

計測値を大切にしよう

吉富博之

〒790-8577 愛媛県松山市文京町3 愛媛大学ミュージアム

A consideration of measurement method for taxonomy

Hiroyuki YOSHITOMI

はじめに

本報告では、まず種の記載における計測値の大切さを説明し、種を記載する際にはもっと計測を正確に・科学的に行おうという提案を行い、次に計測結果を論文化する際に使用している Microsoft Excel (以下エクセルとする) と Microsoft Word (以下ワードとする) の便利な小技を紹介する。前者は主に種の記載を行う分類学者とその卵に向けて書くが、後者はどのような研究・観察を行う人にも役立つ情報だと思う。いずれにせよ、既に実践している人もいると思うし、もっと便利な技を駆使している人もいるかも知れない。

本報告を書こうと思った理由は2つある。1つは自分が学生を指導する側に立った時によく質問を受けることで、どこかに書き残しておくと思えば便利かと思っただけである。考えてみると記載分類学の立場に立って計測に関して書かれた文章はあまり無いように思う。もう1つは記載分類のスピードアップを図りたいと常に思っているからである。記載分類学の研究にルーチ的な作業はとても多く、その作業の効率化も生物多様性の解明や保全に役立つことだと考えている。つまり、手を抜くことなく早くたくさん“書く”ことの小さな技のひとつを今回は紹介したい。

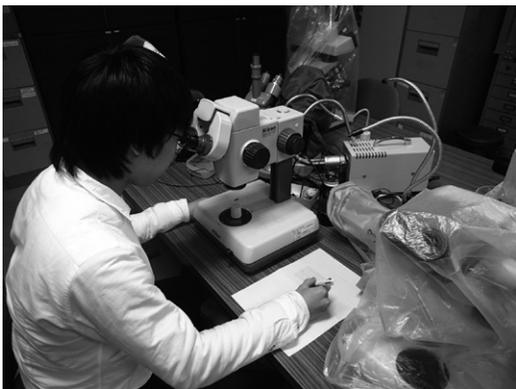


図1. 計測の様子。計測は根気のいる作業。

計測は正確に・科学的に

なぜ計測値は大切か

種の記載論文には、その種の特徴が簡潔に書かれている。ホロタイプに基づいた記載をしたあとに変異の幅を記載するやり方と、最初から変異の幅を考慮したやり方があるが、ここではそれらには言及しない。種の特徴とは、外部形態であれば色彩、形(角の有無、表面の状態など)、大きさなどが挙げられる。色彩や形などは文章で示すことによりある程度は誰にでも理解できるように記述できるし、最近では写真やスケッチにより図として示すことができる。しかし大きさは数値として示すことしかできないばかりか、今のところいくら自動化しても人間がある程度のランドマークを決めて手作業で計測を行わなければならない。それでも種を記載する上でとても重要な“形質”の1つだと考えられる。種の記載の理論と実際を現代科学のレベルで纏めた Winston (1999) においても、記載で用いられる情報の1つとして量的形質(=計測値)が大切なことが述べられている。

残念ながら、昆虫、特に甲虫類の記載論文をみると計測値はあまり重要視されていないことが多い。おそらく、数値を出さずとも見ればわかるような形態形質の違い(色彩や点刻の有無など)があったり、体長などに個体変異の幅が大きかったりして、計測値を軽んじる背景があるのかも知れない。しかし、体長などの計測値は形質の1つとして科学的に適切に記載する必要があるものなのだ。

Murakami (2014) は、本土産のムネアカマルカクコウムシに隠ぺい種がいることに気付き、体型が長い方が未記載種であることを看破し新種ナガマルカクコウムシを記載した。本論文の記載と検索表によると両種は鞘翅が丸い(oval)か細長い(oblong)かで区別できるというが、村上(2015)ではその違いを計測値の散布図として示しており、視覚的にもたいへん解りやすく示してある。この例を示すまでも無く、適切に計測された数値データは、記載分類の重要な要素であるだけでなく、種の違いを曖昧さなく科学的に記述することにもつながるのだ。

どこを測るのか

分類群によって計測すべき部位や計測方法が異なる。魚類では分類群によって計測すべき部位が異なっており、それぞれの分類群で規範となるような既往文献に従うことが多いという（中島氏・岡田氏、私信）。甲虫類の場合もそうかも知れないが、全長（TL: total length）、頭部の長さ（HL）と幅（HL・HW: head length/width）、前胸背板の長さ（PL）と幅（PL・PW: pronotal length/width）、鞘翅の長さ（EL）と幅（EL・EW: elytral length/width）などを計測することが多い。ハネカクシの場合、腹部が伸縮し標本の状態によって長さが変わることから頭部から鞘翅の後縁までの長さを fore body length として示すことが多いようだ。標本の状態などで人為的に計測値が変わってしまうものは出来るだけ排除し、だれもある一定のルールで計測するとほぼ同じ数値が得られるところを計測すべきで、どここの部位をどう計測したのかということ、個々の論文内で明記することが重要であろう。つまり科学的に追試できるような計測を行い、適切な数値を得ることを目的にすべきである。

マルハナノミ科の場合、以前は全長（TL）を頭部から鞘翅端までの長さを背方から観察して計測していた。その場合、1) マルハナノミは著しい下方式口器を有しており頭部が前胸背板に覆われているグループもあることから標本によって頭部の状態が不自然であったり計測できないことも多い；2) 背方から観察するだけでは標本の傾き等により得られる計測値が異なってしまう；という2つの問題が発生してしまう。そこで私が研究を始めるに当たり次のとおり計測を行うことにした：1) 前胸背板の最大長幅（PL・PW）と鞘翅の最大長・幅（EL・EW）について、それぞれ標本を傾けたりして誤差ができるだけないように測る；2) 全長（TL）は PL+EL とする、頭部の長さは計測しない。これらにより的確な計測値が得られるように心がけた訳である。以降、相談した訳でもないが世界のマルハナノミ研究者は私の計測方法に準拠して記載を行うようになった。

ちなみに一般書と位置付けられる図鑑という書物では、昆虫の体長が示されている。だいたいの大きさがこれにより判るので、それなりに意味ある数値ではあるが、科学的には全く意味の無い数値であると私は考える。

どう測るのか

計測は時間をかけてじっくり丁寧に行うべし、それに尽きる。諸言で述べた記載のスピードアップの

species name: *Lais taiwanus*

male					HL
No.	PW	PL	EL	EW	
1	1.12	0.9	2.45	1.95	1.4
2	1.1	0.9	2.5	1.8	0.9
3	1.22	0.95	2.55	1.8	0.92
4	1.05	0.9	2.38	1.58	0.85
5	1.12	0.93	2.38	1.65	1.0
6	1.1	0.9	2.17	1.55	0.8
7	1.1	0.9	2.35	1.6	0.8
8	1.05	0.9	2.35	1.7	0.9
9	1.05	0.85	2.3	1.6	0.8
10	1.0	0.85	2.25	1.6	0.8
11	1.23	0.95	2.5	1.95	1.1
12	1.23	0.9	2.5	1.95	1.1
13	1.1	0.8	2.45	1.6	0.9
14					
15					
16					
17					
18					
19					
20					

female					HL
No.	PW	PL	EL	EW	
1	1.1	0.9	2.45	1.7	0.9
2	1.2	0.9	2.5	1.75	1.0
3	1.23	1.0	2.75	1.7	0.9
4	1.05	0.85	2.23	1.6	0.9
5	1.23	0.9	2.5	1.75	1.0
6	1.2	1.0	2.6	1.75	1.1
7	1.2	0.95	2.35	1.8	0.95
8	1.1	0.9	2.35	1.7	0.95
9	1.23	1.0	2.5	1.7	1.0
10	1.05	0.9	2.25	1.6	0.9
11	1.15	0.9	2.5	1.8	0.9
12	1.2	0.95	2.5	1.9	1.0
13	1.1	0.9	2.4	1.75	0.9
14					
15					
16					
17					
18					
19					
20					

図2. 計測値を書き込む調査用紙の例。

話と齟齬があるが、作業自体は丁寧に行うことが正確な計測値を得るために最も重要なことである。計測には、接眼マイクロメーターなどを用いた従来からの方法や、最近ではPC画面上で電子的に計測する方法などもあるが、どの方法で計測するかよりも、どの方法を用いてもできるだけ正確な数字で計測できていることが重要であると考える。

接眼マイクロメーターを用いた方法の場合、最小メモリの1/10までを目分量で計測する。おそらくこの計測法は中学生か高校生の理科か生物で習ったと思う。つまり、最小メモリが0.1ミリである場合、小数第2位までを計測値とするのである。

計測値は計測しながらPCで直接入力する方法もあるが、調査用紙を用意しておき計測作業中はそれに手書きし、あとでPC入力することを推奨したい（図1-2）。直接PC入力しないことへのこだわりとしては、PCでは何が起こるか分からないので保険のためと、誤入力等を防ぐための両方を考えている。

触角の各節の長さを計測し比率を示すことは、甲虫類の記載でよく行われていることであるが、実はとても難しい。私の場合、左触角を取り外し、スライドガラス上でグリセリン中に入れて軽くカバーガラスをかけて観察・計測するように心がけている。そうすることにより触角第1節基部（普段はソケット内に隠れている部分）も観察・計測することができるし、各節も平らに置かれた状態での計測が可能になる。しかし全ての標本について触角を外すことは困難だし、1個体しかない場合

などは触角を外すことも躊躇される。このような場合は、触角を外さずに計測を行ったことを論文内に明記し、数値がどのようなものであるかを示すことが重要であろう。

どれくらい測るのか

1～数個体しかない場合はそれらを全て計測すれば良いだろうが、十分に多い標本数がある場合、どれくらい計測するのが良いのかは悩ましい問題だ。計測する数(N)が多ければ多いほど良いだろうが、作業時間を考えると闇雲に数を稼げばよいというものではない。変異の幅を把握できる数というのはどれくらいなのだろうか？

私は20個体を上限に(雌雄で分ける場合は各20個体)計測することにしている。この根拠は、甲虫類の分類学者として私が尊敬する大原昌宏さんと川那部真さんが、20個体を上限に計測していたからである。お二人に20個体を計測する理由をお聞きしたところ、川那部さんは何となく、大原さんは(根拠はあるが)忘れてしまったとのことであった。

以前聞いた話では、たくさん標本があっても一番大きな個体と小さな個体だけを計測してその中間値を“平均値”として示すという人がいた。もちろんこれは論外である。

計測値の取り扱い

せっかく丁寧に計測を行っても、計測値を不適切に扱ってしまうと意味がなくなってしまう。たとえば計測値を用いて体の部位の比率(この例では部位Aと部位B)を出すことはよく行われることである。その時に、計測値Aの平均値と計測値Bの平均値を出してそれらを割り算して出す値と、各個体で出したAとBの比の平均値とでは、たとえば類似した数値が得られたとしても異なるもので

ある(後者が正解)。このように科学的な計測値を的確に論文内で示せるように気をつけることが重要である。また、小数点以下何桁までを示すかについても論文内で統一することが望ましい。

便利な小技

計測値をエクセルに入力・処理する

ここからは実際的な話となる。丁寧に作業を行い得られた計測値はそれだけで科学的な価値のあるものである。それをミスなく適切に示すことはさらに重要なことかもしれない。

私はエクセルへの入力はフォーマットを予め決めて行っている(吉富, 2009; 図3)。このシートをコピーして使用し、分類群によって計測部位が異なる場合は少し手直しして使用している。このシートではMAX, MIN, AVERAGEなどの基礎的な関数や計算式が使われている。これら以外にも便利な関数がエクセルには多数あるので、初心者はエクセルに関するマニュアル本を購入してそれを手元に置きながら作業することをお勧めしたい。

計測値を基に比率を計算させることも多い。ここで気をつけねばならないこととして、算出した平均値を基に比率を出すのはNGである。計測値は個体により変異があるもので、その比率も個体によって変異があるものである。平均値どおしの比率は平均的な比率にならないことは少し考えれば明らかである。

フォーマットを決めておくことは、ルーチン化することによりトレースミスを防ぐだけでなく、ミスを犯した際にどこで間違ったかを追跡できること(トレーサビリティ)にも繋がると考える。

計測値を論文で使用する

計測値の論文での表現方法は、論文や著者によって異なるが、主に2つの方法があると思う。1つは表として示すもの(例えばYoshitomi, 2001)。もう1つは記載文内の文章(計測値として纏める場合もある)として示すものである(例えばYoshitomi, 2013)。ここでは主に後者の立場にたつて説明を行う。

せっかくエクセルに計測値を入力し、最大値、最小値、平均値(時には標準偏差等)を計算させたのに、論文の原稿に手

No.	TL	PW	PL	EL	EW	PW/PL	EL/EW	EL/PL	EW/PW	TL/EW
1	0					#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!
2	0					#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!
3	0					#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!
4	0					#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!
5	0					#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!
6	0					#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!
7	0					#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!
8	0					#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!
9	0					#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!
10	0					#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!
11	0					#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!
12	0					#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!
13	0					#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!
14	0					#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!
15	0					#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!
16	0					#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!
17	0					#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!
18	0					#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!
19	0					#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!
20	0					#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!
21	0					#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!
22	0					#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!
23	0					#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!
24	MAX	0	0	0	0	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!
25	MIN	0	0	0	0	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!
26	ABB	0	#DIV/0!							
27	Average TL 0-9 (0 mm)	#DIV/0!								

図3. エクセルの入力フォーマット。ファイルは吉富(2009)からダウンロードできる。

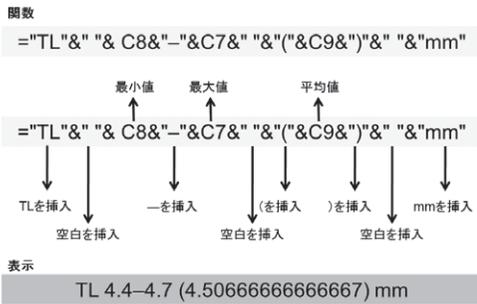


図4. エクセルシート内の式の例. 図3中の27Cセル.

入力させるのは勿体無い。数字をコピー&ペーストするにもひと工夫するだけで、作業効率が格段に増す。

このシートのこだわりとして24～26行目ではそれぞれの計測値と比率の最大値, 最小値, 平均値を計算させ, 27行目には下記のような式が組んである。

=\"TL\"&\" \"& C25&\"-\"&C24&\"
 &\"(\"&C26&\"&\" \"&\"mm\"

この式の&と\"は演算子と呼ばれるもので、&はセルをくっつける,\"は囲ってある文字をそのまま挿入させる、という指示がそれぞれ与えられている。この式により複数セルにある情報を1つのセルに望みの順番に統合しつつ、ある一定の形式に整理することができる。ワードにそのままコピー&ペースト(値貼り付け)して、小数点を揃えればそのままワード内の文章として使用できる(図4)。このエクセルシートは吉富(2009)のサイトからダウンロードできるので興味がある人や使いたい人は参照されたし。このエクセルの表のセルを&や\"を使って1つに統合させる方法は、大量のデータを扱う場合にも有用である。例えばHayashi & Yoshitomi (2015)の論文末に大量の標本データ(約2,000個体375レコード)を示しているが、これも最初にエクセルで整理したデータを同様の方法でワードのテキストに貼り付けたものである(論文内に作業エクセルデータへのリンクが示してある)。入力にこそ時間はかかったが、種別や県別に整理してワードに貼り付けて論文の原稿を作成するのは2～3時間の作業時間であった。

おわりに

学生時代に甲虫類以外の分類学者から、なぜ甲虫類の記載論文では計測値を大切にしないのか、という質問ともクレームともとれる話をされたことがある。なるほど、魚類や甲殻類の記載分類の論文を見れば判るように各部位の計測値を丁寧に示している。甲虫類の種多様性を考えると計測を

ないがしろにしてでもさっさと種の記載を行ってしまいたい気持ちも理解できる。計測を丁寧に行うことはたいへん面倒なことである。私自身もいつも嫌になってしまうのだが、科学的な種の記載を行う上で重要な形質である量的形質をしっかり示す努力は怠ってはいけない。その上で出来るだけ早く・正確に論文の原稿を仕上げるための方法・努力を考えることが重要なのではないか。今回の解説はあくまでも私個人の意見が強いものであるが、種の記載分類を行っている人は計測方法に関して今一度見直すきっかけにして欲しい。

後半に示した計測値をエクセルで入力・整理した後にそのまま本文中に貼り付ける方法は、トレサビリティと転写ミス等を無くす努力の1つであり、大量のフィールド調査データを論文化する際などにも役立つ方法だと思う。他にもエクセルやワードには便利な機能があるので、ぜひ他の便利な方法があれば公開してほしい。技に溺れすぎずソフトの機能は複雑になりすぎない程度にシンプルに利用するのが良いと、私は考える。

最後に、本文では触れなかった基本的なこととして、全ての研究・調査活動を行う際には、どのような形式でも良いので、研究ノートは必ずつけること、またルーチンなものは調査票を作成して記録をとることが重要である。これは計測作業を行う際にも当てはまることである。

謝辞

本報告を纏めるにあたり、魚類学での状況を教えてくださった中島淳博士と岡田亮平氏、計測に関する情報を頂いた小西和彦博士、大原昌宏博士と川那部真博士にお礼申し上げる。

引用文献

Murakami, H., 2014. Revision of the genus *Allochotes* (Coleoptera, Cleridae) from Japan. *Elytra*, NS, 4: 95-110.
 村上広将, 2015. 日本産マルカッコウムシ属 *Allochotes* 概説. さやばねニューシリーズ, (18): 1-5.
 Winston, J. E., 1999. Describing Species: Practical Taxonomic Procedure for Biologists. Columbia University Press. (訳本: 馬渡峻輔・柁原宏記, 2008. 種を記載する 生物学者のための実際的な分類手順, 653 pp., 新井書院)
 吉富博之, 2009. 個人HP. <https://sites.google.com/site/waterbeetlesofjapan/home/tools> (2016年1月5日アクセス)
 Yoshitomi, H., 2001. Taxonomic study of the genus *Hydrocyphon* (Coleoptera, Scirtidae) of Japan and her adjacent regions. *Elytra*, Tokyo, 29: 87-107.
 Yoshitomi, H., 2013. Nosodendridae (Coleoptera: Derodontoidea) of the Indochinese Subregion. *Elytra*, n.s., 3(2): 213-224.

(2016年2月11日受領, 2016年2月27日受理)