

令和 3 年 6 月 17 日現在

機関番号：32641

研究種目：若手研究(B)

研究期間：2017～2020

課題番号：17K12984

研究課題名（和文）環境を考慮した港湾荷役機械の運用に関するシミュレーション研究

研究課題名（英文）A simulation study on port cargo-handling operations considering environmental factors

研究代表者

楊 文賀（YANG, WENHE）

中央大学・理工学部・助教

研究者番号：50781796

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）：本研究は、港湾の情報システムに蓄積した作業記録を活用し、オペレーションプロセスの可視化、作業および環境パフォーマンスを総合的に評価するためのシミュレーションモデルを構築した。またIoT環境下、サイバー空間上でフィジカル空間を再現するためのデジタルツインの構築を念頭に、データをリアルタイムにシミュレーションモデルに入力するスキーム、およびモニタリングモードと予測実験モード間の連携フレームワークを提案し、検証した。

研究成果の学術的意義や社会的意義

インダストリー4.0の到来と情報技術の急速な進展により、詳細かつ膨大なデータ収集が可能になり、ロジスティクス分野にも大きな影響をもたらした。港湾もデジタル変革の実現に向けて、さらなるデータの収集と応用が求められる。本研究は、このような課題に対し、情報システムに蓄積した作業記録の活用、および、IoT環境下サイバー空間とフィジカル空間を高度融合させるデジタルツインのモデリングアプローチについて提案した。生産・物流システムにおいてのシミュレーションモデルの構築への応用が期待される。

研究成果の概要（英文）：In this study, using data from a port management information system, we developed a simulation model that considers both efficiency and environmental factors in evaluating operational processes. Furthermore, we proposed a Digital Twin (reflecting the physical space onto cyber space) construction framework and scheme for inputting data derived from the IoT and turning it into a simulation model. Our study also proposed and verified a framework for cooperation between the monitoring and evaluation-experiment modes.

研究分野：経営学

キーワード：ロジスティクス 経営情報 シミュレーション

1. 研究開始当初の背景

(1) グローバルサプライチェーンの構築の中、港湾は重要な役割を果たしている。港湾は制約のある経営資源を如何に有効に利用し、港湾システムのコストを抑え、環境への影響を低減し、作業効率を向上できるかということは従来から重要な課題である。また、港湾におけるオペレーションプロセスを統括的に管理、支援する情報システムでは、膨大な作業記録が蓄積されている。記録したデータの分析と効果的な利用は課題の一つとなっている。

(2) インダストリー4.0 (Industry 4.0, 第四次産業革命) の到来と IoT (Internet of Things, モノのインターネット)、ビッグデータ、AI などの技術の急速な進展は、ロジスティクス分野にも大きな影響をもたらした。港湾もデジタル変革の実現に向けて、さらなるデータの収集と応用が求められる。このような背景から、サイバー空間 (仮想空間) とフィジカル空間 (現実空間) を高度に融合し、自律的にモノと情報を管理し、意思決定を行うデジタルツインの実現が注目される。しかしながら、デジタルツインに関する研究の多くはコンセプト提案の段階に留まっており、デジタルツインの実装に関しては、アプローチの提案はまだわずかである。

2. 研究の目的

(1) 本研究の1つ目の目的は、情報システムに蓄積されたデータを用いて、港湾におけるオペレーションプロセスの可視化、荷役機械の作業および環境パフォーマンスを総合的に評価できる意思決定支援ツールの開発である。

(2) インダストリー4.0 の到来を念頭に、IoT 環境下、収集・蓄積されるリアルタイムデータを有効活用し、自己最適化しながら自律的制御を行えるようなシステムの実現を目標とする。フィジカル空間をサイバー空間で再現するためのモデリングアプローチの提案と実装はもう1つの研究目的である。

3. 研究の方法

(1) 港湾情報システムに蓄積したデータ、および荷役のオペレーションプロセスを分析・整理した。また、作業ログファイルのデータに基づき、オブジェクト指向プログラミングを用いて、シミュレーションモデルの構築を行った。

(2) サイバー空間上でフィジカル空間を再現するデジタルツインを構築する際に、存在している課題を調査し、構築フレームワーク、およびセンサーで取ったデータをリアルタイムにシミュレーションモデルに入力するためのスキームなどを提案した。また、小規模システムを用いて、提案したフレームワークとアプローチの検証を行った。

4. 研究成果

本研究の研究成果として、下記のようにまとめる。

(1) ターミナルオペレーションにおいて、情報システムに蓄積した荷役機械の作業ログファイルのデータの分析を行い、荷役作業の種類により、トレーラの走行パターンを解明した。そして、作業ログファイルのデータに基づき、オブジェクト指向アプローチを用いて、ヤード内のトレーラの動きを再現できるシミュレーションモデルを構築した。シミュレーションモデルの検証は実データとの比較により行った。また、トレーラ走行・渋滞中でのCO2排出量を算出し、シミュレーションモデルに取り入れ、作業効率と環境への影響を評価できる。さらに、IoT時代において、スマートロジスティクス、AIターミナルの実現を念頭に、IoT時代での港湾政策と世界港湾のデジタル変革を調査し、AIターミナル構築に向けた課題を検討した。

(2) インダストリー4.0の到来、およびIoTなどの技術の急速な成長により、ロジスティクス分野にも大きな影響をもたらした。そこで、リアルタイムデータを活用したモデリング手法について研究を行った。デジタルツインとは、フィジカル空間の出来事をサイバー空間にリアルタイム再現し、さらにサイバー上で構築したシミュレーションモデルを通してフィジカル空間の動きや変化を予測し、問題の解決策を制御と管理のために能動的にフィードバックするフレームワークである(図1)。センサーで取ったリアルタイムデータを使い、デジタルツインの概念を用いたシミュレーションモデルの構築方法について提案した。デジタルツインの構築に存在する課題を明らかにしたうえで、構築のフレームワーク、およびセンサーで取ったデータをリアルタイムにシミュレーションモデルに入力するためのスキームを提案した(図2)。また、実装する際の問題点を明確にし、重要な課題であるモニタリングモードと予測実験モード間の連携フレームワークを提案し、プロトタイプモデルで実行の可能性を検証した(図3)。検証実験については、実験室にある小規模システムを用いて行った。

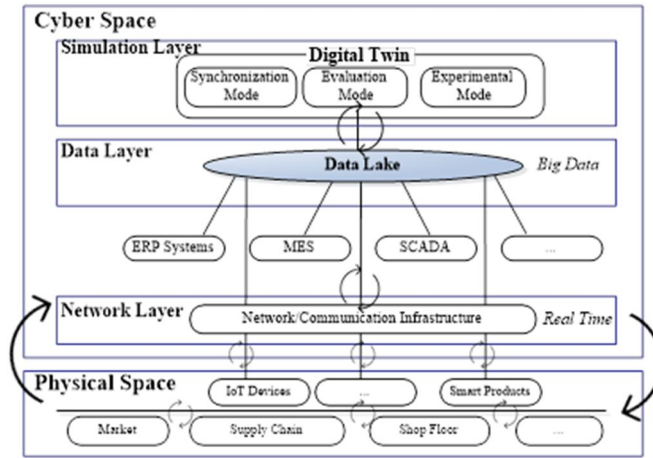


図 1: デジタルツインのコンセプト[1]

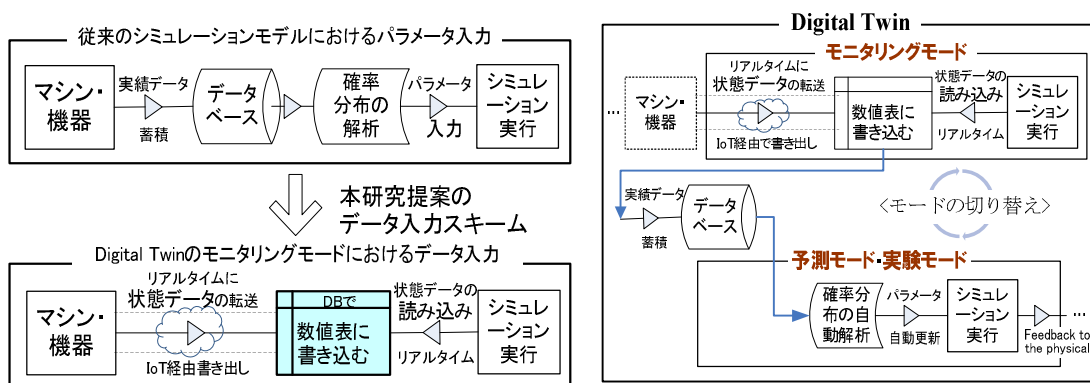


図 2: データ入力スキームの提案[2]

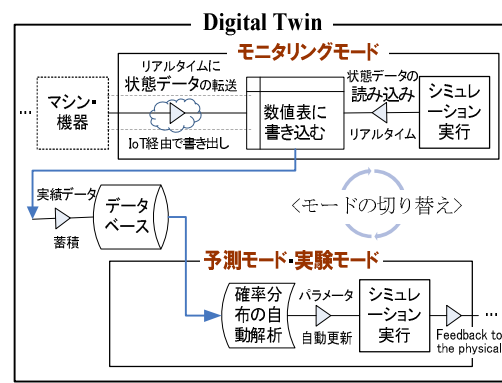


図 3: デジタルツインにおけるモニタリングモードと予測実験モード間の連携のフレームワーク[2]

(3) システムシミュレーションモデルの構築するためのデータ収集・活用について、IoTを用いたアプローチと従来のアプローチを比較し、応用時の問題点と可能性を検討した。IoT技術により詳細かつ膨大なデータ収集が可能になることから、正確な入力データが活用できるようになる。そのためには、収集した膨大なデータをシミュレーションに組み込むための入力データとして活用できるようにするために、必要とするデータを抽出することが必要である。さらに、現状を踏まえたリアルタイムシミュレーションの実施より、将来の状態に関してシミュレーション分析を有効に実施できることが期待され、シミュレーションの活用範囲が広がることを期待される。

(4) IoT技術による収集した大量のデータをシミュレーションに活用するために、抽出した構造化データを用いて、迅速的にシミュレーションモデルを構築できるモデリングアプローチを検討した[3]。この手法により、データテーブルから基本モデルを生成でき、シミュレーションモデルの構築に要する時間を大幅削減できる。生産・サービスシステムにおいて、シミュレーションモデルを構築する際、基本モデルの作成への応用は期待される。

<引用文献>

[1]Tan Yifei, Yang Wenhe, Yoshida Kohtaroh, Takakuwa Soemon. (2019) "Application of IoT-Aided Simulation to Manufacturing Systems in Cyber-Physical System," Machines, Vol.7, No.2. pp. 1-13.
 [2]譚 奕飛、楊 文賀、吉田 孝太郎、高桑 宗右エ門 (2020) 「IoT環境下のデジタルツイン構築の課題と試み」『日本情報経営学会誌』Vol.40, No.4, pp.41-48.
 [3]楊 文賀、譚 奕飛 (2018) 「データ駆動型モデリングの応用に関する考察」日本情報経営学会第76回全国大会。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計5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 2件）

1. 著者名 Yifei TAN, Wenhe YANG, Kohtaroh YOSHIDA, Soemon TAKAKUWA	4. 巻 7(1)
2. 論文標題 Application of IoT-Aided Simulation to Manufacturing Systems in Cyber-Physical System	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Machines	6. 最初と最後の頁 1-13
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.3390/machines7010002	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている（また、その予定である）	国際共著 -
1. 著者名 Yang Wenhe, Takakuwa Soemon	4. 巻 -
2. 論文標題 A Simulation Model for Estimating the Carbon Footprint of Vehicles in the Terminal Operating Processes	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 Proceedings of the Int. Conf. on Harbor Maritime and Multimodal Logistics M&S	6. 最初と最後の頁 76-80
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 Yang Wenhe, Tan Yifei, Yoshida Kohtaroh, Takakuwa Soemon	4. 巻 -
2. 論文標題 Digital Twin-Driven Simulation for a Cyber-Physical System in Industry 4.0	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 DAAAM INTERNATIONAL SCIENTIFIC BOOK 2017	6. 最初と最後の頁 227-234
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.2507/daaam.scibook.2017.18	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている（また、その予定である）	国際共著 -
1. 著者名 譚 奕飛、楊 文賀、吉田 孝太郎、高桑 宗右衛門	4. 巻 40(4)
2. 論文標題 IoT環境下のデジタルツイン構築の課題と試み	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 日本情報経営学会誌	6. 最初と最後の頁 41-48
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 楊 文賀、高桑 宗右工門	4. 巻 40(4)
2. 論文標題 IoT環境下の港湾のデジタル変革とシミュレーション	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 日本情報経営学会誌	6. 最初と最後の頁 49-55
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 -

〔学会発表〕 計9件（うち招待講演 0件 / うち国際学会 2件）

1. 発表者名 譚 奕飛、楊 文賀、吉田 孝太郎、高桑 宗右工門
2. 発表標題 デジタルツインの構築におけるモニタリングモードと予測実験モード間の連携について
3. 学会等名 日本情報経営学会第78回全国大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 楊 文賀、高桑 宗右工門
2. 発表標題 スマート港湾について～シミュレーションの応用を中心に～
3. 学会等名 日本情報経営学会第79回全国大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 高桑 宗右工門、野村 淳一、三輪 冠奈、譚 奕飛、岳 理恵、楊 文賀、吉田 孝太郎
2. 発表標題 IoTを活用したシミュレーションのためのデータ収集
3. 学会等名 日本情報経営学会第79回全国大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Soemon Takakuwa, Wenhe Yang, Kohtaroh Yoshida, Yifei Tan
2. 発表標題 Production Control in Conjunction with Real-time Simulation Using IoT
3. 学会等名 INFORMS Annual Meeting 2019 (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 楊 文賀、譚 奕飛
2. 発表標題 データ駆動型モデリングの応用に関する考察
3. 学会等名 日本情報経営学会第76回全国大会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 譚 奕飛、楊 文賀、吉田 孝太郎、高桑 宗右衛門
2. 発表標題 IoT環境下のデジタルツイン構築の課題と試み
3. 学会等名 日本情報経営学会第77回全国大会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Yifei TAN, Wenhe YANG, Kohtaroh YOSHIDA, Soemon TAKAKUWA
2. 発表標題 Application of IoT-Aided Simulation for a Cyber-Physical System
3. 学会等名 2018 Winter Simulation Conference (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 譚奕飛、楊文賀、高桑宗右工門
2. 発表標題 IoT援用デジタルツイン指向シミュレーションの構築
3. 学会等名 日本情報経営学会 第75回全国大会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 高桑宗右工門、楊文賀
2. 発表標題 IoT・インダストリー4.0環境下におけるシミュレーション
3. 学会等名 日本情報経営学会 第75回全国大会
4. 発表年 2017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

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