

#### ・グリニッジが基準になったわけ

一七六六年に、『航海暦及び天体暦』の第一版を、経度評議員会の助成金を得て出版した。船員が、月距法で経度を測定できるようにするためだった。

・・・

『航海暦及び天体暦』には、太陽と月と明るい星のいくつかの三時間ごとの位置の予測値が、簡易表の形でピッシリと詰まっている。一ヶ月分だけで一二ページになるが、これを一年分まとめて、前の年に出版した。

予測値を、**グリニッジ天文台の膨大な観測データ**をもとに、ニュートンの法則を当てはめ計算するのは、当時はコンピュータもなかったので、大変な作業であったと推察される。

・・・

天文航法は、実際に利用するには、『航海暦及び天体暦』の他、**六分儀**と呼ばれる天体観測器具が必要になる(2-7)。六分儀とは、ジョン・ハドリーが一七三一年に発明した八分儀(別名「二重反射象限儀」)をもとに、ジョン・キャンベルが一七五七年、測定角度を広げて望遠鏡を追加するなど改良を加えたものである。縦にして、いろいろな天体の高度を測ったり、あるいは横にして、太陽と月の角距離や、月と星の間の角距離を測ったりすることができる。船が揺れているときでも使えるし、暗闇や霧でほんものの水平線が見えなくても人工の水平線が使える。

・・・

**グリニッジが、本初子午線となったのは**、このような事情が背景にある。つまり『航海暦及び天体暦』は、特に簡易表がとても便利なうえ、信頼性も高かったので、出版以来、イギリスだけでなく世界の多くの国の船員たちに親しまれた。その際、グリニッジを測定の基準地としていたために、その使用が広まった。こうして、一八八四年に、アメリカのワシントンで国際子午線会議が開催されたとき、参加国の多くがグリニッジを本初子午線とすることに賛成したのである。

・・・

クック船長の跡をついだイギリスの船乗りたちは、その後も、世界各地の海図作成の努力を続け、それが精巧なために、世界の多くの国々の船員が彼らの作った海図を競って購入した。これも、イギリスのグリニッジが、国際会議で本初子午線に選ばれたもう一つの理由であろう。

さらに特筆すべきは、月距法の普及の影響を受けて、**海図のほか地図**の多くもグリニッジを本初子午線とするようになったことである。それが先述の国際子午線会議で**世界の標準時**を決めるにあたってグリニッジが選ばれる理由となった。こうして**各国の時計を合わせるのにグリニッジ標準時が使われ始めた**。つまり時間も空間もグリニッジが基本となった。いわゆるイギリスの七つの海の制覇は、時間と空間の制覇と表裏一体だったのである。

#### ・リンドバーグの大西洋単独飛行

ニューヨークからパリまでの大圏距離は約五九〇〇キロメートルである。それを、リンドバーグは、五五〇〇キログラムの機体に、その重さを超える約六〇〇〇キログラムの燃料をずっしりと積んで、時折、睡魔と闘いながら**三三時間半をかけて飛んだ**。

彼が最初、懸念したのは航空機に氷などが張り付いて飛べなくなることだった。でも、危険はそれだけではなかった。エンジンは、信頼性の高いものではあったが、一つしかなかった。大西洋上でエンジンが止まったら命はない。

**無線装置は**、地上との連絡に必要なのだが、リンドバーグは**携行しなかった**。「天気が悪ければ地上とは連絡ができないし、天気がよければ地上と連絡する必要がない」というのがその理由だった。また、無線装置は、後に述べるように、ナビゲーションにも使えるのだが、その当時、彼には考えが及ばなかった。

・・・

リンドバーグが実際に採用したナビゲーション手法については、あまり知られていないことだが、今になって聞くととても危険なものであったことがわかる。彼の航法は、コロンブスと同じで、コンパスだけに頼る推測航法だった。しかも、天体観察をしていない点

も同様だった。

・・・

リンドバーグは、ナビゲーションの精度の不足を、航続距離を伸ばすことで補おうとした。そのために、余分に燃料を積んだのである。当然のことながら飛行機は重くなる。非常に危険な賭けであったことがわかる。

リンドバーグは、まずニューヨークとパリの間の大圏航路を調べてみた。これは、地球儀で見て最も近い航路で、燃料や所要時間が節約できるので理想的である。但し、その航路を飛ぶためには、緯度と経度を飛びながら計算して、その時々々の位置に応じて飛ぶ方向を修正しなければならない。リンドバーグは、代わりに簡便法として、大圏航路を五〇〇海里（約九〇〇キロメートル）ごとに区切り、**等角航路を繰り返す**ことにした（3・3）。つまり、それぞれの区間ではコンパスの示す磁針の方角に対して一定の角度で飛ぶ。飛ぶ距離は、推定速度に飛行時間をかけて求める。それを繰り返す。航空機が風で流される分だけ補正する必要があるが、大西洋を飛んでアイルランドの南に達したとき、**予定のコースから数キロも離れていなかった**という。リンドバーグは飛行経験が豊富なので、こうした補正を経験と勘でやったということだ。

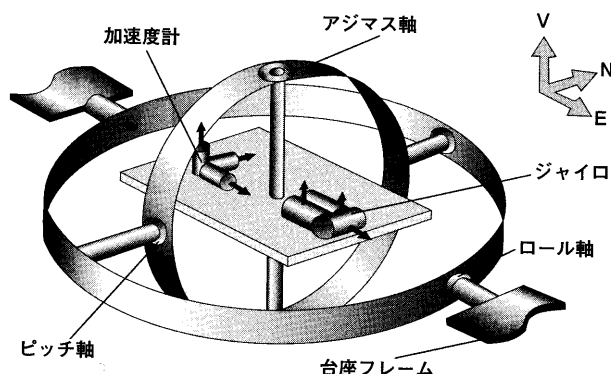
## ロラン LORAN Long-range navigation

### ・慣性航法システム(INS)

INS を構成するのは、回転センサーとしてのジャイロスコープと、運動センサーとしての加速度計ならびにそれらで得られたデータを処理するコンピュータである。

・・・

通常は、コマを内蔵するジャイロを互いに直交する三つのリングの真ん中に据えつけるので、**ジンバル・プラットフォーム方式**ともいう（414）。ジンバルとは、一つの軸を中心として、物体を回転させる回転台のことである。



44 ジンバル・プラットフォーム方式のINSの仕組み  
A. D. KING, B.Sc., F.R.I.N., Inertial Navigation-Forty Years of Evolution,  
GEC REVIEW, VOL. 13, NO. 3, 1998 より作成

### ・太陽嵐の影響

GPS に障害を起こす可能性のあるものとしては、同報告書は、一例として、太陽の爆発現象である太陽嵐をあげている。爆発に伴い地球に届く荷電粒子の雲は、GPS の信号に障害を引き起こすことがある。太陽嵐については、記録上最大のものは一九五九年の極大期であるが、当時観測をしたイギリスの天文学者にちなみ「**キャリントン事象**」と名づけられている。もし、このような激しい太陽嵐が起こったら、宇宙に漂う GPS の衛星が特に心配だというのが専門家の共通した意見である。

一九世紀にキャリントン事象のあったとき、通常は極地近くでしか見られないオーロラが、キューバやホノルル、チリの首都サンチアゴなど低緯度でも観測できたという。フレアは非常に強力で、アメリカ北東部の人々は夜、オーロラの光で新聞を読むことができ、当時の電信機からは自然に火花が発生した。ただ、当時は電信機自体が珍しく、各地のこうした報告も奇妙な現象とみなされて終わった。しかし、二一世紀の今日、キャリントン事象と同程度の太陽嵐が起きれば、コンピュータやインターネット、高压送電がたとえ障害を免れても、GPS が障害を受けるだけで相当な影響があるだろう。

## ・GPS 衛星

衛星はさえぎるもののない真空中を飛ぶと**いうものの**、行く先々には、先述のような太陽嵐とまではいかないまでも、太陽風すなわち荷電粒子の集まりが秒速数百キロメートルの速度で吹いている。さらに、流星雨というべきか、小さな隕石が無数にある中を進むこともある。衛星がどれか一つに当たればひとたまりもない。また、衛星は、地球のまわりを回るので、地球の陰に入れば夜となる。宇宙において**昼と夜の温度差は三〇〇度近く**にもなる。大変苛酷な環境の中を飛んでいるのである。

そこで、衛星の飛行には、ナビゲーション中のナビゲーション、すなわち、現代の最高水準のナビゲーション機器と手法が駆使されている。そして、衛星の中でも、特に、GPS 衛星の飛行は難しいものの一つとされる。何故なら、先に述べたような環境下で、前もって厳密に決められた軌道を整然と飛ぶことが求められているからである。つまり、**地上のGPSの精度をメートル単位に保つためには、衛星は、刻々の位置がメートル単位で、しかも三次元で定められているルートを外れないように飛ばなくてはならない**。ちなみに、GPS 衛星の飛行スピードは、時速一万四〇〇〇キロメートルである。

では、GPS 衛星はどこで操縦されているかといえば、アメリカはコロラド州のシュリーパー空軍基地内にある**GPS マスター・コントロール室**である。まさに、ここが航空機でいえばコックピットに相当する。このオフィスには、何人ものスタッフが輪番を組んで、多くのGPS 衛星を、昼夜を分かたず一日二四時間、一年中、休まずに監視し操縦し続けているのである。

GPS のマスター・コントロール室の役目には、衛星同士の時間の誤差を**一秒の一〇億分の一の精度で修正**することが含まれる。世界各地に配置したモニター局から衛星の状態や宇宙天気などを見て衛星に積んだ原子時計の時間を合わせる。

## ・発信電波の傍受

戦略爆撃では、通常、軍事施設や軍事機材が標的になるが、その他、影響力を持つ敵方の指導者が標的とされることもある。例えば、**チェチェンの紛争では、指導者が衛星電話を使用中に殺害**された。発信電波の傍受により居場所がわかり、ジェット機からレーザー誘導ミサイルが打ち込まれたといわれる。

## ・グローバルホーク

最近の例では、北アフリカのリビアの紛争と、福島原発事故において、米軍は、GPS とリング・レーザー・ジャイロを搭載した無人偵察機**グローバルホーク**を投入した。同機は、全長一三メートル、全幅三五メートルで、最大で五〇〇キロメートル以上離れた対象物を偵察できる。



米空軍の大型無人偵察機「グローバルホーク」 (c) 時事 [米空軍提供]