

情報通信機器を利用した「教育」における経験的検証 - 30年の省察 -

中村 彰

Email: nakamura@gipc.akita-u.ac.jp

秋田大学大学院医学系研究科医科学情報学講座

◎Key Words ICT 利用教育, 経験的検証, 省察, 教育観, 学習理論

0. はじめに

自身の30年程の教育活動にあつて、修めた専門分野での経験も手伝い、積極的に視聴覚機器や計算機を教育の場に取り入れて来たと判断している。

教育に携わることを決意した者ではあるが、おそらく、何らかの教育観は持ち合わせているものの、それらを「教育理論」や「教育制度」から史的・体系的に組み立てて整理・理解する機会にはあまりにも少なかったと自戒する。自身の教育経験に検証を加えて論述するにあたり、その背景や根拠を明らかにする目的で、ここに、議論のための必要な背景資料をまとめる。

1. 教員活動以前：素朴な教育観

大学の教員には教員資格は必須ではない。多くの諸外国にあつても同様である。教員養成系学部等で教員免許(K12)を持たずに教育活動を行っている例もある。

私は化学の分野の教育を受けて教員になった。秋田を主たる活動場所として、これまで幼少期から様々な分野の多くの人から与えて頂いた教育に報いるという「素朴な教育観」を抛り所に1982年に教員となった。

学生生活を終えて3年間の北米への留学中、Personal Computer(PC)が随分と普及していた。留学前には4-bitのAssembler言語の「マイコンKIT」や「マイコン・ゲーム機」が日本では流行っていたが、北米では趣味から「実用」に既に転換していた。頭脳部の論理回路の集積部も、Intel 8080, Zilog Z80, Motorola 6800が主流で、Intelの血を継承しているZilogの人气が高かった。

実は、IntelとZilogでMicroprocessorを創ったのは日本人の嶋正利である。化学の教育を受けるも、電気・電子工学の公的教育を受けた経験のない人物である。

世界初のMicro-Processing Unit (MPU)の論理回路を独力で設計し、結果的に現在の計算機の標準化を創り上げた嶋正利の知的活動の根源には、たった1冊づつの論理回路と電磁気学の書籍があり、この二冊を十分に理解し得たことにあつた。本屋で購入した合計三十数冊の同様の教科書や書籍は、残念ながら嶋の「自学・自勉」に適した教材とはならなかった⁽¹⁾。

嶋は有機化学を修めて卒業するが、初中高等教育課程で彼が受けた教育は、結果的に、電気・電子工学科で受ける公教育の内容を凌駕できたのである。この凌駕の源泉は、1)自分の目的にあった数少ない「良書」を見つけ出したこと、2)未経験の分野の内容を理解できる「素養」があつたこと、3)その理解を新しい目標に適合・発展させる「構想力」があつた、ことにある。

大学の授業によって卒業時の学習が完了することは

断じてなかつた。自分で行動することが必須であり、そのための「動機(興味)」と「(挑戦できる)素養」を提供してもらったのである。自らが挑戦した成果は、自らの哲学(考え方, 見方, まなざし)を深化させ、同時に、興味の対象も変貌しつつ相乗的に向上するのであろう。

2. ICT 利用教育との出会いと変遷

PCとの付き合いは30年になる。その前半までの関わりとその時々技術的状況を振り返る。

2.1 Overhead Projector (OHP)

1982年当時の先進的で斬新な化学教育の動きに、1960年代ころから普及しはじめたOHPを利用した提示実験があつた。例えば、OHPのガラスの投影板の上にシャーレを置き、反応溶液の色の変化が振動する非平衡化学反応の様子を示すことができる優れた教材が有名である。また、OHPのシャーレにバネでコルクボールを繋いだ仮想分子を置き、外部から低周期の振動を与えると、仮想分子が規則的な振動運動を見せる。このように、OHPは「工夫次第」で理科の提示実験が観察体験できる優れたアナログ的「教具」であつた。

しかし、この魔法の「如意の教具」もその役割は、透明なOHPシートに文字や絵を描き、やや動きのある「白墨の粉をまき散らさない便利な『文字と図表の提示器具』」としての単純な教具に収斂する。色鮮やかなマーカーペンに加え、乾式複写機で利用できるOHPシートが登場したからである。Microsoftの「*.ppt」やAppleの「*.key」ファイルの原点がこのOHPである。

この頃は、未だ、個人用計算機(Personal Computer, PC)は少なく、化学の分野では、計算機センターなど特別な施設で、二軸プロッターを用いて分子構造や分子軌道を描画させており、計算機を自在に教育現場で利用できる環境が身近に整っていなかつた。

2.2 電卓/関数電卓と最初の個人占有計算機(PC)

四則演算と開平が行える専用の論理回路を作る技術を価格と機能で競うのが電卓業界であつた。多機能な関数電卓や簡単なプログラムを記憶させることができる電卓が普及したのは、1970年代からであり、電卓は日本の製造会社のお家芸の様相を呈していた。

この時期、一人の日本人の発想が開花していた。BUSICOM社の嶋は、大型計算機のプログラム内蔵型計算機の手法を電卓の電子回路の設計に置き換えることが可能であることを示し、Intelに出向して1971年12月に構想が実現していた⁽²⁾。嶋が開発に携わつたIntel 4004(1972)~Z80(1976)のMicro-Processing Unit (MPU)の登場で関数電卓やプログラム電卓は、その限界が明白

になり、PC が将来の進むべき方向として認識された。特に 8080 の MPU の欠陥を熟知して Zilog に移籍した嶋が開発した Z80 は、PC 業界を席卷した。PC は方言の多い BASIC 言語が一種の OS のような役割を果たしていた。大小さまざまなドットマトリックス・プリンタを併用して、それなりの見栄えのある図表を印刷させるプログラミングも競われていた。1977 年ごろから 1982 年頃迄の北米では、Apple II, Atari 400/800, Commodore PET (以上 Motorola 系 MPU) や Tandy と RadioShack の TRS80 (Intel 系 MPU) 等が雌雄を競っていた。私自身は、Commodore PET の購入に触手を伸ばしたが、結局、1983 年に HP9200 (32 bit MPU, MC68000) を初めて個人で購入した。BASIC と Pascal によるプログラミングを独習し、その便利さと高速性に驚き、それ迄の汎用計算機によるジョブ投入といった不便さからの開放観を満喫した記憶が鮮明に残っている⁽³⁾。

2.3 OS, 各種 Software, 周辺機器と Interface

Gary Kildall は、Intel の MPU (4004, 8008) に汎用計算機のプログラム言語 PL/I を移植 (PL/M (1972)) したのを契機に、PC 用の Operating System (OS) として、CP/M (1976) を 8080 用に、CP/M86 (1978) は 8086 用に比較的早い時期に制作していた⁽⁴⁾。諸事情があり、普及には至らなかったが、IBM DOS (MS-DOS) が開発され普及する以前である。1981 年の IBM PC が Intel 8086 (Intel に呼び戻された嶋の開発) の命令に特化して作られていたこともあり、また、Intel 4004~Z80~Intel 8086 の一連の MPU が同じ嶋によって開発された事実は、当然のこと、これら MPU 間の「互換性」が考慮されており、Texas Instrument や Motorola の幾つかの卓越性を排して、Intel 系の命令セットが業界の「de facto standard」として定着して現在に至っている。

表計算ソフトウェアは、1979 年の VisiCalc (D. S. Bricklin, R. M. Frankston) が初出であり、Apple II に移植されたことから、業務系での実力が評価・認識されていた。米国化学会の化学教育部会では、Apple II 用のコンピュータ教材を収集/蓄積/配布するプログラム SERAPHIM が立ち上がり、米国科学財団と連携する⁽⁵⁾。

1982 年は MS DOS の登場の年でもあるが、VisiCalc が Intel 系の PC にも移植された。米国化学教育部会の SERAPHIM に対して、表計算や IBM/MS DOS を活用した計算機教材が多数の教育担当者から Floppy Disk (FD) で提供され、殆ど送料程度の費用で希望者に配布される体制が出来上がった⁽⁶⁾⁽⁷⁾。

1984 年もまた記念すべき年でもある。マウスと GUI の OS を搭載した Macintosh が登場する。当然のこと、先の SERAPHIM には Macintosh 用に新たに開発された教材が溢れるようになる。Macintosh が各種 DOS 系の PC より優れていた点は、周辺機器との Interface に関して、規格がしっかりした SCSI II を標準にしていたことにある。その結果、理科実験のほぼあらゆる種類のデジタル測定が非常に廉価な各種センサーを接続するだけで簡単に行える革新的要素を、理科教育全般に提供できた⁽⁸⁾。測定結果は、VisiCalc より後発の Lotus 1-2-3, Wing Z や Excel などにも取り込み、結果の可視化も容易で、理科分野の実験教育に大きな恩恵を与える。

もう一点、GUI の Macintosh OS で化学の分野で指摘

しなければならないことに、分子構造式が WYSIWYG で扱え、Ward Processor に貼付けが行えたことである。現在では Browser での表示が標準化 (Scalable Vector Graphics (SVG) 等) され、分子構造描画の各種のソフトウェアとファイル形式が互換・規格化されている⁽⁹⁾。

更に、個人的な判断では、Macintosh の教育上の卓越性は、教育教材の Authoring Tool としても認定できる HyperCard にあった。友人のドイツ語の教員が、HyperCard を見た途端に、ドイツ語初級の授業教材を作成⁽¹⁰⁾したことなど、自身の例を含めて、適用例は語り尽くせない。DOS 系の OS に移植された LOGO と対比する意見もあるが、LOGO とは次元が異なった存在で、HyperText の概念が HyperCard に備わっている。

2.4 DOS 系と Macintosh の対比

教育に計算機を導入することに抵抗の少ない理科関連分野でも、多少の混乱があった。米国 DOS と日本 DOS の混乱である。有機化学分野で影響力のある学術誌に当時の Pergamon Press (現 Elsevier) の Tetrahedron や Tetrahedron Letters がある。この学術誌に、Internet 普及以前から、「電子版 (electronic version)」と云える新規の雑誌 Tetrahedron Computer Methodology が 1987 年に創刊・追加された。当該学術誌の内容を 5 1/4 in あるいは 3 1/2 in の FD に内容を収録し、論文と用いたプログラムや自作アプリまで一緒に提供していた。この国際誌への投稿には日本人の寄与が高く、Microsoft の DOS に加え、NEC の DOS (PC-98) 用の FD も一緒に配布されていた。この頃、PC-98 を国際標準と勘違いする混乱があった。その後、DOS/V や PC/AT 互換機と MS Windows の登場で、日本独特の DOS の混乱 (PC-98, Epson の PC-98 互換機, MULTI-16, FM/V, 等々) は解消する。

他方、Macintosh にあっても課題を抱えていたと思っている。PC/AT 互換機に比して割高観に加え、システムエラー (Bomb icon) も頻発していた。また、Internet 商用化の 1993 年以降は、Apple Talk (複数の通信 protocol の集合体) と TCP/IP との共存が難しくなり、孤立化と急速な普及率の低下を招いていった。

2001 年に UNIX の Mac OS X が登場する。加えて、Windows と同じ頭脳部 (MPU) を持つことで、信頼性の向上と斬新性で評価が回復する。

2.5 他の状況：通信環境、HTML と液晶投影機

Internet は当初学術研究機関の利用に限定されていた。1980 年代後半には、日本国内でも幾つもの広域ネットワークが計画・運用され、競われていた (表 1)。

表 1 1991 年当時の我が国の広域学術ネットワーク

名称	接続形態	protocol	機能
BITNET	SNA, Internet	RSCS, IP	mail, file 転送
SCINET	Internet	IP	file 転送, mail, news
JUNET	独自	UUCP, IP	mail, news
JAIN	Internet	IP, X.25	mail, news, telnet, ftp, rpc
N1	独自 (N1)	IN1, X.25	file 転送, RJE
TISN	Internet	IP, DECnet	mail, news, telnet, ftp, rpc
WIDE	Internet	IP	mail, news, telnet, ftp, rpc

note: 使用回線は原則専用回線で JUNET は公衆回線も可

1980 年代末の秋田では、一日に二度東京に公衆回線で接続し、UUCP と IP の sendmail と news により、諸外国とメール等のやり取りが実現できていた⁽¹¹⁾。その

後, N1 通信網はその役割を終えたが, 他の通信網は, TCP/IP と IX (Internet eXchange)などを骨子とした形態に移行統合され, 現在の Internet 網に変容している。

HTTP (1990)と NCSA の Mosaic (1993)や Netscape (1994)は Engineering Work Station (EWS)の普及や Classic Mac OS で動作する MacHTTP の浸透により簡便な手法による Web Server 設置の流行現象をもたらした。また, HTML Editor である Netscape Composer (1997)の登場は, Multimedia 教材作成の有益な道具となっていた。

液晶投影機の普及と DOS 系および Macintosh のカラー表示の組み合わせは, コンピュータを利用した教育の実践上の裾野を格段に広げた。大学では設置される教室が増える。1987年に GUI の Macintosh 用に発売された PowerPoint は, 液晶投影機の普及と Microsoft による買収で市場占有率の高い Windows 用に強化され, 普及がはじまった。LapTop の DOS 系 PC や PowerBook の Macintosh も, 液晶投影機と密接な関係があった。

平成一桁代の国立大学の法人化と連動した大学改革を契機に, 機関内の抹消組織の研究室や教室まで Internet 網が張り巡らされ, HTML による Multimedia 教材や資料への接続性と機会が格段に向上した。

2.6 ウェット化学教育から情報処理教育の担当

平成3年(1991年)の大学設置基準の大綱化に伴う大学教育の改善・改革の必要性が指摘されはじめた時期から情報通信技術が絡まってくる。Goa 米国副大統領の National Information Infrastructure (NII)(1993)構想が世界中を注目させる時期でもある。同時に, 社会状況の急速な変化も顕在化し, 情報の使い手や担い手の不足とその養成や教育の必要性の指摘が指摘され始める。1996年の中央教育審議会の情報化社会への対応「答申⁽¹²⁾」による教科「情報」開設の動き, 計算機の日付に関わる「2000年問題」の指摘, 等々, 情報化社会が喧伝される中, 初等中等高等教育での「何らかの情報教育」の必要性が指摘されはじめてくるのが1990年初頭頃からである。

当時は, 「計算機を利用した研究」等は, 様々な分野で展開されていた。COBOL や FORTRAN は大型計算機の時代から, BASIC, Prolog, LISP, C や Pascal は PC の普及に併せて利用分野は文系・理系を問わず浸透し, 個々の目的に則して様々に利用され出した。しかし, 残念ながら, 「計算機科学(Computer Science)」という形での体系だった教育は, 少なくとも我が国では提供されていなかったし, その枠組みも極めて不明確であった⁽¹³⁾。体系的取り組みの必要性が指摘され, 教育関係者の目に留まる幾つかの先進的な取り組みが書籍等の形でまとめられるようになった⁽¹⁴⁾⁽¹⁵⁾⁽¹⁶⁾。

「情報を扱える人材」の養成が急務であると認識され, 計算機科学といった体系的な教育でなくとも, 計算機の(多様な分野での)活用事例のような啓蒙的な教育の導入が大学改革の目玉的存在としても注目されるに及び, 「計算機を利用したり紹介したりする授業」が担当できる教員が各分野の教員から募られるようになった。私が情報処理教育に関係するのも, こうした背景からのことであった。私の所属する学部の150名程の教員の中で, 汎用計算機から PC までの利用経験がある教員の数は, 一桁であったと記憶する。

そんな中, 経費の嵩む実験台実験(wet chemistry)からスペクトル分析などの dry chemistry への移行を実践していた私に情報処理教育への参画の依頼があり, 1992年に「二足の草鞋」を履くこととなった。こうした教員は何人かおり, 「何らかの実践的情報処理素養」を身につけた人材育成を主目的に, そして, 過剰な教員養成系入学者を是正する目的も併せ持った「新課程(文系理系の情報系4専攻)」での教育が始まった。

以上, 21世紀直前までの ICT 分野の状況と教育分野の個人的経験を紹介し振り返った。

3. 担当授業

化学を修めた者が, 化学と情報処理の二足の草鞋で開始した情報処理の授業は数年続いた。その後, 医学分野での Informatics に興味の対象を転じたことから, 教育と興味の対象が一致して, 二足の草鞋状態から抜け出せることができた。同時に, Perl 言語の手解きを受け, 生命科学分野での教育と仕事に活用した。また, HTML の cgi にも使い, 幾つかの Web-based データベースを製作して来た⁽¹⁷⁾。

新課程での大学教員の担当の是非は, 準備した教育課程(curriculum)と共に大学設置審議会で審査されるが, 授業の内容と質に関しては, 些か心許ないものと自覚せざるを得なかった。私が担当する情報処理関係の授業は4つを超えていたと思うが, プログラミングを除き, 二冊の書籍を大いに参考にさせて頂いた⁽¹⁸⁾。これらは, 文系と理系の広範で興味ある課題への計算機による処理や分析の考え方を例示したものであるが, 本発表では触れないので, 詳細は省略する。

3.1 情報処理:基礎教育

医学科と保健学科の学生(230名)の新入生の基礎教育としての「情報処理」を担当したのは, 1998年からである。この授業では, 「医学部基礎教育科目 情報処理」という110頁ほどの製本教材を作成し, 表2に掲げる15回の実習授業を準備した。当時は, データの記憶媒体としてはFDが殆どで, 所属部局での Macintosh の利用率は3~4割を占めていた。

表2 基礎教育科目「情報処理」(15回)の内容

学習項目	学習事例
文書編集 [3回]	FDの初期化(WindowsとMacintosh), 日本語への変換(FEP), 書誌情報とデータ収集
表計算用具 [4回]	データの互換性, 表計算の概念, 関数の利用, 視覚化 (Windows/Macintoshに共通のEXCEL利用)
UNIX [4回]	OS, UNIX Command, Editor(ng), Jobの種類と制御, mailxによる電子郵便の送受信
Internet [2回]	仕組み, 文字 Code (ASCII, JIS, EUC, Shift-Jis, ISO-系), 改行 Code (LF, CR, CR+LF)
FILE 転送 [1回]	Windows/Macintosh/UNIX(FFFTP, Fetch, ftp), OS間のデータ互換
AWKの利用 [1回]	AWK スクリプト, Database 検索(文書編集で収集した書誌情報データを利用), 単語の出現頻度

当該授業の考え方は, 非情報系の大学生に計算機に関わる「正しい知識」を実習を通して身につけてもらうことであった。そのために, 1)WindowsとMacintoshの双方の利用者を区別せず, 2)異なるOS間の「互換性」に留意し, 3)特定のSoftwareの利用法を最大限忌避すること, そのために, 敢えて, 4)UNIXに端末接続して編

集・メール・文字列検索を行う、等の内容を準備した。

当時、大学での情報処理導入教育は、1)ワープロ、2)表計算、3)プレゼン、4)ホーム・ページ、5)メール、6)掲示板利用、等が主流で、我々の授業は斬新的で本質的であったと考えている。製本冊子を作成する経費が3年程で枯渇し、学習教材は Web Page に転載した。

他方、一度に100名の実習授業だが、TA制度が不十分で、2名の教員では限界があり、1/3の新入生にはUNIX実習が合わないことも顕在化し、Web教材の改変で、Windows OSでの実習に徐々に移行した。

3.2 Learning Management System(LMS)の導入

2006年にLMSを試用する機会があり、手作業によるWeb教材作成からLMSを講座で独自導入することとなった。LMS導入により授業内容を全面改訂し、e-learning授業に完全に転換した⁽¹⁹⁾。

4. 一抹の不安と自省

LMS導入後、初めて客観的にe-learningが学習効果のあることを示すことができた。しかし、だからといって、その授業は「適切」であったのであろうか・・・ e-learningが「最善」であったのだろうか・・・

話しを元に戻そう。最初に一般的な大学の教員に格別の「資格」が要らないことを指摘した。自身もそうである。様々な先達から「化学」の教育を受け、結果的に化学を修め、化学の教員になった。そして今、自身の業務は Informatics が多くを占めている。

私はICTの「有用性」を認識しているつもりである。そして、担当する授業にも、その有用性を適用させることを実践し検証して来た⁽²⁰⁾。CIEC設立の主旨とは合致していた。そして、CIECで広げた他分野の先達諸氏との交流の中で、教育を考える機会を広げていけたことも事実である。教育や教育理論の多少の知識にも触れ合う機会があったと思うが・・・

しかし、こと「教育」についてどれほどの知識を得る努力をし、どれだけ深く考えて、慎重に実践して来たのだろうか。省察の時期でもある。

5. 議論の観点：教育理論と新造語や新概念など

PCCでの論考で、参照し検討したい事項がある；

- ・「ICTを活用して行う教育や学習」を「eラーニング」と定義している向きもある。果たしてそうであろうか。「mラーニング」や「uラーニング」という用語も出現している。それ故に、技術偏重、胡散臭いと指摘する向きもある。
- ・ICT利用教育の源流は、戦後、実用的計算機の登場に併せて始まったComputer-Aided Instruction(CAI)は行動主義的学習観に通じる。これに対して、認知主義的学習観が対置され、構成主義的学習観も論戦に参入する。そんな中、ICTは、謂わば、教育理論の主張の手段となっていると指摘する向きもある。
- ・教育はヒトの存在に関わる極めて重要な社会政策である。同様の社会政策の医療分野では、新しい治療法は緻密な「治験」によって確認されて初めてその方法の実施が認められる。教育ではどうか。

6. おわりに：PCCで議論したいこと

以上は、自身が授けてもらった教育や教員となつての経験や学習を自戒的に概観し、議論の下地となるべ

く準備した背景となる論考のための資料である。

PCC(2012)では、自身が取り組んで来た情報機器を利用した教育のうち、基礎教育の「情報処理教育」を切り口にして、CIECへの思いと自身の経験的検証を展開し、参加者からの示唆多きご意見を拝聴し、議論を深めたい。

註と参考文献

- (1) 嶋 正利, CIEC 編集部: "INTEVIEW マイクロプロセッサの誕生と未来", コンピュータ&エデュケーション, Vol.18, pp.3-10(2005)
- (2) 嶋 正利, "我が青春の4004", 岩波書店, (1987)
- (3) HP9000 シリーズは、256kBのRAMで、当時としては、メモリー容量を気にせず冗長で下手なプログラムも受付けてくれた。また、取り扱い説明書の完成度が非常に高く、計算機の勉強もできた。
- (4) CP/M-80 や CP/M-86 は、多くの日本製のPCに日本語とともに移植された。
- (5) J. J. Lagowski: "Chemical Education: Past, Present, and Future", J. Chem. Ed., Vo.75, No.4, pp.425-436 (1998).
- (6) 人間を守護し神の意思を伝える役割の「天子」の中の最上位の「大天子(seraph)」の複数形；計算機を用いた様々な教材が教育という神の意思を伝え学びを守護する役割と重ねあわされた命名。
- (7) 中村 彰: "学びとコンピュータ ハンドブック", p.272-275, 東京電機大学出版局 (2008).
- (8) Vernier 社(www.vernier.com)から、SCSII規格のむき出しの「Interface 基盤」に理科実験のための各種センサーからのデジタル信号をMacintosh本体に取り込める基盤が\$500程度で購入できた。現在も同社は各種のOSに併せた計測教材を提供し続けている。日本の理科教育全般に浸透していないのが残念である。
- (9) 化学構造の表示方法や有料/無償の良品が多数ある。「構造式エディター」や「構造式表示」等で検索されたい。
- (10) 浅沼大海, "HyperCard ドイツ語教材の活用", コンピュータ&エデュケーション, Vol.1, pp.80-84 (1996)
- (11) 1990年には、Macintosh PlusとNinjaTermでCommunication Server(CS)を経由して、Internet Mailを利用していた。
- (12) 1996年7月、中央教育審議会は「21世紀を展望した我が国の教育の在り方について」
- (13) Computer Science という用語は、図書館書誌学に起源を持つInformation Scienceを峻別する意味で用いられた。
- (14) 松本光功編著, "コンピュータへの招待", 森北出版, (1991); 信州大学の公開講座による先進的な取り組み。
- (15) 広内哲夫, "コンピュータと情報処理", 啓学出版, (1992); 計算機の仕組みや利用の概観書。
- (16) 国井寿泰, "コンピュータサイエンスのカリキュラム", 共立出版, (1995); 米国のComputer Scienceの実情等を紹介しつつ計算機科学という新しい分野の一種の指針的な多数の専門家による提言の書籍。
- (17) 例えば、個人利用CORPUS(www.mis.med.akita-u.ac.jp/~taka/InstallSCORP/), 英語自学サイト(www.mis.med.akita-u.ac.jp/~nakamura/Kata/index-j0.htm), 科技年表(www.mis.med.akita-u.ac.jp/~nakamura/WWN/R-ref/yearsearch-pl.html), など
- (18) 竹内, 丸山共訳, W.R.ベネット著, "パソコンプログラム 文科系のための問題演習", 現代数学社, (1983); 竹内, 丸山共訳, W.R.ベネット著, "パソコンプログラム 理科系のための問題演習", 現代数学社, (1983)
- (19) 日本データパシフィック社製「WebClass」の導入
- (20) 片平昌幸, 中村 彰 "新入生のICT素養と学習効果の統計学的評価", Computer & Education, Vol.29, pp.86-91(2010)