

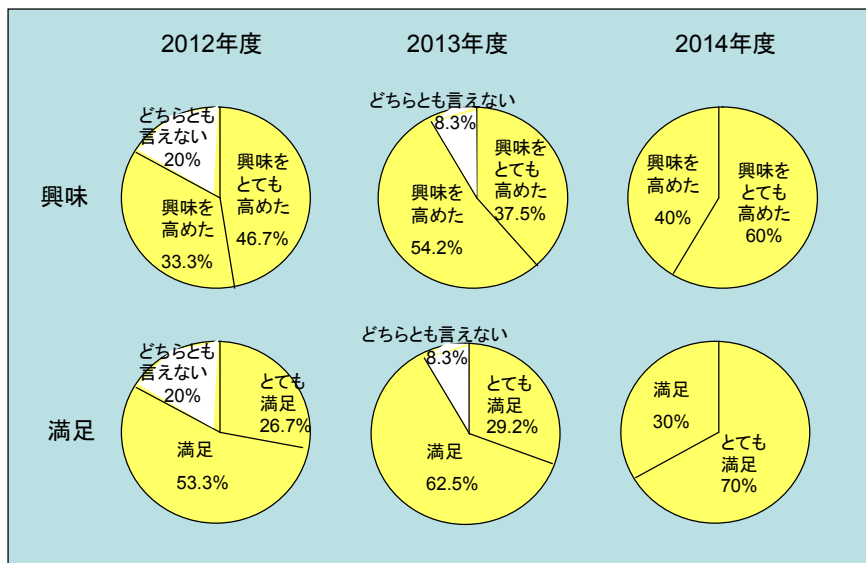
「エレクトロニクス科学史」

芝浦工業大学 非常勤講師

田澤勇夫

1. エレクトロニクス科学史を学ぶための基本的事項
 - 1-1. 今、エレクトロニクス科学史を学ぶことの意義とは？
 - 1-2. 科学と技術とは？
 - 1-3. エレクトロニクス科学史の著しい特徴とは？
2. 電気・磁気の発見から電磁理論の確立まで。
 - 2-1. エルステッドの電流の磁気作用の発見の歴史的意義とは？
 - 2-2. ファラディとマックスウェルの研究手法と交友
 - 2-3. ニュートン力学と電磁気学の対立
 - 2-4. マックスウェルの変位電流の概念と電磁波の予言
 - 2-5. 光(電磁波)の研究史から見えてくるもの
3. 研究開発の歴史的推移の具体的事例から見えてくる、科学と技術、そして事業開発の間に存在する不確実性について。

エレクトロニクス科学史の授業に対する 芝蔵工業大学でのアンケート結果



1. エレクトロニクス科学史を学ぶための 基本的事項

- 1-1. 今、エレクトロニクス科学史を学ぶことの意義とは？
- 1-2. 科学と技術とは？
- 1-3. エレクトロニクス科学史の著しい特徴とは？

1-1. 今、エレクトロニクス科学史を学ぶことの意義とは？

科学と技術、そして産業構造は大きな変革期に来ている。

- 何故、産業のグローバル化は生じているか？
- 何故、日本の半導体産業は衰退するのか？
- 産学連携とは何を意味するのか？
- 今後の技術者・科学者のあるべき姿とは？
- 何故、電機メーカー、電子工学は魅力なく感じるのか？

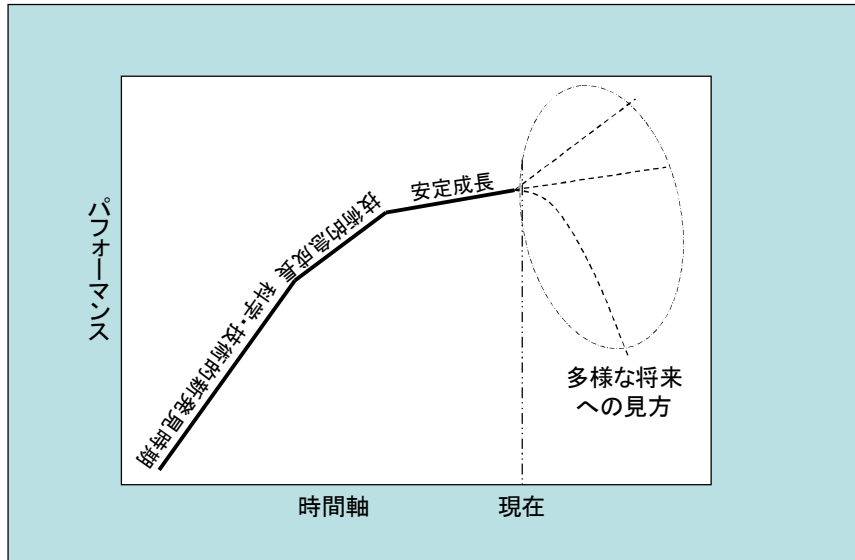


先を見通し難い状況下に置かれている。



変化がリニアな安定成長期においては、
少し前の過去と現在の状況を捉えれば、先をある程度見通すことが出来たが、
変革期においては、過去を更に遡って振り返り、
過去と現在、そして将来を時間軸の流れの中で捉える必要がある。

時間軸で(歴史的に)科学・技術を捉えることの重要性

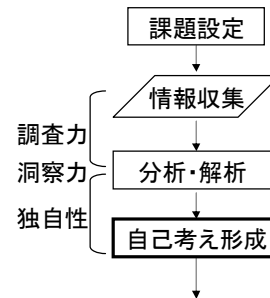


科学・技術の歴史を学ぶ上での基本的姿勢

重要なことは、科学・技術の歴史の情報を博物館的に収集することではなく、その歴史を顧み、その本質を理解すること。



科学・技術、そして産業構造のあり方を見通す力になる。
講師がその解答を与えるのではなく、個々の学生が自立的に自己の考えを持つ必要がある。



受講する上でのポイントとキーワード

先人達がどのような発想の転換により、どのような発見・発明を産み出したか。そして、その社会的背景はなにか
科学と技術は本来異質、科学と技術の連動、融合
科学と技術、科学研究と技術開発の間に存在する不確実性

1-2. 科学と技術とは？

科学とは

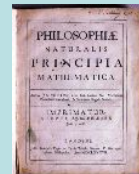
実業への有効性ではなく知的好奇心に基づき、
自然の法則性を明らかにする(=自然哲学)ことを目的とし、
その知識体系そのものが研究対象であった。
近代科学はデカルトとニュートンにより17世紀に誕生

デカルト(Rene Descartes, 1596-1650)
方法序説(1637)



対象を構成する要素に分解し、各要素の性質を解明することが重要で、その要素の性質を総合すると対象の性格も分かる。
(要素還元論)

ニュートン(Issac Newton, 1642-1727)
自然哲学の数学的原理(1687)



運動の3つの基本法則より、ユークリッド幾何学的論理構成により力学現象を説明。
質点、直線運動、遠隔作用というモデルの導入

技術とは

自然の事物を巧みに改変・加工し、実用のための手段であり、
その知識体系そのものが研究対象ではなかった。
(科学と技術の融合以前は匠の技が最高の技術であった)

哲学者 村上陽一郎氏の科学・技術論

- 科学と技術は本来、異質なもの。科学と技術の2つの概念を融合させたのは日本のユニークな発想。
- 19世紀に知識が変化し科学になったのに対して、技術は学問や知識の伝統とは別なところで育つ。欧州での近代産業の立上げりに科学は技術的發展に何の役割を示していない。
- エジソン、カーネギー、ディポン、松下幸之助、本田宗一郎は科学を学んでない。
- 19世紀後半、技術を高等教育で行うようになったが大学とは別組織であった。そして、1886年東京大学が工部大学校を引き受け、世界初の工学部を持つ大学が誕生した。
(東京工業大学は東京職工学校として蔵前に誕生)

大学における科学と産業における技術

- ・ 科学とは現実の世界から主要な現象を引出し(要素として抽出、モデル化)、その現象の理論構築を行う。
- ・ 産業技術とは幾つもの現象が複雑に絡み合っている現実の世界(複雑系、非線形系)を取り扱い、巧みに利用し道具を生み出す。

↓

科学と技術の融合は新たな発展を生み出したが、
科学と技術はその本質のところで異なる。

↓

基礎研究の成果を技術開発・製品開発の成果に直結させる
リアモデルには限界(不確実性、死の谷の問題)がある。

↓

大企業が80年代後半から中央研究所を設立し、
自ら基礎研究の分野までカバーするが、その後、多くの企業が撤退

↓

産学連携の強化

1-3. エレクトロニクス科学史の著しい特徴とは？

	科 学	技 術	
前6世紀	静電気の発見(タレス)		
11世紀		水上式磁針(中国)	
15世紀	レオナルド・ダビンチの活躍		
1543	太陽中心説の提唱(コペルニクス)		
16世紀		吊下げ式羅針盤(イタリア)	
1600	地球が巨大な磁石であることを提唱 (「磁石について」ギルバート)		
1609	惑星運動の法則(ケプラー)		
1632	「天文対話」(ガリレオ)		
1637	「方法序説」(デカルト)		
1666	光のスペクトル発見(ニュートン)		
1669	光の粒子説(ニュートン)		
1675	光速の測定(マーレー)		
1678	光の波動説(ホイヘンス)		
1687	「プリンキピア」(ニュートン)		
1745	ライデン瓶の発明(オランダ)		
1752	雷の研究(フランクリン)		

科学的発見が
技術的発明に
連動していない

17世紀に近代科学が誕生
アマチュア時代
(知的趣味の時代)

1765		蒸気機関の発明(ワット)	産業革命
1768		水力紡績機械の発明(アークライト)	
1780	動物電気の発見(ガルヴァーニ)		近代電気の始まり
1785	クーロンの法則(フランス)		
1800	電池の発明(ボルタ)		
1820	水の電気分解(カーライル他) 電流の磁気作用(エールステズ)		
	ビオ・サバールの法則 アンペールの法則		
1824	ゼーベック効果の発見		科学のアカデミズム時代 (1800~1940) (正式に高等教育に)
	熱力学の創始(カルノー)		電気理論の始まり
1827	オームの法則		
1830	自己誘導の発見(ヘンリー)		電磁理論工学の始まり
1831	電磁誘導の発見(ファラデー)		
1832		発電機の発明(ピキン)	
		電磁式電信機の発明(シリンク)	
1837		電信用符号を考案(モールス)	
1840	電流の熱作用(ジュール)		
1842	ドップラー効果(ドップラー)		
1847	キリヒホッフの法則		

1850		英仏海峡海底電信ケーブル敷設	第2次産業革命 (石油,化学,鉄鋼,電気)
1854	ブール代数の研究(ブール)		電力技術時代の始まり
1861	電磁場の理論(マクスウエル) 電話機の発明(ライス)		
1866		自励式発電機の発明	科学的発見が技術的発明に直結 そして、産業革新 につながる ↓ イノベーション
1869	元素の周期律表(メンデレーフ)	直流発電機の発明(グラム)	
1876		電話の発明(ベル)	
1878		ずず箔円筒蓄音器の発明(エジソン) 炭素フィラメント電球の実用化(エジソン)	
1879		アーク灯の実用化(ブラッシュ)	
1881		電車運行(ベルリン)	
1887	電磁波の実験(ヘルツ) 光速測定(マイケルソン・モーレー)		
1891		高電圧三相交流長距離送電デモ	
1895	X線の発見(レントゲン)		
1896	ウラン放射能の発見(ベクレル)		
1887		ブラウン管の発明(ブラウン)	
1898	電子の発見(トムソン)		
1899		大西洋横断通信実験(マルコニー)	

2. 電気・磁気の発見から電磁理論の確立まで

- 2-1. エルステッドの電流の磁気作用の発見の歴史的意義とは？
- 2-2. ファラディとマックスウェルの研究手法と交友
- 2-3. ニュートン力学と電磁気学の対立
- 2-4. マックスウェルの変位電流の概念と電磁波の予言
- 2-5. 光(電磁波)の研究史から見えてくるもの

静電気の発見(紀元前600年)

ギリシャの哲学者タレス(Thales)により琥珀を擦ることにより生じる不思議な現象として発見される。

琥珀はギリシア語でエレクトルムで英語の電気(electricity)の語源となる。



タレス



琥珀(装飾品)

二つの物をこすり合わせると摩擦によって静電気が生まれ、摩擦によって正の電気が生ずるか負の電気が生ずるかは、摩擦電気系列によって決まる。

+	摩擦電気系列	-
毛皮	ガラス 雲母 絹 絹綿 木材 琥珀 樹脂 金属	いおう
Wが小	仕事関数W	Wが大

羅針盤の実用化(16世紀)、磁気の本格的な研究(1600年)

ギルバート(イギリス人、エリザベス1世女王の侍医)が1600年に著書「磁気について」において磁気を体系的に取り上げる。



ギルバート

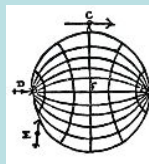


「磁気について」



エリザベス女王に磁気を説明

- ・地磁気の発見
- ・鉄を磁化させる方法の発明



磁鉄鉱による地球模型



磁鉄鉱の周囲を観測

エルステッドの電流の磁気作用の発見(1820) の歴史的意義とは？



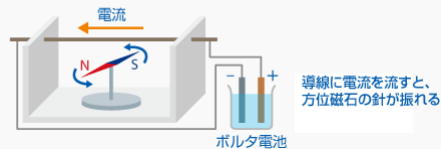
Hans Christian Oersted
1777-1851

1820年、エルステッドが学生にボルタの電池を使った実験を行っている時、偶然に近くに置いてあった磁石の針金が動いた。



電気と磁気の相互作用を発見したエルステッドの論文はヨーロッパの学会に大きな反響を呼ぶ

■エルステッドの実験



**電流により磁場が発生し、
全く別の物理現象と思われていた電気と磁気が融合した。**
(本質は同じで表面的現象が異なるだけ)

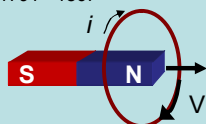
ファラデーの発見—電磁誘導(1831)、電磁場の概念の確立



Michael Faraday
1791 - 1867

エルステッドの発見により
全く別の物理現象と思われていた電気と磁気が融合。
(本質は同じで表面的現象が異なるだけ)

「電気から磁気が発生するのであれば、磁気から電気が発生するはずだ」と考える。(電磁現象の対称性)

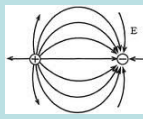


コイルの中に磁石を出し入れすると
コイルに起電力Vが生じ電流が流れる。

磁力線は磁力が働いている様子を示し、同様に電気力線
が存在すると考えた。(電磁場の概念の確立)



磁力線



電気力線

2-2. ファラデーとマックスウェルの研究手法と交友

- ファラデーは“実験から物事の真理を追究する”という立場をとった。
- 電流と磁力に関する多数の実験を行い、電磁場の概念に到達した。
- 数学的な裏付けに興味が無かったので、世間から高い評価は得られなかった。

マックスウェルの電磁理論の確立(1864)

マックスウェルは、ファラデーの場の概念を数学を用いて電磁気学として体系付けた。

ファラデーとマックスウェルは親交があり、ファラデー65歳、マックスウェル25歳から文通が始まり、マックスウェルはファラデーの(電磁)場の概念を学ぶことができた。

文通はファラデーが亡くなる(76歳)6年前のファラデー70歳、マックスウェル30歳まで続いた。

実験科学者と理論科学者の融合



2-3. ニュートン力学と電磁気力学の対立

- ファラデーはアカデミズムに毒されていないだったので、“反ニュートンの考え”に抵抗を覚えなかった。
- マックスウェル33歳の時に電磁理論をまとめて発表するが、非ニュートン力学的な場の概念と難解な数学を用いているため多くの非難を受け、嫌気をさしたマックスウェルは田舎に隠居する。



- ニュートン力学の原則は、アカデミズムに於ける、電気磁気学の探求の大きな壁となった。
- 電磁気学と力学との矛盾について人はどのように対処したか？



新しい考えを否定する。

アンペアの法則(1820)

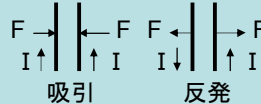
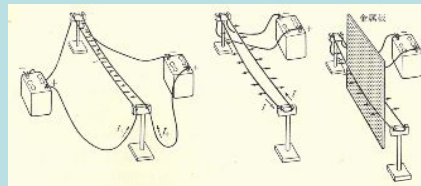


Andre-Marie
Ampere
1775-1836



同じくエルステッド論文を読んだアンペールは電流により生じる磁場が電流方向の直角面に右回りでできることを発見

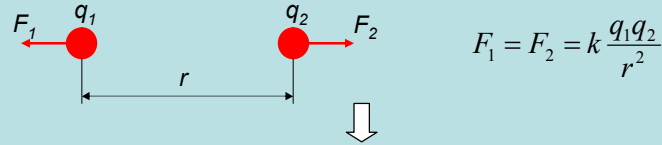
平行した導体に同じ向きに電流を流すと引き合い、反対方向に流すと排斥しあうことを発見



電流の方向と作用する力が直行する「アンペールの法則」(1820)は、当時、ニュートン力学が全盛であったので、このような現象を受け入れなかった。
(引力は宇宙全体に普遍的に存在するから、“万有”引力、と名づけられた。)

クーロンの法則(1785)

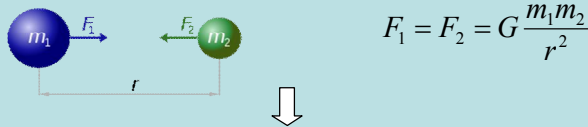
点電荷 q_1, q_2 が距離 r だけ隔てておかれている場合、その間に働く力 F_1, F_2 は



電荷間に力を媒介するものは何もなく一瞬にして作用するという遠隔作用の考え方と、力は空間を介して次から次へと伝搬するという近接作用(場の概念)の考え方ができる。

ニュートンの万有引力(1665)

質点 m_1, m_2 が距離 r だけ隔てておかれている場合、その間に働く力 F_1, F_2 は



ニュートンは質点間に力の作用を媒介するものは何もなく、一瞬にして作用するという遠隔作用の考え方のみであった。

2-4. マックスウェルの変位電流の概念と電磁波の予言

ガウスの定理—場の概念による表現

クーロンの法則から単位電荷に働く力を電場の強さ E として定義し、その電場はいたる所の空間に存在すると考える。

ガウスの定理

積分形 微分形

$$\oint_a E da = \frac{q}{\epsilon_0} \Rightarrow \text{div} E = \frac{q}{\epsilon_0} \dots (1)$$

電荷 q を囲む表面のから湧出てくる電場 E の総和は q に比例する。

div(divergence)発散

磁場についての表現

$F_1 \leftarrow m \quad r \quad \rightarrow H_1 = k' \frac{m}{r^2}$
 $m^+ \quad m^-$
 $H_{(r)} = k' \frac{(m^+ + m^-)}{r^2} \Rightarrow \text{div}H = 0 \quad \dots(2)$
 $a = 4\pi r^2$

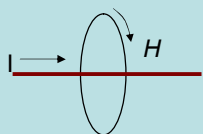
磁場についても、電場同様クーロンの法則が成立とし、磁場の強さを定義する。
 しかし、実際は単磁荷は存在せず、磁気双極子の状態のみで存在する。

ファラデーの電磁誘導を表現すると

$$V = \oint_l E dl = - \frac{d \left(\int_s \mu H ds \right)}{dt} \Rightarrow \text{rot}E = -\mu \frac{\partial H}{\partial t} \dots(3)$$

起電力V、すなわちコイルの円周上lの電場Eの総和はコイルの断面Sを単位時間当りに横切る磁場Hに比例する。

アンペアの法則と電磁理論の非対称性



$$\oint_l H dl = I \quad \Leftrightarrow \quad \text{rot} H = i$$

電流により生じる磁場の強さHの周回分の総和は電流の強さIに等しい。



$$\text{div} E = \frac{q}{\epsilon_0} \quad \dots (1)$$

$$\text{div} H = 0 \quad \dots (2)$$

電磁現象の対称性が壊れている

$$\text{rot} E = -\mu \frac{\partial H}{\partial t} \quad \dots (3)$$

$$\text{rot} H = i \quad \dots (4)$$

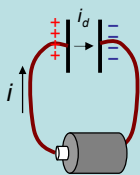


アンペアの法則は不完全

電磁現象の対称性と変位電流、Maxwellの方程式

電磁現象の対称性が成立すれば、電場の時間変化により磁場が発生すると考えられる。

$$\text{rot} H = \epsilon \frac{\partial E}{\partial t}$$



更に、電流の連続性よりコンデンサの電極間においても電流idが流れると考える。

$$\text{rot} H = i + i_d$$



$$i_d = \epsilon \frac{\partial E}{\partial t} \quad (\text{変位電流})$$



Maxwellの方程式

$$\text{div} E = \frac{q}{\epsilon_0} \quad \text{rot} E = -\mu \frac{\partial H}{\partial t}$$

$$\text{div} H = 0 \quad \text{rot} H = i + \epsilon \frac{\partial E}{\partial t}$$

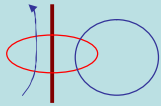
対称性が成立



$$\frac{\partial^2 E}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 E}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 E}{\partial z^2} = \mu \epsilon \frac{\partial^2 E}{\partial t^2}, \quad \frac{\partial^2 H}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 H}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 H}{\partial z^2} = \mu \epsilon \frac{\partial^2 H}{\partial t^2}$$

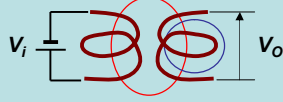
電磁波の発見(1888)

直流 $\frac{\partial i}{\partial t} = 0$ では



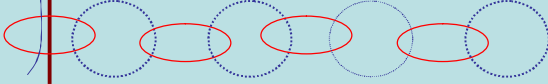
$$i \Rightarrow \text{rot}H \quad 0 = -\mu \frac{\partial H}{\partial t} \Rightarrow \text{rot}E$$

交流 $\frac{\partial i}{\partial t} \neq 0$ では



$$\frac{V_i}{R} \Rightarrow i \Rightarrow \text{rot}H \quad -\mu \frac{\partial H}{\partial t} \Rightarrow \text{rot}E \quad E \Rightarrow V_o$$

変位電流



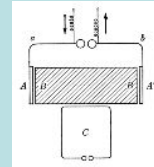
$$i \Rightarrow \text{rot}H \quad \epsilon \frac{\partial E}{\partial t} \Rightarrow \text{rot}H \quad i \Rightarrow \text{rot}H \quad \epsilon \frac{\partial E}{\partial t} \Rightarrow \text{rot}H$$

$$-\mu \frac{\partial H}{\partial t} \Rightarrow \text{rot}E \quad -\mu \frac{\partial H}{\partial t} \Rightarrow \text{rot}E \quad -\mu \frac{\partial H}{\partial t} \Rightarrow \text{rot}E \quad -\mu \frac{\partial H}{\partial t} \Rightarrow \text{rot}E$$

$$\nabla^2 E = \frac{1}{C^2} \frac{\partial^2 E}{\partial t^2}, \quad \nabla^2 H = \frac{1}{C^2} \frac{\partial^2 H}{\partial t^2} \quad \therefore C = \frac{1}{\sqrt{\mu\epsilon}}, \quad \nabla^2 = \frac{\partial^2}{\partial x^2} + \frac{\partial^2}{\partial y^2} + \frac{\partial^2}{\partial z^2}$$

(電磁波の速度)=(光の速度)

Herzの実験(1888)



電磁理論の破綻? : ローレンツ変換、ローレンツ収縮 (1899)

電磁理論に速度Vで相対運動している場合の座標変換に

Newton力学(ガリレイ変換) $x = x' + Vt$ を用いると

$\begin{aligned} \text{div}E &= \frac{q}{\epsilon_0} \\ \text{div}H &= 0 \\ \text{rot}E &= -\mu \frac{\partial H}{\partial t} \\ \text{rot}H &= i + \epsilon \frac{\partial E}{\partial t} \end{aligned}$	$\begin{aligned} \text{div}E &= \frac{q}{\epsilon_0} \\ \text{div}H &= 0 \\ \text{rot}E &= -\mu \frac{\partial H}{\partial t} + \text{rot}(V * \mu H) \\ \text{rot}H &= i + \epsilon \frac{\partial E}{\partial t} - \text{rot}(V * \epsilon E) \end{aligned}$
---	--

物理法則の相対性(「物理法則はあらゆる慣性系間で同一である」と矛盾する

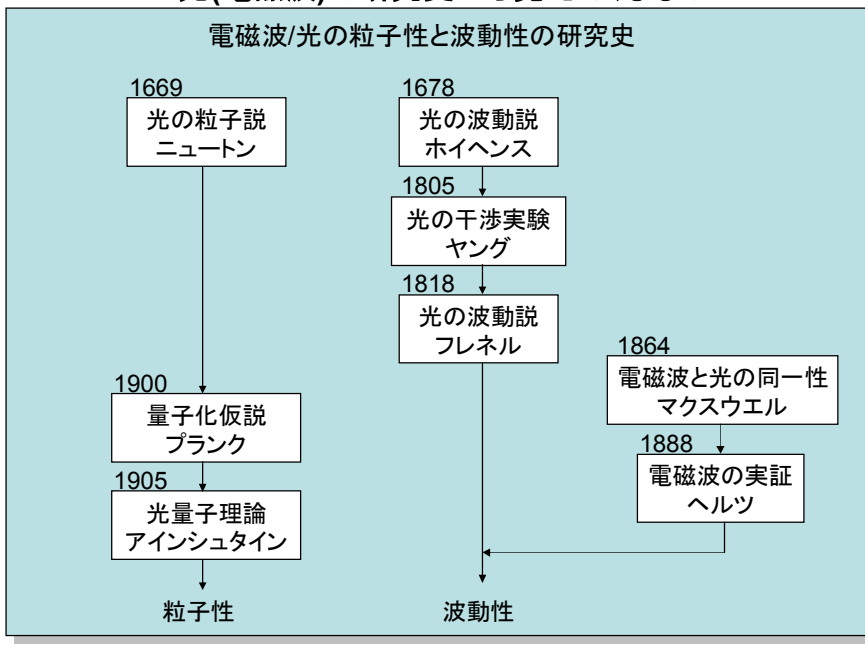
ガリレイ変換に代わりローレンツ変換 $x = \frac{1}{\sqrt{1-(V/C)^2}}(x' + Vt')$ を用いると物理法則の相対性が成立

2点間の距離(物体の長さ)は縮む」というローレンツ収縮が生じる

実験結果と矛盾

2-5. 光(電磁波)の研究史から見えてくるもの

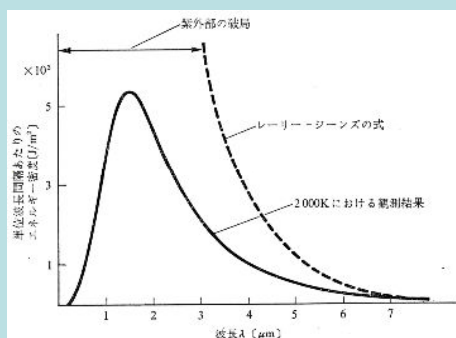
電磁波/光の粒子性と波動性の研究史



レーリー・ジーンズの式(1900)

レーリー・ジーンズの式とは分子運動論と電磁気学から導いたある温度から放射される電磁波のスペクトル強度分布のことで、

レーリー卿が1900年に最初に発表した。その後、1905年にジェームズ・ジーンズが係数に誤りがあることを指摘した。



温度Tの物体から放射される波長λのエネルギー密度は

$$u_{\lambda} = \frac{8\pi kT}{\lambda^4} d\lambda$$

であり、波長が
λ⇒0では、
エネルギーは

u_λ⇒∞となり、
実験事実と矛盾する。

レーリー・ジーンズの式の破局の意味すること

レーリー・ジーンズの理論においては、
次のことを前提に構築されていた。

- ・ 空洞内に存在する マックスウエルの電磁波の定常波の波長分布を幾何学的に求める。
- ・ 熱力学とニュートン力学からなる分子運動論により定常波のエネルギーを求める。



ニュートン力学も熱力学も、そして電磁波理論も間違っている可能性が生じた。

プランクのエネルギー量子化仮説(1900)



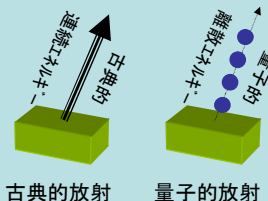
M. Planck,
1858- 1947

小さい波長領域でも実験と良く合う次の式をプランクは導入した。

$$u_{\lambda} = \frac{8\pi}{\lambda^4} kT \Rightarrow u_{\lambda} = \frac{8\pi hc}{\lambda^4} \frac{1}{e^{h\nu/kT} - 1}$$

レーリー・ジーンズの理論が破綻した原因は、
空洞の中に存在する電磁波の周波数が増え
るとその量も増えることによる。

プランクは周波数 ν の波はエネルギー $h\nu$
の不連続な間隔でしかとることが出来ない
と仮定した。

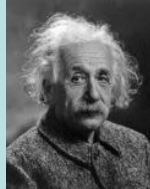


古典的放射

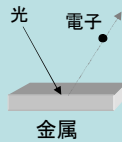
量子的放射

アインシュタインの光量子仮説(1905)

1905年、光電効果の実験事実に基づき、アインシュタインはプランクの仮説を実体化して光量子仮説を提案した。(エネルギー塊⇒粒子)



Albert Einstein, 1879-1955



光電効果
金属に光を照射すると電子が放出される現象

- ・ 光を照射すると**時間遅れなく**電子を放出。
- ・ いくら強い光を当てても**周波数が一定以上**でないと電子が放出されない。



電磁波理論では、電磁波のエネルギーの吸収から電子放出までにある一定以上の時間がかかり、また、電磁波のエネルギーは周波数でなく振幅に対応している。



光の二重性: 波動性と粒子性の存在
(既存理論では矛盾する)

同一の事象に異なる見方(異なるモデル=理論の構築)

遠隔作用	↔	近接作用
光の粒子性	↔	光の波動性
電子の粒子性	↔	電子の波動性
シュレディンガー波動方程式	↔	ハイゼンベルグ行列力学
量子論の確率関数	↔	アインシュタインの隠れた関数



科学理論とはモデル化であり、モデル化の方法は複数あり得る。



科学理論を技術に応用する場合、その限界性に注意する必要がある。
科学と技術は本来、異質なもの(村上陽一郎)
科学と技術の間に存在する不確実性

3. 研究開発の歴史的推移の具体的事例から見える、
科学と技術、そして事業開発の間に存在する不確実性について。

液晶の基礎研究の歴史

液晶の発見

1888年 オーストリアの植物学者ライニツアによる



液晶の光学特性の研究

1960年代 温度、圧力変化に対して液晶の色が敏感に反応



液晶の表示器応用への発見

1962年 電界印加により透明な液晶が不透明になる

液晶表示器の研究開発の歴史

- 63年 RCA DSモード発見
- 65年 RCA 液晶壁掛TVプロジェクト開始
- 73年 シャープ DS液晶電卓発売
- 88年 シャープ 14インチTFT-LCD試作

- RCAは65年液晶TVプロジェクト開始時に10年後の実用化を目指す。(技術の不確実性)
- 73年シャープの液晶電卓販売時でも、LCD製品の将来展望は疑問視された。(市場の不確実性)

液晶表示器の技術開発の歴史

駆動方法の発見		応用製品開発	
1963年	DSモードの発見(RCA)	1968年	DS-LCD試作(RCA)
1971年	TNモードの発見	1970年	DS液晶置時計試作(セイコーエプソン)
1973年	電圧平均化法の開発(日立)	1972年	DS液晶電卓試作(ビジコン)
1979年	TFT液晶の試作	1973年	DS液晶腕時計試作(ビジコン)
1984年	STNモードの発見	1973年	DS液晶電卓発売(シャープ)
1987年	DSTNの開発(セイコーエプソン)	1976年	TN液晶腕時計発売(セイコーエプソン)
		1984年	TNマトリックス液晶試作(日立)
		1984年	TFTカラーテレビ発売(セイコーエプソン)
		1987年	DSTN液晶PC発売(セイコーエプソン)
		1988年	14インチTFT液晶試作(シャープ)
		1990年	カラーSTN液晶PC発売(NEC)
		1991年	カラーTFTマトリックス液晶PC発売



1973年 DS液晶電卓
(シャープ)



1973年 TN液晶腕時計
(セイコーエプソン)



1976年 TN液晶マトリックス液晶
(日立)



1984年 TFTカラー液晶TV
(セイコーエプソン)



1986年 TFTカラー液晶TV
(松下)



1988年 14インチ液晶パネル
(シャープ)

DS液晶開発におけるシャープ技術陣の役割

- 71年、シャープはRCAに電卓用液晶の製造を依頼したが、技術未成熟につき断られる。
- シャープ技術陣は独自の研究開発により、難問を解決していった。
 - 応答速度が遅い:電極の構造の改良
 - 動作温度範囲が狭い:数多い液晶の中から適合する液晶を選択。数種の液晶をブレンド
 - 寿命が短い:直流駆動方式から交流駆動方式へ

科学はそれ自体が目的、技術はそれ自体は手段

- 液晶とその現象に対する興味で液晶の科学的研究が進んだ。
(日本の寄与はほとんどなし)
- 液晶表示器の駆動方法の開発は液晶の電気的特性に対する興味に基づく科学研究と、より良い特性の表示器への要求に基づく技術開発が並行して進んだ。
- 日本の技術開発は製品開発と製品開発のため要求される特性を実現するための手段として駆動方法の技術開発に注力した。

科学と技術の連動作用

19世紀後半、科学と技術の質的に異なる2つの知識がお互いに関係を持ち、より強力な知識体系を生み出す可能性が出てきた。



液晶と液晶特性自体への興味に基づく科学研究と、液晶研究を表示器への応用のための手段とする技術開発の連動により現在のLCDが存在する

20世紀、エレクトロニクス技術が急速に発展した状況と同じ

液晶における研究開発と事業開発の不確実性

最初から液晶の対象をTVにしたRCAが失敗し、ガレージ製品として揶揄された時計や電卓などから始めた日本メーカーが成功。



当時の液晶技術ではTVには不適合であった。



液晶をTVに用いるには、科学と技術の連動による技術の熟成のための時間が必要



小物から始まった液晶開発は、次の段階としてPCを対象として徐々にパネルサイズが大型化され、TVの実用化に至った。

炭素繊維の歴史



- 1959年 ナショナル・カーボンがレーヨンから黒鉛にする世界初の炭素繊維を発明。現在、このレーヨン系は廃れている。
- 1961年 産業技術総合研究所の進藤昭男によりPAN系炭素繊維が発明。
- 1963年 群馬大学の 大谷杉郎によりピッチ系炭素繊維が発明。
- 1967年 ロールロイス社が炭素繊維強化プラスチックをジェット・エンジンへの採用を発表。
- 1968年 ロールロイス社ジェット・エンジンのロッキード社エアバスへの搭載が決定。
- 1971年 ロールロイス社倒産。
東レPAN系高強度炭素繊維トレカT300の製造・販売を開始
- 1970年～ 優れた強度を持つ特性から強化プラスチックの補強材や複合材料の素材として使われ始める。
- 1980年～ 製造コストの低減や加工方法の進歩が見られ、ロケットや航空機などからテニスラケットや釣り竿などのスポーツの分野にまで応用の幅を広げた。
- 1986年 東レが超高強度トレカT1000を製造・販売
- 2006年 PAN系世界最大手の東レがボーイングと炭素繊維を機体の大部分に利用する世界初の旅客機(ボーイング787)開発の契約を締結。

最初のPAN系炭素繊維の開発は的外れ

1959年、後藤はいろいろな合成繊維を手当たり次第に1000°C位で燃やすと、大半はただの炭になった。たまたま、デュポン社のPAN系繊維オーロンを燃やしたところ繊維状の黒い毛玉が残った。



学会発表を行ったが、海外特許を出願せず、その価値に気付かず。



1962年、日本カーボン社より炭素繊維カーボロンを販売するが、その用途は石油ストーブの芯、静電気防止材、パッキングなどであった。



後藤もメーカーも炭素繊維の用途をプラスチック補強材ではなかった。その後、後藤はレーヨンなどの他の原料を用いた炭素繊維の研究に向かう。

PAN系炭素繊維の高性能化に目を付けたイギリスとアメリカ

1961年、後藤の論文よりイギリス国立航空研究所がPAN系炭素繊維の改良研究に着手。(高弾性、高強度)
ロールロイス社も別に同研究を進めた。



イギリスは新素材の登場に熱狂する。



1967年、ロールロイス社が炭素繊維強化プラスチックをジェット・エンジンへの採用を発表し、翌年ロールロイス社ジェット・エンジンの
ロッキード社エアバスへの搭載が決定。



エンジン材料としては強度、耐疲労性の不足

強引な独自開発と実用化の急ぎ過ぎが失敗の原因

遅れて登場した炭素繊維の勝者

1968年頃、東レは日本カーボンなどの研究用にPAN繊維を供給



東レの非繊維部門の多角化の流れの中、炭素繊維の社内企業化を目指す。
しかし、社内では不明確な市場性から消極的意見が大半を占める。



1971年、トレカT300を販売したが、ほとんど注文がなかった。
オリンピック釣具を口説き落としなんとか釣竿の共同研究に入る。
多くの問題と苦労の末、1972年、炭素繊維の釣竿を販売。



1973年、カーボン繊維のゴルフシャフトを販売したところ、
アメリカで「ブラックシャフト・ブーム」が発生。

花咲くカーボン繊維の製品



炭素繊維における研究開発と事業開発の不確実性

日本で最初に炭素繊維が発明されたが、その価値に気付かず。



開発の舞台がイギリスに移り、ロールス・ロイス社が炭素繊維強化プラスチック・エンジンをロッキード社に売込んだが、トラブル続出で計画が大幅に遅れている間に倒産(技術の不確実性)



70年頃にはレーヨン系、PAN系、ピッチ系のどれが高強度化に適するか予想不可能であった。



スポーツ市場(釣竿、ゴルフ、テニス)に的を絞った東レが成功し、航空宇宙・軍事市場に的を絞った欧米が失敗した。(市場の不確実性)



東レなどの日本の多くに技術が航空機や自動車などの機体に採用され、21世紀は炭素繊維の時代と言われるようになる。