論 文 要 旨

海運産業에 電子計算機의 活用이 數値解析法을 利用한 最適化(Optimization) 技法의 發達로 近間 活發히 進行되고 있다. 海運시스팀은 復雜한 合成體이고 要求機能의 多様性으로 因하여 시스팀 全體를 取扱하기에는 어렵고 困難하여 部分別로 研究가 進行되고 있는 實情이다.

船舶의 運航은 주어진 物理的 與件下에서 運送能率을 最大化 함으로써 利潤을 높일 수 있으며, 이 때 船舶의 特殊性과 費用節減이란 經濟性을 考慮하여야만 한다. 即, 船舶의 堪航性(Seaworthiness)을 最大化(Maximize)하고 運航費用을 最小化(Minimize)하는 效率的인 運航이 되도록 해야 한다.

運航費用은 航海費用과 港灣內의 費用으로 나눌 수 있으며, 船舶이 高速化되면서 港灣內에서 船舶이 遲滯함으로 因해 發生하는 費用의 比重이 커져 이를 最小化하고자 하는 努力이 傾注되고 있다.

港灣에서 船舶이 遲滯하는 커다란 理由는 港灣運送시스팀의 副次시스팀들이 圓滑하게 動作하지 못하거나 港灣의 容量自體가 到着하는 船舶의 容量을 收容하여 써어비스 할 수 없는 境遇가 大部分이다. 이러한 境遇에는 港灣內에서 輻輳現象이 發生하여 여러가지 副次시스팀 內에서 問題가 發生한다. 이렇게 하여 發生하는 問題中에서 荷役시스팀에 속하는 問題를 그 研究對象으로 하여 船舶에 貨物을 積載하고자 할 境遇에 주어진 條件(船舶自體의 物理的 條

件 및 外部 環境條件) 下에서 어떻게 하면 最短時間에 貨物을 積載하여 港灣內에서의 船舶遲滯時間을 줄일 것인가라고 하는 問題를 다루었다.

本 論文에서는 主로 船舶의 積載能力과 荷役器機가 지니는 여러가지 能力을 考慮한 第1段階의 積載問題에 對하여서만 硏究範圍로 하였으며, 問題의 解決은 線型計劃法에 依한 解析解를 基礎로 하여 人間의 經驗과 認識에 依한 發見的인 方法으로 하였다.

船舶에 貨物을 積載하는데 있어서 어느 船舶이 어떠한 貨物을 얼마만큼 積載할 것인가 하는 問題는 주어질 수 있는 값이며, 이때 荷役能率 또한 統計에 依하여 어느程度 近似的으로 現實性있게 求할 수 있는 값이다. 이러한 주어진 條件下에서 最小時間에 貨物을 積載함으로써 港內에서 船舶이 消費하는 時間을 最小化할 수 있다. 荷役完了時間의 最小化라는 觀點에서 各 船艙에 積載해야할 貨物種類別 量을 決定하는 問題에 對하여 論한다.

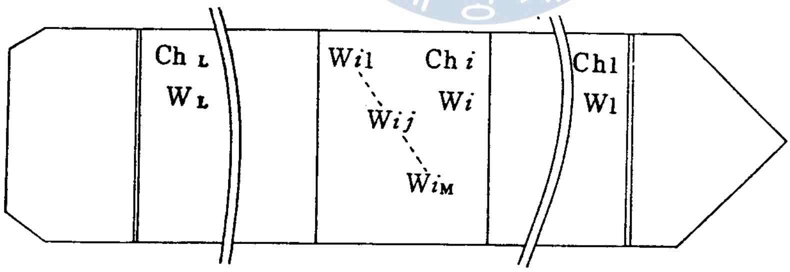


Fig. 1 Pattern of cargo allocation

Fig. 1과 같이 船艙L個의 船舶에 있어서 M種類의 貨物을 積載한다고 하고, 各 船艙 容積을 Ch_i, 船艙別 貨物種類別 量을 W_{ij}라 하면 船積해야 할 貨物總量 W는 船舶의 積載能力 C를 넘지 않아야 한다. 이 때 i番 船艙 j種 貨物의 荷役率을 U_{ij}라 하고, 總貨物量 W에 對한 船艙別 貨物種類別量 W_{ij}의 比率을 Y_{ij}라 하면 그 船舶의 荷役完了時間 TF는 다음과 같이 나타낼 수 있다.

$$TF = \max_i \max_j \left\{ \frac{W \cdot Y_{ij}}{U_{ij}} \right\}$$

이것은 荷役作業이 끝나는 마지막 貨物의 마지막 船艙에 依해 船舶의 荷役이 完了된다는 것을 뜻한다. 이 船艙을 特히 Command Hatch라 한다. 但, 여기에서는 各 船艙別, 貨物種類別로 同時에 荷役作業이 可能한 것으로 假定하였다.

Command Hatch의 荷役完了時間 TF를 最小化하는 것이 問題의 目的이며, 이것은 주어진 貨物種類別 量W_j 및 荷役能率 U_{ij}에 對하여 各 船艙別 貨物種類別 配定率 Y_{ij}를 어떻게 決定하느냐에 달려 있다. 이것은 船艙에 制限條件이 없다면

$$Y_{ij} = \frac{\frac{W_j}{W} \cdot U_{ij}}{U_{1j} + U_{2j} + \cdots\cdots\cdots + U_{Lj}}$$

$$\text{단)}\quad i = 1, 2, \cdots\cdots\cdots\cdots\cdots, L$$
$$j = 1, 2, \cdots\cdots\cdots\cdots\cdots, M$$

로 된다. 여기에서 TF_{ij}를 求하면

$$TF_{ij} = \frac{W_j}{U_{1j} + U_{2j} + \cdots\cdots + U_{Lj}}$$

$$단)\quad i = 1, 2, \cdots\cdots\cdots\cdots, L$$

$$j = 1, 2, \cdots\cdots\cdots\cdots, M$$

로 되며 이것은 荷役完了時間 TF를 決定짓는 基本要素이며 이 TF_{ij}에 依한 荷役完了時間 TF는 다음과 같이 決定된다.

$$TF = \underset{i\ \ j}{\mathrm{Maxmax}} \{ TF_{ij} \}$$

以上과 같이하여 貨物配置가 船艙容積의 制限에 關係없이 完了된다고 假定한 船艙을 最適船艙패턴이라고 한다. 그러나 實際에는 船艙容積에 制限이 있으므로 最適船艙패턴에 있어서의 貨物配置量과 實船艙과를 比較하여 超過貨物 또는 餘裕船艙容積을 計算한다.

$$Cse_i = Ch_i - W_i$$

이때의 貨物配置는 Cse_i (+) 인 船艙은 餘裕容積의 船艙이며, Cse_i (-)인 船艙은 貨物超過의 船艙이며, Cse_i (0) 인 境遇는 最適한 狀態로서 船艙의 餘裕容積 또는 貨物超過量이 없는 狀態의 船艙이다.

만약, 船艙容積과 貨物配置量과의 差異에서 Cse_i (-) 인 超過貨物이 있다면 Cse_i (+) 인 餘裕船艙에 移送하여야 하며 이 移送은 最適船艙패턴에서의 最大荷役時間의 增加를 가져오지 않는 範圍에서 하되 移送할 量은 貨物超過船艙에 남아있는 量보다 많지 않아야 하며, 餘裕船艙에 收容될 量의 合은 그 船艙의 餘裕容積을 超過하여서는

안된다. 이때의 貨物移送은 種類別로 하여야 한다.

即, $Csei(-) \rightarrow \mathrm{Min}\ \{Casi,\ Csei(+)\}$

로 表示할 수 있다.

이렇게 하여도 아직 船艙의 制限을 받는 貨物이 있다면 이러한 貨物은 다시 移送하여야 하며 이때에는 實際 荷役完了時間의 增加를 가져오므로 增加時間을 最小로 하여야 한다. 即, 超過貨物船艙의 貨物超過量 $Csei(-)$를 餘裕容積 船艙에 移送하되 이때의 移送量 Xij는 餘裕容積 船艙들의 貨物別 荷役率의 合에 따라 決定하여 餘裕船艙에의 移積 收容될 量의 荷役時間의 增加를 同一하게 하여야 한다.

即, $$Xij = Csei(-) \cdot \frac{\sum_i Uij}{\sum_i \sum_j Uij}$$

단) $i \in Csei(+)$

$j = 1, 2, \cdots\cdots, M$

이境遇 船艙容積에 超過配置된 量 $Csei(-)$는 超過된 船艙에 있어서 移送하여야될 貨物種類別量 Xij의 合과 같아야 하므로

$$\sum_{j=1}^{M} Xij = Csei(-)$$

단) $i \in Csei(-)$

이 된다.

이렇게 決定된 超過船艙의 移送量 Xij에 對하여 餘裕船艙들의 貨物種類別 荷役率에 따라 餘裕船艙에 收容配定될 量 $X'ij$를 決定한다. 이때의 移送 및 收容은 貨物種類別로 하여야 한다.

即,

$$X'_{ij} = X_{ij} \cdot \frac{U_{ij}}{\sum_{i} U_{ij}}$$

단) $i \in Cse_i(+)$

$j = 1, 2, \cdots\cdots\cdots, M$

이境遇의 餘裕容積船艙의 收容量 X'_{ij} 의 合은 그 船艙의 餘裕容積을 超過해서는 안되므로

$$\sum_{j=1}^{M} X'_{ij} \leq Cse_i(+)$$

단) $i \in Cse_i(+)$

를 滿足하여야 한다.

만약, 이때에 超過貨物의 移送量 X_{ij} 가 그 船艙의 貨物種類別量 W_{ij} 보다 많다면, 이 超過量에 對해서는 超過하지 않는 다른 貨物種類別 餘裕船艙들의 荷役率에 따라 다시 超過船艙의 超過貨物種類를 除外한 다른 貨物種類別 移送될 量 X_{ij} 를 求하여 移送하면 되고, 餘裕船艙들의 收容量 X'_{ij} 의 船艙別 合이 船艙餘裕容量보다 많다면 이 超過量에 對하여서도 다른 餘裕船艙의 荷役率에 따라 다시 X_{ij} 를 求하여 餘裕船艙으로 移送하면 된다.

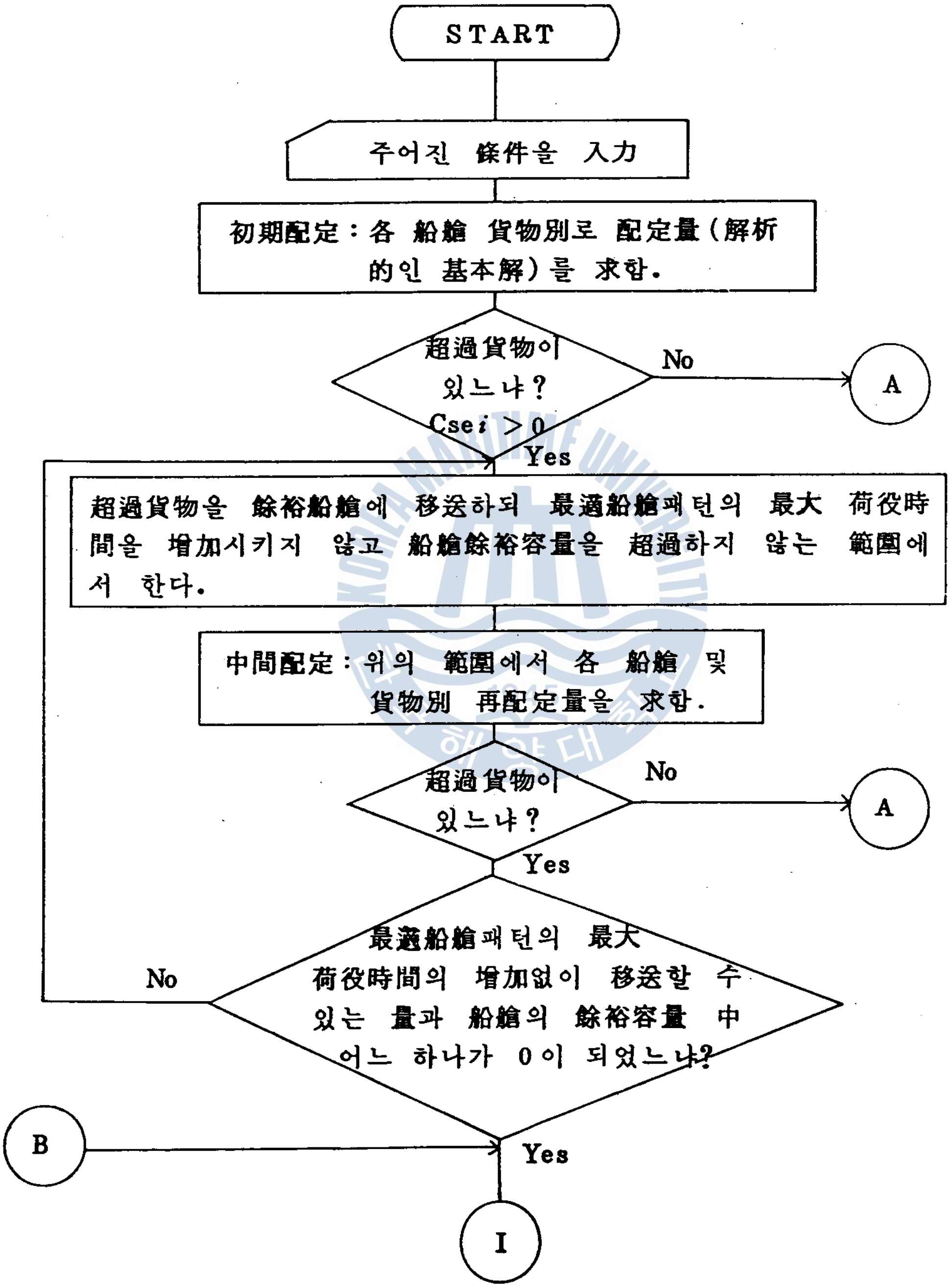
이렇게 하여 超過貨物船艙의 移積 및 餘裕船艙의 收容이 끝나서 貨物의 最適配置는 達成되며, 이때의 荷役完了時間은 餘裕容積이 있었던 最後船艙의 貨物 種類中 最大値에 依하여 決定된다. 即,

$$TF = \underset{i}{\mathrm{Max}}\,\underset{j}{\mathrm{max}} \{ TF_{ij} \}$$

이렇게 하여 決定된 荷役完了時間은 最小가 되고 埠頭荷役시스팀

의 積載效率은 極大化하게 된다.

以上의 過程을 要約 整理하여 Fig. 2의 順序圖에 보인다.



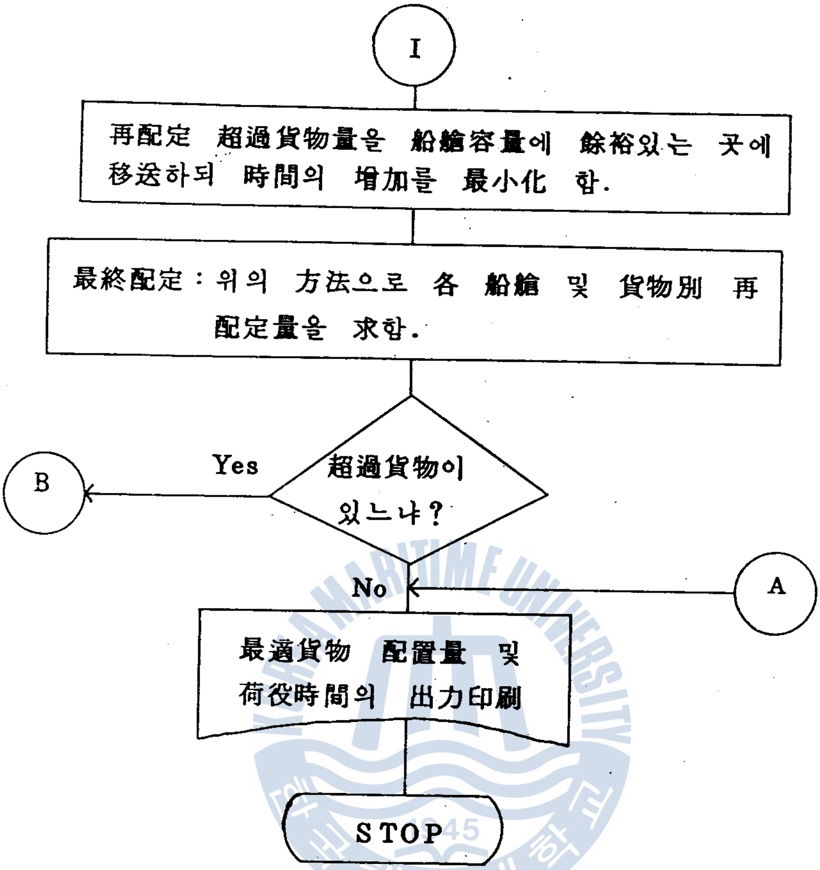


Fig. 2 最適貨物 配置問題의 順序圖

以上에서 提案된 發見的 알고리즘의 順序圖와 같이 電算프로그램을 作成하여 實際의 問題를 Modeling 하여 Simulation 한 適用例를 보이기로 한다.

A) 入力 DATA

- 船艙의 數 $L = 4$ 個
- 貨物種類 $M = 4$ 種
- 積載噸數 $C = 168{,}040$ 吨
- 貨物總量 $W = 168{,}000$ 吨
- 荷役率 U_{ij} (tons／hour)

i \ j	1	2	3	4
1	70	80	100	110
2	90	100	120	130
3	110	120	140	150
4	130	140	160	170

- 貨物種類別 構成比率 및 量 Y_j & W_j (tons)

j	1	2	3	4
Y_j	0.22	0.24	0.26	0.28
W_j	36,960	40,320	43,680	47,040

- 船艙容積 Ch_i (tons)

i	1	2	3	4
Ch_i	40,000	41,000	43,000	44,040

B) 出力 DATA

j / i	Wij				Wi	Chi	Csei	TFij			
	1	2	3	4				1	2	3	4
1	7,770	8,880	11,100	12,210	39,960	40 000	40	111.0	111.0	111.0	111.0
2	8,422	9,336	11,164	12,078	41,000	41,000	0	93.6	93.4	93.0	93.0
3	10,164	10,859	9,912	12,065	43,000	43,000	0	92.4	90.5	70.8	80.4
4	10,604	11,245	11,504	10,687	44,040	44,040	0	81.6	80.3	71.9	62.9
Total	36,960	40,320	43,680	47,040	168,000	168,040	40	* Max TFij : 111.0			

以上과 같이 最適貨物 配置量 W_{ij} 및 그때의 荷役完了時間 TF_{ij} 가 決定된다.