかし、オメガは1997年に運用を停止し、現在は利用されていません。

#### ■ 衛星航法

主に船舶向けとして開発されたロランやオメガという双曲線航法を使った地上システムを経て、宇宙開発競争が激化した冷戦期には、ついに人工の星による衛星航法システムが生まれました。

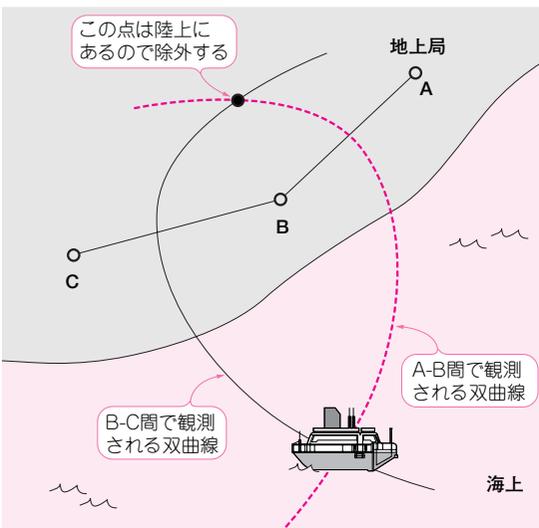
衛星航法システムの歴史は古く、世界初の人工衛星であるスプートニクまでさかのぼります。スプートニクの軌道は、地上の既知の観測点で測定されたスプートニクからの信号のドップラ・シフトから決定されました。その逆の発想、つまり「衛星の位置が既知であれば、測定されたドップラ・シフトから観測者の位置を決定できる」というアイデアが、ドップラ航法を使った衛星航法システムであるTRANSITとして1960年代初期に実現しました。角度を計測する測量機器と同じ名前ですが、正式にはNNSS(Navy Navigation Satellite System)と呼ばれる世界初の衛星航法システムです。

#### ■ GPS

##### ● 略史

このTRANSITの成功が、新しい衛星航法システムであるGPS(Global Positioning System)のプログラムへとつながりました。

表1にGPSの略史をまとめました。新しい航法システムとされているGPSの歴史も実は古く、1973年に開発が始まり、1978年には最初の衛星が打ち上げられています。1985年までには合計11機の“Block



〈図1〉双曲線航法による測位の原理

