



第17回「科学の芽」賞 応募用紙

受付番号 : SJ0816
応募部門 : 中学生部門
応募区分 : 個人応募
題名 : オトシブミと数学
学校名 : 兵庫県 私立関西学院 中学部
学年 : 1年生
代表者名 : 黒木 秋聖

※ 個人情報保護のため、入力された項目から抜粋して出力しています。

オトシブミと数学



関西学院中学部1年
黒木秋聖

目次

目次.....	1
要旨.....	2
序論.....	2
動機と目的.....	2
本論.....	3
実験と観察の方法.....	3
結果.....	4
揺籃に使われた葉の分析.....	4
揺籃に使われなかった葉の分析.....	6
考察.....	8
結論.....	9
感想.....	9
参考資料.....	10

要旨

オトシブミの揺籃に使われたコナラの葉と揺籃に使われなかったコナラの葉の形を比較した。葉の付け根部分の形に二次関数を当てはめ、関数の二次項の係数 a を求めて分布をカーネル密度関数で表すと揺籃に使われなかった葉と揺籃に使われた葉の a の分布に違いが見られた。このことからオトシブミは揺籃を作るときに葉の開き具合に応じてどの葉で揺籃を作るかを決めている可能性がある。

序論

動機と目的

2020年の初夏に自宅の庭のコナラの木に巻かれた風変わりなコナラの葉がたくさんついていることに気づき、調べてみるとその巻かれた葉はオトシブミという小さな甲虫が作った幼虫のための揺籃であることがわかった。不思議な虫だと思いコナラの木から揺籃を採取して観察を始めた。2020年から行なっているオトシブミの観察の目的はオトシブミがどのような規則性を持って揺籃を作っているのかということにある。

今年コナラの葉を眺めていると葉の付け根の部分が二次曲線で表せる形をしている気がした。オトシブミがコナラの葉の形を認識しているなら揺籃の作成の規則性はそこにあるのではないかと考えた。葉の付け根部分の開き具合を調べるために付け根部分の葉の輪郭の座標点をとって葉の形を分析し、揺籃に使われた葉と使われなかった葉の形の違いを調べる。

本論

実験と観察の方法

揺籃に使われた葉の残りの部分48枚と揺籃に使われなかった葉48枚を採取した。揺籃に使われなかった葉はそれぞれの葉の付け根から先端までの直線距離の長さを測り、小さい順に並べた時の33%、66%点を境界として3つのグループsmall、medium、largeに分類した。また揺籃に使われた葉は大きさに関係なく全てグループyouranに分類した。それぞれの葉に百の位でグループを区別できる識別番号をつけた。これらの葉をスキャナー（Canon MG7130）でスキャンしパーソナルコンピュータ（MacBook Air、macOSバージョン11.6）に画像ファイルを取り込んだ。ImageJ（バージョン1.53a）に葉の画像ファイルを読み込み、葉柄の付け根で1点、その左右にそれぞれ6または7点、計14点のピクセル座標を得る。この葉1枚ごとに別々のCSVファイルに保存した座標情報をRStudio（Version 1.3.1093、R version 4.0.3）で読み込んだ。読み込んだ座標データを、8番目の座標（葉柄の付け根）が原点（0,0）となるよう加工した。二次曲線を表す数式

$$y = a(x - b)^2 + c$$

これを展開した

$$y = ax^2 - 2abx + ab^2 + c$$

をモデル式とし、Rの関数lm(formula = y ~ I(x^2) + x, data)を用いてそれぞれの葉の座標データにモデル式を当てはめ二次項の係数aを求めた。このaの絶対値の分布をRのggplot2パッケージで可視化しグループごとに比較した。

結果

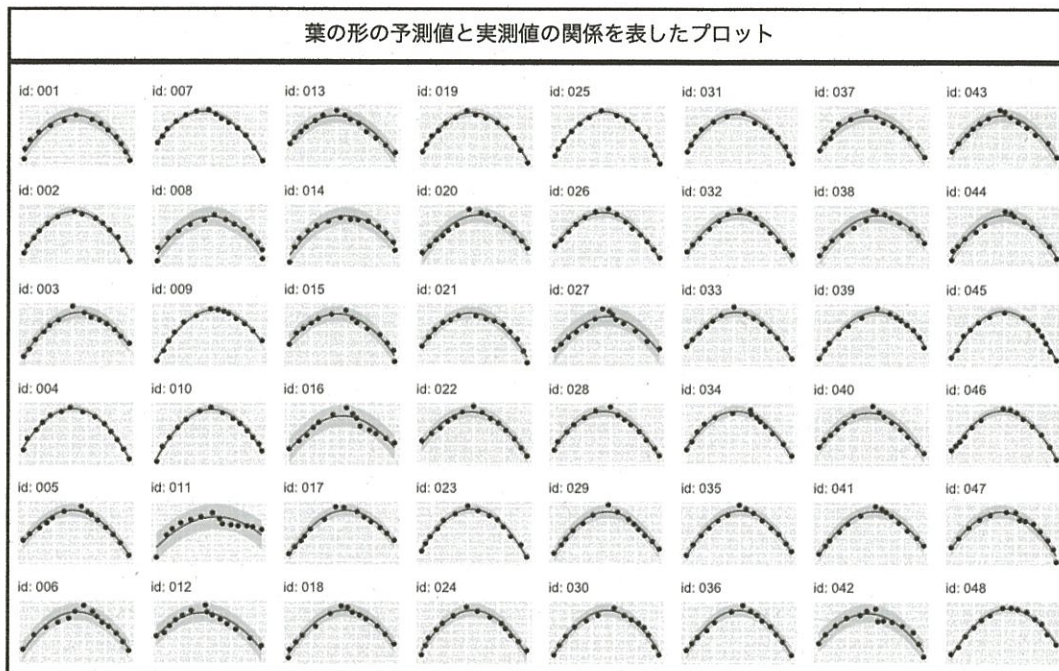
揺籃に使われた葉の分析

今年は去年と一昨年比べて葉から切り落とされた揺籃が多く、揺籃がつくられた跡がある葉に比べて地面に落ちている揺籃が少なかった。揺籃がつくられた跡がある葉が最も多くある場所は去年と一昨年の揺籃が多く見られた場所と変わらなかった。以下に今年集めた48枚の揺籃が作られた跡がある葉の写真を示す。18番の葉は葉にオトシブミが揺籃をつくっていたとみられる裁断線があるのでこれも揺籃に使われた葉として考えた。

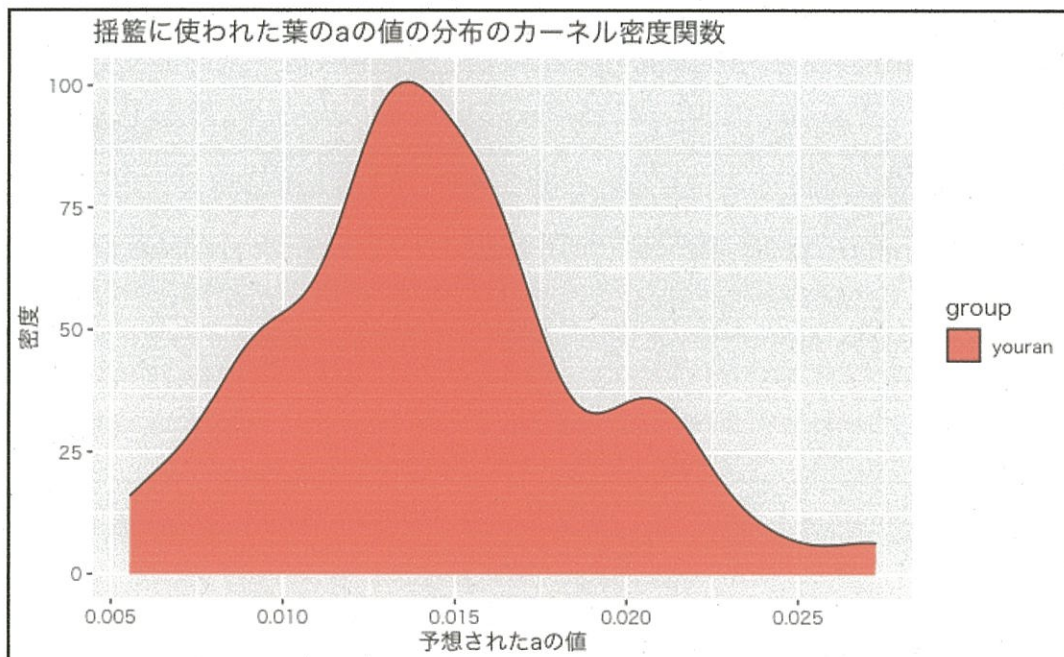
揺籃に使われた葉の残りの部分 15までは8/12日採集、残りは8/18日採集



葉の輪郭の座標とモデル式をもとに予測した葉の輪郭を以下のプロットに示す。黒い点は葉の輪郭の座標を表し、モデルで予測した輪郭の中央値および95%予測区間をそれぞれ実線と影で表す。このプロットを見るとモデルは葉の形をよく説明し



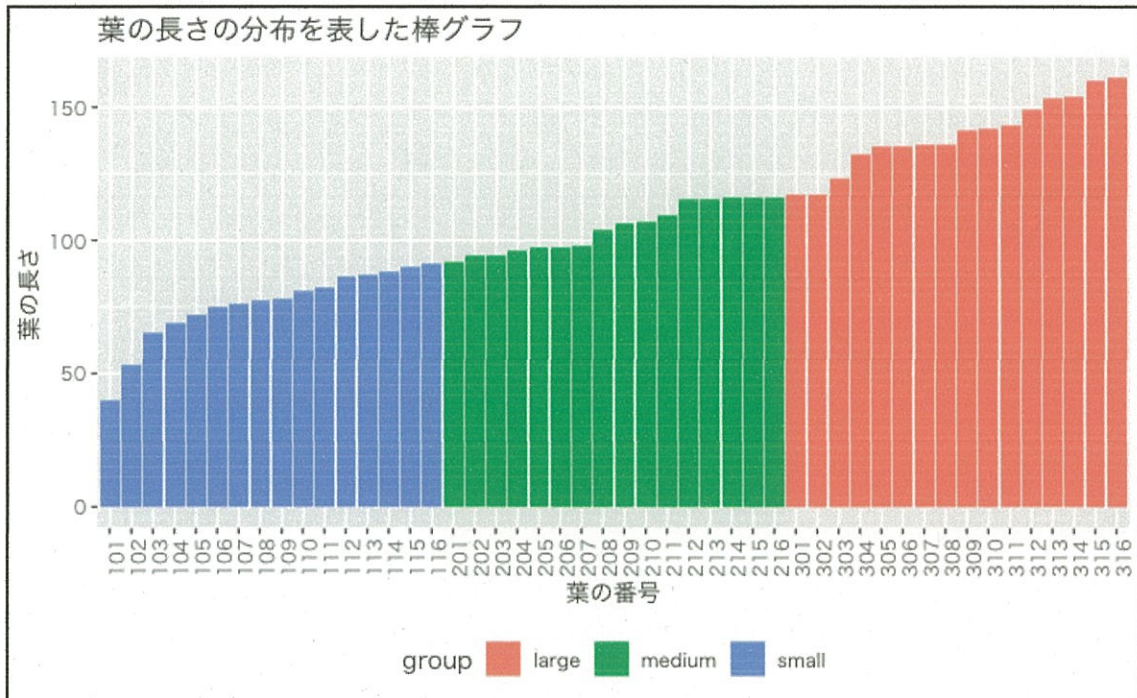
ている。



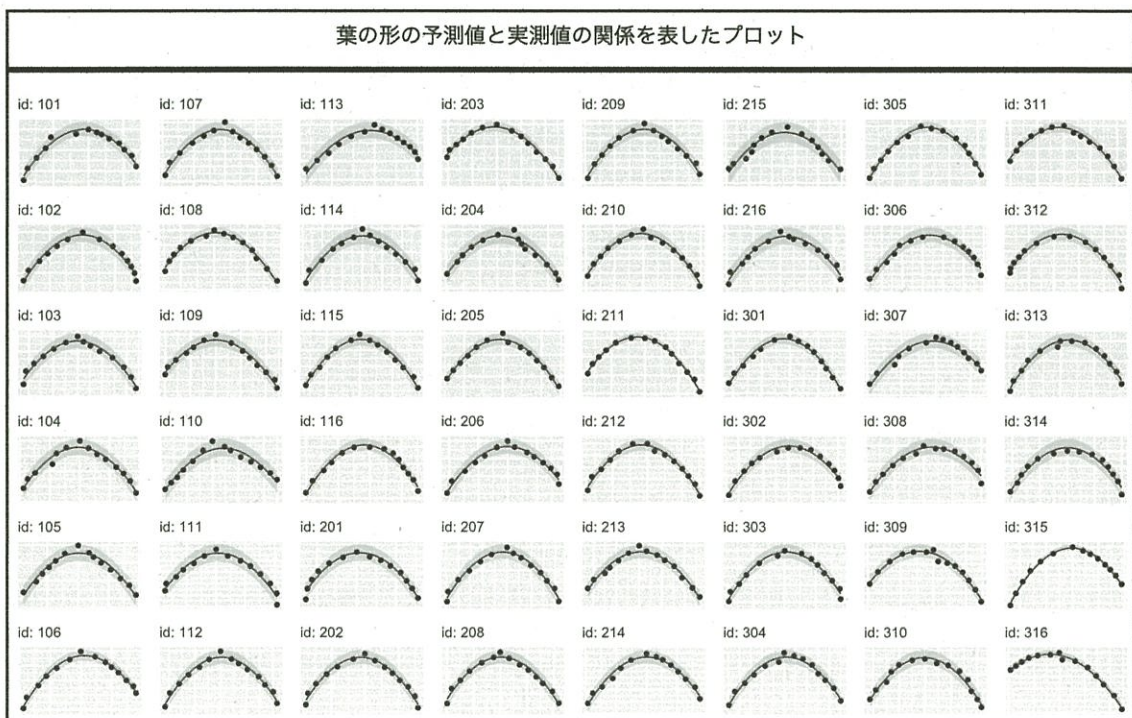
モデルで推定したaの値の分布をカーネル密度関数で表すと以下のようなになった。このグラフを見る限り揺籃に使われた葉ではaの値がほぼ左右均等に分布していた。

揺籃に使われなかった葉の分析

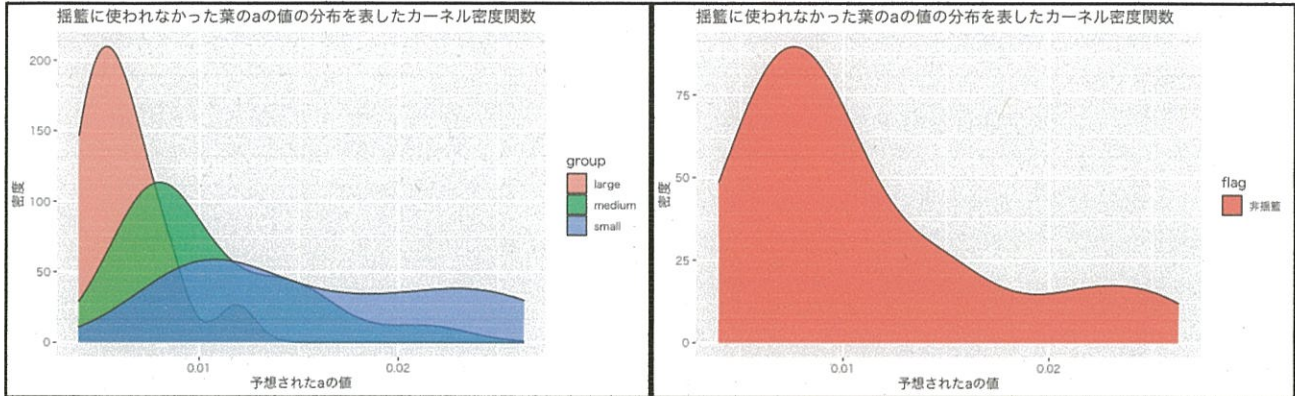
集めた葉の長さを表した棒グラフを示す。small、medium、largeごとに色を分けて示した。



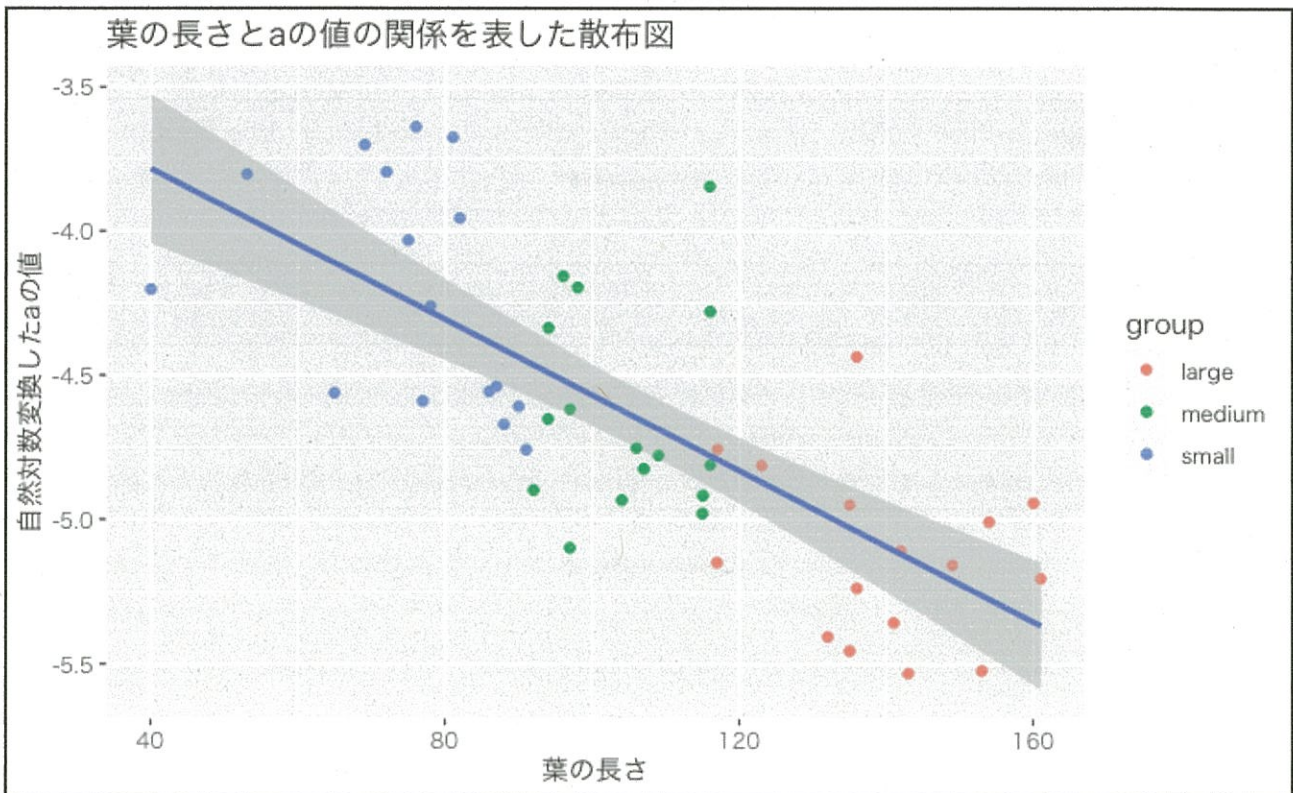
揺籃に使われた葉と同じように、葉の輪郭の座標とモデル式をもとに予測した葉の輪郭を以下のプロットに示す。揺籃に使われなかった葉でもモデルは葉の形をよく表していた。



揺籃に使われた葉について、 a の値の分布をカーネル密度関数で示す。左はグループごとに、右はグループ分けをせずに表した。

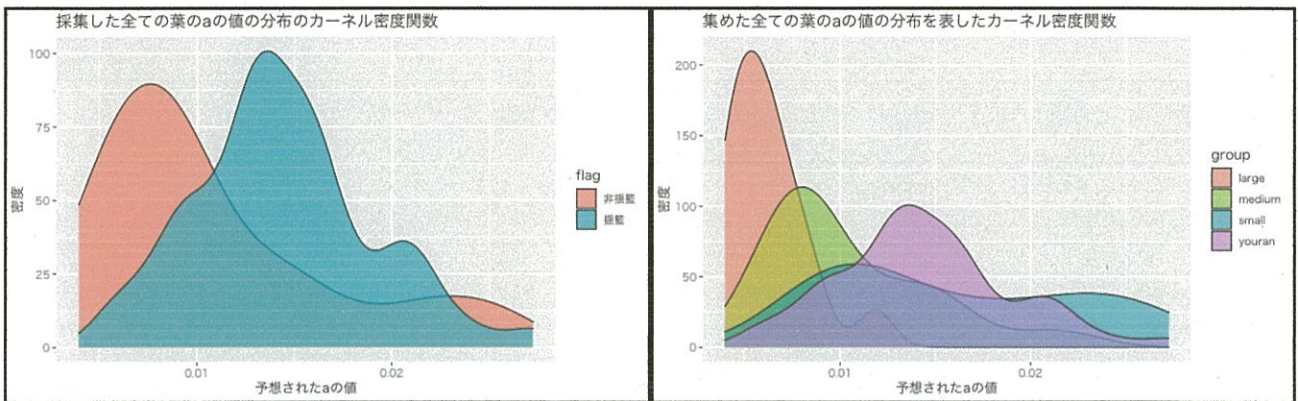


左の分布を見るとグループそれぞれの a の値の密度が一番大きいところが直線上に並んでいるように見える。したがって葉の大きさと a の値には関係があることが予想される。この関係を確認するために葉の長さをx軸、 a をy軸として散布図を作成した。 a を自然対数で変換した散布図を近似曲線とともに以下に示す。 a の値は葉の長さが長くなるにつれて小さくなることがわかる。



考察

揺籃に使われた葉、使われなかった葉のaの分布を比較した。以下の左の図を見ると、揺籃に使われた葉のaの分布は揺籃に使われなかった葉のaの分布とは異なるように見えた。つまりオトシブミが揺籃を作っている葉の付け根部分の形は今回集めた揺籃に使われなかった葉とは異なると考えられる。しかし、以下の右の図を見ると、揺籃に使われた葉のaの分布は揺籃に使われなかった葉のグループsmallとかなり重複していた。



揺籃に使われなかった葉のaの分布を比較すると、葉の長が大きくなるとともにaが小さくなる。これは葉の長さとのaの値の関係を表した散布図のプロットでも示された。このことは葉のサイズが大きくなると葉の付け根の形（広がり方）が大きくなることを示し、実際の葉のイメージとも一致した。

オトシブミの揺籃は晩春から初夏にかけて最も作られる。この季節のコナラの葉は新しい茎から生えたまだ若く柔らかい葉が大多数を占めている。グループsmallの葉は8月に採取したが、主にコナラの若い枝についていた葉から取ってきたため葉がまだ柔らかかった。つまりsmallに分類された葉の形はオトシブミが揺籃を作る時期のコナラの葉の形に近いかもしれない。

全体的に揺籃に使われた葉のaは、揺籃に使われなかった葉のaとくらべより大きい方に分布した。つまりオトシブミは揺籃のための葉を無作為に選んでいるわけではないことがわかる。しかし揺籃作りの前の歩行では付け根部分だけではなく葉の全体を歩き回る複雑な歩行をしている。上で述べたように、もしかしたら葉のaの値は葉全体の長さや、葉のその他の大きさの指標（幅、面積など）の影響を受けているかもしれない。したがって長さやそれ以外の情報も揺籃作りに関係しているかも

しれないと考えられる。この仮説を検証するためには揺籃作りが始まる前に実験を始めておかないといけないと思う。まず枝から切り離さずにできるだけ多くの葉のイメージを取得しそれぞれのaの値を求めるほか、形を表す他の指標、長さ、幅、面積などの情報を集める。イメージを取得した葉を区別し印をつける。印をつけた葉がオトシブミの揺籃作りに使われたかどうか追跡し、揺籃に使われた葉、使われなかった葉でaの値を比較する。もし両者でaの分布に違いがあれば、オトシブミは揺籃作りのための葉を付け根部分の開き具合で選んでいる可能性が高いと言える。またaの値だけではなく他の葉の大きさに関連する要素と揺籃作りの関係も分析できるだろう。

結論

揺籃に使われた葉の付け根部分の形を表す二次曲線の二次項の係数の分布は、揺籃に使われなかった葉と異なることがわかった。

感想

オトシブミを飼育して家の中で揺籃作りの観察ができるなら今年調べたオトシブミが最もよく揺籃を作る葉のaの値とその他のaの値の葉を両方与えてどっちで揺籃を作る確率が高いかを調べたいと思った。今年の葉の分析でオトシブミの揺籃作りの規則性のかぎが少しだけわかった。本当にオトシブミ揺籃作りの規則性としてaの値を目印としているかどうかの証明はできていないが新たな仮説となった。次の実験で今年わかったオトシブミの揺籃とコナラの葉のaの値との関係をより深く調べたいと思った。

参考資料

- ・安田守、沢田佳久「オトシブミハンドブック」（文一総合出版、2009年）
- ・キーラン・ヒーリー（著）瓜生真也、江口哲史、三村喬生（訳）「データ分析のためのデータ可視化入門」（講談社、2021年）
- ・瓜生真也「そろそろ手を出すpurrr」（https://speakerdeck.com/s_uryu/nekosky）2022年8月25日確認
- ・三村喬生「`{tidyr}` nestしていこう。」（<https://qiita.com/kilometer/items/e28a7ad381a2ad5dcd68>）2022年8月21日確認