

コンテナ・ターミナルにおけるゲート混雑対策の効果的な運用に関する考察

—世界のゲート混雑対策の運用面から見た課題とその改善方策—

国内外のコンテナ・ターミナルにおいて陸側のゲート混雑が大きな課題になっている。この緩和のためのアクセス交通ネットワークの増強は、巨額の投資と長期間を要する。このため、各ターミナルでは即効性のある混雑対策として、ピーク時に集中するトレーラー交通量の制御に取り組みつつあるが、混雑対策を効果的に運用する仕組みは確立されていない。本稿では、国内外の事前予約制やゲート運営時間拡大などのゲート混雑対策の事例を整理した。また、我が国と米国、豪州のゲート混雑対策の運用事例を、社会的ジレンマの解決方法を基に分析し、トレーラー運転手の行動変容を促すことが、これらの混雑対策を効果的に運用する重要な要素であることを指摘した。

キーワード | コンテナ・ターミナル, ゲート混雑, 社会的ジレンマ, トレーラー運転手

<p>元野一生 MOTONO, Ichio</p>	<p>博(工) 国土交通省四国地方整備局次長 前 京都大学経営管理大学院特命准教授</p>
<p>古市正彦 FURUICHI, Masahiko</p>	<p>博(工) 京都大学経営管理大学院特定教授</p>
<p>瀬木俊輔 SEGI, Shunsuke</p>	<p>博(工) 京都大学大学院工学研究科都市社会工学専攻助教</p>

1—はじめに

世界的規模でサプライチェーンが急速に展開するなか、海上輸送の分野でも輸送費用の低減と輸送時間の短縮、さらには確実な輸送サービスが求められている。このうち輸送時間の短縮については、海上輸送やコンテナ・ターミナル（以下「ターミナル」と略す）での荷役に要する時間が従来では最大の関心事であったが、近年、コンテナ・トレーラー（以下「トレーラー」と略す）のターミナルへの入出構に深刻な混雑が発生し、その遅延が世界的な関心事になってきている。

港湾の競争力は、背後圏との接続性に強く影響される。Aronietis *et al.*は、欧州のHamburg港からLe Havre港の間に位置するコンテナ港湾群を利用する11の主要船社へのインタビューにより、船社からみた港湾の競争力を調査した。その結果、背後圏との接続性（Hinterland connections）が、輸送費用に次ぐ判断基準となっていることが明らかになった¹⁾。また、Wan *et al.*は、米国の主要な11のコンテナ港湾を対象にアクセス道路混雑が船社の港湾選択に影響する度合いを統計的に解析した結果、船社は、遅延の発生するアクセス道路環境にある港湾より他の競合港湾を 선호する傾向があることを示している²⁾。

投入コンテナ船の大型化もゲート混雑を招く要因となっている^{3), 4)}。OECD/ITFによると、極東～欧州ルートのような長距離航路に近年投入されているコンテナ船の積載容量は20,000TEU^{注1)}に達するようになってきている³⁾。このように

積載容量の大きい超大型コンテナ船の投入は、一回の寄港でより多くのコンテナの荷卸し・荷揚げが行われることになり、これがターミナルでの一日当たり取扱量のピークを増大させ、ゲート混雑を助長している。その結果、ピーク交通量がゲート能力を超えた場合には、コンテナ船が入港前に洋上待機することにもなり、その時間ロスを取り戻してスケジュール通りの運航を維持するため、次の寄港地に向けて航行速度を速めることが燃料消費増に繋がる。そして、結果的に船社や荷主に追加費用が押し掛かることになる。さらに、コンテナ船の超大型化により長距離航路に投入されていた従来の大型船は中距離航路へ、中距離航路へ投入されていた中型船は近海航路へと、連鎖的に配船される現象（カスケード現象）が見られる。Furuichi and Shibasakiは、このカスケード現象により、取扱量の多寡にかかわらず多くのターミナルではピーク時荷役量の増加を引き起こし、ひいては、ターミナルのゲート混雑を誘発していると分析している⁴⁾。

こうした世界的なコンテナ取扱量の増加に伴うコンテナ船の超大型化に対応し、港湾管理者やターミナル・オペレーターなど関係者はターミナルのゲート混雑改善のため、アクセス道路ネットワークや新規のターミナルの建設のほか、ピーク時間帯に集中するトレーラー交通量の制御や、ゲート処理能力の向上などの工夫によるゲート混雑対策を講じている。しかし、このようなゲート混雑対策を効果的に運用する仕組みについては、港湾間、ターミナル間を超えて議論されることは極めて少なかった。

本稿では、ゲート混雑対策の運用について、一般化した議論を行うため、ゲート混雑問題を「社会的なジレンマ^{注2)}」として捉え、社会的ジレンマの枠組みで分析し、ゲート混雑対策の効果的な運用方法を提案するものである。このため、第2章では文献調査により国内外のゲート混雑について講じられている対策を整理する。第3章ではゲート混雑問題を社会的ジレンマとして捉え、社会的ジレンマで用いられる解決方法を、ゲート混雑問題へ適用する方法を検討する。第4章では名古屋港、博多港、米国Los Angeles・Long Beach港（以下「LA/LB港」と略す）、豪州Botany港でのゲート混雑に対する取り組み事例を社会的ジレンマの解決方法に基づき再評価し、社会的ジレンマ理論の適用可能性を確認する。最後に、これらのゲート混雑対策の適用に当たっての課題を整理するとともに、ゲート混雑に苦しんでいる世界中のコンテナ港湾に対する示唆をまとめる。

2——文献調査によるゲート混雑対策事例の整理

2.1 待ち行列理論のゲート利用率とゲート混雑対策

ここでは、ターミナルのゲート混雑とは、トレーラーが目的地とするターミナル・ゲートの前やゲートに直結するアクセス道路上において待機をしている状態と定義する。ターミナルのゲート混雑を、待ち行列理論に基づくゲートの利用率⁵⁾で説明する。ゲートの処理の能力(分母: $s\mu$)とトレーラーの到着率(λ)がゲート混雑を規定するパラメーターである。ゲートの利用率(ρ)が1.0を超えると混雑が発生することになる。

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

ρ :ゲートの利用率

λ :ゲートへのトレーラー到着率[時間当たりトレーラー到着台数](台/時間)

s :ゲートのレーン数

μ :レーン当たりのサービス率[時間当たりゲート処理台数](台/時間)

これまで国内外で講じられてきたゲート混雑対策をゲート利用率の式に沿って順次説明する。

(1) 第一の対策は、時間当たりトレーラー到着台数(分子: λ)を制御することである。これには3つの方策があり、①On Dockでの鉄道への引き込みや内陸水運にモーダル・シフトさせることやターミナルを新設し利用ターミナルを移動させることで、ゲートへの時間当たりトレーラー到着台数を減少させること、②ターミナル予約システムを導入し時間当たりトレーラー到着台数を制御することや、③ゲート運営時間の拡大による時間当たりトレ-

ラー到着台数を分散させることである。

(2) 第二の対策は、ゲートのレーン数(分母: s)を増やすことによりゲート処理能力を増強することである。

(3) 第三の対策は、レーン当たりのゲート処理能力(分母: μ)を向上させる方法である。これには2つの方策があり、①IT化によりゲート処理時間を短縮すること、②到着するトレーラーの一部に含まれている書類不備車を除去し、書類不備車に要するゲート処理時間を短縮することである。

また、これらの方策を併用して相乗効果を上げることも期待できる。

2.2 モーダル・シフト等による時間当たりトレーラー到着台数の減少

まず、第一の対策の①の方策は、On Dockでの鉄道への引き込みや内陸水運にモーダル・シフトさせることやターミナルを新設し、利用者の利用ターミナルを移動させることでゲートに到着する時間当たりトレーラー交通量を減らすことである。この考え方により採られた具体的な計画を見てみよう。

米国では、Los Angeles市とLong Beach市はLA/LB港から大陸横断鉄道のターミナルまでを繋ぐ全長32キロの貨物専用鉄道線をLA/LB港から市街地を抜ける道路渋滞区間に並行して整備した⁶⁾。これは、Alameda Corridorと呼ばれ、1982年の調査開始以来20年の工事期間、総工費24億ドル(約2,860億円^{注3)})を要したプロジェクトである。2002年の供用後は道路交通の渋滞緩和に貢献し、2015年では一日当たり43本の列車運行により12,513TEUのコンテナを扱っている。

オランダでは、Rotterdam港からドイツ西部のEmmerichを結ぶ全長160キロの貨物専用鉄道線Betuwe Line^{7), 8)}を2007年に供用開始し、港湾ゲートやアクセス道路の混雑改善に貢献している。このプロジェクトは、1995年のオランダ国会承認後2007年の供用まで13年の工事期間と総工費47億ユーロ(約6,020億円^{注3)})を要している。さらに、Rotterdam港では、トレーラー交通の都市中心部への流入を抑えるため、トレーラーから鉄道やバジによる内陸水運への転換を促す優遇措置をターミナル・オペレーターが講じている⁹⁾。

また、日本では、ターミナルの新設により到着するトレーラー交通の地理的分散を図っている。東京港では、増大するコンテナ貨物量への抜本的な対応と都心交通への負荷の地理的分散を同時に達成するため、中央防波堤沖側の埋立地にターミナルを建設している^{注4)}。2017年供用予定のターミナルの整備には、11年の期間と約1,130億円の費用が見込まれる。環状道路等に繋がるアクセス道路は2012

年に開通しているが、20年以上の歳月と約2,640億円を要した。

以上のように、アクセス交通ネットワークの整備や都市中心部から離れた場所でのターミナルの新設は、トレーラー交通の市街地への流入による都市交通への負荷を緩和する効果は期待できるが、長期間にわたる巨額の投資が必要であり、それまでの短期・中期の対策としては採用し難いという特徴がある。また、バージによる内陸水運は、運河や河川の内陸水路が利用可能な港湾に限定される方策であり、全ての港湾で適用可能という訳ではない。

2.3 ターミナル予約システム (Terminal Appointment System:

TAS) による時間当たりトレーラー到着台数の制御

第一の対策の②の方策は、ターミナルへ入構するトレーラーの時間毎の台数を事前に割り当て、ピーク時間帯のトレーラー交通量を制御するターミナル予約システム (TAS)^{注5)}を導入することである。

2003年7月、米国カリフォルニア州でユニークな州法 AB2650が発効した^{10) -12)}。同法は、排気ガス削減のため、TASの導入かゲート運営時間の拡大のいずれかをターミナルに対して求めた。予約したトレーラーにゲート前で30分以上のアイドリングが発生した場合は、アイドリング車両1台につき250ドルの罰則金がターミナルに課せられた。ゲート運営時間の拡大をしたターミナルでは、罰則金は適用されない。同州大気環境監視局^{注6)}が同法の順守を監視し、Los Angeles港 (年間取扱量816万TEU: 2015年)、Long Beach港 (年間取扱量719万TEU: 2015年)、Oakland港 (年間取扱量239万TEU: 2014年) が同法の対象となった。

Giuliano *et al.*¹¹⁾の調査によると、LA/LB港では13のターミナル^{注7)}のうち9つで、それぞれ独自の手法によるTASを採用したが、結果として、トレーラーにTASの利用が広がらず、改善に繋がらなかった。その理由は3つあり、①独自の手法のTASのため汎用性がなかったこと、②TASを義務化しなかったこと、及び③優遇措置が一部に限られたことによる。

また、カナダのVancouver港 (年間取扱量291万TEU: 2014年、ターミナル数4) は、1999年に北米で初めてTASの導入を義務化した港湾である。港湾管理者であるPort Metro Vancouver (PMV) は、カナダ海事法により、トラック輸送事業免許にTASの順守を義務付けている。この結果、コンテナ年間取扱量が90万TEU (1999年) から180万TEU (2005年) へと急増しているものの、TAS導入前は3時間に及んだゲート待ち時間は30分以下に短縮した。しかし、その後のコンテナ取扱量の増加により、ゲート混雑が再燃した¹²⁾。これに対応するため、2013年10月からTurnaround Time^{注8)}が90分を超えた場合、PMVはターミナルに対して

50カナダドル/trip¹³⁾(約4,200円^{注3)})の支払いを義務付けた。また、その実行を確実にするため、個々のトレーラーの動きを追跡できるGPS端末をトラック事業者に配布した。その経費はPMVをはじめとした公的セクターが負担している。

英国のSouthampton港 (年間取扱量160万TEU: 2011年)のターミナルは、DP Worldが運営している^{14), 15)}。DP Worldが2006年に買収する前のターミナル・オペレーターであったSCTは、2003年にTASを導入したものの義務化しておらず不調に終わっている。その後、2005年にはSCTはTASを義務化した。2006年にはDP Worldに運営権が譲渡されたが、TASは引き継がれている。その際に、予約はコンテナ単位とし、ピーク時間帯 (4時から6時、14時から18時)の予約には1.16ポンド (約200円^{注3)})を課し、それ以外の時間帯は無料とした。そして、予約のすっぽかし (No-Show) には28.92ポンド (約4,920円^{注3)})が課される。予約の変更はトレーラー運転手の携帯電話からでき、ターミナルのゲート前には予約時間より早着したトレーラー向けの待機場所が用意され、予約はスロットに余裕があれば直前でも受け付けるなど、自由度の高いシステムとした。この結果、Turnaround Timeは平均30分となり、TASは効果を発揮した。英国運輸省 (Department for Transport) では、この取り組みを先駆的とし、2007年にFelixstowe港にも導入したほか、新規開発プロジェクトの実施前にはTASの導入によるゲート混雑改善を検討することを求めている¹⁶⁾。

豪州Botany港 (年間取扱量229万TEU: 2014年7月~15年6月、ターミナル数2) では、DP WorldとPatrickの2つのターミナル・オペレーターが、それぞれ1990年代にTASを導入した^{注9)}。それ以来、TASのメリットとその負の影響について意見が交わされてきた^{14), 15), 17), 18)}。2007年には、New South Wales (NSW) 州政府が現行の制度レビューをIndependent Pricing and Regulatory Tribunal (IPRT) に依頼した^{注10)}。IPRTの調査結果によると、ターミナル・オペレーターはターミナル運営の効率化のためのTASの重要性を強調したものの、トラック事業者、通関業者らはTASの負の影響を訴えた。例えば、ターミナル・オペレーターが、不透明なスロット配分を行っている、過酷な罰則金で自分たちの収益を上げている、などの指摘が挙がった。NSW州政府はIPRTの調査結果をもとに、港湾管理者であるSydney Ports Corporation (SPC) に具体的な調整を指示した。当初は関係者らによる自主的な解決を期待したが、2年間の交渉の末、調整は不調に終わった。このため、州政府は公定料金システム (Administered Price System) の導入を行うこととした¹⁸⁾。2011年2月から新たな枠組みの導入・運用が開始され、トラック事業者は、早着、遅延や

すっぽかしの際に、ターミナルに対して50ないし100豪州ドル(4,150~8,300円^{注3)})の罰則金を支払う。一方で、ターミナルは、Turnaround Timeが50分を超過した場合に、15分につき25豪州ドル(2,075円^{注3)})をトラック事業者に対して支払うものである。トレーラーにはRFIDタグ^{注11)}が搭載され、時間をモニターされるが、それらの経費は1TEU当たり10豪州ドル(830円^{注3)})のWharfageを課すことで賄うことにした。また、ターミナル近傍にトレーラーを50台収容できる専用待機場を設け、中にはシャワールームを用意し、軽食も取れるよう福利厚生を充実した。これらの措置に対して、ターミナル・オペレーターはWharfageの導入に不満を表明したものの、Turnaround Timeの低下、トレーラーの到着の定時性の向上、ピーク時間帯のゲート混雑の減少などの効果を挙げ、他の関係者からは好評を得た。

以上の4つの事例から言えることは、TASの導入に当たっては、港内に複数のターミナルがある場合は、トレーラーがTASへ対応しやすいように全てのターミナルでTASの導入を図るべきであり、遅延やすっぽかしへの罰則を厳格に適用するためRFID等の導入によってトレーラーの動きを正確に捕捉できるようにし、また、トレーラーの到着遅延を防ぐために専用待機場の設置も考慮すべきである。

2.4 ゲート運営時間の拡大やオフピーク時間帯への誘導による時間当たりトレーラー交通量のピークの分散

第一の対策の③の方策は、ゲート運営時間(例えばLA/LB港の一般的なターミナルでは8時から17時)を拡大することでターミナルに到着する時間当たりトレーラー台数のピークを分散させることである。特に、トレーラー交通量をピーク時間帯から夜間や週末と言ったオフピーク時間帯へ何らかの形で誘導することによりピーク時間帯の交通量を減らすものである。Cao *et al.*は、New York and New Jersey港(以下「NY/NJ港」と略す)のPort Newark Container Terminalを事例に交通シミュレーションモデルを用いて、最も効果的な混雑対策は、ゲート運営時間の拡大によるオフピーク時間帯への需要の誘導であると、指摘している¹⁹⁾。一方で、Giuliano and O'Brienは、ゲート運営時間を拡大することは、昼間と異なる超過賃金の要求、作業時間の保証、ギャングの人数保証などが港湾労働者側から求められる可能性があることから、ターミナル・オペレーターは、港湾労働生産性(Longshore Labor Productivity)の観点から、従前の昼間のみでのゲート運営に留めたい傾向にあると、指摘している^{20), 21)}。

具体的な事例を見てみる。LA/LB港は、平日のピーク時間帯の搬出入トレーラーに対して50ドル/TEU(2006年4月時点)の交通緩和料金(Traffic Mitigation Fee: TMF)を課し²¹⁾、オフピーク時間帯や、Alameda Corridor(貨物専

用鉄道)の利用を促すPierPASSプログラムを2005年7月に導入した^{20) - 22)}。これにより、州法AB2650によるTAS導入は適用されないことになった。この課金制度では、荷主やその代理店が支払い者になり、トラック事業者や船社が対象としていない。さらに、ターミナルがゲート運営時間を拡大して運営することで、ターミナル側に昼間と異なる超過賃金などの追加的な費用が発生するが、これに対してはTMFを財源にその支払いを行うとしている。LA/LB港では、PierPASSプログラムの導入により平日の昼間のトレーラー到着台数を全到着台数の90%から66%に減少させることに成功した。一方、2005年7月から2006年9月の観測データによると、この間に取り扱われた1週当たりコンテナ貨物量のオフピーク時間帯シェアは、2005年7月の37.5%から2006年9月には42.0%に増加している²⁰⁾。このような分析結果から、このプログラムはトラック事業者からも高い評価を得ている。

他方、NY/NJ港(年間取扱量577万TEU: 2014年)のMaher Terminal及びPort Newark Container Terminalも同様の取り組みを行ったが、Maher Terminalでは昼間交通量のわずか7%がオフピーク時間帯に移動したに過ぎなかった²³⁾。この理由として、同港では、輸入コンテナ貨物の目的地がターミナルに比較的近いため、夜間にコンテナを引き取りしても、目的地に深夜に届けることになり、ジャスト・イン・タイムのサービスを重視する荷主にとっては現実的でないことが原因と考えられている。

以上のことから、ゲート運営時間の拡大は、シミュレーション上からはピークの分散効果は明らかであるものの、ゲート時間拡大による夜間作業の料金増を負担しなければならないことや、コンテナの横持ちの距離が短い場合は、倉庫や荷主が夜間の作業を行うことになる影響なども考慮する必要がある。

2.5 ゲートのレーン数の追加によるゲート処理能力の向上

第二の対策は、ゲートのレーン数を追加することで、ゲートの処理能力を向上させることである。しかし、入構する時間当たりトレーラー交通量に対してレーン数を時間毎に柔軟に追加や削減する事例は調査した範囲では無かった。こうしたターミナルでは、ピーク時間のトレーラー交通量にあわせて、一日のレーン数を固定することになり、ゲート能力を十分に活用できないことになる。Guan and Liuは、NY/NJ港を例に、ゲート運営費用(レーン数と、そこに配置される検査員数とその時間単価に代表される)と、ゲート混雑により発生するトレーラーの時間費用とは、トレードオフの関係にあるが、この総費用の最適化をシミュレーションにより求めている。一方で、レーン数の柔軟な変更が困難なターミナルでは、ゲート混雑の発生限界に相当

する時間当たりのトレーラー入構台数が設定できるTASの導入が現実的な解決策であると指摘している²⁴⁾。

以上のことから、時間当たりトレーラー到着台数に応じてゲートのレーン数を機動的に増減することが望ましいが、検査員数の機動的な配置対応が困難な場合はTASが有効な対策であると考えられる。

2.6 IT化によるゲート処理時間の短縮

ゲートでは、構内に進入するトレーラーが持参する書類やコンテナの照合確認が行われる。ターミナルのゲート処理時間(1/μ)については公表されたものは限られているが、著者らが文献調査で把握した範囲では、表一に示すように、トレーラー1台当たりの平均ゲート処理時間は最大で225秒、最小で14.9秒と開差が大きい。ゲート処理手続きのIT化には、書類のEDI化、コンテナ・トレーラー情報などの入構に関する諸情報の電子化、ゲートでのトレーラーやコンテナの自動認識などがあり、これらによって、ゲート処理時間(1/μ)を短縮できる可能性がある。このため、第三の対策の①の方策は、ゲート処理手続きのIT化により、迅速なゲート処理を実現することである。IT化については、Port Community Systemとして各国の港湾運営の実情に応じた取り組みが進んでいる²⁸⁾。

個別のターミナルとしてIT化による混雑改善に成功し、またヤード内の効率化を図った事例としてLA港のTraPacターミナルがある。ここではTASの導入が不首尾に終わったため、ヤード及びゲート処理の効率化に注力し、ヤード方式をOn-Chassis方式^{注12)}からGPS^{注13)}、OCR^{注14)}、RFIDの先端技術を導入したRTG方式^{注15)}に変更したこと、それに加えて、OCR、RFIDに対応した自動化ゲートを導入した結果、トレーラーの一日当たりのゲート通行台数が1,500～1,800台(moves/day)程度であったものを7,500台まで増加させた。これにより、最大6時間かかっていたゲート待ち時間を平均10分程度に短縮することに成功した。なお、ゲート処理時間は確認できていない。

また、Savannah港(年間取扱量367万TEU: 2015年、ターミナル数1)は9バースあり、ジョージア港湾局が一元的に

運営している。同港のターミナルを対象にIT化に取り組んだ同港湾局は、コンテナの出入構情報を24時間リアルタイムで提供することによって、ターミナルのゲート待ち時間を含めたターミナルでの処理時間を30%短縮し、ゲート混雑の緩和に成功している²⁹⁾。また、LA/LB港でもPierPASSプログラムは、ITシステム(CCTVカメラ^{注16)}、OCRやRFID)との併用が効果的であったと報告されている¹²⁾。なお、ゲート処理時間は確認できていない。

我が国では、全国の主要港湾をカバーする情報システムであるColins(コンテナ物流情報サービス)が2010年に供用開始したところである。名古屋港や博多港では、Colinsに先立ち、IT化の取組を独自に進めてきた。名古屋港(年間取扱量257万TEU: 2014年、ターミナル数5)においては、全ターミナル共通の統一されたコンピューター・システム(NUTS^{注17)})の各ターミナルへの導入が、1999年に始まり2005年に完了している³⁰⁾、³¹⁾。名古屋港ではNUTS導入により、ターミナル内において港運各社が縦割りで行っていた荷役作業を共同化することができた。また一つのターミナルにとどまらず、複数のターミナルでの荷役作業を共同化することができ、ターミナルの荷役効率を高めている。コンテナ搬入の際には、トレーラー運転手が持参するコンテナ搬入票とNUTSによって提供されるコンテナ単位の情報照合確認ができるようになった。また、トレーラーが搬出コンテナを引き取る際にトレーラー運転手は3種類の書類(搬出指示書/荷渡し指図書/輸入許可承認書)を持参しなければならなかったが、NUTS導入後は一つの書類(Dispatch Order)に一本化されたことや、その後トレーラーにRFIDの搭載が推奨されたことにより、ゲート処理時間を著しく短縮している。

博多港(年間取扱量86万TEU: 2014年、ターミナル数2)では、コンテナ搬出入情報の統合システムHiTS(Hakata Port Logistics IT System)を2000年に導入した²⁵⁾。このシステムによって、輸入コンテナのターミナルからの最新の搬出情報(搬出の可否等)とアクセス道路の混雑情報がトラック事業者や個々のトレーラー運転手に情報開示されている。ゲートブースにタッチパネルを導入し、トレーラー運転手にIDカードを携帯させることで、ゲートでの手続き時間の迅速化を図った。コンテナ搬入の際には、事前登録情報としてBooking No、トラクターヘッド番号、搬入予定日、コンテナサイズ、シール番号、コンテナ重量、通関の有無、オーバーディメンジョン情報などがあり、これらをゲート入構前までにHiTSに入力することが義務付けられている。トレーラーの入構に際して、トレーラー運転手は持参したIDカードをゲートブースに設置されたカードリーダーに挿入し、タッチパネル上に表示されるゲート入構目的を選択する。ゲート検査員は、事前に登録されたコンテナ番号、シー

■表一 ターミナルにおけるゲート処理時間(1/μ)

ターミナル名	ゲート処理時間(秒)
博多港ICターミナル(HiTS導入後) ²⁵⁾	53.2
名古屋港TCBターミナル(集中管理ゲート導入前) ²⁵⁾	158.4
名古屋港TCBターミナル(集中管理ゲート導入後) ²⁵⁾	14.9
横浜港本牧ふ頭BCターミナル(コンテナ搬入時) ²⁶⁾	120.0
国内A港Aターミナル(コンテナ搬入時) ²⁷⁾	225.0
New York/New Jersey港Bターミナル(入構) ²⁴⁾	146.4

注: 博多港は、輸出コンテナ(実入、空)を搬入、または輸入コンテナ(実入、空)の搬出のために入構しようとするトレーラーのゲート処理時間の平均値。名古屋港は、輸出コンテナ(実入)を搬入するトレーラーのゲート処理時間の平均値である。

出典: 参考文献番号²⁴⁾ - ²⁷⁾を基に著者らが整理したもの

ル番号をハンディ端末によりペーパーレスで照合確認できることになった。このシステムによって、博多港のゲート処理時間は例えばICターミナルで53.2秒と、名古屋港の集中管理ゲート導入前、国内A港、横浜港、NY/NJ港と比較しても著しい短縮に成功した。

2.7 書類不備車両の排除によるゲート処理能力の向上

第三の対策の②の方策は、ターミナルに到着するトレーラーが持参する書類情報を適正化させ、書類不備車両を排除することで、結果としてゲート処理能力を向上させ、ゲート処理容量を増強することである。和田・土田は「名古屋港飛島ふ頭の集中管理ゲートに到着するトレーラーの約13%は書類不備車両」³¹⁾と、Motono *et al.*は「インドChennai港で輸入コンテナを引き取りに来たトレーラーの約半数は書類不備車両」²⁵⁾と、米国交通輸送調査委員会(Transportation Research Board: TRB)は「米国での現地観測結果から、入構するトレーラーのうち約5%が書類不備車両」³²⁾とそれぞれ報告している。Gilfillanも「Botany港ターミナルでも正確な書類を携帯しないと輸入コンテナを引き取ることができず、それがターミナル運営上支障であること」を指摘している¹⁷⁾。いずれも、書類不備車両がゲート混雑の一要因である可能性を指摘している。

こうしたなか、Motono *et al.*は、名古屋港及び博多港の実態観測結果を基に、名古屋港で12.7%の書類不備車両が混在していること、また、それによりゲート処理時間が長くなり、ゲート処理能力を著しく悪化させていることを数値解析により実証している³³⁾。また、博多港においてHiTS導入前は、約10%のトレーラー運転手が携帯する書類の誤りやコンテナ貨物が未通関であることに気付かないまま渋滞したアクセス道路を長時間掛けてゲートに到着し、ゲート入構を拒否されると納得できずに抵抗してゲート窓口を塞いでしまうなどの混雑を助長する現象が確認されていた。こうした状況に対して、博多港では、HiTS導入によりコンテナ情報などの事前登録が義務化されたことで、書類不備車両が事実上排除された。名古屋港では、2011年4月にゲート入構の前段階でトレーラーが携行する書類やコンテナを照合確認する集中管理ゲートを飛島ふ頭に設置した。これにより、書類不備のまま集中管理ゲートに到着したトレーラーはその退避場所において書類を整えたうえで、個別ターミナルのゲートに向かうこととなった。例えばTCBターミナルのゲート処理時間は、集中管理ゲート導入前の158.4秒から導入後は14.9秒と短縮されゲート混雑は大幅に縮小された。つまりコンテナ関連情報の一元化や事前登録制度によるゲート処理時間の短縮、書類不備車両の排除がゲート処理能力を著しく向上させたのである。

2.8 まとめ

以上の文献調査を基に、TASの導入、ゲート運営時間の拡大、IT技術の導入や書類不備車両の除去など、待ち行列理論に基づいたゲート混雑対策の導入実態を整理した。これらのゲート混雑対策は、個々のトレーラー運転手をはじめとする関係者が、その対策の意味を正確に認識し、全体から見た合理的な行動を取ることが前提となっているが、全ての関係者が必ずしも合理的な行動を取っていない事例も見受けられた。例えば、LA/LB港では、TASの導入を試みたが、ターミナル・オペレーターが協力した取り組みを行えなかったため導入は失敗している。また豪州Botany港では、トレーラー運転手への片務的な課金制度がトレーラー運転手の反発を招いた。また博多港や名古屋港では書類不備車両の存在がゲート処理時間を長引かせていることが判明した。

次に、個々のトレーラー運転手をはじめ全ての関係者が合理的な行動を取るような仕組みをどのように用意すべきか考察する。

3——ゲート混雑対策の効果的な運用に向けた社会的ジレンマ理論の適用

3.1 原因者とその影響度合いの特定が困難なゲート混雑問題

ゲート混雑には多くの関係者がおり、また原因者とその影響度合いを特定し難いため、解決の責任者も特定し難い(例えば、Giuliano and O'Brien²⁰⁾, Lubulwa *et al.*³⁴⁾, Merk and Notteboom³⁵⁾など)。代表的な関係者のゲート混雑問題についての関わりは次のとおりである。

ターミナル・オペレーターは、効率的なターミナル運営により利益の最大化を図るため、収益の過半を占める岸壁でのコンテナ本船荷役の効率化に関しては熱心であるものの、料金徴収のない陸側ゲートの効率化やその外側に並んでいるトレーラー交通の円滑化に関しては熱心とは言えない傾向にある。また、ゲート混雑の原因は、アクセス道路の容量不足や一般市街地交通との輻輳など、ターミナル・オペレーター自身だけでは対処できないものも多い。

コンテナの搬出入を行うトラック事業者は、コンテナの輸送毎にサービスの対価として料金を受け取ることから、輸送が滞ると業務が完遂できず収入が見込めなくなり、ゲート混雑による影響を直接的に被る。しかし、荷主からは輸送を請け負う立場であることに加えて、個人や中小の事業者が多く、組織としての発言力も弱いため、ターミナルへ強い主張はし難い傾向にある。

荷主やフォワーダーは、低廉でスピーディかつ正確なコンテナ輸送を行える港湾、ターミナルを選択する傾向にある。利用しているターミナルに不満があれば、ターミナルを変

更するという行動に出ることもできる。したがって、問題のある港湾やターミナルの当事者の立場を離れることも可能である。

また、コンテナ取扱量の多い港湾では、複数のターミナルはそれぞれ独立した運営を行い、お互いに競争関係にある。港湾も近隣港とは顧客獲得をめぐる競争関係にある。それ故に、港湾間、ターミナル間での利害が明らかに一致する場合を除いて、協力行動を取る環境にはない。港湾管理者は、港湾内の利用者便益の向上に繋がる事柄に関しては、利害関係者間の調整を主体的に図る立場にある。しかしながら、港湾と隣接する都市部とのアクセス交通ネットワーク（道路、鉄道、内陸水路など）の整備をするにしても、用地や財源の確保が困難であるなど、当事者として十分なイニシアティブを発揮できていないわけではない。

このように、ゲート混雑問題は、それぞれの主体にとって外部不経済に属することが多い。外部不経済の代表例でもある大気汚染対策を、カリフォルニア州の州法AB2650に基づいて環境部局がイニシアティブを執った例はあるが、一般的には、積極的な解決に向けてイニシアティブを執る主体が現われ難い構造になっていると考えられる。主体の問題は、各国やそれぞれの港湾の行政組織に係わるので一律的な記述はできないが、ゲート管理を行う者と港湾管理者あるいは当該港湾が属する地方公共団体とが共同して主体になるのが現実的な対応ではないかと著者らは考える。

次節以下で、その主体が関係者間の調整を行える仕組みを如何に構築すべきか、その構築方法について考察する。

3.2 社会的ジレンマ理論によるゲート混雑問題へのアプローチ

本稿が対象とするゲート混雑問題の場合、一般的に、問題の関係者（ここでは、トレーラー運転手やターミナル・オペレーターなどの関係者）が、個人の利益になる行動を取りがちであり、全体を見据えた協力行動を取り難いことが問題を悪化させると言われている。すなわち、こうした「社会的ジレンマ」が問題の解決を困難にしているのである^{36) - 39)}。

著者らは、この社会的ジレンマの考え方は、ゲート混雑対策の効果的な運用にも適用できるのではないかと考える。ゲート混雑対策が効果を発揮するためには、その対策が想定するルール通りに個々の関係者が行動を取ることが前提となる。例えば、コンテナ搬出可否の情報提供を行うシステムは、利用者が事前に情報の確認を行うことが前提となっている。情報の確認を行わない者が一定数以上いれば、システムは有効に機能しえない。TASの運用においても、予約が遵守されることが前提となっている。しか

し、対策が想定するルール通りに行動することは、必ずしも個人の利益に直結することではない。したがって、協力行動を促すような仕組み作りがゲート混雑対策の効果的な運用には求められ、その際に社会的ジレンマ理論に基づく分析は有用となりうる。

例えば、ある港の関係者がシステムの導入に合わせてその趣旨をトレーラー運転手に周知し、さらに、ルールに従わない者には入構を拒否することによって協力行動を促した結果、ゲート混雑対策の効果が発揮されるのに十分な数のトレーラー運転手が協力行動を取るようになり、システムが効果的に機能するのである。

3.3 社会的ジレンマの解決方法

社会的ジレンマの解決方法については、これまでも経済学や社会心理学の分野で広く議論されている。Dawes³⁶⁾、山岸^{37) - 39)}や藤井⁴⁰⁾、⁴¹⁾は、人々を協力的な行動を取るように変化させる要因には、外的な環境的要因と内的な心理的要因があることに着目し、次の二種類に区別している。

外的な環境要因を制御する考え方としては、協力行動を取る人には、褒美を与え協りに伴う利益を大きくし非協力行動を取る人より得な状況を作る。併せて、非協力行動を取る人には、罰を与えることによって、個人にとっても協力をを選択する方が非協力をを選択するより得であるという外的環境を用意する「構造的方略」である。一見単純な仕掛けに見えるが、罰するには誰かが監視する必要がある、その費用は誰かが負担しなければならないという問題が伴う。

そこで、この構造的方略の限界を克服するもう一つの考え方として、人々の内的な心理的要因に働きかけることで参加者の心理を協力行動に向かうように変えていく「心理的方略」がある。この心理的方略は、個人の行動を規定している信念、信頼、道徳心等の個人的な心理的要因に直接働きかけ、自発的な協力行動を誘発するものである。

4——ゲート混雑問題への社会的ジレンマ理論の適用可能性

以下に、分析に必要な資料の入手が可能であったLA/LB港、豪州Botany港、博多港及び名古屋港を対象に、ゲート混雑対策とその運用の成否について、社会的ジレンマ理論で言う構造的方略、心理的方略の観点から検証する。

4.1 LA/LB港のケース（ターミナル予約システムの導入とゲート運営時間の拡大）

4.1.1 ターミナル予約システム（TAS）の導入

Giuliano *et al.*は、LA/LB港のターミナルでのTAS導入効果の検証の結果、ゲート前の待ち時間やTurnaround

Timeに明確な短縮は見られなかったとしている¹¹⁾。州法 AB2650は、TASの導入かゲート運営時間の拡大のいずれかの採択をターミナルに求めたものであり、著者らはこれを構造的方略と捉える。TASを導入した場合、同一港湾内でそれぞれ異なるTASの予約規則やweb-basedのプログラムの利用が許容されており、各ターミナルは独自にこれに沿った対応を取った。その結果、トレーラー運転手は9つあるターミナル毎に、そのターミナルが採用している予約規則やシステムプログラムに基づいた対応を迫られた。また、ターミナル側は、待機トレーラーをゲート外で待機させると罰則金を取られるので、それを避けるためにトレーラーをゲート内で待機させたため、ゲート混雑の解消に繋がらなかった。さらに、少人数の監督官による渋滞監視では違反者の取り締まりが徹底されず違反の際の罰則金が厳格に課せられなかったため、ターミナル・オペレーターがTASの対応（協力行動）を取ろうとするインセンティブが働きにくい状況であった。

以上のことから、こうしたターミナル・オペレーターの非協力行動は、トレーラー運転手の協力行動への転換の期待を裏切るものであった。しかし同時にTASの導入を契機としてゲート処理自動化に向けた新技術の導入やヤード内の処理能力の向上の促進に寄与したことも事実である。

4.1.2 ゲート運営時間の拡大（PierPASSプログラムの導入）

LA/LB港のターミナル・オペレーターは、ピーク時間帯における搬入・搬出交通に対して交通緩和料金（TMF）を荷主やフォワーダーに課すPierPASSプログラムを2005年に導入した。著者らはこれを構造的方略であると捉える。このPierPASSプログラムは、TASの導入が不調に終わったことを契機に州議会において、コンテナ交通に対して課金する監督機関設立の動きがあったことから、それに対抗するためにターミナル・オペレーター自らが設計し導入したものである²²⁾。

このPierPASSプログラムでは、夜間及び週末にゲートをオープンすることでターミナル・オペレーターには追加的な費用が発生するが、これを補填する形でTMFがその支払いに充てられた。荷主らは、TMFを支払ってピーク時間帯（平日の午後3時から6時）に入構するか、逆にTMFを支払わないで夜間または週末に入構するかを選択することができた。また、トレーラー運転手は、TMFを支払っていない荷主のコンテナをピーク時間帯に入構させるような非協力行動は取らなかったし、ターミナルもTMFを支払っていないコンテナの入構は拒否できた。このように、TMFを支払わないでピーク時間帯に入構しようとするトレーラーは、ターミナルのゲートで厳格に拒否されることになり、2.4節に述べたように、LA/LB港の全てのターミナルが一斉にこのプ

ログラムに参加し、それを徹底したことでゲート混雑緩和に効果を挙げた。著者らはこれを心理的方略であると捉え、その結果、協力行動への誘導が確実なものとなったと考える。

4.2 豪州Botany港のケース（ターミナル予約システム（TAS）の導入）

豪州Botany港では、最初（1990年代）のTASの導入が不調に終わったことから、TASの料金や遅延、すっぽかしの際の罰則金（Fee charged late arrival and no-shows）を見直すことにした。港湾管理者であるSPCが主導し、トラック事業者（Road Transporter）等の利用者の意見を吸い上げ、利用者から見ても納得のいく対策を講じた。SPCは、トレーラー側の早着・遅延への罰則金に加え、ターミナル側にもヤード内作業の遅れに対して罰則金を課すことで、トレーラーとターミナル・オペレーターの双方に時間をかけるリスクを共有させた。また、監視の透明性を高めるため、トレーラーへのRFID搭載を義務化することにより、トレーラーの到着やヤード内作業の時間をモニターできるようになり、早着・遅延したトレーラーやヤード内作業に遅れを生じたターミナル・オペレーターへの罰則金が厳格に適用されるようにした。モニターする経費も、トレーラーに負担させないようにした。また、トレーラーの早着や遅延を調整するためターミナル近傍に専用待機場を整備した。著者らはこれらを構造的方略であると捉える。

また、前述のTASの料金や罰則金の設定にあたり利用者の意見を吸い上げたことを、著者らは心理的方略であると捉える。この結果、これらの措置はトレーラー運転手が協力行動を取ることへの信頼感を高めることになり、Turnaround Timeは、DP Worldターミナルの場合2010年の48.2分から2012年の30.0分へと大幅に改善された¹⁷⁾。

4.3 博多港のケース（コンテナ情報やトレーラー情報の共有と事前登録のためのITシステムの導入）

博多港ふ頭（株）は、2000年のHiTS導入に際し、全てのトレーラーに対してゲート入構前までにコンテナ情報及びトレーラー情報をHiTSに登録することを義務付けた。博多港に二つあるターミナルの全てのゲートは博多港ふ頭（株）が一元管理しているため、事前登録していない非協力行動者のトレーラーは入構できない。著者らはこれを構造的方略と捉える。

さらに、トレーラー運転手は、コンテナ情報やゲート前混雑情報をリアルタイムで入手できるようになったため、コンテナ引き取りが不可能な場合にゲート前の行列に並ぶことや、ゲート前が極端に混雑している場合にゲート前の行列に並ぶことを避けるようになった。このHiTS方式で

は、トレーラー運転手の中に協力行動者が増えてゲート混雑が劇的に軽減された結果、従来一日一回しか搬出入でできなかったコンテナ輸送を一日二回行えるようになり、トレーラー運転手は協力行動の成果を実感できるようになった。

博多港ふ頭(株)は、協力行動者をさらに増やすため、システム設計において利用者にとって使い易く簡素なものであることを目指し、提供される情報を保護するためコンテナの搬出入に関わるものに限定し、登録された事業者やトレーラー運転手のみ提供されるものとした。そして、システム構築の初期投資と運営費は、博多港ふ頭(株)と港湾管理者である福岡市が負担し、トラック事業者やトレーラー運転手から利用料は徴収しないこととした。

また、トラック事業者らの自主的なシステム利用を促すため、博多港ふ頭(株)はシステム利用のマニュアルの配布や、システム利用による便益は遍く利用者全員に行き渡ることを繰り返し関係者に説明した。著者らはこれを心理的方略と捉える。さらに、関係者の協力を得られた最大の要因は、同港のゲート混雑をそのまま放置しておく顧客を近隣のライバル港に奪われるという危機感を関係者間で共有できたことにある。

4.4 名古屋港のケース(貨物情報システムと集中管理ゲートの導入)

名古屋港は、2005年のNUTS導入によりゲート処理時間を短縮できたものの、依然としてゲート混雑に悩まされてきた。特に、飛島ふ頭には4つのターミナルがあり、一つのゲート混雑は他のターミナルへのトレーラーの出入りにも影響を与えていた。このため、名古屋港運協会、国土交通省と名古屋港管理組合は、ゲート入構の前段階でこれら4ターミナルに向かうトレーラー運転手が携行する書類やコンテナ情報を一元的に照合確認し、書類不備車両を排除する集中管理ゲートを2011年に設置した。つまり、個々のターミナルのゲートで行っていた従前の照合確認を、事前に集中管理ゲートで行い、個々のターミナルのゲートでの照合確認を省くことで飛島ふ頭全体の混雑改善を企図した。

この照合確認の情報は、NUTSを介して集中管理ゲートやターミナルに共有されることから、集中管理ゲートでの情報の照合確認がされていないトレーラーは、個々のターミナルのゲートに来て入構は許されず、集中管理ゲートに戻るよう指示されることが徹底された。著者らはこれを構造的方略であると捉える。

また、協力行動者を増やすため、集中管理ゲート設計の際にトレーラーの安全走行を確保しゲート誤進入を防げるよう利用者意見を反映させた。さらに、同ゲートは、ターミナル・オペレーターから派遣された職員によって共同で運営されているため、トレーラー運転手は無料で利用できる。

著者らはこれを心理的方略であると捉える。そして、名古屋港運協会への著者らのインタビュー(2014年3月)に対して「集中管理ゲートの供用は始まって間もないが、港湾管理者、陸運事業者、ターミナル・オペレーター、名古屋港運協会の間の信頼関係が醸成され、輸出コンテナを搬入するトレーラーは100パーセント集中管理ゲートを利用している」との回答を得ており²⁵⁾、その効果が確認されている。

4.5 まとめ

上記4つの港湾の事例分析を見ると、ターミナル・ゲートの管理主体や導入したゲート混雑対策の内容に違いはあるものの、ゲート混雑対策を有効に機能させるためには、社会的ジレンマ理論を前提とした仕組みを構築し、合理的な行動を取る協力行動者を増やすことが有効であることが確認できた。

LA/LB港で導入されたTASは、構造的方略を前提とした仕組みであったと考えられるが、ターミナル全体にトレーラー運転手の利用を促す統一的な仕組みが欠落していた。このため、ターミナル・オペレーター自身も参加意欲に乏しく、参加者への優先的な扱いなど参加者を増やしていくインセンティブも用意されてなかった。また、非協力行動者を罰する監視機能も弱かったことが失敗の要因として挙げられる。一方、PierPASSプログラムでは、この反省を踏まえて全てのターミナルが一致して取り組む体制を採ることができたこと、また、課金を漏れなく徴収したことで全体の不公平感を払拭できるような心理的方略を導入したことで、トレーラー運転手が納得して協力行動を取れるようになったことが成功の要因と考えられる。

豪州Botany港では、構造的方略として、罰則規定をトレーラー側のみでなくターミナル側にも求め、全体で効率化に取り組むという姿勢を示したことや、RFIDの導入により非協力行動者への罰則を厳格化できたことが重要であると考えられる。また、心理的方略として、TASの料金や罰則金の設定に利用者意見を反映したことにより、協力行動者が増えたと考えられる。

博多港では、構造的方略として、ゲート管理が博多港ふ頭(株)に一元化され、コンテナ情報などの事前登録の義務付けやゲート情報などの提供がHiTSにより有効に機能したと考える。また心理的方略として、システム設計をトレーラー運転手が容易に参加できるように配慮したことで協力行動者が増え、ゲート混雑の低減が図られたと考える。

名古屋港では、構造的方略として、飛島ふ頭の4つのターミナルに共通の集中管理ゲートを設けたことと、NUTSで照合確認情報を関係者で共有できたことで、利用者であるトレーラー運転手に対する統一的な対応を取れたことが重要であると考えられる。また心理的方略として、集中管理ゲ

トの設計段階からトレーラー運転手などの利用者の意見を反映してきたことや、集中管理ゲートの効果の説明を丁寧に行ってきたことにより、協力行動者を増やしていくことができたと考える。

5——おわりに

本稿では、ゲート混雑対策の取組状況を待ち行列理論に沿って整理分析したうえで、ゲート混雑対策の効果的な運用を、社会的ジレンマ理論で説明することを試みた。残された課題は以下のとおり。

5.1 ゲート混雑対策事例の整理

各港湾で採られているゲート混雑対策を待ち行列理論に基づくゲート利用率に沿って整理することができた。なお、ゲート混雑の一因には、今回、整理したゲート混雑対策のほかにヤード内の荷役効率もあると考えられるが、その分析には至らなかった。IT化によるゲート処理時間の短縮に関しても文献紹介にとどまった。また、本稿で紹介したゲート混雑対策では、予約のスロット枠設定の在り方、ゲート時間拡大の考え方、罰則金の設定方法などについても多くの試行錯誤がなされていたが、これらの分析については今後の研究が待たれるところである。

5.2 ゲート混雑問題の社会的ジレンマ理論への適用

文献調査による限られた事例分析ではあるが、トレーラー運転手やターミナル・オペレーターを協力行動できるよう誘導するには、構造的方略と心理的方略を組み合わせ、合理的な行動を取るよう促すことが有効であることが確認された。

しかし、トレーラー運転手の協力行動にトレーラー運転手自身がどこまで裁量の余地があるのか明確にできていない。トレーラー運転手のほか、トレーラー運転手が所属する企業への協力行動の働きかけも必要となる可能性もある。

また、ゲート混雑対策の導入の前後における利用者への意識調査や利用者の参加割合の変化などといった統計的な検証はできなかった。

さらに、失敗事例の分析については、国内外を含めて論文での紹介例が乏しく、今回もわずかにLA/LB港と豪州Botany港のケースが収集できたのみである。一方、国内に目を向けると東京港、大阪港ではゲート運営時間の拡大による混雑軽減策が試みられているが、その詳細な分析が待たれる。

最後に、社会的ジレンマ理論のもとに統計的手法を駆使した分析も、都市交通の混雑問題では取り組みがなさ

れつつある（例えば、福田他⁴²⁾）が、コンテナ物流については分析事例が乏しいことから、本稿を契機に、ゲート混雑に苦しむ多くの港湾で実証的な研究が進められることを期待したい。

謝辞: 本研究は、公益社団法人日本港湾協会、一般財団法人みなと総合研究財団及び一般財団法人国際臨海開発研究センターの助成を受けた研究成果の一部である。博多港ふ頭株式会社、名古屋港運協会、国土交通省中部地方整備局、東京都にデータの提供など研究支援を頂いた。京都大学藤井聡教授には社会的ジレンマ理論についてアドバイスを頂いた。さらに匿名の査読者より有益な指摘、示唆を頂いた。ここに記して全ての関係各位に感謝申し上げる次第である。

注

注1) TEU: Twenty-foot Equivalent Unit. 海上コンテナの単位で、20フィートコンテナ換算単位。

注2) 社会的ジレンマでは、①一人一人の人間が、「協力」か「非協力」のどちらかを選択できる状況にある。②このような状況で、一人一人の人間にとっては「協力」を選択するよりも「非協力」を選択する方が望ましい結果が得られる。③しかし、全員が自分にとって個人的に有利な「非協力」を選択した場合の結果は、全員が「協力」を選択した場合の結果よりも悪いものになる。(Dawes³⁶⁾, 山岸³⁸⁾)

注3) 各国の邦貨換算は、2016年1月24日現在。日本円に対し、ユーロ128円、豪州ドル83円、英国ポンド170円、カナダドル84円、米国ドル119円。

注4) 平成26年2月東京港総合渋滞対策を策定。抜本的な機能強化として中央防波堤外側のコンテナ・ターミナルの整備や既存ふ頭の再編等、また短期的な取組として早朝ゲートオープン、車両待機場の整備、違法駐車対策を講じることにしている。

注5) TAS: Terminal Appointment Systemは、Terminal Reservation Systemの略。Vehicle Booking System (VBS) とも称される。AB2650で定義されたTASは、トレーラーのターミナル入構の際の渋滞やidling時間をなくすことを目的に、時間帯毎に予約枠が設定され、先着順とする。予約していないトレーラーであっても、予約枠に空きがあれば入構は可能。予約をする時点について法律の定めはないが、LA/LBのターミナルでは24時間前と当日の場合があった(Giuliano *et al.*¹¹⁾)。

注6) サウスコースト大気質管理区とベイエリア大気質管理区 (Air Quality Management District)。同州によって設立された組織 (Agency) で全州の35の大気質管理区のうち二つが監視主体となった。

注7) 本稿でのターミナル数は、同一ターミナル・オペレーターが運営するものを1単位とする。

注8) Turnaround Timeは、一般的に、トレーラーに荷積みしてから、再度荷積みした場所に戻るまでの所要時間を指す。本稿では、トレーラーがターミナルに到着してから、荷卸し・荷積みなど行いターミナルを出構するまでの時間を指す。Truck Turn Timeとも称される。

注9) 豪州Botany港のDP Worldターミナルでは1990年代中期のP&O Portsが運営していた時期にTASが導入され、また、Patrickターミナルでは1999年にTASが導入された。

注10) 豪州のNSW州政府は、ゲート混雑対策をルール化するため、同州の公共料金裁定機関の Independent Pricing and Regulatory Tribunal (IPRT) にトレーラー側とターミナル・オペレーター側の調整を依頼した。IPRTの提言をもとに、州政府は港湾管理者であるSydney Ports CorporationによるTASの料金設定を決定した。IPRTは、水道、ガス、公共交通、タクシーなど公共料金を調査し、その後の料金価格を決定する。

注11) RFIDタグ: Radio Frequency Identifierの略。ID情報を埋め込んだRFIDタグから、電磁界や電波などを用いた近距離の無線通信によって情報をやりとりするもの。

注12) On-Chassis 方式: コンテナ蔵置エリアにおいてコンテナの段積み保管及

び払出し作業を行う方式の一つ。オンシャーン方式は、船からシャーンの上
に降ろされたコンテナをトラクタによりコンテナヤードに運び、シャーンに乗せた
ままで保管。

注13) GPS: Global Positioning Systemの略。全地球測位システム。

注14) OCR: Optical Character Recognitionの略。光学文字認識装置。

注15) RTG : Rubber Tired Gantry Crane (タイヤ式門型トランスファークレーン)
の略。コンテナ設置エリアにおいてコンテナの段積み保管及び払出し作業を行
う荷役機械。無軌道路面を走行するRTGのほか、軌道面上を走行するレール
マウント式 (Rail Mounted Gantry Crane) がある。

注16) CCTV: Closed-Circuit Televisionの略。閉回路テレビ、特定の建物や施設
内での有線テレビ。

注17) NUTS: Nagoya United Terminal Systemの略。コンテナ在庫管理、保税
管理、本船情報管理、ゲート管理、EDI他コンテナ・ターミナルにおける基本情
報を統合管理するシステム。NUTS導入より、ターミナル内において港運各社
が縦割りで行っていた荷役作業を共同化することができた。また一つのターミ
ナルにとどまらず、複数のターミナルでの荷役作業の共同化も可能とし、ターミ
ナルの荷役効率を高めている。

参考文献

- 1) Aronietis, R., Markianidou, P., Meersman, H., Pauwels, T., Pirenne, M., Van de Voorde, E., Vanellander, T. and Verhetsel, A. [2010], "Some Effect of Hinterland Infrastructure Pricing on Port Competitiveness: Case of Antwerp", 12th WCTR, Lisbon, Portugal.
- 2) Wan, Y., Zhang, A. and Yuen, A. [2013], "Urban road congestion, capacity expansion and port competition: empirical analysis of US container ports", *Maritime Policy & Management*, Vol.40, No.5, pp.417-438.
- 3) OECD/ITF [2015], "The Impact of Mega-Ships", OECD.
- 4) Furuichi, M. and Shibasaki, R. [2015], "Cascade strategy of container terminals to maximize their quantitative and qualitative capacity", Proceedings of IAME 2015 Conference, Kuala Lumpur, Malaysia.
- 5) 例えば、北岡正敏 [2010], 『待ち行列理論入門』, 日本理工出版会。
- 6) Alameda Corridor Transportation Authority [2016], "History", (online), <http://www.acta.org/about/history.asp>, 2016/6/5.
- 7) Innovation and Networks Executive Agency, EU [2016], "Priority Project 5", (online), <https://ec.europa.eu/inea/en/ten-t/ten-t-projects/projects-by-priority-project/priority-project-5>, 2016/6/5.
- 8) Koeste, M. and Rouwendal, J. [2010], "Rail investment and port competition: a case study for the Betuweroute", *European Transport/Trasporti Europei*, n.44 (2010), pp.57-75.
- 9) van Asperen, E., Borgman, B. and Dekker, R. [2012], "Modal Shift and Container Stacking Efficiency", IAME 2012 Conference, Taiwan.
- 10) California State Government [2003], "Assembly Bill 2650", (online), http://www.leginfo.ca.gov/pub/01-02/bill/asm/ab_2601-2650/ab_2650_bill_20020930_chaptered.html, 2016/6/5.
- 11) Giuliano, G., Hayden, S., Dell'aquila, P. and O'Brien, T. [2008], "Evaluation of terminal gate appointment system at the Los Angeles/Long Beach Ports", METRANS Project 04-06.
- 12) Morais, P. and Lord, E. [2006], "Terminal Appointment Systems Study", Transportation Development Centre of Transport Canada.
- 13) Government of Canada. [2014], "Recommendation Report - British Columbia Lower Mainland Ports", (online), <https://www.tc.gc.ca/eng/policy/acf-acfp-menu-3138.html>, 2016/6/5.
- 14) Davies, P. [2013], "Container terminal reservation systems design and performance", Annual METRANS International Urban Freight Conference, (online), <http://dtci.ca/research-2/>, 2016/6/5.
- 15) Davies, P. [2009], "Container terminal reservation systems", Annual METRANS International Urban Freight Conference, (online), <http://dtci.ca/research-2/>, 2016/6/5.
- 16) Department for Transport, UK. [2012], "National Policy Statement for Port".
- 17) Gilfillan, G. [2013], "Improving Port Efficiency-The PBLIS Story", IAPH2013, Los Angeles.
- 18) Cox, J., Mahoney, D. and Smart, M. [2009], "Port Botany's Landside: Market Pricing to Address Congestion", *Economic Papers*, Vol.28, No.1, March 2009, pp.49-55.

- 19) Cao, M., Golias, M. and Karafa, J. [2013], "Evaluation of the effects of gate strategies in drayage related emissions", National Center for Freight & Infrastructure Research & Education, University of Wisconsin-Madison.
- 20) Giuliano, G. and O'Brien, T. [2008], "Extended gate operations at the ports of Los Angeles and Long Beach: a preliminary assessment", *Maritime Policy & Management*, Vol.35, No.2, pp.215-235.
- 21) Giuliano, G. and O'Brien, T. [2008], "Evaluation of extended gate operations at the ports of Los Angeles and Long Beach", METRANS Project 05-12.
- 22) PierPASS [2016], "The history of PierPASS", (online), <https://www.pierpass-tmf.org/Documents/PierPASSHistory.pdf>, 2016/6/5.
- 23) Spasovic, N., Dimitrijevic, B. and Rowinski, J. [2009], "Extended hours of operation at the port facilities in New Jersey: A feasibility analysis", New Jersey Institute of Technology.
- 24) Guan, C. and Liu, R. [2009], "Container terminal gate appointment system optimization", *Maritime Economics & Logistics*, Vol.11, No.4, pp.378-398.
- 25) Motono, I., Furuichi, M., Kimoto, H. and Suzuki, S. [2014], "A New Concept of Off-Dock Container Traffic Control for Heavily Congested Ports", The Fifth International Conference on Transportation and Logistics (T-LOG).
- 26) 里村大樹・水谷雅裕・鈴木武 [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", 「国土技術政策総合研究所資料」, No.797.
- 27) 里村大樹・水谷雅裕・鈴木武 [2015], "コンテナターミナルにおける保安検査の影響とゲート通過の円滑性確保に関する研究", 「国土技術政策総合研究所資料」, No.853.
- 28) Aydogdu, Y. V. and Aksoy, S. [2015], "A study on quantitative benefits of port community systems", *Maritime Policy & Management*, Vol.42, No.1, pp.1-10.
- 29) Maguire, A., Ivey, S., Lipinski, M.E. and Golias, M.M. [2010], "Relieving Congestion at Intermodal Marine Container Terminals: Review of Tactical/Operational Strategies", 51st Annual Transportation Research Forum, Arlington, Virginia.
- 30) 鈴木聡 [2012], "名古屋港コンテナターミナル「飛島ふ頭集中管理ゲート」運用・効果検証開始", 「港湾荷役」, 第57巻, 第3号, pp.317-322.
- 31) 和田尚久・土田真也 [2013], "名古屋港における港湾物流効率化に向けた取り組み—集中管理ゲートによる渋滞解消—", 「国土技術研究会」, 国土交通省.
- 32) Transportation Research Board, [2011], "Truck Drayage Productivity Guide", National Cooperative Freight Research Program (NCFRP) Report 11.
- 33) Motono, I., Furuichi, M., Ninomiya, T. Suzuki, S. and Fuse, M. [2016], "Insightful observations on trailer queues at landside container terminal gates: What generates congestion at the gates?", *Research in Transportation Business & Management*, Vol.19, pp.118-131.
- 34) Lubulwa, G., Malarz, A. and Wang, S. P. [2011], "An Investigation of Best Practice Landside Efficiency at Australian Container Ports", Australian Transport Research Forum.
- 35) Merk, O. and Notteboom, T. [2015], "Port Hinterland Connectivity", Discussion paper No. 2015-13, International Transport Forum, OECD.
- 36) Dawes, R. M. [1980], "Social Dilemma", *Annual Review of Psychology*, Vol.31, pp.169-193.
- 37) Yamagishi, T. [1988], "Seriousness of Social Dilemmas and the Provision of a Sanctioning System", *Social Psychology Quarterly*, Vol.51, No.1, pp.32-42.
- 38) 山岸俊男 [1990], 『社会的ジレンマのしくみ「自分1人ぐらいの心理」の招くもの』, サイエンス社.
- 39) 山岸俊男 [2000], 『社会的ジレンマ「環境破壊」から「いじめ」まで』, PHP 研究所.
- 40) 藤井聡 [2001], "TDMと社会的ジレンマ: 交通問題解消における公共心の役割", 「土木学会論文集」, Vol.667/IV-50, pp.41-58.
- 41) 藤井聡 [2003], 『社会的ジレンマの処方箋-都市・交通・環境問題のための心理学』, ナカニシヤ出版.
- 42) 福田大輔・上野博義・森地茂 [2002], "選択行動モデルへの社会的相互作用の導入可能性", 「土木計画学研究・講演集」, Vol.25 (CD-ROM).

(原稿受付 2016年2月2日)

Effective Operational Framework of Landside Gate Traffic Control at Container Terminals: A Solution for Effective Gate Traffic Control

By Ichio MOTONO, Masahiko FURUICHI, Shunsuke SEGI

Landside gate congestion at container terminals has become a critical issue throughout the world. Many ports attempt to ease the congestion by controlling the peak-hour traffic. However, an effective operational framework to ease congestion has not yet been formulated. In this study, the authors hypothesize that the congestion measures taken at container terminals can be explained by the social dilemma theory. Through a series of case studies of practical measures taken at ports in Japan, Australia and the United States to alleviate congestion at gates, the study reveals that efforts to change drivers' behavior are critical for the success of such measures.

Key Words : **container terminal, gate congestion, social dilemma, trailer driver**
