

英国科学史漫歩：核とイオン

核：ビクトリア朝科学の地球年齢
イオン：ビクトリア朝の科学とOxBridge

20世紀の科学と国家



This year 2009 is

International Year of Astronomy

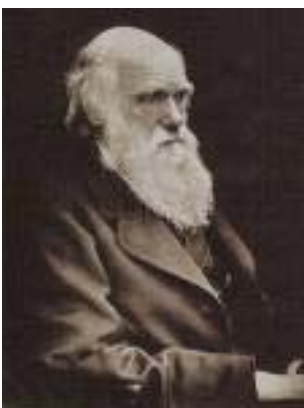
This year is also

200th birthday of Charles Darwin

and

150years since the publication of

“On the Origin of Species”



Impact of Darwin's revolutionary idea
is so vast, even beyond science.



However, the prompt reaction to the “Origin of Species” was Kelvin's abuse!! to Darwin

That is about **the age of Earth**, although that is not the heart of Darwin's theory.

But, exceptionally, Darwin wrote a concrete number (figure) of the age of Earth, which Kelvin could not accept from the argument based on physics of thermodynamics.

Kelvin's abuse!! to Darwin (Sir W. Thomson ~35, Darwin ~53)

“What then are we to think of such geological estimates as 300,000,000 years for the denudation of the Weald?”

Whether is it more probable that the physical conditions of the sun's matter differ 1,000 times more than dynamics compel us to suppose they differ from those of matter in our laboratories; or that a stormy sea, with possibly channel tides of extreme violence, should encroach on a chalk cliff 1,000 times more rapidly than Mr. Darwin's estimate of one inch per century?

“ (1862)



In geological aspects, Darwin had just accepted the Lylle's **Uniformitarianism**, which had claimed that the same processes we see today also acted in the past \leq criteria of "scientific"

$6000y < 9.8 \times 10^7 y, 3 \times 10^8 y < \infty$

But, Lylle did not dare to say any number.

For Darwin, "vast long time" seemed to be necessary for "natural selection"

Charls Lylle 1797-1875

Charls Darwin 1809-1886

H. von Helmholtz 1821-1894

William Thomson 1824-1907



Sir Lylle

Thermodynamics and Time

("second law" Kelvin and Clausius, 1852,4)

Primeval hot earth has cooled down to the present state.

How long time it will take? Heat conduction theory of Fourier.

~ 1854

Helmholtz and Kelvin realized that solar T can not be maintained if the heat transportation from the inside is due to heat conduction (Fourier's theory)

H \rightarrow sun is gas sphere(not solid body) and heat is conveyed by convection(not conduction)

K \rightarrow solar energy is supplied by accretion of meteorite

(Leverrier: Mercury's perihelion shift gave a limit on accreting mass)

cooling of the earth, T -gradient, heat conductivity of rock

1862 “Age of the sun’s heat” by Kelvin

Sun’s heat ->Gravitational energy, Kelvin-Helmholtz contraction

Cooling of earth

Dissipation of Earth’s rotation(origin of tides)

[keyword “ gravitational” and “dissipation into heat”]

1868 “On Geological Time” at Geological Society

That was complete assault of “uniformitarianism”

“Geological estimate of time is like “stamp collection”(hobby)

vs “Physics estimation by the Laws of Nature”

Darwin had dropped “300,000,000y” since the 2nd Edition.

A triumph of “arrogance of physics”



Natural Philosophy based on physics had maintained

“ short age theory of Earth and Sun”

80

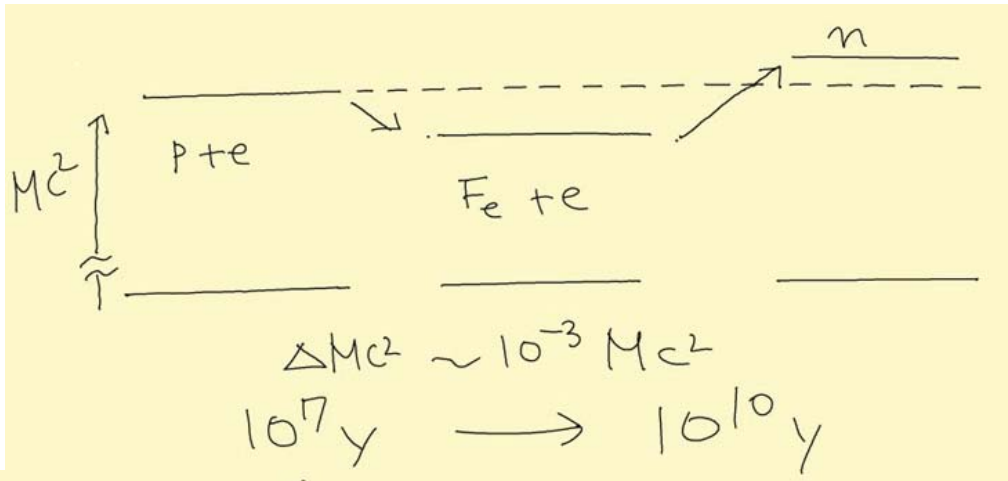
until “**Radium**”

Rutherford 1904, at Royal Institution

“I came into the room, which was half dark, and presently spotted Lord Kelvin in the audience and realized that I was in for trouble at the last part of the speech dealing with the age of the earth, where my views conflicted with his. To my relief, Kelvin fell asleep, but as I came to the important point, I saw the old bird sit up, open an eye and cock a baleful glance at me! Then a sudden inspiration came, and I said Lord Kelvin had limited the age of the earth, provided no new source of heat was discovered. That prophetic utterance refers to what we are now considering tonight, **Radium**!, Behold! The old boy beamed upon me.”

31





$$|\Omega| = 2W \sim 10^{-6} Mc^2$$

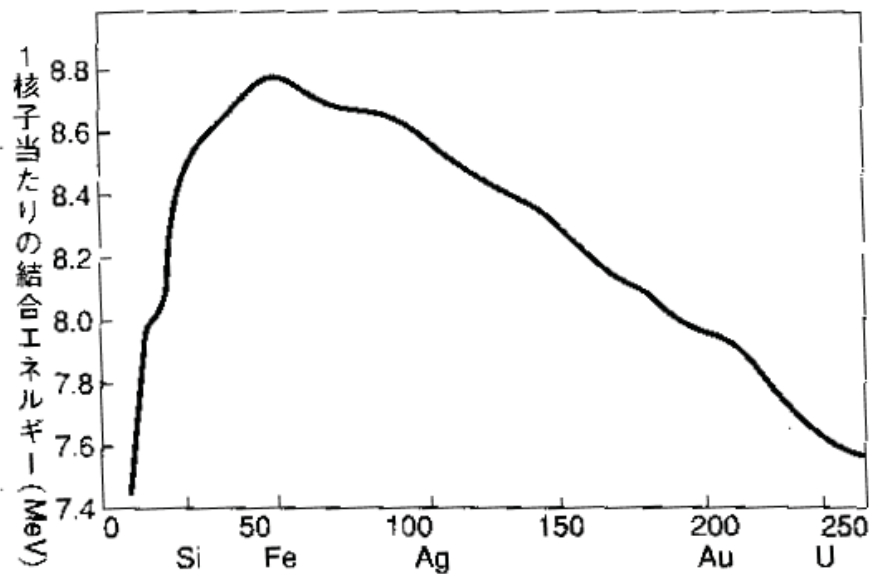
Gravitational energy



Fermi energy



Mass energy



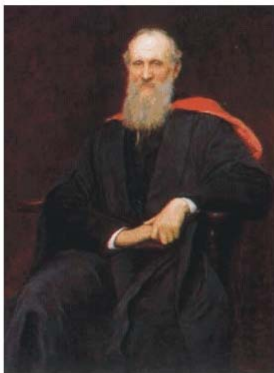
原子核結合エネルギーの大きさ

“nuclear energy” by fission of U and Pu
is
a can-packed form of stellar gravitational energy
(Process G)

Combustious “chemical energy” of oil
is
packed form of an ancient solar luminosity generated
by nuclear energy (Process N)

World's Greatest 1000 Creation Scientists 2000

WILLIAM THOMSON, LORD KELVIN 1824 - 1907

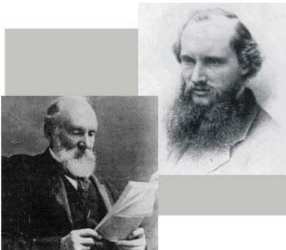


Physics • Thermodynamics

- Defined concept of energy
- Formalized 1st and 2nd Laws of Thermodynamics
- Determined “absolute zero” and Kelvin Scale
- Supervised 1st successful Transatlantic Cable
- Knighted and awarded 21 honorary doctorates

“The number of his contributions in physics and mathematics, as well as practical inventions, was enormous . . . Lord Kelvin was a strong Christian, opposing both Darwinian evolution and Lyellian uniformitarianism.”

—Dr. Henry M. Morris



“We have the sober scientific certainty that the heavens and earth shall ‘wax old as doth a garment’ . . . Dark indeed would be the prospects of the human race if unilluminated by that light which reveals ‘new heavens and a new earth.’”

— Lord Kelvin

further calculated that gravitational potential energy, the energy generated by objects falling into the Sun, could have provided energy for at most 10^7 years. This calculation assumed that the Sun itself was assembled from smaller objects falling in.

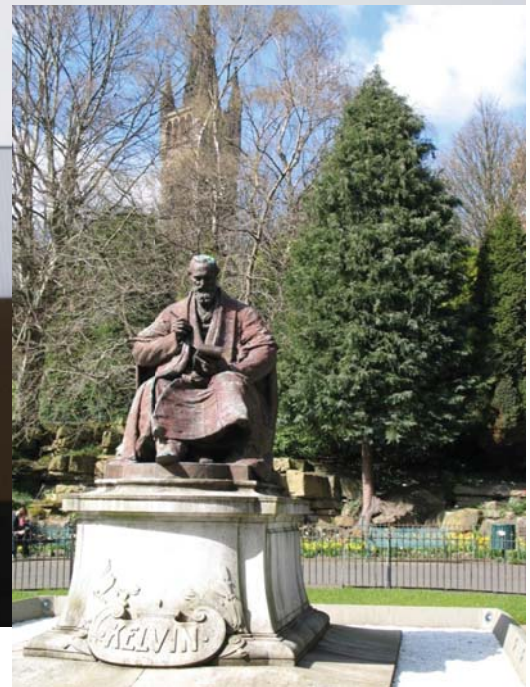
This conclusion contradicted the then-recent geological discoveries of the ages of rocks. Kelvin therefore concluded his article thus:

As for the future, we may say, with equal certainty, that inhabitants of the earth can not continue to enjoy the light and heat essential to their life for many million years longer unless sources now unknown to us are prepared in the great storehouse of creation.

The answer to Kelvin’s conundrum is, of course, nuclear energy. We will discuss that in the next chapter.



It is perhaps fitting that many Glaswegians think that the Kelvin and the West End's Kelvinside are named after the man himself! Actually it is the other way around, but it shows that Kelvin has a place in local people's minds.



Lord Kelvin and the University of Glasgow



William Thomson (1824–1907), known all over the world as Lord Kelvin, was not only an outstanding scientist but also an ingenious inventor, holder of numerous patents and a successful businessman. Many of his solutions to quite theoretical problems in physics led to practical inventions which have transformed the lives of modern man. To give a few examples; he paved the way for the global communication highway through his commitment to the transatlantic telegraph cable project. His investigations leading to the description of the Joule–Thomson effect laid the foundation for the construction of refrigerators (hence the US brand ‘Kelvinator’). He developed several devices enhancing safety at sea, amongst others a compass, which was adopted by most navies across the globe.

Holding the Chair of Natural Philosophy at the University of Glasgow for 53 years (1846–1899), his bonds to this institution were strong – reinforced further by his family's connections. Having come to Glasgow at the age of ten when his father was appointed professor of Mathematics at the



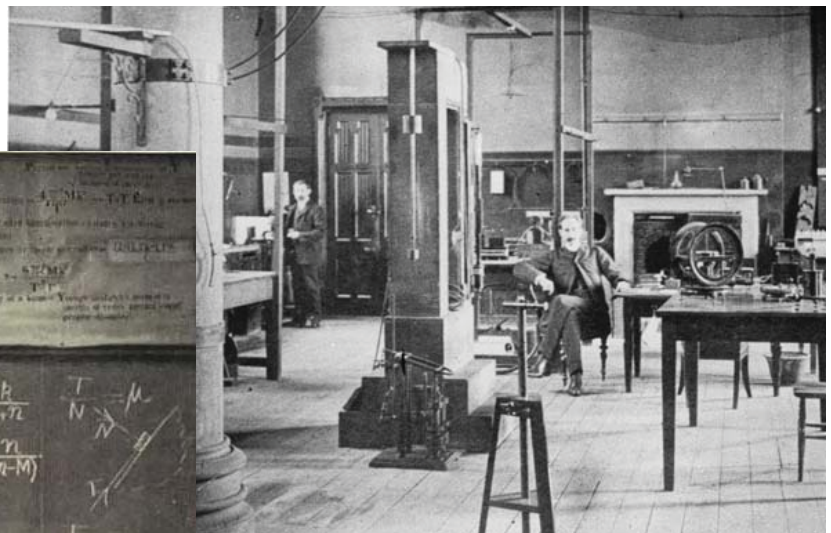
No 11 Professors' Square – home of Lord Kelvin

When the University of Glasgow moved into its current buildings at Gilmorehill in November 1870, the Old College's 12 professors and the Principal – who had residences at the premises in High Street – found 13 fine houses to accommodate them. The houses enclose the most western part of the Gilmorehill campus, forming Professors' Square. House No 11 became the new home of Lord Kelvin. At first he lived there as a widower as his wife, Margaret Crum, had died in June 1870. In 1874 Kelvin married his second wife, Francis Anna Blandy, and set up a household adequate for his position.

Remaining childless, the hospitable couple could concentrate on Kelvin's commitment to research and university teaching, as well as his inventions and enterprises – which included the visits of many colleagues and friends from the world of science, which were reportedly always delightful. Kelvin's students were also regular guests at No 11 and sometimes, under their teacher's influence, they would find the soirees degenerating into vicious scientific or political debates – much to his wife's dismay.



MAKING MODELS
 Artificial glacier
 1887
 Before devising this model to show the influence of water on the glacier, the artist had to study the actual glacier. The water would be the right for the first section only at the same time and would also water. If you do this section as best it will show, and on it is the top of a part and it will study the other one like the other.





He also forged links with the Far East, particularly with the Japanese who were keen to follow the industrial progress of Victorian Britain.

Japanese Magic Mirror
Made by Mitsunaga Fujiwara, in the Edo period 1603-1867, and given to his Japanese students.

of your family.

With kindest regards,

We remain, Dear Sir,

Yours very Sincerely,

A. Tanaka

A. Torano

C. Shiba

H. Kame

K. Sugeliro

Y. Yamamoto

M. Kusunoki

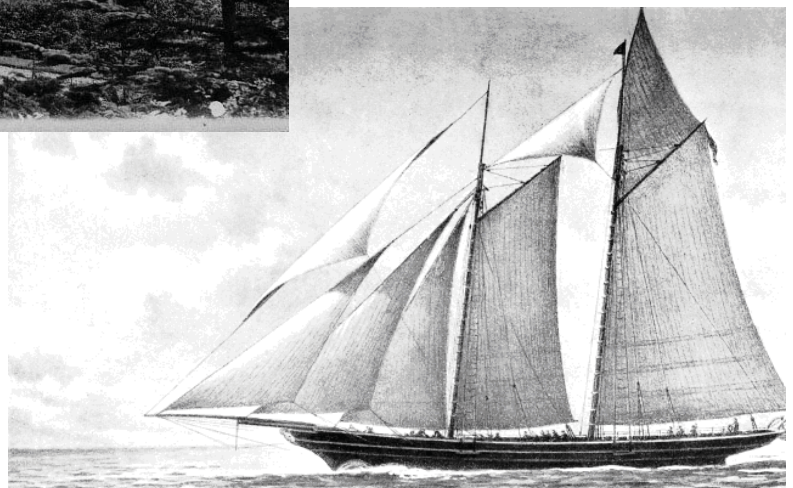
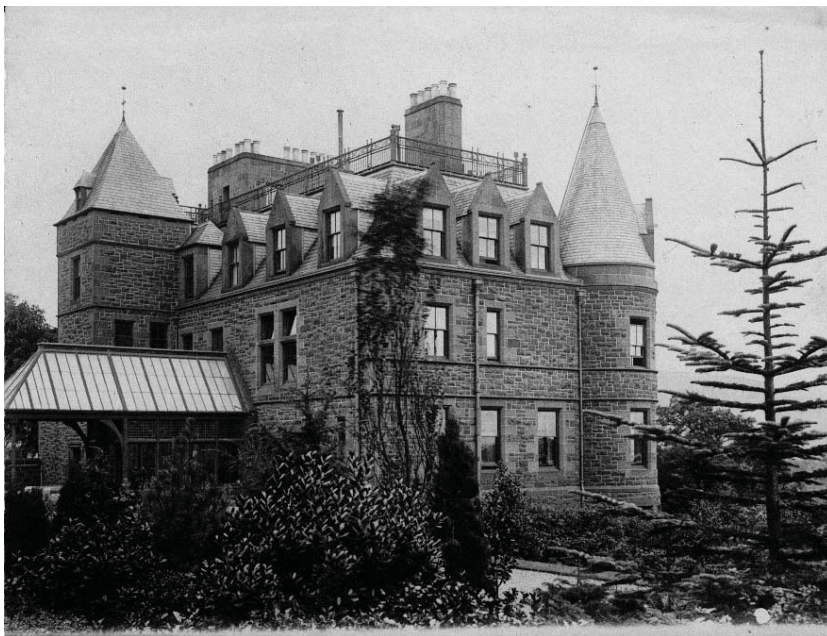
J. Tanaka

T. Tanaka

P. Tanaka

J. Tanaka

Representatives.



溶液の電気分解

イオン = “move”

ファラデー 1850s

アレニウス 1884

JJ トムソン 電子、正負イオンの仕掛け

気体の放電

ラングミュア 1927

正負イオンからなる気体 = プラズマ

(血漿 = プラズマ)

$$\omega^2 = \omega_0^2 + (ck)^2$$

$$\omega_0^2 = \pi e^2 n_e / m_e$$

$$E^2 = m^2 c^4 + c^2 p^2$$

媒質の変化(イオン化)で電磁波の分散関係かわる
→ 光子が質量持つ

素粒子の媒質(=“真空”)の変化で素粒子が質量を獲得する

真空という媒質の相転移 < = 南部理論

空気の重さ
気圧、圧縮、真空、

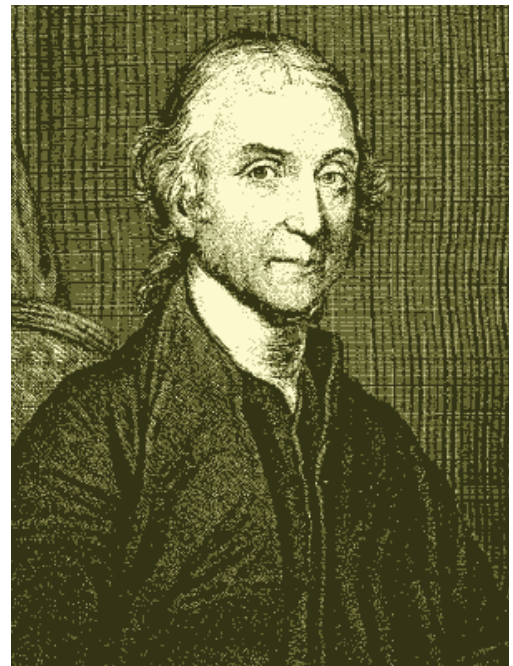
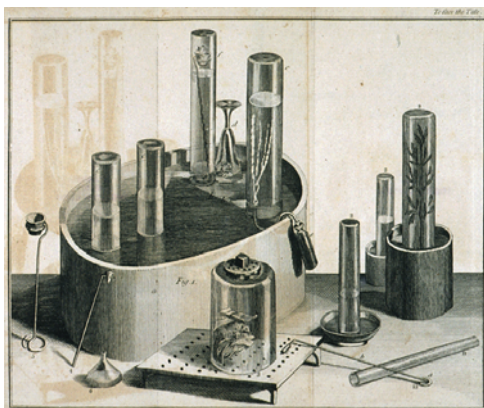
空気の元素
燃焼、呼吸、植物（光合成）

ラボアジェ
燃焼は フロギストンから酸素へ

ダルトン
物質は全て元素からなる

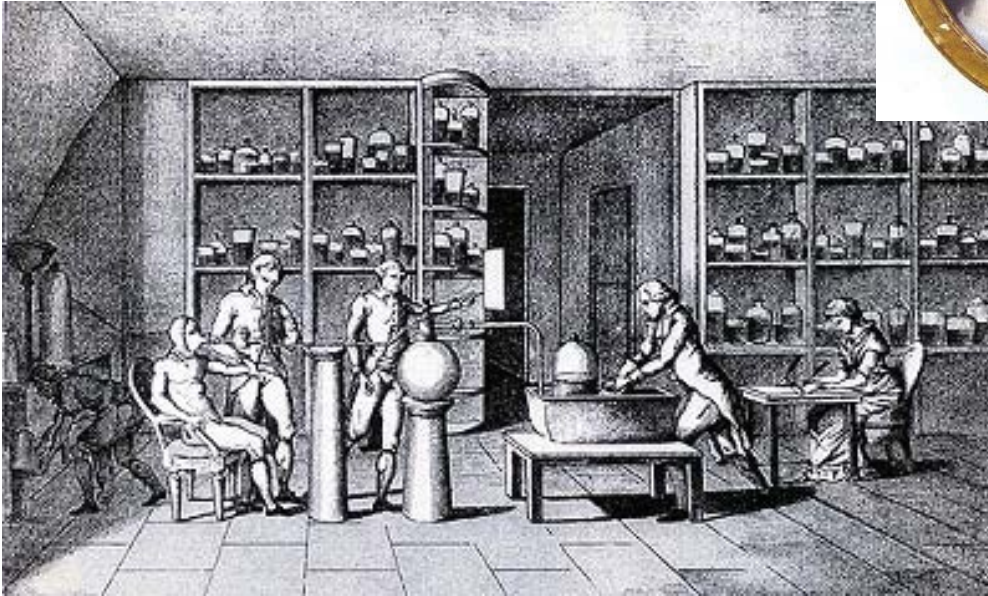


動物が二酸化炭素をだして
植物は酸素を出す



プルーストリー

ラヴォアジエの実験を支えた妻の
マリー・アン・ラヴォアジエ

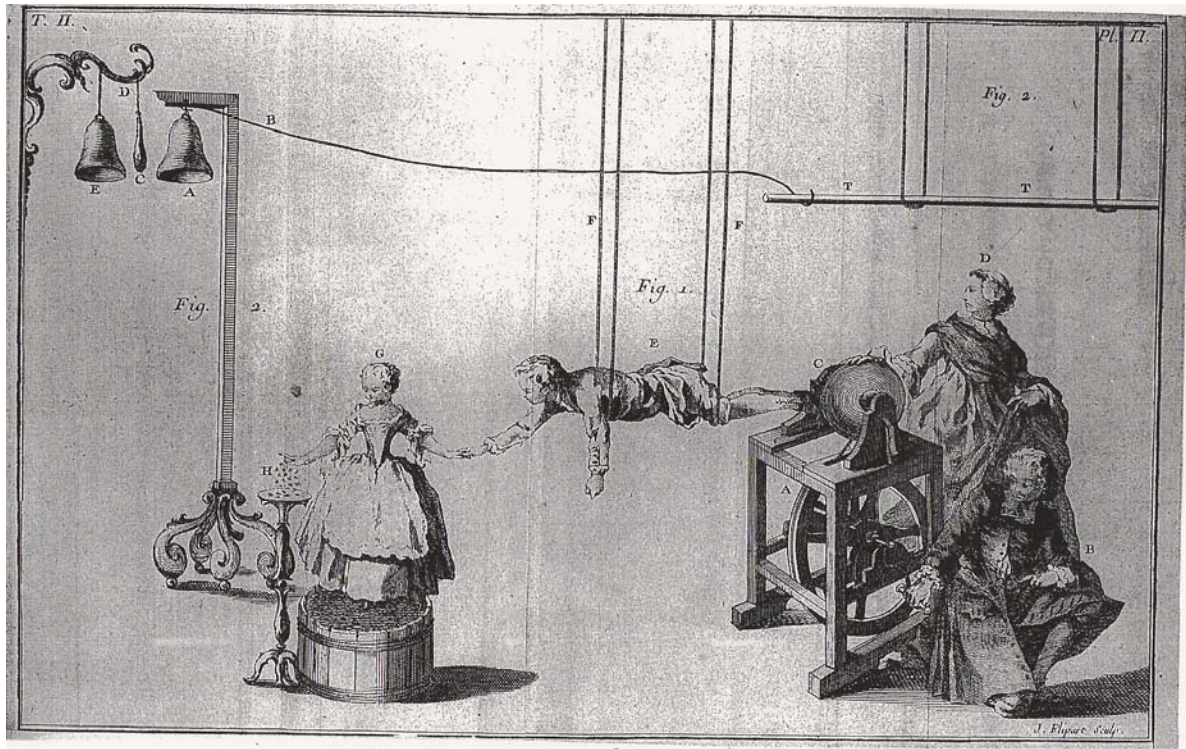


電気磁気の発見

電気 静電気, エレクトロ = 琥珀
雷

磁石 マグネ = ギリシャの
マグネシアに産出

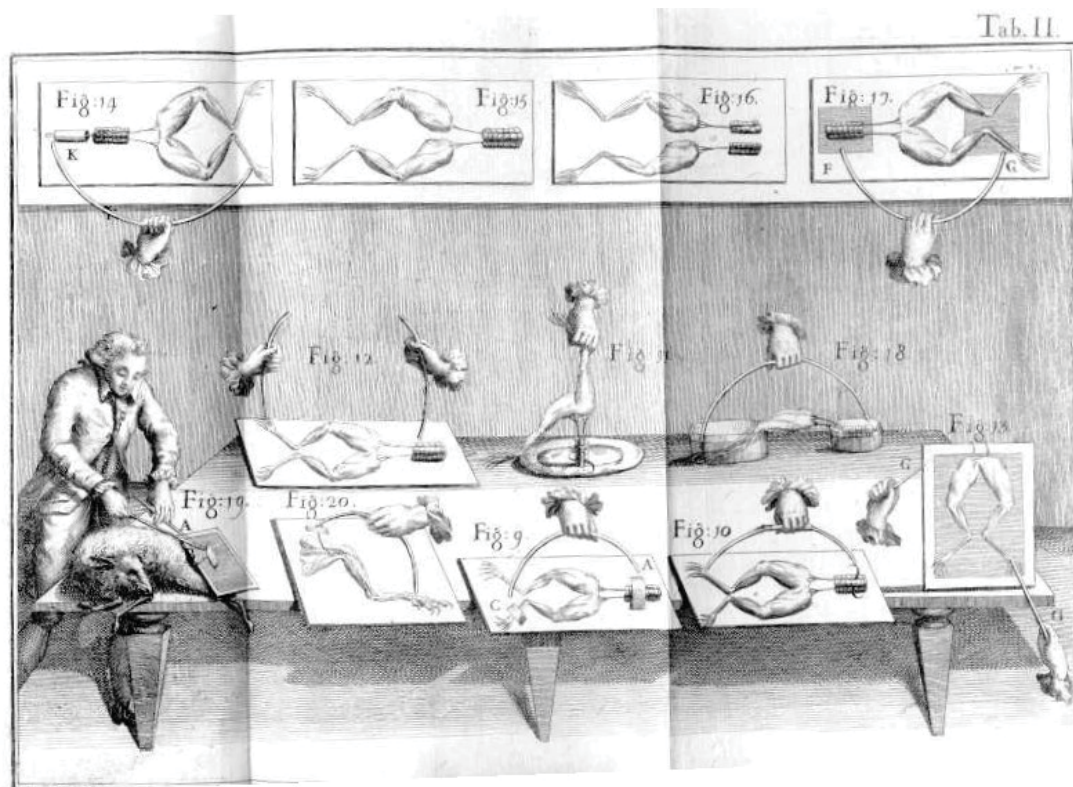
単位の名前は人名
ボルト、アンペア、ワット、オーム
テスラ、ジュール、



貴族で流行した芸人による静電気ショー

静電気から電流へ

- ガルバーニ
蛙の筋肉、異なった金属の接触
- ボルタ
電池
- アンペア、ファラデー、オーム
電流—磁気—力



ガルバーニ

ナポレオンに電池の効用を実験で見せているボルタ



イタリアの紙幣になっているボルタ



電荷の間に働く力を測ったフランスのクーロン

電流の実験をしたフランスのアンペール



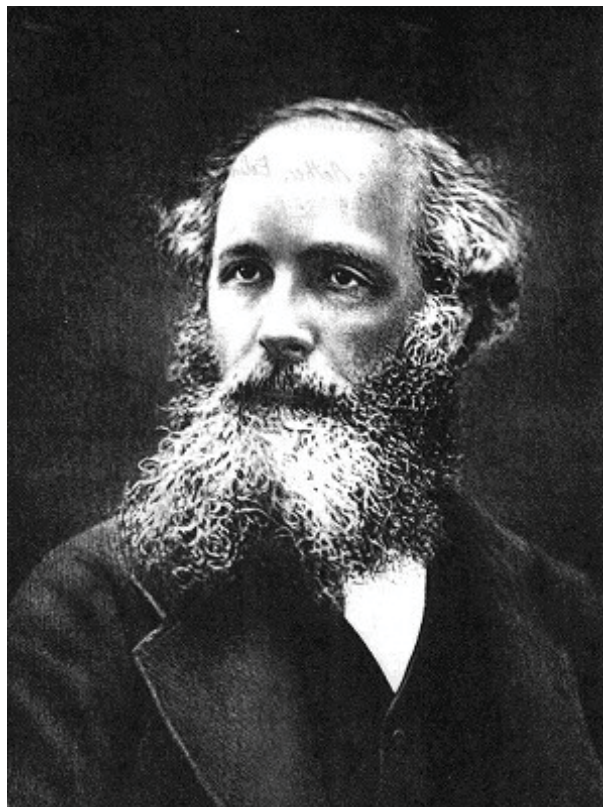
電気抵抗の法則を発見したドイツのオーム



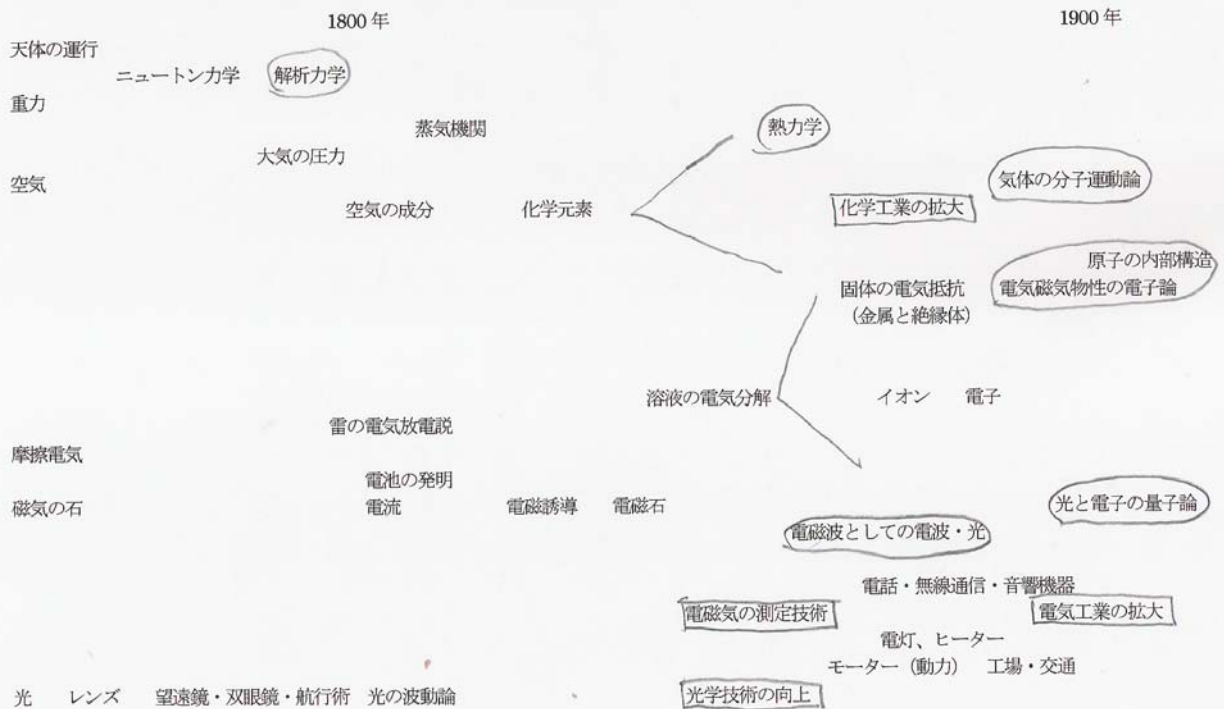
マックスウェル

電磁気学の理論を完成

英国人



空気と静電気・磁石から元素、原子論、光の電磁波論



電磁気関係SI単位

クーロン	1736－1806	仏
ボルト	1745－1827	伊
アンペア	1775－1836	仏
オーム	1789－1854	独
ファラデー	1791－1867	英
ウエーバ	1804－1891	独
ジーメンス	1816－1892	独
ベル	1847－1922	米
テスラ	1856－1943	クロアチア・米
ヘルツ	1857－1894	独

科学と国家I

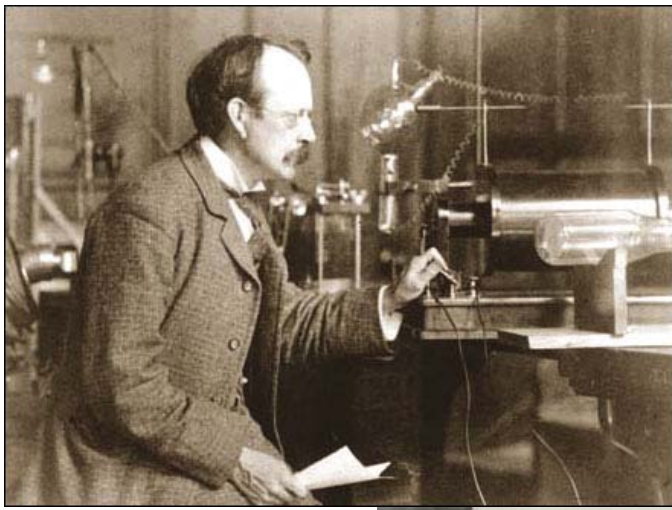
19世紀 ドイツと英国

独 ナポレオン戦争後 民族意識
ギムナジウム、大学が国づくり
数学教育で純粋数学創造
大学で実験科学 研究費公費

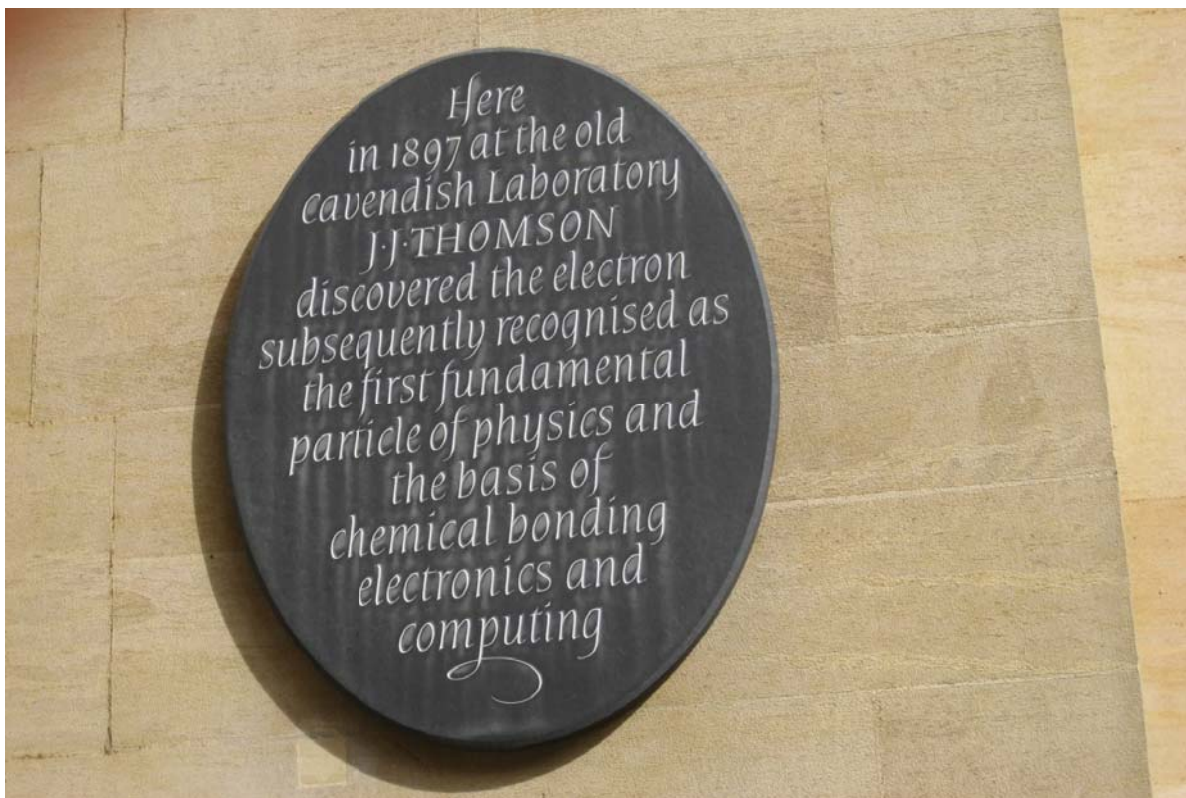
英 知的権威(大学)vs科学(在野)
後半 オックスブリッジに科学注入
「国は研究費を出すべきか？」
ロキヤーvsグリニッチ天文台
ドイツを見習った大学新設
紳士教育から専門家教育

英国大学にも実験室

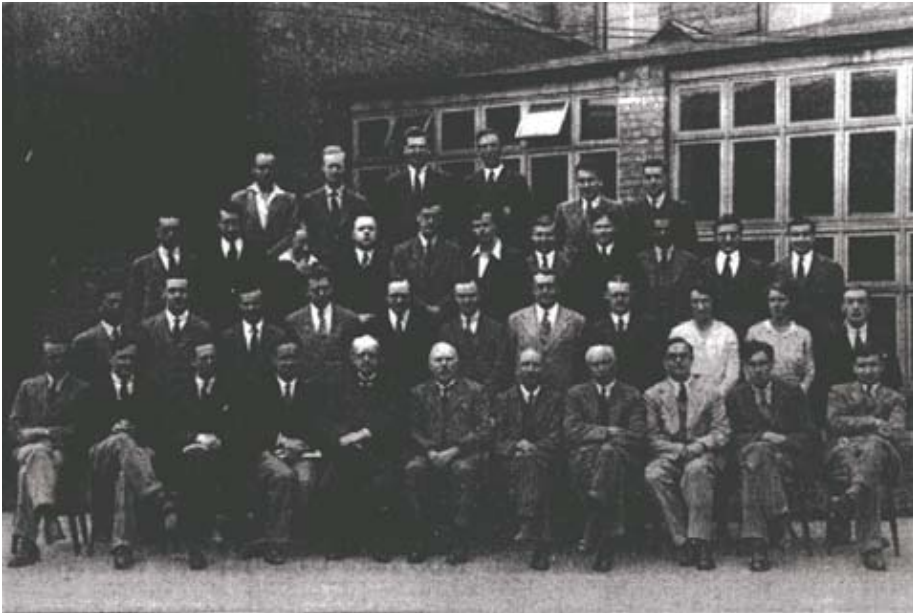
- オックスブリッジには実験なし
- サイエンスはRoyal Society, Royal Institute, BAAS
- ドイツ型大学新設
London, Manchester, Wirmingham, ...
- キャベンディッシュ実験所新設 1869
- Kelvinは3回断る
- Maxwell, Rayleigh, JJ Thomson
- 数学の天才たち
- Rutherford
- デボンシャー委員会 1869-72



JJ Thomson
 1856-1940
 1880 BA W2
 1884 Professor
 Cavendish Labo.
 1919まで

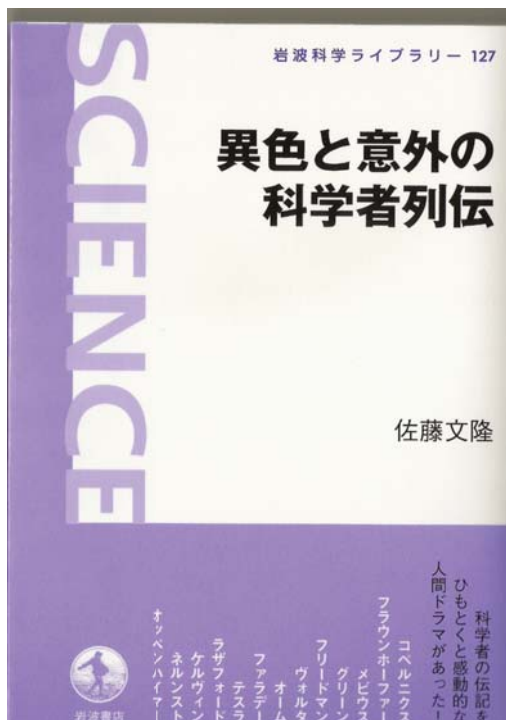


Here in 1897 at the old Cavendish Laboratory, JJ Thomson discovered the electron
 Subsequently recognised as the first fundamental particle of physics and the basis of
 chemical bonding, electronics and computing



1932

Ratcliffe, Kapitza, Chadwick, Ladenburg,
Thomson, Rutherford, Wilson, Aston, Ellis,
Blackett, Cockcroft



2007.11.20

はしがき	1
1 この科学者の職業は？	1
コペルニクス(一四七三—一五四三)	1
フラウンホーファー(一七八七—一八二六)	10
メビウス(一七九〇—一八六八)	15
グリーン(一七九三—一八四二)	19
フリードマン(一八八八—一九三五)	25
2 電磁気単位の侍たち	25
単位名と国家	25
ヴォルタ(一七四五—一八二七)	30
オーム(一七八九—一八五四)	35
ファラデー(一七九一—一八六七)	40
テスラ(一八五六—一九四三)	44
3 十九世紀のドイツと英国	51
ドイツ純粋数学の勃興——公教育を足場に新学問	51
理論物理学の起源——トライブスと員外教授	60
天文学工場——グリニッチ天文台	76
ラザフォード(一八七—一九三七)	87
4 大物科学者——科学と国家	97
ケルヴィン(一八二四—一九〇七)	97
ヘルンスト(一八四—一九四二)	105
オッペンハイマー(一九〇四—一九六七)	111
あとがき	
参考文献	

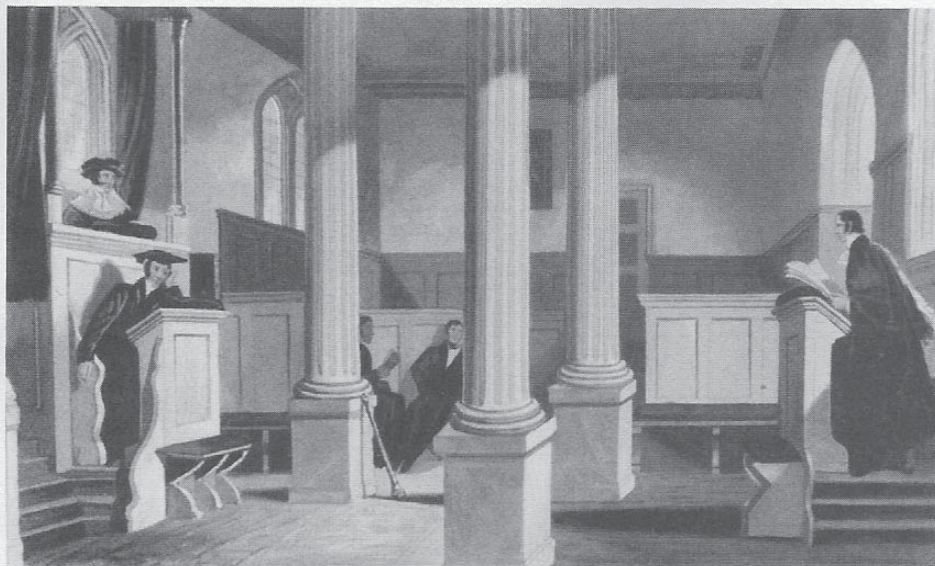
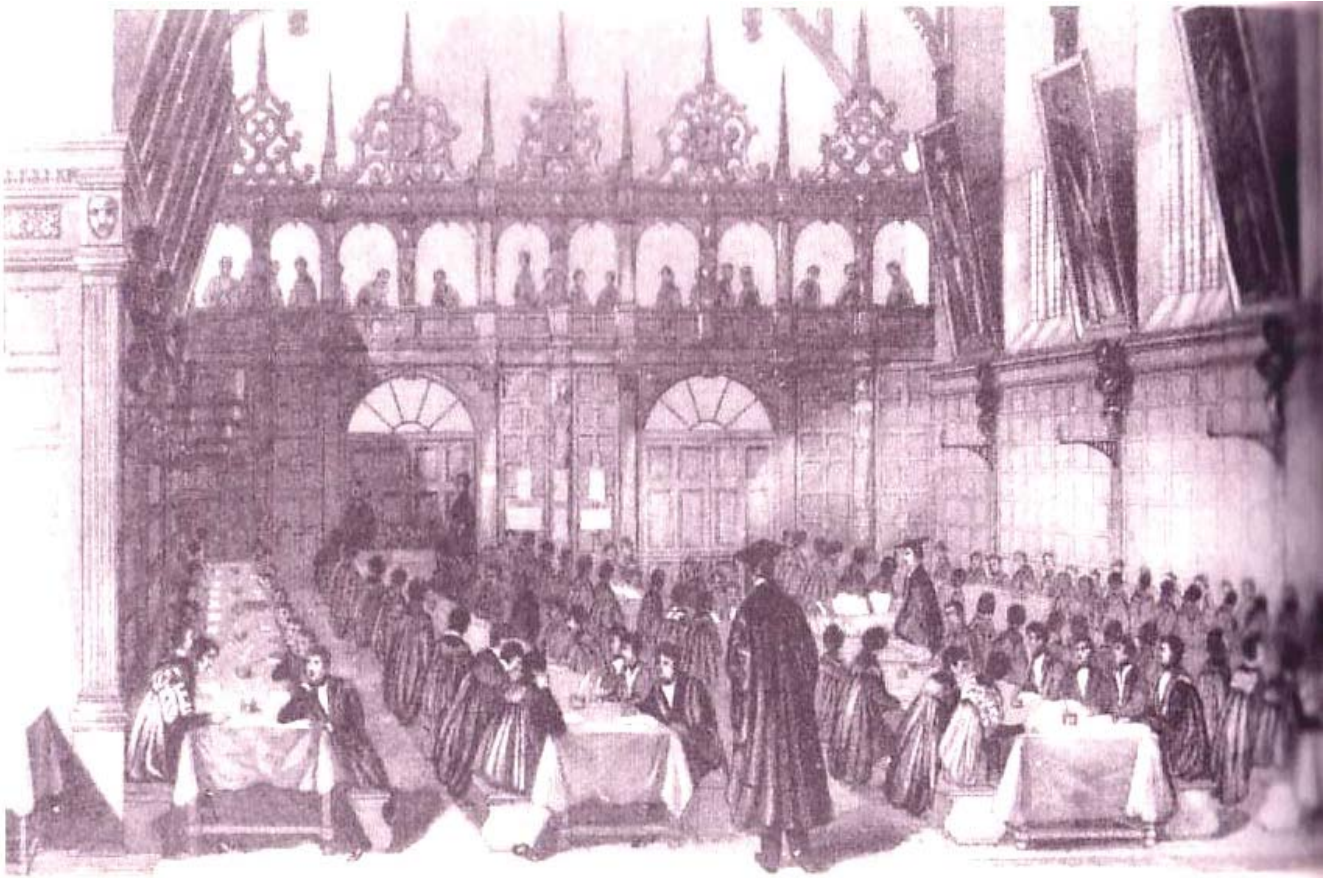


FIGURE 3.2. A rare depiction of a disputation as seen by the audience. The student being examined (the "respondent") is shown (right) reading out his essay. On the left are the first "opponent" (below), who will shortly oppose the propositions advanced by the respondent, and the moderator (above). The second and third opponents are shown sitting in the background, one listening to the respondent's essay, the other apparently reading his notes. Huber, *English Universities*, 1843. (By permission of the Syndics of Cambridge University Library.)



FIGURE 7.1. This “torchlight procession” held in Larmor’s honor in Belfast on 12 February 1880 was a mark of the importance associated with the senior wranglership throughout Britain. The procession, which attracted “large crowds of delighted spectators,” was described as follows by a local reporter: “The students, arrayed in fantastic costumes, and each bearing a torch, left the College in procession, and having passing through the principal streets of the city, marched to the residence of Mrs Larmor, where hearty cheers were given for her talented son. On the way back to the College a number of rockets were discharged, and in front of the building a bonfire constructed of tar-barrels was burnt” (*The Graphic*, 6 March 1880, 243). (By permission of the Syndics of Cambridge University Library.)

1880 1st Larmor; 2nd JJ Thomson

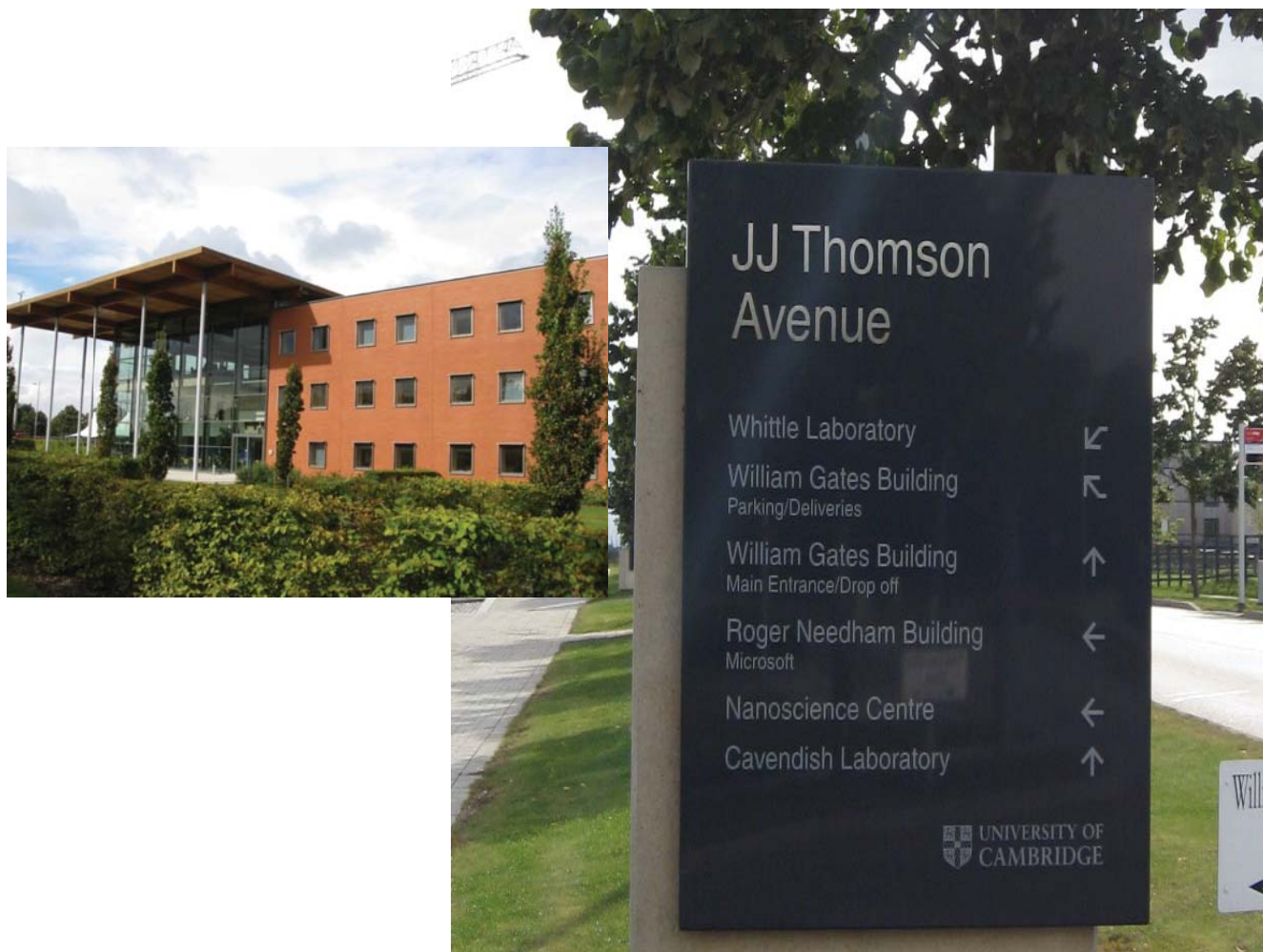
1800－1910が特別な意味 有名人の成績

ストークスsw(1841年)、ケルビン2w(1845年)、ラウスsw(1854年)、マックスウエル2w(1854)、レイリーsw(1865年)、ラーモアsw、JJトムソン 2w(1880年)

ブラッグ 3w(1885)、バートランド・ラッセル7w(1893年)、ホワイテッカー 3w(1895)、チャドウィック 5w(1900)、エディントンsw(1904年)、ケインズ12w(1905年)、ミルン5w(1906)

「数学トライパス上位者の就職先」に話も戻すと、前半の時期では、司教や植民地総督や高級官僚である。しかし後半には、数学、物理(実験、理論両方)の大学教授の職が増えた。もちろん、昔からあるルッカス教授職や王室天文学者とかいう数学能力のある学者が就くポストには必ずこの試験の上位者がついていたが、そのチャンスは十数年に一回ぐらいしか回ってこないから例外的である。大学教授が増えたのは科学を取り入れたドイツ型大学が英国にも新設されたからである。このように科学と大学の関係が変容する中で、数学トライパスの性格も前半の「社会指導者選抜」から後半の「数理の専門家選抜」に変わった。しかし、同じ制度であったから「数理能力がエリートとしての能力」という方程式を社会に定着さし、数理の学問の社会的イメージの高さにも引き継がれたといえる。





Martin Rees

Lord Rees of Ludlow

2007.10.22

President of Royal Society

Master of Trinity College, University of Cambridge



Master dinner



クリスマスカード

Royal Society 350年

1700

1800

1900

2000

啓蒙

ロマン

専門

産業 国家

冷戦

グローバル

化学・電気

交通・情報

1768ー 1840

The Age of Wonder

ビクトリア朝

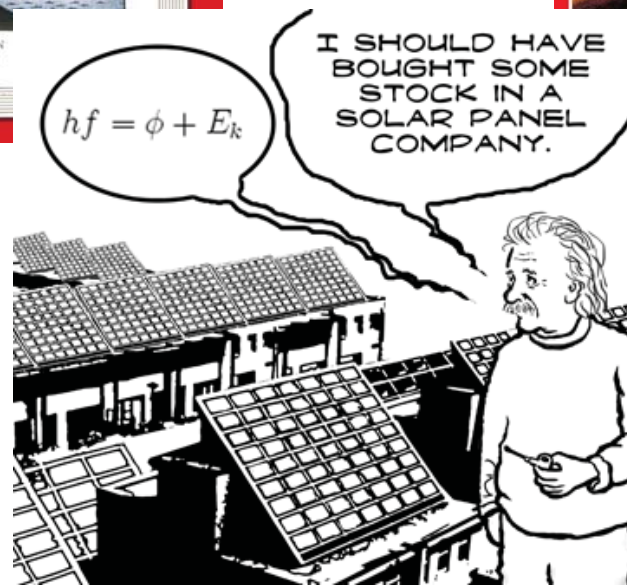
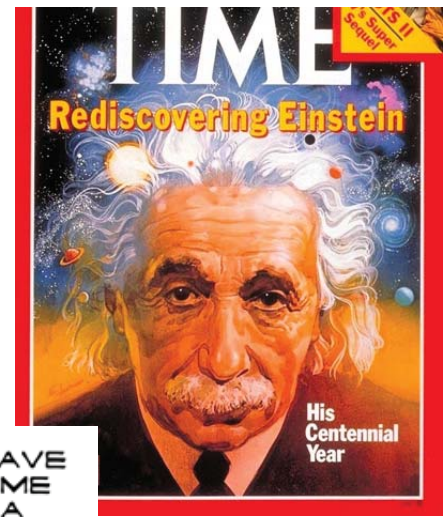
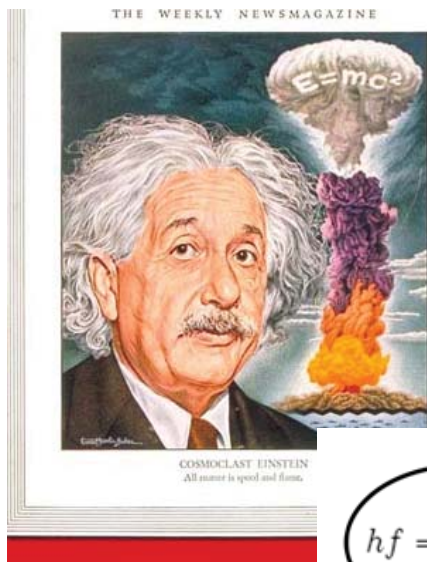
1837ー1901

プリン
キピア



科学と国家II

- ・ 日本はドイツ型
- ・ 米 終戦時 V. ブッシュ 連邦政府に科学
Science:Endless Frontier NSF創設
NIH,DOE,NASA.....
冷戦期に科学予算拡大
-「冷戦崩壊後の科学」
佐藤「科学と幸福」1995



社会との四つのチャネル

- 純粹に知的な意味で、人は知ることを欲している。
- 經濟、環境、健康などに役立つ。
- 挑戦するフロンティアである。
- 国民に政治的な一体感をもたらす。

科学者と国家: プランク vs アインシュタイン

1858-1947 ゲ大学教授 息子

ベルリン大学教授、学長、ウ協会長

アカデミー会長、学界全体の指導者

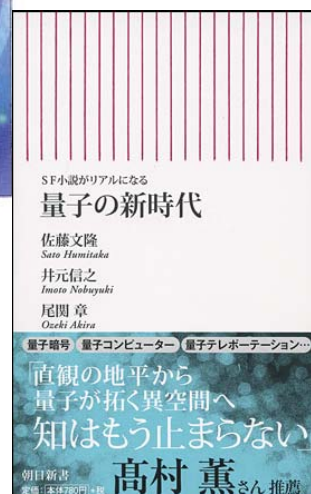
1900年 プランク家族



46年マックスプランク協会

次男 一次大戦捕虜 職業軍人
44年ヒットラー暗殺に連座処刑

長男 第一次大戦で戦死



量子力学完成後 「孤独になったアインシュタイン」 1879－1955

1933年ナチス政権、39年大戦

- ユダヤ人、ナチスドイツ
- 無国籍(コスモポリタン)者として第二次大戦での科学者と国家
原爆、愛国者プランク

- 物理学上のずれ
原子、核、素粒子物理
への不参加

量子力学の不承認

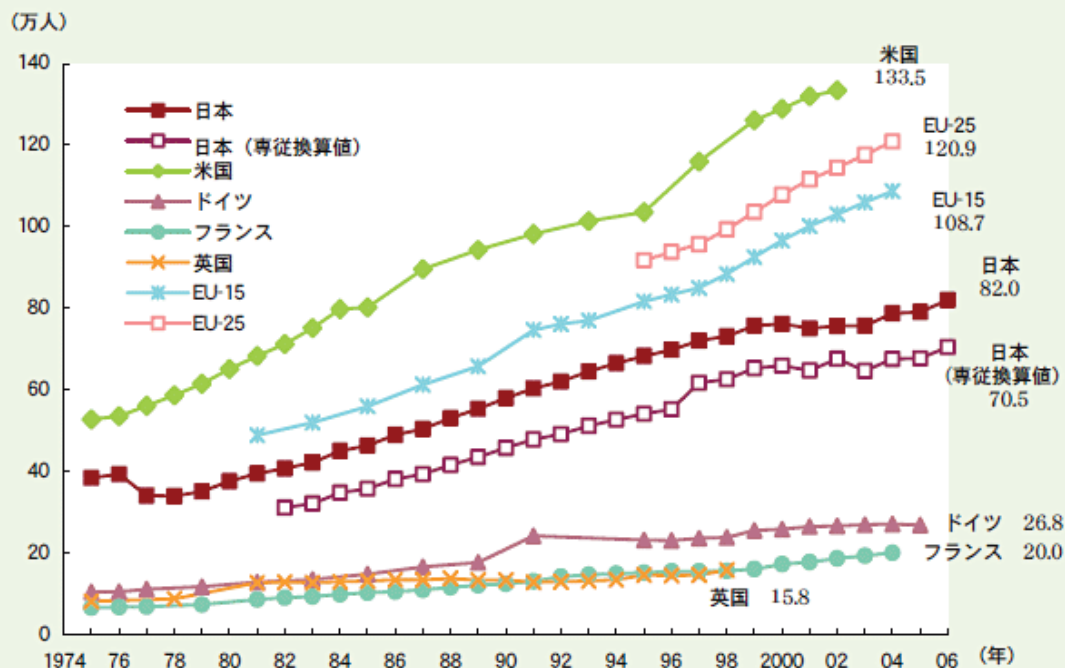
- 家族



シュレーディンガー
(オーストリア)



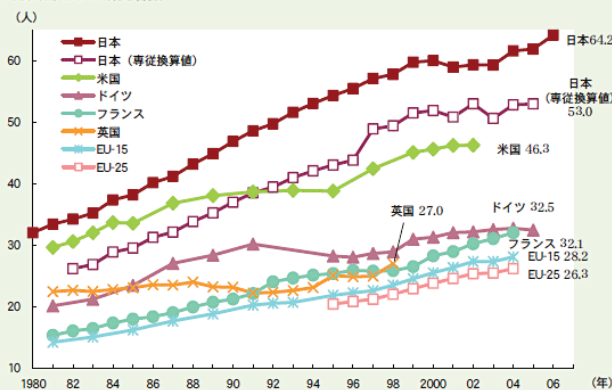
■第2-2-2図 主要国の研究者数の推移



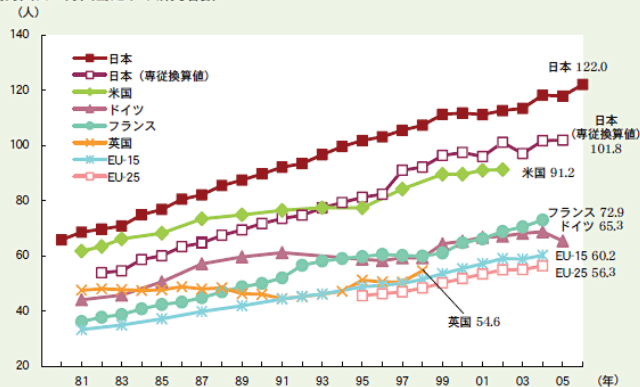
- 注) 1. 国際比較を行うため、各国とも人文・社会科学を含めている。
 2. 日本は2001年以前は4月1日現在、2002年以降は3月31日現在。
 3. 日本の専従換算値の1996年以前は、OECDによる推定値。
 4. 日本は、1997年からソフトウェア業が、2002年から卸売業等が新たに調査対象業種となっている。
 5. 英国は、1983年までは産業（科学者と技術者）及び国立研究機関（学位取得者又はそれ以上）の従業者の計で、大学、民営研究機関は含まれていない。

■第2-2-3図 主要国における人口及び労働力人口1万人当たりの研究者数の推移

(1)人口1万人当たりの研究者数



(2)労働力人口1万人当たりの研究者数



- 注) 1. 国際比較を行うため、各国とも人文・社会科学を含めている。
 2. 日本の研究者数は2001年以前は4月1日現在、2002年以降は3月31日現在。
 3. EU-15、EU-25はOECDの推計値。

資料：研究者数は第2-2-2図に同じ。人口及び労働力人口は、日本統計局経済統計「人口統計資料」（各年10月1日現在）。

学校数 教員数

- 小学 2万3 40万人
- 中学 1万1 25万人
- 高校 5, 400 26万人
- 大学 18万人
(1960 1.1万人)
- 医者 ~22万人

フェルミの問題 $12-6=6$

特定財源 道路～電源開発～国立学校～ 3兆=2+1

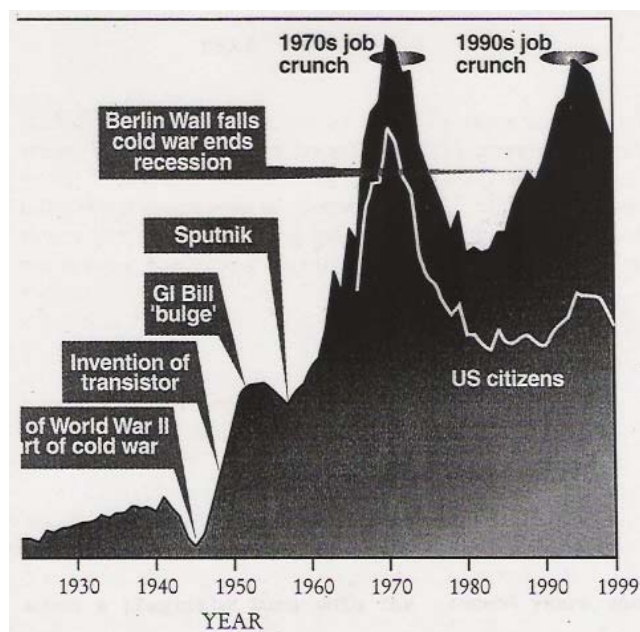
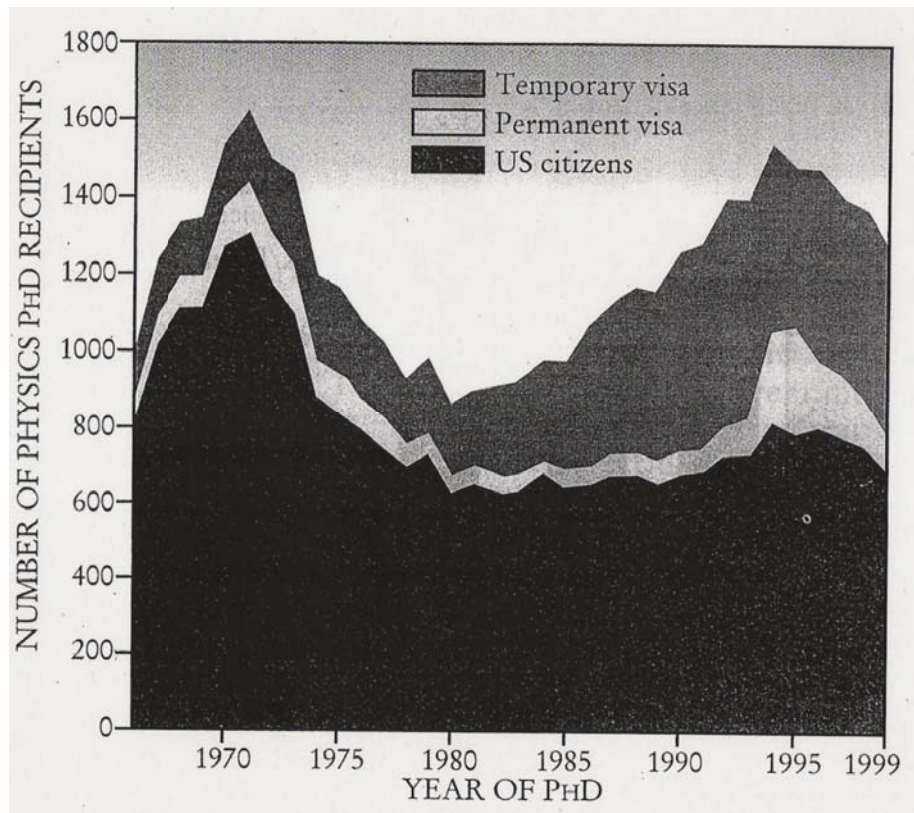


FIGURE 1. NUMBERS OF PHYSICS PhDs conferred in the US over the past century reflects the ups and downs of career opportunities in the field. Pointers highlight times of global events, breakthrough technologies, and economic crises; these correlate with changes in the numbers of degrees, with a roughly five-year lag in response resulting from students already in the academic pipeline. (Data for 1900-19 is from the American Council on Education; for 1920-61, from the National Academy of Sciences; and for 1960-99, from the American Institute of Physics.)



「雲のソムリエ」

ルーク・ハワード





巡回展
2006.3～
東京
筑波
京都
大阪
広島
宮崎
札幌
金沢
木津
2008夏



日本経済新聞
2009年12月6日

スやマルク
ロッパ近代
も教養の一
が、同時代
思想の動向
の教養の世
止めない。
つ言語の纏
き過去の日
に引き戻さ
て大学の理
したが、あ
で「理学」
とだと知っ
は「格物致
の様に現在
「ものがある
科学の精神
（思いきや、
この中国

半歩遅れの読書術



佐藤 文隆

従来の理を日本の思想家は排斥してきたことを知り、

江戸の思想を知る

「理」から「誠」への転換

現代日本での科学の見られ方も何となく気になつてくる。

朱子学は、中国にとつても外来である仏教への対抗として、儒教を高度な体系に整備したものである。宋明の文人政治の国を真似て、幕府も官学にしたが、

日本人の心情には響かず不人気であり、儒学は古学と称する独自の展開をみせた。

湯川秀樹のおっかけとして、独自の理を説いた三浦梅園に興味持った時もあったが、俯瞰的に見れば例外的存在である。理の字義

の琴線をくすぐるのは理ではなく誠であった。あの人本倫理留は「間違つてゐるが、正しい」といった言辞にいまもよく出会う。これは「理屈では間違つてゐるが、（誠を貫いた行動は）正しい」という意味である。誠は人と人の関係のあり方であり、

目を凝らして外から探してくる理とは違ふ。己むを得ざる自然を生きていることである。こうした理から誠への転換は自己の体験と証合して真を求める江戸の学者の姿勢に由来する。それは「心即理」の陽明学とも異なる。学徒動員の世代に属し、

は玉（ヒスイ）のひび割れの筋のことで、注意深く目を凝らせば見える確かな存在である。梅園は「一条はもと木の枝にして、理はその筋なり」と水の流れる生き筋のイメージで条理を描いた。しかし何れにせよ日本人



おわり