

特集事例

青山学院大学 IE 研究室

— ものづくりのための改善技術と教育システムの開発 —

松本俊之*

Industrial Engineering Laboratory in Aoyama Gakuin University

Toshiyuki MATSUMOTO

キーワード：経営工学，管理技術，IE，改善マインド，問題解決

1. はじめに

1900年頃のアメリカで誕生した経営工学，その管理技術のIE (Industrial Engineering) や品質管理などは日本の高度経済成長期のものづくりの現場に貢献してきた。しかし，現場をベースとした純粋なIEの研究や教育を実施している学科は少なくなっているようである。そこで本稿では，経営工学の誕生と変遷，経営工学の中核をなしたIEと改善マインド，著者が所属する大学におけるIE研究室の研究テーマと研究教育体制について報告する。

2. 経営工学の誕生と変遷

1900年頃のアメリカにおいて，一般大衆の収入が大幅に増えて工業製品に対する大量消費市場が生まれ，同じものを大量に安く作る必要性があった。そのため，従来の固有技術に加えて新たに管理技術の問題が認識され，経営の問題に自然科学の方法論を適用し，経営工学（中核としてのIE）が誕生した。その管理対象は5M (Man, Machine, Material, Method, Money) であり，先人として，科学的管理法と時間研究のテーラー，動作研究のギルブレス，

ライン生産方式のフォードなどが活躍した。

1909年にアメリカ初，すなわち世界初のIE学科として設立されたのがペンシルバニア州立大学の理工学部にある Industrial & Manufacturing Engineering (IME) 学科である [1]。この学科は通称IE学科とよばれており，日本語訳はその研究教育内容から機械経営工学科になり，固有技術と管理技術を対象としている。最近の学科の教育内容は，設計技術，製造技術，経営システム，経営管理，人間工学，情報技術の6つの分野で構成されている。

著者が学生として学んだ1980年頃の管理工学科は，経営工学に関してIE，OR (Operations Research)，人間工学，情報技術，品質統計，経営管理の6つの分野で構成されており，さらに産業心理学なども含めて幅広く実践的な内容であった。

当時あった日本の経営工学関連の多くの学科は，時代のニーズや技術の進歩に合わせてその対象領域を拡大または深化させ，学科名称も工業経営，管理工学，経営工学，経営システム工学，経営情報工学，経営デザイン工学などに変遷している。

著者が所属する青山学院大学理工学部でも従来の経営工学科から経営システム工学科に改編され，現在では，問題解決の技術プロセスをもとにモデル化技術，分析技術，最適化技術の3つの分野で構成

* 青山学院大学理工学部
受付：2019年10月20日

され、モデル化技術分野の中に IE が位置づけられている。

3. IE と改善マインド

アメリカ IE 協会 (IIE) はその活動に関して「IE とは、人・もの・設備を統合したシステムの設計・改善・確立に関する活動であり、そのシステムから得られる結果を明示し、予測し、評価するために、工学的な分析・設計の原理・方法とともに、数学、物理学および社会科学の専門知識と経験をよりどころとして行うものである」と定義している。

日本 IE 協会はその活動に関して「人、物、金、情報、時間などの経営資源を、科学的な方法で有効に使い、市場が要求する商品とサービスを高品質で安くしかもタイムリーに提供すると共に、それを達成する人々に満足と幸福をもたらす方法を探求する活動である」と定義している。

IE の哲学として一般的に知られている言葉に、“There is always a better way”. (ものごとには必ずよりよいやり方がある) [2] があり、改善には終わりが無い。

著者は、IE とは人・もの・お金・情報を含むシステムの仕事の生産性を向上させる改善活動および問題解決活動のことであり、人が改善マインドを身につけて育つことだと考えている。

その改善マインドは4つのマインドからなる(図1)。人間の身体になぞらえると、動き系にはモーションマインド、ものマインド、設備マインドがあり、神経系には情報マインドがある。

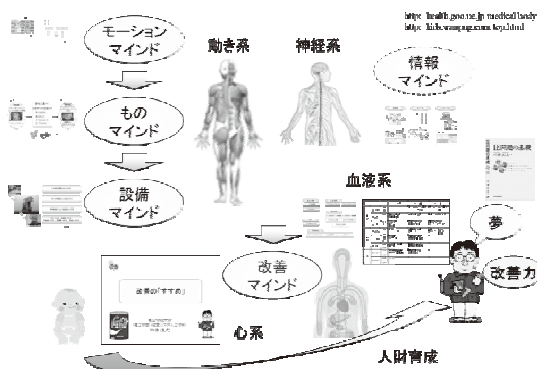


図1 IE と改善マインド

モーションマインドとは、作業者の動きに注目することであり、その手法として工程分析、マンマシン(マン)分析、およびサーブリグ分析がある[3]。現場の作業者による仕事をチャートで表現してモデル化し、いくつかの状態に層別してムダをとっていくように分析的にアプローチして改善する。

ものマインドとは、対象の変化に注目することであり、その手法としてものこと分析[4]と流動数分析[5]がある。ものに変化が加えられている瞬間のみが価値を生んでいるのであり、それ以外はムダであると認識して設計的にアプローチして改善する。また、ものの流れに注目してマクロの視点でとらえて、同期化がとれたスムーズな流れにしてリードタイムや在庫を削減するように改善する。

設備マインドとは、対象に価値を生む変化を設備化することであり、その手法としてステップワイズ・マイクロオートメーションがある[6]。これは、作業の中で価値を生む変化を1要素ごとに分割し、それぞれの要素ごとに知恵を使って必要最小限のメカニズムで簡単なつくりの治具や設備を作製して改善し、最終的には自動化する。

情報マインドとは、情報の流れに注目してスムーズにすることであり、その手法としてシステムチャート分析や自作による生産管理などの業務システムの開発がある[5]。業務の流れを分析してそれをシンプルになるように改善し、そのあとコンピュータで段階的にシステム化していく。これらのシステムは業務をよく理解している現場自身によって開発されるべきである。情報がうまく流れると、その逆方向にものがスムーズに流れるのである。

IE に関する人材育成には上記の改善マインドを中心とした心系の「改善のすすめ」[7]があり、また、血液系の IE に関する体系的基礎教育や改善プロジェクトの実践があり、さらに IE の哲学として『IE 問題の基礎』[2]の図書がある。これらのマインドの習得が IEr (IE を実践する人) には素養として求められるのである。

著者が考える理想的な改善の現場では、人はムリ・ムラ・ムダなく動いており、活き活きと仕事をしながら改善を楽しんでいる。また、ものと情報は

スムーズに滞留なく流されており、それが美しい流れになっている。さらに、設備は対象に合わせた必要最小限のメカニズムで価値を加えており、そこに感動的な創意工夫がみられる。そして、これらが常に変化し続けている [8]。

著者が大学で担当する専門科目は、IE 技術 (学部 2 年生対象)、生産システム設計 (学部 3 年生対象)、カイゼンマネジメント (大学院生対象) およびモデル化技術実験 (学部 3 年生対象) などがある。

IE 技術では上記の改善マインドに含まれる考え方や手法をもとに、改善のための発想に重点をおいた工程設計、仕事の方法分析や時間測定の基礎知識に関して学習し、改善力を身につけることを目的としている。歴史と事例、流れ研究、動作研究、時間研究、まとめの 5 部構成にガイダンスと試験の全 15 回とし、演習問題を中心に講義している (図 2)。

モデル化技術実験では自動車の製造を対象とし、コンピュータを用いた生産準備技術と工場管理技

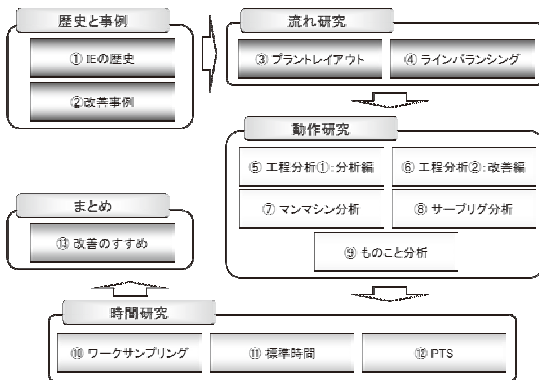


図 2 「IE 技術」の講義構成

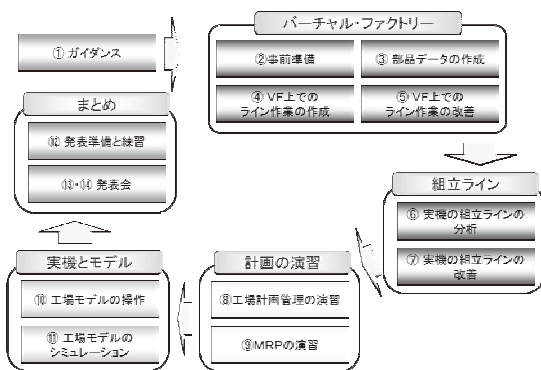


図 3 「モデル化技術実験」の講義構成

術を学習することを目的としている。バーチャル・ファクトリーを用いた工程設計、レゴカー®の組立とその改善、工場計画管理・資材調達の演習、工場モデルのシミュレーション、まとめの発表会の 5 部構成にレポートの全 15 回 (各 2 コマ) とし、実験・演習によって体験的に学習する (図 3)。

4. 研究テーマ

当研究室では現場の IE をベースにして、ものづくりのための改善技術と教育システムの開発に関する研究を進めており、大きく 4 つの柱がある。1 つ目として、主には実際の生産企業、特に中小企業で活きた問題を取り扱って生産性向上のための改善技術を開発する研究である (図 4)。例えば、技能訓練システムとして技能の抽出やそれをシステム化して伝承する仕組みを開発している。ほかにも目視検査システムの研究がある。2 つ目として、農業に IE を適用するという構想のもと、スマートウォッチを身につけて農作業を行うと、自動的に作業データが記録できるシステムの開発を目指している。3 つ目として、教育分野では経営工学教育を中心としたゲームを開発している。例えば、グローバル生産の基本的要素の理解という視点でボードゲームやコンピュータゲームを開発している。4 つ目として、環境教育に関してはゴミ分別ゲームを開発し、いくつかの小学校で出張授業を実施したこともある。

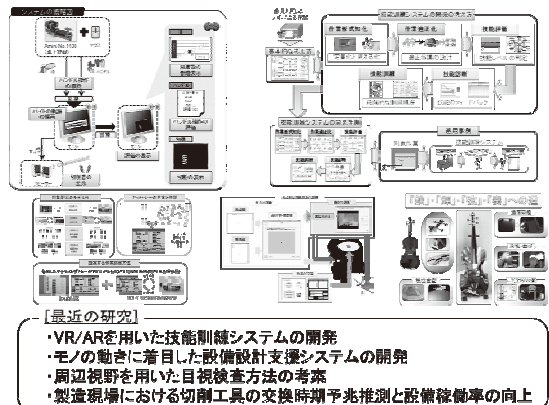


図 4 実際の生産企業における改善

これまでの15年間に10社の企業と産学連携で92件（学部76件・修士15件・博士1件）の共同研究を実施してきた。これらの研究成果をもとに、学会発表23件、研究論文15編を公開してきた。

共同研究の一つの事例を示す〔9〕。A社では約1,800℃の大型窯の清掃を約2週間に1回実施していた。小さい穴に長さ2mの棒状のガス噴霧器を突っ込み、窯の天井と壁の部分を清掃する作業で、作業者からは内部が直接見えないうえに、3分以内にやる必要があった。しかも清掃レベルによって製品の歩留まりに影響があり、良品率が1%異なると最終製品レベルで数千万円の差が出ていた。この状況でなかなか新人作業者が育成できないという現状があった。そこで、熟練作業者6名の動作をモーションキャプチャで定量的に捉え、何を考えてどう清掃しているかを解析して技能を形式知として抽出した。これを新人作業者に伝授するだけで教育期間が6カ月から3カ月程度に短縮された。また、バーチャル空間で訓練するシステムも開発した（図5）。

共同研究における企業のメリットとして、データの詳細な分析ができる、簡単なシステムを開発してくれる、新たな発想が得られる、長期的・継続的な研究ができることなどがある。一方、デメリットとして、学生の受入のための体制や予算が必要であり、成果がでないこともある。大学のメリットとして、現場の活きた問題を扱うことができる、やりがいを感じられる、アイデアを実践してくれて効果測定ができる、机上の空論が避けられる、学生のプレ社会人としての訓練ができる（コミュニケーション・礼儀作法）、研究の成果を発表できることなどがある。

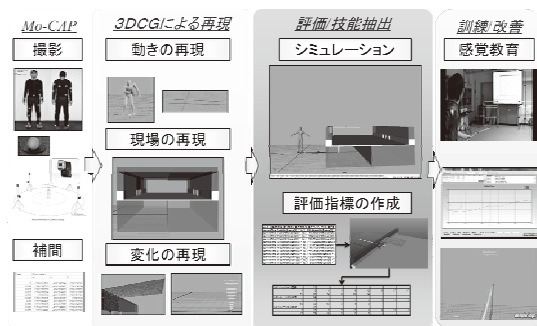


図5 企業との共同研究の事例

教育的観点からすると、共同研究は結果重視・成果追求型ではなく、過程重視・人材育成が望ましい。その成功のためには企業と大学の両者の信頼関係が必要であり、うまいテーマの切り出し（問題設定と解決の道筋）が肝要である。もちろん、企業への成果に対する貢献は必要であり、それは著者が改善活動自体を支援することで達成可能である。

5. 研究教育体制

これまでの15年間で学部191名、修士40名、博士1名が当研究室から卒業していった。現在の当研究室には学部3年生10名と4年生14名、大学院生3名が在籍しており、助教と教授（著者）の教員2名で研究教育指導にあたっている。

学部3年生の輪講配属された学生は、毎週1コマで前期に『IE問題の基礎』〔2〕を題材にして問題解決に関して学ぶ。各学生が1章ずつ担当して、しっかり理解したうえで発表資料を作成してプレゼンテーションする。後期に当研究室の名著の卒業論文を題材にしてIEの研究について学ぶ。各学生が1冊ずつ担当して、しっかり理解したうえでプレゼンテーションする。これらにより、問題解決とIEに関する全般的な知識、手法、アプローチ方法などを学び、学生自身の研究の完成の姿を疑似体験しながらイメージしていく。

学部4年生の学生は、テーマの選定（4月）、関連研究の調査、研究目的の設定（5月）、研究の実践（6～11月）、論文の執筆（12～1月）、研究発表（2月）と1年間かけて研究を実践していく。基本的には1名1テーマとし、3～4名のグループを構成して協力および切磋琢磨しながら、グループ単位で毎週2時間の進捗報告、年3回の中間発表を教員のガイドのもとに実践していく。

大学院生は上記のプロセスを2年間かけて自立して実践していく。また、国内外の学会での研究発表、研究室の学部4年生の研究サポート、学部生の実験科目のTA（Teaching Assistant）など多くの経験ができる。さらに、研究室の運営では、学部生には個として自立することを促し、大学院生には研究は

もちろんのこと、組織としてマネジメントができることを目指している。

卒業研究は、答えがいくつもある開放型の問題、時には答えのない問題に取り組むこともある。その場合、ムダを承知で帰納的にいろいろ「やって試て」、その過程をよく「観て」、結果をよく「考えて」みる。そのあとそれらを演繹的に整理してみる。そうすれば、知識の幅が広がり実力がつき、セレンディピティ的な発見もあり、効率的で最短距離に行く方法もみつかるといえる。最初から答えのある閉鎖型の問題を扱い最短距離に行くこともできるが、寄り道をしながらいろいろなことをやることに意義がある。

学生には長期間かけて答えが見えない問題に試行錯誤しながら取り組むことで研究力が身につく。また、論文を大学院生や教員に何回もチェックしてもらうことで文章力が身につく。さらに、自分の研究を他人にわかってもらうために、ストーリーをつくり、自分の苦勞した点をアピールできるように作成し、発表資料を何回も修正し、趣味の域に到達していくことで説明力が身につく。

卒業研究の目的は、研究という手段によって学生の可能性を広げ、選択の幅を広げることである。学生には、自身の実力を向上させ、努力し続ける、あくまで自分を限らないで欲しいと考えている。この精神を理解および実践し、当研究室を卒業したら、どこに行ってもやっていくことができる生きる力が身につくと確信している。

6. ま と め

最近、ものづくり企業の採用担当の方から現場をベースとした IE を学んだ学生が欲しいといわれることがある。IE を基礎として改善力および問題解決力をしっかりと身につけた学生を今後も輩出していきたいと考えている。

最後に、著者のモットーは、一人の人間が「働く手 (Driver)」と「考える力 (Dictionary)」を持つという「D&D」である。働く手では、見る→視る→観る→やって試てことを実践して改善力を身に

つけることをすすめている。考える力では、何事にも興味を持って勉強することをすすめている。すなわち、実態と理論の両者を理解することをすすめている。

参 考 文 献

- [1] 松本俊之：“海外研究レポート：世界初の IE 学科があるペンシルバニア州立大学”，経営システム, Vol.21, No.5, pp.251-254, (2011)
- [2] 川瀬武志：“IE 問題の基礎”，日刊工業新聞社 (2007)
- [3] 藤田彰久：“IE の基礎”，建帛社 (1995)
- [4] 中村善太郎：“もの・こと分析で成功するシンプルな仕事の構想法”，日刊工業新聞社 (2003)
- [5] 金沢 孝, 松本俊之：“現場改善志向の生産情報システム”，日刊工業新聞社 (2003)
- [6] 松本俊之, 阿部智也, 早坂弘達, 江利川秋浩, 関 淳, 亀山幸次：“IE 改善手法としての“ものことオートメーション”の考案と実施”，日本設備管理学会誌, Vol.22, No.3, pp.102-108 (2010)
- [7] 松本俊之：“現場に気づきを与える「改善のすすめ」”，IE レビュー, Vol.56, No.2, pp.33-39 (2015)
- [8] 松本俊之：“改善マネジメントと人財教育で目指せ改善の理想郷”，IE レビュー, Vol.58, No.2, pp.49-54 (2017)
- [9] 竹島壮郎, 安田駿一郎, 篠田心治, 松本俊之, 篠田正行：“作業者の動きとものの変化に着目した技能分析手法の考案”，日本経営工学会論文誌, Vol.65, No.1, pp.1-8 (2014)

まつもととしゆき
松本俊之

1993 年慶應義塾大学大学院理工学研究科管理工学専攻博士課程単位取得退学, 同年, 同大学院研究生。2003 年青山学院大学理工学部経営システム工学科助教授, 2011 年より同大学教授。博士 (工学)。