

AIS データによるコンテナターミナル別の沖待ち船把握の試み A Research on Grasping of Ship Waiting at Offshore of Container Terminals by AIS Data

赤倉康寛 (国土技術政策総合研究所), 高橋宏直 (みなと総合研究財団)
 安部智久 (国土技術政策総合研究所), 中島研司 (国土技術政策総合研究所)
 AKAKURA Yasuhiro (NILIM), TAKAHASHI Hironao (WAVE)
 ABE Motohisa (NILIM) and NAKASHIMA Kenji (NILIM)

要旨

ジャスト・イン・タイムに代表される高効率なグローバル・サプライチェーンは、脆弱性を併せ持つ。近年、このサプライチェーンを支える海上コンテナ輸送では、遅延が大きくなってきた。遅延の大きな要因としてコンテナターミナルの混雑が想定されることから、本研究は、AIS データを活用して、コンテナターミナル別の沖待ち船の把握を試みたものである。その結果、利用率が高い Rotterdam 港のターミナルでは、沖待ちが多頻度で発生していることが確認された。混雑によるターミナル利用率と総沖待ち時間には相関関係が見られたが、他にも様々な要因が影響していることが想定された。

1. はじめに

海上輸送の進展や情報通信コストの低廉化が、グローバル・サプライチェーンを大きく発展させてきた。1990年代以降、生産のあらゆる工程が厳しい国際競争にさらされる中で、より最適な立地を求めて生産拠点が世界的に広がった。その結果として、中間財の貿易が急激に増加し(図-1)、さらに、コスト最小化、最適化を推し進めた「リーン」や「ジャスト・イン・タイム」のサプライチェーンが発展してきた。しかし、このような高効率なグローバル・サプライチェーンは、災害による部品生産の停止や輸送の停滞といったリスクに対して脆弱な面を持つ。2011年の東日本大震災では、日本からの部品の供給停止が、世界の自動車生産を停滞させた。2002年や2014~15年の米国西岸港湾での労使交渉に伴う混乱も、日本の自動車メーカーの北米工場の生産に大きな影響を与えた¹⁾。

グローバル・サプライチェーンを支える海上コンテナ輸送においては、コストメリットを求め、1990年代半ば以降に船型の大型化急激に進展し、輸送サービスを提供する海運アライアンスは、2017年には3つにまで再編された。このころから、コンテナ船の遅延が大きくなってきており、例えば、2018年の東アジア~欧米間の基幹航路コンテナ船は、平均で1日程度かそれ以上、最大3~5日程度の遅延が発生していた(表-1)。この遅延の約8割は中国や欧米の特定の港湾において発生しており、同一港湾においてもターミナルにより遅延の発生に差が見られた²⁾ことから、その大きな要

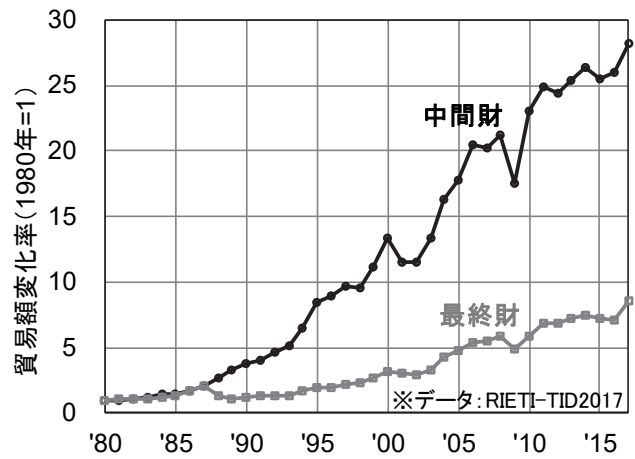


図-1 電気機械の世界貿易額の推移

表-1 東西基幹コンテナ航路の遅延状況²⁾

航路	平均遅延日数		最大遅延日数	
	東アジア	欧米	東アジア	欧米
北欧州	0.74	0.87	2.98	3.67
地中海	0.85	1.08	3.15	3.57
北米西岸	1.05	1.63	3.20	4.81
北米東岸	0.81	1.34	2.96	4.27

※2018年4~12月、三大アライアンスで、日本直航or接続航路

因として、ターミナル混雑が想定される。日本からの欧米での部品在庫が5~7日程度のメーカーもあり、高効率なサプライチェーンにおいては、この遅延の影響は非常に大きい。

以上の状況を踏まえ、本研究は、ターミナル混雑と遅延の発生の関係性を分析するため、AIS データを活用して、コンテナターミナル別の沖待ち船の把握を試みたものである。既往の調査研究では、高ら³⁾が AIS



図-2 沖待ちの航跡例 (左: 錨泊、右: 漂流)

データを用いて大阪湾での沖待ち船を把握しており、Maritime Traffic⁴⁾では各港の錨泊海域を指定して、その停泊時間や隻数変化を港湾混雑の指標として提供しているが、着岸ターミナルや、停泊せずに漂流する船は把握が出来ていない。

2. 沖待ち船の把握手法

2.1 沖待ち海域

一般に、港湾では錨泊海域を指定しているが、数は限られており、港域外での沖待ちも多い³⁾。また、図-2に錨泊・漂流船舶の航跡例を示すが、錨泊をせずに、漂流や減速により、着岸時間まで待つ場合もある。このため、コンテナ船の沖待ちを把握するためには、着岸するコンテナ港湾の沖合の相当広い範囲を対象として船舶の動静を分析する必要がある。

2.2 使用データ

船舶の動静はAIS (Automatic Identification System) データにより把握した。AISは、一定規模(国際航海する貨物船は300GT)以上の船舶に搭載が義務付けられた装置であり、一定時間の間隔で、自船の船名、位置、針路、速力等をVHF帯電波で送信する。このデータにより、地上受信局において周辺海域の船舶の動静が把握出来る。しかし、本研究では、前述のとおり沖合海域の船舶動静も必要であることから、地上受信局データに加え、衛星により把握されたデータも含めて分析した。対象は、2019年10月におけるLos Angeles/Long Beach港及びRotterdam港への寄港コンテナ船である。

2.3 着岸時間の長期化と荷役効率の低下

ターミナル別に沖待ち時間を把握するため、図-3の

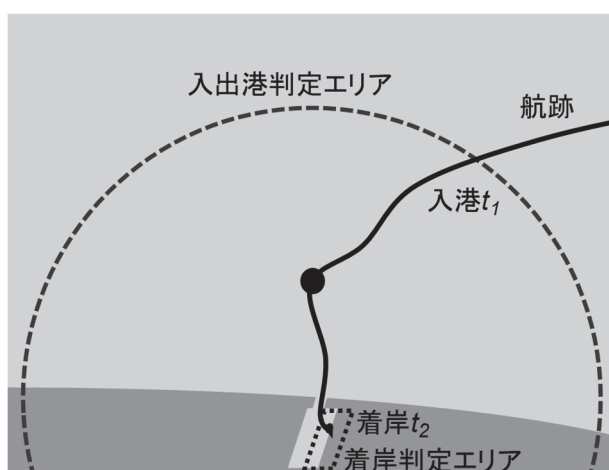


図-3 判定エリアと航跡のイメージ

ように、港湾を中心とした沖待ち海域を広く覆う出入港判定エリアと、各コンテナターミナル前面海域の着岸判定エリアを設定した。出入港判定エリアは、どの方向から入港してもターミナル着岸までの所要時間が概ね等しくなるように、円形とした。各船の航跡において出入港判定エリア外からエリア内に航行した時点を入港、着岸判定エリアに停泊した時点に着岸と判定し、入港～着岸までの所要時間を整理した。その結果を用いて、ターミナル別に、表-2のように所要時間を順番に並べ、一定以上の時間を要している場合を沖待ちと判定した。沖待ちの判定は、各船の航跡を確認し、錨泊・漂流したと見られた場合(表中⑩⑫⑭⑮)、もしくは、それらの船舶と同等以上の時間を要している船(表中⑪⑬)とした。ターミナル間の移動についても、同じ考え方により整理した。

表-2 沖待ち判定のイメージ

所要時間 t_2-t_1	船舶														
	①	②	③	④	⑤	⑥	⑦	⑧	⑨	⑩	⑪	⑫	⑬	⑭	⑮
1															
2															
3															
4															
5															
6															
7															
8															
9															
10															
11															
12															
13															
14															
15															
16															

3. 把握結果

3.1 沖待ち及びターミナル利用の状況

AIS データにより把握した沖待ち及びターミナル利用の状況を、表-3 に示す。LA/LB 港は、入港船が大きく（平均全長 300m 程度）、平均着岸時間も長かったが、着岸隻数が少ないため、着岸船が占めるバース長の時間割合であるターミナル利用率も一部を除いて高くはなく、沖待ち船も少なかった。一方、Rotterdam 港では、比較的小型（2,000TEU 以下）で、複数のターミナルに着岸するフィーダー船が多く見られた。そのため、平均着岸時間は相対的に短い、隻数も多く、ターミナル利用率も高めで、沖待ち隻数も多かった。

表-3 沖待ち船の隻数及びターミナルの利用状況（2019年10月）

港湾	ターミナル	入港		ターミナル間移動		着岸船型 (全長(m))	平均着岸 時間(h)	ターミナル 利用率
		全隻数	沖待ち数	全隻数	沖待ち数			
Los Angeles	APMT	14	0	1	0	299.8	63.3	36.3%
	China Shipping	11	0	0	0	323.0	58.5	46.0%
	Eagle Marine	10	0	0	0	325.3	87.6	43.6%
	Evergreen	8	0	0	0	315.2	52.4	15.2%
	Tra Pac	8	0	0	0	298.2	81.0	23.0%
	Yang Ming	7	0	0	0	263.4	38.9	10.6%
	Yusen	12	0	0	0	289.4	66.0	24.4%
Long Beach	Pier A	17	2	0	0	274.7	27.8	23.6%
	Pier C	5	0	1	0	240.4	40.0	20.2%
	Pier E	8	0	0	0	326.3	72.7	40.9%
	Pier G	11	1	0	0	308.3	69.8	26.6%
	Pier J	7	0	0	0	324.7	37.3	29.8%
	Pier T	25	3	0	0	313.0	57.7	57.3%
Rotterdam	APMT	52	14	25	4	211.9	12.7	33.5%
	APMT MV II	22	8	33	11	224.1	21.3	58.3%
	ECT Delta North	33	11	9	3	254.2	16.0	52.2%
	ECT Delta South	79	53	87	26	187.2	18.1	74.0%
	Euromax	55	27	63	17	182.4	11.9	61.3%
	RWG	35	13	66	19	183.1	10.8	44.5%

ターミナル利用率: 全バース長・時間において着岸船が占有していた割合。

3.2 沖待ち隻数とターミナル利用率

前節の結果より、沖待ち隻数（ターミナル間移動を含む）とターミナル利用率との関係を、図-4 に整理した。図より、ターミナル利用率が高くなるほど、沖待ちが生じやすくなることが確認出来た。回帰曲線によれば、仮にバース長を 400m とした場合、1 週間に平均 1 隻の沖待ちが生じるターミナル利用率は 54% となった。

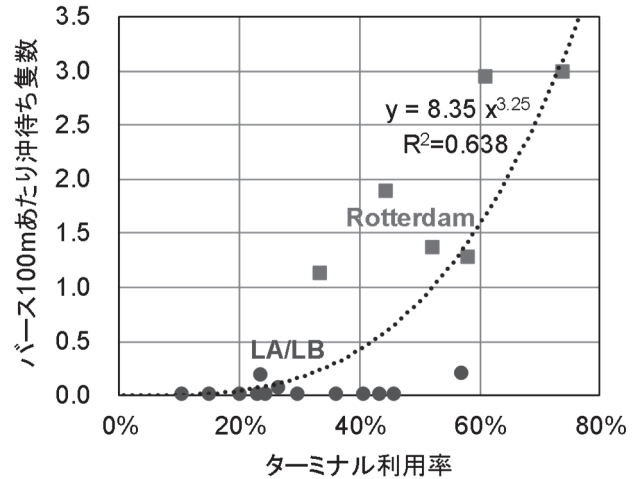


図-4 月あたり沖待ち隻数とターミナル利用率

3.3 混雑による総沖待ち時間とターミナル利用率

各船の沖待ち時間は、1~2 時間程度から、数日に及ぶまで、船によって大きく異なる。そこで、沖待ち時間とターミナル利用率の関係性がさらに重要となるが、

一方で、沖待ちの中には、ターミナル側ではなく、船側の都合に依る場合がある。例えば、LB 港の Pier A ターミナルの沖待ち船 2 隻は非常に長い時間 (49 及び 179 時間) 沖待ちしていたが、確認したところ、いずれも、着岸予定時刻より早く到着し、沖合で時間調整をしていた船舶であった。ターミナルに起因しない沖待ちは、ターミナルの混雑 (利用率) とは関係ないことから、長期スケジュールが確定・公表されている欧米基幹航路等の本船について、0.5 日以上スケジュールより早く入出港判定エリアに到着した場合は、船舶側の都合として控除した。その上で、ターミナル混雑に起因するとみられる総沖待ち時間とターミナル利用率との関係を整理したのが、図-5 である。0.5 日としたのは、CY カットを早めることが難しい中で輸出コンテナの荷積みスケジュールを日単位で早めることは困難であるためである。図より、ターミナル利用率が 40% を超えた辺りから急激に沖待ち時間が増加しており、回帰曲線によれば、仮にバース長 400m とした場合、1 週間に平均 3 時間の沖待ちが生じるターミナル利用率は 40% であった。個別には、Rotterdam 港では利用率が 30% 程度でも多くの沖待ちが生じたターミナルが見られた一方、LA/LB 港では利用率が 60% 近くでも沖待ちが非常に少ないターミナルもあった。

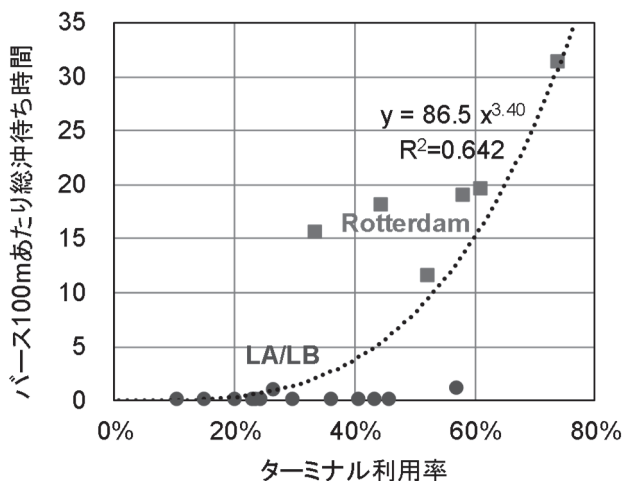


図-5 月あたり混雑沖待ち総時間とターミナル利用率

3.4 沖待ち時間に影響する要因の考察

同じターミナル利用率でも沖待ち時間に差が見られた要因は、①前船との間隔、②荷役時間の変動、③到着船の大幅遅延、④その他が想定される。

①前船との間隔については、同じ利用率であっても、前船との間隔が詰まっている場合遅延が生じやすく、例えば、LA 港の Eagle Marine や Yusen ターミナルは、

3 バースに対して、3 サービスの着岸のため、それぞれのバースでは、同サービスの前船に追いつかないか限り遅延が生じない。

②荷役時間の変動については、スケジュール上では前船との間隔が同じであっても、荷役時間が延びる傾向のあるサービスは、次船の沖待ちを生じさせやすい。

③到着船が大幅に遅延する場合、スケジュール上で当該船が着岸するバース長・時間が使用されず、他船の合間に着岸することとなる。これが、他船の着岸時間を遅らせたり、投入クレーン数を減少させて荷役時間を延長させたりすることにより、さらなる遅延を導く可能性がある。

④その他としては、天候不順による入出港禁止や荷役中止が想定されるが、これらはターミナルの混雑には依らない要因である。

4. まとめ

本研究は、ターミナル混雑と遅延の発生の関係性を分析するため、AIS データを活用して、コンテナターミナル別の沖待ち船の把握を試みたものである。入港から着岸までの所要時間に着目することにより、錨泊・漂流だけでなく、減速による場合も含め、ターミナル別の沖待ち船が把握可能となり、その結果として、混雑による沖待ち時間とターミナル利用率の関係性を確認することが出来た。

一方、本研究は、現時点では、限られた 2 港湾の主要ターミナルの分析であり、また、錨泊・漂流も、各船の動静を目視確認により特定しており、自動判定はできていない。さらに、利用率に対する混雑沖待ちの総時間の変動は小さくなく、沖待ち発生に影響を与える要因については考察に留まっている。これらの点については、今後検討を深めていく予定である。

参考文献

- 1) 小野憲司, 赤倉康寛, 神田正美: 自動車産業サプライチェーンに対する東日本大震災のインパクト分析, 日本物流学会誌, No.23, pp.127-134, 2015.
- 2) 赤倉康寛: 東西基幹コンテナ航路の定時性の把握と遅延要因の分析, 土木学会論文集 D3, Vol.76, No.1, pp.33-42, 2020.
- 3) 高欣佳・牧野秀成・古荘雅生: AIS データを用いた沖待ち船舶の航行実態解析に関する研究, 土木学会論文集 B3, Vol.70, No.2, pp.I_948-I_953, 2014.
- 4) Maritime Traffic: Understanding Port Congestion, Resources