

## 特集事例

# 東京理科大学工学部経営工学科のこれまでとこれから ～生産システム工学研究への招待～

石 垣 綾\*

## Department of Industrial Administration at Tokyo University of Science

—Invitation to Research in the Field of Production System Engineering—

Aya ISHIGAKI

キーワード：経営工学，生産システム工学，学際的研究，インダストリアル・エンジニアリング，オペレーションズ・リサーチ

### 1. はじめに

当研究室が所属する工学部経営工学科は、1967年4月に野田キャンパス（千葉県）に設置され、約50年の歴史があります（図1）[1]。全盛期には、東京理科大学の工学部と理工学部「経営工学科」が設置されていましたが、現在は理工学部のみとなっています。さらに、大学の学部・学科の再編にともない2023年から学部名を「創域理工学部」に変更し、本学科もついに「経営システム工学科」に名称変更することが決まっています。

このような背景のもと、当研究室が経営工学の生産システム工学分野としてどのような研究活動を行っているか、今後のビジョンも含めご紹介します。

### 2. 研究室での基盤とコアになる技術

石垣研究室は生産システム工学分野に所属し、IE（インダストリアル・エンジニアリング）とOR（オペレーションズ・リサーチ）を基盤技術として、人と技術を融合し、新たな価値を創造するためのシ



図1 中庭からの風景

緑が多く川に沿ってキャンパスが広がる。右手は2019年に完成したリサーチセンター、左手の木の陰に見える棟に経営工学科が入っている。

ステム設計を目指し、運営されています。

米国IE協会は1955年に「IEとは、人・モノ・設備の総合されたシステムの設計・改善・確立に関するもので、そのシステムから得られる結果を明確にし、予測し、かつ評価するために、工学的な解析・設計の原理や方法とともに、数学・物理学・社会科学の専門知識と技術とを利用する」ものであると定義しています[2]。すなわちIEは、「工学」だけでなく、「理学」や「経済学」など多くの専門分野の知識を必要とする、「理系」と「文系」が融合した「学

\* 東京理科大学  
受付：2019年11月25日

際的分野」であり、ものづくり現場や企業においてこれらの知識を活用し問題を解決していく学問です。さらに、ORの意味をJISで調べると、「科学的方法および用具を体系の運営方策に関する問題に適用して方策の決定者に問題の解を提供する技術。第2次大戦中、米英の戦略、作戦、兵器に関する軍の研究に理工学者、心理学者、経営学者などが参加して、問題の解決に協力したのにはじまる」と説明されています。以上を踏まえると、当研究室では、「ものづくり現場や企業」を対象とし、IEならではの工学的観点とORの理学的かつ科学的な方法論をうまく組み合わせて問題を解決していこうとする研究室といえます(図2)。ただし、問題とは常に目の前に用意されているわけではありません。まずは「状況を理解」し、「問題を発見」し、それに合った「解決するための方法」を開発する必要があります。ページ数が限られることから、詳しい研究内容についてはのちほど論文等をご覧ください。本稿ではページ数の許すかぎり「経営工学」や「生産システム工学」分野における研究の「楽しさ」や「やりがい」がお伝えできればと考えています。

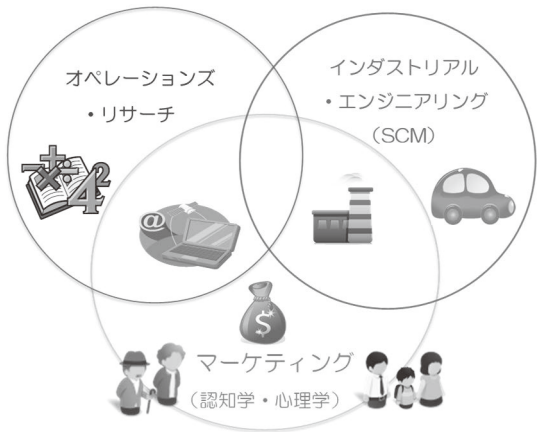


図2 研究において基盤とする技術

### 3. 状況を理解するための「データ分析」

問題を解決するためには、まず「状況を理解」する必要があります。しかし、物事は立場や状況が変わると見方が変わり、一変して良かったものが悪く

なるなど、その後の評価にも影響を及ぼすことがあります。図3は経営工学の授業では必ずといっていいほどよく取り扱われる経済的発注量(EOQ)の計算例を示しています。経済的発注量の計算では、発注費と在庫保管費の和を最小にする発注量を求めようとしますが、計算した結果、現状が矢印で示す状況であるとわかったら、あなたはどのように考えるでしょうか。ある人は「まだ費用を下げられる手があった」と思って改善を指示するかもしれません。一方で、別の人は「現状でもそれほど悪くはない」と言って現状に満足するかもしれません。すなわち、同じ状況を示していても人間の主観は異なることを理解しておかないと、その後の展開で見当違いなものを設計する恐れがあります。一方で、データ(文字や符号、数値)として蓄積されていたものを分類・整理し、モデル化し、結果を視覚化したことで「状況」の解釈が可能になり、価値が見出されます。今回のようなケースも、上記のような「データ分析」を行ったことで共通の価値観をもつことが可能になり、目指すところが確認され、最終的には新たな価値を見出すことができました。このようなときに、我々の強い武器となるのは、データに基づく「現象の解釈」と「将来の予測」を可能とするための「統計学」であり「機械学習」です。当研究室では、これら「データサイエンス」や「機械学習(AI)」の技術を「状況を“正しく”理解」するために取り入れており、それらを含めた方法論を開発しています。

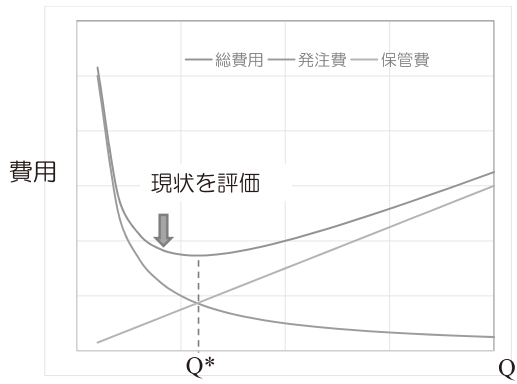


図3 経済的発注量の計算例

#### 4. 問題を発見できる「人材育成」

前章では問題を解決するために「状況を理解」する必要のあることを述べましたが、これは“技術の習得”と“意見をすり合わせるためのコミュニケーション能力”があれば実行できます。一方で、研究者の個々のセンスや能力が問われるのが「問題を発見」するところです。生産システム工学の研究において、「問題」は大きく分けて2種類あります。

1つ目は最適化（最大化，最小化，ゴールシークなど）に関わる「問題」であり，目的が明確であって評価尺度が定められ，「問題」が解かれるものです。

これは関連論文を調査・理解し，研究の本質を捉えて「問題を解決」に導いていくものであるので，「問題を発見」するプロセスとは少し異なるかもしれません。しかし，根本的な解決を提案するためには，先入観にとらわれずに本質的な問題点を見極める能力が必要になります。

2つ目は実際の現場での困りごとを解決する場合における「問題の発見」です。これは，見ているもの，理解しているものを「問題」と捉え，意識できるかどうかにも関わっており，ものづくり人材の育成においても欠かせない要因となっています。東京理科大学理工学部経営工学科・経営工学専攻では，産学共同プロジェクトを通じた問題発見・解決能力を養うため人材育成プログラムを実施しており，そのいくつかを「経営システム」で紹介しております [3]。本稿では，生産システム工学分野におけるものづくり人材育成を目指した実践型教育プログラムのうち，「生産システム設計実習」と企業での校外研修の様子を紹介します。

##### 4.1 レゴブロック組立実習

経営工学科では，生産システム設計の原理を学ぶため，座学による授業とともにシミュレーターを用いた実習を行っていました（図4）。これは，作業（工程）の能力配分を考慮して生産性の高い工程設計を行うための知識を学ぶことを目的に開発されており，受講者（学生）が e-learning ツールを用いて課題を一つずつ実施していく仕組みとなっています。しかし，実際の授業の様子を観察すると，e-

learning ツールの手軽さからか，受講者はやみくも（網羅的）に入力を試し，設定したゴールにたどり着く解を求めようと行動した結果，入力と出力の「数字」にしか関心がもてず，現象の理解が伴わないといったことが発生しました。このことは，授業後のレポート作成に最も時間がかかっていることにも表れていました。

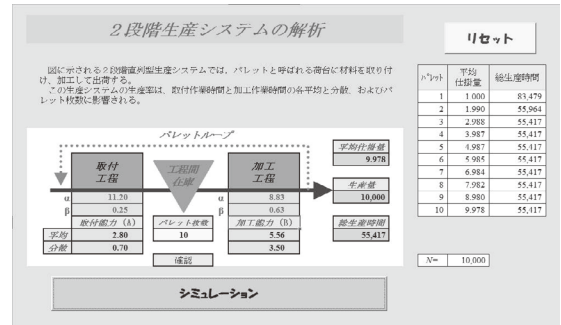


図4 生産システムシミュレーターの設定画面

そこで，2018年から3人1組のチームで組み立て時間を競うレゴブロック組立実習と生産システム設計を組み合わせた授業を行っています。ここでは，アクティブラーニングによってものづくり人材の育成に必要とされている「自主性・主体性」を能動的に養うだけでなく，熟練者の作業動画をベースに開発したインタラクティブ動画教材を用いることで，「ものがどう動くか」，「手をどう動かすか」といった言語化の難しい手続きを早期に「理解」し，短時間で組立を完了させるために解決すべき「問題点を発見」するプロセスを繰り返し実習しています。



図5 レゴブロック組立実習の様子

ここで開発した動画教材のポイントは、「徹底した非言語化」と「ベースはあくまで動画のみ」であることです。これは、あえて動画のみで作成したことで、受講者が目標タイムに達成するために、自ら熟練者の作業を見て疑問に思い、自ら自身の作業の問題点に気づくことを促すためです。さらに、すべてのポイントや情報を表示すると、受講者がそのすべてを理解しようとして混乱を招くため、動画のインタラクティブ機能を用いて情報を埋め込み、鬼門と思ったシーンで動画をタッチすると当該部分の情報が表示されるような設計にしました。これにより、シミュレーションのみの e-learning ツールと異なる点として、言語を介さない代わりに専門用語を知らなくてもチーム内で独自の共通言語を確立する様子が観測され、気づきの共有によって会話が増えたことにより着実に改善活動が実施されるようになりました [4]。

#### 4.2 国内外での校外研修の実施

以上のような背景から、研究室では、生産システム工学分野の研究を通して自ら問題点を発見し、解決に導くための人材育成に力をいれています。なかでも、協力企業での校外研修 [5] や国内外での発表 (図 6) の機会を重要視しており、2019 年度も積極的に校外研修を実施しております。セコムのオープンラボでは、研究室の学部 3 年から修士 2 年までの学生たちが、企業人に混じってブレインストーミングや、アイデアをビジネスモデルへ転換する過程を体験しました (図 7, 8)。



図 6 大学院生 3 名と ICPR2019 へ参加



図 7 セコムオープンラボへ参加 [5]



図 8 セコムオープンラボでの様子 [5]

## 5. おわりに

2023 年から経営工学科は経営システム工学科となり、理学・工学の知識がベースとなる固有技術を中心とした従来型の教育だけではなく、その技術を企業ないし組織の目標達成に適用するための立案・戦略的意思決定・実行、そして結果の評価および改善案の実行まで、一連の活動をマネジメントするための方法論を教育・研究することを目指していきます。さらに、生産システム工学分野は「生産・管理システム工学」となり、「状況を理解」するためのデータサイエンス部門と統合され、より現実的で困難な課題に挑戦していくことになります。

このことは、これまでの研究室の目指す方向と一致しており、更なる学際的な研究の促進とともにコア技術の開発が強化されることを意味します。私としては、これからも研究室の学生には多様な視点を

もって自ら研究を進めてもらいたいと望んでおり、そのためには自身が主体的に活動し見識を深めることの大事さを学んでほしいと考えております。論文を主体としたアカデミックな視点での研究の積み重ねがあるからこそ、Society5.0において生産システム工学の技術を応用し、社会問題を解決に導くことができると考えます。

幸いなことに、これまで多くの研究協力者に恵まれ、学生と共に学ぶ機会をいただくことができました。これからも大学だけでなく企業や自治体などとの共同研究を通して現実の社会との関わりを保ちつつ、経営工学の分野において社会に貢献できるような研究をしていけるよう努力していきたいと思えます。

今の私の最大の悩みといえは、学生が、実社会の生産システムや社会システムに関心をもてばもつほど、企業への就職を希望する人数も増えてしまい、一緒に研究してくれる大学院生がなかなか増えないことです。同様に、生産システム分野全体においても研究者の数が減少しているように感じていますが、上記のように生産システム工学分野は一つの枠にとらわれない、学際的研究分野であります。何を隠そう、私も物理学の出身で博士の学位を取得したのち、経営工学の道に踏み入れた一人であります。我々の活動によって少しでも生産システム分野に興味をもつ人が増え、共に考え共に戦う友が増えてくれることを心から希望します。

## 参 考 文 献

- [1] 東京理科大学ホームページ,  
<http://www.tus.ac.jp/> (2019年11月25日閲覧)
- [2] 日本インダストリアル・エンジニアリング協会ホームページ,  
<http://www.j-ie.com/about/about-ie/ie-history/> (2019年11月25日閲覧)
- [3] 石垣 綾, 高嶋隆太, 大和田勇人, 岡本拓也, 浅田克暢, 西田 大:「経営工学における産学連携による実践型人材育成」, 経営システム, Vol.29, No.1, pp.69-74 (2019)
- [4] 梅原慎吾, 黒木裕士, 大島寛生, 石垣 綾, 安井清一:「レゴブロック実習におけるインタラクティブ動画教材を用いたアクティブラーニングの導入効果」, 2019年度日本設備管理学会秋季研究発表大会論文集, pp.111-116 (2019)
- [5] セコムオープンオープンイノベーション,  
[https://www.secom.co.jp/innovation/lab/event\\_16.html](https://www.secom.co.jp/innovation/lab/event_16.html) (2019年11月25日閲覧)

いし がき あや  
石 垣 綾

1999年東京理科大学大学院理工学研究科物理学専攻, 博士課程修了. 2000年同大学理工学部経営工学科助手, 2019年同学部教授. 博士(理学). 現在の専門分野は, 生産システム工学, オペレーションズ・リサーチなど. 日本経営工学会, 日本オペレーションズ・リサーチ学会, 日本設備管理学会, 日本LCA学会, 日本物理学会等の会員.