

跗節による分類と跗節裏の毛の生態的意義

立石桃 林心羽 藤原由望 堀北明李

【概要】

昆虫は見た目の違い、主に羽の有無などにより分類が行われている。そこで、本研究では昆虫の足、特に跗節を用いて昆虫を分類することが可能かどうかを調べ、各分類にどのような共通点・相違点があるのか、跗節の形態の違いにどのような生態的意義があるのか考察を行った。跗節数と跗節裏の毛の生え方の違いに着目し計 31 種の昆虫を分類することが出来た。結果、跗節数は科によって決まっており、目から科への進化の過程で決定したと考えられる。また、跗節腹面の毛の状態は派生後の生態により獲得したものだと考えられる。

跗節数 5 の昆虫では、そこに生える毛の状態が種によって異なっていたことから、毛の生え方において分類が可能であった。毛が全体的または少ないが生えている昆虫は森林、毛のない昆虫は草むら、変形した毛を持つ昆虫は水辺に近い湿潤な場所に生息していると、毛の様子から生息域の推測が可能であると考えられる。また、分かれた爪先は土や木をほることに、跗節裏の毛は葉の上で生息するためのストッパーとして、毛のない昆虫が持つ肉球のような構造は着地時の衝撃を和らげることに役立っていると考えられる。

Insects have been classified according to differences in appearance, mainly the presence or absence of wings. Therefore, in this study, we investigated whether it is possible to classify insects by their tarsomeres, and examined what similarities and differences exist among each classification and what ecological significance there is in the differences in the shape of the tarsus. A total of 31 species of insects could be classified according to the number of tarsomeres and the presence or absence of hairs on the underside of their tarsomeres. The results suggest that the number of tarsomeres is determined by the suborder, and the presence or absence of hairs growing on them is acquired by the environment in which they grow. In insects with five tarsomeres, the habitats could be classified according to the appearance of their hairs. We believe it is possible to infer habitat from the appearance of the hairs: insects with overall or few hairs are found in forests, hairless insects are found in grassy areas, and insects with deformed hairs are found in wet areas. Also, the split toes are thought to be used to scrape soil and trees, the hairs on the underside of the tarsus are thought to keep it from falling off the leaves, and the pad-like structure of the hairless insects helps to soften the impact of landing.

【動機・目的】

昆虫は、見た目による分類がされており、よく似た種であれば交尾器で判断することが可能だと知った。そこで、地面に接する部分である跗節を用いれば、分類することは可能ではないかと思い、先行研究がないか調べることにした。しかし、昆虫の脚の研究はあったが、それを分類に使っている研究はなかった。そのため、跗節を用いた分類はできないか研究

を行うことにした。さらに、この研究を進めていく中で、跗節裏の毛の有無や爪の形などの違いがあることが分かった。そこで、跗節の違いやそこに生える毛の有無、爪の形態などが、進化の過程で祖先生物が持っていた形態に由来するものか、それとも進化した後、獲得した派生形質なのか調べることにした。この方法での分類が可能になれば、従来の見た目や

交尾器による分類と跗節による分類の両方を行うことでより確信性や信憑性の高い分類が可能になる。また、昆虫の分類にはDNAを用いる方法もあるが、時間がかかってしまう。しかし、今回の分類方法であれば、誰でも手軽に分類することが可能になる。また、跗節の数や毛の有無の違いが何に由来するのかが分かれば、新たな視点から昆虫の研究を進めることができるようになると考える。

【仮説】

予備実験の結果(図1) から、昆虫の数が増えても同じように分類が可能なのではないかと思われる。また、跗節数や跗節裏の形態などの違いは、階層分類によりある程度分類できると考える。また、生育環境の影響を受けていると考える。

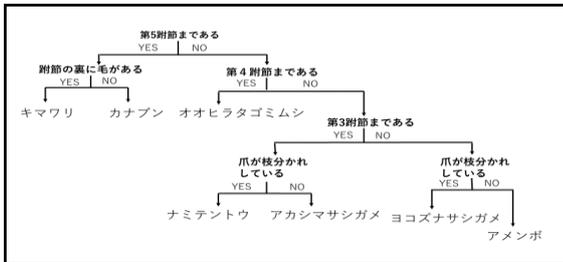


図1 予備実験の結果

【実験材料・器具】

(1) 実験材料

カブトムシ亜目 (アヤムネスジタマムシ、オキナワクワゾウムシ、カナブン、カブトムシ、キマワリ、キンイロジョウカイボン、クビボソゴミムシ、コアオハナムグリ、コガネムシ、サトユミアシゴミムシダマシ、タマムシ、ナガチャコガネ、ナナホシテントウ、ハイイロヤハズカミキリ、ヒラタクワガタ、ホソサビキコリ、マメコガネ、ミヤマクワガタ、ベニカミキリ、ヤハズカミキリ、ラミーカミキリ、ワモンサビカミキリ)
 カメムシ亜目 (アカシマサシガメ、アメンボ)
 バッタ亜目 (イナゴ、ショウリョウバッタ)
 オサムシ亜目 (ミイデラゴミムシ、オオヒラタゴミムシ)
 キリギリス亜目 (オケラ)
 カマキリ目 (カマキリ)

(2) 実験器具

双眼自体顕微鏡 (図 2)、ハンディ顕微鏡 DX (図 3) ピンセット、柄付き針、定規電気ポット、スマホ (撮影用)、発泡スチロール、針



図2 双眼実態顕微鏡



図3 ハンディ顕微鏡 DX

【方法】

昆虫を採集し、採集した昆虫の死骸を3分ほどお湯につけた。その後、お湯につけた昆虫を仰向けにし、右前足をピンセットや柄付き針を使用し伸ばした。双眼実態顕微鏡やハンディ顕微鏡 DX で脚を観察し、ピンツを合わせてスマホで撮影を行った。そして、跗節の数や爪の形状、跗節の裏の毛の有無などから分類した。

跗節裏の毛有無は、全体的、少ない、無い、変形した毛ありと分類し、外骨格の見える割合が多いものを少ないともなした。

【結果】

(1) これまでに採集した昆虫を目、亜目、科、亜科、属、種で調べ、跗節の数でまとめると、図4、図5のようになる。同じ目や亜目で見ると跗節の数は異なっている場合があるが、科が同じなら異なった亜科や属であっても同じ跗節の数である。

目	亜目	科	亜科	属	種	跗節数	
甲虫目	オサムシ亜目	オサムシ	スジバネゴミムシ		クビボソゴミムシ	5	
			ホソクビゴミムシ		ミイデラゴミムシ		
			ゴモクムシ	ヒラタゴミムシ	オオヒラタゴミムシ		
	カブトムシ亜目	タマムシ	ルリタマムシ	ムネスジタマムシ	アヤムネスジタマムシ		
				ルリタマムシ	ヤマトタマムシ		
			ナガキマワリ	ユミアシゴミムシダマシ	サトユミアシゴミムシダマシ		
				キマワリ	ニホンキマワリ		
			クワガタムシ		オオクワガタ		ヒラタクワガタ
			ジョウカイボン	ジョウカイボン	キンイロジョウカイ		キンイロジョウカイ
		コメツキムシ	コガネムシ	サビキコリ	マメコガネ		マメコガネ
							コガネムシ
				スジコガネ			ナガチャコガネ
					コフコガネ		
				ハナムグリ	カナブン		カナブン
				コアオハナムグリ	コアオハナムグリ		コアオハナムグリ
カブトムシ	カブトムシ	カブトムシ					
カマキリ目	カマキリ亜目	カマキリ	カマキリ		オオカマキリ		
バッタ目	バッタ亜目	バッタ	ツチイナゴ		ツチイナゴ		
			ショウリョウバッタ	ショウリョウバッタ	ショウリョウバッタ		

図4

目	亜目	科	亜科	属	種	附節数	
甲虫目	カブトムシ亜目	カミキリムシ科	フトカミキリ	ヤハズカミキリ	ヤハズカミキリ	4	
					ワモンサビカミキリ		
				ラミーカミキリ	ラミーカミキリ		
				ハイイロヤハズカミキリ	ハイイロヤハズカミキリ		
					ゴマダラカミキリ		
				ピロウドカミキリ			
				ハナカミキリ	カラカネハナカミキリ		3
					ミヤマクロハナ		
			ノコギリカミキリ	ノコギリカミキリ	ノコギリカミキリ		
				ベニカミキリ	ベニカミキリ		
カミキリ	ミヤマカミキリ	ミヤマカミキリ					
		シロトラカミキリ	2				
ゾウムシ	クチブトゾウムシ	オキナワクワゾウムシ					
	テントウムシ		ナナホシテントウ				
カメムシ目	カメムシ亜目	サシガメ	ピロウドサシガメ	アカシマサシガメ	アカシマサシガメ	3	
				ヨコズナサシガメ	ヨコズナサシガメ		
		アメンボ	アメンボ	アメンボ	アメンボ		
バッタ目	キリギリス亜目	ケラ			オケラ	2	

図 5

(2)また、附節数 (2~5) と附節裏の毛の様子から以下のように昆虫を分類することができた (図 6)。

	附節の裏の毛	附節の数			
		5	4	3	2
①	全体的	・アヤムネズジ・キマワリ ・ヒラタ・クビボツ ・タマムシ・サトユミ・キン イロ・ホソサビ	・オキナワクワゾウムシ ・ナナホシ・ミヤマ ・ベニカミキリ・ワモンサビ ・ラミー・ハイイロヤハズ ・ヤハズ		・ヨコズナ ・アメンボ ・オケラ
②	少ない	・マメコガネ・コガネムシ ・カナブン・ナガチャ・コア オハナムグリ・カブトムシ		・アカシマサシガメ	
③	無し	・カマキリ ・イナゴ・シヨウリヨウバッタ			
④	変形した毛あり	・ミイデラ ・オオヒラタ			

図 6

(3)附節腹面の毛は生活環境に関係していると考えられるため、同じ科で生息環境が異なる種を観察し、比較することにした。調べた昆虫の中で最も数が多かったカミキリムシ科を利用した。



ノコギリカミキリ



ピロウドカミキリ



ゴマダラカミキリ

木に集まる 3 種 (図 7)



カラカネハナカミキリ



シロトラカミキリ



ミヤマクロハナカミキリ

花に集まる種 (図 8)

木に集まる 3 種において、共通して見られた特徴は、毛の長さが均一であり、短く同じ長さの毛がびっしり生えていた。また、花に集まる 3 種において共通して見られた特徴は、毛の長さが均一ではなく (長い毛がある)、毛の先端が曲がっていた。同じカミキリムシ科において、生息域が同じであると附節腹面の毛の生え方に共通性が見られた。

【考察】

(1)附節の数の違いは科により決まっていると考えられる。

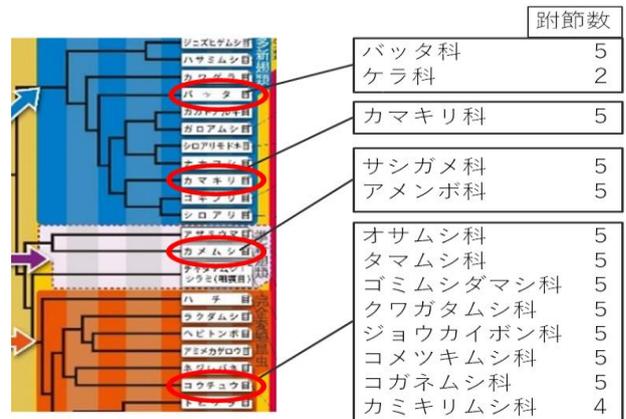


図 9 系統樹 (TSUKUBA JOURNAL ゲノム情報で昆虫の高次系統関係と分岐年代を解明より引用)

既存の系統樹と採取した昆虫を科で分けたものを見比べると (図 9)、附節の数は目から科にかけての進化で変化していると考えられる。また、同じ目でも附節の数が変わっていることから系統分類に用いることは難しいと考えられる。

(2)附節数が 5 つのグループは毛の様子から生息域を推測することが可能であると考えられる。毛が全

体的または少ないが生えているグループは森の中の木など森林に生息し、毛が無いグループは草むらに生息し、そして、変形した毛が生えているグループは水辺に近い湿潤な場所で生息している種が多い傾向がある。また、爪先が分かれている昆虫は土や木を彫るのが得意ではないかと思われる。なぜなら、土の中で過ごすことの多いカブトムシや植物の根をかじることで知られるナガチャコガネがいたためである。

附節の数が4つのグループを観察すると、同じような毛を持っていた(図10)。また、このグループの生態を調べると葉の上でいることが多いという特徴が見られた。そのため、附節腹面の毛はストッパーの役割があるといえる。調べてみると、附節は感覚器官としての役割と接着器官の役割があることが分かった。

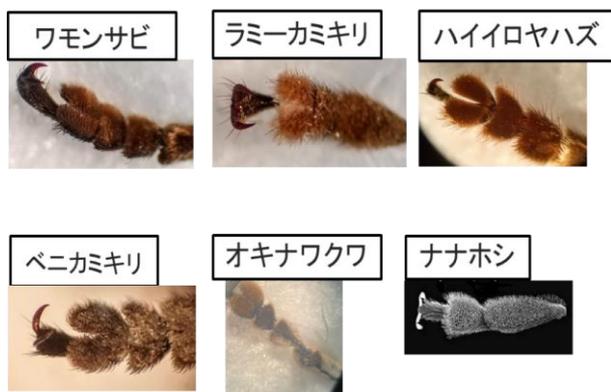


図10 附節数4のグループ

附節腹面に毛が無い昆虫(ショウリョウバッタやイナゴなど)の附節腹面は肉球のような形をしていた。肉球のような形をしていることで葉などに着地するときの衝撃を和らげることができると考えられる。附節の数が2つのグループは生息域の共通点が見られなかったが肉食であるという共通点が見られた。このことから、附節の数が2つの昆虫は肉食であると言える。

(3) 附節裏の毛の生え方が生息域に影響を受けていることが示唆されたので、カミキリムシ科において、木に集まる3種、花に集まる3種の附節腹面の毛の生え方を比較した。すると、木に集まるカミキリ科の3種では、毛が均一で密集していた。これは摩擦

力増強のためと考えられる。また、花に集まるカミキリの附節腹面の毛は均一ではなく、先端が曲がっていた。これは葉や花などの幹に比べて、表面の凹凸が少ないものに吸着しやすくするためだと考えられる。

【まとめ】

附節の数と附節腹面の毛の様子で分類することはできたが既存の分類と一致しないところがあった。これは附節の数が目から科にかけての進化で変化したためだと言える。

附節腹面の毛の違いは環境に適応した結果であり、附節腹面の毛の違いから、生息域の傾向を分析することが可能であると考えられる。また、附節腹面の毛は付着としての役割があると考えられるため接着する基質の違いによって変化している可能性も考えられる。

【謝辞】

本研究を行うにあたってアドバイスなどの協力をしてくださった京都大学名誉教授 加藤 真様、並びに北海道大学名誉教授 向井 宏様、また、昆虫の提供などをしてくださった元徳島県立博物館の館長の大原 賢二様、徳島県立博物館の外村俊輔様に深く感謝申し上げます。

【参考文献】

- ムシミル. 村松佳優 (参照 2022. 7. 20)
- 寺山守 “昆虫の系統と分類・生態” (参照 2023. 5. 3)
- 小島弘昭 九州大学 “系統樹” (参照 2023. 5. 3)
- 国立大学法人 筑波大学 国立大学法人 北海道大学 横須賀市自然・人文博物館 国立大学法人 愛媛大学 “ゲノム情報で昆虫の高次系統関係と分岐年代を解明” (参照 2023. 5. 3)
- 石川県ふれあい昆虫館 (参照 2022. 11. 12)
- 市川敏夫 “昆虫の肢の接着器官の動作を監視するセンサーシステムの設計：共通性と多様性” (参照 2023. 5. 5)
- 石川流域生きものミュージアム. キンイロジョウカイ (参照 2022. 10. 23)