

「電気の精」を紐解く

- 1. 4つの「電気の精」
 - ① 「電気の精」下絵 グワッシュ絵具6m x 1.1m
 - ② 光の館(電気館)の大壁画 60m x 10m 1937年
 - ③ 縮小版「電気の精」 油彩6m x 1.1m 1938年
 - ④ 「電気の精」リトグラフ0.6mx1.2m、10枚 1952年
- 2. 制作と展示
制作依頼/資料調査/人物モデル/構成下書き
- 3. 館内
大型機器の展示

1. 4つの「電気の精」

- ① 「電気の精」下絵 グワッシュ絵具6m x 1.1m 1936年
- ② 光の館(電気館)の大壁画 60m x 10m 1937年 [1937・5/24～11/28] [1964～常設展示]
- ③ 縮小版「電気の精」 油彩6m x 1.1m 1938年 [CPDFの依頼で下絵と同寸法の油彩制作]
- ④ 「電気の精」リトグラフ0.6mx1m、10枚組 1952/1953年 [下絵と同寸法のリトグラフ制作]

2. 制作と展示

- ◎パリ配電会社(C.P.D.F)のマラガリと主任技師ガブリエル・ドッシュ:巨大壁画制作をデュフィに依頼 [博覧会の芸術事業部長ルイ・オートクール の薦め] [1936年7月7日公式確認]
- ◎国立工芸院(CNAM*)、パリ大学理学部等での資料調査を兄弟の画家ジャン・デュフィに委ねる。
- ◎電気の実用・産業応用実地調査:機械のクロッキー・ヴィトリー＝シュル＝セーヌの発電所・製鋼所・プレストの海軍造船所で多数のクロッキーを描く(1937年3月国防上問題ないもの)
- ◎テアトル＝フランセ(コメディイ・フランセーズ)の俳優たちのヌード・着衣像をデッサンした
- ◎C.P.D.Fから提供されたサン＝トゥアンの倉庫を仕事場にした(湿度温度の管理)
- ◎化学者ジャック・マロジェ開発の新しい不変質性メディウム(水彩的軽やか・透明性)を絵具に応用
- ◎多数のデッサンから最終コンポジション配置のため、グワッシュによる10分の1縮尺の下書き制作
鉛筆で方眼に区画した水彩(書き込み)・主な肖像の習作はグワッシュで細部まで
- ◎1937年1月17日、仕事場で1.2mx2mのパネルに、線描ガラス板でプロジェクター投影を開始
- ◎1937年5月24日～11月28日電気館に展示 [(光の宮殿)は6月26日から巨大ファザードを公開]

3. 館内

- ◎ 壁画の前には、水力発電用カプラン水車・発電機の回転部 ・ 高さ11.5mの50万V用遮断器
- ◎ 全パネルを支える鉄骨(木組み)の一部が突出しているように見える

万博と電気の精

万国博覧会の沿革

- 1851ロンドン万博・・・クリスタルパレス
蒸気機関、工作機械、V&A美術館
- 1862ロンドン万博・・・ベッセマー製鋼法、人工染料
- 1889パリ万博・・・エッフェル塔、夜間開場
ベンツガソリン自動車、人造絹糸
- 1893シカゴ万博・・・電化台所、自動改札
- 1900パリ万博・・・6万馬力電力、テーラーシステム
- 1937パリ万博・・・
「電気の精」と「ゲルニカ」、プラネタリウム

「電気の精」と1937パリ万博メモ

1937パリ万博---現代生活における芸術と技術の博覧会

- 5月24日、オープニング～11月28日クロージングまで :パリ、トロカデロ広場に、300のパビリオンが並んだ
- 大戦前、ヨーロッパ最後の万博 :次の開催は1958年ベルギー・ブリュッセル、ヘイゼル公園
- デュフィがパリ配電会社(CPDF・フランス電力公社(EDF)の前身)から「大壁画」の制作依頼:
- 日本館は従来の和風を廃し、板倉準三の近代建築がパビリオンコンクールでグランプリ [ル・コルビュジェに学ぶ]
- 東工大の古賀逸策が1932年に発明した零温度係数の水晶振動子の古賀式水晶時計第1号KQ1を出品、
- 河合寛次郎 作品「鉄辰砂草花丸文壺」がグランプリを受賞
- 1969年来の日本の電子式水晶腕時計が2004年に、古賀の発明は2017年に、IEEEのMilestoneを受賞

「電気の精」のための科学通史

[1] ギリシア人の自然科学

- 人間精神の発展 と 科学の始まり
- イオニア と アテネ の合理的自然観
- ターレス から
- プラトン と アリストテレス
- アルキメデス vs ピタゴラス @k

●印は、通史の中の代表的科学者

[1] ギリシア人の自然科学 <人間精神の発展>

神話レベル

形而上学／哲学／考えるということ！

<科学の歴史のはじまり>

ミレトスのターレス<万物の根源「アルケー」は「水」>BC640頃-546 ● ターレス

自然現象の因果的説明に「神話」を使わない

<アルケーは「水」>という「仮説」を使って現象を説明…記憶の継承@k

イオニアの自然哲学者

ターレス<水>

アナクシマンドロス< * >

ヘラクレイトス<火>

アナクシメネス<空気>…変化(現象)@k

ギリシア哲学

ピタゴラス派(サモス)

エレア学派

原子論 デモクリトスBC460-BC370 <有と非有の存在>不可入性以外の性質を持たない

プラトン主義<アテネ>

<イデア=形相(超感覚) 世界 知覚される世界は形相(イデア)のぼんやりした影

アリストテレス主義<形相と質料の二元的概念><経験の実在性容認>四元素(土水空気火)

<基本物質の組み合わせ> ● アリストテレス

<混合(mixtio)は化学結合に近い概念>

ストア哲学<卓越して倫理的…科学的重要性は少ない>

新プラトン主義

ギリシア哲学末期(AD3世紀)<プラトン主義とアリストテレス教義の総合を目指す>

<後世に大きな影響を与えた…物質的事物を軽視→蔑視>

<反経験的態度を強調>…反科学的!! @k…疑似科学入門 池内了著 岩波新書

「電気の精」に登場しない人々

アレキサンドリアの天文学者 プトレマイオスの『アルマゲスト』

<17世紀まで実質的に天文学を規制し続けた>

ギリシア文化が世界史上に影響を与えた著しい例

[2] 古代科学の衰退

- アレキサンドリアの科学・・・技術文化
 <BC4~BC3世紀>
 エウクレイデス
 ヘロン
 アリストアルコス・太陽中心説
- ローマと古典科学の衰退・・・キリスト教の出現

[2] 古代科学の衰退 ……<古代ギリシアの科学→ヘレニズム世界と接触したローマ人へ>↓

→<中世初期ヨーロッパではキリスト教思想と混合し次第に衰退>

1. アレクサンドロス大王の遠征がギリシア科学を変貌させた(中心地:アテナイからアレクサンドリアへ)

BC.404・・・アテナイ人がスパルタに敗北

BC.338・・・アテナイ人がマケドニアに敗北

BC.334・・・アリストテレス(マケドニア人)の門人アレクサンドロスがペルシア軍に勝利し、エジプトへ ●アリストテレス

BC.332・・・アレクサンドリア市を創設(フェニキアのテュロス市、シドン市以上に栄える)

BC.331～・アレクサンドロス、メソポタミアからインドまで遠征(工学者・地理学者同伴し膨大な記録:地図・資源・博物)
→<ギリシア科学を思弁主義から経験主義に転換させた>

cf.→<2000年後、ナポレオンの遠征はフランス科学を理論主義から实用主義に転換させた>

→ギリシア人はメソポタミアを接收し、バビロニアの天文学と数学を知り、60進法や代数学を採用した

BC323・・・アレクサンドロス大王の死 -----将軍の一人、プトレマイオス(アリストテレスの門人)がエジプトを接收し、
リュケイオンの学頭ストラトンを息子の家庭教師に雇い、ムセイオンを創設)

◎アレクサンドリアに技術文化が開花 <BC.2世紀頃アレクサンドリアに技師養成所>
教養ある技師の一群

・・・技師ヘロン(AD100頃) :水道敷設・押上ポンプ・水オルガン・水時計 ●アルキメデス

・・・シュラクサイのアルキメデス(BC287-212)もアレクサンドリアに滞在中、揚水用らせんポンプ発明
プラネタリウム作成、浮力と相対密度の原理発見

・・・エウクレイデス(BC3世紀前半)『幾何学諸原理』アレクサンドリアで体系化

・・・アリストアルコスが太陽中心説を主張『太陽と月との大きさや距離』<ストア派が不信仰罪で告発>

2. ローマと古代科学の衰退 <BC2世紀アレクサンドロスの大帝国から出現した諸王朝を征服>

ローマ人:ギリシア文明と同化

:数学が最大の弱点で科学に付け加えたものは少ない

:社会組織に長ける(公衆医療・道路水道・ユリウス暦・ローマ法)

哲学・・・ギリシア人のストア哲学がローマ人に受け入れられた

・・・対立するエピクロス学派の代表者ルクレティウス(BC95-55)の『事物の本性について』は注目されなかった

・・・プリニウス(AD23-79)はローマ出身者146人、ギリシア人326人の著作2000篇から多数の事実と観察を37巻に
編纂した

彼自身はベスビウス火山の噴火観察中に死亡した

◎錬金術の復活と天文学の神学的な装いの進行

ストア主義にプラトンの見解が復活し、プロティノス(AD203-70)の新プラトン説で成熟した

・・・自然界の変化:生きていて、生長する

・・・種子には最初から成熟体の形相(計画)が含まれており、計画は<魂=精神>/<魂の輪廻>←→<死と復活>

◎キリスト教の出現と宇宙観の変化

ローマ帝国の東西分裂

AD292・・・ディオクレティアヌス帝が錬金術師たちの書物を焼く

AD389・・・アレクサンドリアの図書館がキリスト教徒の暴動で破壊される

AD640・・・ムセイオンが回教徒によって破壊される

キリスト教教義の下で青銅器時代の素朴な宇宙観の復活さえ生じた

<自然界や大地の位置を論じることは、来世の生活の希望には役立たない>

セビリアの司教インドルス(AD560-636)「大地は静止した球で天空は回転球だと哲学者たちは言っている

◎アリストテレスやプトレマイオスの天文説がキリスト教神学の装いをほどこされたのは東方のキリスト教国である
<周転円を中心とする宇宙観>

[3] 中世ヨーロッパの科学と技術

- 中世前期の科学・技術・・・古代ギリシアから継承
アレキサンドリアが中心のヘレニズム時代の科学 → ローマ人へ
修道院のギリシャ典籍の写本 → 次第に途絶えた
東ローマ正教会の異端の烙印から逃れた教徒 → ペルシアへ
- 中世後期の科学・技術・・・アラビア科学へ
ペルシア王の古典翻訳・イスラムの占領後 ギリシア語→シリア語→
アラビア語へ
＜アラビア科学が隆盛＞ → ＜ヨーロッパの「12世紀ルネサンス」＞
＜西欧世界の離陸＞＝「都市の誕生」「大学の創設」
(ロマネスク、ゴシック建築)
13Cまでには大部分の古典のラテン語訳が行われた

[3]-1 中世前期の科学・技術

アレキサンドリアが中心のヘレニズム時代までの様々な合理的世界観・宇宙論は
ローマ人に受け継がれた。

修道院での一部のギリシャ典籍の写本など→次第に途絶えた。

古代古典文化の大規模な継承・・・西アジアへ

ローマ帝国の東西分裂 395年

東ローマの東方正教会から異端の烙印を押されたネストリウス派など
サザン朝ペルシア(現イラン)に移り、ギリシア哲学・著作を伝えた。

[3]-2 中世後期の科学・技術・・・アラビア科学へ

ペルシア王の古典翻訳(ギリシア語→シリア語)は7Cのイスラムの占領後(シリア語→アラビ
ア語)へ

8C→15Cイスラム帝国ではインド・中国の影響も受けて、アラビア科学が隆盛・・・
ルネサンスへの胎動

キリスト教会が力を得てアラビア科学を受容→ヨーロッパの「12世紀ルネサンス」へ

＜西欧世界の離陸＞＝「都市の誕生」「大学の創設」(ロマネスク、ゴシック建築)

13Cまでには大部分の古典 : [ヒポクラテス、●アリストテレス、●アルキメデス、
エウクレイテス、プトレマイオスなど]のラテン語訳が行われた。

アリストテレス自然哲学とキリスト教義の融合 [スコラ哲学]

●アリストテレス

ドミニコ会士トマス・アキナス(1225-74)らにより、アリストテレス哲学とキリスト教義が融合され、
体系化された。

＜「聖トマス・アキナスの勝利」フィレンツェSt.M.デラ・ノヴェラの壁画＞

巨大な知の体系 → 誕生した大学の主要な学問

内部の矛盾・・・アリストテレス体系 vs 聖書の教えの矛盾 → 多くの論争

アリストテレスの「世界の永遠性」vs「神の天地創造」・・・パリ大学の論争

[4] 近代社会と近代科学の誕生

- ヨーロッパ世界の拡大
- ルネッサンスの巨人たち
- 新しい医学・・・ヴェサリウス
- 天文学の革新・・・コペルニクス→ニュートン
- F. ベイコンとデカルト @k
- 金属の書 デ・レ・メタリカ @k

[4] 近代科学の誕生

イタリア・ルネサンス(文芸復興)

14Cイタリアに始まる → 15C以降ヨーロッパ各地へ・・・<科学革命を準備>

:フィレンツェ中心・・・メディチ家が熱心なパトロン

1453 東ローマ帝国滅亡(オスマントルコに敗北)

:コンスタンチノーブル(ビザンチウム)からギリシア系学者がフィレンツェへ亡命

→ギリシア古写本の発掘 →「スコラのアリストテレス」とは異なるギリシア思想

:多様なギリシア哲学の発掘 →16C~17C中頃までの科学革命を準備

ルクレティウス『事物の本性について』

1417 ポッジョ・プラッチョリーニがモルバッハ修道院で写本発見

1473頃 印刷本・出版 →1600までに30版出版

<紙と印刷術>(1450頃グーテンベルク&紙は中国内7C→アラビア8C→12Cスペイン)

<科学革命> 1543→→→1687 <F. ベイコンとデカルト>

1543 『天体の回転について』コペルニクス

1543 『人体の構造について』ヴェサリウス

↓

1687 『プリンキピア』(自然哲学の数学的原理)ニュートン ● ニュートン

1704 『光学』(光の反射、屈折、回折および色の論文:1687経由)ニュートン

:ライプニッツとの微積分法発見の先取権論争のため「3次曲線の計算」

「曲線の求積・・・」が付録につけられた。

● ライプニッツ

[5] 17世紀の物理学

- ガリレオの時代・・・<実験的方法の誕生>
 - 『星界からの報告』(1610)
 - 『天文対話』(1632)
 - 先行者ギルバート・・・<天体の力学へ>
 - 天文学と地上物体の運動・・・落体の法則
- <コペルニクス<地動説>の受容>
- :コペルニクス『天体の回転について』(1543)
 - :ティコ・ブラーエ(1546-1601)の天体図・・・↓
 - :ケプラー『新天文学』(1609)・・・惑星運動の3法則
 - :ガリレイ『新科学対話』・・・<自然落下運動則>

[5] 17世紀の物理学

ガリレオ(イタリアのトスカナ大公国・ピサ生)(1564-1642.1.8)・・・<観察と実験的方法の誕生>

:1564 シェークスピア生

● ガリレイ

『星界からの報告』(1610) ガリレイとトスカナ大公コジモ(メディチ家・・・1605来家庭教師)

ガリレイ式望遠鏡(9-30倍)で天空観測

月面の凸凹・・・地球に類似・・・山の影から高さも計算

木星に4つの衛星(メディチ星)・・・地球と月に酷似

・・・旧来の宇宙像を一新

・・・「1年で太陽の周りを運動する地球」「地球も他の天体と同質」連想させた

・・・「天界と月下界の区別」の崩壊・・・<コペルニクス体系へ>

『天文対話』(1632)サルヴィアチ(コペルニクス説)・シンプリチオ(反対者)・市民サグレット(中立者)・・・禁書

ケプラー『夢』(1634)月の天文学(空想科学小説)・・・その後ジュール・ヴェルヌ、H.G.ウェルス ↓

<●ガリレオの破門が解かれたのは1992年・・・ヨハネ・パウロ2世>

(1835解禁)

<既成概念や権威から解き放たれた目で、自然を観察・実験し結論を引き出す>

<新しい時代の人・・・ガリレオから科学の時代が始まった>

先行者ギルバート(1544-1603)・・・重力磁気説<天体の力学へ>

● ギルバート

天文学と運動物体・・・落体の法則

天文学から・・・コペルニクス(ドイツ)(1473-1543)・・・『天体の回転について』(1543) <地動説>

・・・ティコ・ブラーエ(デンマーク→ドイツ)(1546-1601)天体図→ケプラーへ(1601)

・・・ケプラー(ドイツ)(1571-1630)・・・『新天文学』(1609)

第1法則:惑星運動「太陽を一つの焦点とする楕円運動」(1609)

第2法則:面積速度が一定(1609)

第3法則:軌道運動の周期Tの2乗が太陽からの距離rの3乗に比例(1619)

<すべての惑星に共通な関係>

運動物体・・・ガリレイ『新科学対話』(1638)前書3人の対話

「自然落下運動論(第三日)」「無限について」「空虚について」→<真空の問題>

<世界は数学的構造を持つ>・・・<力>の概念の深まり

古代・中世<位置の性質>→近代<物質の性質>

[6] ニュートン力学の形成

- 万有引力発見へ
 - ・背景:大陸の新科学、英国王立協会
 - ・ガリレイ・デカルト・ケプラーの著作から
 - ・『プリンキピア』(1686)
- ニュートンの宇宙観と「力」の概念
- <力学的宇宙像>…ニュートン力学体系
古典力学の体系化…●ダランベール ●ラプラス
●ポアソン ●ガウス ●ラグランジュ ●ハミルトン
- <力学の拡大>へ…●クーロン ●アンペール

[6] ニュートン力学の形成

万有引力発見

● ニュートン

経緯:I.ニュートン(1642-1727) 薬屋クーク家に下宿ケンブリッジ大(内乱期の大学改革後、大陸「新科学」も取り入れられた)

:グレンシャムカレッジなど実験科学(自然学・解剖学・幾何学・天文学・航海術・機械学・自然実験)グループ中心に [地動説・彗星と新星の性質・木星の衛星・太陽黒点・月の本性・金星と水星の相・望遠鏡の改良・空気の秤量・真空の可否・水銀によるトリチェリの実験・物体の落下・血液の循環・静脈の弁]などが討論された。

:オックスフォード・クラブグレンシャムGの一部が活動…王政復古でメンバーは大学を去り1662年王立協会設立

:1665ニュートン トリニティカレッジ卒業、

:1665-1667 ロンドンでペスト流行、ニュートン<創造的な休暇> 1686頃/1714の回想

● ガリレイ

この頃ガリレイ・デカルト・ケプラーの著作から学び、デカルトの渦動論を残しながらも

● デカルト

<宇宙に存在する何かある「力」によって諸惑星の軌道が維持されているという力学的宇宙像>

に傾注し始めた……<宇宙観と「力」>

● ケプラー

:1669-1671 反射望遠鏡(40倍)製作 王立協会に寄贈…1672王立協会会員に選出さる

:1672 「光と色の新理論」発表…光と色の分散<光は様々な屈折性をもつ“光線の混合”>

● ゲーテ

<フックとの光学論争と力学論争>…「軌道運動を慣性運動と引力運動の合成とする」ことを吸収し

…「ケプラー運動に取り組む」きっかけを得た

● フック

:1686 『自然哲学の数学的原理』(プリンキピア)第1巻原稿 王立協会へ

<コペルニクスの仮説を数学的に証明>…「太陽の中心に向かい、太陽からの距離の自乗に比例して減少するような重力を想定するだけで、天界の運動現象すべてを解明しつくしている」

:1687 第2巻「物体の運動について」、第3巻「世界の体系について」発行

● <力学的宇宙像> <背景:ギルバートの『磁石論』…遠隔作用概念>

● ギルバート

● 古典力学の体系化

解析力学…<科学の数学化>

● ダランベール

<空間の数値化>

● ラプラス ● ポアソン ● ガウス

● ラグランジュ ● ハミルトン

● 力学の拡大 (諸現象の<力概念>による再構成・<定量化>)

<クーロンらの逆自乗則の精緻化>

● クーロン

● アンペール [動電気の力学への還元] ……要素電流による逆自乗則

● アンペール

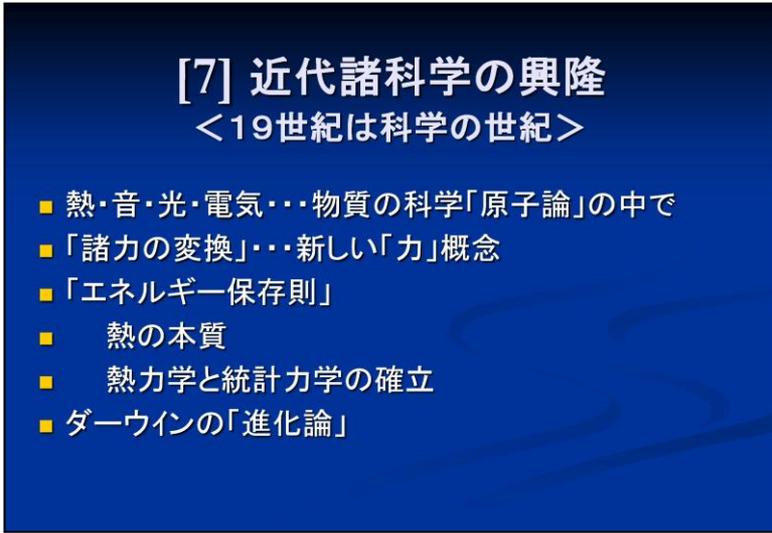
<大陸合理論の影響>…デカルト・スピノザ・ライプニッツ

<第一原理⇒個別法則を演繹>

● ライプニッツ

↓

<電気磁気学体系化への障害>



[7] 近代諸科学の興隆・・・メモ①: <正しい知識から> フランスの「百科全書」運動(デトロー&ダランベール)
:<産業革命>・・・科学の社会的背景<動因・契機・インセンティブ>

<熱・音・光・電気>

物質の科学「原子論」の中で

「諸力の変換」から

「エネルギー保存則」へ・・・<同時発見・発明> (ジュール・マイヤー・ヘルムホルツ) & (ベル・ライス) 電話発明

<ダーウインの「進化論」>・・・『種の起原』(1859)

●ダランベール

↑
<科学の社会史>

●ベル

<熱>

背景:蒸気機関18Cパパン(仏)→ニューコメン機関(英)

→ワットの発明・改良(1780's-1790's)・・・1800年には500台

:カルノー『火の動力についての省察』(1824)・・・Sadi Carnot(1796-1832)エコール・ポリテクニク卒業生

<効率のよい熱機関のために>

メモ②:<熱の本質>の研究 ●カルノー

<熱が機械力を生む>

:<可秤量物質?・・・熱素(カロリック)説>

ジュールの実験・・・熱と仕事との当量関係

:<物質のミクロな運動>・・・ランフォードら

ケルヴィン卿・・・温度概念[絶対温度(1/273の変化)] <熱力学の成立>(第1,2,3法則)

クラウジウス・・・低温物質の必要性→エントロピー増大の原理(Q/T)(第2法則)

●ケルヴィン卿

●クラウジウス

<エネルギー保存則 (熱力学第1法則)>

[位置エネルギー・運動エネルギー・熱エネルギー] (マイヤーの保存則)

●マイヤー

+ [電磁エネルギー] (ジュールの保存則)

●ジュール

+ [生命体・食物の化学エネルギー] (ヘルムホルツの保存則)(医)

●ヘルムホルツ

<熱の分子運動論>

<近代原子論>

熱と分子

気体分子運動論・・・マックスウエル

<熱学と力学の結合> → <統計・分布>

↓ ……ボルツマン

<物質の構造+ミクロな力学+統計的計算>

<統計力学>

●マックスウエル

[8] 19世紀科学の集成と 現代科学の誕生

- 電気学と磁気学→電磁理論の集大成
- 鋼と電気・・・産業革命成熟期の科学
- 精密科学から現代物理学へ
- 熱と光の精密科学・・・古典物理学の限界
- 量子論から量子力学へ
- X線、放射線物質の発見
- 電子の発見から電磁力学→相対性理論へ

[8] 19世紀科学の集成と現代科学の誕生

<電気学と磁気学>

背景・経緯: ●ボルタ電池 → ●エルステッド → → ●ファラデー → → ●マクスウェル

<持続電流> ↓ <電流の磁気作用> <電磁誘導> ↓ <電磁方程式> =理論の集大成
(モーター・発電機) (1873) ↓

●デーヴィー[電気分解→<電気化学>の発展] 電波の検証

↓↓

●ヘルツ(1888)

<電信>[鉄道が発達1830's][海底電線1850's][大西洋横断1866] ●モールス

<電力>[発電機・電動機の発達][電気鉄道1880's][長距離送電] ●ドブレ

<照明>[デーヴィーのアーク灯1850's][●エジソン]の白熱電灯1880's]

鋼と電気・・・<産業革命成熟期の科学>

熱・光・電気を使った高度な計測技術・分析手法の発達・・・分光学:スペクトロスコピー

低温技術と科学の発展

精密科学から現代物理学へ

熱と光の精密科学・・・低温物体の比熱の研究

・・・高温物体の発光スペクトル<黒体輻射の研究>

↓

<古典理論の限界> → プランクの量子論→新しい原子モデル→<量子力学>
(1900) (1911-13) (1923-26)

X線の発見(●レントゲン)と放射性物質 (キュリー夫妻) ●ピエール キュリー

●マリイ キュリー

電子の発見と新しい力学

<電子の発見>(1897)・・・J.J.トムソン(放電研究から)

<アインシュタインの相対性理論>

メモ①:無線電信

1895 マルコーニ発明

1899 英仏海峡通信

1901 大西洋横断通信

1914 ●フェリエ 仏陸軍に無線導入

メモ②:計算機械の歴史

アバカス(古代算盤)

●パスカル)の計算器(1642頃)

バベッジの解析機関(1837初出)

リレー式計算機(1940's)

真空管式計算機(1940's)

電子計算機(1950's)

<コンピューター>(1960's以降)