

トラック予約受付システムの運用設定に関する研究 ～トラックバースの稼働率向上と荷役待ち時間削減の 両立を目指して～

小島 寛輝

指導教員 黒川 久幸 教授

1. 序章

1.1 研究背景

近年、トラック輸送を支えるドライバーの長時間労働が社会的に大きな問題となっている。ドライバーの労働時間のうち、荷役待ち時間は全くもって無駄な時間であり、削減していく必要がある。荷役待ち時間が発生する要因の一つに、物流施設にトラックが集中的に到着すること⁽¹⁾が挙げられる。

そこでトラックの到着時刻を事前に予約し、トラックの到着を平準化できるシステムとして、近年トラック予約受付システム(以下「予約システム」)が注目されている。予約システムでは、物流施設側が複数の予約可能時間枠(以下「時間枠」)を作成し、ドライバー側が作成された時間枠を選択することによって到着時刻を予約している。物流施設側は、時間枠と各時間枠における受付台数を設定することができるが、何の取り決めもなく設定した場合、トラックバース(以下「バース」)の稼働率低下や、荷役待ち時間を十分に削減できないといった問題が発生する。従って物流施設側は、バースの稼働率向上と荷役待ち時間削減の両立ができるよう、時間枠と各時間枠における受付台数を適切に設定する必要がある。しかし、これらの設定方法について、十分な検討がなされていない。

1.2 研究目的

本研究では、バースの稼働率向上と荷役待ち時間削減の両立を目指した、予約システムの運用設定について検討することを目的とする。

研究ではまず、荷役時間の平均値とばらつき、バース数を変化させた場合の、基本的な荷役待ち時間の傾向を確認する。

次に、基本的な荷役待ち時間の傾向を踏まえ、バースの稼働率向上と荷役待ち時間削減の両立を目指した運用設定について検討を行う。

2. 荷役待ちモデルについて

2.1 荷役待ちモデルの概要

基本的な荷役待ち時間の傾向の確認と、バースの稼働率向上と荷役待ち時間削減の両立を目指した運用設定を考えるにあたり、荷役待ちモデルを作成し、シミュレーションを行う。荷役待ちモデルとは、トラックが物流施設へ到着し、荷役を行い、出発するまでの一連の流れを再現したものである。図 2.1 に、荷役待ちモデルの概要を示す。

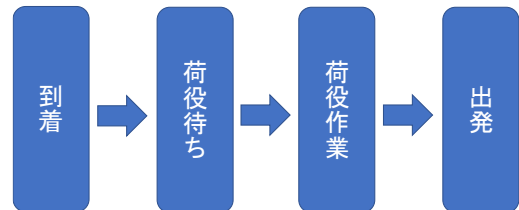


図 2.1 荷役待ちモデルの概要

2.2 トラフィック密度

トラフィック密度(ρ)とは、単位時間あたり平均到着台数 λ (台/時)と、単位時間あたり平均荷役台数 μ (台/時)の比率を表し、0 から 1 までの値をとる。複数のバースがある場合は、物流施設全体のトラフィック密度は下記の式で求められる。なお、バースの稼働率の観点からは、トラフィック密度を高める必要がある。

$$\rho = \frac{\lambda}{S\mu}$$

λ : 単位時間あたり平均到着台数 (台/時)

μ : 単位時間あたり平均荷役台数 (台/時)

S : バース数

2.3 荷役待ちモデルの設定

表 2.1 に、荷役待ちモデルの設定を示す。

表 2.1 荷役待ちモデルの設定

調査期間	100 日間 (144,000 分)
試行回数	20 回
バース数	1 個
荷役時間	平均 60 分、標準偏差 8 分の正規分布に従う
時間枠	60 分一定間隔
各時間枠における受付台数	1 台一定
トラックの到着	予約時刻ちょうど
バースへの移動	空いたバースへ到着順で移動 (複数バース)

3. 基本的な荷役待ち時間の傾向

3.1 検討項目

荷役時間の平均値とばらつき (標準偏差)、バース数を変化させた場合の、トラフィック密度と待機したトラックにおける平均荷役待ち時間の傾向を確認する。

3.2 荷役時間の平均値を変化させた場合の傾向

図 3.1 に、荷役時間の平均値を 24 分から 60 分まで変化させた場合の、トラフィック密度と待機したトラックにおける平均荷役待ち時間の関係を示す。図 3.1 より、トラフィック密度が 1.0 に近づくに従い、待機したトラックにおける平均荷役待ち時間が急激に増加することが分かる。これは、荷役時間の平均値が上昇するに従い、荷役時間が時間枠の間隔を超える確率が高まり、待機する確率が急激に高まるためである。

以上の結果より、トラックの到着台数と荷役台数がほぼ等しく、長い荷役待ち時間が発生している物流施設においても、荷役時間を少しでも削減することで、バースの稼働率向上と荷役待ち時間削減の両立が可能であると言える。荷役時間の削減方法として、パレット化の推進や繁忙時間帯の増員などが挙げられる。

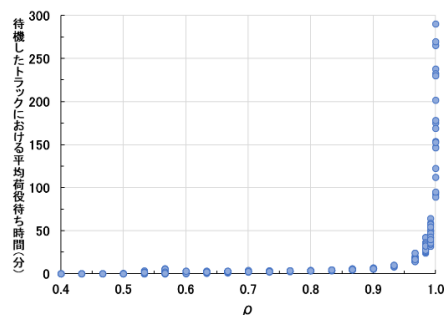


図 3.1 トラフィック密度と待機したトラックにおける平均荷役待ち時間の関係

3.3 荷役時間のばらつきを変化させた場合の傾向

荷役時間のばらつきを 1 分から 8 分まで変化させた場合の検討を行った。その結果、荷役時間のばらつきを抑えるに従い、トラフィック密度がよ

り 1.0 に近づくまで、待機したトラックにおける平均荷役待ち時間の急激な上昇を抑えられることが分かった。

図 3.2 に、荷役時間のばらつきと待機したトラックにおける平均荷役待ち時間の関係を示す。図 3.2 より、荷役時間のばらつきを抑えるに従い、トラフィック密度が 1.0 付近においても、待機したトラックにおける平均荷役待ち時間を大幅に削減できることが分かる。

これらの原因は、荷役時間のばらつきを抑えるに従い、荷役時間が時間枠の間隔を超える確率が下がり、待機する確率が下がるためである。

以上の結果より、トラックの到着台数と荷役台数がほぼ等しく、長い荷役待ち時間が発生している物流施設においても、荷役時間のばらつきを可能な限り抑えることで、バースの稼働率向上と荷役待ち時間削減の両立が可能であると言える。ばらつきを抑える方法として、車格や荷量、荷姿などによって到着するトラックを分類し、分類ごとにバースの予約設定をすることなどが挙げられる。

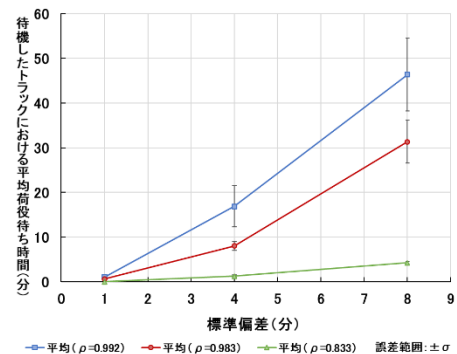


図 3.2 荷役時間のばらつきと待機したトラックにおける平均荷役待ち時間の関係

3.4 トラックバース数を変化させた場合の傾向

バース数を 1 個から 20 個まで変化させた場合の検討を行った。その結果、バース数が増加するに従い、トラフィック密度がより 1.0 に近づくまで、待機したトラックにおける平均荷役待ち時間の急激な上昇を抑えられることが分かった。

図 3.3 に、バース数と待機したトラックにおける平均荷役待ち時間の関係を示す。図 3.3 より、バース数が増加するに従い、トラフィック密度が 1.0 付近においても、待機したトラックにおける平均荷役待ち時間の削減を期待できると分かる。

これらの原因は、バース数が増加するに従い、全てのバースが埋まっている確率が低下し、トラ

ックがすぐに荷役作業を行える確率が高まるためである。

以上の結果より、トラックの到着台数と荷役台数がほぼ等しく、長い荷役待ち時間が発生している物流施設においても、バース数を増加させることで、バースの稼働率向上と荷役待ち時間削減の両立が可能であると言える。バース数を増加させる方法として、予約システムを複数のバースに同時に適用することが挙げられる。

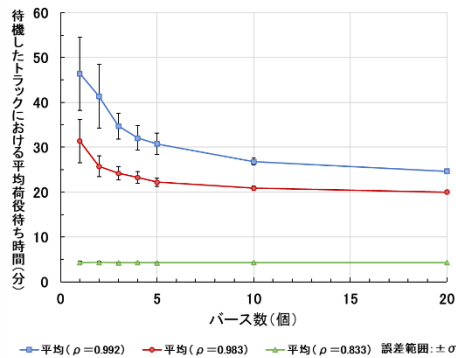


図 3.3 バース数と待機したトラックにおける平均荷役待ち時間の関係

4. トラックバースの稼働率向上と荷役待ち時間削減の両立を目指した運用設定

4.1 検討項目

まず、荷役待ち時間を削減できるような受付台数の組み合わせを検討する。具体的には、表 4.1 のように 2 つの時間枠における受付台数の変動幅を変化させた場合の、平均トラフィック密度と待機したトラックにおける平均荷役待ち時間の関係を検討する。

次に、所定の荷役待ち時間に抑えつつ、バースの稼働率を向上できるような受付台数の組み合わせを検討する。具体的には、表 4.2 のように受付台数を組み合わせ、一部の時間枠の受付台数を増加させた場合の、平均トラフィック密度と待機したトラックにおける平均荷役待ち時間の関係等を検討する。なお、国土交通省による荷役待ち時間等の記録義務付け⁽²⁾を受け、所定の荷役待ち時間を 30 分とする。

表 4.1 2 つの時間枠における受付台数の組み合わせ

2つの時間枠における受付台数	平均トラフィック密度	2つの時間枠における受付台数の変動幅				
		0台	2台	4台	6台	8台
6	0.3	3台・3台	2台・4台	1台・5台		
8	0.4	4台・4台	3台・5台	2台・6台	1台・7台	
10	0.5	5台・5台	4台・6台	3台・7台	2台・8台	1台・9台
12	0.6	6台・6台	5台・7台	4台・8台	3台・9台	2台・10台
14	0.7	7台・7台	6台・8台	5台・9台	4台・10台	
16	0.8	8台・8台	7台・9台	6台・10台		
18	0.9	9台・9台	8台・10台			
20	1.0	10台・10台				

表 4.2 受付台数の組み合わせ

平均トラフィック密度	各時間枠における受付台数の組み合わせ
0.950	9台の枠を1個・10台の枠を1個
0.967	9台の枠を1個・10台の枠を2個
0.992	9台の枠を1個・10台の枠を11個

4.2 荷役待ち時間を削減できるような受付台数の設定

2 つの時間枠における受付台数の変動幅を変化させた場合の、平均トラフィック密度と待機したトラックにおける平均荷役待ち時間の関係を検討した。その結果、2 つの時間枠における受付台数の変動幅が小さくなるに従い、平均トラフィック密度がより 1.0 に近づくまで、待機したトラックにおける平均荷役待ち時間の急激な上昇を抑えられることが分かった。

図 4.1 に、2 つの時間枠における受付台数の変動幅と待機したトラックにおける平均荷役待ち時間の関係を示す。図 4.1 より、平均トラフィック密度が等しい場合、2 つの時間枠における受付台数の変動幅が 0 台の時、待機したトラックにおける平均荷役待ち時間が最少となることが分かる。

これらの原因は、2 つの時間枠における受付台数の変動幅が大きくなり、トラックの到着台数が一時的に増加するに従い、到着台数以上のバースが空いている確率が下がり、待機する確率が高まるためである。

以上の結果より、到着するトラックの荷役時間の平均値が一定の場合、荷役待ち時間を削減するためには、各時間における受付台数を一定にするのが望ましいと言える。

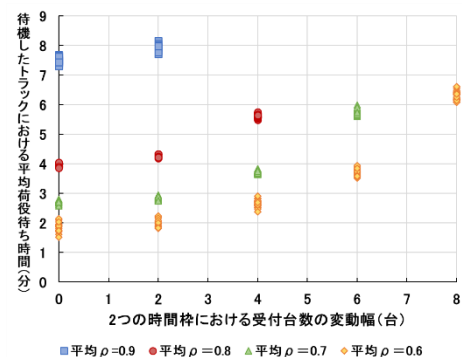


図 4.1 2 つの時間枠における受付台数の変動幅と待機したトラックにおける平均荷役待ち時間の関係

4.3 所定の荷役待ち時間に抑えつつトラックバースの稼働率を向上できるような受付台数の設定

図 4.2 に、受付台数を変動が大きくならないように組み合わせた場合の平均トラフィック密度と

待機したトラックにおける平均荷役待ち時間の関係を示す。図 4.2 より、受付台数を変動が大きくならないように組み合わせることにより、待機したトラックにおける平均荷役待ち時間がより 30 分に近づくまで、平均トラフィック密度を上昇させられることが分かる。また、稼働率についても、待機したトラックにおける平均荷役待ち時間がより 30 分に近づくまで向上させられることが分かった。

また表 4.2 の組み合わせについて、平均トラフィック密度と待機したトラックにおいて荷役待ち時間が 30 分以上となるトラックの割合の関係を確認したところ、図 4.3 の通りとなった。この図より、荷役待ち時間のばらつきを考慮に入れることで、平均荷役待ち時間だけでなく、荷役待ち時間が 30 分以上となるトラックの割合も考慮に入れたうえで、バースの稼働率を向上できる組み合わせが定まると分かる。

以上の結果より、所定の荷役待ち時間に抑えつつバースの稼働率を向上できるような受付台数の設定では、荷役待ち時間の平均値とばらつきを考慮に入れ、受付台数の変動が大きくならないよう、一部の時間枠における受付台数を増加させるのが有効であると言える。

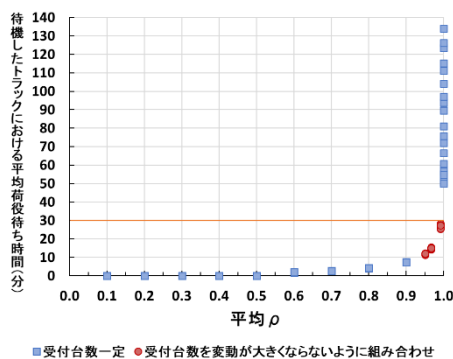


図 4.2 平均トラフィック密度と待機したトラックにおける平均荷役待ち時間の関係

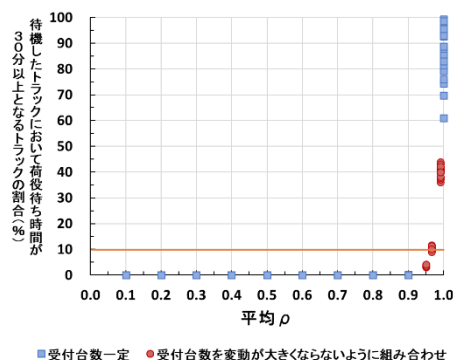


図 4.3 平均トラフィック密度と待機したトラックにおいて荷役待ち時間が 30 分以上となるトラックの割合の関係

5. 終章

本研究では、バースの稼働率向上と荷役待ち時間削減の両立を目指した、予約システムの運用設定について検討することを目的とした。

その結果、トラックの到着台数と荷役台数がほぼ等しく、長い荷役待ち時間が発生している物流施設においては特に、以下の 2 点が有効であることが分かった。

- 荷役時間のばらつきを可能な限り抑える。そのために、車格や荷量、荷姿などによって到着するトラックを分類し、分類ごとにバースの予約設定をするのが望ましい。
- バース数を増加させる。そのために、予約システムを導入する際には、複数のバースに同時に適用するのが望ましい。

また、到着するトラックの荷役時間の平均値が一定の場合、荷役待ち時間を削減するためには、各時間における受付台数を一定にするのが望ましいと分かった。

さらに、所定の荷役待ち時間に抑えつつバースの稼働率を向上させるためには、荷役待ち時間の平均値とばらつきを考慮に入れ、受付台数の変動が大きくならないよう、一部の時間枠における受付台数を増加させるのが有効であると分かった。

その他、トラックの到着台数と荷役台数がほぼ等しく、長い荷役待ち時間が発生している物流施設においても、荷役時間を少しでも削減することで、バースの稼働率向上と荷役待ち時間削減の両立が可能であると分かった。荷役時間の削減方法として、パレット化の推進や繁忙時間帯の増員などが有効であると考えられた。

参考文献

- (1) 国土交通省：第 6 回トラック輸送適正取引推進パートナーシップ会議 説明資料 ～トラック産業における取引実態調査（概要）～，
<https://www.mlit.go.jp/common/000220102.pdf>, 2022. 1. 28.
- (2) 国土交通省：荷待ち時間等の記録義務付けに関するリーフレット，
<https://www.mlit.go.jp/common/001292625.pdf>, 2021. 12. 29.