

日曜サスペンス

誰が恐竜を殺したか？ ～六千六百万年前の真実～

提供

福田祐生

北海道大学

理学部地球惑星科学科

あらすじ

- 事件発生
- 状況証拠
- 推理
- あれれ～？
- 真実は?(いつも一つ!)



事件発生！

- 被害者

ティラノサウルスをはじめとする**恐竜類**、アンモナイト類etc

- 犯行推定時刻

6600万年前(白亜紀後期マーストリヒチアン)

- 犯行現場

メキシコ **ユカタン半島**

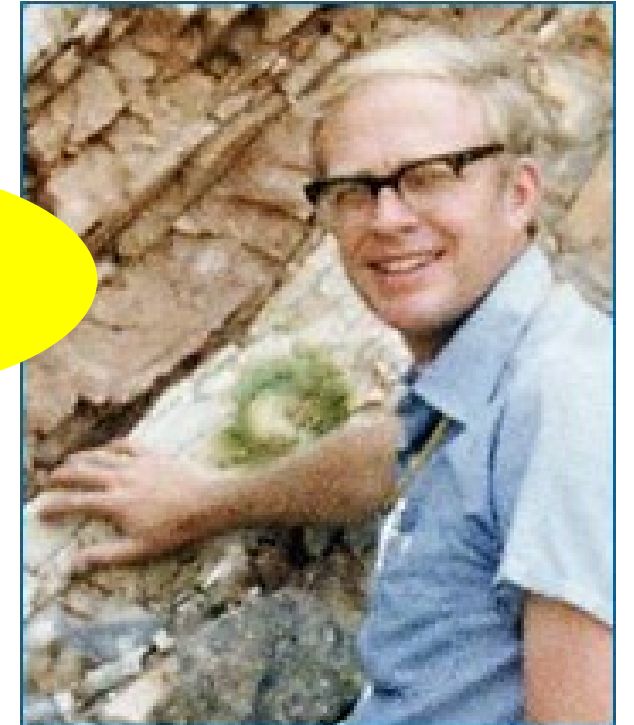
- 第一発見者

Alvarez父子(Luis and Walter Alvarez)

通報があったのは1980年代

物理学者

惑星科学者



状況証拠

Chicxulub crater

K-Pg境界におけるイリジウム濃度異常

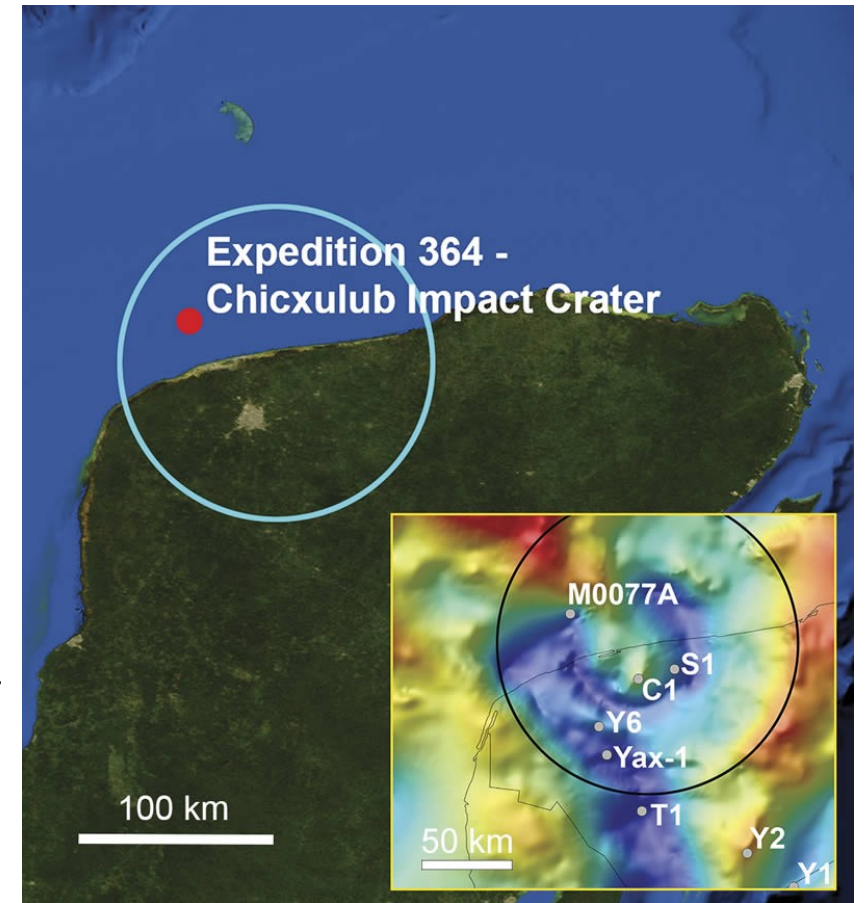
Chicxulub crater (チチュルブクレーター)

- **重力異常**の発見

→ ユカタン半島に**円状**の重力異常

→ **巨大隕石**の衝突の影響？

→ クラスト表面の物質が**強大な圧縮**を受けた結果か？



直径 100～200km

Ref.4

K-Pg境界におけるイリジウム濃度異常

K-Pg境界においてイリジウムが豊富に、
かつ**全世界的**に発見されている



全世界で同じ**タイミング**でイリジウムが堆積



ある**一つの地質学的プロセス**が働いた

- イリジウム(Ir)

貴金属の一種(メートル原器にも使用)

隕石中にしばしば含まれることがある

川流布の白亜紀-古第三紀（K-Pg）境界



閑話休題

隕石衝突って何がどうヤバい？

隕石衝突のインパクトを試算してみよう

～仮定～

- 隕石を地球重力圏外から飛来する物体として衝突速度を算出することにする(つまり、隕石は無限遠からやってくる)
- 隕石の運動エネルギーのほとんどすべてが衝突のエネルギーに換算できるものとする
- 空気抵抗は無視する(←だいぶガバガバになりますが…)
- 飛来する物体の組成は地殻のそれと同じとする(石質隕石を想定)
- 衝突時の角度に依存する破壊の影響は考慮しないものとする

早く次いけよ

現実的
じゃなくね？

眠くなるわぁ…

仮定が多いなあ
(笑)

隕石衝突のインパクト

(天の声)
この辺眠かったら寝てください
5-10分くらい続きます

- (極めて)簡単な物理式を用いると...

$$E = \frac{1}{2}mv^2$$

運動エネルギー

$$m = \frac{4}{3}\pi\rho r^3$$

隕石質量

$$U = -G \frac{Mm}{R}$$

ポテンシャルエネルギー

E : 運動エネルギー m : 物体の質量 v : 物体の速度 ρ : 物体の密度 r : 物体の半径

U : ポテンシャルエネルギー R : 物体の位置 M : 重力源の質量

隕石衝突のインパクト

$$E + U = \frac{1}{2}mv^2 - G\frac{Mm}{R} = 0$$
$$\therefore v^2 = \frac{2GM}{R}$$

第二宇宙速度

$$E = \frac{1}{2}mv^2 = \frac{1}{2} \cdot \frac{4}{3}\pi\rho r^3 \cdot \frac{2GM}{R} = \frac{4}{3}\pi r^3 \rho \frac{GM}{R}$$
$$\therefore E = \frac{4\pi r^3 \rho GM}{3}$$

隕石衝突のインパクト

$$E = \frac{4\pi r^3 \rho G M}{3}$$

ここで以下の定数を用いる

R(地球半径): 6.371×10^6 (m)

G(万有引力定数): 6.674×10^{-11} ($m^3 / kg \cdot s^2$)

M(地球質量): 5.972×10^{24} (kg)

ρ (隕石の密度, ただし今回は地殻と同等とする) : 2.7×10^3 (kg/m³)

隕石衝突のインパクト

定数を代入すると

試算してみる
(r に具体的な数字を代入していきます)

$$E = 7.0752 \cdots \times 10^{11} \cdot r^3 \approx 7.075 \times 10^{11} \cdot r^3 (J)$$

隕石衝突のインパクト

隕石の半径	衝突のエネルギー(J)	TNT火薬相当量(約 t)	広島原爆換算
1 m	7.075×10^{11}	>100	>0.01個
10 m	7.075×10^{14}	>10万	>10個
50 m	8.844×10^{16}	>1000万	>1000個
100 m	7.075×10^{17}	>1億	>1万个
600 m (イトカワくらい)	1.258×10^{20}	>1000億	>200万个
1 km	7.075×10^{20}	>1000億	>1000万个
10 km	7.075×10^{23}	>100兆	>100億個

TNT火薬相当量

TNT火薬 1 (t) = 4.184×10^9 (J)

なお 広島原爆で15 kt ($\approx 6.2 \times 10^{13}$ J)

ちなみに飛来速度は

$$v^2 = \frac{2GM}{R}$$

$$\therefore v = \sqrt{\frac{2GM}{R}}$$

代入すると

$$v = \sqrt{\frac{2 \times 6.674 \times 10^{-11} \times 5.972 \times 10^{24}}{6.371 \times 10^6}} \sim 1.1 \times 10^4 (m/s) \sim 11 (km/s)$$

ただし、これは何の加速も受けていない状態での速度。
ここに他の天体での加速が加わるので実際はもっと速いとされる。

ユカタン半島に落ちたのは？

- ・ 前述を踏まえて…

ユカタン半島の地形から算出される隕石の大きさは？



衝突の影響(生物学的な)

1. 粉塵の舞い上がり
2. 日光の遮蔽
3. 生産者生物(植物)の枯死
4. 消費者の餓死



あれれ～？おかしいぞお～？

隕石衝突だけで恐竜は絶滅するのか？

地質学の基本である**斉一説**(歴史は繰り返すということ)に沿わない

<<斉一説>>

- 地球上で過去に起きた地質プロセスは現在進行形の地質プロセスを用いて説明することができるとする考え方
- 地質学においては極めて普遍的で多くの理論の基盤となっている
- この場合、隕石衝突は地質学的タイムスケールの中で繰り返し起こるような現象ではないため疑問が呈される

絶滅の要因は何か？

他の大量絶滅の場合は

生態系の崩壊

↑ 物質循環の停滞・絶滅の渦

環境の変動

↑ 大気循環の変化・大気組成の変化・火山の噴火・海洋循環の変化

生物を取り巻く環境の
変化の速度

>

生物の適応・進化速度

生態系の崩壊

そもそも 恐竜は**絶滅**しかけていた!?

白亜紀カンパニアン:

豊富な種類の植物食恐竜

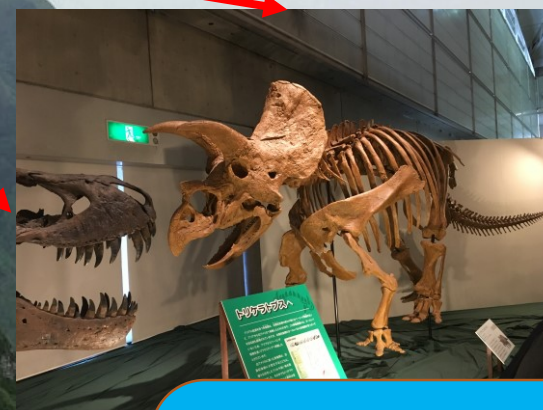


白亜紀マーストリヒチアン:

植物食恐竜の種数減少 = **脆弱な生態系**

白亜紀カンパニアン 7800～7500万年前

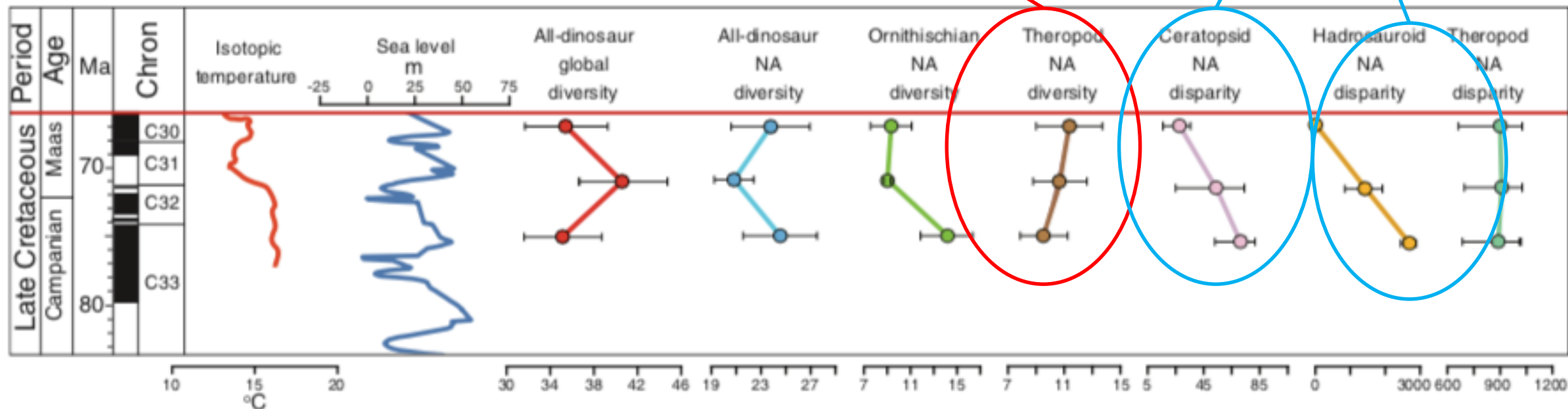




白亜紀マーストリヒチアン
7160～6600万年前

獣脚類は増加

草食恐竜は減少



捕食者と被食者の多様性(種の割合)が逆転

火山噴火説

火山噴火説は1980年代以前は主流の学説だった。

→白亜紀末の大絶滅以外は多くが火山活動がらみ
ex)ペルム紀末の大量絶滅

根拠が乏しかったため支持されてこなかった。

近年、この学説を支持する発見が相次ぐ

キーワード「デカン・トラップ」

・デカン・トラップとは

インドのデカン高原(～西ガーツ山脈あたりまで)を形成する玄武岩地域

古代の溶岩流の跡

環境の変化を伴う規模
だった可能性がある

激しい噴火を伴うイベントがあったことを示唆



噴火の影響

現在の中国に当たる地域では…

湖成層の地層に残る堆積物

→膨大な量の

衝突以前に
大量絶滅の
予兆は現れていた

→この一帯の生物種のおよそ2/3が絶滅



真実は…?

確かに、隕石の衝突は恐竜の絶滅をもたらした

しかし、原因はそれだけではない

生態系の崩壊がもともと進んでいた



大規模な火山の噴火 + 食物連鎖の崩壊

真実は…?

つまり

隕石はあくまで**実行犯**
恐竜たちは**自ら絶滅への道**を歩んでいた

さらに、地球は**裏からその絶滅を幫助**していた
そして、通りかかった隕石を誘惑して恐竜を亡き者にし、
隕石を悪役に仕立て上げた

というのが現在考えられているシナリオ

Reference

1. <http://natgeo.nikkeibp.co.jp/atcl/news/17/111000438/> ナショナルジオグラフィック「恐竜絶滅、小惑星の落ちた場所が悪かったせい？」(2018/June/10)
2. https://undsci.berkeley.edu/article/0_0_0/alvarez_02 UCB Walter Alvarez “from plate tectonics to paleontology” (2018/June/10)
3. <http://www.geosites-hokkaido.org/geosites/site0213.html> 北海道地質百選「川流布の白亜紀-古第三紀(K-P)境界」(2018/June/16)
4. D. A. Kring et al, “Chicxulub and the Exploration of Large Peak-Ring Impact Craters through Scientific Drilling”, GSA TODAY (2017/October) vol 27, issue 10, pp4-8. fig1
5. David. B. Weishampel et al “The DINOSAURIA 2nd edition”, University of California Press(2007), Ch. 30, p674-675
6. P. Schulte et al ”The Chicxulub Asteroid Impact and Mass Extinction At the Cretaceous-Plaleogene boundary”, Science (2010/Mar/5), vol 327,p 1214-1218
7. <http://natgeo.nikkeibp.co.jp/atcl/news/16/b/052700185/> ナショナルジオグラフィック「新説 「恐竜絶滅」を生き延びたのは地上の鳥だった」(2018/June/16)
8. 別冊日経サイエンス「よみがえる恐竜 最新研究が解き明かす姿」真鍋真 (2017/6/15) 恐竜を滅ぼした小惑星衝突プラスアルファ
9. S. Brusatte et al, “The extinction of The Dinosaurs”, Biological review, vol 90, No,2, May 2015 p628-642
10. <https://ja.wikipedia.org/wiki/西ガーツ山脈> Wikipedia 「西ガーツ山脈」(2018/June/17)
11. Laiming Zhang et al, “Deccan volcanism caused coupled pCO₂ and terrestrial temperature rise, and pre-impact extinction extinction in northern China“ Geology(2018), 46(3): 271-274