

15. 極軌道衛星

高橋 耕三*

1. 緒言⁽¹⁾

極地方を通る軌道を持つ衛星を特に極軌道衛星という。緯度が66.5度以上の南北両極圏を通る衛星を極軌道衛星という場合と、南北両極を通る衛星のみを極軌道衛星といい、極は通らないが南北両極圏を通る衛星を特に準極軌道衛星という場合がある。

赤道上の静止衛星の可視範囲は緯度が81度以下の地域であり、静止衛星を5度以上の仰角で見ることができる地域の緯度は76度以下で、静止衛星は極地方から見てもその仰角は非常に小さい。このため低緯度地方では静止衛星が通信・観測など種々の用途に常時利用されているのに対し、極地方での静止衛星の利用は通信や低仰角からの観測などに限定されてしまう。これらの理由から極地方の観測には極軌道衛星が用いられることが多い。

極軌道は地球の扁平に起因する摂動が小さく、その軌跡が地球全体をおおうことができる特徴を持っているため、極軌道衛星は極地方の観測・通信のほかに、衛星の軌道面が回転しない方がよい場合や地球全体を観測する場合にも用いられる。また、低高度の太陽同期軌道も広義の極軌道となる。

2. 狭義の極軌道衛星

軌道傾斜角を90°にすると、地球の扁平に起因する摂動による軌道面の回転角速度がほぼ零となるため、衛星の軌道面の方向は慣性系にたいして一定となる。太陽を原点とする太陽赤道座標で軌道を表すと、その位置は原点のまわりを回転するが軌道面の方向は変わらない。地心赤道座標系などの地心平進座標系で表すと、衛星の軌道面の位置・方向とも一定に保たれる。この軌道は地球全体や、特に極地方の観測に便利ならばかりでなく、太陽と月以外の天体や深宇宙の観測にも便利であろう。

我国で開発中のNロケットは、もし打上げ軌道が他国の領土や人口密集地を通ってもかまわないのなら、高度500kmの円軌道に約700kgの極軌道衛星を、1000kmならば約500kg、2000kmならば約200kgの衛星を打上げることができる。

3. 太陽同期衛星

軌道傾斜角を衛星の高度などにより定まる適当な値(97度以上)にすると、地球の扁平による摂動のため生ずる衛星の軌道面の回転を、地球の太陽のまわりの公転と同期させることができ、このような軌道を太陽同期軌道という。地球の扁平による摂動は、衛星の高度が低いほど、軌道面と赤道面の角が小さいほど大きくなる傾向があり、衛星の軌道面の回転が地球の公転と同期するために必要な摂動はあまり大きくないため、低高度の太陽同期衛星は広義の極軌道衛星となる。極軌道の最大の軌道傾斜角を113.5度とすると、太陽同期・円・極軌道衛星の高度は3100km以下となる。

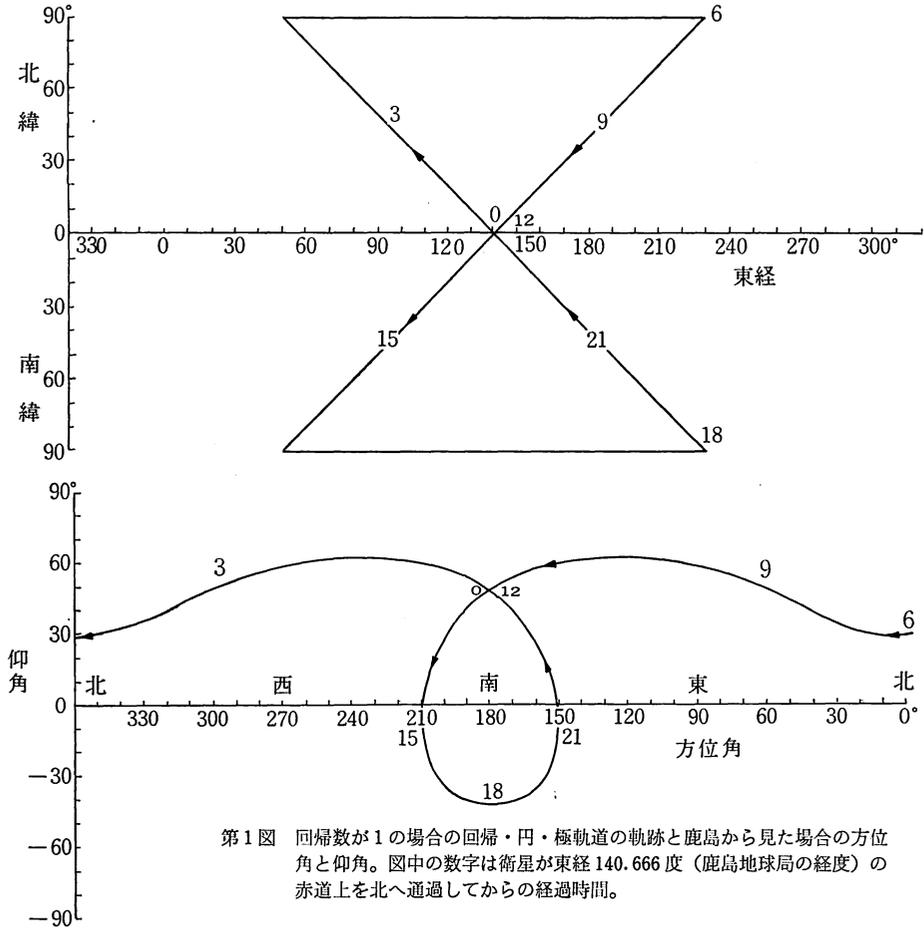
太陽同期衛星は、同一緯度の地点上を毎日ほぼ同じ地方平均太陽時に同じ方向に通るため、太陽の仰角がほぼ一定の状態での観測や定時観測に適しており、気象衛星や資源深査衛星の多くは太陽同期軌道をとっている。また赤道上を6時または18時頃通るようにすると、衛星は太陽光による地球の影に入ることがなくなり、食の場合に必要な二次電池や低温にたいする対策が不必要となる。

Nロケットは、第2章と同じように打上げ軌道が任意に選べるのなら、高度450km、軌道傾斜角97.2度の太陽同期軌道に約700kgまで打上げることができる。

4. 回帰極軌道衛星

衛星直下点の軌跡が数周期(約1日)毎に同じになる軌道を特に回帰軌道ということにする。回帰衛星は同一地点にほぼ毎日一定の時間間隔で現れる。回帰極軌道衛星は、各周期毎に両極を通り、ほぼ毎日特定の地点の上を通るようにすることができるため、極地方を観測し一定周期で特定の地球局にデータを伝送するのに非常に便利であろう。円軌道の場合は両極を同じように観測できる利点はあるが、地心からみた衛星の角速度が一定で、極地方だけを特に詳しく観測するには不向きである。これにたいし、長円軌道で極上に遠地点がくるようにすると、衛星の遠地点での公転角速度は小さいため、衛星は長時間極地方にとどまることになる。南極を遠地点とする同じような回帰極軌道に、衛星の公転周期の半分の奇数倍の時間差で2個の衛星を上げ、北極を遠地点とす

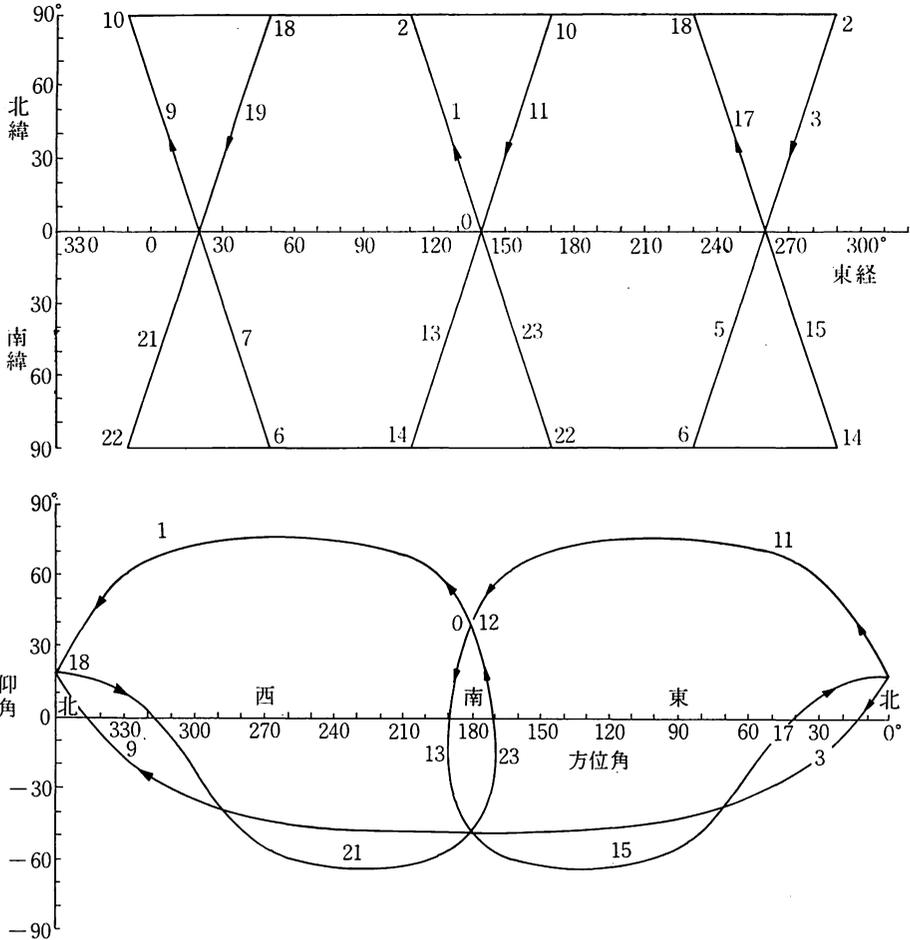
* 衛星研究部 衛星管制研究室



第1図 回帰数が1の場合の回帰・円・極軌道の軌跡と鹿島から見た場合の方位角と仰角。図中の数字は衛星が東経140.666度(鹿島地球局の経度)の赤道上を北へ通過してからの経過時間。

第1表 回帰・円・極軌道

回 帰 数	回 帰 周 期 (日)	交 点 周 期 (日)	軌 道 半 径 (km)	高 度 (km)	極 からの 可 視 時 間 率	鹿 島 からの 可 視 時 間 率	近 地 点 移 動 角 速 度 (度/日)
1	0.9973	0.9973	42163.218	35785.06	0.451	0.813	-0.0067
2	"	0.4986	26560.163	20182.00	0.424	0.425	-0.0338
3	"	0.3324	20268.290	13890.13	0.398	0.380	-0.0871
4	"	0.2493	16730.266	10352.11	0.375	0.357	-0.1704
5	"	0.1995	14416.920	8038.76	0.355	0.323	-0.2868
6	"	0.1662	12766.142	6387.98	0.335	0.287	-0.4390
7	"	0.1425	11518.652	5140.49	0.315	0.253	-0.6291
8	"	0.1247	10536.886	4158.73	0.294	0.202	-0.8592
9	"	0.1108	9740.501	3362.34	0.274	0.164	-1.1311
10	"	0.0997	9079.164	2701.00	0.253	0.139	-1.4465
11	"	0.0907	8519.601	2141.44	0.233	0.112	-1.8070
12	"	0.0831	8038.860	1660.70	0.210	0.088	-2.2141
13	"	0.0767	7620.550	1242.39	0.186	0.071	-2.6692
14	"	0.0712	7252.632	874.47	0.160	0.051	-3.1735
15	"	0.0665	6926.042	547.88	0.130	0.035	-3.7284



第2図 回帰数が3の場合の回帰・円・極軌道の軌跡と鹿島から見た場合の方位角と仰角。图中的数字は衛星が東経140.666度の赤道上を北へ通過してからの経過時間

る軌道にも同じように2個上げれば、回帰数が11以下ならば、4個の衛星で極地方を常時観測することができる(第2表参照)。

第1図、第2図は離心率が零の場合の回帰極軌道の軌跡と鹿島からみたときの仰角・方位角の1例である。第1図は回帰数が1の場合、第2図は回帰数が3の場合である。第1表、第2表に回帰数が1~15の極軌道の軌道要素、可視時間率等を示す。第1表は円軌道の場合、第2表は地球を半径6378.16kmの球形と考えたときの近地点高度が500kmの場合である。回帰数とは衛星が最初にもとの軌跡にもどってくるまでの衛星の公転回数であり、回帰周期とは衛星の全軌跡を通過するのに要する時間、即ち回帰数と交点周期との積である。鹿島からの可視時間率は、衛星が鹿島の真南で赤道をよこぎる場合の値である。

5. 結 語

人工衛星を利用して高緯度地方を観測するには、衛星の軌道をソ連の通信衛星モルニヤと同じようにするのが最適と考える人が多い。地球の扁平に起因する摂動による近地点の移動は、軌道傾斜角が63.435度のときはほぼなくなる。モルニヤの軌道はこの原理を利用した軌道であると同時に、ほぼ回帰数が2の回帰軌道となっている。遠地点の緯度が63.435度のところにある回帰数が2の回帰軌道にすると、高緯度の特定の地点から、毎日約1/3以上の時間は衛星を見ることができる。よって同じような軌道に3個の衛星を適当な時間間隔で打上げれば高緯度の特定の通信・観測などは常時可能となる。

近地点の移動角速度は、第1表の軌道の場合-0.0067~-3.7284度/日、第2表の場合-0.0747~-3.7287度/日であり、回帰数がモルニヤと同じ2の場合には-0.1662度/日であるから、回帰数が2の軌道の場合約3年で近地点は180度移動することになる。第2表から明らかのように、回帰数が小さいときは、極からの可視時間率は

第2表 回帰・長円・極軌道

回帰数	回帰周期 (日)	交点周期 (日)	長半径 (km)	離心率	遠地点高度 (km)	近地点高度 (km)	遠地点下の極の可視時間率	近地点下の極の可視時間率	鹿島からの可視時間率*	近地点移動角速度 (度/日)
1	0.9973	0.9973	42155.266	0.8368	71075.59	521.385	0.934	0.015	0.886 0.094	-0.0747
2	"	0.4986	26555.006	0.7410	39875.07	"	0.871	0.026	0.778 0.107	-0.1662
3	"	0.3324	20264.476	0.6606	27294.01	"	0.811	0.042	0.710 0.064	-0.2741
4	"	0.2493	16727.322	0.5888	20219.70	"	0.751	0.053	0.636 0.073	-0.3993
5	"	0.1995	14414.616	0.5228	15594.29	"	0.692	0.064	0.579 0.066	-0.5433
6	"	0.1662	12764.340	0.4611	12293.74	"	0.635	0.078	0.517 0.053	-0.7082
7	"	0.1425	11517.259	0.4028	9799.58	"	0.579	0.090	0.452 0.058	-0.8964
8	"	0.1247	10535.830	0.3472	7836.72	"	0.524	0.103	0.395 0.053	-1.1109
9	"	0.1108	9739.725	0.2938	6244.51	"	0.470	0.116	0.337 0.052	-1.3550
10	"	0.0997	9087.621	0.2424	4922.30	"	0.417	0.127	0.271 0.053	-1.6328
11	"	0.0907	8519.247	0.1926	3803.55	"	0.365	0.140	0.193 0.048	-1.9490
12	"	0.0831	8038.654	0.1444	2842.37	"	0.310	0.153	0.144 0.046	-2.3094
13	"	0.0767	7620.453	0.0974	2005.97	"	0.258	0.164	0.093 0.044	-2.7206
14	"	0.0712	7252.604	0.0516	1270.27	"	0.201	0.177	0.064 0.037	-3.1905
15	"	0.0665	6926.041	0.0069	617.14	"	0.137	0.190	0.038 0.033	-3.7287

* 上段は遠地点が北極の場合、下段は遠地点が南極の場合

0.5よりもかなり大きいため、4個以上の衛星を同じような回帰・長円・極軌道に、遠地点の間隔が90度になるように、公転周期の1/4の時間の奇数倍の時間間隔で打上げれば、常時南北両極を観測できるようになる。以上のことから次のような結論が得られるであろう。南北両極地方の一方のみを衛星から観測し、衛星が極地方を通る必要がない場合は、軌道傾斜角が約63.4度の回帰軌道

の衛星が効率よく使用できる。しかし両極地方を常時観測する場合は、回帰極軌道(太陽同期回帰軌道を含む)の衛星の方が有利となろう。

参 考 文 献

- (1) 高橋耕三, 人工衛星の軌道とそれに適したミッション, 季報18. No. 97, July 1972. pp. 345—353.

