視点

恐竜は鳥として生き延びている

～教材化を目指して～

元　産業技術総合研究所
玉生 志郎

1. はじめに

多くの子どもたちは恐竜という生き物にロマンを感じている。また、昨今の恐竜学の進歩は著しく、次々と新しい知見が発表されている。子どものみならず大人も目が離せない状況である。このような変化はいち早く子ども向けの恐竜図鑑や絵本に反映されているが、小中学校の教科書ではその導入が遅れ気味である。「恐竜は絶滅しておらず、今でも鳥となって生きのびている」という話を、ぜひ児童や生徒に広く伝えたい。そのための教材を考えてみた。また、参考となる絵本や図鑑も選んでみた。

2. 恐竜ルネッサンスと恐竜研究のパラダイムシフト

2.1 恐竜ルネッサンスとは[*1]

1964年にジョン・オストロムはデイノニクスの研究をきっかけに、「恐竜は現生の温血動物と同様に活動的な生活を営み、高度な社会性を持っていた」という考え（恐竜恒温説）を発表した。このような考えは、実は１世紀ほど前の1868年にハクスリーにより、鳥と恐竜の共通性について提唱されていた。しかしながら、19世紀中頃から20世紀中頃までに、「恐竜は冷血動物でのろまな動物である」というイメージが定着してしまった。それを覆したジョン・オストロムの見解は、弟子であるバッカーにより恐竜ルネッサンスと命名された。

2.2　恐竜研究のパラダイムシフトとは

恐竜ルネッサンスは徐々に研究者に受け入れられるようになってきた。そして、その決定的な証拠となったのは1990年以降の中国での羽毛恐竜の発見である。羽毛恐竜については、Wikipedia[*2]に以下のように記述されている。

> 羽毛の痕跡が化石記録で確認されている恐竜を指す言葉である。（中略）現在では、羽毛の見つかっている恐竜は20属以上にのぼり、そのほとんどが獣脚類である。

これらの発見により、恐竜の一部（獣脚類）から鳥は進化したという考えが定着した。現在では鳥類を除いた恐竜を非鳥類型恐竜と呼び、鳥類を鳥類型恐竜と呼ぶようになっている。恐竜ルネッサンスを端緒とするこれらの一連の新知見は、恐竜研究のパラダイムシフトと呼ばれている。

3. 恐竜とはどんな仲間か

恐竜とは「直立歩行をする爬虫類」と定義できる。ただし、この定義のままでは人間の直立二足歩行と誤解されるので、追加の説明を要する。恐竜は二足歩行するものと四足歩行するものがいる。どちらにしても、背骨に対して直角方向に手足を伸ばしている。人間の場合は、背骨に対して足は背骨と同方向である。恐竜の場合は、水平な背骨に対して手足は真下に出ている。一方、ワニやトカゲは真横に出て関節で直角に曲がっている。そのため、恐竜は真っ直ぐに歩行できるが、ワニやトカゲは体を捻りながら歩行している。

「恐竜の人気の種類ランキング」[*3]（図１）を示す。人気の高い順に１位から８位まで示してある。実はここで恐竜と呼ばれているもののうち、恐竜でないものが混じっている。竜とはトカゲのことを意味する。また、恐竜の中でも、肉食恐竜と植物食恐竜に分けられる。これらをクイズ形式で子どもたちに質問している。

また、子どもたちに人気のドラえもん「のび太のきょうりゅう」についても触れる。作者は主人公のピー助を恐竜と呼んでいたが、後で首長竜と訂正している。これらのことを含めて、「恐竜の仲間の進化」[*4]（図２）がイラストで描かれている。このイラストで恐竜の仲間や分類、そして鳥への進化の様子が概観できる。

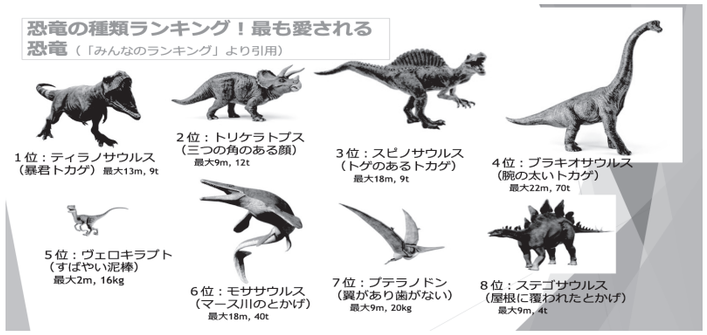

図１：恐竜の種類ランキング！最も愛される恐竜（みんなのランキング）
（恐竜の大きさは成体の大きさに応じて拡大縮小している）[*3]

4. 小３国語科「鳥になったきょうりゅうの話」を理科として検討

光村図書の小学３年上の国語の教科書には、「鳥になったきょうりゅうの話」が掲載されている。この教材の元となった絵本[*5]の表紙は図３に示す通りである。その内容の概要は以下の通りである。

「１）恐竜は大きい、２）植物食恐竜と肉食恐竜、３）小さい恐竜もいた（羽毛恐竜の仲間）、４）木の上で暮らす恐竜、５）飛べた恐竜、６）大きい恐竜と小さい恐竜の共存、７）6600万年まえの巨大隕石で多くの恐竜は絶滅、８）鳥は生き残った、９）鳥と恐竜とは外見は違うが、体の作りは良く似ている、10）今は大きな恐竜はいないが、鳥という小さな恐竜は生きている」。

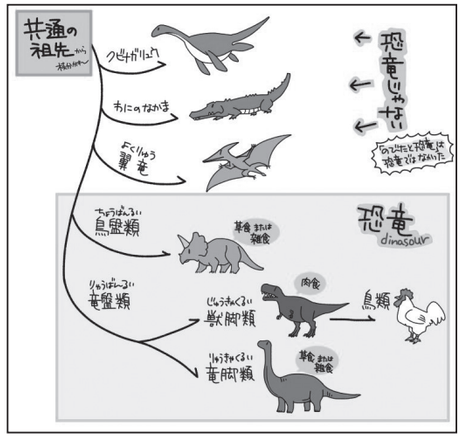

図２：恐竜の仲間の進化[*4]

図３：「とりになったきょうりゅうのはなし」[*5] の表紙

これを理科として学ぶには、鳥になった恐竜①、②が大変良い解説本となる。①は「恐竜と鳥の似ているところ」[*6]（図４）、②は「鳥にちかい恐竜図鑑」[*7]（図５）である。以下にそれぞれの内容を説明する。

①では「恐竜と鳥の共通点」として以下の項目を解説している。

「１）姿勢と歩き方が似ている、２）羽毛をもつ恐竜がいた、３）つばさをもつ恐竜がいた、４）卵を抱いて温める恐竜がいた、５）くちばしをもつ恐竜がいた、６）目がいい恐竜がいた、７）骨のつくりが似ている」。

本書の文末には真鍋 真氏が「なぜ鳥類は生き残れたのか」ということを以下のように解説している。「１）体が小さかったから食べ物が

理科教室2405▼.indd 76-77
2024/03/26 15:54

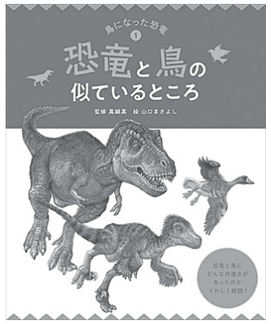

図４：「鳥になった恐竜①　恐竜と鳥の似ているところ」[*6] の表紙

図５：「鳥になった恐竜②　鳥にちかい恐竜図鑑」[*7]の表紙

少ない環境でも生き残れたのかも、２）極限のサバイバル状況では歯のないくちばしが有利だったのかも、３）無防備な卵でいる期間が短かったので子どもたちがちゃんと生まれたのかも、４）飛べたので、食べものがたくさんある場所やくらしやすい場所に移動できたのかも」。

②の「鳥にちかい恐竜図鑑」[*7]では以下の項目を解説している。「１）恐竜と鳥のつながりがわかった！　歴史的大発見の恐竜たち、２）続々発見！「羽毛恐竜」を大解剖、３）まだいる！鳥に似た特徴をもつ恐竜たち、４）恐竜と同じ時代に生きた鳥たち、５）恐竜から鳥へ進化の道のり」。

本図鑑のp.25のコラムには、「どこまでが恐竜で、どこからが鳥類？」という表題で以下のように説明されている。「現在はアーケオプテリクスを最初の鳥としていますが、恐竜から鳥には連続的に進化したため「ここまでが恐竜で、ここからは鳥」と、はっきりと区別するのは困難です」。

５. 鳥類は大量絶滅をどのように乗り越えたのか？

本章では４章で引用した真鍋氏以外の研究者の解説の事例を紹介する。

１）小林快次／監修･土屋　健／著（2013）[*8]は、恐竜がどのように鳥になったかを、「食べ物の変化」「子育ての変化」「翼の変化」「鳥の誕生」に分けて解説している。その中で進化が一直線に進むわけでないこと、進化の解明は化石の発見に大きく依存していること、また、大量絶滅に関しては恐竜だけでなく、鳥も哺乳類も大打撃を受けたことを指摘している。

２）後藤和久（2014）[*9]は、「絶滅は、特に光合成生物とそれを直接的な基盤とする生食連鎖に属する生物について顕著であるのに対し、いわゆる腐食連鎖に属していたと考えられる生物は大きな被害を受けていない」と記述している。その原因を「直径10 kmの小惑星の地球への衝突が引き金となり、その後に発生した太陽光の遮断による光合成の停止と寒冷化、酸性雨や有毒物質による陸上・海洋の汚染、そして輻射熱による地表面の高温化などである」と述べている。

３）高橋昭紀（2014）[*10]は、以下のように解説している。「同境界において、陸上脊椎動物では非鳥型恐竜類と翼竜類などが絶滅して、鳥類・カメ・ワニ・トカゲ・ヘビや両生類・哺乳類などは絶滅しなかった。その選択制の原因として、１）衝突後数分から数時間までに、木陰や洞穴、淡水環境に逃避できたか否かという生態や生活様式の違い、２）生食連鎖か腐食連鎖のどちらに属するかという違い、および３）体サイズにより必要となる餌やエネルギー量の違い、が挙げられる」。

４）青塚圭一[*11]は、「鳥類の骨格は飛翔能力の向上に伴い、尾端骨の形成，竜骨突起のある胸骨の発達、高度な翼の発達、そして歯の消失が生じていったようである。（中略）新鳥類が大量絶滅事件（K-Pg 境界）を生き延びた理由は未だ不明であるが、これらは環境面や生理面での制限による可能性がある。飛翔能力、内温性、そして消化器官の発達が鳥類の繁栄に影響を与えた」と述べている。

６. 博物館での恐竜展の実施例と教育実践事例

6.1 国立科学博物館

当博物館では、いち早く2005年に「恐竜から鳥への進化」をテーマにした恐竜展2005[*12]を実施して、その目的を以下のように記している。「「恐竜は絶滅せずに鳥へと進化し、現代にもつながっている」という説が支持されています。1990年代半ば以降に相次いで発見された羽毛の生えた小型獣脚類は、この説を裏付ける証拠として世界中に大きな衝撃を与えました。本博では、恐竜が様々な形質を得ながらやがて鳥へと進化していく過程を、世界最古のエオラプトルから大型獣脚類ティラノサウルス、羽毛恐竜、初期の鳥、そして現世のハトまで、最良の化石と標本でたどるという、かつてないまったく新しいかたちの恐竜博です」。

当博物館では、2011年、2016年、2019[*13]、2023年にも恐竜博を実施し、最新の科学的な情報を提供している。また、常設展として、地球館で多くの恐竜化石を魅力的に展示している。親子連れが、鳥へ進化した恐竜をワクワクしながら楽しいでいる。学芸員による説明会もテーマごとに時間を決めて実施している。

6.2 福井県立恐竜博物館

当博物館では、2018年に特別展「獣脚類　鳥に進化した肉食恐竜たち」を開催した。その図説[*14]に「さまざまな獣脚類および鳥類の化石標本を展示し、最新の研究成果に基づいてその進化の道すじをご紹介します。原始的な獣脚類の出現、地上の捕食者としての台頭、羽毛の獲得、生態の多様化、飛行能力の発達など、多面的に「獣脚類」 というグループを切り取る内容で、恐竜研究における最大の謎の１つである鳥への進化の秘密に迫ります」と述べている。

また、当博物館では展示図録としてジュニア版[*15]を出版している（図６）。

この本では全ての恐竜において、その骨格標本と復元図が比較できるように、説明文とともに図解されている。さらに、学校支援プログラムとして、保育園・幼稚園児～小学生低学年用のワークシート[*16,17]を作成している。このワークシートでは、展示されている恐竜骨格と復元模型を線で結ぶという内容になっている。これらは今までの絵本や図鑑がイラスト中心に描かれているのに対して、化石から組み立てられた骨格と肉体や皮膚を復元させたイラストを一体的に考えることができる大変優れた教材である。

一方、小学生高学年～中学生用のワークシートは恐竜博物館の展示を見ながら、25問の問題

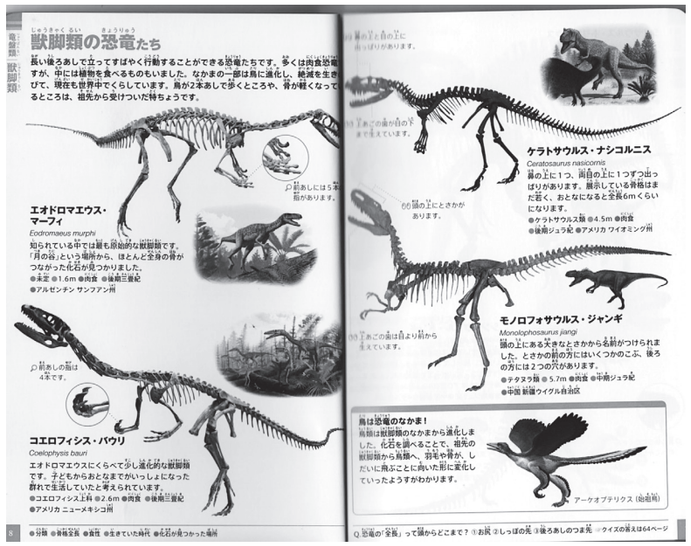

図６：骨格標本とイラストによる復元図の比較対照[*15]

理科教室2405▼.indd 78-79　2024/03/26 15:54

に答えていくクイズラリーになっている。これとは別個に、展示図録ジュニア版[*15]にも25問の恐竜クイズが出されていて、巻末にその答えが掲載されている。

6.3 兵庫県立人と自然の博物館

当博物館では、2022年に「ひょうごの恐竜展」を開催した。その展示ポスターには巨大恐竜である竜脚類の丹波竜（学名：タンバティタニス・アミキティアエ）の復元骨格模型が掲載されている。そこでは化石として見つかった部分と復元した骨格の部分を明確に区別して描かれている。このような展示法は他の博物館ではほとんどなされていないので、その教育的な価値は大きい。この図面を白黒表示にすると、その区分がわからなくなるので、別の図面（図７）[*18]を引用する。丹波竜の場合、実際に化石として見つかったのは全体の３割程度で、頭骨、肋骨、骨盤、尾椎などの一部である。

図７：恐竜・古生物造形作品ギャラリー：タンバティタニス（丹波竜）・2013年版模型[*18]

丹波竜が発見・発掘された丹波市では、地域おこしの一環として教育委員会恐竜課が丹波竜化石工房チータンの館で発掘調査結果や復元骨格を展示している。これらの事業は県立人と自然の博物館と協力して進められている。

7. 鳥の骨格標本づくりから学ぶ恐竜の骨格

7.1　フライドチキンの恐竜学[*19]

著者は本書の狙いを、「１）小学生の恐竜好きは、自然を認識する一つの貴重なチャンネル、２）恐竜は極めてバーチャルな存在で、本物の化石をいじる機会はまずない、３）フライドチキンの骨から恐竜を探る、４）食卓のチキンの骨にさえ、「本物」の自然は隠されている」と述べている。骨からは「れきし」と「くらし」が見えるとして、生き物を見るときの「進化という時間軸」と「生態という空間軸」の視点を強調している。

7.2　鳥の骨格はどの単元で学ぶか

中学１年または２年で、「骨と筋肉のつくり」で手羽先の解剖がある。その時に、上記のフライドチキンの骨格の話を取り入れることができると思われる。本格的な標本を作るのは難しいが、恐竜と鳥の前脚の指の共通性を学習できる良い機会である。

8. 中学校理科での恐竜パラダイムの先駆的な導入例

8.1　村瀬安和・川上伸一・山田茂樹（2012）の中学理科「「生物の変遷」における始祖鳥化石」[*20]の授業

始祖鳥化石のベルリン標本のレプリカ１体を確保し，標本観察を中心とした探究型の授業実践を試みている。生徒たちが主体的に取り組んでいる様子が良くわかる。その結果、生徒たちは始祖鳥化石に、は虫類と鳥の特徴が共存していることを実感している。

8.2　松永　武・池田幸夫（2012）の「理論依存型による理科授業の実践的研究　―（2）中学校理科における「恐竜の分類と進化」―」[*21]研究論文

以下のような結論を導いているので、一部抜粋して引用する。「この授業では教科書に書かれている定説（脊椎動物の分類法や始祖鳥の扱い）に疑問を投げかけるような場面が多くあった。（中略）教科書に書かれていることは現時点における知識として大切にしなければならないが、すべてを正しい事実として教える必要はないと私たちは考えている。（中略）今回の授業で扱った恐竜のように、理論体系（パラダイム）そのものが新しいものに置き換わることは科学史の中でしばしば起こっている（中略）。

このようなダイナミックなパラダイム転換を体験させることによって、科学に対する生徒の興味・関心を高めることができる（中略）。「学校で教わることでも、まだわかっていないことがあることに驚いた」や「これからも新しい発見があるかもしれないので注目したい」という生徒の感想は、明らかにこれまでとは違う感想である。理論依存型授業は、これまでの授業ではできなかった新しい授業展開を可能にする方法の１つである」。

8.3　恐竜パラダイムシフトは生物進化の教科にどのように反映されているか

脊椎動物の分類は中学１年で学習し、動物の進化は中学３年で学習している。中学１年の教科書で魚類、両生類、ハチュウ類、鳥類、ホニュウ類の分類を学ぶ。この分類に基づくと、脊椎動物はこれらの順序で進化したと考えてしまう。実際は化石などの研究を取り入れると違ってくる。恐竜研究のパラダイムシフトで、鳥類はハチュウ類から分化したことがわかってきた。また、哺乳類は鳥類や爬虫類ではなく両生類から分化してきたことが化石の研究でわかってきている。このような研究成果は2016年頃から教科書に反映されるようになっている。しかし、中学の理科では混乱が続いている。それは動物の分類から想定される進化の順番と化石から明らかになってきた進化の順番が異なるためである。佐藤ほか[*22]は、哺乳類が両生類から進化したという考えは生徒には十分反映されていないとのことを、授業実践の分析から明らかにしている。

9. 小学生用の教材化案（クイズ形式と図鑑作り）

恐竜のパラダイムシフトを、小学校の理科教材に入れ込むとすると、どの単元が良いであろうか。小学３年では「生き物を調べよう」の単元がある。小学４年では「人以外の動物の体の作り」がある。小学６年では「他の動物の体」の単元がある。小学３年の国語で「とりになったきょうりゅうのはなし」があるので、小学４年理科の「人以外の動物の体の作り」で取り上げてはどうだろうか。必ずしも理科の授業でなく、国語の調べ物の授業と共同した体験学習の一環としても取り扱えると思われる。

教材として恐竜に関するクイズと図鑑作りを考えた。それらの素材になりそうなものを挙げてみる。また、これらの材料をもとに、自前のクイズや図鑑を作ることを薦めたい。

9.1 クイズ形式

恐竜に関するクイズはすでにいくつか出版物として発行されている。それらはかなりマニアック的なものが多い。ここでは筆者が教材として取り上げたいクイズの例を示す。

クイズ１：図２のうち、恐竜でないものはどれですか？

クイズ２：図２のうち､肉食恐竜はどれですか？

クイズ３：図３を見て、クビナガリュウは恐竜ですか？

クイズ４：多くの恐竜や他の生物は大量絶滅しました。その原因は何ですか？（文献６を参考にして考える）

クイズ５：大量絶滅を生きのびた生物はどんな種類ですか？（文献６のp.5を読んで考えてみましょう）

クイズ６：肉食恐竜の一部は鳥となって生き延びました。その理由はなんですか？（文献６のp.30-31の文章を読んで考えてみましょう）

9.2　恐竜から鳥への図鑑作り

私が考えた羽毛恐竜と鳥の図鑑作りの例を以下に示す。

理科教室2405▼.indd 80-81
2024/03/26 15:54

1）文献６のp.6からp.25を参考にして、羽毛恐竜と鳥の共通点を絵に描いてみよう。また、それに説明文をつけてみよう。

2）文献７のp.2-21を参考にして、自分の好きな羽毛恐竜を描いてみよう。また、p.24-27を参考にして、「恐竜と同じ時代に生きた鳥たち」の中から自分の好きなものを選んで描いてみよう。

文献

1．Wikipedia 「恐竜ルネッサンス」 2024年１月４日閲覧

2．Wikipedia 「羽毛恐竜」 2024年１月４日閲覧

3．みんなのランキング（恐竜の種類ランキング！最も愛される恐竜）https://ranking.net/rankings/best-dinosaurs, 2022年５月閲覧

4．恐竜の仲間の進化（すずめとの日々 (。・e・) Part III）https://tree-sparrow.blog.ss-blog.jp/2017-08-06- 2　2024年３月12日閲覧

5．大島 英太郎 「とりになったきょうりゅうのはなし　改訂版」 福音館書店　2019年　P.31

6．真鍋 真／監修･山口 まさよし／絵 「鳥になった恐竜①　恐竜と鳥の似ているところ」『理論社』 2022年　P.31

7．真鍋 真／監修･山口 まさよし／絵 「鳥になった恐竜②　鳥にちかい恐竜図鑑」『理論社』 2022年　P.31

8．小林 快次／監修・土屋 健／著　「そして恐竜は鳥になった：最新研究で迫る進化の謎」『誠文堂新光社』 2013年　P.144

9．後藤 和久 「大量絶滅の引き金になった食物連鎖の崩壊」『日本生態学会誌』 64巻　2014年 pp.39-46

10. 高橋 昭紀「白亜紀末の大量絶滅事変における動物群の絶滅の選択性」『日本生態学会誌』 64巻　2014年　pp.47-53

11. 青塚 圭一 「中生代の鳥類における骨格及び生態の進化」『日本鳥学会誌』67巻、 2018年 pp.41-44

12. 国立科学博物館・朝日新聞社・テレビ朝日／主催 「恐竜博2005恐竜から鳥への進化」『朝日新聞社』 2005年　P.150

13. 真鍋 真／監修 「恐竜博2019」『NHK, NHKプロモーション、朝日新聞』 2019年　P.183

14. 福井県立恐竜博物館・読売新聞社／主催 「獣脚類　鳥に進化した肉食恐竜たち」 2018年 P.114

15. 福井県立恐竜博物館 「展示目録ジュニア版」『小学館』 2023年 P.64

16. 小島 啓市 「恐竜博物館の教育普及活動と学校教育」『教師教育研究』10巻　2017年　pp.109-132

17. 福井県立恐竜博物館「2021年度みんなで恐竜博物館へ行こう！学校教育支援プログラム、ワークシートの配布」chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/https://www２.pref.fukui.lg.jp/press/atfiles/pa61161760749389.pdf 2024年１月21日閲覧

18. 徳川 広和／作、三枝 春生／監修 「恐竜・古生物造形作品ギャラリー：タンバティタニス（丹波 竜 ）・2013年 版 模 型 」https://afragishop.blogspot.com/2013/04/2013_26.html　2024年１月23日閲覧

19. 盛口 満 「フライドチキンの恐竜学　食卓の骨には進化の謎がつまっている」『サイエンス・アイ新書』 2008年　P.214

20. 村瀬 安和・川上 伸一・山田 茂樹 「中学理科「生物の変遷」における始祖鳥化石」『日本科学教育学会研究会研究報告』 27巻2012年　pp.87-92

21. 松永 武・池田 幸夫 「理論依存型による理科授業の実践的研究― (2) 中学校理科における「恐竜の分類と進化」―」『山口大学教育学部附属教育実践総合センター研究紀要」 34号　2012年 pp.57-66

22. 佐藤 綾・江積 翔太・柏木 純・佐野 史・栗原 淳一「教科書に記載された情報を用いた脊椎動物の仲間のつながりに関する考察」群馬大学教育実践研究　35号2018年　pp.45-51

理科教室2405▼.indd 82-83　2024/03/26 15:54