

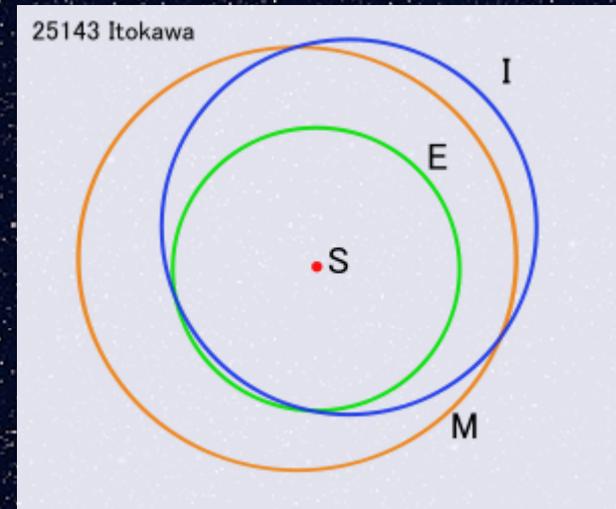
Earth impact probability of the Asteroid(25143)
Itokawa to be sampled by the spacecraft
Hayabusa

Patrick Michel , Makoto Yoshikawa
Icarus 179 , 291-296 , 2005

発表者: 池崎 克俊 (阪大 M2)

背景

- はやぶさの目標小惑星
「イトカワ」



Wikipediaより

- NEOs (地球近傍天体) の小惑星の地球衝突の
可能性

約100年以内で衝突⇒約400個ほど

(NASAより)

背景

- NEOs(地球近傍天体)の小惑星の地球衝突の可能性
約100年以内で衝突⇒約400個ほど

しかし

100年後以上の未来の小惑星の軌道の予測は難しい！！

⇒小惑星同士の衝突などの影響

目的

シミュレーションを用いた「イトカワ」の地球への衝突の可能性を調べる。

手法

小惑星のパラメータの小さな変化

↓ 数百年

予期されていた軌道と異なった軌道

この異なる結果から

- 軌道に影響する物理量
- 小惑星の一生
- 惑星などへの衝突確率

etc.

手法

1. 「asteroid ephemerides」を参考
2. リストの6つのパラメータを各々に変化 (楕円の増減)
軌道長半径 a , 離心率 e , 軌道傾斜角 i , 近日引数 Ω ,
昇交点横径 ω , 平均近点角 M
3. PC i, ii, iii の3台でそれぞれ1億年にわたって
シミュレーション
(i, ii はAMD Athlon, iii はCompaq Dec Alpha workstation)
5. イトカワの軌道から計39通りの結果 (クローン)

シュミレーションで使ったアルゴリズム

Bulirsch-Stoerのアルゴリズムを使用

- ・小惑星の惑星接近
- ・計算能力は高い
- ・解析の制限が生じる。

Table 1
Lifetimes, fates, and average Earth impact rates of the 39 Itokawa clones over their whole lifetime

Body	Lifetime (Myr)	Fate	Impact rate (yr ⁻¹)
Itokawa I	7.703	Venus	1.4 × 10 ⁻⁶
Itokawa Ia+	49.563	Mercury	7.6 × 10 ⁻⁷
Itokawa Ia-	0.172	Venus	1.5 × 10 ⁻⁶
Itokawa Ie+	4.214	Ejected	4.0 × 10 ⁻⁷
Itokawa Ie-	11.560	Sun	8.3 × 10 ⁻⁷
Itokawa Ii+	6.959	Sun	7.3 × 10 ⁻⁷
Itokawa Ii-	1.088	Sun	5.3 × 10 ⁻⁷
Itokawa IΩ+	12.690	Earth	1.8 × 10 ⁻⁶
Itokawa IΩ-	13.510	Venus	5.6 × 10 ⁻⁷
Itokawa Iω+	1.817	Sun	2.9 × 10 ⁻⁷
Itokawa Iω-	27.980	Venus	3.4 × 10 ⁻⁷
Itokawa IM+	3.510	Earth	1.1 × 10 ⁻⁶
Itokawa IM-	0.903	Venus	1.7 × 10 ⁻⁶
Itokawa II	13.345	Venus	1.9 × 10 ⁻⁶
Itokawa IIa+	57.498	Sun	3.7 × 10 ⁻⁷
Itokawa IIa-	8.381	Sun	4.6 × 10 ⁻⁷
Itokawa IIe+	8.782	Venus	1.1 × 10 ⁻⁶
Itokawa IIe-	>100		
Itokawa Iii+	43.238	Venus	3.7 × 10 ⁻⁷
Itokawa Iii-	1.127	Sun	6.2 × 10 ⁻⁷
Itokawa IIΩ+	>100		
Itokawa IIΩ-	44.221	Jupiter	1.2 × 10 ⁻⁶
Itokawa IIω+	6.938	Sun	6.4 × 10 ⁻⁷
Itokawa IIω-	2.895	Sun	3.4 × 10 ⁻⁷
Itokawa IIIM+	49.254	Sun	7.1 × 10 ⁻⁷
Itokawa IIIM-	>100		

Body	Lifetime (Myr)	Fate	Impact rate (yr ⁻¹)
Itokawa III	0.298	Sun	3.7 × 10 ⁻⁷
Itokawa IIIa+	4.452	Sun	1.5 × 10 ⁻⁶
Itokawa IIIa-	2.682	Venus	3.2 × 10 ⁻⁷
Itokawa IIIe+	16.033	Venus	1.4 × 10 ⁻⁶
Itokawa IIIe-	4.461	Sun	3.9 × 10 ⁻⁷
Itokawa IIIi+	0.057	Earth	1.6 × 10 ⁻⁶
Itokawa IIIi-	32.587	Venus	1.5 × 10 ⁻⁷
Itokawa IIIΩ+	27.605	Venus	1.1 × 10 ⁻⁶
Itokawa IIIΩ-	36.359	Sun	7.6 × 10 ⁻⁷
Itokawa IIIω+	3.374	Venus	9.9 × 10 ⁻⁷
Itokawa IIIω-	31.281	Venus	1.4 × 10 ⁻⁶
Itokawa IIIM+	>100		
Itokawa IIIM-	4.056	Earth	3.5 × 10 ⁻⁶

軌道長半径a

離心率e

軌道傾斜角i

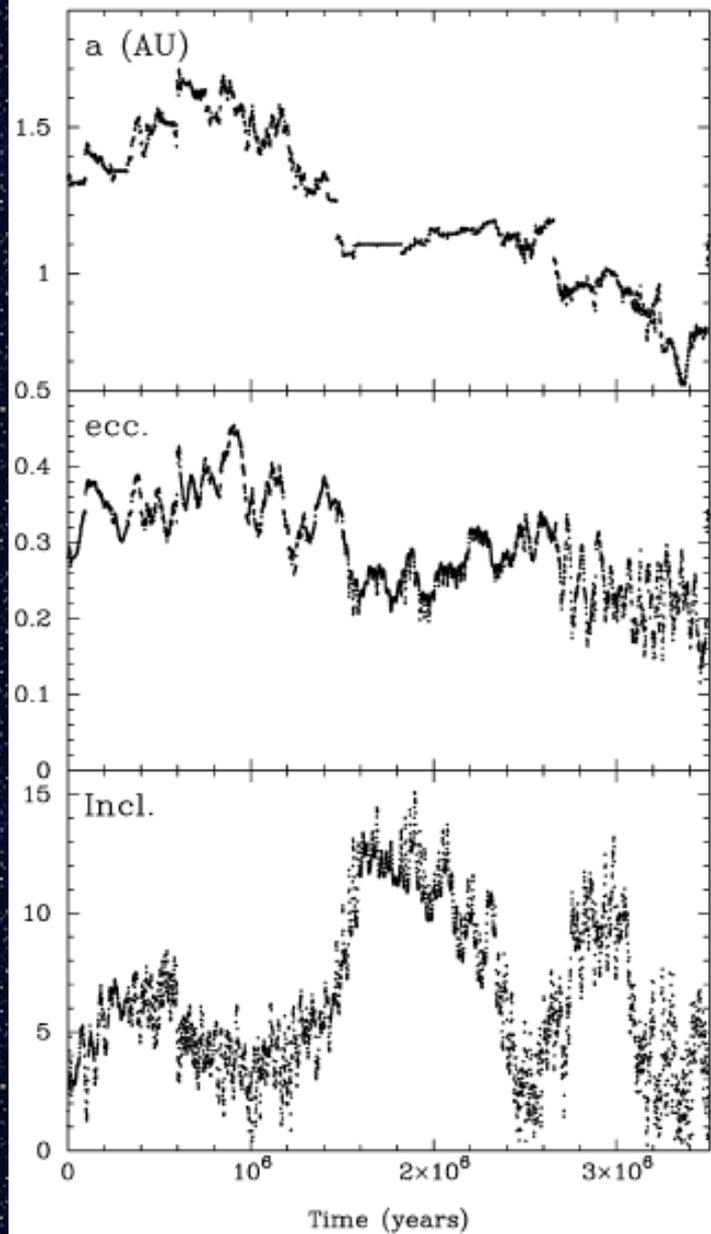
近日引数Ω

昇交点横径ω

平均近点角M

±は下一桁加えるか取り除くか

Itokawa I M+



Itokawa III i+

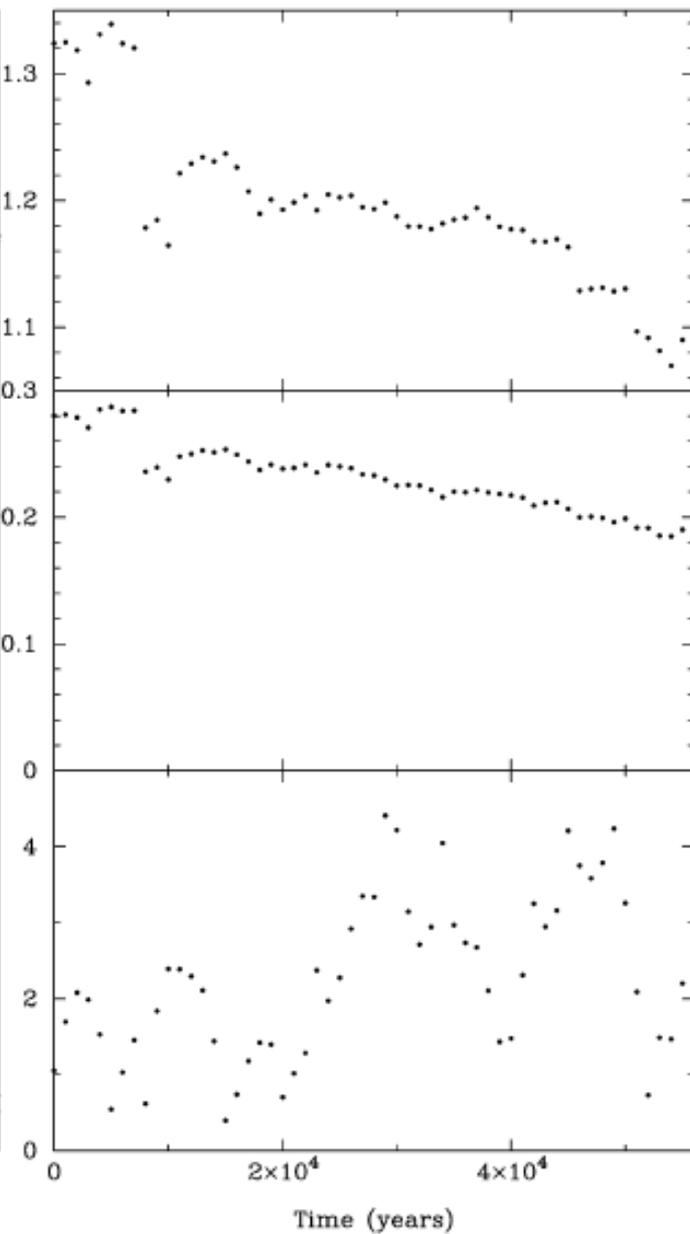


Table 1
Lifetimes, fates, and average Earth impact rates of the 39 Itokawa clones over their whole lifetime

Body	Lifetime (Myr)	Fate	Impact rate (yr ⁻¹)
Itokawa I	7.703	Venus	1.4 × 10 ⁻⁶
Itokawa Ia+	49.563	Mercury	7.6 × 10 ⁻⁷
Itokawa Ia-	0.172	Venus	1.5 × 10 ⁻⁶
Itokawa Ie+	4.214	Ejected	4.0 × 10 ⁻⁷
Itokawa Ie-	11.560	Sun	8.3 × 10 ⁻⁷
Itokawa Ii+	6.959	Sun	7.3 × 10 ⁻⁷
Itokawa Ii-	1.088	Sun	5.3 × 10 ⁻⁷
Itokawa IΩ+	12.690	Earth	1.8 × 10 ⁻⁶
Itokawa IΩ-	13.510	Venus	5.6 × 10 ⁻⁷
Itokawa Iω+	1.817	Sun	2.9 × 10 ⁻⁷
Itokawa Iω-	27.980	Venus	3.4 × 10 ⁻⁷
Itokawa IM+	3.510	Earth	1.1 × 10 ⁻⁶
Itokawa IM-	0.903	Venus	1.7 × 10 ⁻⁶
Itokawa II	13.345	Venus	1.9 × 10 ⁻⁶
Itokawa IIa+	57.498	Sun	3.7 × 10 ⁻⁷
Itokawa IIa-	8.381	Sun	4.6 × 10 ⁻⁷
Itokawa IIe+	8.782	Venus	1.1 × 10 ⁻⁶
Itokawa IIe-	>100		
Itokawa Iii+	43.238	Venus	3.7 × 10 ⁻⁷
Itokawa Iii-	1.127	Sun	6.2 × 10 ⁻⁷
Itokawa IIΩ+	>100		
Itokawa IIΩ-	44.221	Jupiter	1.2 × 10 ⁻⁶
Itokawa IIω+	6.938	Sun	6.4 × 10 ⁻⁷
Itokawa IIω-	2.895	Sun	3.4 × 10 ⁻⁷
Itokawa IIM+	49.254	Sun	7.1 × 10 ⁻⁷
Itokawa IIM-	>100		

Body	Lifetime (Myr)	Fate	Impact rate (yr ⁻¹)
Itokawa III	0.298	Sun	3.7 × 10 ⁻⁷
Itokawa IIIa+	4.452	Sun	1.5 × 10 ⁻⁶
Itokawa IIIa-	2.682	Venus	3.2 × 10 ⁻⁷
Itokawa IIIe+	16.033	Venus	1.4 × 10 ⁻⁶
Itokawa IIIe-	4.461	Sun	3.9 × 10 ⁻⁷
Itokawa IIIi+	0.057	Earth	1.6 × 10 ⁻⁶
Itokawa IIIi-	32.587	Venus	1.5 × 10 ⁻⁷
Itokawa IIIΩ+	27.605	Venus	1.1 × 10 ⁻⁶
Itokawa IIIΩ-	36.359	Sun	7.6 × 10 ⁻⁷
Itokawa IIIω+	3.374	Venus	9.9 × 10 ⁻⁷
Itokawa IIIω-	31.281	Venus	1.4 × 10 ⁻⁶
Itokawa IIIM+	>100		
Itokawa IIIM-	4.036	Earth	3.3 × 10 ⁻⁶

軌道長半径a

離心率e

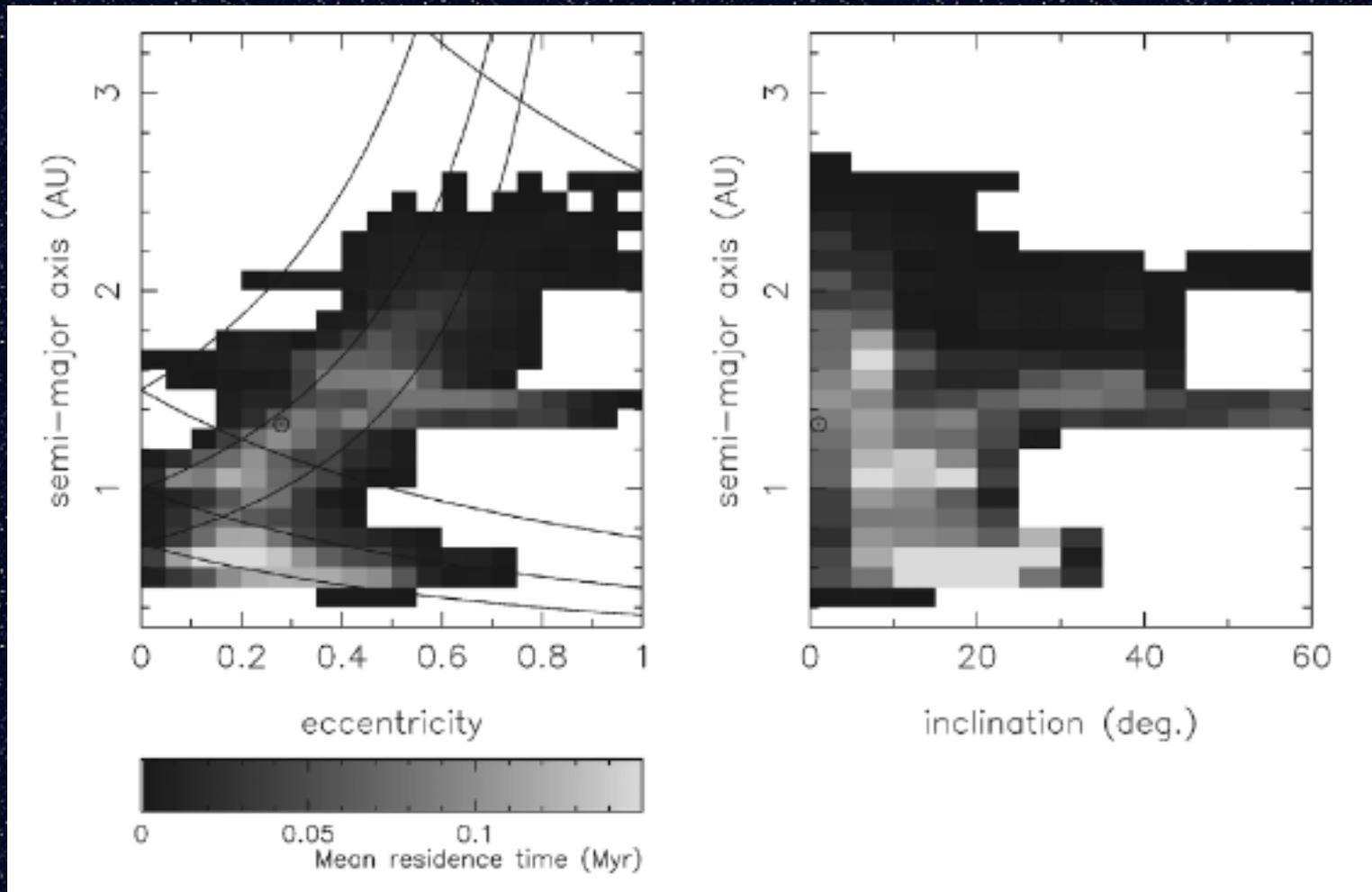
軌道傾斜角i

近日引数Ω

昇交点横径ω

平均近点角M

±は下一桁加えるか取り除くか



地球の内軌道の場所に膨大な時間、滞在！

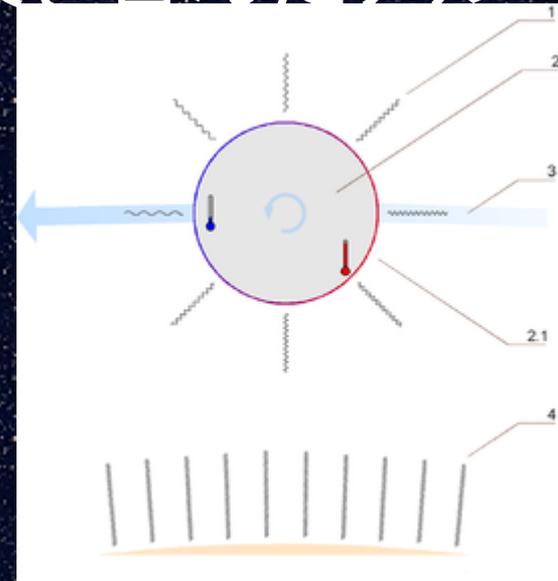
シミュレーションで使用したアルゴリズム

- i, ii には Bulirsch-stoer法
- iii には ヤルコフスキー効果を含んだアルゴリズム

ヤルコフスキー効果

ヤルコフスキー効果とは

太陽に暖められた小天体から熱放射が起きその時に生じる力の差により長軸半径が変化すること



1. 小天体からの熱放射
2. 順行回転の小惑星
- 2.1 小惑星の午後にあたる部分
3. 小惑星の軌道
4. 太陽からの熱放射

イトカワの100万年での惑星への衝突確率と その時の衝突速度

	Mercury		Venus		Earth		Mars	
	$\langle F \rangle$	$\langle V_{\text{imp}} \rangle$						
BS	1242.8	19.0	33.7	13.4	1.0	13.4	875.7	10.4
Yarko	748.5	25.8	40.7	15.9	0.8	13.7	753.2	14.0

BS: 惑星の重力のみを考慮場合

Yarko: ヤルコフスキー効果を考慮したもの

イトカワのパラメータ

平均直径 500m

バルク密度 2.7g/cm³

アルベド 0.35

自転周期 12.132h

熱伝導率 0.01W/K/m

熱容量 680W/kg/K

赤外線放射率 0.9

同サイズの小惑星の地球
への平均衝突確率よりも
4倍ほど高い

結論

- 100万年内でのイトカワの地球衝突の可能性は高い
- イトカワのアルベドの高さ(0.3)や自転周期の速さ(12.1h)は衝突による可能性
- イトカワのサンプル分析による隕石と小惑星の関係性・衝突現象の解釈