

東大俯瞰講義2

～コンピュータを利用した新しい進化の始まり～
なぜ進化はとまらないのだろうか？

平成23年7月13日

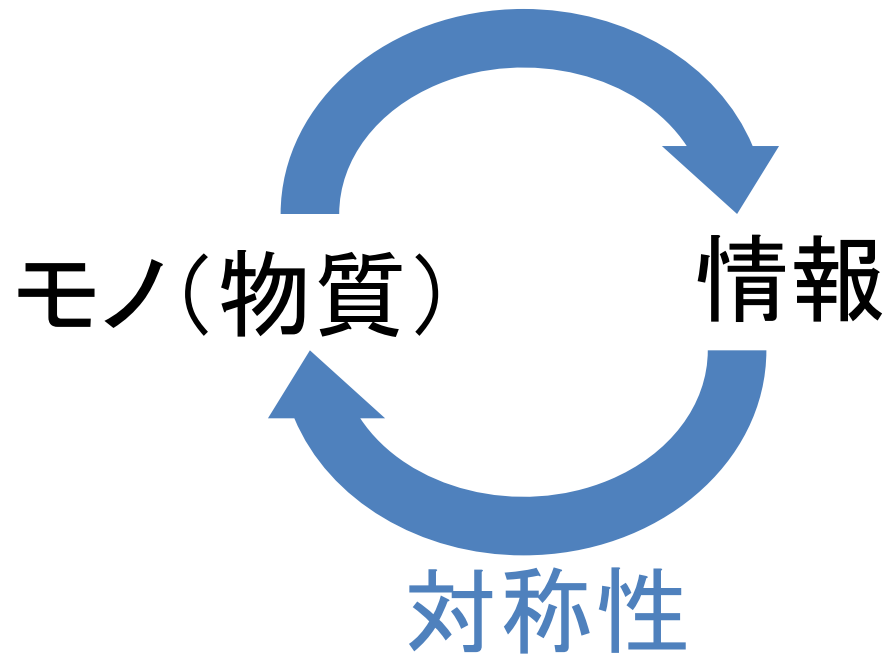
(独)理化学研究所

豊田哲郎

※: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。

モノが情報を規定し、 情報がモノを規定する

DNAブロックのイメージ



- モノが情報を担っている
- 情報がモノの働きを支配している

例えば、DNA合成していい配列、いけない配列がある(情報として決められている)

対称性とは何か？

- 入れ替える前と後で区別がつかないこと
- 対称性の例：面対称、点対称など
- 数学：2次方程式 $ax^2 + bx + c = 0$ における解



$$\alpha + \beta = -b/a$$

$$\alpha\beta = c/a$$

- 法則の表現に必須：物理法則、経済法則

物理の理論 = 対称性の理論

- 宇宙は最も根源的なレベルにおいて、物質と力の間に関一種の対称性が存在する
- 物質の粒子(電子など)にはすべて、力を担うパートナー粒子(電磁力を担う光子など)が存在
- 物質粒子と力の粒子をそっくり入れ替えても物理法則は変わらないとする考え方

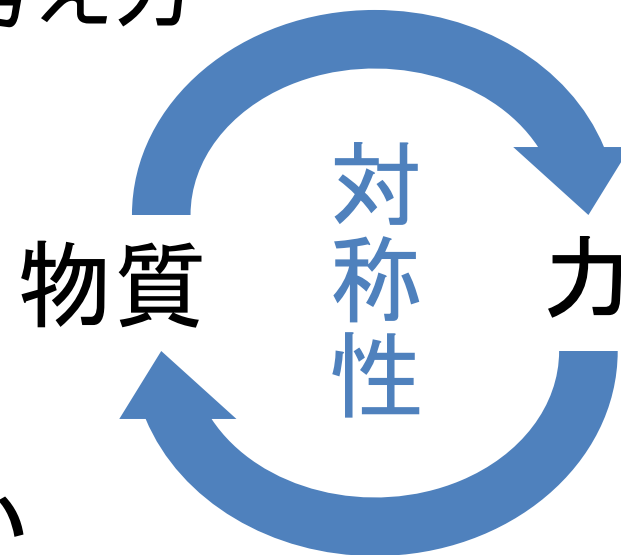
超対称性



美しい

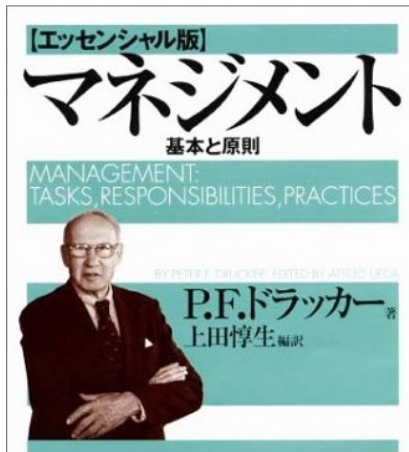


宇宙はそうあるに違いない

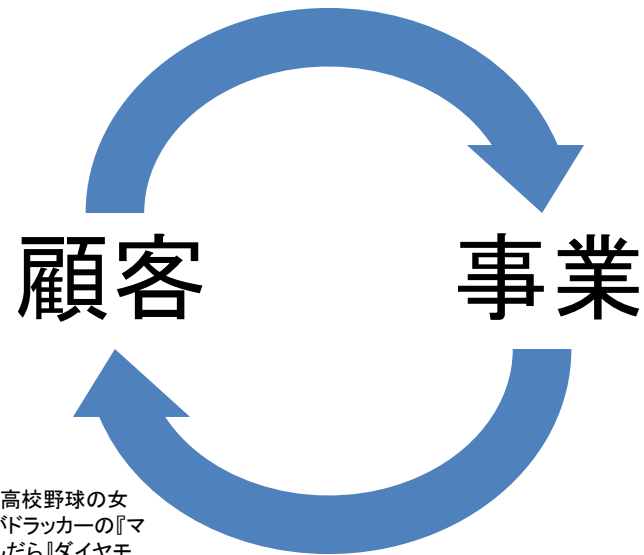


ドラッカー理論にみられる対称性

- 顧客によって事業は規定される
 - 事業によって顧客は創造される
- (新しい顧客を生み出すこと = イノベーション)



岩崎夏海著『もし高校野球の女子マネージャーがドラッカーの『マネジメント』を読んだら』ダイヤモンド社、2009年



対称性 発展性

† P.F. ドラッカー著、上田 惇生編訳『マネジメント [エッセンシャル版] - 基本と原則』ダイヤモンド社、2001年

- P. ドラッカーの方程式

$$M(\text{事業}, \text{顧客}) = M(\text{顧客}, \text{事業}) = \text{イノベーション}$$

東洋的世界観にみられる対称性

かんじざいぼさつ ぎょうじんはん には はら みつ たじ しょうけん ごうん かい ぐう
観自在菩薩 行深般若波羅蜜多時 照見五蘊皆空

ど いっ さいく やく しゃり し
度一切苦厄 舍利子

しき ふ い ぐう ぐう ふ い しき しき そく ぜ ぐう ぐう そく ぜ しき
色不異空 空不異色 色即是空 空即是色

じゆ そう ぎょうしき やく ぶ によ ぜ しゃり し ぜ しよ ほう ぐう そう
受想行識亦復如是 舍利子 是諸法空相

ふ しょうふ めつ ふ く ふ じょう ふ ぞう ふ げん ぜ こ ぐう ちゆう
不生不滅 不垢不淨 不增不減 是故空中

む しき む じゆ そう ぎょうしき む げん に び ぜつ しん い む しきしょうこう み そく ほう
無色 無受想行識 無眼耳鼻舌身意 無色声香味触法

東洋的世界観にみられる対称性

かんじざいぼさつ ぎょうじんはん には はら みつ たじ しょうけん ごうん かい ぐう
観自在菩薩 行深般若波羅蜜多時 照見五蘊皆空

ど いっ さい く やく しゃり し
度一切苦厄 舍利子

しき ふ い ぐう ぐう ふ い しき しき そく ぜ ぐう ぐう そく ぜ しき
色不異空 空不異色 色即是空 空即是色

じゆ そう ぎょうしき やく ぶ によ ぜ しゃり し ぜ しょ ほう ぐう そう
受想行識亦復如是 舍利子 是諸法空相

ふ しょうふ めつ ふ く ふ じょう ふ ぞう ふ げん ぜ こ ぐう ちゆう
不生不滅 不垢不淨 不增不減 是故空中

む しき む じゆ そう ぎょうしき む げん に び ぜつ しん い む しき しょうこう み そく ほう
無色 無受想行識 無眼耳鼻舌身意 無色声香味触法

東洋的世界観にみられる対称性

かん じ ざい ぼ さつ ぎょうじん はん には はら みつ た じ しょうけん ご うん かい ぐ
観自在菩薩 行深般若波羅蜜多時 照見五蘊皆空

ど いっ さい く やく しゃり し
度一切苦厄 舍利子

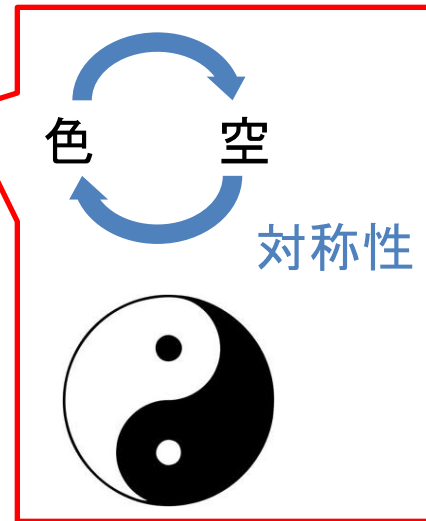
$$F(\text{色}, \text{空}) = F(\text{空}, \text{色})$$

しき ふ い ぐ ぐ ふ い しき しき そく ぜ ぐ ぐ そく ぜ しき
色不異空 空不異色 色即是空 空即是色

じゆ そう ぎょうしき やく ぶ によ ぜ しゃり し ぜ しょ ほう ぐ そう
受想行識亦復如是 舍利子 是諸法空相

ふ しょうふ めつ ふ く ふ じょう ふ ぞう ふ げん ぜ こ ぐ ちゆう
不生不滅 不垢不淨 不增不減 是故空中

む しき む じゆ そう ぎょうしき む げん に び ぜつ しん い む しきしょうこう み そく ほう
無色 無受想行識 無眼耳鼻舌身意 無色声香味触法



四言絶句で表現された対称式

空 色 空 色
即 即 不 不
是 是 異 異
色 空 色 空

$$F(\text{色}, \text{空}) = F(\text{空}, \text{色})$$

四言絶句で表現された対称式

力物力物
即是是物
不異異力
物力物力

物理学

$$F(\text{物}, \text{力}) = F(\text{力}, \text{物})$$

四言絶句で表現された対称式

情物情物
即是即是
不異不異
物情物情

生物学

$$F(\text{物}, \text{情報}) = F(\text{情報}, \text{物})$$

四言絶句で表現された対称式

客業客業
即是即是
不異不異
業客業客

経営学

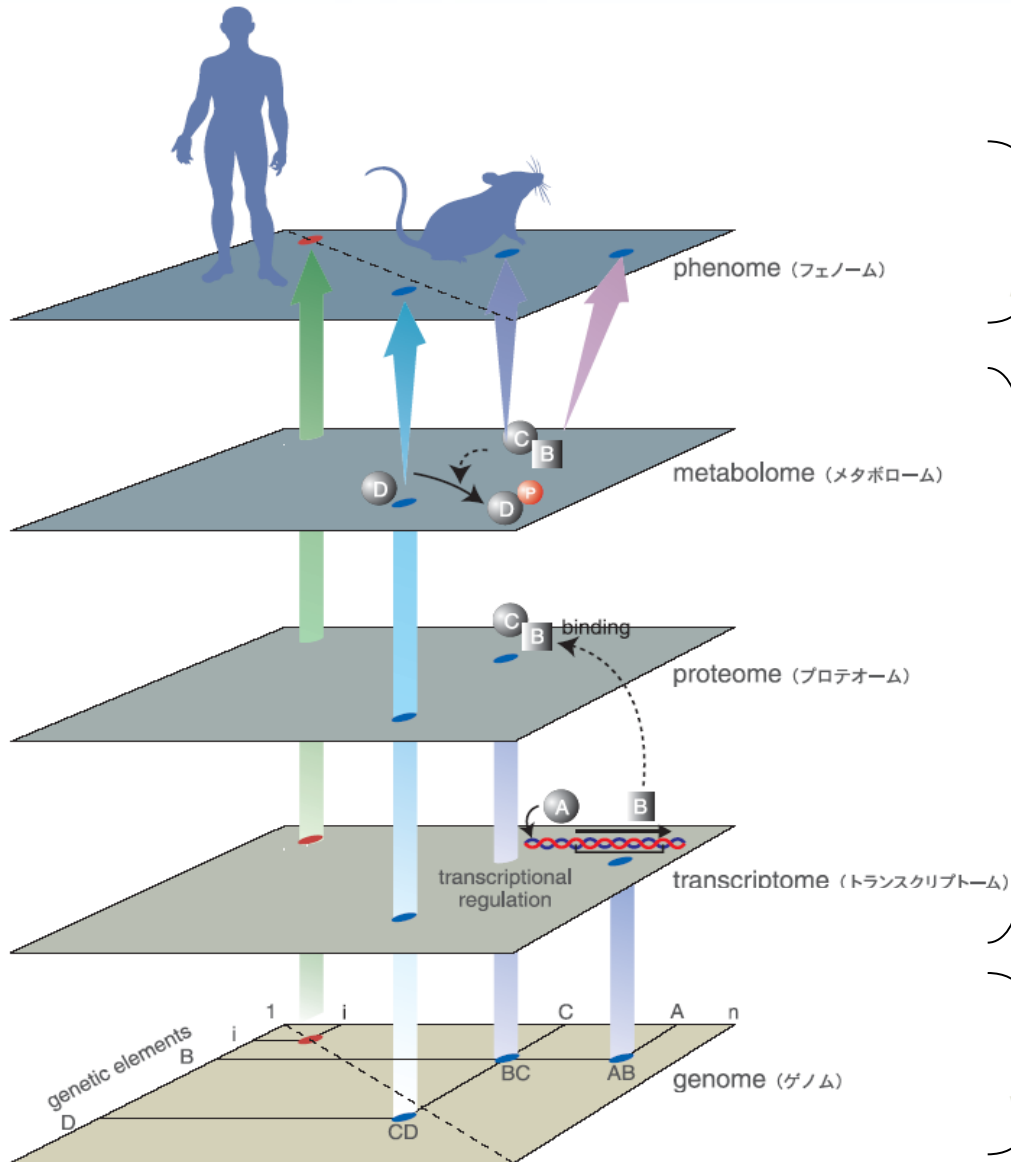
$$F(\text{事業}, \text{顧客}) = F(\text{顧客}, \text{事業})$$

対称性を扱うための数体系

- 加減乗除が可能な数体系(多元体)の次元は
- 1 (実数)
- 2 (複素数) → 例、2次方程式の解の公式
- 4 (四元数) → 3次元の回転(例、飛行機)
- 8 (八元数) → 超ひも理論に必要な対称性

- 実数から複素数に次元を増やして対称性を導入すると、問題がエレガントに解ける経験

ゲノム科学に対称性を導入すると、



Cell~Body
Phenotypes

Molecular
Phenotypes

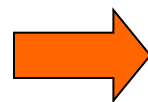
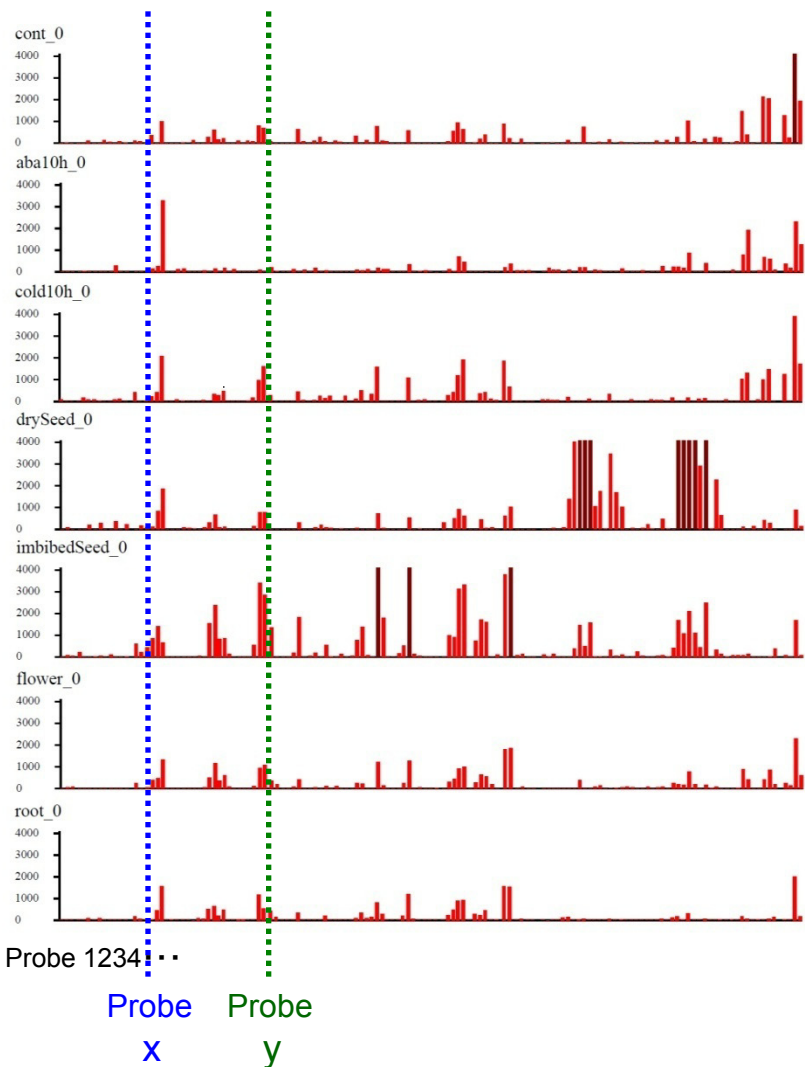
Omic
Space

Genotypes

対称性を導入した解析によって転写産物のエクソン構造が鮮明に

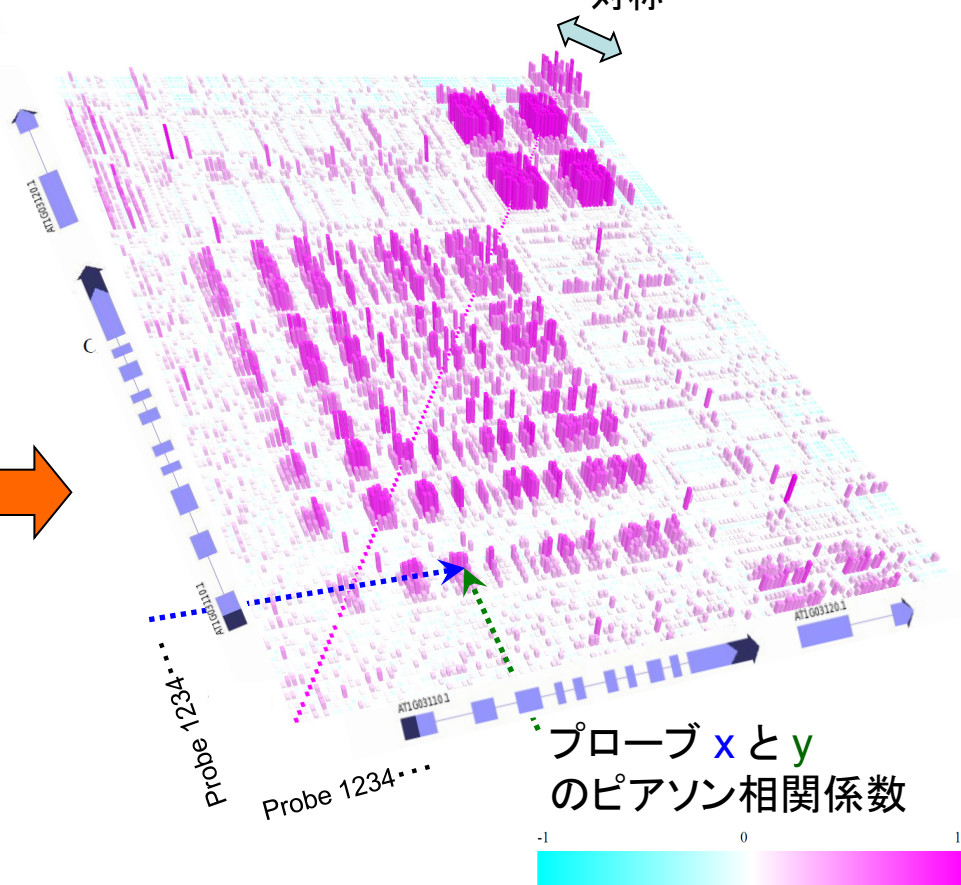
Probe-wise correlations

(18 条件、計55実験の観測データを使用)

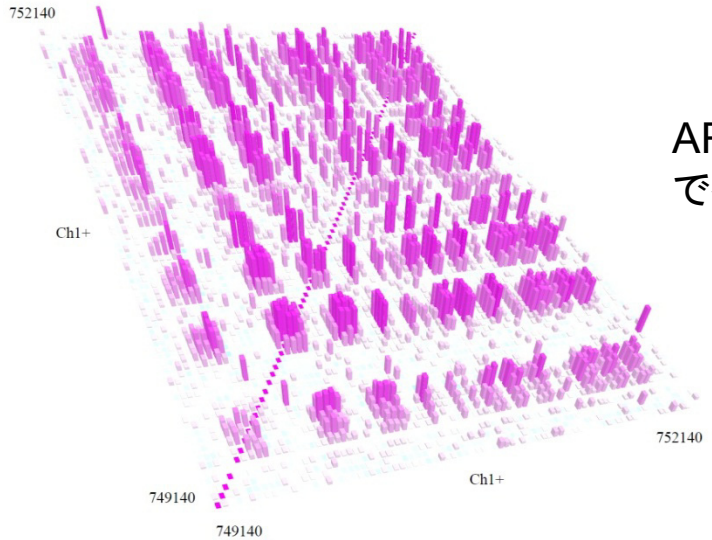
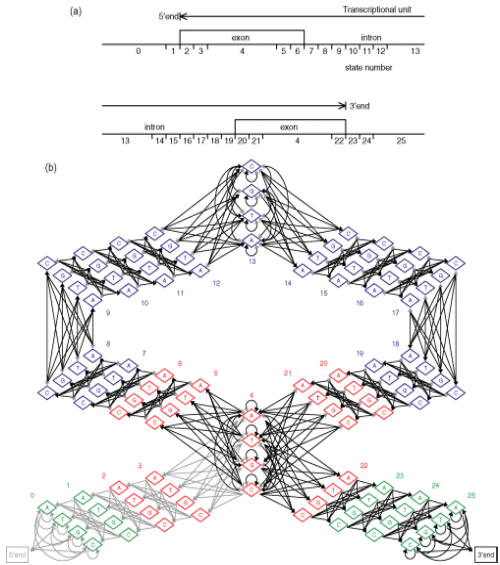


既知の二つの転写産物

対称



ARTADE2: 確率モデルで転写産物を同定するバイオインフォマティクス



ARTADE2 は3種のスコー
で確率モデルを構成する

1. Markov Transition Score
(Transition of genome sequence)

2. Correlation Matrix Score
(Score of probe-wise correlations)

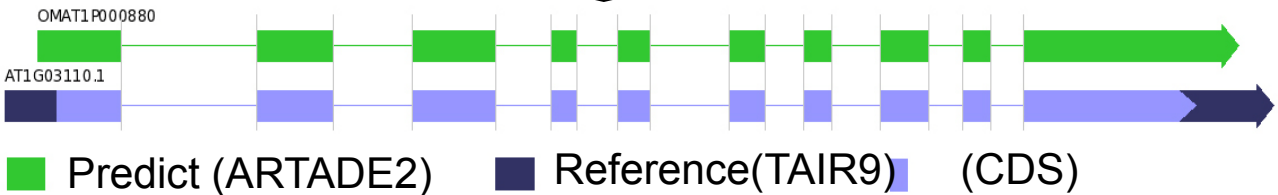
3. Exon and Intron Size
(Multiple Gaussian model)

$$P(S = s | x, R, \theta) = \frac{\exp \{ \alpha \underline{MTS}(s, x) + \beta \underline{CMS}(s, R, \theta) + \xi \underline{IS}(s) + \underline{ES}(s) \}}{Z(S)}$$

↑
転写産物構造確率

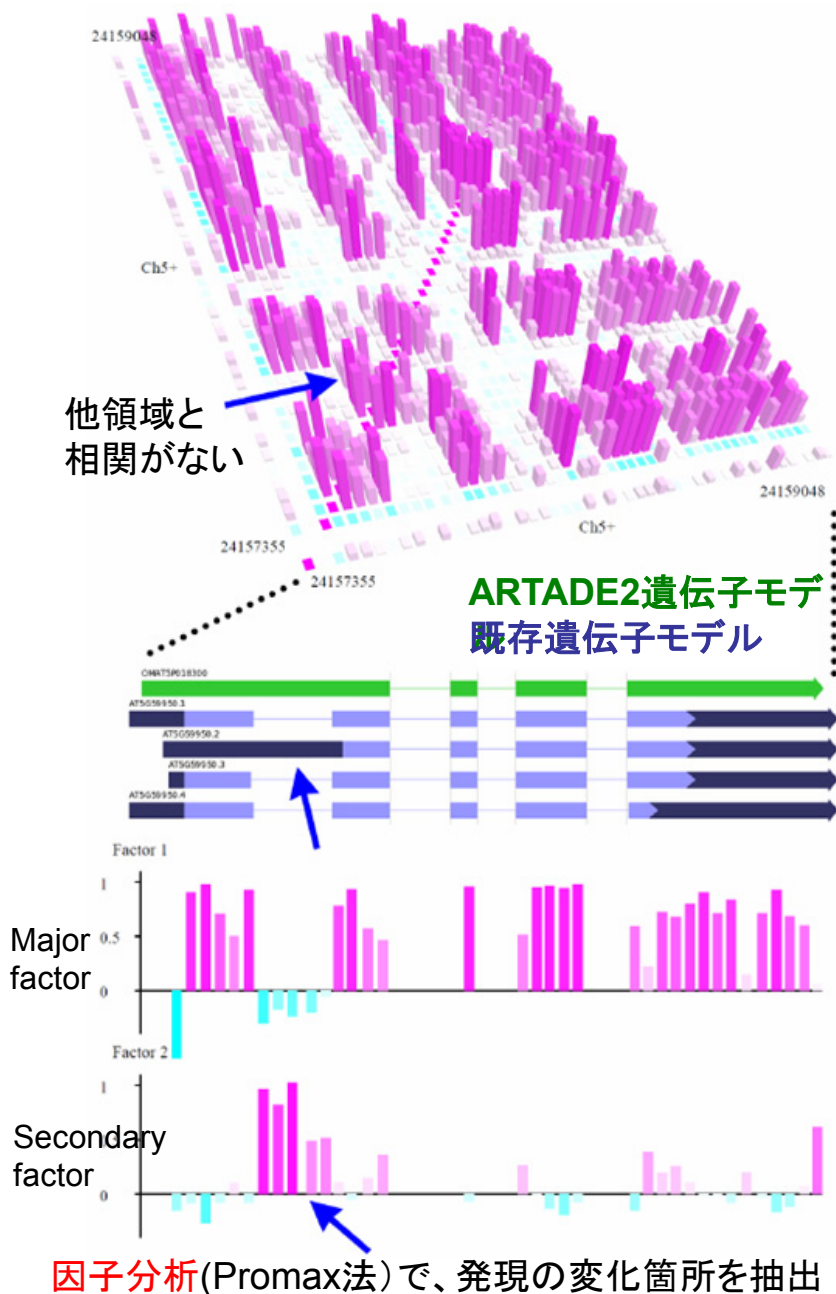
$$\hat{s} = \operatorname{argmax}_s P(S = s | x, R, \theta)$$

確率最大化とパラメータ推定の繰り返しで
転写産物(ARTADE2 遺伝子)を予測

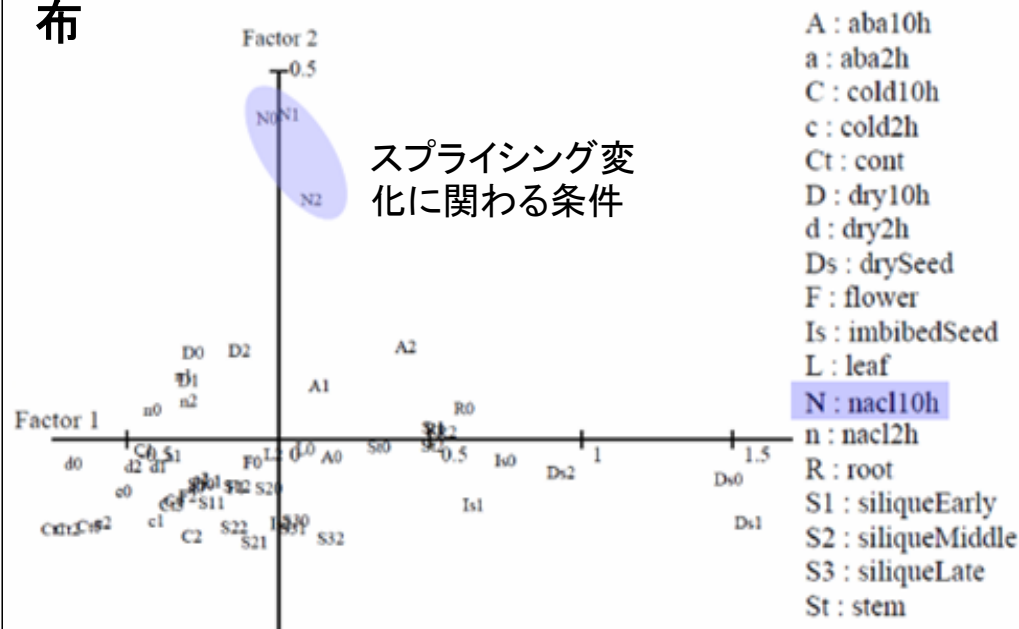


■ Predict (ARTADE2) ■ Reference(TAIR9) (CDS)

因子分析でさらにRNA metabolism を説明

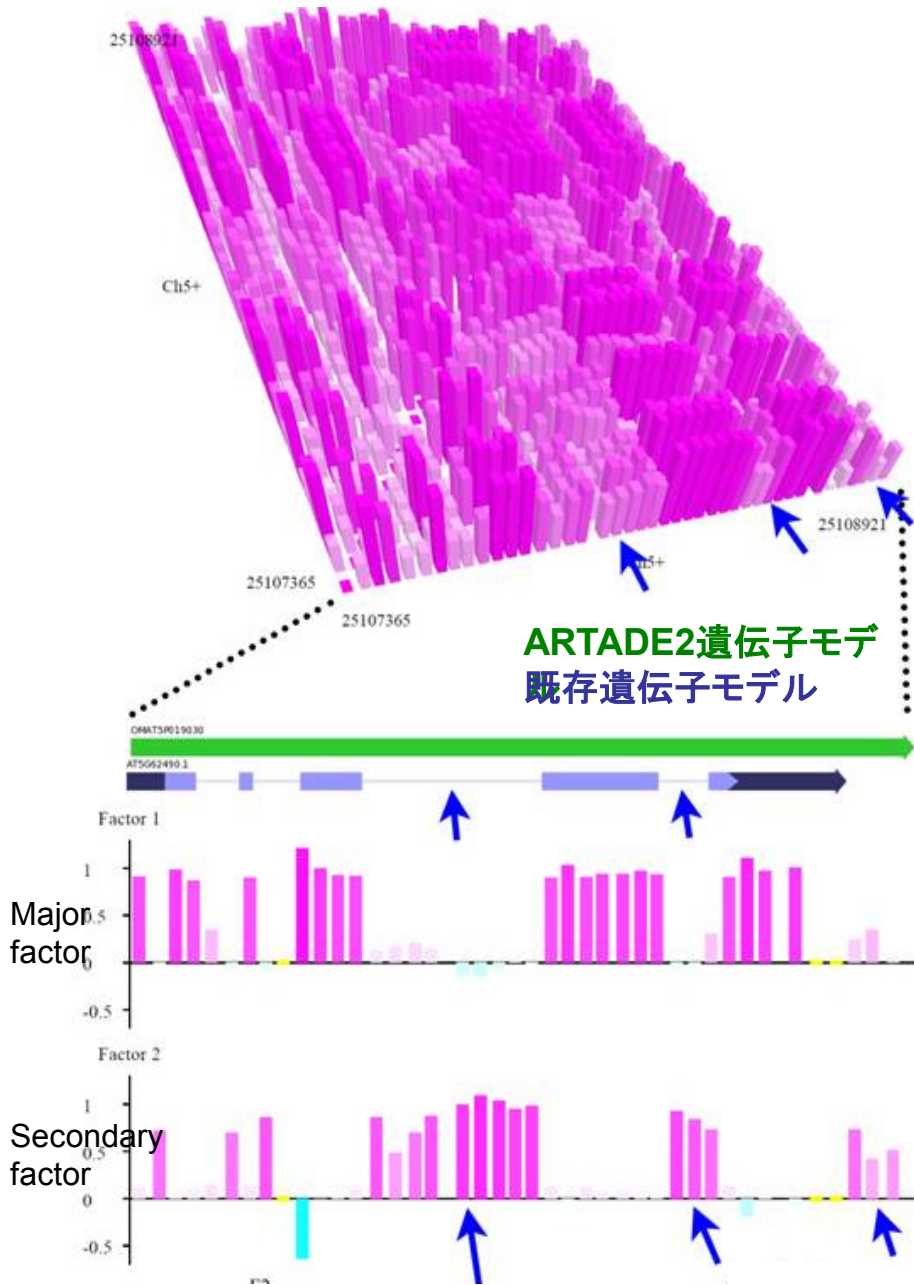


因子得点の分布

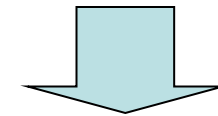
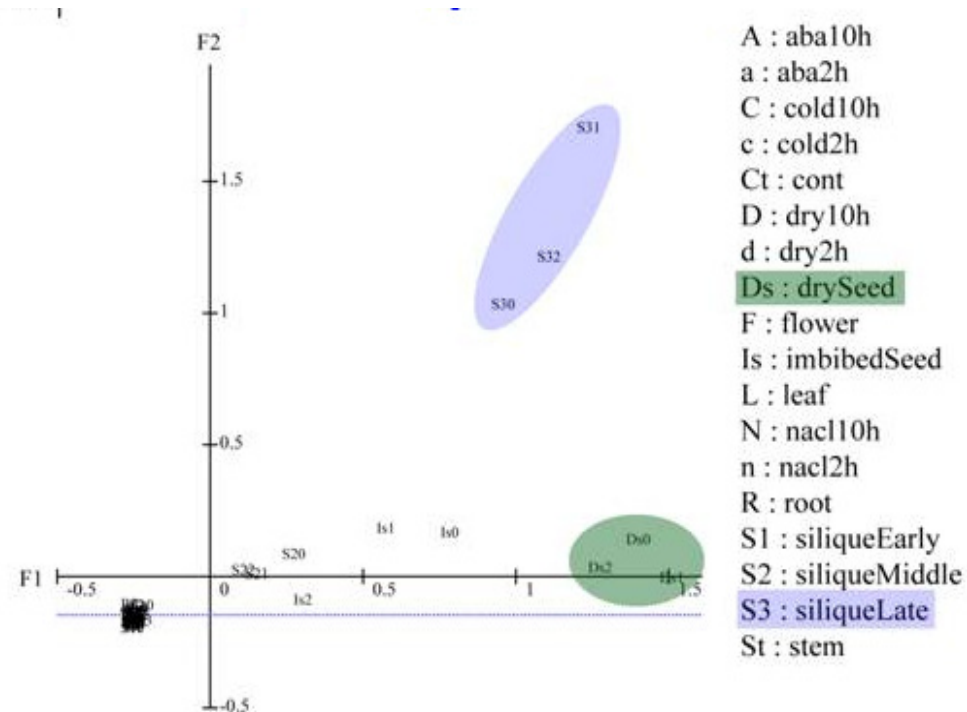


結論: 長時間の塩ストレス条件で特異的にイントロンの保持が生じる。

新規選択的スプライシングの検出・特徴づけも可能



因子得点の分布

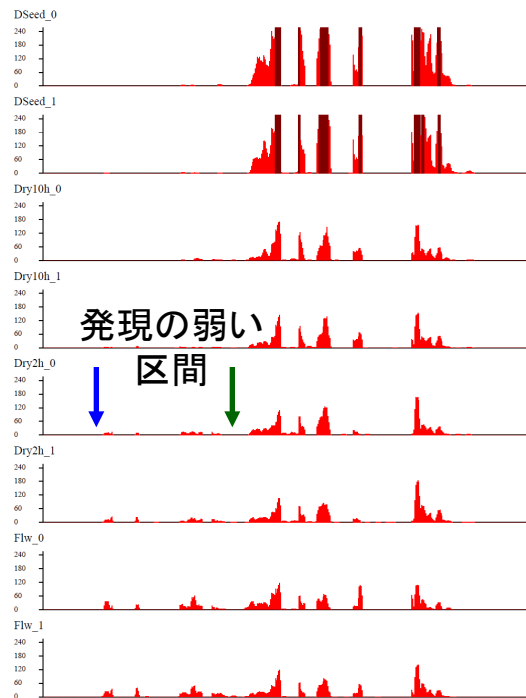


結論: 実における種子成熟過程 → イントロン保持型

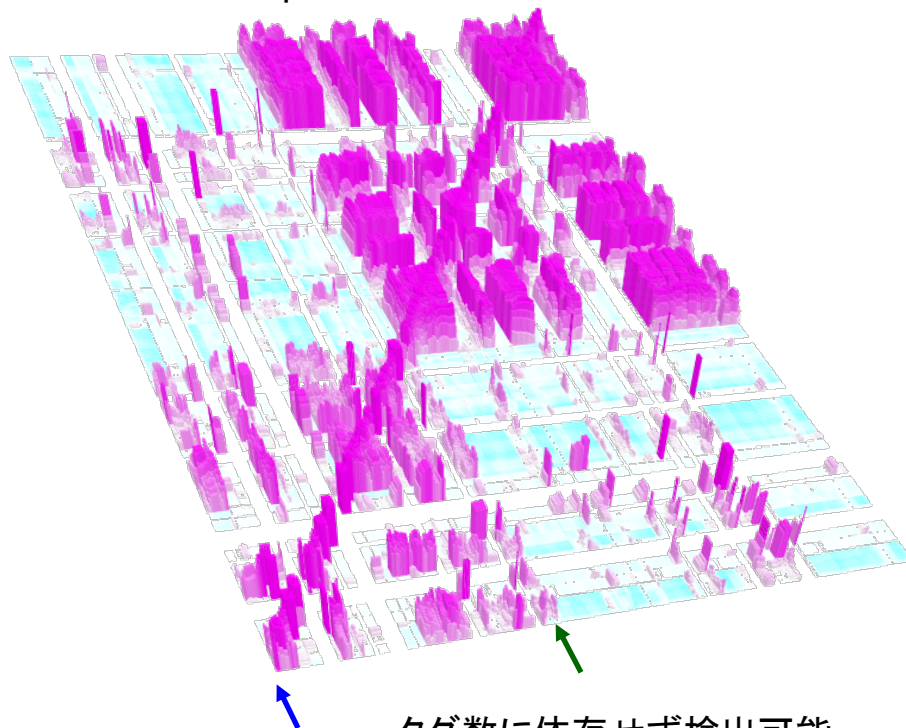
乾燥種子 → イントロン除去型(機能型)

次世代シーケンサーのデータ解析にもこの方法は有効

mRNA-seqデータのゲノムマップ結果



Correlation plot



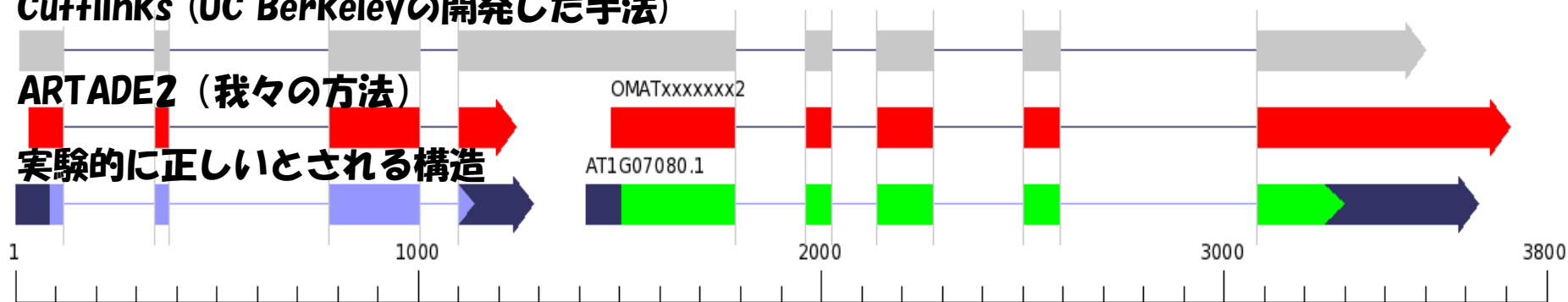
タグ数に依存せず検出可能

構築された遺伝子モデル

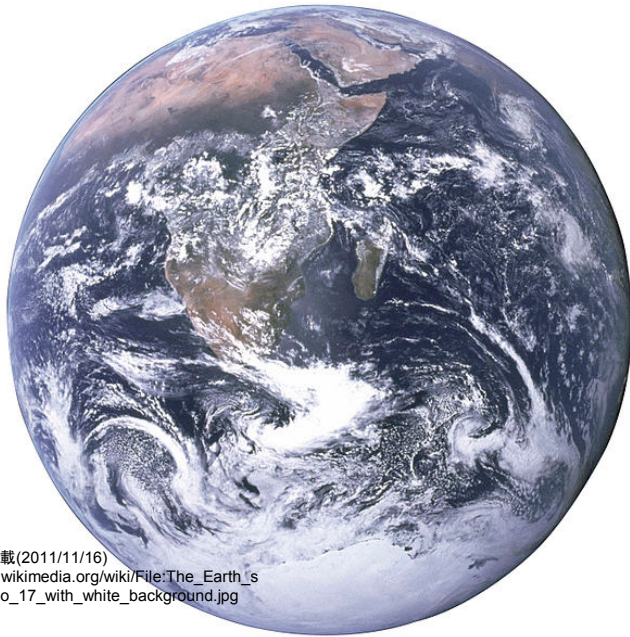
Cufflinks (UC Berkeleyの開発した手法)

ARTADE2 (我々の方法)

実験的に正しいとされる構造



対称性の世界



Wikipediaより転載(2011/11/16)
http://commons.wikimedia.org/wiki/File:The_Earth_seen_from_Apollo_17_with_white_background.jpg



対称性から世界を解き明かす

対称性の世界は固定できない

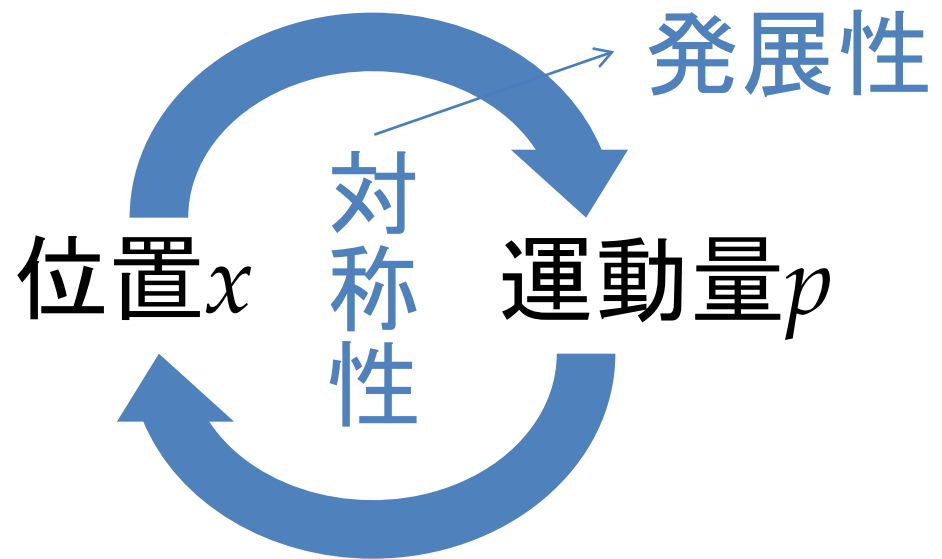
- 不確定性原理

「ある2つの物理量の組み合わせにおいては、測定値にばらつきを持たせずに2つの物理量を測定することはできない」という理論

$$\Delta x \Delta p \geq \frac{\hbar}{2}$$

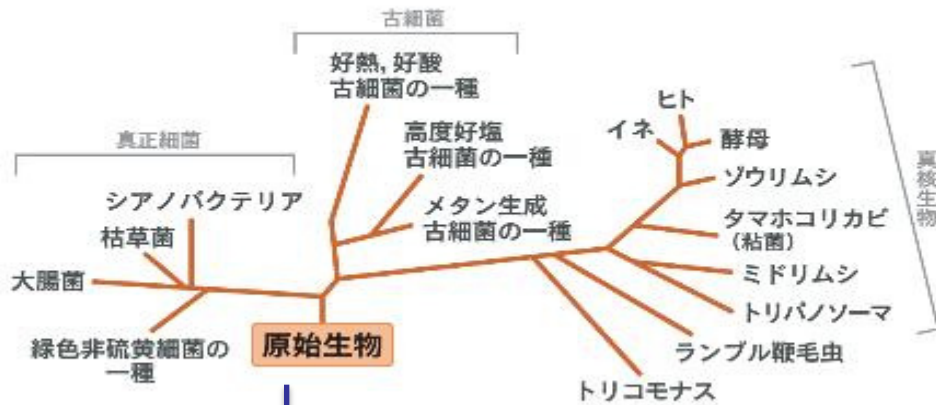
位置エネルギー \leftrightarrow 運動エネルギー

質量 \leftrightarrow エネルギー
 $E = mc^2$



生物進化と不確定性原理は関係ある？

全生物の系統樹



†
出典: 東京大学生命科学教育用画像集
URL: <http://csis-db.c.u-tokyo.ac.jp/>

発展性

© University of Tokyo

情報は固定できない

DNAブロックの並び方が進化

↓
つまり、情報として進化している
(生物多様性)



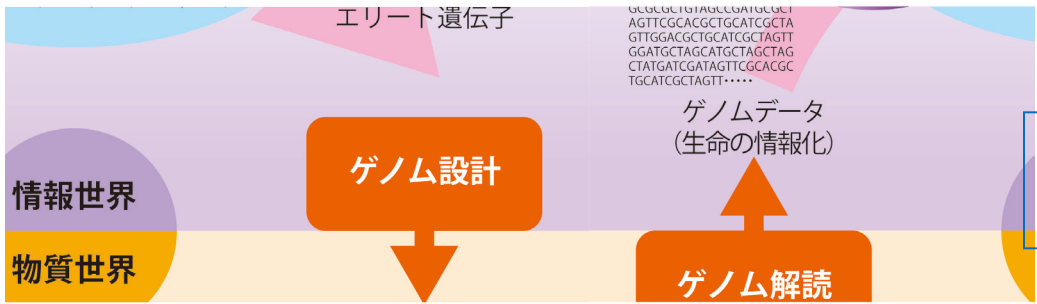
「生命の方程式」があるとすれば、
物質と情報の入れ替えに対して
対称性があるのではないか？
… という予想

→生命の方程式を発見するのは
あなたかも知れない！

情報世界にまで拡大した遺伝子進化のサイクル

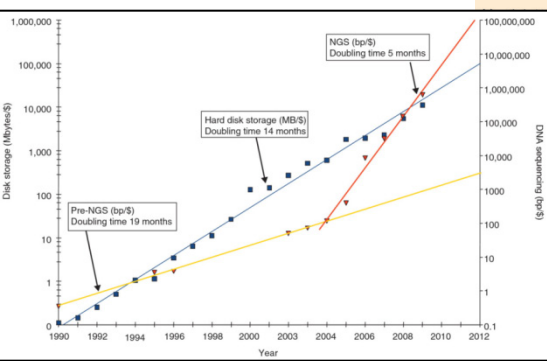
データベースは、“新しい進化の場(コピーと選択の場)”

→ ゲノムDNAとクラウドは相補的なメディアに



DNA解読機
(シーケンサー)

DNA合成機
(シンセサイザー)

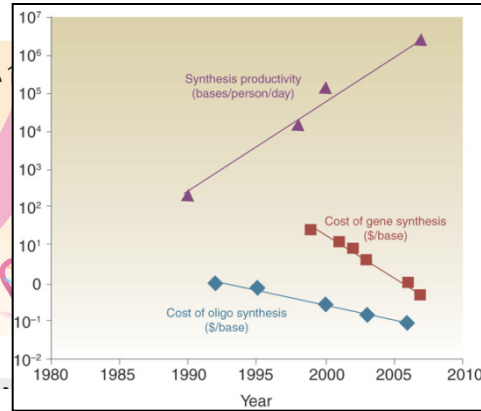


DNA解読機の能力上昇

Lincoln D Stein (2010) The case for cloud computing in genome informatics, *Genome Biology* 11:207, p.208 Figure 2.



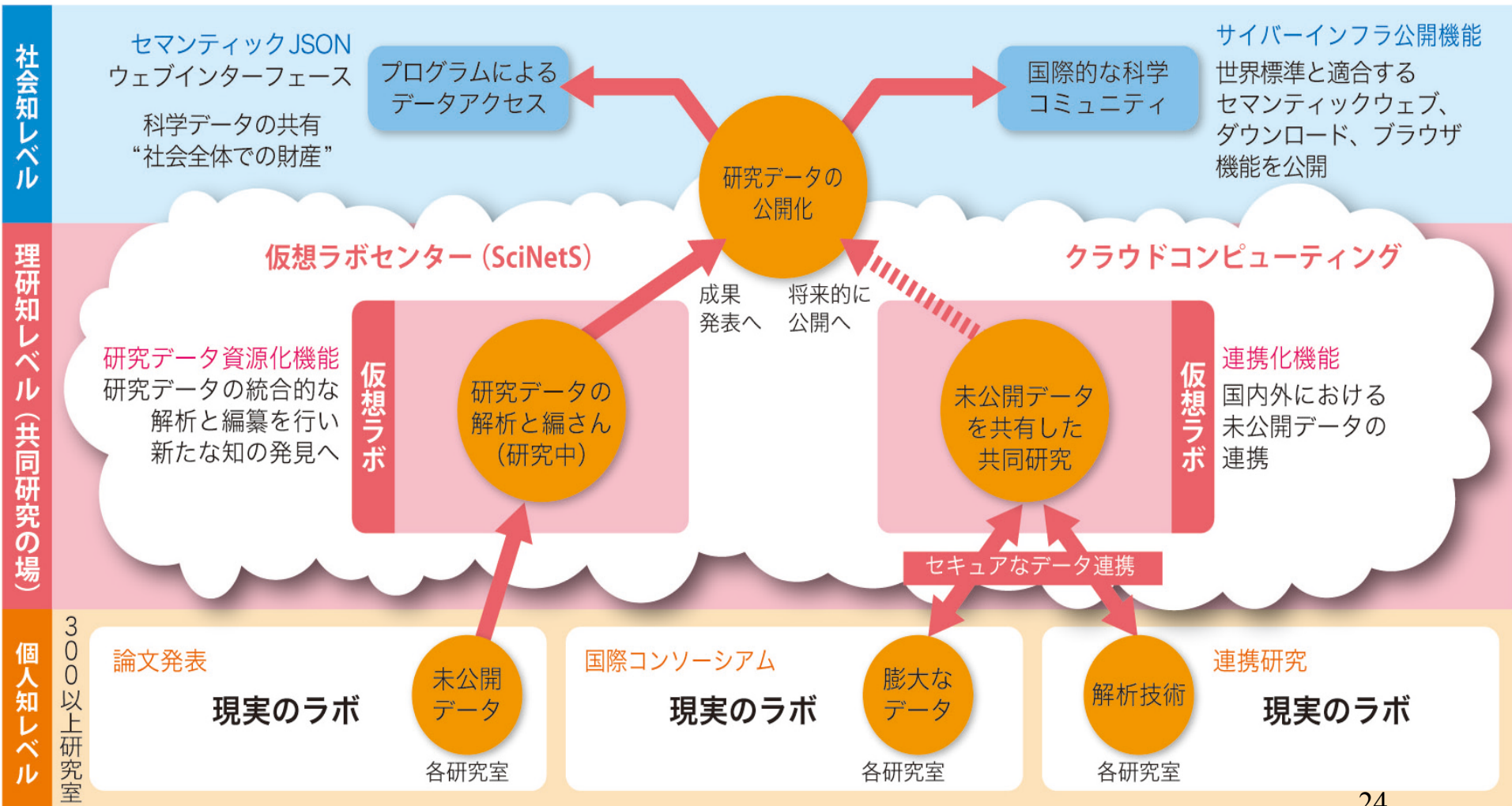
http://www.riken.go.jp/r-world/info/release/news/2010/jun/frol_02.html



DNA合成機の能力上昇

Robert Carlson (2009) The changing economics of DNA synthesis, *Nature Biotechnology* 27(12):1091-1094, p.1091 Figure 1

遺伝子進化を担う新しいメディア：クラウド SciNetS (Scientists' Networking System) → 集合知によるゲノム設計



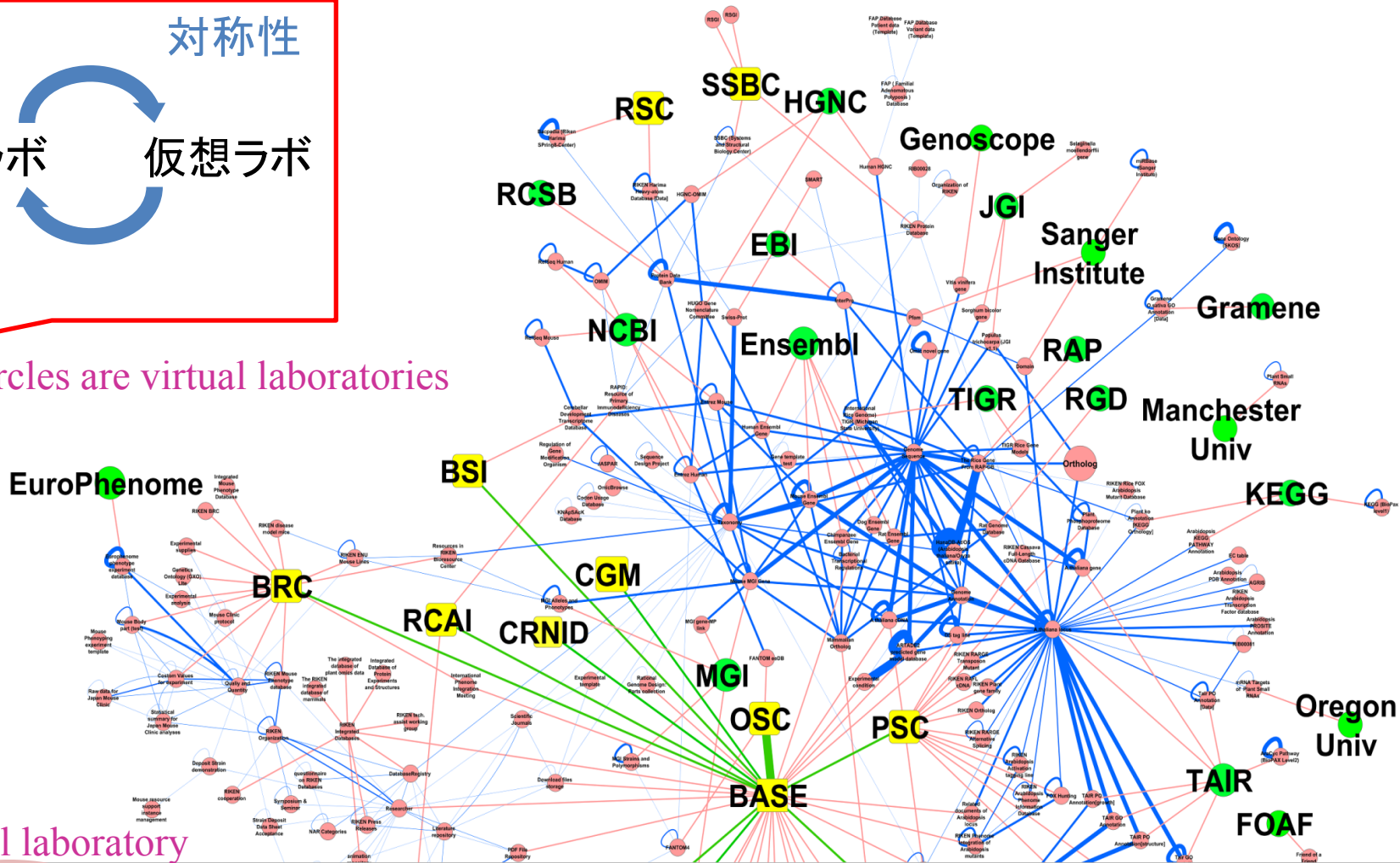
対称性

現実ラボ

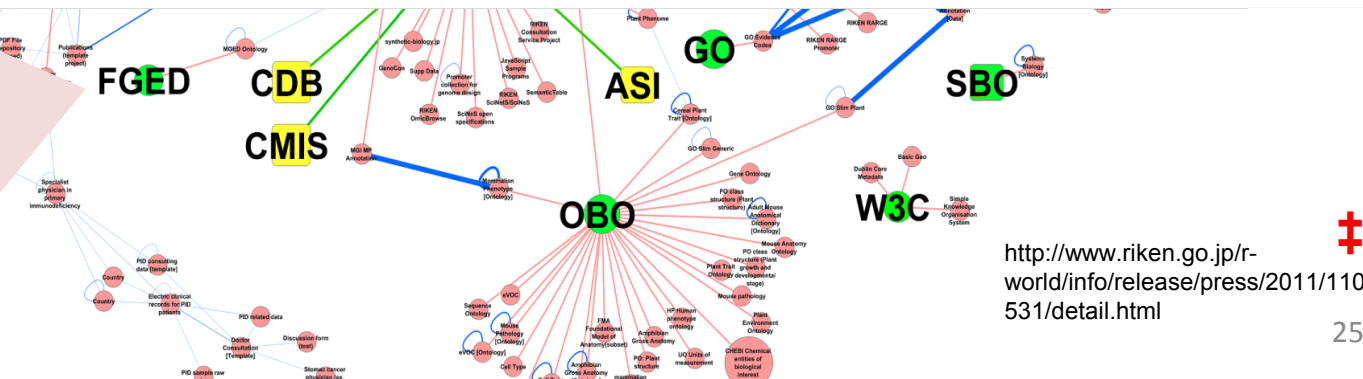
仮想ラボ



Pink circles are virtual laboratories



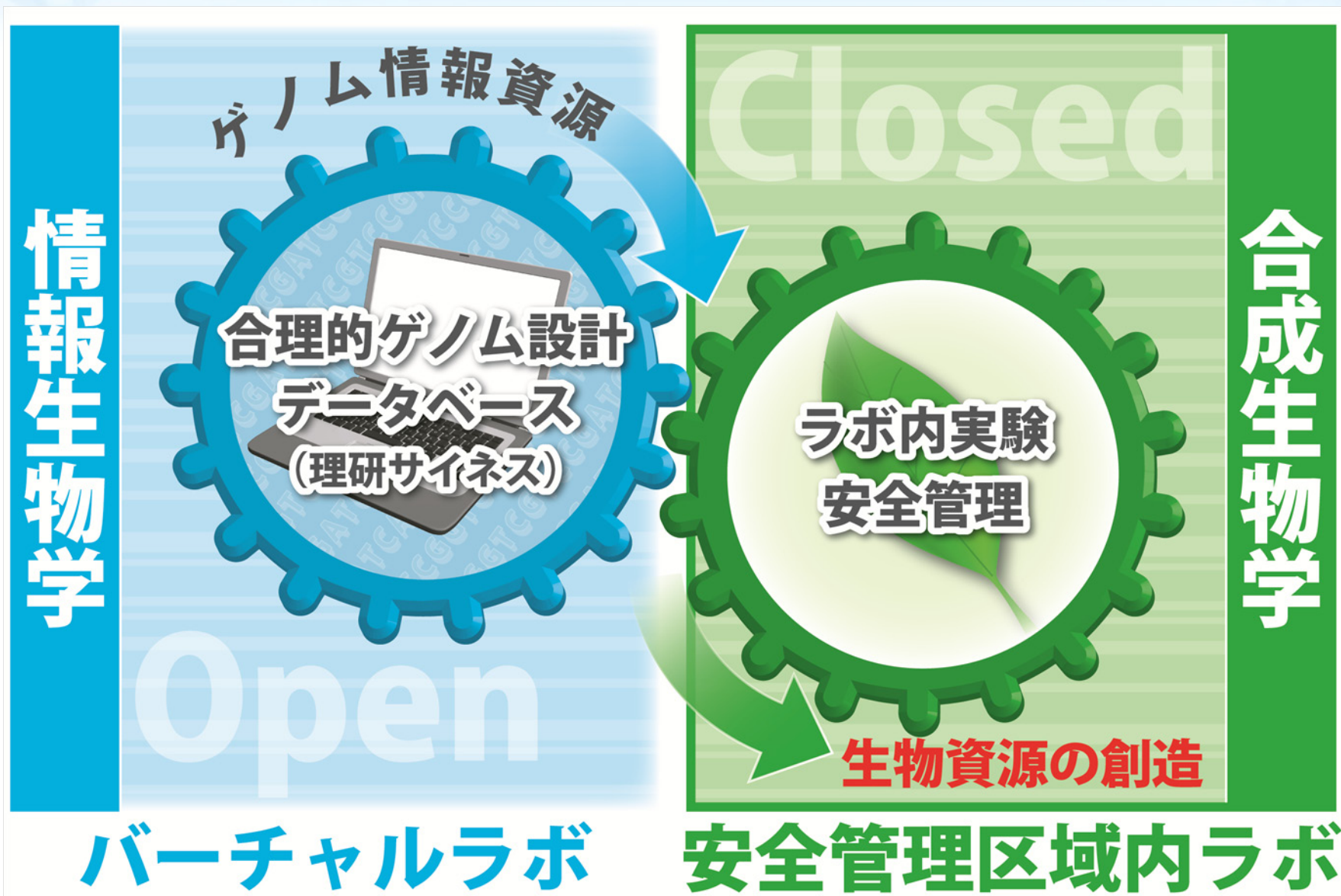
A virtual laboratory



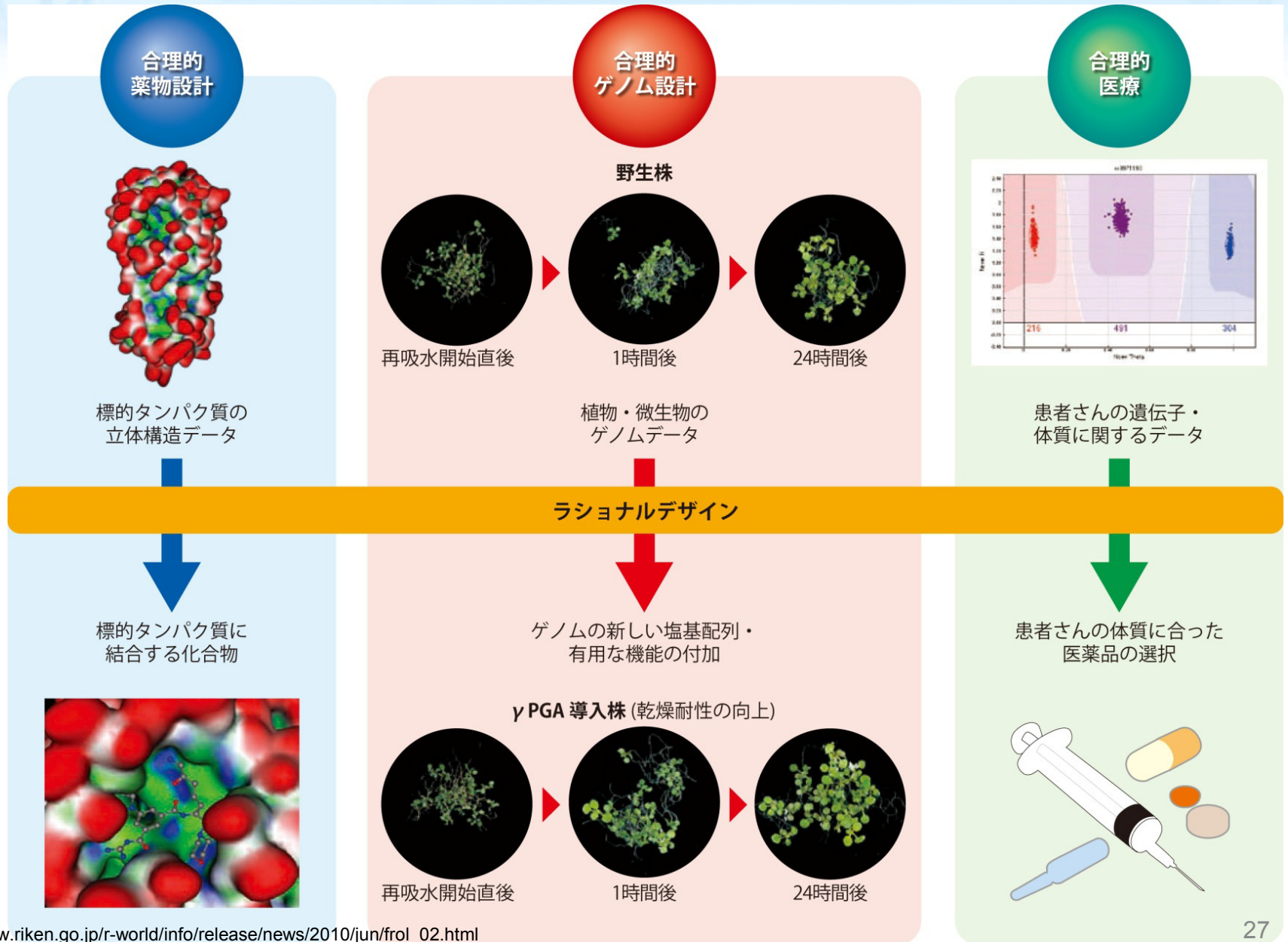
<http://www.riken.go.jp/world/info/release/press/2011/110531/detail.html>



情報資源から生物資源へ(空から色へ)



ゲノムデータを使った合理的設計の時代へ！



Open Rational Genome Design

- 実験植物(シロイヌナズナ)のゲノム約1億文字のうち、2千文字分を設計する

TOP Outline Guidelines Schedule FAQ Organizer

GENOCON

International Rational-Genome-Design Contest

Sub Menu

- Assignment
- Preceding Researches
- Tips for DNA Design
- Seminar Information
- Concepts of SciNeS
- SciNeS library functions
- Reference

GenoCon

GenoCon is an international science and technology contest supporting future specialists in rational genome design for Synthetic Biology.

This competition having based on semantic-web technology aims to accumulate and share genome-design theories and programs from researchers around the world.

GenoCon accepts designed DNA sequences that improve plant physiology by rationally utilizing the clusters of databases including genomic and protein data integrated by RIKEN SciNeS. (Link to [RIKEN press release](#))

How to design it on the web

STEP 1

Read carefully the assignment given by GenoCon. [Details of Assignment](#)

STEP 2

Create a computer program to convert the functionality assigned in STEP 1 to the DNA sequence for the model plant genome. If you are a starter, you had better try a sample program first and modify it.

STEP 3

Execute the programs to output a DNA sequence conferring to the model plant the assigned functionality. Submissions of the following three items 'Designed DNA Sequences', 'Program', and 'Report' are required for entry. The three items can be created in working space named 'My Page'.

STEP 4

The organizer and technical partners will select qualified DNA sequences for experiments by screening submissions based on scientific knowledge and their originality. Professionals will insert the selected DNA sequences into genomes and assay the resulting model plant.

Assignment

ATGGAGGATCAAGTTGGGT
TTGGGTTCCGTCCTCAACGA
CGAGGAGCTGCTGGTCCAC
TATCTCCGTAACAATAATCG
AAGGAAACACTAGCCCGGA
CGTTGAAGTAGCCATCAGC
GAGGTCAACATCTGTAGCT
ACGATCCTTGGAACTTGGC
CTTCCAGTCAAAAGTACAAA
TCGAGAGATGCTATGGGT
ACTTCTCTCTGTAGAGAA

[Synthetic Biology](#)
synthetic-biology.jp

<http://genocon.org>

<http://www.nature.com/news/2010/100602/full/news.2010.271.html>

Synthetic-biology competition launches : Nature News - Mozilla Firefox

ファイル(E) 編集(E) 表示(V) 履歴(S) ブックマーク(B) ツール(I) ヘルプ(H)

http://www.nature.com/news/2010/100602/full/news.2010.271.html

Synthetic-biology competition launches

Published online 2 June 2010 | Nature | doi:10.1038/news.2010.271

Synthetic-biology competition launches

Genome-design contest aims to engineer cress for commercial uses.

David Cyranoski

A Japanese competition launched last week is aiming to help the burgeoning science of synthetic biology to deliver commercial applications.

Last month's unveiling of the first fully functioning cell with a synthetic genome (see ['Researchers start up cell with synthetic genome'](#)) marked a milestone in scientists' ability to manipulate the code of life. But efforts to

most recent commented

- [Antipsychotic deflates the brain](#)
06 June 2010
- [Glaciers' wane not all down to humans](#)
04 June 2010
- [Evolutionary insights caught on camera](#)
03 June 2010
- [Mars rover finds conditions 'more conducive to life'](#)
03 June 2010
- [Jews worldwide share genetic ties](#)
03 June 2010

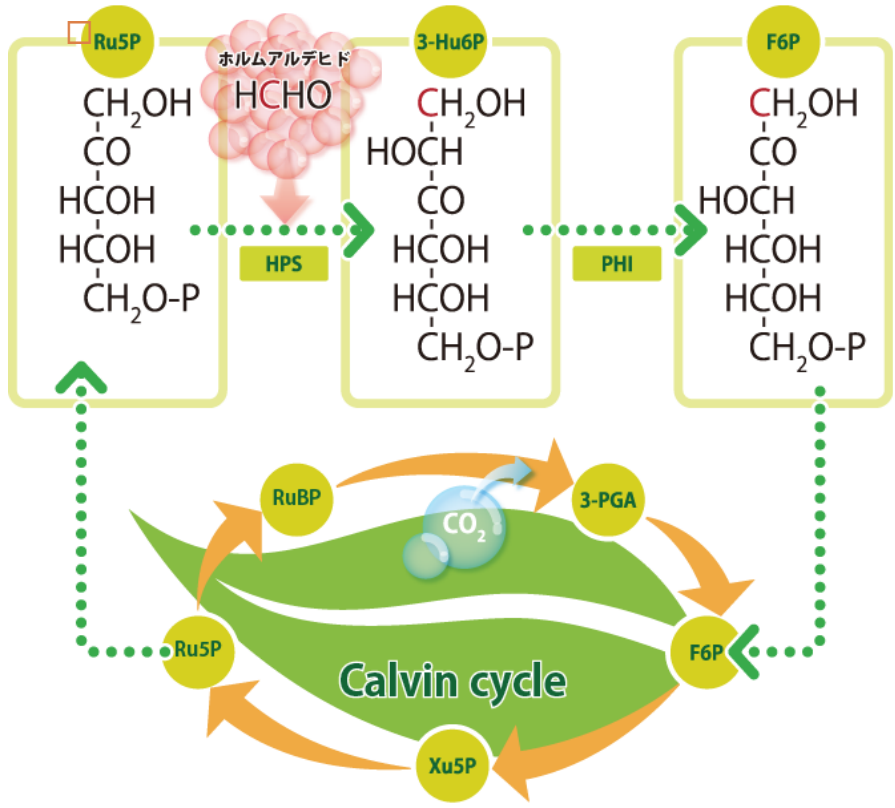
Related stories

- [Researchers start up cell with synthetic genome](#)
20 May 2010
- [Five hard truths for synthetic biology](#)
20 January 2010
- [Science education: Reading, writing and nanofabrication](#)
08 July 2009

28

Optimize the genome design of the plants which absorb and resolve formaldehyde and prevent sick house syndrome.

- Introduce two enzymes, extracted from bacteria, into Calvin cycle of plants

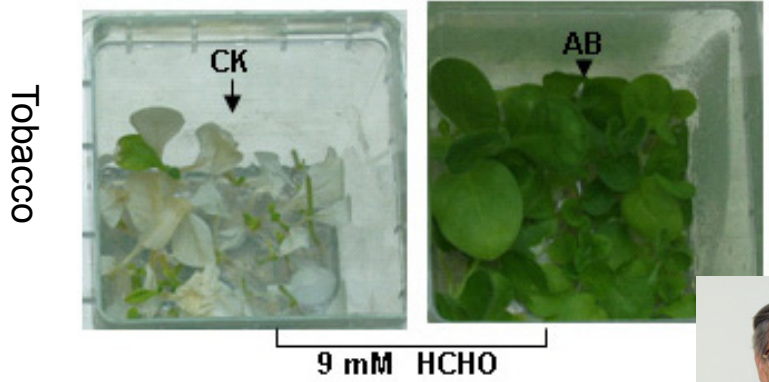
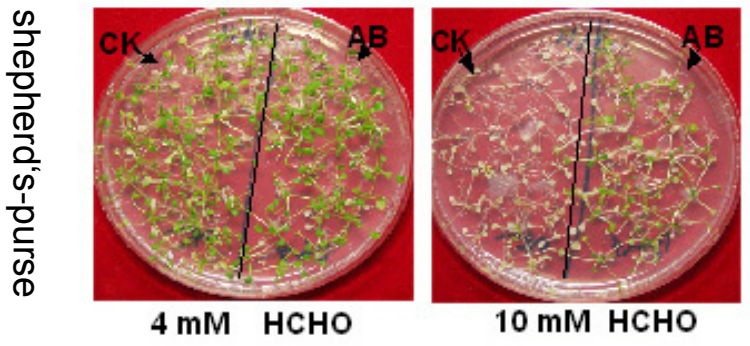


Introduced enzymes

- HPS** Hexulose 6-phosphate synthase
- PHI** Hexulose 6-phosphate isomerase

- Enhancement of formaldehyde-resistance by shepherd's-purse and Tobacco.

AB: Gene introduction strain
CK: Control



Patent applied by Prof. Izui, Kyoto/Kinki University



最適デザインをコンペで探す公開型最適化研究

課題提供者(企業・大学)
特許発明を題材に提供

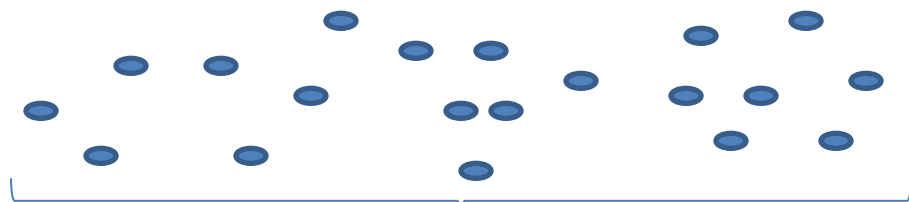
参加者(研究者、学生)
コンテストに応募

コンテスト主催者
応募デザインを評価

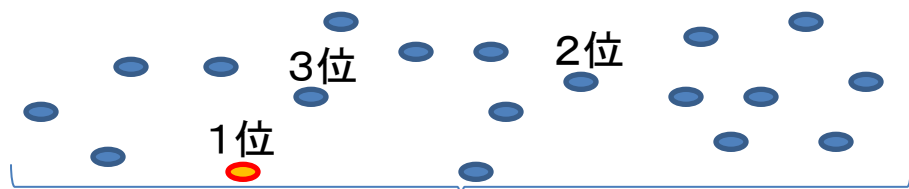
課題提供者(企業・大学)
最適デザインをコンペで
見つけ特許で保護できる

特許で保護されている範囲

↑ 最初の実施例
最適なデザインではない



応募されたゲノムデザインの配列群



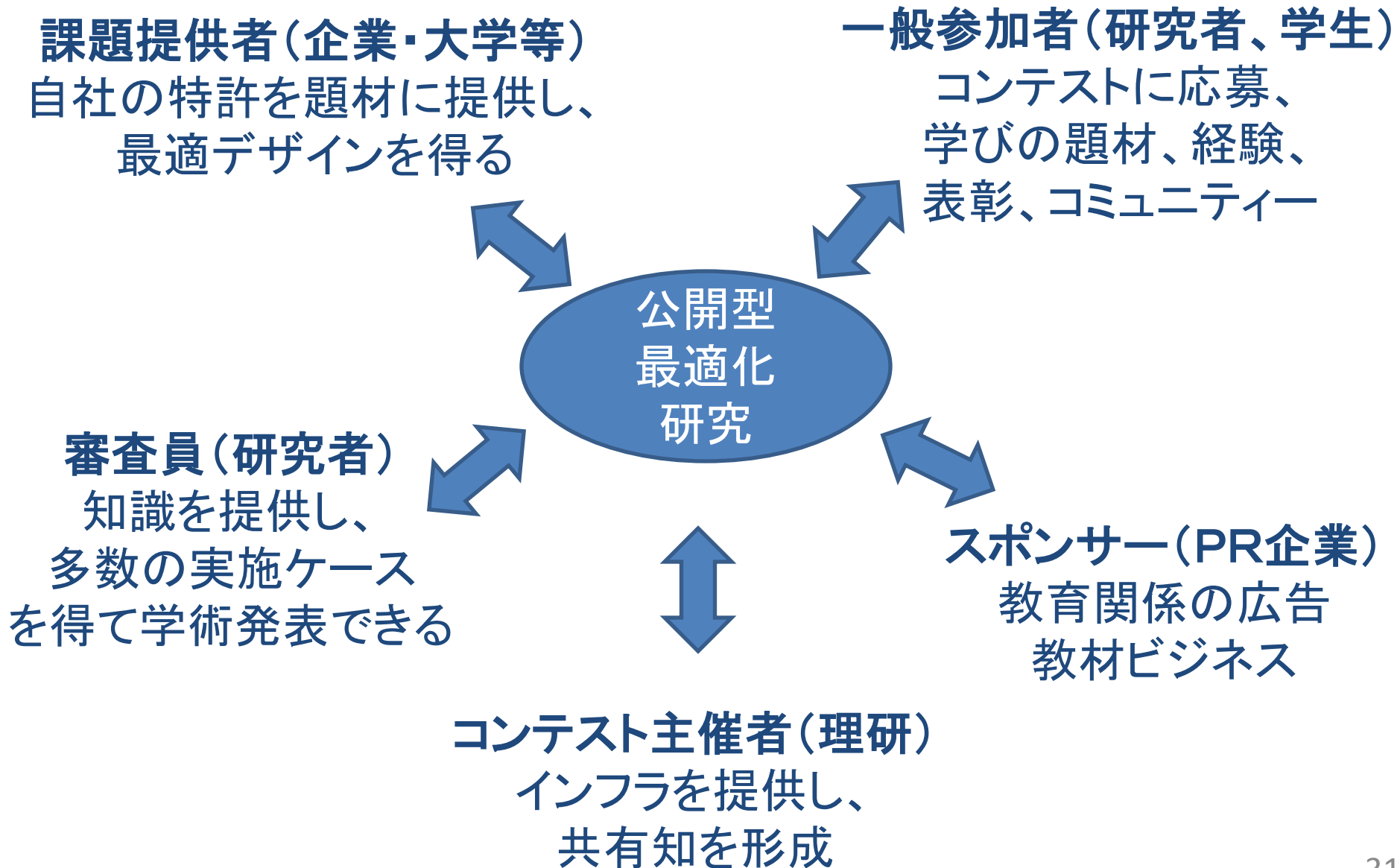
評価によるランキング化

特許で保護されている範囲

最初の実施例
↓ より最適なデザインが見つかる

参加者はコンテストを楽しみ、課題提供者はより最適な実施例を得る

公開型最適化研究に参加する人々のインセンティブ



オープンイノベーションとは何か？

クローズド・イノベーションの考え方

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。

Henry Chesbrough "Open Innovation" The New Imperative for
Creating and Profiting from Technology, HARVARD BUSINNES
SCHOOL PRESS (2003)
p.xxii figure1-2 "The Closed Paradigm for Managing Industrial
R&D"

オープン・イノベーションの考え方

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。

Henry Chesbrough "Open Innovation" The New Imperative for
Creating and Profiting from Technology, HARVARD BUSINNES
SCHOOL PRESS (2003)
p.xxv figure1-4 "The Open Innovation Paradigm for Managing
Industrial R&D"

さらにオープンなオープンイノベーション

ゲノムデザインの基盤でコンテスト公開
オープンイノベーションのコンテストをゲノム
デザインの分野で開催

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。

Henry Chesbrough "Open Innovation" The New Imperative for
Creating and Profiting from Technology, HARVARD BUSINNES
SCHOOL PRESS (2003)
p.xxv figure1-4 "The Open Innovation Paradigm for Managing
Industrial R&D"



国内外から66名がオープンイノベーションの
コンテストに参加(さらに、スーパーサイエンス
高校から2名の高校生が参加し、社会的にも
高い教育効果が認められた)

著作権の現在

情報の記録媒体(コピーメディア)

情報の発現(表現型)

デジタル情報

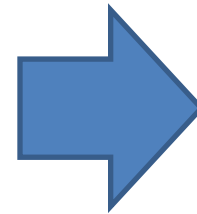
CD、DVD

人間の創作物は
著作物となりえる。

記録媒体が
保護の対象

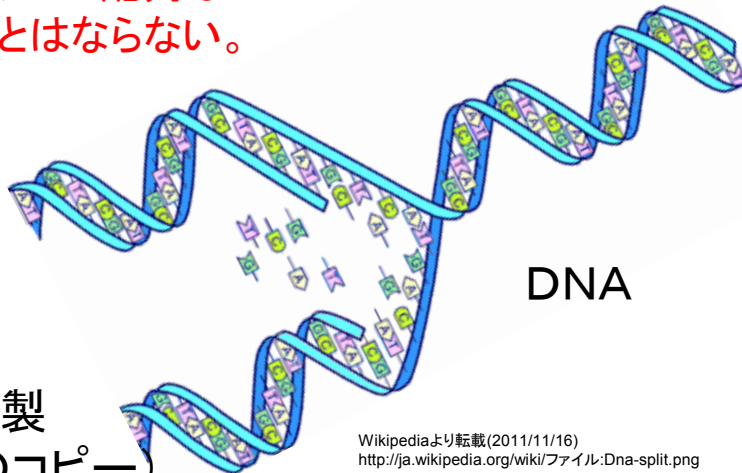


CDの複製
(情報のコピー)



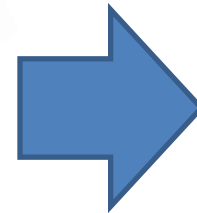
ゲノム情報

天然のDNA配列は
著作物とはならない。



DNA

DNA複製
(情報のコピー)



Wikipediaより転載(2011/11/16)
<http://ja.wikipedia.org/wiki/ファイル:Dna-split.png>

著作権の未来

DNAも著作物の記録媒体 → 生物を著作権で保護

デジタル情報

ゲノム情報

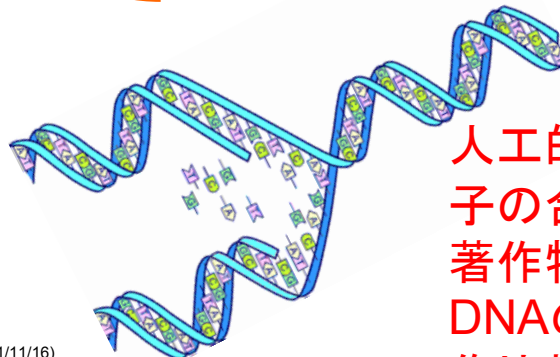
CD、DVD



DNA解読機
(シーケンサー)

DNA合成機
(シンセサイザー)

DNA



人工的に設計された配列の長鎖DNA分子の合成技術の目覚ましい進歩により、著作物のような有形な設計記録としてのDNAの断片を運ぶゲノムを持つ生物を作り出すことが可能になってきた。³⁵

ウェブブラウザ上で CAD brick の設計が可能

Exit Script Include History



```
JavaScript Editor
Save Execute main() Execute in new window Display Logger API Document

1 //-----SAVE DATA-----//
2 function loadPreviousData(){
3   previous={"last_id": 6,"parts": [{"class": ""},
4 {"class": "promoter","elements": [{"sub_category": "", "seq":
5   "", "scinets_id": "", "id": "edit-1", "name": "35S", "class":
6   "promoter"}]},
7 {"class": "DNA","elements": [{"sub_category": "", "seq":
8   "", "scinets_id": "crial38s18rial38s11", "id": "edit-2", "name":
9   "IRES", "class": "DNA"}]},
10 {"class": "protein","elements": [{"sub_category": "", "seq":
11   "", "scinets_id": "", "id": "edit-3", "name": "pgsA", "class":
12   "protein"},
13 {"sub_category": "", "seq": "", "scinets_id": "", "id": "edit-4", "name":
14   "pgsB", "class": "protein"},
15 {"sub_category": "", "seq": "", "scinets_id": "", "id": "edit-5", "name":
16   "pgsC", "class": "protein"}]},
17 {"class": "signal peptide","elements": []},
18 {"class": "terminator","elements": [{"sub_category": "", "seq":
19   "", "scinets_id": "", "id": "edit-6", "name": "NOS", "class":
20   "terminator"}]}];
21 }
22 //-----//
23
24 /*Function for Reverse translation
25 If you modify this function, please overwrite the followign function.
26 function reverseTranslation(seq){
27 }
28 */
29 function get_35S(){
30   /*
31   You get promoter 35S DNA sequence from here
32   SciNetS.get("/sw/dna/SciNetS_ID")
33   */
34   var sequence = "";
35   return sequence;
36 }
37
38 function get_pgsB(){
39   /*
40   */
41 }
42 }
43 Save Execute main()
```

Programming area

Result Clear

Design area

Geno CODE

create parts edit parts generate code help

parts list

- promoter
add design 35S
- DNA
add design IRES
- protein
add design pgsA
add design pgsB
add design pgsC
- signal peptide
- terminator
add design NOS

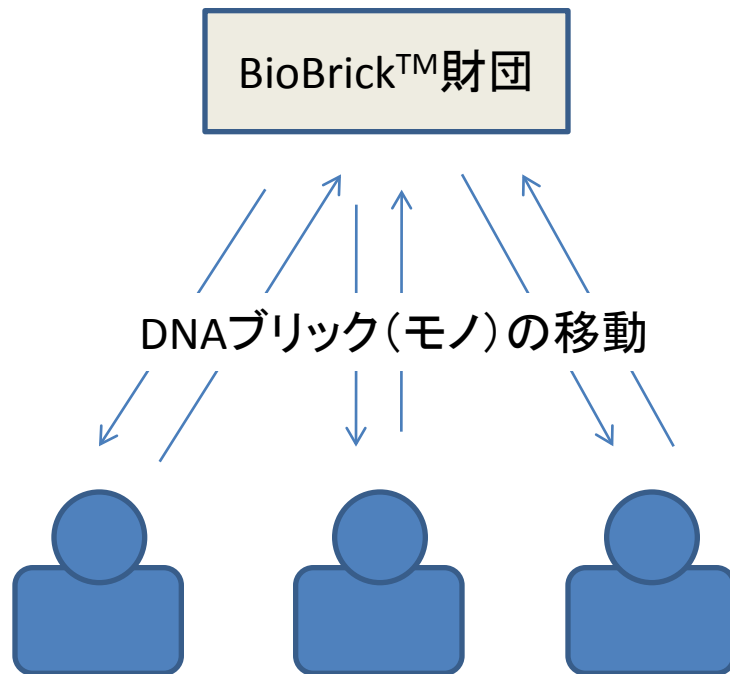
design area

Result DNA sequence ↓

```
>Result: pgsB+IRES+pgsC+IRES+pgsA
atgtttaaattaccataaaaattacccttagctcgtattgctttaaattcctattttatgattattatgtagtccct
tttgattggggtcgtttagaagttgggatgaaagtattcctgtgctcatttagctgggtcattttattattatt
gctagctactactgattgggttagtggttattatgctcgtgaaataaatttagttactaaattttggtaaaatttagat
ccttagctgataaattattgatttagtctgctttaaattatttagttcaatttggattagctcctgctggatggtt
attgttatattagtcgtaatttgccttactgggttaactggttttagctggtactggtgaagtttggctgct
aatgttaggtgaaataaaaactgggctcaaatattgctgtagtgccttattattacataaattactctttgaa
ttagttagtttccctttgctgatttagctttaggttgcgtttttttactgctggttaggttgggaaatattt
agtaaaaattgggaagccttaaaaactagtaactgattcgggtgcagcatttaaaagcgggtgacaacttaaaagaag
gaaaagaaggttgaagaaaaggggtgtagtaagtaagtaagtaacagaccggaagatcgcgggtcctgattcgtt
taatttgaagaagaagaagaatgattcctaaatttaagtttaagtcgttaatttaagtcctttaaattttatatt
ttgtttagaagaagaatatttaagtagtttagtttagtttagtttttagcttttagccttaaggttttttagatggtttt
ttgctgtaaaataaaactagtaactgattgggtgaaatttttagctccttagctgaaagtttttactgctgattt
gtttataggtatatacttttttagtaagaagcgtttaaactcctttaaattttttttattatttaggtcgtgattat
ctttaaatttgggtggtattttttaaataaaactgaaatttactcctgaaactagattttaggtaaaattactactt
tattttagtttaagtttatttaaggttgggtattttaaagttttagtgattttaaatttttagctgattttaaactaag
ttttagaatggttagtttattttaaattttagtttagttgggttagttatatactttaaaggttttaaaggtattt
aagaacgattcgggtgcagcatttaaaagcgggtgacaactttaaagaagaagaagaaggttgaagaaaaggggtg
gtaagtaagtaagtaacagaccggaagatcgcgggtcctgattcgtttaaatttgaagaagaagaagaatgcaattta
tattcctactttatataactttattcgtgatttttaaactcctttttggttttagttttatttaccctgctactg
gggtcctttgctgctgcttttaatttttgggtgctgctgctgattggttttaggttttttagctgctgctg
gaaactaaagctactcgttttgggtccttttagatcctgtgctgataaagtttagttgctatttgcctatgggttttagt
tactgaacattatcatagttgggtgggttactttactgctgctactatgattgctcgtgaaattatatttagtcttt
acgtgaatgatgactgaaattaggtaaacgtagtagtctgctgctgctgctgctgctgctgctgctgctgctgctc
aaggttgccttttagctggttattatggcctcctaataattgggtgaaatgctggtattgctttttttttggtg
tgcgttttaacttttagggatgatttaaatatttaagtgctgctgctgctgctgattttagatgataaagtttaagtt
acgtcaagattcgtttttttaaactgctactcgtacttttagttagttagctgatttattta
```

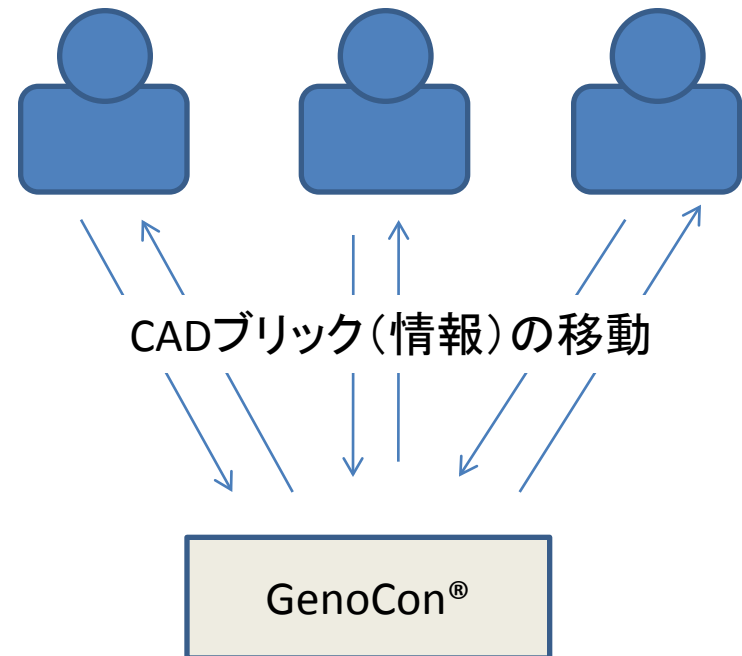
[All jobs completed!!!]

DIY方式 (Do It Yourself)



実験(合成や評価)は各個人が行う、
安全管理や評価の基準がばらつく、
コストを個人が負担するなどの問題

我々のBASE方式 (Benchmark And Safe Evaluation)



各個人はデザインのみを行う、
実験はプロの研究機関が実施、
安全管理や評価の基準が統一

Comparison between BIO brick and CAD brick

Category	Content	Model	Examples
BIO brick	materials	DEM Distributed Evaluation Model	iGEM
CAD brick	programs	CEM Centralized Evaluation Model	GenoCon

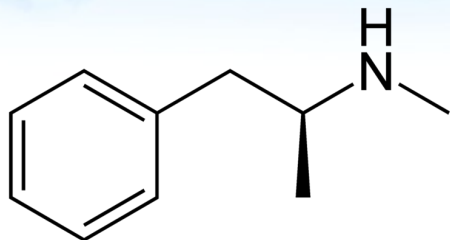
CEMの利点（特許法から）

- **日本の特許法69条で規定されている特許権の効力が及ばない「試験または研究」**は、以下の3つ：(1)特許性調査、(2)機能調査、(3)改良・発展を目的とする試験、に解釈、分類される。リサーチツールの使用はこれらのどの分類にも当てはまらないのに対して、バイオブリックスの改良を目的とするCADブリックの改良は3つ目の分類に当てはまる。例えば、異なる遺伝子背景を持つ生物においてオリジナルのバイオブリックより効果的に機能する特許済みのバイオブリックの改良された設計を算出するよう開発されたCADブリックは、3つ目の分類に当てはまる。恐らく、改良されたCADブリックスとオリジナルのバイオブリックの機能を評価することは、研究目的としてとらえられ、特許の実用化の前にライセンス供与が求められる一方で、特許使用の例外の範囲内で、実施可能と考えられる。
- 日本の法律では、**研究目的での特許発明の使用を認める範囲は米国法よりも広い**。日本の判例法及び広く浸透している学説では、試験研究のための特許使用は、技術の進歩の為に認められるべきだと改良されてきた。世界各国の各協力者が評価研究を行うDEMは、評価を行う国の研究試験の除外規定の違いにより、特許権侵害に関してより多くの責任を負うこととなるが、研究試験を目的とした特許発明の使用を認める範囲が広い国での評価研究を行う（私たちが提唱する）CEMは、各協力者の（特許権）侵害を防ぐことができるであろう。さらに、CEMは、同じ実験環境下で各機能を定量的に評価することができる。

設計された配列を監査するための安全基準

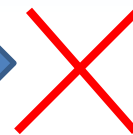
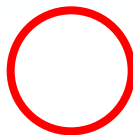
- (1)設計段階
 - バイオインフォマティクス (アクセル)
 - トレーサビリティ、トランスペアレンシー
- (2)DNA合成段階
 - バイオセーフティインフォマティクス (ブレーキ)
 - バイオセキュリティインフォマティクス
- (3)遺伝子組み換え段階
 - 生物多様性に関する法令等
 - 安全管理面でもCEM方式が優れている
- **重要原則:「設計と合成の分離」**
 - 設計学(デザイン学)は安全性チェックのための学
 - 詳しくは、Toyoda, T. *Methods in Enzymology* (2011) **498** 189-203

設計と合成の分離の例(覚せい剤取締法)



覚せい剤(メタアンフェタミン)

設計図
デザイン情報
違法ではない

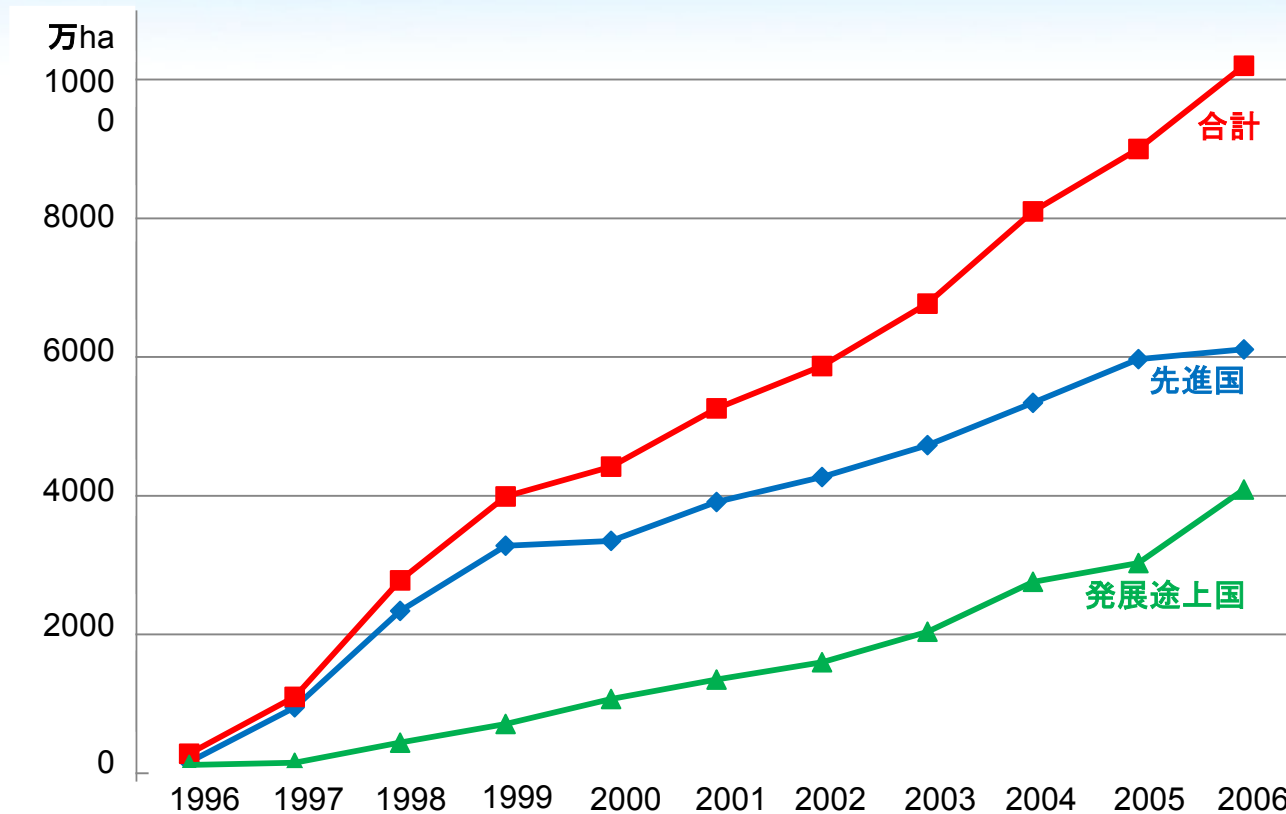


むしろ、安全性チェックに必要

化合物(モノ)
合成は違法
(麻薬取締法)

覚せい剤取締法の罰則			
対象物	違反態様	罰則(刑罰)	
覚せい剤	輸入、輸出、製造	単純	1年以上の有期懲役
		営利	無期又は3年以上の懲役 情状により1,000万円以下の罰金を併科
	所持、譲渡、譲受、使用	単純	10年以下の懲役
		営利	1年以上の有期懲役 情状により500万円以下の罰金を併科
覚せい剤原料	輸入、輸出、製造	単純	10年以下の懲役
		営利	1年以上の有期懲役 情状により500万円以下の罰金を併科
	所持、譲渡、譲受、使用	単純	7年以下の懲役
		営利	10年以下の懲役 情状により300万円以下の罰金を併科

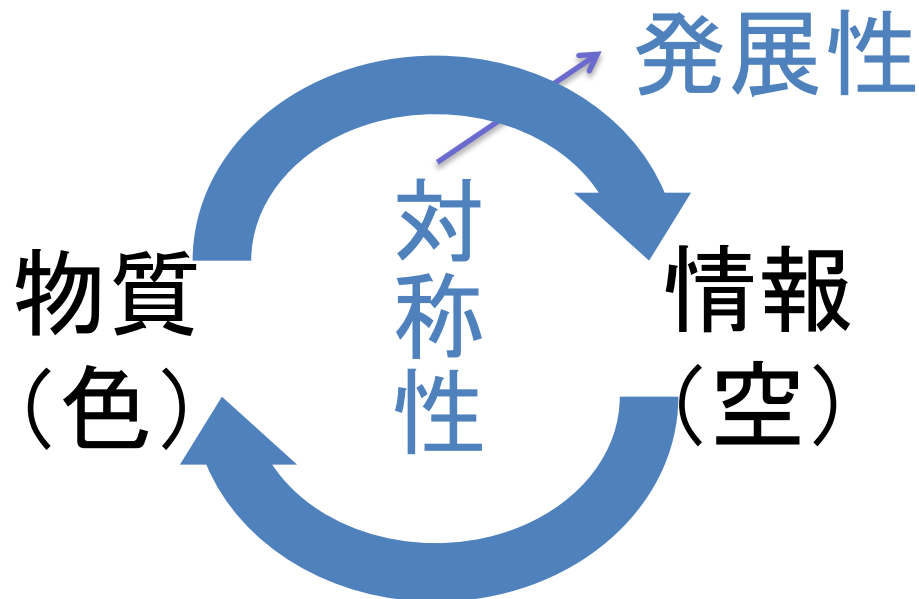
組み換え作物の栽培面積



- 進化とは遺伝子プールの中であるコピーが数を増やし、別のコピーが数を減らすこと
- 合理的選択の結果が、遺伝子のコピーの増加をもたらしている

進化は偶然か、必然か？

- 進化の表現型 → 利己的形質、利他的形質
- 個体のレベル → 利己的も、利他的もありうる
→ 偶然
- 遺伝子のレベル → 利己的のみ → 必然



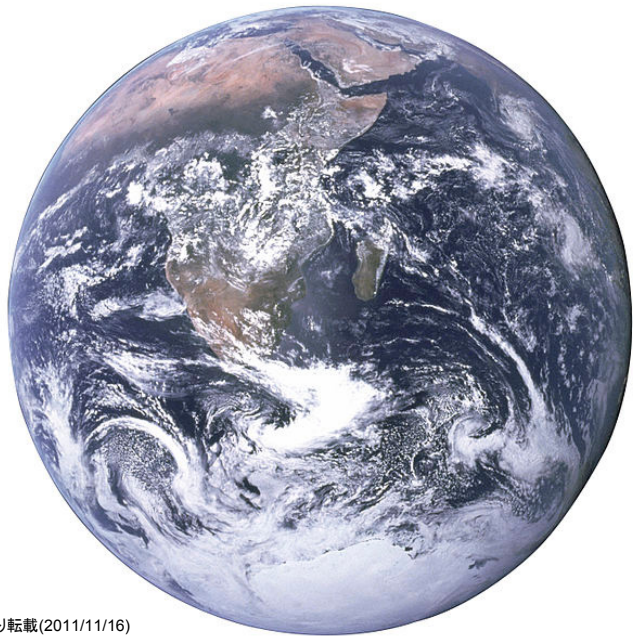
情報のお墓

- 新しい供養
- 現世代から感謝される供養
- ライフログとの連携
- 情報のお墓をマイニング

水の問題

- バイオマスを燃料とすると、食料不足に拍車をかけることにならないか。

対称性の美しさ



Wikipediaより転載(2011/11/16)
http://commons.wikimedia.org/wiki/File:The_Earth_seen_from_Apollo_17_with_white_background.jpg



なぜ、人間は対称性を理解し、魅かれるのだろうか
偶然か？ 必然か？