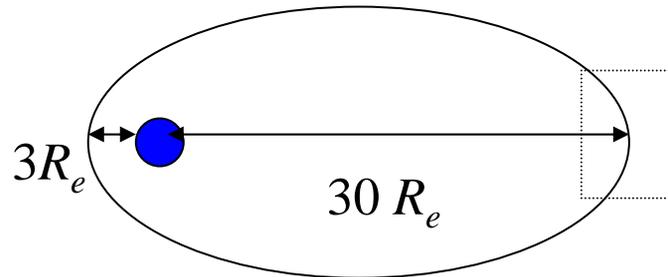




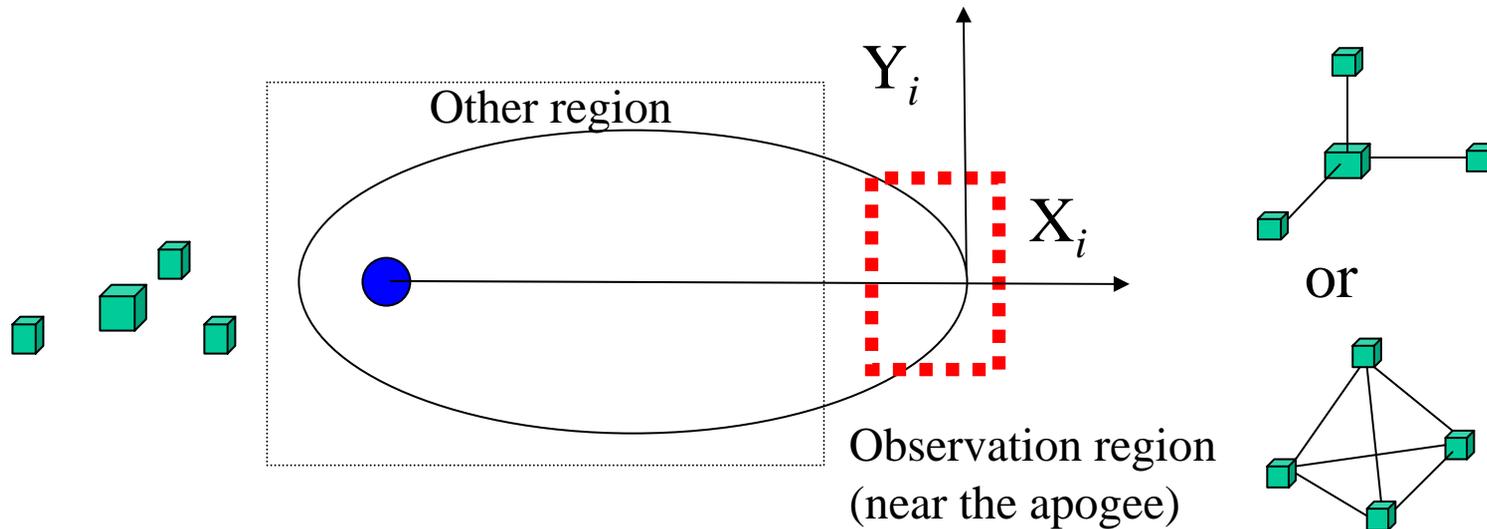
SCOPE 計画に向けた 編隊飛行と打ち上げに関する検討

佐伯 孝尚(東京大学大学院)
木村雅文(NAS)
川口淳一郎(ISAS)

地心から $30R_e$ 程度離れた領域でNear-earth Reconnection 現象を観測



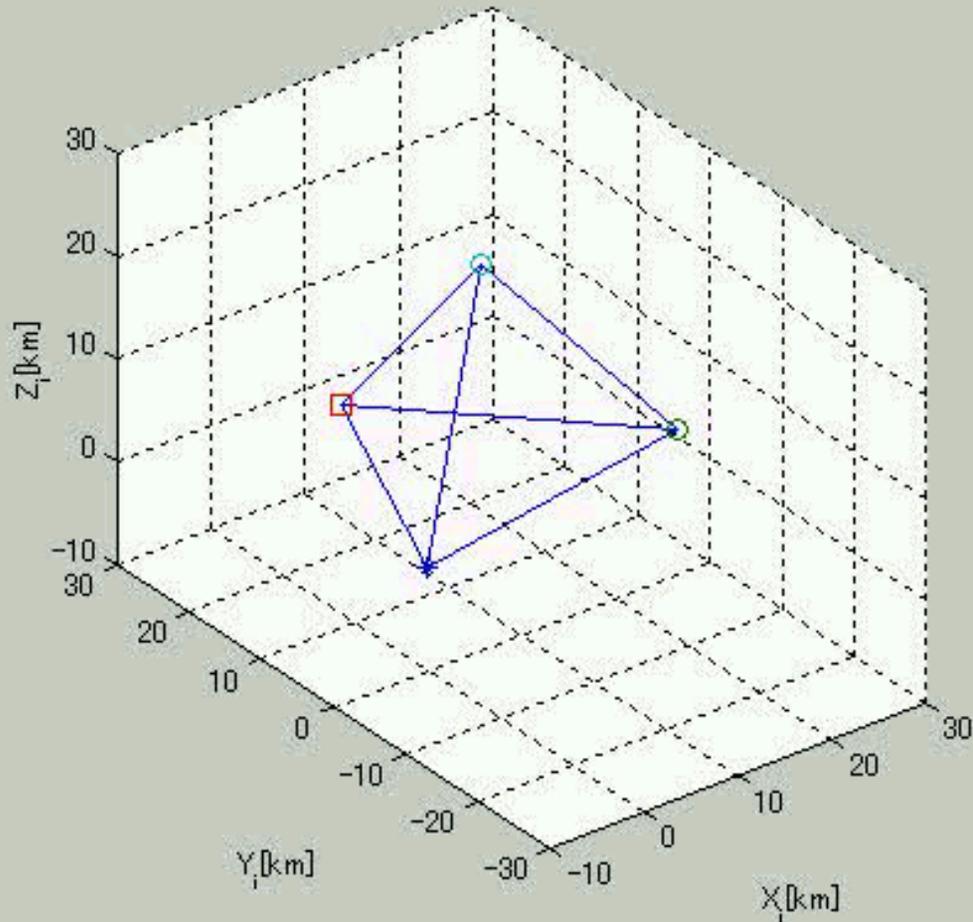
遠地点付近で高い観測性を維持する軌道 \Rightarrow 空間微分性



遠地点付近で正四面体を構成する軌道



X-Y平面内に3衛星で正三角形を構成し、Z方向のもう1機の衛星と共に正四面体を構成する。 軸の alignment にこだわらなければ。

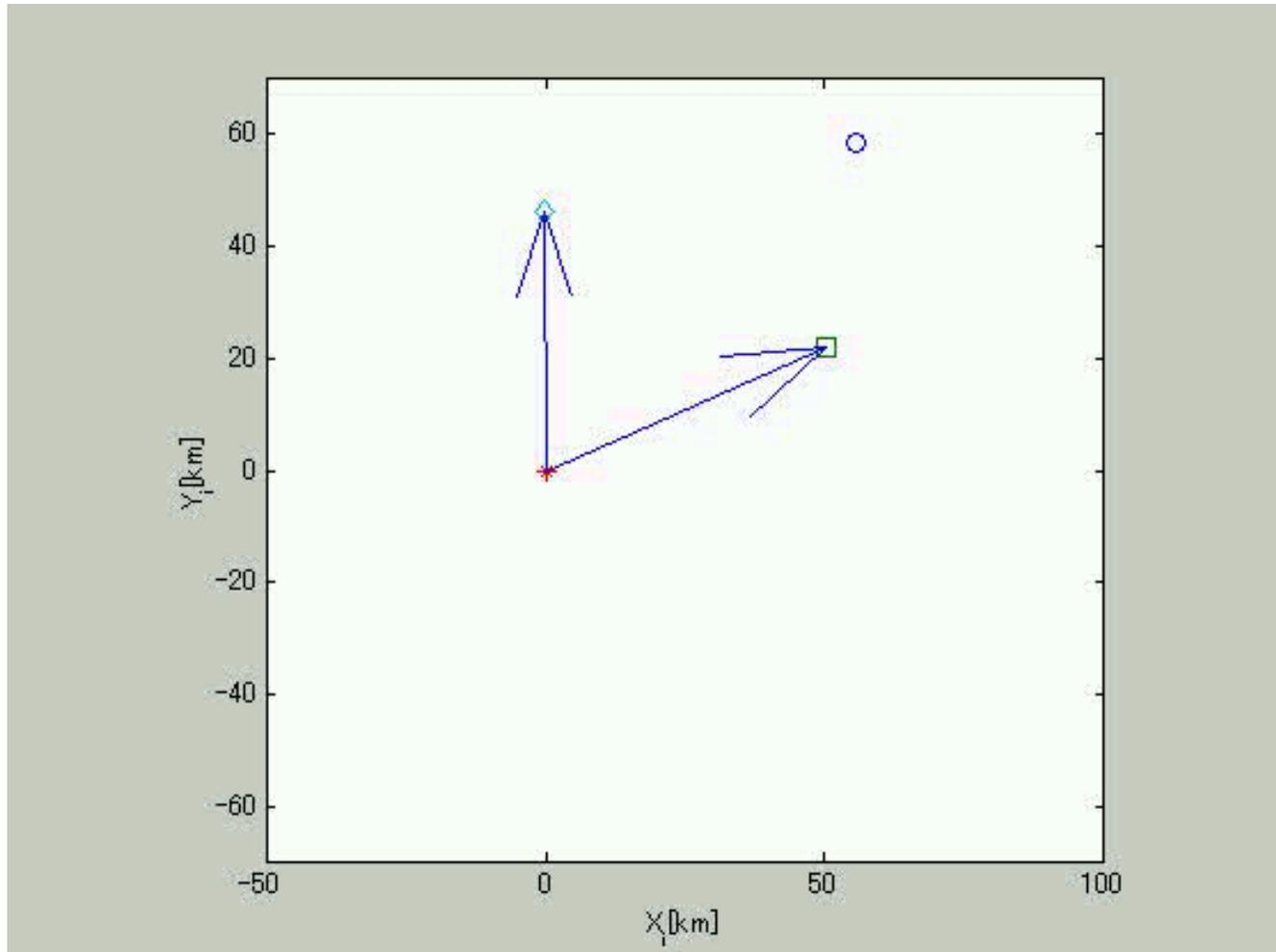


遠地点付近で X_i, Y_i, Z_i 方向に基線を張る軌道⁴



X軸方向に基線を確保するのは難しい。Z軸方向は容易。

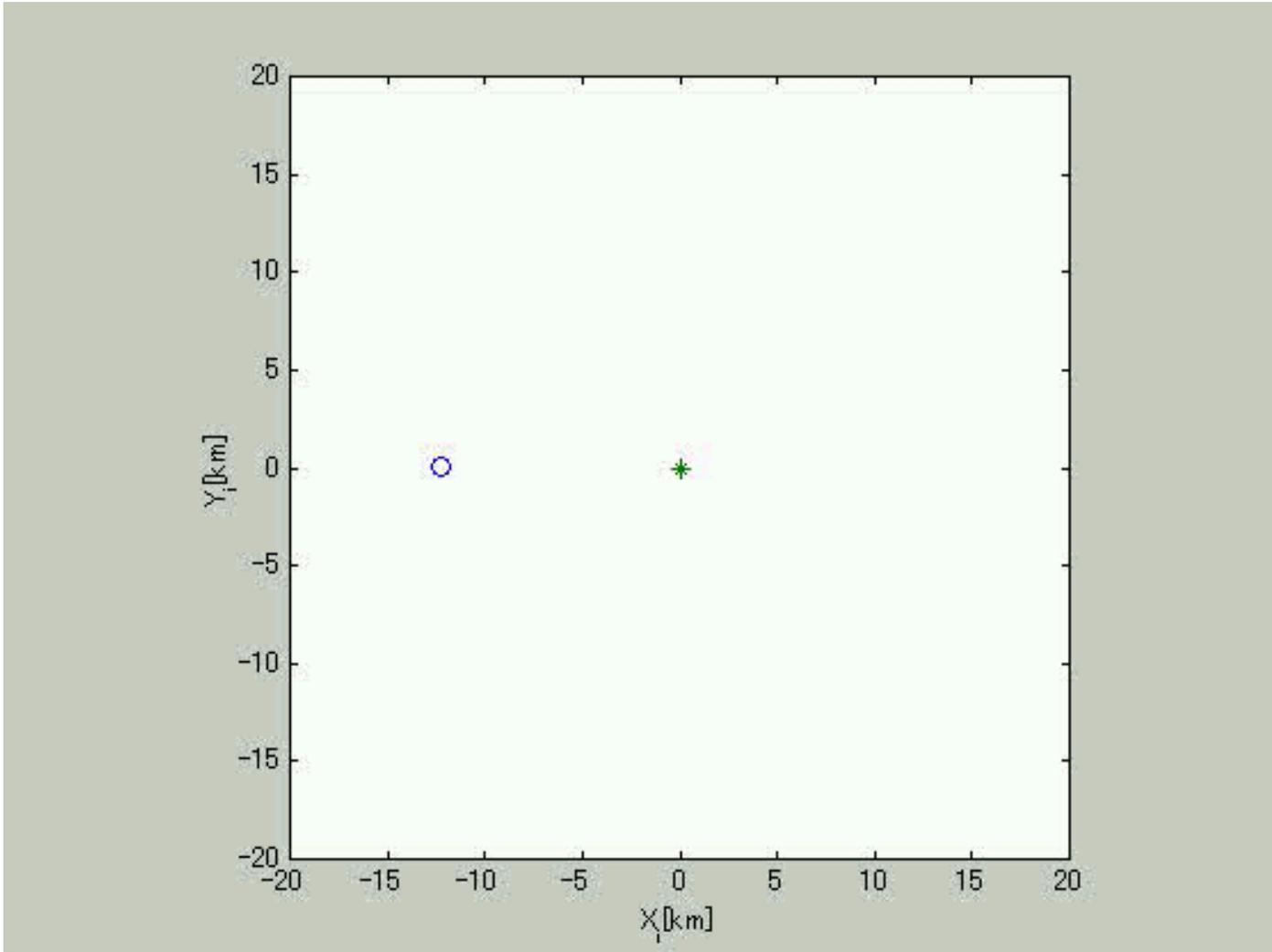
2機の衛星を利用して、1機が X_i 軸方向から大きく外れると、もう1機がカバーするように衛星を配置



遠地点付近で X_i, Y_i, Z_i 方向に基線を張る軌道⁵



無理に X 軸に align させる案もないことはないが



軌道要素の制御₃



軌道要素の制御に必要な ΔV (例)

$a: 105237[\text{km}]$, $e: 0.818182$, $i: 30[\text{deg}]$, $\omega: 90[\text{deg}]$, $\Omega: 270[\text{deg}]$, $M_0: 0[\text{deg}]$

$$\Delta V_a = 0.002924 \Delta a \quad [\text{m/s}] (\text{@Perigee})$$

$$\Delta V_M = 32.65 \Delta M / N \quad [\text{m/s}] (\text{@Perigee}) \quad N: \text{the number of revolution}$$

$$\Delta V_e = 1692.5 \Delta e \quad [\text{m/s}] (\text{@Perigee \& Apogee})$$

$$\Delta V_\omega = 1829.2 \Delta \omega \quad [\text{m/s}] (\text{@} f = \pm 145[\text{deg}])$$

$$\Delta V_i = 1946.2 \Delta i \quad [\text{m/s}] (\text{@} f = \pm 145[\text{deg}])$$

$$\Delta V_\Omega = 307.7 \Delta \Omega \quad [\text{m/s}] (\text{@Apogee})$$

モンテカルロシミュレーションの結果、遠地点において100[km]オーダーの軌道変更(面内、面外)を行う場合、約4[m/s]の ΔV が必要
(最適2インパルス移行では約2[m/s]が必要)

編隊飛行に関わる今後の課題



■ これまでに検討できている事項:

- ・SCOPE に向けた編隊維持の基本的な構成。
- ・母船 - 子機間相対レンジングによる軌道決定が十分可能であること。
(相対距離が比較的近い場合。地上運用負荷を軽減できる。)
- ・所要燃料を等分配できる編隊維持方策の基本方策
長半径の制御はフォーメーションの維持に不可欠である。
その他の軌道要素は、制御位置と制御量を適切にとることで
独立に制御 することが可能である。

■ 制御時の衛星間衝突回避

■ 外乱(摂動)の影響評価と軌道修正量評価の改善

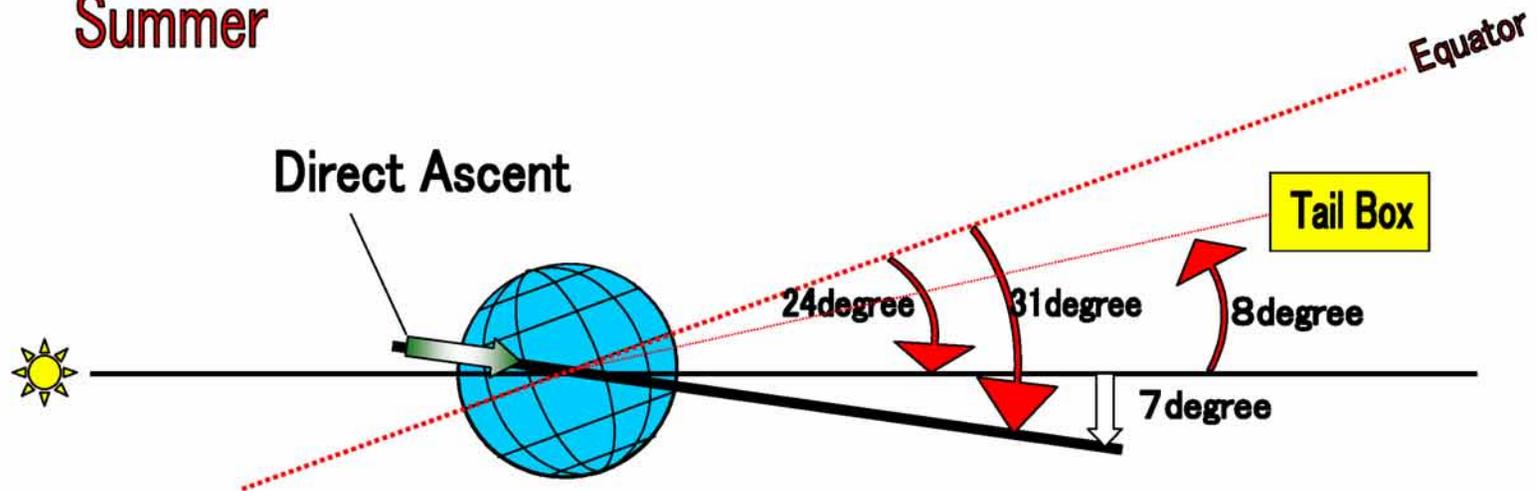
■ GPS 利用航法、衛星間レンジングの採否

■ 母船と子機の姿勢制御系構成を考慮し、所要燃料最小かつ等分配性を確保する初期配置 strategy

- 不幸にして直接に投入することができない。
投入に要するペイロード損をできるだけ避けたい。

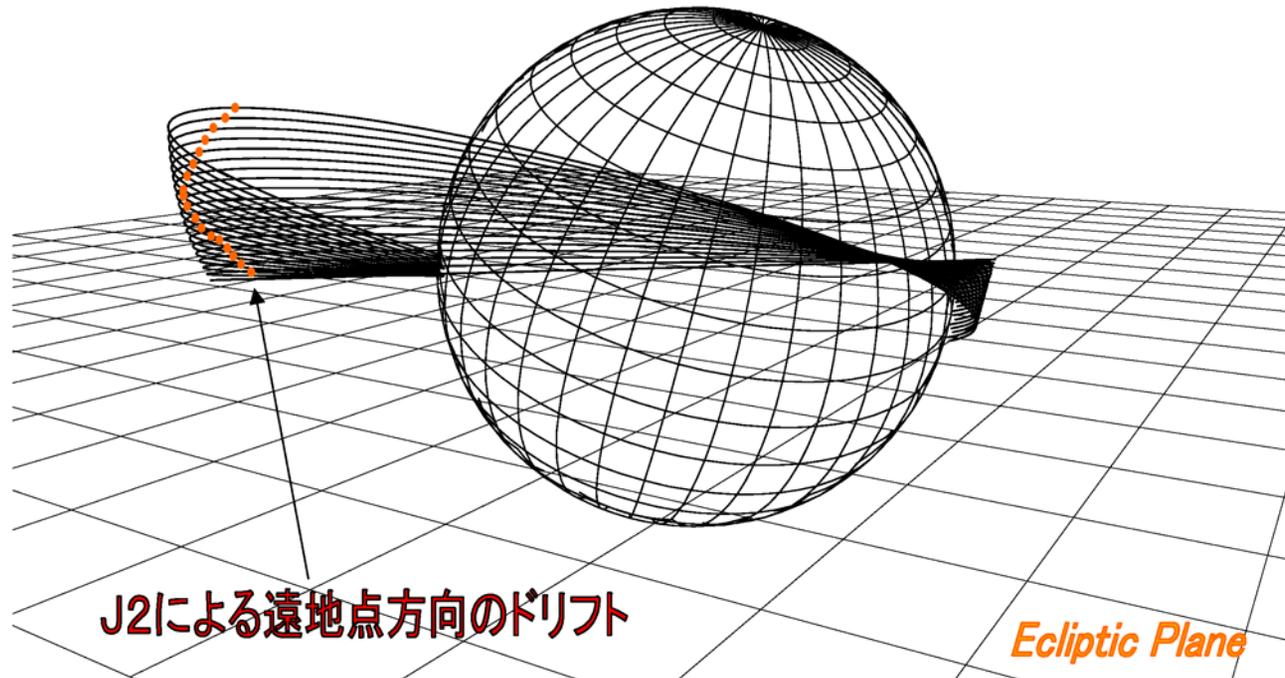
Tail Geometry and Direct Ascent Orbit

Summer



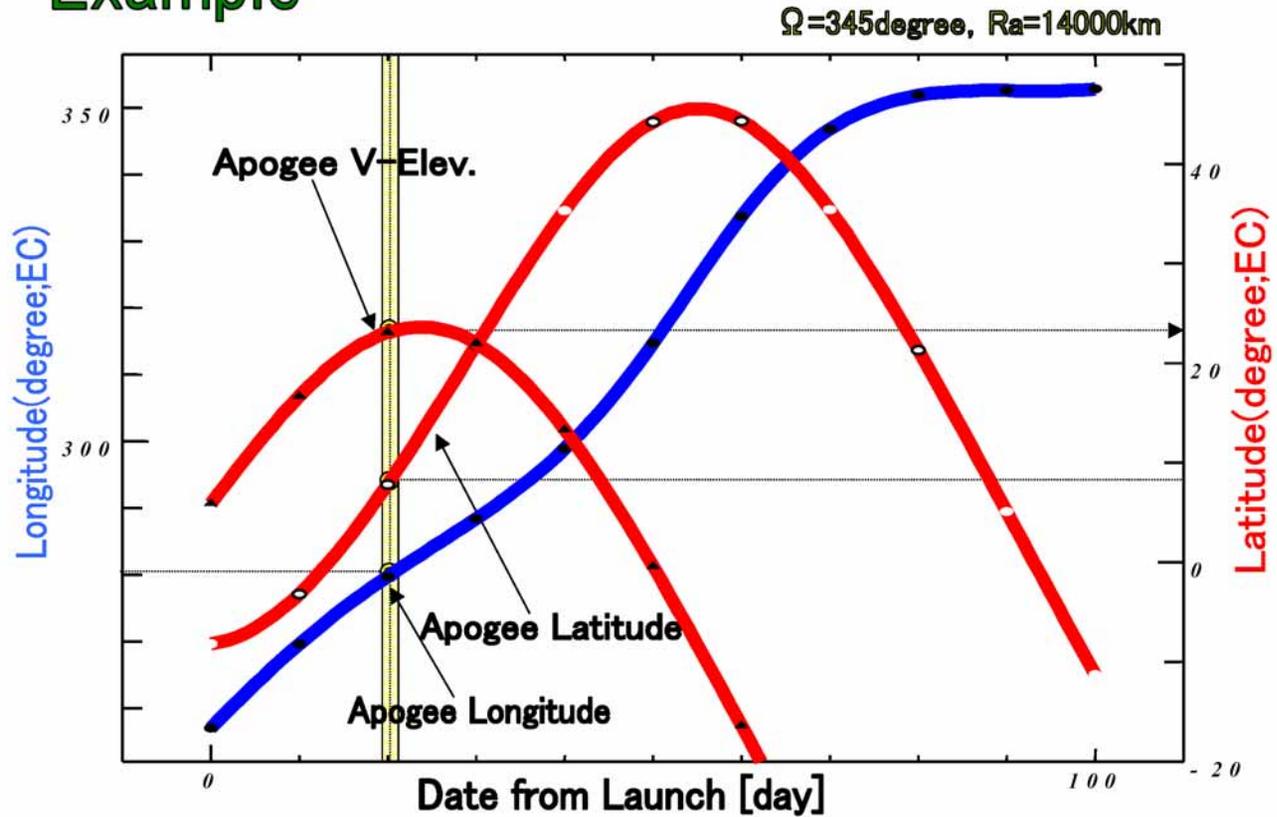
- 黄道面系では遠地点緯度も変化する。

遠地点方向ドリフト例(3週間)



■ 摂動によるドリフト例

Example



■ ドリフト軌道期間

Target: Summer Tail Box

縦軸を打ち上げ時刻、横軸を遠地点距離とする。この例では 11 時打ち上げだと遠地点投入誤差があっても到着日シフトのみで達成出来る。

km \	5000	6000	7000	8000	9000	10000	11000	12000	13000	14000	15000	16000	17000	18000	19000	20000	
12h	58(-28)	80(-28)	--(--)	--(--)	--(--)	--(--)	--(--)	--(--)	--(--)	--(--)	--(--)	--(--)	--(--)	--(--)	--(--)	--(--)	
13h	--(--)	--(--)	--(--)	--(--)	--(--)	--(--)	--(--)	--(--)	--(--)	--(--)	--(--)	--(--)	--(--)	--(--)	--(--)	--(--)	
14h	--(--)	--(--)	--(--)	--(--)	--(--)	--(--)	--(--)	--(--)	--(--)	--(--)	--(--)	--(--)	--(--)	--(--)	--(--)	--(--)	
15h	--(--)	--(--)	--(--)	--(--)	--(--)	--(--)	--(--)	--(--)	--(--)	--(--)	--(--)	--(--)	--(--)	--(--)	--(--)	--(--)	
16h	--(--)	--(--)	--(--)	--(--)	--(--)	--(--)	--(--)	--(--)	--(--)	--(--)	--(--)	--(--)	--(--)	--(--)	--(--)	--(--)	
17h	44(28)	61(28)	80(28)	--(--)	--(--)	--(--)	--(--)	--(--)	--(--)	--(--)	--(--)	--(--)	--(--)	--(--)	--(--)	--(--)	
18h	99(-24)	--(--)	--(--)	--(--)	--(--)	--(--)	--(--)	--(--)	--(--)	--(--)	--(--)	--(--)	--(--)	--(--)	--(--)	--(--)	
19h	99(-29)	--(--)	--(--)	--(--)	--(--)	--(--)	--(--)	--(--)	--(--)	--(--)	--(--)	--(--)	--(--)	--(--)	--(--)	--(--)	
20h	38(-24)	52(-24)	68(-24)	86(-24)	--(--)	--(--)	--(--)	--(--)	--(--)	--(--)	--(--)	--(--)	--(--)	--(--)	--(--)	--(--)	
21h	38(-30)	52(-30)	68(-30)	86(-30)	--(--)	--(--)	--(--)	--(--)	--(--)	--(--)	--(--)	--(--)	--(--)	--(--)	--(--)	--(--)	
22h	--(--)	--(--)	--(--)	--(--)	--(--)	--(--)	--(--)	--(--)	--(--)	--(--)	--(--)	--(--)	--(--)	--(--)	--(--)	--(--)	
23h	--(--)	--(--)	--(--)	--(--)	--(--)	--(--)	--(--)	--(--)	--(--)	--(--)	--(--)	--(--)	--(--)	--(--)	--(--)	--(--)	
0h	85(26)	--(--)	--(--)	--(--)	--(--)	--(--)	--(--)	--(--)	--(--)	--(--)	--(--)	--(--)	--(--)	--(--)	--(--)	--(--)	
1h	--(--)	--(--)	--(--)	--(--)	--(--)	--(--)	--(--)	--(--)	--(--)	--(--)	--(--)	--(--)	--(--)	--(--)	--(--)	--(--)	
2h	24(25)	33(25)	43(25)	55(25)	67(25)	80(25)	94(25)	--(--)	--(--)	--(--)	--(--)	--(--)	--(--)	--(--)	--(--)	--(--)	
3h	79(-26)	--(--)	--(--)	--(--)	--(--)	--(--)	--(--)	--(--)	--(--)	--(--)	--(--)	--(--)	--(--)	--(--)	--(--)	--(--)	
4h	--(--)	--(--)	--(--)	--(--)	--(--)	--(--)	--(--)	--(--)	--(--)	--(--)	--(--)	--(--)	--(--)	--(--)	--(--)	--(--)	
5h	17(-27)	24(-27)	31(-27)	39(-27)	48(-27)	58(-27)	68(-27)	78(-27)	90(-27)	--(--)	--(--)	--(--)	--(--)	--(--)	--(--)	--(--)	
6h	--(--)	--(--)	--(--)	--(--)	--(--)	--(--)	--(--)	--(--)	--(--)	--(--)	--(--)	--(--)	--(--)	--(--)	--(--)	--(--)	
7h	--(--)	--(--)	--(--)	--(--)	--(--)	--(--)	--(--)	--(--)	--(--)	--(--)	--(--)	--(--)	--(--)	--(--)	--(--)	--(--)	
8h	65(30)	90(30)	--(--)	--(--)	--(--)	--(--)	--(--)	--(--)	--(--)	--(--)	--(--)	--(--)	--(--)	--(--)	--(--)	--(--)	
9h	65(24)	90(24)	--(--)	--(--)	--(--)	--(--)	--(--)	--(--)	--(--)	--(--)	--(--)	--(--)	--(--)	--(--)	--(--)	--(--)	
10h	--(--)	--(--)	--(--)	--(--)	--(--)	9(29)	11(29)	13(29)	15(29)	17(29)	20(29)	22(29)	25(29)	27(29)	30(29)	32(29)	35(29)
11h	--(--)	--(--)	--(--)	--(--)	--(--)	9(23)	11(23)	13(23)	15(23)	18(23)	20(23)	22(23)	25(23)	27(23)	30(23)	33(23)	36(23)

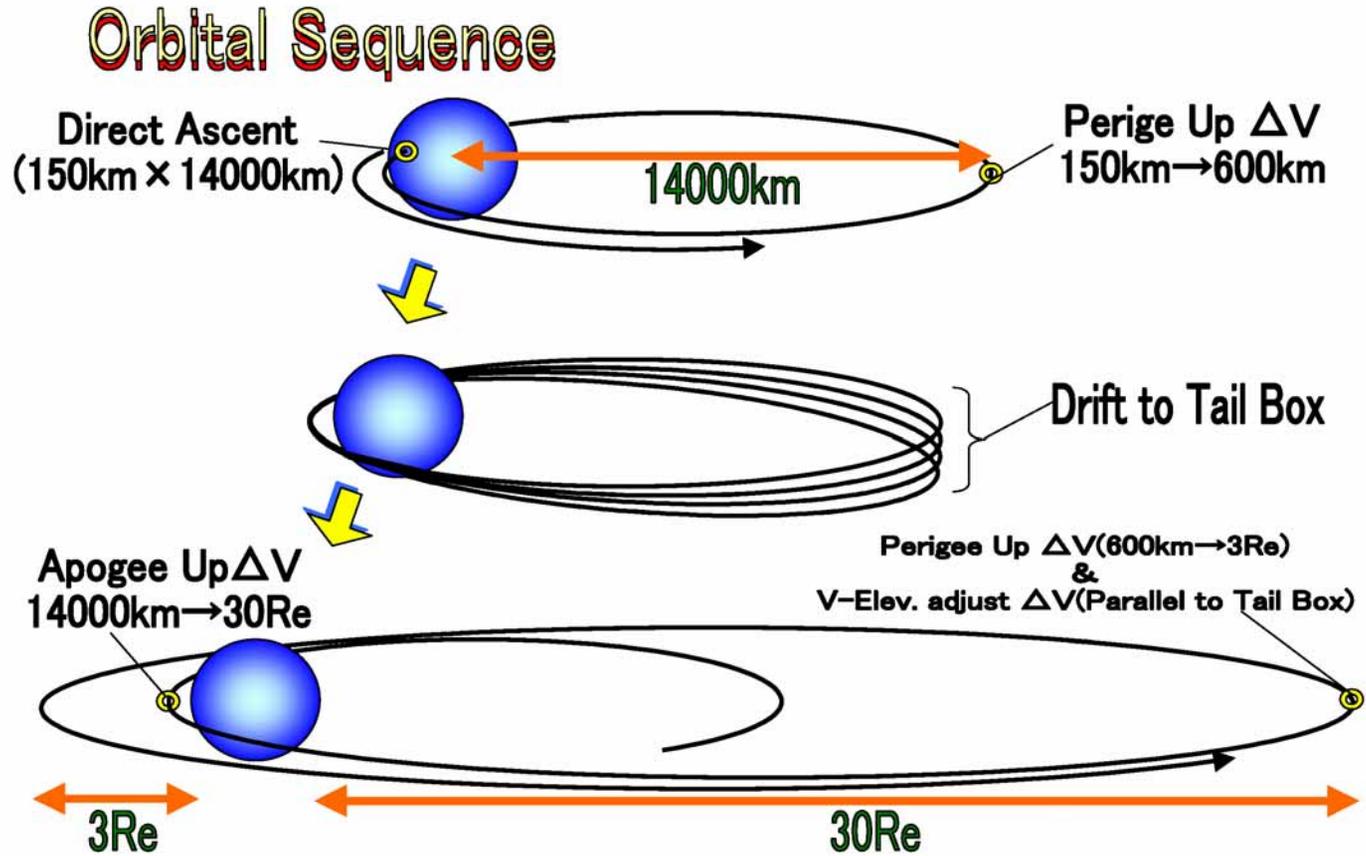
##(###)
↑ ↑
Days from Launch V-Dec.@Apogee(EC)

夏至 Tail Box 到達までの経過日数。

Tail Box 到達時の、磁気中性面と軌道速度方向のなす角。

* 冬でも同じ。

■ 軌道制御シーケンス



■ 所要軌道制御量

前提 打ち上げ:M-V-5ロケット相当
 B3-B0軌道: 3400kg, 150km × (-1554)km
 初期投入軌道: 150km × 14000km (に 1623kg)
 (KM-VX Wpropellant=1600kg, Isp=300sec, beta=0.92, 継ぎ手 10kg)
 衛星推進系: 2液(Isp=290~300sec)

- (1) Perigee Up $\Delta V(150 \rightarrow 600\text{km})$ $\Delta V=90\text{m/sec}$, 50kg 1573kg
- (2) Apogee Up $\Delta V(14000\text{km} \rightarrow 30\text{Re})$ $\Delta V=2000\text{m/sec}$, 573kg 1000kg
- (3) Perigee Up $\Delta V(\rightarrow 3\text{Re})$ & 軌道面調整 $\Delta V=275\text{m/sec}$, 93kg 907kg
- (4) その他 初期運用マージン/Formation/AOCS $\Delta V=250\text{m/sec}$, 78kg 829kg

体制完了時衛星重量: 829kg(母船dry+全子機wet)

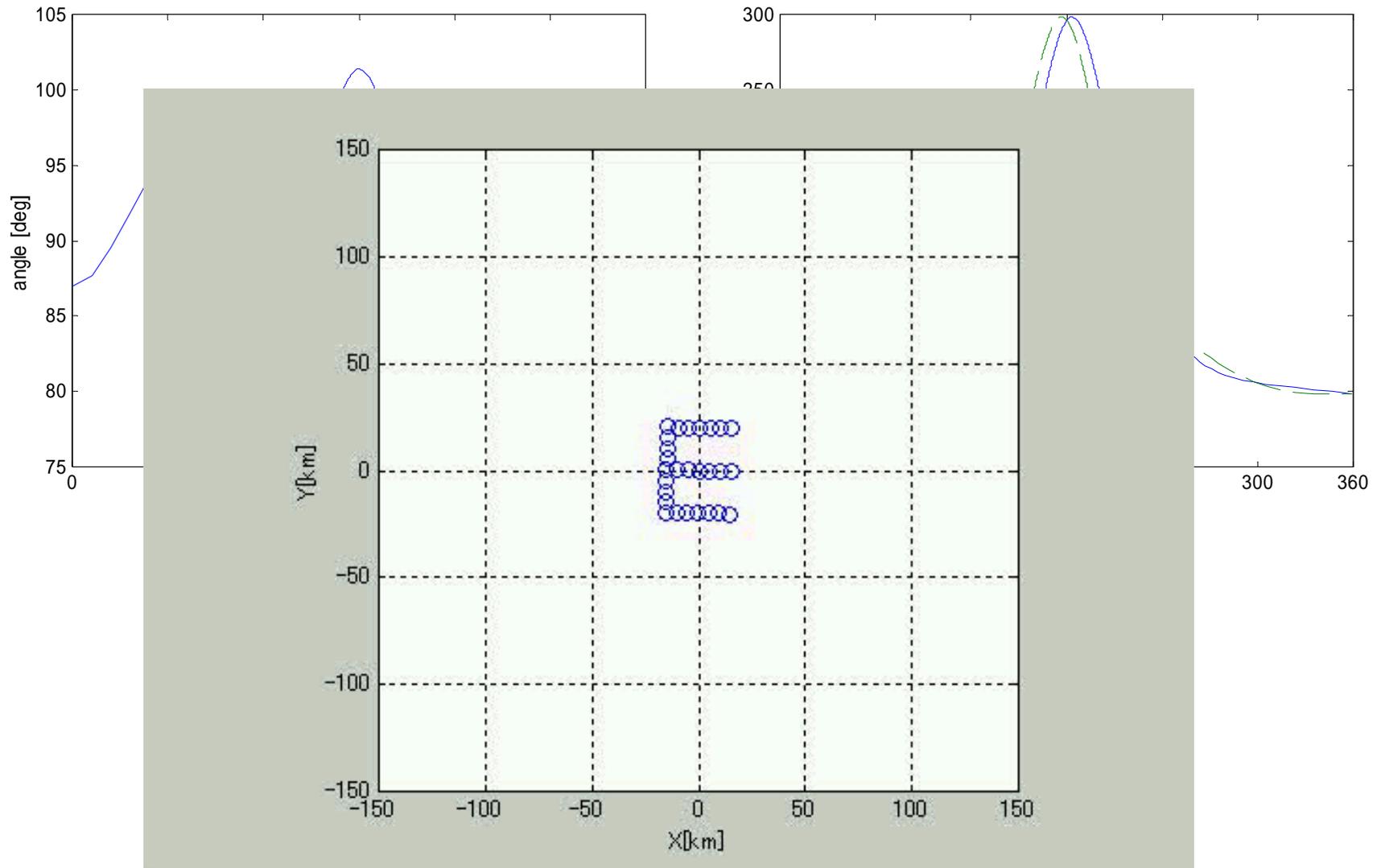
■ 投入できる探査機の重量の見通し(配置前)

母船: バス系 164kg(のぞみ相当)
2液推進系機構 70kg
2液燃料 794kg
SI 100kg **小計 1128kg**

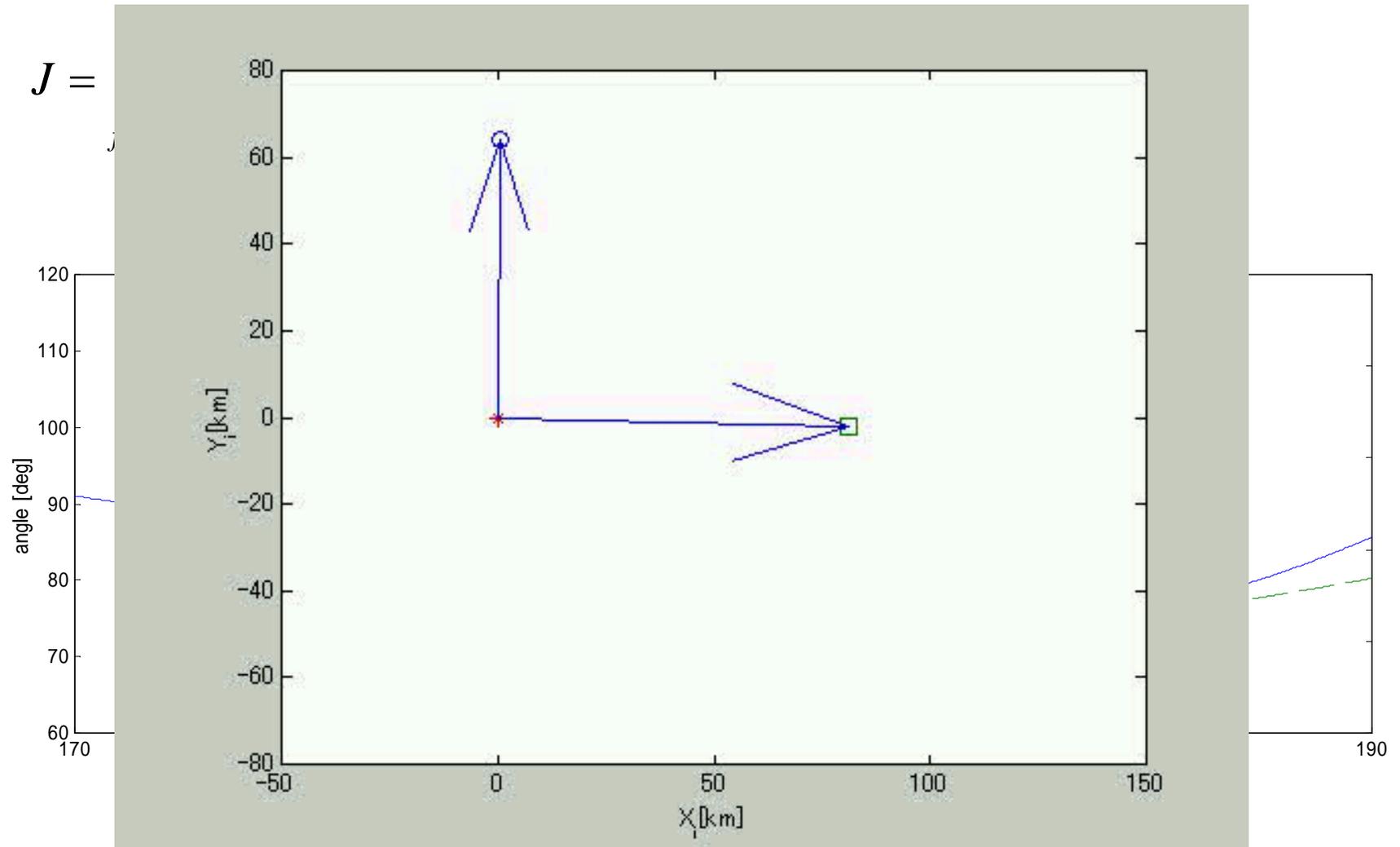
子機: バス系 50kg(DASH相当)
DHU/DR/MGA 10kg
1液推進系機構 10kg(PLANET-A相当)
1液燃料 10kg Formation維持/AOCS/投棄
SI 20kg **小計 100kg×4機**

総計 1528kg(1623kgに対し95kgマージン)

相似な幾何形状を維持する軌道(楕円軌道)₂



遠地点付近で直交する3基線を張る軌道⁴



* 面外 (Z方向) 基線は容易に張れる。