私はなぜ統合データベースを立ち上げたのか ～ 2050年に向けて

堀田凱樹（情報・システム研究機構長）
yhotta@rois.ac.jp

１９６３	東大・医　卒
１９６７	東大・医・大学院卒
１９６７－７２	カリフォルニア工科大学
１９７２－９８	東大・理・物理学科
１９９８－２００４	国立遺伝学研究所
２００４－　現在	情報・システム研究機構

ＤＢＣＬＳ主催シンポジウム　2010.10.05　（東京）

“ライフサイエンスの未来へ　１０年先のデータベースを考える”

(cc) BY © 2010 堀田　凱樹(情報･システム研究機構) licensed by CC表示2.1日本

複雑なシステムの理解法

分析　と　総合

© 2010 堀田　凱樹(情報・システム研究機構) licensed by CC表示2.1日本

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、ゲノム学

  個々の要素の“和”として全体を理解

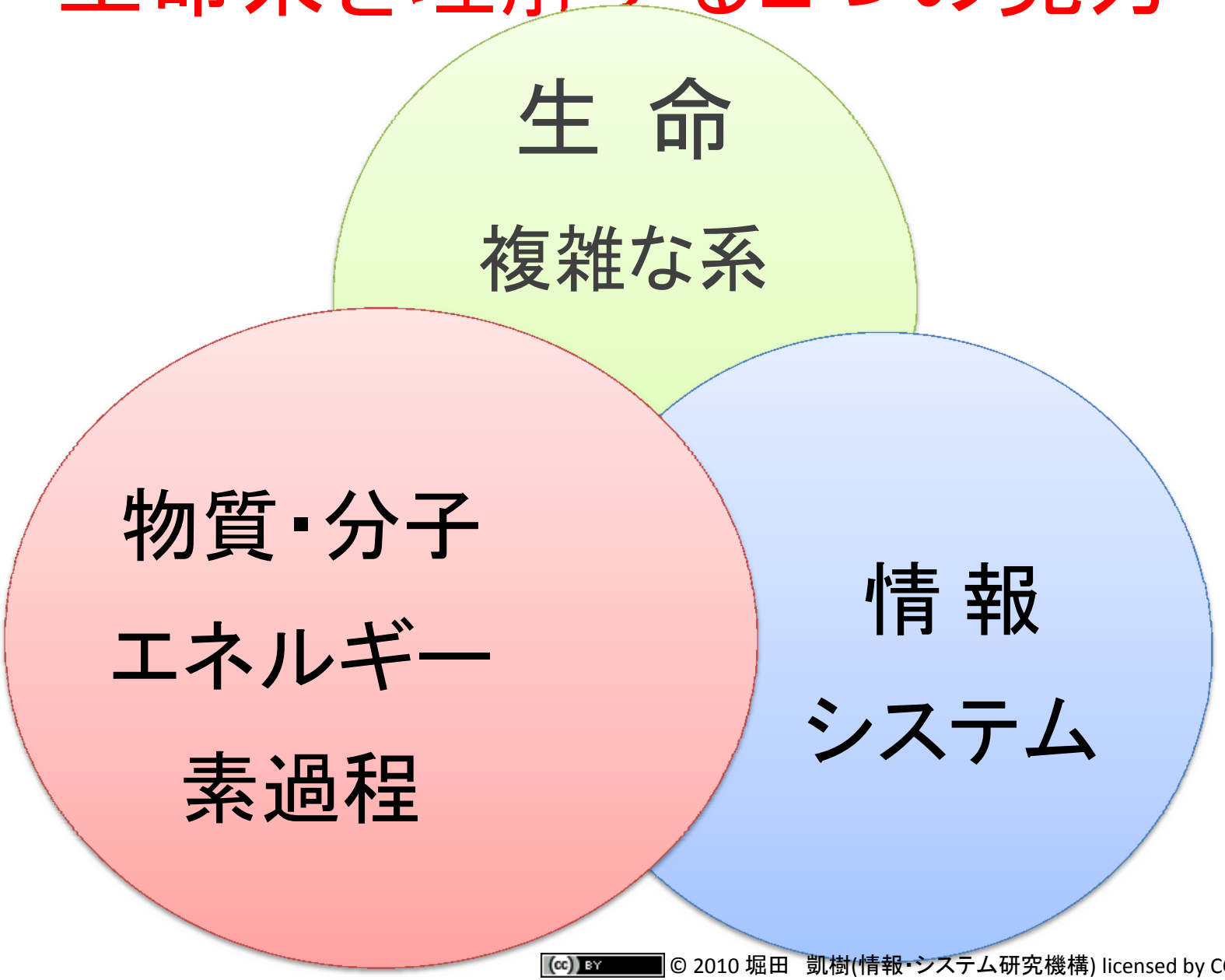
- システムを丸ごと理解する

  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

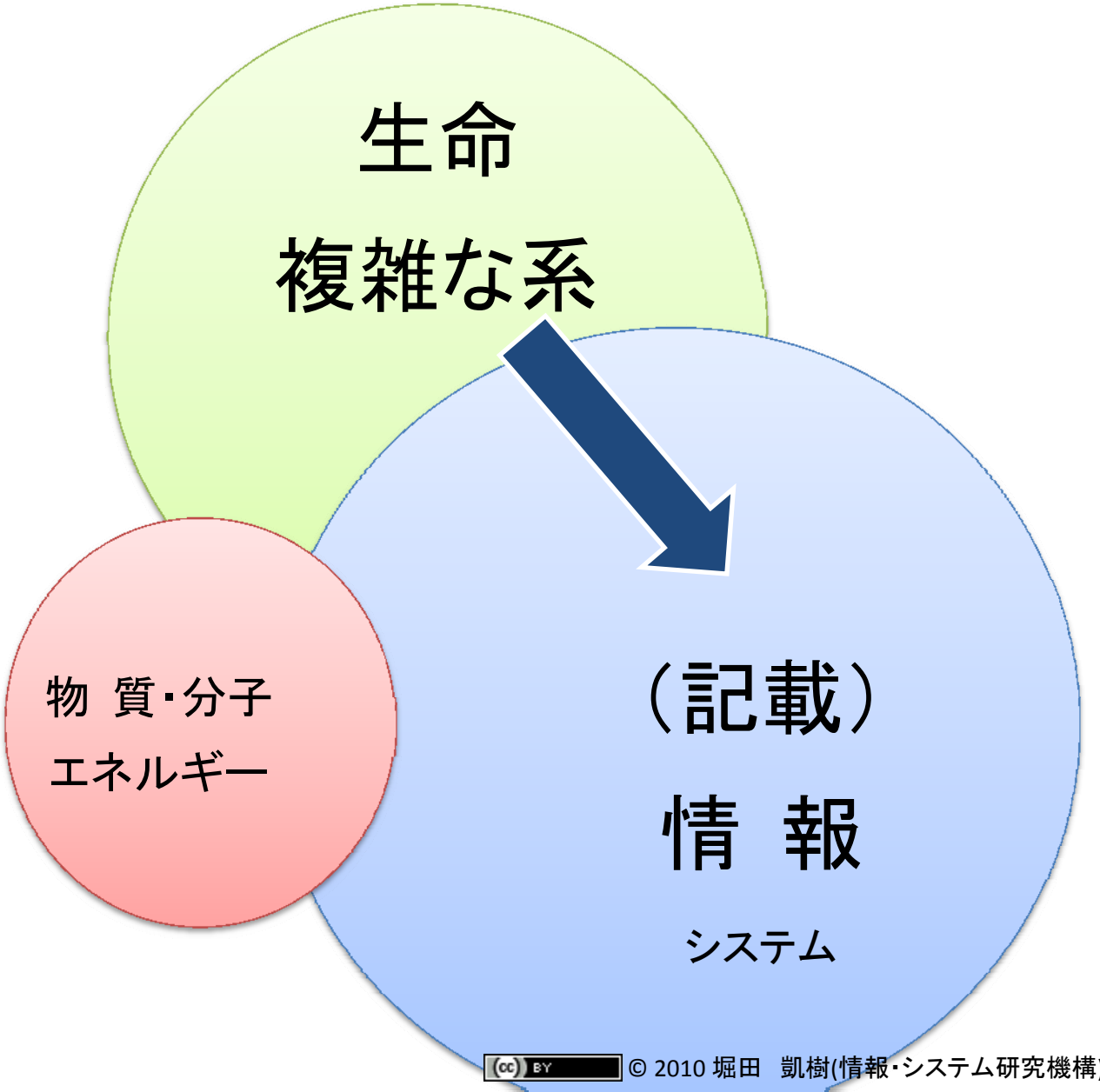
© 2010 堀田　凱樹(情報・システム研究機構) licensed by CC表示2.1日本

生命系を理解する2つの見方



© 2010 堀田　凱樹(情報・システム研究機構) licensed by CC表示2.1日本

古典博物学　記載の時代



© 2010 堀田　凱樹(情報・システム研究機構) licensed by CC表示2.1日本

生命科学の第一革命

19世紀末～20世紀初頭

ダーウィンの進化論

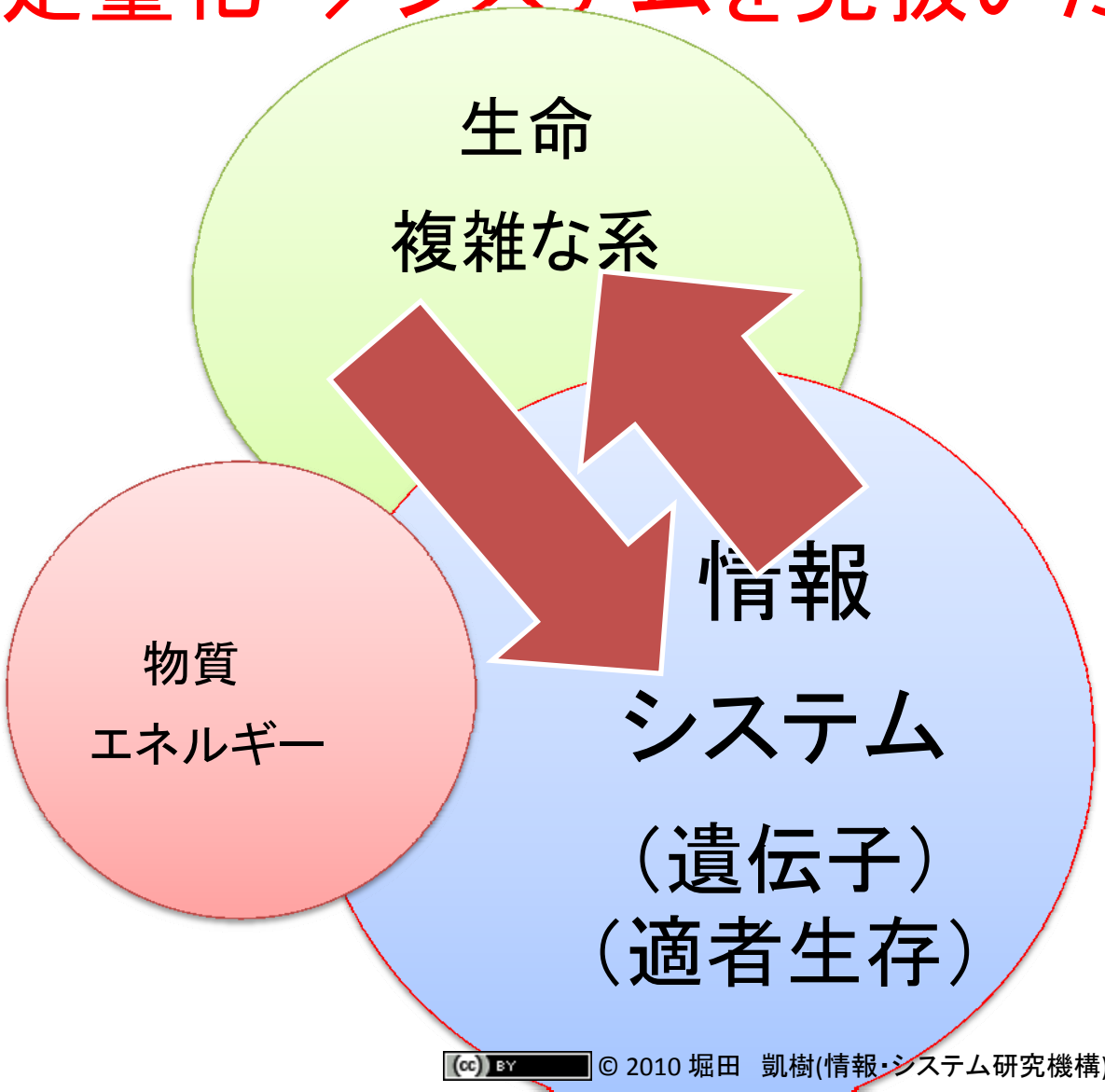
メンデル法則の再発見

種の壁を越えた普遍法則

© 2010 堀田　凱樹(情報・システム研究機構) licensed by CC表示2.1日本

“メンデル とダーウィン”の時代

観察と定量化 → システムを見抜いた！！



© 2010 堀田　凱樹(情報･システム研究機構) licensed by CC表示2.1日本

ショウジョウバエ遺伝学の創始者
Thomas Hunt Morgan（１９１７）

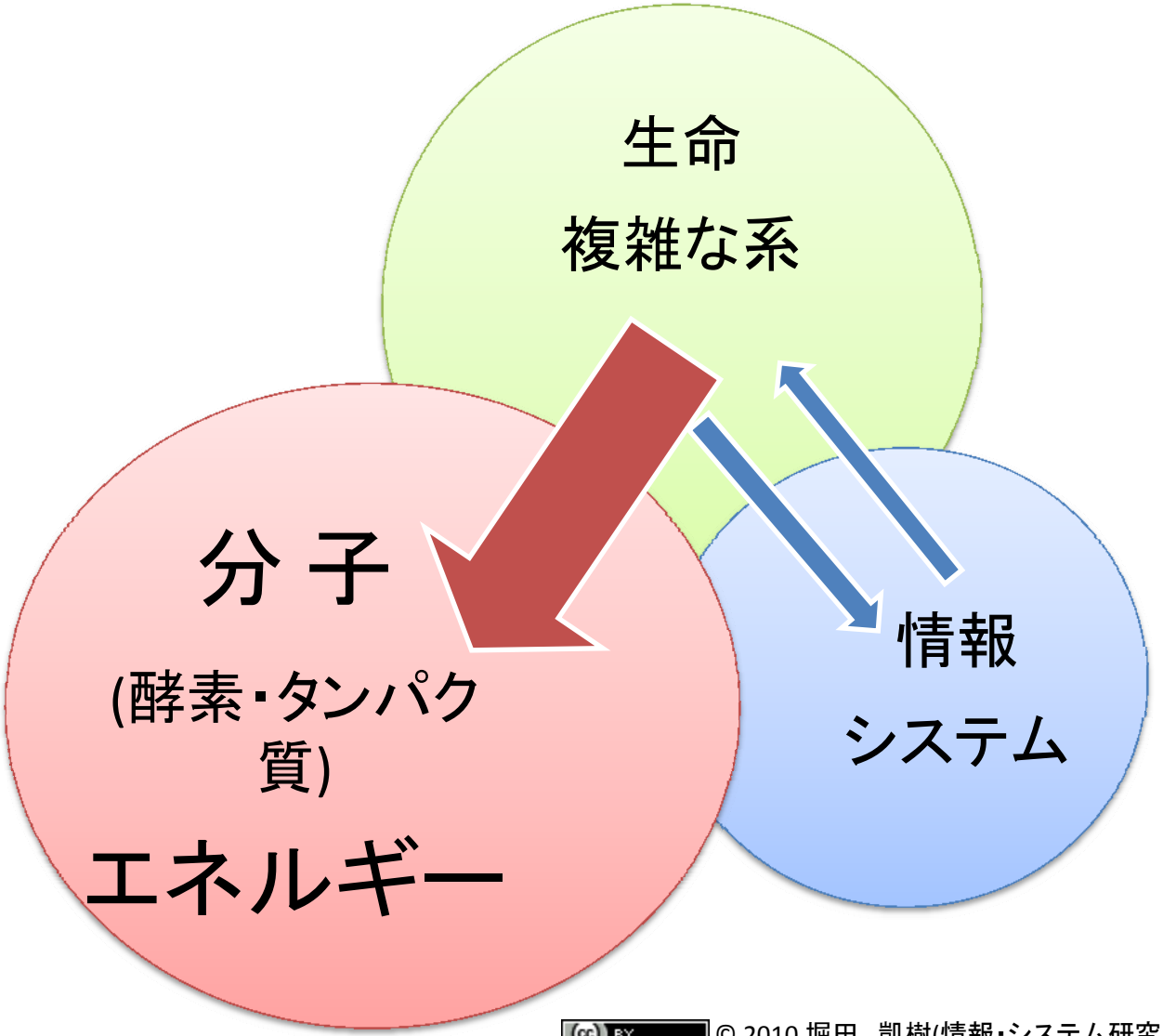
"Physical Basis of Heredity"

「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」

© 2010 堀田　凱樹(情報・システム研究機構) licensed by CC表示2.1日本

分子・エネルギー的理解の発展
（タンパク質・代謝の化学反応・・・・）



© 2010 堀田　凱樹(情報・システム研究機構) licensed by CC表示2.1日本

生命科学の第二革命

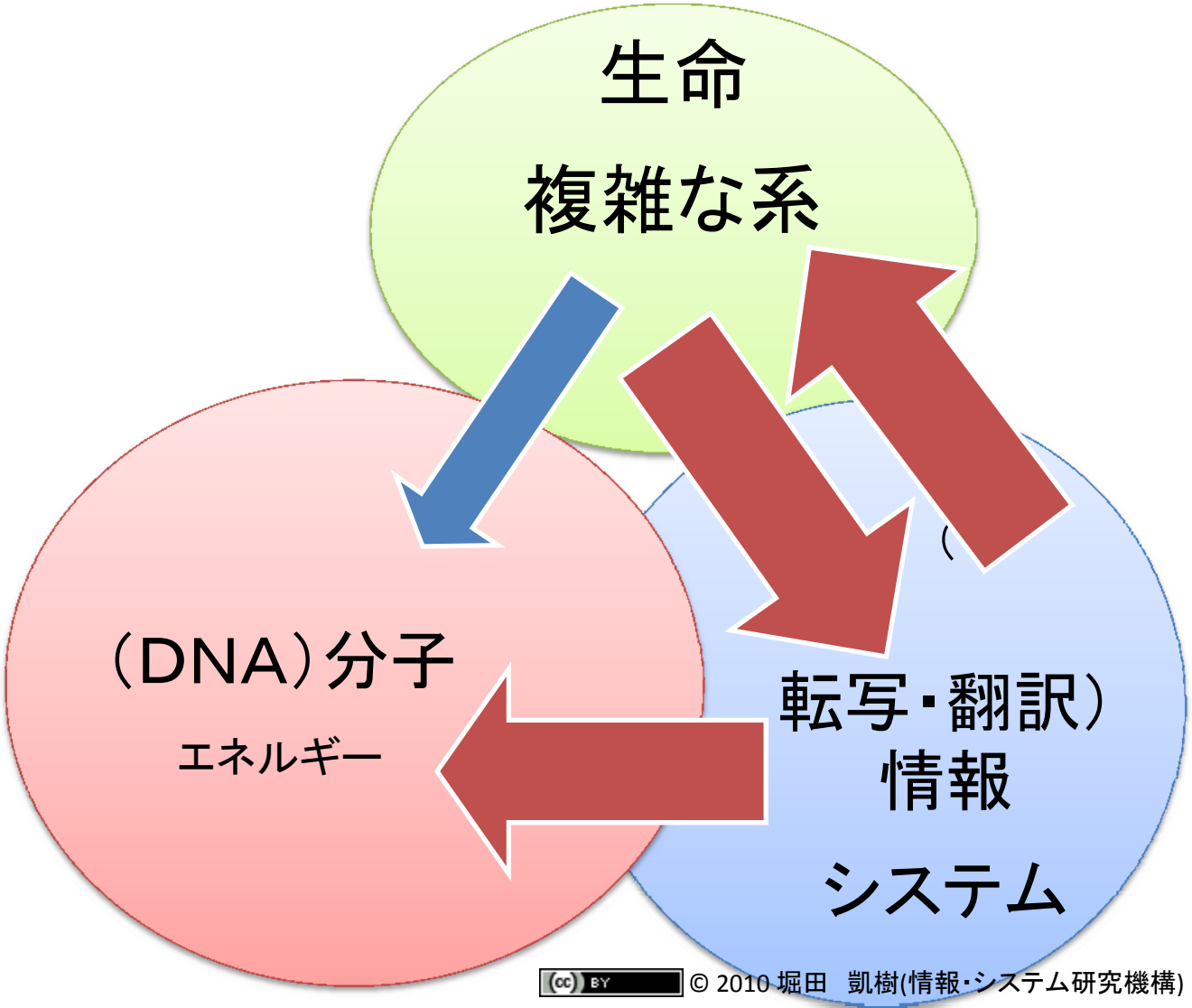
１９５３　ＤＮＡ二重らせん

（相補性　ポジとネガ）
（高い対称性 と 高度な情報量）

→ 複製・転写・翻訳のシステムの理解
進化のシステム的理解

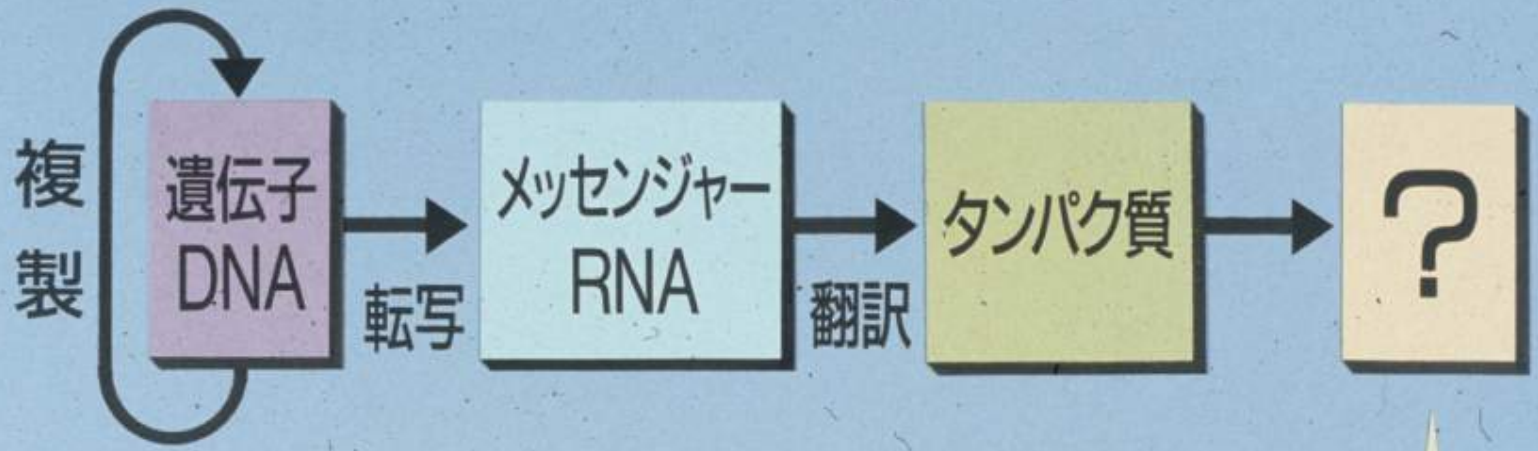
© 2010 堀田　凱樹(情報･システム研究機構) licensed by CC表示2.1日本

遺伝情報(DNA)の相補性
構造から情報 coding の理解



© 2010 堀田　凱樹(情報・システム研究機構) licensed by CC表示2.1日本

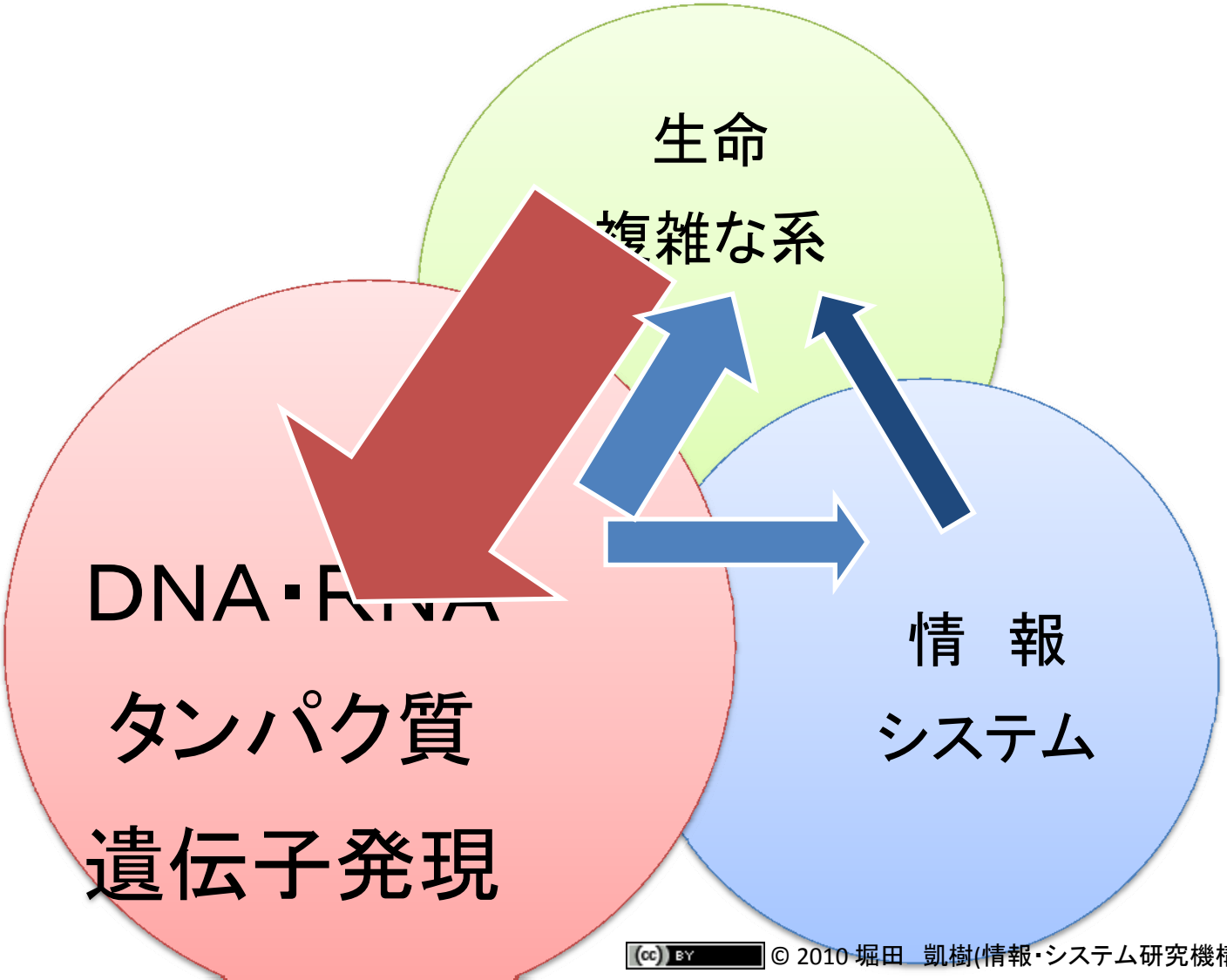
遺伝子の機能



- 多細胞体制の形づくり
  - 細胞分化
  - 形態形成
- 初期胚発生の遺伝子支配

© 2010 堀田　凱樹(情報・システム研究機構) licensed by CC表示2.1日本

遺伝子技術の発展
→ クローニング・遺伝子導入



© 2010 堀田　凱樹(情報・システム研究機構) licensed by CC表示2.1日本

いわゆる科学の常識

精密な記載 → 捨象 → 抽象化
法則の発見（一を聞いて十を知る）

ゲノム学の特徴

全部を見てしまおう！！
（量・スピード・コンピューター）

新しい科学のスタイルか？

© 2010 堀田　凱樹(情報･システム研究機構) licensed by CC表示2.1日本

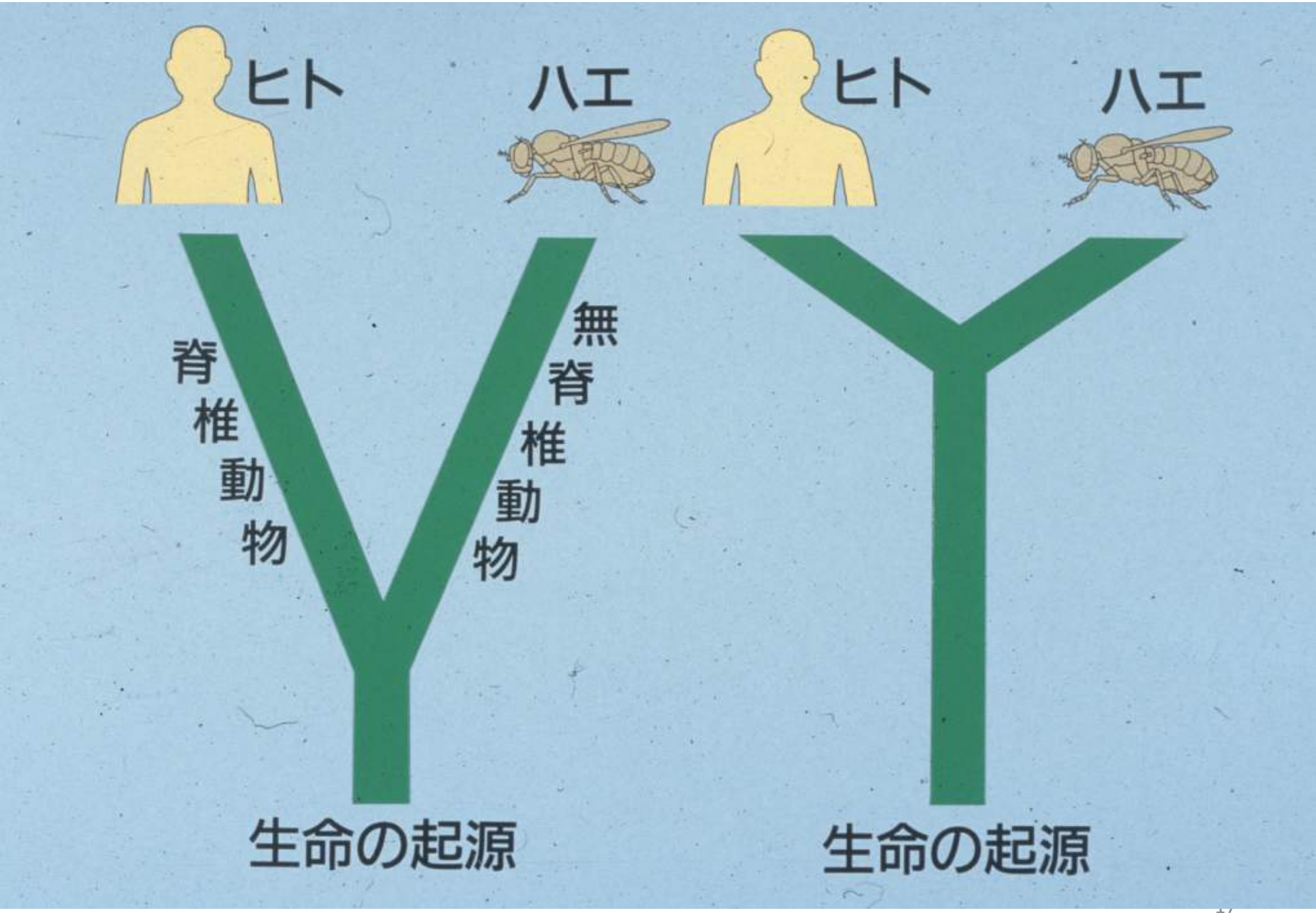
生命科学の第三革命

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

ヒトとハエは似ている
ヒトとチンパンはもっと似ている
ヒトとヒトは？…　個体差

© 2010 堀田　凱樹(情報･システム研究機構) licensed by CC表示2.1日本



© 2010 堀田　凱樹(情報・システム研究機構) licensed by CC表示2.1日本

全遺伝情報の解読（ゲノム時代）
役者はそろったが、シナリオが分からない。

© 2010 堀田　凱樹(情報・システム研究機構) licensed by CC表示2.1日本

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？

？？？？？？？

(cc) BY © 2010 堀田 凱樹(情報・システム研究機構) licensed by CC表示2.1日本

複雑なシステムの理解法

決定論　と　非決定論

© 2010 堀田　凱樹(情報・システム研究機構) licensed by CC表示2.1日本

生命研究の２つの流れ

決定論： 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：発生学　心理学

生物らしさ

細胞間相互作用　学習

現代では両者は統一された（?）

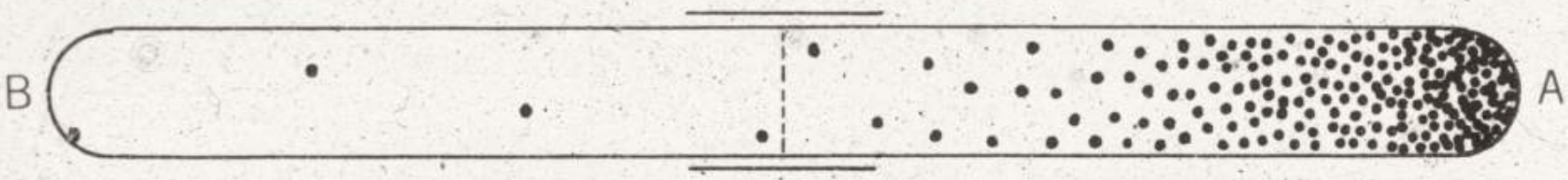
© 2010 堀田　凱樹(情報・システム研究機構) licensed by CC表示2.1日本

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

© 2010 堀田　凱樹(情報・システム研究機構) licensed by CC表示2.1日本



“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

(cc) BY © 2010 堀田　凱樹(情報・システム研究機構) licensed by CC表示2.1日本

非走光性突然変異の研究

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 ？

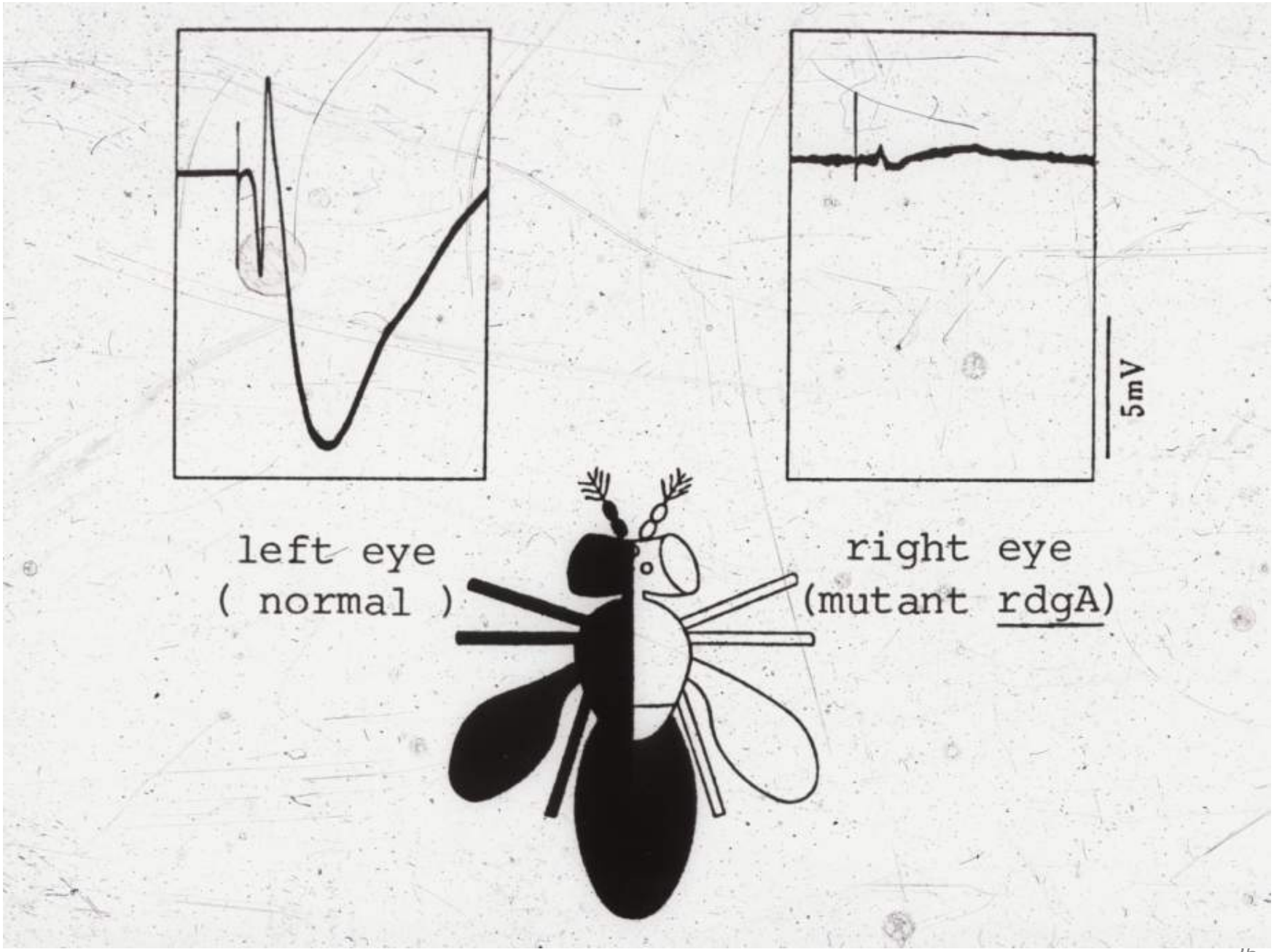
細胞の機能？

神経回路？

ビタミンＡ欠乏・・・・・？

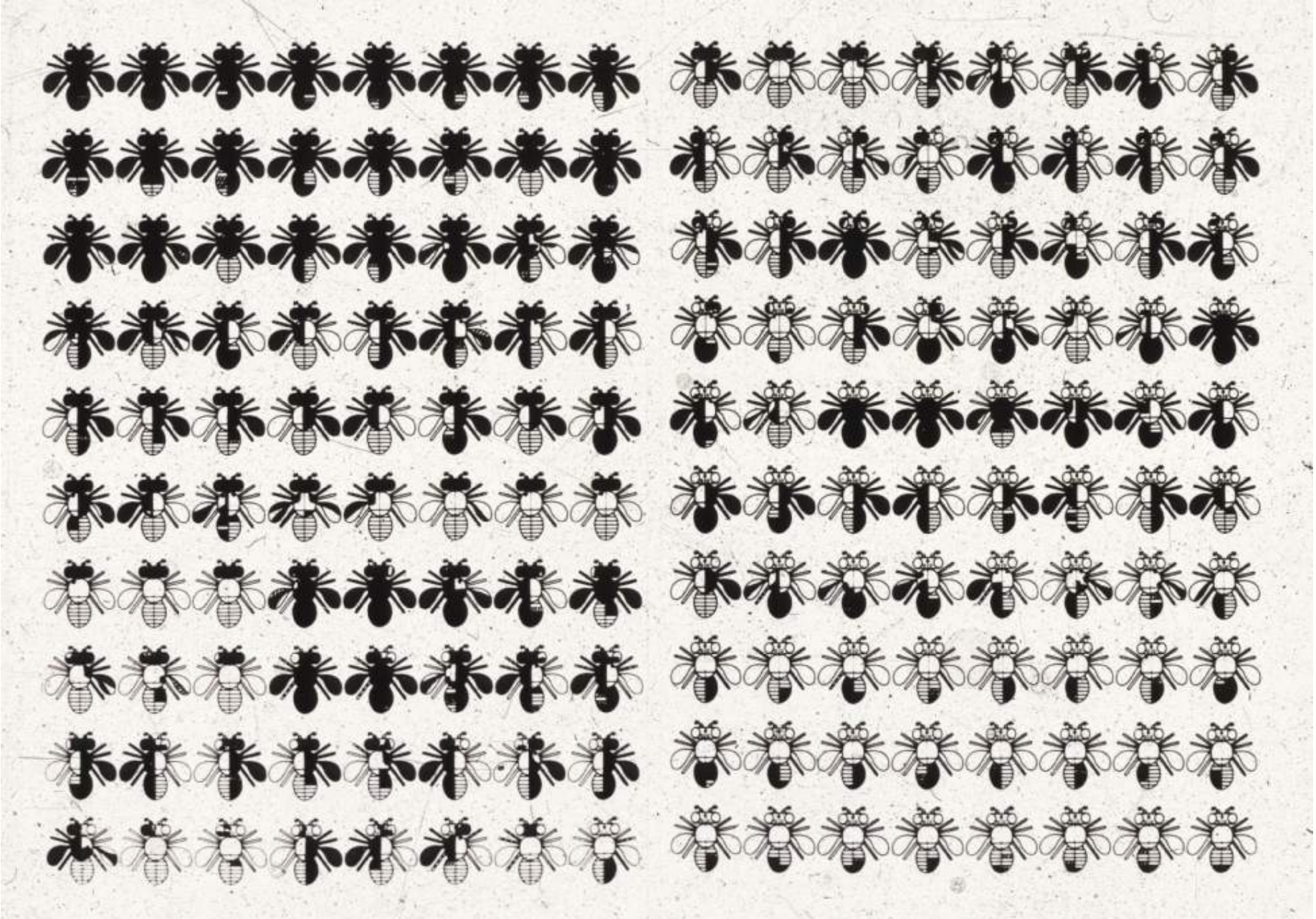
© 2010 堀田　凱樹(情報･システム研究機構) licensed by CC表示2.1日本

© 2010 堀田　凱樹(情報・システム研究機構) licensed by CC表示2.1日本

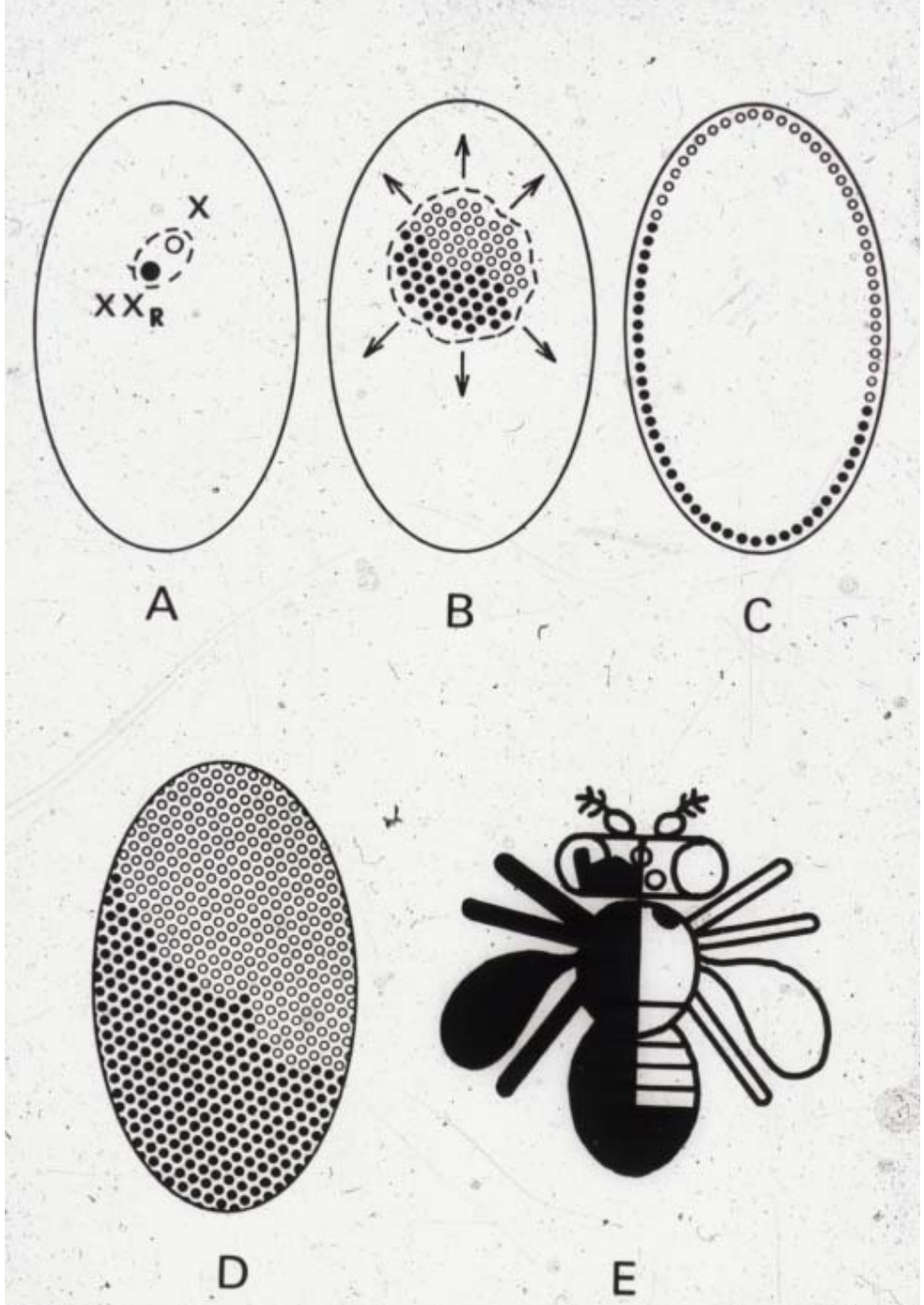


© 2010 堀田　凱樹(情報・システム研究機構) licensed by CC表示2.1日本

© 2010 堀田　凱樹(情報・システム研究機構) licensed by CC表示2.1日本

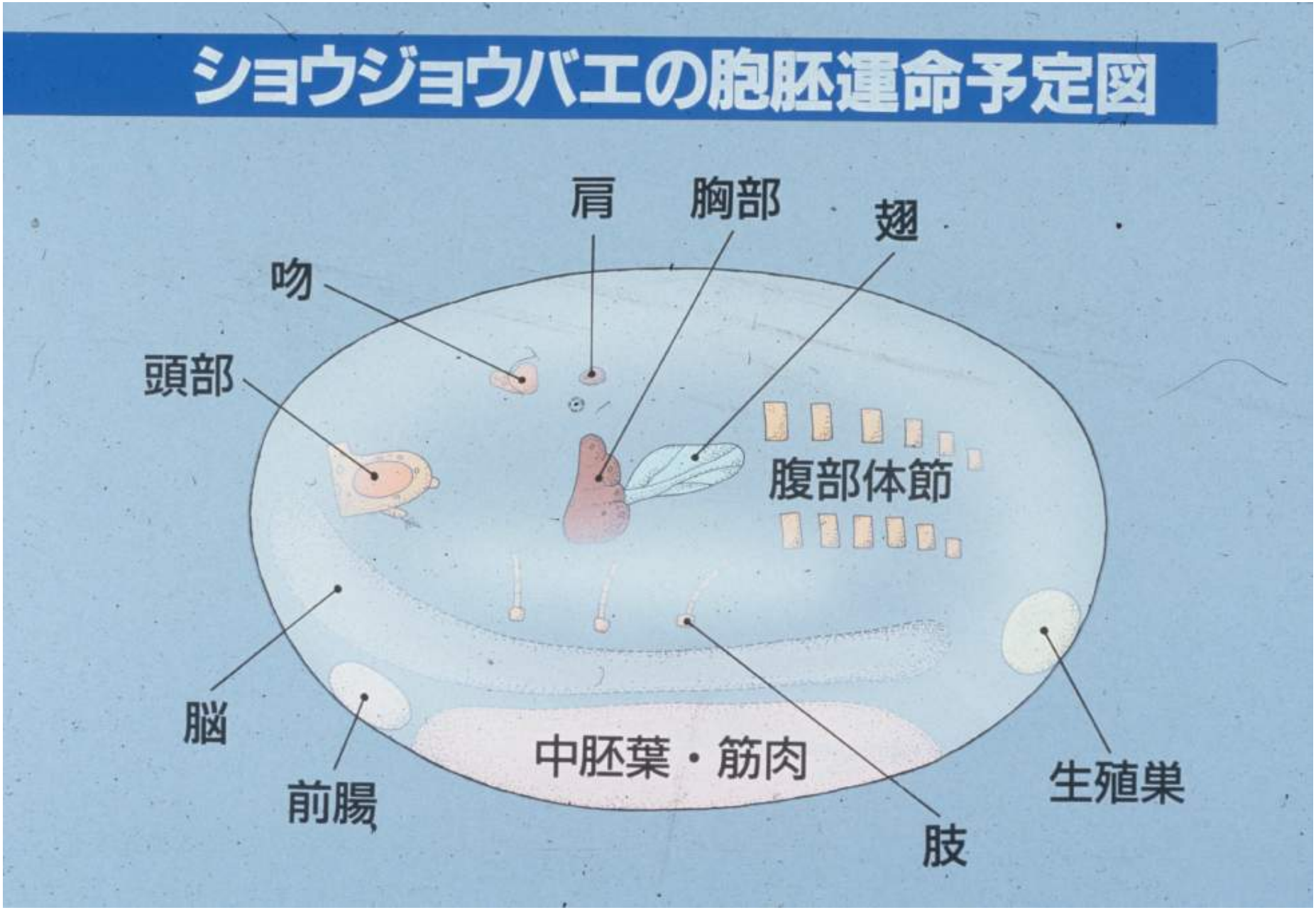


(cc) BY © 2010 堀田　凱樹(情報・システム研究機構) licensed by CC表示2.1日本



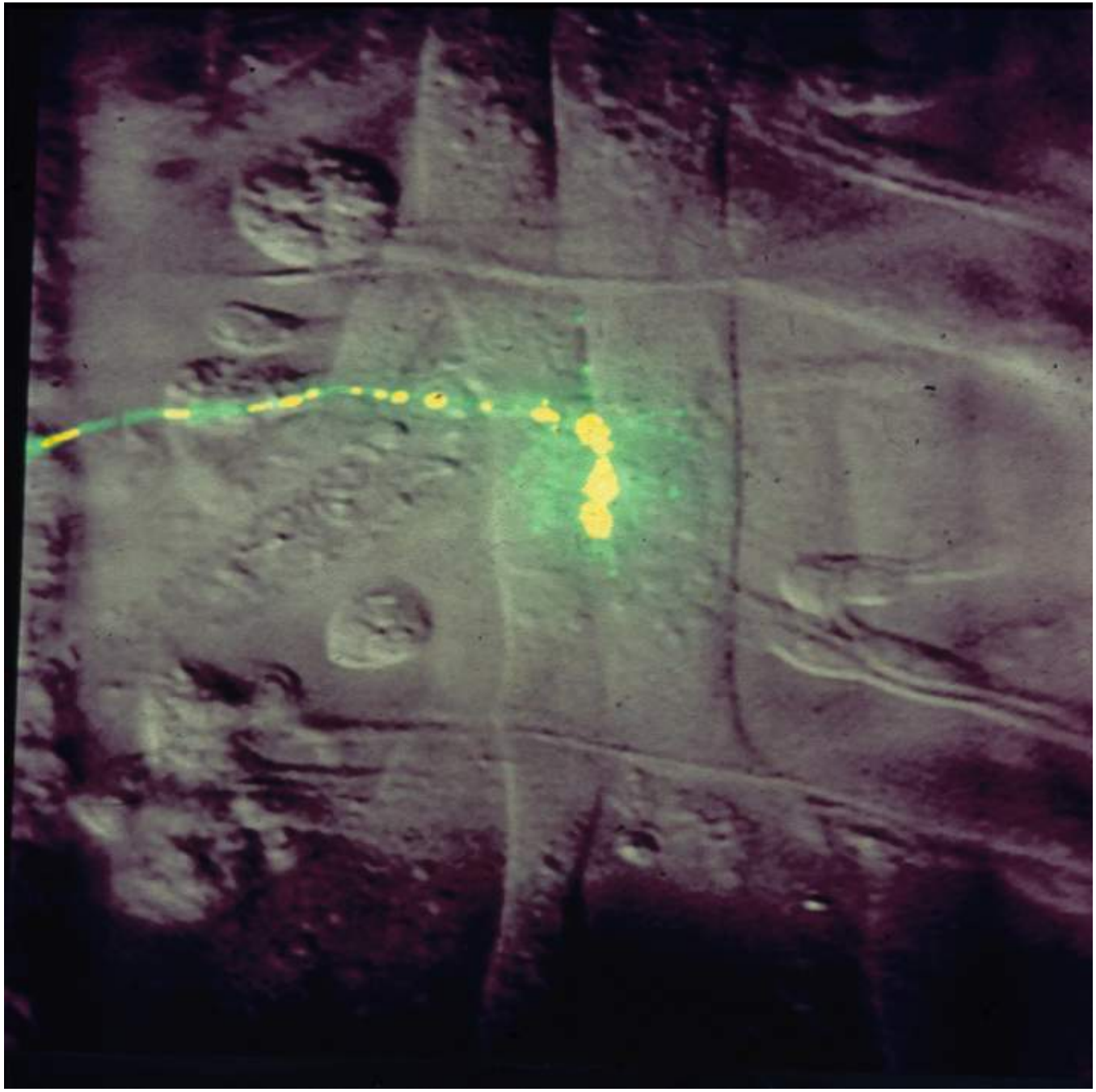
(cc) BY © 2010 堀田　凱樹(情報・システム研究機構) licensed by CC表示2.1日本

ショウジョウバエの胞胚運命予定図

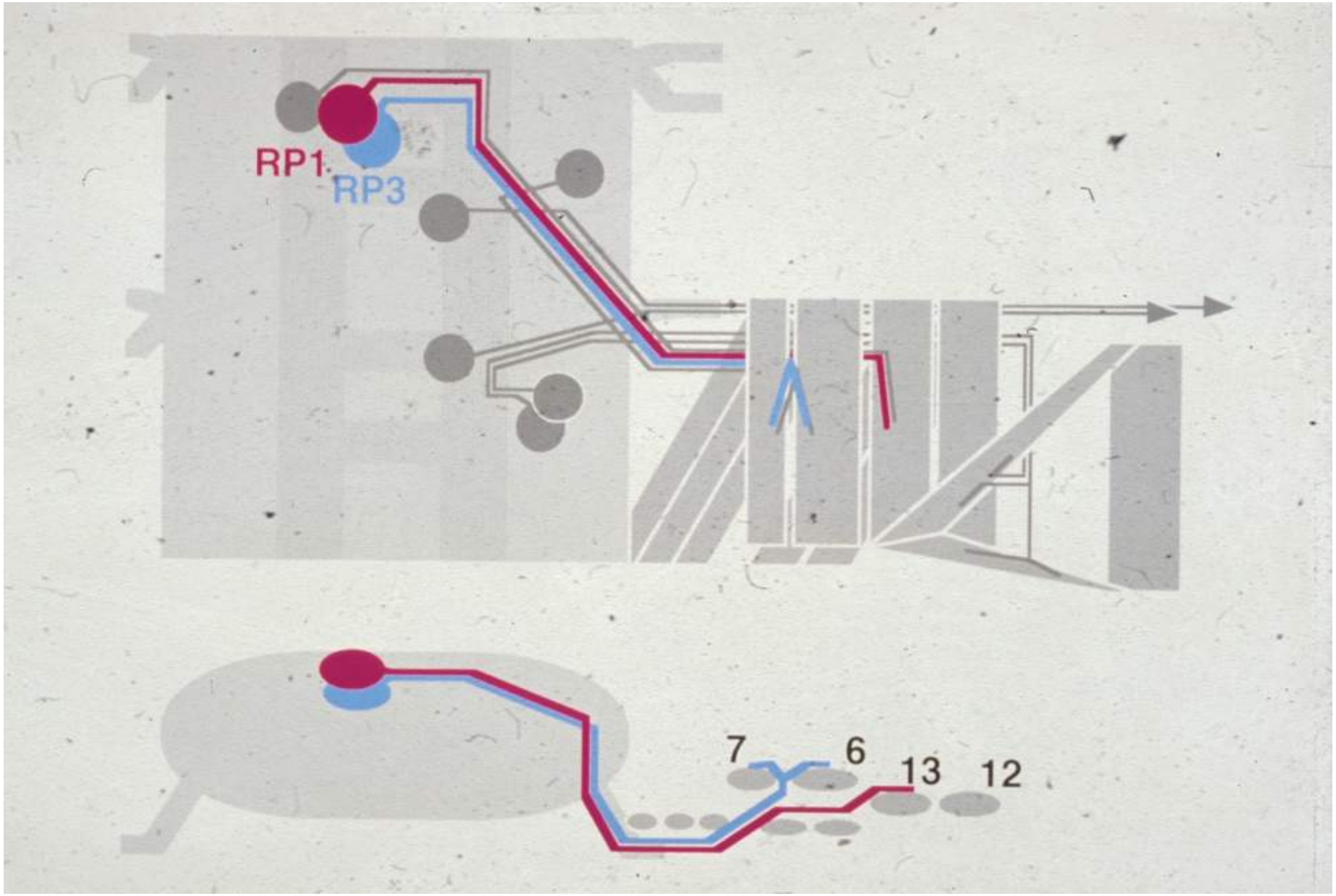


© 2010 堀田　凱樹(情報・システム研究機構) licensed by CC表示2.1日本

© 2010 堀田　凱樹
(情報・システム研究機構)
licensed by CC表示2.1日本

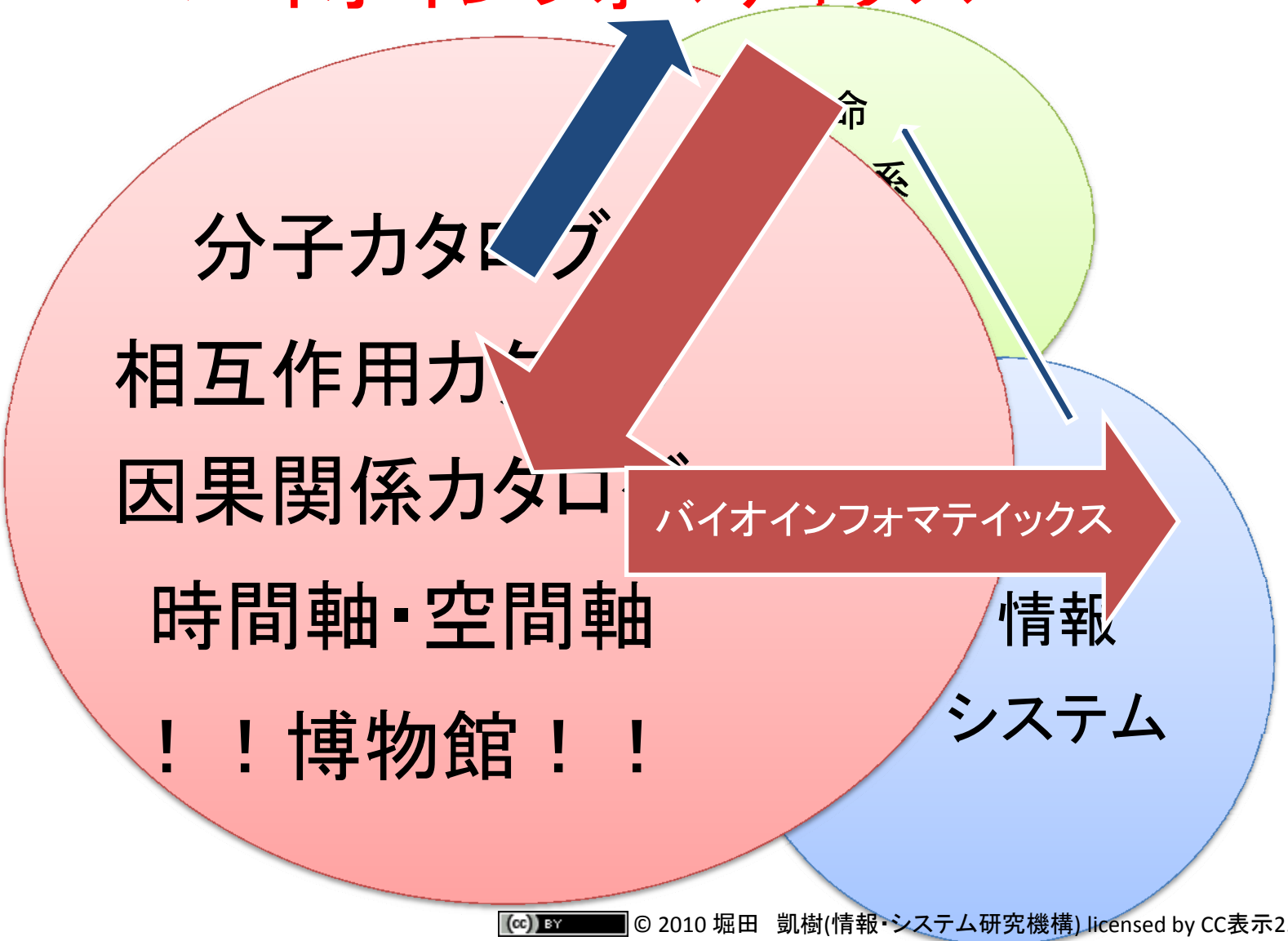


© 2010 堀田　凱樹(情報・システム研究機構) licensed by CC表示2.1日本



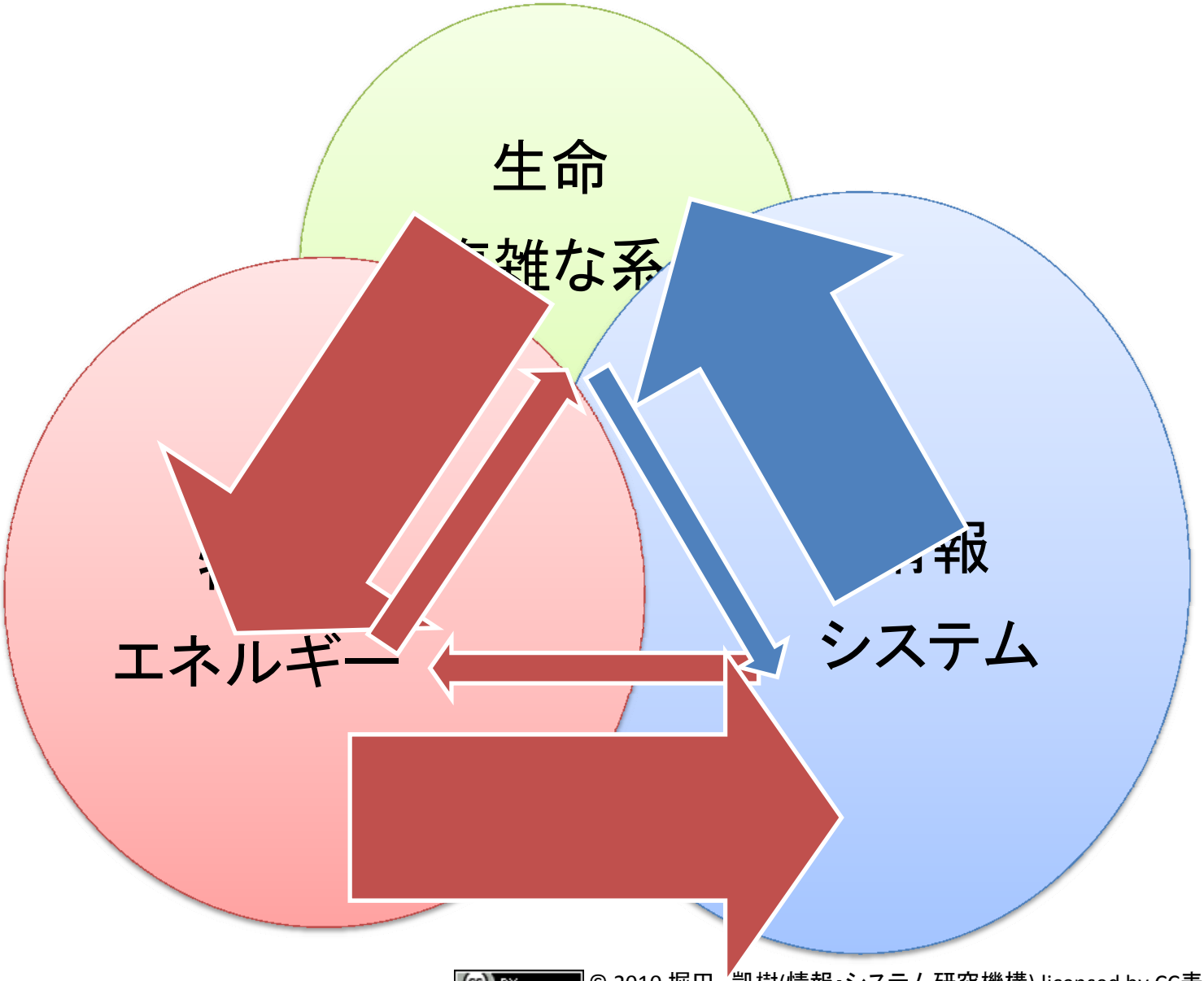
© 2010 堀田　凱樹(情報・システム研究機構) licensed by CC表示2.1日本

大量情報のデータ処理・知識抽出
バイオインフォマティクス



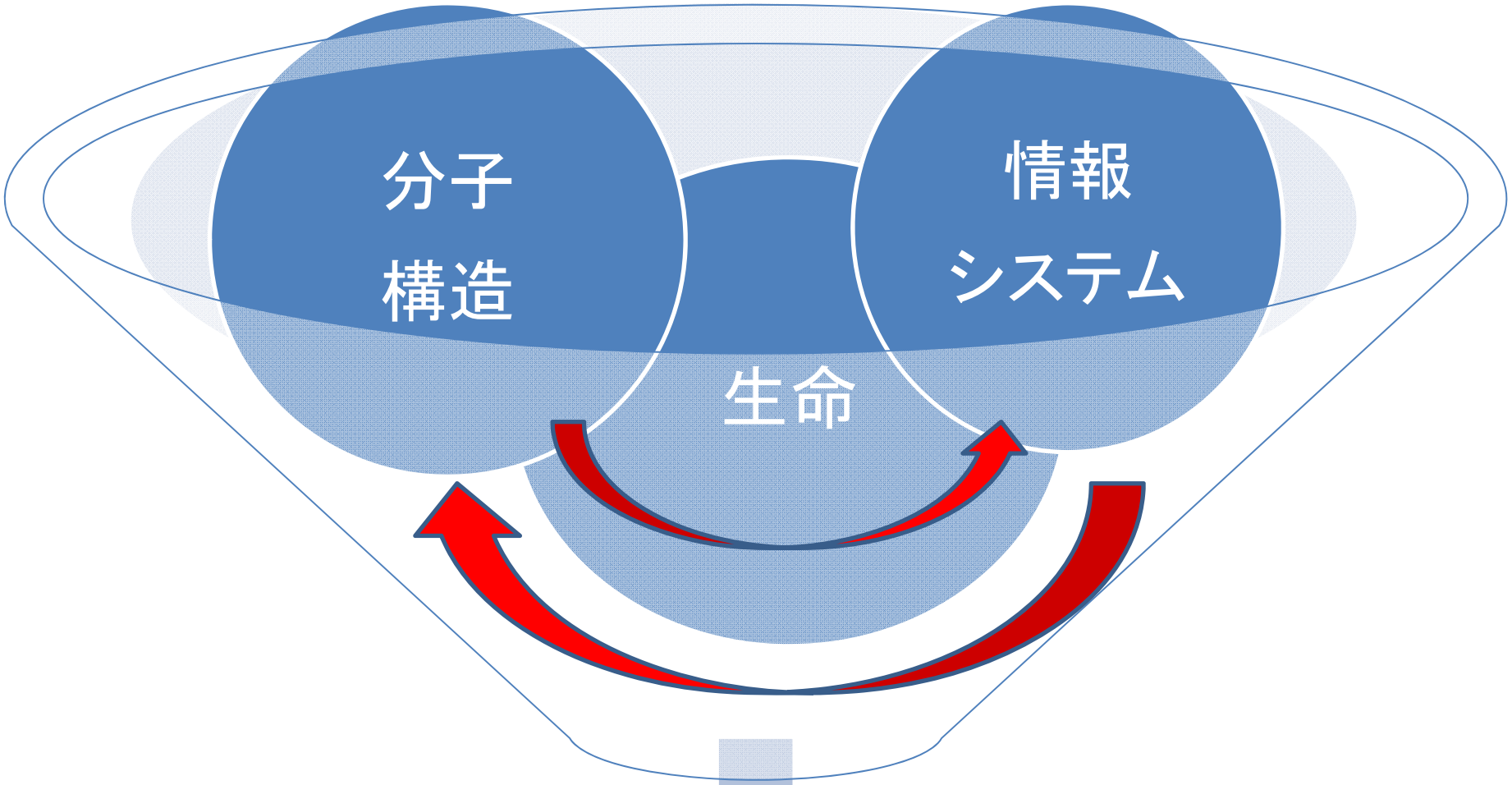
© 2010 堀田　凱樹(情報・システム研究機構) licensed by CC表示2.1日本

近未来:真の“理論生物学”の予感



© 2010 堀田　凱樹(情報・システム研究機構) licensed by CC表示2.1日本

2050年頃の第四革命？



基礎（生命の論理・戦略、真の理論生物学）

応用（医療・創薬・食糧・エネルギー、人類の生存）

© 2010 堀田　凱樹(情報・システム研究機構) licensed by CC表示2.1日本

～1900　Mendel

～1950

物理学者の参入 → 第二革命（分子遺伝学）

　物理学の技術で勝負したのではない

　物理学的思考法の導入

～2000　ゲノム解読

～2050

数学・情報科学者の参入 → 第四革命（？？？）

　数理の応用ではなく、数理思考法の導入

　必要条件　　既知の知識の横断的利用

「ライフサイエンス統合データベース」

(cc) BY © 2010 堀田　凱樹(情報・システム研究機構) licensed by CC表示2.1日本

- The End