

(1) スプートニクショック

第2次世界大戦の末期にドイツは液体燃料ロケットに爆弾を搭載したV2弾道弾を開発しロンドン空襲に用いた。1945年に第2次世界大戦が終了するとアメリカとソビエトが対立するようになり、ドイツのV2弾道弾の開発に関与した技術者を招いて弾道弾の開発競争になった。アメリカとソビエトが自国内から相手国を狙う大陸間弾道弾の開発を試みていた。大陸間弾道弾のロケットの制御を少し変えれば人工衛星を打ち上げることができる。1957年10月4日にソビエトは人工衛星スプートニク1号の打ち上げに成功した。アメリカは1958年1月31日に人工衛星エクスプローラー1号の打ち上げに成功した。ソビエトがアメリカより早く大陸間弾道弾の開発に成功したことを意味していた。

アメリカは1961年5月5日に人を乗せたマーキュリー3号を打ち上げたが、宇宙空間に達して直ぐ落下する15分22秒の飛行で人工衛星にならなかった。その前の1961年4月12日にソビエトは人を乗せたボストーク1号を打ち上げた。人工衛星の軌道で地球を1周する1時間48分の飛行だった。アメリカは1962年2月20日に人を乗せたマーキュリー6号を打ち上げた。人工衛星の軌道で地球を3周する4時間56分の飛行だった。

スプートニク1号は重量83kg、エクスプローラー1号は重量14kgであった。ボストーク1号は重量4.73t、マーキュリー3号とマーキュリー6号は重量1.93tであった。マーキュリー3号を打ち上げたロケットがマーキュリー6号を打ち上げたロケットより小さくて同じ重量の宇宙船を人工衛星の軌道まで届けることができなかった。人工衛星の打ち上げの初期には、ソビエトのロケットの方がアメリカのより大きかった。ソビエトの大陸間弾道弾の方がアメリカのより多量の爆弾を搭載できることを意味していた。アメリカが危機感を抱き、最初の人工衛星の名前からスプートニクショックと呼ばれていた。1968年にアポロ7号が人工衛星の軌道で地球を周回し、1969年にアポロ11号が月面着陸する頃にはアメリカのロケットの方がソビエトのより大きくなった。スプートニクショックが終わった。アポロ宇宙船は、重量5.9tの司令船、重量25.0tの機械船、重量14.8tの月着陸船の3部分から構成され、合計重量45.7tである。

(2) ロケットの大型化

ソビエトもアメリカもV2弾道弾を改良して大陸間弾道弾を作ろうとしていた。スプートニクショックの頃、なぜソビエトのロケットの方が大きいのか疑問に思われていた。アメリカも経済的に豊かな大国であり、巨大な軍事予算を注ぎ込んでロケットを開発していたのにソビエトに後れを取っている。アメリカがベトナム戦争で疲弊し、ソビエトもチェコスロバキヤや中華人民共和国との対立で疲弊し、軍事費の負担に耐えられなくなり、1970年頃から軍事的な緊張が緩和された。緊張緩和とともに、ロケットの情報が少しずつ伝えられるようになった。

アメリカは1個のエンジンを大きくしようとしていた。1個のエンジンを大きくする方針に特段の名前が付けられていないが、「単拵」と呼ぶことを提案する。単拵には相似則という問題が立ち上がる。長さを2倍にすると面積は4倍、体積は8倍になる。寸法を2倍にすると自重が8倍になるから自重を打ち上げることを考えると、エンジンの強さを8倍にしなければならない。最適な寸法や材料を求めて試行錯誤することになる。アメリカ

のロケットは打ち上げ直後に爆発する事故が多発し、ロケットの開発に手間取っていた。

ソビエトは完成した小型のロケットを束ねることのできるロケットを作った。複数のエンジンを束ねる方針を英語でclusterと言う。clusterは葡萄の房のように小さい粒が沢山集まったものを意味する。日本語では「束」と言うのが良いと思う。スプートニク1号を打ち上げたロケットは4つのエンジンを搭載したロケットを使い、中心のロケットの周りに4つのロケットを配置したロケットであった。束の束であり、20個のエンジンを束ねてあった。完成したロケットを束にしただけなので試行錯誤は少なかった。複数のエンジンを制御して同時に作動させることを「同期」と言う。多くを同期させることは難しく、20個の束が限界だったらしい。その後、30個の束のロケットが試みられたが、成功しなかった。アメリカの技術者も束の方針を知ってはいたらしいが、アポロ宇宙船を打ち上げたロケットのエンジンが5つの束であったのが最多で、20個の束は考えなかった。

スプートニクショックにまつわる話は単純にソビエトの技術者が優れていたという話ではないことがわかった。大型化するためには2つの方針があり、いずれを採用したかが要点だった。ソビエトは束の方針だったので、大きなロケットを早く作ることができたが、1個の力×束の数より大きな力を得ることはできなかった。アメリカは単拵の方針だったので、手間取ったが、最適な寸法や材料を見出し、同じ大きさで束の方針に比べて力の大きなロケットを作ることができた。

(3) 他の技術における大型化の例

単拵は能力を大きくすることが目的であるが、外形寸法も大きくなる場合が多い。コンピュータの技術における単拵は例外で、能力は大きくなり、外形寸法は小さくなり、使用電力も小さくなった。この場合、集積化と呼ばれる。

コンピュータの技術においても束は重要な役割を果たす。計算をうまく分割できれば、分割したそれぞれを別々のコンピュータに同時に計算させ、それを組み合わせて1つの計算結果にすることができる。分割された計算を行うコンピュータの他に計算を分割して指示を与えるコンピュータが必要になるが、計算速度は格段に速くなる。

内燃機関においては、同期をずらすことによって、意外に良い結果が得られる。内燃機関は気筒の中をピストンが往復運動し、往復運動をクランクが回転運動に変換する。ピストンが2往復する間に気筒内で吸気、圧縮、爆発、排気の行程が行われ、燃料が爆発的に燃焼するときにピストンが押されて動力を発生する。動力が発生するのは4行程の内の1行程だけであり、回転を滑らかにするために弾み車が用いられる。複数の気筒を用い、爆発の行程をずらすと、或る気筒が動力を発生していないときに、他の気筒が動力を発生する。弾み車の負担を軽くすることができ、回転が滑らかになる。

飛行機においては、小型機のエンジンは1つであるが、大型旅客機のエンジンは2つや4つの場合がある。エンジンが複数の場合、エンジンが同期して作動すれば束として機能し、大きな力が得られる。仮にエンジンが故障しても、同時に全てのエンジンが故障することは稀であり、順調な飛行とは言えないが、残ったエンジンで何とか最寄りの飛行場に着陸することが期待できる。若干ではあるが、安全性が高まる効果がある。