

企業間取引管理システムを活用した仮想的なモノづくり企業経営演習の設計と実践

瀬瀬 潤大*1・篠原 かれん*1・石垣 綾*2・藤井 寛*3

Email: 7425702@ed.tus.ac.jp

*1: 東京理科大学 創域理工学研究科 経営システム工学専攻

*2: 東京理科大学 創域情報学部 情報理工学科

*3: 株式会社NexusCloud Systems

◎Key Words 企業経営体験, 協働学習, game-based learning

1. はじめに

大学教育では、講義で学んだ理論や知識を、学生が社会に出てから実際の課題解決に活かせるかどうか、分野を問わず長年の課題である。とりわけ経営や生産にかかわる分野では、意思決定の結果が損益として返ってくる実務の環境を在学中に経験させることが難しく、ビジネスゲーム等を用いた体験型の教育実践が数多く報告されてきた。しかし、こうした体験の中で再現が難しいのは、「市場の要請」と「自社現場の能力」を往復しながら意思決定するという、企業経営の中核にある営みである。そのため、注文に応じて生産スケジュールを組み替えながら、現場の能力に応じて受注や価格の判断を進める、双方を往復した意思決定が重要となるが、後述するように、既存の教育用シミュレーションやビジネスゲームの多くは、この往復を体験させることが困難であった。

本研究は、生産システムシミュレーションゲーム Factorio^①と、実際の企業活動で用いられている企業間取引管理システム GOING-LINK^②を組み合わせ、仮想的なモノづくり企業を学生に経営させ、市場に必要とされるものを必要な分だけ生産・販売し、利益を競う企業経営演習を設計・実践した。学生は自ら設計した生産現場を持ち、他チームとの受発注を実行する。市場と現場の往復が、自チームの利益を最大化するための構造として強制される点が本演習の核心であり、2024 年度から実践してきたゲームベースの生産システム演習^③を、経営の次元へと拡張するものでもある。

本稿では、関連する教育実践に対する本研究の位置づけ、演習環境の設計、2026 年度の実践方法と結果について報告する。

2. 企業活動を体験させる既存の教材とその限界

2.1 2つの系統と共通する限界

企業活動を体験的に学ばせる教育教材は、経営の意思決定を扱う経営系と、生産現場の設計・運用を扱う生産系に大別できるが、いずれも市場と現場の片方を「所与」として固定してしまう。

経営系の代表は、企業の主要な業務をまとめて管理するシステムの 1 つである SAP ERP 上に構築された ERPsim^④であり、その教育効果は繰り返し検証されてきた。しかし生産工程はシミュレータが自動実行し^④、調達・販売・会計プロセスの大半も自動化されている^⑤。すなわち、現場が所与であり、現場の改善が意思決定に影響を与えることはない。

生産系には、生産シミュレーションを用いた演習^⑥、LEGO を用いた工程管理教育^⑦などがあり、筆者らの前報^⑧もここに属する。学習者は生産システムを自ら設計するが、市場が所与であるため、あくまで決められた製品を効率的に生産するだけに留まってしまう。

この結果として、1 章で述べた市場と現場の往復は、少なくとも本節で整理した両系統の教材においては、受注しても組み替えるべき現場がなく、設計した現場に応えるべき市場もないため、構造上発生しない。本研究は、学習者自身が設計する生産現場と企業間取引システムを直結し、往復そのものを体験できる環境を構築することで、このギャップに対処する。

2.2 前報の課題と本研究の方針

前報^⑧は生産系に注目した実践として一定の成果を得たが、2つの限界を残した。第一に、課題が生産時間の最小化に閉じていること。第二に、受講者全員が管理者かつ作業者となるため、ゲーム操作の習熟度（作業速度）が成果に交絡してしまい、マネジメント能力などの向上を成果から分離できないことである。前報ではこれらを受け、「受講者が作業者とならない講義設計」と「学習目標の達成を客観的に示すデータ収集」を今後の課題として挙げた。本研究はこの2つの課題への応答でもある。

表1に前報^⑧と本研究の比較を示す。本研究では、評価軸を「時間」から「利益」へ変更した。利益には販売による収入だけでなく、設備投資や調達、納期遅延に伴う費用が反映されるため、ただ効率よく決められたものを生産するのみならず、何をどれだけ作り、誰といくらで取引するかという経営判断が重要となる。一方で、利益を上げるためには、効率の良い生産システムや、注文に応じて柔軟にシステムを組み替えられる優秀な作業者も必須となる。これにより、ゲーム操作に長けた受講者は生産を、ほかの受講者は調達・販売・原価管理を担うという役割の分化が自然と促され、前報^⑧の限界へ対処することを目指す。

表1 前報（2024）と本研究（2026）の演習設計の比較

項目	前報（2024）	本研究（2026）
評価軸	時間（最速達成）	資産（利益）
意思決定の範囲	生産工程の内部	生産+投資・調達・受発注・納期
チーム間の関係	独立に競争	取引相手として相互依存しながら競争
使用システム	Factorio+MOD	左記+GOING-LINK
受講者の役割	全員が管理者兼作業者	経営機能ごとに自然と分化

3. 演習環境の設計

3.1 仮想企業としてのチーム

本演習では受講者を複数チームに分け、各チームを仮想的なモノづくり企業として位置付ける。各企業は与えられた土地から産出される資源のもとで資源採掘、生産加工ライン設計、製品製造を行い、他チームとの受発注を通じて部材や製品を売買する。各チームの目的は、取引と生産を通じて自社の資産を増大させることである。なお、指定の製品（ロケット）を生産したチームにはその速さに応じて賞金が与えられる。つまり、ある1チームがロケットを素早く打ち上げ賞金を得ることになり、その賞金が部品などを納品したチームに分配される仕組みである。

3.2 講義の進め方

講義1回（135分）は、準備・設計・実行・振り返りという4段階にて構成されている。図1に、各段階における商流フローを示す。

準備段階では、各チームが自社の資源と工場の生産能力を確認し、何を生産して販売し、何を他チームから調達するかを検討して、その意思をチーム間で公開する。設計段階では、他チームからの見積依頼に対して価格・納期・数量を回答し、受注した注文を納期どおりに生産できるよう工場の改修や設備投資を行う。実行段階から工場を稼働させ、原料の受け取りと製品の納品を行い、納期遅れなどの対処も、その場で行う。振り返り段階では、請求書の支払いなどを踏まえた各チームの資産を計上し、価格設定や工場の改修方針が適切であったのかを取引記録から振り返り、次の講義に向けた方針を立てる。

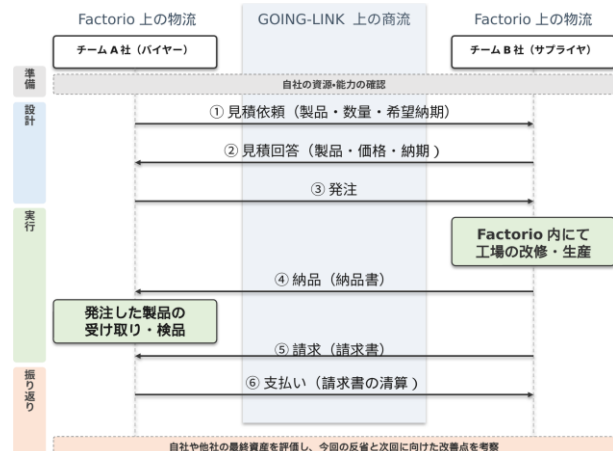


図1 演習1サイクル（準備・設計・実行・振り返り）と企業間取引のフロー

3.3 講義にて使用したシステム構築の概要

本研究にて構築したシステム全体のコンセプトは、工場における製品生産や輸送などの物流を Factorio にて再現し、見積依頼から発注、納品、請求といった、いわゆる商流を GOING-LINK 上にて表現しつつ、それぞれに対して学生らの意思決定が及ぶことである。

物流を担う Factorio は、前報⁹⁾にて開発したゲームの修正プログラム TUSFactorio を用いて、東京理科大学側が部品点数や講義内容に合わせた要素の調整を行った。企業間取引などの商流を担う GOING-LINK は、共著者である藤井氏を介して株式会社 NexusCloud Systems へ依頼し、

本講義専用の環境を構築した。なお、講義では、GOING-LINK をそのまま使用するのではなく、学生ができる限りすぐに操作へ習熟できるように、講義内容に合わせて機能を簡略化している。図2に、本講義にて構築したシステム全体の概念図を示す。

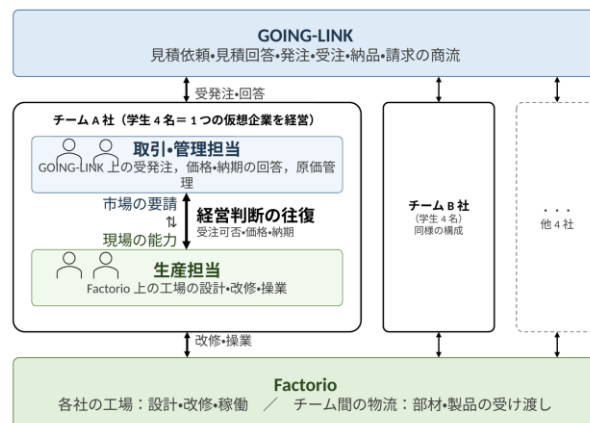


図2 本講義にて構築したシステムの概念図

3.4 本システムの設計意図

第一に、生産と経営を分離せず一体として扱うことである。様々な受注への対応力を高めるには設備投資が必要だが、過剰投資は設備の遊休化を招く。在庫を厚くすれば納期遅延リスクは下がるが資金効率が悪化する。受注を増やせば売上は伸びるが、納期遅延のリスクを抱える。学生はこうしたトレードオフを、チーム内で議論しながら、自社の損益として体験する。

第二に、チーム内の能力差を問題ではなく役割として扱う。前報⁹⁾では、ゲームへの理解や操作に長けた学生に生産システム構築の指示・作業が集中して負荷が上昇する一方、他の受講者は議論へ参加できず、意欲の低下や実質的なフリーライダーの発生を招く恐れがあった。そこで、本演習では、利益を上げるためにゲーム操作以外の経営機能（市場分析、取引交渉、原価計算など）が不可欠となるよう設計しており、能力の差がそのまま役割分担の合理性につながる構造を心掛けた。

第三に、利害関係の異なる他企業との取引の推奨である。各チームに与えられる土地から産出される資源は偏っており、単独では高度な製品を生産できない。付加価値が高く、利益につながりやすい製品の生産・販売のためには、他チームとの受発注が不可欠となる。しかし、他チームとの受発注は、想定していた生産ラインの原料が納品されないという他チーム依存のリスクが生まれ、結果として自チームの製品も納品できないという損失にも連鎖する。学生は、このような利害関係の異なる他企業とサプライチェーンを構築する意味を体感し、リスク分散や適正価格の設定を実践する必要性に迫られる。

4. 2026年度の実践と観察された結果

4.1 実施概要

経営工学実験 C（東京理科大学 創域理工学部 経営システム工学科3年次、135分×15回）にて、講義を実践した。受講者は24名、6チーム（各4名）であり、各チームが1つのモノづくり企業を運営する。第1～3回の講義にて、Factorio の操作説明とチーム編成を行い、第4～7回

では、特定の製品の生産効率を競う前報^③と同様の生産課題を実施し、効率の良い生産システムのプレゼンテーションを行った。その後、第8～15回にて、企業間の取引を開放し、本稿にて紹介したシステムを導入した。本稿では、講義日程の関係上、第12回までの実践結果を報告する。

4.2 講義全般に対する受講者の積極性

前報^③と比べ、より受講者の主体的かつ積極的な姿勢がみられる講義となった。積極性を示す具体的な事例として、図3は、講義第7回にて受講者が提出したプレゼン資料の一部である。本講義では、すべてのチームが、図3のような生産システムの設計図を作成し、チーム内での議論の土台や改善に向けた意思統一を図っていた。前報^③では特定のチームのみに限定されていた設計図の作成が、本講義では全チームで実施された。その要因の1つとして、課題の難易度調整の適正化が挙げられる。本講義は今年度で3年目になり、毎年、適切な難易度となるように課題の分割や順番の調整を行っており、継続的な調整の結果、多くの受講者が本講義へ集中できるようになったと考えられる。

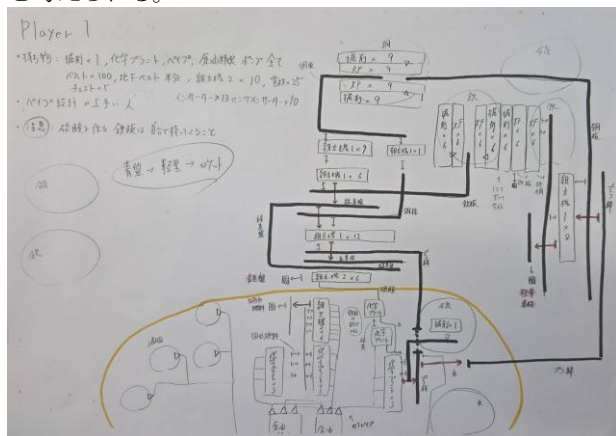


図3 受講者の提出した生産システムの設計図

4.3 取引の導入に対する反応

第8回より企業間の製品取引が導入され、受講者には決められた製品を効率よく作る方法に加えて、何をつくり、何を調達するのかという意思決定を行う必要が生まれる。図4は、GOING-LINKの見積もり依頼を提出する画面である。図4の例では、チームAは、チームCに向けて、「発展基盤」という製品の見積もりを依頼している。このようにして、各チームは見積もりや受発注を行い、取引が進む。



図4 GOING-LINK 上の見積もり依頼画面

しかし、GOING-LINK の操作説明とチュートリアルを行った後、初めての講義において、一切取引が成立せずに振り返りの段階となってしまった。受講者の振り返りレ

ポートやログを確認したところ、取引が成立しなかった原因は「できること・考えることが多すぎる」ため、「自チーム内での作業に注力」したことに集約された。

4.4 講義の改善

そこで、第10回より他チームとの取引を実践するための足場として、どのチームが、どのチームへ、どの製品を供給するべきなのか、サプライチェーンの全体像を提示した。図5は、受講者へ配布した調達・供給関係を図示したスライドの一部である。

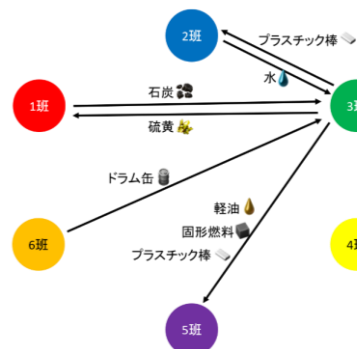


図5 チーム3に向けた調達・供給関係のスライド

この資料を配布したところ、全チームにて取引が成立し始め、それらの受発注に合わせて生産システムのレイアウトも修正されるようになり、意図する形で講義が進展するようになった。

4.5 講義にて観察された結果

改善後の第11、12回では、2点の特徴的な結果が見受けられた。

1点目は、役割分担の発生である。前報^③では生産システムを統括する代表1人と、その部下3人のような状況であったが、本講義では、生産システムの担当1人、他チームへの納品管理2人、他チームからの受注管理1人という形で、多くのチームが分担して動くようになった。自身のPCの前で張り付いて生産システムを改善する受講者もいれば、他のチームの机へ直接向かい、注文や交渉を行っている受講者、それに対応する受講者なども現れた。

2点目は、役割分担によって生じた納期遅れである。図6は、ロケットを生産するために必要な主要品目ごとの、全注文の内、発注書に記載された納期を遵守できた注文数を示す。例えば、第11回の軽量化素材は、全注文の内45%程度しか納期通りに納品されなかったことを示している。全体を平均すると、第11回の遵守率は83.2%、第12回は79.3%とわずかに減少している。振り返り段階のレポートから原因を確認したところ、生産システムの担当者が「受注してもよいかという問いに対して、明確な根拠もなくできると回答してしまった」ことが、多くのチームから挙げられていた。特に、第12回では、第11回にてうまくいった鋼材と銅線という基礎的な部品を受け持っていたチームが、より多くの注文を受け付けてしまい、大規模な納期遅れが発生した。その結果、第11回の大規模な遅延を踏まえて発注をしたはずの上位の部品（軽量化素材や青基盤など）でも、連鎖的な納期遅れが生じている。

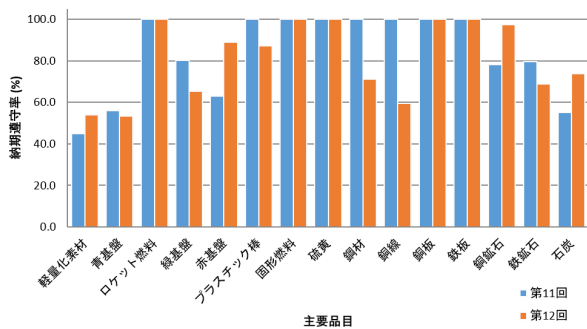


図6 主要品目ごとの納期を遵守できた製品割合（左の製品ほど、加工回数が多い上位の製品）

5. 考察

5.1 設計意図と観察された現象の対応

4章で観察された現象は、3.4節で述べた3つの設計意図に沿って現れたと考えられる。

第一に、チーム内の能力差を役割として扱う設計は、生産・納品管理・受注管理への役割分化として現れた。前報⁹⁾では生産を統括する一人に作業と意思決定が集中していたが、本講義では生産の担当者と、受発注を担う経営側の担当者が分かれることとなった。

第二に、生産と経営を一体として扱う設計は、4.5節の納期遅れの原因として現れている。できる限り多くの受注を得ることで利益に繋げたい経営側の担当者と、自チームの生産能力の限界を把握しきれていなかった生産側の担当者間で起きた意思疎通のミスは、納期遅れによる損失として計上されている。

第三に、利害の異なる他企業との取引を促す設計は、基礎的な部品を担うチームの過剰な受注が上位部品へ波及した連鎖的な納期遅れとして現れた。他チームへの依存によるリスクが、自チームの損失へとつながっており、管理のできない他チームのリスクへの対処を求められる。

これらはいずれも、市場が所与であった前報³⁾の演習では生じ得なかった現象である。

5.2 足場の重要性

本実践から得た教育設計上の知見は、実際の経営に近づけるほど意思決定の要素が増え、受講者の負荷を上昇させる点である。4.3節で述べたとおり、取引の導入直後是一件も取引が成立しなかった。サプライチェーンの全体像という足場を提示して初めて取引が動き出した事実は、実務の複雑さをそのまま提示するのではなく、段階的な足場とともに説明する設計が不可欠であることを示している。同様の調整は過年度にも繰り返されており、実践的な講義を志向するほど、受講者が段階的に課題を進められる設計が重要となる。

5.3 限界と今後の検証計画

本稿が示したのは設計した講義環境が意図どおりに機能することまでであり、それが受講者の能力向上をもたらすかは今後の検証課題である。

検証手段として、演習環境が生成する3種類のデータを活用したステルス評価⁹⁾を計画している。1つ目は講義の結果を示すデータであり、資産増加額・納期遵守率・取引件数（図6）などを用いる。2つ目はその結果を生んだ

受講者の行動のデータであり、FactorioやGOING-LINKのログから、誰がいつどのような操作を行ったかを時系列で抽出する。3つ目はその行動の背後にある議論のデータであり、講義中の音声から、チーム内でどのような検討が交わされたかを抽出する。これらを組み合わせ、議論と行動の対応づけにはネットワーク分析⁹⁾を用いて、どのような議論が行動を導き、結果にどうつながったのかを明らかにする。これにより、良い結果が単なる試行錯誤ではなく、論理的な思考と建設的な議論に基づいて生み出されたのかを評価し、講義の改善につなげる。

6. おわりに

本稿では、学生自身が設計する生産現場（Factorio）と実務の企業間取引管理システム（GOING-LINK）を直結し、市場と現場の往復を損益構造として強制する企業経営演習を構築・実践した。既存の主要な教育実践では構造上体験させることが難しかった市場と現場の往復、および役割分化が実際の講義で発生することを確認し、構築した環境が設計意図どおりに機能することを示した。あわせて、実務の複雑さを段階的な足場とともに開放することが、この種の実践的な講義の設計に不可欠であるという知見も得た。今後は、講義から取得できるデータの蓄積と分析を通じて、環境の機能の先にある教育効果を検証していくとともに、市場と現場を突き合わせる判断とチームの協働を体験的に養う本演習のような学習環境の、人間主体の学びを支える役割を、実践を通じて検討していきたい。

参考文献

- (1) Wube Software : “Factorio”. <https://factorio.com/>（閲覧日：2026/6/13）
- (2) 株式会社 NexusCloud Systems : <https://www.nexuscloud.co.jp/>（閲覧日：2026/6/13）
- (3) 織崎潤大, 石垣綾, 安井清一 : “PC ゲームを活用したプロジェクトマネジメント演習による協働的問題解決の実践”, PCカンファレンス2024 予稿集, pp.113-116 (2024).
- (4) Léger, P.-M., et al. : “Business Simulation Training in Information Technology Education: Guidelines for New Approaches in IT Training”, Journal of Information Technology Education: Research, 10, pp.39-53 (2011).
- (5) Seethamraju, R. : “Enhancing Student Learning of Enterprise Integration and Business Process Orientation through an ERP Business Simulation Game”, Journal of Information Systems Education, 22(1), pp.19-30 (2012).
- (6) Frantzen, M., Ng, A. H. C. : “Production Simulation Education Using Rapid Modeling and Optimization: Successful Studies”, Proceedings of the 2015 Winter Simulation Conference, pp.3526-3537 (2015).
- (7) Müller, B. C., Reise, C., Seliger, G. : “Gamification in Factory Management Education – A Case Study with Lego Mindstorms”, Procedia CIRP, 26, pp.121-126 (2015).
- (8) Rahimi, S., Shute, V. J., Almond, R. G. : “Stealth assessments in digital learning environments: Current trends, new directions, and ethical considerations”, Journal of Research on Technology in Education, 58(1), pp.1-10 (2026).
- (9) Sun, Z., Theussen, A. : “Assessing negotiation skill and its development in an online collaborative simulation game: A social network analysis study”, British Journal of Educational Technology, 54(1), pp.222-246 (2023).