

物流シミュレーションで新時代の物流システムを構想する

輸送高度化研究領域 物流システム研究グループ 勝原光治郎

1. はじめに

物流は生産から販売までの産業活動の橋渡しをしており、国民生活を支えていて、国民経済や国際経済の影響を受け且つ与えている。また、環境、安全、戦争、政治などの経済外強制も受ける。もし、生産、販売(消費)、国民経済、国際経済などが変化しない時代ならば、こういう風に物流を取り巻く経済状況を考えなくても物流は扱えたかもしれない。だが、今日はそうではない。

変化が大きい第一の要因は、企業行動がグローバル化してきたことである。宮下¹⁾によると、国際ロジスティクスの発展過程は表1のように変遷し、この三世代を産業活動面で見ると、それぞれ国際貿易の拡大→対外直接投資・OEM(相手先ブランドによる供給)生産等の活発化→国際的企業間協定の拡大と進展し、グローバル化してきた。今日では企業は世界の一流ないし最適な他企業と契約しアウトソーシングし、高い内部コストを削減し、効率的なバーチャル企業を誕生させている。そのことがグローバル化の実体であり、現在も進行している大きな変革の根源である。そして、物流の役割もここから規定されてきている。

物流システムの変革事例には次のような例がある。

①ワインがフランスから日本に輸入されるときにフランスのワイン工場の倉庫を出る時点で消費者への宛先がラベルに書かれ、日本の倉庫は素通りとなる。物流拠点の役割が変わってきている。

②石油国際企業が物流費を削減するため合併を行った。国内元売り石油会社も連動して集約された。競争相手とも輸送費削減のため製品のスワップなどの業務提携を盛んに組んだ。

③荷主でもない、運送業でもない第3の物流代行業の3PL(サードパーティ・ロジスティクス)が、次々と企業の物流業務の分析・企画などコンサルティングして物流を代行している。

④航空会社が請負った輸送貨物の現在位置・引渡し時間などの貨物情報を電子メール等でリアルタイムに提供し荷主のサプライチェーン・マネジメント(SCM、生産から販売までの全企業活動を最適化する)を支援する。

表1 ロジスティクスにおける企業行動の変化

	第一世代	第二世代	第三世代
時期	～1970	1970～1990	1990～
対象の産業構造	独立した工場	企業	企業と企業との契約によるバーチャルな統合企業
ロジスティクスの目標	調達・販売輸送の低コスト化を追求	企業内の調達・生産・販売に関わる全ロジスティクスコストを低下	全活動を最適化(サプライチェーン・マネジメント)
ロジスティクスの位置	他部門の一部	独立した部門 トップマネジメント	水平統合 垂直統合

出典：宮下¹⁾より作成

- ⑤船社がネットで購買するシステムをつくる。地域でその組合を結成する。
- ⑥タンカー船社がプール船協定を結び、効率的運用をする。
- ⑦海外で物流事業の免許を取得する。
- ⑧ある自動車メーカーが世界の27カ国・地域の約60の生産拠点への最適部品調達を世界規模でシステム化する。そのために共有する情報システムに約2,000億円を投じる²⁾。

このように物流システムや会社組織自体が変化している。このような変化の時代には過去のデータにのみ基づいて将来を予測することはできない。社会がどのように変化するかの現状認識や将来構想を基に現状分析や将来予測をする必要がある。

現在の世界経済の最も大きな変化の1つとして中国の成長が挙げられる。中国の輸出入貨物の伸びは20%を越え、経済成長率は10%という高成長である。「世界の工場」といわれ、先進国の直接投資が中国に集中している。国連アジア太平洋経済社会委員会（ESCAP）のコンテナ需要予測でも中国は群を抜いて大きい（図1）。大いに注目しなければならない。主に中国の低賃金や将来の巨大市場が魅力で、外資が非国営企業に投下されている。だが、一方で中国経済の主要部分である国営企業の非効率性は温存され、政府資金は大半がこの国営企業に当てられているので将来デフレの恐れや、元の切り上げもありうる。国際経済の不安定要因に十分注意しながら、世界経済のグローバル化と物流革命の時代に適応していかなければならない。

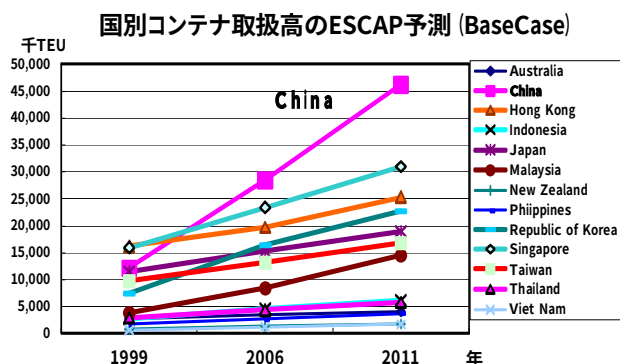


図1 各国コンテナ取扱高 ESCAP の予測

2. 物流シミュレーション

物流に関する経済問題を工学的手法で解くことを海技研は追求する。その観点で物流研究の関わる分野を挙げると、社会科学では経済学、経営学、商学、国際経済学、計量経済学、交通論、マーケティング、流通論、会計学、金融論、貿易学、企業論、組織論等がある。工学では経営工学、オペレーションズ・リサーチ（OR）、情報工学、土木工学、交通機関各論、エネルギー論、システム工学、金融工学、多変量解析、統計学等があり、広範囲に及ぶ。これらの中に知識、ツール、データが数多くある。しかし、これらを活用するもこれだけでは足りない。

構造変化の激しい時代にはその社会や組織はそのシステムの適否を診断する技術が求められる。サプライチェーン・マネジメント（SCM）やビジネスプロセス・モデル（BPM）または企業資源計画（ERP）などがあるが、物流シミュレーションもその一種である。物流シミュレーションは運輸行政や物流業と共に、荷主物流にも活用される。

これらの手法は計算機の発達によって大量のデータ処理と高速計算が低コストで可能になり、また社会も情報社会となり、情報活用面でも競争が行われるよ

うになったからである。

物流シミュレーションは物流に関わる個々の判断主体、例えば個々の荷主・個々の船舶などが区別され、自律的エージェントとして動くようプログラミングされている。各エージェントは社会からも制約や影響を受ける。このようなシミュレーションの手法は現実社会と類似しているので現実社会を手掛かりに相当深く研究を進めることができる。

図2に示すように、物流シミュレーションはエージェント(自律した判断主体)の比較的単純な活動を記述するプロセスシミュレーションだけでなく、エージェントの判断プロセス等で最適化・スケジュー

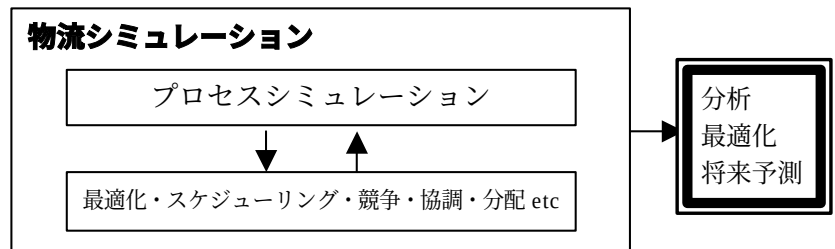


図2 物流シミュレーションの構造

リング・競争・協調・分配などを行うこともある。シミュレーションの目標は分析、最適化や将来予測である。分析にはシステムのボトルネック解明やシステムの能力評価などがある。最適化は、コストや収益、時間、資源などを対象に行うもので、スケジューリングとも言われる。配船・配車・運航ダイヤ・着栈の順、運航コントロール、船舶主要目の決定などが行われる。将来予測には、輸送に必要な船腹量、交通量、道路・港など物流インフラ、燃料消費量(CO₂排出量)、採算など企業会計、市況などが予測される。

また、物流シミュレーションにはデータベースが必要である。特に非集計の個別データが望ましい。それは物流シミュレーションでは個々のエージェントがそれぞれに判断し行動するからである。国内物流では全国貨物純流動調査データや船舶明細書、海外物流では米国税関輸出入貨物データ(PIERSデータ)やロイズ船舶動静データ・船舶データなどが貴重である。出来合いのデータが無い場合は調査したり、推計したりする必要がある。

物流シミュレーションをビジュアル化すると、多人数で討議する場合に内容の共通認識が容易になるメリットがある。

3. 外航海運

3.1 定期船

3.1.1 定期船海運の概要

定期船海運はコンテナに種々の貨物を積み、ハンドリングし易く、定時性と公共性を特徴として1970年代から急速に成長した。自由な世界市場として激しい競争の下にある。過当競争による共倒れを防ぐ船社側の意図と、航路数や寄港地の増大と大型船化による低コスト化の荷主側の期待により海運同盟が独禁法適用除外になった。1998年の米国改定海事法(OSRA)は、自由競争を通じて定期船海運の効率化を図るという目的のため、海運同盟などの船社間協定に船社と荷主の個別のサービス協定(S/C)を非公開とすることを条件付けている。現在4

つのアライアンスと2つの単独船社の6つのグループが太平洋定期船航路の海運秩序になっている。アライアンス同士はもちろん、アライアンス内の船社間でも激しい競争が行われている。アライアンスの編成替えや船社の倒産消滅も起きている³⁾。グローバル化した荷主企業が定期船を利用するときS/Cを結ぶ。そのとき荷主企業は契約を結ぶ他企業に対すると同じようにこの船社に対してもSCMを実現する最適企業としてのサービスを要求する。つまり、個別荷主企業のパートナーとしての役割が船社に要求されている。今後は1航路だけの契約でなく荷主企業の活動範囲に合わせたグローバルコントラクトが増加することもあり得る。公共性を看板にしてきた定航海運が個別荷主用キャリアーとしての役割も期待される時代になってきた。運賃だけでなく、寄港地・寄港回数・所要時間(リードタイム)などへの要求に答える必要がある。現状のWeekly配船の航路編成では所要時間に対する要求は満たし得ていないようである。1998年の航路と2001年の航路を比較すると、航路が短周期化し、多数化しているのは、船社の努力と見られる。今後は小型コンテナ船によるDaily配船のシャトル便が出てくることも考えられる。

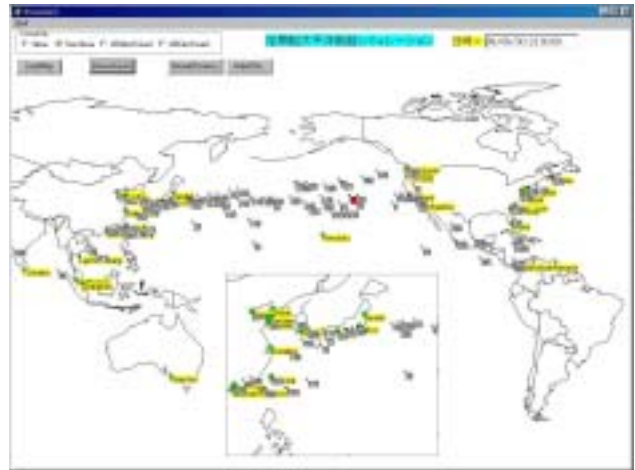


図3 太平洋定期船航路のシミュレーション

この定期船海運は絶えず変化が生じている。この変化によって輸送システムがどのように変わるかをシミュレーションによって調べることができる。例えば、①アライアンスの再編、②航路変更・寄港地変更、③船舶リプレイス、④需要貨物量の変化、⑤新システムなどである。

3.1.2 シミュレーション例⁴⁾
ここで計算の例題として1アライアンスが撤退し他アライアンスに吸収された場合、船型はどの位が適当となるであろうか。ただし、航路は7航路を仮定したとき(ケース1)、9航路を仮定したとき(ケース2)について、米国輸出入貨物データ(PIERS データ)を用いて計算した。図3にシミュレーションの1こまを示す。表2、表3にその計算結果を示す。ケース1の場合1万TEUのコンテナ船が必要な航路もあるが、ケース2では

表2 計算結果(ケース1)

ケース1 : 7航路					
航路番号	東航積載量 (TEU)	西航積載量 (TEU)	リプレイス船型 (TEU)	航路のリプレイス船型 (TEU)	航路の現存船型 (TEU)
3010	2,729	861	3,000		
		1,229	1,229		
	2,515	1,048	2,515		
	2,797		2,797		
3011	8,897		10,000		
	7,653	1,951	7,653		
	1,528	1,109	1,528		
	9,031	1,569	9,031		
3018	5,604		6,000		
		1,112	1,112		
		2,806	2,806		
	3,819	2,545	4,000		
3024		3,141	3,141		
	3,046		3,046		
	3,323	1,147	3,500		
	1,886	929	1,886		
3025	2,532	1,633	2,532		
	2,381		4,000		
	3,113	2,004	3,113		
		2,296	2,296		
3026	3,534		3,534		
	3,159	1,780	3,159		
	9,935	2,430	10,000		
	5,324	2,466	5,324		
3027		2,683	2,683		

表3 計算結果(ケース2)

ケース2 : 9航路

航路番号	東航積載量 (TEU)	西航積載量 (TEU)	リプレイス船型 (TEU)	航路のリプレイス船型 (TEU)	航路の現存船型 (TEU)
3010	2,729	861	2,729		
		1,225	1,225		
	2,515	1,048	2,515		
	2,797		2,797		
3011	6,630		6,630		
	5,453	1,892	5,453		
		1,383	1,383		
	6,077	1,538	6,077		
3018	3,929		3,929		
		878	878		
		1,517	1,517		
	3,819	1,102	3,819		
3024		1,300	1,300		
	3,046		3,046		
	3,021	1,147	3,021		
	1,612	929	1,612		
3025	2,295	1,633	2,295		
	2,381		2,381		
	3,113	1,522	3,113		
		1,689	1,689		
3026	3,534		3,534		
	3,159	1,665	3,159		
	5,337	2,094	5,337		
	3,253	2,071	3,253		
3027		2,360	2,360		
		1,676	1,676		
	4,350	1,629	4,350		
		550	550		
3012	4,212	1,837	4,212		
		1,790	1,790		
	3,836		3,836		
	3,811		3,811		
3016	2,210	994	2,210		
	2,684		2,684		
		932	932		
	2,114		2,114		

す。ケース1の場合1万TEUのコンテナ船が必要な航路もあるが、ケース2では

7千 TEU 止まりである。船型は航路の編成の仕方次第である。

3.1.3 最適航路の自動編成（スケジューリング）⁵⁾

従って、次に最適な航路編成を行う方法を開発する必要がある。これは図1におけるスケジューリングに相当する。その概要は次の通りである。

航路のダイヤ編成を行うとき場合分けの方法をとると組合せの数の爆発が起るので駄目である。そこで、GA(遺伝的アルゴリズム)を用いる最適化を試みた。

全航路の寄港可能性のあるすべての港湾を遺伝子座として1本の遺伝子を構成し、各寄港曜日 0~7 (0 は ” 寄港しない ”、1~7 は曜日を示す) をそれに立てる。交叉と突然変異の遺伝子操作を行い、世代交代毎により良い遺伝子を発見する。その際、同一日に出港する競合航路はコンテナを取り合う。所要時間を選択好度として配分されるとした。また、集荷したコンテナ量に1個当たりの利益率(ドル/TEU)を乗じて船社の収益とし、この収益を評価関数とした。その他の制条件として Weekly 寄港では1ラウンド7日単位であること、速度、最大積載量などを加えた。

約 3,000 世代の計算で評価値の高い航路編成解が得られたが、有効かどうか定航の現場でエキスパートによる検証が必要である。

今後、この最適航路編成方法をシミュレーションに組み入れて実行する予定である。が、この航路編成自動化の技術自体も有益である。現在、定航船社は手作業で航路編成を行っているが、自動化でスピード化と経費削減できるのみならず、アライアンスの合意形成の迅速化に役立つからである。

3.2 不定期船・タンカー

3.2.1 海運市況

石油等の液体貨物を運ぶタンカー、乾貨物を運ぶバルカーならびに石油と鉄鉱石を運べる鉱油船のような兼用船が不定期船・タンカーの範疇に入る。乾貨物は、鉄鉱石、石炭、穀物、セメント、木材、非鉄鉱石などである。外航不定期船市場は完全に自由な世界単一市場である。原則としていかなる荷主も、船主も自由に参入し、退出できる完全競争市場である。また誰も価格支配力を持っていない。運賃はロンドンとニューヨークの海運市場で取引される。

海運市況は需要と供給の関係で定まり、日々大きく変動する。市況変動が船社の盛衰を定めるため、市況予測力が求められてきた。が、供給要因である世界船腹量については従来からも把握可能であったが、需要把握は困難であった。世界中の諸港間において、多種多様な品目が輸送されるわけであるから、輸送需要も複雑多岐にわたり、日々変動している。

海上運賃の激しい変動は、船社経営の安定を乱す要因であるが、造船会社にとって繁閑の振幅を激しくさせる攪乱要因であり、鉄鋼、石油、電力、製紙会社など原燃料輸入に依存する荷主にとっても製造原価を把握する上で最大の阻害要因の一つであった。そこで、登場したのが専用船である。安定的に輸入される原燃料の相当部分を長期安定運賃で輸送することを前提にして、その品目の重量体積に適合した船型を開発し、復航が空荷になる代わり大型化することによって輸

送コスト低減を計って設計されたのである⁷⁾。

しかし、そうした専用船対象品目も長期契約から外れる限界部分である大量の貨物輸送需要がフリーマーケットに残っており、他品目とも連携した需要予測の把握が市況予測の上で重要な課題である。

現在の需給関係を把握し、需要と供給それぞれに日々変動する諸要因を吟味して、将来生起する要因変化を加味できるならば、不定期船・タンカー市場が上記の通り完全な競争市場であるので市況予測が可能である。

3.2.2 課題の設定⁶⁾

したがって、海運の市況予測能力をつけることによって、日本海運業の競争力強化に貢献することができる。ところが、海運市況の変幻変貌するケースは無数にあるので、計算機が予測をして人間はその結果に従えばよいと考えるわけにはいかない。むしろ、海運市況を読める人材を養成する方がよい。様々なシナリオの下で要因変化を想定し、それに基づく市況変化のシミュレーションを繰り返し実行し、複雑な海運市場構造に慣れ、勘を養うための教育システムを構築する。

中心となる問題は次の3つである。

① トレード・マトリックスの作成

OECD貿易統計、各国通関統計、船舶動静データ、輸送契約データ等を検討し、世界各国のトレードを数量的に解明しトレード・マトリックスを策定する。

② 市況予測シミュレーションの構築

運賃市況データ、船腹データ、船舶動静データ等を用いたシミュレーションによって需要供給曲線を求める。

③ 状況変化シナリオおよび教育訓練方法の設定

状況変化シナリオを多数作成し、その諸要因を需給両面に関して解明し、過去実績と照合して回帰分析等を行う。

乾貨物の場合、多種多品目にわたる膨大な分析作業が必要となる。

3.2.3 タンカーの場合

タンカーの場合、原油輸送とプロダクト輸送がある。大型タンカーは原油が太



図4 全石油タンカー運航シミュレーション（航路の太さは隻数に比例）

宗を占めている。バルカーと比べて、大型タンカー市場の需給関係は比較的シンプルである。そこで、タンカーについて船舶動静データと輸送契約などの輸送データを組み合わせた運航データ（APEX）を用いて運航を再現したシミュレーションのモデル作業を行った。

図4に世界の航路を示した⁸⁾。その他、任意の地域（例えば湾岸）に在るタンカー隻数や、IMOにおけるシングルハルタンカー規制案に影響されるタンカー隻数のカウントなどを行った。

需給要因の変化シナリオは例えばスエズ運河の閉鎖を想定する。原油輸送のLR2型・VLCC、プロダクト輸送のGP型・MR型・LR1型が喜望峰回りの航路に変更になることによって船腹がタイトになり、運賃が上昇する。アジアなど他所からの配船もあり、世界的に運賃が上がる。この需給関係の逼迫度をシミュレーションにより求める。

4. 内航海運

4.1 定期船^{9) 10)}

国内のフェリー・RORO船・コンテナ船は陸路や貨物鉄道等と競争関係にあり、モーダルシフトが重要な課題である。モーダルシフト政策は新総合物流施策大綱（平成13年閣議決定）にも具体的施策が上げられ、モーダルシフト化率（長距離雑貨物輸送における鉄道・内航海運分担率）を現状43%であるのを2010年までに50%に向上させることを数値目標にしている。しかし、現状は伸び悩んでいる。トラック・シャーシ・コンテナに載る貨物はユニットロードと呼ばれているが、平成7年純流動貨物調査データによると、トンキロベースでユニットロードは非ユニットロードの約5倍ある。

全国のユニットロードの経路を図5のようにネットワークで表現する。ここで、ひとつひとつの貨物がどの経路を選択するかという意思決定問題が解ければ、ネットワークの経路上に貨物はどのように分配輸送されるかが求められる。そこで、

発着地
（OD）
間の経路
がいくつ
かあって
その選択
が、犠牲
量の最も
少ない経
路が選ば
れるとい
う犠牲量
モデルを
用いて解

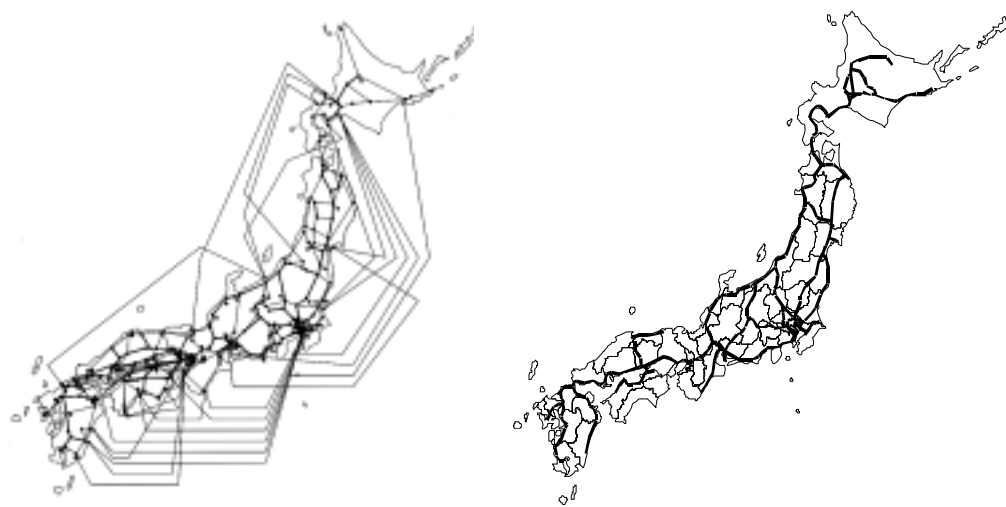


図5 道路・定期船（左）とJR貨物（右）の全国ネットワーク

いてみよう。犠牲量とは、所要経費や所要時間である。図5のネットワークで、都道府県間のODを考えると、近距離輸送の経路が限定されることによる経路上の輸送量の誤差が大きいと考えられる。しかし、長距離フェリーについては長距離間のOD輸送しか計上されないので計算と実績の一致が得られる。

この計算方式の妥当性が得られれば、航路の運賃、所要時間などの航路条件を変えて航路の需要予測をすることができる。新設の東京一大分航路の航路の運賃と所要時間を変えた各々の需要予測を図6に示す。図7にはこの航路の開業前後のすべての長距離航路の需要量を示した。影響を受ける他航路があるが、モーダルシフトが進展することも分かる。

この需要予測手法を用いて求めた需要を運ぶ船舶を設計し、次にこの船舶を用いて船社が運航したときの利益率を求める(図8)。その際、便数や車両レーン数などに自由度を与えておく。パラメータの種々のケースについて求めた利益率の上位のものの中から経営者が最も良いものを選択できるようにする。需要予測に基づいた船舶設計を行い、航路条件を決めることができる。

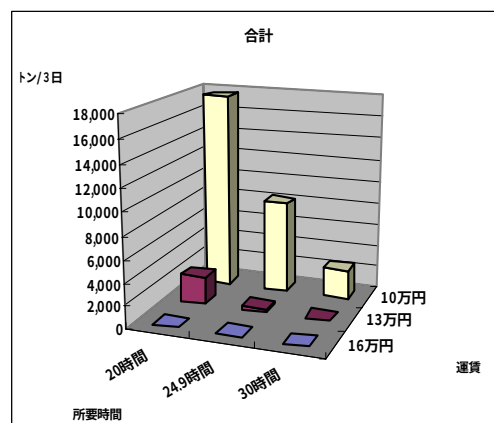


図6 東京一大分航路の需要予測

この計算方法を用いれば、種々の航路のモーダルシフトを検討したり、造船所は船社に提案したり、船社は最適航路条件を得たり、金融機関や起業家の航路事業を診断することができる。

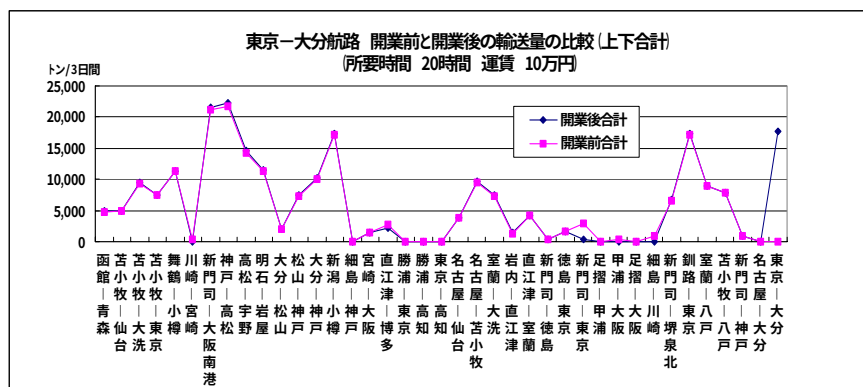


図7 東京一大分開業前と開業後の需要(計算値)

4.2 不定期船¹⁾¹⁾ ¹⁾²⁾

4.2.1 業界の概要

内航海運の不定期船は鉄鋼・セメント・石油などの産業基礎資材の8割を輸送し、わが国の経済活動・国民生活を支えている基幹的輸送モードである。

内航海運業は、事業者数約3,700、船腹量約5,000隻、367万総トン、総売上高約1兆7,500億円である。零細業者が多くオーナーの70%が700総トン未満の1隻所有である。船腹の総トン数が横ばいだが隻数は年々減少し、平均トン数は増加し大型

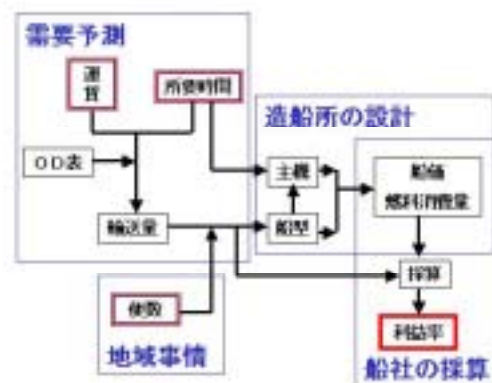


図8 統合計算のシステム構成

化している。

船員は高齢化し、人数も減少している。若年船員の確保が難しくなっている。一方では、乗船船員数が多すぎるという声もある。

船腹調整制度が平成 10 年に暫定措置事業に変化し、解撤等により船腹量は減ってきたが、解撤交付金の支払いが滞り、多額の債務が残存し、窮地にある。一方、建造納付金というコストがあるため船舶の建造が抑制されているともいう。

国内産業の空洞化に対処するため物流コストの削減が求められていて、物流を効率化しなければならないことが指摘されている。

また、内航海運業は荷主企業をピラミッドの頂点とし、元請（一次オペレータ）、二次オペレータ、・・・という系列構造の下に組織されている。このような長期固定的取引は健全な運賃・用船市場からほど遠く、開かれた競争的海運取引市場を作るべきとの声もある。

荷主企業の輸送システムは概略図 9 に示すように、工場から全国の販売拠点でもある中間デポに船舶で製品を運ぶ。中間デポは製品が石油であればタンクであり、セメントであればサイロであり、鉄鋼であれば倉庫である。

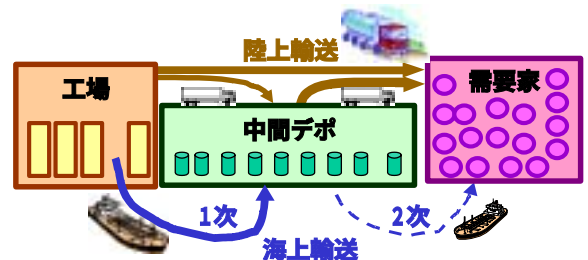


図 9 荷主企業の輸送システム

4.2.2 荷主企業の合併/業務提携

物流効率化のために荷主企業が合併する事例がある。日本の 2 つの元売り石油会社がかもつ精油所－油槽所間

表 4 荷主企業合併前後の輸送活動の比較

	会社	船舶数	全航海時間[h]	全航海距離[km]	全輸送量[kl]	全トンキロ[ton・km]
合併前	A	7	50,442	851,300	7,170,000	1,822,000,000
	B	10	64,005	1,013,600	10,560,000	2,224,000,000
	A+B	17	114,447	1,864,900	17,730,000	4,046,000,000
合併後	A&B	13	93,586	1,386,800	17,730,000	2,998,800,000

の輸送システムを別々に稼働させた場合と、合併し 1 つとして稼働させた場合を比較する。表 4 に計算結果を示す。合併後、航海距離と全トンキロは 74% になっている。合併後は、需要家に近い工場から出荷される効果がでている。輸送活動が 74% で済むということはコストも相当に下がるということである。

4.2.3 e-ビジネス海運市場

海運取引が現状の系列構造の場合（図 10）と e-ビジネスの場合（図 11）を比

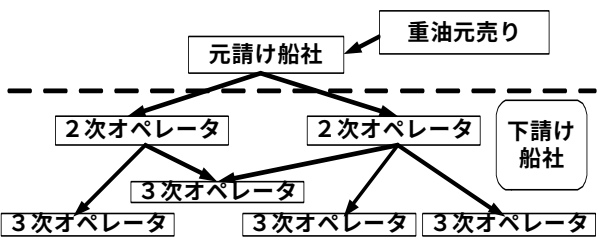


図 10 現在の取引

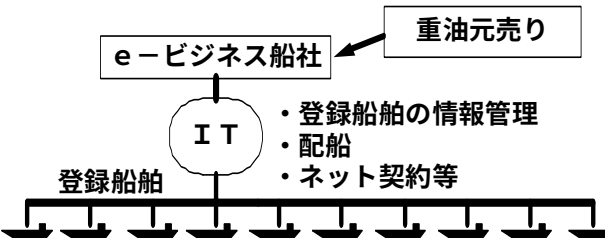


図 11 e-ビジネス取引

4.2.4 荷役制限/入出港制限の影響

表5 荷役制限と必要タンカー数
(小型モデルでの計算)

荷役制限	制限なし	夜間のみ	夜間・土日
大口需要向けタンカー	2隻	2隻	3隻
小口需要向けタンカー	9隻	12隻	15隻
船舶需要向けタンカー	6隻	7隻	10隻
合計	17隻	21隻	28隻

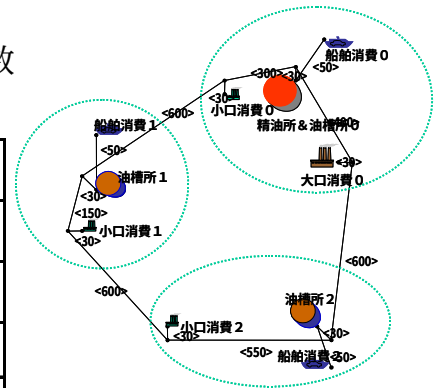


図 12 小型モデル

4.2.5 その他

中間デポは地域の配送/販売拠点でもある。この担当地域が狭いと担当地域内の陸上輸送活動は少なくなるが、中間デポは全国に多数置かなければならず、海上の輸送活動が増加する（図 13）。この担当地域が広いとその逆である。その中間に最適配置がある。これをポの統廃合計画に資することができる。

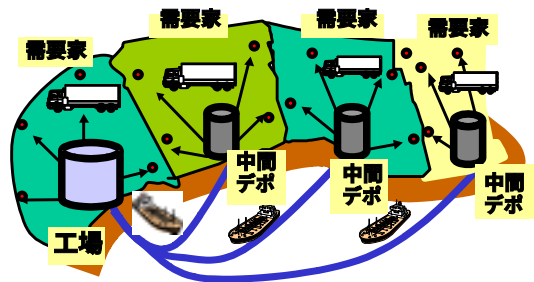


図 13 中間デポの統廃合最適化

日本の内航船舶は小型であると言われている。大型にすると効率的になるが、船舶だけでなくシステム全体を大きくする必要がある。年々少しずつ船舶平均トン数が増えているのはこのことを示唆していると思われる。大型化の障害がどこか物流シミュレーションによって明らかにできる。

船舶リプレースのとき船舶の大きさや速度を最適化することが物流シミュレーションによってできる。図 14 はある荷主企業の輸送システムにおけるリプレ

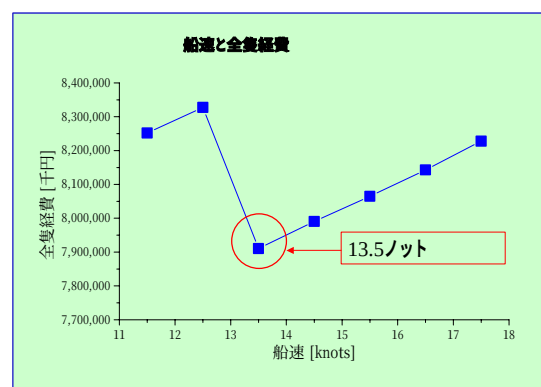


図 14 船速に対する全運航コスト

ース船の船速を変えて物流シミュレーションを行い、必要船舶隻数が少なくなつてコストが下がる船速を求めた計算結果である。

4.3 緊急時河川輸送¹³⁾

4.3.1 概要

大都市における震災等大災害時には陸上輸送は道路が切断されるなどのため十分に機能できないことが想定される。そのときの代替モードとして河川輸送が有望視されている。

図 15 に関東圏の場合として荒川・隅田川・小名木川の水系における災害地側の荷降ろしのリバーステーション 24 箇所、羽田沖の物資供給基地 1 ヶ所 10 接岸岸壁を示した。船舶は常時河川利用の水上バス・舢舨以外に東京湾に船籍を置くタンカー・貨物船などを含む。

1 日の輸送能力やその能力向上のための対策提案が東京都や埼玉県などの自治体や内閣府・地方運輸局などから求められている。そのため物流シミュレーションを実施し、1 日の輸送能力を求め、輸送システムのボトルネックを解明してその解消の対策を提言した。

4.3.2 シミュレーション

すべての供給基地を平等にし且つ総輸送量を最大にし、河川の深さ制約と橋梁の高さ制約を考慮した配船方法を与えた。物資の荷姿は生活水とダンボール箱で、生活水はタンカーで運ぶ。

図 16 に総輸送量の時間履歴を示す。これから 1 日の輸送能力が分かる。供給基地とリバーステーションの沖待ち船舶数の推移を見ると供給基地の沖待ち船舶が継続して現れていてボトルネックになっている。種々の条件の下でシミュレーション

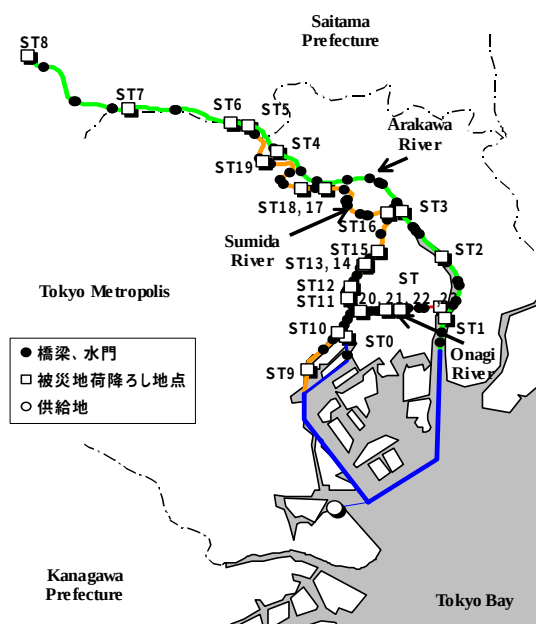


図 15 関東地域の河川輸送

を行い、現状では供給能力 < 荷受け能力(要求量大の被災地) < 移送能力(船舶数)であることが分かった。したがって、輸送能力を高める対策は供給能力を増すことであり、そのため、同時接岸隻数を増やすか荷役速度を(荷受け能力とバランスするまで)上げる必要がある。

4.3.3 リアルタイム情報に対応したよる水上輸送最適システム

災害対策本部の司令官が災害時に最適配船指示ができるように、初期条件と異なるリアルタイム情報が入ってきたときも引き続き対応できるようにシステム

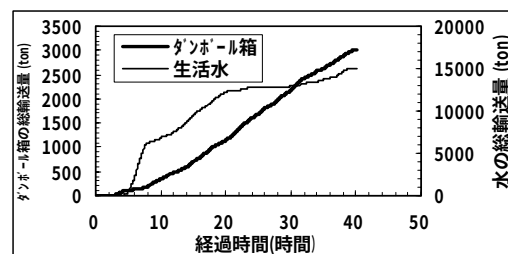


図 16 総輸送量の時間履歴

を作成した。リアルタイム情報とは、橋梁落下や船舶離脱、リバーステーション新設等である。方法は、任意の時刻にシミュレーションのファイルを上書きしてシミュレーションを続行できるようにしたことである。

5. まとめ

世界的な経済グローバル化によって企業行動が変わり、国内外の物流事情がダイナミックに急速に変化している。この変化を分析総合する方法として物流シミュレーションを開発しつつ、あるべき物流システムを全体最適の下で構想した。外航定期船、その航路ダイヤ、不定期船・タンカーの海運市況、国内フェリーRORO船航路の需要予測と最適航路と船型の求め方、内航海運の e-ビジネス取引構想など、河川の緊急災害時輸送などの解析を紹介した。

謝辞

紹介した研究の一部は運輸施設整備事業団の公募研究、(社)日本造船研究協会のSR501分科会、運輸施設整備事業団技術部などからのご支援を頂いた。感謝します。

文献

- 1) 宮下國夫、「日本物流業のグローバル競争」、千倉書房、2002年4月
- 2) 日本経済新聞、2003年6月10日1面トップ記事
- 3) 商船三井営業調査室、「定航海運の現状 2000/2001」2001.11
- 4) 勝原、他3、「太平洋定期船航路のシミュレーション」、日本造船学会平成15年春季講演会講演論文集、平成15年5月
- 5) 久保、他3「GA(遺伝的アルゴリズム)を用いた太平洋定期船航路編成システムに関する研究」、日本造船学会平成15年春季講演会講演論文集、平成15年5月
- 6) 今井武久、下條哲司、「海運市況レーダーの構想」、日本海運経済学会第35回大会報告要旨集、2001年10月、(注:本文3.2.2は海運研究所(下條)、和歌山大学(今井)、海技研(勝原、小林)で共同研究中)
- 7) 小川武、「不定期船と専用船」交通ブックス、成山堂書店、平成9年9月
- 8) 小林、他3「石油タンカー輸送データベース(APEX)による石油取引の解析」、日本造船学会平成15年春季講演会講演論文集、平成15年5月
- 9) 久保、他3、「犠牲量モデルを用いた国内フェリー・RORO船航路需要のネットワーク解析手法に関する研究」、日本造船学会論文集巻号191号、平成14年5月
- 10) 久保、他3、「国内フェリー・RORO船航路の需要予測に基づいた船舶主要目の決定と航路の採算性に関する研究」、日本造船学会論文集巻号192号、平成14年11月
- 11) 松倉、他3、「内航セメント輸送シミュレーション手法の研究ー輸送シミュレーションシステムの研究ー」日本造船学会平成15年春季講演会講演論文集、平成15年5月
- 12) 勝原、他2「物流研究の目指すもの」第2回船研講演会講演集、平成12年11月
- 13) 間島、他2、「複雑系マルチエージェントシミュレーションによる河川を利用した災害時緊急輸送能力の評価」、日本造船学会論文集巻号192号、平成14年