

トータルコスト・アプローチに迫る

Part 1

航空は高い輸送手段にあらず

サプライチェーンにおける航空輸送の位置づけは、荷主企業により様々だ。海上輸送に比べて割高な航空輸送を、極力避けたいと考える荷主企業がある一方で、グローバル戦略を推進するために、航空輸送を積極的に利用している企業もある。一般的に「航空輸送は高い」と認識されているが、本当にそうなのだろうか。ここでは航空便利用による商品の陳腐化の回避と保管費の削減効果などを数量化して、航空輸送と海上輸送のコスト比較を行ってみよう。次に、そのような方法を代表的な航空輸送商品に当てはめて検証、さらには輸送手段を選ぶ際のモデルを提案したい。

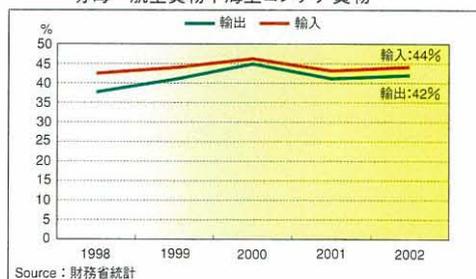
金額ベースでは日本の貿易の30%強が航空利用

調達から製品配送までのサプライチェーンの中で、航空輸送が利用されるのは資材の調達物流と製品の配送物流の一部に過ぎず、サプライチェーン全体に対する航空輸送の役割は極めて限られている。輸送部分だけとってみても航空のシェアは国内物流で〇・〇二%、国際でも1%に満たない。しかし、金額ベースではわが国の貿易の約三分の一が航空によるもので、タンカーやバラ積み船の貨物を除くと航空の割合は四割を超えている(表1参照)。特にIT関係のハイテク商品は航空利用が圧倒的に多い。

しかし、多くの荷主企業は航空輸送

表1 航空利用率(金額ベース)

分母=航空貨物+海上コンテナ貨物



は高いので、その利用を減らしたいと考えられている。他方、一部の荷主企業は特定商品について最初から航空輸送を、戦略的に利用して

航空貨物の需要予測

IATA、ボーイング、国土交通省などが航空貨物の需要予測を発表している。いずれの予測も概して中長期的に年平均四〜六%の伸び、路線によってはそれ以上、あるいは以下の伸びを見込んでいる(表2参照)。これらの予測は基本的に過去の傾向に加え、国や地域のGDP成長予測に基づいている。単年度ベースでは変動要素(戦争、アジア経済危機、テロ事件など)のために外れるケースが多いが、中長期の傾向ではだいたい当たっている。

ただし、航空貨物の持続的成長について、マクロの定量的な分析だけでは不十分とする意見がある。一部の投資家や証券アナリストは定量的な面からの予測だけでなく、利用者の側から見た定性的分析を求めている。荷主の

表2 航空貨物の需要見通し

過去10年間: 年6~7% 足元: 2001年の全世界: -7.7% (太平洋線: -11.4%) →2002年: ほぼ2000年レベルまで回復
IATA予測: 2002~2006年: 年5.3% アジア内: 8.1%、太平洋: 7.7%
ボーイング予測: 2001~2021年: 年6.4% アジア内: 8.4%、太平洋: 7.5%
国土交通省(日本発着): 2000~2007年: +4.0% 2007~2012年: +4.5% 参考: 96(+4%)、97(+8%)、98(-5%)、99(+17%)、00(+9%)、01(-15%)、02(+14%)

側から見ると、なぜ航空貨物は持続的に増えるのか? 船で計画的に輸送すれば高い航空は使わなくて済むのでは? 航空輸送は

輸送の小ロット化で保管費を削減

在庫は必要だが種々の費用がかかる。倉庫施設費用の外に人件費、保険料、商品の破損などの費用が発生する。また、在庫期間中は資金が回転せずに寝ていることになる。従って、メーカーや商社は品切れによって販売機会を失うことがないように、同時に在庫を抱えすぎて値崩れを起こさないように、きめ細かく在庫を管理している。一般的に営業部門は十分な在庫を持つと考えるが、管理部門は在庫コストの削減、値崩れのリスク削減のために在庫をミニマイズしようとする。

海上輸送ではリードタイムが長い

**航空直送方式によって
現地配送センターを廃止する**

日本の多くの輸出メーカーは、海外拠点に大きなディストリビューションセンターを持っている。ある電機メーカーはロサンゼルスとシカゴの郊外に大規模な配送センターを設けて、ここ

で、需要見込みに基づいてコンテナ単位で輸送する。従って、輸送ロット（一回に運ぶ量）が大きい。一個のコンテナに満たない量のLCL貨物（Less than Container-Load Cargo）も輸送可能だが、コストが高くつき、輸送日数も長くなる。コンテナ船ではウィークリーサービス（毎週定曜日配船）が一般的だ。他方、航空便は世界の主要区間では一日に何便も飛んでいる。従って、海上輸送では出荷準備ができて、船便の出発日まで待たなければならぬ。航空便では出荷準備が整い次第、その日のうちに空港に搬入して積み出すことができる。

航空はリードタイムが短いので、必要なだけの量を、必要ときに輸送できる。航空運賃は重量通減制だが、数百キロ以上になるとキロ当たり運賃は同じだ。従って、航空では少量ずつ他頻度で輸送できる（図1参照）。これにより発地や着地の在庫量が減り、保管費用が削減できる。例えば、輸送ロットを二分の一にすれば平均在庫量や累積在庫量が半分になり、保管費も半減する（図2参照）。実際、航空貨物一件当たりの重量は二五〇キロ（注）だから、航空貨物の平均輸送ロットは海上貨物の数十分の一になると思われる。（注）航空貨物運送協会の統計による。

図2 在庫の保管費用は輸送ロットに比例する

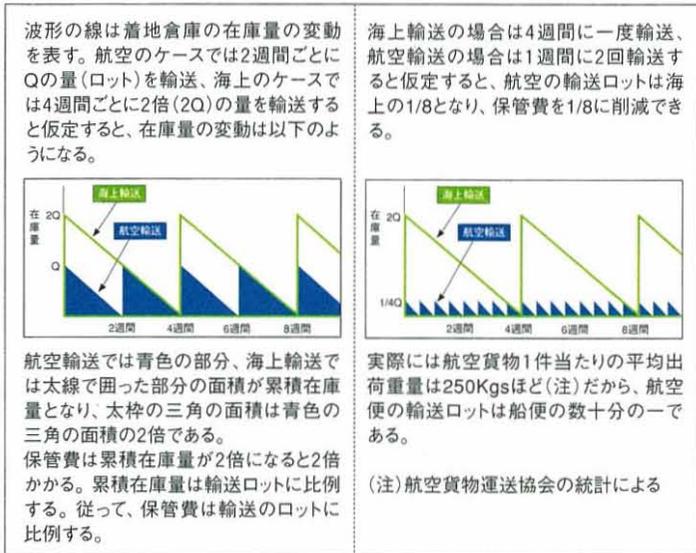


図1 航空利用で在庫削減



保管費は累積在庫量が2倍になると2倍かかる。累積在庫量は輸送ロットに比例する。従って、保管費は輸送のロットに比例する。

航空輸送では青色の部分、海上輸送では太線で囲った部分の面積が累積在庫量となり、太枠の三角の面積は青色の三角の面積の2倍である。

航空輸賃は一件の運送状で運ぶ貨物の重量が数百キロを超えると、キロ当たりの運賃は同じである。また、輸送途中で別の飛行機に積み替えても、基本的に運賃は同じだ。従って、航空便の場合は東京から出荷する時に、販売店単位の小ロットに分けて、現地の販売店に直送することが可能だ。例えば、当社の米国内エクスプレス転送ツールドアサービスを利用すると、日本航空がロサンゼルスまで運送

図5 航空便による直送方式

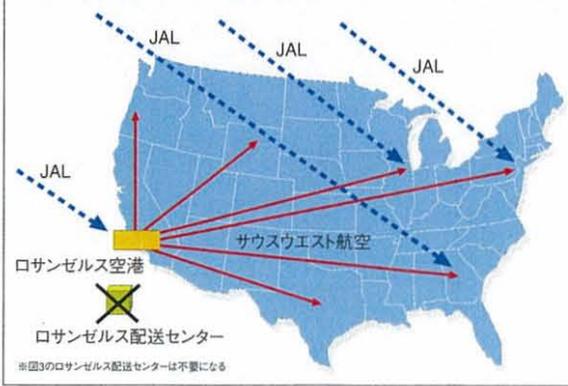
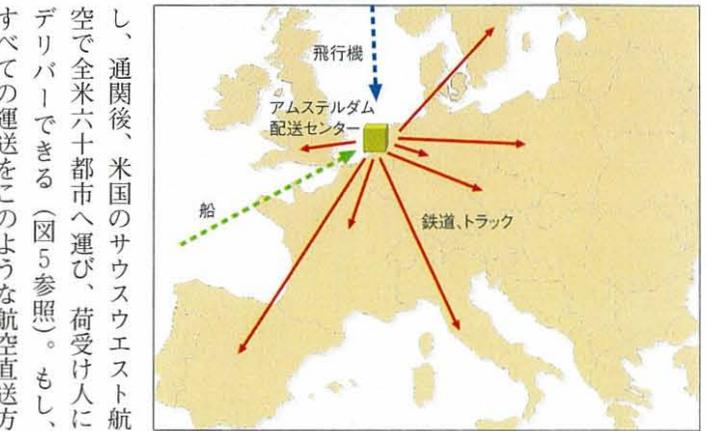


図3 ロサンゼルス配送センターから全米の販売店に配送



図4 アムステルダム配送センターから欧州内の販売店に配送



し、通関後、米国のサウスウエスト航空で全米六十都市へ運び、荷受け人にデリバリーできる（図5参照）。もし、すべての運送をこのような航空直送方式に置き換えると、ロサンゼルス巨大な配送センターを廃止することが可能になる。（次号に続く）

トータルコスト・アプローチに迫る



航空は高い輸送手段にあらず

前号では航空輸送を利用することにより在庫を削減できること、保管費は在庫量と輸送ロットに比例すること、また、航空直送方式により現地配送センターを廃止できる可能性があることなどについて説明した。今回は航空便利用による在庫削減の効果や、商品の陳腐化損の回避などを、どのように数値化して評価するかを試みたい。

在庫削減効果を数値化して評価する

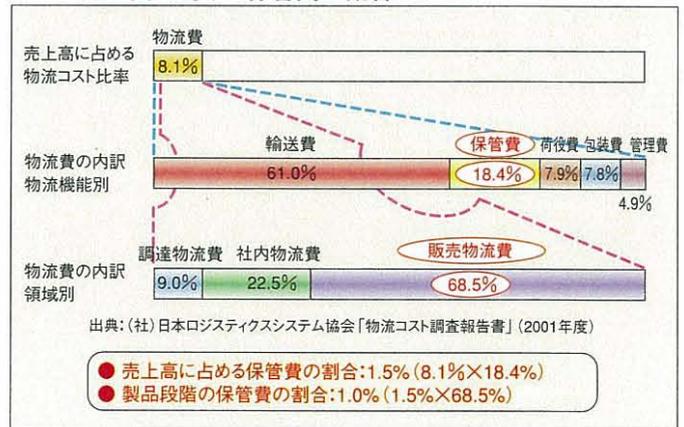
ある一件の貨物、例えば重量二五〇〇キロ、容量一五立方メートル、商品価格三千万円の電気製品の場合、保管費はいくらかかっているだろうか？

(社)日本ロジスティクス協会の「物流コスト調査報告書」によると、主要製造業における売上高に対する物流コスト比率は八・一％である(表1参照)。物流費のうち保管費は一八・四％となっている。従って、保管費の割合は売上高に対して一・五％ということになる(注1)。

航空便利用で削減できる在庫は、主に発地の製品在庫と着地の配送センターの在庫である。保管費一・五％は調達から製品配送までの全段階の保管費だから、製品段階の保管費を求める必要がある。物流コスト調査報告書では販売物流の構成比は六八・五％で、製品段階の保管費は売上高に対して一％と推定される(注2)。

従って、三千万円の電気製品の製品

表1 主要製造業の売上高物流コスト比率(95~01年平均) 売上高に対する保管費の割合は？



段階での保管費は、商品金額の1%の三十万円と試算できる。航空を利用すると輸送ロットが十分の一以下になり、保管費はそれに比例して十分の一以下になるだろう。しかし、短期的には理論どおりの効果が出ないので、ここでは保管費は理論値の半分の五分の一になると仮定する。すると、この商品を船便で輸送する場合にかかる保管費三十万円は、航空便利用により五分の一の六万円に削減できると考えられる。

(注1) 売上高物流コスト比率八・一％×保管費比率一八・四％＝一・五％ (注2) 売上高保管費比率一・五％×販売物流比率六八・五％＝一・〇％

空と海の輸送日数の差

航空輸送の最大の特徴はスピードである。ジェット機の巡航速度は時速八

図1 航空便と船便一ドアツードア輸送の所要日数



〇〇〜九〇〇キロ、コンテナ船の航海速度は時速四〇〜五〇キロである。コンテナ船では東京港からロングビーチ港まで九日間かかるが、航空機では成田空港からロサンゼルス空港まで九時間ほどで着く。ニューヨークまでなら航空機では十二時間ほどだが、コンテナ船では米西海岸経由で十八日かかる。東京からロッテルダムまでコンテナ船で二十四日かかるが、航空機では成田からアムステルダムまで十一時間ほどである(図1参照)。

また、地上での荷役時間も航空の方がずっと短い。航空の場合、貨物を朝出庫して、午後に輸出許可を取り、当日の夜便で積み出すのが普通だ。到着地でも航空機到着後、数時間後には貨物を引き取ることができる。

日米間の輸送を例にとると、航空では地上時間も入れてドア・ツー・ドアで三〜四日で着くが、船では五週間ほどかかる。日欧間では航空は同じく三〜四日だが、船では七週間ほどかかる。輸送日数の差は日米間で四週間、日欧間で六週間ほどになる。

商品の陳腐化速度とコスト

商品の陳腐化とは商品が古くなつて市場価値を失うことである。次々に新商品が出るようなものは陳腐化のスピードが速く、成熟商品ではその速度は遅い。陳腐化に関連して、よくムーアの法則が言及される。ムーアの法則とは半導体部品の集積度が一年半で二倍になるというものだ。典型的な例としてICパーツやノートパソコンが挙げられる。ノートパソコンは三カ月ごとに新製品が出てくる。携帯電話やデジカメなども同様だ。もし、これらの商品が長期に倉庫に眠っていたら、帳簿上の数字にかかわらず、実際には半値になったり無価値になって、廃棄費用がかかるケースさえある。

ライフサイクルの短い商品は、一年前のモデルが店頭に並んでいることはほとんどない。もし、売れ残っていたら値段は半値か、それ以下になっているだろう。一年間（五十二週）で半値になるということは、一週間に1%のスピードで減価することだ。ただし、発売後一〜二カ月は減価のスピードも緩やかだろうから、試算では一週間に1%ではなくて、その半分の0.5%を採用する。

ノートパソコンや携帯電話よりライフサイクルの長いTVゲーム機やビデオカメラ、大型コンピュータ、DVDプレーヤーなどはどうだろうか？ これらの商品は一年間で三〜四割減価するため、理論上は週0.6〜0.8%の減価が発生する。ただし、便宜上これら商品も週0.5%の減価が発生するものとして試算する。陳腐化の速度と航空と海上の輸送日数（週数）の差を掛け合わせたものを、海上輸送の陳腐化コストと見なすことができる。

例えば、三千万円の電気製品を東京からシカゴに送る場合、陳腐化損は「陳腐化速度（0.5%/週）×航空と海上の輸送期間の差（四週間）×三千万円＝六十万円」と試算される。こうした方法で陳腐化のコストを試算し、トータルコストの比較に用いてみよう。

販売機会の拡大

航空輸送は輸送期間中の商品の減価を避けるとともに、新製品を他社の競合商品が出る前に市場に投入して、マーケットシェアを確保したり、値引きせずに最もよく売れる期間（三カ月）を数週間延ばす効果がある。技術革新の速い商品では、メーカー間でし烈な開発競争が展開されているので、新商品の発売が一カ月早いか、遅いかによって売り上げが大きく違ってくる可能性がある。

しかし、販売機会の拡大効果を数量化することは難しい。なぜなら、その商品のマーケットでの競合状況によつ

て大きく変わるからである。もし、競合他社も同様の製品を同時期に開発して、航空便を利用して市場に出したと仮定すると、先行優位性はすぐに失われてしまう。つまりは競合他社の動き次第なので、ここではこの要素は数量化しないことにしたい。

航空便と船便のコスト比較

商品の輸送期間中は投下資本が寝ていることになる。従って、輸送期間に応じて輸送中の金利を負担すると考えるのが適当である。通常は輸送ロットごとに金利負担を計算することはないが、ここでは輸送手段の比較検討のために、海上と航空の輸送期間の差だけ船便の方は金利を負担するとして評価したい。

評価は二段階で、まず、アウトオブポケットで支出される費用ベースで比較し、次に陳腐化、保管費、金利などの要素を加味して評価してみよう。次のようなケースについてコスト比較を行う。

●ケースI 東京郊外の工場からシカゴ近郊の現地法人の倉庫まで輸送。電気製品2500キログラム、一五立方メートル、商品価格三千万円。

この例から分かるように、航空運賃は海上の六倍ほどだが、航空便の方が横持ち費用、保険料が安いので、航空は海上の三倍弱にとどまる（表2参照）。次に、同じケースについて陳腐化損、保管費、金利などを加味して比較する（表3参照）。この場合、航空便と船便はトータルコストでほぼ同じ

になる。（次号ではさらに具体的に、代表的な空輸品目についてトータルコストを比較する）

表3 航空輸送と海上輸送のコスト比較(2)
(陳腐化損、保管費等を考慮に入ると…)

	航空輸送	海上輸送
前掲の表の費用計	1,430,000	521,000
陳腐化損(注1)	0	600,000
保管費(注2)	60,000	300,000
金利差	0	46,000
総費用	1,490,000	1,467,000

(注1) 商品価格3千万円×2% (注2) 保管費(販売物流段階)は売上高の1%の30万円

●陳腐化損、保管費、金利などを加味した総費用では、航空と海上のコストはほぼ同じ。

表2 航空輸送と海上輸送のコスト比較(1)
(アウトオブポケットで支出される費用ベース)

	航空輸送	海上輸送
東京郊外の工場からシカゴ近郊の現地法人の倉庫までの輸送 電気製品2500kgs、15m ³ 、商品価格3000万円		
積み出しまでの諸費用(日本)	75,000	127,000
運賃(空港間/港間)	1,250,000	222,000
ドアまでの配送費用(注)	60,000	82,000
保険料	45,000	90,000
費用計	1,430,000	521,000

(注) 海上輸送では米西岸からシカゴまでの鉄道輸送費を含む。

●航空輸送では運賃以外の費用が海上輸送より安い、合計では依然割高。

J ONBOARD

2003 OCT/NOV Japan Airlines **10/11**

NO.407

Feature

トータルコスト・アプローチに迫る

Part 3

航空は高い輸送手段にあらず

パート2では東京からシカゴ宛に電気製品を輸送するケースを取り上げ、航空便と船便のコスト比較を行った。その結果、航空便は運賃が高いが、その他の費用は安くつき、トータルコストでは船便とほとんど差がないことが分かった。今回は前号で説明したトータルコストの考え方を、具体的な輸送商品に当てはめて試算する。

どの様な品目が空輸されているか？

ケース・スタディーに入る前に、どのような品目が最も多く空輸されているかを見てみよう(表1参照)。この表は米国の商務省統計に基づいて、日本から米国宛の空輸品目を、金額の多い順に三十位までリストアップしたものである。トップはMOS型ICであった。IC関係ではMOS型以外のタイプのIC(十五、十六位)、IC製造装置(二十位)やIC部品(二十六位)などがリストに上がっている。

トップ三十位までの品目では、IC、コンピュータ、周辺機器といったIT関連商品が多い。この表には各商品の航空利用率とキロ当たりの商品価格が示されている。例えば、第一位のMOS型ICの航空利用率は九九%、キロ当たり価格は一二〇四米ドルであった。同様に八位のTVゲーム機の航空利用率は七〇%、商品価格は一一二ドル/キロであった。この表から航空利用率とキロ当たりの商品価格は関連が

表1 日本から米国宛の航空輸送上位30品目(金額ベース)

航空利用率とKg当たり単価(2000年)

Ranking	品目	Air Ratio	US\$/kg	Ranking	品目	Air Ratio	US\$/kg
1	MOS型IC	99%	1,204	16	ハイブリッドIC	95%	986
2	ビデオカメラ	79%	252	17	セラミックコンデンサー	99%	396
3	再輸出品	91%	280	18	ラジオ・テレビ部品	80%	214
4	事務用機器部品	40%	198	19	圧電結晶素子	98%	780
5	コンピューター記憶装置	95%	186	20	IC製造装置	100%	301
6	コンピューター出入力機器	31%	187	21	セミコンウェハー	99%	662
7	電話機	83%	350	22	コンピューター	74%	133
8	TVゲーム機	70%	112	23	セミコンウェハー検査機	99%	259
9	医薬品	99%	986	24	医療用検査機器	87%	377
10	機械類	54%	157	25	カルボン酸	99%	7,389
11	ノートPC	96%	379	26	ICの部品	99%	290
12	光電性半導体デバイス	96%	746	27	電気式表示盤	91%	363
13	送受信機器	64%	216	28	蓄電池	86%	69
14	腕時計	83%	92	29	コンピューターその他の装置	90%	174
15	モノリシックIC	99%	716	30	リレー、スイッチ	87%	144

ハイテク商品は航空輸送に大きく依存

Source:US DCo

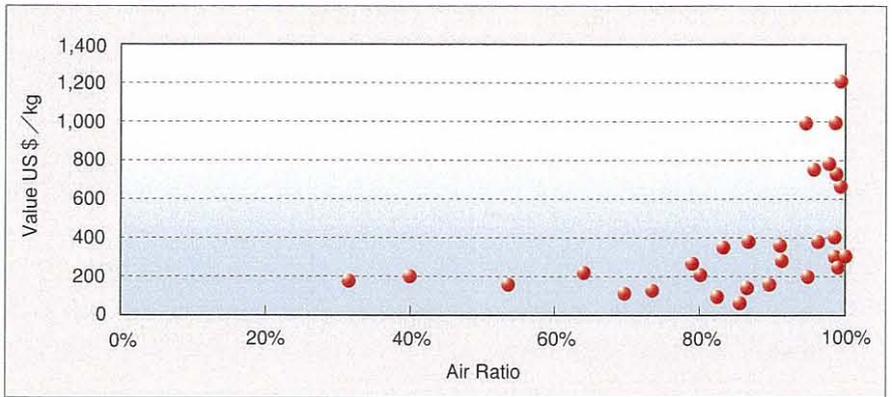
主要な空輸品目について航空便と船便をコスト比較する

表1からキロ当たり商品単価の異なる商品が数多くあることも分かる。

あるように思われる。その相関関係を見るために、これら三十品目の航空利用率とキロ当たり商品価格をドットにしたのが表2である。この表からキロ当たり価格が四〇〇ドルを超える商品は、八割以上空輸されていることが分かる。他方、キロ当たり価格が二〇〇ドル以下でも、七割以上空輸されている商品が数多くあることも分かる。

表2 商品のkg当たり単価と航空利用率

(日本から米国宛の航空輸送上位30品目、2000年)



kg当たりUS\$400以上の商品の航空利用率は8割以上

Source:US DoC

表3 TVゲーム機の輸送コスト比較

東京郊外の工場からシカゴ近郊の現地法人の倉庫まで輸送 TVゲーム機2300kgs、15m ³ 、商品価格2990万円(1.3万円/kg)		
	航空輸送	海上輸送
積み出しまでの諸費用(日本)	69,000	117,000
運賃(空港間/港間)	1,150,000	222,000
ドアまでの配送費用(注1)	55,200	75,400
保険料(注2)	44,800	89,700
陳腐化損(注3)	0	598,000
保管費(注4)	59,800	299,000
金利差(注5)	0	46,000
総費用	1,378,800	1,447,100

(注1) 海上輸送では米西岸からシカゴまでの鉄道輸送費を含む

(注2) 航空では1万円につき15円、海上はその2倍

(注3) 輸送期間の差4週間に2%の陳腐化損が発生。2990万円×2%=59.8万円

(注4) 製品段階の保管費は商品金額の1%に当たる29.95万円。航空ではこの1/5に

(注5) 金利を年2%と仮定。海上輸送は輸送日数分(4週間)の金利を負担する

表4 コンピューター記憶装置の輸送コスト比較

東京郊外の工場からシカゴ近郊の現地法人の倉庫まで輸送 コンピューター記憶装置3000kgs、15m ³ 、商品価格6000万円(2万円/kg)		
	航空輸送	海上輸送
積み出しまでの諸費用(日本)	90,000	127,000
運賃(空港間/港間)	1,500,000	222,000
ドアまでの配送費用(注1)	72,000	82,000
保険料(注2)	90,000	180,000
陳腐化損(注3)	0	1,200,000
保管費(注4)	120,000	600,000
金利差(注5)	0	92,000
総費用	1,872,000	2,503,000

(注1) 海上輸送では米西岸からシカゴまでの鉄道輸送費を含む

(注2) 航空では1万円につき15円、海上はその2倍

(注3) 輸送期間の差4週間に2%の陳腐化損が発生。6000万円×2%=120万円

(注4) 製品段階の保管費は商品金額の1%に当たる60万円。航空ではこの1/5に

(注5) 金利を年2%と仮定。海上輸送は輸送日数分(4週間)の金利を負担する

る三つの商品、TVゲーム機(キロ当たり一万三千円)、コンピューター記憶装置(同二万円)、ノートパソコン(同四万五千円)を取り上げてコスト比較を行ってみよう。まず、日本から米国宛で八番目に多かったTVゲーム機(航空利用率七〇%、商品価格一一二ドル/キロ)についてコスト比較する。輸送区間、出荷重量、容積、商品価格などを次のように設定する。

●ケースⅡ 東京郊外の工場からシカゴ近郊の現地法人の倉庫まで輸送。TVゲーム機二三〇〇キロ、一五立方メートル、商品価格二九九〇万円(一・三万円/キロ)。

米国ではビデオゲームという呼び方のほかに、メーカー名の「Nintendo」が一般名詞として使われるほどに、日本製のゲーム機は大変ポピュラーである。ゲーム機メーカー間の競争は激しく、特に新製品の売り出し時は大量に空輸されている。表3から分かるように、運賃は航空便が船便の五倍ほど高いが、陳腐化損なども考慮に入れたトータルコストで比較すると、航空便の方が安い。

しかし、TVゲーム機は以前ほど頻繁に新製品が出なくなった。また、新製品が出てもソフト供給の問題もあって、前の型の商品も引き続き売れている。即ち、TVゲーム機のライフサイクルが伸び、陳腐化スピードが落ちてきている。このような状況を反映して、TVゲーム機の輸送は最近、船便の方が多くなってきている。航空便は新製品の発売時やクリスマス商戦時に主に使われるようになってきた。しかし、メーカーは新製品の開発競争を続けているので、今後、画期的な製品が誕生す

れば、また、航空便の利用が増えるものと考えられる。

次に、日本から米国宛の輸出で五番目に多いコンピューター記憶装置(航空利用率九五%、商品価格一八六ドル/キロ)の輸送について見てみよう。ケースを次のように設定する。

●ケースⅢ 東京郊外の工場からシカゴ近郊の現地法人の倉庫まで輸送。コンピューター記憶装置三〇〇〇キロ、一五立方メートル、商品価格六千万円(二万円/キロ)

コンピューター記憶装置とは、磁気テープ装置、ハードディスク装置、光ディスク装置などである。コンピューター利用の高度化に伴い、ますます大容量・高速の記憶装置が求められており、技術の進歩が続いている。表4から分かるように、運賃は航空便が船便の七倍ほどだ。しかし、陳腐化損(控え目に見て週〇・五%、四週間で二%)を考慮に入れると、航空便の方が安くなる。表4の試算ではトータルコストで二五%も航空の方が安いという結果になった。TVゲーム機より単価の高いコンピューター記憶装置では、航空便のメリットがより大きくなる事が分かる。このような状況を反映して、コンピューター記憶装置では航空利用率が九五%にも達している。

最後に、日本から米国宛ノートパソコン(航空利用率九六%、商品単価三七九ドル/キロ)についてコスト比較を行ってみよう。

●ケースⅣ 東京郊外の工場からシカゴ近郊の現地法人の倉庫まで輸送。ノ

