



# The Truss: Body Form Reconstructions in Morphometrics

Richard E. Strauss  
Fred L. Bookstein  
(The University of Michigan)

# 出典

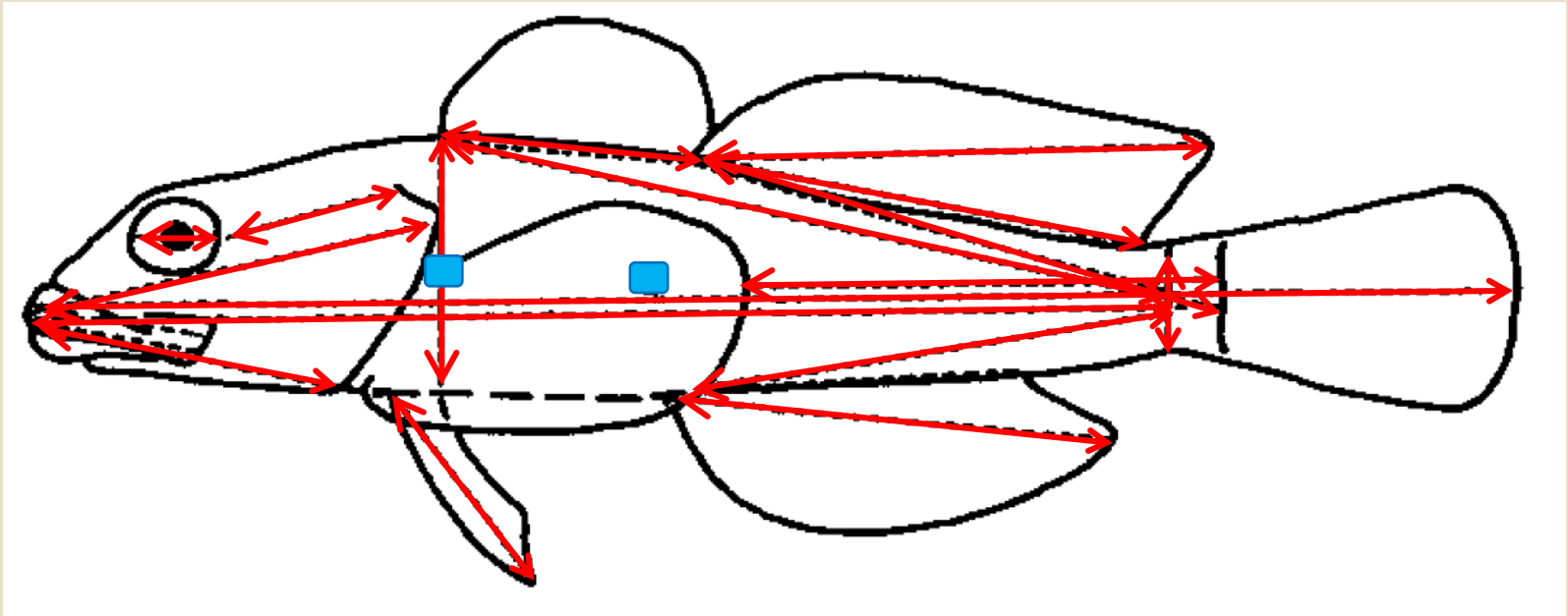
- Systematic Zoology
  - 1952-1991: Systematic Zoology
  - 1992- : Systematic Biology
- Vol.32, No.2
- 1982年
- pp.113-135

# 概要

- 魚の系統分類学のための適切な表現方法の提案
  - Truss構造を使う
  - 測定の不正確さも考慮に入れている
  - 同種でサイズが違う場合にも対応できる
  - 測定値から再現できる
- Truss構造としてどこを選択するかは明言していない

# 背景

- 頭・胴体・尾・ヒレなどの長さを測って，種を分類することが多い

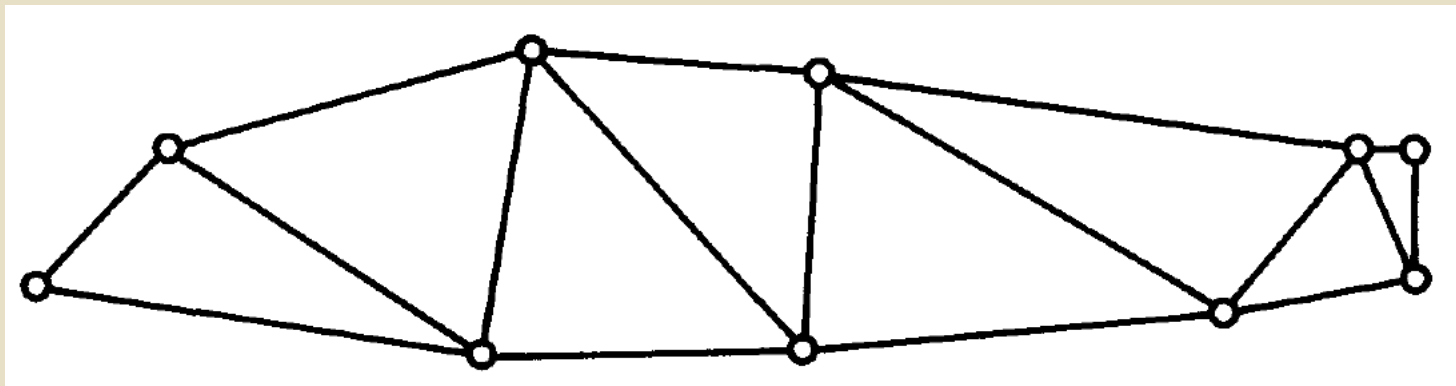


※赤の長さとし、青の幅を測る

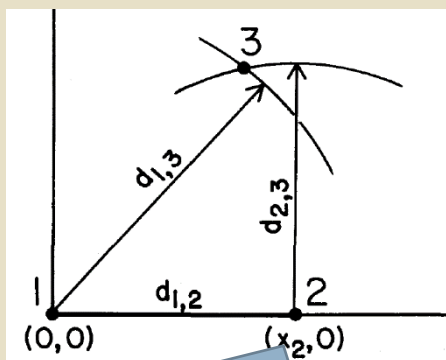
# 既存の方法の問題点

1. 同じような箇所を測っている
2. 形全体をカバーしているわけじゃない
3. ある点が何度も使われる（その点が不確かだったらどうする）
4. 解剖学上表われない点を頼りにしている
5. 長い所の値は似たようなものになって情報が少ない
6. ゆがみなどで正確に測りにくい

# 三角形で表現する



◦  $2n-3$ の辺の長さを測ればよい

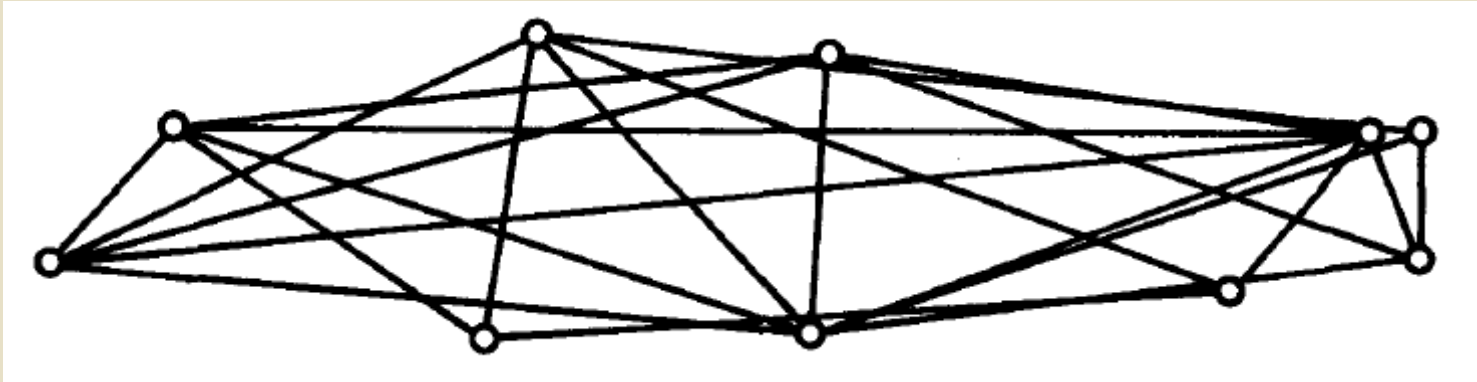


始めのほうでちょっと長さが違っているだけで、全く別の形になってしまう

2点決めたら、次の点はコンパスを使って、長さだけから形が再現できる

# RohlfとArchieの方法 (1978)

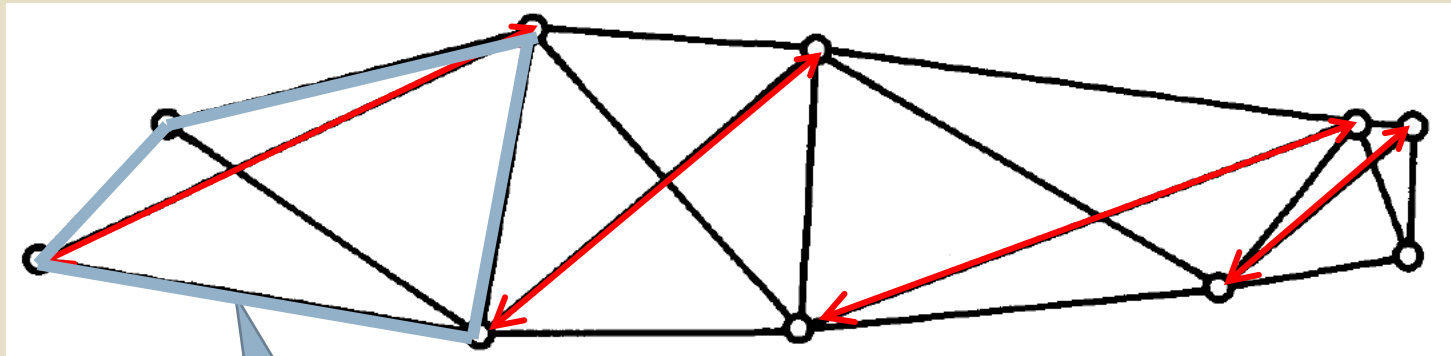
- 基本の三角形から別の3つの三角形への距離も測る



測るのも大変だし，再現も大変

# 提案手法: Truss

- 。三角形で表現していたものに一边追加するだけ

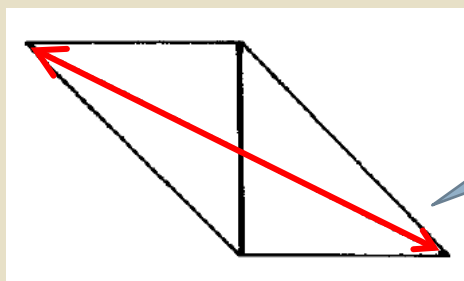
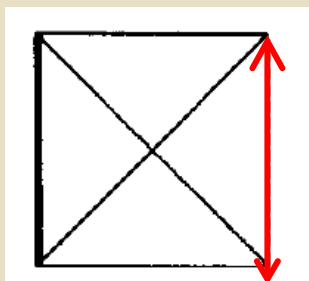
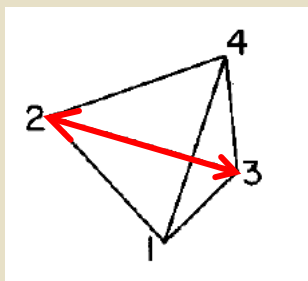
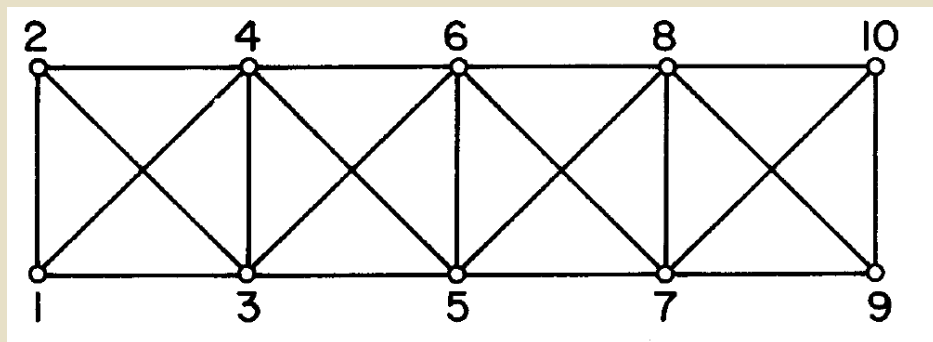


それぞれの四角を  
Cellと呼ぶ

ここでは4つの  
Cellがある

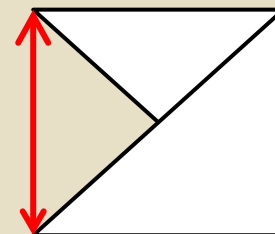
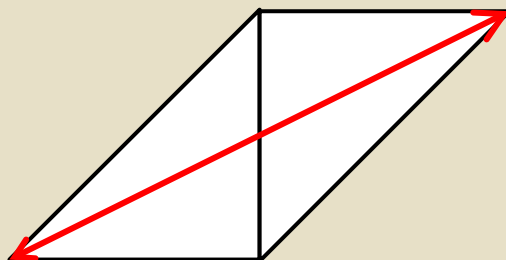
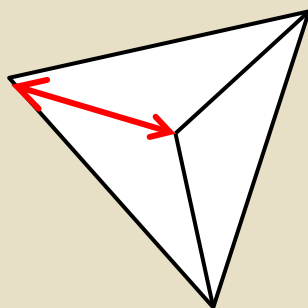


# Trussの必要性



赤がなかったら別の形を作ってしまう

赤だけ違う例



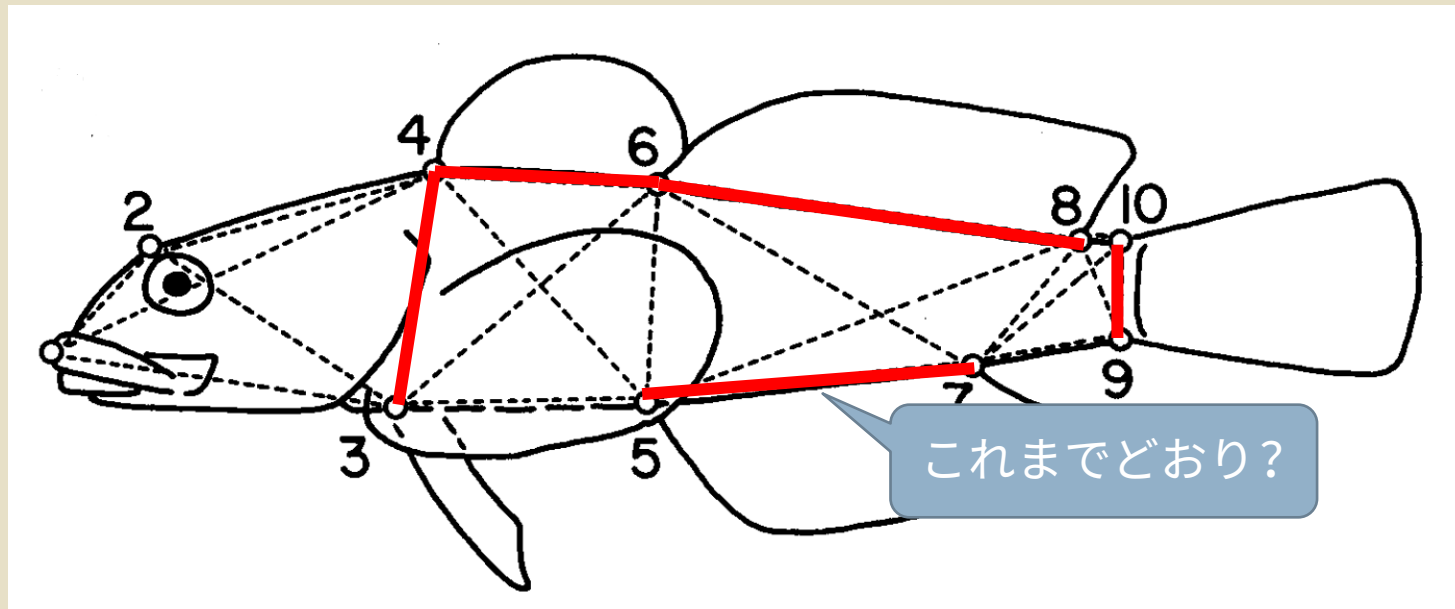
# 再現の仕方

- 口を  $(0, 0)$  とする
- 共有する辺からの距離が同じところを選んで Truss を描いていけばよい

この論文では、どこの点を選ぶべきかまでは言っていないくて、この構造で計測すべきと言っている

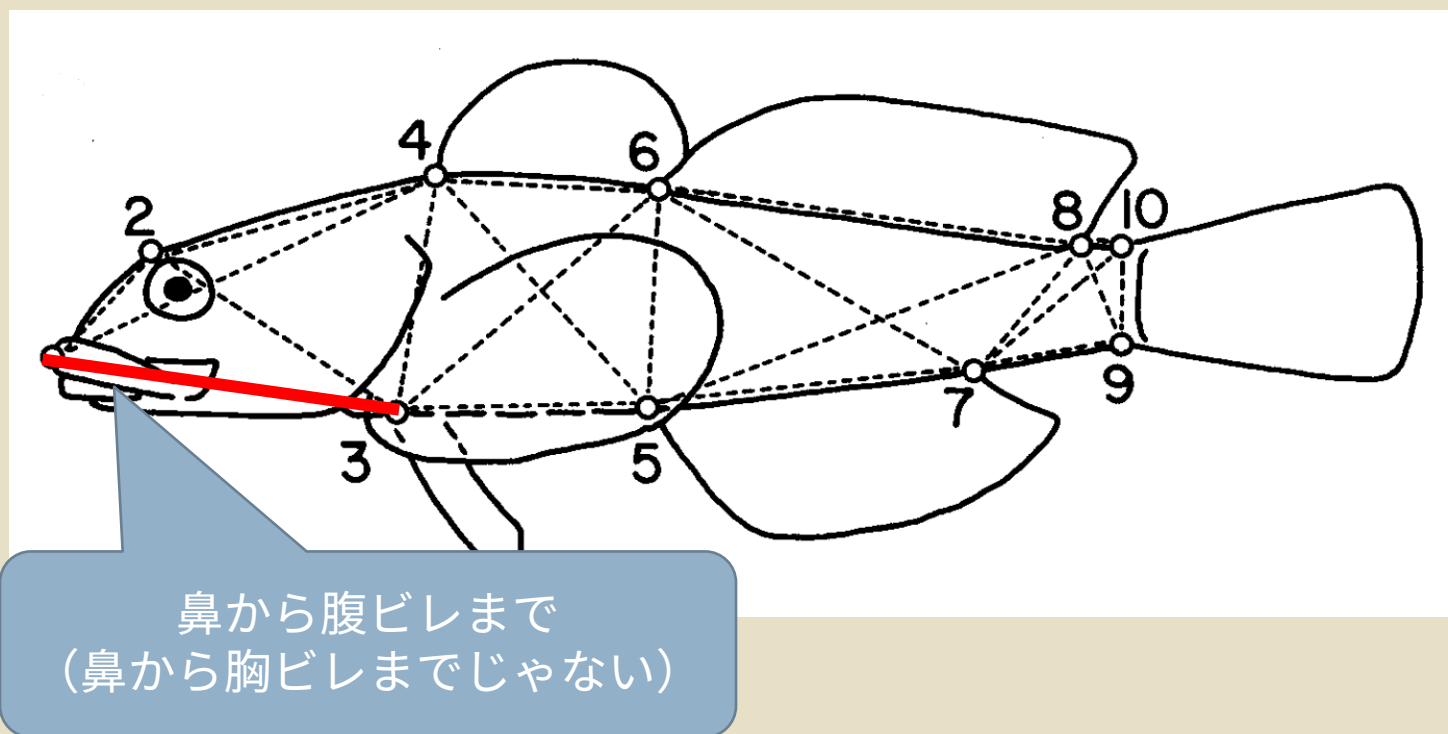
# あとの実験の例

- 。あとで出てくるCottus klamathensisとpitensisの測定では以下の点を使った



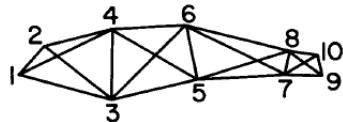
# あとの実験の例

- 。あとで出てくるCottus klamathensisとpitensisの測定では以下の点を使った

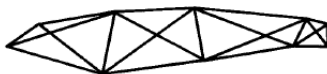


# 鰍 (Cottus cognatus) の例 と測定のずれ

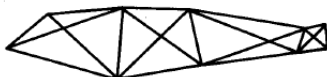
1. Total strain = 0.124



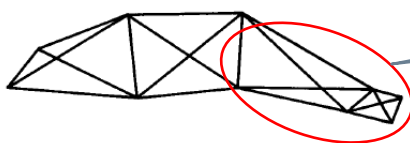
2. Total strain = 0.066



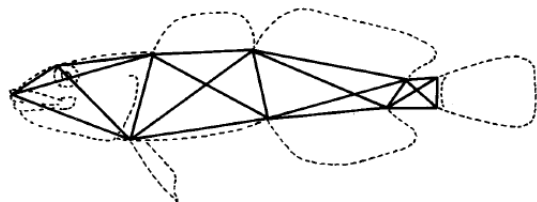
3. Total strain = 0.043



4. Total strain = 0.180



5. Total strain = 0.051



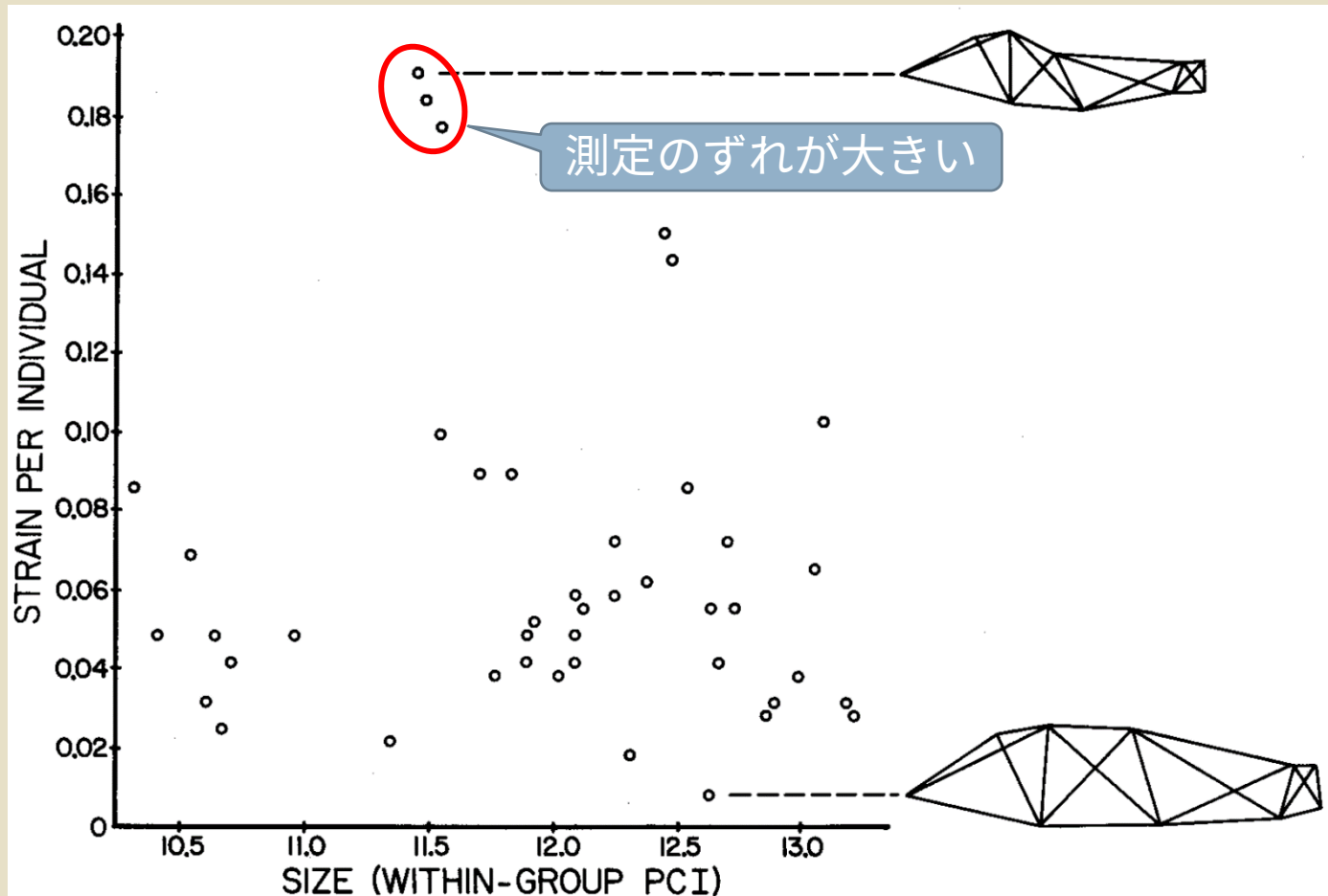
"strain" の値を  
残差 (ずれ) の二乗和のルート  
とする

strain が大きいと、形が違  
うように再現されてしまう

ここではお腹 (3-5) のずれが大きくて  
おかしくなった (Table.1)

# 鮎 (Cottus klamathensis) の場合

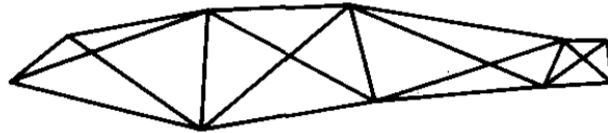
43の標本についてプロットしてみた



# ある標本について調べた結果

Reconstruction at higher precision

0.05mmの精度

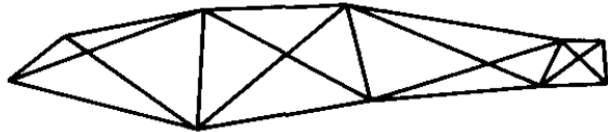


Strain = 0.073

そんなに違ってみえない

Reconstruction at lower precision

1mmの精度



Strain = 0.121

残差の二乗和を取っているので、どの精度で測定するかはまるめられてよいかんじになる

# Trussで種の標準を決める手順

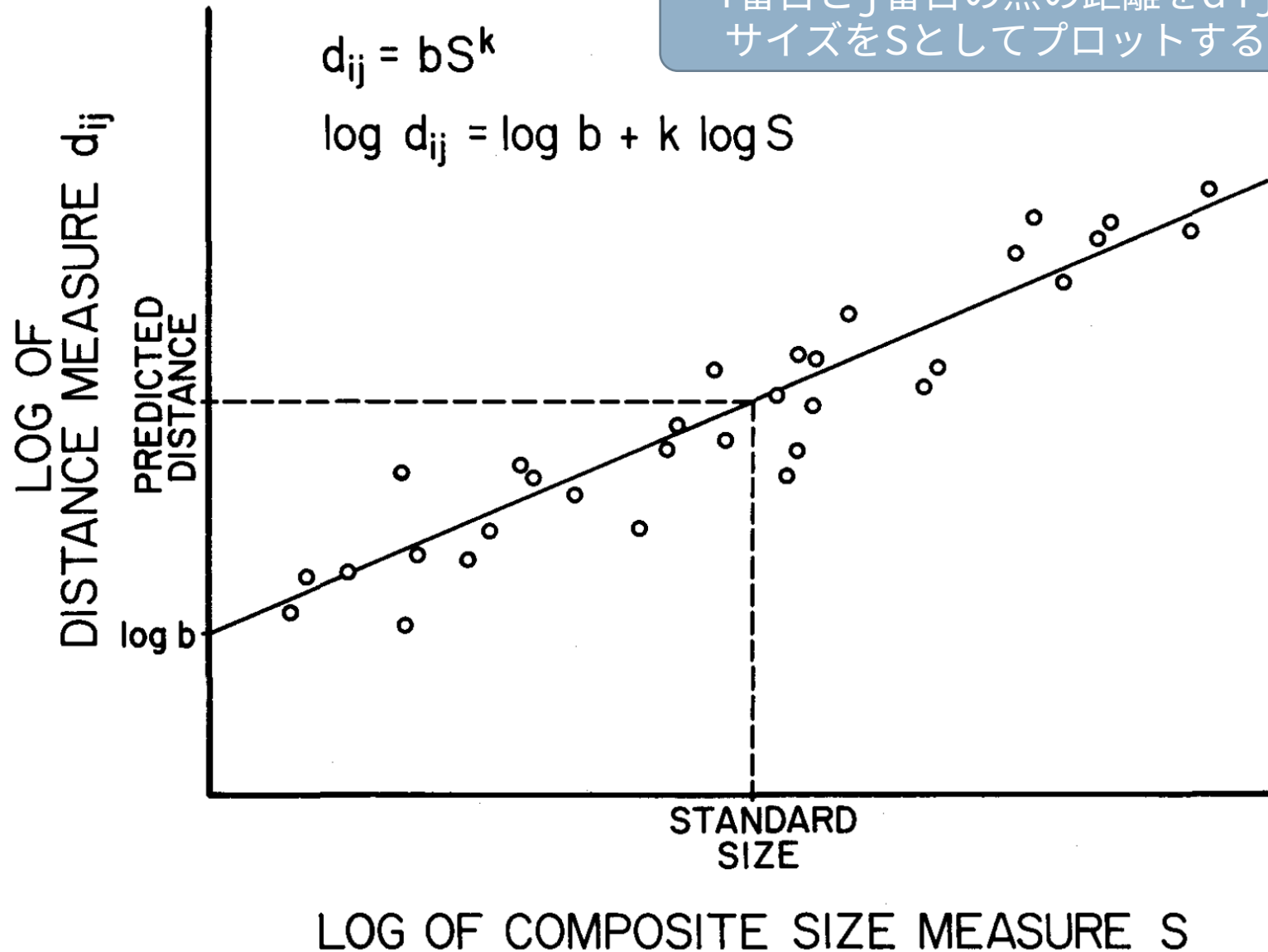
1. どの点か決めて，Truss を作る
2. Trussの辺の距離を測る
3. 次のページの方法で，回帰線を求める
4. 各辺の標準長さを決める
5. 標準の長さで形を定める



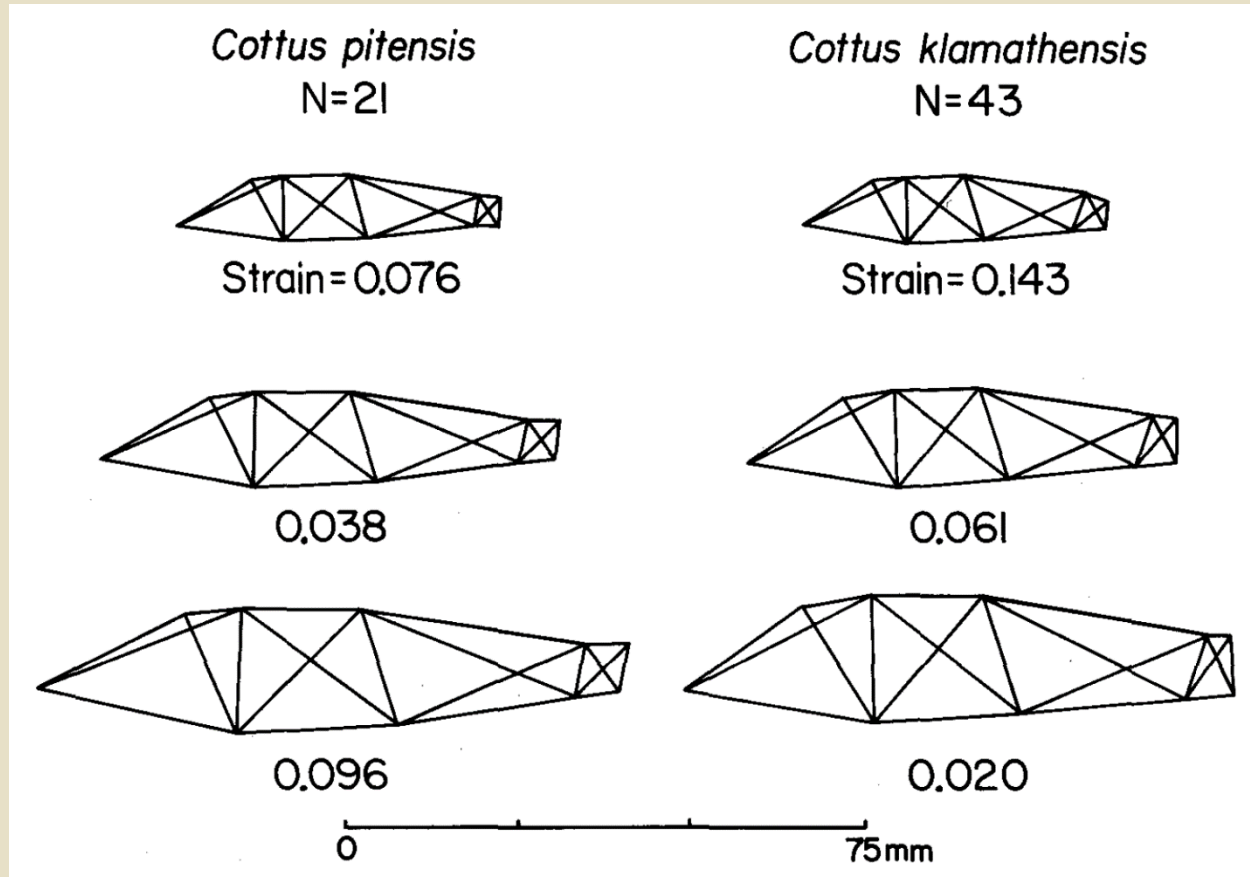
i番目とj番目の点の距離を $d_{ij}$   
サイズを $S$ としてプロットする

$$d_{ij} = bS^k$$

$$\log d_{ij} = \log b + k \log S$$



# 成長したときのサイズ

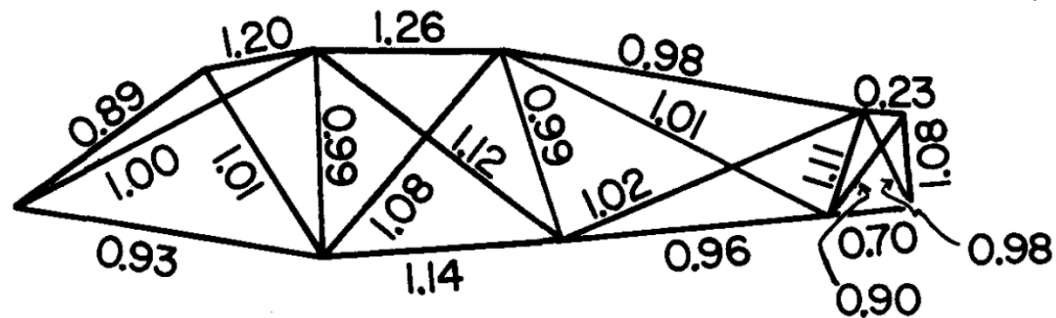


非比例的に見えるので、それっぽい

# 種の比較

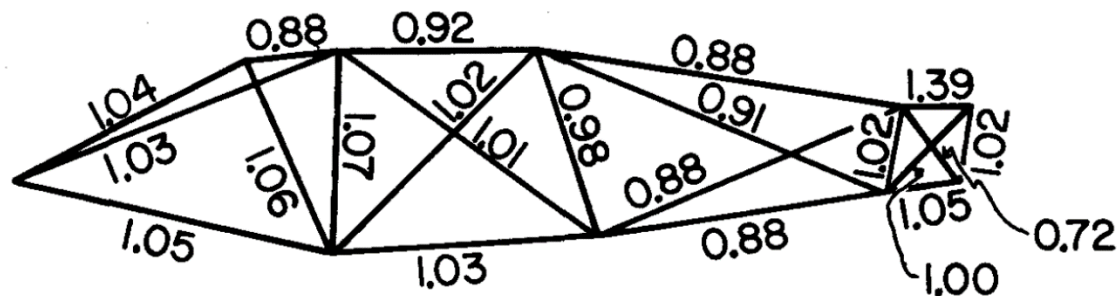
*Cottus klamathensis*

N = 43



*Cottus pitensis*

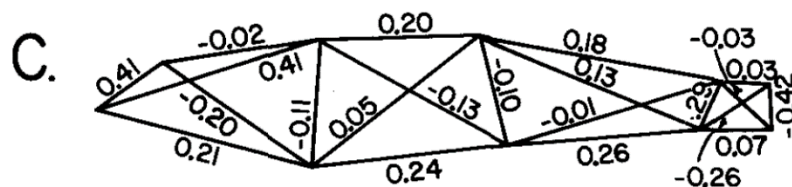
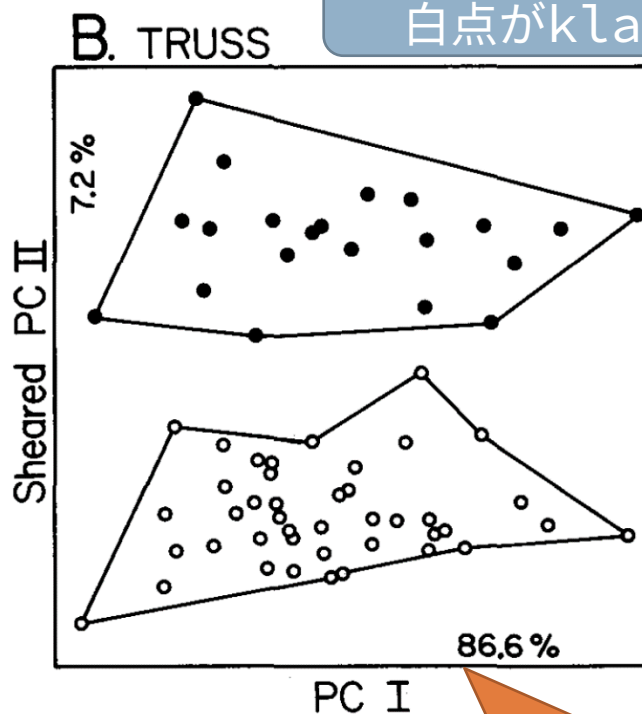
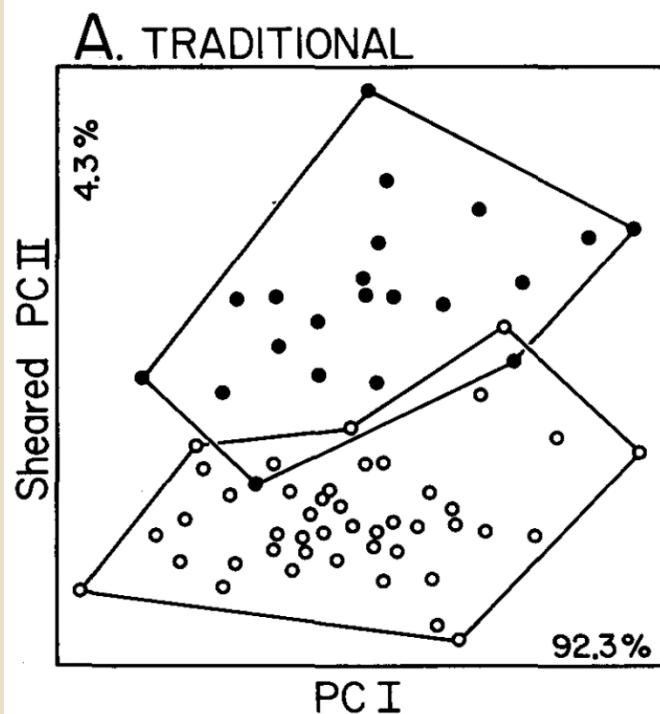
N = 21



# 主成分分析の結果

Humphriesらの研究(1981)の方法で主成分分析した

黒点がpitensis  
白点がklamathensis



既存の方法よりちゃんと  
種を区別できそう

# まとめ

- Trussを提案した
  - 種別を区別するのに適している
  - 形態計測で測るべき長さを定義した