

9. McDowell, D.M., O'Conoor, B.A. (1977) : Hydraulic behaviour of estuaries, McMillan Press, pp.13-16, 49-78.



韓國沿岸의 交通管制對象海域 評價에 關하여

On the Mathematical Model for Evaluating the Applicability
of the Vessel Traffic Management System

李 相 和

Sang-Hwa Lee



〈 目 次 〉

Abstract	3.2.1. 海難事故件數
1. 序 論	3.2.2. 海上交通量
2. Model 의 構成	3.2.3. 안개 發生日數
2.1. 問題의 記述	3.2.4. 海域의 複雜性
2.2. 評價項目	4. 綜合評價
2.3. Model 의 構成	4.1. 重要度の 同定
3. 海域의 特性	4.2. 對象海域의 綜合評價
3.1. 對象海域	5. 結 論
3.2. 海域의 特性	參考文獻

Abstract

The amount of cargoes and fishery production have increased continuously during the last decade due to the great growth of the Korean economy. These increasements have made our coastal traffic congested, and the future coastal traffic is also expected to increase considerably.

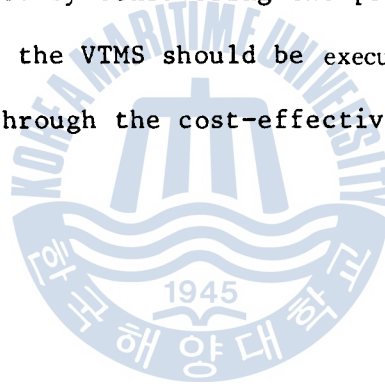
The increased traffic can be a cause of large sea pollution as well as greater sea casualties such as properties and human lives, which could result in a big national loss. In order to prevent the sea-casualties and promote the safety of coastal traffic, the Vessel Traffic Management System (VTMS) along the Korean coastal waterway is inevitably introduced. But, the precise evaluation is necessary required prior to the implementation of VTMS because this system necessitates a huge amount of budgets.

This paper aims to propose the model of evaluation process, but the evaluation as to the urgency of establishment is not only very complicated and fuzzy but also affected by the subjectivity of human. Therefore, fuzzy integral is adopted as the mathematical model of evaluation in which decision-maker can intervene by making final decision considering the calculated membership-function.

Four aspects, namely, the frequency of sea-casulties, the

traffic volume, the frequency of foggy day, and the complexity of waterway are selected as the item of evaluation, and the fuzzy measure are applied to the evaluation of 8 candidated regions such as the adjacent area to the port Inchen, Kunsan, Mokpo, Wando, Yosu, Pusan, Pohang, Donghae.

As a result of evaluation, the priority as to the candidated regions is obtained, and the following prior execution regions, namely, the adjacent area to the port Pusan, Yosu, Mokpo & Wando are selected by considering the present situation, but, in the long run, the VTMS should be executed in the whole coast of the nation, through the cost-effectiveness analysis.



제 1 장 序 論

最近, 우리나라 沿岸에서의 海上交通量 幅輳 및 海難事故 頻發로 인하여 沿岸海域의 海上交通을 管理해야 할 必要性이 增大되고 있다. 뿐만 아니라 國際적으로도 海難救助의 汎國際的 協力體制의 構築이라는 側面에서 各國에 沿岸交通管制시스템의 構築을 慫慂하고 있다. 一般적으로, 沿岸交通管制시스템을 導入하는 데에는 엄중한 費用을 必要로 하므로 어떤 海域에 管制시스템을 導入하고자 할 境遇에는 事前에 嚴密한 評價를 行할 必要가 있다. 그러나, 現實적으로 그 評價基準은 定立되어 있지 않는 實情이다.

本 論文에서는 이러한 점에 注目하여, 우리나라 沿岸海域을 8 개 海域—인천近海海域, 釜山近海海域, 목포近海海域, 완도近海海域, 여수近海海域, 부산近海海域, 포항近海海域, 동해近海海岸—으로 區分하고, 이들 海域의 管制必要性을 體系的으로 評價하는 方法을 提示하고자 하였다.

評價項目으로는, 海難事故件數, 交通量, 안개발생일수 및 海域의 複雜性を 採用하였으며, 評價 model 로는 評價項目의 重複성과 評價에 따르는 評價者의 主觀性을 考慮하여 Fuzzy(애매) 적분 model 을 導入하였다.

本 研究은 5 개의 章으로 構成되며, 제 2 장에서는 model 의 構成, 제 3 장에서는 海域의 特性, 제 4 장에서는 綜合評價를 다루었으며, 제 5 장에서는 結論을 내리고 있다.

제 2 장 Model의 構成

2.1. 問題의 記述

最近, 海上交通量の 急激한 增大로 인하여 海難事故가 頻發함에 따라 海上에서의 交通流를 積極的으로 管理하여 海難事故를 未然에 豫防하고자 하는 努力이 國際的으로 繼續되고 있다.

海上交通의 管制方法은 一般的으로 4개의 세대로 分類하고 있어서, 運河 또는 江에서 빛, 깃발, 信號旗 등으로 交通을 管理하는 方法을 第1世代, 狹水道 또는 狹視界에서 無線 또는 레이더를 使用하는 것을 第2世代, 沿岸의 海上交通流를 法律的인 規制와 情報시스템을 導入하여 管理하는 方法을 第3世代라 한다. 따라서 國際的으로는 제3세대의 海上交通管理시스템이 導入되어 運用되고 있는 實情으로, 將來에는 國家單位の 管制方法을 擴張하여 國際的인 水域까지를 包含한 管理시스템의 構築이 重要關心事로 되고 있으며, 이러한 管理方法을 제4세대라 부르고 있다. 특히, 國際的인 救難시스템의 重要性이 增大됨에 따라 國際海事機構에서는 제4세대 관리시스템의 構築을 各國에 強力히 要請하고 있으며, 實務者를 中心으로 한 具體的인 움직임이 現在 進行中에 있다.

一般的으로, 제4세대 管制시스템을 導入하기 위해서는 제3세대 시스템의 確立이 그 前提가 되는 것으로, 우리나라의 境遇, 제3세대의 시스템구축을 爲한 努力이 切實히 要望되고 있고, 그 必要性 또한 切感되고 있다.

우리나라 沿岸은 海外依存型의 貿易構造로 인하여 船舶의 交通量이 幅蕩하고 있고, 海難事故 또한 頻發하여, 1971년부터 1983년 사이에 發生한 海難事故의 財産上의 被害額은 2,405억 640만원으로 연평균 185억 이라는 莫大한 額數에 達하였으며, 이러한 被害는 每年 增加할 것으로 推定되고 있다.¹⁾ 그러나, 海難事故로 인한 被害는 單純히 財産上의 問題에만 限定되는 것이 아니라 人命被害 및 環境汚染이라고 하는 副隨的인 波及影響을 同伴하는 것이므로 管制 시스템의 導入은 火急을 다투는 問題가 아닐 수 없다. 그러나, 管制 시스템의 導入은 莫大한 豫算을 必要로 하는 것이므로, 어떠한 海域에 어떠한 優先順位로 시스템을 導入할 것인가를 充分히 評價하여 시스템을 導入하지 않으면 안된다.

一般的으로, 管制海域을 評價하는 問題는, 그 자체가 評價와 對象海域의 選定이라고 하는 意思決定過程을 隨伴하고 있으므로, 어떤 接近方法을 통하여 이러한 問題를 解決할 것인가 하는 것은 매우 重要的 研究課題라 할 수 있다. 아래에서는, 주로 이러한 問題에 대하여 焦點을 맞추어서 다루어 나아가기로 한다.

한편, 해상교통管制 시스템의 導入에 따른 費用-便益의 면에 대한 考察 또한, 시스템의 導入前에 반드시 다루어져야 할 것이나, 아래에서는 外國의 예를 들어 간단히 설명하기로 한다.

교통管制 시스템을 導入하여 얻은 具體的인 實績을 살펴보면,

- 1) 신로델담항로에서는 狹視界時에 1000 트립당 (入港隻數) 1.1건의 衝突事故가 1/4로 減小
- 2) 센트로렌스항로에서는 연평균 12隻의 衝突事故가 1/4로 減

小하였으며, 人命事故 및 乘揚事故는 全無

3) 엘베강항로에서는 1/2 로 減小

4) 東京灣內에서는 衝突 약 1/4, 乘揚 약 1/5 로 減小

와 같다. 따라서, 이러한 예들로부터 관제시스템을 導入하면 海難事故의 發生率이 全體的으로 1/4 로 減小하는 것을 推定할 수 있을 것이며, 특히, 일본의 경우에는, 人命 및 海洋汚染으로 인한 被害를 際外한 경우, 대략 費用-便益이 1:1 정도라는 分析結果를 發表하고 있어서, 費用-便益面에서도 관제시스템의 導入이 매우 有利하다는 것을 알 수 있다.²⁾

2.2. 評價項目

海上交通管制의 목적은 “交通의 安全을 確保하면서 運航能率을 增進하는 것” 또는 “交通事故와 輻輳現象을 減小시키는 것”으로 定義할 수 있을 것이다. 따라서, 이러한 목적을 충분히 달성할 수 있도록 하기 위해서는 많은 管制對象海域을 嚴密히 評價하여 管制의 必要性 興否를 明確히 하지 않으면 안될 것이다. 이 경우 가장 먼저 결정해야 하는 것이 評價項目이다.

一般的으로, 交通의 安全確保 및 運航能率增進 또는 交通事故와 輻輳現象의 減小라는 측면에서 고려해야 할 要因으로서는 다음과 같은 것을 들 수 있다.

1) 自然條件(氣象 및 海上條件)

2) 航路條件(航路의 複雜性)

3) 交通條件(船舶交通量 및 輻輳狀況)

4) 海難事故(海難事故 發生率)

5) 船舶 및 運航者의 條件(船舶의 狀態 및 運航者의 水準)

自然條件中에는 바람, 颶風, 降雨, 안개, 波浪, 潮汐, 潮流 등 여러 가지 要因들이 包含되나 交通管制라는 觀點에서는 안개가 가장 중요한 因子라고 할 수 있으며, 航路條件은 評價對象이 沿岸海域이라는 점을 고려하면 對象沿岸의 複雜性이 문제가 될 것이다. 그러나, 對象海域의 複雜性은 客觀적으로 觀測할 수 있는 量이라기보다는 運航經驗者의 經驗的인 判斷으로부터 資料를 抽出하여야 할 것이다.

한편, 交通條件에 속하는 船舶의 交通量은 外航船, 沿岸船(沿岸旅客船 包含), 漁船 및 其他船의 交通量 全部를 그 對象으로 하여야 할 것이며, 海難事故로서는, 坐礁, 飛揚, 衝突, 遭難, 機關事故, 火災, 人命事故 및 기타의 事故를 고려하여야 할 것이다. 機關事故와 火災事故는 管理對象의 事故로서 包含하기는 어려우므로, 제 5) 항의 船舶 및 運航者의 條件이라는 觀點에서 포함하여 다룬 필요가 있다.

마지막으로, 船舶 및 運航者의 條件은, 對象海域이 沿岸이라는 점을 考察하면, 거의 모든 運航者 또는 船舶이 대부분의 海域을 航行할 可能性이 있다는 점에서 間接적으로 海難事故의 機關 및 火災事故에 포함시키는 것으로서 充分할 것으로 생각되어 아래에서는 따로 고려하지 않기로 한다.

이상의 考察로부터, 本 論文에서는 아래의 項目을 管制對象海域 評

價項目으로서 선정하기로 한다.

- 1) 海難事故件數
- 2) 交通量
- 3) 平均안개發生日數
- 4) 海域의 複雜性

한편, 이상의 評價項目이 지니고 있는 特性을 살펴보면, 平均안개發生日數, 交通量 및 海難事故件數는 客觀的인 資料로서 抽出할 수 있는 것이나, 海域의 複雜性은 經驗者의 主觀的인 評價로부터 資料를 抽出하여 사용하여야 하며, 특히, 海難事故件數는 其他項目이 複合的으로 作用하여 導出된 結果로서, 각 評價項目이 獨立的으로 作用한다고 할 수 없는 성질을 지니고 있다. 따라서, 人間의 主觀性이 介入된 資料와 相互複合的으로 作用하는 評價項目을 동시에 고려한 評價 및 選定 model을 構成하지 않으면 안된다.

2.3. Model의 構成

一般的으로 여러가지 評價項目을 綜合하여 總合的인 評價를 하고자 할 境遇에는 여러가지 方法이 提案되어 있으며, 關聯樹木法³⁾, 決定分析⁴⁾, 階層分析法⁵⁾ 등이 그 代表的인 예라고 할 수 있다.

그러나, 다루는 部分要素가 複雜하고, 그 部分要素가 相互獨立的인 것이 아니거나, 部分要素의 內容을 直接 計測할 수 없는 境遇에는 部分要素의 重複性 및 人間의 主觀的인 特性을 고려한 Fuzzy 積分⁶⁾⁷⁾ 매우 適合하며, 그 有效性 또한 確認되고 있다.⁸⁾⁹⁾

아래에서는 Fuzzy 測度の 性質에 對하여 簡單히 說明하기로 한다. 任意의 部分要素 θ_i 의 集合 Θ 의 보렐集合體를 B_Θ 라 하고, $h : \Theta \rightarrow [0, 1]$ 가 주어져 있을 境遇, $F (\subset \Theta)$ 上的 Fuzzy 積分은 다음 式으로 定義된다.

$$I = \int_F h(\theta) \circ \mathcal{G}(\cdot) = \text{Sup}[\inf h(\theta) \wedge \mathcal{G}(F')] \dots\dots\dots (2.1)$$

단, 記號 \wedge 은 min을 義味하며, \mathcal{G} 는 可測空間 (Θ, B_Θ) 에 있어서의 Fuzzy 測度라 불리는 것으로, 다음의 性質을 지니는 B_Θ 上的 集合函數이다.

- (i) $\mathcal{G}(\phi) = 0, \quad \mathcal{G}(\Theta) = 1$
- (ii) $A, B \in B_\Theta, A \subset B$ 라면 $\mathcal{G}(A) \leq \mathcal{G}(B)$
- (iii) $F_n \in B_\Theta$ 에서 集合列 $\{F_n\}$ 가 單調列이라면

$$\lim_{n \rightarrow \infty} \mathcal{G}(F_n) = \mathcal{G}(\lim_{n \rightarrow \infty} F_n)$$

$\mathcal{G}(\cdot)$ 은 總合的인 評價를 할 때에, 評價者가 各 部分要素 θ_i 를 先藏的으로 어느 程度 重要視하고 있는가의 程度를 나타내는 것이며, 또 $h(\theta)$ 는 觀點 θ_i 부터 보았을 境遇의 特定對象의 實際的인 內容을 나타내는 評價值이다. 따라서, 式 (2.1)은 評價者의 主觀的인 尺度 \mathcal{G} 에 依存하여 Fuzzy 評價 h 를 總合한 結果가 된다.

후편, Fuzzy 測度 \mathcal{G} 에는 加法性이 없기 때문에,

$$\mathcal{G}(A \cup B) = \mathcal{G}(A) + \mathcal{G}(B) + \lambda \mathcal{G}(A) \mathcal{G}(B) \dots\dots\dots (2.2)$$

는 Fuzzy 測度를 滿足한다. 여기서 λ 는 相互作用乘數이다.

따라서, $E = \bigcup_{k=1}^m \theta_i$ 일 때, 式 (2.2)의 一般形은 다음과 같다.

$$g(E) = \frac{1}{\lambda} \left[\prod_{i=1}^m (1 + \lambda g^i) - 1 \right] \dots\dots\dots (2.3)$$

但, $-1 < \lambda < \infty$

다음에 $g(\cdot)$ 를 同定 (Identification) 하는 方法에 對하여 살펴 보기로 하자. 部分要素의 集合 θ 의 任意의 部分集合에 對하여, 重視度를 물어 이를 $\mu(\cdot)$ 라 두며, 이 境遇 $\mu(\theta) = 1$ 로 둔다. $g(\cdot)$ 의 規範的인 model로서 看做하여, $g(\cdot)$ 의 Fuzzy 密度를 g^i 라 두면, 自由 Parameter λ 을 包含하는 式 (2.3)이 成立한다.

따라서, 다음式.

$$J = \sum (\mu(E) - g(E))^2 \dots\dots\dots (2.4)$$

但, $0 \leq g^i \leq 1, -1 < \lambda < \infty$

를 最小로 하도록 g^i 및 λ 를 定하면 된다.

實際로, $g(\cdot)$ 를 同定하는 方法으로는 制約條件을 지닌 非線形計劃法을 適用하게 되나, Penalty Function Method에 屬하는 SUMT를 使用하여 近似解의 存在問題를 살펴 보기로 한다. 먼저, 目的函數와 制約條件을 包含하는 Penalty 函數 P를

$$P(g, r_s) = \sum \left\{ \mu(E) - \frac{1}{\lambda} [\Pi(1 + \lambda g^i) - 1] \right\}^2 + \sum_{i=1}^m \frac{r_s}{g_i} + \sum_{i=1}^m \frac{r_s}{1-g^i} \dots\dots\dots (2.5)$$

단, $r_s > 0$, $g = (g^1, g^2, \dots, g^m)$

와 같이 定義하면, Fiacco 等의 定理^{10) 11)}로부터, 다음과 같이 最適近似解의 存在가 證明된다.

1) 任意의 $r_s > 0$ 에 對하여, $P(g, r_s)$ 는 $0 \leq g \leq 1$ 에서 有限의 小域的인 最小點을 가지며,

$$\frac{\partial P(g, r_s)}{\partial g} = 0 \text{ 이다.}$$

2) $g \geq 0$ 일때,

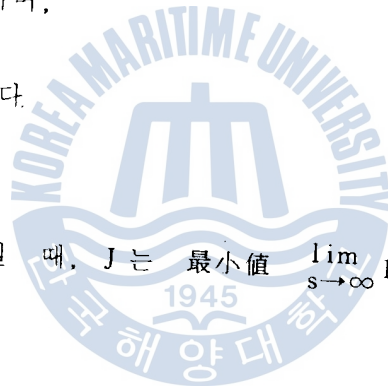
$P(g, r_s)$ 는 $r_s \rightarrow 0$ 일 때, J 는 最小值 $\lim_{r_s \rightarrow \infty} P(g, r_s) = v_0$ 에 接近한다.

여기서

$$v_0 = \inf \sum \left\{ \mu(E) - \frac{1}{\lambda} [\Pi(1 + \lambda g^i) - 1] \right\}^2 = \min_{0 \leq g \leq 1} \sum \left\{ \mu(E) - \frac{1}{\lambda} [\Pi(1 + \lambda g^i) - 1] \right\}^2 \text{ 이다.}$$

따라서, 1), 2)의 結果로 부터 式(2.4)는 $0 \leq g \leq 1$ 의 領域에서 最小值의 近似解를 갖는다는 것을 알 수 있다. 그리고, Fuzzy 積分 I 는 다음과 같은 演算에 依해 求할 수 있다.

即, h_i 와 g_i 가 모두 주어져 있을 境遇



- 1) h_i 를 크기順으로 羅列하여 $hr_1 \geq hr_2 \geq \dots \geq hr_m$ 라 둔다.
 2) 다음 式을 計算한다.

$$H(r_{i-1}) = g^{i-1} + H(r_i) + \lambda g^{i-1} H(r_i)$$

$$\text{但, } 1 \leq i \leq m-1, H(r_m) = g^m$$

- 3) $1 \leq i \leq m$ 에 對하여 $hr_i \wedge H(r_i)$ 를 計算한다.
 위의 演算結果로부터 Fuzzy 積分 I 는 有限集合의 境遇에는 다음과같이 쓸 수 있다.

$$I = f_{\mathbb{R}} h(\theta) \circ g(\cdot) = \bigvee_{i=1}^m [hr_i \wedge H(r_i)] \dots\dots\dots (2.5)$$

한편, 綜合評價 I 로부터 選定對象을 決定하는 適當한 값 α (α -cut) 가 주어져 있을 境遇, 選定對象을 決定하는 過程 (Selection Process of given Objects : SPO) 을 整理하면, 다음의 4組로 나타낼 수 있다.

$$SPO = \langle \theta, g(\cdot), h(\cdot), \alpha \rangle \dots\dots\dots (2.6)$$

즉, 評價對象에 對한 重要度 $g(\cdot)$ 와 實際對象의 評價值 $h(\cdot)$ 및 適當한 意思決定값 α 로부터 管理하고자 하는 海域이 決定되게 된다.

以上の 結果를 흐름도로 나타내면 아래 그림 2.1 과 같다.

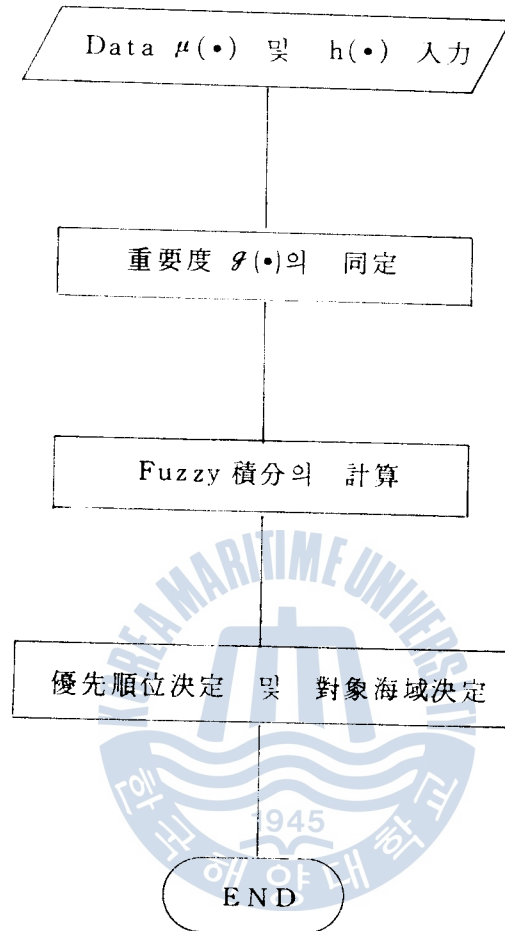


Fig 2.1. Flow chart of obtaining the Fuzzy measure.

제 3 장 海域의 特性

3.1. 對象海域

우리나라 沿岸海域은, 西海-南海海域은 地形的으로 複雜한 반면, 東海海域은 比較的 單純한 沿岸線으로 되어 있다. 우리나라 海域을 東南西海域으로 概略的으로 分類할 경우, 重要한 港口로서는 西海岸의 인천, 군산, 목포항, 南海岸의 여수-삼일, 부산항, 東海岸의 울산, 포항, 동해항을 들 수 있다.

管制對象海域은, 外港으로부터 接近하는 航路, 沿岸線의 航路, 漁船의 움직임과 重要沿岸漁場地, 設置할 管制시스템의 管制範圍 및 各海域의 重要港口등을 고려하여, 沿岸에서 30 마일 이내의 海域으로서 海域의 넓이가 거의 같아지도록 留意하여 아래와 같이 나누었다.

- 1) 인천近海海域
- 2) 군산近海海域
- 3) 목포近海海域
- 4) 완도近海海域
- 5) 여수近海海域
- 6) 부산近海海域
- 7) 포항近海海域
- 8) 동해近海海域

그림 3.1 에 對象海域의 具體的인 內容을 보인다.

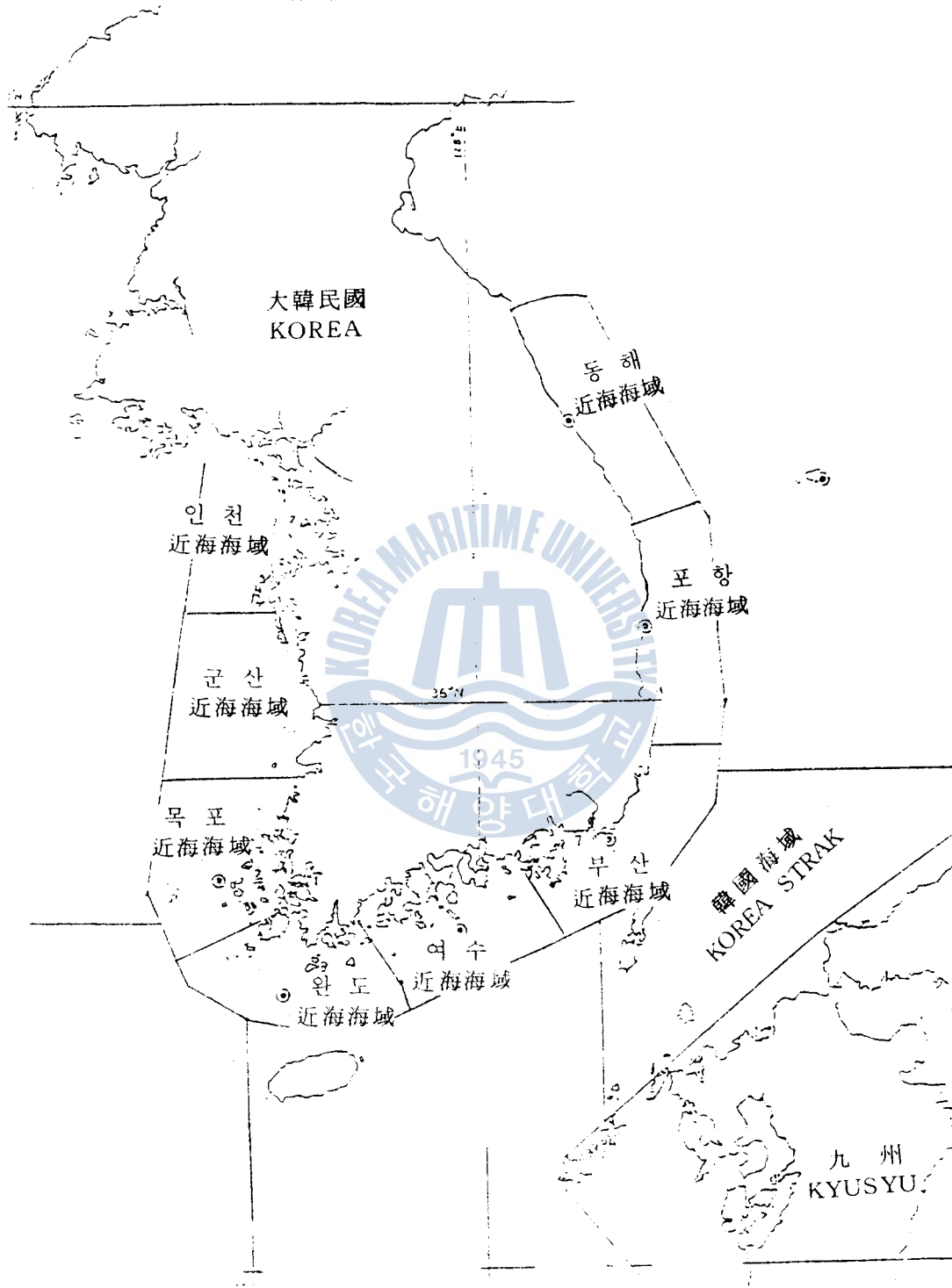


Fig 3.1. The candidated area of the Korea Coast.

3.2. 海域의 特性

본 장에서는, 제 2 장에서 選定한 評價項目-海難事故件數, 交通量, 平均안개發生日數 및 海域의 複雜性-에 대하여 각 海域別 特性에 대하여 살펴 보기로 한다.

3.2.1. 海難事故件數

海難審判委員會의 裁決錄에 나타난 10년간(1976년~1985년)의 海難船舶隻數 및 件數는 각각 3,746 척, 3,023 건으로 年平均 300여 건이 발생하고 있으며, 매년 增加하는 趨勢를 보이고 있다.

일반적으로 海難事故는, 坐礁-乘揚, 衝突, 遭難, 火災-爆發, 機關의 損傷, 人命災害 및 기타(運航沮害, 安全事故) 등으로 分類할 수 있으며, 이러한 여러가지 類型이 複合적으로 作用하여 事故가 발생하는 경우도 많다.

이상의 類型을, 直接的인 原因이라는 觀點에서 살펴보면, 坐礁-乘揚은 地形의 複雜성과 관련이 많고, 衝突은 안개등의 視程距離와 관련이 많으며, 遭難 등은 氣象, 海上狀態와 관련이 많다고 할 수 있을 것이다. 뿐만 아니라, 人命災害는 遭難과 관련이 많으나, 기타의 原因과도 不可分의 聯關性이 있는 것으로 생각된다. 한편, 火災-爆發, 機關의 損傷 및 其他事項은 船舶 및 運航者의 質과 關聯性이 많은 것으로 推定된다. 따라서, 海難事故件數 하나만 하더라도 2장에서 설명한 기타의 評價要因과 相互重複되는 部分이 많다는 것을 알 수 있다. 따라서 評價項目중의 하나인 海難件數에는

모든 類型의 海難件數를 網羅하여 다음 필요가 있다. 아래에서는 主要海域에 대하여 海難發生의 特性을 살펴보기로 한다.

(1) 인천近海海域

총 141 건의 海難事故가 발생하였으며, 8개海域중 4번째로 發生件數가 많다. 總 海難件數 中 衝突에 의한 事故가 42건으로 가장 많으며, 다른 海域에 비하여 沈沒이 26건으로 많은 편에 속하며, 따라서, 人命災害 또한 19건으로 큰 比重을 차지하고 있다.

(2) 목포近海海域

총 131 건의 海難事故가 발생하였으며, 衝突이 52건으로 매우 두드러지며, 坐礁-乘揚 또한 25건으로 큰 比重을 차지하고 있다.

(3) 완도近海海域

총 137 건의 海難事故가 발생하였으며, 衝突이 38건으로 가장 많고, 坐礁-乘揚이 29건이며, 특히 機關損傷이 24건으로 차지하는 比重이 매우 큰 것으로 나타나고 있다.

(4) 여수近海海域

총 171 건의 海難事故가 발생하여 8개 海域 中 2번째로 發生件數가 많다. 衝突이 58건으로 가장 많고, 坐礁-乘揚이 36건이며, 沈沒이 27건이나 人命災害는 5건에 지나지 않고, 반면 機關損傷이 23건으로 비교적 큰 比重을 차지하고 있다.

(5) 부산항近海海域

海難發生件數 총 667 건으로 다른 海域에 비하여 壓倒的으로 많으며, 특히 衝突이 307 건으로 큰 比重을 차지하고 있다. 坐礁-乘揚과 沈沒은 각각 123 건, 85 건이나 人命災害는 23 건으로 비교적 작은 比重을 보이고 있다.

(6) 포항近海海域

海難發生件數가 총 155 건으로 8개海域 中 3 번째이며, 機關損傷이 37 건으로 큰 比重을 보이고 있으며, 人命災害는 3 건으로 극히 微微한 부분을 차지하고 있다.

이상의 考察結果를 基礎로 하여 各 海域別, 海難類型別 件數를 整理하여 표 3.1 에 보인다.

Table 3.1. The statistics of sea casualties (1976-1985).

海難類型 海域	衝突	遭難	坐礁 乘揚	機關 損傷	火災	人命 災害	沈沒	其他	合計
인천 近海海域	42	6	21	12	7	19	26	8	141
군산 近海海域	20	4	14	13	4	6	16	3	80
목포 近海海域	52	3	25	10	3	13	15	10	131
완도 近海海域	38	3	29	24	4	7	22	10	137
여수 近海海域	58	8	36	23	7	8	27	4	171
부산 近海海域	307	17	123	40	51	23	85	21	667
포항 近海海域	41	12	21	37	9	3	20	12	155
동해 近海海域	23	2	12	17	5	10	6	0	75

3.2.2. 海上交通量

海上交通量を 構成하는 기본 요소는 外航船, 沿岸貨物船, 沿岸旅客船, 漁船 및 其他船舶 등을 들 수 있다.

우리나라 沿岸海域에 있어서의 海上交通량은 매년 增加趨勢를 보이고 있기 때문에, 본 논문에서는 1986 년도의 海上交通량을 중심으로 分析하기로 한다.

(1) 外航船

우리나라에 出入港하는 外航船에 대하여 각 對象海域別로 終起點이 되는 港灣을 들면 다음과 같다.

인천近海海域 - 인천, 평택항

군산近海海域 - 군산, 장항, 고정항

목포近海海域 - 목포항

완도近海海域 - 완도, 제주항

여수近海海域 - 여수, 삼일, 삼천포, 중무항

부산近海海域 - 고현, 옥포, 장승포, 마산, 진해, 부산, 울산항

포항近海海域 - 포항항

동해近海海域 - 삼척, 묵호, 동해, 속초항

이상의 海域에 대하여 終起點分析을 행하고 航路別 船舶의 움직임을 分析한 결과를 살펴보면, 부산近海海域이 32,238 척으로 交通량이 가장 많고, 목포近海海域이 5,765 척으로 두 번째이며, 군산近海海域이 5,461 척으로 세 번째를 차지하고 있다. 군산 및 목포近海海域에 外航船의 通航량이 많은 것은 인천항을 出入港하는 外

航船의 대부분이 이 海域을 通過하기 때문이다.

(2) 沿岸貨物船

우리나라 一種指定港 25 개항을 중심으로 終起點分析을 행하고, 시뮬레이션에 의하여 선박의 通航量을 求하였다. 그 결과, 여수近海海域이 72,570 척으로 가장 많고, 완도近海海域이 56,774 척으로 두 번째이며, 목포近海海域이 50,050 척으로 세 번째를 차지하고 있다. 沿岸貨物船의 움직임은 여수近海海域을 중심으로 西海岸으로 움직이는 船舶이 많은것이 特態이라고 할 수 있다.

(3) 沿岸旅客船

沿岸旅客船은 定期旅客船과 補助航路에 從事하는 不定期旅客船으로 나눌 수 있으나, 不定期旅客船의 경우에는 그 就航隻數 및 就航回數가 그리 많지 않으므로 아래에서는, 定期旅客船을 중심으로 살펴보기로 한다.

定期旅客船의 경우, 주로 就航되고 있는 海域은, 인천近海海域, 목포近海海域, 완도近海海域, 여수近海海域, 부산近海海域, 포항近海海域으로, 목포近海海域이 22,632 척으로 가장 많고, 여수近海海域이 21,888 척으로 두 번째이며, 부산近海海域이 20,448 척으로 세번째 通航量이 많은 것으로 나타나고 있다.

(4) 漁船

漁船의 움직임은 매우 不規則的이며, 그 通航量 또한 漁場의 形成時期 및 場所에 따라 패턴을 달리하고 있다. 뿐만 아니라, 漁

船이 入出航하는 港口 또한 매우 많기 때문에 그 全부의 움직임을 把握하는 일은 매우 어렵다. 본 연구에서는 이러한 점을 勘案하여 중요한 漁船 出入港港口 - 인천, 장항, 군산, 목포, 완도, 여수, 삼일, 삼천포, 충무, 진해, 마산, 장승포, 옥포, 부산, 울산, 포항, 묵호, 북평, 삼척, 속초, 개주, 서귀포, 고성, 고현, 나로도, 대천, 주문진, 구룡포, 후포 - 29 개 항에 대하여 現地調査를 통하여 漁船의 움직임을 把握하고 各 海域別 漁船의 通航量을 分析하였다.

이상의 分析결과 동해近海海域이 213,300 척으로 가장 많고, 부산近海海域이 88,530 척으로 두번째이며, 포항近海海域이 55,408 척으로 세번째임을 확인하였다. 그러나, 이 資料는 全體 漁港을 對象으로 조사한 結果가 아니므로, 본 論文의 評價對象에서는 除外하기로 한다.

이상의 分析結果를 基礎로 하여, 各 海域別, 船種別 交通量의 變數를 표 3.2 에 綜合하여 보이기로 한다.

Table 3.2. Traffic volume statistics per ship's type (1986).

海域 \ 交通量	연안여객선	연안화물선	원양화물선	합 계
인천近海海域	19,320	28,890	4,731	49,941
군산近海海域	—	38,225	5,461	43,716
목포近海海域	22,632	50,050	5,765	78,447
완도近海海域	19,248	56,774	3,552	79,574
여수近海海域	21,888	72,570	4,259	98,717
부산近海海域	20,448	47,253	32,238	99,939
포항近海海域	720	18,861	3,546	23,127
도령近海海域			0	0

Table.4.3. The value of Fuzzy measure

구 분 海 域	評 價 值
부 산 近 海 海 域	0.81825
여 수 近 海 海 域	0.57
완 도 近 海 海 域	0.5167



船이 入出航하는 港口 또한 매우 많기 때문에 그 전부의 움직임을 把握하는 일은 매우 어렵다. 본 연구에서는 이러한 점을 勘案하여 중요한 漁船 出入港港口 - 인천, 장항, 군산, 목포, 완도, 여수, 삼일, 삼천포, 충무, 진해, 마산, 장승포, 옥포, 부산, 울산, 포항, 목호, 부평, 삼척, 송초, 계주, 서귀포, 고정, 고현, 나로도, 대천, 주문진, 구룡포, 후포 - 29 개 항에 대하여 現地調査를 통하여 漁船의 움직임을 把握하고 各 海域別 漁船의 通航量을 分析하였다.

이상의 分析결과 동해近海海域이 213,300 척으로 가장 많고, 부산近海海域이 88,530 척으로 두번째이며, 포항近海海域이 55,408 척으로 세번째임을 확인하였다. 그러나, 이 資料는 全體 漁港을 對象으로 조사한 結果가 아니므로, 본 本문의 評價對象에서는 除外하기로 한다.

이상의 分析結果를 基礎로 하여, 各 海域別, 船種別 交通量의 隻數를 表 3.2 에 綜合하여 보이기로 한다.

Table 3.2. Traffic volume statistics per ship's type (1986).

海域	교통량	연안여객선	연안화물선	원양화물선	합 계
인천近海海域		10,320	28,890	4,731	49,941
군산近海海域		—	38,225	5,461	43,716
목포近海海域		22,632	50,050	5,765	78,447
완도近海海域		19,248	56,774	3,552	79,574
여수近海海域		21,888	72,570	4,259	98,717
부산近海海域		20,448	47,253	32,238	99,939
포항近海海域		720	18,861	3,546	23,127
동해近海海域		—	10,374	949	11,323

Table.4.3. The value of Fuzzy measure

구 분 海 域	評 價 值
부 산 近 海 海 域	0.81825
여 수 近 海 海 域	0.57
완 도 近 海 海 域	0.5167
목 포 近 海 海 域	0.5167
인 천 近 海 海 域	0.452
군 산 近 海 海 域	0.437
동 해 近 海 海 域	0.27
포 향 近 海 海 域	0.23

이상의 결과를 보면, 綜合評價結果, 釜山近海海域이 가장 優先順位가 높은 海域임을 알 수 있고, 그 다음이 여수近海海域이며, 완도 및 목포近海海域이 그 다음 順位임을 알 수 있다. 豫想外로, 목포近海海域이 인천近海海域보다 優先順位가 높은 것은 重要도가 높은 海難事故發生率 및 交通量 모두가 인천近海海域보다 높기 때문이며, 이는 沿岸의 管制優先順位와 港灣自體의 管制優先順位와는 差異가 있다는 점을 잘 나타낸 結果라고 할 수 있을 것이다.

그러면, 다음으로 어떤 海域을 管制對象海域으로 選定할 것인가의

표 1.1을 보면, 重要度の 값은, A가 B보다 全般的으로 큰 값으로 나타나고 있으나, 각 評價項目의 重要도에 대한 優先順位는 같다는 것을 알 수 있다. 따라서, 이러한 값의 差異는 個人差에 起因하는 것으로 볼 수 있으며, 나머지 實驗對象者의 경우에도 비슷한 패턴을 보이고 있어 全體의 實驗値로부터 同定하여 그 結果를 利用하여도 充分함을 알 수 있다.

한편 식 (2.2)로부터, 알 수 있는 바와 같이, λ 는 相互作用乘數로서, 그 값이 $\lambda = 0$ 인 경우에는, 加法性이 成立하여 確率測度와 같은 것이 되며, 湯의 값인 경우에는, 相乘作用을 지니고 있다고 할 수 있다. 그러나, 본 實驗의 경우에는 λ 가 全部 마이너스인 것을 알 수 있다. 이는, 各 評價項目間의 境界가 不確實하고, 同時에 各 項目間에 重複部分이 많다는 것을 意味하고 있다. 따라서, 이러한 同定結果로부터, 서로 重複된 特性을 지닌 評價項目의 性質이 잘 나타나고 있음을 알 수 있다.

한편, 10인의 資料를 모두 使用하여 同定한 結果를 그림 4.1에 보인다.

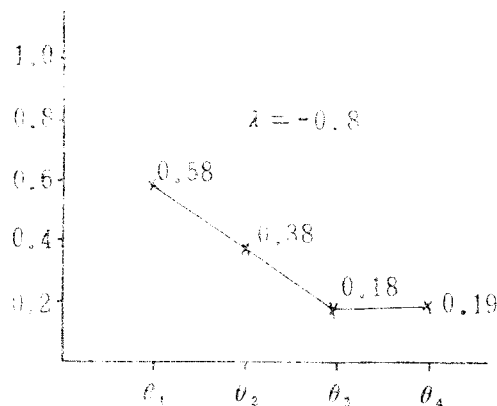


Fig 4.1. The optimum value of g^i

제 4 장 綜合評價

4.1. 重要度の 同定

2.3 절의 同定方法에 따라, 각 評價項目 (θ_1 : 海難件數, θ_2 : 交通量, θ_3 : 평균안개發生日數, θ_4 : 海域의 複雜性)에 대한 同定結果를 살펴 보기로 한다.

먼저, 實驗對象者 (10) 에게 앙케이트를 내어, 評價項目의 部分集合 $2^4 - 1$ 개에 대하여 質問하여 그 重要度を 묻고, 이 값을 $\mu(\theta)$ 로 둔다. 다만, 이 資料의 경우, $\mu(\emptyset) = 1, \mu(\emptyset) = 0$ 로 하였다. $f(\cdot)$ 을 $\mu(\cdot)$ 의 規範的인 모델로 생각하여 $f(\cdot)$ 의 Fuzzy 密度를 g^i 로 두어 同定된 結果를 特徵이 있는 2인 實驗對象者에 대하여 보이면 표 4.1과 같다.

Table 4.1. Identified Fuzzy densities g^i of subjects A & B.

被驗者 g^i	A	B
	評價函數	$\lambda = -0.9$
θ_1	0.6	0.55
θ_2	0.4	0.37
θ_3	0.2	0.15
θ_4	0.2	0.18

韓國沿岸의 交通管制對象海域 評價에 關하

상기 表 3.3 에, 지난 10年間(1976~1985) 中央氣象台 資料를 分析하여 月別로 平均안개發生日數를 各 海域別로 보인다. 이 表에 의하면, 平均안개發生日數가 가장 많은 곳은 인천, 군산근해의 西海岸海域이며, 여수近海海域이 2.1 일로 세번째를 차지하고 있다.

3.2.4. 海域의 複雜性

海域의 複雜性은 客觀的으로 測定하기가 매우 어려운 評價項目으로, 對象海域의 地形, 航路의 複雜性 및 島嶼들의 分布狀況으로부터 船舶運航上의 難易度를 勘案하여 直觀的으로 판단하는 方法을 取할 수 밖에 없다.

본 研究에서는, 海域의 複雜性은 매우 복잡하다, 복잡하다, 보통이다, 단순하다와 같은 4가지의 言語表現에 의하여 그 程度(degree)를 評價하여 使用하기로 한다.

일반적으로, Fuzzy 集合에서는 이러한 言語的인 表現結果를 membership function으로 變換하여 사용하며, 본 研究에서는 다음과 같이 言語에 대한 membership function 값을 對應시켜 使用하기로 한다. 즉, $h(\text{매우 복잡하다}) = 1.0$, $h(\text{복잡하다}) = 0.75$, $h(\text{보통이다}) = 0.5$, $h(\text{단순하다}) = 0.3$

이상의 方法에 따른 海域의 複雜性에 대한 評價結果를 表 3.4에 보이기로 한다.

Table 3.4. The degree of complexity per area

海 域	인 천 近海海域	군 산 近海海域	목 포 近海海域	완 도 近海海域	여 수 近海海域	부 산 近海海域	포 향 近海海域	동 해 近海海域
複雜性程度	1.0	0.75	1.0	1.0	0.75	0.75	0.5	0.3

한편, 그림 4.1의 最適同定結果를 보면, 交通管制海域을 決定할 경우 海難事故率을 가장 重要한 評價項目으로 생각하고 있다는 것을 알 수 있으며, 그 다음이 交通量이며 안개發生日數 및 地形은 거의 같은 정도이나, 약간 地形을 重視하고 있음을 알 수 있다. 이러한 結果는, 海上交通管制의 중요한 目的이 “事故와 交通輻輳現象을 減小시키는 것”에 있다는 점을 생각하면 매우 妥當한 評價結果라고 할 수 있을 것이다.

4.2. 對象海域의 綜合評價

4.1에서 最適인 重要도가 결정되었으므로, 綜合的인 評價値를 얻기 위해서는, 對象海域의 實際값 $h(\bullet)$ 를 求할 必要가 있다. h 는

$$h : \theta \rightarrow [0, 1] \dots\dots\dots (4.1)$$

가 要求되므로, 3.2節의 考察結果를 식(4.1)에 맞도록 變形할 必要가 있다. 實際의 觀測結果를 membership function로 變形하는 方法은 여러가지가 있으나, 本 論文에서는 다음의 變形式을 使用하기로 한다. 즉, 任意의 評價項目에 대하여 代替海域이 j 개 ($j = 8$) 있으므로,

$$h_j^* = \frac{h_j}{\max_j h_j} \dots\dots\dots (4.2)$$

韓國沿岸의 交通管制對象海域 評價에 關하여

3.2 절의 資料 및 式(4.2)로부터 각 海域의 값은 표 4.2와 같
이 된다.

Table 4.2. $h(\cdot)$ Degree of 8 areas

程度 \ 海域	인 천	군 산	목 포	완 도	여 수	부 산	포 향	동 해
$h(\theta_1)$	0.21	0.12	0.20	0.205	0.26	1.0	0.23	0.11
$h(\theta_2)$	0.452	0.437	0.727	0.796	0.987	1.0	0.23	0.113
$h(\theta_3)$	1.0	0.86	0.49	0.38	0.57	0.49	0.21	0.27
$h(\theta_4)$	1.0	0.75	1.0	1.0	0.75	0.75	0.5	0.3

이 表를 살펴보면, 海難事故率 및 海上交通量의 側面에서는, 부산
近海海域이 가장 큰 값을 보이고 있고, 특히 海難事故率의 경우에는
다른 海域과는 比較하기 어려울 정도로 큰 값을 보이고 있음
을 알 수 있다. 한편, 안개發生日數面에서는 인천, 군산近海海域이,
地形의 複雜性이라는 面에서는 인천, 목포, 완도近海海域이 큰 값을
나타내고 있다.

이상의 結果를 基本 資料로 하여, 各 海域別 評價值를 정리하면,
표 4.3과 같다.

3.2.3. 안개發生日數

우리나라 海域에서의 안개는 69%가 4월부터 7월까지의 期間에 集中的으로 발생하고 있으며, 海霧發生의 最盛期인 7월은 특히 24%에 達하고 있다. 海上에서의 안개발생 및 消散을 시간별로 區分하여 보면, 海霧 그 자체는 하루의 모든 시간에 발생하고 消散되지만, 最大發生頻度는 5시와 6시사이에 일어나며, 最大消散頻度는 8시와 9시사이에 일어나고 있다.

우리나라 全體海域을 두고 볼 때, 전반적으로 東海보다는 西海岸地域에서 海霧가 자주 발생하는 傾向이 있으며, 多霧海域으로는 西海, 南海西部 및 울릉도近海를 들 수 있다.

Table 3.3. The frequency of foggy days per area (1976-1986).

월	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	평균
인 천 近海海域	2.0	2.0	3.4	4.6	5.3	7.1	9.0	2.5	1.3	2.8	1.6	2.4	3.7
군 산 近海海域	1.8	1.9	2.5	4.0	3.4	4.4	4.0	2.1	3.7	5.2	3.1	1.9	3.2
목 포 近海海域	0.7	1.2	1.2	1.7	1.7	2.9	4.7	1.3	1.8	1.6	1.5	0.9	1.8
완 도 近海海域	0.1	0.3	1.0	2.0	3.5	6.1	3.3	0.1	0.1	0.1	0.1	0.0	1.4
여 수 近海海域	0.4	0.5	1.4	2.4	3.5	5.6	7.9	0.7	0.4	0.6	0.6	1.4	2.1
부 산 近海海域	0.3	0.5	1.0	2.5	3.7	6.5	5.6	0.2	0.4	0.3	0.1	0.5	1.8
포 항 近海海域	0.0	0.1	0.7	1.0	0.8	2.3	2.1	0.7	0.6	0.3	0.7	0.0	0.8
동 해 近海海域	0.2	0.3	0.1	1.4	1.9	2.2	3.2	1.6	0.6	0.5	0.1	0.0	1.0

문제이나, 일반적으로 選定對象을 定하는 變數 α 가 豫算등의 函數이기 때문에 一率的으로 말할 수는 없으나, 普遍的인 評價基準이란 면에서 보면 $\alpha = 0.5$ 정도를 採用하는 경우가 많으므로, 이 예에 따르면 우리나라 沿岸의 경우, 부산近海海域, 여수近海海域, 완도近海海域 및 목포近海海域을 그 일차적인 管制對象으로 삼아야 할 것이다. 그러나, 管制시스템을 導入하는 데에는 많은 費用이 所要되고 또, 未來指向的인 특성을 勘案해야 할 必要性 또한 無視할 수 없으므로, 이러한 점을 고려한 더욱 精密한 모델開發에 대한 研究가 있어야 할 것으로 생각된다.



제 5 장 結 論

本 論文에서는 우리나라 沿岸海域의 管制必要性을 評價하기 위하여, 外航船航路, 沿岸船航路, 旅客船航路 및 漁船의 움직임을 고려하여, 對象海域을 인천近海海域, 軍山近海海域, 목포近海海域, 완도近海海域, 여수近海海域, 부산近海海域, 포항近海海域, 동해近海海域의 8개 海域으로 區分하고, 海難事件數, 交通量, 안개發生日數 및 海域의 複雜성을 評價項目으로 選定하여 評價를 行하였다.

評價모델로서는, 評價項目의 重複性 및 評價에 따르는 인간의 主觀性介入을 考慮하여 Fuzzy 적분모델을 採用하였으며, 綜合評價結果, 管制實施의 優先順位를 다음과 같이 導出하였다.

1. 부산近海海域
2. 여수近海海域
3. 완도近海海域
3. 목포近海海域
5. 인천近海海域
6. 군산近海海域
7. 동해近海海域
8. 포항近海海域

이상의 結果를 中心으로 選定對象 變數의 값을 $\alpha = 0.5$ 로 하였을 경우, 제 1 차적으로 부산近海海域, 여수近海海域, 완도近海海域 및 목포近海海域을 管制對象으로 하는 것이 妥當하다는 結論을 얻었다. 일반적으로, 沿岸海域의 交通管制問題는, 狹水路 또는 港灣의 管制

韓國沿岸의 交通管制對象海域 評價에 關하여

와는 그 評價基準을 달리하는 것으로 特定海域에 管制시스템을 導入할 境遇에는 未來의 變化를 고려한 위에 費用-便益分析을 嚴密히 施行하여 그 妥當性을 決定할 必要가 있다.



參 考 文 獻

- 1) 李哲榮·琴宗洙；海難事件의 分析 및 그 損害額推定에 關한 研究，韓國航海學會論文集 9 - 1，(1985).
- 2) 藤井彌平 外；交通システム工學(I)，コロナ社，(1985).
- 3) J.V. Sigforg, et al ; Project Pattern, IEEE, (1965)
- 4) H. Raiffa ; Decision Analysis, Addison Wesley, (1970).



韓國沿岸의 交通管制對象海域 評價에 關하여

와는 그 評價基準을 달리하는 것으로 特定海域에 管制시스템을 導入할 境遇에는 未來의 變化를 고려한 위에 費用—便益分析을 嚴密히 施行하여 그 妥當性을 決定할 必要가 있다.



參 考 文 獻

- 1) 李哲榮・琴宗洙；海難事件의 分析 및 그 損害額推定에 關한 研究，韓國航海學會論文集 9-1，(1985).
- 2) 藤井彌平 外；交通システム工學(I)，コロナ社，(1985).
- 3) J.V. Sigforg, et al ; Project Pattern, IEEE, (1965)
- 4) H. Raiffa ; Decision Analysis, Addison Wesley, (1970).
- 5) T.L. Saaty ; Exploring the Interface Between Hierarchies, Multiple Objectives & Fuzzy Sets, J. of Fuzzy Sets & System, (1978).
- 6) 管野送夫；Fuzzy 測度の構成とFuzzy 積分によるパターンの類似度評價，日本計測自動制御學會論文集 9-3 (1973).
- 7) T. Terano et al. ; Conditional Fuzzy Measures & Their application to Cognitive & Decision Process, Academic Press, (1975).
- 8) 李哲榮 外；ストーリー形成のアルゴリズム，日本計測自動制御學會論文集 16-4, (1980).
- 9) 李哲榮 外；ストーリー評價のモラル化，日本計測自動制御學會論文集 17-1, (1981).
- 10) Fiacco et al. ; The Sequential Unconstrained Minimization Technique for Nonlinear Programming, A Primal-Dual Method, Management Science, Vol.10, No.2, 360-366, (1964).

- 11) Fiacco et al.; Computational Algorithms for the Sequential Unconstrained Minimization Technique for Nonlinear Programming, Management Science, Vol.10, No.4, 601 - 617, (1964).
- 12) 海難審判委員會裁決錄, (1976-1985)
- 13) 海運港灣廳統計年鑑, (1987)
- 14) 研究報告書; 海難事故頻發海域 航行船舶管制方案調查研究, (1983)



船舶의 損傷時의 復原性能 推定에 관한 研究

A Study on the Prediction of the
Ship's Damage Stability



〈 目 次 〉

Abstract	3.1 실험방법
1. 서 론	3.2 복원력 시험
2. 이론 계산법	4. 이론계산과 실험결과의 비교 검토
2.1 흘수 계산법	5. 결 론
2.2 복원 성능 계산법	참고문헌
3. 실 험	부 록