

令和 2 年 5 月 29 日現在

機関番号：11601
 研究種目：若手研究(B)
 研究期間：2015～2019
 課題番号：15K21402
 研究課題名（和文）物流時空メッシュ分析を用いた渋滞可視化による工場レイアウト設計・改善手法の開発

研究課題名（英文）Development of layout design method that considers transportation aisle congestion using Distribution Time-Space Mesh Analysis

研究代表者
 笥 宗徳（Takehi, Munenori）
 福島大学・共生システム理工学類・准教授

研究者番号：00453655

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 2,200,000円

研究成果の概要（和文）：工場レイアウトの施設配置問題では、搬送量と搬送距離に着目したSLP分析などの手法が用いられるが、搬送量が多い施設が近接して複数配置された場合、搬送手段が増加し搬送通路での渋滞が発生する確率が増加する。搬送通路における搬送手段の渋滞発生確率を簡易な方法で視覚的に評価する物流時空メッシュ分析を提案し、実践的な手法としての手順化を行った。さらに、本手法の普及のため、生産システムシミュレーションを用いた授業の設計・開発手法であるID-QFDを提案し、授業の設計開発、実施し、本手法の有効性を確認した。

研究成果の学術的意義や社会的意義

搬送通路における搬送手段の渋滞発生確率を簡易な方法で視覚的に評価する物流時空メッシュ分析を提案し、理論だけでなく、本理論と実業務、他のエンジニアリング系の情報システムとの情報レベルでの連携の手順化により、実践的な手法を提案した。さらに、日本のものづくりにおける人材育成の観点から、本手法も含めた生産システムシミュレーション教育での授業設計開発手法を提案し、実務での本手法普及のための基礎を構築した。

研究成果の概要（英文）：The facility layout problem of factory layout has the solution algorithms such as Systematic Layout Planning and Distance-Intensity Analysis. These methods arrange facilities where the traffic volume and the transportation distance are small to be near. However, the congestion probability increases because the traffic volume of conveying means increases. We propose the "Distribution Time-Space Mesh Analysis" that visually evaluates the congestion probability. In order to popularize this method, we propose new methods of designing classes 'ID-QFD' that utilize manufacturing system simulations for engineers.

研究分野：経営工学

キーワード：レイアウト設計 搬送通路設計 渋滞発生確率 授業設計手法 生産システムシミュレーション 品質機能展開

科研費による研究は、研究者の自覚と責任において実施するものです。そのため、研究の実施や研究成果の公表等については、国の要請等に基づくものではなく、その研究成果に関する見解や責任は、研究者個人に帰属されます。

様式 C - 19、F - 19 - 1、Z - 19 (共通)

1. 研究開始当初の背景

今日の日本のものづくりは、国内、海外を含め生産拠点の移動・統廃合、製品ライフサイクルの短命化、少量生産などにより、工場レイアウトの大規模な変更や変更頻度の短期化が進んでいる。さらに、環境に視点を置くと製造過程でのCO2排出削減など環境問題も課題となっている。

このような中、建屋を効率的、有効活用でき、さらにスピーディに工場レイアウトが設計できる手法が求められている。工場建屋内のレイアウト設計では、工程のプロセス、物の置き場、生産設備を考慮して、製品が淀みなく流れ、そこで働く作業員や機械や搬送設備などが効率よく生産できる環境を目指して設計を行う。レイアウトの配置問題は、作業効率や生産性向上を目的に古くから研究されているが[1]、SLP(Systematic Layout Planning)[2]、DI分析(Distance-Intensity Analysis)[3]などの手法や、施設の組み合わせ問題[4]として研究されている。これらは、部品置場や生産現場のあるエリアにおける搬送量と搬送距離に着目し、搬送量が多いエリアを近くに配置する手法であるが、搬送量が多いエリアが近接した場合、搬送通路を往来する搬送手段が多くなり渋滞が発生する確率が増え、この渋滞により電力使用量、CO2の排出増加などの要因となるが、価値を直接生まない搬送通路を増やせば、建屋が大きくなり利用効率が悪くなる矛盾がある。

従来業務におけるレイアウト設計は、人の経験的な判断や、待ち行列型モデルの混雑現象を分析する離散系シミュレーションによる評価で意思決定をしていた。複数のレイアウト作成や、細かい変更などの場合、離散系シミュレータはその都度作成し手間暇がかかるため、搬送通路における搬送手段の渋滞発生確率を視覚的に簡易的に評価する手法である物流時空メッシュ分析(特許申請 2011)を提案した[5]。

また、物流時空メッシュ分析のような分析手法を含め、ものづくり現場を担う人材育成において重要な教育の一つである生産システム教育では、様々なもの、変化、手段を定量的に評価し、意思決定する能力を習得する必要がある。しかし、生産システム教育におけるICTやシミュレーション技術を用いず、知識、技法の習得を目的とする従来教育は、工場における生産ラインの現象を断片的に、静的に捉える教育となる。本提案手法を広く普及させるためには、生産システムシミュレーションを用いた教育が求められる。

一方、授業を体系的に設計、開発する手法としてインストラクショナルデザイン(Instructional Design: ID)が広く知られている[6]。しかし、本手法は授業全体の設計、開発プロセスに関して定義する手法であり、生産システムシミュレーション技術を活用する場合などの応用手法については言及されていない。生産システムシミュレータを教材として扱う教育方法や授業設計手法は一般化されておらず、授業を開発する教育者の技量に依存しているのが現状である。

2. 研究の目的

本手法は、新しい概念のためシステムでは渋滞発生確率の結果しか求められず、結果の論理的な解釈、問題解決の手法がないため、実際の業務では使うことができない。これは、生産ラインやレイアウトの生産設計は、エンジニアリングチェーンにおける前工程で決定される工程情報や生産計画の情報と連携をして設計されるため、業務における本手法との情報の連携と手順化が必要となる。本研究では、提案した「物流時空メッシュ分析の理論的有効性の検証と、生産ラインやレイアウトの生産設計などの実業務での連携、手順化」を提案する。

一方、生産システムシミュレーションは効果的な教育ツールだが導入する場合、教育者が教育したい内容に合わせてラインレイアウトおよび入力変数、評価指標を多くの項目の中から選択する必要があり、授業設計が困難である。本手法を含め生産システムシミュレーションを用いた生産システム教育を行う教育者を対象に、「生産システムシミュレータを活用する教育開発のための授業設計の手法」を提案する。

以上のように、本研究の目的として、物流時空メッシュ分析の理論的有効性の検証と、実業務での連携・手順化と、本手法の普及のため、本理論を含めた生産システム設計におけるシミュレーション技術を活用した教育の授業設計手法化の提案の2つを位置づけた。

3. 研究の方法

本研究の方法として、物流時空メッシュ分析の理論的有効性の検証と実業務での連携・手順化では、最初に本手法の理論の整理と、実務を想定した本手法の評価方法などを提案し業務モデルを構築した。次に、実際の生産ラインやレイアウトの生産設計などの実業務を調査し、本手法との連携について実業務との整合性を検討し、情報の連携などを確認しながら手順化した。ここでは、特に実業務で使用される情報や、他のシミュレーションシステムなどの連携のため情報の明確化、さらに業務手順を明確化した。最後に、ケーススタディの業務シナリオを用いて、本手法の検証を行い、有効性を確認した。

もう一つの研究目的である、本理論を含め生産システム設計におけるシミュレーション技術を活用した教育の授業設計手法化の提案については、最初に、IDの設計段階において、教育内容から教材仕様としてシミュレーションの概念モデルを作成するID-QFDを提案した。ケーススタディでは、本手法を用いて実際に生産システムシミュレータを活用した授業を設計・開発した。教育内容から、教育で使用する概念モデルを作成し、シミュレーションモデルの作成した。さらに、実施した授業ではアンケート結果から学習効果の確認した。これらの事から本手法の有効性が確認した。

4. 研究成果

最初に、研究目的である 物流時空メッシュ分析の理論的有効性の検証と実業務での連携・手順化についての研究成果について述べる[7]. 物流時空メッシュ分析によるレイアウト設計手順として、図1に示す. 最初に、工程情報、生産計画情報、工場が保有する設備等の設備資源情報をもとに、手作業やSLP等でレイアウト案を作成する. 図1の点線内に示す搬送通路、搬送手段の情報を設定し物流時空メッシュ分析を用いて、レイアウトやどの搬送通路を通るかを検討し搬送経路を決定していく. 最後に、分散系シミュレータで確認しレイアウトを決定する. 本研究では、生産設計時の業務における本手法の手順化を行った.

さらに、本分析手法は、図2に示すようなレイアウトをメッシュ化したメッシュマップに対し、各メッシュにおける搬送手段の単位時間当たりの占有時間をもとに密度として搬送手段による渋滞発生確率を評価している. また、搬送手段による渋滞発生確率は、搬送手段の移動時の移動密度と停止の供給密度の2つに分けて評価した. 工程情報や生産計画、工場建屋や設備などの入力情報や、他システムからの情報、本手法で得られた出力情報など図1での矢印に示される各種情報を整理し、情報の入出力インターフェースなどを定義した.

ケーススタディを用いた、本手法の理論的な検証では、搬入口から、複数工程を経て搬出口の順で製品が処理される組立現場を想定した. 工程間搬送は自動搬送機を利用し、各工程への部品等の供給搬送は、部品倉庫より牽引台車で搬送される. 現状のレイアウトにおける渋滞発生確率の検証と、自動搬送機の運用の改善や、レイアウト変更など複数の改善プランによる渋滞発生確率の比較検証を行い評価した.

次に、生産システム設計におけるシミュレーション技術を活用した教育の授業設計手法化の提案についての研究成果について述べる[8][9][10].

IDは、最初の分析段階で学習者ニーズや教育理念より設定された学習教育目標が設定される. 次に設計段階で、教育内容の設定と教材の仕様が決定される. その後、開発段階で教材の開発などが行われる. 実施段階では、開発された教材を利用した授業が行われる. IDでは、実施した授業により学習者が学習教育目標を達成したかどうか評価することが求められている. 評価段階では、授業アンケートや課題物の成績、学習者行動から評価を行い、問題点があれば評価項目に対応する教育内容へフィードバックし改善する.

本研究では、IDの設計段階において、品質機能展開(QFD)の概念を用いて、教育内容から教材仕様としてシミュレーションの概念モデルを作成するID-QFD(図3)を提案した. QFDにおける要求品質を教育ニーズ、品質要素を教育シーズとして定義する. 教育ニーズには教育内容と

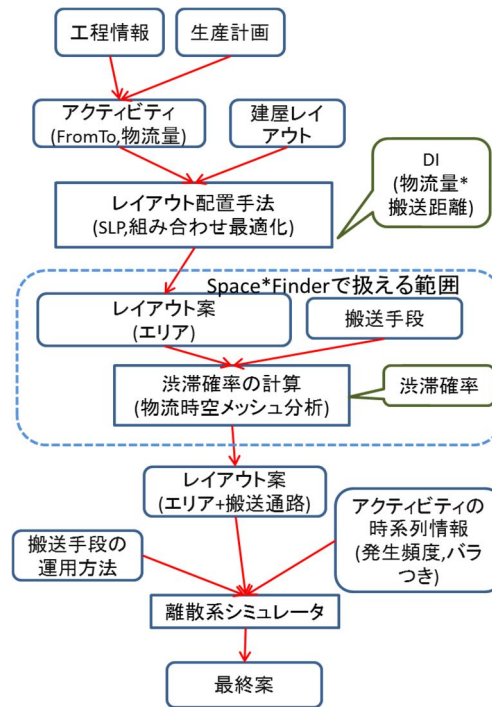


図1. 物流時空メッシュ分析による設計手順

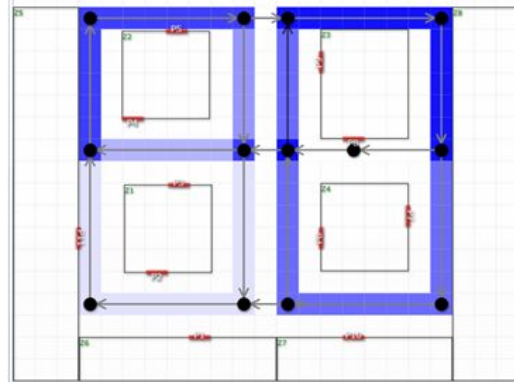


図2. 改善前の移動密度メッシュマップ

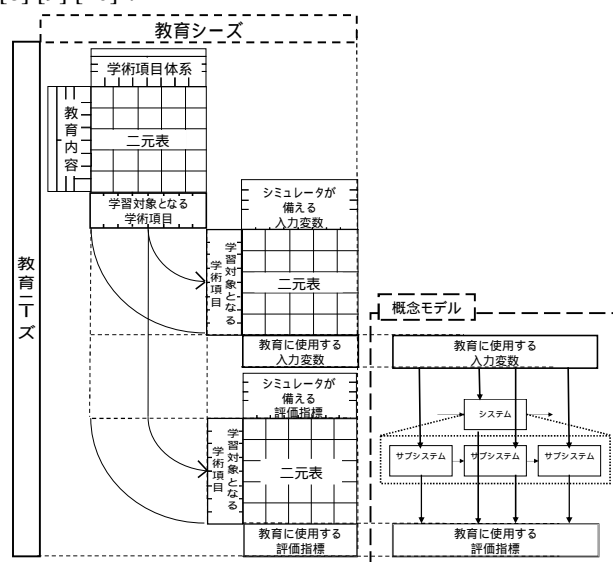


図3. ID-QFDの授業設計手順

学習対象となる学術項目を置き、教育シーズには学術項目体系とシミュレータが備える入力変数と評価指標を置く。学術項目とは生産システム工学で定義されている学術用語である。概念モデルは教育対象の生産システム構成、動的な教育をする上で必要となる、変動パラメータと固定パラメータ、および評価指標で構成されている。よって ID-QFD では教育の対象となる生産システム構成と教育に使用する入力変数、評価指標を決定する。そのために教育する具体的内容が必要であるため、学習対象となる学術項目を事前に決定する。

ケーススタディでは、本手法を用いて実際に生産システムシミュレータを活用した授業を設計、開発した。開発した授業は、学習者 1 人に 1 台の生産システムシミュレータを用いた実践的な業務を想定した問題解決型の演習を中心とした教育プログラムである。授業を実施し、アンケートや課題内容より ID-QFD を用いて学習者が学習教育目標を達成できたことを確認した。さらに、本手法は、学習教育目標から ID-QFD を経て授業開発、評価を一貫して行う手法である。そのため、授業の問題点などを逆に辿ることにより、授業の問題点と教材など教育内容への対応が容易となり、授業の設計、開発、実施、評価である授業ライフサイクルマネジメントが行え、継続的な教育活動が実現可能となる。

本研究では、提案した ID-QFD により教育内容から、教育で使用する概念モデルを作成し、シミュレーションモデルの作成が行えた。また、実施した授業ではアンケート結果から学習効果の確認され、これらの事から本手法の有効性が確認された。

まとめとして、本研究の研究目的である「物流時空メッシュ分析の理論的有効性の検証と実業務での連携・手順化」では、物流時空メッシュ分析を用いた実業務との連携の手順化を行い、ケーススタディモデルにより本手法の有効性を確認した。さらに「生産システムシミュレータを活用する教育開発のための授業設計の手法化」では、生産システムシミュレータを用いた授業設計開発のための手法として ID-QFD を提案し、本手法により授業開発・実施を行い、本手法の有効性を確認したことが研究成果として示された。

参考文献

- [1] Christopher E. Nugent, Thomas E. Vollmann, John Ruml, "An experimental comparison of techniques for the assignment of facilities to locations" Operations research, Vol.16 No.1, pp.150-173,1968
- [2] リチャード・ミューサー(著),十時昌(訳), '工場レイアウトの技術',日本能率協会,1964
- [3] 高橋輝男,久保章, 'プラント・レイアウト',建帛社,1973
- [4] Kar Yan Tam, "Genetic algorithms, function optimization, and facility layout design", European Journal of Operational Research, Vol. 63, Issue 2, pp. 322-346, 1992
- [5] 中村昌弘,渡邊一衛,算宗徳「経路計画立案システム」特許番号 5208262,2013.3
- [6] ウィリアム・W・リー,ダイアナ・L・オーエンズ, 'インストラクショナルデザイン入門',東京電機大学出版局,2003
- [7] 算宗徳,渡邊一衛,中村昌弘,"メッシュ分析による搬送通路渋滞を考慮したレイアウト設計手法の開発",日本設備管理学会論文誌,Vol.27 No.4, pp.24-32,2016
- [8] 徐風静,山田哲男,算宗徳,"ERP コンピエールの操作 e ラーニング教材の開発と実証授業",日本設備管理学会論文誌 Vol.29 No.3, pp.14-26,2017
- [9] F. XU, T. Yamada, M. Kakehi, "Class Development Of Management Information System Using System Operation e-Learning By Compiere ERP", Innovation and Supply Chain Management, Vol. 11, No. 1, pp. 1-12, 2017
- [10] 早川優人,算宗徳,日比野浩典,渡邊一衛,中村昌弘,"生産システムシミュレータによるデジタルものづくり教育のための授業設計手法 ID-QFD の提案",日本設備管理学会論文誌 Vol.30 No.3, pp.82-94,2018

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計4件（うち査読付論文 4件/うち国際共著 0件/うちオープンアクセス 0件）

1. 著者名 早川優人, 笥宗徳, 日比野浩典, 渡邊一衛, 中村昌弘	4. 巻 Vol.30 No.3
2. 論文標題 生産システムシミュレータによるデジタルものづくり教育のための授業設計手法ID-QFDの提案	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 日本設備管理学会	6. 最初と最後の頁 82-94
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 F. XU, T. Yamada, M. Kakehi	4. 巻 Vol. 11, No. 1
2. 論文標題 Class Development Of Management Information System Using System Operation e-Learning By Compiere ERP	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 Innovation and Supply Chain Management	6. 最初と最後の頁 1-12
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 徐風静, 山田哲男, 笥宗徳	4. 巻 Vol.29 No.3
2. 論文標題 ERPコンピエールの操作eラーニング教材の開発と実証授業	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 日本設備管理学会論文誌	6. 最初と最後の頁 14-26
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 笥宗徳, 渡邊一衛, 中村昌弘	4. 巻 27
2. 論文標題 メッシュ分析による搬送通路渋滞を考慮したレイアウト設計手法の開発	5. 発行年 2016年
3. 雑誌名 日本設備管理学会誌	6. 最初と最後の頁 154-162
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

〔学会発表〕 計7件（うち招待講演 3件 / うち国際学会 0件）

1. 発表者名 早川優人, 笥宗徳, 日比野浩典, 渡邊一衛, 中村昌弘
2. 発表標題 生産システムシミュレータを用いた授業プログラムのための授業設計手法の提案
3. 学会等名 日本設備管理学会秋季研究発表大会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 笥宗徳
2. 発表標題 アクティブラーニング時代のICTを活用した経営工学教育～生産システムシミュレータによる生産システム設計授業の開発～
3. 学会等名 日本経営工学会第2回 産学連携研究交流会（招待講演）
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 笥宗徳, 早川優人, 日比野浩典, 渡邊一衛, 中村昌弘
2. 発表標題 クラウド系生産システムシミュレータを用いた生産システム設計授業の開発
3. 学会等名 日本経営工学会秋季研究大会
4. 発表年 2016年

1. 発表者名 笥宗徳
2. 発表標題 アクティブ・ラーニングによる経営工学教育～クラウド系生産システムシミュレータを用いた生産システム設計授業～
3. 学会等名 日本オペレーションズ・リサーチ学会東北支部講演会（招待講演）
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 寛宗徳
2. 発表標題 ICTを活用したアクティブ・ラーニングの振り返り
3. 学会等名 私立大学情報教育協会分野連携アクティブ・ラーニング対話集会（招待講演）
4. 発表年 2016年

1. 発表者名 寛宗徳, 早川優人, 日比野浩典, 渡邊一衛, 中村昌弘
2. 発表標題 ものづくり現場を担う人材育成のための生産システムシミュレーションを使用した授業設計手法の提案
3. 学会等名 日本機械学会生産システム部門研究発表講演会2016
4. 発表年 2016年

1. 発表者名 軽部幸起, 山田哲男, 高野倉雅人, 寛宗徳
2. 発表標題 通所リハビリテーション施設の設備レイアウトに関する事例研究
3. 学会等名 日本設備管理学会春季大会
4. 発表年 2016年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

-

6. 研究組織

	氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考