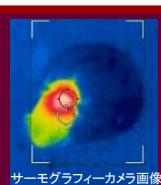




# カブトムシのオスが配偶行動を起こすまでの条件

～老化により配偶行動の促進要因が変化した！～

宮城県本吉響高等学校・科学部



## 研究の背景

### ○カブトムシ(オス)の配偶行動

カブトムシ (*Trypoxylus dichotomus*) のオスは、ヒトの指につかまると、配偶行動をとることがある。

図1 ヒトの指で交尾器を出すカブトムシ



なぜ、メスではないのに配偶行動を？

### ○昨年度の研究～なぜ、指で配偶行動をとるのか？～

- ①「指からの熱伝導によりオスが発熱」
  - ②「指の動きがあること」
- 両方があることで、配偶行動が誘導

### 今年の研究

- ①指での配偶行動は、成虫のどの時期でも起こるのか？
- ②メスとの配偶行動にオスの発熱値は影響するのか？



## 実験1 指での配偶行動は、どの時期に起こるのか？

### 方法 ※供試虫…カブトムシ♂25頭

- ①カブトムシ(♂)を、作製した実験装置(図2)上でヒトの指につけ、指を90回/分の頻度で上下に揺する動きを加えた(電子メトロノームでリズムを維持)。
  - ②カブトムシを指に付け、2分間観察(これを1反復とする)。配偶行動が観察された場合は、何秒でどのような行動が起きたかを記録。
- ※調査頻度…各個体3日に1回  
実施カブトムシが成虫になり、土から出てきた日を0日目とし、死亡するまで調査(10月24日時点で継続中)

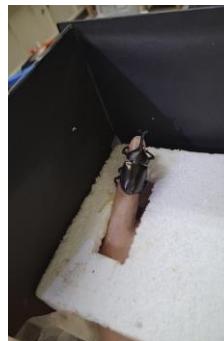


図2 指での配偶行動の実験の様子

### 結果

指で配偶行動が最初に観察されたのは、44日目。以降、少しずつ増加。

成虫になってからいつでも起こる現象ではなかった！

全く反応なし！

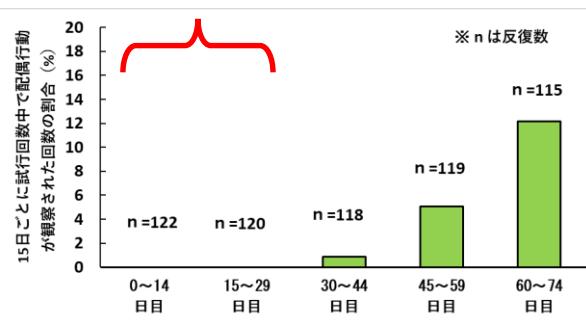


図3 15日ごとに指で配偶行動を起こした割合

## 実験2 オスとメスをペアにした際、オス自身の発熱値は配偶行動の活発さに影響を与えるのか？

### 方法 ※供試虫…カブトムシ♂25頭、♀24頭

- ①ペアにするカブトムシの体温を測定  
※室温も測定し、「**体温-気温=発熱値(H)**」を算出  
※サーモグラフィカメラ(FLIR C5)で小楯板(翅の付け根)で行った
- ②採餌中のメスに、オスの口器が背中に触れるように入れ、30秒間観察。配偶行動が観察された場合、何秒でどのような行動が起きたかを記録。
- ③配偶行動が起こらなかった場合は、別のメスを使って最大5回まで観察。5回目のメスに配偶行動が観察されなかった場合は、「反応無し」とした。
- ④配偶行動の活発さを、「**配偶行動進行度**」という独自の指標で点数化して評価(表1)

※調査頻度…各個体5日おき  
0日目(実験1と同様)から死亡するまで調査(10月24日時点で継続中)

進行度 (t=当該行動を起こした時間)	点数	反応強
交尾器を出す (t≤10)	9	↑
交尾器を出す (10<t≤20)	8	
交尾器を出す (20<t≤30)	7	
背中をなめるリッキング (t≤10)	6	
背中をなめるリッキング (10<t≤20)	5	
背中をなめるリッキング (20<t≤30)	4	
求愛の音を出す (t≤10)	3	
求愛の音を出す (10<t≤20)	2	
求愛の音を出す (20<t≤30)	1	
上記の反応無し	0	反応弱

表1 配偶行動と配偶行動進行度の点数

### 結果

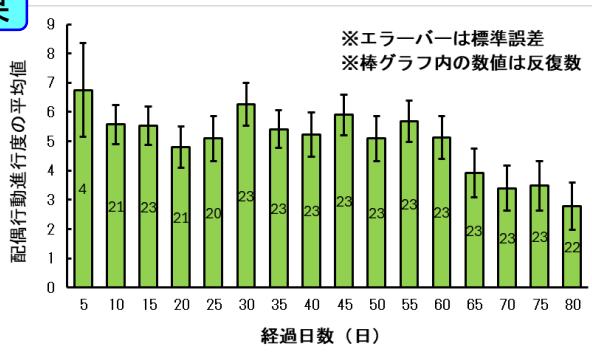


図4 配偶行動進行度の平均値と経過日数の関係

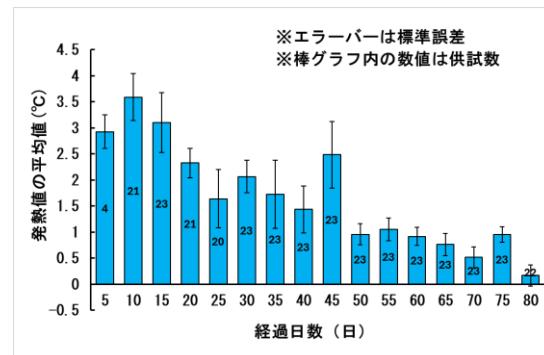


図5 オスの発熱値の平均値と経過日数の関係

### 5～40日

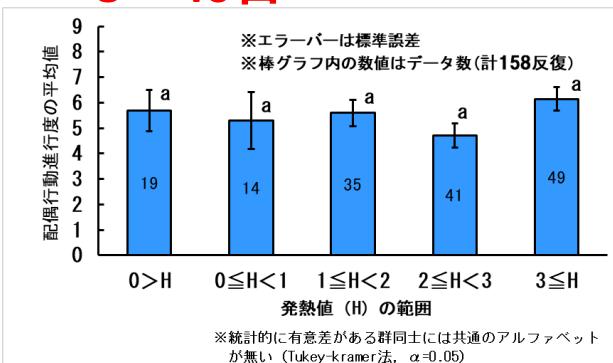


図6 5～40日目のオス発熱値の値の範囲ごとの配偶行動進行度

### 45～80日

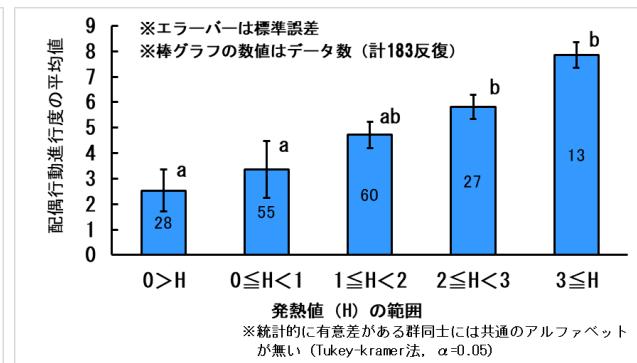


図7 45～80日目のオス発熱値の値の範囲ごとの配偶行動進行度

発熱値が上がっても、配偶行動進行度はほとんど変化なし

発熱値が上がると、配偶行動進行度も上昇する

## まとめ

配偶行動の促進要因が変化した！



## なぜ発熱値が配偶行動を促進？

発熱値の低下(図5)

カブトムシの筋肉の老化が原因  
※カブトムシは、筋肉で発熱する  
※発熱しないと、筋肉をよく動かすことができない体になってくる

発熱 → 筋肉が動きやすくなる → 配偶行動が促進

## 展望

今回の知見を他のカブトムシ類にも応用できると、様々な可能性を生む

- ・活性が低くなったオスの配偶行動を促進
- ・効率良いブリーディング

- ・数が減少したカブトムシ亜種の種の保存
- ・外国産カブトムシの現地での乱獲防止
- 「生物多様性の保存」に役立つ可能性

<参考文献> 1) Siva-Jothy M (1987) Mate Securing Tactics and the Cost of Fighting in the Japanese Horned Beetle, *Allomyrina dichotoma* L. (Scarabaeidae). *Journal of Ethology* 5:165-172  
 2) Kojima, W., S. Sugiura, H. Makihara, Y. Ishikawa, and T. Takanaishi (2014) Rhinoceros beetles suffer male-biased predation by mammalian and avian predators. *Zool. Sci.* 31: 109-115  
 3) Kojima W. (2019) Greater degree of body size plasticity in males than females of the rhinoceros beetle *Trypoxylus dichotomus*. *Appl. Ent. Zool.* 54:239-246

# カブトムシの配偶行動を誘導する条件に関する研究

宮城県本吉響高等学校・科学部

## 研究の背景

○カブトムシの配偶行動

繁殖期のカブトムシ (*Trypoxylus dichotomus*) のオスは、ヒトの指に捕まると、配偶行動をとる

図1 ヒトの指で交尾器を出すカブトムシ ※矢印が交尾器



なぜ、メスではないのに配偶行動を？

○カブトムシに関する過去の知見

- ①オスのサイズと行動の関係 (Siva-Jothy M, 1987)
- ②カブトムシの捕食者 (Kojima et al., 2014)
- ③餌の質と成虫の大きさの関係 (Kojima, 2019) など

配偶行動に関する知見はほとんどない！

仮説 配偶行動の誘導条件は、

- ①指からの熱伝導による虫の体温の上昇
- ②指の動作、動き

## 調査1 カブトムシの配偶行動のパターン

### 方法

- ①オスとメスをペアにした際のオスの配偶行動を観察(10回以上)。
- ②ヒトの指でのオスの配偶行動を観察(20回以上)。

パターンを整理し、図式化

※観察条件

- ・室温25~29℃、明条件
- ・校地内で採集した♂、交尾未経験の♀を使用

### 結果



♂♀ペアの配偶行動

ヒトの指での配偶行動

図2 カブトムシの配偶行動の流れ

## 調査2 カブトムシの配偶行動を起こす条件

方法 ①「体温の影響」と「動きの影響」を調べるための条件

※ニトリル手袋は、ヒトの指の匂いや汗を遮断する

<p>ニトリル手袋 木の枝 <b>条件1【枝・静止】</b> 木の枝(指と同じ太さ) 一切動かさない</p>	<p>ヒトの手 <b>条件2【指・静止】</b> ヒトの指(熱が伝わる) 一切動かさない</p>	<p><b>条件3【枝・動作】</b> 木の枝(指と同じ太さ) 絶えず上下左右にゆする</p>	<p><b>条件4【指・動作】</b> ヒトの指(熱が伝わる) 絶えず上下左右にゆする</p>	<p><b>条件5【素手・動作】</b> ヒトの指(熱が伝わる) 絶えず上下左右にゆする</p>
--	--	---	---	--

②カブトムシの体温の測定



図3 体温測定部位(小楯板)

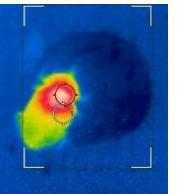


図4 サーモグラフィ画像

体温が変化しやすい小楯板の温度をサーモグラフィカメラ (FLIR C5) で測定。

※被写体との距離=15cm  
直射日光無し、無風条件

・安静状態のカブトムシ(喧嘩や採餌をしていない)を上記の条件で**2分間観察**。  
・「配偶行動」と「カブトムシの試験前後の体温」を記録。

※観察条件

- ・室温27~29℃、明条件
- ・校地内で採集した♂を使用

### 結果

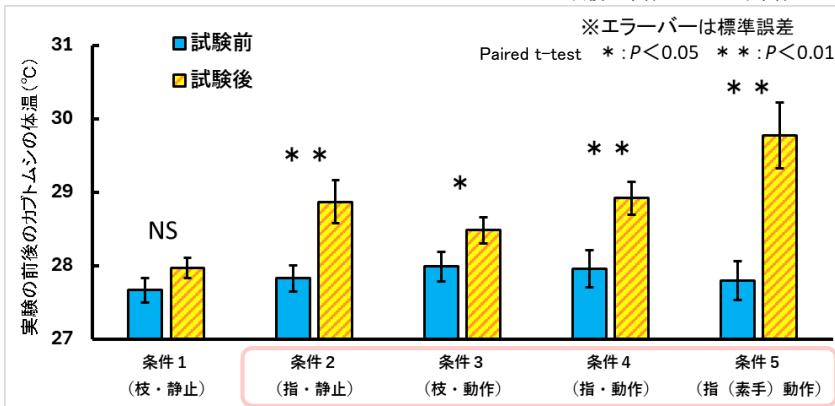


図5 各条件におけるカブトムシの体温の変化

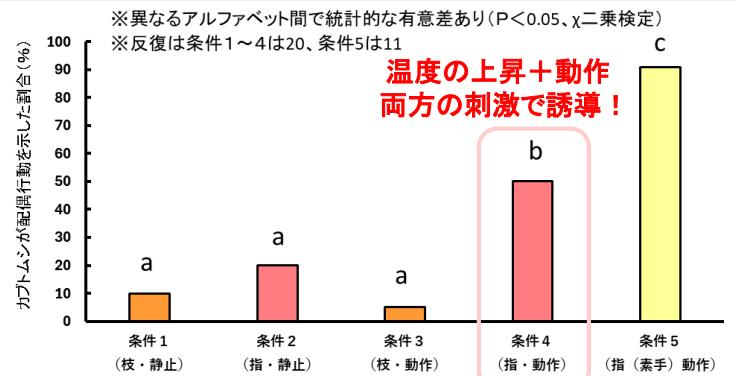


図6 各条件で配偶行動が観察された割合

※調査1「結果」図中の①~③の中で1つでも観察された割合

## 調査3 安静時と採餌行動時のカブトムシの体温

(雌雄が出会うのは餌場。餌場ではカブトムシは発熱している?)

### 方法

- ①カブトムシの体温を**安静時**と**採餌行動時**の2つの条件で測定(測定方法は調査2に準じる)。同時に気温も記録。
- ②「体温-気温」を比較。

### 結果と考察

採餌行動時は、安静時より温度差が大きい→**発熱している!**

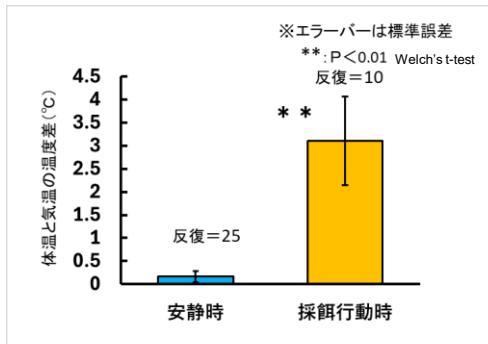


図7 カブトムシの安静時と採餌行動時における体温と気温の差

## まとめ

①体温の上昇、②動作が配偶行動に関わる  
→仮説は正しい

### ①体温の上昇

採餌行動時のメスの発熱が配偶行動を誘導?

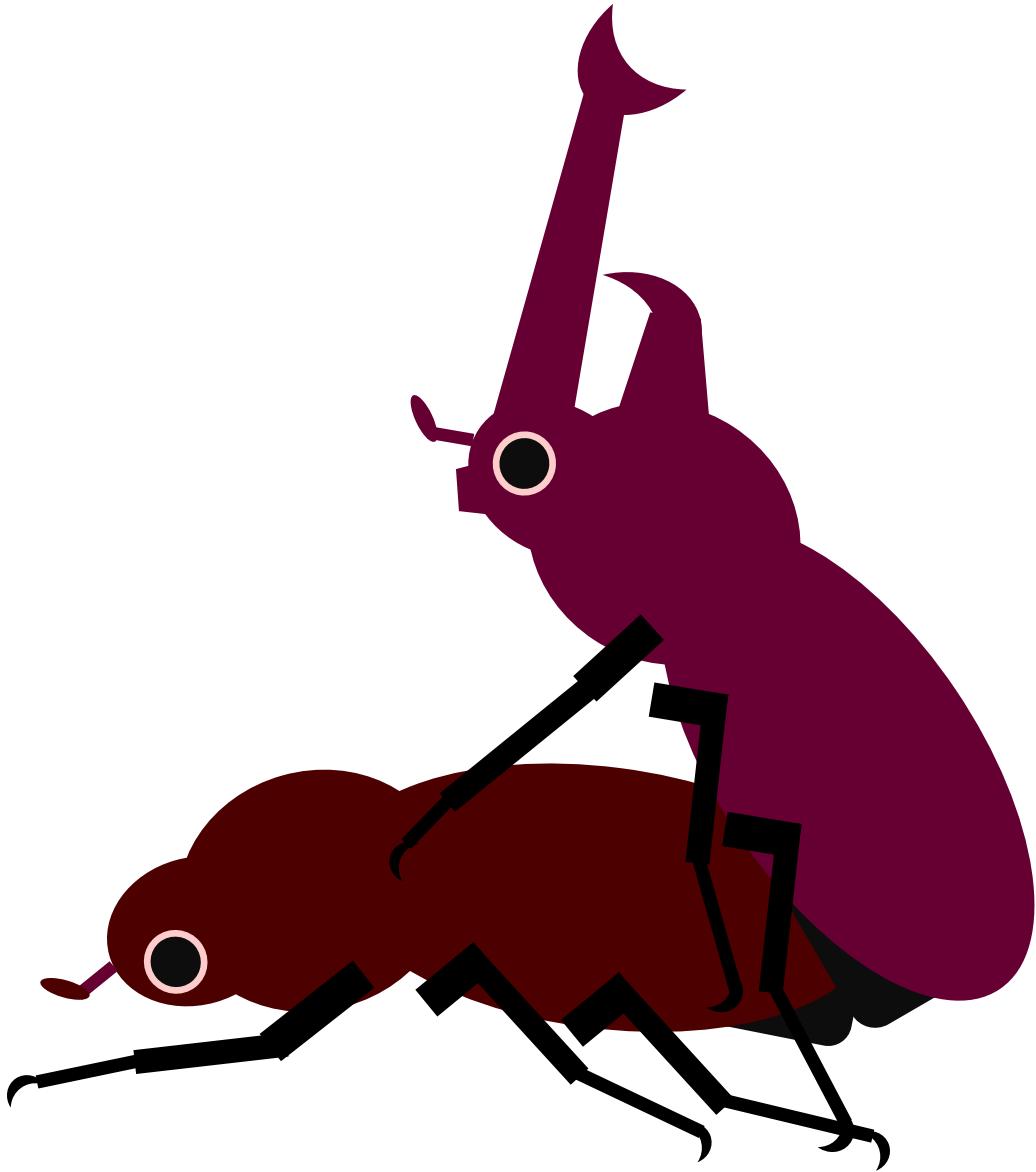
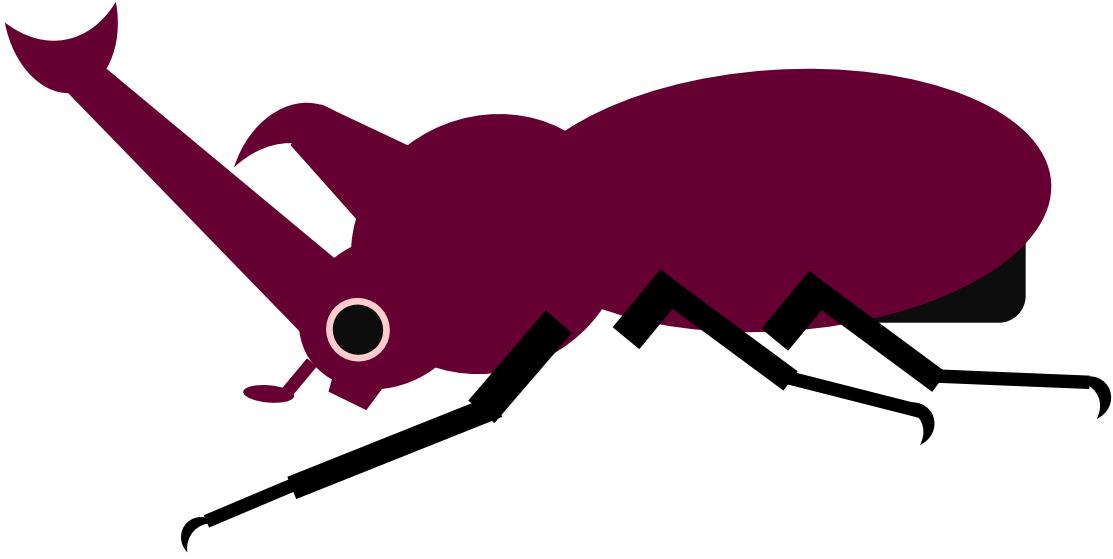
栄養を摂取しているメスと交尾すれば、子孫を残しやすいかも!

### ②動作

「動作」に反応するのは、「生き物」であることを認識するため?

動かない...メスじゃない?

※素手よりも手袋がある方が配偶行動の誘導率が下がる  
→温度や動作以外にも誘導条件がある? (今後の課題)



# 体温の上昇＋動作 両方の刺激で誘導！

配偶行動の促進要因が変化！



③翅と腹部をこすり、音を出す

再行動



拒否

再行動



拒否

再行動



拒否

メスに到達



成功

①メスの小楯板を  
さすり、体を震わせる

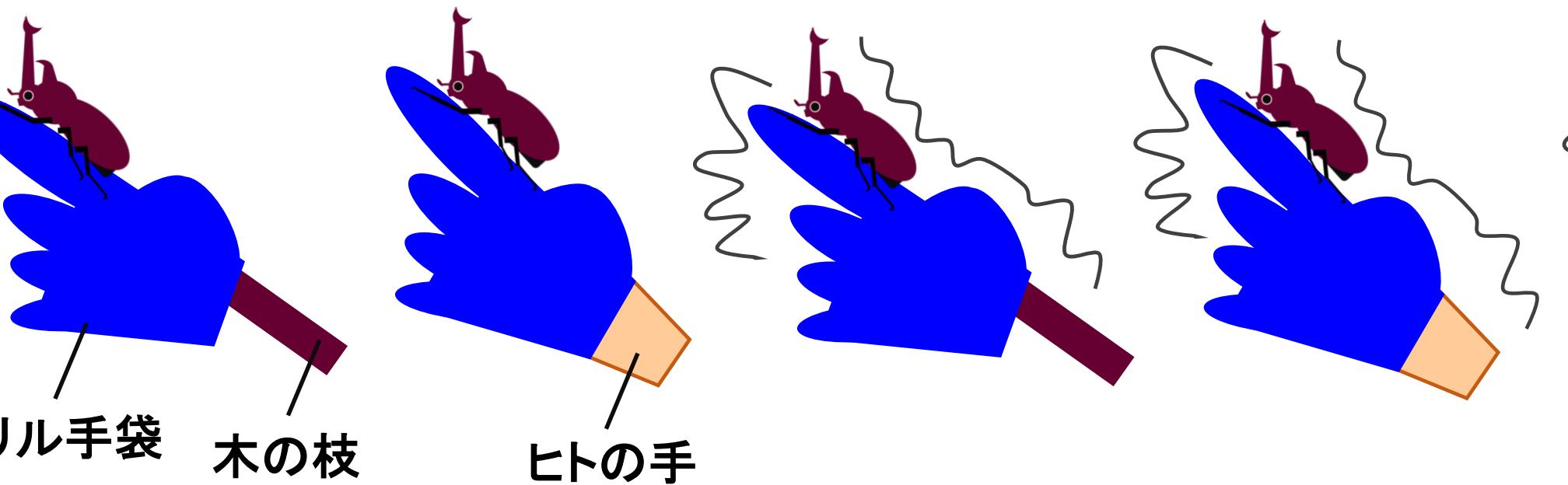


②交尾器を出す



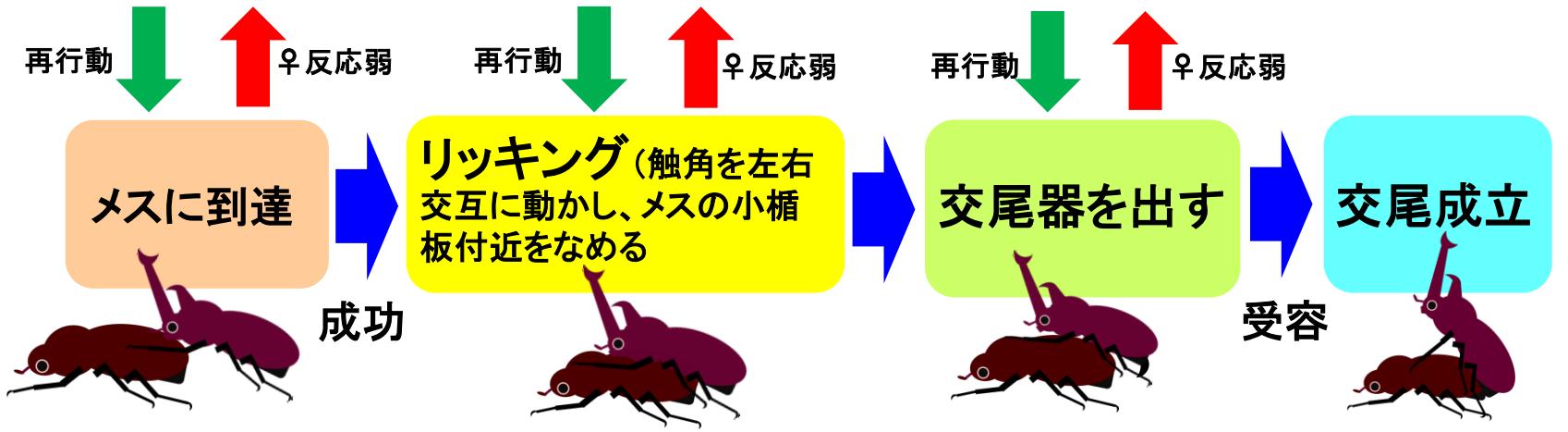
受容

交尾成立





はね  
翅と腹部をこすり、音を出す(求愛音)



※ニトリル手袋は、ヒトの指の匂いや汗を遮断する

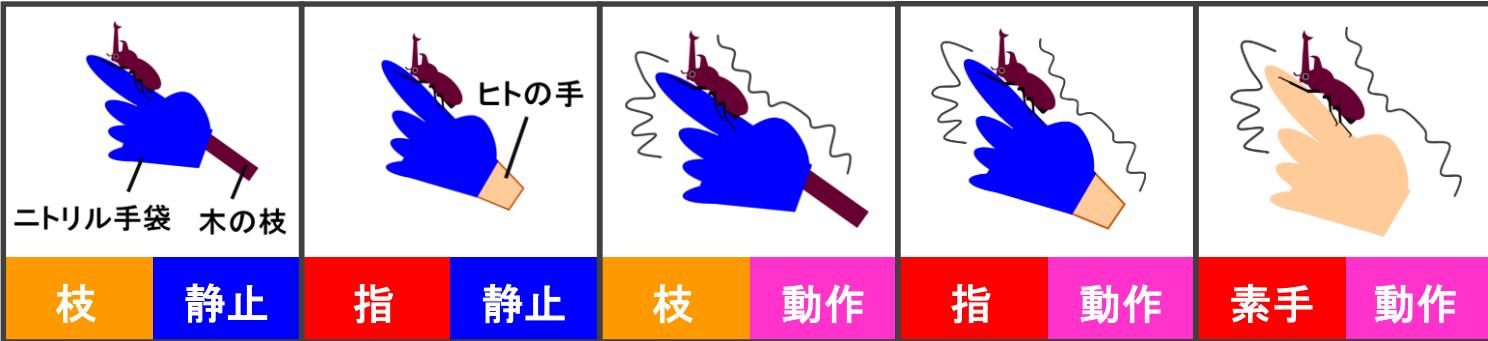
条件1

条件2

条件3

条件4

条件5



条件1

条件2

条件3

条件4

条件5



# ホドニジゴミムシダマシの摂食行動と樹皮成分の関係

宮城県本吉響高等学校・科学部 2年・吉田壮太郎 1年・佐藤涼

## 背景と目的

### ○ホドニジゴミムシダマシ

雨の後など、**湿度が高い時**に  
**樹皮表面**で摂食行動をとる  
→伐採木周辺の昆虫でこの行動を示すのは**本種のみ**



## ○昨年度の研究結果

樹皮**内部**成分よりも樹皮**表面**成分を好んで摂食  
→樹皮表面には**高極性**の**摂食刺激物質**が存在する

## ○今年度の仮説

仮説1 摂食刺激物質は、樹皮内部よりも樹皮表面に多い？  
仮説2 糖が摂食刺激物質？  
(高極性かつ他昆虫の摂食刺激物質として知られる)

## 調査① 実験1 クロマトグラフィーによる樹皮表面・内部成分の分離

### 方法 カラムクロマトグラフィーの条件

- ・クロマト管: 内径20mm、長さ300mm
- ・担体: シリカゲル60N(球状、中性、粒形40-50μm)22g 内径20mm×150mmとなるように充填
- ・分離状況の確認: TLC(60F254、5cm×10cm)によって成分を展開、紫外線照射による蛍光
- ・溶出溶媒(v/v)

酢酸エチル	メタノール	水	使用量
70	30	0	50mL
50	50	0	50mL
0	100	0	50mL
0	50	50	50mL
0	10	90	100mL

上から順番に使用

表1 クロマトグラフィーの分離プログラム



図1 カラムクロマトグラフィーの様子

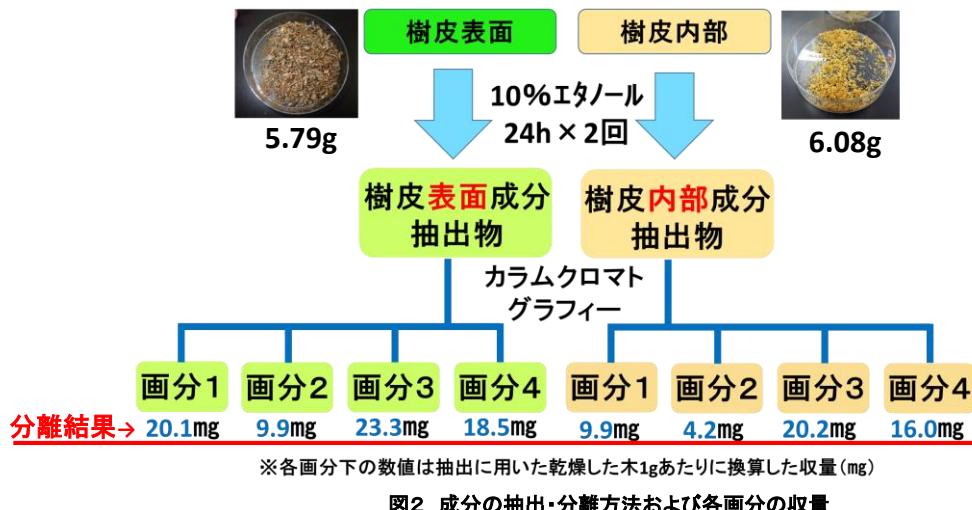


図2 成分の抽出・分離方法および各画分の収量

## 実験2 ろ紙法<sup>1)</sup>による抽出物の摂食刺激性評価

### ろ紙法とは？

成分を滴下したろ紙を昆虫が噛み、ついた食痕の面積を比較する

### 方法

- 1 試験容器(図3)を作成
- 2 供試虫1頭を入れ、暗条件で24時間静置
- 3 食痕を黒く塗りつぶし、黒色の面積をImageJで測定し、比較
- 4 統計的な有意差は、処理区と対照区間で対応のあるt検定で評価

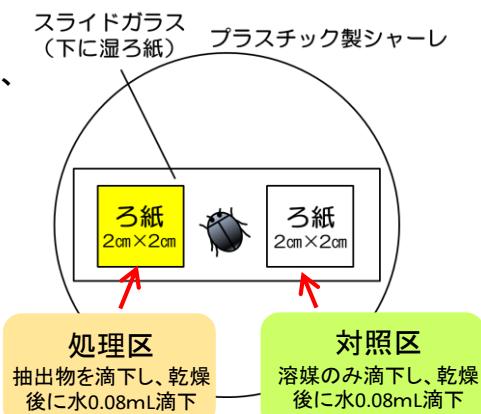


図3 ろ紙法の試験容器

## 結果と考察

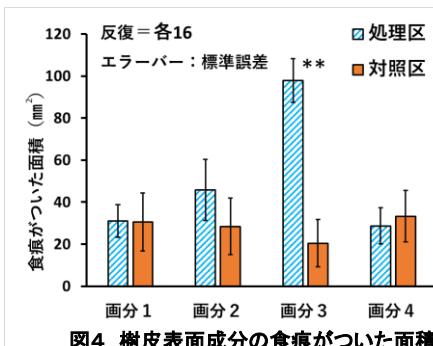


図4 樹皮表面成分の食痕がついた面積

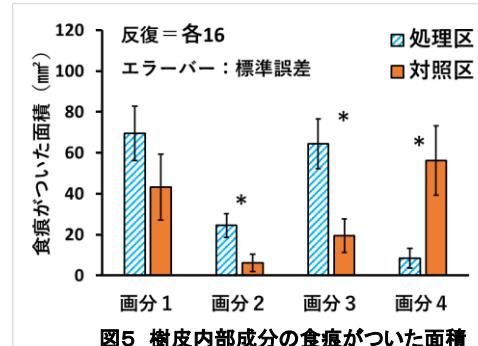


図5 樹皮内部成分の食痕がついた面積

○摂食刺激物質: 樹皮表面→画分3 樹皮内部→画分2・3  
○樹皮内部成分の画分4には、**摂食阻害物質**が存在  
→摂食阻害物質が原因で樹皮内部の摂食量が少ない？

## 調査② 実験 画分3に糖は含まれるのか？

### 方法

4種の糖の標品と画分3をTLCにより展開し、糖の有無を調査(参考までに他の画分も展開)

標品の糖  
D-グルコース、D-フルクトース、スクロース、D-トレハロース

### 結果と考察

○画分3には糖がなし  
○画分1には糖があり (D-グルコース、D-トレハロース)  
画分1は調査①実験2のろ紙法で統計的な有意差なし  
→糖は摂食刺激物質ではない

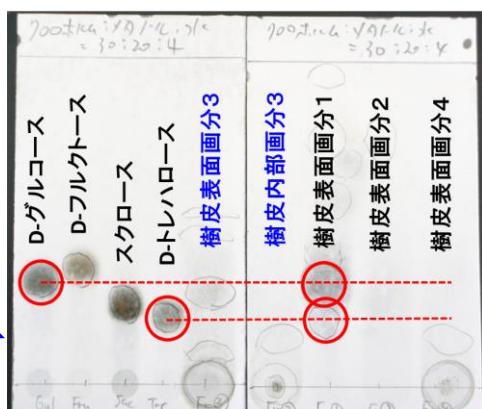


図6 4種の糖と各画分のTLC展開結果

展開溶媒 クロロホルム-メタノール-水(15:10:2 v/v)  
発色剤 ジフェニルアミン-アニリン-アセトン-80%リン酸(2g-2mL-100mL-15mL)

## 追加実験 画分1の糖の量は？

### 方法

- 1 樹皮表面・内部それぞれの画分1をカラムクロマトグラフィーにより分離
- 2 分離状況をTLCで確認(図7)
- 3 D-グルコースとD-トレハロースを定量

### 結果と考察

	樹皮表面乾燥組織 1g当量 (mg)	樹皮内部乾燥組織 1g当量 (mg)
D-グルコース	12.4	6.61
D-トレハロース	3.87	1.98

表2 樹皮表面および内部の糖の収量



図7 画分1のTLC展開結果

D-グルコース、D-トレハロースは、樹皮表面の方が**2倍近く**多く含まれていた

## まとめ

○摂食刺激物質... 樹皮表面と樹皮内部の両方に含まれる  
○摂食阻害物質... 樹皮内部に含まれる  
○糖の量 樹皮表面の方が樹皮内部より多い →表面で摂食するメリット？



樹皮表面はおいしくて(阻害物質が少なく)糖も多くて良い!

<参考文献>  
1) 堀雅敏・荒木佑子・菅野亘・白井義隆・松田一寛(2005) オズキ葉から分離されたニジュウヤホシテントウの摂食刺激因子 応動昆 49(4): 251-254  
2) 山崎光廣・宮崎博・佐藤宗衛(1988) 薄層クロマトグラフィーによる糖質の分離挙動と食品試料への応用 技術報告 37: 121-127