

# 遺伝子・脳・行動

～ 決定論的ツールで非決定論的機能を解く ～

堀田 凱樹（情報・システム研究機構長）

1 9 6 3

東大・医 卒

1 9 6 7

東大・医・大学院卒

1 9 6 7 - 7 2

カリフォルニア工科大学

1 9 7 2 - 9 8

東大・理・物理学科

1 9 9 8 - 2 0 0 4

国立遺伝学研究所

2 0 0 4 - 現在

情報・システム研究機構

東大「学俯瞰講義」 July 8, 2009

「※:このマークが付してある著作物は、第三者が有する著作物ですので、同著作物の再使用、同著作物の二次的著作物の創作等については、著作権者より直接使用許諾を得る必要があります。」

# 生命科学の弁証法的発展

博物学的記載の学問

↓ 遺伝学・DNA学

普遍的・統一的な生命の理解

↓ 遺伝子工学

ゲノム学という分子の博物学

↓ ? 生命情報学 ?

↓ ? 生命システム学 ?

? ? ? ? ? ? ?

# 生命科学の革命

## 大革命 その一

20世紀初頭 メンデル法則の再発見  
種の壁を越えた普遍法則

- ショウジョウバエ遺伝学
- 染色体地図
- 生化学遺伝学(一遺伝子一酵素説)
- ファージ・大腸菌の分子遺伝学

“モデル実験生物” 概念の確立



[http://ja.wikipedia.org/wiki/ファイル:Thomas\\_Hunt\\_Morgan.jpg](http://ja.wikipedia.org/wiki/ファイル:Thomas_Hunt_Morgan.jpg)

ショウジョウバエ遺伝学の創始者

Thomas Hunt Morgan (1917)

"Physical Basis of Heredity"

「生命現象の複雑さは、われわれが無知であるために、一見そう見えるだけである」

「発生現象は遺伝子の“展開(Development)”である」

# 大革命 その二

## 1953 DNA二重らせん

- 複製・転写・翻訳の分子機構  
遺伝暗号の普遍性
- 分子遺伝学の終焉論??

## 1975～

クローニング & 遺伝子導入法  
(種の壁を越えた遺伝学)

- 脳・発生・遺伝病などの解明

# 生命研究の2つの流れ

**決定論**重視 遺伝学 動物行動学

厳密で正確な研究

機械論的 遺伝子 本能

**非決定論**重視 発生学 心理学

生物らしさに満ちた楽しさ

細胞間相互作用 学習

**1980年代には統一された**

# 生命という複雑な現象の解析法

- 要素に分けて分析理解する

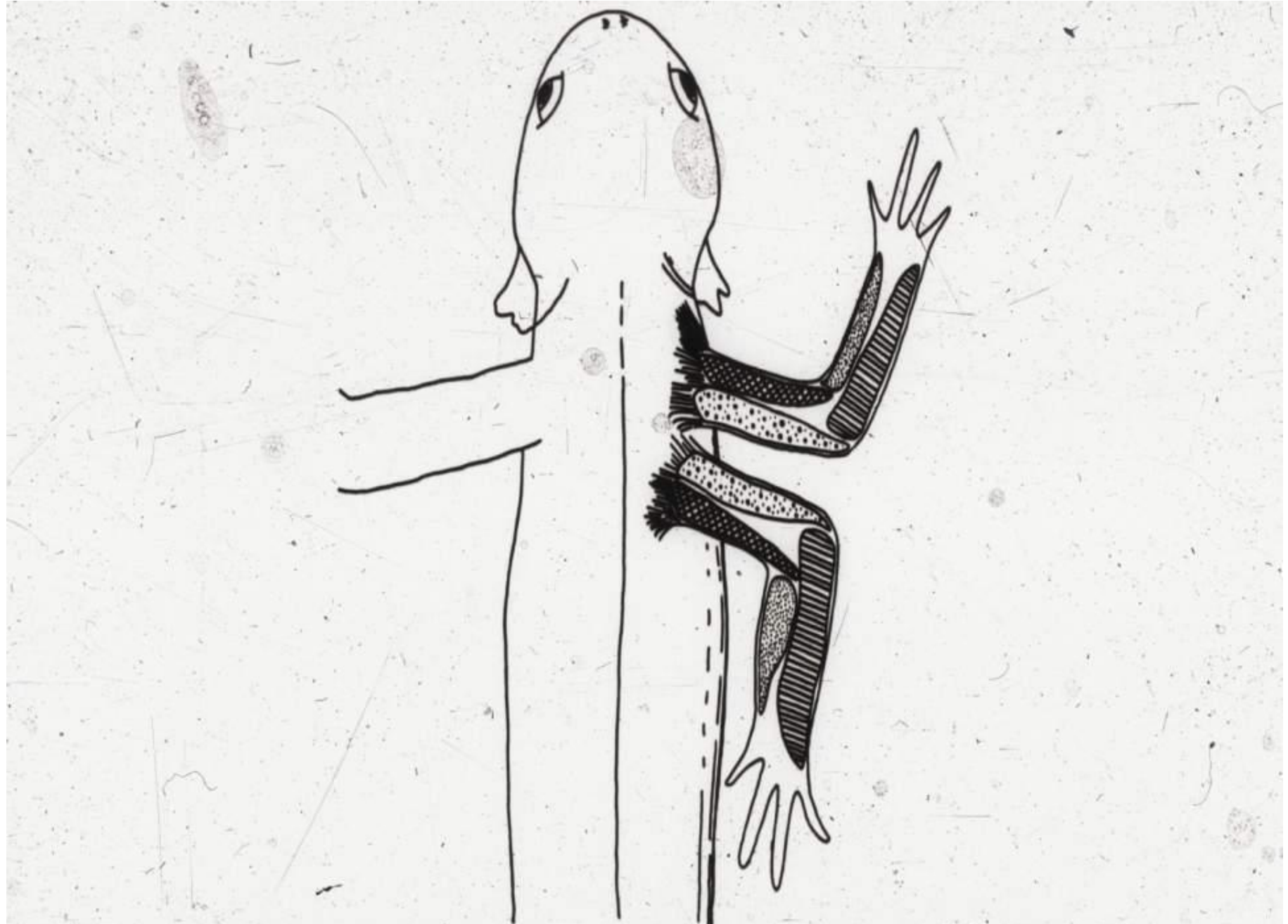
分子生物学、生化学

個々の要素の“和”として全体を理解

- システムを丸ごと理解する

メンデル遺伝学、ダーウィン進化学

素過程の理解は不完全でも全体を理解



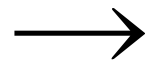
分子遺伝学 / 小関治男, 高浪満編 (岩波講座現代生物科学 ; 2)

岩波書店, 出版年 1974-1975





遺伝子



脳

(決定論?)

(非決定論?)

# 生物学者(わたくし)の興味

- 脳神経回路は遺伝子で決まるのか？
  - 本能行動と遺伝子の関係は？
  - 生物の進化と遺伝子
  - 生物の発生と遺伝子
- 
- 病気の罹りやすさと遺伝情報の関係？
  - 薬の副作用の個人差はゲノムと関係？

# ショウジョウバエの利点

分子 → 個体 → 集団 まで

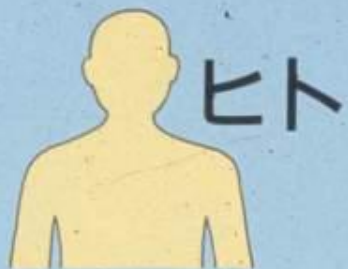
分化 から 進化 まで

# ショウジョウバエの欠点

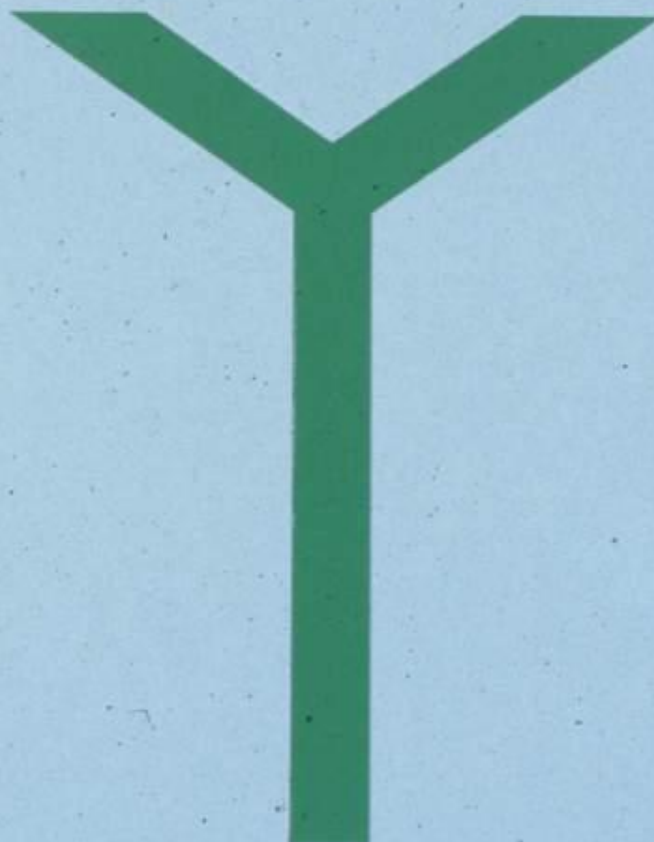
無脊椎動物である。  
医学部では認められない！

ヒトとは似ていない！

(ホント？)



生命の起源



生命の起源

遺伝子 → ? → … → ? → 行動

中間段階はブラックボックス  
遺伝学の考え方

突然変異 → … → 行動異常

“行動突然変異”で“脳”を研究できるはず

行動突然変異体の同定に必要なのは

- (1) 実験が容易なモデル実験系
- (2) 容易で信頼性の高い行動測定法
- (3) 夢中で働く研究者



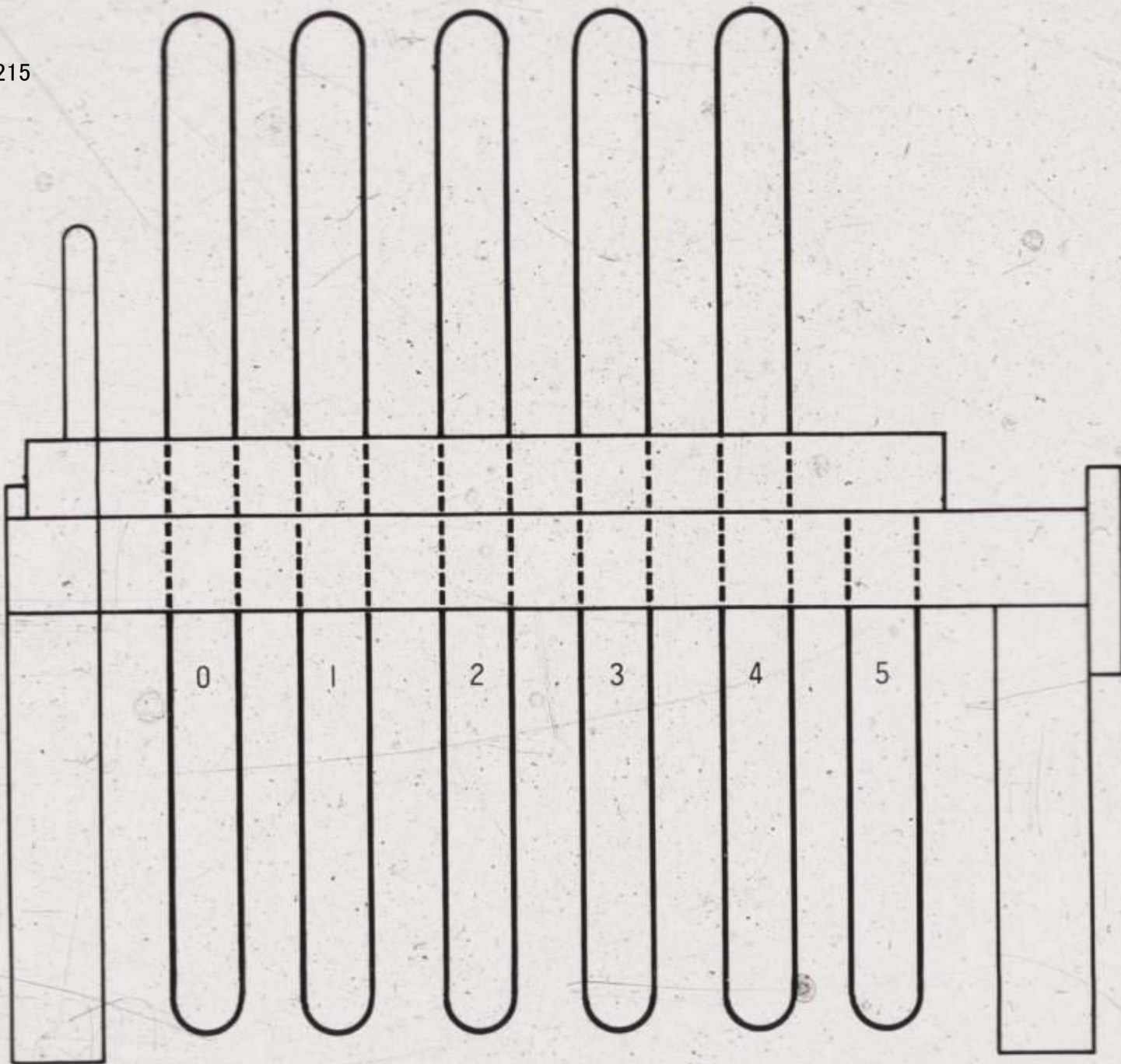
“拡散” ← → 走光性の“引力”

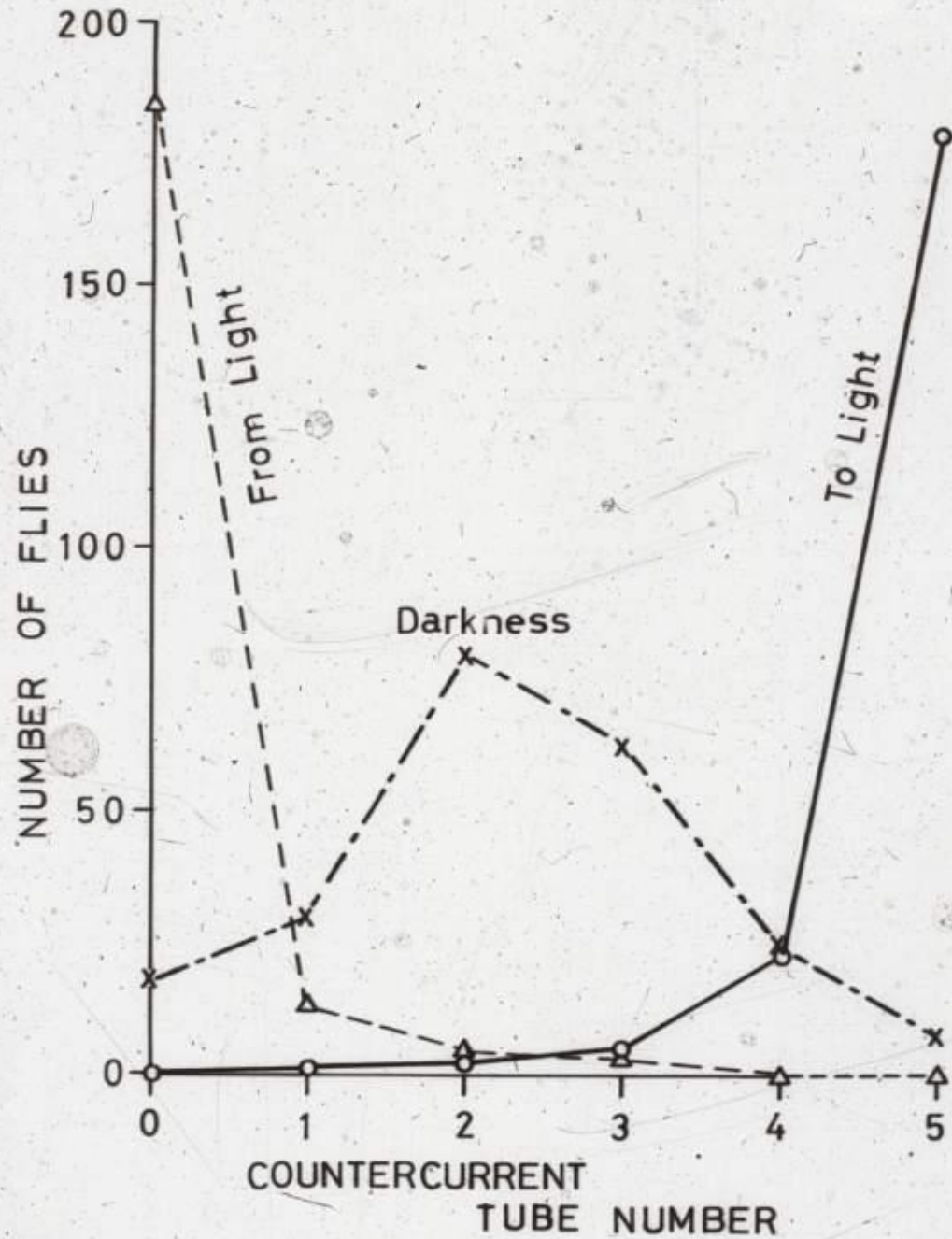
走光性を表す尺度

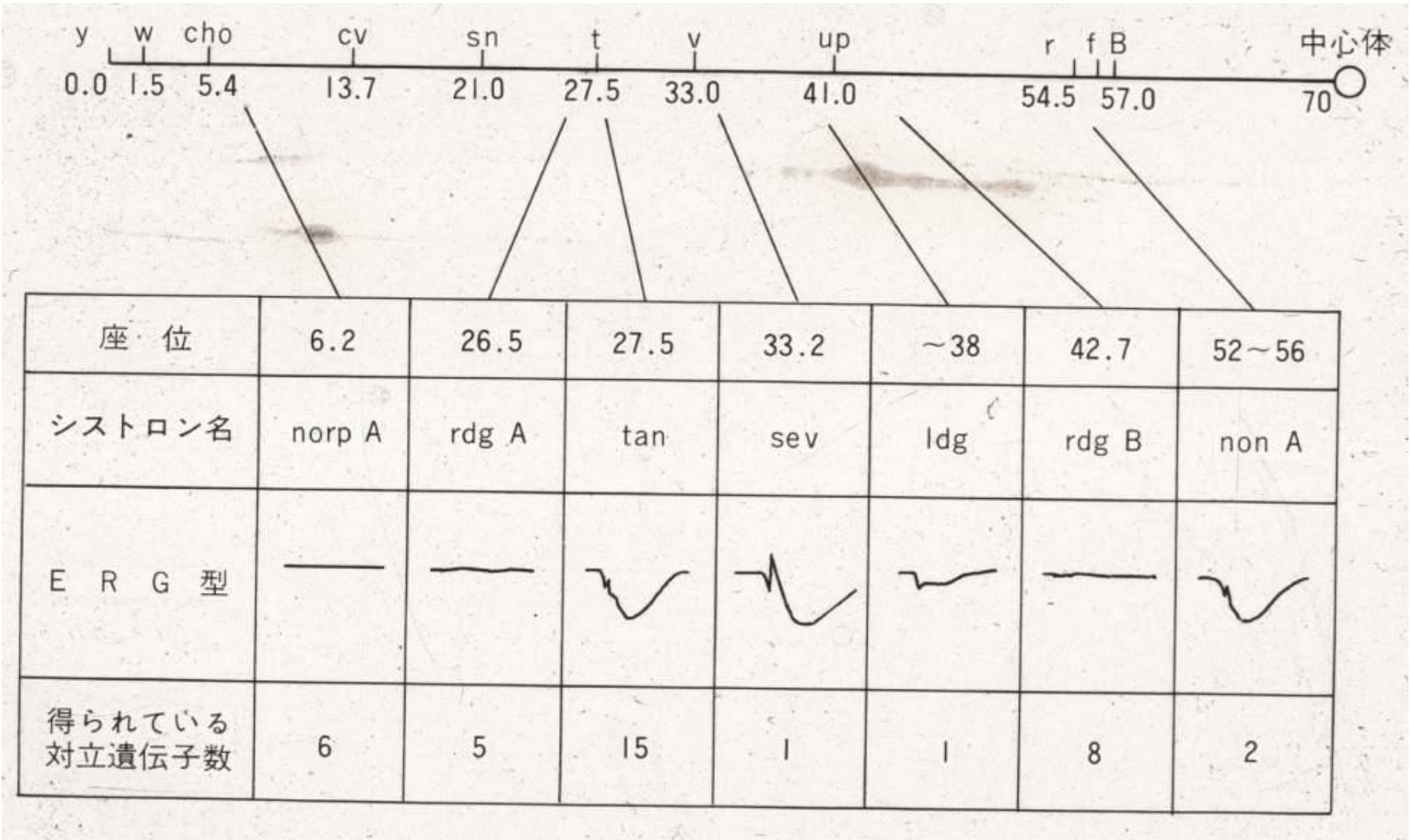
$$p = \frac{(A)}{(A) + (B)}$$

$$P.I. = 50 \times \log \frac{(A)}{(B)}$$

走光性インデックス







# 非走光性突然変異の研究

## 第2ステージ

どこに 異常があるのか？（場所）

眼？ 脳？

運動神経？ 筋肉？

どんな 異常があるのか？（性質）

特定の細胞が存在しない？

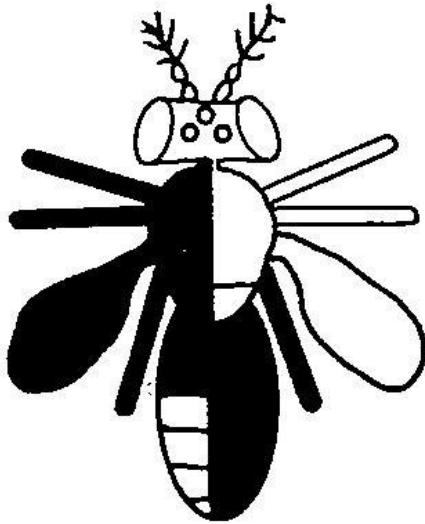
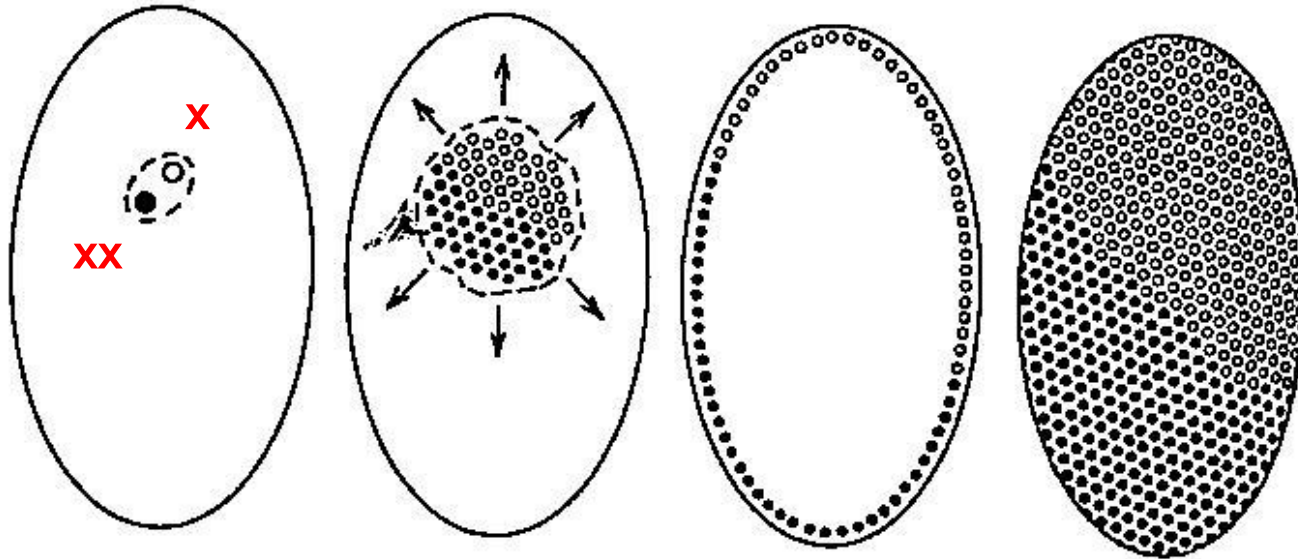
分化しない？

分化するが死んだ？

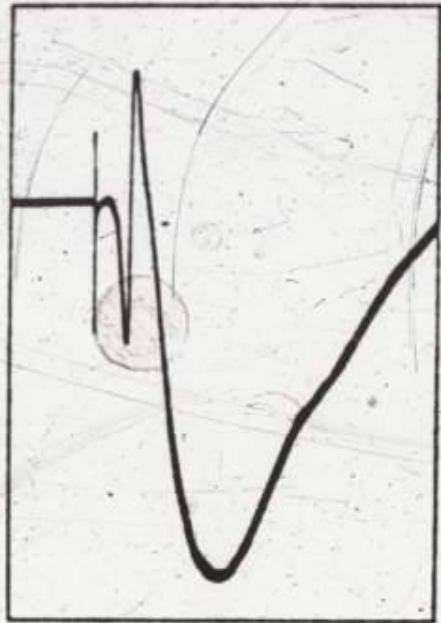
違う細胞に分化した？

ビタミンA欠乏・・・？





‡ Hotta & Benzer, Nature, vol 240, 527–535, copyright (1972)

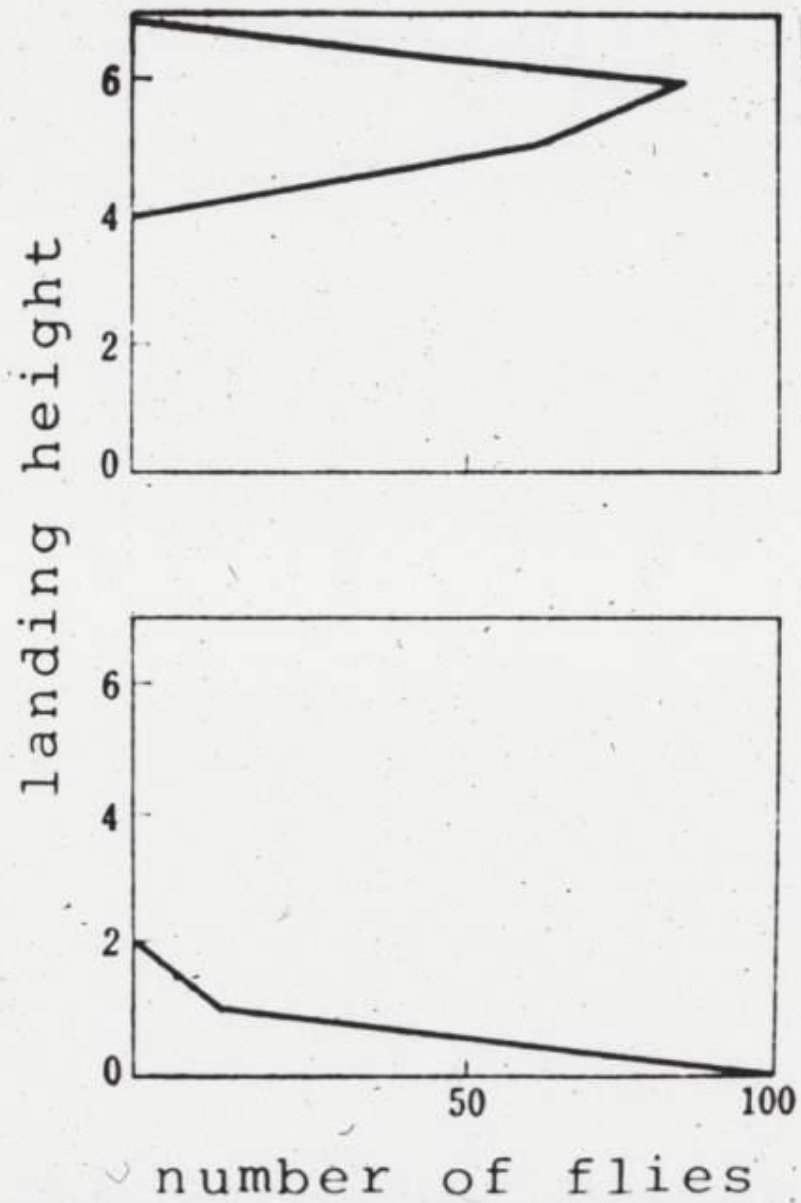
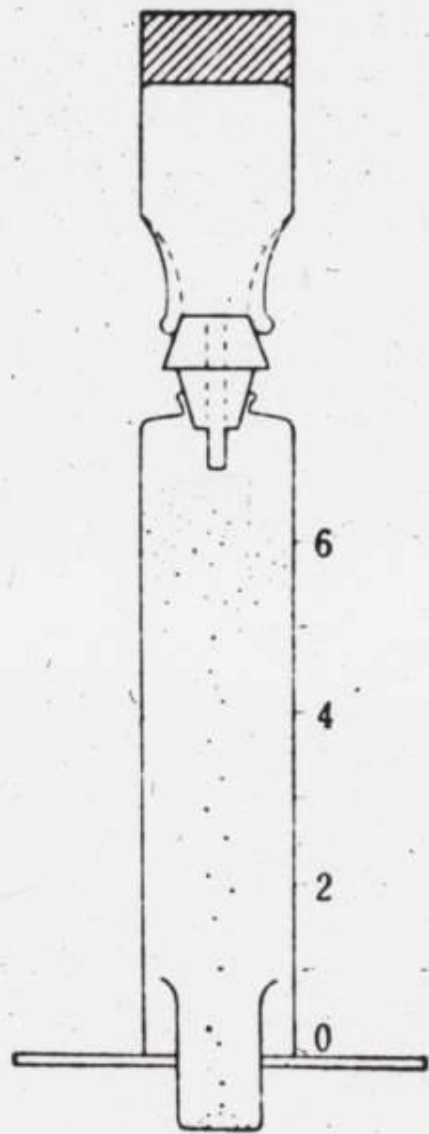


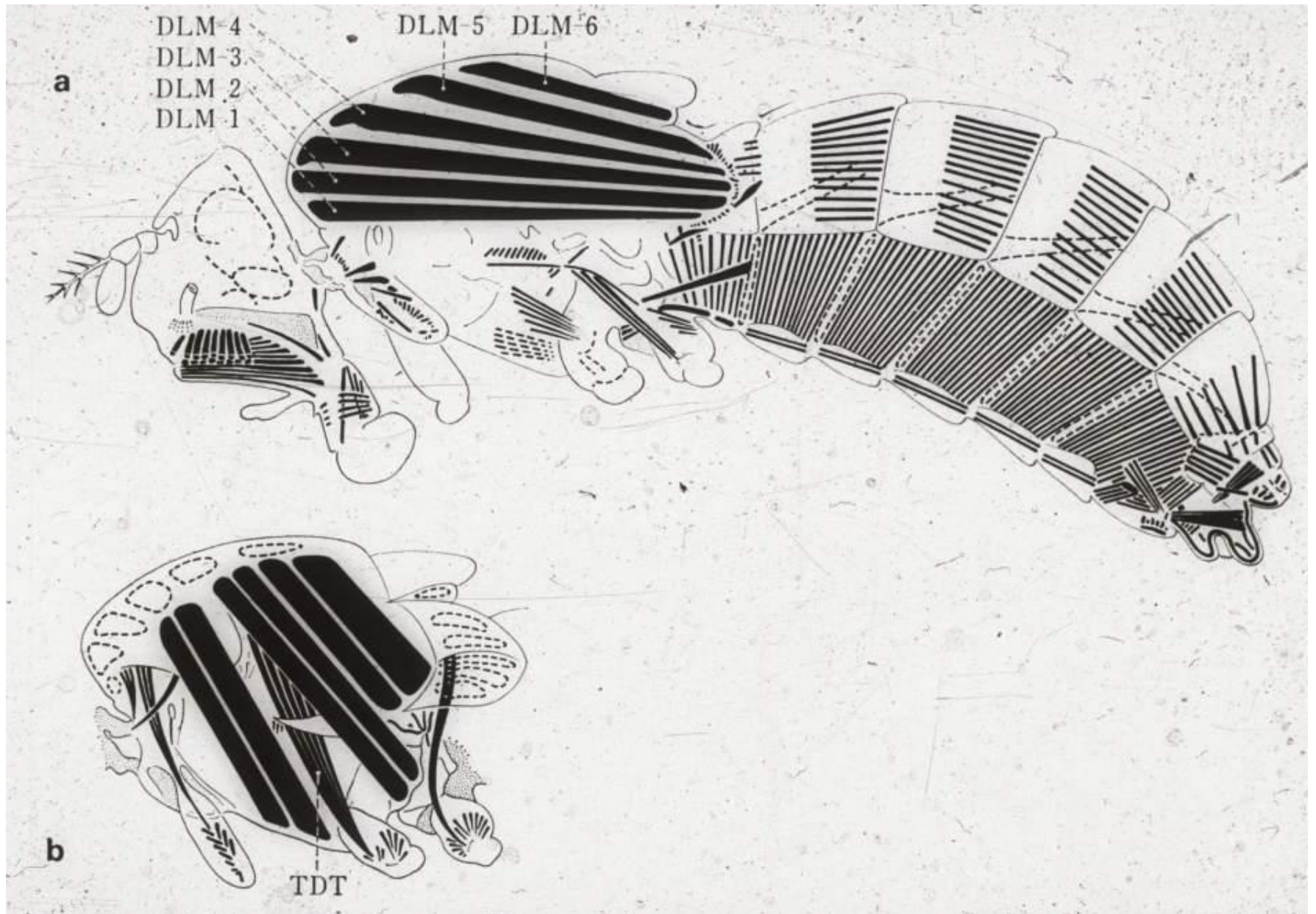
left eye  
( normal )

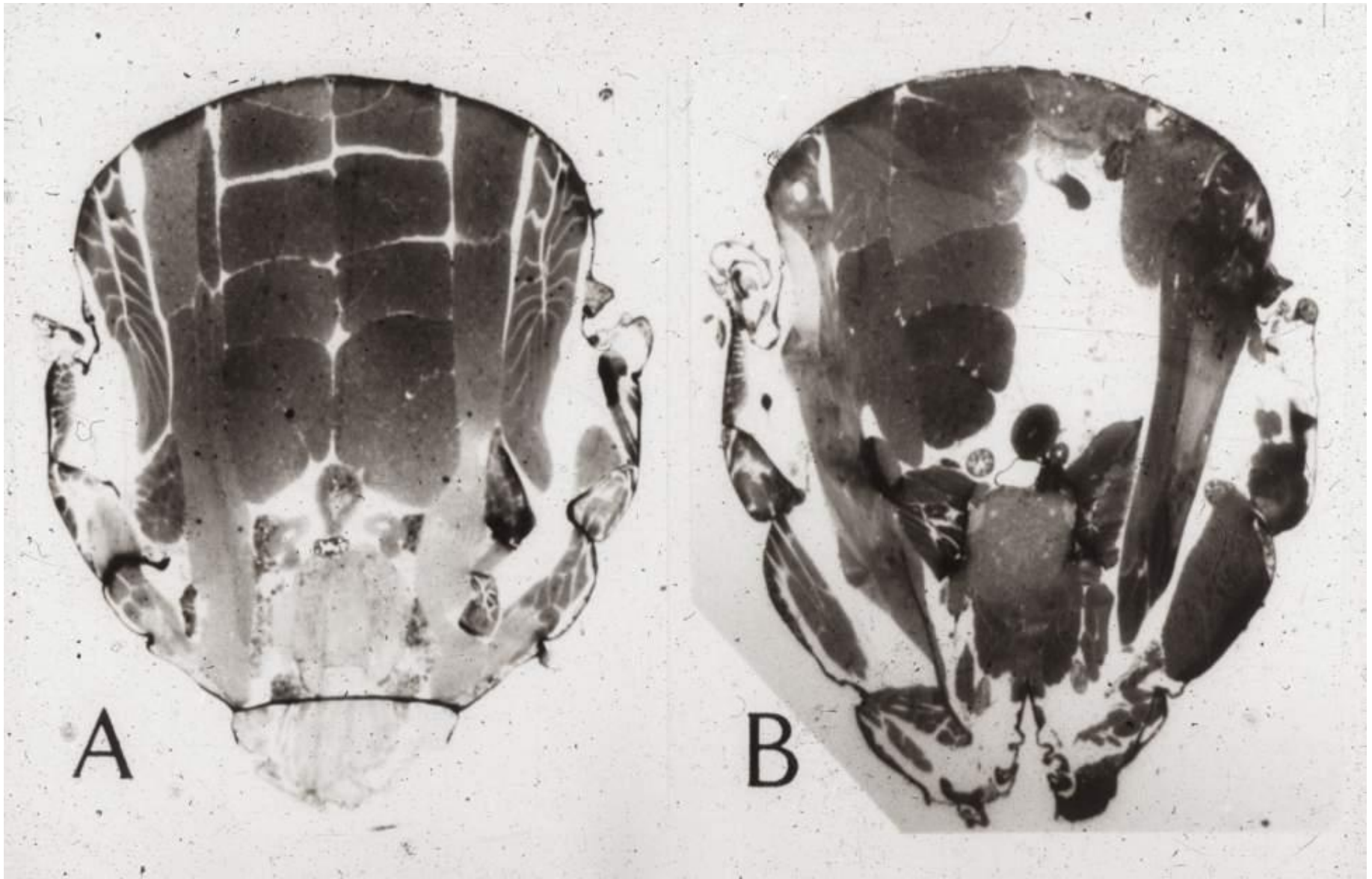


right eye  
(mutant rdgA)







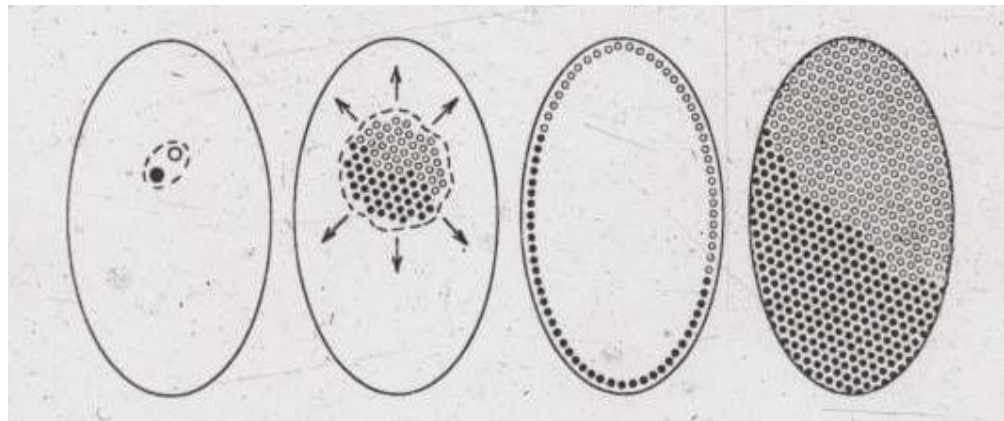


著作権の都合により、  
ここに挿入されていた画像を削除しました。

昆虫の行動と適応：遺伝学と生態学の接点を目指して / 大島長造編  
出版者: 培風館  
出版年 1974  
P119 図6-2C

著作権の都合により、  
ここに挿入されていた画像を削除しました。

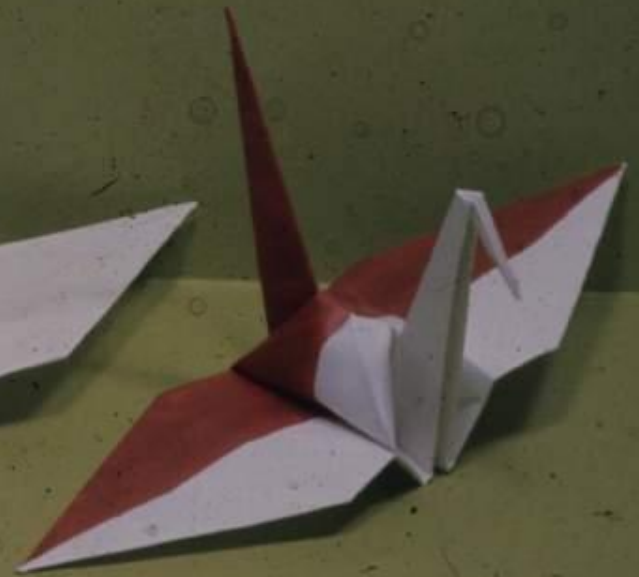
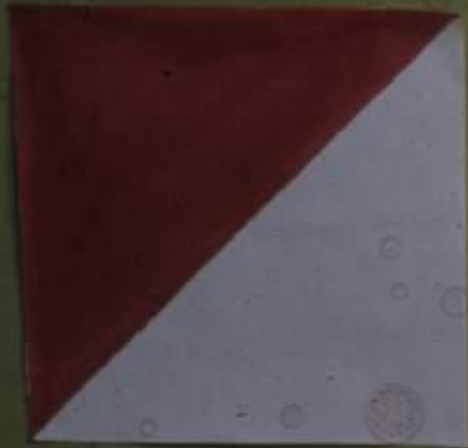
昆虫の行動と適応：遺伝学と生態学の接点を目指して / 大島長造編  
出版者: 培風館  
出版年 1974  
P122-123 図6-4(1)&(2)

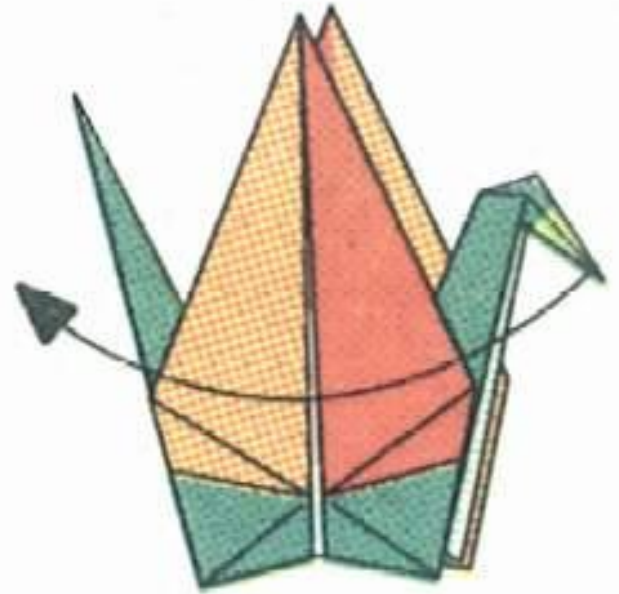


✦ Hotta & Benzer, Nature, vol 240, 527-535, copyright (1972)

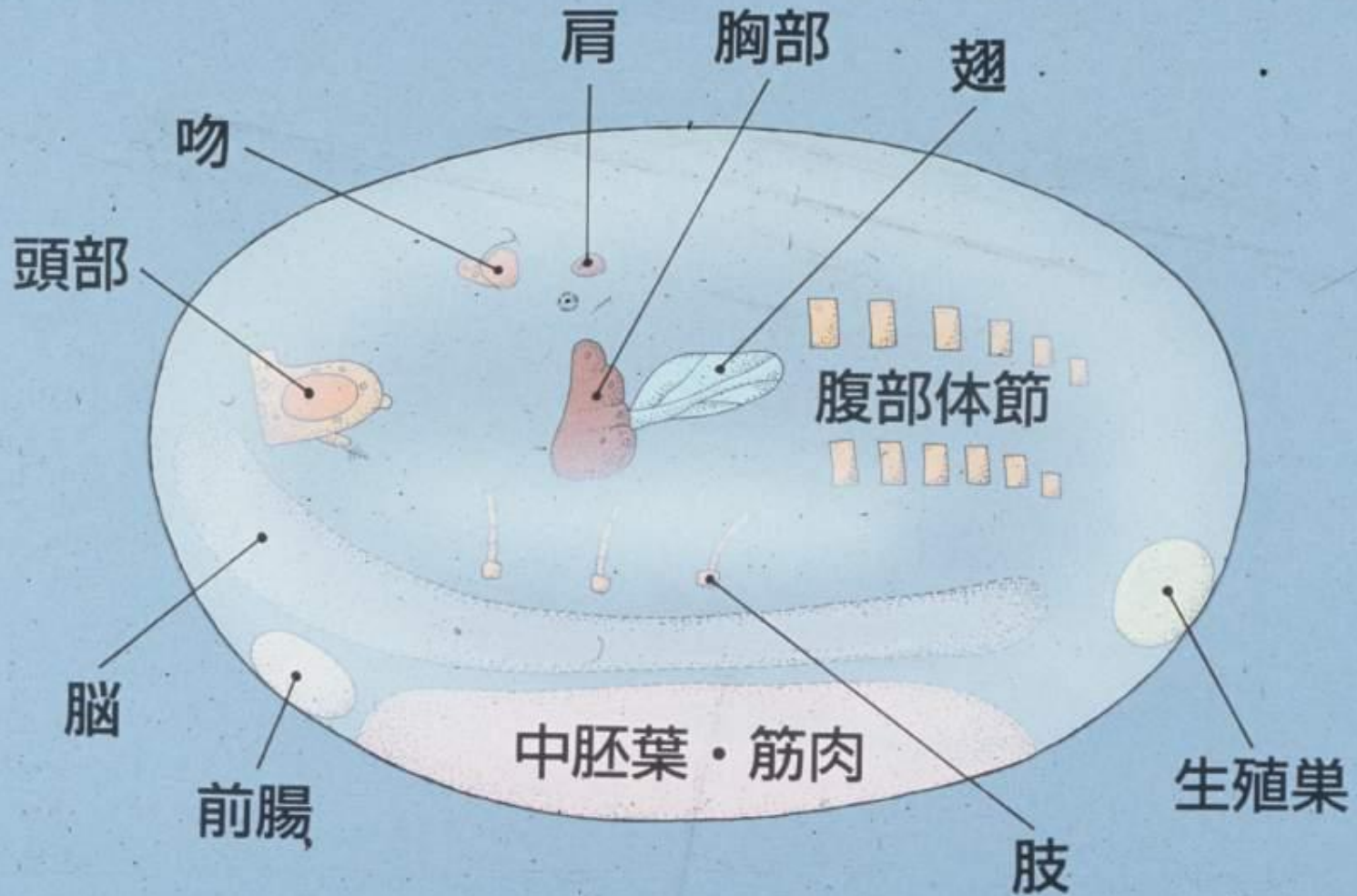
著作権の都合により、  
ここに挿入されていた画像を削除しました。

昆虫の行動と適応：遺伝学と生態学の接点を目指して  
大島長造編  
出版者：培風館  
出版年 1974  
P117 図6-1

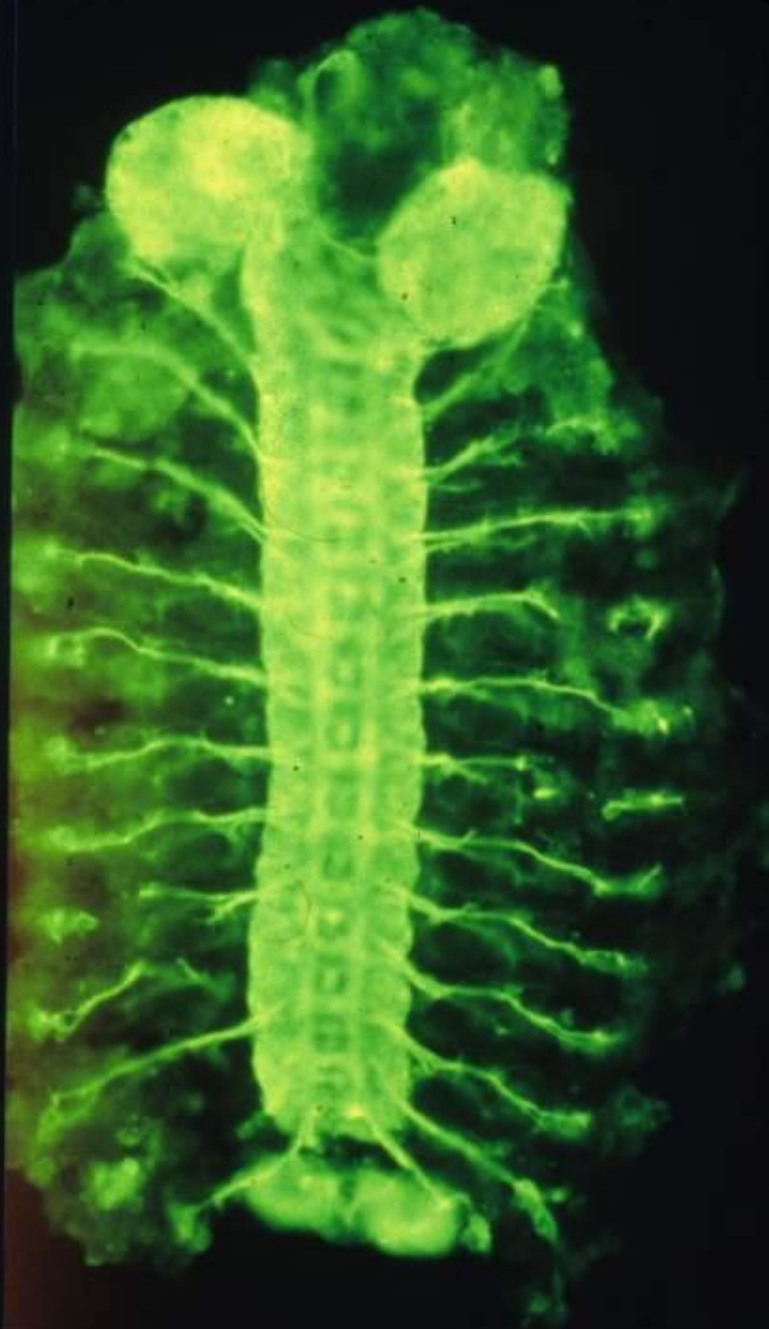


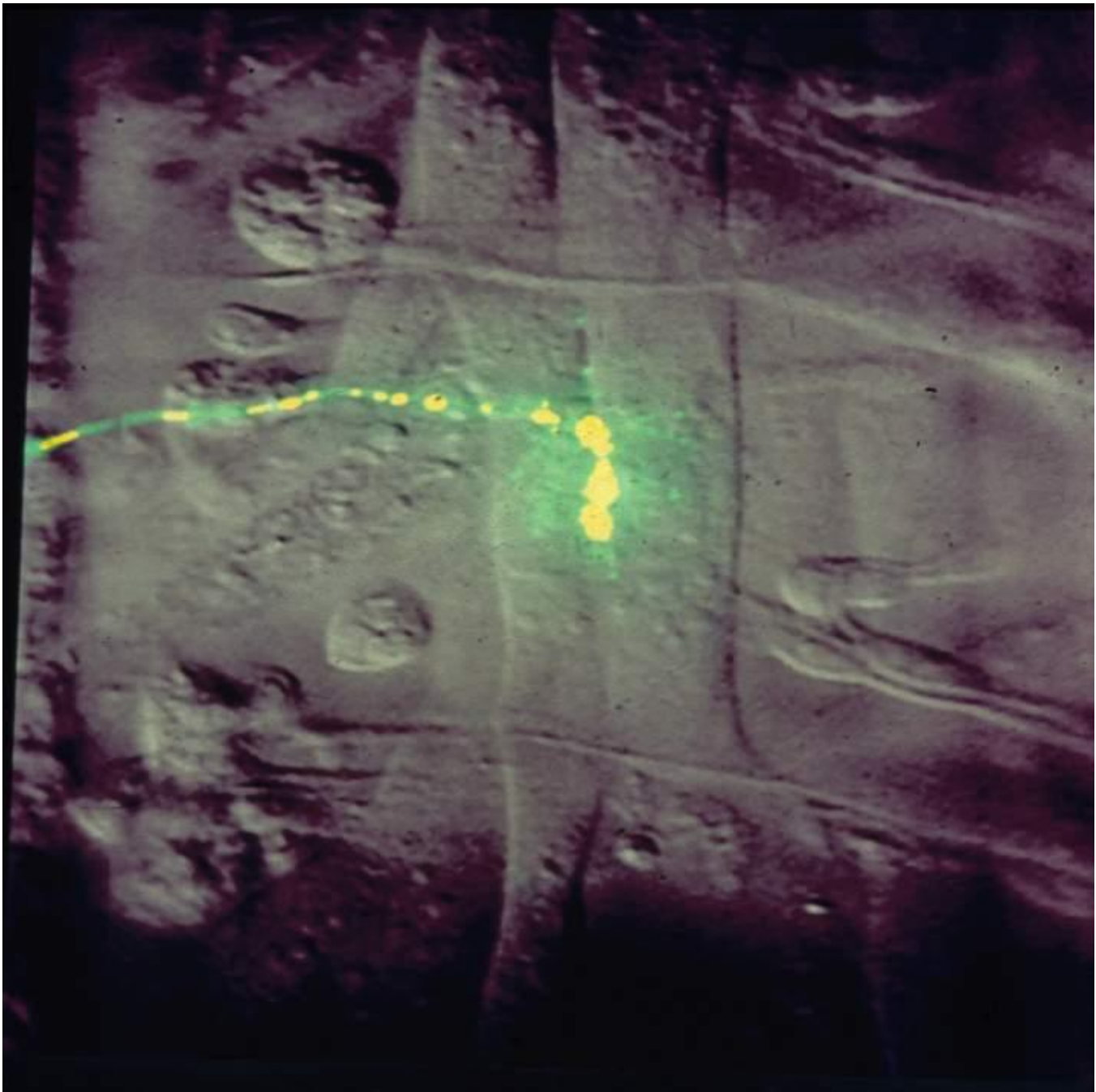


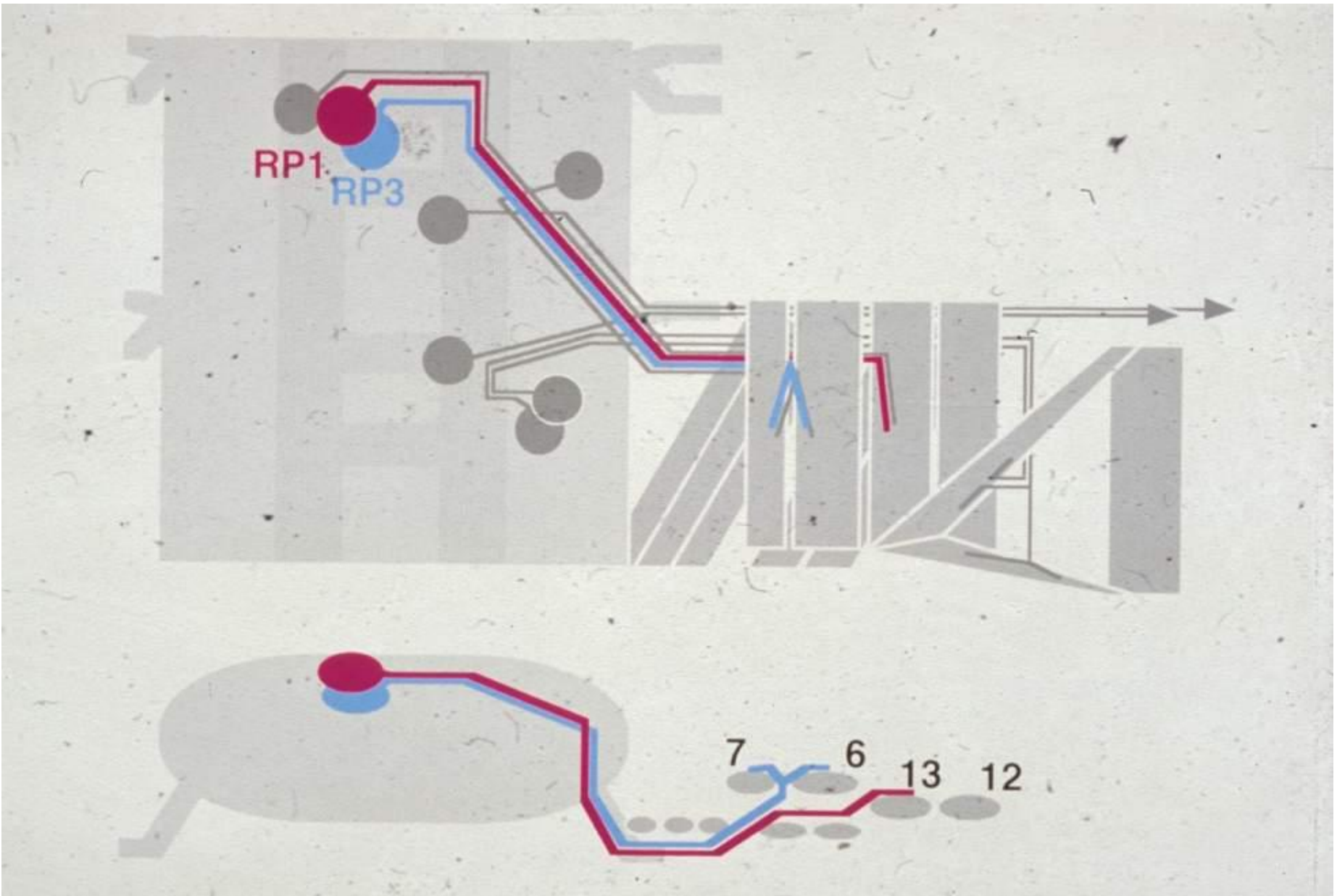
# ショウジョウバエの胞胚運命予定図





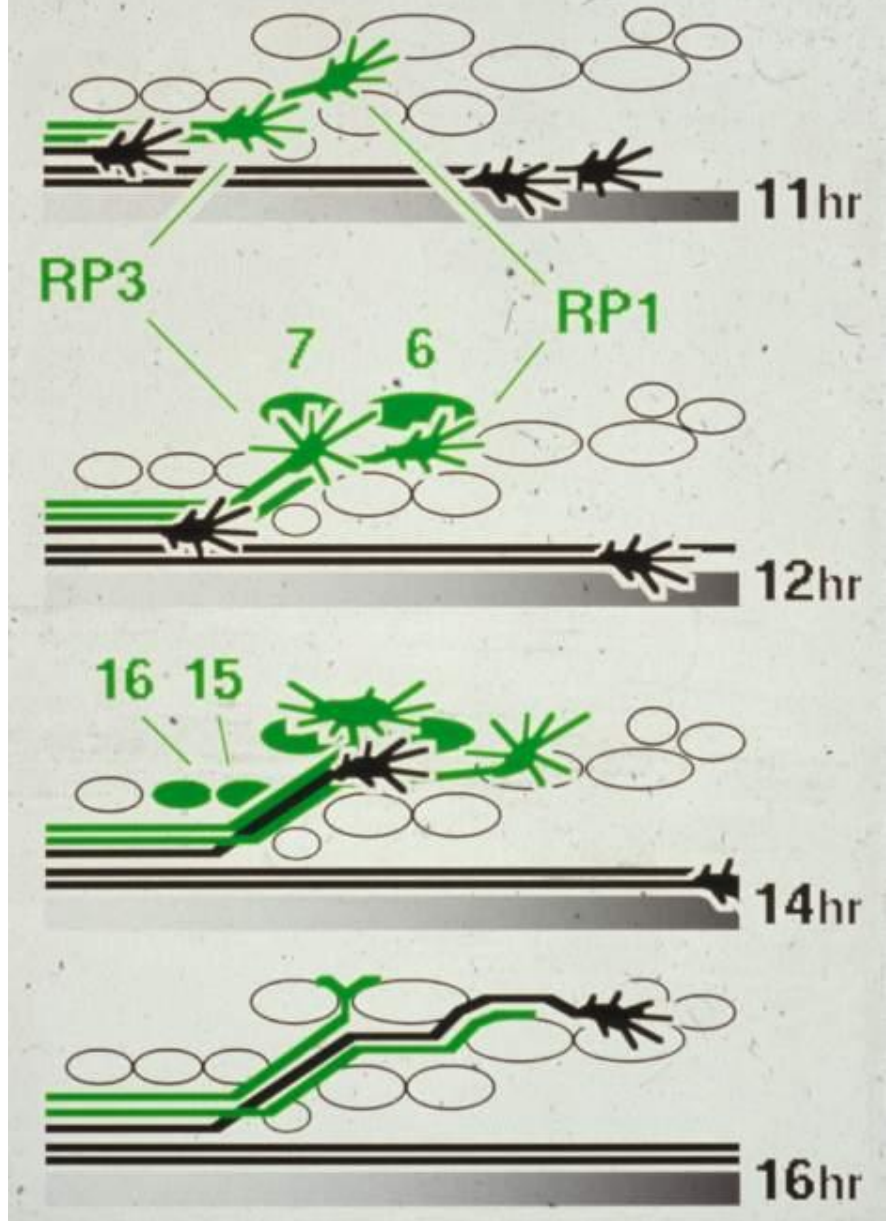






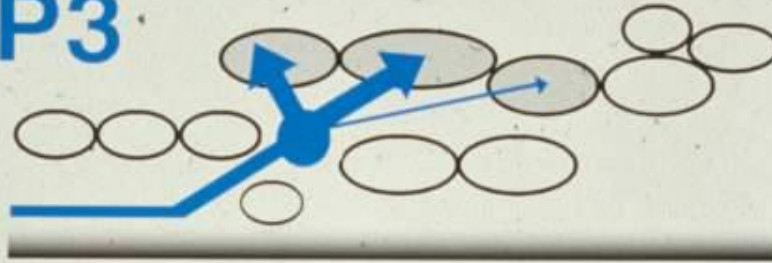
‡ Chiba et al., Nature 374, 6518,166–168, (1995)

# Fasciclin III

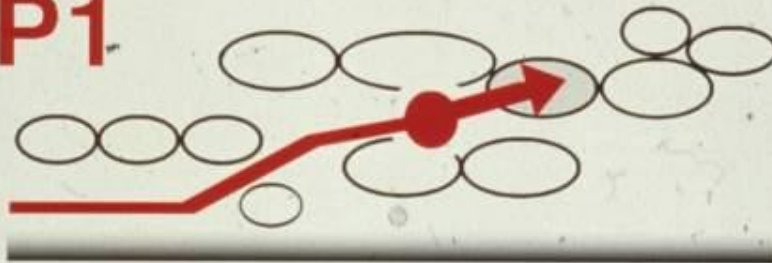


# *fasciclin III null*

RP3



RP1



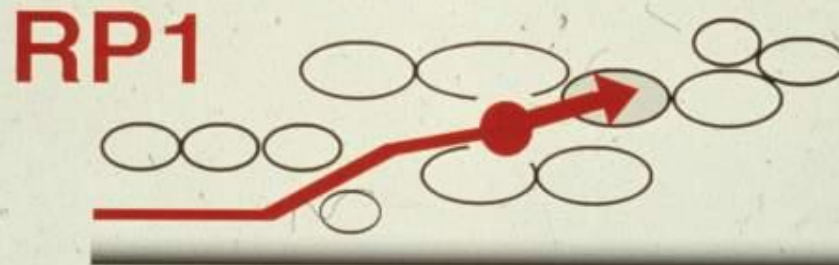
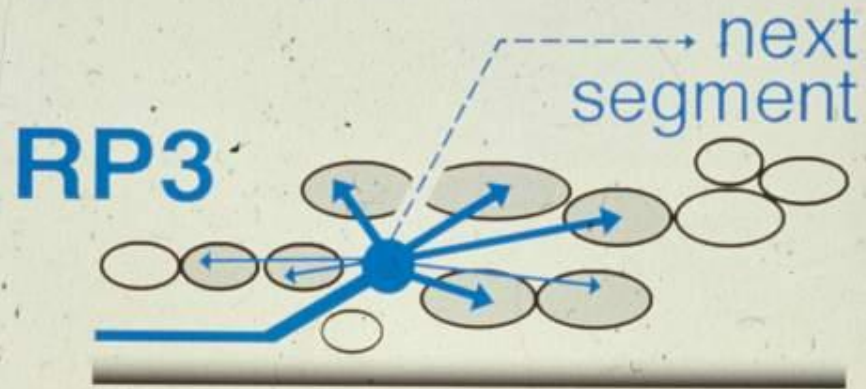
Fasciclin III

RP3



RP1

# Mhc'-fasciclin III



# 大革命 その三

## 21世紀初頭 ゲノム時代到来

- 生物ゲノムの全解読
- 比較ゲノム ・ 生命進化
- 生命の本質的理解
- 社会的応用 ・ 医療への応用

# いわゆる科学の常識

精密な記載 → 捨象 → 抽象化  
(捨象と抽象の仕方に創造性！)  
法則としての定式化  
(一を聞いて十を知る！)  
ほんの一部を見る実験の工夫！！

## ゲノム学の特徴

全部を見てしまおう！！  
(量とスピードが重要！)  
(コンピューターの発展)

新しい科学のスタイルか？

# 生命科学が直面する問題

DNAによる統一論 → 分子の博物学

素子 → システム・ネットワーク

新しい方法論の必要性

(数学・情報科学・解析技術)

基礎科学 → 応用への流れ

# 決定論でどこまで押せるか？

人の脳は決定論的思考を得意とする  
非決定的現象も決定論で理解する  
(物理学の進歩を参考に)

ニュートン力学 → 量子力学

生物の非決定的な性質も  
遺伝子が決定している。

決定論(遺伝子)vs.非決定論(環境)

遺伝子は生物の非決定的な  
範囲も決定している

例えば “言語”

能力は先天的 内容は後天的

遺伝子は “脳言語” をコード

# 参考

堀田 凱樹・酒井 邦嘉著 (2007)

「遺伝子・脳・言語」サイエンス・カフェの愉しみ 中公新書

私の研究内容の一部は立花隆さんの下記の著作などに出  
ています。専門的すぎるかも知れませんが、ご参考まで。

立花 隆：100億年の旅(I. 遺伝子で脳を究める)p.11-26  
朝日新聞社(1998)

立花 隆：サイエンスミレニアム(遺伝子でさぐる脳形成の謎)  
p.157-186 中央公論新社(1999)