

海上交通量の效率的管理方案에 관하여

—(1) 交通管制 海域의 경우—

尹 明 五* · 李 哲 榮**

A Study on Optimum Control of Marine Traffic —In The Domain of Control Sector—

Myung-Ou Yun · Cheol-Yeong Lee

〈目 次〉

- | | |
|---------------|-------------------------|
| 1. 序 論 | 3.1 理論的 利用度の 均等配分 |
| 2. 問題의 定式化 | 3.2 實際的 利用度の 계산 및 均等配分 |
| 2.1 基本 概念의 定義 | 3.3 待機時間의 계산 |
| 2.2 定式化 | 4. 適 用 例 |
| 3. 發見的 알고리즘 | 5. 結 論 |

Abstract

As per the rapid development of world economics the marine traffic volume was increased accordingly and caused frequent disasters in human lives and natural environment in the consequence of accidents.

As the result of the above they started to establish Vessel Traffic System(VTS) and separation scheme in waterway from 1960' to prevent the marine traffic accident but the problem of safety at sea appears now is neither fully defined nor sufficiently analysed.

At the present, the dominant factor in establishing the strategy of marine traffic has been safety of navigation concerning only with the ship, but the risk of society derives almost wholly from the nature of cargo. To measure the degree of danger for each ship there is suggested concept of safety factor numbers denoting the level of latent danger in connection with ship and her cargo.

In this paper, where the strategy of VTS is put on controlling density of safety factor for control area, suggested algorithms how to assign the vessels and also to get optimal sequence of vessels allocated in a sector in the sense of minimizing the passage delay.

For the formulation of problem, min max and 0-1 programming methods are applied and developed heuristic algorithm is presented with numerical example to improve the efficiency of calculation.

* 正會員, 木浦海洋專門大學

** 正會員, 韓國海洋大學

- 1) 水路를 항해하는 모든 선박의 속도는 일정하다.
- 2) 水路내의 교통류는 一方向의 單線 通航流이다.
- 3) 선박과 선박간의 간격은 일정하다.
- 4) 獨立水路에서 水路 진입시의 통항순서는 水路를 완전히 벗어날 때까지 유지된다.

2.2.1 管制海域에 대한 交通量의 均等配分

대상 交通量을 水路통항의 연속성을 유지한다는 조건과 航路指定行列 $P=(P_{ij})$ 의 조건을 만족시키면서 管制水路에 配分하는 방법은 여러가지 다양한 경우가 발생할 수 있다. 발생 가능한 모든 경우의 집합을 B라 하고 그중의 한 원소를 Bt라 한다. b_j 를 Bt의 부분집합으로서 管制海域 j에 배정된 선박 통항렬이라 하면 모든 管制水路에 대한 실제적 이용도가 均等하도록 配分하는 목적함수는 min max를 사용하여

$$\min \max R^0(b_j) \quad (2.4)$$

단 $R^0(b_j)=\min R(b_j)$ 이다.

$R(b_j)$ 는 다음과 같이 定數 計劃法 중 0-1 계획법⁸⁾을 사용하여 구할 수 있다.

管制水路 j에 배정된 k척의 선박을 그룹화하여 실제적 이용도 R을 구하고자 할 때 그 그룹수를 $N(N=1\cdots N)$ 개라 하면 $[Y_{mn}]$ 을 그룹 配分行列로 하여 선박 m이 그룹 n번째 배정되면 $[Y_{mn}]=1$ 그렇지 않으면 0으로 나타내기로 한다.

각 그룹의 安全計數의 합은 水路容量을 넘지 못하므로

$$\sum_m S_m Y_{mn} \leq C_j \quad (2.5)$$

$$\text{단 } C_j \geq S_m > 0$$

또한 각 선박은 그룹중 하나에만 배치될 수 있으므로

$$\sum_n Y_{mn} = 1 \quad (2.6)$$

한편 $R^0(b_j)$ 를 구하기 위해서는 그룹의 갯수 N을 최소화해야 하므로 벌금 V_j 를 도입하면 목적함수는

$$\text{Minimize } Z = \sum(V_j \sum Y_{mn}) \quad (2.7)$$

단 $V_{j+1} \gg V_j$ 이며 만일 그룹이 갯수가 N을 넘지 않으면

$$V_{j+1} \gg NV_j, V_1 = 1 \text{로 하면 된다.}$$

2.2.2 水路内에서의 通航順序 배치

각 管制海域에 대하여 대상 交通量을 均等配分하는 문제는 식(2.4)에 의해 해집합이 결정되며 이 결과 임의의 水路 j를 통과하게 될 船舶列 집합은 b_j 로 주어진다. 이 b_j 는 생성과정에서 $\min R(b_j)$ 에 의해 결정되었으므로 실제로는 통항 선박을 水路容量을 단위로 하여 그룹화한 船舶列을 의미하는 것이며 이 船舶列이 水路에 진입함에 있어서 水路容量의 초과로 인하여 水路 입구에서 대기하게 되는 시간을 최소화 하기 위해서는 이 그룹 배치들이 깨지지 않는 범위 내에서 그룹의 배치 순서 및 개개의 그룹 내에서 선박의 배치 과정이 있어야 한다. 이러한 조건을 만족시키는 통항 순서열을 d_j 라 하고 이 순서열 중에서 통항 대기시간이 최소가 되는 d_j^* 를 구하는 문제를 생각해 본다. 水路 내에 있는 임의의 선박 i가 일정한 속도로 j 管制海域의 최종지점에 이르는데 걸리는 시간을 T_i , 선박간의 출발간격을 a, i 선박이 j 管制海域에 진입하기 위하여 대기하는 시간을 W_i 라 하면 통항렬의 순번을 정하는 목적함수는

$$d_j^* = \text{minimize } \sum W_i(d_j) \quad (2.8)$$

단 d_j 는 $R(b_j)$ 를 만족하는 배치순서열이다. d_j 는 b_j 로부터 $\min R(b_j)$ 를 만족하는 그룹화 된 船舶列의 집합으로서 그룹의 수를 N이라 하고 그룹이 생성되는 순서대로 번호를 부친다면

$$d_j = \{(x_m)^t, (x_n)^2, \dots, (x_k)^N\}_j$$

이므로 最適 船舶列을 구하는 문제는 그룹 내의 선박 및 그룹의 배치 순서를 조정하는 것으로 변환된다.

즉 예를 들어 용량이 10인 管制海域 j에 배정된 선박 그룹의 安全計數 집합이

$$b_j = \{3,4,3,5,6,2\} \text{로 주어지면 } R^0(b_j) = \{(3,5,2) \quad (4,6) \quad (3)\} = 2.3 \text{이 되며 } d_j = 3,5,2/4,6/3 \text{으로 주어지면 둘째 그룹의 첫 선박(4)은 첫째 그룹의 첫 선박(3)이 管制海域을 벗어난 시점에서 管制水路에 진입하면 安全計數의 합이 } 5+2+4=11 \text{로 되어 水路 용량을 초과하게 되므로 선박(5)가 水路를 벗어날}$$

때까지 水路 入口에서 대기하지 않으면 안된다.
그러나 선박 그룹 및 그룹 내의 선박 배치 순서를 조정하여

$d_j=6,4/5,3,2/3$ 으로 통항 순번을 배치하면 이러한 대기가 발생치 않으므로 이러한 통항열이 d_j^* 가 된다.

d_j 의 각 그룹의 요소수 즉 k 번째 그룹의 선박 척수를 $W(k)$ ($k=1,2,\dots,N$)라 하면 배치 문제의 실질로부터 다음의 정리를 얻는다.

(정리1) j 管制海域에 配分된 모든 선박이 대기 시간이 없이 管制海域에 진입하는데 걸리는 시간은

$$T=(N-1)T_j+\{W(N)-1\}a+\sum C(k)a \quad (2.9)$$

단 $C(k)$ 는 $\{W(k)-1\}a=C_j$ 면 1
 $\{W(k)-1\}a<C_j$ 면 0

(증명) 한 선박그룹이 일정 속도로 j 管制海域에 입하면 그 最先頭에 있는 선박이 管制海域의 점에 도달하는데 걸리는 시간이 T_j 이므로 $(N-1)$ 개의 그룹에 대해서는 $(N-1)T_j$ 시간이 소요된다. 또한 N 번째 그룹의 선박 척수는 $W(N)$ 이므로 N 번째 그룹 전체가 진입을 완료하는데에는 선박의 간격이 있으므로 $\{W(N)-1\}a$ 만큼 소요된다.

한편 연이은 그룹과 그룹과의 간격은 앞에 진되는 그룹에서 $\{W(N)-1\}a=C_j$ 이면 a 만큼의 간격이 발생되고 $\{W(N)-1\}a<C_j$ 이면 그룹간의 간격을 발생치 않는다.

(정리2) d_j 의 m 및 $m+1$ 번째 그룹의 i 번째에 치하는 선박의 安全計數를 각각 $S_i(m)$, $S_i(m+1)$ 이라 두면 두 그룹사이에서 대기시간이 발생하지 않도록 선박을 배치하는 必要充分 條件은 $W(m)\leq m+1$ 이고 $S_i(m)\geq S_i(m+1)$ 이다.

(증명) $m+1$ 그룹의 선박이 管制海域에 진입하기 위해서는 m 그룹의 모든 선박이 管制海域을 지나야 하므로 이 과정은 順次的으로 이루어진다.

지금 $\Delta C_j(m)=C_j-\sum S_i(m)$, $\Delta S_i= S_i(m)-S_i(m+1)$ 라 두면, 순차적으로 $m+1$ 그룹이 管制海域에 기없이 진입하기 위해서는, 첫번째 선박의 경우

$\Delta C_j(m)+S_1\geq 0$ 2번째 선박의 경우, $C_j(m)+S_1+S_2\geq 0$, N 번째 선박의 경우 $C_j(m)+\sum \Delta S_i\geq 0$ 의 조건을 만족하지 않으면 안된다. 또한 $W(m)<W(m+1)$ 인 경우 $W(m+1)-W(m)=W^*$ 라 두면 $C_j(m)+\sum_{(m)} \Delta S_i=\sum W^* S_i$ 가 성립한다. 따라서 $\Delta C_j(m)=0$ 인 경우까지를 고려한다면, 필요충분 조건은 그룹에 대해서는 $W(m)\leq W(m+1)$, 그룹내의 선박에 대해서는 $S_i(m)\geq S_i(m+1)$ 를 만족하도록 배치하면 대기 시간은 발생하지 않는다.

3. 發見的 알고리즘

다양한 형태로 구성된 각 管制海域에 대해 對象 交通量을 最適으로 均等配分하는 문제는 진술한 바와 같이 管制海域에 대해 配分 가능한 선박의 부분 집합이 B_t 로 주어지면 이를 대상으로 하여 실제적인 이용도를 균분하는 船舶列의 집합 $R^0(b)$ 를 구하고 모든 가능한 경우에 있어서 각 管制海域에 대해 실제적 이용도를 최소로 하는 解의 集合 $\min \max R^0(b)$ 구한 후 대기 시간이 최소로 되도록 그룹 및 선박의 배치를 조정하여 최적 船舶列 d_j^* 를 구함으로써 해결될 수 있다. 그러나 交通量이 증가하면 配分 가능한 선박의 부분 집합 B_t 의 수는 指數函數的으로 증가하며 d_j 를 구하기 위해 소요되는 0-1 계획법에 의한 계산 시간 또한 급증하여 계산량이 방대해진다. 따라서 아래에서는 이러한 문제를 개선하기 위해 발견적인 방법을 도입하여 계산 시간을 단축하는 알고리즘을 제시하며 그 내용을 간단히 요약하면 다음과 같다.

1) 각 lane에 대해 이론적 이용도가 가급적 均等해 지도록 기초배정 b_j 를 구한다. 從屬水路가 있는 lane에서는 이 b_j 를 같은 요령으로 再配分한다.

2) b_j 에 대해 실제적 이용도 R 을 구한다.

3) 기초배정 b_j 를 항로지정행렬 P 와 U_j 의 범위 안에서 재조정된 b_j' 를 구하고 동시에 실제적 이용도를 구한다.

4) b_j' 에 대해 3)의 과정을 재조정 가능 경우가 있는 한 반복한다.

5) $\min \max R(b)$ 이 되는 配分 B_t 를 찾아내고

그때의 각 管制水域의 船舶列 b_j^* 를 최적 배정으로 한다.

6) b_j^* 에 대해 통항시간이 최소화 되도록 d_j^* 를 구하고 이에 다른 지체시간을 계산한다.

이상의 과정을 수행하기 위한 알고리즘을 이론적 이용도, 실제적 이용도 및 最適 船舶列을 구하는 문제 순으로 설명하기로 한다.

3.1 이론적 이용도의 均等 配分

管制水路의 배치형태는 單線形으로 배치되어 있는 형태와 從屬水路가 있어 서로간의 영향을 미치는 경우로 크게 분류해 볼 수 있다. 이론적인 이용도를 均等화 하는데 있어서는 각 獨立水路에 있어 U_j 가 최대가 되는 값들간의 차를 최소화 하는 것이며 따라서 각 lane에서 U_j 가 최대가 되는 管制海域을 그 lane의 代表海域으로 하면 전 管制海域은 이러한 代表海域이 병렬로 배치된 것으로 단순화 할 수 있다.

단선형의 水路에서는 水路 内の 管制海域 중 용량이 가장 작은 곳이 代表海域이 되며 從屬水路가 있는 경우에는 幹線이 되는 水路의 용량을 C_j 라 하고 分枝를 이루는 水路의 용량을 C_k 라 하면

$C_j(=, <, >) \Sigma C_k$ 의 관계가 성립한다.

管制海域 C_j 를 통과하는 전 交通量의 安全計數 합을 ΣS 라 하면

$$1) C_j < \Sigma C_k \text{ 이면 } \Sigma S / C_j > \Sigma S / \Sigma C_k \text{ 므로 } \max U \text{가 발생하는 管制海域은 } C_j \text{가 된다.} \quad (3.1)$$

$$2) C_j > \Sigma C_k \text{ 이면 } \Sigma S / C_j < \Sigma S / \Sigma C_k \text{ 므로 } \max U \text{가 발생하는 管制海域은 } C_k \text{가 된다.} \quad (3.2)$$

이상과 같은 방법으로 구한 x개의 lane별 代表 管制海域의 용량 C_{LX} 에 대해 전체 對象 交通量을 이론적 이용도가 均等하도록 기초 配分하고 從屬的인 管制海域에 대해서는 이 lane별 기초배분을 再配分하는 2단계의 과정을 거침으로써 交通量의 均分 문제를 해결할 수 있다.

이상의 내용을 이용하여 발견적으로 최적의 配分列을 구하는 과정을 정리하면 다음과 같다.

1) 각 lane별 代表 管制海域을 찾아 그 용량

C_{LX} 를 그 水路의 代表용량으로 하여 전체 水路 병렬형으로 간략히 한다.

2) 管制海域 전체의 이론적인 이용도의 평균 $U^* = \Sigma S / \Sigma C_{LX}$ 의 값을 獨立水路 L_x 의 配分 交通量으로 하여 初期 配分 선택 집합 b_j 를 구한다.

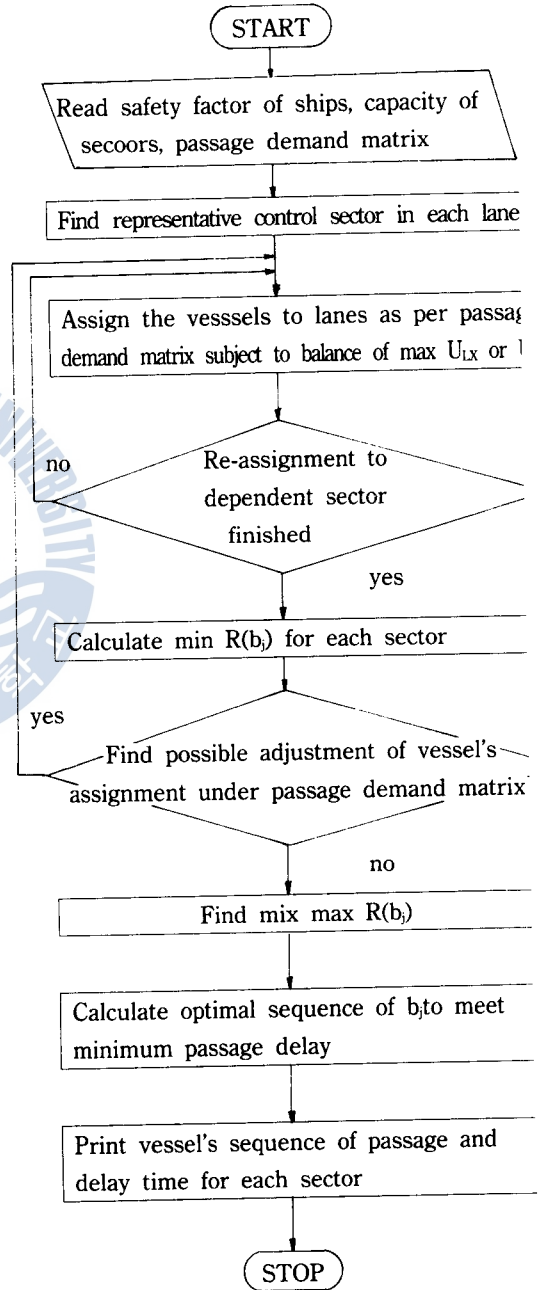


Fig. 3.1 Flow chart of heuristic algorithm

3) 종속적인 管制海域에 대해서는 配分된 초기 b_i 를 기초로 하여 2)의 과정을 반복한다.

3.2 실제적 이용도의 계산 및 그룹화

水路의 실제적 이용도 R 은 그 管制海域에 배당된 對象 交通량을 정해진 水路容量을 넘지 않는 범위 내로 그룹화하기 위해 계산되는 것이며 이 그룹의 갯수 N 의 최소화를 통하여 통항 시간을 최소화할 수 있다. 발견적 방법에 의해 對象 交通량을 그룹화하는 과정은 다음과 같다.

i) 배정된 對象交通량을 安全計數의 크기에 따라 내림차순으로 배열한다.

ii) 첫째 선박을 그룹(1)에 배정하고 나머지 배열에서 $\sum Si = C_j$ 가 되는 조합이 있는가 탐색하여 만일 있으면 이들을 한 그룹으로 묶어 배열에서 제거한다.

iii) ii)의 과정을 다음 그룹에 대해 내림차순으로 시행한다.

iv) 각 그룹의 여분 ($C_j - \sum Si$)의 크기에 따라 올림차순이되게 그룹을 배열한다.

v) 남은 배열의 첫째 선박은 그것을 수용할 수 있는 첫째 그룹에 배치한다.

vi) v)의 작업이 적용된 그룹에 대해 ii)작업을 수행한다.

vii) iv)의 작업을 반복시행

viii) 배열에 모든 선박이 배치 완료될 때까지 v) vi) vii) 작업을 반복한다. 이렇게 하여 얻어진 그룹의 갯수를 N 이라 하고 N_0 를 배치된 선박을 그룹화할 때 가능한 최소의 그룹수라 하면 N_0 는 다음과 같이 구해진다.

$$N_0 = \lceil \sum Si / C_j + 0.999 \rceil \quad (3.3)$$

단 $\lceil \quad \rceil$: gaussian bracket

따라서 $N = N_0$ 이면 最適解임이 분명하나 $N > N_0$ 이면 N 은 最適解가 아닐 수 있다. 따라서 이 경우는 위의 알고리즘의 일부를 변경하여 다음과 같은 재조정 작업을 수행함으로써 最適解를 얻을 수 있다.

1) 알고리즘의 i)-iv)까지를 수행한다.

2) 한 그룹에 두번째의 선박이 배치되는 시점에서 이 선박을 이 그룹이 아닌 배치 가능한 다음 그룹에 배치한다.

3) 모든 선박이 배치 완료될 때까지 알고리즘에 따라 반복적으로 배치를 계속한다.

4) N 값을 구하여 $N = N_0$ 이면 여기에서 얻어진 배열이 최적이다. $N > N_0$ 이면 단계 2)에서 다른 방안을 택하여 재조정 작업을 한다.

3.3 待機時間의 계산

3.2 과정을 통하여 실제적 이용도 R 을 최소화하는 과정에서 각 그룹의 밀도를 최대화 함으로써 그룹의 갯수 N 을 최소화 할 수 있다.

이와 같이 管制海域에 같이 진입할 수 있는 선박그룹의 대기 시간을 최소화함으로써 水路 통항 시간을 최소화하는 문제는 그룹의 통항순서와 각 그룹내의 선박 배치가 가능하면 정리 2)에 따라 이뤄지도록 조정하지 않으면 안된다.

이와 같은 조정 작업의 순서를 정리하면 다음과 같다.

1) N 개의 그룹 내의 선박을 安全計數의 크기순으로 배열한다.

2) 그룹을 선박척수의 순서로 배열한다.

3) 정리 2)에 따라 순차적으로 계산하여 이 조건을 만족하지 않는 횟수가 대기시간이 된다.

4. 適用 例

4.1 管制海域의 배치 형태와 對象交通量の 조건

그림 4-1의 형태로 8개의 管制海域이 배치된 경우에 있어서 각 管制海域의 집합을 C , 管制對象이 되는 선박의 집합을 S 로 나타내기로 하고 i 번째 선박의 安全計數가 s_i 인 경우 V^s 로 이 선박을 나타내기로 하고 통항지정 행렬을 P 로 하여 다음과 같이 주어진다 하자.

$$C = \{C_j\} = [8, 10, 7, 6, 10, 6, 7, 7] \quad j = 1, 2, \dots, 8$$

$$S = \{S_i\} = [4, 3, 3, 4, 5, 6, 3, 2, 6, 4, 4, 3, 2, 3, 2, 2, 3, 3, 4, 5]$$

$$i = 1, 2, \dots, 20$$

$$P = \{P_{ij}\} = \begin{pmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 \\ 1 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 \\ 1 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 1 \\ 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 1 & 1 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 \\ 1 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 \\ 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 \end{pmatrix}$$

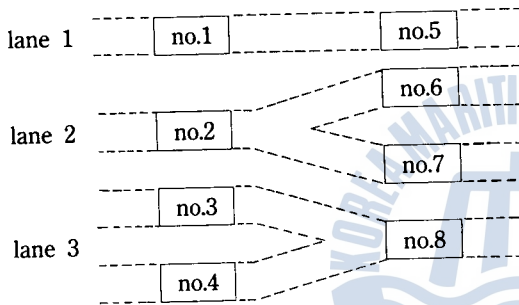


Fig. 4.1 Distribution of control sectors in numerical example

4.2 對象交通量の 管制水路 배정

(1) 管制海域의 單純化

從屬水路를 갖는 水路를 포함하여 각 Lane별 代表水路를 찾아내고 전체 管制海域은 이 代表水路가 병렬로 배치된 것으로 단순화 한다.

1) Lane 1의 代表水路는 $\text{Min } C_j = \text{No.1}$ 水路가 된다.

2) Lane 2의 代表水路는 $C_2 < C_5 + C_6$ 이므로 No.2 水路가 代表水路가 된다.

3) Lane 3의 代表水路는 $C_3 + C_4 < C_8$ 이므로 (No.3 + No.4) 水路가 代表水路이다.

(2) 각 Lane별 配定 交通量の 결정

전체 Lane의 이론적 이용도 U_{Lx} 의 평균 U^* 는

$$U^* = \frac{\sum Si}{C_1 + C_2 + C_3 + C_4} = 2.15$$

U^* 를 근거로 한 Lane별 交通量の 결정 결과

lane	formula	配定 交通量 $\sum S(Lx)$	max U_{Lx}
L_1	$[C_1 + U^*]$	18	2.25
L_2	$[C_2 + U^*]$	23	2.3
L_3	$[C_3 + C_4] \times U^*$	30	2.3

[] : $\sum S(i) = \sum Si$, $\min \max U_{Lx}$ 가 되게 조정함을 의미

(3) 從屬 水路가 있는 lane에서의 交通量 再配定

$$U_{L2}^* = \frac{\sum S(L2)}{C_6 + C_7} = 1.77$$

No.6水路 $[U_{L2}^* \times C_6] = 11 : U_6 = 1.6$

No.7水路 $[U_{L2}^* \times C_7] = 12 : U_7 = 1.86$

$$U_{L3}^* = \frac{\sum S(L3)}{C_3 + C_4} = 2.3$$

No.3水路 $[U_{L3}^* \times C_3] = 16 : U_3 = 2.23$

No.4水路 $[U_{L3}^* \times C_4] = 14 : U_4 = 2.23$

(4) 각 管制海域에 대한 對象 交通量の 基本 配定

통항 지정 행렬 P 및 水路通航의 연속성을 고려하여 각 水路별로 交通量を 배정하고 발견적 방법에 의해 그룹화한 결과는 다음과 같다.

基本配定 1)

水路番號	d_j	$R^0(d_j)$
No.1	$(V^4_1 V^4_{10})(V^5_{20} V^3_3)(V^2_8)$	2.25
No.2	$(V^4_{11} V^6_9)(V^2_{13} V^3_2 V^5_5)(V^3_{12})$	2.3
No.3	$(V^3_7 V^2_{15} V^2_{16})(V^6_9)(V^3_{12})$	2.42
No.4	$(V^3_{17} V^3_{18})(V^4_4)(V^4_{19})$	2.66
No.5	$(V^5_{20} V^3_3)(V^4_1 V^4_{10} V^2_8)$	2.0
No.6	$(V^6_9)(V^5_5)$	1.83
No.7	$(V^4_{11} V^2_2)(V^3_{12} V^2_{13})$	1.7
No.8	$(V^6_9 V^4_4 V^3_{17} V^2_{15})(V^3_{18} V^3_7 V^4_{19} V^2_{16} V^3_{14})$	2.0

* 基本配定2 : (기본배정 1의 조정)

L_1 의 V^5_{20} 와 L_3 의 $V^3_{14} V^2_{15}$ 를 교환 배치하는 경우

$$R^0(b_1) = (V^4_1 V^4_{10})(V^3_3 V^3_{14} V^2_{15})(V^2_{15}) = 2.25$$

$$R^0(b_3) = (V^6_9)(V^4_{19} V^3_{17})(V^3_{17}) = 2.42$$

$$R^0(b_4) = (V^5_{20})(V^4_4 V^2_{16})(V^3_{18}) = 2.50$$

따라서 $\text{Max } R^0(b_j) = R^0(b_4) = 2.50$

이와 같은 요령으로 基本 配定の 조정작업을 계속 시행한 결과 $\min \max R^0(b_j)$ 는 기본배정 2임을 발견하였다.



4.3 通航 待機 時間의 계산

정리2)에 따라 $R^0(b)$ 에 의한 그룹을 재배치하여 통항 순번을 결정하고 대기 시간을 계산한 결과는 다음과 같다.

Lane	水路番號	d_j^*	delay
L1	No.1	$V_1V_{10}/\sqrt{V_3V_{14}V_8}/V_{15}$	0
	No.4	$V_1VV_{10}/\sqrt{V_3V_{14}V_8}V_{15}$	0
L2	No.2	$V_6V_{11}/\sqrt{V_5V_2V_{13}V_{12}}$	0
	No.6	V_6/V_5	0
	No.7	$V_{11}V_2/\sqrt{V_{12}V_{13}}$	0
L3	No.3	$V_9/\sqrt{V_{19}V_7}/V_{17}$	0
	No.4	$V_{20}/\sqrt{V_4V_{16}}/\sqrt{V_{18}}$	0
	No.8	$V_9V_{20}V_{19}/\sqrt{V_4V_7V_{16}V_{18}}$	0

5. 結 論

本 論文에서는 交通 管制의 목적을 管制 海域 内에서 難 事故가 發生한 경우 피해를 最小化하기 위한 한 안으로 선박에 대해서는 사고의 발생시 船舶 자체 및 물의 特性에 의한 危險 水準을 등급화한 安全計數를 여하고 各 管制 海域에 대해서는 최대로 수용할 수 是 安全計數를 그 水路의 용량으로 하였을 때, 다 한 형태로 배치된 各 管制 海域에 대해 對象 交通量을 適 配置하여 危險 水準이 최저가 되도록 하고, 또한 航 順序를 管制하여 水路 容量 초과에 의한 船舶 待 時間을 最小化하는 알고리즘을 개발하였다.

문제를 定式化 하는 방법으로 min max 수법과 定數 劃法을 사용하였으며 이때에 發生되는 계산량 및 계 시간이 과다하게 소요되는 문제를 개선하기 위해 견적 알고리즘을 개발, 제시하고 예제를 통하여 그

유용함을 보였다.

선박과 水路에 대해 부여하는 安全計數의 算定 基準 에 대해서는 앞으로 좀 더 體系的인 연구가 있어야 할 과제로 생각하며 本 논문에서 제시한 알고리즘은 여기 서 다른 문제 뿐 아니라 부두의 길이와 선박의 길이가 다양하게 주어진 경우 부두의 이용율을 최대화하기 위한 船舶의 배치 문제 등에서도 活用될 수 있을 것으로 생각된다.

참 고 문 헌

- 1) 우리나라 沿岸의 海上 交通 管理시스템 設置를 위한 기초 연구: 韓國海洋大學 附設 海事 基礎科學研究所, 1988.
- 2) Wlodzimierz Filipowicz : Traffic Control in Sparation schemes, Journal of Navigation, Vol. 36.
- 3) Micael D. clittk : Traffic Models for use in Vessel Traffic System, Journal of Navigation, Vol. 35.
- 4) K. Glas : Crossing Traffic Separation Schemes, Journal of Navigation, Vol. 31.
- 5) Kostas Giakis : Economic Aspects of Marine Navigational Casualties, Journal of Navigation, Vol. 35.
- 6) Dr. Elisabeth Goodwin and R. B. Richardson : Strategie for Marine Traffic, Journal of Navigation, Vol. 33.
- 7) 李哲榮: 시스템 工學概論, 文昌出版社, 釜山, pp. 190~196.
- 8) Ronald V. Hartly : Operation Research, Good Year Publishing company, 1976, pp. 473~486.

