

# 恐竜の足あとの研究2 一足の指に着目してー

藤枝市立高洲南小学校  
6年 小崎 惇

## 1 動機

ぼくは、恐竜が大好きで恐竜や化石をテーマに毎年自由研究をおこなってきた。去年は、人間の足あとから法則を考えるとともに、二足歩行や四足歩行の恐竜の歩き方をそれぞれ3パターンずつ推測した。そして、動物園に行って、現生動物の歩き方にそのパターンが当てはまるか観察をした。

今年は、実際に動物の歩幅を測り、恐竜の歩き方を考えることを計画したが、動物がその人に慣れないと歩幅を測ることができないため、動物園などでの計測はできなかった。このため、実際の恐竜の足あとについて去年に疑問に思ったことを今年の研究でおこなった。

## 2 研究の内容

### (1) 去年の研究内容

恐竜の足あと化石のくぼみ方に違いがあるように見えたことから、恐竜の歩き方や進み方などを足あと化石から見分けられると考えた。そこで実際に家族で砂浜に行き、走ったり歩いたりして、二足歩行と四足歩行での足あとの付き方を観察し、それぞれ3パターンの計6パターンの歩き方を想定した。それをもとに動物園で二足歩行や四足歩行の現生動物の動きを観察し、砂浜で考えたパターンを確認した。その後、その歩行パターンを踏まえて、恐竜の足の骨を博物館などで観察し、恐竜の歩き方を検討した。その結果、足あと化石で四足歩行と二足歩行の恐竜を見分けられる可能性を指摘した。

### (2) 仮説を立てる

去年の研究を行った際に、恐竜の全身骨格を見ながら、恐竜の歩き方について足を完全について歩いているのではないかと疑問をもった。また、歩き方がわかれば、その恐竜の重心がわかり、また、身体の高さなどもわかるのではないかと考えた。

そこで、今年の研究では2つの仮説を立て、研究を行った。

〔仮説1〕 恐竜はつま先立ちで歩いている。

〔仮説2〕 足あとと身長、体重に法則がある。



写真1 東海大学自然史博物館の足あと化石

## 3 足あと化石の調査

去年の実験をもとに、東海大学自然史博物館と豊橋市自然史博物館に展示してある足あと化石を観察した。

### (1) 東海大学自然史博物館の足あと化石 (写真1)

#### ア 足あと化石

産地：アメリカ・テキサス州(アメリカ自然史博物館)

時代：白亜紀、種類：竜脚類

#### イ 観察

<観察内容>

- ・AとBに細長い深い痕がある。爪の痕だと思う。
- ・AとBは長い爪の痕があり、CとDよりも足が大きい。

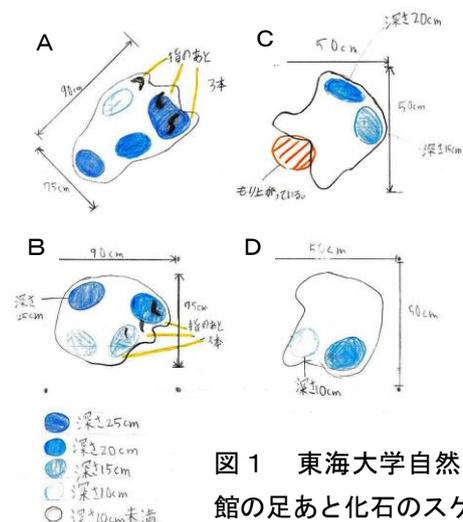


図1 東海大学自然史博物館の足あと化石のスケッチ

- ・ CとDには爪の痕が見あたらない。
- ・ Cは前の方に力がかかっているので、大きなくぼみができている。
- ・ Cにはなぜか指と反対方向に盛り上がっている部分がある。
- ・ Dには凹みがあったので、ここに指があったかもしれない。

<観察して考えたこと>

- ・ 四足歩行の恐竜は前足よりも後ろ足の方が大きく、爪が長い：AとBは後ろ足、CとDは前足。
- ・ Aは、左側の爪の痕が深くなっており、左足で、長い爪がついていたと推測。
- ・ Bは、右側の爪の痕が深くなっており、右足で、長い爪がついていたと推測。
- ・ 外側に力がかかっているように見えることから、もしかしてガニ股だった？
- ・ 後ろ足が非常に大きいので、体重が重かったと考えられる。四足歩行で、最も大きく体重の重いグループである竜脚類の一種の足あとだと思われる。

<疑問点>

- ・ 足あとの一番深い凹みは指の痕と考えていいのか？
- ・ 前足のふくらんでいる部分はどのようについたのか？
- ・ 足あとの形は後ろ足が丸い形をしているが、前足は三角形で凹みがある。  
→足の形が前足と後ろ足で違うのか？それとも足の地面へのつき方が違うのか？

(2) 豊橋市自然史博物館の足あと化石 (写真2)

ア 足あと化石

豊橋市自然史博物館の足あと化石。計測はできなかった。

産地：アメリカ 時代：不明

イ 観察

<観察内容>

- ・ 3つの指と鋭い爪の痕が見られるので、獣脚類の一種の足あとだと思われる。

<観察して考えたこと>

- ・ 真ん中の指が一番太く、凹みも深いことから、力が一番かかっている。
- ・ 同じくらいの大きさの足あとが2つ並んでおり、同じ個体の左右の足と思われる。

<疑問点>

- ・ 足の付け根にある凹みの浅い部分はどのようについたのか？
- ・ 指の後ろに横線の痕がある。これは何の痕か？関節の痕？



写真2

豊橋市自然史博物館の足あと化石

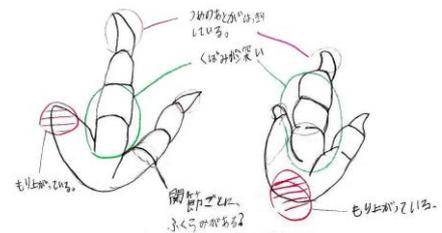


図2 豊橋市自然史博物館の足あと化石のスケッチ

4 実験

足あと化石の観察で生じた、足あとの凹みやふくらみなどの疑問点を確認するために実験を行った。

(1) 実験方法

海岸で足あとをつけて、歩幅・凹みの深さ・体格との関係を調べる。

<条件>場所：大井川海岸の砂浜、距離：10m、対象：弟・自分・母・父

<方法>3パターンの走り方で実験(表1)。



写真3～5  
実験風景

パターン			
	1	2	3
走り方	かかとをつけて走る。	かかとを浮かせて走る。	つま先だけで走る。
特徴	<ul style="list-style-type: none"> <li>かかたが両方ついている時は、歩幅を広くしないと安定しない。</li> <li>背中中のラインはあまり変わらない。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>かかたが両方ついている時よりも、歩幅がせまい。</li> <li>背中中のラインは少し前に傾いている。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>角度を上げているので、歩幅がせまい方が体のバランスを取りやすい。</li> <li>歩幅を広くすると、体がふらふらとして前に転びそうになる。</li> <li>背中を傾けるとバランスがとれた。</li> <li>背中中のラインは前に傾いて、水平になっている。</li> </ul>
走る時のポーズ			
重心を乗せた時			

表1 実験のパターン

## (2) 実験

ア 実験結果のまとめ (表2)

イ 実験の表からわかること (今年と昨年度の実験を踏まえて)

[歩幅]

- 歩幅は大人も子どももかかとをつけて走った時が一番大きい。
  - 歩幅はかかとが浮いている時の方が狭くなる。
- 一方で歩数が多くなり、よく足を動かす必要がある。
- 前回の研究の走った時の歩幅と、今回の研究の足の指だけで走った時の歩幅の差はおおよそ、子どもは20 cm程狭くなり、大人は20~30 cm狭くなっている。

[走る速さ]

- 足の指だけで走った時の速が一番速くなった人が多かった。
  - 前回の実験Aで走った時よりも今回の実験で走った時の方がスピードは速かった。
- 砂の硬さが影響している？ 今回の方が砂は柔らかかった。砂が海水によって、前回の研究の時よりも柔らかくなっていたので、走りやすかったのでは？ 足あとも今回の方がくっきり出ている。

[歩幅÷身長] について

- 歩幅÷身長は数値が似ていて、0.7から0.8までに当てはまることが多かった。
- 身長に対して歩幅は一定の数値になることがわかる。恐竜の体長もわかるかも？
- 歩幅÷身長は、体重が近ければ似たような数値になり、体重が軽いと大きくなり、体重が重いと小さくなる。

			弟	自分	母	父	備考
体格	年齢		8	11	40	46	
	身長(cm)	①	123	142	156	173	
	脚の長さ(cm)	②	69	74	86	90	脚の付け根からかかとまで
	体重(kg)	③	23	42	秘密	90	
	足の大きさ(cm)	④	18.5	22	24	27	
時間(秒)	かかとをつけて走った時		3	2.48	2.59	2.48	
	かかとを少し浮かせて走った時		3.15	2.6	2.5	2.35	
	足の指だけで走った時		2.8	3	2.42	2.33	
	歩いた時(昨年度計測)		4.2	3.55	3.06	2.8	
速さ(km/h)	かかとをつけて走った時		10.91	14.4	14.4	14.4	
	かかとを少し浮かせて走った時		11.52	13.68	14.4	15.48	
	足の指だけで走った時		12.96	11.88	15.48	15.48	
	歩いた時(昨年度計測)		9	10	12	13	
歩幅(cm)	かかとをつけて走った時	⑤	110	110	125	130	かかとからかかとまで
	かかとを少し浮かせて走った時	⑥	90	90	115	120	つま先からつま先
	足の指だけで走った時	⑦	85	100	115	120	つま先からつま先
	歩いた時(昨年度計測)	⑧	60	60	70	80	
歩幅÷身長	かかとをつけて走った時	⑤÷①	0.89	0.77	0.80	0.75	
	かかとを少し浮かせて走った時	⑥÷①	0.73	0.63	0.74	0.69	
	足の指だけで走った時	⑦÷①	0.69	0.70	0.74	0.69	
	歩いた時(昨年度計測)	⑧÷①	0.49	0.42	0.45	0.46	
歩幅÷足の付け根	かかとをつけて走った時	⑤÷②	1.59	1.49	1.45	1.44	
	かかとを少し浮かせて走った時	⑥÷②	1.30	1.22	1.34	1.33	
	足の指だけで走った時	⑦÷②	1.23	1.35	1.34	1.33	
	歩いた時(昨年度計測)	⑧÷②	0.87	0.81	0.81	0.89	
歩幅÷体重	かかとをつけて走った時	⑤÷③	4.78	2.62	2.50	1.44	
	かかとを少し浮かせて走った時	⑥÷③	3.91	2.14	2.30	1.33	
	足の指だけで走った時	⑦÷③	3.70	2.38	2.30	1.33	
	歩いた時(昨年度計測)	⑧÷③	2.61	1.43	1.40	0.89	
歩幅÷足の大きさ	かかとをつけて走った時	⑤÷④	5.95	5.00	5.21	4.81	
	かかとを少し浮かせて走った時	⑥÷④	4.86	4.09	4.79	4.44	
	足の指だけで走った時	⑦÷④	4.59	4.55	4.79	4.44	
	歩いた時(昨年度計測)	⑧÷④	3.24	2.73	2.92	2.96	

表2 実験結果

→比例の関係があるのではないかな？

・歩幅÷身長の平均値は走った時の3パターンとも0.7前後だった。前回の研究で歩いたときの平均値が0.46だったので、走った時はおおよそ1.5倍になった。

[歩幅÷脚の長さ根]

・歩幅÷脚の長さは、数値が似ていて、1.3~1.5までに当てはまる場合が多かった。

→脚の長さに対して、歩幅が一定の数字になる。恐竜の脚の長さもわかるかも？

・歩幅÷脚の長さの平均値は歩いたときが0.87、走ったときは1.3~1.49。

[歩幅÷体重]

・歩幅÷体重は、歩くよりも走る方が大きい。歩いたときの平均値は1.66、走った時は2.4~2.8。

[足あとの深さ]

・足あとの深さは、つま先の方がかかとより深い。

・深さは体重の重さに比例しているわけではなさそう。

→砂のかたさによって深さが変わりそう。つま先が深くて、かかとの方が浅い。土踏まずの所が一番浅い。

・足の指だけで走った場合が一番浅い人とかかたをつけた時と変わらない人がいる。

→かかとをつけて走った時の方が、つま先にもかかたにも力かけることができるので、重い体重でも支えやすいのではないかな。かかたがついていない場合は、つま先だけが深くはなるが、かかとをつけて走った時のつま先の深さとそんなに差はない。

→つま先にかかる力は変わらない？力が伝わりきる前に次の足が出ているから歩幅も短くなる。

ウ 実験から結果から考えたこと

- ・つま先の近くに深い凹みができる。
- ・かかとを上げる角度が大きいほど指の痕がくっきり残る。それと関係して、砂のかたまりもたくさん残る。
- ・かかとを上げる角度が大きいと砂が飛び出しやすい。  
角度が鋭い：ひっかくように動くので、砂が飛び散り、指の痕も崩れやすい。  
角度が大きい：上に上げるように動くため、砂が丸まって盛り上がる。
- ・かかとを上げる角度が大きいほど重心が前に動いてスピードが速くなる。歩幅は狭くなった。  
→速く走るためには、かかとを上げて、歩数を多くし、足をたくさん動かす必要がある。
- ・人間は、足の指が短いのでかかとの角度を大きくするのが大変。だからつま先で走るのには向いていない。  
→足の指が長い方が、かかとを上げる角度が大きくなり、より速く走れる。  
→足あとの形もきれいに残る。(砂のかたまり、指の形、竜脚類にもある三角形の凹み等)
- ・かかとの角度が大きいほど走る時の背中ラインが水平に近づいている。
- ・強い力がかかると、関節の位置に横線の痕が残る。
- ・歩幅と身長、脚の長さには係数がありそう。
- ・歩幅と体重には、比例の関係がある。

## 5 恐竜の足の骨と足あとを比べる

### (1) ディプロドクス [竜脚類 四足歩行]

東海大学自然史博物館の足の化石とディプロドクス

ア 前足

足の骨を観察すると指らしきものが5本あり、どれも短い。その上に細長い骨が5本ある。そこまでが足だと思う。内側の3本が太く、外側の2本は細い。Cの足あとと比べると、盛り上がっている部分と逆方向に深い凹みがあるので、僕の実験のつま先だけで走った時の形に似ている。指のあとまでは残っていないが、同じ位の長さの指が3本なので、凹みが合わさってしまったかもしれない。

以上のことから前足はつま先立ちで歩いていたことがわかった。

イ 後ろ足

足の指は5本ある。指の長さが前足の倍はある。特に3本の長い指がある。前足にあった指のような骨がない。関節のようなものが4つあり、指がよく曲がったと思われる。3本の指に大きなかぎ爪がついている。

足あとと比べると、指の痕が3本あり、特に深い溝が3本あるので、そこが爪の痕だとわかる。足あとの凹みの部分が僕の実験のかかをとをつけて走った時と似ている。だが、かかとの骨のようなものは見あたらない。足あとには、指と反対方向に大きな凹みがあるので、骨のように化石で残らなかったが、かかとのかわりになるクッションのようなものがあつたことと思われ、指だけでは体を支えられないぐらいの大きな身体を持ち主



写真6～8

東海大学自然史博物館のディプロドクスの全身骨格

6：全身、7：前足、8：後ろ足

だったことがわかる。

→足の指の痕や爪の痕が深くくっきりついており、実験の結果からつま先立ちで走った時と同じように、指の方に強い力がかかっている。つまり、足の指はつま先立ちをし、重心が後ろ足の近くにあることがわかる。

## (2) タルボサウルス [獣脚類 二足歩行]

豊橋市自然史博物館の足あとと化石と東海大学自然史博物館のタルボサウルス

### ア 前足

前足は体の前についていて、地面につかないので、前足の痕はつかない。

### イ 後ろ足

・指が3本と後ろに小さい指みたいなものがあった。この小さな指は退化したものと思われる。足あとには、小さな指の痕がなかった。だからその位置までは地面についていなかったことがわかる。関節が四本ある。

・足あとの真ん中の指には、四本の横線があったので、関節の数と一致した。

・足あとには、指と反対方向に盛り上がっている部分があった。また、指の痕が、深くくっきりと残っているので、僕の実験結果と合わせると、つま先立ちしていたことがわかる。

・3本の指はとても太く長い。地面に深く食い込んで体を支え、重心を前にして速いスピードが出たと思う。

### (3) 恐竜の足あとに共通すること

・後ろ足の指は長く、関節は4つある。

→地面を足の指でしっかりつかむことができ、重い体重を支え、速いスピードを出すことができる。

・後ろ足の3本の太い指で、体を支えていた。

→ディプロドクスは指が5本あるが、外側の2本は短くて細いから役に立たなそう。タルボサウルスも退化した指があった。

→3本で支えると、バランスが取りやすいということをテレビでみたことがある。3本が一番体を安定して支えられたのではないかな？



写真9・10

東海大学自然史博物館のタルボサウルス

9：全身、10：後ろ足（両足）

## 6 足あとから見えてくる身長、体重の法則性について

### (1) 今までわかったこと

#### ①歩幅

- ・歩いたときよりも走った時、スピードが速いほど歩幅が広がる。
- ・走っても歩いても、体が大きいほど歩幅が広がる。
- ・歩幅は、大人も子どももかかとをつけて走った時が一番大きい。
- ・歩幅はかかとが浮いているときの方が狭くなる。
- ・子どもよりも大人の方が走るスピードも歩幅も大きい。

#### ②歩幅との関係

- ・歩幅÷身長は数値が似ていて、歩幅は一定の数値になる。
- ・歩幅÷体重は比例のような関係があるかもしれない。
- ・歩幅÷脚の長さは、数値が似ていて、歩幅が一定の数値になる。

## (2) 実験結果のグラフ化

- ・歩幅と体格には関係があるようなので、グラフ（散布図）にしてもう一度よく考えてみた。  
かかとをつけて走った時、少しかかとを浮かして走った時、足の指だけで走った時、歩いている時
- ・グラフからわかったこと
- ・ドットの分布が似ている表と全然違う表があった。
- ドットの分布が似ている＝共通している点がある。
- ドットの分布が似ていない＝共通点はない。
- ・aとb、cとdのようにドットの分布が同じものと、eとfのように一直線に並ぶものがある。
- ・身長・体重、脚の長さ・足の大きさ、身長・脚の長さには比例のような関係が存在することから、この数字が分かれば足あとをつけた恐竜の体長や体重がわかるかもしれない。
- ・例えば家族四人の平均値を出してみる→係数として使える？
- [歩幅÷脚の長さ] 歩いている時：0.87、走っている時：1.31
- [歩幅÷足の大きさ] 歩いている時：3.02、走っている時：4.57
- [歩幅÷身長] 歩いている時；0.46、走っている時：0.71

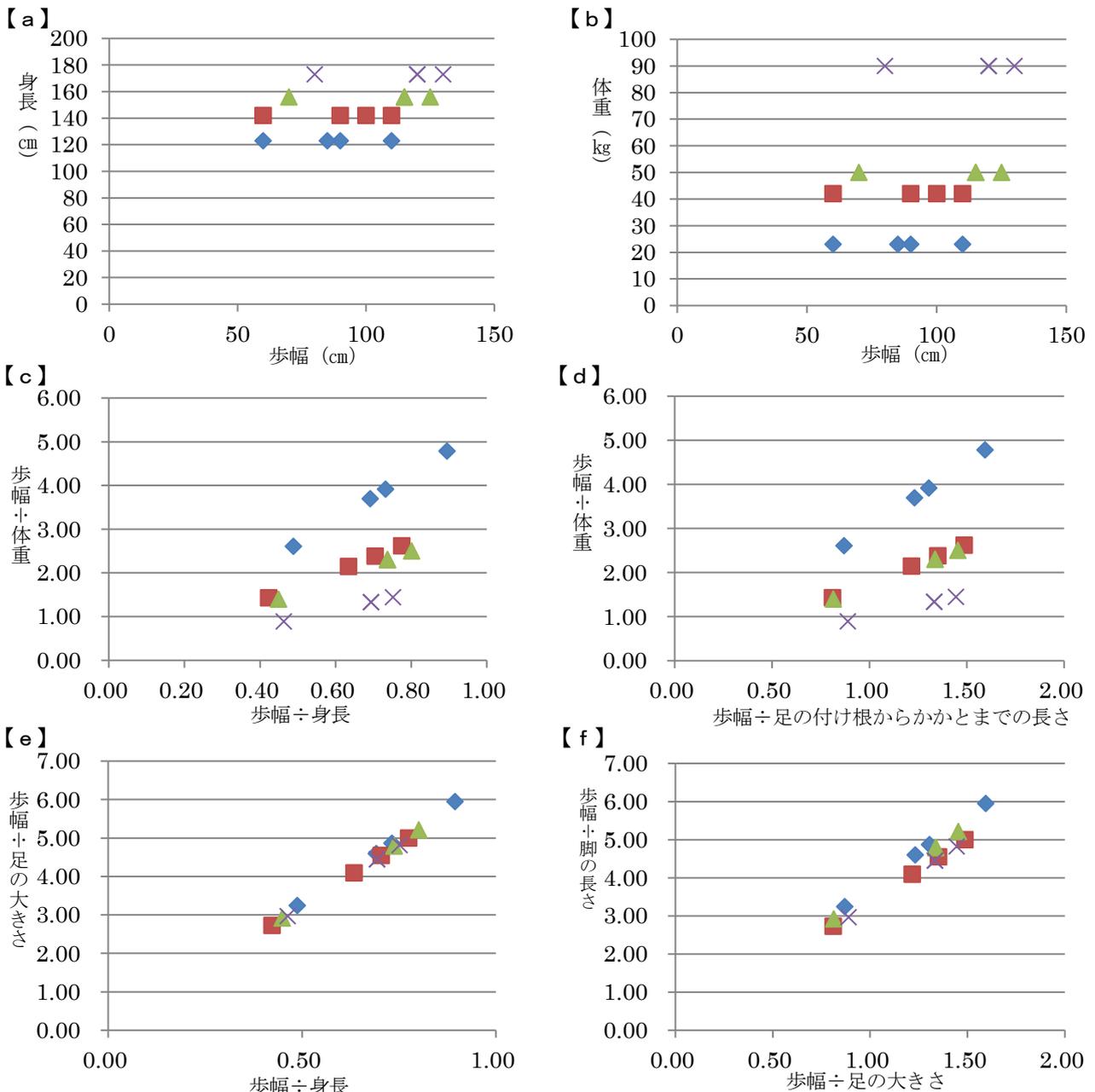


図3 実験結果のグラフ (◆：弟、■：自分、▲：母、×：父)

### (3) 仮説を立てる

表の係数を使って、恐竜の全長の出し方を足あとの歩幅から計算する方法を考えてみた。

- ①歩幅を測る
- ②足あとを見て、走っていたか歩いていたのか、凹みの形から判断する。
- ③歩幅÷0.87 か歩幅÷1.31 で脚の長さがわかる。
- ④歩幅÷0.46 か歩幅÷0.71 で身長がわかる。
- ⑤ ④－③で胴体の長さがわかる。
- ⑥恐竜は足の所に重心があるので、胴体の長さが、頭から重心までの長さと同じになると思われる。

頭から重心、重心からしっぽの先までの比率が分かれば、全長が求められると思う。

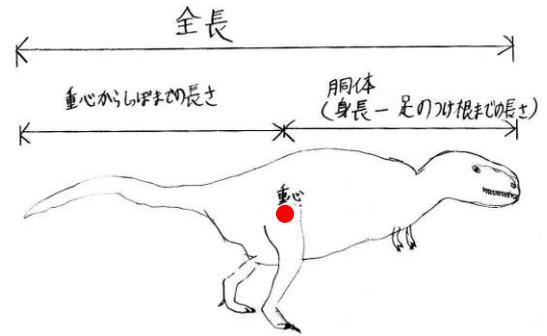


図4 恐竜の重心位置 (イラスト)

## 7 まとめ (最初に立てた仮説に対して、今年の研究でわかったこと。)

### (1) 恐竜はつま先立ちで歩いている [仮説1]

- ・足あとの凹みの様子から、体の重心の位置がわかった。背中中のラインがわかるので、恐竜の立ち姿がわかる。
- ・足あとの形から、恐竜はつま先立ちで歩いたことがわかった。獣脚類は足の指だけが地面についていた。竜脚類は、前足は足の指だけが地面についておりつま先立ちの形であり、後ろ足の指はつま先立ちの形だが、クッションのようなものが指の反対の方向についていて、大きな体の重心を支えるのに役立っていた。
- ・恐竜は3本の指で体の重心を支えていることがわかった。

### (2) 足あとと身長、体重に法則がある [仮説2]

- ・歩幅と身長、脚の長さには係数がある。
- ・歩幅と体重には比例の関係がある。

## おわりに

この研究をやって、恐竜の足あと化石から立ち姿や体の重心の位置、つま先立ちでいたことなどがわかることや、歩幅と身長、脚の長さには係数がある可能性が高いことなどがわかり驚きました。また、後ろ足が重要で、重心もそこにあるということがわかりました。恐竜の復元図が、時代が変わるにつれて変化するのは、こういう研究の積み重ねなのかなと思いました。

また、実験の表をまとめているときに関係がありそうだなとか、数値が似ているなどか何となく思っていたことが、表にしたら形になって出てきて、関係している数字が見えてきて驚きました。特に表の係数を使って、恐竜の全長の出し方の仮説を立ててみたので、博物館に行って骨格標本の大きさを測り、この仮説が恐竜にあてはまるのかを検証したいです。

今回の自由研究を行う際に古生物学者の久保泰先生に恐竜研究、特に歩き方の最新の研究についていろいろなことを教えていただきました。改めてお礼を申し上げます。

## 参考文献

- 松川正樹 2007 『足跡からわかる恐竜の生活』 誠文堂新光社  
ロブ・コルソン (文)、エリザベス・グレイ/スティーブ・カーク (イラスト)、黒輪篤嗣 (訳)  
2016 『骨の博物館Ⅲ 恐竜の骨』 辰巳出版  
平山 廉 2019 『新設恐竜学』 株式会社カンゼン  
R. M. アレクサンダー (著)、坂本憲一 (訳) 1991 『恐竜の力学』 地人書館