

自動車運搬船による完成車の輸送計画に関する一考察

石原 良晃* 平木 秀作** 徐 祝淇*** 宿 元明****

A Study on a Transportation Plan by Pure Car Carriers

Yoshiaki Ishihara*, Shusaku Hiraki**, Zhuqi Xu*** and Yuanming Su****

Abstract

This paper aims to propose a method for making a transportation plan by pure car carriers. Car manufacturers transport finished vehicles by trailers and pure car carriers. In this paper, we consider transportation by pure car carriers, formulate a transportation model for a mathematical programming problem, and clarify the effectiveness of our model by numerical examples.

Key words: Pure car carriers, Transportation plan, Mathematical Programming

1. 目的

自動車産業における完成車の輸送は、専用船を用いた海上輸送とトレーラーによる陸上輸送からなる。本研究では、海上輸送による完成車の輸送を対象として、専用船による完成車の輸送計画を立案することを目的とする。

各地域に設置されているサービスセンターまで海上輸送され、そこから、トレーラーに積み替えられて各営業所に輸送される。M社では、2箇所の組立工場から、7箇所のサービスセンターに海上輸送されている。各サービスセンターでは、オプションの架装が行われ、その後、トレーラーにより各サービスセンターに輸送されている^[1]。

2. 完成車の輸送

完成車は、組立工場のそばにある積出港から、

本研究では、完成車の海上輸送を中心に検討を進める。

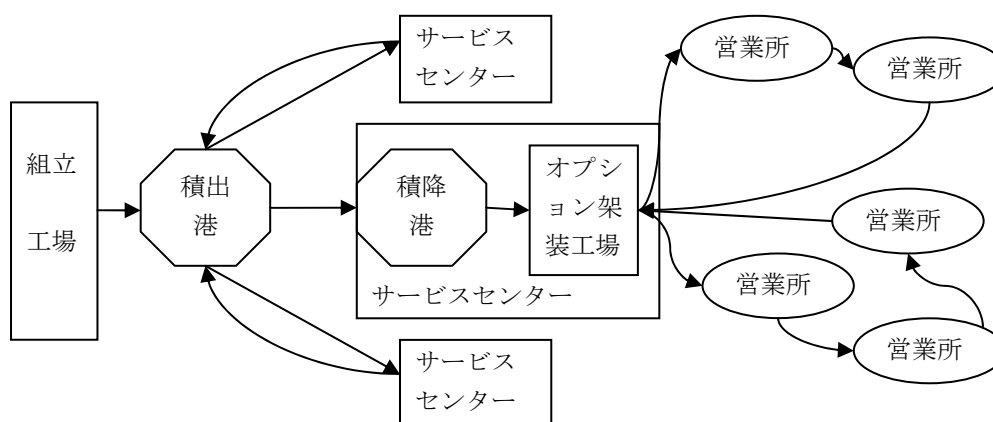


図1. 完成車輸送の概念図

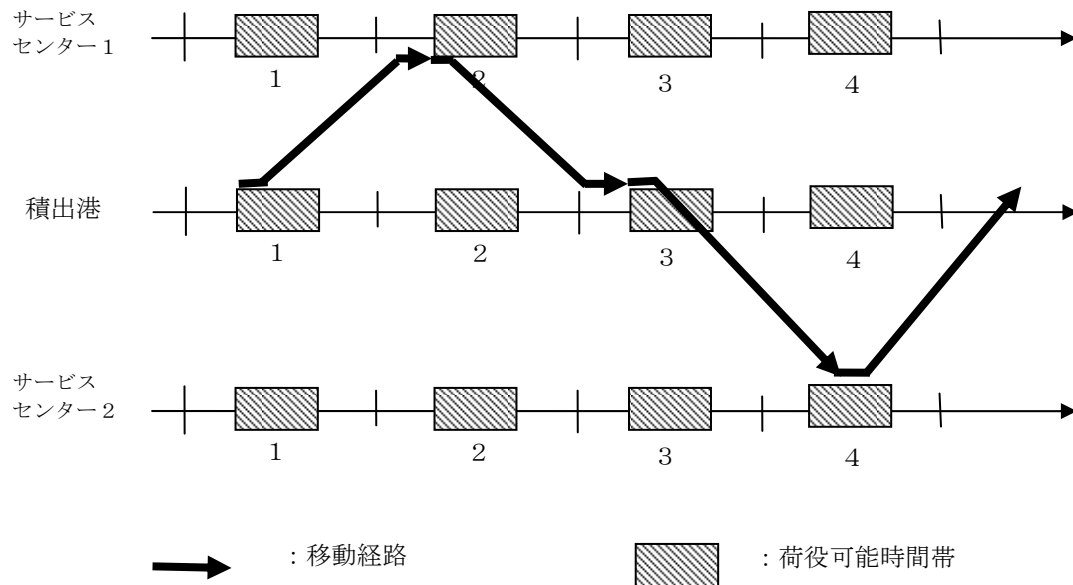


図2. 専用船の移動経路の概念図

2. 専用船による完成車の輸送計画モデルの構築

2.1 モデルの前提条件

- (1) 完成車の種類は1車種とする。
- (2) 各期のサービスセンター向け完成車の生産量を所与とする。
- (3) 使用する専用船によって輸送費は変化しない。
- (4) 積出港および積降港には荷役可能時間帯がある。
- (5) 各専用船の速度(能力)は、すべて同一とする。
- (6) 各専用船の積載可能能力は、異なるとする。
- (7) 積出港を1箇所とし、各地域への輸送は、積出港と積降港の往復により行われる。
- (8) 専用船の移動経路は、移動経路データベースから基本経路が抽出される。また、専用船は、計画期間中のある期の途中で利用可能になる場合には、次期から利用するものとする。

2.2 移動経路の作成

専用船の移動経路は、移動経路データベースから基本経路が抽出される。移動経路データベースに記録されている移動経路は、計画期間中に積出港を出発し、荷役可能時間帯を考慮して作成されている。

2.3 記号の説明

- K : 専用船の数
 R^k : 専用船 k の移動経路数
 L : サービスセンターの数
 t_l : 積出港からサービスセンター l への配送するた

めに必要な時間

- T : 計画期数
 E_l : 積降港 l に同じ期に入港できる専用船の数
 Q^k : 専用船 k の積載可能量
 T^k : 輸送機器 k の利用開始可能時刻
 s_j : 積出港およびサービスセンター j における荷役時間
 D_l^t : t 期中に完成するサービスセンター l 向けの完成車の量
 $\delta_{l,t}^{k,r}$: 専用船 k が移動経路 r を選択した場合に、 t 期に積出港からサービスセンター l へ配送することを示す係数
 $\gamma_{l,t}^{k,r}$: 専用船 k が移動経路 r を選択した場合に、 t 期にサービスセンター l に到着することを示す係数
 $P_{l,t}^{k,r}$: 専用船 k が移動経路 r を選択した場合に、 t 期に拠点 l への配送する量
 X_r^k : 専用船 k が移動経路 r を選択するかどうかを示す 0-1 変数
 I_l^t : t 期首に積出港にあるサービスセンター l 向けの完成車の在庫量
- 以上の記号を用いて、専用船による完成車の輸送計画モデルを構築する。

2.4 モデルの定式化

各専用船による輸送量が最大になるように完成車を割り当てることを考え、専用船による完成車の輸送計画モデルを数理計画モデルに定式化する^{[2],[3]}。

(1) 目的関数

$$Z = \sum_{k=1}^K \sum_{r=1}^{R^k} \sum_{l=1}^L \sum_{t=1}^T \delta_{l,t}^{k,r} \cdot P_{l,t}^{k,r} \longrightarrow Max$$

(2) 完成車の在庫量に関する条件

$$I_{t+1}^l = I_t^l + D_t^l - \sum_{k=1}^K \sum_{r=1}^{R^k} \delta_{l,t}^{k,r} \cdot P_{l,t}^{k,r}$$

$$(l = 1, \dots, L, t = 1, \dots, T)$$

$$\sum_{k=1}^K \sum_{r=1}^{R^k} \delta_{l,t}^{k,r} \cdot P_{l,t}^{k,r} \leq I_t^l$$

$$(l = 1, \dots, L, t = 1, \dots, T)$$

(3) 各専用船の積載可能量に関する条件

$$P_{l,t}^{k,r} \leq Q^k \cdot X_r^k$$

$$(k = 1, \dots, K, r = 1, \dots, R^k,$$

$$l = 1, \dots, L, t = 1, \dots, T)$$

(4) 目的港における専用船の同時入港制約

$$\sum_{k=1}^K \sum_{r=1}^{R^k} \gamma_{l,t}^{k,r} \cdot X_r^k \leq E_l$$

$$(l = 1, \dots, L, t = 1, \dots, T)$$

(5) 移動経路に関する制約

$$\sum_{r=1}^{R^k} X_r^k = 1 \quad (k = 1, \dots, K)$$

$$X_r^k \in \{0,1\}$$

$$(k = 1, \dots, K, r = 1, \dots, R^k)$$

(6) 変数の非負条件

$$P_{l,t}^{k,r} \geq 0$$

$$(k = 1, \dots, K, r = 1, \dots, R^k,$$

$$l = 1, \dots, L, t = 1, \dots, T)$$

$$I_t^l \geq 0 \quad (l = 1, \dots, L, t = 1, \dots, T)$$

3. 数値例

3.1 数値条件

数値例を用いて、専用船による完成車の輸送計画モデルの有用性を明らかにする。

(1) サービスセンターの数

$$L = 5$$

(2) 専用船の数

$$K = 10$$

(3) 計画期数

$$T = 5, 10$$

(4) 専用船の移動時間と荷役可能開始時間帯

表1に専用船の各サービスセンターまでの移動時間を示す。ただし、1期間は24時間で、荷役可能開始時間帯は、各期の8時～16時とする。

(5) 完成車の初期在庫量と各期の生産量

表2に各サービスセンターへの完成車の初期在庫量と各期の自動車生産量を示す。

(6) 専用船の積載可能量と利用開始可能期

表3に各専用船の積載可能量と利用開始可能期を示す。

(7) 専用船の利用可能経路数（利用開始可能期別）

表4に専用船の利用可能経路数を示す。

表1 専用船の各サービスセンターまでの移動時間

サービスセンター	1	2	3	4	5
移動時間（単位：時間）	48	36	24	12	16

表2 サービスセンターへの完成車の初期在庫量と各期の生産量

サービスセンター	初期在庫	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	200	50	200	150	150	50	150	200	50	100	150
2	400	250	200	150	200	150	150	200	150	200	150
3	300	300	150	200	300	150	200	150	300	200	150
4	100	200	300	150	300	250	200	300	150	200	250
5	300	50	100	50	150	150	150	100	50	100	150

表3 各専用船の積載可能量と利用開始可能期

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
積載可能量	300	300	550	300	250	250	300	550	250	300
利用開始可能期	2	1	2	3	2	1	3	1	3	1

表4 専用船の利用可能経路数（利用開始可能期別）

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
計画期間 5	108	49	22	10	5	—	—	—	—	—
計画期間 10	5892	2648	1195	535	243	108	49	22	10	5

表5 輸送計画（計画期数5）

専用船	積載能力	1		2		3		4		5	
1	300			5	300					4	300
2	300					5	150			3	300
3	550			3	550			3	400		
4	300							2	200		
5	250			4	250			1	250		
6	250									5	200
7	300					4	300			2	300
8	550	2	400							1	500
9	250							4	200		
10	300					2	300				

表6 サービスセンター別完成車の在庫の推移（計画期数5）

	1	2	3	4	5	6
サービスセンター1	200	250	450	600	500	50
サービスセンター2	400	250	450	300	300	150
サービスセンター3	300	600	200	400	300	150
サービスセンター4	100	300	350	200	300	250
サービスセンター5	300	350	150	50	200	150

表7 輸送計画（計画期数10）

船	積載能力	1		2		3		4		5		6		7		8		9		10	
1	300					4	300			5	300			2	300						
2	300					5	300			4	250			5	250					2	300
3	550			3	550			2	550					3	550					4	550
4	300							3	300					3	300			1	250		
5	250					2	250													1	100
6	250									2	250									5	150
7	300					1	300									4	300			3	300
8	550					3	200			4	450			1	550						
9	250					5	200			3	150								3	200	
10	300	2	200							1	100								2	200	

表8 サービスセンター別完成車の在庫の推移（計画期数10）

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
サービスセンター1	200	250	450	300	450	400	550	200	250	100	150
サービスセンター2	400	450	650	550	200	350	250	450	300	300	150
サービスセンター3	300	600	200	200	500	500	700	550	300	300	150
サービスセンター4	100	300	600	450	450	250	200	500	350	550	250
サービスセンター5	300	350	450	300	150	300	150	250	50	150	150

3. 2 計算結果

表 5 から表 8 に計画期間が 5 の場合と 10 の場合の輸送計画と完成車の在庫の推移を示す。計算環境は、PentiumD (3.20GHz)、メモリ 2.0GB、OS: WindowsXP、数理計画ソフトウェア Xpress-MP (Ver.2007A) である^[4]。

計算時間は、計画期数 5 の場合、3 秒程度、計画期数 10 の場合、4500 秒程度であった。

これらの計算結果より、輸送機器の経路を適切に選択して、生産される完成車をすべて配送している様子がわかる。問題点としては、どちらの問題においても、計画期間の最終段階で輸送を実施することにより、在庫をなくしているが、多くの輸送機器が同一時期に集中して使用されているため、次期の計画に問題が出る可能性があると思われる。

4. まとめ

本研究では、海上輸送による完成車の輸送を対象として、専用船による完成車の輸送計画を立案するための輸送計画モデルを構築し、数理計画ソフトウ

ェア Xpress-MP を用いて計算した。

今後の課題としては、Lagrange 緩和等を用いたヒューリスティクスを提案すること、および複数の積出港を考慮したモデルにすることなどが挙げられる。

参考文献

- [1] マツダ株式会社, 2006/会社概要, マツダ株式会社広報渉外本部 (2006)
- [2] 石原良晃, 平木秀作, “輸送用梱包材のリユースシステムにおける配送計画の立案”, 日本経営工学会論文誌, Vol.56, No.1, pp.54-63 (2005)
- [3] Christiansen, M., Fagerholt, K. and Ronen, D., “Ship Routing and Scheduling: Status and Perspectives”, Transportation Science, Vol.38, No.1, pp.1-18 (2004).
- [4] Dash Optimization Ltd., Application of Optimization with Xpress-MP (2000).

