

企業と職業能力開発施設の連携による 設計技術教育システムの提案

京都職業能力開発短期大学校
日東精工株式会社

長 嶋 喜一郎
岡 安 繁 樹
段 秀 二

Proposal of Ability Development System for Design Technician

Kiichiro NAGASHIMA, Shigeki OKAYASU, Shuji DAN

要約 企業内教育で発生した技術教育上の問題点を克服する目的で、機械の構造解析に関する教育が事業内援助の形で実施された。本文は、この成果を基に、機械設計および機械の構造解析の教育に有効ないくつかの教育課題を選定し、具体的な教育法も示している。また、若年技術者と熟練技術者の技術力格差を埋めるため、企業と教育機関が緊密に連携した形の教育体系を提案している。

I はじめに

今日、技術者にとって最も必要な資質は創造意欲であり⁽¹⁾、したがって社員教育の中でもそれを支える技術教育はとりわけ重要である。

一般に技術教育は、技術の利用的側面を主とした実践的教育と、その技術の裏付けである基礎理論の教育に分けることができる。そして創造意欲に富んだ技術者の育成には両者のバランスのとれた教育が欠かせない。しかし、能力開発施設で実施される能力開発セミナーでは、即効性のある技術に対する企業の関心が高く、応用技術、実践的技術に対する要望が強い。

企業における人材育成は、企業の形態による差異はあるものの、大部分の企業で実施されてきている⁽²⁾。しかしその実態は、工学的な基礎教育から応用技術までを幅広く体系化された教育プログラムに沿って教育している企業もあるが、多くが技術教育をOJT (On the Job Training) により実施し、応用技術のみの教育に止めている。

機械設計に関する若年技術者の技術教育をOJTによって実施した場合、指導者の時間的な制約や開発・設計サイクルの短時間化などの理由により、機械全体

を見通した設計教育が難しくなり、局所的、断片的な教育が多くなってきていること、そしてこれが若年技術者の設計能力の低下⁽³⁾や、教育の成果にばらつきを生じさせてきている⁽⁴⁾、などの欠点も指摘されている。すなわち、OJTが主体の企業では、機械全体の構造解析（主に強度計算）を実施したのは教育訓練機関での技術教育だけということになりかねない。このためか、機械全体を設計できる技術者でも、具体的に強度計算をすることなく、前例との比較で判断する傾向もみられる。

設計の分野は構造解析のみではない。治具などの設計に見られるように、機械要素の寸法は前例を参考にして決められ、強度計算は省かれることもある。このような前例を参考にした設計は、前例が必ずしも適正であるという保証はなく、また前例のない場合もあるなど、問題を残している。

本文は、若年技術者の技術力を改善する一方法として、能力開発施設での教育、すなわちOff-JT (Off the Job Training) によって設計基礎及び構造解析の方法を教育した例を報告し、この教育で得た知見を基に、技術の再生産を実現するための教育システムを提案する。

II 企業が抱える人材育成に関する問題点

各企業は高度成長期に新製品の開発にしのぎを削ってきた結果、応用技術、基礎理論とも熟練技術者の手によって大いに発展した。しかし、企業によっては、基礎理論の教育がOJTになじみにくいことや速い製品開発サイクルに追従していくため、基礎理論の教育は後回しにされてきた経緯がある。その結果、熟練技術者と若年技術者の技術力（製品開発力、創造力）に連続性が保てなくなり、技術力が空洞化してきている所もある。

企業が今後とも持続的に発展していくためには、高度に付加価値を持った製品の開発が必要であり、またこれを支える人材を育成し早期戦力化を図ることが重要課題である。このためには、応用技術と基礎理論をバランスよく教育し、技術者の設計能力を高め発展させることと両者の技術力差の解消が重要な課題になる。以下は、Off-JTによる企業の教育体制の現状と問題点について、N社各部署の熟練技術者5人に面談し聞き取り調査した結果を要約したものである。

1 設計教育体制

- (1) 設計者として配属された者は一般的な基礎学力を保有していることを前提にし、最初に、企業内で用いられる設計上の手順を含む基礎教育を行う。
- (2) 次に、若年技術者は熟練技術者の指導の下で、前例になる機械を参考に、設計の経験を積んでいく。
- (3) この際、技術上の問題点を克服する形で技術力を練り上げる。
- (4) 熟練技術者（上司）は、相談にのる形で部分的なOJT教育を行う。
- (5) 機会あるごとに技術研修会、発表会に参加させる。

このような教育体制の企業は多数あると考えられる。とくに、技術上の問題点を克服する努力は、技術力を向上させる方法として期待できる。しかし、前例になる機械からの脱皮の度合により、新技術を開発するのがあるいは前例を踏襲した無難な設計をするのかを選択することになるが、多くの場合無難な設計が選ばれる傾向にある。とくに中小企業においては、技術革新のためのプロジェクトでも組むのでなければ、新技術の開発は事実上難しい。また、特定の技術者に指導を受けるため、若年技術者の技術が偏る傾向も見られる。

2 教育上の問題点

- (1) 技術教育専門の指導者はいない。

- (2) 熟練技術者は忙しい。
- (3) 指導者として疑問点に答えられない分野もある。
- (4) 地域、業種によっては技術情報が入手しにくいことがある。
- (5) 長期間にわたる技術教育は、教育の効果を把握しにくい。

このような教育上の問題点の提起は、企業のOff-JTへの期待が高まっていることを示す反面、調査によれば、企業は1つの技術を獲得する教育単位（1教育課程）として10時間程度を想定している。ゆえに、技術者の教育プログラムは、①各教育課程が短時間で習得可能な課題で構成され、②教育成果が刻々確認できる形に組まれていること、が期待されているといえる。

3 教育上の課題

- (1) 若年技術者に、自主的に学ぶ意識、教育を受けない分野も学ぶ意識を持ってほしい。
- (2) 若年技術者に、現状の技術に満足しない意識を持ってほしい。
- (3) 指導者にも技術力向上の努力が必要。
- (4) 指導者に教育のための時間を確保したい。

(1)、(2)の課題に対し、企業は、新しい技術の流れやその必要性、技術体系などを若年技術者に示し、新技術獲得のための動機付けと若年技術者が新技術の獲得に積極的に取り組める環境を整備しなければならない。また、得られる教育的成果は、技術の必要性、興味度、おもしろさ、体験した成功と失敗の数でその期待値が決まるといえる。

しかし、中小企業において、技術教育システムを持つには一定以上のスタッフが必要になること、また製品開発を業務とするスタッフでもなければ、失敗の数という点で奨励されてもおお失敗しにくい環境にあるため、適切な技術教育のシステムを持つことは難しく、企業規模によっては、技術者自身の考え、計算結果を自由に検証できる場としての教育環境を外部に求めることも必要になる。

4 その他

- (1) 一人の技術者が獲得した技術を組織の技術として使いたい。

技術の標準化、体系化の程度は企業の技術レベルを示すといえる。しかし、技術提供者と利用者の技術力に大きな格差がある場合には、提供された技術を創造的設計にまで発展させることは難しく、逆にマニュアル

ル化した技術の提供は、技術力の空洞化を助長する原因にもなる。

Ⅲ 教育プログラムの実施と教育結果

設計は知的生産活動である。したがって、設計者やその集団の知識レベルと応用能力に負うところが大きい。すなわち設計者には、機械工学に基づく基礎的な計算力と機械構造を空間的に設営する能力が必要になる他、製図の知識、市販の材料や機械要素・電気要素の知識、自然科学、社会科学などの知識も要求される。そして、これらの能力や知識は設計の経験を積む中で磨き上げられていくことになるのはいうまでもない。

1 教育プログラムの実施

今回、Off-JTを受講した対象者（1人）は、機械加工、NC機械のプログラミングを20年来の業務とし、ここ2年ほど治具設計などの機械設計に携わってきた関係で、構造解析及び設計に関する基礎知識が必要になったものである。

受講者への教育方法として、教育プログラムは知識の不足を補う形で開発すること、学習の進度は受講者の歩調に合わせることにした。この際、受講者は、すでに機構や構造設計を担当し、機構を、空間的に把握する能力は保有していると考えられるため、メカニズムを構成する分野の機構学などは省いた。

実施した、教育科目、時間、目的及び学習項目は表1、表2の通りである。また、教育は、毎週1回3時間、9ヶ月間で合計99時間の授業を学習項目の講義とそれらに対応した具体的な演習で実施し、実機の設計演習で全体をまとめた。

表1 実施した教育プログラム

教育科目	時間	目的
機械力学	18	部品に働く力の大きさの計算と力の作用によって起こる運動を予測する
機械要素設計	15	働く力に耐えられる部材の寸法を決定する
機械システム設計 ⁽¹⁾	12	機械の仕様を検討し機械装置を企画する手法を学習する
機械設計	15	慣性モーメントの計算法と機械の制御性、必要動力の大きさを決定する
材料力学	15	働く力による部材の変形度を予測する
設計演習	15	実機の強度計算を担当し部品寸法を検証する
その他	9	機械振動に関する実験、機械装置の見学など

ただし、教育科目名は便宜的に付けられたものである。

表2 教育科目の学習項目

教育科目	学習項目
機械力学	力のつり合い、重心、直線運動、円運動、運動方程式 剛体の運動
機械要素設計	機械のしくみ、安全率、はめあい、ねじ、軸、キー 軸受、歯車、ばね、危険速度
機械システム設計	機械の設計手順、アイデアの創出、センシング 流れ図・システム図、機械の調査、自動機の設計演習
機械設計	慣性モーメント、等価慣性モーメント、等価トルク モータの能力計算
材料力学	応力とひずみ、骨組構造、梁の曲げ、梁のたわみ 衝撃荷重、ねじり、座屈
設計演習	設計進行中の機械の問題点の抽出、機械要素の強度計算

実施した教育プログラムの特徴は、基本プログラムとして、①構造解析に必要とされる力学的な課題を網羅したこと、②機械の構想を考察する課題を含めたこと、③実機の部品強度を検証したこと、が挙げられる。また、教育手法上の特徴は、「課題に対応した計算式を作り解を得る」こととしたことである。これは、「課題に対応して作られてきた式」を、考察することなく使うことによる応用力の低下を避けるためである。

教育の結果、いずれの課題も短時間で一定レベルに到達できている。以前学習した経験が、短時間での習得につながったことは否定できないが、むしろ、企業において設計しながらも確信が持てずにいた事柄を検証できることが、学習意欲と理解を高めたと思われる。そして、教育プログラムの中で最も教育効果があったと考えられるのは、設計演習を実施したことである。一般に機械工学など設計に必要な教育課題を学習しても、教科間の連携を取る教育をしなければ実用にならないこともあって、設計演習を実施したことが、学習の理解度を高める重要な要素になったと思われる。それぞれの教科が提供する練習問題は、教科に対応した典型的な解が得られるように単純化されている。しかし実際の設計では、問題が単純化されていないため、得られた多くの解を総合的に整理して、適正解を得る作業が必要になる。そして、教科間の連携が問題の解決に重要な役割を發揮することとなる。今回行った設計演習は、製作途中の実機を扱った機械要素の強度的検証であったため、受講者に緊張感もあり、より実践的な効果があったと思われる。

2 教育結果

実施した教育に対し、指導者側として以下の結論を得た。すなわち、設計に関する工学の再教育と教育手

法の相乗効果によって、改めて複合的な問題の単純化に取り組めるようになること、強度計算を適正に実行できるようになること、そして教育の効果は、実機の強度計算で評価・確認できることである。

また、解析に必要な、問題の単純化と計算式の適用については、これらを目指した訓練の成果でもあるが、興味を持って学習できたこと、教科間の連携を取ったことの他、教育の成果を時間をおかず使ってみたことによる。業務によってはそれぞれの学習成果を使う機会も少なく、使わないままに使えなくなってしまう傾向もある。すなわち、体系的に受けた教育をできる限り早く使用するような、検証的機会を持つことを重視しなければならない。

また、受講者は、機械要素の設計計算が一通りできるようになったこと、機械を個々の部品としてでなく、装置として捉えられるようになったこと、結果的に設計することへの自信が持てたことを評価している。反面、今回の講習が、「実用的な計算式の使い方」の教育と違い、「課題の単純化とこれに対応する計算式の構築」を主としていたため、教育範囲も広く内容的にも難しく、理解するのに時間がかかったとしている。また、数学の知識の必要性も指摘している。しかし基礎的な思考訓練の効用として、設計に対する考え方に大きな変化がもたらされた。すなわち、設計することに自信が持てたこと、この自信によって、受講者は今まで以上に創造的になれたといえたことである。

両者の評価から次のことがいえる。企業が人材育成の目標とする創造的技術者、あるいは自己改善型技術者には、設計する機械の内容を隔々まで考察できる能力、すなわち機械の企画力、機構の構成力とそれを検証できる計算力が必要になる。また、教育の際、設計者の成長進捗を確認していくため、技術力に応じて思考結果を刻々評価できる課題作りが必要になる。この意味から、機械工学の基礎計算と実機を対象にした構造解析の取り組みは、基礎学力の向上が見込める他、複雑な系を単純化する能力が育成できるなど、思考力の訓練に有効であったこと、実機を機械工学と設計者の経験の両面から多角的に検証できたこと、またこれらの相乗効果が期待できること、など教育訓練に最も有効な方法の一つと考えられる。

3 受講者のニーズプログラム

実施した教育プログラムと受講者のニーズプログラムは少し異なっている。受講者のニーズには、実施した教育課題の他、機械材料の選定法や機械設計の進め

方が含まれている。しかし、先に示した機構学の他、機械技術者の教育に必要とされる製図法や機械材料などの分野も、今回の教育目的が機械の強度計算におかれていることや、受講者が機構や構造設計を担当していることもあって教育課題から割愛した。この中で、機械設計の進め方については、表1の“機械システム設計”の課題として、機械の企画やメカニズムの構成法などの一部を教育する機会を得たが、「機械設計に関する業務の全体を概括する」あるいは「機械を創造する」という意味で必ずしも時間が充足していたとはいえない。このような、機械設計の全体像を概括するタイプの教育に需要があることはすなわちOJT教育によるこの種の教育の難しさを示しているといえる。この需要すなわち設計に関する業務の全体を概括できる能力は、技量の差こそあれ、設計技術者として最初に必要なで、そして最後の教育訓練にもなる重要課題であることを示している。

4 講習から学んだ教育プログラムへの提言

提供した教育プログラムと受講者の希望のプログラムを統合すると以下のような教育課題がプログラム化される。

基本プログラムとして、

- (1) 論理的思考と計算力を支える技術：数学など。
- (2) 機械の静的な強度計算を行える技術：力学、機械要素設計、材料力学など。
- (3) 過渡運動を考慮し強度計算を行える技術：機械力学、機械設計など。
- (4) 機械を企画し構造を検討できる技術：機械システム設計、機構学など。
- (5) 機械を構成する材料の知識：機械材料、熱処理法など。
- (6) その他の技術：潤滑技術、緩衝技術など。

応用プログラムとして、

- (7) 設計演習、機械運動の実験的検証など。

技術者の能力開発の最終目標の1つは創造（アイデア）の実現化能力であろう¹⁶⁾。そして、教育プログラムは技術者個人の技量に応じ、目的に合わせ開発されるべきものである。まして機械の強度計算は、機械設計の支援技術としての位置づけが強い。このことは、教育プログラムの開発において次の内容を含む必然性を示唆する。すなわち機械の強度計算のように仕上がり像が限定されている計画でも、機械設計の基盤をなす①機械の企画・構造に関する教育課題を教育プログラムに取り入れることである。これは、設計する機械

全体を分析できる能力の向上と、機械各部位で実施される強度計算の機械全体から見た位置づけ・重要度を理解でき、安全率の設定ができる能力を身につけるためである。また、能力開発プログラムとしてレディメイドの技術力向上教育プログラムを開発する場合は、
 ②技術者自身に不足している教育課題が選択できること、そして、同時に複数の業務を抱えている技術者を
 ③長時間束縛しないことも重要である。

技術者の成長過程と基本プログラムの一例を図1に示す。技術者の成長過程は、機械装置に対する技術的視点の広さに応じて大きく4つの段階（教育階層）に分けることができる。この中で、1つの階層に配属された技術者は、階層に設定された1教育課程の1日（6時間程度）に習得可能な課題のセグメントを選択し、技術を獲得していくこととする。また、各教育階層を達成していく方法として、客観的に評価できる実践的な課題たとえば製品と直結した課題の技術的克服ができた段階で技術力の階層別レベル達成が認められ、上位の教育階層に進む形などが考えられる。その中では、設計者の創造性の一端を示す機械システムの構成力と、創造力を裏付ける基礎的な計算力をキャッチボールしながら獲得し向上していくところにバランスのとれた技術者の成長が期待される。なお、熟練技術者は機械の開発設計段階や挑戦的設計段階に配属され、若年技術者の指導の他、研究的課題や新技術の開発に当たることになる。この意味で、今回行われた教育は、複合要素設計段階を中心に計画されたといえる。以上、開発された教育プログラムは、類似の対象者に対し同等の教育効果が期待できるものと考えている。

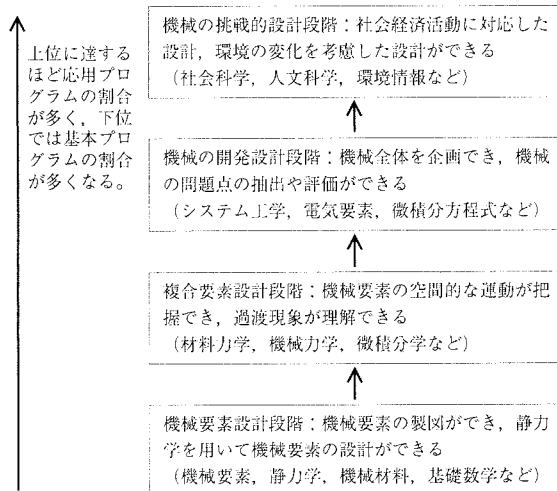


図1 技術者の成長過程と基本プログラムの例

IV 企業と交流を深めた教育システムの提案

企業ニーズに応えるため、変化の速い時代の技術教育には、産業の高度技術化にともなった内容だけでなく、基礎的な計算力、思考力の充実がとくに必要である。そして、教育方法についても新しい手法が求められる。このための一方法として、教育訓練の現場を、企業と教育機関の両方に求めた生産現場密着型の効果的で機動力のある方法を提案する。

一般的に、若年技術者には、客観的評価の一例として、熟練技術者がⅡ-3節に取り上げた要望に見られるような、主体性、創造性が欠如している状態があると考えられる他、基礎知識にも大きな差があると考えられる。また教育機関の持つ問題点として、実践感覚の希薄さに基づく、実践的対策・対処法の出にくさ、受講者数によっては各人の技量を無視した教育に陥りやすいことなどが挙げられる。さらに企業と教育機関では、主に実践感覚の違いによって、教育課題の選び方や教育成果の捉え方にも違いが起こる。

しかし、ここに挙げた要望や企業と教育機関の足並みの違いは、教育システムの作り方や教育手法によって解決できる問題点と考えている。すなわち、製造過程・改善過程に沿って配置された技術要素をめぐる、技術者や教育機関の指導者間で行われる技術の共有化作業である相互指導・共同研究などの人的交流と、教育訓練環境の提供によって解消できると考えている。この教育システムを図2に示す。

図2には、図1に示した技術者の成長過程を基に、各教育階層に配属された技術者の相互関係と、各技術者が獲得した成果を企業に反映させるための情報の流れを示している。そしてシステムには、より高度な実践力を得るため、次の特徴を持たさねばならない。すなわち①教育効果の高い実機を用いた設計演習を教育の中心的課題にすることである。このための方法として、②生産現場で企画立案した製品の生産過程・改善過程を、一貫した製品製造のシステムに乗った形に細分化し、レディメイドの教育セグメントに再編することが必要である。そして、技術の共有化作業、あるいは指導をやすくするため、③技術的支柱を同じくする相互教育グループを作ることである。とくに技術者個人の前後に熟練した技術者と未熟な技術者を配置することが重要で、このことにより、中堅技術者として技術の連続性を保つ責任が喚起でき、自らも進んで技術を学ぶ形ができる。

このように、教育機関には、技術者のための技術教

育コースが常設され、問題が発生したときいつでも機能するシステムが必要である。すなわち教育機関では、学理学習の場と実験・研究、検証の場を、企業では、課題の製作と実践感覚の訓練の場を提供することが必要になる。

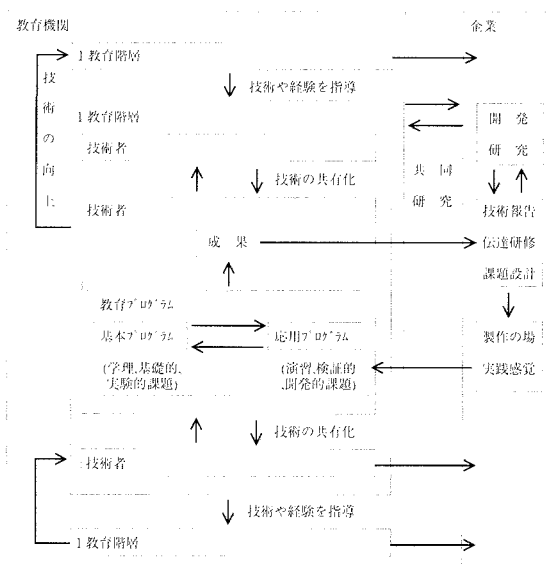


図2 技術力再生産システム

このシステムで、実践的な企業と学究的な教育機関の持つお互いのよい点が引き出され、弱点がカバーできる教育訓練環境のシステム化が期待される。すなわちここに提案した教育システムの下に、現場感覚に基づく技術と学理を実機に集約するプログラムを実施すれば、企業と教育機関の持つ教育システム上のミスマッチを解消しつつ、企業が期待する教育目標を達成できると思われる。すなわち、教育目標を達成するには企業と交流を深めたきめ細かな連携こそ教育システムに必要な教育環境である。この点、基礎知識は、専門教育の期間に依存する部分が多いため、技術者の技量に応じて1教育課程の区分を多くすることも必要になる。教育機関が提供できる教育プログラムは、Ⅲ-4節に挙げた課題が中心になると考えられるが、企業との連携が深まることにより、しだいに応用プログラムの中に開発的課題・研究的課題の比重が高まることが予想され、また共同研究へ発展していくことも予想される。そしてこの教育システムは、得られた成果を再び教育に組み込むことによって技術を生産するシステムに発展することが期待される。

この教育体系では多人数を同時に教育することはあまり意味がない。むしろ技量の異なる少人数の技術者を多層階にわたって教育することに意義がある。

すなわち技術力の上位者に下位者に対する伝達教育を義務づける教育手法によって上位者の持つ技術の上位者への定着が促進され、またこの教育法で下位者に上位者の技術と経験が伝達されるため、空洞化した技術力を埋める方法としてより有効に機能するものと思われる。また、このシステムは、熟練技術者それぞれが得意とする技術分野の集積と保存に有用であるし、また技術者個人の有する問題点を発見できるシステムになる。同様に、能力開発の大きな訓練目標の1つになる主体性や創造性は、技術者に、習得してきた知識や技術技能を自らの力で応用し、目的を達成していく形態の教育訓練を経験させられる実践課題の生産過程・改善過程の取り組みによって育成できるものと期待される。すなわちこの教育システムは技術力の再生産システムにつながる。

また、本教育システムの中にいくつかの技術的支柱を並立することによって多数の技術者を同時に教育することも可能になる。教育機関として、企業の期待に全面的に沿うことは必ずしもできないが、本教育システムの成長発展は、技術教育の環境が整備できない中小企業にとって自力で技術革新をなす基地としての役割を果たすことも可能になる。なお、この教育システムは同業種あるいは異業種の技術者に対し技術的交流の場、技術錬成の場も提供できると考えている。

V おわりに

技術教育は、どちらかといえば応用技術の教育に比重が置かれてきている。しかし結論的に言えば、基礎理論の教育も含めたバランスのとれた教育が切望される時期が来ていると思われる。すなわち、能力開発施設の役割として、設計者の基礎計算力を向上させる教育も、応用技術と車の両輪の位置づけで能力開発セミナーを提供していく必要がある。また、技術者個人が持つ技術を互いに提供できる教育環境作り、自ずと技術力が向上する教育システム作りが望まれる。

提供される教育プログラムは、今回の教育プログラムを参考にすれば、1階層につきおおむね100時間程度の教育セグメントを持って構成することが必要になると思われる。教育時間の長短は、技術者の選択したセグメントの数によって決まることになるが、刻々進む教育成果が掴めるため必ずしも長いとはいえない。

最後に、本文をまとめるにあたり、京都職業能力開発短期大学校角屋睦前校長には貴重な助言と暖かい激

励を頂いたことを記し、感謝の意を表する。

[参考文献]

- (1)野々垣稔, 小島耕二, 高専における新しい設計製図教育の取り組み, 日本機械学会関西支部, 第69期定時総会講演会—フォーラム・ワークショップ—資料集—, 1994年3月
- (2)京都新聞, 京都信用金庫がまとめた中小企業動向調査, 1996年10月12日
- (3)西村薫, 企業サイドより見た設計技術教育, 日本機械学会関西支部, 第69期定時総会講演会—フォーラム・ワークショップ—資料集—, 1994年3月
- (4)宇佐美孝, 有元幸郎, オムロンにおける設計製図作業と教育の現状, 日本機械学会関西支部, 第69期定時総会講演会—フォーラム・ワークショップ—資料集—, 1994年3月
- (5)長嶋喜一郎, 機械システム設計の教育法について, 報文誌,1995年, 第7巻, 第2号, p99-104
- (6)園田憲一, 機械設計製図教育に関する一考察, 日本機械学会関西支部, 第69期定時総会講演会—フォーラム・ワークショップ—資料集—, 1994年3月