

学 位 論 文 題 名

Revisions of the millipede genera *Xystodesmus* and *Parafontaria* (Diplopoda: Xystodesmidae) with applications of multivariate analyses for the delimitation of species

(タカクワヤスデ属およびババヤスデ属の分類学的再検討：ヤスデにおける種の認識への多変量解析の適用)

学位論文内容の要旨

ババヤスデ科の日本固有属であるタカクワヤスデ属 *Xystodesmus* Cook, ババヤスデ属 *Parafontaria* Verhoeff ならびにそれらに近縁な型について、形態データにもとづく多変量解析の結果ならびに地理的分布にもとづいて分類学的再検討をおこなった。

主な結果は以下の通りである。

1) *Xystodesmus martensii* ならびにそれに近縁な型 (5属10種) について分類学的再検討をおこなった。種の認識は、形態2値データを用いたクラスター分析の結果と地理的分布にもとづいておこなった。検討の結果、これらの型のすべてをタカクワヤスデ属に含めること、そして種構成としては次の1新種を含む6種を認めることを提案した：*X. martensii* (Peters), *X. serrulatus* (Miyosi), *X. nikkoensis* (Chamberlin and Wang), *X. shirozui* (Takakuwa), *X. gracilipes* (Takakuwa), *X. tokaiensis* n. sp.

2) 新たに定義されたタカクワヤスデ属は雄交尾器形態の著しい地理的変異と、それとは対象的な保守的な体色 (青灰褐色の背板とオレンジまたは黄白色の側底)、側底形態、体サイズ (体長 2.5-3.0cm) により特徴づけられる。いくつかの集団については材料不足のためその分類学的位置は不明である。タカクワヤスデ属の所属するtribe Xystodesminiについては、tribe Harpaphiniと区別が困難であることが判明した。

3) 以上の結果にもとづき、次の分類学的変更を提案した。tribe Harpaphiniをtribe Xystodesminiのシノニムとする。トリデヤスデ属 *Phrurodesmus* とニッコウヤスデ属 *Nikkonus* をタカクワヤスデ属のシノニムとする。*X. scabra* Verhoeff, *Rhysodesmus tuberculatus* Takakuwa, *Rh. ikaoensis* Takakuwa, *Rh. kitazawai* Miyosi を *X. martensii* のシノニムとする。*Phrurodesmus kinshaensis* Murakami を *X. gracilipes* (Takakuwa) のシノニムとする。*Riukiaria shirozui* Takakuwa, *Rh. serrulatus* Miyosi, *P. gracilipes* Takakuwa をタカクワヤスデ属に移す。

4) ババヤスデ属 *Parafontaria* を再検討した。本属にはこれまで20種が知られていた。そのうち特に変異の著しい関西地方の *P. tonominea* およびそれに近縁な型については、交尾器の形態座標データならびに体サイズデータにもとづき、薄板スプライン、正準変量分析、クラスター分析を適用して形態変異を解析した。その結果も含めて種の分類を検討し、次の12種を認めた：*P. erythrosoma* (Takakuwa), *P. ishiii* (Shinohara), *P. dōnitzi* (Karsch), *P. terminalis* (Takakuwa), *P. laminata* (Attems), *P. crenata* Shinohara, *P. shiraiwaensis* Shinohara, *P. falcifera* (Verhoeff), *P. spathulata* (Miyosi), *P. takakuwai* (Shinohara), *P. tonominea* (Attems)。このうち *P. terminalis* の分類学的位置はいまだ不明瞭である。

5) ババヤスデ属の再検討において、次のシノニムを提案した：*P. laminata armigera* (Verhoeff), *P. echizenensis* Shinohara, *P. kuhlgatzi* (Verhoeff)を*P. laminata*のシノニムとする。*P. acutidens* (Attems), *P. circula* (Attems), *P. egregia* (Haga), *P. longispinosa longispinosa* (Miyosi), *P. longispinosa falcata* (Miyosi), *P. marmorata* (Verhoeff), *P. spiraligera* (Verhoeff)を*P. tonominea*のシノニムとする。

6) 本研究で定義した*P. tonominea*は本州、四国、九州に分布し、さらに関西地方で、近縁な型の複合体であるspecies complexを形成している。それらの型のいくつかはお互いに生殖的に隔離されていることが強く示唆された。しかしながら、現段階では情報不足のためにこれらの型について種の境界を設定するのは困難であるので、操作上、一種として扱う。

7) ババヤスデ属の種レベルの分岐分析を21形態データにもとづいておこなった。分類学上の位置が未確定の*P. terminalis*については解析からのぞいた。ヤマンバヤスデ属*Levizonus* Attemsを外群としてもちいて分析した結果、ババヤスデ属の単系統性が支持された。また属内で2つのクレードが認められた。

学位論文審査の要旨

主 査 教 授 馬 渡 駿 介

副 査 教 授 増 田 道 夫

副 査 助 教 授 片 倉 晴 雄

副 査 教 授 戸 田 正 憲

大学院地球環境科学研究科 (低温科学研究所)

学 位 論 文 題 名

Revisions of the millipede genera *Xystodesmus* and *Parafontaria* (Diplopoda: Xystodesmidae) with applications of multivariate analyses for the delimitation of species

(タカクワヤスデ属およびババヤスデ属の分類学的再検討：ヤスデにおける種の認識への多変量解析の適用)

ババヤスデ科は、土壌の分解者として生態系の中で重要な位置をしめる動物群である。これまでに世界から61属が知られており、そのうちの8属が日本に生息している。しかし、日本産ババヤスデ科は原記載のみで知られている種を多く含み、その分類学的研究は著しく遅れていた。中でも日本固有属であるタカクワヤスデ属ならびにババヤスデ属は、分類上重要な形質に著しい地理的変異を示すにもかかわらず、ささいな形質の違いで多数の種が記載されたために分類は極めて混乱しており、現代的な分類の規範に基づいた属全体の再検討が必要とされていた。著者は、多変量解析を適用する事によってこの2属の形態の地理的変異を客観的に評価し、種の境界の設定する事を意図して本研究を行った。

タカクワヤスデ属の分類学的再検討においては、タカクワヤスデ属の2既知種、および現在は他の近縁な4属に振り分けられてはいるが、形態が酷似し、明らかにタカクワヤスデ属に属すると思われる8種の計5属10種を研究グループとして設定した。このグループでは、雄交尾器の構造や感覚毛の配置に顕著な変異が見られるが、著者はそれを41形質の二値データとして表現し、クラスター分析を行ったうえで、その結果を体サイズデータおよび地理的分布と照らし合わせて、属の内容の再検討と種の設定を行う事に成功した。その結果、従来5属10種に分類されていた対象群は、タカクワヤスデ属1属6種（1新種を含む）に整理されている。この過程で、著者はニッコウヤスデ属とトリデヤスデ属をタカクワヤスデ属のシノニム（異名）とし、さらに、タカクワヤスデ属の所属する族であるXystodesminiおよびそれに近縁な族であるHarpaphiniについても再検討を行い、後者を前

者のシノニムとした。また、6種名を他種名のシノニムとして整理し、他の属に分類されていた3種をタカクワヤスデ属に移した。

ババヤスデ属の分類学的再検討は、既知の20種すべてを対象としておこない、最終的には12種に整理した。この過程で9種・亜種名を他の種名のシノニムとした。この属の分類では、関西地方に生息する *Parafontaria tomoninea* ならびにそれに近縁な複数の型の分類学的扱いが特に問題であった。このグループは交尾器の形状の違いに基づき6種に分類されていたが、分類の基準は曖昧で実用には耐えないことがあきらかになっている。しかし、その一方で、この分類群においては、いくつかの地点で形態上明瞭に区別される2つの型が発見されていることから、複数の種が含まれている事は間違いないと考えられた。著者は、座標データにもとづく薄板スプライン、クラスター分析、および正準変量分析を駆使して、交尾器形状の変異の定量的な把握と解析を行い、このグループに含まれている種の境界が、形態学上のギャップとしては認識できないことを示した。以上の事実に基づき、著者はこの近縁種群を操作上は1形態種 *P. tomoninea* として扱うことを提案した。さらに、ババヤスデ属については種間の系統関係を19形態形質にもとづく分岐分析により推定し、この属が単系統群であること、および、属内に2つの明瞭な分岐群が存在することを明らかにした。

顕著な地理変異を示す生物群の分類は一般に難しく、種の境界設定が主観的になされる場合も多々見られる。本研究が扱ったタカクワヤスデ属とババヤスデ属は、こうした分類の困難なグループの典型的な例である。本研究で、著者は多変量解析を適用して客観的なデータに基づくこの2属の分類学的再検討をおこない、東アジアのこのグループの分類の水準をようやく世界的な水準に引き上げた。ヤスデ類への多変量解析の適用例は国際的にもこれまでにほとんど例がなく、分類の困難なグループの研究の進め方の一つの方向を指し示している。さらに、ババヤスデ属内の系統関係を初めて解明した点も、ヤスデ類の系統分類における重要な貢献として高く評価される。これらの点で、本研究の分類学への貢献は極めて大きい。よって、審査員一同は著者が博士（理学）の学位を受けるに十分な資格があるものと認定した。