

情報教育専攻の学生を対象とした情報技術史の教育実践

田 中 克 範^{†1}

本稿では、東京学芸大学教育学部情報教育専攻で実践してきた情報技術史概論の講義について述べる。授業内容を紹介し、教科書・参考書、映像資料の選定について述べるとともに、このような授業について、情報教育における技術史、また一般的な技術史教育の観点から検討する。

Educational Practice on History of Information Technology for Students at Department of Information Education

KATSUNORI TANAKA^{†1}

This report describes a practice of lecture “History of Information Technology” for undergraduate student at Department of Information Education, Tokyo Gakugei University, including course contents, adopting educational materials. Then it reviews such class from the perspectives of history of technology in information education and general education of history of technology.

1. はじめに

ここでは、2004年度から東京学芸大学教育学部情報教育専攻3年次以上の学生を対象とする授業科目「情報技術史概論」を担当した経験をもとに、教育学部の情報教育専攻、ひいては大学学部の情報関連学科・コース全般における情報技術史の教育について考えることとしたい。

年度	卒業数	進路先			
		教員	企業等	進学	その他
2005	61	7	33	8	13
2006	39	9	18	4	8
2007	48	7	29	4	8

表 1 情報教育専攻卒業生の進路

2. 情報教育専攻における情報技術史概論

東京学芸大学教育学部に情報教育専攻が設置されたのは、2000年度のことであり、教員免許の取得を必須としない教養系の課程として情報教育専攻が設置された²⁾。

このカリキュラム編成にあたり、情報技術史概論はV期すなわち3年次の前学期に履修すべき共通科目と位置付けることを想定して設置されたものである³⁾。実際には選択必修科目として開講されてきた。

ここで、情報教育専攻の卒業生が選択している進路を表1に示す^{*1}。情報教育専攻においては、取得単位により高等学校の情報、あるいは中学校・高等学校の数学の教員免許を取得することが可能であるが、卒業生が教職につくとはかぎらず、むしろ民間企業などの情報関連技術者になる場合が多い。情報教育専攻は情報に関する教育者の養成を本来の趣旨としているものの、高等学校の情報を担当する教員になることがそもそも難しいという実態がある^{*2}。

高等学校で情報を担当する教員の募集については、認定講習による情報の教員免許取得者のみに依存して、過去に1度も情報の教員採用試験において募集の実態がない道県が多いという実態がある。また、情報以外の科目の免許状を要求されている都県が多く、理由として情報の授業時間数の少なさから他の科目も担当させたいという目論見によるものであることが指摘され、このことは授業準備に時間を要し、ハードウェア・ソフトウェア・ネットワークの保守管理まで担うことの多い情報の教員にとって過度の負担となり、教授内容の低下につながるという批判もある⁴⁾。このような教員採用の実態と学生の卒業後の進路とは無関係ではないと考えられる。

^{†1} 東京学芸大学 非常勤講師

Part-time Lecturer, Tokyo Gakugei University

*1 東京学芸大学学務部学生サービス課キャリア支援室による。

*2 例えば東京都教育委員会は、2008年度は70名の応募に対して採用見込みなし、2009年度は応募もなしと、2年連続して高等学校における情報の公立学校教員採用候補者を出していない。

3. 情報技術史概論のシラバス

3.1 授業内容

情報技術史概論の授業内容は、対象とする学生が UNIX 上の C によるプログラミングや数値計算などをすでに履修してきていることから、若干の専門的知識を前提として構成した。そのため、技術の分野ごと、あるいは技術と社会の関係における課題ごとに、一般科目よりも専門的な内容をとりあげた。表 2 にその概略を示す。

計算機の前史として、筆算、数表、そろばん、計算尺、機械式計算機など各種の計算手段をとりあげた。コンピュータのハードウェアについては、性能の追求と社会への浸透の度合い、すなわち普及の両面からとらえることとし、技術と社会の相互関係を理解できるように配慮した。また、とりあげるコンピュータも、PC やサーバ、メインフレームに限定せず、マイクロプロセッサを用いた組み込みシステムや、von Neumann アーキテクチャでない DSP も社会においては重要な存在として取り扱うこととした。

また、情報技術史をコンピュータの歴史と同一視せず、電信・電話を含む通信の歴史にも重点を置き、そこから計算機ネットワークの歴史へと導くこととした、さらにトラヒック理論や情報理論のような情報に関する工学的な理論の形成過程に結びつけた。また、組み込みシステムをとりあげるにあたっては、自動制御の歴史にも触れることとした。情報技術史に関する教科書的な文献で、類似の構成をとっているものはすでにあった¹⁾。同書は「電気通信の発達」、「自動制御技術の発達史」、「計算機の発達史」という 3 部構成をとっており、情報技術史を理解するための技術的要素をひとつおろし含んだ内容となっている。この 3 要素のうち、通信と計算機については ICT として認知されているが、自動制御となると無視ないし軽視されがちではないかと思われる。しかしながら、生産技術としての NC 工作機械や産業用ロボットなどは社会において不可欠な存在となっており、情報と社会を考える上で避けるべきではないと考え、組み込みシステムの歴史の一環として位置づけた。

これ以外にも、1980 年代はじめに出版された岩波講座 情報科学の最初の巻においては、全 6 章のうち、はじめの 3 章は「計算機械の発展」、「通信と情報」、「制御と情報」となっている⁵⁾。

また、ソフトウェア工学をとりあげるにあたっては、単なる理論の発展ということにとどまらず、「人月」から経済的・経営的な課題があることに気づかせて、そのような課題を解決するための歴史であるということを重視した。

筆者が担当した授業では、できるだけ現代に重点を置くようにした。とはいえ、例えば通

1	序・情報技術史を学ぶために
2	数学・論理学と計算機
3	デジタル計算機の形成と商品化
4	計算機の高性能化と普及
5	伝送・交換技術の発達
6	計算機ネットワーク
7	通信に関する工学的理論の形成と発展：トラヒック理論と情報理論
8	知的財産権：フリーソフトウェアの歴史的意義
9	人間に関する情報と人権
10	組み込みシステム
11	ソフトウェア工学とソフトウェア開発
12	労働の手段および成果としての情報技術
13	むすび

表 2 2008 年度における授業内容

信プロトコルの形成過程に関する理解のために腕木通信をとりあげるなど、現代ではほとんど用いられていない古い技術についても、技術そのものに関する理解や技術と社会の関係の理解をうながすため、必要に応じて積極的に扱うこととした。

3.2 教科書・参考書

この情報技術史概論では、教科書を特に指定していない。授業のたびにプリントを作成して配布することにした。

教科書として使える可能性のある書籍はまったく存在しないわけではなかったが内容的に古さを否めず⁶⁾、大幅に改訂されたものも出版時期が遅く⁷⁾、組み込みシステムやソフトウェア工学などに関する記述がなかったため、結局は教科書として採用しなかった。

情報処理学会や電子情報通信学会の委員会・研究会などによって編集された書籍は、基礎的な参考書に指定した^{8),9)}。あわせて、古代からの通信技術、制御技術などを含む電気技術史の通史¹⁰⁾、および定評のある計算機技術の通史¹¹⁾も参考書に指定し、附属図書館への所蔵を依頼して閲覧可能な状態にした。

3.3 映像資料

情報技術史のあらましを理解するための映像資料について数年にわたって探索したが、国内で制作されたものは見出せなかった。結局、授業では History Channel のものを使い¹²⁾、最終的に Cambridge Educational 社の DVD を選ぶこととなった¹³⁾。いずれも英語版で吹き替えも字幕もなく、英語のリスニング力を要求する授業ではないため、ナレーションやインタビューなどの音声すべて書き起こしたものを配布し、映像のセクションごとに一時停

止して解説を加えることとした。

インターネットの歴史に関して、PBS Home Video の VHS 3 巻からなるビデオは興味深い内容ではあるが¹⁴⁾、授業で扱うには長すぎるため、一橋大学イノベーション研究センターによる日本語字幕付きの映像教材を附属図書館に所蔵依頼することとなった^{15)*1}。

4. 情報教育の観点からの検討

4.1 情報学の中で

筆者が informatics という新しい用語を最初に目にしたのは、岩波講座 情報科学の第 1 巻「まえがき」においてであった¹⁶⁾。当時はこれに対応する情報学という日本語はなかった。全 24 巻のうち最初の巻で歴史を主題としているということは、情報科学あるいは情報学を理解するうえでの歴史の重要性を示しているものともとることができよう。

前述のように、教育学部情報教育専攻は基本的に教育者の養成を本来の趣旨としているが、実質的には技術者の養成をも担うこととなっていた。

IEEE Computer Society と ACM による CC2001CS などにおいても、professionalism, ethics, and law courses の一環として、必要とされる時間数は短いながら history of computing の教育を求めている¹⁷⁾。

情報処理学会情報処理教育委員会において議論され、最終報告がなされているカリキュラムにおいても、歴史についてはほぼ同様の姿勢がとられており、技術社教育としては技術者の社会的責任に重点がおかれている¹⁸⁾。

技術者の養成ということから離れて、情報に関する教育者の養成ということについても、技術史教育は不可欠であるといえよう。

4.2 情報科教育学の中で

この情報教育専攻が設置された際に、「情報教育学の提案」として情報技術史の意義はすでに明確に示されていた。それは「情報」、「コンピュータ技術」、「人間」の 3 軸を相互に張る「情報教育学」が必要であるというものであって、そのうち「情報 - コンピュータ技術」においては知識や技術を「社会的な産物」であり「歴史的な制約のもとに発展してきたこと」の認識、また「情報表現（記号化）と伝達の技術史および文化史的な意味」を理解することが必要であるとされている¹⁹⁾。

筆者が情報技術史概論を担当して重視したのはまさにこのような点であり、技術開発の足

跡を単純にたどるということはしなかった。どのような社会的要求からコンピュータが開発されたのか、筆算や数表との関連から理解されるような講義を試み、また通信プロトコルの理解のため、手旗信号の実演をすることなどもあった。また、これはパケット交換と回線交換の差異を理解するために、電話の伝送と交換の技術もとりあげた。

さて、新しい高等学校学習指導要領において、普通教科としての情報は「社会と情報」と「情報の科学」の 2 科目から構成されることとなった²⁰⁾。これに対する詳細な評価は控えるが、筆者はおおむね肯定的にとらえている。「社会と情報」の教育において、技術と社会の関係をとらえる視点に立った歴史的な理解が重要であることはいうまでもない。また「情報の科学」の教育においても、技術を理解するためにその形成過程を理解するという観点から技術史の理解は必要となろう。このように、情報科教育において教員には社会的視点に立った情報技術史に関する理解が求められている。

情報教育専攻の学生が卒業して教員となり、普通科目「情報」を実際に担当するようになった場合、授業計画を立案しなければならない。そこで指導の具体的解説例をひとつとりあげて読んでみることにする²¹⁾。情報技術史にかかわる学習内容の部分は次のようになっている。

- (1) コンピュータ出現までの計算機器の発達を学ぶ。カルキュリ (Calculi)、算木、ソロバン等を年代順に、その用途と使われた地域、ネピアの「対数表」、バベッジの「計算機」(最初のプログラマと称されるエイダ夫人にも触れる)、ホレリスの「統計機」について、人名、年代、用途、このほか、タイガー計算器、計算尺等についても触れる。[0.5 時間]
- (2) コンピュータの出現前後の背景、状況について理解する。コンピュータの出現にチューリングによるチューリング機械(オートマトン・状態繊維機械の一種)の理論的功績が重要であることを説明、最初のコンピュータの出現について、年代、人名を説明。ENIAC、EDVAC 等について用途、スイッチング素子数、計算処理能力、重量を説明、EDVAC についてはプログラム内蔵方式の概念も補足する。[0.5 時間]
- (3) 第 1~4 世代コンピュータ第 1 世代コンピュータ、第 2 世代コンピュータ、第 3 世代コンピュータ、第 4 世代コンピュータについて、年代、記憶装置、演算回路、プログラム言語、用途(応用システムを含む)、その他の特色の項目で整理して理解する。[0.5 時間]
- (4) ポスト第 4 世代コンピュータ第 4 世代コンピュータ後から現在までのネットワーク、モバイル端末等の情報機器について説明する。[0.5 時間]

*1 同時にシリーズ 15 巻もあわせて収蔵されることとなった。

以上であるが、3.1 で述べた「コンピュータの歴史と現状」だけがとりあげられ、時間的制約があるとはいえ通信と制御の歴史に関する記述はない。タイガー計算器や計算尺を使った経験があるのは、大学の教員も含めて少なくなっていると思われる*1。それから、この時間でこの内容となると、教員にとっても生徒にとっても過酷なのではないかと思われ、また教授内容の妥当性にも問題があるのではないかと思われる。「最初のコンピュータ」とは、ENIAC なのか ABC なのか、Konrad Zuse の Z3 なのか、あるいは Colossus なのか通説があるわけではなく簡単に教えらるゝとは考えられない*2。さらに、演算素子に何が用いられたのかということで世代分けすると、リレーを用いたコンピュータが除外されてしまうばかりでなく、教育的にあまり意味のない「単なる年代の暗記」に陥ることが懸念される。ポスト第4世代コンピュータを「第5世代コンピュータ」と誤解する教員もあらわれるかもしれない、定評のあるコンピュータ・アーキテクチャの教科書でもこうした世代分けには目を向けていない²²⁾。

このように、情報教育における情報技術史の教授法・教育内容はなお検討されるべきであり、教材開発も必要である。

5. 技術史教育の観点からの検討

5.1 工学教育の一環として

戦後、東京工業大学において当時の和田小六学長のもとで進められた改革のなかで、幅広い見識を備えた専門家を養成するために理工系専門科目以外の教養科目が設けられ、その中に「技術史」も含まれていた²³⁾。その後関連する科目が増えて、内容も時代とともに変化しているが、技術と社会の関係をとらえるということについては基本的に変わっていない。

東京学芸大学における情報技術史概論は、情報教育専攻の学生を主たる対象としているため、教養科目的な側面よりも専門科目的な側面が強くなっている。歴史を軸に、これまでに履修した、またこれから履修する科目に関する関連付けをおこなうということもできる。ただ、ここでもやはり技術と社会の関係をとらえるという立場をとっている。

技術史というと、骨董趣味のようにとらえられがちな傾向があるが、そうではなく現代の技術をよく理解し、未来への展望をある程度もてるようになるために必要な知識であること

が重要である。

このような観点からの技術史教育が、技術に関する学科・コース等において、今後なんらかのかたちで展開されていくことの重要性を強調しておきたい。

5.2 教員養成課程における技術史教育

国立大学法人の教員養成課程のカリキュラムが教育職員免許法の制約を受けていることから、通史的な技術史の講義を開講することが難しいことが指摘されている²⁴⁾。これは中学校の技術科を対象とした指摘ではあるが、高等学校の情報科においても状況にさほどの違いはないと思われる。しかし、東京学芸大学の教育学部中等教育教員養成課程技術専攻においては、1年次の必修科目「中等技術科教育法Ⅰ」において技術論・技術史に関する講義が実施されており、カリキュラムの編成しだいとも考えられる。

さて、人工物を対象とした技術史と自然科学を対象とした科学史は同一ではないが、日本科学史学会が「科学史および技術史の研究の進歩と普及をはかることを目的とする」(会則第2条)というように近い領域ではあり、両者を便宜的にあわせて科学技術史と呼ぶこともある。理科や数学の教員養成課程において科学史の授業の有効性については古くから議論されており²⁵⁾、近年は科研費の助成を受けた研究も相次いでいる^{26)–30)}。

科研費の助成はともかく、情報教育の中に情報技術史を活かすという研究はこれからますますなされ、その結果が情報教育専攻の学生に対する教育内容に反映されるべきであろう。

ところで、筆者が担当した授業は教育学部の3年次対象ということから、ある課題に直面した。一定の期間、学生の多くが教育実習のため不在になるのである。教員養成課程であるため当然のことではあるが、歴史の授業にとっては影響が大きい。工学部で夏休みに企業での実習を経験した筆者にしてみれば、当初はカルチャーショックであったが、教育実習を夏休みに実施することは不可能であり、受け入れるしかない。実際の対応として、実習を終えて戻ってきた学生に、毎回配布しているプリントをすべて渡し、事後のフォローをすることとなった。

5.3 技術史学における試み

技術史学の成立は18世紀末、フランスで1751年から1780年まで刊行された『百科全書』の編纂にたずさわった Denis Diderot や Jean Le Rond d'Alembert らと、ドイツ官房学(Kameralismus)という官僚育成のための学問的伝統に立ち、1772年にテヒノロジー(Technologie)という用語を最初に使った Johann Beckmann らの、2つの源流があるといわれる³¹⁾。ドイツにおいては20世紀に入ってからドイツ技術者協会(Verein Deutscher Ingenieure: VDI)が技術史研究に注力したこと、1920年のイギリスにおいて世界初の技術

*1 筆者の授業ではこれらを用いた計算の実演をしているが、情報教育専攻の学生すべてにこれを実施するのは難しく、適切な教材開発が必要と思われる。高等学校の教育現場での教材をどうするかということも課題である。

*2 筆者の授業では初期の主要な「コンピュータ」について、どれが最初であると断定せずにそれぞれ特徴を説明し、議論が分かれていることを教えている。

史の学会であるニューコメン協会 (Newcomen Society) が設立されたことが知られている。科学史とともに技術史も取り扱う日本科学史学会の設立は 1941 年、アメリカの技術史学会 (Society for the History of Technology: SHOT) は 1958 年設立である。

今日、多くの工学系諸学会が技術史に関心を抱いており、情報に関連する分野では、IEEE History Center の設置、IEEE Computer Society による *IEEE Annals of the History of Computing* の発行^{*1}、ACM History Committee の活動が知られ、身近なところでは、電子情報通信学会に「技術と歴史」研究会、情報処理学会に歴史特別委員会が設置されている。こうした技術者による技術史の研究や教育が盛んになっていることは有意義なことであるといえよう。

同時に、技術史を専門とする研究者も増えており、例えば喜多千草によるインターネットに関する著作は技術史研究の学位論文にもとづくものである³²⁾³³⁾。

筆者自身は技術者でもあり、技術史の研究者でもある。ここでは、教育実践で得られたものから技術史研究へのフィードバックを試みたい。

ひとつの論点は「技術の発達」をどうとらえるかということである。まず、ボイラ技術をめぐっておこなわれた 1950 年代の「動力史論争」と呼ばれることに関して³⁴⁾、この論争の発端となった石谷清幹の論文がボイラの出力の向上を技術の発達ととらえられていることについて、筆者は違和感を感じており、社会システムにおける技術の影響力という観点から、単体で高い出力のボイラが開発されることは技術の発達の一側面ではあるものの、ボイラが社会に広く普及し、どのように使われているかということにも着目すべきであると考えていた。こうしたことから、例えばコンピュータの発達については、コンピュータ単体の性能の向上のみではなく、コンピュータが社会にどれだけ普及して影響力を有するようになったのかということを重視した。

もうひとつの論点は、Wiebe E. Bijker らによって提唱されてアメリカの技術史研究者の間で流行した³⁵⁾、技術の社会構成主義 (social construction of technology: SCOT) に関するものである。Janet Abbate によるインターネットの歴史に関する世界初の学位論文に基づく文献があるが³⁶⁾、これも Bijker ほど極端なものではないにせよ SCOT の影響下にあったとの指摘がなされている³⁷⁾。Abbate は利用者が ARPANET を変えたと主張しており³⁸⁾、この文脈においてはたしかにそのとおりなのであるが、それでもなお SCOT には

問題があることを指摘しなければならない。利用者がどんなに要求しても技術に内在する性質はあり、技術のすべてが社会的構成によるとはいえないのである^{*2}。たしかに技術が社会から影響を受けて形成され、変化するものではあるが、「人工物と社会的要素を同じ次元のものとして扱うことには大きな問題がある」という指摘はもっともであるといえる³⁹⁾。社会構成主義 (social constructionism) は社会学や教育学などにおいて、社会制度や学習者の理解が社会によって構成されるという理論が技術史に導入されたものであるが、有体物である技術にこの理論を適用することには無理があると考えられる。また、教育学においても、自然の認識にかかわる理科教育に関しては批判的な見方がなされている⁴⁰⁾。

6. おわりに

情報教育の社会的認知度は、重要性が強調されているにもかかわらず、依然として高いとはいえない状況にある。普通科目の情報は、2003 年 6 月 4 日に「当分の間は出題の対象としないこととした」という発表以来、大学入試センター試験で出題されないままの状態が続いている。このような状況で情報を担当する教員や、それを目指す学生のモチベーションが維持できるであろうか。重要な課題である。

ノーベル賞受賞者は歴史に名を残すが、チューリング賞はそもそも知らないという人が多い。そうした中で情報教育については、社会における情報学の認知度を高める努力がまず必要とされているように思われる。

いずれにしても、情報教育をとりまく環境は大きく変化しているが、それが社会にとってよりよい方向へ進んでいくことを願うばかりでなく、積極的に提言のできる見識をそなえた情報の教育者あるいは技術者を養成することが必要になっていると考えて結びの言葉としたい。

謝辞 東京学芸大学教育学部情報教育教室と情報処理センターの教員各位、また教育活動を支援していただいた図書館などの職員各位にお礼申し上げます。

その時点でおそらく最も先進的ではあるが手探りの授業を受けた学生諸君にも感謝の意を表したい。

なお、本稿における見解は私見であって東京学芸大学や属する機関の公的見解ではないことをお断りしておく。

*1 1979 年の創刊から 1991 年までは *Annals of the History of Computing* として Springer から発行されていた。

*2 簡単な例として、Shannon の定理を超越する通信は、どのような社会的要請があろうと実現不可能である。

参 考 文 献

- 1) 喜安善市, 福井憲一, 長田正, 野田克彦, 情報技術の発達史, 講座 情報社会科学第2巻 情報技術の革新1, 学習研究社 (1972).
- 2) 山崎謙介, 宮寺庸造, 樫山淳雄, 飯島眞理, 和田正人, 教育学部における「情報教育専攻」の設立と「情報」教員の養成, 情報教育シンポジウム論文集, Vol. 2001, pp.223-230 (2001).
- 3) 山崎謙介, 宮寺庸造, 樫山淳雄, 飯島眞理, 和田正人, 前掲論文, p.226.
- 4) 河村一樹 編著, 情報科教育法, 学文社, pp.144-148 (2008).
- 5) 高橋秀俊, 情報科学の歩み, 岩波講座 情報科学1, 岩波書店 (1983).
- 6) 小山田了三, 情報史・情報学, 東京電機大学出版局 (1993).
- 7) 小山田了三, 小山田 隆信, 技術史から学ぶ情報学, 東京電機大学出版局 (2007).
- 8) 情報処理学会歴史特別委員会 編, 日本のコンピュータ発達史, オーム社 (1998).
- 9) 電子情報通信学会「技術と歴史」研究会 編, 電子情報通信技術史: おもに日本を中心としたマイルストーン, コロナ社, (2006).
- 10) 山崎俊雄, 木本忠昭, 新版 電気の技術史, オーム社 (1992).
- 11) Campbell-Kelly, M. and Aspray, W., *Computer: A History Of The Information Machine*, Basic Books (1996). (邦訳) M・キャンベル-ケリー, W・アスプレイ 著, 山本菊男 訳, コンピューター 200 年史: 情報マシン開発物語, 海文堂 (1999).
- 12) A & E Television Networks, *Thinking Machines: the Creation of the Computer*, History Channel (1995).
- 13) Films Media Group, *The History of Computers*, Cambridge Educational (2004).
- 14) Oregon Public Broadcasting, *Nerds 2.0.1: A Brief History of the Internet*, Warner Home Video (1998).
- 15) 一橋大学イノベーション研究センター, *Management of Technology Video (MoTV), インターネットの勃興: Nerd たちの活躍*, 一橋大学イノベーション研究センター (2003).
- 16) 高橋秀俊, 前掲書.
- 17) The Joint Task Force of Computing Curricula, *Computing Curricula Computer Science 2001* (2001).
- 18) 情報処理学会インフォメーションテクノロジー教育委員会, 情報技術 (IT) 07 知識体系およびカリキュラム標準 (2007).
- 19) 山崎謙介, 宮寺庸造, 樫山淳雄, 飯島眞理, 和田正人, 前掲論文, pp.228-229.
- 20) 文部科学省, 高等学校学習指導要領 (2009 年 3 月).
- 21) 岡本敏雄, 西野和典, 本郷充, 教職必修 情報化教育のための指導法と展開例, 実教出版, pp.95-107 (2002).
- 22) Patterson, D. and Hennessy, J., *Computer organization and design: the hardware/software interface*, Elsevier/Morgan Kaufmann (2006). 成田光彰 (訳), コンピュータの構成と設計: ハードウェアとソフトウェアのインタフェース, 上下巻, 日経 BP (2007).
- 23) 岡田大士, 東京工業大学における戦後大学改革に関する歴史的研究, 東京工業大学学位論文 (2004).
- 24) 大河内信夫, 教員養成における技術史教育, 日本機械学会年次大会講演資料集 (8), pp.416-417 (2005).
- 25) 特集: 高校理数科教育に科学史をいかに導入するか, 科学史研究, No. 34 (1955).
- 26) 林良重, 文部省科学研究費補助金研究成果報告書 教員養成大学における理科教育のカリキュラムおよび施設設備の改善に関する調査 (1980).
- 27) 鈴木善次, 文部省科学研究費補助金研究成果報告書 高等学校「理科2」における科学史教材の開発と実践化 (1983-1985).
- 28) 杉山滋郎, 文部省科学研究費補助金研究成果報告書 科学史資料集ならびに科学史を利用した授業案集の開発に関する研究: 高校「数学基礎」「理科基礎」科目のために (1999-2001).
- 29) 兵藤友博, 文部省科学研究費補助金研究成果報告書 科学教育への科学史導入の意味とその教材化に関する包括的研究 (2000-2002).
- 30) 福井智紀, 文部科学省科学研究費補助金研究成果報告書 生物教育における生物学史・生物哲学の活用に関する実証的研究 (2007).
- 31) 山崎俊雄, 技術史学の系譜, 科学史研究, No. 53, pp.23-27 (1960).
- 32) 喜多千草, インターネットの思想史, 青土社 (2003).
- 33) 喜多千草, 起源のインターネット, 青土社 (2005).
- 34) 石谷清幹, 21 世紀における技術のありかたを考える, 日本機械学会誌, Vol. 104, No. 993, pp.573-576 (2001).
- 35) Bijker, W., Hughes, T. and Pinch, T. (Eds.), *The Social Construction of Technological Systems: New Directions in the Sociology and History of Technology*, MIT Press (1989).
- 36) Abbate, J., *Inventing the Internet*, MIT Press (1999). 大森義行, 吉田晴代 (訳), インターネットをつくる: 柔らかな技術の社会史, 北海道大学図書刊行会 (2002).
- 37) 吉田晴代, インターネットの歴史と技術の社会構成主義: ジャネット・アパテ『インターネットをつくる』を中心に, 産研論集, No. 27, pp.43-67.
- 38) Abbate, J., *op. cit.*, chap. 3.
- 39) 小林学, 19 世紀船用ボイラ発達過程: ボイラ史の研究方法によせて, 科学史研究, No. 44, pp.191-202 (2005).
- 40) シリーズ「物理教育は今」小特集 日本の理科教育の現状と問題点 ② 構成主義と理科教育, 日本物理学会誌, Vol. 63, No. 3, pp.381-386 (2008).