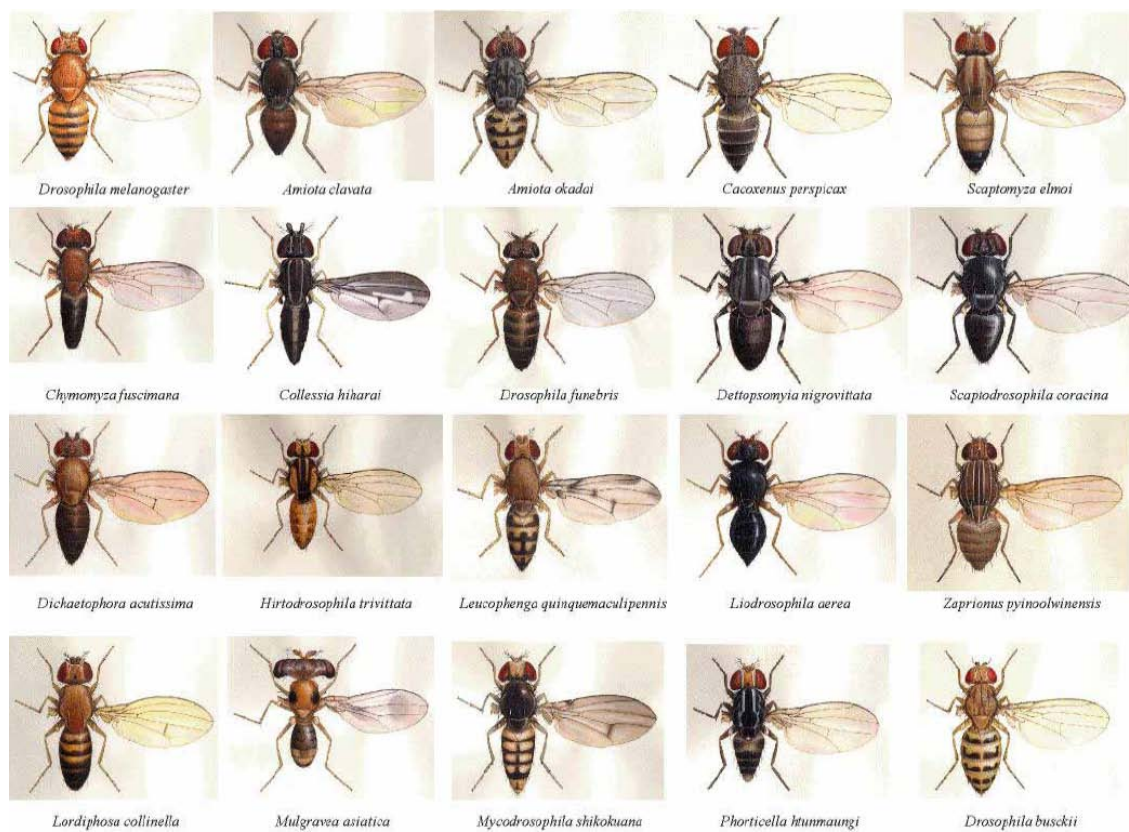


## ワークショップ

ショウジョウバエ研究のいまとこれから

ー特に、キイロショウジョウバエ以外の研究に注目してー



2010 年 9 月 22-23 日

於 北海道大学

## プログラム

### セッション 1

ショウジョウバエ進化研究のこれから～ポスト 12 ゲノムの新展開～  
(第 82 回日本遺伝学会ワークショップ 世話人/座長：田村浩一郎，和多田正義)

9 月 22 日 13:00～15:00

B 会場（北海道大学高等教育機能開発総合センター S8 室）

- 13:00 はじめに  
和多田正義（愛媛大学大学院理工学研究科）
- 13:05 アナナスショウジョウバエ雄における組換えホットスポット領域  
The recombination hotspot of *Drosophila ananassae*  
佐藤 玄（杏林大学医学部生物）
- 13:25 キイロショウジョウバエとオナジショウジョウバエを用いた交配後隔離の  
遺伝学  
Genetics of postmating isolation between *Drosophila melanogaster* and *Drosophila simulans*  
澤村京一（筑波大学大学院生命環境科学研究科）
- 13:45 温度適応から見たショウジョウバエの進化  
Evolution of temperature adaptation in *Drosophila*  
後藤慎介（大阪市立大学大学院理学研究科）
- 14:05 遺伝子発現を調節する細胞内環境とシス調節領域の共進化  
Coevolution of cis-regulatory element with cellular environment controlling gene expression  
高野敏行\*・高橋亮（国立遺伝学研究所集団遺伝研究系）
- 14:25 Other species の研究における 12 種ゲノムの有用性  
Usefulness of the genomes of 12 *Drosophila* species for studying other species  
田村浩一郎（首都大学東京大学院理工学研究科生命科学専攻）
- 14:45 総合討論
- 15:00 終了予定

## セッション 2

### 生物進化研究のモデル生物群としてのショウジョウバエ Drosophilidae as a model group of organisms for evolutionary studies (北海道大学低温科学研究所共同研究集会 世話人：戸田正憲) (遺伝学会札幌談話会 協賛)

9 月 23 日 9:00～16:30

北海道大学低温科学研究所 講堂

9:00 はじめに

戸田正憲（北海道大学低温科学研究所）

9:05 ショウジョウバエ分子系統学の歴史

Progress and prospects of the molecular phylogeny of Drosophilidae

加藤 徹（北海道大学大学院理学研究院）

9:25 ショウジョウバエにおける抗菌ペプチドの分子進化

Molecular evolution of antimicrobial peptides in *Drosophila*

瀬戸陽介（首都大学東京大学院理工学研究科）

9:45 形態形質を用いたショウジョウバエの系統・分類学的研究 ～ギンガショウ  
ジョウバエ属を材料として～

Phylogeny and taxonomy of the genus *Phorticella* (Drosophilidae) based on  
morphological characters

近藤雅典（九州大学大学院比較社会文化学府）

10:05 The *Drosophila melanogaster* species subgroup における交尾器進化

Evolution of genitalia in the *Drosophila melanogaster* species subgroup

上村佳孝（慶應義塾大学商学部）

10:25 アナナスショウジョウバエ complex における種分化を追う

Evolutionary history of the *Drosophila ananassae* species complex

松田宗男（杏林大学医学部）

10:45 休憩

- 10:55 ショウジョウバエ群集の構造と多様性：特に，森林の三次元空間構造との関係  
Structure and diversity of drosophilid communities in special relation to the three-dimensional structure of forest  
戸田正憲\*・阿久津公祐・田辺慎一（北海道大学低温科学研究所）
- 11:15 小笠原諸島における侵入種とショウジョウバエ相の変遷  
A new colonizing species and temporal change of drosophilid fauna in the Ogasawara Islands  
吉岡伸也・加藤雄大・和多田正義（愛媛大学大学院理工学研究科・理学部）
- 11:35 キノコ食ショウジョウバエ類とその寄生性センチュウとの関係  
The relationship between mycophagous drosophilid flies and their parasitic nematodes  
萬屋 宏（農業・食品産業技術総合研究機構野菜茶業研究所）
- 11:55 タロイモショウジョウバエとサトイモ科植物の送粉共生  
Pollination mutualism between *Colocasiomyia* flies (Diptera: Drosophilidae) and Araceae plants  
高野（竹中）宏平（長崎大学大学院医歯薬学総合研究科）
- 12:15 昼食
- 13:15 野生ショウジョウバエの飼育  
Methods for culturing wild species of *Drosophila*  
渡部英昭（北海道教育大学札幌校）
- 13:35 ハシリショウジョウバエにおける遺伝子組換え系統の確立  
Establishment of transgenic lines in *Chymomyza costata*  
島田公夫（北海道大学低温科学研究所；現在，北海道江別市）
- 13:55 ダイダイショウジョウバエの配偶行動  
Courtship of *Drosophila quadrilineata*  
都丸雅敏（京都工芸繊維大学ショウジョウバエ遺伝資源センター）
- 14:15 Unusual courtship behavior and courtship song in the *Drosophila lini* clade  
温 碩洋・李 怡峰（中国・華南農業大資源環境学院）
- 14:35 休憩

- 14:45 Effect of environmental stress on fluctuating asymmetry in *Drosophila ananassae*  
Vishalakshi Chavali (筑波大学大学院生命環境科学研究科)
- 15:05 核膜孔複合体タンパク遺伝子 (Nup160) によるショウジョウバエの雑種致死および不妊  
Hybrid inviability and sterility in *Drosophila* caused by a nuclear pore complex protein gene (Nup160)  
前原一慶\*・増野昭太郎・影沢達夫・梶原三有希・松野健治・高橋文・高野敏行・澤村京一 (\*筑波大学大学院生命環境科学研究科)
- 15:25 ショウジョウバエにおける体色と行動の関連性について  
Possible association between pigmentation and behavior in fruitflies  
高橋 文 (国立遺伝学研究所)
- 15:45 キイロショウジョウバエにおける遺伝的攪乱に対するロバストネスの解析  
Analysis of genetic robustness in *Drosophila melanogaster*  
田中健太郎 (総合研究大学院大学)
- 16:05 総合討論
- 16:30 終了予定
- \*口演者 (Speaker)

## 要旨

### セッション 1

#### ショウジョウバエ進化研究のこれから～ポスト 12 ゲノムの新展開～

##### アナナスショウジョウバエ雄における組換えホットスポット領域

##### The recombination hotspot of *Drosophila ananassae*

佐藤 玄（杏林大学医学部生物）

アナナスショウジョウバエでは、雄でも減数分裂期由来の組換えが起こる。雄組換えを促進する因子を持つ *e pi; bri ru* (EP) 系統と *Om(2C)Arc* 系統との F<sub>1</sub> 雄では、*Om~Arc* 間の標準組換え価(0.4cM)に対して 40～50 倍の組換えが起こることを明らかにした。この雄組換えのホットスポット領域は、第 2 染色体右腕基部 45C、約 6 kb 内にある。EP 系統には、同ホットスポット領域内に 1.6kb の欠失と、約 12kb の挿入配列が存在することがわかった。この挿入配列は、雄組換え促進因子が遺伝的に位置づけられている他の系統にも存在することが明らかになった。この挿入配列の構造について調査している。

In F<sub>1</sub> males from crosses between the *e pi; bri ru* (EP) strain, which carries Enhancer for male recombination, and the *Om(2C) Arc* strains, we demonstrated remarkably increased recombination in the *Om(2C)~Arc* section. This rate of enhancement is 40~50 times as higher than that at the standard map units (0.4cM). We found that the hotspot of recombination between *Om(2C)* and *Arc* is located within about 6 kb on the 45C band of the proximal region of 2R. An adjacent 1.6 kb deleted region and an approximately 12kb insertion sequence was found in the hotspot region of the EP strain. The insertion sequence found in the EP strain was also present in other strains which carry Enhancer of male recombination.

##### キイロショウジョウバエとオナジショウジョウバエを用いた交配後隔離の遺伝学

##### Genetics of postmating isolation between *Drosophila melanogaster* and

##### *Drosophila simulans*

澤村京一（筑波大学大学院生命環境科学研究科）

キイロショウジョウバエとオナジショウジョウバエは交配前隔離および交配後隔離によって遺伝的交流が妨げられている。近年、雑種致死や不妊の原因遺伝子がいくつか分子レベルで特定されている。そこで本口演では、現象の発見から遺伝子特定にいたるまでの 100 年間の研究史を概説する。また、ショウジョウバエの複数種ゲノム解読によって可能になった比較ゲノム研究のアプローチが、交配後隔離の

解明にどのような貢献をすると期待されるか議論したい。

*D. melanogaster* and *D. simulans* exhibit both premating and postmating reproductive isolation. Several genes for hybrid inviability and sterility have recently been characterized at the molecular level. Here I summarize the 100-year history of the research, from the phenomenon's discovery to the isolation of the causative genes. Furthermore, I discuss the potential contribution of comparative genomics, made possible by the 12 *Drosophila* species genome project, to the study of postmating isolation.

### 温度適応から見たショウジョウバエの進化

#### Evolution of temperature adaptation in *Drosophila*

後藤慎介（大阪市立大学大学院理学研究科）

熱帯には多くの昆虫が生息している。しかし亜熱帯、暖温帯、冷温帯へと目を移していくと種数は減少していく。これはなぜだろうか。さまざまな要因が考えられるが、その一つとして環境の厳しさが挙げられる。環境の厳しさを乗り越えるしくみをもったものだけが温帯に進出できた、という考え方である。温帯の厳しさとしては冬が挙げられる。冬は寒く、乾燥する上に餌も限られる。温帯性ショウジョウバエは進化の過程でどのように温帯に進出し、どのようにして冬を乗り越えられるようになったのだろうか。本講演ではショウジョウバエの温度適応の進化とそのメカニズムについて紹介する。

The decrease of species diversity with increasing latitude is one of the most prominent patterns in global ecosystems. One of the hypotheses that could explain the pattern is based on the environmental severity with increasing latitude, i.e., cold. From evolutionary viewpoints, it is clear that a number of tropical and subtropical organisms have evolved cold tolerance and adapted to temperate or arctic environments. However, it is still questionable how they have done so. Here I introduce physiological mechanisms underlying cold tolerance and evolution of temperature adaptation in *Drosophila*.

### 遺伝子発現を調節する細胞内環境とシス調節領域の共進化

#### Coevolution of cis-regulatory element with cellular environment controlling gene expression

高野敏行\*・高橋亮（国立遺伝学研究所集団遺伝研究系）

細胞の生死、移動、運命は細胞内環境によって大きく左右される。細胞内環境は遺伝子発現の確率的な揺らぎの程度にも影響を与える。こうした制約のために細胞内環境は進化上、静的なものとなっているのだろうか？ 遺伝子発現の調節進化に着目し細胞内環境と遺伝子との共進化の有無を検証した。両者に共進化がなければ同一個体中での2種のアリールの相対発現値は遺伝的背景によらず一定となるはず

である．実際には遺伝的背景によって有意に変動する遺伝子が見つかった．これまで考えられているよりも速く細胞内環境とシスの発現調節領域は進化していることを示している．

Cellular environment controls gene expression and plays an important role in cell survival, migration, and fate decisions in development. Environment is also an important factor determining the cellular level of stochastic noise. Does the importance and therefore constraints force the cellular environment to remain evolutionarily static? We present our recent finding in *Drosophila* that genetic backgrounds altered the relative expression levels of two alleles from different species, which diverged about 1 million years ago. In other words, the con- and hetero-specific backgrounds can be discriminated by a gene. The result implies that cellular environment controlling gene expression is changing, the *cis*-regulatory elements of genes cope with the changes (or vice versa), and such coevolution occurs on a short time scale.

### Other species の研究における 12 種ゲノムの有用性

Usefulness of the genomes of 12 *Drosophila* species for studying other species

田村浩一郎（首都大学東京大学院理工学研究科生命科学専攻）

12 種の全ゲノム配列データは，ショウジョウバエの比較ゲノム解析にとって大きなメリットであると期待される．しかし，12 種が占める系統学的位置はショウジョウバエ属の中で偏っているため，ショウジョウバエ属全般における有用性については定かではない．我々は，12 ゲノム配列の中心に位置するキイロショウジョウバエ種群の種，および 12 ゲノム配列に含まれるクロショウジョウバエにおける抗菌ペプチド遺伝子，また 12 種いずれからも遠縁なアカショウジョウバエにおける低温耐性遺伝子などの研究を行っている．それぞれの研究において，12 ゲノム配列データはどのように活用されるか，その有用性について報告する．

The 12 *Drosophila* genomes are expected to offer advantages to comparative genomic studies among *Drosophila* species. However, since the 12 species are belonging to a relatively narrow range of lineages in the genus *Drosophila*, the usefulness of the data may not be generalized to the species not belonging to these lineages. We are studying the molecular evolution of antimicrobial peptide genes for species belonging to the *melanogaster* species group, which are closely related to major members of the 12 species, and *D. virilis*, which is a member of the 12 species. In contrast, we are also studying genes responsible for a cold tolerance in *D. albomicans*, which is belonging to the *D. immigrans* species group and is distantly related to any of the 12 species. These studies have given us an opportunity to evaluate the usefulness and applicability of the 12 genome data in studies using other *Drosophila* species. I would like to discuss about how useful the 12 genome data is and for what purposes it is so in each case of the research projects.



## セッション 2

### 生物進化研究のモデル生物群としてのショウジョウバエ

#### *Drosophilidae* as a model group of organisms for evolutionary studies

### ショウジョウバエ分子系統学の歴史

#### Progress and prospects of the molecular phylogeny of *Drosophilidae*

加藤 徹（北海道大学大学院理学院理学研究院）

ショウジョウバエ科の系統関係については古くから注目され、これまでにいくつかの古典的な研究が知られている。中でも、Throckmorton は 1975 年に内部形態や地理的分布などに基づいたショウジョウバエ科の系統に関する仮説を提唱し、多くの研究者に広く受け入れられてきた。しかし、その後、Grimaldi (1990) は数多くの外部形態を用いて分岐学的解析を行い、Throckmorton の説と大きく異なる仮説を提唱した。それ以来、ショウジョウバエ科の系統関係を、分子系統学的見地から再検討しようとする試みが、これまで数多くなされている。興味深いことに、分子系統解析に基づく最近の研究結果は、後から提唱された Grimaldi の仮説よりも、むしろ古典的な Throckmorton の仮説を支持する傾向にある。しかしながら、ハワイ産ショウジョウバエを含むいくつかの重要な分類群の系統関係については、分子系統解析から、両者何れの仮説とも異なる独自の见解が新たに得られている。本発表では、ショウジョウバエにおけるこれまでの分子系統学研究の結果をレビューするとともに、ショウジョウバエ系統学の今後の展望について議論する。

The phylogeny of *Drosophilidae* has been of great interest, and several classical studies have been made. Among them, one of the most famous studies was Throckmorton (1975), in which he proposed a phylogenetic framework for *Drosophilidae* based on the comparisons of internal morphology and biogeography. On the other hand, based on a cladistic analysis of external morphology, Grimaldi (1990) put forward another hypothesis that was substantially different from Throckmorton (1975). Since then, many molecular approaches have been made in order to solve this problem. It is noteworthy that many phylogenetic studies using molecular data on the whole are in agreement with Throckmorton's classical hypothesis rather than Grimaldi's one. Furthermore, these studies also give some additional findings that are different from both Throckmorton and Grimaldi. Here, I review these results and also discuss the prospects on the phylogeny of *Drosophilidae*.

ショウジョウバエにおける抗菌ペプチドの分子進化  
Molecular evolution of antimicrobial peptides in *Drosophila*  
瀬戸陽介（首都大学東京大学院理工学研究科）

抗菌ペプチドは昆虫の主要な生体防御機構の一つであり、キイロショウジョウバエにおいてカビに対して働く主要な抗菌ペプチドとして *Drosomycin* と *Metchnikowin* の 2 種類が知られている。しかし、ショウジョウバエ 12 種の全ゲノム解析から、*Metchnikowin* 遺伝子は 12 種全てに存在しているが、*Drosomycin* 遺伝子はキイロショウジョウバエ種群の種でのみ見つかっている。この *Drosomycin* 遺伝子がショウジョウバエの進化過程でどのように生じ、どのような機能の違いがあるかについてはいまだ明らかとはなっていない。また、*Drosomycin* 遺伝子を持たない種の中にはキイロショウジョウバエよりもカビに強い抵抗性を持つものも多く、キイロショウジョウバエには存在しない独自の抗菌ペプチドが存在し、それらがカビへの抵抗性に関与している可能性が考えられる。

そこで本研究は、第一にキイロショウジョウバエ種群における *Drosomycin* 遺伝子の分子進化を明らかにするために *D. suzukii*, *D. takahashii*, *D. eugracilis*, *D. ficusphila* の 4 種について、*Drosomycin* 遺伝子群の四つの遺伝子 (*Dro2*, *Dro3*, *Dro4*, *Dro5*) を含むゲノム領域の塩基配列を決定し、全ゲノム配列が決定されている 4 種と共に分子進化学的解析を行った。第二に、キイロショウジョウバエよりもカビに対して強い抵抗性を示すクロショウジョウバエについて、独自の抗菌ペプチドを持つかどうか調べるために、ディファレンシャル・ディスプレイ法を用いて抗菌ペプチド遺伝子の網羅的探索を行った。本セミナーではこれら 2 つの研究から得られた結果について報告したい。

形態形質を用いたショウジョウバエの系統・分類学的研究  
～ギンガショウジョウバエ属を材料として～

Phylogeny and taxonomy of the genus *Phorticella* (*Drosophilidae*)  
based on morphological characters  
近藤雅典（九州大学大学院比較社会文化学府）

ギンガショウジョウバエ属 *Phorticella* は、東・東南アジアを中心に、基亜属であるギンガショウジョウバエ亜属とニセギンガショウジョウバエ亜属 *Xenophorticella* の 2 亜属 11 種が記載されている。これまで本属の系統分類に関する研究はほとんど行われていない。ショウジョウバエ科における本属の系統的位置に関しては、従来、本属は、頭部から胸部にかけて銀白色縦条を持つという形態的特徴からトゲアシショウジョウバエ属 *Zaprionus* と、また、雄交尾器の特徴から、マメショウジョウバエ属 *Scaptodrosophila* との類縁性が示唆されてきたが、本属とこれらの属との系統関係について、先行研究は行われていない。また、これまでの野外調査によって、本属と思われる未記載種が存在することも明らかとなっている。

が、これらの分類学的研究も行われていない。

演者は、これまでに、形態形質を用いたギンガショウジョウバエ属の分岐分析を行い、ギンガショウジョウバエ属が多系統群であること、従来の分類の形質評価に誤りがあることを明らかにした。本講演では形態形質を用いた分岐分析に基づく新しい分類体系と、未記載種についての分類学的知見について報告する。

### **The *Drosophila melanogaster* species subgroup における交尾器進化**

#### **Evolution of genitalia in the *Drosophila melanogaster* species subgroup**

上村佳孝（慶應義塾大学商学部）

キイロショウジョウバエとそれに近縁な 8 種からなるキイロショウジョウバエ種亜群（The *Drosophila melanogaster* species subgroup）は重要なモデル生物であり、その種分化についても膨大な研究の蓄積がある。他の多くの昆虫類と同様に、オス交尾器形態が分類・同定の鍵となっているが、その機能面に関する研究は立ち遅れている。今回の発表では、雌雄交尾器形態とその機能について、主に以下の 2 点について現在までの研究知見を紹介する。1）同種亜群では、オス挿入器（phallic organ）の左右性、分岐・間接様式の進化的変化に伴い、メスの交尾器形態も関連して進化している。メス側の変化は柔軟・透明な生殖管内表面に主に生じており、これまで見過ごされてきたものである。2）*D. melanogaster*, *D. simulans*, *D. sechellia*, *D. mauritiana* のオス交尾器には、posterior process という特有の突起があり、種特異的に形が異なる。形態差の遺伝的基盤についても知見が得られているが、機能は不明であった。今回の発表では、同突起がメスの産卵管最基部の把握に用いられ、メスの同部位に関連した形態進化が生じていることを示す。雌雄間の関連した形態進化の背景にある選択圧についても、議論する予定である。

### **アナナスショウジョウバエ complex における種分化を追う**

#### **Evolutionary history of the *Drosophila ananassae* species complex**

松田宗男（杏林大学医学部）

アナナスショウジョウバエ(*Drosophila ananassae*)は、汎世界的に分布する 8 種の“cosmopolitan species”の 1 種であるが、熱帯、亜熱帯地域のみで生息することが知られている。調査された殆どの集団で逆位多型であることも大きな本種の特徴である。我々はエチオピア区、東洋区、オーストラリア区、新北区、新熱帯区にわたる 76 集団の *D. ananassae* の逆位多型について調査した。3 種類の paracentric inversion で“cosmopolitan inversion”として知られている *In(2L)A*, *In(3L)A*, *In(3R)A* は、殆どすべての集団で多型であり、それぞれ高い heterozygosity が観察されている。これらの結果から、ヒトの活動、とりわけ果菜の産地の拡大や輸送に伴って、本種が短い時間に急激にその生息域を拡大したと思われる。さらに、*D. ananassae*

と限られた島で同所的に生息している近縁種について, *D. ananassae* の染色体地図を元に, 逆位の配列, rDNA の染色体上の位置, Y 染色体とミトコンドリアのハプロタイプ, 複数の核遺伝子座の多型解析, 外部形態, 生殖的隔離(pre-mating 及び post-mating)の解析を行った. その結果, *D. ananassae* と交配可能で, 雑種雌に妊性のある新しい種を発見した. 新しい種を含めた近縁種のグループを *ananassae* species cluster (*D. ananassae*, *D. pallidosa*, *D. parapallidosaa*, *papuensis*-like, *pallidosa*-like, *pallidosa*-like-WAU)とした. この結果は, 遺伝的な分化と遺伝子移入によって, *ananassae* complex 内で種分化放散が最近起きた可能性を示唆している.

*Drosophila ananassae* is one of the eight *Drosophila* species which have been recorded as occurring in all six zoogeographic regions. This species is pantropical but absent in some cold areas. It has a high level of inversion polymorphisms in natural populations. We investigated these inversion polymorphisms of *D. ananassae* in 76 populations from five zoogeographic regions. Three “cosmopolitan” inversions, *In(2L)A*, *In(3L)A*, and *In(3RA)*, were found in almost all the species range. The rapidly expanding distribution of *D. ananassae* in all zoogeographic regions is due to migration with the cultivated pineapple, *Ananas*, and the fruit trades. We examined evolutionary relationships in the *ananassae* complex using shared inversions, locations of rDNA, patterns of reproductive isolation, and multi-locus molecular data. These experimental results revealed a new taxa which can cross with *D. ananassae*, and the hybrid females are fertile. *D. ananassae* and its closely related species in the *ananassae* complex represent a recent evolutionary radiation and substantial gene flow. We discuss the possible evolutionary histories of speciation of the species.

### ショウジョウバエ群集の構造と多様性：特に，森林の三次元空間構造との関係

#### Structure and diversity of drosophilid communities in special relation to the three-dimensional structure of forest

戸田正憲\*・阿久津公祐・田辺慎一（北海道大学低温科学研究所）

野生ショウジョウバエの大部分は森林に棲息している. 森林の林冠部にどんなショウジョウバエがいるかを調べることから始めた研究が, その後どのように展開したか紹介する. 森林性ショウジョウバエは, 林床から林冠までいくつかの層にすみわけた亜群集を構成している. 温帯林では, このすみわけはほぼ食物資源の分布に対応し, キノコ食, 草本食の種は林床に, 樹液食の種は林冠に棲息する傾向を示す. 赤道直下の熱帯林から北極圏の森林限界に近い亜寒帯林まで, ショウジョウバエ群集の多様性を, 森林の三次元構造を考慮して比較すると, 全多様度 (例えば総種数) は南に向かって増大する顕著な緯度勾配を示し, この緯度勾配は, 主に林内垂直方向のベータ多様度, つまり林床から林冠にかけてのショウジョウバエ集団の構成の違い (すみわけ強度) によることがわかった.

Most of wild drosophilid species are living in forests. I will present what we have

achieved in studies on the vertical distribution of drosophilid flies within forests, starting from a simple interest which species are living in the canopy layer of forest. In temperate forests, the drosophilid community is divided into two subcommunities, the understorey (herbaceous and shrub layers) and the canopy (subarctic and canopy layers) ones. In general, the former consists of herbage and fungus feeders, while the latter of tree sap feeders. A transect study from tropical rain forests to subarctic forests near the northern limit of timber line along the Asian Green Belt, the continuous forest vegetation stretching from Southeast Asia to East Siberia, has shown a clear latitudinal gradient, increasing southward, of the overall local (gamma) diversity in drosophilid communities. And, this gradient is attributed mainly to the southward increasing vertical beta diversity, i.e., differences in community composition between forest strata from the floor to the canopy.

### 小笠原諸島における侵入種とショウジョウバエ相の変遷

A new colonizing species and temporal change of drosophilid fauna in the Ogasawara Islands

吉岡伸也\*・加藤雄大・和多田正義（愛媛大学大学院理工学研究科・理学部）

今回我々は、2009年7月、12月及び2010年4月に小笠原諸島の父島と母島においてショウジョウバエ相の調査を行い、過去に行われてきた研究と比較することによって、小笠原諸島のショウジョウバエ相の季節変化と変遷を明らかにした。採集されたショウジョウバエは、父島で13種、母島で21種であり、両島合わせて22種であった。そのうち固有種が9種、侵入種が13種であったので、固有種の割合は40.9%となった。今回の調査では、*Drosophila hypocausta*の小笠原諸島への侵入が確認され、7月の採集については*D. pectinifera*と共に*D. hypocausta*は父島と母島で優占種であった。12月及び4月の採集では、父島の一部の地域で*D. hypocausta*が多数を占めたが、小笠原諸島全体で見ると*D. simulans*と*D. pectinifera*が優占種であり、南方系の*D. hypocausta*は減少していた。今回の調査では、過去に優占種であった*D. immigrans*が確認されず、*D. melanogaster*は人家付近でも優占種ではなかった。さらに今回の調査では、絶滅の示唆された固有種の*Hirtodrosophila apicohispida*も約40年ぶりに確認された上に、*Hirtodrosophila*や*Promycodrosophila*の新種の雄も採集された。

We made trap and net collections of drosophilid flies in July and December 2009 and April 2010 in the Ogasawara Islands (Chichijima and Hahajima). In the present study, a total of 22 species were collected and proportion of endemic species was 41%. Comparing with the previous data of collections, we found colonization and dominance of a tropical species, *Drosophila hypocausta*, and showed seasonal and temporal changes of drosophilid fauna in the Islands. *D. pectinifera* and *D. hypocausta* were predominant in July in Chichijima and Hahajima. On the other hand, *D. simulans* and *D. pectinifera* were predominant in December and April in Hahajima. In Chichijima *D. simulans* was

predominant in December and April, but *D. hypocausta* was not dominant species in April. In spite of three seasonal collections, *D. immigrans* was not found, and *D. melanogaster* was not dominant species even in human habitation. In addition, *Hirtodrosophila apicohispida* was rediscovered from Hahajima for the first time since its original record in 1973, and males of previously undescribed species of *Promycodrosophila* and *Hirtodrosophila* were found in the present study.

### キノコ食ショウジョウバエ類とその寄生性センチュウとの関係

The relationship between mycophagous drosophilid flies and their parasitic nematodes

萬屋 宏（農業・食品産業技術総合研究機構野菜茶業研究所）

センチュウによる寄生がキノコ食ショウジョウバエ類の個体群密度や群集構造に影響を与えていることが北アメリカ及びヨーロッパの各地域で調査されてきた。また、センチュウによる寄生の効果がショウジョウバエ種間及び地域間で大きく異なることが明らかにされてきている。本研究においては、センチュウの寄生が日本のキノコ食ショウジョウバエ類の個体群に与える影響を明らかにすることを目的とした。そこで、北海道大学苫小牧研究林において 2000 年から 2003 年の 4 年間、6 月から 10 月まで、決まったコース上に発生したキノコ上のショウジョウバエの採集をほぼ毎日行った。採集したショウジョウバエは、解剖してセンチュウによる寄生の有無と、寄生されている個体とされていない個体の蔵卵数の差を調べた。その結果、寄生率は、ショウジョウバエ種間で差があること、また、寄生率の季節変動は、大きく、どの年においても 6, 7 月で高くなり、9, 10 月に低くなることがわかった。また、センチュウに寄生された場合、北アメリカやヨーロッパの例と異なり、どのショウジョウバエ種においても不妊化の効果が大きいことがわかった。また、キノコ食ショウジョウバエ群集の中で個体数の相対頻度の高い *H. sexvittata* や *H. trilineata* よりも相対頻度の低い *D. unispina* や *D. orientacea* で寄生率が高いことがわかった。これは、相対頻度の高いショウジョウバエ種ほど寄生率が高くなるという過去の報告(Gillis & Hardy 1997)と異なる結果となった。

### タロイモショウジョウバエとサトイモ科植物の送粉共生

Pollination mutualism between *Colocasiomyia* flies (Diptera: Drosophilidae) and

Araceae plants

高野（竹中）宏平（長崎大学大学院医歯薬学総合研究科）

ショウジョウバエ亜科のタロイモショウジョウバエ属は東洋区に分布する約 70 種から成り、モクレン科・ヤシ科・サトイモ科の花から採集される。本属はいくつかの種群に分けられ、各種群のハエは特定の分類群を訪花する。これらは、本属のハエが特定の植物分類を利用しながら適応放散してきたことを示唆している。な

かでも *cristata* 種群のハエはサトイモ科植物と緊密な送粉共生関係を結んでおり、ハエは宿主植物の送粉をする一方で、宿主の花序・果実序で交尾・産卵・発育する。複数の系でハエと植物両方の繁殖生態を調査した結果、ハエは植物の種子や生組織を食害することなく、一生のほとんどを通じてその生存を宿主植物に依存している一方で、宿主植物も種子生産をハエに依存していたことから、これらの送粉共生系は、もっとも緊密でもっとも相利共生的な絶対送粉共生系であると考えられた。このほかに、宿主植物がハエ成虫にどのように花蜜を提供しているかについて紹介する。

The genus *Colocasiomyia* in the subfamily Drosophilinae consists of about 70 species distributed in the Oriental Region, and flies in this genus are found from flowers of families Magnoliaceae, Arecaceae, and Araceae. The genus is divided into several species groups, and flies in each species group visit flowers of certain host-plant taxa, suggesting the adaptive radiation of *Colocasiomyia* flies on certain plant taxa. Flies of the *cristata* species exhibit intimate pollination mutualisms between Araceae plants, where flies pollinates host plants while they mate, oviposit, and develop on the host inflorescences. We investigated and compared reproductive ecology of both the flies and plants in several pollination systems. These relationships were regarded as ones of the most mutualistic and the most intimate obligate pollination mutualisms in that the plant does not sacrifice the seeds in return for pollination and that the pollinators spent most of their lifetime in the inflorescences of the single host plant species. We also illustrate how the host plants provide floral nectar for adult *Colocasiomyia* flies.

### 野生ショウジョウバエの飼育

#### Methods for culturing wild species of *Drosophila*

渡部英昭（北海道教育大学札幌校）

通常、ショウジョウバエの飼育は酵母菌を主体とした培地を用いガラス管瓶内で行われるが、この方法では多くの野生ショウジョウバエの系統維持は極めて難しい。成虫や幼虫の食べ物が合わないこと（＝酵母菌等を食していない）、飼育空間が限られていることが大きな要因と思われる。野生ショウジョウバエの飼育には生態情報が鍵となる。今回、幼虫が植物組織内に潜り込み成長する種と樹液・樹皮食性であるが大きな生活空間を必要とする種の飼育について報告する。

草本食性の *Lordiphosa* 属, *Scaptomyza* 属, *Styloptera* 属に属する 10 数種の飼育を春咲き植物のニリンソウ、市販のチンゲンサイやホウレンソウを用いて行った。これらの葉を包丁で数センチ画に切るかまたはミキサーで粉碎し、冷凍する。冷凍には保存と他の昆虫の幼虫の除去という二つの目的がある。ニリンソウ等を濾紙の上に乗せて飼育管瓶内に入れる。この時、新鮮なリンゴの小片を入れる。リンゴに含まれる有機酸によるカビ類の発生抑制と成虫への栄養補給という二つの意味がある。野外で捕獲してきた成虫をこのようにして作製した管瓶内に移し、18℃恒温器

内で維持した。成虫雌は葉に産卵し、幼虫は葉内や粉碎物内で成長し、濾紙表面で蛹化し、やがて新生成虫が出現した。

一般に the *Drosophila virilis* section(クロショウジョウバエ区)は樹液・樹皮食性であり、通常培地で飼育できる。しかし溪流沿いで生活している種の飼育には困難を極めていた。溪流性 *robusta* 種群 *okadai* 亜群の種について、大きな生活空間(500ml ポリ容器)と高湿度環境を与えると通常培地で累代飼育が可能となった。

これらの限られた成功例に加え、数々の失敗例を報告し意見交流し、今後の野生ショウジョウバエの飼育技術の開発に生かしたい。

### ハシリショウジョウバエにおける遺伝子組換え系統の確立

#### Establishment of transgenic lines in *Chymomyza costata*

島田公夫（北海道大学低温科学研究所；現在、北海道江別市）

ハシリショウジョウバエの一種、*Chymomyza costata* は北半球の冷温帯と寒帯に広く分布し、ショウジョウバエ科の中では珍しく、幼虫で休眠し越冬する。幼虫休眠の誘導には短日が有効で、札幌産では臨界日長が14時間30分付近にある。臨界日長はどのように計られるのだろうか？「光周反応の測時機構に概日時計が関わっている」という古くからの仮説があり、この証明を目指して行った *C. costata* における遺伝子組換え実験の概要を紹介する。ターゲットにした遺伝子は *timeless* で、piggyBac と呼ばれるトランスポゾン由来の遺伝子組換えベクターを介して、*timeless* の強制発現系統やノックアウト系統を確立した。しかし、*timeless* が光周反応に関わっているかどうかについては、まだ曖昧な結果しか得られていない。

### ダイダイショウジョウバエの配偶行動

#### Courtship of *Drosophila quadrilineata*

都丸雅敏（京都工芸繊維大学ショウジョウバエ遺伝資源センター）

ショウジョウバエの配偶行動は、1915年にスターテヴァントがキイロショウジョウバエについて報告して以来（Sturtevant 1915, J. Anim. Behav. 5: 351-366）、多くの種で記載されてきた。1921年には、スターテヴァントは *Drosophila* 属19種と近縁属（*Scaptomyza*, *Chymomyza*）4種の配偶行動を記載し、外部生殖器の結合前にマウントするか否か、雄は翅を振動させるか、雌は交尾にあたって翅を拡げるかに注目して、行動パターンを6つに分類した（“The North American species of *Drosophila*”）。スピースは、多数の種の配偶行動を調べ、異なる種間における行動の共通性と違いを明らかにした（Spieth 1952, Bull. Amer. Mus. Nat. Hist. 99: 399-474 など）。

行動パターンの種特異性のほか、どのような感覚信号が使われているのか、その信号にはどのような効果があるのか、雌雄は相手を選んでいるのかも調べられてきた。既に、スターテヴァントは1915年に嗅覚と触覚が重要と推定し、交尾にあた



って雌は単に受け身ではないと考えている。この論文で雄の翅を切除した実験を行っているが、交尾に明確な違いがないと彼は判断した（カイ自乗検定を行うと有意である）。翅振動の音としての重要性は、1962年のショーレイによる求愛歌の録音を待たねばならない（Shorey 1962, *Science* 31: 677-678）。求愛歌が雌の交尾受諾の判断に重要な役割を果たしていることは、今では常識のようになり、神経レベルの研究が盛んである。

雄が翅を振動させない種も知られている。後半では、翅を振動させない種のひとつであるダイダイショウジョウバエの配偶行動を紹介する（Tomaru et al. 1996, *J. Ethol.* 24: 133-139）。本種では、そのユニークな行動パターン（腹部を横に曲げる行動）と飼育びんの匂いから、嗅覚信号が重要と推定している。揮発性の匂いの受容に重要と考えられる器官は触角であることから、雌の触角を切除した実験を行ったので、その結果について議論する。

### **Unusual courtship behavior and courtship song in the *Drosophila lini* clade**

Shuoyang Wen\*, Yifeng Li, Hirokazu Yamada, Masahito T. Kimura, Yuzuru Oguma, Kyoichi Sawamura, Masanori J. Toda and Michael G. Ritchie (\*Department of Entomology, South China Agricultural University)

A Specific Mate Recognition System (SMRS) comprises a complex of sexual signals, which are sent and received each other between males and females in the courtship behavior. Signals of audition, olfaction, taste and vision play very important roles in successful mating of *Drosophila*. Courtship song is the main acoustic signal in *Drosophila* SMRS. Males of most *Drosophila* species court their mates by singing species-specific pulse courtship songs before mounting, i.e., showing the so-called precopulatory courtship behavior. We have found unusual courtship behavior and courtship songs in *D. lini* and its two sibling species. *Drosophila lini*, *D. ohnishii* and *D. ogumai* are sibling species in the *D. kikkawai* species complex of the *D. montium* species subgroup. We have found that their males never sing before mounting, but after mounting and during copulation, thus showing the copulatory courtship behavior. Female repelling behavior is observed only between *D. ohnishii* and *D. lini* or *D. ogumai*, but not between *D. lini* and *D. ogumai*. Acoustic analyses of their courtship songs have shown that the pulse song is irregular, but that the frequency of sine song is species-specific in accordance with the modes of premating isolation between the three species, being significantly lower in *D. ohnishii* (mean±SD = 192.95±5.85 Hz) but higher in *D. lini* (253.37±10.05 Hz) and *D. ogumai* (246.7±14.69 Hz). Experiments with artificial sine-wave sounds have revealed that the mounting duration is longer in *D. lini* and *D. ogumai* when the females hear a sound of higher frequency similar to those of their sing songs, while the females of *D. ohnishii* prefer a sound of lower frequency near that of its sing song.

## Effect of environmental stress on fluctuating asymmetry in *Drosophila ananassae*

Vishalakshi Chavali (筑波大学大学院生命環境科学研究科)

Variation in the subtle differences between the right and left sides of bilateral characters or fluctuating asymmetry (FA) has been considered as an indicator of an organism's ability to cope with genetic and environmental stresses during development. However, due to inconsistency in the results of empirical studies, the relationship between FA and stress has been the subject of intense debate. In the present study, the effect of different environmental stresses (nutritional and thermal) on the levels of fluctuating asymmetry of different morphological traits (sternopleural bristle number, wing length, wing-to-thorax ratio, sex comb-tooth number and ovariole number) in *Drosophila ananassae* has been investigated. Trait means of different morphological traits differed significantly between stressful and non stressful conditions. However, the levels of fluctuating asymmetry are similar in the flies reared on the poor media and standard media whereas under thermal stress, the level of FA of measured traits differed significantly among the different temperature regimes. These results suggest that the effect of stress on FA is trait and sex specific in *D. ananassae*.

## 核膜孔複合体タンパク遺伝子 (Nup160) によるショウジョウバエの雑種致死および不妊

Hybrid inviability and sterility in *Drosophila* caused by a nuclear pore complex protein gene (Nup160)

前原一慶<sup>\*1</sup>・増野昭太郎<sup>2</sup>・影沢達夫<sup>3</sup>・梶原三有希<sup>3</sup>・松野健治<sup>3</sup>・高橋文<sup>4, 5</sup>・高野敏行<sup>4, 5, 6, 7</sup>・澤村京一<sup>1</sup>

(<sup>1</sup> 筑波大学大学院生命環境科学研究科；<sup>2</sup> 筑波大学生物学類；<sup>3</sup> 東京理科大学基礎工学部；<sup>4</sup> 国立遺伝学研究所集団遺伝研究部門；<sup>5</sup> 総合研究大学院大学生命科学研究科；<sup>6</sup> 総合研究大学院大学先端科学研究科；<sup>7</sup> 東京大学大学院理学系研究科)

生殖的隔離のうち、雑種致死や雑種不妊は遺伝的不和合が原因で引き起こされる。キイロショウジョウバエのゲノム一部をオナジショウジョウバエの相同遺伝子により置換した場合（イントログレッションという）に、遺伝的不和合の結果として致死や不妊が起こることがある。致死の原因となる遺伝子のひとつとして、*Nup160*(nuclear pore protein 160)が報告されている (Tang & Presgraves, 2009) が、イントログレッション系統を使うことによって、われわれは *Nup160* がメス不妊にも関与していることを示した。これらの致死やメス不妊は *Nup160* の形質転換によって救済され、*Nup160* が原因遺伝子であることが確認された。

*Nup160* の挿入変異として *Nup160*<sup>EP372</sup>, *l(2)SH2055*, *RfC38*<sup>e00704</sup> が知られている。*RfC38*<sup>e00704</sup> はオナジショウジョウバエの *Nup160* に関して、致死もメス不妊も相補しない。また、*l(2)SH2055* は致死を相補せず、メス不妊のみを相補する。そして、

*Nup160*<sup>EP372</sup> は致死とメス不妊の両方を相補する．そこで，*Nup160*<sup>EP372</sup> に由来する新たな変異系統を，トランスポゼースによる P 因子の切除によって作製した．これらの新規変異の相補性を調査することで，致死とメス不妊の原因となる *Nup160* 遺伝子内の領域を決定することを目指している．

### ショウジョウバエにおける体色と行動の関連性について

#### Possible association between pigmentation and behavior in fruitflies

高橋 文（国立遺伝学研究所）

多くの昆虫の中には体色の種内変異が見られる．このような生態学的形質について存在する種内変異の中には，副次的な影響として生殖的隔離のポテンシャルとなるような変異も存在すると考えられる．キイロショウジョウバエの体色変異については種内における非ランダム交配に関与していることを示唆する報告もある．この変異の原因となっているのは，*ebony* 遺伝子の表皮細胞での発現量の違いであり，その発現量を制御するエンハンサー領域も明らかとなっている．この遺伝子はメラニン代謝系の酵素であるとともに神経系での発現もみられる．更に，これら異なる二つの組織での発現量に負の相関があることから，体色と行動とを関連づける遺伝子である可能性が示唆された．本発表では，このようなキイロショウジョウバエにおける体色変異と行動との関連性を議論するとともに，キイロショウジョウバエ以外の種について報告されている体色変異についての情報提供を呼びかけたい．

### キイロショウジョウバエにおける遺伝的攪乱に対するロバストネスの解析

#### Analysis of genetic robustness in *Drosophila melanogaster*

田中健太郎（総合研究大学院大学）

遺伝的変異，環境変動，遺伝子発現の確率的な揺らぎのような種々の攪乱に生物は直面する．これらの攪乱による有害な効果を緩衝し，一定の形態を生み出す“ロバストネス”は個体発生の大きな特徴である．ロバストネスの一例として，キイロショウジョウバエでは *bicoid* 遺伝子のコピー数増加によって拡大した頭部予定領域を修復する作用が報告されている．しかし，修復作用の遺伝的基盤は十分に解明されておらず，従ってその進化的考察もされてこなかった．そこで，野外集団における修復作用の遺伝的変異を調査したところ，修復能力が有意に異なる系統が比較的高い頻度で観察された．このことは，修復作用それ自身も変動に対しすみやかに応答しうることを示唆している．有意差を示した系統の遺伝的変異の解析や修復能力の種間比較から，修復作用の遺伝的基盤，その進化過程の解明を目指している．

# 北海道大学 札幌キャンパス

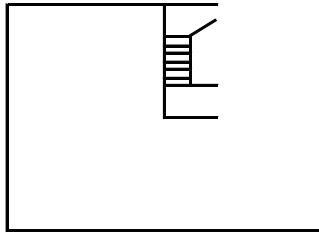


低温科学研究所

高等教育機能開発  
総合センター

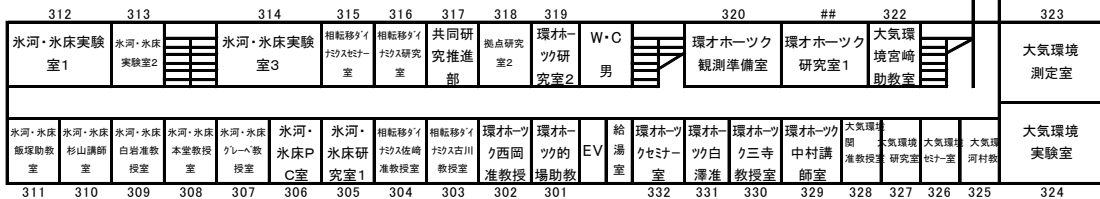


# 低温科学研究所

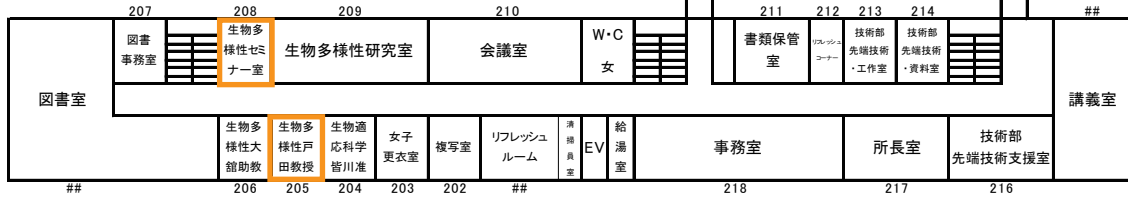


研究棟R階

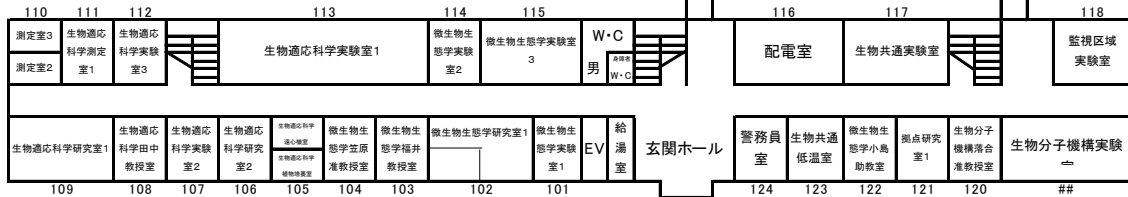
研究棟3階



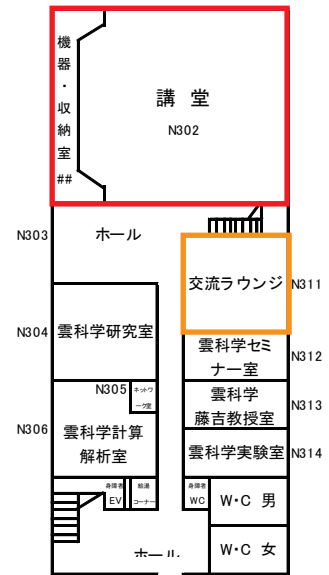
研究棟2階



研究棟1階



研究棟新館1階



研究棟新館3階

研究棟新館2階

研究棟新館1階