

アラスカにおける緯度の違いに伴う地表と空中の昆虫相の遷移

高須賀 圭三*

Transition of insect faunae in the surface of the earth and in the air, with differences of latitude in Alaska

Keizô Takasuka

要旨: アメリカ合衆国アラスカ州の北緯66~70°において、2006年8月2日から8月6日にかけて空中と地表部の昆虫を採集し、目単位の昆虫総数、その組成および1m²あたりの個体密度をそれぞれ求め、緯度の違いに伴う変化を考察した。空中の採集にはトラックトラップを、地表部の採集にはスウィーピングを用いた。各緯度の空中で採集した昆虫の捕獲数は、北緯68°の森林限界を境に大きく減少し、さらに今回調査をした中で最も高緯度であった北緯70°では皆無であり、緯度と昆虫捕獲数との間に有意な負の相関が認められた。空中では常に双翅目の占める割合が著しく大きかったことに比べ、地表部では南部においてその割合が小さかった。つまり、地表部では昆虫相が多様でも空中へ飛翔する昆虫の多くは双翅目であると言える。しかし、地表部でも緯度の上昇に伴って、双翅目の占める割合が大きくなり、緯度の上昇に伴い昆虫相が単純化した。

キーワード: 高緯度地域、緯度上昇、双翅目、空中、地表部

緒 言

高緯度地域は低緯度地域に比べ昆虫の総数が少ないだけでなく、昆虫相の多様性も低い。すなわち種数が少ないうえ、特定種への偏りが著しいことがよく知られている。例えば、世界のアゲハチョウ科の種数は熱帯圏で最も多く、緯度が上がるごとに減少し(Scriber, 1973)、南北アメリカ大陸のアリの種数は、南緯20~25°で最も多く、そこから南北両方向へ減少し、高緯度地域では著しく少ない(Kusnezov, 1957)など、高緯度地域では昆虫の種数が乏しくなるという報告がある。一方、アラスカ州とカナダを隔てた国境の東側に位置するユーコン地域(Yukon territory)では、更新世に氷河に覆われず、北方地域にあるにも拘らず現在も比較的温和であるため、この地域の昆虫相は豊富で特有である(Danks et al., 1997)。アラスカ地域はこのユーコン地域と共に、大三紀始新世以降にベーリングア(Beringia)としてユーラシア大陸と北アメリカ大陸間における動物の移動に大きく寄与したことから、高緯度にありながら昆虫相も豊富である可能性もある。しかしながら、アラスカの高緯度地域における昆虫相について定量的な調査を行なった事例は少ない。そこで本研究は、アメリカ合衆国アラスカ州において、地表付近および空中の昆虫を、緯度を変えて採集し、アラスカの高緯度地域における緯度の違いに伴う昆虫相の変化を明らかにし、考察した。

材料と方法

地表部の採集にはスウィーピングを用い、空中の採集には車を利用したトラックトラップを用いた。

トラックトラップ(Truck Mounted Trap)とは、車の上に捕虫網を取りつけた移動式非誘引性トラップである(高

橋&松村, 1995)。このトラップによって採集される昆虫は、ほとんどが5mm以下の非常に微細な種ばかりであるが、通常の方法では採集の難しい飛翔中の昆虫を捕らえることができる。また、昆虫相調査法の一つとして用いられ(e.g. Kronblad & Lundberg, 1978; Rutanen & Muona, 1982)、日本では高橋敬一氏がトラックトラップを用いたハネカクシ科(Takahashi, 1988)、アザミウマ類(高橋ほか, 1988)、水生甲虫(Takahashi & Satô, 1988)、そしてゾウムシ科(Takahashi, 1989)の飛翔活動の調査を行なっている。さらに、双翅目を効率よく捕獲できることから吸血性昆虫の調査などにも使用されている(Bidlingmayer, 1966)。

今回は、口径45cm×30cmのプラスチック製のフレームに、捕虫網を取り付けたものを2つ並べ、車の屋根に設置した(写真1)。トラップの上端は地上2.1m、下端は地上1.8mである。高橋(2002)によると、40km/hを超えると軟弱な昆虫は壊れてしまうので、走行速度は40km/hを一定に保ち、走行時間は15分往復の30分間とした。トラックトラップを行なうのに最適な時間帯は、日の入り直後と言われている(高橋&松村, 1995)が、8月のアラスカは白夜のため、陽が傾き多少暗くなった20:30~22:00に行なった。

スウィーピングには直径40cmのスプリング式捕虫網を使用し、トラックトラップ開始地点の草地で地上0.5~1mの高さを200回スウィープした。

調査地は、アラスカ半島中央部のフェアバンクスから北極海に面したプルドーベイに至るダルトンハイウェイ沿いの北緯66°より70°までの1度刻みにとった計5地点である(図1)。

採集したサンプルはその場で80%濃度アルコールに液浸し、帰国後、目毎に分類し個体数を勘定した。

* 愛媛大学農学部環境昆虫学研究室

Entomological Laboratory, Faculty of Agriculture, Ehime University, Ehime, Japan

結 果

調査地点 1

北緯66° (開始点 65 59' 32" N, 150 01' 53" Wより北進)
2006年8月2日, 開始時刻20:40
気温19℃ 晴れ 標高200m
植生や環境: クロトウヒ林 *Picea mariana*. 樹高は10mを超えない (写真2).

トラップでは6目, 1,617頭を採集した. そのうち双翅目は84.5%を占め, 他の地点と比べその割合は最も低かった(表1).

スーピングでは4目, 121頭を採集し, それぞれが占める割合はほぼ均等だった (表2). 膜翅目は, 41頭中37頭がアリ類で他は寄生蜂類.

調査地点 2

北緯67° (開始点 67 01' 04" N, 150 17' 23" Wより南進)
2006年8月6日, 開始時刻21:25
気温16℃ 晴れ 標高400m
植生や環境: クロトウヒ林 *Picea mariana*. 樹高は10mを超えない. 標高によっては森林限界も混じり (写真3), 近隣にコユクック川(Koyukuk Riv.)の支流サウスフォーク川(South fork Riv.)が流れる.

トラップでは7目, 1,706頭を採集し, 捕獲数・目数とも他の地点に比べ最も多かった. そのうち双翅目は98.2%を占め, 川の近くであることから, カワゲラ目・トビケラ目も採集された (表1).

スーピングでは5目, 238頭を採集し, 捕獲数が他の地点に比べ最も多かった. 低緯度に比べ, 双翅目と膜翅目の割合が高くなった (表2). 膜翅目は, 36頭中1頭が社会性ハナバチで他は寄生蜂類.

調査地点 3

北緯68° (開始点 68 13' 00" N, 149 24' 30" Wより北進)
2006年8月3日, 開始時刻21:13
気温10℃ 雨後の曇り 標高1,000m
植生や環境: 森林限界を越えて, 全く木が生えていない草地 (写真4). 近隣にコユクック川(Koyukuk Riv.)が流れる.

トラップでは4目, 819頭を採集した. 低緯度に比べ, 目の数および捕獲数がほぼ半減した (表1). そのうち双翅目は98.0%を占めた.

スーピングでは5目, 33頭を採集し, 双翅目が過半数を占めた (表2). 膜翅目は, 5頭全てが寄生蜂類.

調査地点 4

北緯69° (開始点 69 00' 54" N, 148 49' 26" Wより南進)
2006年8月5日, 開始時刻20:58
気温15℃ 晴れ 標高450m
植生や環境: 北緯68° とよく似た植生であるが, 標高は比較的低い (写真5).

トラップでは5目, 793頭を採集し, 北緯68° とそれほど変わらなかったが, マイノリティの目組成には若干の違いがあった. そのうち双翅目は98.6%を占め, 他の地点と比べ最も多かった (表1).

スーピングでは5目, 151頭を採集した. 双翅目, 次いで半翅目の割合が高かった (表2). 膜翅目は, 5頭全てが寄生蜂類.

調査地点 5

北緯70° (開始点 70 07' 52" N, 148 29' 03" Wより南進)
2006年8月4日, 開始時刻21:38
気温10℃ 曇り 標高20m
植生や環境: 北極海からすぐ南の場所で, 海拔高度はほとんどなく強風が吹き荒れる. 植生は, 単一の単子葉植物がほとんどを占める湿地帯 (写真6).

トラップでは, 全く昆虫が採れなかった.

スーピングでは2目, 22頭を採集し, 低緯度と比べ激減した (表2).

考 察

総個体数

トラップにより採集した空中の昆虫の捕獲数は, 緯度の上昇に伴って減少した. 昆虫捕獲数と緯度の間には, 有意な相関($r = 0.9382$)があったが (図2), 捕獲数は漸次減少したわけではなく, 森林限界を境に半減し, 北緯70° では皆無であったことから, 昆虫の総量には緯度だけでなく生息域の植生量の違いが大きく効いているようである. 北緯70° で全く採集できなかったことについて, 低温強風で昆虫が飛翔する条件ではなかったことも一理あるが, 植生が単純化し地表でも捕獲数が激減していることから, 極北では昆虫が棲める環境ではなくなっていると考えられる.

これに対し地表での昆虫捕獲数は若干減少傾向にあるが, 緯度との間に有意な相関($r = 0.5053$)はみられず, 相関関係は弱かった(図4). このことは, スーピングを行なった草地の植生が, 調査地によって大きく違うため, 採れる昆虫の数も一定ではなかったと考えられる. 図4に示したように捕獲数の推移は変動が激しいが, 一部他の理由で説明がつく. これについては地表と空中の昆虫密度を合わせた項で後述する.



図1 調査地点

表1 トラックトラップで採集された昆虫の緯度別捕獲数

調査地点および北緯	1 (66°)	2 (67°)	3 (68°)	4 (69°)	5 (70°)
双翅目	1366	1676	803	782	0
膜翅目	171	8	9	3	0
半翅目	67	8	0	1	0
甲虫目	11	1	0	2	0
鱗翅目	1	1	0	0	0
アザミウマ目	1	0	2	0	0
カゲロウ目	0	10	5	5	0
トビケラ目	0	2	0	0	0
総数	1617	1706	819	793	0
目数	6	7	4	5	0
双翅目の占める割合	84.5%	98.2%	98.0%	98.6%	0%
Simpson の多様度指数	1.38	1.04	1.04	1.03	

表2 スイーピングで採集された昆虫の緯度別捕獲数

調査地点および北緯	1 (66°)	2 (67°)	3 (68°)	4 (69°)	5 (70°)
双翅目	19	98	20	97	18
膜翅目	41	36	5	5	0
半翅目	38	102	6	41	0
甲虫目	0	1	0	0	0
鱗翅目	0	0	1	2	4
アザミウマ目	23	1	1	0	0
トビケラ目	0	0	0	6	0
目数	4	5	5	5	2
総数	121	238	33	151	22
双翅目の占める割合	15.7%	41.2%	60.6%	64.2%	81.8%
Simpson の多様度指数	3.65	2.66	2.35	2.04	1.42

目組成

総個体数だけではなく、緯度による多様度の変化を見るため、次式より空中および地表それぞれにおける目毎の捕獲数からSimpsonの多様度指数を求めた(表1, 2).

$$\frac{1}{\sum \Pi^2} = \frac{1}{\sum_{i=1}^S \left(\frac{n_i}{N}\right)^2}$$

ここでSは目の数, Nは昆虫の総数, n_i はi番目の目に属する昆虫の数を表す. S目からなる昆虫群集に属する総数N頭の昆虫から, 任意に1頭を選びそれを元に戻し, また改めて1頭選ぶ場合, その2頭が同じ目に属する確率を $\sum \Pi^2$ とし, これをSimpsonの単純度指数という. また, この値を逆数したものを多様度指数という(木元, 1976).

空中の多様度指数の変化についてみると, 北緯70°では捕獲数が皆無のため指数を算出できないが, これらの値は, 緯度の上昇に伴って低下する傾向にある. しかし, 緯度との間に有意な相関($r = 0.7894$)はみられず, 相関関係は弱かった(図3). このことは, アラスカにおいて空中を

飛翔する昆虫のほとんどが双翅目であったことが強く影響しているといえる.

地表の多様度指数の変化を見ると, 緯度との間に有意な相関($r = 0.9741$)がみられた(図5). また, 北緯66°では拮抗している双翅目, 膜翅目, 半翅目の捕獲数が占める割合は, 緯度の上昇に伴い双翅目の数は上昇傾向にあり, 膜翅目および半翅目では減少傾向にあった. 双翅目の数には緯度との間に有意な正の相関($r = 0.9733$)があり, 膜翅目の数には有意な負の相関($r = 0.9461$)があったが, 半翅目の数には有意な相関($r = 0.7728$)はみられなかった(図6). 膜翅目は, 緯度の上昇と共にアリ類の餌となる植物類や寄生蜂の餌となる寄主昆虫の減少の影響を受け, また, 有意な相関はなかったが半翅目は餌となる植物の減少の影響を受け, それぞれ個体数が減少したと考えられる. 一方, 双翅目は幼虫が腐食物などを専食し, 不毛な土地をニッチとする種も多いことから, 他目の減少と共に個体数が増加していると考えられる. つまり地表の昆虫相は, 緯度上昇に伴う双翅目の増加によって単純化していると言える.

目の組成を空中と地表の両方で比較すると, 空中では双翅目が全体に占める割合が常に90%前後まで達するのに対



写真1 トラックトラップ全景



写真2 北緯66°のトラックトラップ開始地点



写真3 北緯67°のトラックトラップ開始地点



写真4 北緯68°のトラックトラップ開始地点



写真5 北緯69° のトラックトラップ開始地点



写真6 北緯70° のトラックトラップ開始地点

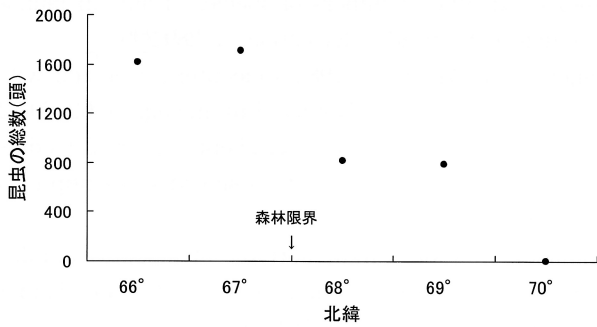


図2 空中の昆虫捕獲数の緯度上昇に伴う推移
($r = 0.9382$, $p = 0.0183$)

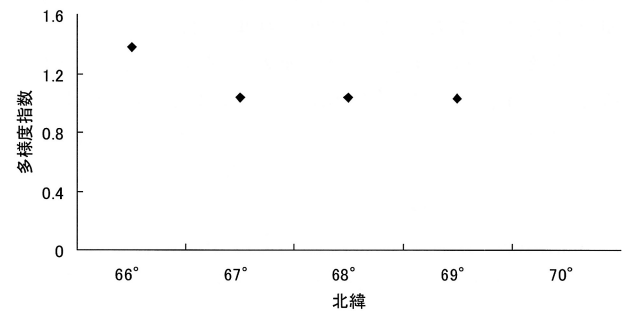


図3 トラックトラップで捕獲された昆虫の緯度別多様度指数
($r = 0.7894$, $p = 0.217$)

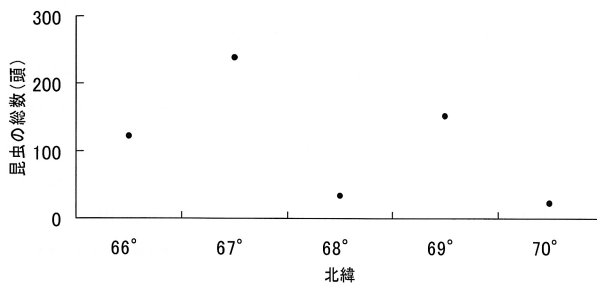


図4 地表の昆虫捕獲数の緯度上昇に伴う推移
($r = 0.5053$, $p = 0.3852$)

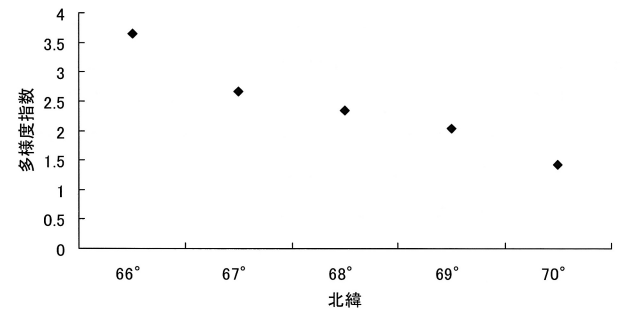


図5 スイーピングで捕獲された昆虫の緯度別多様度指数
($r = 0.9741$, $p = 0.0050$)

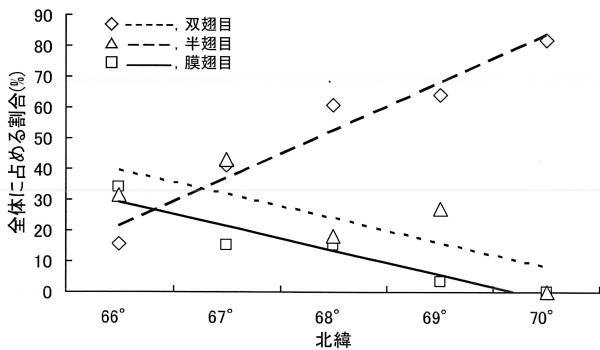


図6 地表の双翅目、膜翅目、半翅目の割合の推移
(双翅目 $r = 0.9733$ $p = 0.0050$,
半翅目 $r = 0.7728$ $p = 0.1255$,
膜翅目 $r = 0.9461$ $p = 0.0149$)

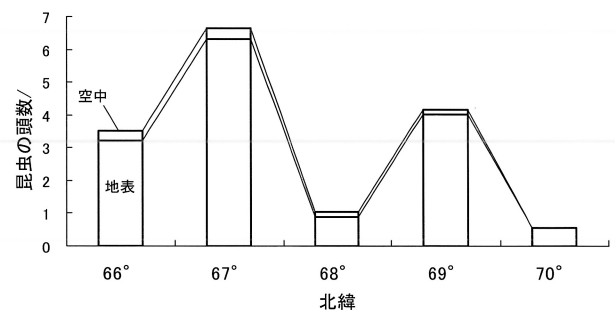


図7 空中および地表における1m²あたりの昆虫の頭数
($r = 0.5337$, $p = 0.3543$)

し(表1), 地表では南部においてその値は低い値を示し, 緯度上昇に伴い上昇した(表2). 上の段落をうけて地表の多様度は北に向かって低下するが, 常に空中のそれより高い. つまり地表では昆虫相が多様であっても, 空中へ飛翔する昆虫の多くは双翅目であると言える.

密度

トラクトラップで濾し取った空間は, (トラップの口の面積) × (走行距離), すなわち $0.3 \times 0.9 \times 20000 = 5400 \text{ m}^2$ で, スイピングでは(捕虫網の枠の面積) × (一回のスweepの距離1.5m) × (200回), すなわち $(0.2)^2 \pi \times 1.5 \times 200 = 37.68 \text{ m}^2$ である. これらの値からそれぞれの空間における 1 m^2 当たりの昆虫の頭数を換算すると, 地表の昆虫密度の方が空中よりも明らかに高い(図7). このことは, 昆虫は地表で生まれ, 地表の植物を餌とし, またその昆虫を餌とすることを考えると当然の結果である.

上の段落より得られた空中と地表の密度を合計したものと緯度との間には, 有意な相関($r = 0.5337$)はみられず, 相関関係は弱かった(図7). しかし, 北緯 67° の密度が他の地点よりも高いことについては, 開始地点付近に川があったため昆虫の増殖に適した環境であったと考えられ, また, 北緯 68° が他の地点に比べ密度が低いことについては, 標高が 1000 m あり, 他の地点より突出していることが影響していると考えられる. それぞれの地点の標高を統一して, 調査をすると高い相関が得られる可能性もある.

謝 辞

本編の報告にあたり, 末田達彦教授, 都築勇人准教授を始めとする愛媛大学農学部森林資源計画研究室所属の方々には, 調査へ同行させていただき, 帰国後も適切な指示をいただいた. 愛媛大学農学部環境昆虫学研究室の大林延夫教授および酒井雅博准教授には適切な指導をしていただいた. 面河山岳博物館の矢野真志氏には個人の蔵書を快く閲覧させていただき, また多くの助言をいただいた. ここに御名前を記し深く御礼申し上げたい.

参考文献

- Bidlingmayer, W. L. 1966. Use of the truck trap for evaluating adult mosquito populations. *Mosquito News* 26: 139-143.
- Danks, H. V., Downes, J. A., Larson, D. J. and Scudder, G. G. E. 1997. Insects of Yukon: Characteristics and History. Pages 963-1013 in Danks, H.V. and Downes, J.A. (eds.), *Insects of the Yukon. Biological Survey of Canada (Terrestrial Arthropods)*, Ottawa. 1034 pp.
- 木元新作 1976. 動物群集研究法 I. 共立出版株式会社. 55
- Kronblad, W. and Lundberg, S. 1978. Car-catching an interesting method for collecting beetles and other insects. *Entomologisk Tidskrift* 99(3-4): 115-118.
- Kusnezov, M. 1957. Numbers of species of ants in faunae of different latitudes. *Evolution* 11: 289-299.
- Rutanen, I and Muona, J. 1982. Coleoptera collected with a car net in Finland. *Notulae Entomologicae* 62: 69-72.
- Scriber, J. M. 1973. Latitudinal gradients in larval feeding specialization of the world Papilionidae (Lepidoptera). *Psyche* 80: 355-373.
- Takahashi, K. 1988. Flight activity of insects sampled with a truck trap. I. Flight activity of Staphylinidae (Coleoptera). *Kontyû* 56: 410-416.
- 高橋敬一・松村雄・工藤巖 1988. トラクトラップによる昆虫類の飛翔活動調査 II. アザミウマ類の飛翔活動. *日本応用動物昆虫学会誌* 32: 111-114.
- Takahashi, K. and Satô M. 1988. Flight activity of insects sampled with a truck trap. III. Flight activity of aquatic beetles. *Kontyû* 56: 892-895.
- Takahashi, K. 1989. Flight activity of insects sampled with a truck trap. IV. Flight activity of Curculionidae (Coleoptera). *Kontyû* 57: 402-405.
- 高橋敬一・松村雄 1995. トラクトラップによる飛翔昆虫の採集. *インセクト (昆虫愛好会, 栃木)* 46(1): 1-9.
- 高橋敬一 2002. トラクトラップによる飛翔昆虫の採集. *昆虫と自然* 37(4): 20-23.