











太陽系の隅々に行くのはたいへん?					
「太陽系の目的地に到達する までに必要な時間」					
月旅行の時間 火星旅行の時間 金星旅行の時間 水星旅行の時間 木星旅行の時間 冥王星旅行の時間	最短で3日 9ヶ月 6ヶ月 2.5~4年 3~5年 8~10年				

過去に何機ぐらい行ったことがあるのか?

水星	1機	Mariner 10				
金星	約40機	Venera, Mariner, Kosmos, Pioneer-Venus, Magellan, Gallileo				
月	約110 機	Pioneer, Luna, Ranger, Surveyor, Apollo, Hiten, Clementine				
火星	約30機	Mars, Mariner, Viking, Phobos, Pathfinder				
小惑星	2機	Gallileo, Near				
木星	6機	Pioneer 10, 11, Voyager 2, 1, Ulysses, Gallileo				
土星	4機	Pioneer 11,Voyager 2,1, Cassini				
天王星	1機	Voyager 2				
海王星	1機	Voyager 2				
彗星	5機	ICE,Vega1,2,Sakigake, Suisei, Giotto				









スイングバイ(Swingby)

































惑	惑星に到達するための地球離脱速度 火星と金星は、同じくらい行きやすい。 水星と木星は、同じくらい到達しにくい。 (大きなロケット、多くの燃料が必要)							
	惑星	太陽から の距離 (AU)	地球ー惑星遷移 軌道の大きさ(半 長径)(km/s)	地球出発時の太 陽中心速度 (km/s)	地球出発時に 必要な増速度 量 (km/s)			
	水星	0.39	0.70	22.4	7.4			
	金星	0.72	0.86	27.1	2.7			
	地球	1.00	1.00	29.8	0.0			
	火星	1.52	1.26	32.6	2.8			
	小惑星	2.00 3.00	1.50 2.00	34.3 36.3	3.5 6.5			
	木星	5.20	3.10	38.4	8.6			















り球か	ら火星	までと	ごうやって行く?	
のような	な機会は	ほほ2:	年に一度あり、	
の機会	のことを	「打上い	「窓」と呼ぶ。	
火星の打上げ窓(いつ火星に打上げるのが遠当か)				
地球脱出日	火星到着日	太陽周回数	探査機重量(注参照)	
	火星到着日 99年 3月	太陽周回数 0.5	探查機重量(注参照)	
	火星到着日 99年 3月 97年 9月	太陽周回数 0.5 0.5	探查機重量(注参照) 13.3% 14.5%(Mars Pathfinder)	
地球脱出日 96年 9月 96年11月 98年 9月	火星到着日 99年 3月 97年 9月 01年 3月	太陽周回数 0.5 0.5 1.5	探查機重量(注参照) 13.3% 14.5%(Mars Pathfinder) 14.4%	
地球脱出日 96年 9月 96年11月 98年 9月 98年12月	火星到着日 99年 3月 97年 9月 01年 3月 99年10月	太陽周回数 0.5 0.5 1.5 0.5	探査機重量(注参照) 13.3% 14.5%(Mars Pathfinder) 14.4% 12.9%(日本「のぞみ」当初予定)	
地球脱出日 96年 9月 96年11月 98年 9月 98年12月 01年 4月	火星到着日 99年 3月 97年 9月 01年 3月 99年10月 01年10月	太陽周回数 0.5 0.5 1.5 0.5 0.5 0.5	探査機重量(注参照) 13.3% 14.5%(Mars Pathfinder) 14.4% 12.9%(日本「のぞみ」当初予定) 12.6%	
地球脱出日 96年 9月 96年11月 98年 9月 98年12月 01年 4月 03年 6月	火星到着日 99年 3月 97年 9月 01年 3月 99年10月 01年10月 04年 1月	太陽周回数 0.5 0.5 1.5 0.5 0.5 0.5 0.5	探査機重量(注参照) 13.3% 14.5%(Mars Pathfinder) 14.4% 12.9%(日本「のぞみ」当初予定) 12.6% 15.0%(日本「のぞみ」延長ミッショ:	
地球脱出日 96年9月 98年1月 98年9月 98年12月 01年4月 03年6月 05年8月	火星到着日 99年3月 97年9月 01年3月 99年10月 01年10月 04年1月 06年9月	太陽周回数 0.5 0.5 1.5 0.5 0.5 0.5 0.5 0.5 0.5	探査機量量(注参照) 13.3% 14.5%(Mars Pathfinder) 14.4% 12.9%(日本「のぞみ」当初予定) 12.6% 15.0%(日本「のぞみ」当初予定) 11.7%	
地球 96年 9月 98年 11月 98年 12月 01年 4月 01年 6月 05年 8月 07年 8月	火星到着日 99年3月 97年9月 01年3月 99年10月 01年10月 04年1月 06年9月 08年5月	太陽周回数 0.5 0.5 1.5 0.5 0.5 0.5 0.5 0.5 0.5	探査機重量(注参照) 13.3% 14.5% (Mars Pathfinder) 14.4% 12.9% (日本「のぞみ」当初予定) 12.6% 15.0% (日本「のぞみ」延長ミッショ: 11.7% 13.9% (NASA Phoenix Lander)	













ロケットの加速を表す
ッイオルコフスキーの公式

$$\Delta V = c \log_e \frac{Wi}{Wf}$$

 $\Delta V = c \log_e \frac{Wi}{Wf}$
 $\Delta V = c \log_e \frac{Wi}{Wf}$
 $\Delta V = c \log_e \frac{Wi}{Wf}$
 $\Delta V = c \log_e \frac{Wi}{Wf}$





















































小惑星 Apophis(アポフィス)

- · 2004年、Tholenらが発見
- ・直径約300m
- 2029年4月、GEOの内側で 地球に再接近。その際、軌 道が変更される。
- →2036年に地球に再接近す る際の、現段階の推定確率 は1/4500と推定



April 2029 Encounter

JAXA矢野創氏



ESA(欧州宇宙機関):Don Quijote計画

小惑星軌道変更技術の工学実証ミッションのフェーズA検討を 2005-6年に実施。



Eropean Space Agency































引力のタイプによる運動の分類 ^{運動方程式} $\frac{d^2r}{dt^2} - r \left(\frac{d\theta}{dt} \right)^2 = a,$ $a_r = \begin{bmatrix} -g_0 \frac{r_0}{r^n} \end{bmatrix}$ 引力のみを考慮								
n	1	0	-3/4	-2	-3	<-3		
アプス角	90度	104度	120度	180度	無限大	同左		
引力のタイ プ	距離に比例	距離によら ず	逆4分の三 乗	逆二乗	逆三乗	同左		
軌道	楕円	ロゼット 花弁は無数	ロゼット 花弁は3枚	楕円	らせん	同左		
運動	調和運動		周期運動	ケプラー運 動	らせん運動	同左		
備考	閉曲線 (Bertrand's Theorem)	閉じない	閉曲線	閉曲線 (Bertrand's Theorem)	閉じない	同左		
	参考:堀源一郎,"太陽系", 岩波新書, 1976, p.121							

































