

スイバの性比の野外観察をとおしての学生に対する 統計的考えの導入

種坂 英次

近畿大学農学部農業生産科学科

Field observation of sex ratio of *Rumex acetosa* as an educational material aiming to introduce students' interest in statistics

Eiji TANESAKA

Department of Agricultural Science and Biotechnology, Faculty of Agriculture,
Kinki University, 3327-204 Nakamachi, Nara 631-8505, Japan

Synopsis

This study reported the effects of an educational program using a field observation of the sex ratio (♀ / ♂) of the *Rumex acetosa* population on students' interest in statistics. The observed sex ratios of the *R. acetosa* population, which are located on the inner bank of the water-reservoir in the Nara Campus, Kinki University, were 1.07 (ranging 0.74-1.28 between blocks) without being significantly sex-biased at the observation on April 20th and 1.50 (ranging 1.17-2.33) with being significantly female-biased ($\chi^2 = 8.4, P < 0.01$) at the observation on April 27th. The above sex ratios, however, were relatively low comparing with those observed on adjacent agricultural fields (ranging 3.68-4.67 between populations), which had been exposed under relatively high mowing pressures. Questionnaires to the students supported that this educational program effectively increased their interest in statistics over 80% comparing with the interest before carrying out this program (43%).

Keywords: educational material, *Rumex acetosa*, sex ratio, statistics

1. はじめに

スイバ (*Rumex acetosa*) は農村地域に限らず、鉄道の線路沿いや歩道の植え込みの雑草として普通に目にする植物である (図1)。スイバという標準和名はともかく、茎をしがむと酸味のあることから 'すかんぼ' という名称でも親しまれてきた。近畿大学奈良キャンパスでは近大坂の歩道沿い、農学部バス停から教室棟へのエントランス庭園、食堂の周辺にも普通に分布する。本種は種子植物で最初に性染色体が発見された雌雄異株植物のひとつであり、雌株は $2n = 14 = 12a + XX$ 、雄株は $2n = 15 = 12a + XY_1Y_2$ の染色体をもつ¹⁾。実験的には種子集団や初期実生段階での性比 (♀ / ♂) は

雌雄同数の1となるが^{2,3)}、多年生である本種の野外集団ではしばしば雌が多く (female-biased) 観察される。本種の野外集団における性比の偏りの原因についてはジェンダーと繁殖戦略の観点²⁶⁾、さらに細胞分裂の観察を含む理科教育の教材としての利用^{7,9)}など既に多数の研究がある。一方、奈良キャンパスで身近に観察できるスイバは、特に学部1年生や2年生を対象として統計的考えへの関心を導入する教材として、以下の点で優れていると考えられる: i) 新年度のスタート期にあたる4～5月に開花期がある; ii) 野外集団を利用すれば生物材料を事前に準備する必要がなく、多数の学生 (各学科1学年でおよそ120名) を対象とするのに適している; iii) 野外観察をとおして

里域を構成する身近な植物に関心を持てる； iv) 種の同定と雌雄の識別が容易である； v) 性比の偏りに関する有意性検定 (χ^2 -検定) は筆算または電卓を用いて簡単に計算できる。本報告では、農業生産科学科2年生を対象とした実験カリキュラム(基礎生物学実験)において実施した「スイバの性比観察」の結果とその教育的効果について評価した。

2. 材料および方法

(1) 学生実験

奈良キャンパスの北西にある調整池の内側法面のスイバ集団を調査地とし、2012年4月13日、20日、および27日にそれぞれ約40名の学生を対象に実施した。

各日程において各5名から成る小班を形成し、各班あて事前に採取しておいた雌株と雄株それぞれの花序を観察させ、雌雄の判別方法を解説した(図1b, c)。雌雄は目視のみで簡単に判別できるが、さらにルーペを用いて雌花と雄花の構造の差異を確認させた。スイバの性決定様式と期待される性比(帰無仮説： $\text{♀}/\text{♂} = 1$)、調査地に自生する近縁種のヒメスイバ(*R. acetosella*) およびギシギシ(*R. japonicus*)との形態的な相違点について簡単に説明した(図1d)。さらに、多年生のスイバの株は大小様々で、1つの株に数本の花序を付けているが1株を1個体として数えること、および40個体以上を目安に観察するように注意した。以上の説明の後、調査地へ誘導し各班に約10×10mの区画(観察範囲)を互いに重複しないよう

に割り当てた。各班で雌雄の花序をそれぞれ異なるビニール袋に採取し、実験室に戻ってから花序数を数えた。母集団のサイズは小さいがトランプを例にして、52枚のカードから10枚を引いたとき、赤札と黒札が5枚ずつにならないことは普通に起こるが、赤札が1枚と黒札が9枚(またはその逆)のような大きな偏りを生じることは稀であること、また稀な確率としての“有意水準”(または“危険率”)および“帰無仮説の棄却”という統計的概念について簡単に説明した。次いで、 χ^2 -検定について概説し、各自でレポートをまとめさせた。実験の説明開始からほぼ全員がレポートを提出するまでに約3時間を要した。なお、資源生物系の学生を対象とした χ^2 -検定における解釈や標本数に関する注意事項については、桜谷と夏原¹⁰⁾に大変わかりやすく解説されている。

(2) 近隣スイバ集団での補足的調査

学生実験とは別に、農学部キャンパスのスイバ集団の比較対象として、同じく2012年4月下旬、奈良県生駒郡平群町のスイバ集団について性比を調べた。特に除草の強さに着目し、1年に数回みの除草作業が行われる分譲宅地の空地や入会地である溜池の土手(各2集団)、および年に複数回(10回以上)の除草作業が行われる水田畦畔(4集団)を調べた。除草回数の違いに加えて、一般に前者では地表から数cmの高さで刈られるが(低い除草圧)、後者では地際近くまで深く刈られる(高い除草圧)。

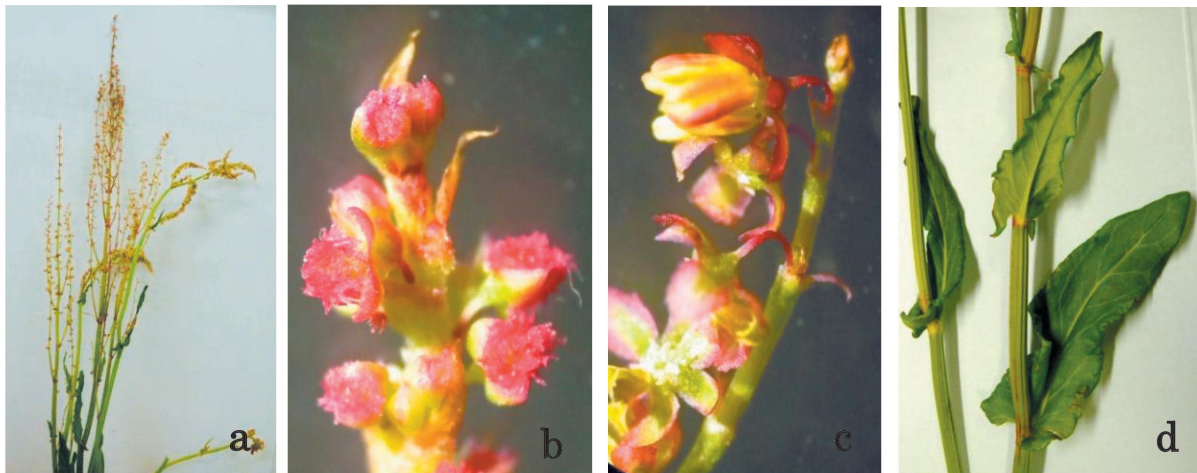


図1. スイバの形態. 植物体 (a), 雌花をもつ雌株 (b), 雄花をもつ雄株 (c), および茎を抱きこむ葉の形態 (d).

(3) 学生実験に関するアンケート

学生実験の効果を評価するため、実験実施前と実施後の野生植物や統計学への関心を比較する質問項目について、2012年7月18日にアンケート調査を実施した。

3. 結果および考察

(1) 奈良キャンパス調整池のスイバ集団の性比

4月20日と27日に実施した学生実験の結果を表1に示す。2012年は4月初旬まで冷涼な日が続き、4月13日に実施した学生実験では開花前の個体が多く混在したためデータから削除した。4月20日の調査では、各区画(班)の性比は0.74-1.28の範囲にあり、どの区画においても性比の有意な偏りはなく、4つの区画を総合した性比(1.07)についても同様であった。一方、4月27日の調査では、各区画の性比は1.17-2.33の範囲にあり、4つの区画のうち2区画において有意な偏りがあった($P < 0.05$)。さらに、4つの区画を総合した性比(1.50)の偏りについても同様であった($P < 0.01$)。一方、各区画を総合した観察数について、両調査日の性比の偏りに有意な差はなかった(2×2 分割表; $\chi^2 = 2.84, P = 0.05 - 0.1$)。

(2) 近隣スイバ集団との比較

平群町では各集団につき68-148個体について調査した。除草圧の低い分譲宅地の2集団における性比はそれぞれ1.65 ($P < 0.05$)と1.89 ($P < 0.01$)、同じく除草圧の低い溜池土手の2集団ではそれぞれ1.56 ($P < 0.05$)と2.1 ($P < 0.001$)で

あった。また、除草圧の高い水田畦畔の4集団における性比は3.68-4.67の範囲にあり、性比はいずれも有意に偏っていた($P < 0.000001$)。除草圧の低い集団と高い集団の性比を比較すると、除草圧の高い集団において高い性比を示した(マン・ホイットニーのU検定: $U = 0, P < 0.02$)。この結果は除草圧が性比に影響し、雄株は雌株に比べて除草圧に弱いことを示唆する。奈良キャンパス調整池のスイバ集団で得られた性比(1.07-1.50)はキャンパス周縁部の管理地における比較的低い除草圧と対応しているのかもしれない。スイバを含む*Rumex*属植物の性比の偏りの原因については土壌成分と生存率⁴⁾、個体群密度と受粉効率^{5,6)}など様々な要因との関連性が示唆されているが、本稿ではこれ以上の論議はしない。

(3) 学生実験についての評価

スイバを題材とした学生実験についてのアンケート結果を表2に示す。アンケートの回答者数は86名であった(女子40、男子46)。スイバは奈良キャンパスに普通に見られる植物であるが、農学部に在籍して1年以上を経過した学生においても本種の存在はほとんど意識されていなかった(項目1)。しかし、実験後には約半数の学生が本種に興味を持ち、野外のスイバに気づいたと回答した(項目2と3)。本種の雌雄判別もほとんどの学生に理解されており(項目5)、理科教育における生態学や細胞遺伝学の教材としての有効性については多くの既報^{7,9)}が示しているとおりである。一方、統計学への関心向上を意図した本種の利用についての論議は少ないように思える。統計学は

表1. 学生実験で観察された奈良キャンパス調整池のスイバ集団の性比

観察日	区画*	観察数と性比			期待頻度(♀:♂ = 1:1)からの偏り	
		♀	♂	♀/♂	χ^2 -値	P
4月20日	1	23	19	1.21	0.38	$P = 0.5 - 0.6$
	2	37	29	1.28	0.97	$P = 0.3 - 0.4$
	3	17	23	0.74	0.90	$P = 0.3 - 0.4$
	4	27	26	1.04	0.02	$P = 0.8 - 0.9$
	合計	104	97	1.07	0.24	$P = 0.6 - 0.7$
4月27日	1	22	18	1.22	0.40	$P = 0.5 - 0.6$
	2	27	23	1.17	0.32	$P = 0.5 - 0.6$
	3	28	12	2.33	6.40	$P < 0.02$
	4	49	31	1.58	4.05	$P < 0.05$
	合計	126	84	1.50	8.40	$P < 0.01$

* 各区画(観察範囲)は両観察日間で重複する範囲もあったが、互いに対応していない。

表 2. スイバを教材とした学生実験についてのアンケート結果

質問項目	回答			計
	女子	男子		
1 実験より以前から、スイバという植物を知っていましたか？	はい	9	12	21
	いいえ	31	34	65
2 実験をとおして、スイバという植物に興味をもてましたか？	はい	22	23	45
	いいえ	18	23	41
3 実験が終わってから、野外でスイバに気づきましたか？	はい	25	21	46
	いいえ	15	25	40
4 実験より以前から、スイバは雄株と雌株が別個体であることを知っていましたか？	はい	1	4	5
	いいえ	39	42	81
5 実験をとおして、スイバの雄株と雌株の識別法が理解できましたか？	はい	38	38	76
	いいえ	2	8	10
6 実験が終わってから、野外でスイバの雄株と雌株を意識して観察してみましたか？	はい	5	11	16
	いいえ	35	35	70
7 実験より以前から、生物学における統計的考え(統計解析)の重要性を感じていましたか？	はい	10	27	37
	いいえ	30	19	49
8 実験をとおして、生物学における統計的考えの重要性(興味)を感じましたか？	はい	34	37	71
	いいえ	6	9	15
9 この実験は統計的考えの理解において助けになったと思いますか？	はい	37	42	79
	いいえ	3	4	7

あらゆる情報を比較するための基本的な考え方であり、大学教育の品質管理という観点からは多くの学生が履修しておくべき科目であろう。農業生産科学科においても1年生後期に「統計と考え方」が開講されているが、本講義科目の履修登録者数は在籍者数の3割弱にとどまっているのが現状である(農学部学生支援課調べ)。アンケート結果からも、本実験の実施以前から統計学の重要性を感じていた学生は全体の半数に満たない(43%, 項目7)。また、全アンケート項目のうち項目7にのみ男女間の回答比率に有意な差があった($\chi^2 = 9.91$, $P < 0.01$)。このような背景において、スイバを教材とした本実験の後、多くの学生が統計学の重要性を認識し(82%, 項目8)、さらに統計的考えの助けになったと回答した(91%, 項目9)。本実験の実施により、それ以前にみられた統計学への関心における男女の意識の差はなくなり、実施後の関心は実施前と比較して有意に向上した($\chi^2 = 28.7$, $P < 0.0001$)。この結果はスイバが生物統計学の導入教材としても有効であることを示している。

4. 引用文献

- 1) Kihara H, Ono T (1923) Cytological studies on *Rumex* L., I Chromosomes of *Rumex acetosa* L. Botanical Magazine, Tokyo. 37: 84–90.
- 2) Korpelainen H (2002) A genetic method to resolve gender complements investigations on sex ratios in *Rumex acetosa*. Molecular Ecology. 11: 2151–2156.
- 3) Putwain PD, Harper JL (1972) Studies in the dynamics of plant populations. V. Mechanism governing the sex ratio in *Rumex acetosa* and *R. acetosella*. Journal of Ecology. 60: 113–129.
- 4) Korpelainen H (1991) Sex ratio and spatial segregation of the sexes in populations of *Rumex acetosa* and *R. acetosella* (Polygonaceae). Plant Systematics and Evolution. 174: 183–195.
- 5) Lloyd DG (1974) Female predominant sex ratios in angiosperms. Heredity. 32: 34–44.
- 6) Stehlik I, Spencer C, Barrett H (2006) Pollination intensity influences sex ratios in

dioecious *Rumex nivalis*, a wind-pollinated plant. *Evolution*. 60: 1207-1214.

- 7) 加藤万幸・寺田安孝・川上昭吾 (2005) スイバの教材研究と高等学校生物におけるスイバの性比の観察を通じた性決定機構の学習に関する実践的研究. 愛知教育大学教育実践センター紀要. 8: 175-182.
- 8) 田中昭男 (1985) 高等生物における性染色体の型と性決定機構の指導に関する試み. 生物教育. 26: 55-59.
- 9) 米澤義彦 (1984) 減数分裂の観察材料の再検討. 生物教育, 25: 50-55.
- 10) 桜谷保之・夏原由博 (1994) 資源生物系の統計学. 183p, 文教出版, 大阪.