

知性が機械化されるとき

～人工知能技術の未来を考える～

稲垣 耕作

元・京都大学情報学研究科

E-mail: inagaki_kosaku_jp@yahoo.co.jp

年金生活初心者ですが...

- 若い高学歴者の就職難時代ゆえ
- 所得税 10%
- 住民税 10%
- 国保・介護保険の所得割 15%
- 消費税、固定資産税、その他
- 年金の源泉徴収がほぼ倍額(親戚)

人工知能で確定申告の助言？

- そりゃあソフトぐらい作れますが...
- 面倒です。プログラムの書きまくり必要
しかも毎年、税制改正で手直しが必要
- 領収書などの金額の自動読み取りは困難
- パソコンの計算能力は人類全員より上なのに
- なぜコンピュータはこんなにも低機能？

パソコンと脳の能力比較

ハンス・モラベク『日経サイエンス』2000年1月

網膜処理神経回路 0.02g 10億命令/秒

当時のパソコンは昆虫には勝っていた

金魚: 0.1g

トカゲ: 50億命令/秒 (データが少しおかしいが)

ネズミ: 1000億命令/秒

サル: 5兆命令/秒

ヒトの脳は1500g 100兆命令/秒

機械の進化は生物の1000万倍

目標2040～2050年(10年で約100倍性能向上)

話題の人工知能

日本：生活寄り・キャラ・萌え系

- ・初音ミクとアイドルマスター
- ・モーションポートレート
- ・ロボット未夢(ミーム)
- ・ロボットASIMO
- ・コンピューター将棋

アメリカ：先端＋軍事

- ・音声認識 Siri(アップル)
- ・人工知能ワトソン(IBM)
- ・自動運転自動車(グーグル)
- ・ロボット兵器



Tartan Racing is united to catalyze a technical, cultural and industrial revolution for a new class of robotics to advance the state-of-the-art in driver safety.



性能はどのくらい？

- ・ワトソン(IBM)

秒速80兆回の計算能力 コンピューター2880個
2億ページ(100万冊相当)分のデータを記憶

- ・自動運転自動車(グーグル)

48万kmを無事故で走行と報道
カメラ、レーダー、レーザー測距器、地図データ
トヨタのプリウスやレクサスを使用

- ・音声認識

正解率90%程度
Siriは遠隔のコンピューターで認識している

人工知能の歴史

1936年 チューリング機械 万能計算理論
理論上は人間の脳をまねることもできる
コンピュータープログラム

1946年 コンピューター-ENIAC

1956年 Artificial Intelligenceの命名

1979年 バックギャモン勝利 バーリナー

1997年 チェス勝利 ディープブルー IBM

2000年 アシモ 二足歩行ロボット ホンダ

2011年 電子秘書機能 Siri アップル

巨大産業に育った人工知能技術

■日本語ワードプロセッサ

1978年 東芝 JW-10 開発者:天野真家
かな漢字変換

1992年 専用機累計1850万台

■検索エンジン

1998年 グーグル創業

ラリー・ページとセルゲイ・ブリン

2012年4-6月期 売上高122億1400万ドル

JW-10カタログより引用

世界初の日本語
ワードプロセッサ
JW-10

1978年9月26日
発表

9月26日は
「ワープロの日」



アトム



お茶の水小学校の生徒で、
表彰を受けるほどの優等生
だが、実は人間以上に勉強
している努力家。
なぜ、ロボットは最初から
万能ではないのでしょうか？



<http://astroboy.jp/> より引用



妹のウランちゃん



天馬博士

アトムの生みの親
の天才科学者。

フロローグ はじめに言葉ありき

私、デブ症なんです 私、出不精なんです 美は苦 美白

減量が効果 原料が高価

誰か、美で劣ってる やついないか！？ 誰か、ビデオとってるやついないか！？

私と居て下さい 渡しといて下さい

模様が海老 模様替え日

誤りの内容にきなさい。 誤りの無いようにきなさい。

政界はお金です 正解はお金です。

全財産倍の誘惑に負けた ぜんざい三杯の誘惑に負けた

雨天結構 雨天決行

財団法人 日本漢字能力検定協会

<http://www.kanken.or.jp/henkan/happyou.html> より引用

人工知能の性能

■数式処理

本1冊分ものの長い式の因数分解が可能

■対戦ゲーム 人間と互角以上

■かな漢字変換 主用途

■機械翻訳 さらに低性能

■漢字認識 1ページに1文字以上の誤り

文字を認識する前に文字を切り出す必要

■音声認識 漢字認識より低い

困難だからチャレンジ、進化中

科学技術は50～60年で大革新

動力飛行装置

1903年 ライト兄弟

1969年 アポロ11号

バイオ技術

1953年 DNAの二重らせんモデル

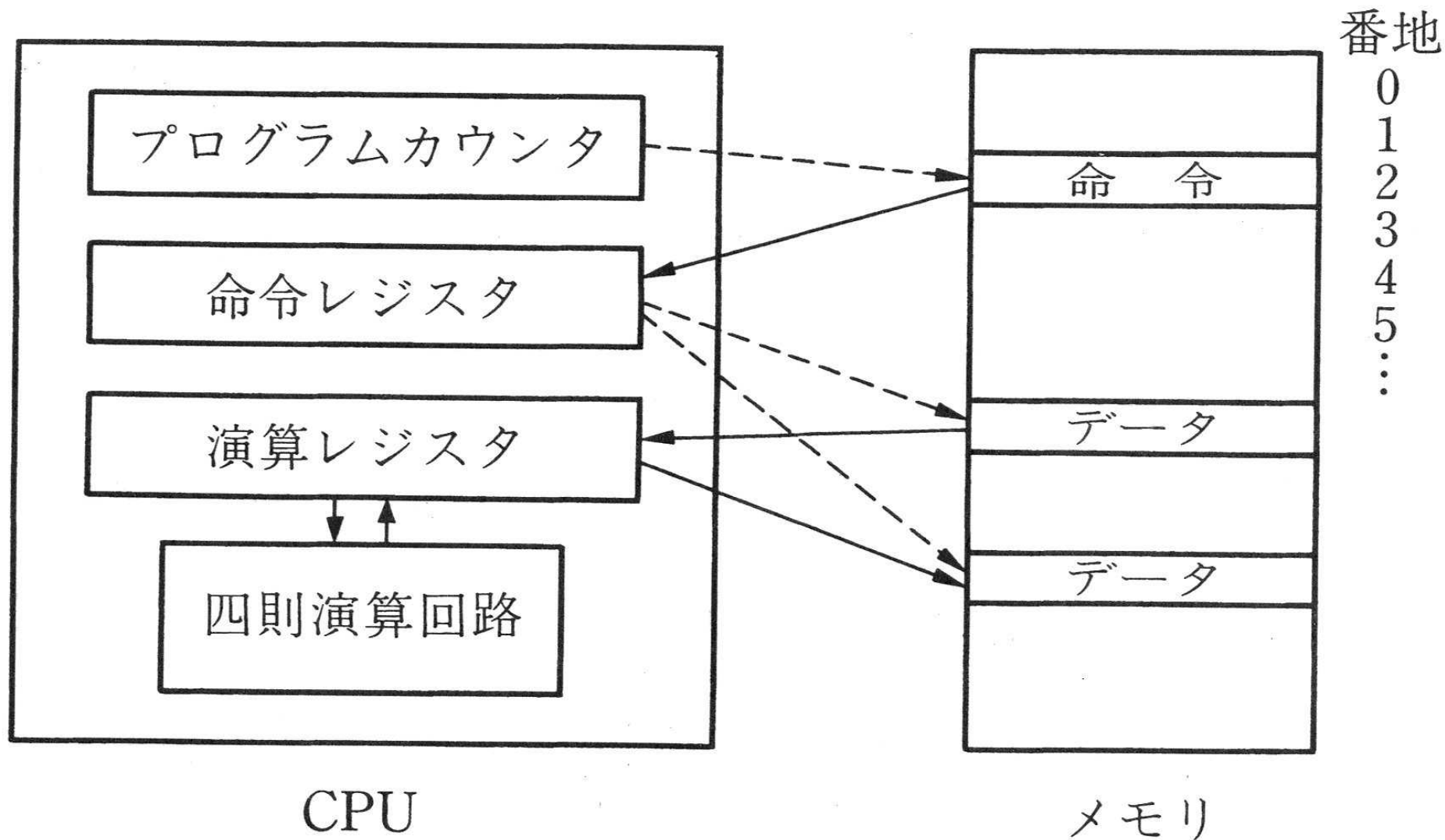
現在 クローン人間さえ作れる

核エネルギー

19世紀末 ベクレル、キュリー 放射性物質

1945年 広島・長崎

コンピュータの仕組み



演算レジスタ: 木を見て森を見ない仕組み

人類の計算法は局所処理型

■微分・積分

局所を見るだけで計算できる

■スーパーコンピューター

微分・積分の大量局所計算を並列的に行う

1京回/秒 日本 2011年 スパコン京

■人工知能

大域的な判断が常に必要

ノイズなど想定外情報が頻出する環境

自然言語処理の困難さ

Time flies like an arrow.

光陰矢の如し。

トキバエは矢を好む。

矢と同じようにハエを計時せよ。

心は優れているが、体は弱い。

(ロシア語翻訳) 酒はうまいが、肉は腐っている。

He is a boy.

ヘリウムは少年である。

左とは？

A

B B B
B B B
B B B

(a)

A

B B B
B B B
B B B

(b)

B B B B B B B B B B B B B B B B B B

A

B B B
B B B
B B B

(c)

左とは？

B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B
B	B	B											B
B	B	B					A						B
B	B	B											

(d)

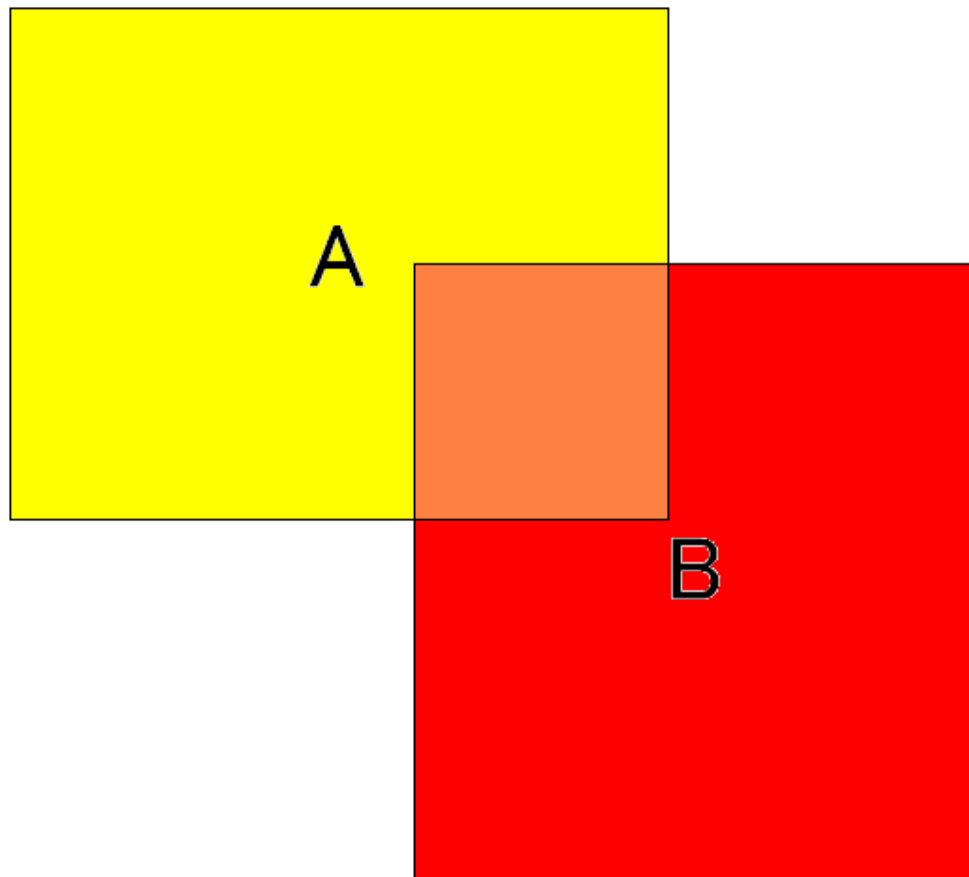
A	A	A	A	A	A	A	A				
A											
A								B	B	B	
A								B	B	B	
A								B	B	B	

(e)

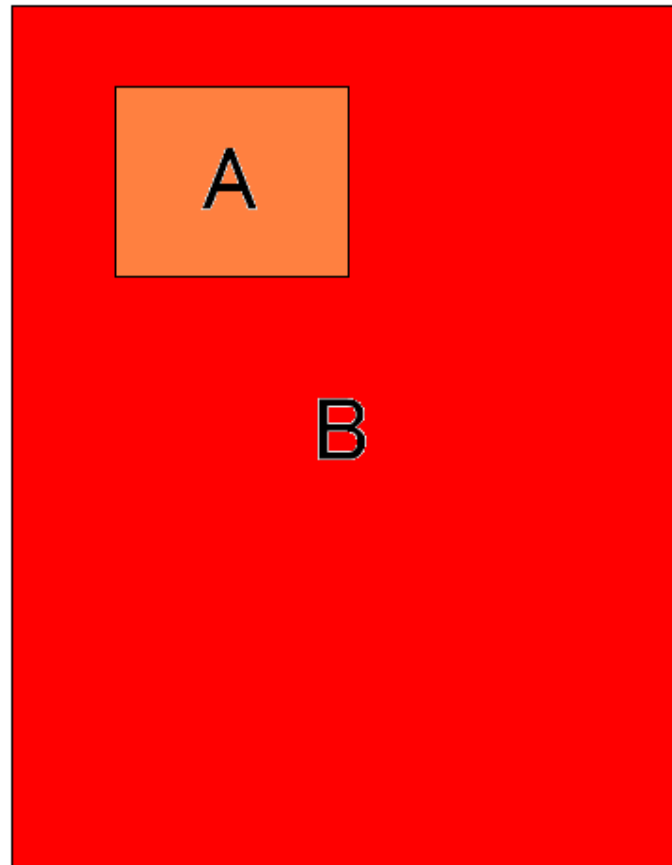
A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A
A											
A								B	B	B	
A								B	B	B	
A								B	B	B	

(f)

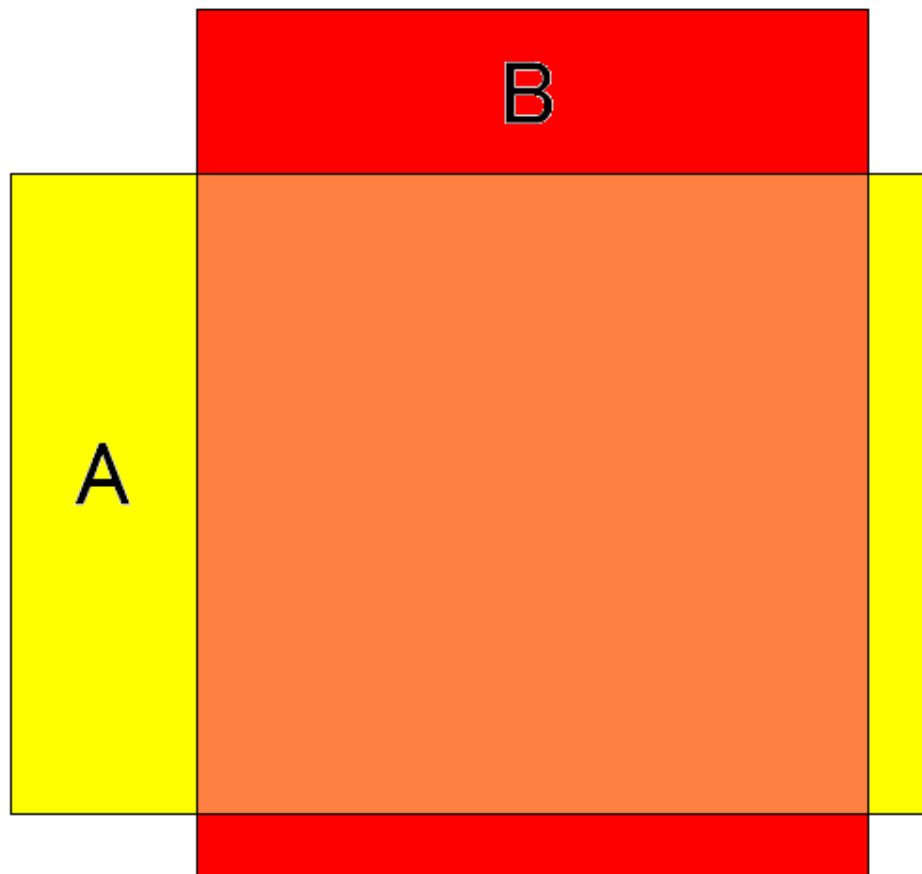
長方形の重なりを判定する



長方形の重なりを判定する



長方形の重なりを判定する



計算法がわからない!!!

- 人工知能とは計算法が不明の情報処理
- 計算法がわかると人工知能でなくなる
- しかし身近な判定問題も計算法が不明
- やさしい問題を解いても人工知能でない

プログラム開発が大変である

2007年ごろ

- ・Windows 5000万行 数千人
- ・携帯電話機 1000万行
- ・自動車 700万行

囲碁・将棋 3万行以上程度

書籍数冊分の文字量

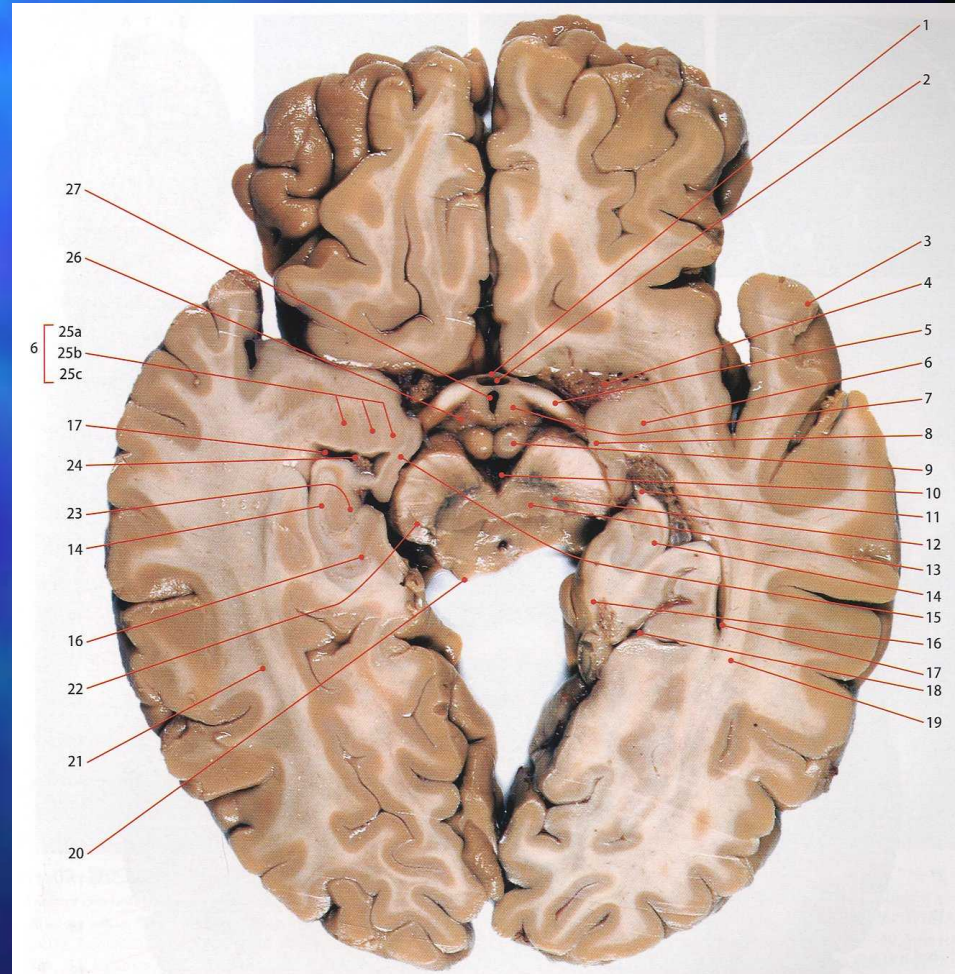
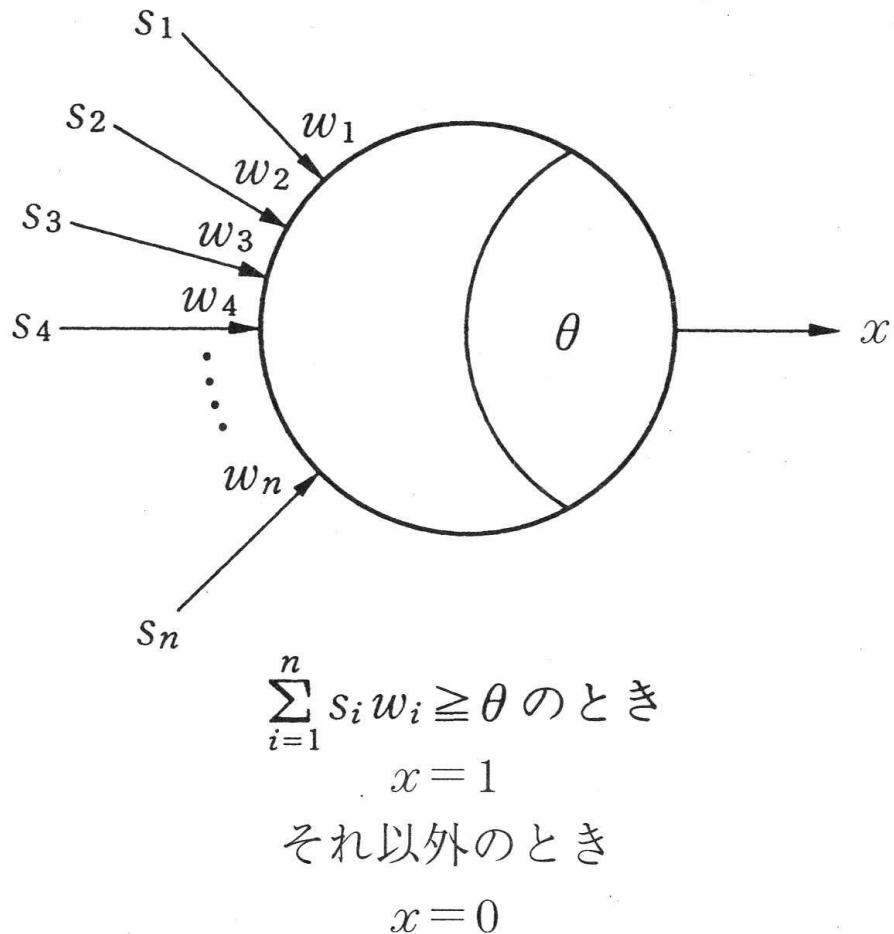
戦い方をあらかじめすべて記述しなければならない

ソフトウェア工学など生産性向上を研究

人工知能研究者は名プログラマー

脳

脳は(一般化された)多数決で計算する



多数決のパラドックス(逆理)

勝ち抜き多数決

$$A:B=1:2$$

$$B:C=1:2$$

$$C:D=1:2$$

$$D:E=1:2$$

$$E:F=1:2$$

$$F:G=1:2$$

ケネス・アロー

一般不可能性定理

順位	ア	イ	ウ
1	A	B	C
2	D	A	B
3	C	E	A
4	B	D	F
5	G	C	E
6	F	G	D
7	E	F	G

ロボットの知能は完全ではない

人の知能は不完全だがロボットも不完全
多数決のパラドックスが本質的
不完全な知能と共生する時代になる

アシモフのロボット3原則

人間に危害を加えない

人間に服従する

自分を守る

そんな単純な原則では共生できないだろう

機械の「知能」から機械の「知性」へ

- ・知性 = 倫理観をもった知能
- ・倫理観 → 自律的判断
人間の言うことを聞くとはかぎらない
- ・鉄腕アトム・・・直情径行的な正義
- ・ドラえもん・・・しょうがないな、のび太くん

先進国が直面する危機

2030年
あなたの仕事
が
なくなる

コンピュータの発達、国境を越えた生産技術の移転、
総需要縮小…。構造変化の波が、国内外の雇用を
奪っている。仕事、働き方はどう変化するのか。

本誌：野村明弘、秦 卓弥、島田知穂、桑原幸作、許斐健太
デザイン：杉山未記 進行管理：茨木 裕

Carol & Mike Werner / アフロ

産ゼロまで突き進むデフレ・スパイラルを生み出す。いくら人類の生産能力が飛躍的に高まったとしても、そのような経済体制は持続可能ではない。こうしたSF的な究極社会では、ワークシェアリングや所得再分配政策など、何らかの形で残り9割の人に「購買力」を行き渡らせないと、経済そのものが回らないということがわかるだろう。だが、ここまで極端な未来でなくとも、2030年には私たちの仕事は大きく様変わりしていそう。テクノロジー進展の影響が押し寄せているのである。

米経済学者らが書いた『機械との競争』(エリック・ブリンニョルフソン、アンドリュー・マカフィー共著)が米国で論争の的となつている。コンピュータ技術の加速度的な向上が人間にしかできない仕事を大きく侵食し始めたとき警告しているからだ。

日本でも00年からの5年間で、事務用機器操作員5割、会計事務員1割、商品販売外交員1割と高い就業率減少比率が見られた。実数ベースで最大の減少となった会計事務員では、実に31万人もの職が、消えている。これらの中間所得層の消滅は会計ソフトウェアやネット販売の普及と無関係であるまい(38ページ)。

『機械との競争』によれば、コンピュータ技術やロボットの飛躍的な

生産能力が拡大した
人類を待つ未来

ところが、だ。このSF的ストーリーには大きな落とし穴がある。それは「全人口の1割が働くだけでよいのなら、残り9割の人はどうやってモノやサービスを買うのか」である。残り9割に仕事がなく、所得もないなら、前提となる全体の需要が生まれず、それは最終的には生

20XX年。人類はついに有史以来の「夢の社会」を実現しているかもしれない。

SF世界のようなロボットやコンピュータの革新が現実のものとなり、人類全体が消費する生活必需品やぜいたく品、サービスなどの生産を賄うことができる。たとえは全人口の1割の労働で賄えるようになるのだ。

そこでは工業製品から農産物まで、すべての生産を担うのは巨大な無人工場だ。コンピュータはいよいよ人工知能の域に近づき、文書の読解・作成や翻訳、会計・販売業務、自動車の完全自動運転など、代替が難しいといわれていた種類の労働も次々とこなせるようになる。こうして多くの人が、働くなくても何卒自由なモノやサービスを消費できる社会が到来するのである。

人類の「桃源郷」は実現したかに見えた。

頭脳労働者の就職難時代？

- デジタル失業 コンピューターが職場を奪う
すでにウェブなどが仕事をどんどん奪っている
- 機械との競争 中間層の失業
人間：創造的な仕事 または 非反復肉体労働
- 人間は遊んでいる時代になるのか？
先端情報技術が遊びに使われる分野
新しい社会制度の構築へ？
- 産業用知能ロボット

産業革命 (綿)

表1 イギリス綿業・毛織物業の発展

	原綿消費量	綿製品輸出額	毛織物輸出額
1700年	1,083 (千ポンド)	28 (千ポンド)	2,542 (千ポンド)
1710	663	6	3,543
1720	1,809	16	3,059
1730	1,468	14	3,468
1740	1,464	14	3,057
1750	2,254	20	4,320
1760	1,741	167	5,453
1770	3,246	199	4,114
1780	6,533	306	2,614
1790	30,604	1,456	5,093
1800	51,594	5,851	6,918
1810	124,000	19,109	5,774
1820	120,000	22,532	4,364
1830	248,000	19,400	4,900
1840	459,000	24,700	5,800
1850	588,000	28,300	10,000
1860	1,084,000	52,000	15,700
1870	1,078,000	71,400	26,700

出典：B.R.Mitchell & P.Deane, *Abstract of British Historical Statistics*, Cambridge U.P., 1962, pp.177-9, pp.293-5, pp.302-4.

浜林正夫他編訳『原典イギリス経済史・増補版』御茶の水書房, 1972より転用

産業革命(鉄)

表6 イギリスの鉄鉄総生産量、各地域の鉄鉄生産量
および地域別生産量比の推移

(単位：千トン)

年代	総 計	シュロップシア		スタッフォードシア		ウェイルズ南部		ヨークシア・ダービーシア		スコットランド		そ の 他	
	生産量	生産量	%	生産量	%	生産量	%	生産量	%	生産量	%	生産量	%
1720	25	2	8	3	12	5	20	2	8	—	—	13	52
1788	68	25	37	7	10	13	19	10	15	7	10	6	9
1796	125	33	26	15	12	34	27	20	16	16	13	7	6
1806	244	55	23	50	20	71	29	37	15	23	9	8	3
1823	455	58	13	133	29	182	40	41	9	25	5	16	4
1830	677	73	11	211	31	278	41	47	7	38	6	30	4
1839	1,249	81	6	364	29	454	36	87	7	197	16	66	5
1843	1,215	76	6	322	27	457	38	68	6	239	20	53	4
1847	2,000	88	4	386	19	707	35	163	8	540	27	116	6
1852	2,701	120	4	815	30	666	25	150	6	775	29	175	6
1873	6,566	135	2	956	15	818	12	*1,604	24	993	15	2,060	31
1899	9,421	41	0	698	7	929	10	*3,089	33	1,171	12	4,122	44
1913	**10,260	***383	4	467	5	889	9	*3,641	35	1,369	13	3,511	34

出典：B, R. Mitchell and P. Deane, *op. cit.*, pp. 131-133より作成

*はノッティンガムシアを含む

**はイギリスの鉄鉄総生産量の最高値、それ以後総生産量は減少

***はスタッフォードシア北部を含む。

産業革命時代との相違

- ・情報は無料？
- ・情報は勝者の総取り？
- ・情報消費 $\div$ 時間消費？
- ・世界の過半が豊か：1%未満が豊か

知能・知性の進化とは何か？



社会・文明の進化とは何か？



生命の進化とは何か？



物質・生命・知能の進化法則

生命＝知能

自己増殖 ⇒ 知能

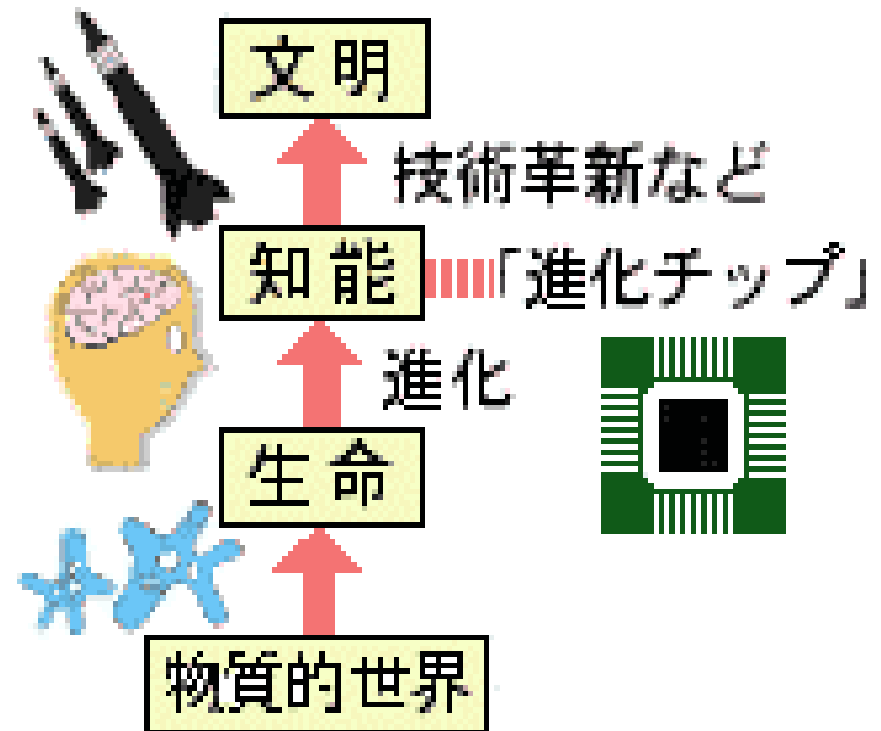
こんな複雑なものが？

デジタル

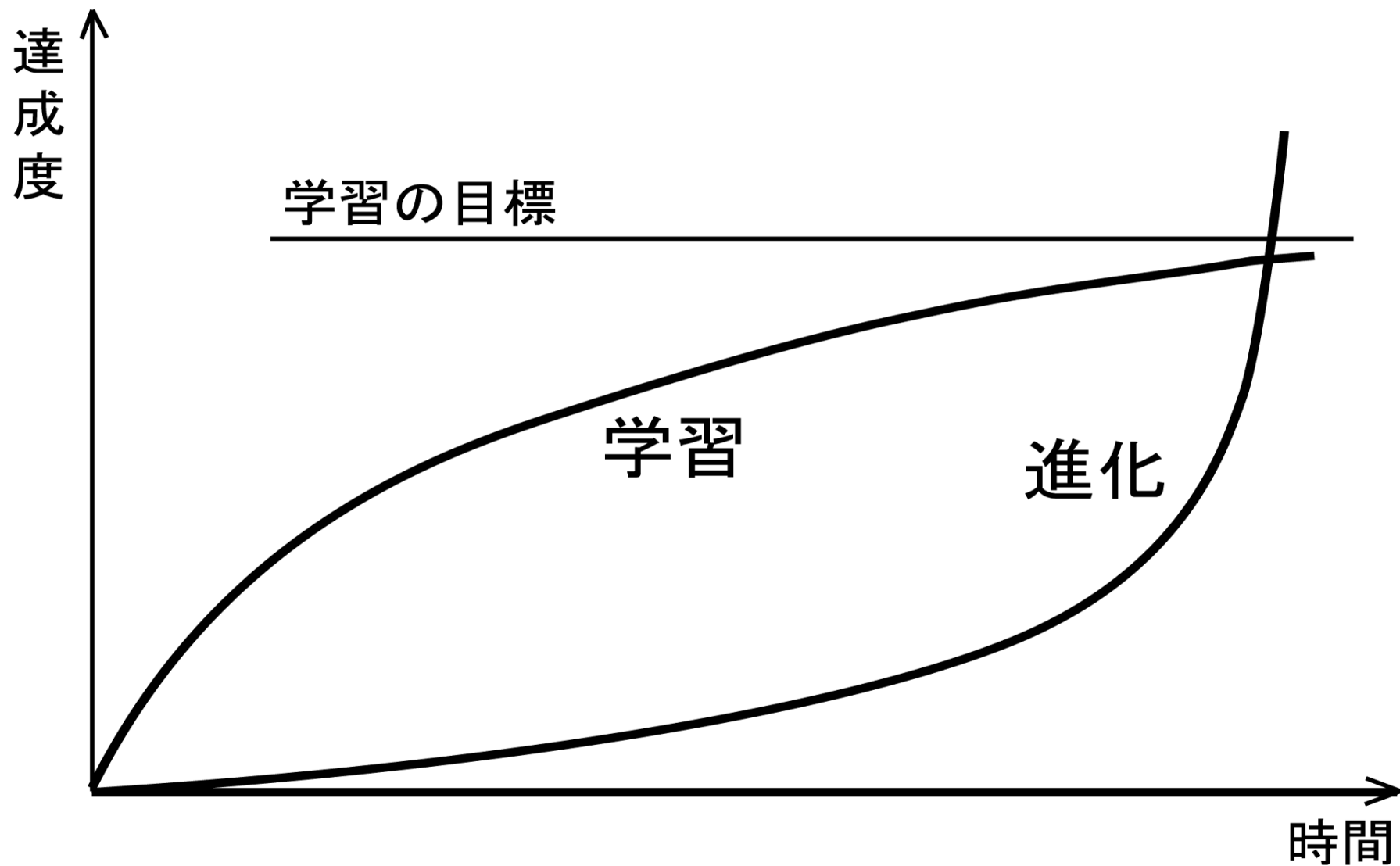
非線形

ネガティブフィードバック

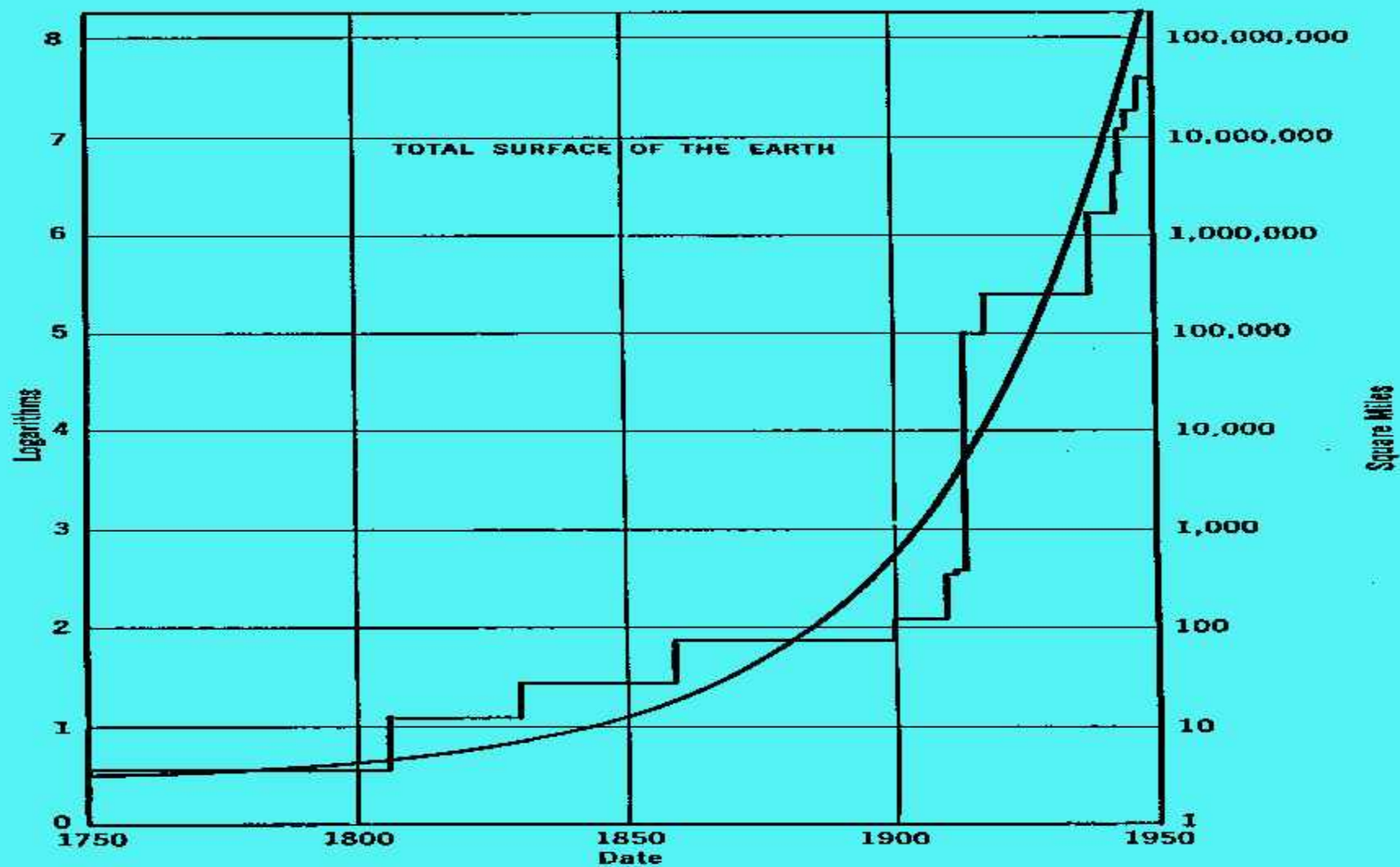
複雑系・自己組織化



進化と学習



技術文明の進化法則 ハート



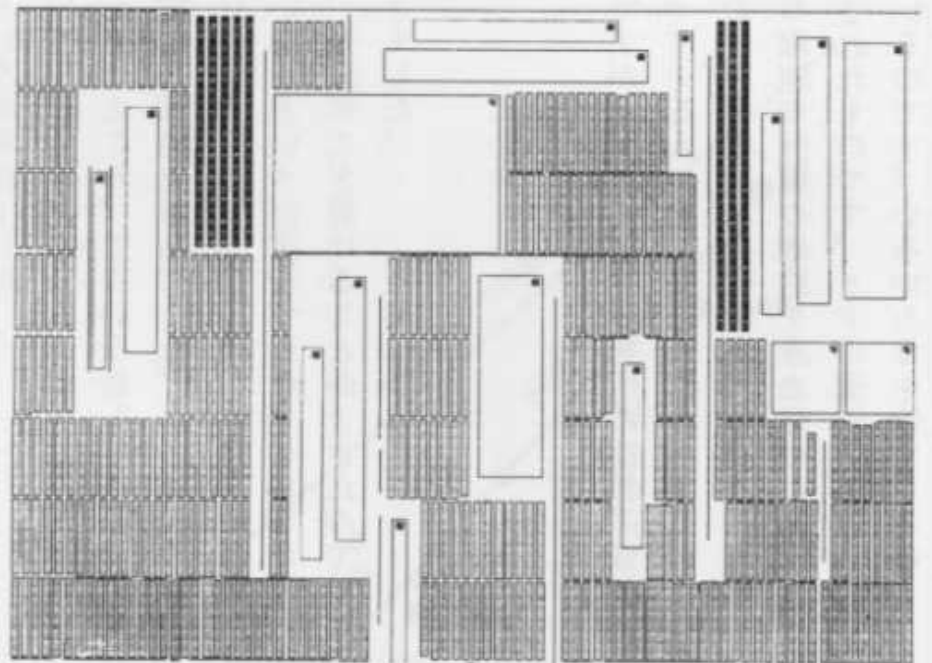
MAXIMUM KILLING AREAS, 1750-1950, WITH FITTED TREND

新聞紙面の パターン認識

稲垣

1984年

超指数法則
2乗の階層



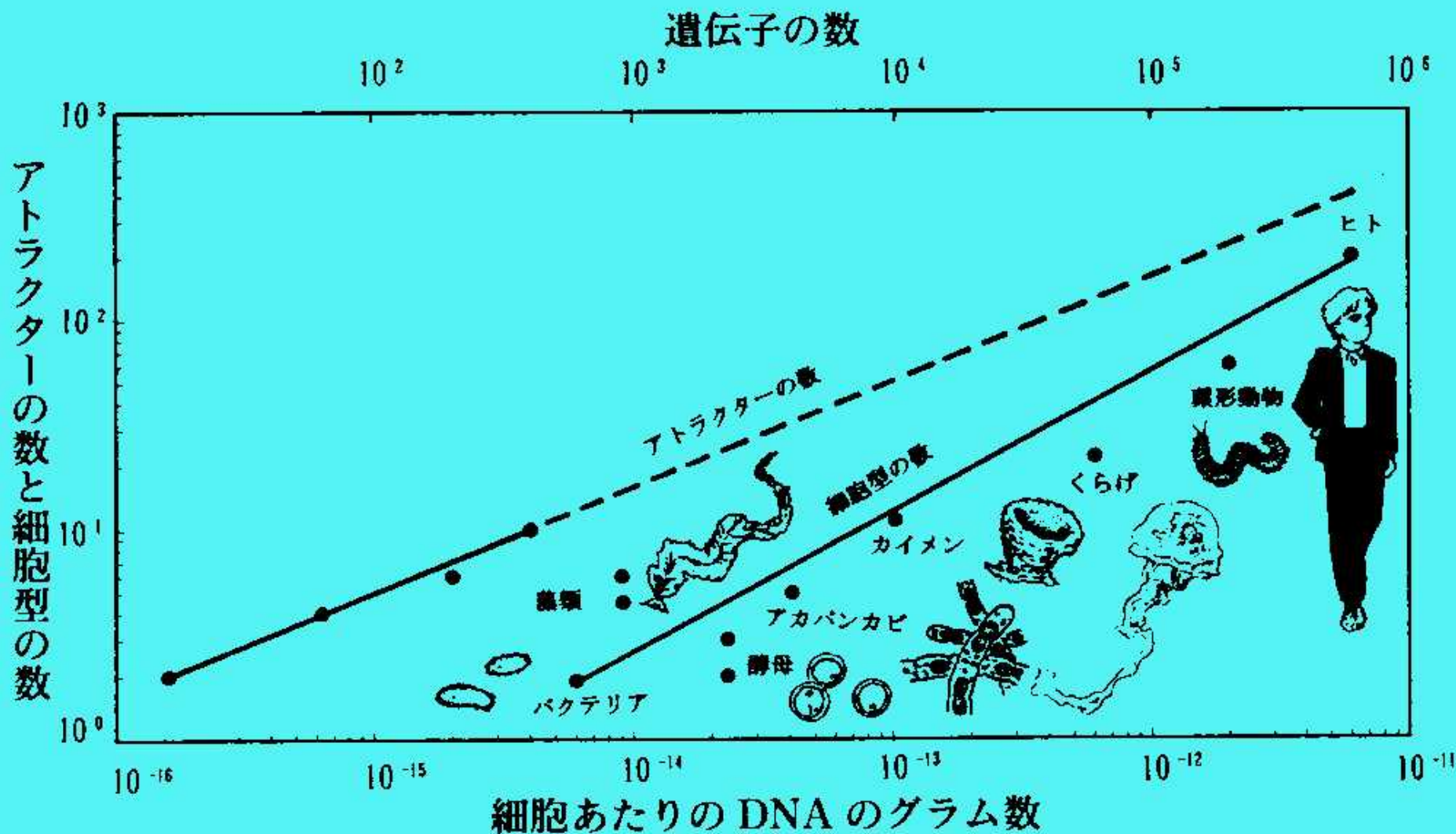
超指数法則

$$a_{n+1} = a_n^2$$

$$a_0 = 2$$

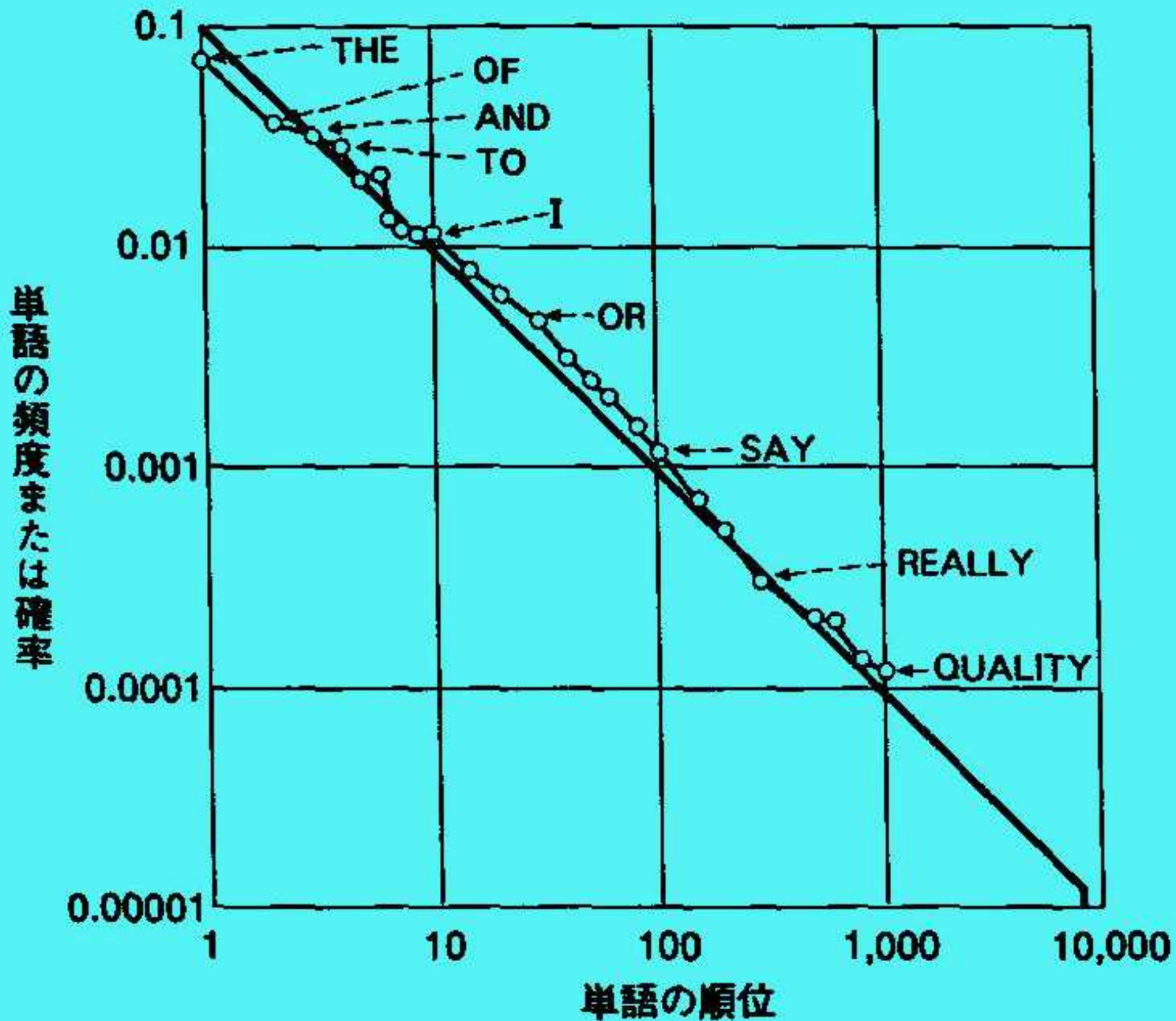
$$a_n = 2^{2^n}$$

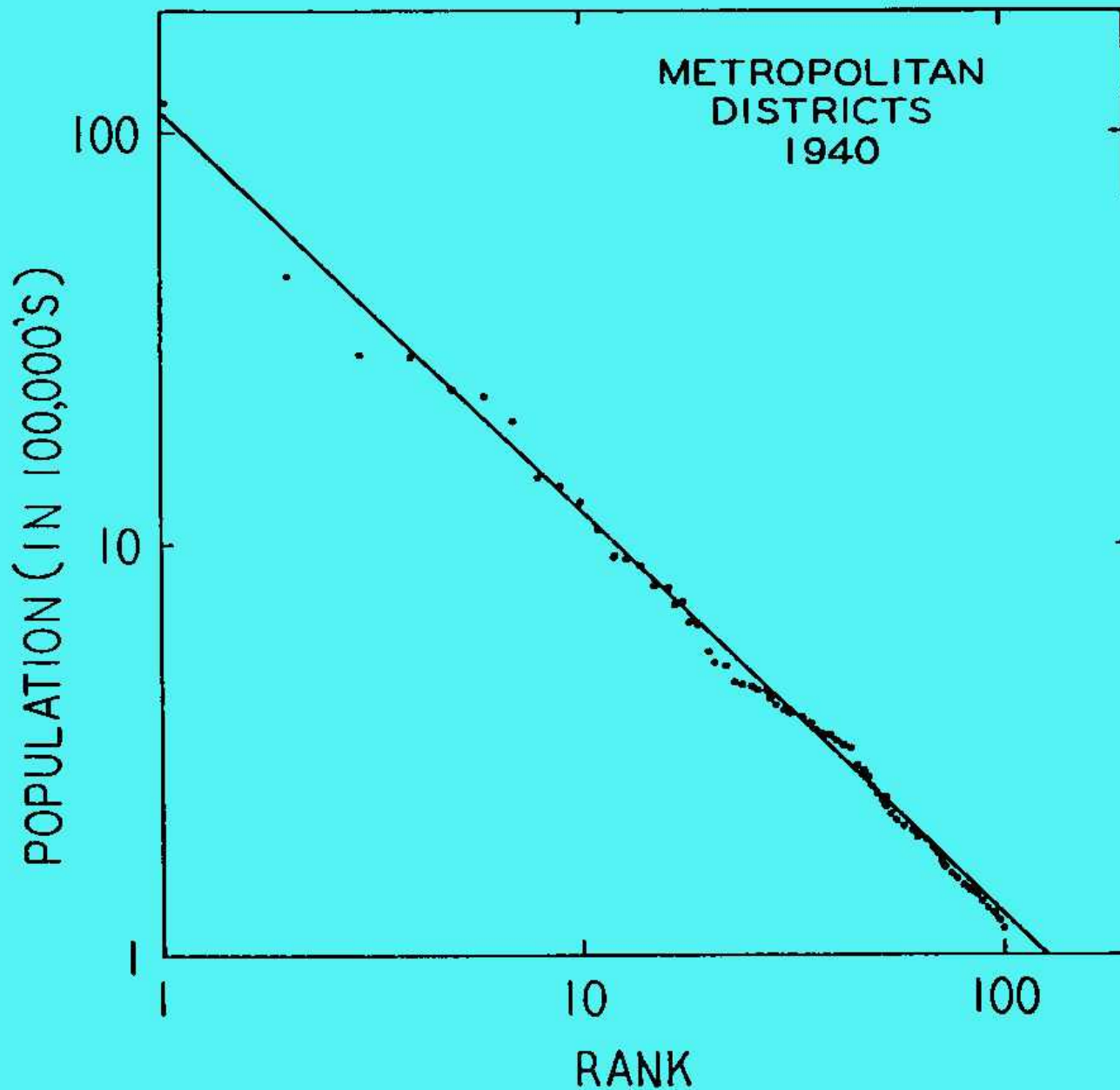
カウフマンの平方根の法則 1965年



ジップ (Zipf) の法則

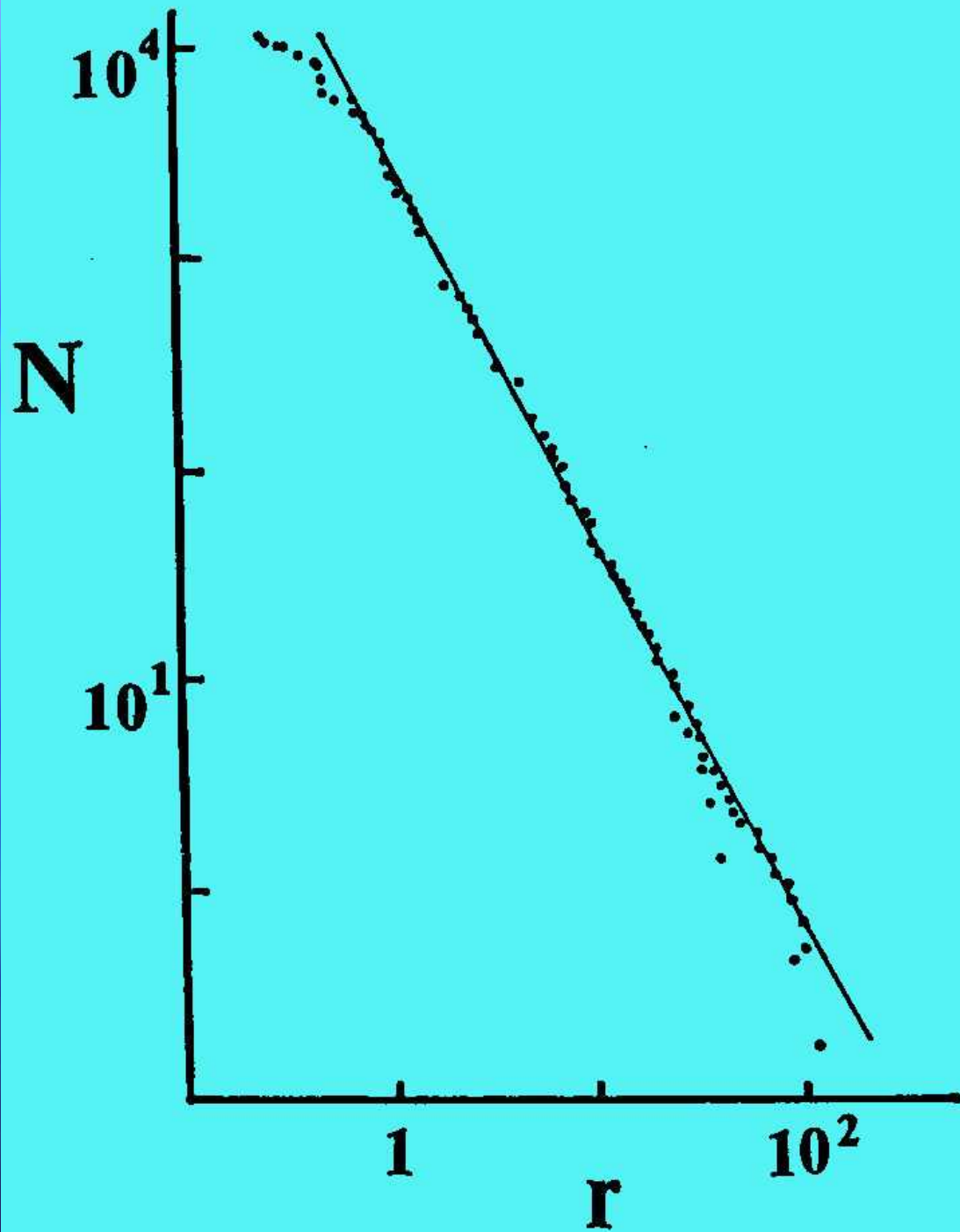
自己
相似





Metropolitan districts. One hundred largest in the U. S. A. in 1940, ranked in the order of decreasing population size.

月の クレーター



情報から見た自然

自然 = 物質 + 情報

生命や知能も自然界で生まれた

知能の自然法則は物質の法則ではない？

稲垣の定理 (情報の定理)

物質の保存則の下で、自己複製体が進化すると、
知能が必然的に生まれる

ダーウィンの進化論を超えて

ダーウィン理論はまだ地動説相当？



ニュートン理論に相当する進化理論

21世紀を代表する科学理論になる？

羽が生えただけでは飛べない

進化の原理が生物を美しくしている

終

E-mail: inagaki_kosaku_jp@yahoo.co.jp