

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

赤倉 康寛¹

¹正会員 国土交通省 国土技術政策総合研究所 港湾システム研究室 (〒239-0826 横須賀市長瀬3-1-1)
(京都大学客員教授 経営管理大学院)
E-mail: akakura-y83ab@mlit.go.jp

グローバル・サプライチェーンを構成する重要インフラである国際海上コンテナ輸送の遅れが大きくなってきている。2018年には、全コンテナ船の定時到着率が約2/3まで低下した月もあり、長距離の東西基幹航路はさらに定時性が低いと見られる。このような背景の下、本研究は、航路サービス別の定時性を詳細に把握し、その結果より、遅延を生じさせている要因について分析を行ったものである。その結果、基幹航路全体で定時到着率は7割を切っており、遅延の8割弱が中国及び欧米での港湾で発生していることが明らかになった。中国ではほとんどの遅延が着岸前に発生していた一方、欧米では主に着岸中に遅延が発生していた港湾や着岸前及び着岸中の両方で遅延が発生している港湾も見られた。

Key Words : container, east-west trunk line, delay, punctuality rate, terminal

1. 序論

国際海上コンテナ輸送の遅れが大きくなってきている。図-1は、全世界のコンテナ船の定時到着率の推移¹⁾を示しているが、2018年の低い月には約2/3となっている。ここで、定時到着率とは到着予定時刻から24時間以内の到着割合を指すため、約1/3は1日以上遅れていることとなる。長距離の東西基幹航路に限れば、さらに定時到着率は低いだろう。このような大幅な遅延は、国際海上コンテナ輸送を基盤として構築されているグローバル・サプライチェーンに大きな影響を及ぼす。そのため、各航路の遅延情報は荷主にとって重要であるが、各船社では定時性の詳細なデータを公表していない。また、定時性向上のためには、遅延要因の分析が非常に重要と考えられるが、既往の調査研究は見当たらない状況にある。以上を踏まえ、本研究では、主要な東西基幹航路のサービス別の定時性を詳細に把握し、その結果より、遅延を生じさせている要因について分析を行ったものである。

経済のグローバル化の進展は、世界中に分散された生産拠点間の中間財の貿易を増大させてきた。ジャスト・イン・タイムに代表される精緻なグローバル・サプライチェーンは、効率が高いがゆえに、余裕が少なく、災害等による混乱に対して脆弱な面がある。2011年の東日本大震災では、日本の部品生産の停滞が、世界中の自動車生産を減少させた。2014~15年の米国西岸港湾

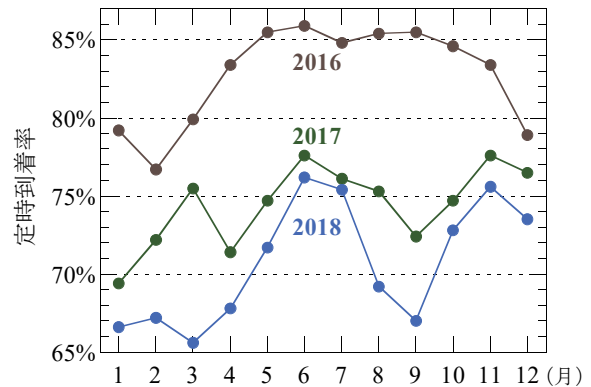


図-1 世界のコンテナ船の定時到着率¹⁾

の労使交渉に伴う混乱でも、日本からの部品供給の停滞により、北米工場が減産を強いられている。これらを踏まえると、サプライチェーンを支える国際海上輸送の停滞は、世界経済に大きな影響を及ぼす恐れがある。

しかし、近年の東西基幹コンテナ航路では、定時到着率が低下している。2017年度上半期の日本から欧州への直航航路の定時到着率は24~35%、平均遅延日数は1.5~2.3日であった²⁾。ヒアリングによれば、欧米工場での在庫が5~7日程度との企業もあり、平均以上の遅延が発生すれば航空輸送による補填が必要になると想定される。また、このような遅延情報は、かつては、例えば、商船三井や川崎汽船は4半期毎に航路別の定時到着率を公表していたが、ONEでは見当たらなくなった。文献¹⁾

の元データを提供している海事コンサルタント *SeaIntel* が、世界データを構築するようになった影響が想定される。同社は、各港湾・各船舶の詳細データを保有しているはずであるが、公表されてなく、遅延要因の分析も見当たらない。学術分野では、荒谷・佐藤³⁾が、国内長距離フェリーを対象として、AIS データにより定時性の把握を行い、冬期は海象の影響等により遅れが生じやすいことを明らかにした。Salleh *et al.*^{4,5)}は、諸条件を基に、コンテナ船の出発・到着の定時性を予測するモデルを示しており、定時到着率は港湾や船舶の状況、代理店の業務効率性、前港湾の出港定時性等の多くの要因に依存することを示した。赤倉²⁾は、東アジア-欧州の6サービスの欧州到着の定時性を把握しているが、対象とした航路サービスは限られており、ターミナル別の遅延要因分析までは踏み込めていない。

2. 定時性の把握手法

本研究では、既往論文²⁾の手法と同じく、*Lloyd's List Intelligence* の船舶動静データを用いて、定時性の把握を行った。船舶動静データとは、各船舶が、それぞれの港湾に入出港した日時を網羅したデータであり、表-1に例を示す。このデータは、ほとんどが、特定規模（国際航海する貨物船は300総トン）以上の船舶に搭載が義務付けられたAIS（自動船舶識別装置）の発信するデータを利用して作成されており、各船が各港湾のターミナル前面海域に到着した時点を入港、海域から出た後を出港と記録している。AIS データを用いた入出港の判定について、大阪港の港湾管理者による1ヶ月の離着岸時間記録との照合⁶⁾では、両者の差は、91%が1時間以内、平均24分であり、日単位の遅延の長さを確認するには十分な精度がある。なお、ごく一部、入出港時間がAISで把握出来ていなく、精度が確保のされていないと判断されたNew York及びWilmingtonについては、データから除外した。

対象とした航路サービスは、東アジア-欧州及び東アジア-北米の東西基幹航路（以降、「欧州航路」「北米航路」という）において、3アライアンスが運航し、日本の港湾に直接寄港しているか、文献7)において、日本の港湾との間にフィーダー航路が指定されている計58サービスであり、表-2にその一覧を示す。欧州・北米輸出入を行う日本の荷主が利用するサービスは、小規模船社やコンテナ以外も輸送するセミコンテナ船を除けば、ほぼ網羅できていると考えられる。対象期間は、4月に大規模な航路サービスの改定が行われることから、2018年4~12月の9ヶ月とした。

定時性の把握項目は、以下の2点である。

表-1 LLI船舶動静データの例

IMO	Vessel	Place	Arr. Time/Date	Sail Date/Time
93*****	*****	Shanghai	2018/5/17 14:36	2018/5/18 13:00
93*****	*****	Qingdao	2018/5/20 10:32	2018/5/21 1:30
93*****	*****	Nagoya	2018/5/23 7:35	2018/5/23 18:25
93*****	*****	Tokyo	2018/5/24 7:24	2018/5/24 19:12
93*****	*****	Tacoma	2018/6/3 5:15	2018/6/5 18:28
93*****	*****	Vancouver	2018/6/6 4:00	2018/6/8 1:47
93*****	*****	Tokyo	2018/6/19 18:05	2018/6/20 4:44
93*****	*****	Nagoya	2018/6/20 19:28	2018/6/21 5:55
93*****	*****	Kobe	2018/6/22 13:32	2018/6/23 6:46

表-2 対象航路サービス

アライアンス (船社)	欧州航路	北米航路
The Alliance (Hapag/ONE /Yang Ming)	FE1, FE2, FE3, FE4, FE5, MD1, MD2, MD3	PN1, PN2, PN3, PS3, PS6, EC1, EC2, EC4, EC5
2M (Maersk/MSC)	AE1, AE2, AE5, AE6, AE7, AE10, AE11, AE12, AE15, AE20	TP2, TP6, TP8, TP9, TP10, TP11, TP12, TP16, TP17, TP18
Ocean Alliance (APL/Evergreen /CMA CGM /COSCO/OOCL)	AEU1, AEU2, AEU3, AEU5, AEU6, AEU7, AEM1, AEM2, AEM3, AEM6	CEN, CPNW, EPNW, MPNW, OPNW, AWE1, AWE2, AWE3, AWE4, AWE5, GME2

※サービス名は、下線を付した船社での呼称

- ・目的港湾での定時性：東アジア及び欧州・北米の輸入港湾での到着日時 (Arrival Date/Time) の、到着予定日時からの遅延を把握した。この際、輸入港湾と輸出港湾の区分は、各サービスにおける寄港順から判別した。なお、「定時到着率」とは、本研究においても、到着予定日時から24時間以内の到着の割合とする。
- ・各港湾での遅延発生の把握：各港湾でどれだけ遅延が発生したのかを、前寄港港湾の出港遅れ D_{i-1} (実際の出港日時 (Sail Date/Time) ATS と、出港予定日時 ETS の差) と、当該港湾での出港遅れ D_i とから式(1), (2)により把握した。

$$D_i = ATS_i - ETS_i \quad (1)$$

$$\Delta D_i = D_i - D_{i-1} \quad (2)$$

ここに、 ΔD_i : i 港において発生した遅延である。なお、 ΔD_i が0以下の場合、遅延なしとする。

各航路サービスの入出港予定日時については、それぞれの構成船社のHomePageより入手した。各航路サービスに従事しているコンテナ船は、基本的には文献7)により特定したが、多くのサービスで船舶の変更が行われており、可能な範囲で、以前に従事していた船舶も対象とした。また、年度途中で航路サービスの寄港港湾や寄港時間が変更された場合があり、一部のサービスについては、変更後の状況しか把握できなかった。

表-3 目的港湾での定時到着率及び遅延日数

対象航路等		定時到着率		平均遅延日数		最大遅延日数	
		東アジア	欧州	東アジア	欧州	東アジア	欧州
欧州航路	全平均	69.5%	66.4%	0.81	0.98	3.17	3.71
	北欧州	72.5%	67.4%	0.74	0.87	2.98	3.67
	地中海	65.3%	62.8%	0.85	1.08	3.15	3.57
	TA	73.7%	64.0%	0.79	1.24	3.87	4.21
	2M	65.2%	58.1%	0.79	1.04	2.15	3.59
	OA	70.5%	76.7%	0.85	0.72	3.63	3.42
対象航路等		東アジア	北米	東アジア	北米	東アジア	北米
北米航路	全平均	67.4%	53.5%	0.91	1.43	3.06	4.47
	北米西岸	58.5%	48.8%	1.05	1.63	3.20	4.81
	北米東岸	73.3%	55.5%	0.81	1.34	2.96	4.27
	TA	56.1%	47.7%	1.13	1.69	3.27	4.93
	2M	79.3%	65.9%	0.63	0.97	1.76	3.53
	OA	65.8%	46.9%	0.97	1.64	4.07	4.95

※TA: The Alliance, OA: Ocean Alliance,
 北欧州: 北大西洋～北海沿岸, 地中海: 地中海～黒海沿岸,
 北米西岸: 北米太平洋岸, 北米東岸: 北米大西洋岸

3. 定時性の把握結果

(1) 目的港湾での定時性

東アジア（日中韓台、極東ロシア及び東南アジア）、欧州及び北米の輸入港湾における定時性について、全体の結果を表-3に示す。欧州航路では、定時到着率が全体平均で7割弱、平均遅延日数は1日未満であった。欧州航路の中では、北欧州航路は地中海航路に比べて定時性が高く、アライアンスでは Ocean Alliance が一番高く、2M が一番低かった。北米航路では、北米輸入港湾の定時到着率は6割未満で、平均遅延日数も1日を超え、特に北米西岸航路の定時性が低かった。アライアンスでは、2M が一番高く、The Alliance 及び Ocean Alliance の北米輸入港湾の定時到着率は5割を切っていた。

全航路サービスの結果について、定時性の指標として最も良く使用されている定時到着率と平均遅延日数との関係を見た結果が、図-2である。両者の相関関係は強く、定時到着率が低下するに従い、平均遅延日数が増加していた。定時到着率が0%に近づくにつれて平均遅延日数が増大していくと考えて指数関数を当てはめたところ、定時到着率50%で遅延日数1.25日となった。このことから、平常時は遅延がないか、わずかな範囲内に収まっている一方で、1日を大きく超える遅延も多く発生していることが想定され、表-3でも最大遅延日数は概ね3～5日となっていた。

定時到着率と平均遅延日数について、東アジア港湾と欧州・北米港湾との相違を確認した結果が、図-3及び図-4である（横軸は、両者の差）。図-3の定時到着率では、欧州航路では欧州と東アジアとの差が+とーで同程度に分布していたのに対し、北米航路では北米港湾の定時到着率が東アジアに比べて大きく劣っており、平均で14%ptの差があった。図-4の平均遅延日数では、欧州航

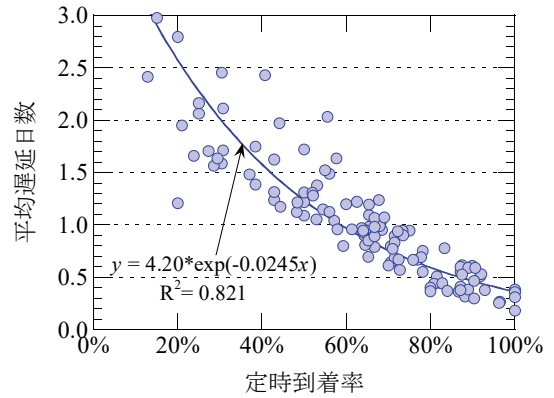


図-2 定時到着率と平均遅延日数の関係

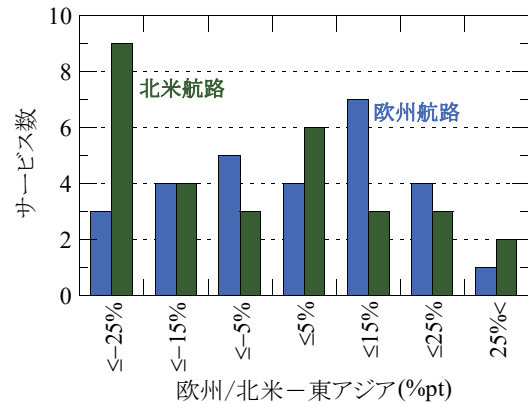


図-3 欧州/北米と東アジアの定時到着率の差

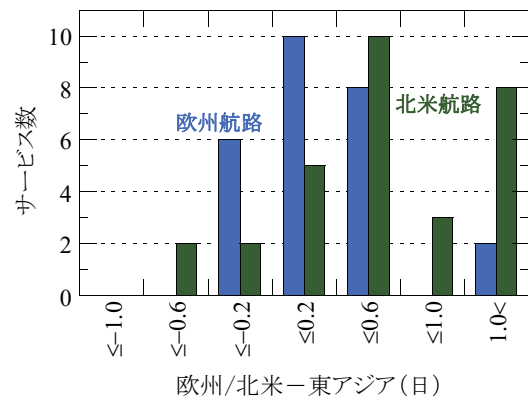


図-4 欧州/北米と東アジアの平均遅延日数の差

路が概ね中央に集まっていたのに対し、北米航路は右側に寄っており、北米港湾の方が遅延日数が明らかに長くなっていた（平均0.5日）。この点については、後に分析を加える。

(2) 各港湾での遅延発生時の把握

前寄港港湾と当該港湾の出港遅れの差から、各港湾等での遅延の発生状況を把握した。その結果を、国・地域に分けて、全寄港の平均で整理したのが、図-5及び図-6である。それぞれの数値は、寄港しているサービスの平均であり、寄港していないサービスは控除した。また、パナマ・スエズの両運河は1港湾として扱い、運河近辺

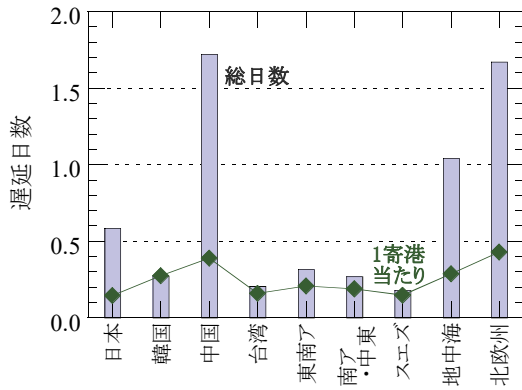


図-5 欧州航路における遅延発生国・地域

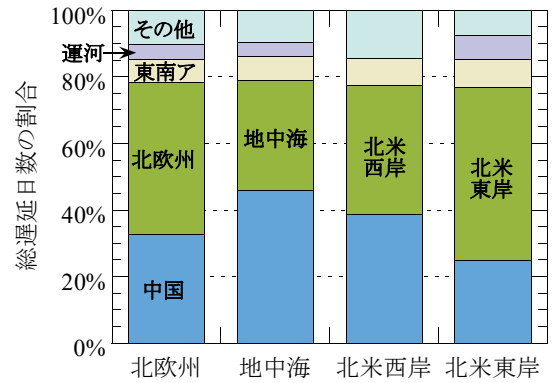
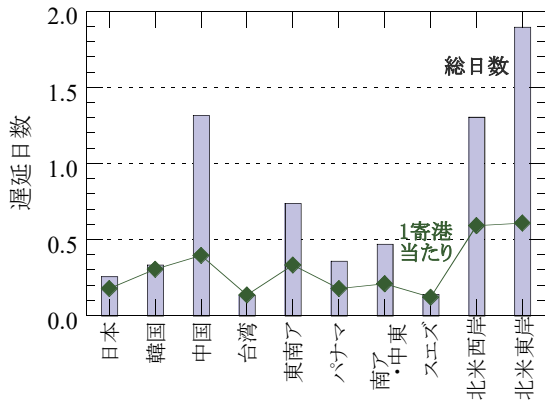


図-7 総遅延日数に占める主要国・地域の割合



※北米東岸は、New York及びWilmingtonの寄港を控除して算定

図-6 北米航路における遅延発生国・地域

にある港湾も含めて1地域とした。図-5の欧州航路において、国・地域の総遅延日数では、中国が最も長く、次いで北欧州・地中海であった。これらの国・地域での寄港港湾数が多いことが一つの原因と考えられるが、1寄港当たりで見ても、北欧州及び中国は約0.4日、他国・地域に比べて遅延日数が長いことが確認された。日本については、1サービスしか寄港していないが、1寄港当たりの平均遅延日数は、最短となっていた。図-6の北米航路においても、総日数では、中国、北米西岸及び北米東岸が長くなっており、1寄港当たりでも、北米西岸・東岸は平均0.5日を超え、中国も約0.4日と長かった。日本は9サービスが寄港しており、東アジア内では、台湾に次いで1寄港当たりの遅延日数が短かった。

航路全体の総遅延日数に占める主要な国・地域の割合を示したのが、図-7である。いずれの航路においても、中国及び欧米の港湾が大きな割合を占めており、その合計は、75~79%となっていた。ただし、中国の占める割合は地中海航路の46%から北米東岸航路の26%まで差があった。

中国及び欧米の港湾を中心に、寄港サービス数の多い港湾での平均遅延日数を整理したのが、表-4である。欧州航路では、分析対象とした28サービスのうち、ほとんどが寄港している寧波及び上海において、1~1.5日の

表-4 主要港湾での平均遅延日数

航路	国・地域	港湾	サービス数	平均着岸予定日数	平均遅延日数
欧州	中国	寧波	25	1.15	0.51
		上海	24	1.46	0.62
		塩田	17	1.04	0.20
		青島	10	1.35	0.57
	韓国	釜山	13	0.97	0.28
	東南ア	Singapore	23	1.41	0.18
	北欧州	Rotterdam	15	1.94	0.45
		Hamburg	11	1.97	0.33
		Antwerp	9	1.56	0.22
	地中海	Piraeus	6	1.58	0.31
Valencia		5	1.33	0.22	
Malta		5	1.30	0.32	
北米	中国	上海	21	1.17	0.67
		寧波	16	0.96	0.67
		塩田	16	1.00	0.24
		青島	9	1.11	0.32
	韓国	釜山	17	0.99	0.31
	東南ア	Singapore	12	1.42	0.26
	北米西岸	Vancouver	8	2.30	1.05
		Los Angeles	6	3.21	0.44
		Oakland	6	1.08	0.38
	北米東岸	Savannah	13 (10)	1.05	0.63
Charleston		9 (8)	0.77	0.27	
Norfolk		9 (6)	0.99	0.52	

※北米東岸の平均遅延日数では、New York及びWilmingtonの次に寄港した場合は、当該港湾発生した遅延日数が判定できないため控除し、影響のない便数を()内に記載した。

着岸予定に対して、平均して半日を超える遅延が発生しており、同航路内では最も長かった。同程度の寄港があるSingaporeと比較しても、両港の遅延は明らかに長い。一方、同じ中国で、青島はやはり半日以上遅延が発生していたが、塩田は遅延日数が短かかった。また、北欧州の17サービスのうち、15サービスが寄港しているRotterdamにて半日近い遅延が発生していた。北米航路では、上海及び寧波の遅延発生は、約1日の着岸予定に対して、0.6日を超えていた一方、青島では、欧州航路と北米航路の遅延に差が見られた。北米での平均遅延日数も長く、西岸のVancouverで1日超、東岸でもSavannahで0.6日超となっていた。前節で、北米航路では、東ア

ジア港湾到着が、北米港湾到着に比べて、定時性が低く、平均遅延日数が長くなっていったが(図-3及び図-4)、これは、遅れの激しい上海・寧波が北米向け輸出での寄港が中心であるのに加え、表-4に記載した北米港湾に連続で寄港するケースが多く、遅延が蓄積することが大きな原因と考えられる。

以上より、東西基幹航路において、港湾によって遅延の長さは大きく異なり、中国及び欧米のある程度限定された港湾において長い遅延が発生していることが判った。

4. 遅延要因の分析

(1) 想定される要因

遅延は、スケジュール上の所要時間と、実際に要した時間との差であり、スケジュールにどれだけの余裕があるのかが、遅延の発生・長さを決定する。一方、実際に要する時間は様々な要因により長期化し得る。本研究では、主要な要因として、以下を想定した。

- ・天候不順：強風による航行不可や濃霧による視程不足等による入出港不可、風浪等による航海の長期化や荷役中止
- ・ターミナル混雑：バース・ウィンドウの不足による沖待ち
- ・荷役の長期化：荷役能力の不足や貨物の急増による荷役時間の増加

これらの中で、天候不順による入出港禁止は、着岸(入港)前・着岸中(入港後)のいずれの船舶も影響を受けるが、航海の長期化とターミナル混雑による沖待ちは着岸前、荷役中止・長期化は着岸中に発生する。この点を踏まえ、遅延要因を分析する。なお、実際の状況としては、前寄港港湾の出港遅れが、当該港湾での遅れの原因の一つとなり得るが、本論文での遅延とは、式(2)で定義したとおり、前寄港港湾までの遅延との差であるため、前寄港港湾と同じ遅延時間であれば、当該港湾で遅延が発生したとはみなさない。

(2) ターミナル別の遅延状況と着岸前・中の分離

前章において把握した港湾別の遅延発生の結果を踏まえ、表-4において、寄港サービス数が多く、平均して長い遅延が発生した8港湾(Hamburg及びLos Angeles/Long Beachは航路数が多いため加えた)について、ターミナル別で、かつ、着岸前と着岸中を区分した遅延発生状況を整理した結果が、表-5である。ターミナル別の混雑状況は、航路に依らないと想定されるため、欧州・北米航路の結果をまとめた。表では、Savannah以外の港湾では3つ以上のターミナルが使用されていたが、同港湾内における平均遅延日数の最長と最短のターミナルの差は、

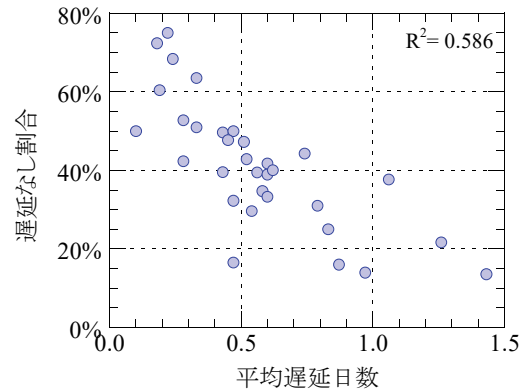


図-8 平均遅延日数と遅延なし寄港の割合の関係

上海：0.87日、Vancouver：0.83日、Los Angeles/Long Beach：0.65日であり、他の港湾でも0.4~0.3日の差があった。ターミナルにより、遅延発生状況は大きく異なっていたと言える。また、平均遅延日数と、遅延なし寄港の割合との関係を見たのが、図-8である。ここで、「遅延なし寄港の割合」とは、当該港湾で遅延が全く発生しなかった割合であり、前寄港港湾までの遅れも含めて実際の遅れが24時間以内の寄港割合を示す「定時到着率」とは異なる。基本的には、平均遅延日数が多くなると、遅延なし寄港の割合が減少する右肩下がりとなっていたが、決定係数は0.586であり、ある程度分散していた。これは、同じ平均遅延日数であっても、長い遅延が散発的に発生しているターミナルと、短い遅延が多数発生しているターミナルがあることを示しており、例えば、天候不順では遅延が長期化する可能性や、貨物量の変動幅の大きさといった港湾の特性が影響している可能性が想定される。

着岸前と着岸中の分離については、遅延がある寄港について、当該港湾での実際の入港から出港までの所要時間である着岸日数 ATB_i とスケジュール上の予定着岸日数 ETB_i を用いて、式(3)、(4)により、着岸前の遅延 ΔDS_i と着岸中の遅延 ΔDT_i に分離した。

$$\Delta DT_i = ATB_i - ETB_i \quad (3)$$

$$\Delta DS_i = \Delta D_i - \Delta DT_i \quad (4)$$

ここで、着岸中の遅延については、スケジュールより早く終わった場合は、マイナスの値のままとした。その結果として、着岸前及び着岸中について、平均遅延日数、遅延なしの寄港割合及び1日以上遅延が発生した寄港の割合を把握した。さらに、ターミナル全体の遅延が、主に着岸前に発生したのか、もしくは、着岸中に発生したのかを明確にするために、表-5の「遅延増」の列に、長い遅延の発生として、平均遅延が0.5日以上、かつ、1日以上の遅延の寄港割合が10%以上の場合に「●」、どちらかの条件の該当する場合に「▲」を記した。表より、中国ではほとんどの遅延が着岸前に発生していた一方、欧米では主に着岸中に遅延が発生していた港湾や着岸

表-5 遅延要因分析対象港湾のターミナル別の遅延発生状況

港湾	ターミナル	サービス数	平均遅延日数	遅延なし割合	遅延あり						遅延増	
					着岸前			着岸中			着岸前	着岸中
					平均遅延	遅延なし	1日以上	平均遅延	遅延なし	1日以上		
上海	Waigaoqiao P II	3	0.56	39.5%	0.90	2.3%	19.8%	0.02	29.1%	1.2%	●	
	Waigaoqiao P IV	1	1.43	13.6%	1.44	9.1%	63.6%	0.22	31.8%	0.0%	●	
	Yangshan P I-II	6	0.97	14.0%	1.18	2.1%	43.0%	-0.05	49.7%	1.0%	●	
	Yangshan P III	33	0.60	39.0%	1.06	2.2%	25.4%	-0.08	36.3%	1.3%	●	
寧波	Daxie	2	0.74	44.3%	1.30	2.9%	27.1%	0.04	20.0%	0.0%	●	
	Gangi	14	0.43	49.7%	0.56	10.5%	13.6%	0.30	18.1%	6.2%	●	
	Meishan	10	0.60	41.8%	0.76	9.2%	19.7%	0.28	20.5%	6.8%	●	
	NBCT	2	0.58	34.8%	0.87	7.2%	20.3%	0.01	29.0%	1.4%	●	
	NBSCT	7	0.87	16.0%	0.92	6.7%	32.7%	0.12	30.0%	2.7%	●	
	Yuandong	6	0.47	50.0%	0.68	10.6%	17.2%	0.25	20.0%	5.0%	●	
青島	QQCT	13	0.51	47.3%	0.82	7.3%	17.5%	0.14	24.0%	3.3%	●	
	QQCTN	1	0.10	50.0%	0.04	35.7%	0.0%	0.17	14.3%	0.0%		
	QQCTU	5	0.33	51.0%	0.40	14.3%	8.2%	0.28	11.2%	5.1%		
Rotterdam	APMT 1	1	0.60	33.3%	-0.38	42.9%	0.0%	1.27	4.8%	52.4%		●
	APMT MV 2	3	0.47	32.3%	0.53	26.2%	13.8%	0.16	21.5%	4.6%	●	
	ECT Delta	4	0.45	47.7%	0.35	17.2%	6.0%	0.51	6.0%	11.3%		●
	Euromax	3	0.47	16.5%	0.11	39.4%	5.5%	0.45	4.6%	6.4%		
	RWG	4	0.28	42.4%	0.13	37.6%	4.0%	0.35	7.2%	3.2%		
Hamburg	CTA	3	0.19	60.4%	0.23	14.3%	3.3%	0.25	5.5%	1.1%		
	CTB	4	0.33	63.6%	0.37	12.7%	7.6%	0.54	2.5%	5.9%		▲
	CTT	2	0.28	52.8%	0.26	13.2%	3.8%	0.34	5.7%	3.8%		
	Eurogate	2	0.54	29.7%	0.48	18.9%	21.6%	0.29	24.3%	8.1%	▲	
Vancouver	Centerm	1	1.26	21.7%	0.78	30.4%	21.7%	0.83	4.3%	30.4%	●	●
	Deltaport	5	1.06	37.7%	0.98	22.6%	24.5%	0.72	11.3%	20.8%	●	●
	Vanterm	2	0.43	39.6%	0.16	34.0%	3.8%	0.55	7.5%	11.3%		●
Los Angeles /Long Beach	LA APMT	1.5	0.79	31.0%	-0.09	52.4%	7.1%	1.24	0.0%	40.5%		●
	LA China Ship.	0.5	0.83	25.0%	0.37	37.5%	6.3%	0.73	6.3%	12.5%		●
	LA Tra Pac	1	0.18	72.4%	0.37	6.9%	0.0%	0.27	3.4%	0.0%		
	LA Yusen	2	0.22	75.0%	0.42	9.1%	4.5%	0.46	6.8%	6.8%		
	LB TTI	1.5	0.24	68.4%	-0.69	26.3%	0.0%	1.44	0.0%	23.7%		●
	LB PCT	0.5	0.52	42.9%	0.26	21.4%	7.1%	0.65	7.1%	14.3%		●
Savannah	Garden City	13 (10)	0.61	39.6%	0.71	13.0%	19.3%	0.30	17.7%	3.1%	●	

※「サービス数」が「0.5」となっているのは、輸出入や寄港により着岸ターミナルが異なる場合を示す。「遅延増」は長い遅延の発生として、平均遅延 ≥ 0.5 日、かつ、1日以上 $\geq 10\%$ の場合に「●」、どちらかのみが該当する場合「▲」とした。

前及び着岸中の両方で遅延が発生している港湾も見られた。

(3) 着岸前の遅延要因

着岸前に発生する遅延の要因としては、(i) 天候不順による入港禁止、(ii) 前寄港港湾からの航海の長期化及び (iii) ターミナルの混雑が想定される。(i) 入港禁止の例としては、上海港では、2018年3月末の濃霧による入出港禁止で、Waigaoqiao ターミナルで3~7日、Yangshan ターミナルで2~3日の到着遅れが発生した⁹⁾。同港では10~4月にかけて濃霧だけでなく強風も頻繁に発生しており、2017年通年における入出港禁止は合計 1,192 時間であり、

その内訳は、強風：84%、濃霧：9%、台風：7%であった⁹⁾と報告されている。2018年でも大きな変化がなく、スケジュール上でも余裕として考慮していない場合には、上海では、天候不順により平均 0.1 日超の入港遅れが生じていたこととなる。

(ii) 航海の長期化は、風浪や海流による航海時間の変動に依るが、近年、ビッグデータを用いたウェザー・ルーティング技術が進歩してきており¹⁰⁾、長い遅延が頻発する要因にはなり難いと考えられる。

(iii) ターミナル混雑は、ターミナルでの荷役を待つための沖待ちを生じさせ得る。2014~15年の米国西岸港湾の労使交渉に伴う混乱では、荷役効率が大幅に低下し、

表-6 Vancouverの各ターミナルの利用状況・利用率

ターミナル	Centerm	Deltaport	Vanterm
主要バース数	2	3	2
サービス数	6	7	3
アライアンス	2M, OA	TA, OA	OA
船社	Westwood	MSC, ZIM	Hyundai
バース利用率	43.8%	73.1%	38.2%

※Data: Port of Vancouver (2019年8月). ターミナルシフトに合わせたデータのため、荷役準備や後片付けの時間も含まれている可能性がある。

Los Angeles/Long Beach 港沖合で 30 隻を超えるコンテナ船の沖待ちが見られた¹¹⁾。さらに、既に遅延した状態で到着した場合、偶然ターミナルが空いていなければ沖待ちが必要となり、その後荷役スケジュールに割り込むこととなることから、遅延が連鎖的に増加していく場合もある。ここでターミナルの混雑度を示す指標として、着岸予定のバース・時間の全体に占める割合であるバース利用率がある。表-6は、データが入手できた2019年8月時点での Vancouver の各ターミナルの利用状況とバース利用率を整理したものである。2018年から多少状況が変化していると思われるが、最もバース利用率が高いのは Deltaport であり、空き時間は 3 割に満たなかった。高い利用率にあると、遅延している船が到着した時に、バースに他船が着岸している可能性が高く、沖待ちが生じやすい。Centerm も、バース利用率は、Vanterm より高く、寄港サービス数も多くなっていた。利用率と沖待ちによる遅延発生との関係性については、より詳細な分析が必要であるが、天候不順以外では大きな要因が想定されなため、その可能性は十分にあると推察される。一方、(i) 天候不順による入港停止が発生した場合、直接沖待ちを強いられた船だけでなく、その後に入港する多くの船に影響が生じることになり、バース利用率の高いターミナルでは、遅延が治まるまでに長い日数を要することになる。混雑が激しいとされる上海や寧波¹²⁾において、全ターミナルで着岸前の長い沖待ちが生じていたのは、(i) 天候不順と (iii) ターミナル混雑の両要因が重なったことが大きな原因と推察される。

これまで見てきた遅延要因について、実際にどれだけの遅延となるかは、最終的には、スケジュール上の余裕との関係になる。海上での航海は所要日数が比較的読めるが、天候不順等に対して十分な余裕が確保されていないこともあり得る。また、サービス全体としては余裕が確保されていても、結果として偏りが生じている可能性もある。ここで、スケジュール余裕の偏りの例として、北米西岸サービスにおける東アジア-北米間航海の余裕日数を整理したのが、表-7である。実際の所要日数平均に対するスケジュールの余裕は、東航では約半日未満であったのに対し、西航では 1~3 日であった。この余裕日数の相違は、西航より貨物価値が高い¹³⁾東航貨物の輸

表-7 東アジア-北米間航海における余裕日数

アライアンス		TA	2M	OA
サービス		PS6	TP6	CEN
東航	距離 (nm)	5,273	6,165	4,628
	予定日数	11.38	12.46	10.38
	実日数平均	10.84	11.95	10.20
	余裕日数	0.54	0.51	0.18
西航	距離 (nm)	4,558	4,855	5,581
	予定日数	13.29	14.00	21.04
	実日数平均	12.05	12.89	18.17
	余裕日数	1.25	1.11	2.87

※実日数は、遅延が発生していない場合の平均

送において、輸送時間の短縮が、船社・サービスの選択において大きな要因の一つとなっているためと推察される。3.(1)で北米到着の定時性が東アジアに比べて劣っていたが、この結果より、北米に遅れて到着した後、アジアに向かう際に遅れを回復していたこととなる。

(4) 着岸中の遅延要因

着岸中に発生する遅延の要因としては、(i) 天候不順による荷役中止・出港禁止や、(ii) 荷役時間の長期化が想定される。(i) 天候不順による荷役・出港への影響は、基本的には入港(着岸)前と大きな差はないが、台風の場合、避泊勧告により荷役を中止し、台風通過後に再着岸する場合もある。2018年の台風21号では、大阪湾の港湾において全船舶への避難勧告である第二警戒体制が発令され、解除までに神戸港で5.8日、大阪港で4.7日かかった¹⁴⁾。ただし、前述の上海港のデータの通り、台風による影響は、年間を通してみれば限定される。

(ii) 荷役時間の長期化は、貨物量が急増した場合や投入クレーンの数や能力が足りない場合に発生する。

(i) 天候不順及び(ii) 荷役長期化が発生した場合に、実際にどれだけの遅延が発生するかは、スケジュール上の余裕との関係になる。荷役時間は、貨物量や投入クレーン数等により大きく変動するため、スケジュールにおいて、ある程度の余裕は確保されていると想定される。この点について、実際の着岸日数とスケジュールの予定日数を比較した例を、図-9~図-11に例を示す。図-9の上海では、2MとOAは平均的な遅延日数の2サービスずつを採りあげたが、どのサービスでも実着岸日数は、予定より短い場合が多く、遅延してもほぼ0.5日以内であった。図-10のRotterdamでは、TAのFE5及びOAのAEU5は、日数差±0.5日にほとんど入っていたのに対し、TAのFE2は過半数の寄港で1日以上余分に要していた。図-11のVancouverでは、OAのOPNWでは1/4が0.5日以上早く離岸したのに対し、2MのTP9は全寄港で0.5日以上、TAのPN3では1.0日以上余分に着岸していた。3港湾の比較においては、上海の荷役能力は高く、どのサービスでもスケジュールにある程度の余裕があったの対

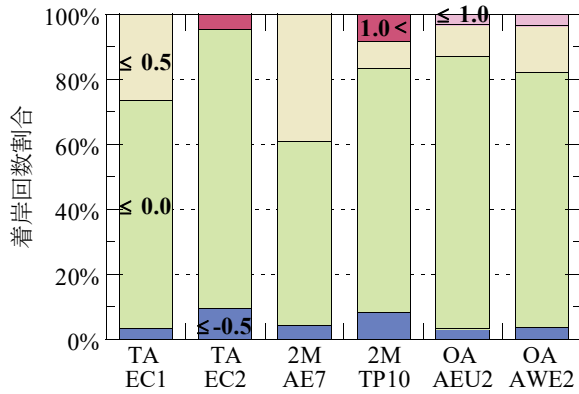


図-9 実際-予定着岸日数 (上海/Yangshan P III)

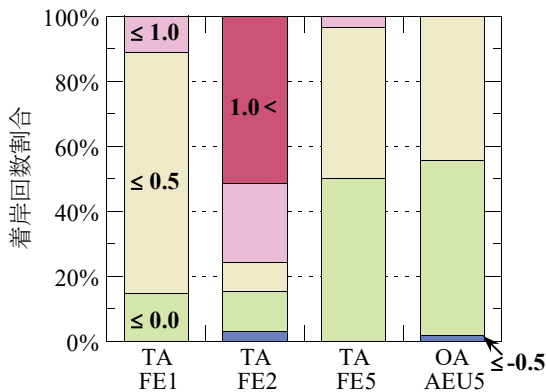


図-10 実際-予定着岸日数 (Rotterdam/ETC Delta)

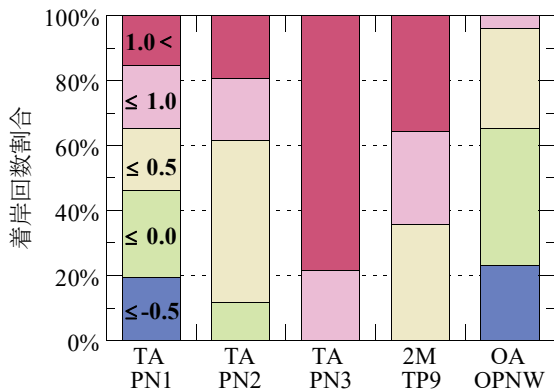


図-11 実際-予定着岸日数 (Vancouver/Deltaport)

し、Rotterdam 及び Vancouver では荷役能力が不足がちで、余裕の少ないスケジュールが存在していたことに加え、大きな遅延が高い頻度で発生していた。荷役能力の比較については、より詳細な検討が必要ではあるが、例えば、各ターミナルで、バース 100m 当たりのガントリークレーン数で比較すると、上海：1.2 台に対して、Rotterdam 及び Vancouver：0.9 台であった。また、Rotterdam 及び Vancouver の貨物量が多く、荷役予定日数が上海に比べて長いこと(表-4)も、長い遅延が発生しやすい要因の一つと見られる。また、着岸日数がスケジュールより長引く場合、実際のバース利用率を高めることになり、前節で述べたターミナル混雑を招くこと可能性があり、着

岸前及び着岸中の両方で遅延が著しかった Vancouver の Centerm や Deltaport はその例と見られる。

5. 定時性向上に向けた考察

定時性の低下は、グローバル・サプライチェーンに大きな影響を及ぼす。輸送日数の増加による影響として、Djankov *et al.*¹⁵⁾は、国際貿易における1日の所要日数の増加は少なくとも1%の貿易量の減少をもたらすとしており、赤倉²⁾は、2017年の日本から欧州への直航航路の遅れ(平均2.1日)により、日本の北欧州向け輸出が6.3%、GDPが7~9千\$減少するとの試算結果を示している。また、スケジュールで予め1日多く要することが判っている場合に比べて、予定より1日遅延する場合には、現地生産部品の在庫増や生産計画の変更が生じるため、さらに影響は大きくなる。

これまで述べてきたように、コンテナ輸送サービスの定時性は、船社のスケジュール設定に左右される。余裕を持ったスケジュールであれば遅延は生じ難いが、一方で、スケジュール上の所要日数が長くなるほど、荷主に選択される可能性が低くなる。この状況に対して、サービスの所要日数・運賃と共に定時性情報を比較可能とすることで、サービス選定に変化が生じる可能性がある。その際、特に表-3の北米航路で見られたように、同じサービス内でも東アジア側と北米側で定時性に差がある場合があり、港湾別の定時到着率及び平均遅延時間の開示が望ましい。現在、APLはEagle REACH. Guaranteedとして北米航路東航において特定サービス・特定米国都市への到着日保証を、追加料金を徴収して実施しているが、定時性を比較可能とすることにより、このような多様なサービスの提供がさらに進むことも期待される。

港湾・ターミナルにおいては、スケジュール上の予定着岸日数を、サービス別に実績に合わせて設定することが必要である。表-5において、上海及び寧波は着岸前のスケジュールの余裕が十分ではなく、図-10及び図-11では、RotterdamのETC Delta及びVancouverのDeltaportの特定のサービスにおいて荷役に必要な着岸日数が十分には確保されていなかった。このような状態を改善した上で、さらに、遅延して到着する船舶があることも前提として、バース利用率をある程度の範囲までにとどめておくことが考えられる。ターミナルオペレーターとしては、追加投資がない範囲で、着岸サービスが増えるほど採算性は良くなるが、その結果として、遅延が長くなれば、当該ターミナルを利用するサービスの顧客が逃げていくこととなる。表-6では、Vancouverの中で、Deltaportのバース利用率が非常に高く、平均1日以上遅延が生じていたが、遅延が余り生じないバース利用率の水準を見極め、

中長期的にバース利用率が上昇していく見込みがある場合には、余裕を持って対応策を進めることが重要であろう。

荷主は、船社・サービスの選定において、定時性情報を比較することが有効であるが、詳細情報の入手が容易ではないことも想定される。その場合、次善の策として、当該サービスの混雑港湾・ターミナルへの寄港状況を確認する方法も考えられる。例えば、2018年では、表-2の欧州航路の中で、定時到着率上位2サービス（FE3&FE5、共にTA）は、上海・寧波・青島へは寄港していなかった。ただし、これらの港湾に寄港しないサービスは限られており、また、遅延状況等を踏まえて、毎年度、船社は各サービスの寄港港湾・ターミナルの変更を行っており、港湾・ターミナル側も混雑が激しい場合には荷役能力の増強等の対応を行う可能性が高い。例えば、2018年の日本唯一の欧州航路FE1は、2017年には荷役能力が不足していたJeddahにて大きな遅延が発生していたが（平均遅延：0.58日）、2018年初に能力増強を行い、2018年度には大きく改善されていた（平均遅延：0.04日）。このように、前年度の状況が必ずしも翌年度に適用可能ではないが、このような改善状況も含めて荷主が判断可能な情報が一般に提供されるようになれば、状況は大きく変わる可能性があるだろう。

6. 結論

本研究は、2018年度の主要な東西基幹航路のサービス別の定時性を詳細に把握し、その結果より、遅延を生じさせている要因について分析を行ったものである。本研究で得られた結論は、以下のとおりである。

- (1) 日本の荷主の使用が想定される欧州・北米基幹航路の2018年の東アジア・欧米輸入港湾での定時到着率は平均7割未満であり、平均遅延日数は概ね0.7~1.1日の範囲にあった。中でも、北米港湾での定時性は低かった。
- (2) 遅延の約8割は、中国及び欧米の港湾で発生しており、ある程度限定された港湾での遅延が長くなっていた。
- (3) 上海や寧波での着岸前の遅延は、天候不順に加えてバース利用率が高いことが大きな要因である可能性が想定された。
- (4) RotterdamやVancouverでの着岸中の遅延は、荷役能力の不足や余裕の少ないスケジュールが主要因であると見られ、さらに、長い予定着岸日数も、長い遅延を招く要因の一つと考えられた。
- (5) 定時性向上に向けては、荷主がサービス選択において詳細な定時性情報を参照可能とし、これにより、

船社や港湾・ターミナルでの改善を促すことが一つの方法と考えられる。

本研究においては、船舶動静データを活用して分析を行ったが、ターミナル別の詳細な要因分析には限界があった。そのため、今後は、より詳細に、AISデータを利用して船舶別の分析を進めていく予定である。

日本の荷主が定時性の高い航路サービスを利用可能とし、また、日本の港湾・ターミナルにおいて高い定時性を維持しつつ効率を高めることによって、それぞれの国際競争力が強化されていくように、引き続き研究を進めていきたい。

謝辞：査読において、有益なご助言を頂き、分析結果の信頼度を高めることが出来ました。感謝の意を表します。

参考文献

- 1) Lloyd's List: Containers, March/April, 2019.
- 2) 赤倉康寛：国際海上コンテナ輸送の定時性の把握・分析と影響試算－日本の対欧州輸出を例に－，土木学会論文集B3（海洋開発），Vol. 74, No. 2, pp. I_318-I_323, 2018.
- 3) 荒谷太郎，佐藤圭二：国内長距離フェリーにおける運航実態に関する分析－日本海航路を対象として－，海上技術安全研究所報告，Vol. 14, No. 4, 2014.
- 4) Salleh, N. H. M., Riahi, R., Yang, Z. and Wang, J.: Predicting a containership's arrival punctuality in liner operations by using a Fuzzy Rule-Based Bayesian Network (FRBBN), *The Asian Journal of Shipping and Logistics*, Vol. 32, No. 2, pp. 95-104, 2017.
- 5) Salleh, N. H. M. and Hamid, S. A.: Analyzing and predicting a containership's departure punctuality in liner operations under different environments, *International Journal of e-Navigation and Maritime Economy*, Vol. 8, pp. 20-30, 2017.
- 6) 赤倉康寛，安藤和也：AISデータを利用した世界主要コンテナターミナルのバース・ウィンドウ作成による稼働率分析，土木学会論文集B3（海洋開発），Vol. 68, No. 2, pp. I_1175-I_1180, 2012.
- 7) オーシャンコマース：国際輸送ハンドブック，2019年版，2018.
- 8) BDP International: Heavy fog affecting Shanghai port operations, News, April, 13, 2018.
- 9) Wallenius Wilhelmsen ASA: Dealing with disruptive weather in Shanghai, News & Insights, Features, September, 28, 2018.
- 10) 森本清二郎，坂本尚繁：船舶の燃費改善と船舶運航・性能管理システム，エネルギー・資源，Vol. 38, No. 6, pp. 49-53, 2017.
- 11) 赤倉康寛，佐々木友子，小野憲司，渡部富博：米国西岸港湾の労使交渉に伴う混乱の東アジア－米国間海上コンテナ輸送への影響による損失額試算，日本物流学会誌，Vol. 25, pp. 103-110, 2017.
- 12) King, M.: China congestion 'likely to affect other Asian ports', *Lloyd's List*, 02, May, 2017.
- 13) 岩崎幹平，安部智久：世界のコンテナ船動静及びコ

ンテナ貨物流動(2015), 国土技術政策総合研究所資料, No. 896, 2016.

World Bank Policy Research Working Paper, Vol. 3909, 2006.

- 14) 山本康太, 江本翔一: AIS データを用いた 2018 年台風 21 号時の大阪湾内船舶の避泊実態に関する分析, 国土技術政策総合研究所資料, No. 1052, 2018.
- 15) Djankov, S., Freund, C. and Pham, C. S.: Trading on time,

(Received September 17, 2019)
(Accepted December 26, 2019)

GRASPING OF PUNCTUALITY AND ANALYSING OF CAUSES OF DELAY OF EAST-WEST CONTAINER TRUNK LINES

Yasuhiro AKAKURA

The delays of container services, which are the cornerstones of global supply chains, have increased substantially. The punctuality rates declined to around 2/3 in minimum in 2018, and those of east-west trunk line probably less. Based on the background, this study grasped the punctualities of major container services in detail and analyzed the causes of delays. As a result, it was revealed that the average punctuality rate of east-west trunk lines was below 70%, and a little less than 80% of these delays were originated at ports in China, Europe and North America. The delays mostly occurred before berthing at Chinese ports. At Europe and North America, there were ports whose delays occurred mainly during berthing and ports whose delays occurred both before/during berthing.