

東大俯瞰講義1

～超・利己的な遺伝子を生み出したゲノム科学～

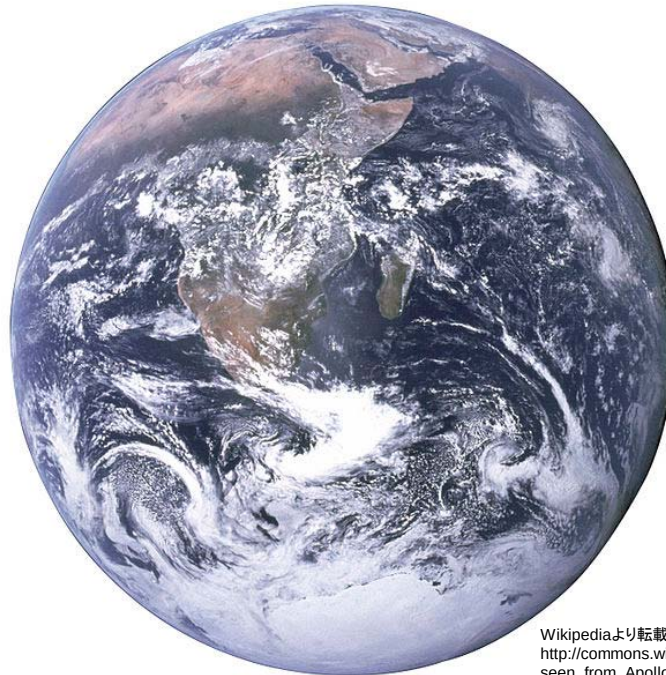
平成23年7月6日

(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。

俯瞰



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

我々の世界を外から眺めることで、大局的な流れを掴む



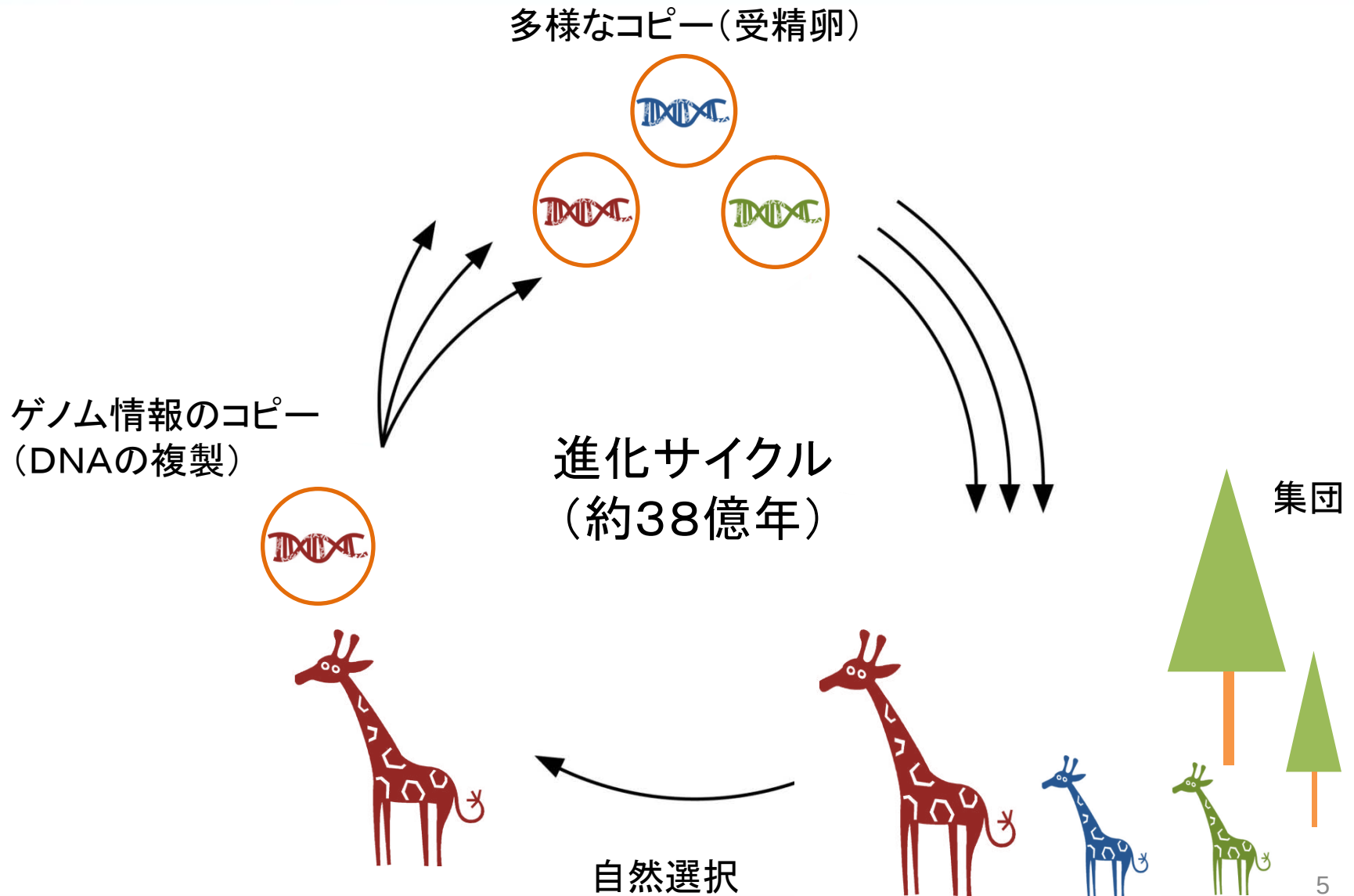
そもそも、生命とは何か？



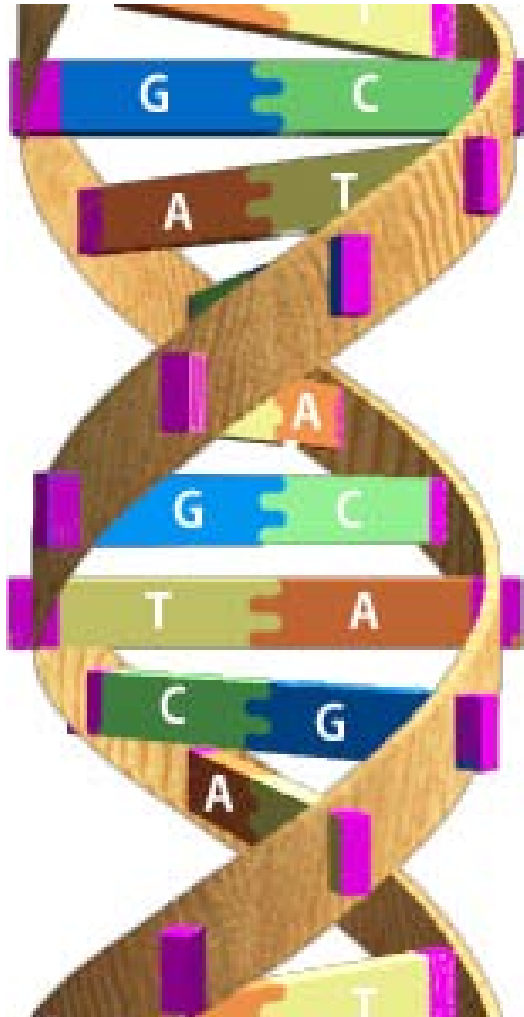
生命の本質＝情報

コピーできるという性質
(自己複製)

コピーと選択の繰り返りで進化する生命



ゲノムは、生命の設計図(遺伝情報)



DNAブロックのイメージ

DNAのブロックのつながりでゲノム情報が記録されている

ブロックは4種類(A, T, G, C)だけ

ブロックの並びを解読することが、「ゲノム解読」

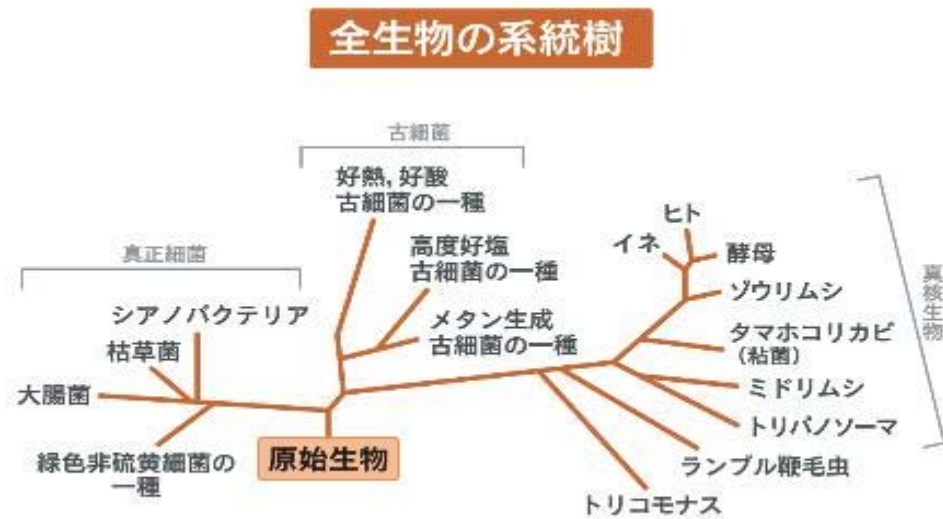
解読されたゲノムは文字情報であらわされる

ATGCTAGTCGCGTGCTAGTCGATCTCGTGCA.....

ヒトのゲノムは約30億文字に相当

DNAは情報を記録する媒体(メディア)

生物の多様性は、ゲノム情報の多様性



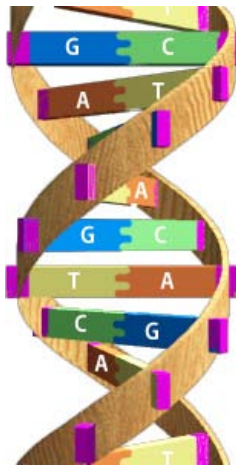
出典: 東京大学生命科学教育用画像集
URL: <http://csls-db.c.u-tokyo.ac.jp/>

© University of Tokyo

情報としての視点

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)



物質としての視点

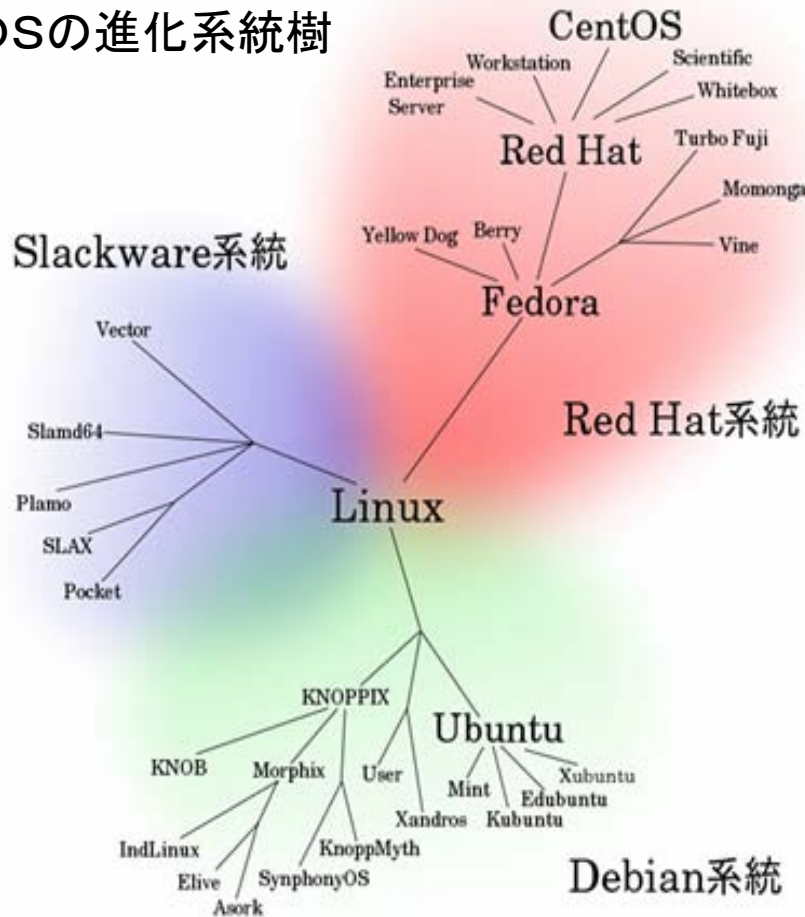
ヒトも微生物もDNAは同じ4種類のブロック
(G,A,C,T)

↓
つまり、物質としては進化していない
(生物共通)

例、デジタルメディアでみられる進化現象

コピーと選択が繰り返されるとデータは進化する

オープンソースプログラム
リナックスOSの進化系統樹



インターネットの出現で、
データのコピーと選択が
常に繰り返されている

集合知によるコピーの選択
(データ進化)



本質的に同じ

自然によるコピーの選択
(ダーウィン進化)



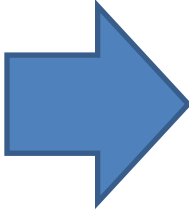
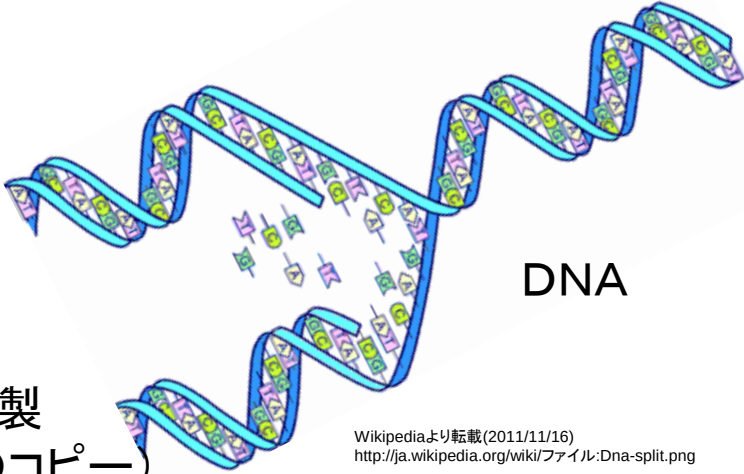
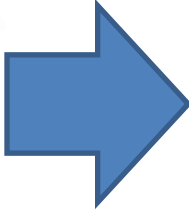
<http://omicspace.riken.jp/publications/evolution/page5.html>

コピーと選択のサイクルを誰も止めることができない生物的な進化
→ 詳しくは、『生体の科学』59(1) 20-32, 2008

生命的戦略＝コピーされつづけるための戦略

- 情報自体は無限に増えることができる
- 情報の媒体(メディア)は物質なので有限
- 有限のメディアを情報が奪いあう世界像
例、デジタルカメラの画像でいらないものを消す
- コピー数がどれだけ存在しているかが勝負
→ 情報の進化をもたらす

「遺伝子情報」と「表現型」の関係

	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  CDの複製 (情報のコピー)	 
ゲノム情報	 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	 

利己的な遺伝子

生命の起源は自己複製子

自然選択が働く単位は「遺伝子」

→ 個体や種が単位ではない



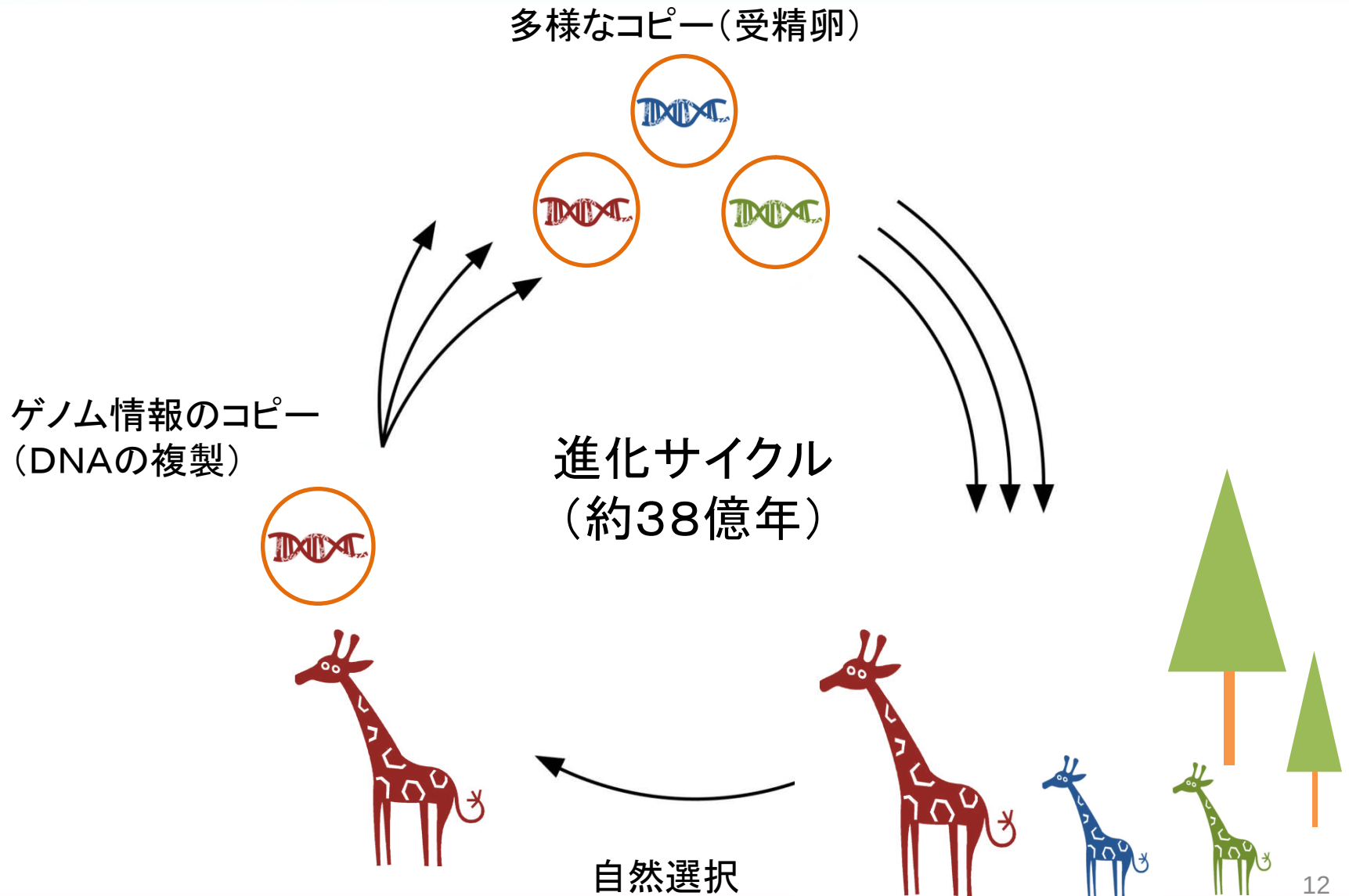
+

リチャード・ドーキンス著、日高敏隆[ほか]訳
『利己的な遺伝子』(増補新装版)
紀伊國屋書店、2006年

「利己的」とは「自己の成功率(生存と繁殖率)を他者よりも高めること」

「利他的」とは「自己の成功率を損なっても他者の成功率を高めること」

利己的な遺伝子の乗り物としての個体



利己的な遺伝子

生存に関する行動については説得力がある説

「カントの唱える道徳的な自由」と「本能的な衝動」

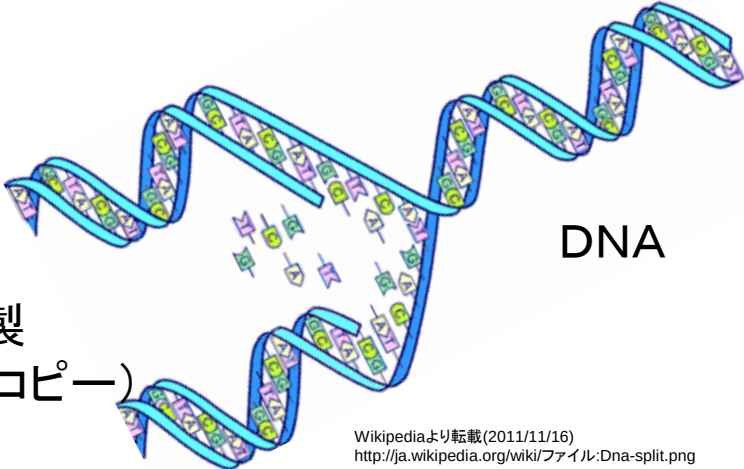
芸術など精神活動については未だ説明力不足

→「脳科学」がそれに答えるのか？

科学的な精神活動についてはどうか？

→「脳(個体)」は「利己的な遺伝子」に勝てるか？

ゲノムは遺伝子情報を伝えるメディア

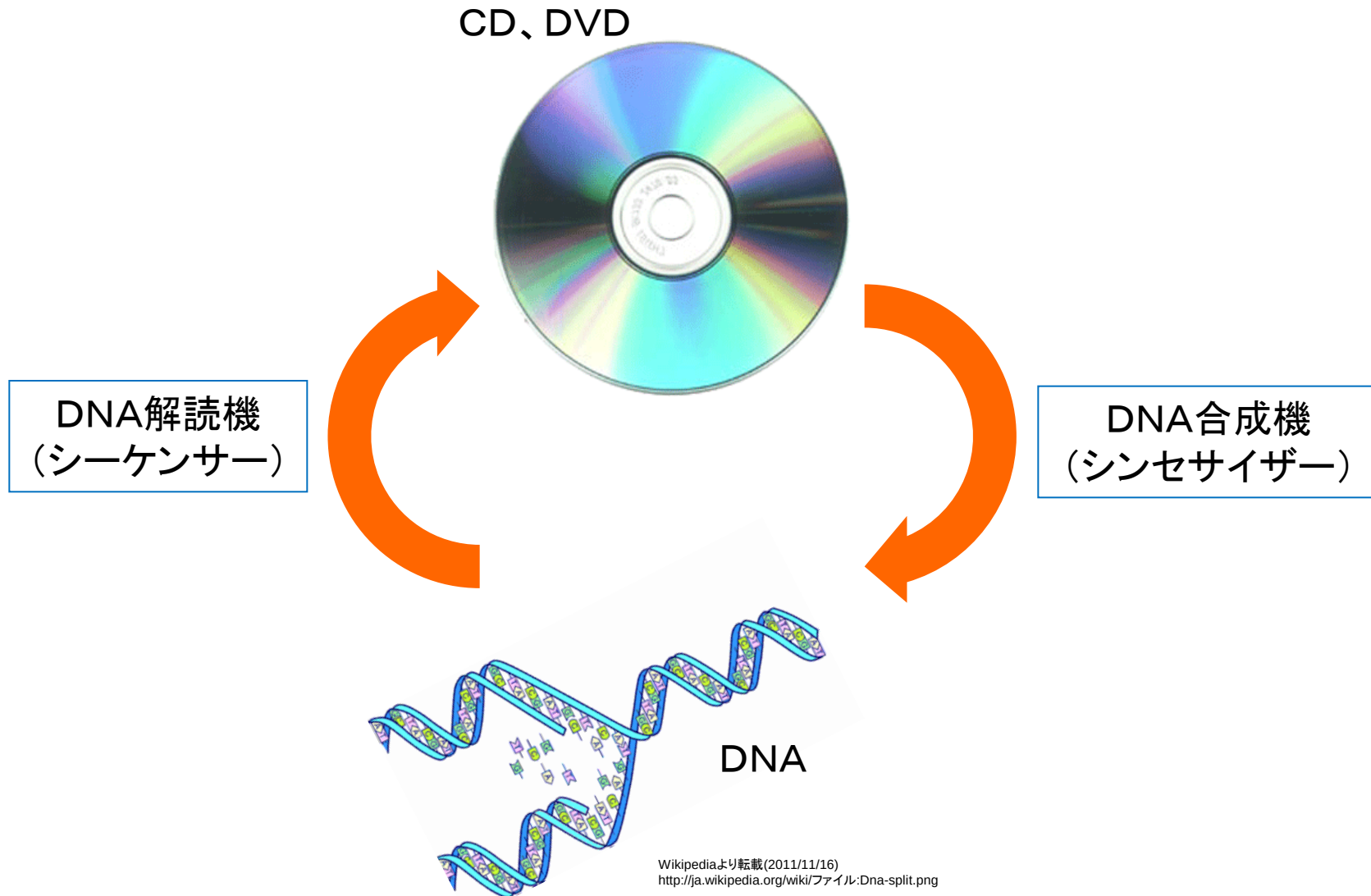
	情報の記録媒体(コピーメディア)	情報の発現(表現型)
デジタル情報	CD、DVD  CDの複製 (情報のコピー)	
ゲノム情報	 DNA複製 (情報のコピー) DNA Wikipediaより転載(2011/11/16) http://ja.wikipedia.org/wiki/ファイル:Dna-split.png	

ゲノム情報をDNAから解読する機械の発明

ゲノム情報をコンピュータで扱えるようになった

デジタル情報

ゲノム情報



情報世界にまで拡大した遺伝子進化のサイクル

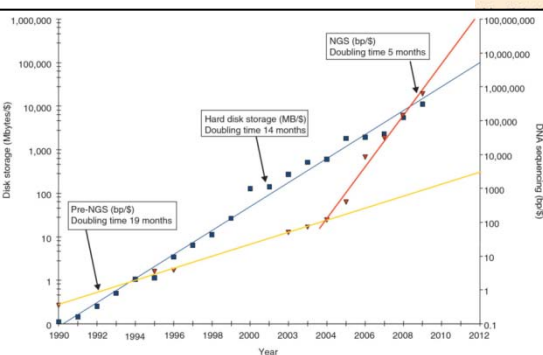
データベースは、“新しい進化の場(コピーと選択の場)”

→ 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)

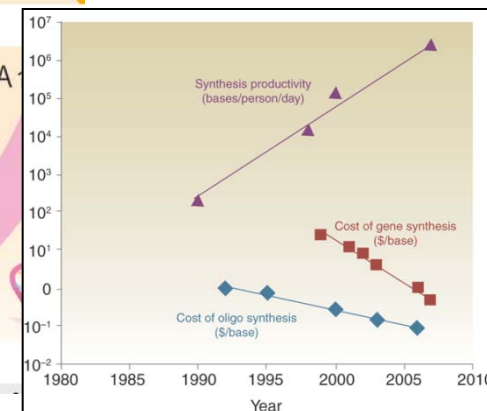


DNA解読機的能力上昇

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



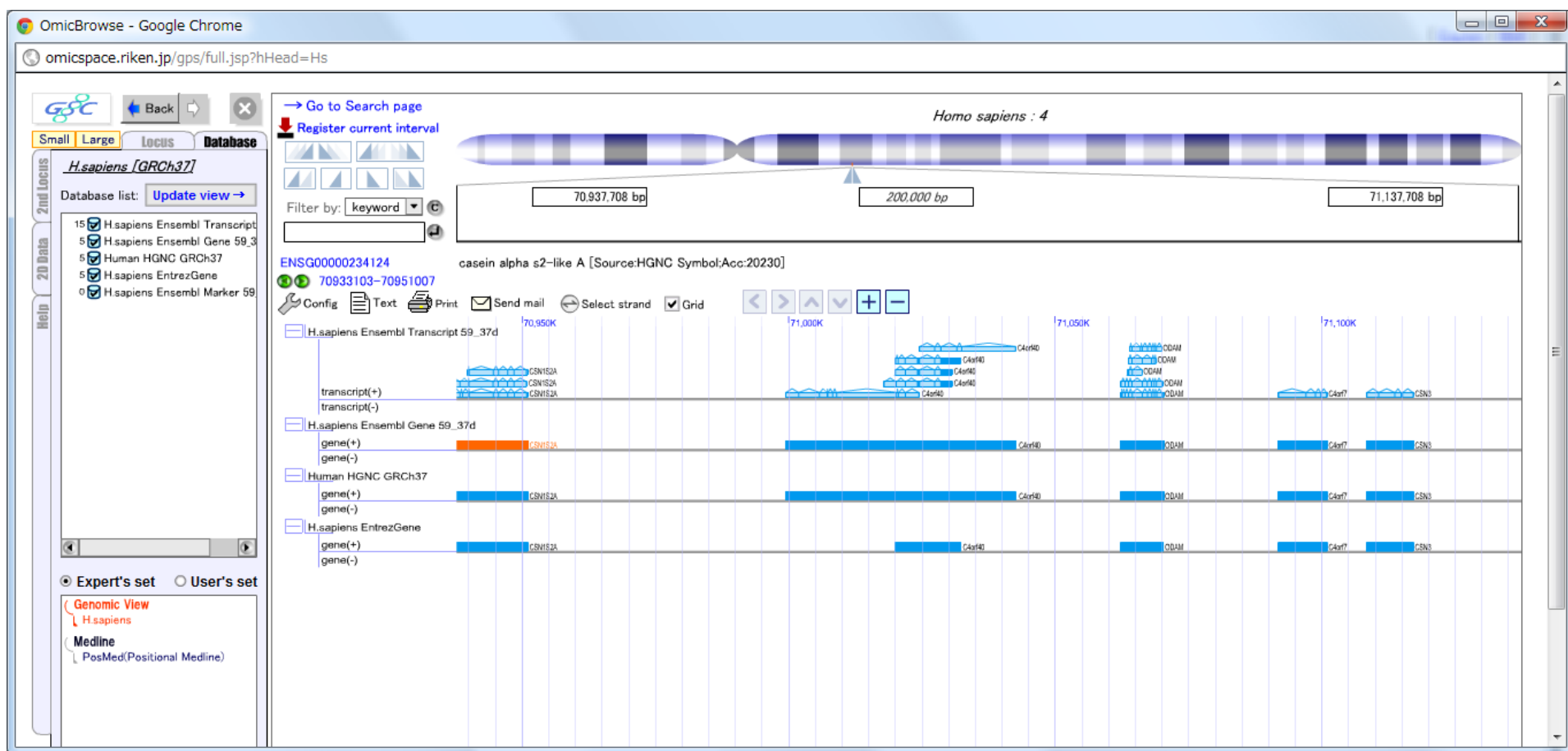
† http://www.riken.go.jp/r-world/info/release/news/2010/jun/frol_02.html



DNA合成機的能力上昇

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

ゲノム地図に蓄積していく遺伝子情報



生命の戦略とは＝「生命情報のコピーメディアの拡大戦略」？

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



生命現象 = 止めることのできないコピーと選択のサイクル

生命戦略 = コピーメディアの拡大、メディアに依存しない原理

生命科学 = コピーメディアを理解し、そこで起きる現象を解明

遺伝情報は光の速度で移動

インターネットで遺伝情報が移動する地球



Map of scientific collaborations from 2005 to 2009

Computed by Olivier H. Beauchesne @ Science-Metrix, Inc.

Data from Scopus, using books, trade journals and peer-reviewed journals

✚ <http://collabo.olihb.com/collabolinks.jpg>

宇宙から見た生物学はこう見える

生命戦略の解明 → 宇宙生物学



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

【命題】メディアの拡大は宇宙のどの星でも起きている

- ・ 生物進化のモードで Planet を分類
- ・ 地球は新しいモードに入った

【宇宙生物学】

宇宙生物学(うちゅうせいぶつがく、Astrobiology, Exobiology または Xenobiology)とは、地球に限らず、広く宇宙全体での生命体について考察し、生物生存の実体や生物現象のより普遍的な仕組み、生命の起源などを明らかにしようとする学問。しかし、比較的新しい学問なのでその定義ははっきりと確定していない。(Wikipediaより)

【ゲノム宇宙生物学、メディア宇宙生物学】

宇宙生物学(Astrobiology)とゲノム科学(Genome sciences)の融合

進化の構造からその星を分類できるか？



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

【命題】 知的生命体のいる星 =
コピーメディアを拡大する生命体のいる星

この命題を使えば、地球 = 知的生命体のいる星

【進化学】

解剖学的な構造から生物を分類する進化学



ゲノムの構造から生物を分類する進化学



コピーメディアの拡大構造から生物を分類する進化学

俯瞰



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

大局的な流れを掴めば、未来が見えてくる
Science of Tomorrow

The Third Wave (第三の波)

Alvin Toffler
The Third Wave
Bantam Books
1980

第一の波 (1万年前)	農業革命 (土地支配と文明)	農耕社会、育種、 狩猟採集の代替生産
第二の波 (18世紀)	産業革命 (エネルギー革命)	工業社会、規格化、 筋肉機能の代替機械
第三の波 (20世紀後半)	情報革命 (コンピュータ・通信)	情報社会、多様化、 脳機能の代替機械

社会・国家

企業・資本家

マスメディア

個人

工業社会

企業・社会・国家

個人の能力発揮

パーソナル
ブランディング

共有の情報基盤

ソーシャルメディア

情報・知識社会

パワーシフト

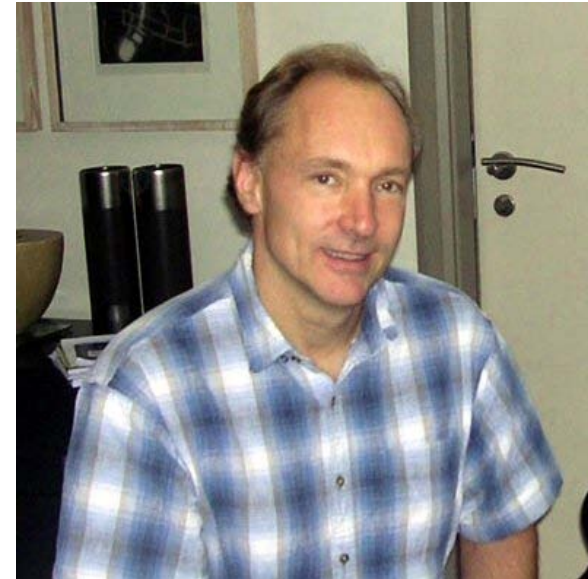


世界中に広がるオープンデータの運動

2010年 2 月

TED (Technology Entertainment Design)

「オープンデータと
マッシュアップ
で変わる世界」



Wikipediaより転載(2011/11/16)
http://ja.wikipedia.org/wiki/ファイル:Tim_Berners-Lee.jpg

昨年から 1 年間のオープンデータ運動についてティム・バーナーズ・リーが報告する

http://www.ted.com/talks/tim_berners_lee_the_year_open_data_went_worldwide.html

彼の発表のすぐあと(3月10日)

イギリス政府のポール・クラーク「ああ、そういえば生のデータがあるんだった。自転車事故のデータだ」とブログに書く

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。

<http://innovate.direct.gov.uk/2009/03/10/pedalling-some-raw-data>
(2011/11/16)

その二日後、Times Onlineが地図にする

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。

Mapped: the UK's road cycling blackspots — Times Labs Blog
<http://labs.timesonline.co.uk/blog/2009/03/11/uk-cycling-accidents/>

自分の自転車のルートに問題がないかを確認できるようになった

データがつながることのできるか

2008年オハイオ州ビーンズヒル
ある弁護士がどこに家があり、ま
た水道が繋がっているかの地
図を作った



別のリソースから白人の住んで
いる場所を取得しマッシュアッ
プする

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。

http://www.ted.com/talks/tim_berners_lee_the_year_open_data_went_worldwide.html 動画 01:41
(2011/11/16)

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。

http://www.ted.com/talks/tim_berners_lee_the_year_open_data_went_worldwide.html 動画 01:47
(2011/11/16)

青い線が水道、白い家が白人居住、青い家が黒人居住

→ 水道が繋がっている場所に白人居住が固まっていることがわかる。

データを繋げることの効果

偶然とは思えない相関があるのを認められ、1,090万ドルの賠償が命じられた

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。

http://www.dispatch.com/content/stories/local/2008/07/11/Coal_Run.ART_ART_07-11-08_A1_SPANNJH.html (2011/11/25)

日本でも、 東日本大震災で計画停電が公表された直後



東京電力

日本語 English 中文 한국어

お問い合わせ サイトマップ モバイル

3月11日に発生した東北地方太平洋沖地震により、お亡くなりになられた方々のご冥福をお祈り申し上げますと共に、被害を受けられた皆さま、そのご家族に、心からお見舞いを申し上げます。

また、福島第一原子力発電所における事故、および、放射性物質の漏えいにより、発電所の周辺地域の皆さまはじめ、県民の皆さま、さらに広く社会の皆さまに大変なご心配とご迷惑をおかけし、心より深くお詫び申し上げます。

現在、政府・関係各庁、自治体のご支援とご協力を仰ぎながら、緊密に連携をまかりつつ、事態の一日も早い収束に向けて、全力を挙げて懸命に取り組んでおります。

加えて、当社の原子力発電所、火力発電所、および、流通設備等が大きな被害を受けたことにより、安定した電気の供給を行うことが困難になったため、計画的に停電を実施させていただくことになり、当社供給区域の皆さまには大変なご迷惑をお掛けしますことを、重ねて深くお詫び申し上げます。

一日も早く安定的に電気を送り届けることができるよう、復旧作業に全力を尽くしておりますので、ご不便をお掛けしますが、皆さまの節電と計画的な停電へのご理解とご協力をよろしくお願い申し上げます。

平成23年3月
東京電力株式会社
社長 清水 正孝

東京電力からお願い

◆「電力の使用状況グラフ」は [こちら](#)をご覧ください

需給逼迫による計画停電の実施

3月31日11:45更新

追加・変更などの掲載情報は随時更新されますので、都度、ご確認くださいようお願いいたします。

なお、異なるグループにまたがっている地域は、電気を供給する変電所が異なる場合があることから、いずれかのグループでの停電となります。

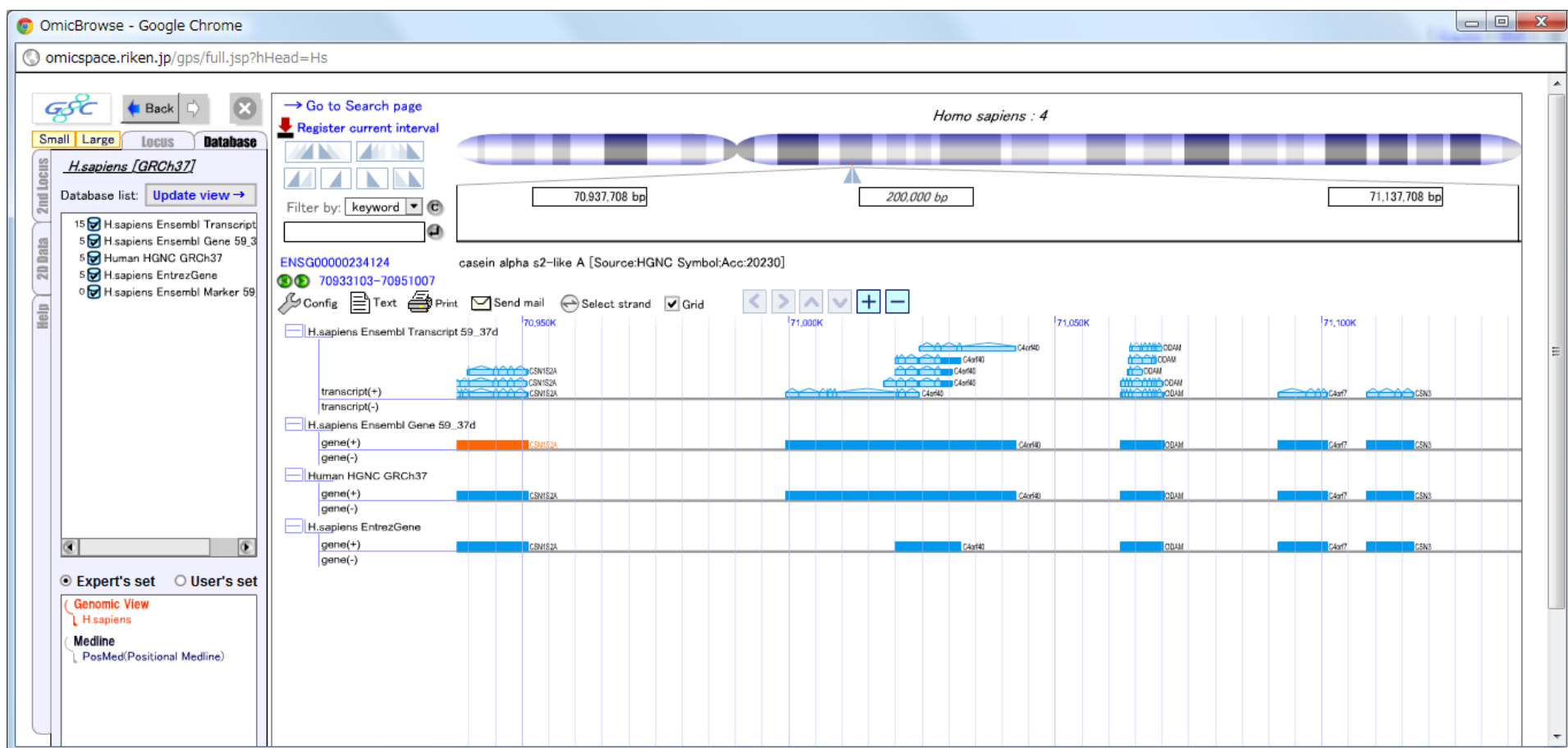
平成23年3月31日17時

都県	市区郡	大字通称	グループ	サブグループ
東京都	昭島市	朝日町1丁目	3	B
東京都	昭島市	朝日町2丁目	3	B
東京都	昭島市	朝日町3丁目	3	B
東京都	昭島市	朝日町4丁目	3	B
東京都	昭島市	朝日町5丁目	3	B
東京都	昭島市	東町2丁目	4	C
東京都	昭島市	大神町	3	B
東京都	昭島市	大神町1丁目	3	B
東京都	昭島市	大神町2丁目	3	B
東京都	昭島市	大神町3丁目	3	B
東京都	昭島市	大神町4丁目	3	B
東京都	昭島市	澤地町	3	C
東京都	昭島市	上川原町	3	B
東京都	昭島市	上川原町1丁目	3	B
東京都	昭島市	上川原町2丁目	3	B
東京都	昭島市	上川原町3丁目	3	B
東京都	昭島市	昭和町1丁目	3	B
東京都	昭島市	昭和町2丁目	3	B
東京都	昭島市	昭和町3丁目	3	B
東京都	昭島市	昭和町4丁目	3	B
東京都	昭島市	昭和町5丁目	3	B
東京都	昭島市	田中町	3	B
東京都	昭島市	田中町1丁目	3	B
東京都	昭島市	田中町2丁目	3	B
東京都	昭島市	田中町3丁目	3	D
東京都	昭島市	田中町4丁目	2	D
東京都	昭島市	田中町4丁目	2	D

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。

計画停電MAP 2011年3月27日～4月2日
<http://teiden.sou-sou.net/>

ゲノム地図に蓄積していく遺伝子情報



市場予測

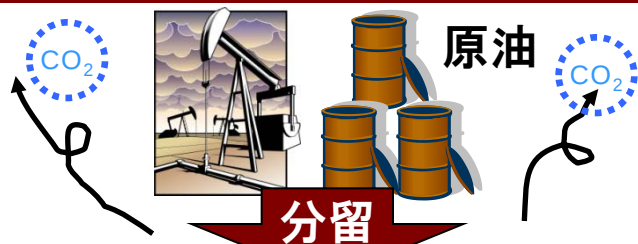
- セマンティック技術 市場予測（米Project10X, 2008 年）
 - 主な適用領域: データ統合, 情報検索, 知識共有など
 - 2010 年 約524 億ドル（世界）
 - 2015 年 約5,020 億ドル（世界）
- 欧州での企業向けセマンティック技術 市場予測（英Ovum Ltd. 社, 2010 年）
 - 主な適用領域: CRM, 企業マネジメントなど
 - 2014 年 約7～14 億ユーロ（欧州）
- データ・マーケットプレイス 市場予測
 - 「世界全体で1,000 億ドルに上る」（O'Reilly 主催の会議 Strata 2011 で, Pete Forde 氏（IT ベンチャー BuzzData のCTO）が講演）

A.トフラーの“第三の波”に続く、“第四の波”へ

第一の波 (1万年前)	農業革命 (土地支配と文明)	農耕社会、育種、 狩猟採集の代替生産
第二の波 (18世紀)	産業革命 (エネルギー革命)	工業社会、規格化、 筋肉機能の代替機械
第三の波 (20世紀後半)	情報革命 (コンピュータ・通信)	情報社会、多様化、 脳機能の代替機械
第四の波 (21世紀?)	バイオ革命 (ゲノム設計・人工生物)	遺伝子資源、再生医療、 生体改変による代替生物

グリーンバイオテクノロジーが切り拓く持続型社会

化石資源利用型



石油化学プロセス



↓ 資源の源泉を求めて
油田開発(化石資源)

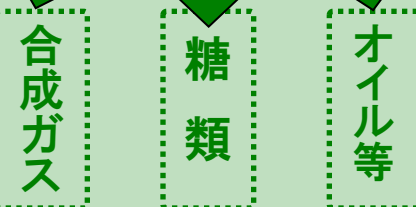
20世紀 消費型社会

再生可能な
資源の活用

革新技术
の開発

新産業の創出

バイオマス利用型



バイオプロセス



↓ 資源の源泉を求めて
ゲノム開発(生物資源)

21世紀 持続型社会

～ カーボンニュートラル ～