

令和 6 年 6 月 21 日現在

機関番号：32665

研究種目：基盤研究(C)（一般）

研究期間：2021～2023

課題番号：21K01766

研究課題名（和文）コロナ禍におけるトラック運転者の労働環境に配慮したロジスティクスの研究

研究課題名（英文）A Study on Logistics Considered Working Environment of Truck Drivers in the Corona Disaster

研究代表者

鈴木 邦成（SUZUKI, Kuninori）

日本大学・生産工学部・教授

研究者番号：20440448

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 3,200,000 円

研究成果の概要（和文）：労働時間が長い労働集約的な現場を抱える現場ではかえって人手不足に苦しむという矛盾が表面化していることがわかった。トラックが長時間の荷待ちを行えば、トラックドライバーが法律で決められた1日当たりの拘束時間や時間外労働時間をオーバーしてしまう。トラックドライバーの労働時間の長時間化の一因となっているのが荷待ち、荷積み、荷卸し、荷捌きや納品などに関わる一連の作業負担である。工場や物流センターにおける迅速な荷積み、荷卸し、荷捌きが求められることになる。手作業からフォークリフトによるパレット荷役などに切り替える必要が出てくることがわかった。

研究成果の学術的意義や社会的意義

コロナ禍をきっかけにトラック運送に関わる労働環境は大きく変化した。また、少子高齢化も一層の進展を見せたことで労働力不足が進行した。

本研究はトラック運行の効率的なシステムについて社会環境の変化に配慮しながら検証するものであったが、社会のニーズに十分に合致しており、研究の意義も大きかったと考える。減少するトラックドライバー数、物流倉庫の作業員数に対応すべく、情報システムとそれに連動したマテハン機器の導入を戦略的に行うことで、近未来の日本社会で懸念される物流崩壊のリスクを抑えていくことが可能になると考える。

研究成果の概要（英文）： We find as trucks wait for long periods of time, truck drivers will exceed the daily restraint and overtime hours stipulated by law. One of the reasons for the long working hours of truck drivers is the series of tasks related to waiting, loading, unloading, handling and delivery.

Factories and distribution centers will be required to quickly load, unload, and handle. It was found that it would be necessary to switch from manual work to pallet loading and unloading with forklifts.

研究分野：ロジスティクス

キーワード：コロナ禍 トラック運行 荷待ち時間 パース予約システム 中継輸送

1. 研究開始当初の背景

コロナ禍における荷動きを図1～3を見ると、入庫に際しては、COVID-19の感染者数に敏感に反応しているが、保管、並びに出庫については従来水準がほぼ踏襲されていた。

言い換えれば、COVID-19の感染者が増えることで危機意識が高まり、発注が増えていることから営業普通倉庫の入庫高は増えていた。保管高についてはCOVID-19の深刻化以降、保管高が増加していたことは入庫高が増えている影響と考えられる。また大型倉庫の空室率は首都圏では低くなっていた。

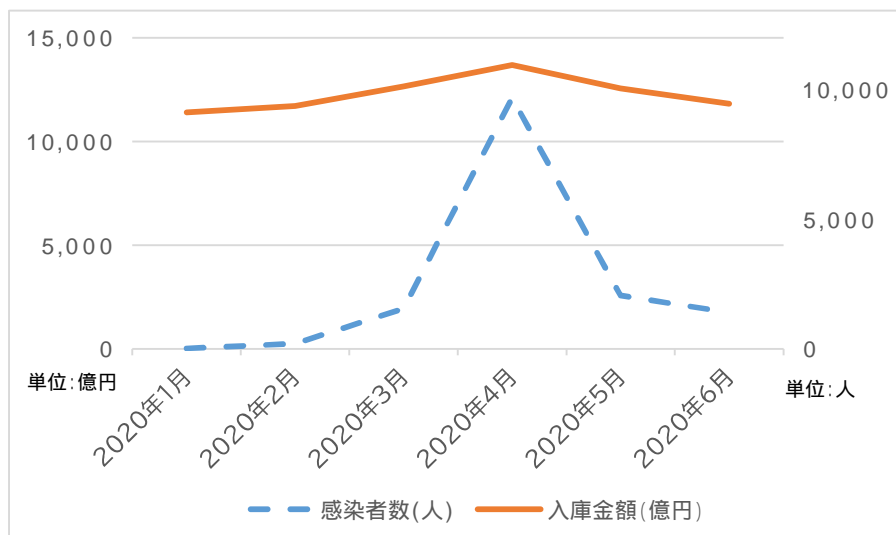


図1 COVID-19感染者数と入庫実績の関係

https://www.mlit.go.jp/seisakutokatsu/freight/seisakutokatsu_freight_mn2_000009.html
(2024年5月10日閲覧)

出典：国土交通省,政策統括,営業普通倉庫の実績(主要21)

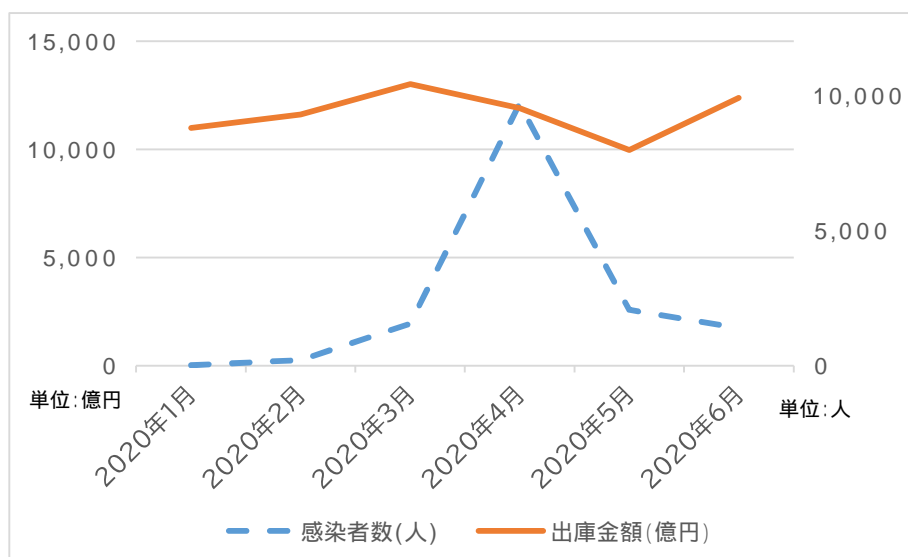


図2 COVID-19感染者数と出庫実績の関係

出典：国土交通省,政策統括,営業普通倉庫の実績(主要21)

https://www.mlit.go.jp/seisakutokatsu/freight/seisakutokatsu_freight_mn2_000009.html
(2024年5月10日閲覧)

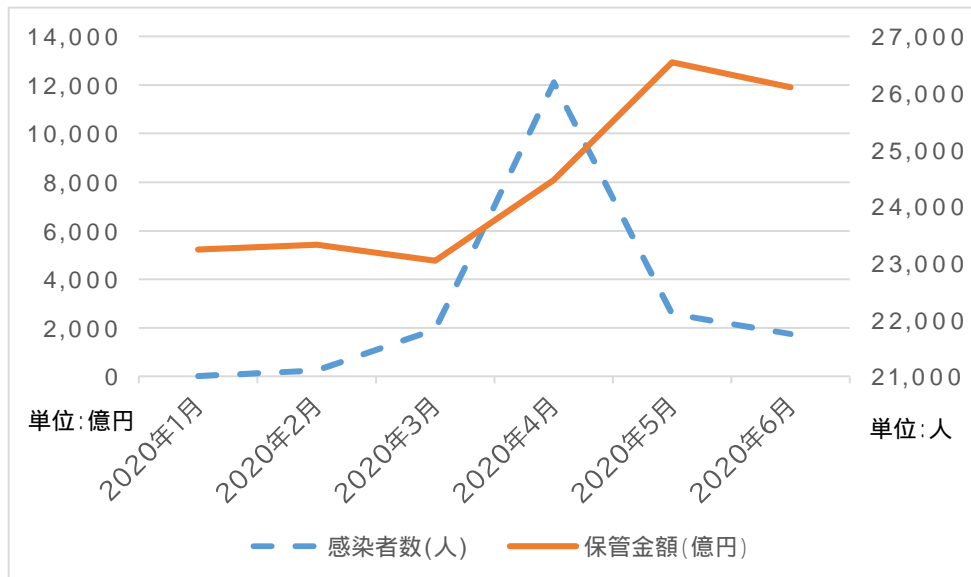


図3 COVID-19感染者数と保管実績の関係

出典：国土交通省,政策統括,営業普通倉庫の実績(主要21)

https://www.mlit.go.jp/seisakutokatsu/freight/seisakutokatsu_freight_mn2_000009.html
(2024年5月10日閲覧)

なお出庫高が増加しないのは入庫高の増加の要因が「危機感の高まりによる安全在庫の増加」であり、小売業、飲食業などへの出庫高、並びに出荷量は逆に抑制されているためと考えられる。

トラック運送業界ではコロナ禍で宅配需要などが増加しトラック運転者不足がこれまで以上に深刻化し、運行効率化が喫緊の課題となっている。そうしたなか、これまでの研究で帰り荷確保による主要な輸配送領域の物流KPI(積載率、実車率、実働率)の向上、さらには中継輸送の効果的な活用が効率的な運行管理システムの構築に寄与することが明らかになっている。

そこで「先行研究を踏まえたうえで、コロナ禍以降に進むDXの浸透を鑑み、いかにロジスティクスのプラットフォームを強化し、省人化の推進により人材不足を補っていくか」ということに注力する必要があると考えた。コロナ禍の発生により、ロジスティクス領域においても、省人化を念頭に置いたDXの普及に拍車がかかりつつあった。そこで急速に普及してきているAIによる機械学習を導入し、図4の示すようにERP(基幹情報システム)を上位システムとしたうえで、輸配送管理システム(TMS)をロジスティクス管理システム(LMS)、倉庫管理システム(WMS)とあわせてクラウドネイティブのDXプラットフォーム上で実装し、さらに物流センターの入出荷バース管理システム、及びトラック運行管理スケジューリングに連動させていくことで、省人化を徹底させ、トラック運転者などの人材不足を解消していくことにつなげる必要があるとして、本研究を開始することとした。

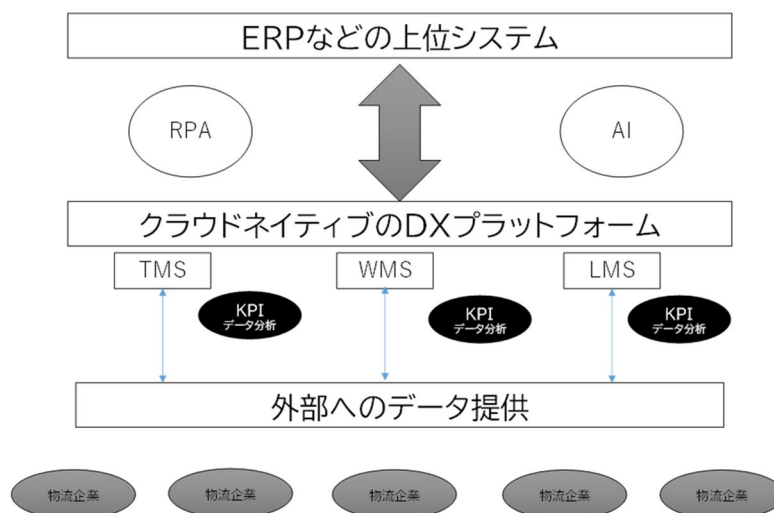


図4 物流DXプラットフォームのイメージ図

2. 研究の目的

本研究の目的は DX の浸透を踏まえて、AI を活用した運行スケジュールリングシステム、入出荷バース管理システム、並びにトラック運行管理スケジュールリングの導入で運行効率の向上を図り、シミュレーションを通してその効果を明らかにすることである。AI を活用した輸配送管理システム(TMS)を物流センターの入出荷バース管理システム（図 5 参照）及びトラック運行スケジュールリングに連動させることでどの程度の効率化が可能になるかを検証する。トラック運送事業者が機械学習を導入した情報システムを適切に活用し、トラック運転者の長時間労働の解消を図れることが予想される。運送業界全体の社会的評価を向上させる意味で、本研究の意義は高いものと確信する。

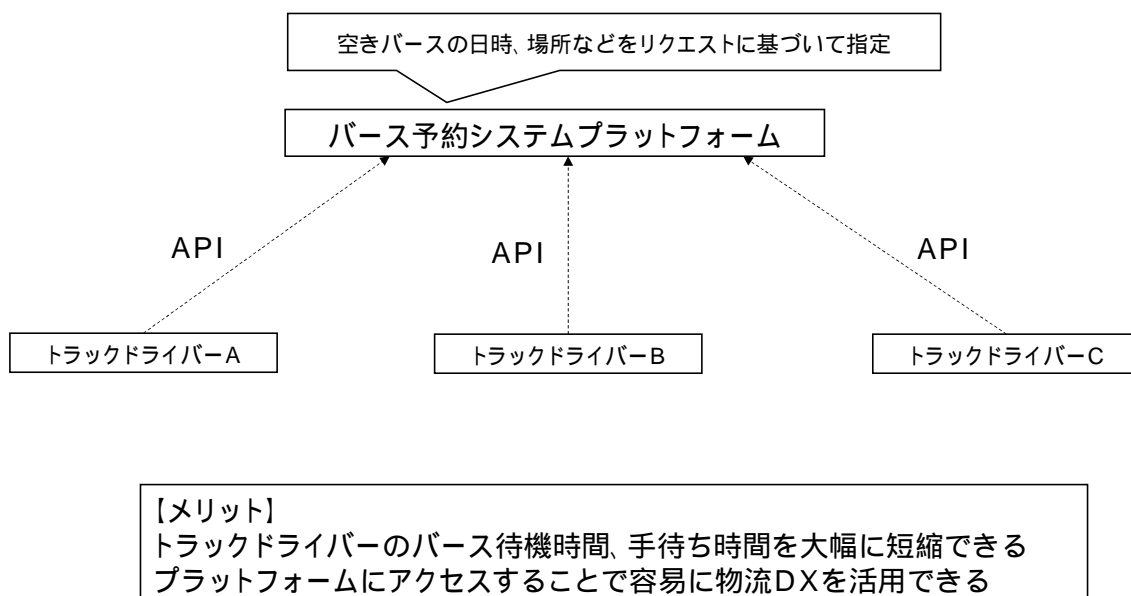


図 5 バース予約システムの構造

トラック貨物において、輸送ルートを選択する際、意思決定基準を少子高齢化対策としてのトラック運転手の確保・物流センターの入出荷バース管理の両面から提案した研究はほとんどなく、これまで鈴木他が手掛けたもののみといっても過言ではない。したがってこれを発展させる本研究は学術的な特色がある。

また、本研究の独創性は、トラック輸送のロジスティクスシステムの効果を、コロナ禍以降のニューノーマル時代の到来を踏まえたうえで、運行効率の向上と物流センターの荷待ち時間の短縮という両面から取り上げたことにある。このことから具体的なコロナ禍以降の荷動き、物流量の変化、運送事業者の輸送計画立案、及び社会的要請であるトラック運転者不足対策からロジスティクスの刷新を図る他に類をみない独創的な研究となっている。

3. 研究の方法

本研究では次の手順により、シミュレーションを行い、課題の解決を図った。

トラック貨物の運行システムにおける改善策の研究を 2 段階に分けて行うこととした。すなわち、2021 年度には AI による運行管理システムの導入とそれに伴う拠点整備についてのシミュレーションを行った。その結果を踏まえて令和 4 年度には輸送先における荷積み、荷卸しの作業時間の改善策とその効果についてのシミュレーションによる数値分析も行った。

まず、コロナ禍以降の荷動きを踏まえたうえで、積載率、実車率、実働率の定義の見直し及び当該指標の可視化の効果、並びにトラック運行管理システムの活用にあたっての効率的な帰り荷の確保にあたっての課題を明らかにした。

ついで DX を促進し、運行スケジュールリングの最適化を行うことでトラック運転者の労働環境を改善すれば、運行効率の向上をより一層推進できるのではないかと仮説を立てた。

そして物流センターにおける手待ち及び荷待ち時間の問題について、作業時間を短縮する具体的な改善案としてパレット単位での荷役の全面導入を検討した。AI により最適化された運行スケジュールリングに基づいた効率的な運行システムをロジスティクスの枠組みの中で捉え効果的な導入、及び活用の方策を明らかにしたのである。

そのうえでトラック運転者不足及び長時間の荷待ちの解消を目的とする効果的な運行システ

ムの構築、及びその効果を検証した。AI の導入によりトラック運行システムにおける労働負担をいかに軽減できるか、どれくらい労働力を確保することが可能になるかを勤務条件別のシナリオを立て、乗務員数、人件費を算出し、少子高齢化社会に適応した運行管理システムを明らかにした。

なお、運行効率 E を構成するパラメータ k_1 、 k_2 、 k_3 と収益改善策との関係については、(1) 輸配送品総重量 W_T (トン/月) を所与の条件 (一定値に固定) とした場合には、総輸送コスト: C_T を最小とする運行効率 E を構成するパラメータ k_1 、 k_2 、 k_3 を求める最小値問題となる。

$$E = k_1 \times k_2 \times k_3 \quad (1)$$

ここに、 k_1 は、実働率 $k_1 = \frac{\text{延実働車両数 (日・車)}}{\text{延実在車両数 (日・車)}} \times 100$

k_2 は、実車率 $k_2 = \frac{\text{実車キロ数 (km)}}{\text{総走行キロ数 (km)}} \times 100$

k_3 は、積載率 $k_3 = \frac{\text{輸送トン}}{\text{最大積載能力トン}} \times 100$ を表す。

(2) W を変数とした場合には、 W を最大化するための運行効率パラメータを求める最大値問題となり、トレードオフとなる変数の取扱いが異なる。

(1) の場合は、現状の受注運送重量を維持した状態でコスト削減により利益率増を図ろうとするもので、収益体質の強化と言えることからいわば戦略的な手法といえよう。

一方、(2) の場合は、収益構造は現状のままで、より積極的に受注重量増によって利益増を図ろうとするもので、営業力の強化とも言えることから戦術的手法と考えられる。

(1) と (2) は個別に行うことは可能であるが、より効果的な収益改善策を見出すには (1) と (2) を適切な割合で考慮した検討が必要である。

4. 研究成果

労働時間が長い労働集約的な現場を抱える現場ではかえって人手不足に苦しむという矛盾が表面化していることがわかった。トラックが長時間の荷待ちを行えば、トラックドライバーが法律で決められた 1 日当たりの拘束時間や時間外労働時間をオーバーしてしまう。トラックドライバーの労働時間の長時間化の一因となっているのが荷待ち、荷積み、荷卸し、荷捌きや納品などに関わる一連の作業負担である。

工場や物流センターにおける迅速な荷積み、荷卸し、荷捌きが求められることになる。手作業からフォークリフトによるパレット荷役などに切り替える必要が出てくることがわかった。

なお、中継拠点でスワップボディコンテナを交換するにあたって、中継地点への着荷サイドのトラックと次の目的地までの発荷トラックのタイムスケジュールを合わせておく必要がある。

積替えにあたる 2 車両のドライバーのタイムスケジュールが合わないと順番待ちのトラックが列を作り、中継輸送の荷役効率は低下する。

そこで期待されるのがバース予約システムであることから実装に向けて実車活用の検討を行った。すなわちクラウド経由でトラックドライバーは積み替えのタイムスケジュールを事前に決め、トラックバースをあらかじめ予約めることにより、トラックの待ち時間の短縮を確認した。具体的には関東から関西までの輸送で中京を中継拠点とした場合、関東で荷物を積み込むトラックは中京の中継拠点のトラックバースの到着見込み時刻を予約し、それにあわせて中京から関西に荷を運ぶトラックドライバーもバースを予約し、待ち時間の変化を確認した。

なお、トラックドライバーをうまく落ち合うように合致させるタイミングを整えるためには発荷主サイドの荷積み時間と着荷主サイドの荷卸し・納品時間を調整する必要であることがわかった。トラックドライバーや物流事業者のみならず、荷物を送る発荷主と荷物を受け取る着荷主の協力が become 必要になる。

バース予約システムは個々の運送会社の取組みというよりもクラウド化されたデジタルプラットフォームを介して API (Application Programming Interface) により、構築されることになる。現場サイドの視点でいえば、タブレットやスマートフォン端末を扱うことで、DX が推進されていく動向を把握できたのである。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計7件（うち査読付論文 3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 鈴木邦成	4. 巻 103
2. 論文標題 DXで変わる物流業界～2024年問題	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 物流団体連合会会報誌「Grow」	6. 最初と最後の頁 2,4
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 無
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 Kuninori Suzuki , Yoshihide Ikushima , Yoji Murayama	4. 巻 1
2. 論文標題 Changes in cargo Movement due to the Effects of COVID-19	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Proceedings of the 16 International Conference of Logistic and Supply Chain Management System	6. 最初と最後の頁 1D40
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 無
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 鈴木邦成	4. 巻 101
2. 論文標題 輸送・配送・輸配送・配達・運行・運搬・搬送の部物流用語としての違いについて 社会言語学的な視点からのアプローチを踏まえて	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 物流団体連合会会報誌「Grow」	6. 最初と最後の頁 20,21
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 無
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 鈴木邦成	4. 巻 66
2. 論文標題 ホワイト物流推進のカギとなるDXの活用	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 ひのでーす	6. 最初と最後の頁 1,2
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 無
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 Kuninori Suzuki, Yoji Murayama, Yi Xing	4. 巻 2
2. 論文標題 The Impact of Tighter Regulations of Export Controls in Global Logistics	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 Smart and Sustainable Supply Chain and Logistics - Challenges, Methods and Best Practices 2(1)	6. 最初と最後の頁 217,232
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 小野寺正浩, 金 賢洙, 鈴木邦成, けい怡, 若林敬造	4. 巻 第19巻
2. 論文標題 アパレル店舗における物流パレットによる納品形式の検討	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 日本ロジスティクスシステム学会誌	6. 最初と最後の頁 32-40
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 鈴木邦成, けい怡, 小野寺正浩	4. 巻 第20巻
2. 論文標題 ネット通販における顧客体験としての返品処理の円滑化	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 日本情報ディレクトリ学会誌	6. 最初と最後の頁 95-102
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3件 (うち招待講演 0件 / うち国際学会 2件)

1. 発表者名 Kuninori Suzuki, Yoshihide Ikushima, and Yoji Murayama
2. 発表標題 Changes in Cargo Movement due to the Effects of COVID-19
3. 学会等名 ICLS2022 16th International Congress on Logistics and SCM Systems (国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Kuninori Suzuki, Yoji Murayama, Yi Xing
2. 発表標題 The Impact of Tighter Regulations on Export Controls in Global Logistics
3. 学会等名 International Congress on Logistics and SCM Systems (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 山岡真理、鈴木邦成
2. 発表標題 スクートの製品ライフサイクルにおける時系列的研究
3. 学会等名 第67回日本経営システム学会全国研究発表大会
4. 発表年 2021年

〔図書〕 計2件

1. 著者名 鈴木邦成, 中村康久	4. 発行年 2022年
2. 出版社 白桃書房	5. 総ページ数 186
3. 書名 すぐわかる物流不動産: 進化を続けるサプライチェーンの司令塔	

1. 著者名 鈴木邦成	4. 発行年 2022年
2. 出版社 日刊工業新聞社	5. 総ページ数 176
3. 書名 現場で役立つ物流/小売・流通のKPIカイゼンポケットブック	

〔産業財産権〕

〔その他〕

なし

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
研究分担者	生島 義英 (Ikushima Yoshihide) (00844028)	長岡大学・経済経営学部・教授 (33110)	
研究分担者	石原 良晃 (Ishihara Yoshiaki) (60232336)	大島商船高等専門学校・情報工学科・教授 (55502)	

7. 科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計0件

8. 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

共同研究相手国	相手方研究機関
---------	---------