

ISSN 1346-7328

国総研資料 第797号  
平成 26 年 7 月

# 国土技術政策総合研究所資料

TECHNICAL NOTE of  
National Institute for Land and Infrastructure Management

No.797

July 2014

## コンテナターミナルにおける ゲート通過の円滑性確保に関する研究

里村 大樹・水谷 雅裕・鈴木 武

Study to Ensure Smooth Passage of Container Terminals through Gates

Daiki SATOMURA, Masahiro MIZUTANI, Takeshi SUZUKI

国土交通省 国土技術政策総合研究所

National Institute for Land and Infrastructure Management  
Ministry of Land, Infrastructure, Transport and Tourism, Japan



## コンテナターミナルにおけるゲート通過の円滑性確保に関する研究

里村 大樹\*・水谷 雅裕\*\*・鈴木 武\*\*\*

### 要 旨

2001年のアメリカ合衆国同時多発テロを契機として、SOLAS条約の改正等、近年海上輸送・港湾分野において保安対策が強化されている。一方で、国内主要港湾のコンテナターミナル周辺では国際海上コンテナ輸送車両（トラック）の渋滞が恒常的に発生しており、その解消策が求められている。

本研究では、コンテナターミナル周辺の実態を横浜港本牧埠頭BCターミナルで現地調査し、更に現地調査で得られたデータを基に、保安対策が強化された場合の待ち時間、待ち台数を計算した。保安対策が強化されてコンテナ搬入の処理時間が5分長くなる場合、現状設備ではオーバーフローするが、ゲート処理方法を変更することでオーバーフローが回避でき、その日のうちに処理できる結果となった。保安対策が強化された場合には、昼にゲートオープンするケースでも、現状設備ではオーバーフローする結果となった。

**キーワード：**保安対策強化、コンテナターミナル、コンテナトレーラー、ゲート通過の円滑性確保

---

\*沿岸海洋・防災研究部主任研究官

\*\*沿岸海洋・防災研究部危機管理研究室長

\*\*\*沿岸海洋・防災研究部長

〒239-0826 横須賀市長瀬3-1-1 国土交通省国土技術政策総合研究所

電話：046-844-5033 Fax：046-844-5068 e-mail: satomura-d86rd@ysk.nilim.go.jp

## Study to Ensure Smooth Passage of Container Terminals through Gates

**SATOMURA Daiki\***  
**MIZUTANI Masahiro\*\***  
**SUZUKI Takeshi\*\*\***

### Synopsis

After the 9/11 terrorist attacks in 2001, security measures have been strengthened in maritime transport and port areas. On the other hand, roads around container terminals of the Japanese major ports are congested with international maritime container transport vehicles (container trailers).

In this study, we surveyed the actual situation of container terminals at the Honmoku-BC terminal of Yokohama Port. Using data obtained by the survey, we simulated waiting times and numbers of waiting container trailers in the case of strengthened security measures.

If strengthening security measures increased the processing time of the in-coming container trailers by five minutes, the present gate equipment would overflow. But improving the gating process could prevent overflow, permitting processing within a day. Even in a case with the gates open during lunch time under strengthened security measures, overflow would occur with present gate equipment.

**Key Words** : strengthening port security, container terminal, container trailer, ensuring smooth passage through gates

---

\* Senior Researcher of Coastal, Marine and Disaster Prevention Department  
\*\* Head of Disaster and Emergency Management Division, Coastal, Marine and Disaster Prevention Department  
\*\*\* Director of Coastal, Marine and Disaster Prevention Department  
3-1-1 Nagase, Yokosuka, 239-0826 Japan  
Phone : +81-46-844-5033 Fax : +81-46-844-5068 e-mail:satomura-d86rd@ysk.nilim.go.jp

## 目 次

1. はじめに	1
2. 横浜港本牧埠頭BCターミナル現地調査	1
3. 朝のゲートオープン待ちトラック台数の推定	4
3.1 早朝到着割合	4
3.2 車両長	4
3.3 車両が待機していた車線の車両待機部分延長	4
3.4 待機トラック台数の推定	5
4. 一日のトラック台数の推定	5
4.1 ゲート通過コンテナ本数	5
4.2 一日の合計到着台数の推定	6
5. ゲート処理効率化の検討	7
5.1 シミュレーションの手法, 計算条件	7
5.2 現状再現計算	8
5.3 保安対策が強化される場合の影響 (現状設備)	9
5.4 ゲート処理方法の違いと待ちの変化	10
5.5 ゲート処理方法変更による効果とコストの負担	12
6. ゲートクローズ中の到着の影響	12
7. 昼のゲートオープン効果	13
8. 保安対策が強化される場合の昼のゲートオープンの効果	14
9. まとめ	17
10. おわりに	17
謝辞	17
参考文献	17
付録	18



## 1. はじめに

2001年のアメリカ合衆国同時多発テロを契機として、2002年にSOLAS条約（International Convention for the Safety Of Life At Sea：海上人命安全条約）の改正、2004年の同条約発効に対応した日本国内法の成立・施行、2010年に港湾のターミナルに立ち入る際の3点確認の義務化、2014年に出港24時間前積荷情報報告義務化等、海上輸送・港湾分野において保安対策が強化されている<sup>1), 2)</sup>。諸外国の大港湾においては、偽造困難なICカードと生体認証を組み合わせたシステムによる出入管理が行われている<sup>3)~6)</sup>。

一方、2005年にFAL条約（Convention on Facilitation of International Maritime Traffic：国際海上交通簡易化条約）の批准、2006年にAEO（Authorized Economic Operator：認定事業者）制度導入、2011年に日EUの、2012年に日米のAEO制度相互承認が行われる等、物流の効率化に向けた取り組みも行われている。

しかし、京浜港や阪神港等の主要な港湾のコンテナターミナル(CT)周辺では国際海上コンテナ輸送車両（以下トラックという）の渋滞が恒常的に発生しており、渋滞解消策が求められている<sup>7)</sup>。CT周辺の渋滞解消対策として、CTの容量拡大・処理能力向上、ゲート前のウェブカメラ映像の提供等の取り組みが総合的に進められている。また、CTにおける効率的なコンテナ搬出入を目指して、横浜港でコンテナ搬出入予約制の導入に向けた実証実験が行われた。

また、アメリカ合衆国は、輸出側（仕出港）で全てのアメリカ合衆国向けコンテナ貨物のX線による検査と放射線検知（100%スキャン）を求めている<sup>8)</sup>。100%スキャン等の、更なる保安対策強化はCT周辺の渋滞の悪化・リードタイムの増加が懸念されるところであるが、日本の港湾の国際競争力維持向上のためには、港湾において滞留させないことが必要である。

本研究では、CT周辺の実態を横浜港本牧埠頭BCターミナル（以下「BCターミナル」という）で現地調査した。現地調査で得られたデータを基に、単位時間当たりのトラック到着台数を設定し、現状再現計算を行った。次いで、保安対策が強化された場合に、トラックの待ち台数、待ち時間にどのような影響が発生するか試算し、併せて、ゲート処理効率化の方策を検討した。更に、ゲートクローズ中の到着の影響を試算し、昼のゲートオープンの効果を検討した。

## 2. 横浜港本牧埠頭BCターミナル現地調査

CTへの到着トラック台数、時刻、ゲート前でのトラック

待機状況等について、BCターミナルにおいて現地調査を行った。当該ターミナルは、コンテナ搬出入トラックと一般車両の区別がしやすいと考えられたため、モデルケースの対象とした。横浜港の周辺地図を図-2.1、BCターミナル周辺の地図及び調査地点を図-2.2に示す。



図-2.1 横浜港周辺地図

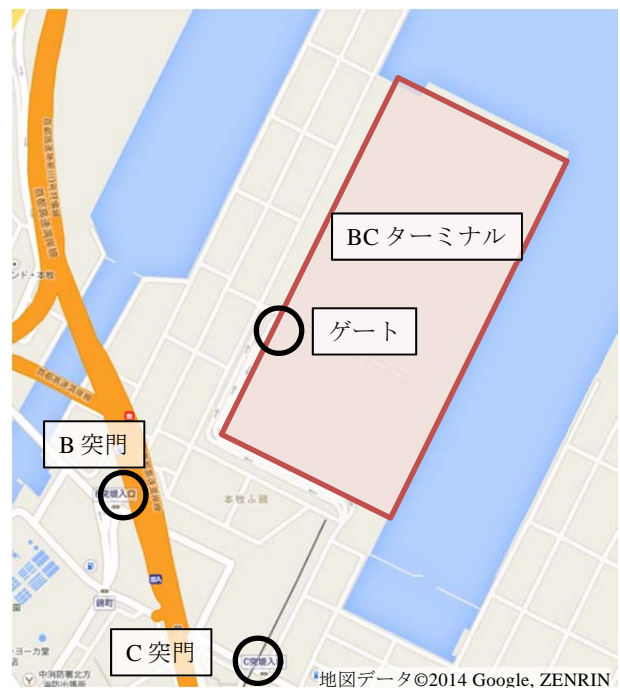


図-2.2 本牧埠頭BCターミナル周辺地図及び調査地点

現地調査は1回目調査を2013年4月23日（火）、2回目調査を11月21日（木）に行った。それぞれの調査の調査項目は以下の通りである。括弧内は調査地点を示す。

1回目調査：

ゲートオープン前のトラックの待機状況（ゲート前）  
 トラック到着台数，到着時刻，コンテナサイズ(20ft, 40ft)，コンテナ積，シャーシ，牽引トラクタの別（以下，貨物種類という）（C突門）

2回目調査：

ゲートオープン後のトラックの待機状況（ゲート前）

1回目調査の結果を表-2.1，図-2.3に示す．コンテナ積(CL)はコンテナを積載しているトラック（写真-2.1），シャーシ(Cs)はコンテナを積載していないシャーシを牽引しているトラック（写真-2.2），牽引トラクタ(TT)はコンテナ・シャーシを牽引していないトラックである（写真-2.3）．表-2.1に示す到着台数の調査は8:17～17:22に行った．なお，BCターミナルの平日のゲートオープン時間は8:30～11:30, 13:00～16:30である．BCターミナルに進入する車両が主に経由するC突門の開放時間は4:00からである．1台のトラックが2本の20ftコンテナを運ぶ場合は，40ftコンテナ1台とした．

最も多かった貨物種類は40ftコンテナ積で462台，全体の42%であった．以下台数が多い順に20ftコンテナ積が277台で25%，20ftシャーシが165台で15%，40ftシャーシが154台で14%，最も少なかったのは牽引トラクタ46台で4%であった．合計台数は1,104台であった．図-2.3に示す通り，時間帯別に見ると到着台数はばらついており，特に牽引トラクタは夕方集中していることがわかる．40ftコンテナ積は一日を通じて全種類の40%程度であった．

表-2.1 現地調査でのトラック到着台数，到着時間帯

時間帯	20ft		40ft		TT	計
	CL	Cs	CL	Cs		
8:00～8:29	4	5	8	1	1	19
8:30～8:59	7	10	14	6	1	38
9:00～9:29	16	13	23	6	1	59
9:30～9:59	16	8	25	12	1	62
10:00～10:29	17	15	26	3	0	61
10:30～10:59	16	11	31	12	1	71
11:00～11:29	26	5	30	11	2	74
11:30～11:59	29	6	28	4	0	67
12:00～12:29	25	1	28	7	2	63
12:30～12:59	6	7	16	5	0	34
13:00～13:29	11	2	15	11	1	40
13:30～13:59	12	6	18	7	1	44
14:00～14:29	18	10	31	19	1	79
14:30～14:59	19	9	37	15	0	80
15:00～15:29	17	18	34	12	1	82
15:30～15:59	13	19	33	4	0	69
16:00～16:29	11	16	35	17	8	87
16:30～16:59	8	2	17	2	13	42
17:00～17:29	6	2	13	0	12	33
計	277	165	462	154	46	1,104
割合(%)	25	15	42	14	4	100

CL: コンテナ積, Cs: シャーシ, TT: 牽引トラクタ

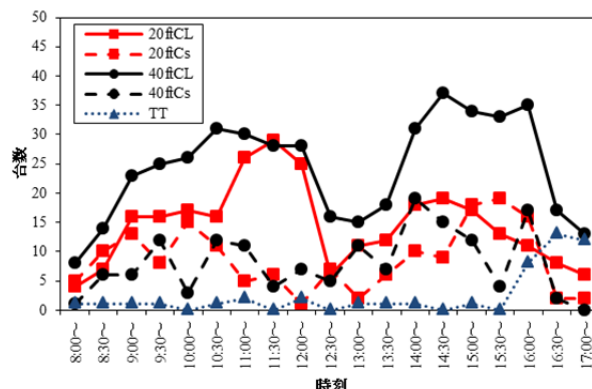


図-2.3 時間帯別到着台数



写真-2.1 コンテナ積トラック（コンテナ積）



写真-2.2 シャーシ牽引トラック（シャーシ）

BCターミナル周辺の車線とトラックの経路を図-2.4に，朝のゲートオープン前のトラック待機状況を写真-2.4～写真-2.6に示す．

BCターミナルでは利用するゲート（BC1ゲート，BC2ゲート）によって並ぶ車線が区分されている．図-2.4に示す通り，本資料ではBC1ゲートを利用するトラックが使用する車線をゲート側からBC1a～BC1b，BC2ゲートを利用す



るトラックが使用する車線をゲート側からBC2a～BC2dと表記する。図-2.4中の車線長は、地図・航空写真から読み取った数値である。道路の隅角部は現地調査でトラックが停車していなかったため、延長から除外している。



写真-2.3 牽引トラクタ



写真-2.4 ゲートオープン前のトラック待機状況1



写真-2.5 ゲートオープン前のトラック待機状況2 (BC2ゲート前)



写真-2.6 ゲートオープン前のトラック待機状況3

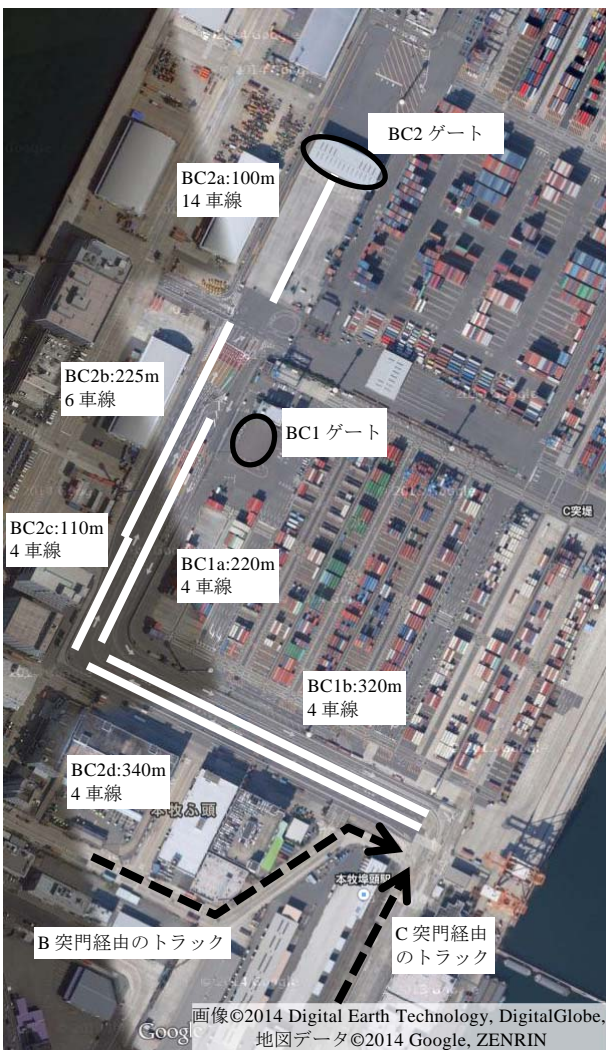


図-2.4 BCターミナル周辺の車線とトラックの経路

ゲートオープン前に待機していたトラックの車間距離はおおよそ3mであった(写真-2.4)。BC2ゲート前(BC2a)では車線長いっぱいには並んでおらず、停車していたのは車線長の約半分であった(写真-2.5)。また、待機列最後尾はBC1b、BC2dの半分ほどの位置であった(写真-2.6)。

2回目調査では、ゲートオープン後にトラックの待機列がいつごろ解消するかを調査した。その結果、ゲートオープン後1時間程度で渋滞は解消していた(写真-2.7)。写真-2.8はゲートイン手続きの様子である。



写真-2.7 ゲートオープン約1時間後の様子



写真-2.8 ゲートイン手続きの様子

### 3. 朝のゲートオープン待ちトラック台数の推定

BCターミナルにおける現地調査で得られたデータから、朝のゲートオープン待ちトラック台数を推定した。

#### 3.1 早朝到着割合

2.で示した通り、現地調査での計測結果では、貨物種類によって到着のピークが異なっていた。早朝に到着する貨物の割合と、一日を通じた貨物の割合は異なる。一日の到着台数のおよそ1割に当たる、調査開始から100台の割合と、一日合計の割合を表-3.1に示す。20ftシャーシの割合が早朝と一日合計で11%異なる。他の種類は1~4%の差である。以下、調査開始から100台の割合を早朝到着割合という。

表-3.1 調査開始から100台と一日合計の貨物種類の割合

	20ft		40ft		TT
	CL	Cs	CL	Cs	
調査開始から100台	21%	26%	38%	12%	3%
一日合計	25%	15%	42%	14%	4%

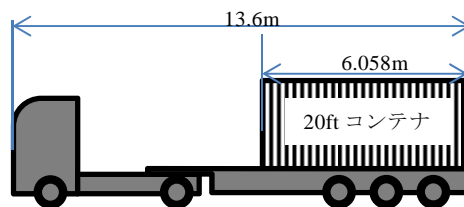


図-3.1 20ftトラック側面図

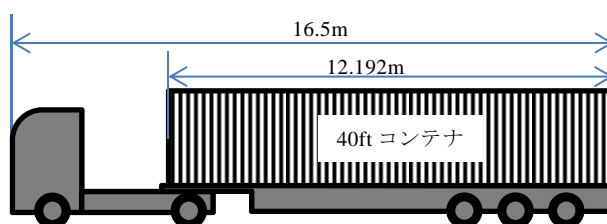


図-3.2 40ftトラック側面図

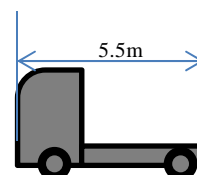


図-3.3 牽引トラック側面図

表-3.2 車両待機部分延長の計算

ゲート	枝番	車線長	車線数	車両占有割合	車両待機部分延長
BC1	a	220	4	1	880
	b	320	4	0.5	640
BC2	a	100	14	0.5	700
	b	225	6	1	1,350
	c	110	4	1	440
	d	340	4	0.5	680
計					4,690

#### 3.2 車両長

20ft、40ftトラック、牽引トラックの車両側面図を図-3.1~図-3.3に示す。本資料では車両長を以下の通り設定した。

車両の種類：車両長（根拠）

20ftトラック：13.6 m（参考資料<sup>9)</sup>、<sup>10)</sup>をもとにした値）

40ftトラック：16.5 m（車両制限令）

牽引トラック：5.5 m（参考資料<sup>10)</sup>をもとにした値）

#### 3.3 車両が待機していた車線の車両待機部分延長

表-3.2に車両が待機していた車線の、車両待機部分延長の計算を示す。車線数は現地調査及び図-2.4から読み取っ

た数値、車両占有割合は現地調査での調査結果(2.に既述)から設定した値である。車両待機部分延長の合計は4,690 m となった。

### 3.4 待機トラック台数の推定

ゲートオープン待ちの車両は、以下の式を満たす。

$$\sum_{i=1}^6 (LL_i \times OR_i \times NL_i) = \sum_{j=1}^5 ((VOL_j + D) \times NV_j) - \left( \sum_{i=1}^6 NL_i - NL_2 \right) \times D \quad (1)$$

ここに、LL: 車線長(Lane length), OR: 車両占有割合(Occupation rate), NL: 車線数(Number of lanes), D: 車間距離(Distance), VOL: 車両長(Vehicle overall length), NV: 車両台数(Number of vehicles)。LL, OR, NLの添え字*i*は車線の位置(1はBC1a, 2はBC1b, 3はBC2a, 4はBC2b, 5はBC2c, 6はBC2d), VOL, NVの添え字*j*は貨物種類(1は20ftコンテナ積, 2は20ftシャーシ, 3は40ftコンテナ積, 4は40ftシャーシ, 5は牽引トラクタ)を指す。

右辺で車線数×車間距離を減じているのは、車線最後尾の車両では車間距離を考慮しないためである。ただし、BC2bはBC2cと連続しているため、最後尾分を減じない。

左辺の値、車両待機部分延長は3.3に既述の通り4,690 m である。

右辺の計算に関して、車両長は3.2で述べた通り、VOL<sub>1</sub>=VOL<sub>2</sub>=13.6 m, VOL<sub>3</sub>=VOL<sub>4</sub>=16.5 m, VOL<sub>5</sub>=5.5 mと設定した。車間距離Dは2.で述べた通り、3 mと設定した。車両台数NV<sub>j</sub>は、3.1の早朝到着割合から全車両台数NV<sub>All</sub>と以下の関係にある。

$$NV_1=0.21NV_{All}, NV_2=0.26NV_{All}, NV_3=0.38NV_{All}, NV_4=0.12NV_{All}, NV_5=0.03NV_{All}$$

以上の条件を式1に代入すると、全車両台数NV<sub>All</sub>が計算できる。

$$NV_{All}=268 \text{ (台)}$$

早朝到着割合から貨物種類別の内訳を計算すると表-3.3の通りである。

表-3.3 推定した待機トラック台数

20ft		40ft		TT	計
CL	Cs	CL	Cs		
56	70	102	32	8	268

## 4. 一日のトラック到着台数の推定

### 4.1 ゲート通過コンテナ本数

本研究にあたり、BCターミナルの運営会社である横浜

港メガターミナル株式会社(YPM)から日別のゲート通過コンテナ本数のデータを提供していただいた(以下このデータを「ゲート通過コンテナ本数実績値」という)。1回目の現地調査日(2013年4月23日)のゲート通過コンテナ通過本数実績値を表-4.1に示す。

表-4.1 現地調査日のゲート通過コンテナ本数実績値

	FULL	EMPTY	計
IN	798	400	1,198
OUT	632	510	1,142
計	1,430	910	2,340

FULL: 実入り, EMPTY: 空, IN: 搬入, OUT: 搬出

貨物量(ゲート通過コンテナ本数)は、季節、曜日等により変動する。2010年のゲート通過コンテナ本数実績値の曜日月別平均のINを表-4.2, 図-4.1に、OUTを表-4.3, 図-4.2に示す(土休日除くFULL, EMPTY合計値)。トラックの到着台数等を調査した1回目の現地調査日は4月の火曜であるが、表-4.2より、INの4月の火曜(1,207本)は年平均(1,257本)より4.0%少ない。表-4.3より、4月の火曜のOUT(1,214本)は年平均(1,170本)より3.7%多い。INとOUTの合計では、年平均より0.2%少ない。現地調査日のゲート通過コンテナ本数は、年平均から大きく離れていないと考えられるため、5.のシミュレーションでは補正を行わないこととした。

なお、2回目の現地調査日(2013年11月21日)は木曜であるが、2010年の11月木曜の平均はIN 1,334本, OUT 1,293本, 年平均値との差はINで6.1%, OUTは10.5%であり、INとOUTの合計では8.2%年平均よりゲート通過コンテナ本数が多い。そのため、ゲートオープン後に待ち台数が0になる時刻(以下、「待機列解消時刻」という)は、年平均よりやや遅いと考えられる。

表-4.2 2010年のゲート通過コンテナ本数実績値の曜日月別平均(IN, 土休日除くFULL, EMPTY合計)

	月	火	水	木	金	月平均
1月	1,190	1,155	1,471	1,284	1,128	1,252
2月	1,020	1,035	1,345	1,160	1,147	1,140
3月	1,089	1,196	1,360	1,304	1,038	1,212
4月	1,157	1,207	1,483	1,261	1,183	1,258
5月	1,195	1,333	1,611	1,362	1,214	1,329
6月	1,150	1,305	1,384	1,334	1,180	1,277
7月	1,203	1,300	1,475	1,271	1,137	1,274
8月	1,071	1,145	1,290	1,175	1,071	1,150
9月	1,149	1,248	1,485	1,233	1,207	1,281
10月	1,183	1,274	1,414	1,251	1,132	1,248
11月	1,300	1,330	1,459	1,334	1,163	1,309
12月	1,310	1,465	1,530	1,311	1,208	1,368
曜日平均	1,167	1,246	1,436	1,275	1,154	1,257

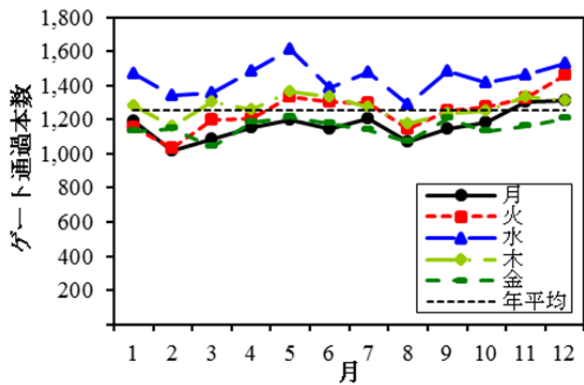


図-4.1 2010年のゲート通過コンテナ本数実績値の曜日別月別平均 (IN, 土休日除く FULL, EMPTY 合計)

表-4.3 2010年のゲート通過コンテナ本数実績値の曜日別月別平均 (OUT, 土休日除く FULL, EMPTY 合計)

月	火	水	木	金	月平均	
1月	1,182	1,130	1,155	1,241	1,124	1,165
2月	1,036	1,085	1,028	1,039	1,083	1,055
3月	1,101	1,063	1,046	957	1,084	1,049
4月	1,238	1,214	1,191	1,134	1,252	1,206
5月	1,217	1,283	1,229	1,210	1,262	1,238
6月	1,135	1,159	1,112	1,300	1,245	1,185
7月	1,118	1,192	1,122	1,308	1,167	1,189
8月	1,068	1,120	998	1,207	1,107	1,099
9月	1,181	1,213	1,116	1,292	1,200	1,197
10月	1,184	1,135	1,113	1,146	1,169	1,149
11月	1,304	1,233	1,177	1,293	1,306	1,269
12月	1,280	1,285	1,173	1,244	1,300	1,257
曜日平均	1,171	1,170	1,116	1,202	1,195	1,170

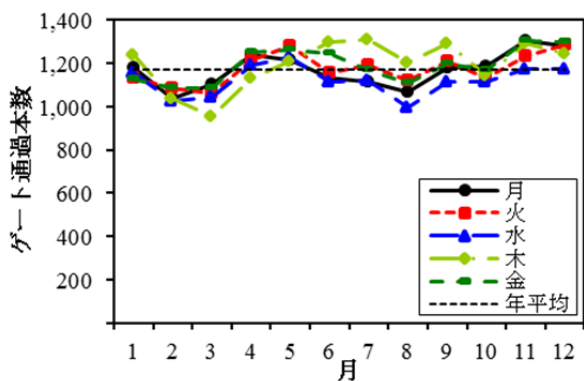


図-4.2 2010年のゲート通過コンテナ本数実績値の曜日別月別平均 (OUT, 土休日除く FULL, EMPTY 合計)

#### 4.2 一日の合計到着台数の推定

現地調査ではトラックの到着台数を調査し、YPMから提供されたデータはゲート通過コンテナ本数であるが、本資料では、この2つが等しいと考える。

2. で述べた通り、現地調査で計測したトラック台数は1,104台である。このうち、コンテナ搬入のトラックは、コ

ンテナを積載している20ftコンテナ積277台と40ftコンテナ積462台の計739台である。コンテナ積載トラック台数を  $N_{CL}$  と表記する。

$$N_{CL} = 1,198$$

$$N_{CL^c} = 277 + 462 = 739$$

ここで、 $N_{CL^c}$ の添え字中の「 $c$ 」は調査時間中に到着したトラックを指し、 $c$ は経由したC突門を指す。

BCターミナルに到着するトラックは、現地調査で観測を行ったC突門だけでなく、B突門経由でも到着している。

ここで、3. で推定した、調査開始前に到着して待機していたトラックは268台である。待機列はB突門を経由したトラックとの合流後にあるため(図-2.4)、この推定値にはB, C突門経由の両方が含まれる。このうち、コンテナ積のトラック台数 $N_{CL^b}$ は、表-3.3から、158台である。

$$N_{CL^b} = 56 + 102$$

$$= 158$$

添え字中の「 $b$ 」は調査開始前に到着したトラックを指す。

$N_{CL}$ のうち、8:17以降にB突門を経由してBCターミナルに到着するトラック台数を $N_{CL^b}$ と表し、これと $N_{CL^c}$ 、 $N_{CL^b}$ の合計が一日のトラック到着台数(ゲート通過コンテナ本数の搬入)  $N_{CL}$ と等しいと考えると、 $N_{CL^b}$ は301台である。

$$N_{CL} = N_{CL^b} + N_{CL^c} + N_{CL^b}$$

$$1,198 = N_{CL^b} + 739 + 158$$

$$N_{CL^b} = 301 \text{ (台)}$$

$N_{CL^b}$ は $N_{CL}$ の28.9%である。つまり、BCターミナルに到着するトラックのうち、3割程度はB突門を経由している推定結果となった。

コンテナを積載していない、シャーシ及び牽引トラクタ(コンテナ無)の台数について考える。 $N_{NCL}$ と表記する。「 $b$ 」と「 $c$ 」、添え字の $b$ と $c$ の意味は $CL$ と同じである。調査時間中にC突門経由で到着したコンテナ無は表-2.1より、計365台である。

$$N_{NCL^c} = 165 + 154 + 46 = 365$$

また、調査開始前に到着していたトラックのうち、コンテナ無は表-3.3より、計110台である。

$$N_{NCL^b} = 70 + 32 + 8 = 110$$

調査時間中のB突門経由、C突門経由の割合が、コンテナ積 $N_{CL}$ とコンテナ無 $N_{NCL}$ で同じと考えると、調査時間中のB突門経由の到着台数は149台である。

$$N_{CL^b} : N_{CL^c} = N_{NCL^b} : N_{NCL^c}$$

$$301 : 739 = N_{NCL^b} : 365$$

$$N_{NCL^b} = 149$$

以上の推定結果から、コンテナ積とコンテナ無の合計台数は1,822台となった。時間帯、コンテナ積・無の推定結果

を表-4.4に示す。

表-4.4 トラック到着台数の推定（時間帯、コンテナ積・無別）

時間帯	ゲート通過 コンテナ本 数(IN)	到着トラック台数			
		コンテナ積(CL)		コンテナ無(NCL)	
		B突門	C突門	B突門	C突門
調査開始前	1,198	158		110	
調査時間中		301	739	149	365
計	1,198	1,198		624	
		1,822			

調査時間中に到着したトラックについてはB突門経由とC突門経由の到着トラックの貨物種類(20ft<sub>CL</sub>, 20ft<sub>Cs</sub>, 40ft<sub>CL</sub>, 40ft<sub>Cs</sub>, TT)の割合が同じであるととし、調査開始前に到着していたトラックについては、調査時間中に到着したトラックと同じ割合でB突門、C突門を経由したとして台数を推定(配分)した。時間帯、経由地点、貨物種類別の推定結果を表-4.5に示す。

表-4.5 推定トラック到着台数（時間帯、経由地点、貨物種類別）

時間帯	経由地 点	20ft		40ft		TT	計
		CL	Cs	CL	Cs		
調査開 始前	B突門	16	20	31	9	2	78
	C突門	40	50	71	23	6	190
調査時 間中	B突門	113	67	188	63	19	450
	C突門	277	165	462	154	46	1,104
計		446	302	752	249	73	1,822

### 5. ゲート処理効率化の検討

4.の結果を基に30分当たりの到着台数を設定し、現状再現のシミュレーションと、保安対策が強化された場合のゲート処理効率化の検討を行った。本シミュレーションでは、計算時間間隔を1分とした。

#### 5.1 シミュレーションの手法、計算条件

シミュレーションでは、貨物種類別の到着台数、到着時刻を入力データとし、実入り・空、搬入・搬出の種類(以下、「処理種類」という)別のゲートでの処理時間(以下、「処理時間」という)、ゲート数配分等をパラメータとして、任意のトラックの待ち時間、任意の時刻の待ち台数を出力する。処理時間は、ゲートイン手続きにかかる時間であり、トラックが待機列からゲートへ移動する時間を含むものとする。待ち台数は、到着してからゲートイン手続きを開始していないトラックの台数であり、手続き中のものは含まない。待ち時間も同様に、到着してからゲートイン手続きを開始するまでの時間であり、手続き中の時間は含

まない。シミュレーションの計算フローチャートを図-5.1に示す。到着したトラックは、処理種類に応じた待機列の最後尾に並ぶ。待機列の先頭車両は、ゲート手続きが可能な時間で空きゲートがあれば、ゲートインの手続きを行う。トラックの到着開始時刻は現地調査での到着率から5:00と設定し、計算開始時刻(t=0)は到着開始時刻の5:00とした。5:00-8:29及び11:30-12:59はゲートクローズしているため、ゲート処理を開始しない時間に設定した。現実の運用では16:30までがゲートオープン時間となっているが、本シミュレーションでは、その時間を過ぎてもゲートでの処理を行うものとした。計算終了時刻は24:00とし、その時点でトラックの待機列が解消していない場合は、オーバーフローの判定とした。

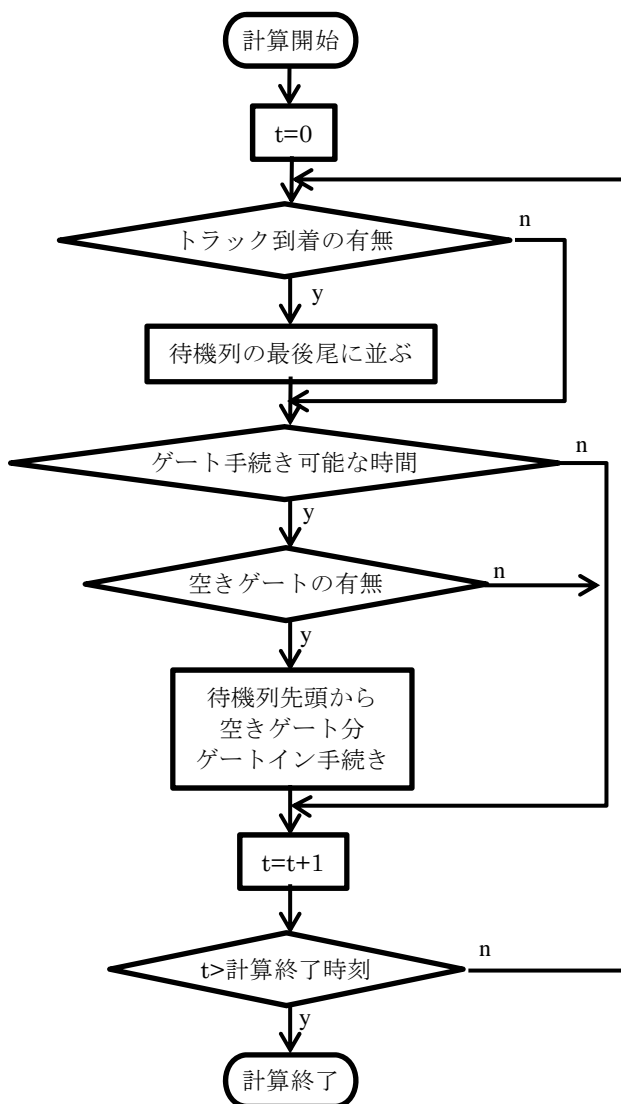


図-5.1 ターミナルゲートでのトラックの待ち時間・台数シミュレーションのフローチャート

表-5.1 貨物種類別トラック到着台数

時間帯	20ft		40ft		TT	計
	CL	Cs	CL	Cs		
5:00~5:29	8	10	14	4	1	37
5:30~5:59	8	10	15	4	1	38
6:00~6:29	8	11	16	4	1	40
6:30~6:59	9	11	16	5	1	42
7:00~7:29	9	11	16	6	2	44
7:30~7:59	10	11	16	6	2	45
8:00~8:29	10	13	20	4	1	48
8:30~8:59	10	14	20	8	1	53
9:00~9:29	23	18	32	8	1	82
9:30~9:59	23	11	35	17	1	87
10:00~10:29	24	21	37	4	0	86
10:30~10:59	23	15	44	17	1	100
11:00~11:29	37	7	42	15	3	104
11:30~11:59	41	8	39	6	0	94
12:00~12:29	35	1	39	10	3	88
12:30~12:59	8	10	23	7	0	48
13:00~13:29	15	3	21	15	1	55
13:30~13:59	17	8	25	10	1	61
14:00~14:29	25	14	44	28	2	113
14:30~14:59	27	13	53	21	1	115
15:00~15:29	24	25	48	17	2	116
15:30~15:59	18	28	46	6	0	98
16:00~16:29	15	23	49	24	12	123
16:30~16:59	11	3	24	3	18	59
17:00~17:29	8	3	18	0	17	46
計	446	302	752	249	73	1,822

表-5.2 処理種類とゲート数

処理種類	F/I	E/I	F/O	E/O
ゲート数	6	5	3	3

F/I: 実入りコンテナ搬入, E/I: 空コンテナ搬入  
Oはコンテナ搬出するトラック用のインゲート

表-5.3 ゲートイン手続きの処理時間

処理種類	F/I	E/I	F/O	E/O
処理時間(分)	2	4	1	1

表-5.4 現地調査日の午前・午後, 実入り・空別ゲート通過コンテナ本数実績値

	午前(8:30~11:29)		午後(11:30~)	
	IN	OUT	IN	OUT
FULL	309	227	489	405
EMPTY	142	222	258	288
FULLの割合	68.5%	50.6%	65.5%	58.4%

なお本シミュレーションでは, ターミナルのゲート内(ヤード)及びアウトゲートの処理能力は十分高く, ヤードでの滞留によりゲートインの処理が遅れる・止まることはないとして仮定した。

トラックの単位時間当たりの到着台数は, 4. で推定したものを基に, 以下の手順で設定した。調査開始前のトラックは, 5:00-8:29に均等に配分した。調査時間中については, C突門経路は実測の通りとした。B突門経路のものは, C突

門を経由したトラックと同じ割合で, 20ft<sub>CL</sub>, 20ft<sub>Cs</sub>, 40ft<sub>CL</sub>, 40ft<sub>Cs</sub>, TTに配分した。配分した結果を表-5.1に示す。

トラックの到着のしかた(到着間隔の確率分布)は, ランダムな到着であるポアソン到着を用いた。ポアソン到着は次式で表される<sup>11)~13)</sup>。

$$v_k(t) = e^{-\lambda t} \frac{(\lambda t)^k}{k!} \quad (k = 0, 1, 2, \dots) \quad (2)$$

ここに,  $v_k(t)$ : 時間間隔 $t$ の間に $k$ 台到着する確率,  $k$ : 到着台数(台),  $\lambda$ : 平均到着台数。

ゲート数は現地調査の結果から, 実入りコンテナ搬入(F/I)が6, 空コンテナ搬入(E/I)が5, 実入りコンテナ搬出(F/O)が3, 空コンテナ搬出(E/O)が3の計17とした(F/I, E/I, F/O, E/Oは処理種類)(表-5.2)。なお, 5.~8.での搬出(OUT)はターミナルからコンテナを搬出するトラックがターミナルから出ていく際に使う, アウトゲートのゲート数, 処理時間ではなく, コンテナを搬出するトラックがターミナルに入る際に使うインゲートのゲート数, 処理時間である。処理時間は, YPMにヒアリングした結果を用いた(表-5.3)。

表-5.1に示した到着トラック台数は, 貨物種類別(コンテナサイズ, コンテナ積・シャーシと牽引トラクタ)であるが, ゲートでの処理時間は, 表-5.3に示した通り, 処理種類(実入り・空, IN, OUT)で異なる。シミュレーションで計算するためには, 到着したトラックが実入り・空のどちらであるか与える必要がある。IN, OUTはコンテナ積か否かで区別したが, 実入り・空は現地調査で撮影した写真からは判別できない。そのため, シミュレーションでは, IN, OUTそれぞれの実入り・空のゲート通過コンテナ本数実績値を用い, 実績値の割合で実入り・空を与えた。表-5.4に現地調査日のゲート通過コンテナ本数実績値の, 午前(8:30-11:29)・午後(11:30-)別のFULL, EMPTYの台数を示す。INに関しては午前午後で3%の差だが, OUTは7.8%の差がある。そのため, シミュレーションでは午前と午後でそれぞれ実入り・空の割合を与えた。表-5.5に処理種類別到着台数を示す。

## 5.2 現状再現計算

5.1での処理時間, 到着台数等を用いて, 現状再現計算を行った。表-5.6に平均待ち時間, 図-5.2に待ち台数(全体), 図-5.3に待ち台数(処理種類別)を示す。

全トラックの平均(全平均)の待ち時間が29.5分, 処理種類別の最大はE/Iの32.4分, 最小はE/Oの23.9分であった。トラックの合計待ち時間(1日の全トラックの待ち時間の総和)は, 53,665分であった。図-5.2より, ゲートオープン後1時間程度で待機列が解消した。待ち台数は, 午前の

表-5.5 処理種類別トラック到着台数

時間帯	F/I	E/I	F/O	E/O	計
5:00~5:29	16	6	10	5	37
5:30~5:59	17	6	9	6	38
6:00~6:29	16	8	7	9	40
6:30~6:59	16	9	7	10	42
7:00~7:29	19	6	16	3	44
7:30~7:59	13	13	9	10	45
8:00~8:29	22	8	7	11	48
8:30~8:59	19	11	17	6	53
9:00~9:29	36	19	12	15	82
9:30~9:59	41	17	9	20	87
10:00~10:29	43	18	12	13	86
10:30~10:59	44	23	15	18	100
11:00~11:29	58	21	12	13	104
11:30~11:59	58	22	7	7	94
12:00~12:29	44	30	6	8	88
12:30~12:59	21	10	11	6	48
13:00~13:29	23	13	9	10	55
13:30~13:59	25	17	12	7	61
14:00~14:29	49	20	27	17	113
14:30~14:59	52	28	21	14	115
15:00~15:29	52	20	22	22	116
15:30~15:59	45	19	22	12	98
16:00~16:29	46	18	38	21	123
16:30~16:59	16	19	14	10	59
17:00~17:29	10	16	11	9	46
計	801	397	342	282	1,822

ゲートオープン後1時間の9:30で6台、午後のゲートオープン後1時間の14:00で12台であった。最大待ち台数は8:29の294台であった。図-5.3に示す通り、待機列解消時刻は処理種類によって差があった。E/Iはやや遅いが、F/O、E/Oはゲートオープン後10~30分で待機列が解消した。

本資料では、現地調査で観測したゲートオープン後1時間での待ち台数でモデルの適合性を見た。2.で述べた通り、現地調査では、ゲートオープン後1時間程度でトラックの待機列が解消していることを確認している。再現計算の結果もゲートオープン後1時間程度で待機列が解消（待ち台数が0）しており、観測した実態と大きく乖離していないため、現状を概ね再現できていると考えられる。

### 5.3 保安対策が強化される場合の影響（現状設備）

保安対策が強化されてゲートでの処理時間が増える場合、ゲートでの待ち台数、待ち時間にどのような影響が出るか試算した。

現在ゲートで行われているチェック（ドライバーのチェック、コンテナナンバーチェック、搬出入票チェック、搬入空コンテナのダメージチェック等）に加えて、コンテナのX線検査が行われ、コンテナ搬入の処理時間が5分長くなる場合を想定した（以下、「保安強化」という）。表-5.7に保安強化のゲート処理時間を示す。車載式のX線検査で

表-5.6 現状再現計算の平均待ち時間（分）

処理種類	F/I	E/I	F/O	E/O	全平均
平均待ち時間	31.6	32.4	25.6	23.9	29.5

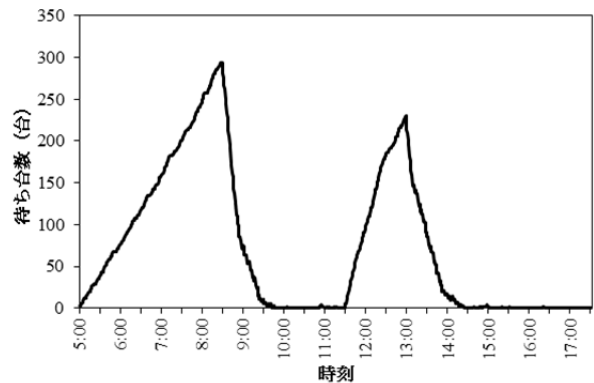


図-5.2 現状再現の待ち台数（全体）

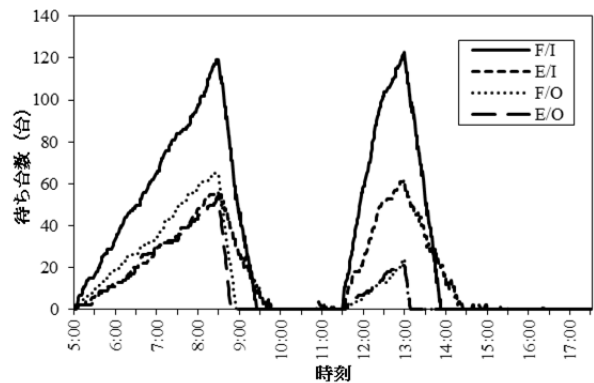


図-5.3 現状再現の待ち台数（処理種類別）

は、検査車両の移動速度が0.5km/hであるため<sup>14)</sup>、40ftコンテナの片面を検査するためには1.5分かかる。一面の検査に1.5分、逆の側面への移動に1分、残った側面の検査に1.5分、次のトラックへの移動時間を1分として、1台あたりの追加処理時間を5分と設定した。空コンテナのまま輸送（輸出・移入）することがあるため、空コンテナも同じ検査を行うこととし、追加時間は同じとした。

はじめに、現状のゲートでの処理方法、ゲート数配分（表-5.2）で処理する場合（以下、「現状設備」という）を試算した。表-5.8に平均待ち時間、図-5.4に待ち台数（全体）、図-5.5に待ち台数（処理種類別）を示す。この保安強化/現状設備では、16:00頃に到着するF/Iがオーバーフローし、その日のうちに処理が終了しない結果となった。また、E/Iは、オーバーフローはしないが、待ち台数が0になる時刻は22:00であり、これは現状のゲートクローズ時間16:30より5:30遅い。しかし、一方でF/O、E/Oはゲートオープン後10~30分で待機列が解消しており、F/O、E/Oのゲートを有効

に使うことができれば、オーバーフローしないで処理できる可能性がある。

表-5.7 ゲートでの処理時間 (保安強化)

処理種類	F/I	E/I	F/O	E/O
処理時間 (分)	7	9	1	1

表-5.8 平均待ち時間 (分) (保安強化/現状設備)

処理種類	F/I	E/I	F/O	E/O	全平均
平均待ち時間	-	199.1	25.6	23.9	-

F/Iがオーバーフロー

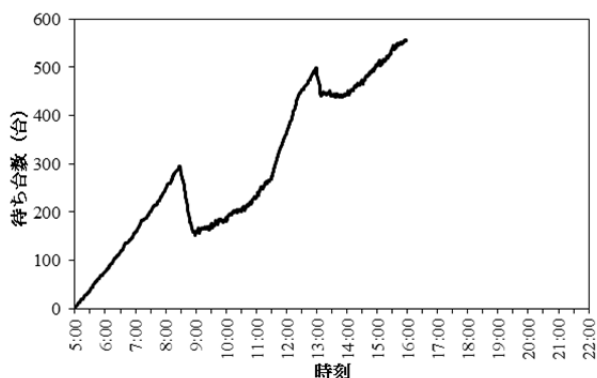


図-5.4 保安強化/現状設備の待ち台数 (全体)

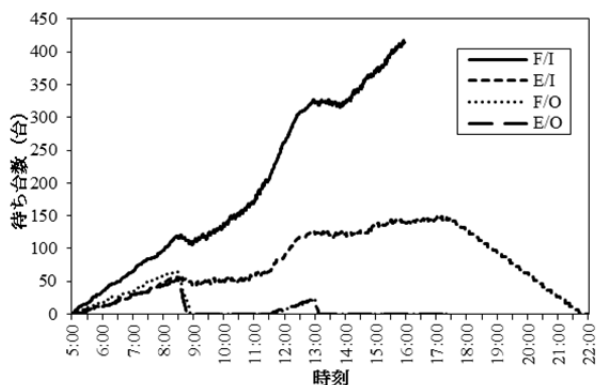


図-5.5 保安強化/現状設備の待ち台数 (処理種類別)

#### 5.4 ゲート処理方法の違いと待ちの変化

5.3で、保安対策が強化されてコンテナ搬入の処理時間が5分長くなる場合を試算したところ、F/Iがオーバーフローする結果となった。ここでは、保安対策が強化された場合にゲート処理方法を変えることで待ち台数、待ち時間がどのように変化するか、その日のうちに処理可能かどうかを検討した。

現状のゲートでの処理方法は、実入り・空、搬入・搬出の処理種類ごとにゲートが分かれており、トラックは処理種類に応じて利用するゲートが異なる。以下、本資料では

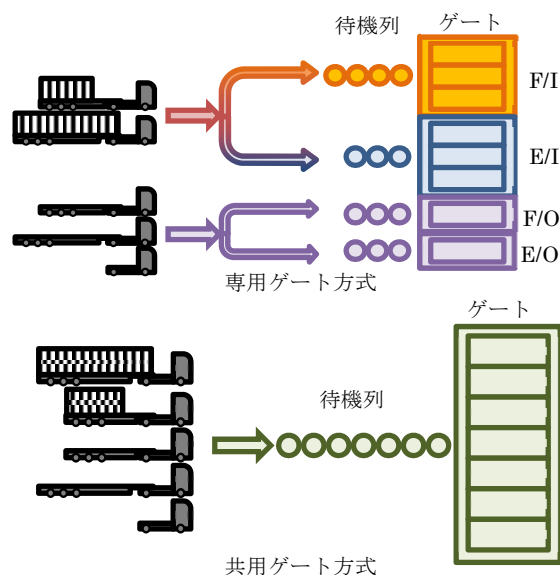


図-5.6 専用ゲート方式、共用ゲート方式模式図

表-5.9 保安強化/共用ゲート方式の平均待ち時間 (分)

処理種類	F/I	E/I	F/O	E/O	全平均
平均待ち時間	131.6	131.0	132.3	127.8	131.0

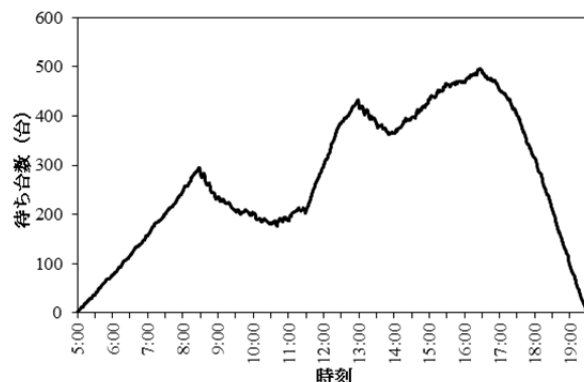


図-5.7 保安強化/共用ゲート方式の待ち台数 (全体)

この処理方法を「専用ゲート方式」という。一方、トラックの処理種類に因らず、ゲートではどのトラックでも処理する方法も考えられる。以下本資料ではこれを「共用ゲート方式」という。2つの処理方法の模式図を図-5.6に示す。

処理時間は保安強化(表-5.7)とし、処理方法を共用ゲート方式に変えた場合の平均待ち時間を表-5.9、待ち台数(全体)を図-5.7、待ち台数(処理種類別)を図-5.8に示す。全体の平均待ち時間は131.0分で、処理種類での待ち時間の差は小さかった。待機列解消時刻は19:30であり、その日のうちに処理が完了した。待ち台数の最大値は16:27の496台であり、この時に最も多いのはF/Iであった。この時点でのF/Iの待ち台数214台は午後のゲートオープン直前の



最大値225台よりやや少ないが、他の処理種類がこの時間に多いため、全体としては16:27に最大値となった。処理方法を共用ゲート方式に変更することで、保安対策が強化されて搬入の処理時間が5分増加した場合でも、オーバーフローを回避できる結果となった。

一方、現状の処理方法である専用ゲート方式のまま、処理種類で異なるゲートの繁閑を調整することで、オーバーフローを回避することは可能であるか検討した。具体的には、台数が比較的少なく処理時間も短いF/O、E/Oのゲート数を減らし、台数が多く処理時間が長いF/I、E/Iのゲート数を増やした。変更したゲート数配分を表-5.10に示す。以下、この計算ケースを「保安強化/専用ゲート方式2」という。保安強化/専用ゲート方式2の平均待ち時間を表-5.11、待ち台数（全体）を図-5.9、待ち台数（処理種類別）を図-5.10に示す。

全体での平均待ち時間は113.4分となった。平均待ち時間の最大はF/Iの164.5分、最小はE/Oの31.2分（F/Iの19.0%）であった。全体の待機列解消時刻は20:14、最大待ち台数は12:59の401台となった。

処理方法を専用ゲート方式2に変更する（ゲート数配分を変更する）ことで、保安対策が強化されて搬入の処理時間が5分増加した場合でも、オーバーフローを回避できる結果となった。

なお、ゲート数配分が異なるケースも計算した。F/Iを10、E/Iを5、F/O、E/Oをそれぞれ1としたケースで、専用ゲート方式のなかで平均待ち時間（全平均）が最小となったが、E/Iの待機列解消時刻が21:51と専用ゲート方式2に比較して1時間30分以上遅くなった。現実の運用では、ゲートイン処理の終了時刻が早い方が選ばれると考えられるため、本資料では待機列解消時刻が早い、表-5.10に示すゲート数配分を専用ゲート方式での代表（専用ゲート方式2）とした。専用ゲート方式のゲート数配分検討は付録に示す。

保安強化/共用ゲート方式と保安強化/専用ゲート方式2の平均待ち時間（全体）、待機列解消時刻、最大待ち台数の比較を表-5.12、待ち台数（全体）の比較を図-5.11に示す。専用ゲート方式2の平均待ち時間（全体）は共用ゲート方式より20分程度短い、待機列解消時刻は共用ゲート方式より44分遅い。最大待ち台数は496台（共用ゲート方式）と401台（専用ゲート方式2）である。

共用ゲート方式と専用ゲート方式の比較を表-5.13に示す。平均待ち時間に関して、共用ゲート方式より専用ゲート方式/配分変更の方が短いのは、F/O、E/Oの待ち時間が4倍程度違うためである（表-5.9、表-5.11）。F/O、E/Oは台数が比較的少ないと先に述べたが、それでも全体の34.2%を占める（表-5.5）。そのため、共用ゲート方式では全平

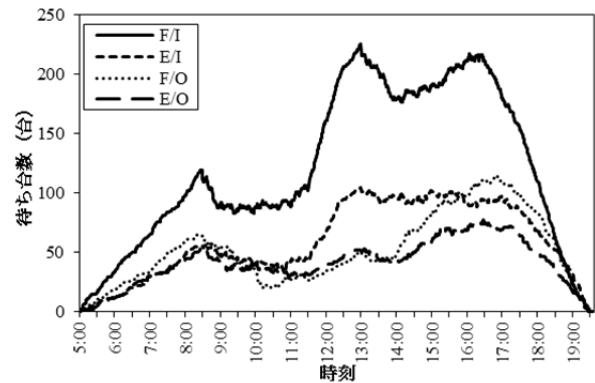


図-5.8 保安強化/共用ゲート方式の待ち台数（処理種類別）

表-5.10 専用ゲート方式2のゲート数の配分

処理種類	F/I	E/I	F/O	E/O
ゲート数	9	6	1	1

表-5.11 保安強化/専用ゲート方式2の平均待ち時間（分）

処理種類	F/I	E/I	F/O	E/O	全平均
平均待ち時間	164.5	135.0	36.5	31.2	113.4

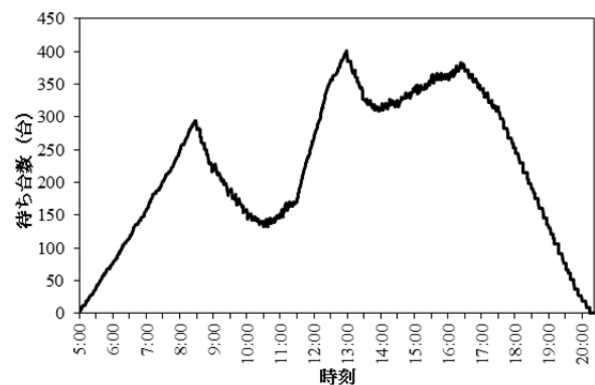


図-5.9 保安強化/専用ゲート方式2の待ち台数（全体）

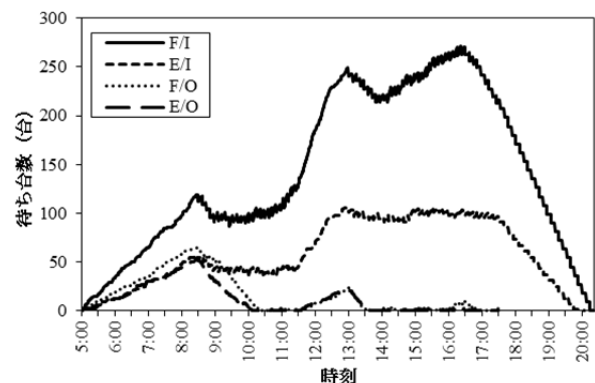


図-5.10 保安強化/専用ゲート方式2の待ち台数（処理種類別）

均の待ち時間が押し上げられている。処理時間が短いもの

表-5.12 ゲートでの処理方法の違いによる結果の比較（保安強化）

処理方法	共用ゲート方式	専用ゲート方式2
平均待ち時間（分）	131.0	113.4
待機列解消時刻	19:30	20:14
最大待ち台数	496	401

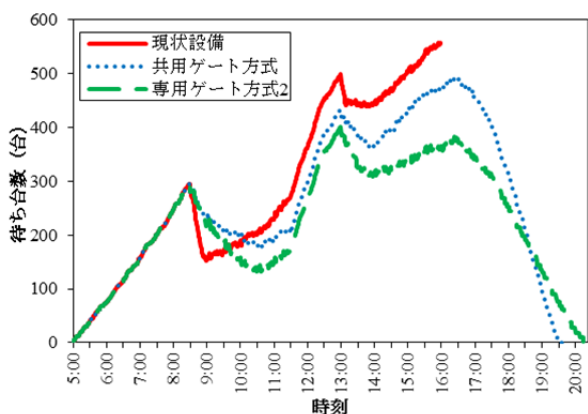


図-5.11 共用ゲート方式と専用ゲート方式2の待ち台数（全体）の比較（保安強化）

表-5.13 共用ゲート方式と専用ゲート方式の比較

	共用ゲート方式	専用ゲート方式
平均待ち時間	処理種類によらない、最小値にはならない	処理種類により差がある。ゲート数の配分が適切であれば共用ゲート方式より短くなる
待機列解消時刻	専用ゲート方式より早い	共用ゲート方式より遅い
最大待ち台数	専用ゲート方式より多い	ゲート数の配分が適切であれば共用ゲート方式より少ない
ゲート設備・人員	全てのゲートで同じ設備・人員が必要	必要なゲートに必要な設備・人員を配置
ゲートに来るトラックの処理種類	どの処理種類のトラックが来るか事前にわからない	ゲートごとに固定
ゲート数配分	配分を考える（変える）必要がない	配分を適切に行わないと待ち時間が長くなる（オーバーフローの危険性）

を優先的に処理することで、全体の待ち時間が短くなることは、待ち行列理論で知られている<sup>12), 13)</sup>。

待機列解消時刻に関して、専用ゲート方式2より共用ゲート方式の方が早いのは、共用ゲート方式ではトラックの処理をしないゲートが生じず、トラックの到着がなくなる夕方以降に待機列の減少が速いためである。

最大待ち台数に関しては、処理時間の短いF/O、E/Oが到着後速やかにゲートを通過する専用ゲート方式2の方が、共用ゲート方式に比較して少なくなった。

ゲートの運用面に関しては、共用ゲート方式では全てのゲートに、どの処理種類が来ても対応できる機械等の設備と人員を配置する必要がある。必要なゲートに必要な設備・人員を配置する専用ゲート方式に比較して、コストは

高くなると考えられる。共用ゲート方式ではゲートで処理する処理種類が固定でないため、ゲートでの確認の手順・手間が増える可能性がある。共用ゲート方式ではゲート数配分を考える必要がないが、専用ゲート方式では適切に配分しないと待ち時間が長くなり、オーバーフローする危険性がある。

### 5.5 ゲート処理方法変更による効果とコストの負担

5.4では、ゲート処理方法を変更することで、保安対策が強化されて搬入の処理時間が5分増加した場合でも、オーバーフローを回避できることを示した。

ゲート処理方法の変更による直接の効果として、以下のものが考えられる。

- ①トラック事業者にとっての効果
    - ・ドライバーの人件費の減少
    - ・トラックの燃料費の減少
  - ②ターミナルオペレーターにとっての効果
    - ・人件費、施設運営費の削減
    - ・貨物の他港・他ターミナルへの流出の抑止の可能性
- トラック事業者にとっての効果は、待ち時間の減少によるものである。ターミナルオペレーターにとっての効果は、ゲートオープン時間、荷役の時間の減少による効果と、オーバーフローを回避することによる効果である。

一方、ゲート処理方法の変更によって増えるコストは、以下のものが考えられる。

- ①トラック事業者のコスト増
  - ・特になし
- ②ターミナルオペレーターのコスト増
  - ・人件費（人員の追加配置、トレーニング）
  - ・設備の改修費

5.4で検討したように、ゲート処理方法の変更により、共用ゲート方式では、全てのゲートで全ての処理種類に対応するための人員の追加配置とトレーニング、施設の改修が必要となり、ターミナルオペレーターのコスト負担となる。専用ゲート方式2では、一部ゲートの処理種類変更のために施設の改修が必要となる。ただし、ターミナルオペレーターはコスト増だけでなくコスト削減もある。コスト増とコスト削減のどちらが大きいかは不明であるが、ターミナルオペレーターだけが增加するコストを負担することは考えにくい。最終的にはコンテナの取扱料金に反映されると考えられる。

## 6. ゲートクローズ中の到着の影響

朝のゲートオープン前(-8:29)や昼(11:30-12:59)といった、

ゲートクローズ中に到着（以下、「時間外到着」という）したトラックは、「少なくともゲートオープンまで待つ」ことを予めわかった上で並んでいる。5. で示した待ち時間には、時間外到着したトラックがゲートオープンまで待つ（以下、「時間外到着の待ち」という）時間も含まれる。しかし、この時間外到着の待ち時間は、ゲートでの処理方法を変更しても減少しない、到着するトラック側に起因する待ちである。そのため、ゲート処理方法を変更することで減少しうる、時間外到着の待ちを除外した待ち時間、待ち台数を計算した。

時間外到着の待ちを除外する方法として、時間外到着のトラックはゲートオープンした時刻に到着するものとした。5:00-8:29に到着するトラックは8:30に、11:30-12:59に到着するトラックは13:00に到着するものとして扱った。平均待ち時間を表-6.1、待ち台数（全体）を図-6.1に示す。時間外到着の待ちを除外した場合、トラックの平均待ち時間（全平均）は6.6分となった（待ち時間の合計は11,968分）。5.2で計算した現状の平均待ち時間は29.5分であったため、22.9分(78%)減少した。現状の平均待ち時間のうち、8割程度は時間外到着によるものであるという計算結果となった。

表-6.1 時間外到着の待ちを除外した平均待ち時間（分）

処理種類	F/I	E/I	F/O	E/O	全平均
平均待ち時間	7.8	10.7	2.5	2.0	6.6

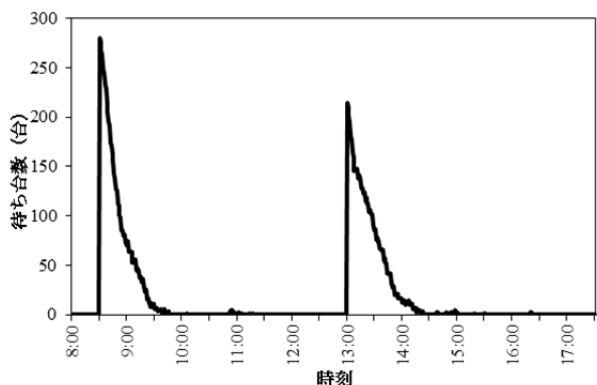


図-6.1 時間外到着の待ちを除外した待ち台数（全体）

## 7. 昼のゲートオープン効果

6. まではBCターミナルの現状の運用を考慮してゲートオープン時間は8:30～とし、且つ昼(11:30-12:59)はゲートクローズとした。しかし、昼にゲートクローズしないCTもある。現状のトラック到着台数、ゲートでの処理速度、ゲート数配分で、昼にゲートオープンすることの効果を試

算した。

昼に一部のゲート（各処理種類で1ゲートずつ）でゲートイン手続きするケース（以下、「昼一部オープン」という）と、昼に全てのゲートでゲートイン手続きするケース（以下、「昼オープン」という）を計算した。以下、現状の運用のように、昼にゲートクローズしているケースは昼クローズという。計算条件を表-7.1に、平均待ち時間を表-7.2、待ち台数（全体）を図-7.1に示す。

表-7.2より、平均待ち時間（全平均）は昼一部オープンでは24.7分で昼クローズと比較して4.8分(16%)の減少、昼オープンでは19.7分で昼クローズと比較して9.8分(33%)の減少となった。平均待ち時間が減少することに加え、昼以降に渋滞が発生しないことも、意義として大きい。待ち時間の合計は、昼一部オープンでは45,033分（31日6時間33分）、昼オープンでは35,916分（24日22時間36分）であった。昼の最大待ち台数は、昼クローズでは230台、昼一部オープンでは118台、昼オープンでは2台であった。

表-7.1 昼のゲートオープン効果試算の計算条件

	処理時間	ゲート数 (昼以外)	ゲート数 (昼)
昼クローズ	2/4/1/1	6/5/3/3	0/0/0/0
昼一部オープン		6/5/3/3	1/1/1/1
昼オープン		6/5/3/3	6/5/3/3

処理時間、ゲート数は左からF/I, E/I, F/O, E/O

表-7.2 昼のゲートオープンの違いと平均待ち時間（分）

	F/I	E/I	F/O	E/O	全平均
昼クローズ	31.6	32.4	25.6	23.9	29.5
昼一部オープン	26.6	26.2	22.6	20.0	24.7
昼オープン	19.1	18.2	22.6	20.0	19.7

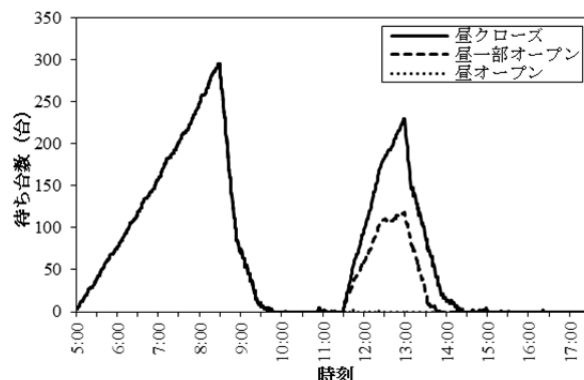


図-7.1 昼のゲートオープンの違いと待ち台数（全体）

5. で述べた通り、現状でのトラックの待ち時間は合計53,665分（37日6時間25分）であった。ここで計算した昼オープンのケースとの差17,749分（12日7時間49分）ある

いは昼一部オープンのケースとの差8,632分（5日23時間52分）が、昼のゲートオープンによるトラックの待ち時間の減少である。

主体別の昼のゲートオープンの直接の効果として、以下のものが考えられる。

- ①トラック事業者にとっての効果
  - ・ドライバーの人件費の減少
  - ・トラックの燃料費の減少
- ②荷主にとっての効果
  - ・陸送時間の減少
- ③ターミナルオペレーターにとっての効果
  - ・ターミナル周辺の渋滞緩和・解消

荷主にとっての効果として、平均待ち時間が減少することで、陸送時間が減少することが考えられる。しかし、その後船積みされるまでヤードに仮置きされるので、日単位で輸送を考慮していれば、さほどリードタイムの減少はないと考えられる。ターミナルオペレーターにとっての効果は、直接的なものは特になく考えられる。

昼にゲートオープンすることで短期的にコンテナ取扱量が増加することは考えにくい。トラックの到着パターンが変わる可能性がある。昼前後の到着率が平準化される可能性はあるが、現在昼にゲートオープンしている他のターミナルでも、昼の到着は少ない。

一方、昼のゲートオープンによって増えるコストとして、以下のものが考えられる。

- ①トラック事業者のコスト増
  - ・特になく
- ②荷主のコスト増
  - ・特になく
- ③ターミナルオペレーターのコスト増
  - ・人件費（勤務時間の延長）
  - ・施設運営費（設備の維持管理費、通信費、光熱費等）

昼に一部でもゲートオープンするためには、ゲート係員とヤード内の荷役作業員、オペレーションルームの作業員が作業可能な状態にあり、ターミナルが機能している必要がある。そのため、これら作業員の勤務時間の延長と、それに伴う人件費が必要である。また、ゲートの設備や荷役機械、オペレーションルームのコンピューター等の運用費用が必要となる。いずれもターミナルオペレーターのコスト負担である。ただし、ゲート処理方法の変更と同様、ターミナルオペレーターだけが増加するコストを負担することは考えにくい。最終的にはコンテナの取扱料金に反映されると考えられる。

## 8. 保安対策が強化される場合の昼のゲートオープンの効果

5. では昼にゲートクローズしている条件で、保安対策が強化される場合の待ち時間、待ち台数を試算した。7. では現状のゲート処理時間で、昼にゲートオープンする場合の待ち時間、待ち台数を試算した。ここでは、昼にゲートオープンする条件で、保安対策が強化された場合の待ち時間、待ち台数を試算した。

保安強化/現状設備での計算条件を表-8.1、平均待ち時間を表-8.2、待ち台数（全体）の比較を図-8.1、昼一部オープンの待ち台数（処理種別）を図-8.2、昼オープンの待ち台数（処理種別）を図-8.3に示す。オーバーフローする時刻は多少遅くなるが、最終的に昼一部オープン、昼オープンどちらもF/Iがオーバーフローする結果となった。

次に、5. 同様、ゲート処理方法を変更した場合での、昼のゲートオープンの効果を計算した。

表-8.1 保安強化/現状設備での昼ゲートオープン効果試算の計算条件

	処理時間	ゲート数 (昼以外)	ゲート数 (昼)
昼クローズ	7/9/1/1	6/5/3/3	0/0/0/0
昼一部オープン		6/5/3/3	1/1/1/1
昼オープン		6/5/3/3	6/5/3/3

処理時間、ゲート数は左からF/I, E/I, F/O, E/O

表-8.2 保安強化/現状設備で昼のゲートオープンと平均待ち時間（分）

	F/I	E/I	F/O	E/O	全平均
昼クローズ	-	199.1	25.6	23.9	-
昼一部オープン	-	184.7	22.6	20.0	-
昼オープン	-	131.8	22.6	20.0	-

いずれもF/Iがオーバーフロー

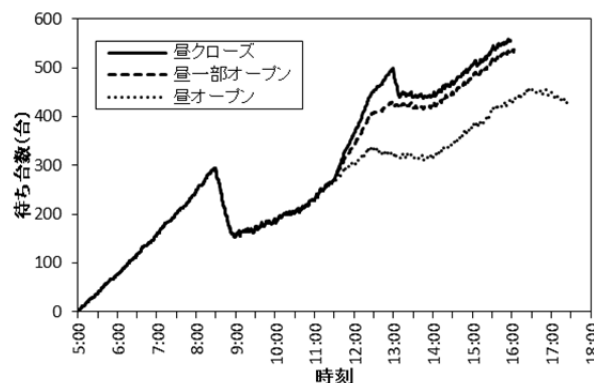


図-8.1 保安強化/現状設備での昼のゲートオープンと待ち台数（全体）

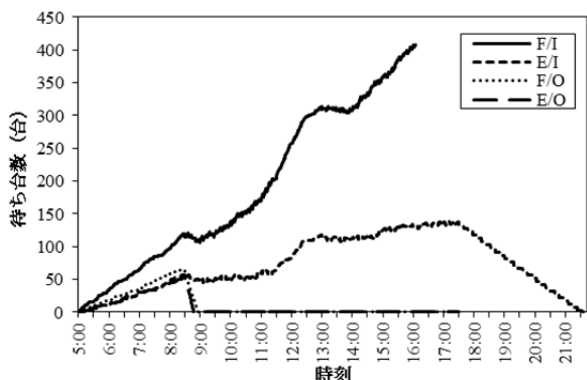


図-8.2 保安強化/現状設備の昼一部オープンでの待ち台数 (処理種類別)

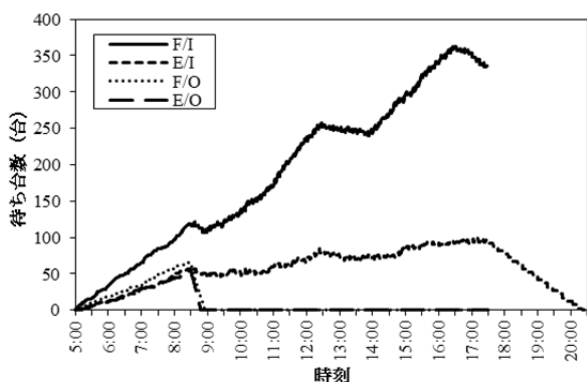


図-8.3 保安強化/現状設備の昼オープンでの待ち台数 (処理種類別)

専用ゲート方式2での計算条件を表-8.3, 平均待ち時間を表-8.4, 待ち台数(全体)の比較を図-8.4, 昼一部オープンの待ち台数(処理種類別)を図-8.5, 昼オープンの待ち台数(処理種類別)を図-8.6に示す。

昼オープンでは, 平均待ち時間(全体)は昼クローズと比較して42.5分(37%)減少し, F/I, E/Iでは60分以上減少した。待ち台数(全体)は, 午前のゲートオープン前の294台が最大となり, 昼クローズと比較して107台(27%)の減少であった。待機列解消時刻は18:46であり, 昼クローズ(20:14)より88分早くなった。

表-8.3 保安強化/専用ゲート方式2での昼のゲートオープン効果の計算条件

	処理時間	ゲート数 (昼以外)	ゲート数 (昼)
昼クローズ	7/9/1/1	9/6/1/1	0/0/0/0
昼一部オープン		9/6/1/1	1/1/1/1
昼オープン		9/6/1/1	9/6/1/1

処理時間, ゲート数は左からF/I, E/I, F/O, E/O

表-8.4 保安強化/専用ゲート方式2での昼のゲートオープンと平均待ち時間(分)

	F/I	E/I	F/O	E/O	全平均
昼クローズ	164.5	135.0	36.5	31.2	113.4
昼一部オープン	157.0	123.6	32.7	26.3	106.1
昼オープン	102.2	72.2	32.7	26.3	70.9

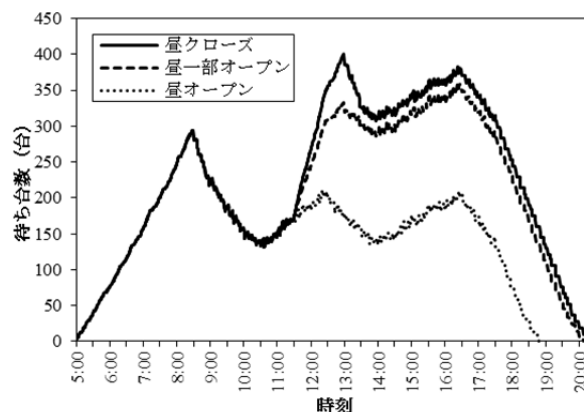


図-8.4 保安強化/専用ゲート方式2での昼のゲートオープンと待ち台数(全体)

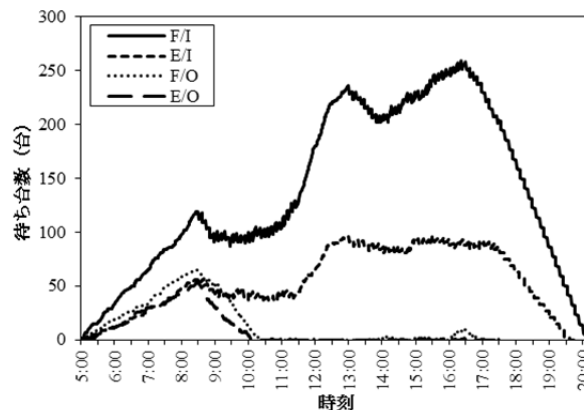


図-8.5 保安強化/専用ゲート方式2の昼一部オープンでの待ち台数(処理種類別)

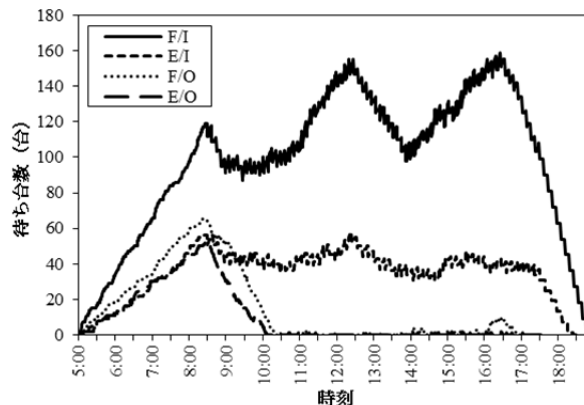


図-8.6 保安強化/専用ゲート方式2の昼オープンでの待ち台数(処理種類別)

昼一部オープンでは平均待ち時間（全体）は昼クローズと比較して7.3分(6%)の減少であった。最大待ち台数(全体)は360台と、昼クローズから41台(10%)の減少であった。待機列解消時刻は20:07であり、昼クローズより7分早くなった。昼オープンでは、昼の待ち台数が半分程度になり、平均待ち時間（全体）が37%減少したことから、渋滞緩和に効果的と考えられる。昼一部オープンでは、待ち時間、待ち台数の減少が少なかったことから、昼の間の処理能力が渋滞緩和に効果的と言えるほど高くないと考えられる。

共用ゲート方式での計算条件を表-8.5、平均待ち時間を表-8.6、待ち台数（全体）の比較を図-8.7、昼一部オープンの待ち台数（処理種類別）を図-8.8、昼オープンの待ち台数（処理種類別）を図-8.9に示す。

昼オープンでは、平均待ち時間（全平均）は昼クローズと比較して57.6分(44%)減少した。待ち台数（全体）は、午前のゲートオープン前の294台が最大となり、昼クローズの496台から202台(41%)の減少であった。待機列解消時刻は18:04であり、昼クローズ(19:30)より86分早くなった。

表-8.5 保安強化/共用ゲート方式での昼のゲートオープン効果の計算条件

	処理時間	ゲート数 (昼以外)	ゲート数 (昼)
昼クローズ	7/9/1/1	17	0
昼一部オープン		17	4
昼オープン		17	17

処理時間は左からF/I, E/I, F/O, E/O

表-8.6 保安強化/共用ゲート方式での昼のゲートオープンと平均待ち時間（分）

	F/I	E/I	F/O	E/O	全平均
昼クローズ	131.6	131.0	132.3	127.8	131.0
昼一部オープン	117.2	116.6	118.7	114.6	116.9
昼オープン	73.3	71.3	75.1	74.7	73.4

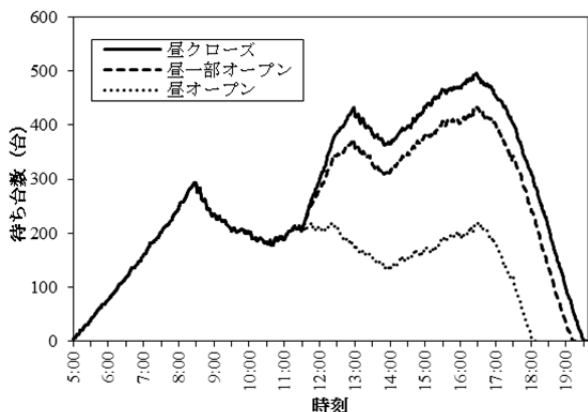


図-8.7 保安強化/共用ゲート方式での昼のゲートオープンと待ち台数（全体）

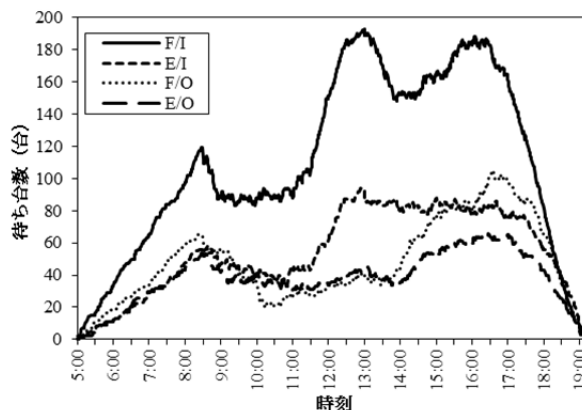


図-8.8 保安強化/共用ゲート方式の昼一部オープンでの待ち台数（処理種類別）

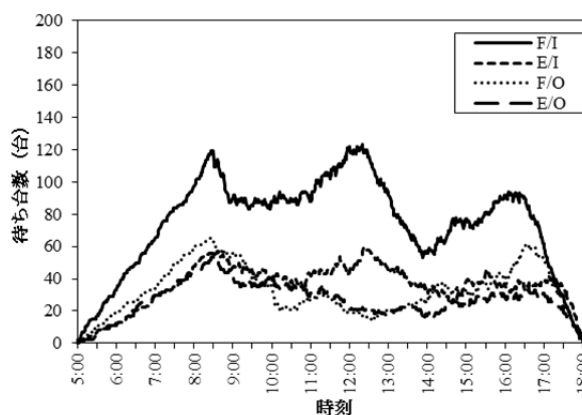


図-8.9 保安強化/共用ゲート方式の昼オープンでの待ち台数（処理種類別）

昼一部オープンでは平均待ち時間（全体）は昼クローズと比較して14.1分(11%)の減少であった。最大待ち台数(全体)は462台と、昼クローズから64台(13%)の減少であった。待機列解消時刻は19:11であり、昼クローズより19分早くなった。

昼オープンでは、専用ゲート方式2同様、渋滞緩和に効果的と考えられる。昼一部オープンも、専用ゲート方式2同様、昼の間の処理能力が渋滞緩和に効果的と言えるほど高くないと考えられる。

昼オープン、昼一部オープンともに、専用ゲート方式2より平均待ち時間、最大待ち台数の減少幅は大きい。専用ゲート方式と違い、共用ゲート方式では特定のゲートで空きが生じることがない（並んでいるトラックがあれば、どのゲートでも処理を行う）ためである。ただし、平均待ち時間そのものは専用ゲート方式2の方が短くなった。

## 9. まとめ

本研究では、横浜港本牧埠頭BCターミナルにおいて、現地調査によるトラックの到着時刻、到着台数等の実態把握を行った。当該ターミナルでは、ゲートインの手続き処理待ちトラックの最大台数は約300台であった。また、一日の推定到着台数は1,800台程度であった(2.~4.)。

保安対策が強化された場合のゲート処理効率化検討のため、ゲート処理方法の違いによる待ち時間、待ち台数を計算した。保安対策が強化されて搬入コンテナの処理時間が5分長くなる場合、現状設備ではオーバーフローした。ゲート処理方法を変更してゲート処理を効率化した場合では、その日のうちに処理できる結果となった。この場合、平均待ち時間は専用ゲート方式2の方が短く、待機列解消時刻は共用ゲート方式の方が早くなる結果となった(5.)。

現状の待ちから時間外到着(ゲートクローズ中に到着するトラック)の待ちを除外したところ、現状の平均待ち時間のうち、8割程度は時間外到着によるものであるという計算結果となった(6.)。

現状の処理時間、到着台数、到着時刻の条件で昼にゲートオープンする場合、全体の平均待ち時間は9.8分(33%)減少し、昼以降渋滞は発生しない結果となった(7.)。

昼にゲートオープンする条件で保安対策が強化された場合、現状設備ではオーバーフローした。ゲート処理方法を変更した場合ではオーバーフローせず、昼にゲートオープンしない場合と比較して、平均待ち時間が共用ゲート方式では57.6分(44%)、専用ゲート方式2では42.5分(37%)減少した。平均待ち時間の減少幅は共用ゲート方式の方が大きかったが、平均待ち時間そのものは専用ゲート方式2の方が短くなった(8.)。

## 10. おわりに

本論文ではコンテナターミナルのヤード及びアウトゲートの処理能力が十分高く、ヤード内で滞留してインゲートに影響しないことを仮定し、トラックの到着パターン、実入り・空の比率等の港・ターミナル固有の条件を固定して試算を行った。また、待ち時間、待ち台数の計算は行ったが、処理方法変更にかかるコストは十分に検討できておらず、モデルの精度検証は十分行えていない。データの制約から十分な精度検証はできなかつたため、より精度の高い検証が求められる。今後はこれらについて検討を進め、条件の異なる港・ターミナルへ対象範囲を広げていく予定である。

## 謝辞

本研究にあたり、横浜港メガターミナル株式会社にデータを提供していただいた。また、横浜港埠頭株式会社、横浜市港湾局、関東地方整備局港湾空港部港湾物流企画室、国土技術政策総合研究所沿岸海洋・防災研究部沿岸防災研究室にご協力・ご助言いただいた。ここに感謝の意を示します。

(2014年6月2日受付)

## 参考文献

- 1) 岩瀬美奈子・安部智久・関裕・宮地豊：海上輸送を中心とした最近のサプライチェーンセキュリティの動向，国土技術政策総合研究所資料 No.528，2009年。
- 2) 財務省関税局：出港前報告制度について（手引き）第2版，2013年。
- 3) ALFAPASS：ALFAPASS, the access control system to the ports of Antwerp and Zeebrugge, <http://www.alfapass.be/alfapass/en/indeX.html> (2012年8月17日アクセス)
- 4) Secure Logistics：CargoCard, <http://www.portkey.nl/> (2012年8月17日アクセス)
- 5) PSA Singapore：Passes, Permits and Licenses, <http://www.singaporepsa.com/> (2012年8月17日アクセス)
- 6) 日本貿易振興機構：基本的な米国の輸出入制度, [http://www.jetro.go.jp/world/n\\_america/us/trade\\_05/?print=1](http://www.jetro.go.jp/world/n_america/us/trade_05/?print=1) (2012年10月3日アクセス)
- 7) 閣議決定：総合物流施策大綱(2013-2017)，2013年。
- 8) 日本機械輸出組合：100%スキャン法の実施延期について米国国土安全保障省長官が議会に公式通知，2012年。
- 9) 相互運輸株式会社：お役立ち情報（海上コンテナトラックシャーシ寸法の目安），  
<http://www.sogo-unyu.co.jp/useful/track.html> (2014年1月28日アクセス)
- 10) 日本トレクス株式会社：TX MODEL コンテナトレーラシリーズ（製品カタログ），2009年。
- 11) 森村英典，大前義次：応用待ち行列理論，日科技連，1975年，pp.7-10。
- 12) 高橋幸雄，森村英典：混雑と待ち，朝倉書店，2001年，pp.124-125。
- 13) 薩摩順吉：確率・統計，岩波書店，1989年，pp.75-78。
- 14) ポニー工業株式会社：AS&E 車載式後方散乱 X線検査装置 ZBV（リーフレット），2013年。

付録 専用ゲート方式のゲート数配分検討

ケース1からケース5までの5つのゲート数配分を表-A.1に示す。ケース3が本文中の専用ゲート方式2である。計算したケースの平均待ち時間を表-A.2に、待ち台数を図-A.1～図-A.10に示す。ケース1ではF/Iがオーバーフロー寸前となった。一方、ケース5ではE/Iがオーバーフローした。待機列解消時刻については、ケース1が23:16、ケース2が21:38、ケース3が20:14、ケース4が21:51となり、ケース3が最も早くなった。

表-A.1 ゲート数の配分

	F/I	E/I	F/O	E/O
ケース1	7	8	1	1
ケース2	8	7	1	1
ケース3	9	6	1	1
ケース4	10	5	1	1
ケース5	11	4	1	1

表-A.2 ゲート数配分と平均待ち時間 (分)

	F/I	E/I	F/O	E/O	全平均
ケース1	259.2	51.6	36.5	31.2	136.9
ケース2	206.3	87.9	36.5	31.2	121.5
ケース3	164.5	135.0	36.5	31.2	113.4
ケース4	130.5	199.1	36.5	31.2	112.4
ケース5	102.2	-	36.5	31.2	-

ケース5ではE/Iがオーバーフロー

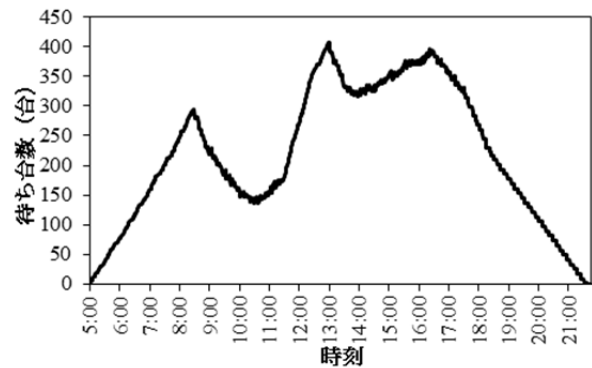


図-A.3 ケース2の待ち台数 (全体)

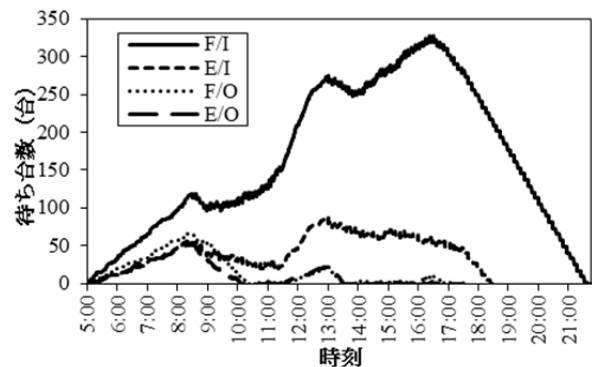


図-A.4 ケース2の待ち台数 (処理種類別)

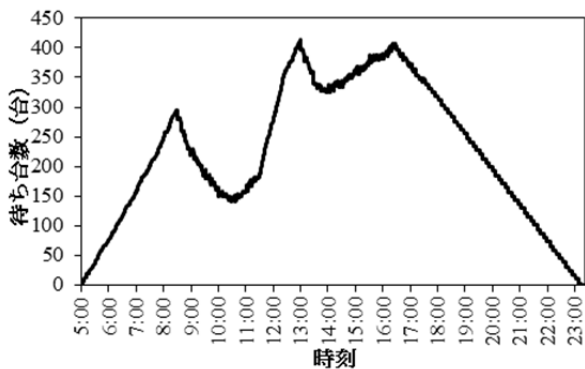


図-A.1 ケース1の待ち台数 (全体)

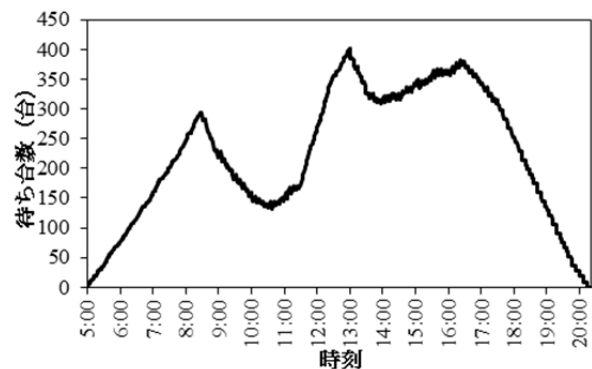


図-A.5 ケース3の待ち台数 (全体)

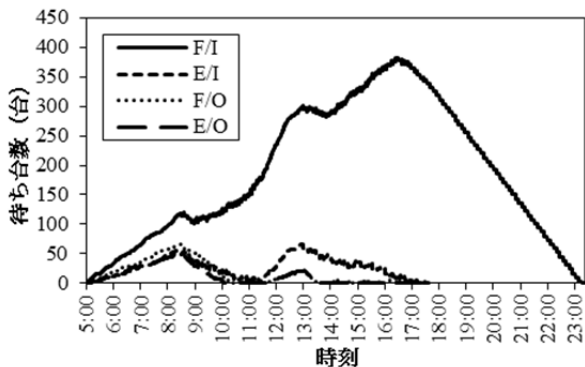


図-A.2 ケース1の待ち台数 (処理種類別)

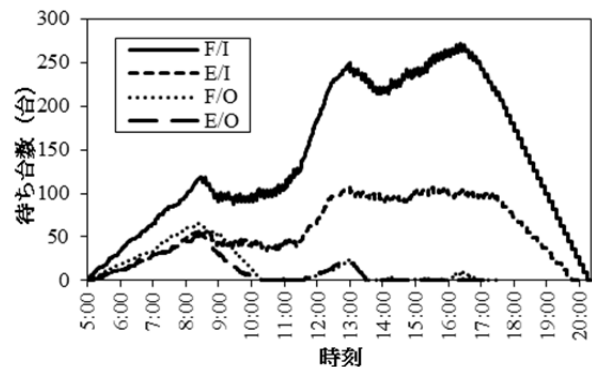


図-A.6 ケース3の待ち台数 (処理種類別)



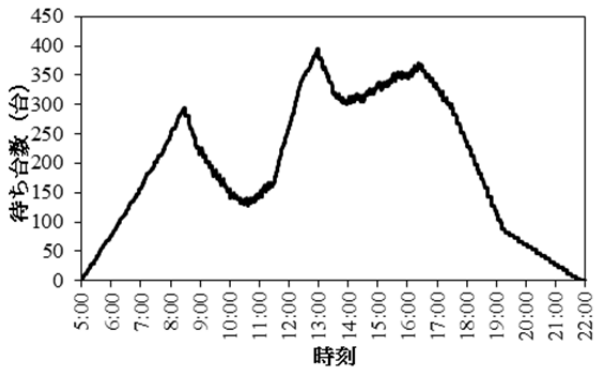


図-A.7 ケース4の待ち台数 (全体)

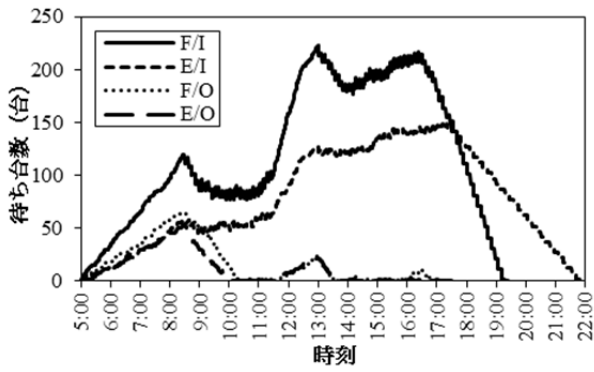


図-A.8 ケース4の待ち台数 (処理種別別)

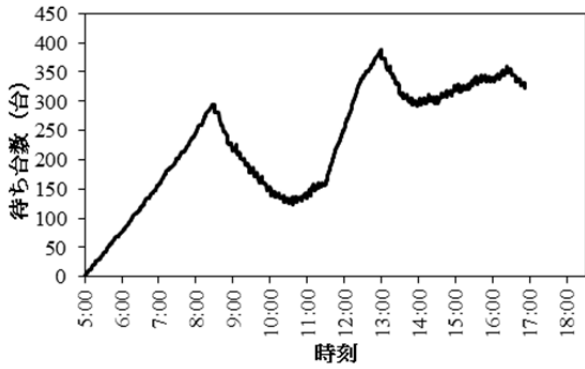


図-A.9 ケース5の待ち台数 (全体)

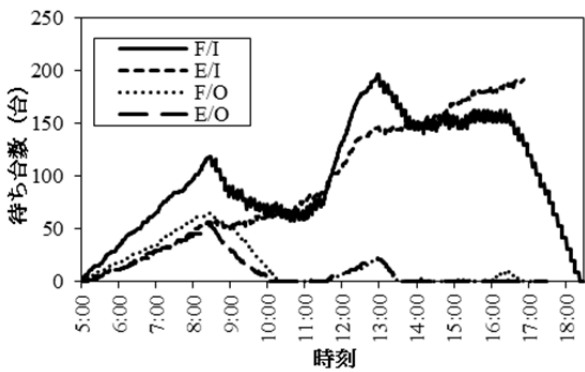


図-A.10 ケース5の待ち台数 (処理種別別)



---

国土技術政策総合研究所資料

TECHNICAL NOTE of NILIM

No. 797                      July 2014

編集・発行 ©国土技術政策総合研究所

---

本資料の転載・複写のお問い合わせは

〒239-0826 神奈川県横須賀市長瀬 3-1-1  
管理調整部企画調整課      電話:046-844-5018