

現代科学・生物学と生きていること： 生物と非生物との違い



国立遺伝学研究所
嶋本 伸雄

「生」はどう解釈されているか

いきる・・息 動物
生　　・・丷 植物

} そのまんま！

活(活)・・呪いを解く 辞林

生 = 呪いの解除

呪いの逆転と御霊信仰

奈良時代の末期から怨みをもって死んだ貴人の怨霊

不幸な出来事：怨霊のせい

祇園御霊会（平安・室町～）

怨霊を接待：御霊となり幸福を導く

桓武、平城、嵯峨、淳和----宇多、醍醐朝

北野天満宮(桓武から2世紀～)

QuickTime[®] 2
èLíÉVÉçÉOÉâÉÄ
Ç™Ç±ÇÃÉsÉNÉ`ÉÉÇ%â©ÇÉÇzÇ½Ç...ÇÖiKóvÇ-ÇÅB



靖国神社（昭和～）

QuickTime[®] 2
èLíÉVÉçÉOÉâÉÄ
Ç™Ç±ÇÃÉsÉNÉ`ÉÉÇ%â©ÇÉÇzÇ½Ç...ÇÖiKóvÇ-ÇÅB

「生 = 呪いの解除」説の現代例



TV実況中継された！



道頓堀川から発見されたカーネル・サンダース人形のテレビ広告効果は27億2670万円――。――これで『カーネルの呪い』が解けて阪神タイガースが優勝したら、――

「呪いの解除」説のグローバル化



青鉛筆

▽24年ぶりに川底から「救出」されたカーネル人形。写真には、米大リーグのシカゴ・カブスから「貸して」と申し入れがあった。先ごろ、日本ケンタッキー・フライド・チキン社が明かした。

た。福留孝介選手も所属するカブスは1908年を最後にワールドシリーズ制覇から遠ざかっており、「縁起がいい人形を」となったらしい。



▽球界では、阪神甲子園球場からもラプコールが届いている。日米争奪戦の様相だが、同社の広報担当者は「仮に海を渡ることがあっても、必ず阪神ファンの元に戻るのご安心を」。



山羊の呪い
カブスは優勝させない！

道頓堀サンダース、シカゴカブスの山羊の呪いを解くか？

哲学での「呪いの解除」

生氣論：生物には非生物にはないものがある

中国 魂 + 魄 (キョンシー) ・ ・ 奈良時代から知識階級に入る
 ギリシャ 靈魂 + 物質



= 生氣 +



キョンシー
(バンダイ製)

機械論：生物は、生物でない物質と同じ基盤上で理解できる



=



現代生氣論とその崩壊

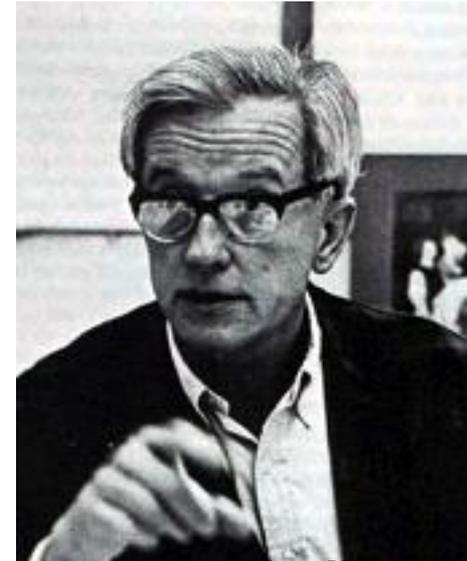
分子生物学勃興期：1940~50

生物の物理法則 = 生物特有の法則 + 非生物の法則
とDelbrückらは一時考えた（生氣論）

現在では、

生物の物理法則 = 非生物の法則

と考えると、不都合な例は見つかっていないので
この説を信じている生物学者は今はいない



Max Delbrück

分子生物学：機械論的生物学

分子生物学の誕生

- 分子生物学≠分子レベルの生物学、分子=DNA (注意すべきです)
- 当時科学の後進国であった米国で生まれた
- 遺伝学の論理的な構造が確立しつつあり、米国では遺伝学
- 1950年代「英雄の時代」が終わった物理学者が、他分野に進出
- バクテリオファージ（細菌を宿主とするウィルス）の遺伝学
DNA の二重らせんモデルとセントラルドグマ (Watson-Crick, 1954).
- 分子生物学における生化学の貢献は少なかった。

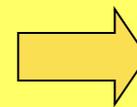
分子生物学の方法論の特色

- **Strong Inference:** 実験により予想された可能な機構を絞り込む方法論
- 論理性が高く例外を排除：化学よりも物理に近い

分子生物学独特の論理



モデルを可能な限り数多く考える
新しい実験の結果により、可能性を減少



結論

可能性を減らさない実験はやってはいけない

(物理とは異なるし、化学とは非常に遠い方法論)

複雑な生物に適した方法論、長所も短所もある

- 日本とヨーロッパで移入に失敗
ヨーロッパでの原因：生化学のかつての隆盛

日本が移入に失敗した理由

主要因の一つ：翻訳による原義の軽視

重要な誤訳

Culture: 文化（中国に責任）

Education: 教育（中国に責任）

Evolution: 進化（和訳：中国では演化と正しく訳す）

Complex/complicated：複雑

例：日本の「進化論」

日本の「総合」

ゲノムプロジェクト

機械論による「いきもの」の定義

生物学では、
自己複製 (Ver. 1)



自己複製
できない



複製はできるが
自己でない



自己複製？

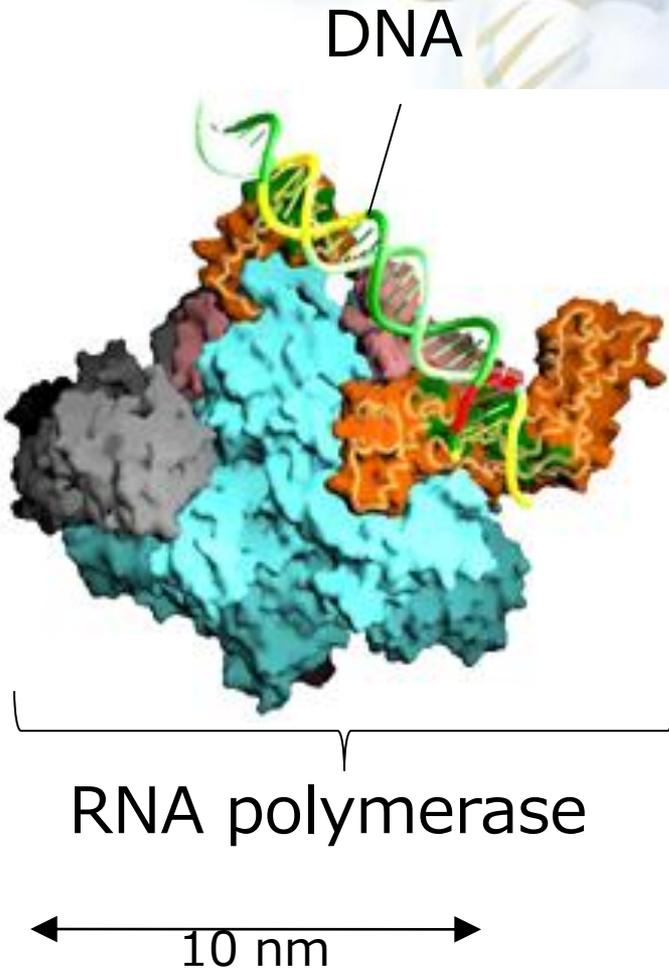
かさぶた
ウィルス
トランスポゾン
etc

生物の副産物

生物の条件 Ver.2 (生物の三条件)

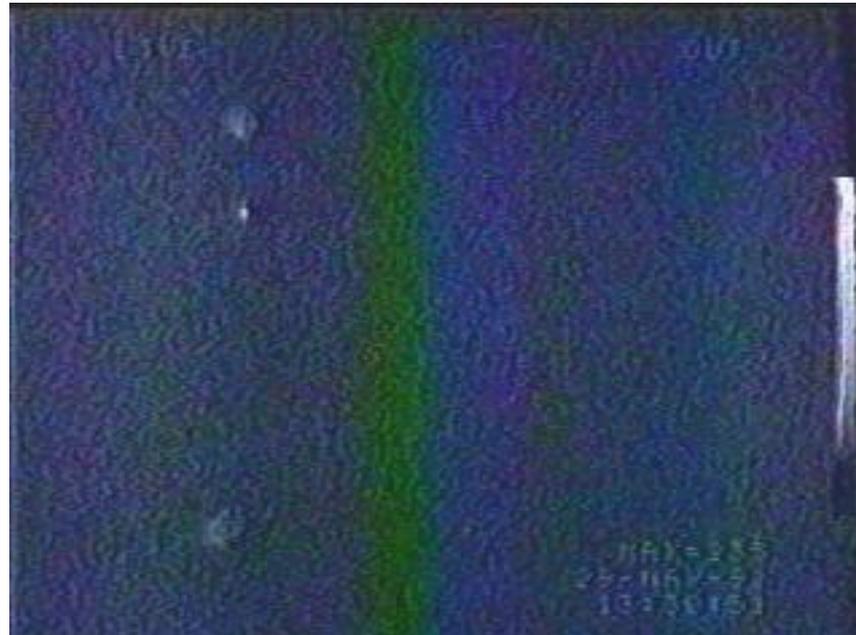
1. 自己複製
2. 形や量などを調節 (ホメオスターシス)
3. えさからエネルギーを供給 (エネルギー代謝)

ナノマシンの例：RNA polymerase



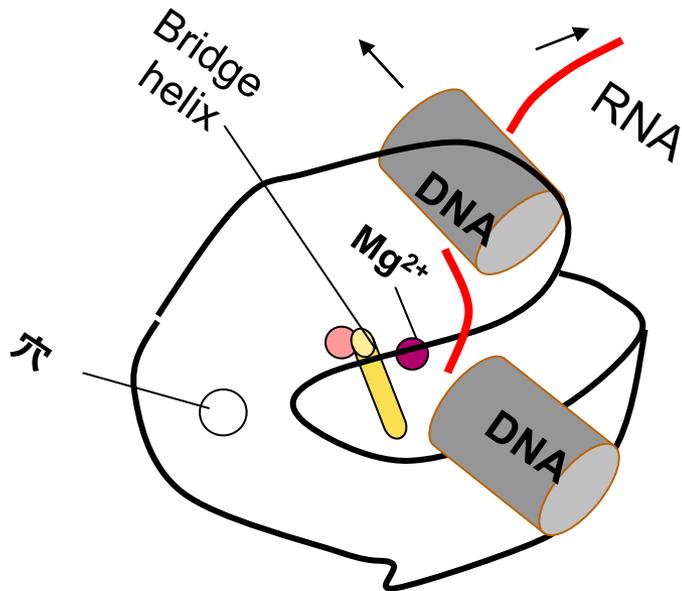
1. 長いDNAの中から特別な部分を探し出す。
2. そこにしばらくくっつき、二本鎖DNAを一本鎖にほどく（図では隠れている）。
3. 4種類の塩基のなかから塩基配列と同じ塩基を順番に選ぶ。
4. それらを繰り返して、つないでRNAにして、DNA上を下流側に1塩基コマ送り。
6. 特定の部分を読むと、RNAを放出してDNAから外れる。

1. 長いDNAの中から特別な部分を探し出す.



real time

4. RNA polymeraseのコマ送り



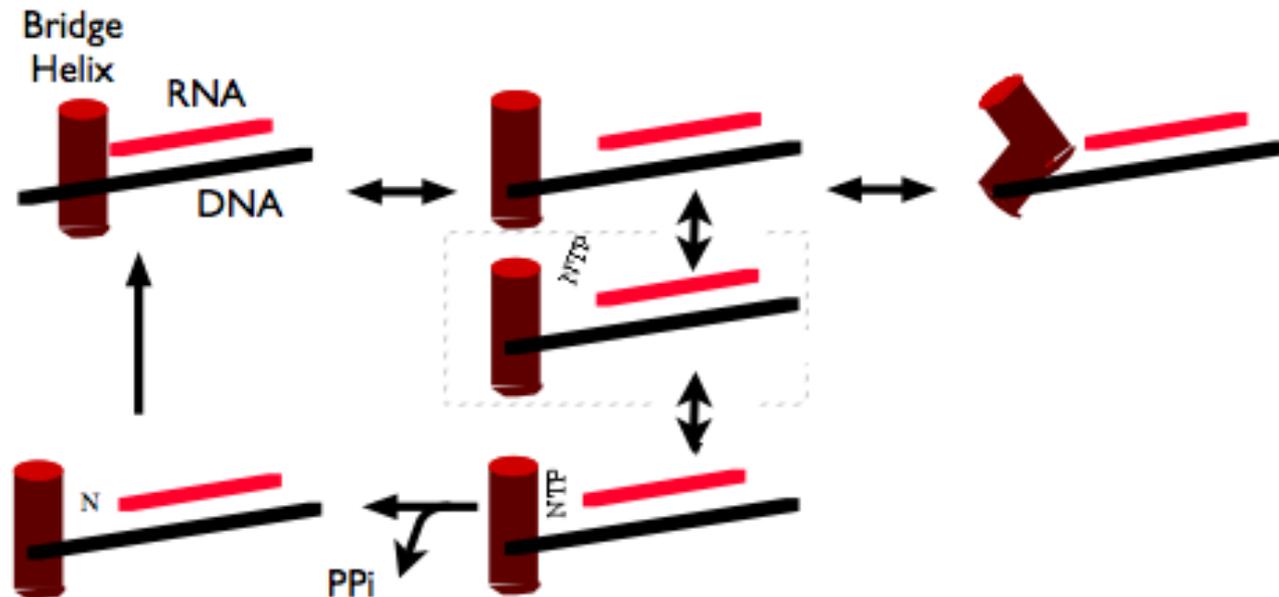
Bridge helix による押し込み

Bushnell, D.A., Cramer, P. & Kornberg, R.D. *Proc. Natl. Acad. Sci. USA* (2002)

Brownian Ratchet

E. Nudler, Bar-Nahum, G. et al. *Cell* (2005)

⇔ 熱揺らぎの速いプロセス



熱運動と生物分子機械のジレンマ

ナノの世界

日常の世界

RNA polymerase 分子

人間

大きさ 15 nm

10^8

1.5 m

熱運動の速度 2.2 m/s

10^8

典型的速度1m/sとすると

水の分子

170倍なので

大きさ 0.3 nm

3 cm (スズメバチ)

熱運動の速度 370 m/s

170 m/s (Jetの速度)となる

1m/s

平均熱エネルギー

生物の分子貯蔵エネルギー

人工機械のエネルギー

0.5kT

(ATP) <10-20 kT

200eV (5Vで働くPC)

かなりの誤動作が予想される

誤動作少ない

熱揺らぎ

反応には必要

雑音の原因

堅さ

1 / 千~10万

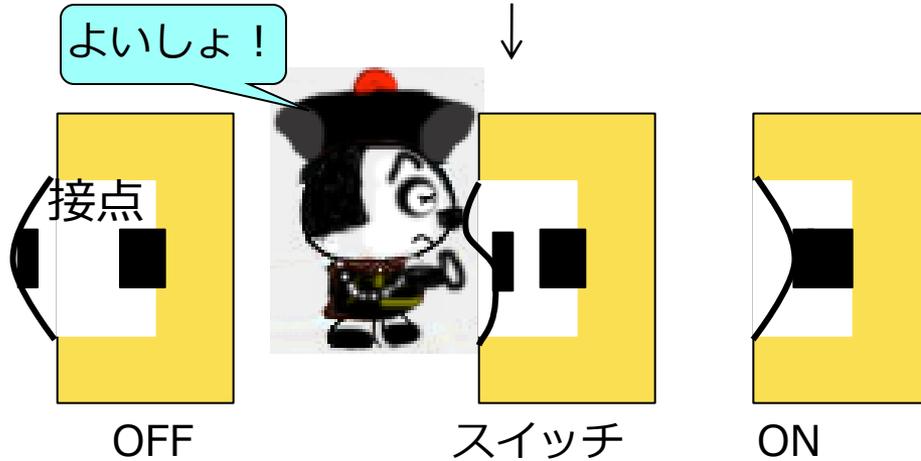
鉄 = 1

生物機械の設計：豆腐とコンニャクで精密機械を作る

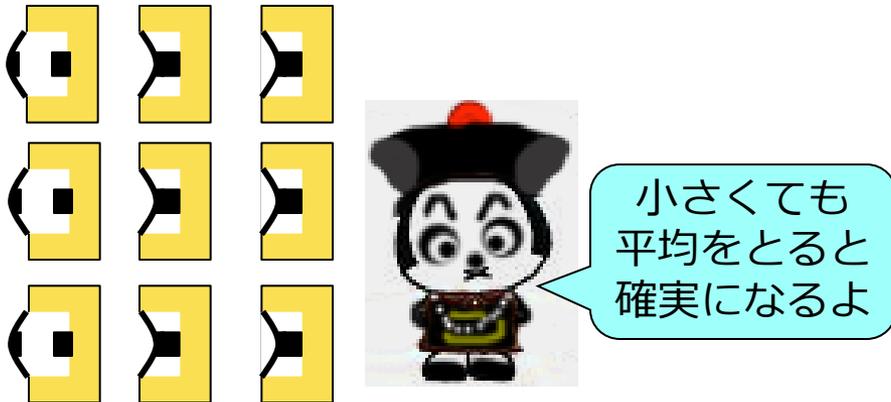
エネルギーと誤動作

人間の作る機械で誤動作を防ぐ

1. 大きなエネルギーを加える

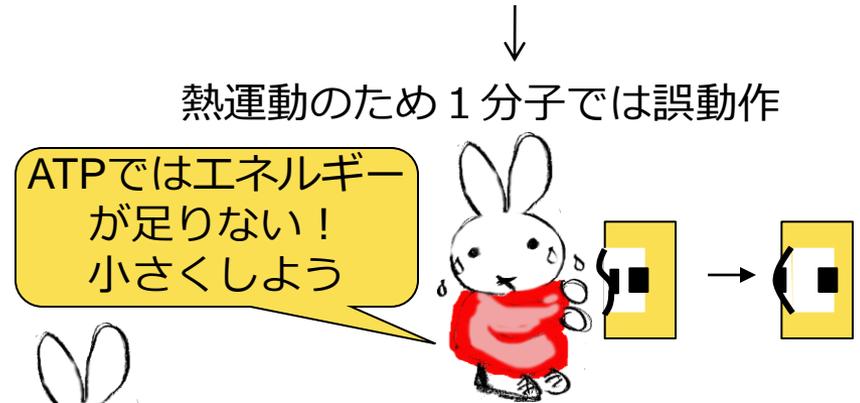


2. 多数平均を使う: 1分子機械では無理

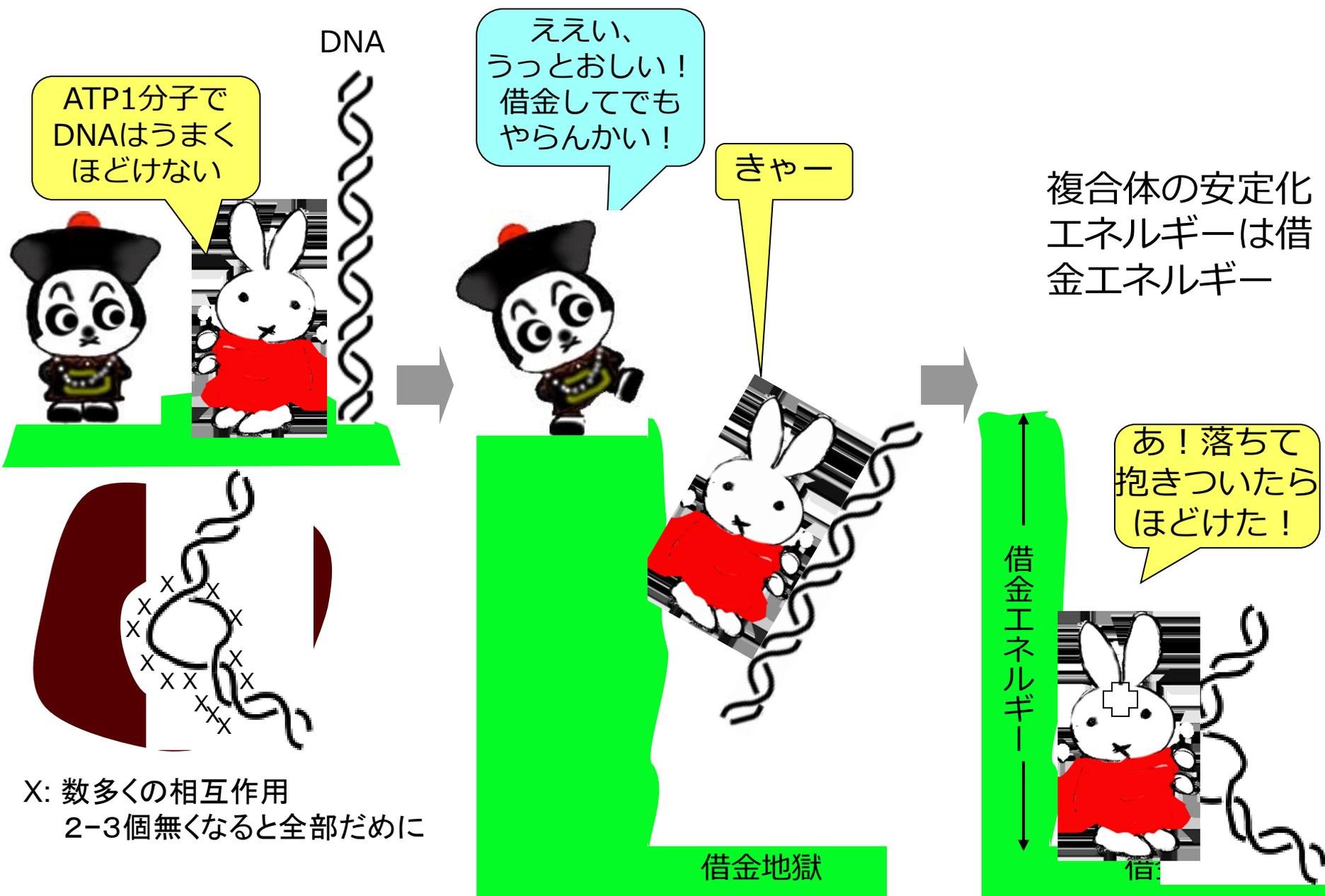


生物の1分子機械では?

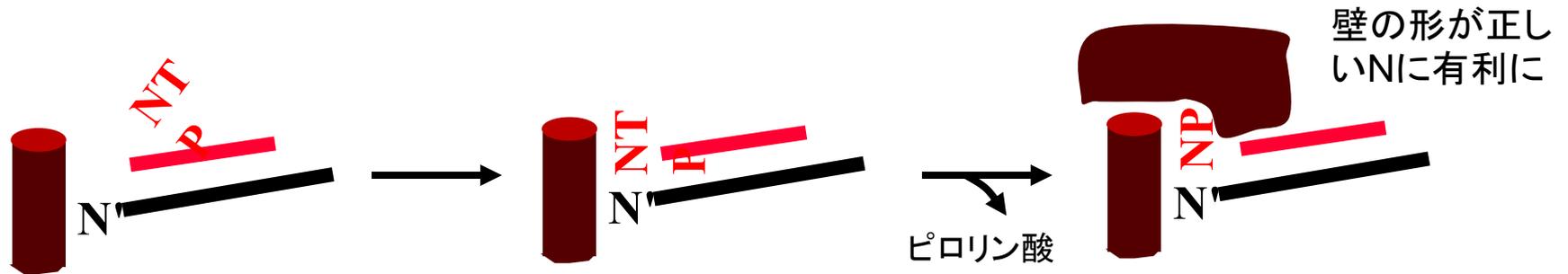
ATPの小さなエネルギーでも曲がるようにバネを弱くする



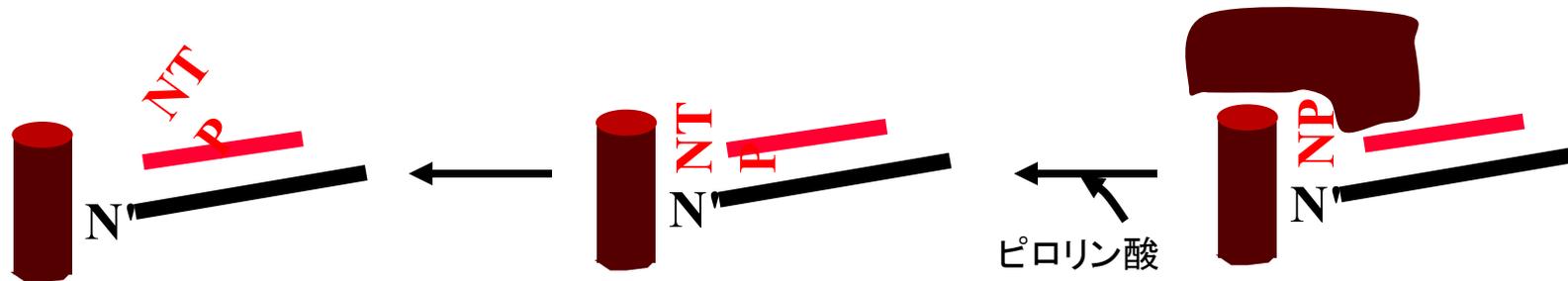
借金エネルギーと生物分子機械



3. 4種類の塩基のなかから塩基配列と同じ塩基を順番に選ぶ



もし、一回だけで次のステップに行くならば誤動作は多い



細胞内のピロリン酸を利用して逆反応を起こし、何回もトライ
(何度もエネルギーを消耗)

大きな埋蔵金または何回も繰り返す反応で正確に動作

借金返済と生物分子機械

RNA合成が進んでも複合体は安定で、借金地獄のまま



RNA合成が終わり近くでは、ATPなどのエネルギーが貯金でき、複合体は少しずつ不安定になる



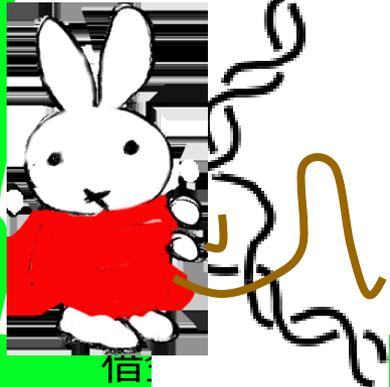
ある程度不安定になると、熱運動している水分子との衝突で、ばらばらに



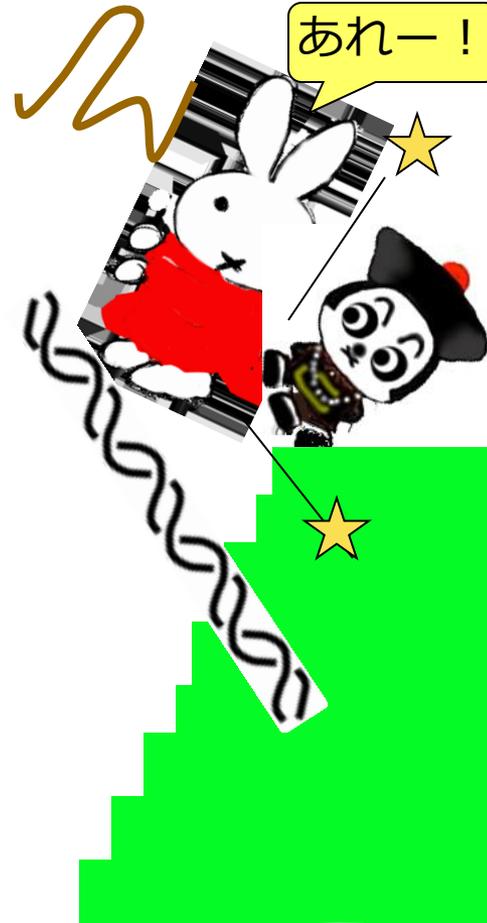
完済！再び自由に



借金エネルギー



小さいことからこつこつと！



ナノからみた生命観

= 機械論で、生物の1分子機械が働ける理由
= 「いきている」

(人工の機械ではほとんど不可能)

何箇所も何度も確認

安定化 (借金) エネルギーで作業

こつこつエネルギーをため込む

幸運に恵まれ「借金」返済



科学技術政策の変遷

第一期（1960年代以前）

科学事業の一般的推進 Costの予測をして選択
決定は科学者側に委託。政治の干渉は最低限
確立された分野内の決定、しかし社会の興味は、分野内には希薄
今は不適切な政策、アカデミア内ではまだ支持

第二期（1970年代）

近代的工業化社会の国民の福祉実現のための科学技術の推進、
科学技術 = 社会的善行 となるように政治が誘導すべき

第三期（欧米：1980年代以後、日本1990年代以後）

国の経済力（国の連合体の経済力）増強のための科学推進。

日本の経済的繁栄に対する欧米の困惑(EC1990前半)、
特定分野への投資（技術立国、強学富国）

mode2の登場

第三期政策の失敗

第三期政策は不成功 = 競争力を持つIndustryができていない

嘘の競争力の横行

基礎科学は重要とはされながらも投資はピンポイント的

「競争力を持つIndustry」と「創造的科学」の両立ができなくて停滞

原因：成功するために解かなければならない根本的仮定の検証が放置された。

根本的仮定

伝統的な学問、大学で展開される学究活動が経済に貢献できるのか？

放置の原因：科学者（の一部）と官僚が利害の一致を優先

科学の変貌

科学知識の出し方と受け取り方の変貌、
科学が変わったのではなく、科学者が変わった

知識の出し方のモード：

	mode 1 (伝統的)	mode 2
disciplinary (分野)	単一	複数または境界領域
大学/ アカデミア内で	慣習化・制度化	一定の方式はない
質の評価		広い判断基準
本質 た知識	mode 2 へのシフトが変貌の本質	応用をふまえ
社会的意義 い	自明ではない	自明でなければならな

例: 予防医学, iPS cells

M. Gibbons, C. Limoges, H.
Nowootny, S. Schwartzman, P.
Scott, M. Trow 1994

H. Nowootny, P. Scott, M.
Gibbons 2001

嶋本が関与した mode 1 と mode 2を念頭に置いた調査

スポンサー

Possibility of nanobiomachine by MEMS in Japan	2002-3	バイオインダ
MEMS in US (Nanotechnology Initiative)	2002	ストリー協会
Teaching skills of biological nanotechnology in Japan	2003-4	NEDO
Biotechnology in Taiwan	2003	NEDO
Nanobiotechnology in Janan (ナノバイオロードマップ作成)	2004-5	NEDO
Nanobiology in India and Korea	2004-5	JSPS
Nanobiotechnology of S-layer in Austria	2006	NEDO

全体的な動き

+

地域的欠陥

mode 1 to mode 2

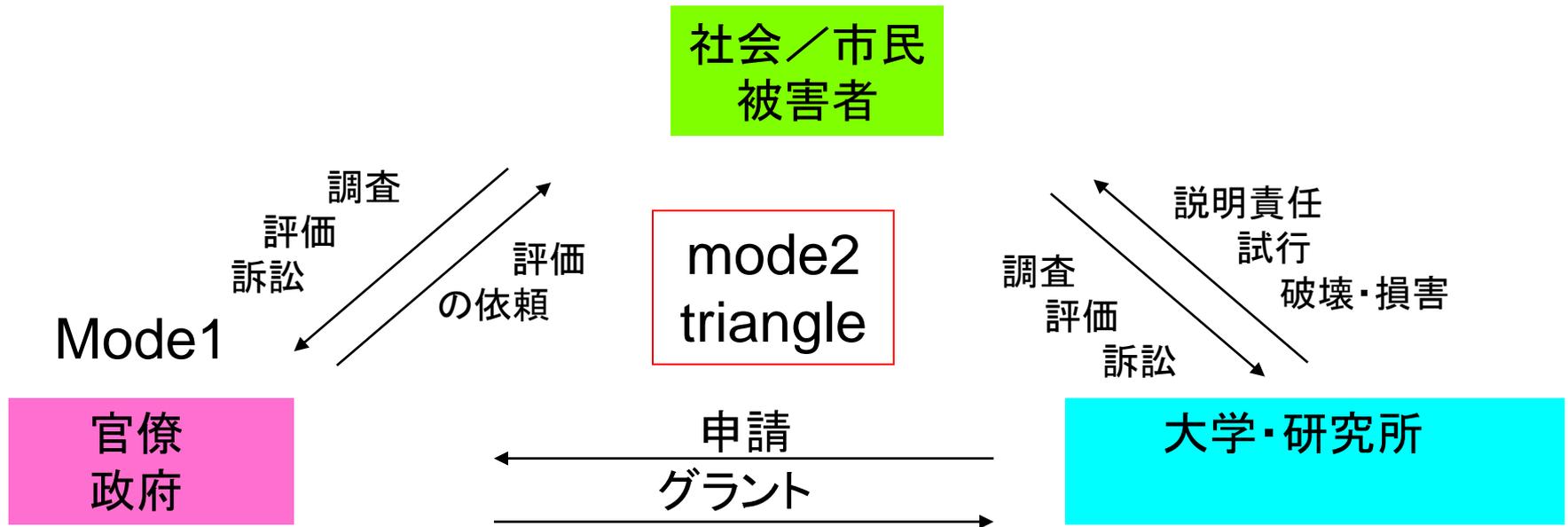
US: mode 2の自覚の不足

Taiwan: 政治的不安定性

India, Austria: 官僚的、古すぎる大学の体質

Korea: 官僚的、産業のサイズ

mode 2の健全なフィードバック



よくある嘘: “米国は既に着手”

: “中国が大きな計画を持って居る”

——フィードバックを否定する嘘

——後追い効果の評価をしない

mode 2の現状

政府やアカデミア、企業から
独立したNGO/NPO法人

~~調査~~
評価
訴訟
評価
の依頼

mode2
cycle

企業
説明責任
偽装
~~試行~~
調査
評価
訴訟
破壊・損害

官僚
政府

申請
グラント

大学・研究所
企業

社会・市民の現状は？
企業の位置
社会・市民は何であるべきか？

知識と大学の商業化・企業化

アカデミアはもはや中立ではない、利益の当事者

学問固有の価値観と強学富国とのダブルスタンダード

アカデミアでの共通の価値観の喪失

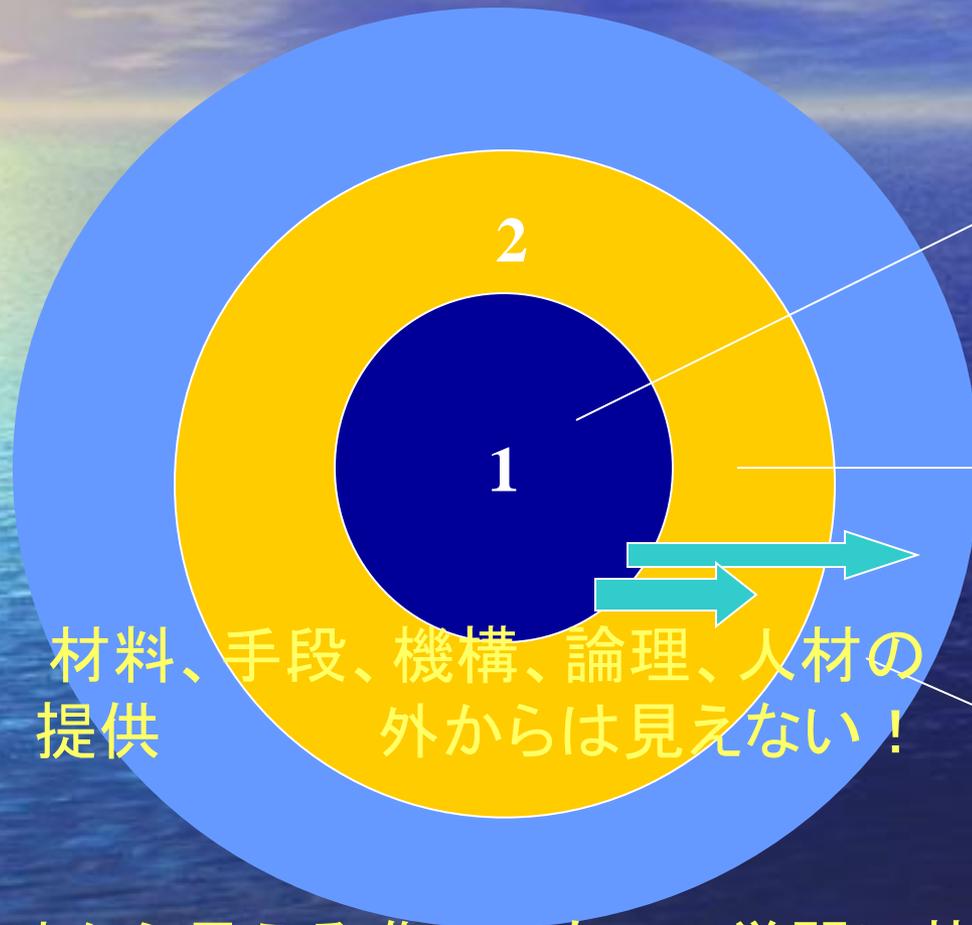
基礎科学のフロンティアの消失

基礎科学のbleaching

"Quo Vadis, Universitas?"

*J.P.CONTZEN
6th EUA Conference
Marseille, April 2, 2004*

A new structure for the University



Three layers:

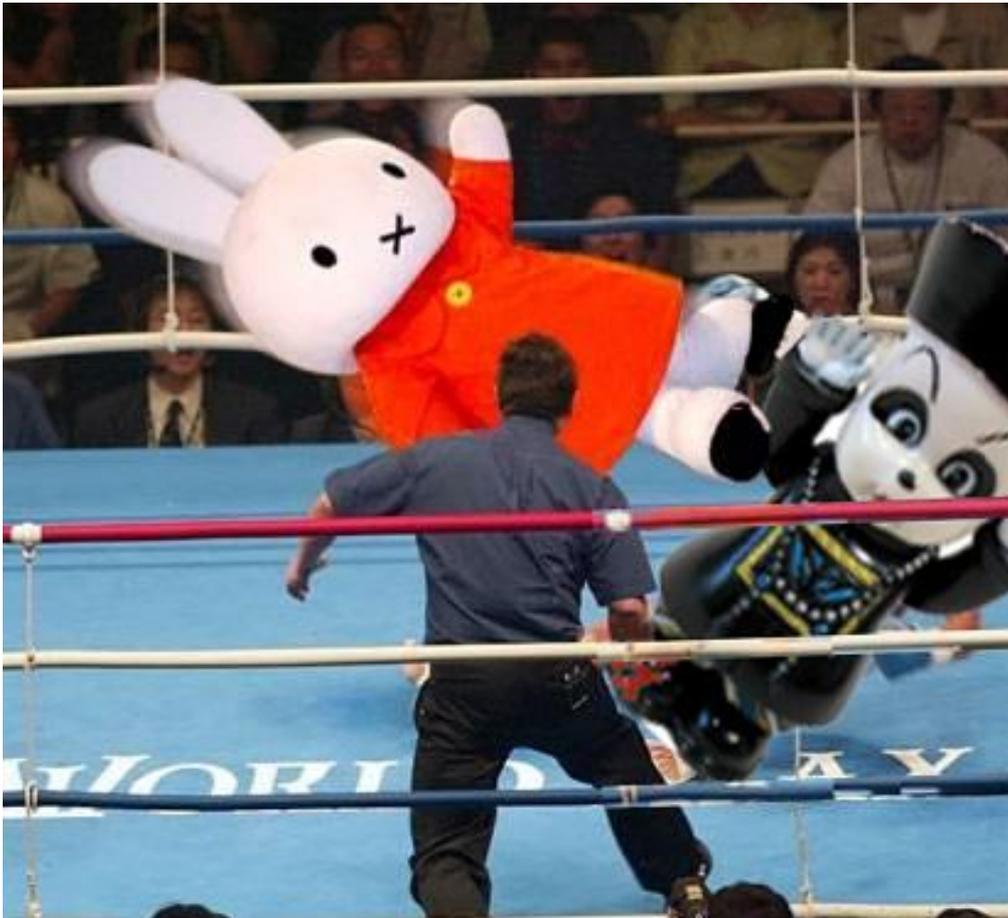
teaching and basic research in disciplinary areas

teaching and research in multidisciplinary areas

innovation (spin-offs, incubators, joint ventures, entrepreneurship centers, etc) as well as social fora

外から見える唯一のもの = 学問に基づく批判
基礎科学者の新しい使命

謝辞, ご静聴ありがとうございました



ごめんなさいミッフィー、ディック・ブルーナ

Sliding

鷺津正男(東大)

加畑博幸

杵渕隆

坂田-十川久美子

転写

久堀智子

Ranjan Sen

須佐太樹

宮本貴史

科学論

富澤純一

George Muskhelishvili

(Int. Univ. of Bremen)

Andrew Travers (MRC)

Malcolm Buckle (ENS

de Cachan)

にせ生物：ウィルス、トランスポゾン

寄生して複製できる遺伝子(DNAやRNA断片)

