

Innovators' Legacy：先駆者たちの英知

科学・技術史から探るイノベーションの萌芽

[第2章] ギリシャ科学技術概説 (Part3)

#イノベーション創生

執筆者

麻生川 静男 (Asogawa Shizuo)

1977年京都大学工学部卒業。1977年～1978年ドイツミュンヘン工科大学短期留学。1980年京都大学大学院工学研究科修了、住友重機械工業株式会社入社。米国カーネギーメロン大学工学研究科に留学し、帰国後はシステム開発、ソフトウェア開発事業などに従事。徳島大学工学研究科後期博士課程修了。2000年に独立し、複数のITベンチャー企業で顧問を務め、カーネギーメロン大学日本校プログラムディレクター、京都大学産官学連携本部准教授を歴任。



麻生川 静男 (Asogawa Shizuo)

1977年京都大学工学部卒業。1977年～1978年ドイツミュンヘン工科大学短期留学。1980年京都大学大学院工学研究科修了、住友重機械工業株式会社入社。米国カーネギーメロン大学工学研究科に留学し、帰国後はシステム開発、ソフトウェア開発事業などに従事。徳島大学工学研究科後期博士課程修了。2000年に独立し、複数のITベンチャー企業で顧問を務め、カーネギーメロン大学日本校プログラムディレクター、京都大学産官学連携本部准教授を歴任。

現在、リベラルアーツ研究者として講演活動や企業研修に携わる。著書に『本物の知性を磨く 社会人のリベラルアーツ』（祥伝社）、『教養を極める読書術』（ビジネス社）など。インプレス社のWebメディア、IT Leadersに『麻生川静男の欧州ビジネスITトレンド』を連載中。博士（工学）。

デジタル技術の発達やビジネスのグローバル化、それに伴う企業活動の多国籍化を背景に、技術開発に携わるエンジニア・研究者にも分野を超えた幅広い視野と柔軟な思考が求められる。その中でも特に欠かせないのは、今日の社会のあり方から私たちの生活の隅々に至るまで、絶えずさまざまな変化をもたらす、大きな影響を与えている科学・技術なるものの本質を俯瞰的にとらえる視座であろう。

本連載では、リベラルアーツ研究者として多彩な啓発活動を展開している麻生川静男氏が、古代から近代へと至る世界の科学・技術史をひも解きながら、これからのイノベーションへの手がかりを探っていく。

1. ギリシャの技術

ギリシャの技術という誰もが建築、それもパルテノン神殿を連想するだろう。全体的に調和のとれた構造と躍動的な彫刻で飾られた破風がギリシャ文明の高さを誇示している。しかし、第1章Part1にも述べたように、ギリシャ人は奴隷のような肉体労働だけでなく、このような立派な物を作ることのできる工芸職人、美術家、技術者など手を使う人たちをも蔑視していた。

抽象的、理念的な知的作業を重視した文人・知識人とは別に、技術者や職人は経験と創意工夫を重ねて非常に高い技術レベルに到達した。後ほど詳しく述べるが、最も技術力を求められたのは国力増強、つまり戦争道具であり、庶民の生活レベルの向上につながる技術は後回しにされた。その一方で、基本的に貴族文化のギリシャ人は芸術には費用を惜しまなかった。その結果、美術品や工芸品は、いまだに世界最高峰の作品がいくつも存在する。とりわけ、神殿建築やそれに付随する彫刻に傑作が多い。

2. 美と秩序は比例に依存していると考えたギリシャ人

ギリシャ人は、美は構成の各部が正しい比例関係にあるときに生まれると考えたが、それは心情より理性に基づく判断からくる。数や比例重視は何も美術に限らず、建築物、工作物、人体に至るまでさまざまな事物にあてはめた。例えば、建築においては具体的には次のような原則を設けた。

(1) 建物のあらゆる寸法は「基準寸法」の倍数とする。

(2) 部分の寸法は互いに簡単な比とする。

(3) 基準寸法は円柱の平均半径から定める。

これらの原則の下で、ドリス式の円柱の高さは直径の5倍、6倍、7倍のような定まった値を取る。困ったことにこの原則に従うと、正面の大きさが2倍になれば、それに応じて扉や階段などもすべて2倍とならざるを得ない。そうすると、人間にとっては甚だ使い勝手の悪い建物になるが、ギリシャ人は数学的な比による調和の方を重視した。この原則は天体にまで適用され、星や惑星も完全な調和関係にあると考えた。例えばアナクシマンドロスは、地球は円筒形であり、その高さや直径の比は1:3であると考えた。ギリシャの科学が発達した原因の一つがこの「数や原理にこだわる性格」にあったと言えるだろう。

ところで、建築家は英語でarchitectというが、語源はギリシャ語でarchi（首位、トップ）+ tekton（大工、船大工、指物師）である。つまりarchitectとは「（大工の）棟梁」の意味である。伝統的に建築はヨーロッパでは古代から中世にかけて、すべての技術と工芸の中心的存在であった。それゆえ、architectは建築だけでなく、石材の選定、彫刻、絵画、金属加工に至るまであらゆる技術を総合的に知っていることが求められた。日本では西洋ほどではないが、それでも宮大工（仏教建築家）が棟梁の中でも尊敬されていたのと相似形といえる。

3. 驚異の音響効果の円形劇場と緻密な計算に基づく上水道

ギリシャの建築としてはパルテノン神殿があまりにも有名だが、それと比較して勝るとも劣らないギリシャ建築の傑作を二つ紹介しよう。最初は野外劇場のエピダウロスだ（図1参照）。ペロポネス半島の付け根に位置するエピダウロスにある円形劇場は紀元前4世紀に作られたが、現存する円形劇場の中でも最も保存状態が良い。直径120m、高さは23m、座席用の階段は55段あり、1,400人を収容可能だ。現在でも、この劇場を使って夏にオペラが上演される。

私も一度訪問したことがあるが「舞台中央（+印の場所）でコインを落とすと一番上の席まで聞こえます」とのガイドの説明を聞いて、早速、階段の一番上の席まで上って行って確かめたが、実際によく聞こえた。音響効果を高めるために、座席の間に穴倉を掘り、共鳴壺を据えてあるという。さらに石灰石の座席が低音をカットしているのも音響効果を高める一因だということだ。

図1 | エピダウロス円形劇場

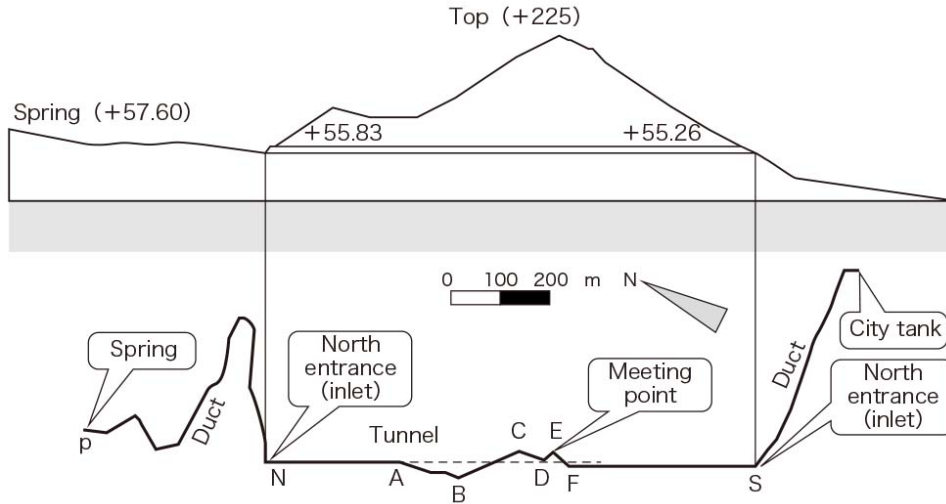


出典：<https://www.enikos.gr/mpouz/apo-ton-ostermaier-s-tin-periodeia-tou-master-class-vomves-kouvent/1507102/>

次は、エーゲ海のサモス島に残るサモス水道だ。サモス島は物産が豊富でストラボンの『地理誌』に「サモス島では鳥の乳すら産する」とも噂された、と書かれている（いうまでもないが、鳥は哺乳類ではないので乳は出ない）。もっとも、サモス島のワインはまずかったようだ。さて、このサモス水道は昔から有名でヘロドトスの『歴史』（巻3）にもギリシャ技術の最高傑作の一つとして挙げられている（図2参照）。ちなみに、他の二つ、「海中に築かれた長さ350メートルの防波堤」と「当時の世界最大の女神像」もサモス島にあった。

このサモス島の水道は、現在もその遺跡を見ることができる。水道というとローマの専売特許のように考えがちだが、ギリシャにもすでにこのような高い技術があった。また、紀元前179年に建設されたペルガモンの水道は深い谷を越えるため、サイフォンを利用した。サイフォンが機能するには、中空の管（木、陶器、石、鉛）を密着させないといけないし、高い水圧に耐えるだけの高度な製造技術が求められた。このようにギリシャは、土木建築、測量技術だけでなく、冶金技術も高かったことがよく分かる。

図2 | サモス島にあるエウパリノス水道



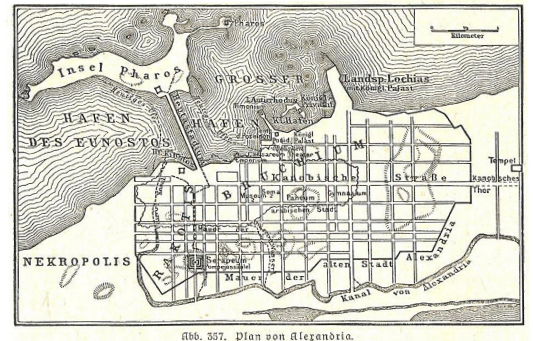
出典：<https://dorida.wordpress.com/2012/04/21/%CF%84%CE%BF-%CE%B5%CF%85%CF%80%CE%B1%CE%BB%CE%B9%CE%BD%CE%B5%CE%B9%CE%BF-%CF%85%CE%B4%CF%81%CE%B1%CE%B3%CF%89%CE%B3%CE%B5%CE%B9%CE%BF-%CF%84%CE%B7%CF%83-%CF%83%CE%B1%CE%BC%CE%B7%CF%85-530-%CF%80/>

4. 碁盤目状の都市計画

アメリカの首都・ワシントンやシカゴなどの都市は直線の道路が碁盤目状に走っているのが特徴的であるが、この方式は紀元前5世紀にヒッポダモスが考案した。ヒッポダモスはアテネの指導者、ペリクレスにアテネの外港のピレウス（古名：ペライエウス）の設計を命じられた。そこで、碁盤目状に直線の道路を交差させ、都市機能を各部分に割り当てる方式を考案した。ギリシャ本土だけでなく、南イタリアの植民都市のトゥリオ（Thurii）やロドスにもヒッポダモス方式の都市が建設された。

後年、アレクサンドロス大王が建設を指示したアレクサンドリアの街路図を見ると整然とした街並み分かる（図3参照）。

図3 | アレクサンドリアの街路図



出典：“Die Tehnik des Altertums” Albert Neuburger

5. 高度に発達した戦争道具

紀元前6～紀元前5世紀のギリシャには数多くのポリス（都市）が覇を競っていた。ペルシャ戦争やペロポネス戦争などの大戦争は言うに及ばず、ギリシャの諸都市は互いに抗争を繰り返していた。数々の歴史書で明らかなように、戦争に敗れば、成年男子は皆殺し、生き残った女・子どもは奴隷として売られるのが通例であった（もっとも、生き残った奴隷は男でも殺されずに捕獲された）。その中でも顔立ちのよい幼い男子は去勢され、宦官にされたという。実に悲惨な運命だ。それゆえ、国家の最大関心事は戦争であり、技術者の一番の活躍の場は戦争道具の制作であったと言っても過言ではない。

アレクサンドロス大王の父・ピリッポス2世はギリシャの強国であったアテナイ・テーバイ連合軍を破ったが、この時の勝利にはテッサリア（テッサリー）のポリイデス（Polyides, Polyidus）とその弟子のペラのディアデスの二人の技術者が貢献したことが伝えられている。後年、二人はアレクサンドロス大王の遠征にも従軍し、各地の攻撃に際し新規の攻撃道具を次々と考案した。アレクサンドロス大王はわずか10年足らずの間にエジプトから、ペルシャ、インダス河まで進出した。確かにアレクサンドロス大王は軍事的な天才であったであろうが、軍力も強くなければこのような短期間に広大な土地を征服できなかったはずだ。

歴史では、アレクサンドロス大王の征服した領土しか言及しないが、私は「実際どのような兵器を使っていたのだろうか」とずっと疑問に思っていた。たまたま10年近く前に、古代の技術について書かれたドイツ語の本『Technik in der Antike』を見つけた。全部で12章あるが、最後の戦争技術（Kriegstechnik）という章にはカタパルト（大弩，おおゆみ）の説明が詳しく載せられていた。著者は一部の投石機（onager）を実際に作り発射テストをしたようで、3.64 kgの石を420 m飛ばすことができた写真入りで説明している。

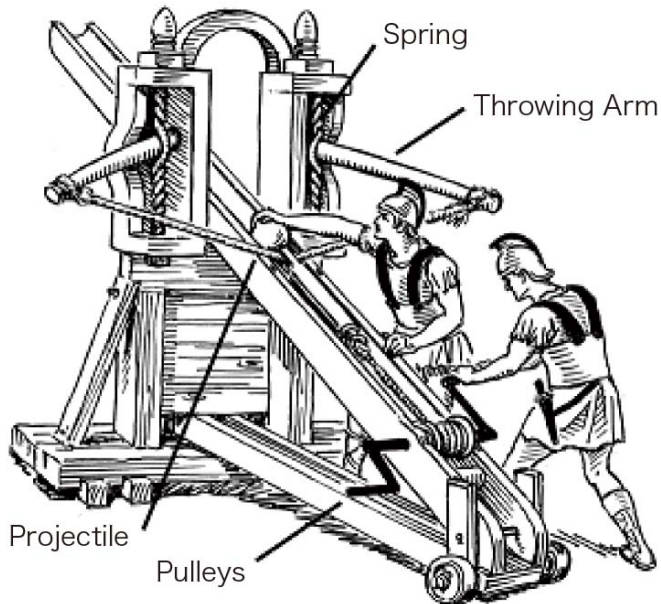
技術的に見ると、彼らの考案した戦争道具の中では大きな矢を射たり大石を投げたりできるカタパルトが代表的なものだ。カタパルトには2種あり、一つは弓型カタパルト（ドイツ語：Bogenkatapult），もう一つはねじりカタパルト（ドイツ語：Torsionskatapult）と呼ばれる。弓型カタパルトは弦の張力で矢を飛ばす仕組み、ねじりカタパルトは一对のねじったロープ（材質は動物の腱，人の毛髪など）の復元力で石や矢を飛ばす仕組みだ。矢を飛ばす機械はギリシャ語でエウテトノン（euthytonon）といい、石を飛ばす機械はパリントノン（palintonon）という。これら戦争道具の名前の多くはギリシャ語であることから分かるように、これらの戦争道具はギリシャで発明された。ローマではこの機械はカタパルト（英：catapult）と名付けられたが、この単語もギリシャ語のcata（down, against）とpallein（hurl）から成る、つまり「相手に向かって強く投げる」という意味を持つ。

図4に示すのはカタパルトの一種で、左右に開くエウテトノンである。

ランデルズの『古代のエンジニアリング』によると、アレクサンドリア出身のディオニュシオスという技術者が多重砲（polybolos）を考案したという。これは、現在でいう機関銃のように、複数本の矢を弾倉にセットして、連続発射できるように、矢を自動充填できる装置である（図5参照）。

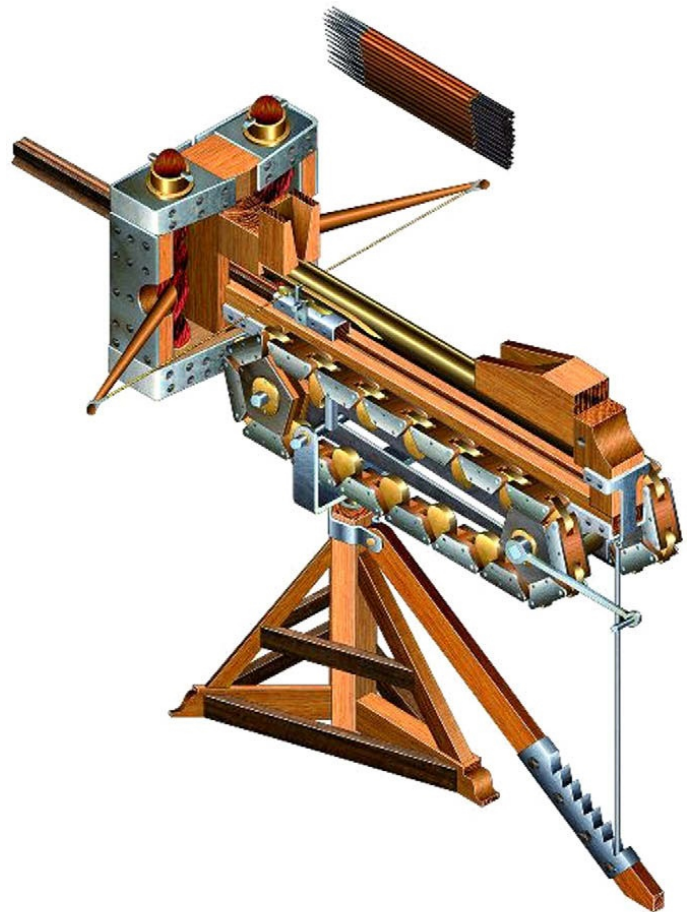
古代ギリシャの戦争道具（The siege technology of the ancient Greeks）というウェブサイトでは、ディアデスをはじめ、数多くのギリシャの技術者たちの考案した戦争道具（主にカタパルトと攻城道具）を図解入りで見ることができる。これらの道具がすでに紀元前から存在していたことを考えると、幕末に日本を訪れたロシア士官が「日本の戦争は児戯に等しい」と嘲笑ったと言われるのも無理はない。日本において、兵力ではなく戦争道具を考案して戦いに臨んだのは、押し寄せる鎌倉軍と千早城で戦った楠木正成ぐらいだろう。つくづく、日本は平和な国であったと思う。

図4 | エウテトノン



出典：[https://de.wikipedia.org/wiki/Katapult#/media/Datei:Ballista_\(PSF\)_vector.svg](https://de.wikipedia.org/wiki/Katapult#/media/Datei:Ballista_(PSF)_vector.svg)

図5 | 多重砲（polybolos）



出典：<https://www.semanticscholar.org/paper/A-reconstruction-of-the-Greek%E2%80%93Roman-repeating-Rosso/484bc7fce210317ef01d589e3907f0a4588127ee>

6. 機械部品

メカの部品としてネジは見過ごされがちであるが、非常に重要な役割を果たす。ネジなど簡単なので誰でも思いつく、と考えるかもしれないが、日本にネジが入って来たのは室町末期に鉄砲が伝来した時だと聞けば驚くだろう。ギリシャではネジは遠い昔からすでに知られていたようで、紀元前6世紀、哲学者のタレスがオリーブの豊作を見越してオリーブ搾油機（オリーブ油を絞る機器には、大型のネジが使われている）を借り占めて莫大な利益を得たという話があるぐらいだ。このような圧搾装置は、オリーブだけでなくブドウ酒を作るのにも用いられた。

戦争道具も含め、機械が能力を発揮するためには、ネジだけでなく、楔（くさび）、滑車、歯車のようなメカ部品を上手に組み合わせる必要がある。さらには、ねじり力や真空の吸引力、蒸気力などを効果的に活用することも必要だ。ギリシャでは、これらの要素技術の利用が非常に高いレベルに達し、ヘレニズム、ローマ時代に引き継がれた。

7. ギリシャの工芸

ギリシャは技術者だけでなく、職人や工芸家にも多くの優れた人がいた。ギリシャの工芸では、有名なミロのビーナスや、ミケランジェロに衝撃を与えたとされるラオコーンなど、彫刻に傑作が多い。これらは現在もお目にすることができ、感動を覚えるが、残念なことにギリシャ絵画は1点も現存しない。しかし、当時のギリシャ絵画が非常に高いレベルに達していたことはローマの博物学者プリニウスの『博物誌』で知ることができる。

プリニウスの伝えるところによれば、線だけで互いの絵の腕前を競った二人の画家がいた。ある時、画家のアペレスがロドス島に住む画家のプロトゲネスを訪れた。あいにくプロトゲネスは外出していて、老婆が一人留守番をしていた。そこでアペレスは立てかけてあった画板に細い線を1本描いて「この線を描いた者が来たかと伝えよ」と老婆に言い残し出ていった。しばらくして戻ってきたプロトゲネスはその線を見るや「これはアペレスに違いない」と理解して、その線に沿ってさらに細い線を描き、老婆に「さっきの人が戻ってきたらこの絵を見せなさい」と言って外出した。アペレスは再び戻ってきて、その細い線を見ると、一段と細い線を描いて出ていった。プロトゲネスは戻ってきてその線を見るや、波止場に行きアペレスを見つくと自分の負けを認めた。後日その3本の細い線しか描かれていない絵がどの絵にも優る傑作だとして、パラティヌスの丘にあったローマ皇帝の宮殿に飾られていたという。

これ以外にもギリシャには多くの優れた画家がいたが、残念ながら絵画は残っておらず、ローマ時代に模写されたモザイク画がわずかに残る（図6参照）。

図6に掲げるこの有名な図は、イッソスの戦いで逃げるダレイオス3世をアレクサンドロス大王が追撃するところだが、1831年にポンペイの遺跡から出土した床面モザイク画である。原図は紀元前4世紀のギリシャの画家、ピロクセノス（Philoxenos）だと言われる。この作品からもギリシャ絵画の高いレベルが実感できる。

総じてギリシャでは技術者・職人を蔑視したにもかかわらず技術レベル自体は非常に高かった。ギリシャ人は一般に知られている哲学、文学、歴史のような文系的なものだけでなく、科学、技術、芸術、工芸など幅広い分野で天才的なきらめきの漂う作品を数多く残している。

図6 | ローマ時代に模写されたモザイク画



出典：<http://www.christthekingkirk.org/blog/2020/9/12/the-historical-background-of-daniel-8>

参考文献など

- [35] 『パルテノンの建築家たち』 ライス・カーペンター（松島道也）鹿島出版会
ヘロドトスの『歴史』に記述されているように、アテネのアクロポリスの丘に建っていた神殿がペルシャ軍によって焼き払われたので、ペリクレスが再建したのがパルテノン神殿といわれる。本書は、この経緯を政治的背景を踏まえながら、実際の建築様式や寸法などを細かく記述し、ギリシャ建築の特徴を説明する。
- [36] 『ギリシャ都市はどうつくられたか』 ウィッチャーリー（小林文次・訳）みすず書房
アテネはギリシャの都市を代表するが、アクロポリスの上には壮大なパルテノン神殿が建ち、庶民は市の中心のアゴラに集う、というイメージが湧く。ギリシャ都市は、アテネに限らず必ずアクロポリスとアゴラがあるという。さらに筆者は公共建築だけでなく庶民の家にまで活き活きとした説明を付け加えてくれる。
- [37] エピダウロス劇場、一番後ろの席からでも舞台の音がはっきりと聞こえる訳
Ancient Greek Amphitheater: Why You Can Hear From Back Row
- [38] " Histoire générale des techniques "
(Tome I: Les origines de la civilisation technique) Maurice Daumas PUF 1962
ルネ・タトンが編纂した『一般科学史』の姉妹編ともいえるべき、『一般技術史』。編集方針は『一般科学史』と同じだが、古代やイスラム（アラビア）に関する情報は少なく、近世ヨーロッパの技術が中心の本。
- [39] "Technik in der Antike" Brigitte Cech, Theiss Verlag 2011
まだ邦訳がされていないが『古代の技術』というタイトルのこの本には古代ギリシャ・ローマの技術を分析してエンジニアリングの見地から解説している。とりわけ、戦争道具（カタバルト）を再現し、石や槍を飛ばした実験をしている。本書にはまだ英訳も存在していない。

- [40] 『古代のエンジニアリング ギリシャ・ローマ時代の技術と文化』ランデルス（久納孝彦，宮城多孝仁・訳）地人書館（1995）
通常，技術史の本は文献調査，あるいは考古学的資料からの説明に終始するが，この本は，古代ギリシャ・ローマの技術を再度，現代のエンジニアリングの観点から分析し，実験して，その技術的性能や問題点をまとめている極めて異色な力作だ。題材を古典から採ってはいるが，工学的見地からの具体的な数値や動作説明の記述が豊富で，エンジニアリング的に納得がいく。また読者の便を図って，原典のギリシャ語を英語に訳してくれているのもありがたい。
- [41] 『科学と技術の歴史』全2巻，フォーブス，デイクステルホイス（広重徹，他・訳），みすず書房（1977）
科学史専門のデイクステルホイスと技術史専門のフォーブスが共同で，古代から現代（1900年）までの科学と技術の全史を書いた。科学技術にとどまらず，宗教，哲学，生活史にまで筆が及ぶ。2段組で450ページほどと分量はダンネマンやサートンの大著に比べると多くはない。わずか2，3行の記述でポイントを突く，示唆に富む本である。
- [42] 『ねじとねじ回し—この千年で最高の発明をめぐる物語』ヴィトルト・リプチンスキ（春日井晶子・訳）早川書房 2003
この本には「この千年で最高の発明をめぐる物語」という仰々しいサブタイトルが付いている。何気ない部品を主テーマに据えた，技術と社会の関わりについてのエピソード満点の楽しい本だ。ちなみにこの本の最後の方にはヘレニズム期に作られた精巧な歯車機械のアンティキシラが説明されている。

日立評論

日立評論は、イノベーションを通じて社会課題に応える日立グループの取り組みを紹介する技術情報メディアです。

日立評論Webサイトでは、日立の技術者・研究者自身の執筆による論文や、対談やインタビューなどの企画記事、バックナンバーを掲載しています。ぜひご覧ください。

日立評論(日本語) Webサイト

<https://www.hitachihyoron.com/jp/>



Hitachi Review(英語) Webサイト

<https://www.hitachihyoron.com/rev/>



 日立評論メールマガジン

Webサイトにてメールマガジンに登録いただきますと、記事の公開をはじめ日立評論に関する最新情報をお届けします。