

工学教育と起業工学

－起業工学体系化への試み－

富澤 治* 加納 剛太**

*、**高知工科大学大学院工学研究科
〒782-8502 高知県香美市土佐山田町宮ノ口185

E-mail: * tomisawa.osamu@kochi-tech.ac.jp

** kano.gota@kochi-tech.ac.jp

要約：知識、もしくは技術を入力、製品を出力とする変換システムを考えた場合、工学とはこの入力から出力に変換するプロセスにおいて、課題を抽出、或いは創生し、その課題に対する解を与える方法論を提供するものであると捉えることができる。起業工学の概念は同様に入力を技術／製品、出力を事業とするシステムの変換プロセスにおける課題の創生とソリューション提供に対する方法論を提供するものである。この起業工学の視点で産業人に経営を教育する目的のため1999年に高知工科大学大学院に起業家コースが設置された。本論文では起業工学の概念、社会人教育の課題、教育システムのインプリメンテーション例について述べる。

Abstract : Engineering can be viewed as a system composed of “input”, “transformation process” and “output”. The input is “knowledge” or “technology”, and output is “products” or “more sophisticated technology”. Similarly, “Entrepreneur engineering” can be defined as a system with “input”, “transformation process” and “output”. The input is “technology” or “products” and output is “business”. A function of the transformation process is to give methodology to identify issues and to provide solution to the issue in the business creation process.

In order to foster people who can identify new business opportunity and who can create value by challenging new endeavors, entrepreneur engineering course has been established at Graduate School, Kochi University of Technology in 1999. This paper describes a new concept of “Entrepreneur engineering” and implementation of education system.

1. はじめに

高知工科大学大学院起業家コースの設立運営の理念は「技術開発とともに、開発した技術を如何に産業育成に貢献させるか」という課題に対して、個々の産業人に新技術に対する市場

のニーズを把握し、事業化するための活動や組織を作り出す起業家としての能力、意欲を持った人を育成する」ことにある[1]。本研究の目的は技術戦略と経営戦略を統合し、技術シーズから事業化に至るプロセスにおける課題を見出

し、かつその解を提供できるような人材を育成するための教育を起業工学という枠組みで体系化することを試みることにある。情報通信技術と企業経営が密に結合された情報産業の時代では、あらゆる産業領域で技術と経営の融合が求められる。対象となる学生は技術系、非技術系を問わず、実社会で活躍する産業人である。起業家という言葉は一般に新規にベンチャー企業を設立する人を意味するように使われることが多いが、起業というものを原点である「事業を起こすこと」と捉え、ここでは Pinchot が定義している既存の組織内でイノベーティブな活動をしているいわゆるイントラプレナーと呼ばれる人まで拡張している[2]。従って対象となる潜在的な顧客、すなわち学生は大企業、中小企業の経営幹部、ミドル・マネジメントから SOHO (Small Office Home Office) の経営者、地方自治体を含む非営利組織の人々である。この教育の期待されるアウトプットはベンチャーを創造できる人のみでなく、経営の分る技術者、あるいは既存組織で活躍できる起業家精神豊かな人材を作り出すことにある。

近年国内で MOT (Management Of Technology) 教育が非常に盛んになってきた。元々は 1980 年代に米国で競争優位性の低下に対処すべく数多くの MOT プログラムが開発された事に端を発したものであり、経営リソースの一つとして技術をマネジメントすること、そして技術戦略に焦点が当てられてきた。

マイアミ大の Tarek Khalil は MOT を科学／技術知識と経営知識を統合する学際領域と定義している。伝統的な科学／技術領域は科学的発見と技術の創造に注力し、他方伝統的なビジネス管理の領域は企業経営、会計、財務、マーケティングを主たる対象としてきた。MOT は技術創造に焦点をあてた学問領域を、富への変換を可能とさせる学問領域と結びつけるものである[3]。

事業と技術の整合の課題については

Yogendra が既存企業とスタートアップを比較しつつ議論を行っている。既存企業の多くが新技術の取り扱いを IT 部門内などの限定された機能部門の役目としてきたが、新しい技術ビジョンとイノベーションは本質的に主流のもの、つまり、将来の新技術を監視し、競争優位を確立するイノベーションのパイプラインの中に取り込んでいくプロアクティブな取り組みをすべきと指摘している[4]。

アクロン大の R.Ray Gehani は“Management of Technology and Operations”の著書で、利益という目標の宝島に向かって、海賊（競合他社）、嵐（経済環境）と戦いつつ大洋を帆走しているヨットの V6 ターボエンジンの隠喩を用いて技術経営を説明している[5]。彼は MOT を 3 つのサブシステムに分割している。最初はコア変換サブシステムであり、これは知的財産、製品開発、生産オペレーションの 3 つからなる。第二のサブシステムは最初のサブシステムを支援するもので品質、情報処理、人材からなる。この合計 6 個の要素がそれぞれエンジンの 6 つの気筒に対応し、これらの各気筒に対応するコンピタンスがうまく同期して働かなければ出力効率が大幅に低下するという主張を行っている。第三番目のサブシステムはプロジェクトマネジメントとリーダーシップであり、これらはヨットの方向付けを決めることに対応する。

Okutsu 等は 2002 年から 2004 年の間に開発された 100 件以上の日本の MOT 教育プログラムの分析を行い「技術指向のプログラム」、「技術に焦点をあてたプログラム」、「一般経営プログラム」と「特定プログラム」の 4 つのカテゴリに分類した。この調査研究で観察された主なポイントは①中心となるトピックはアントレプレナシップであり、②技術に焦点をあてたプログラムではイノベーションが主テーマ、③技術指向プログラムでは R&D 経営が主なトピックであるとしている[6]。

アントレプレナシップの最適な定義の一つは

Kaoによって与えられている。彼によれば「アントレプレナシップとは事業機会の認識、その機会に適したリスクをとる経営、プロジェクトを成功させるために必要な人、物、金のリソースを結集させるコミュニケーションとマネジメントの能力を通して価値を創造する試み」である[7]。

アントレプレナー・エンジニアリング・コース（起業家コース）は1999年に高知工科大学内に設立された。起業工学という新しい言葉は技術シーズからスタートして起業家精神を持って事業創造を行うダイナミックなプロセスとして概念的に定義されている[1]。本論文の目的はこの新しい起業工学という考え方をより体系的、かつロジカルに述べる事と、その教育プログラムの具体的なインプリメンテーションを述べることである。まず起業工学を工学の視点から再定義する。技術シーズから事業創造を行うプロセスを体系化するためにはこのプロセスを工学の視点で見る必要がある[8],[9]、まさにこれは起業家コースが工科大内に設立された理由の一つでもある。

2. 起業工学の概念

工学は図1に示す通り「入力」、「変換系」、そして「出力」からなるシステムとして見ることができる。この入力は「知識」もしくは「技術」であり、「出力」は「製品」もしくは「よ

り高度な洗練された技術」である。ここで変換系は課題を同定し、その課題に対するソリューションを与えるための方法論を提供する。電子工学の例では方法論を与える教育は「回路理論」、「デジタル電子回路」「集積回路工学」などを含む科目群によって構成される。この科目群は特定の技術をある製品に変換する方法論、アイデアを与える。同様に起業工学も図2に示す通り、「入力」、「変換系」、そして「出力」からなるシステムとして定義できる。「入力」は「技術」もしくは「製品」であり、「出力」は「事業」である。「変換系」の機能は入力から事業を創造するための方法論を与えることである。電子工学の場合と同様に起業工学における科目群は起業論、起業マーケティング、イノベーション論、経営学、知的財産権などからなり、これらの教科のセットは事業創造の方法論を提供する。計算機科学者である Niklaus Wirth は「アルゴリズム+データ構造=プログラム」という指摘をした。ここでプログラムとは特定の機能のソフトウェア・インプリメンテーションであり、プログラム開発における主たる要素は「データ構造」と「アルゴリズム」である。ある問題を解く場合、まずデータ構造を定義するか、或いは既存のものから適切なデータ構造を選択する必要がある。データ構造とは実世界における膨大な量の情報、データの抽象的表現であり、つまり事実の単純化と捉えることができる。あ

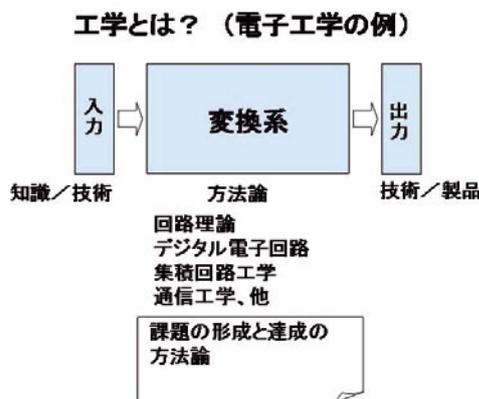


図1. システムとして見た工学

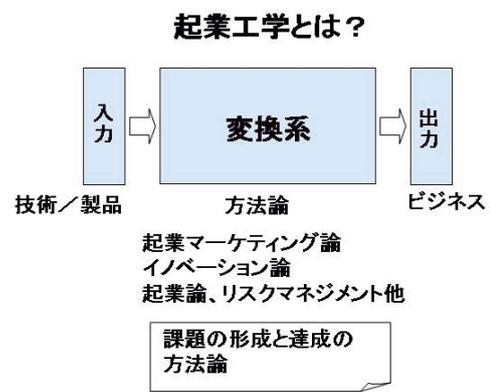


図2. システムとして見た起業工学

る問題を解くには現実をどのような仕方で抽象化するかを選択すること、すなわち現実の状況を表現するデータ集合を定義することが必要である。一度データ構造が選択されたら目標機能は、適切なアルゴリズムで定義される操作によって実現できる。ここでアルゴリズムとは望む結果を得るためのステップの集合である。

事業創造プロセスはこのメタファーを用いて解釈することが可能である。前述した通り技術／製品から事業へ変換するプロセスのキーパーツは問題の同定とその問題に対するソリューションの創造である。事業創造のプロセスは2つの部分に分割することができる。一つは「データ構造」に対応するもので、実世界の抽象化であり事業創造プロセスにおける問題の明示化である。事業は設計されるべきものであり、この部分は広義のビジネスモデル設計とも見ることができる。これは新設計でも良いし既存のモデルからの選択、或いは既存モデルの組合せでも良い。第二の部分はアルゴリズムに対応し、事業創造の手続き論、すなわちプロシジャーを与える。ビジネスモデル設計とプロシジャーはお互いに関連する。さらにこのビジネスモデル設計とプロシジャーの組合せはより上位の階層でのアルゴリズムを与えるものとなる。シーズは多様な工学分野から出てくるものと考えられるため、ここで図3に示す通り xyz 工学 + 起業工学 = 事業 という図式が成り立つ。他の工学群と起業工学との関連は図4に見られるとおり縦糸と横糸の関連である。電子工学、化学工学、

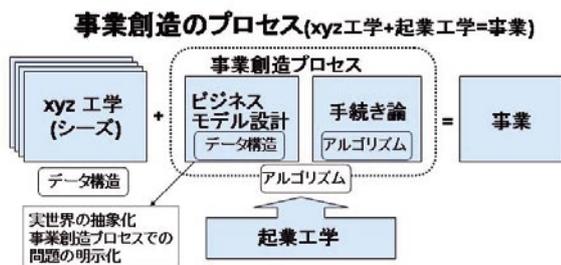
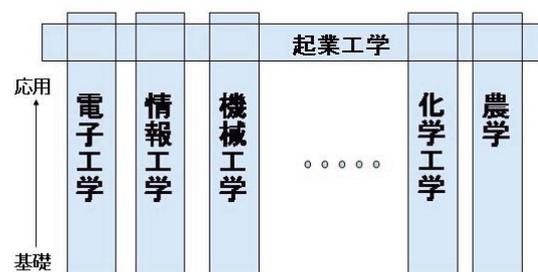


図3. 計算機科学のメタファー

機械工学等は縦方向に並ぶ縦糸とすれば起業工学はこれらの縦糸を横切る横糸のような位置づけである。従って起業工学は工学部、工学研究科の中で他の工学と並列に配置されるものでなく、むしろ他の工学群に共有されるコースと捉えられる。図4における工学コースと起業工学コースの重なっている領域が事業創造プロセスにおけるシーズと解釈できる。起業工学の位置づけを3次元的に示したものが図5である。最上位の平面が事業平面、上から2番目が製品平面、最下位の平面が知識／技術平面である。知識／技術平面において x 軸は技術分野を、y 軸は基礎工学からより応用指向への方向を示す。この平面での左端は科学領域でありここから右方向に工学の領域が広がっている。第3の軸すなわち z 軸は顧客の視点で見た価値、すなわち経済的な価値の軸を示す。底面が知識／技術レベルであり上方向に IP レベル、製品レベル、そして最終的に事業レベルにたどり着く。工学は科学領域から始まり右上方向への動きを支援する。すなわち工学教育は科学知識を製品レベルに変換する方法論を与える。起業工学はこの図で応用領域に垂直方向に立っている箱で表せる。起業工学は製品平面と技術平面で挟まれた立方体領域を工学と共有し、z 軸方向、すなわち経済的な価値を付加する活動の方法論を与える。この部分だけ抽出すれば図6に示す通

工学教育における起業工学の位置づけ



xyz 工学 + 起業工学 = 事業 / 起業

図4. 一般工学と起業工学

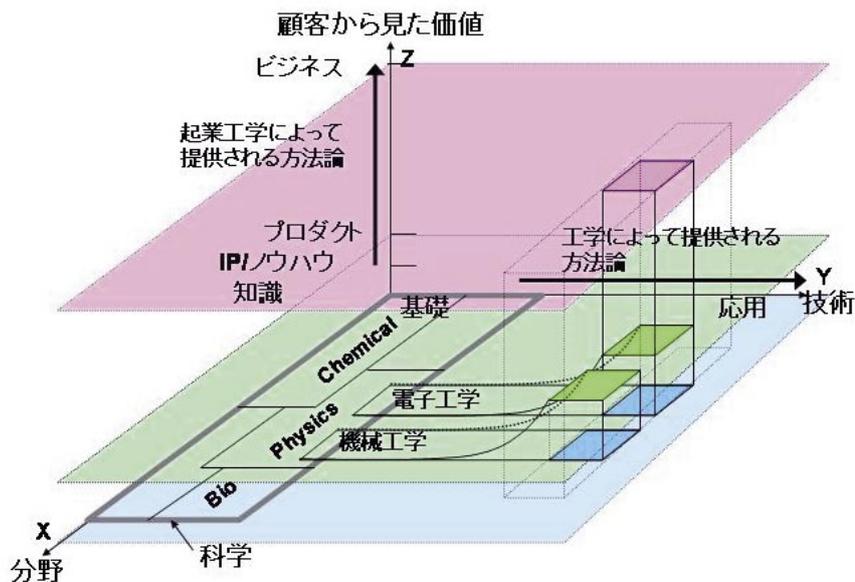


図5. 工学教育における起業工学の位置付け

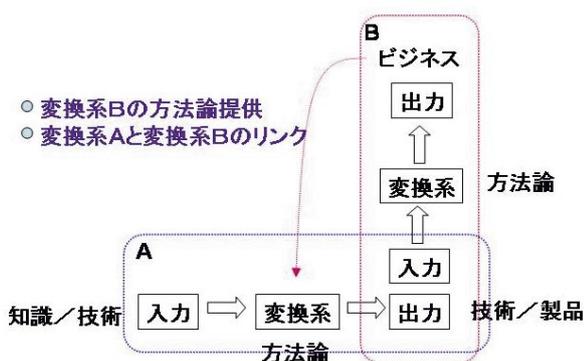


図6. 工学教育における起業工学の位置づけ

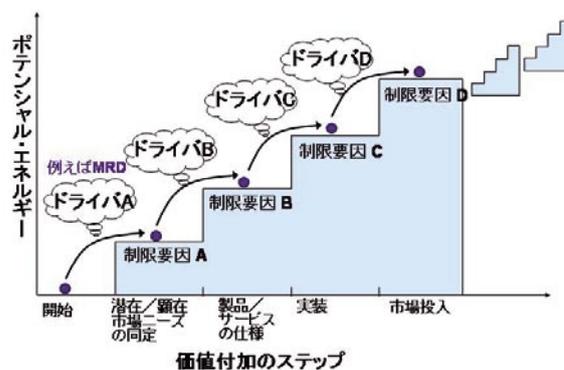


図7. 価値付加のポテンシャルモデル

り変換系 A と変換系 B の 2 つの変換系で表現することができる。ここで起業工学とは変換系 B に対する方法論を提供すると同時に、変換系 A と変換系 B をリンクする位置づけを持つものであると考えられる。

事業化とは経済的価値を付加していくステップの連続であり、図7に示すように各ステップには固有の制限要因が存在し、実質的なポテンシャル障壁を構成する。一方これらのステップを乗り越えるための方策、すなわち助長要因も個々のステップに対応して存在し、これらはポテンシャル障壁を越えるためのドライバー、或いはイネーブラーとなる。事業化における経済

価値の付加とはこのポテンシャル障壁を乗り越えることに対応するマクロモデルで表現できると考える。技術シーズから事業を創造するプロセスと教育カリキュラムの関係は図8に示すステップで表される。最初は顕在する、或いは潜在的なマーケット・ニーズの同定から始まり製品、或いはサービスとしての価値創造、事業開発、成長した事業の経営というステップが一つのサイクルになる。起業工学はこれらのステップ全てをカバーする。つまりこれらのステップを進んでいくための方法論を身につけるための一群の教科を提供する。例えば起業マーケティングはマーケット・ニーズの同定から価値創造

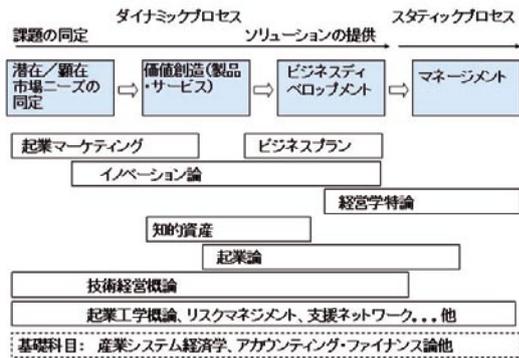


図8. 起業工学カリキュラム構造

のステップを支援し、イノベーション論はマーケット・ニーズからビジネス・ディベロップメントまでをカバーする。起業工学でカバーされるトピックは価値創造という観点から見ればダイナミックなプロセスを扱っているものと解釈することができる。

3. 教育プログラムのインプリメンテーション

1999年起業家コースが高知工科大学大学院に設立された。工科系大学へのこの類のコースの国内最初のインプリメンテーションである。

3.1 カリキュラム

カリキュラムは将来の拡張を想定して3階層の構造になっている。下位層はファイナンスとアカウティング、産業システム経済学のような基礎科目、中間階層は起業工学としてのコア科目であり、イノベーション論、起業論、経営学、起業マーケティング、ビジネスプラン等からなる。上位階層は企業経営実践等のアプリケーション指向の科目となっている。典型的な講義は一般理論と具体的なケース、各論の組合せで構成されている。起業家コースは日本でのパイオニア的な大学院教育プログラムである。このコースの基本的な目的は産業界の社会人に対して経営と起業家教育を提供することにある。学生のほぼ全員が職業を持っているためクラスは週末に開講される。講義形式はいわゆる集中講

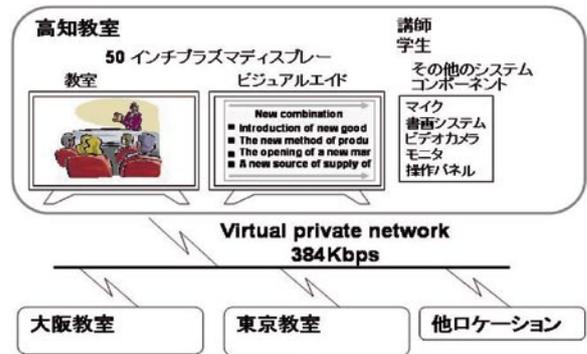


図9. 実時間、双方向TV会議システム

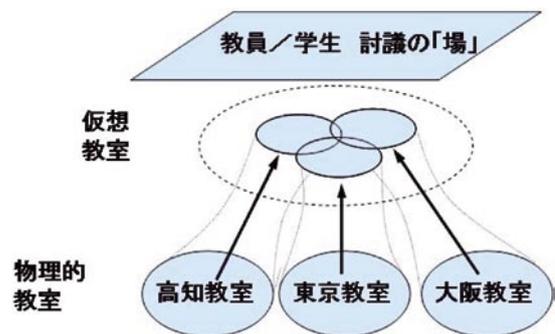


図10. 単一仮想教室の実現

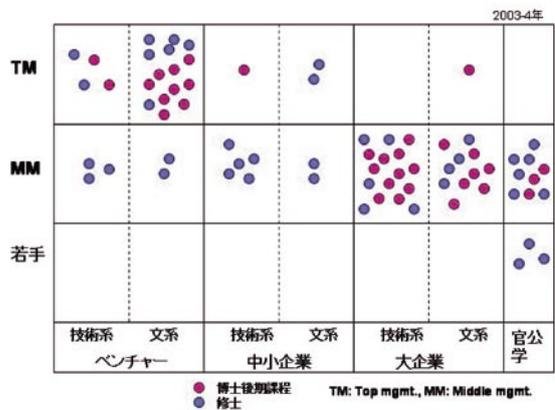


図11. 学生のバックグラウンド

義でありひとつの科目は一日6時間の授業4日間で構成される。ある週の土日、一週おいた次の土日の計4日間の受講で1科目を履修することが可能である。

3.2 対話型TV会議システム

この種の教育に対する要請は全国的なものであるため想定される学生は幅広い居住地に広

がっている。このためまず教室は高知、東京、及び大阪の教室あわせて3箇所を設置された。これらの教室は高速の光通信ネットワークで接続され、コースワーク運営のための実時間、マルチ・ロケーション、双方向、TV会議システムを構築している。ネットワークのバンド幅は384Kbpsであり、対話型講義、討議の環境として問題のないレベルの映像、音声品質が実現されている。

システムはマイクロフォン、書画システム、ビデオカメラ、モニター、全体制御用コンソールからなる。遠隔地講義を行うためには講師と受講生との間のコミュニケーション支援ツールの良否は極めて重要である。このため大型高解像度プラズマディスプレイを2台各教室に設置している。学生はどの教室からもマイクのスイッチを入れるだけで講義の流れに割り込み討議を開始することができる。サテライト教室の1台のディスプレイは例えば高知から講義している講師のプレゼンテーション資料を表示し、他の一台は、最も直近のアクティブであった教室を表示する。これらの3つの教室はネットワークで接続され、結果として単一の仮想教室を形成し、これは講師と学生の討議の場を提供することになる。

このシステムは3教室に加えて、米国、中国の大学と接続した国際TVセミナーにも利用され、パネル討議のような形態でも効果的に適用できることが実証されている。

学生のバックグラウンドは図11に示すとおりであり、多様な組織から来ている。中でも大企業の中間管理職とベンチャー企業の経営幹部が大きな比率を占める。技術系と非技術系の比率はほぼ同程度である。

起業家コースのひとつの評価基準として起業数を見ると、これまで学生、卒業生が10社創業している。他の学生はイントラプレナーとして既存組織で活躍している。

4. 結論

工学教育の新しい概念である起業工学を入力、出力を有する変換システムとして定義した。起業工学は事業創造プロセスを支援する1セットの教科群である。起業工学は技術シーズをビジネスに変換するための方法論を提供する。実時間、マルチ・ロケーション双方向TV会議システムを用いた、社会人のための教育システムを具体的に実装した。高知、東京、大阪に存在する教室が結果的に単一のバーチャル教室として機能することを確認した。

謝辞

起業家コース設立と起業工学の概念創造に対して多くの方が関与されたが、中でも水野博之博士のイニシアティブとご支援に深く感謝致します。

文献

- [1] 加納剛太, “大学院起業家コースにおける教育と研究”, 高知工科大学紀要: Vol.1, No.1, P.22, 2004.
- [2] Gifford Pinchot III, “Intrapreneuring”, Harper & Row Publishers, 1985.
- [3] T. Khalil “Management of Technology, the key to competitiveness and wealth creation”, McGraw-Hill, pp.7-11, 2000.
- [4] S. Yogendra and S. Sengupta, “Aligning Business and Technology Strategies-A Comparison of established and start-up business contexts”, IEEE International Engineering Management Conf. pp. 2-7, 2002.
- [5] R. Ray Gehani “Management of technology and operations”, John Wiley & Sons, 1998.
- [6] S. Okutsu, Y. Ikawa and A. Kameoka, “Analysis of Japanese MOT Education Requirements by a Needs-Seeds Matrix”,

- IEEE International Engineering Management Conf. pp. 248-252, 2004.
- [7] J. J. Kao, "The entrepreneur" Printice-Hall, 1991
- [8] 富澤 治 "技術マーケティングと工学教育", 関西工学教育協会 パネル討議 2005年2月
- [9] O. Tomisawa & G. Kano, "Entrepreneur Engineering-A new concept of engineering education" IEEE International Engineering Management Conf.pp.344-348,Sept. 2005.