

論 文

# 조난 선박의 위치추정을 위한 GUI 프로그램 개발

강신영\*

\*한국해양대학교 해양관리기술대학원

## Development of a GUI Program for the Position Prediction of Distressed Vessel

Sin- Young Kang\*

\*Graduate School of Maritime Management & Technology, Korea Maritime University, Busan, Korea

요 약 : 수색구조 작업에서 표류지점 추정 모델을 윈도우 운영체제에서 쉽게 운영할 수 있는 GUI 프로그램을 개발하였다. 운영자가 화면의 선택사항을 보고 표류물체의 종류와 해상환경조건을 입력시킬 수 있도록 하였고, 계산된 추정점 및 선박의 표류 궤적이 좌표와 함께 해도상에 표시되게 하여 현장에서 쉽게 예측결과를 알 수 있도록 하였다. 프로그램에는 Leeway 공식을 사용하는 방식과 Newton의 운동방정식에서 해를 구하는 방식을 사용하였다. 프로그래밍에 사용된 언어는 FORTRAN이고, 그래픽 처리를 위해 Lahey의 Winteracter 4.0을 활용하였다. 모델의 시현을 위해 2001년 5월 부산 근해에서 수행된 현장실험 결과와 예측 모델에 의한 결과를 비교·도시하였다.

핵심용어 : 표류, 조난 선박, Leeway, 수색 구조, GUI, 수치 모델

ABSTRACT : To provide an easy operation of drift prediction model in SAR(search and rescue) mission a GUI program running on Window environment has developed. Users can make choice of input data on the screen by just clicking the mouse and the prediction results of datum points and trajectories of vessels are drawn on the map. The program contains both Leeway Equation model and mathematical model. The FORTRAN language was used in programming and Lehay Winteracter 4.0 software was utilized for graphic presentation. The result of May, 2001 Busan field experiment was plotted with that of model prediction for demonstration purpose.

Key Words : Drift, Distressed vessel, Leeway, Search and Rescue, GUI, Numerical Model

### 1. 서언

해상에서 조난 선박 발생시 선박과 승무원을 구출하기 위한 수색 및 구조 작업에서 가장 중요한 것은 조난 선박의 위치를 신속하고 정확하게 추정하는 것이다. 이를 위해 많은 현장실험들이 행하여졌고, 그 결과를 토대로 하여 IMOSAR (International Maritime Organization Search & Rescue Model), CASP (Computer Aided Search Planning), AP98 등 표류지점 추정을 위한 다양한 모델들이 제시되고 있다[1].

그러나 이 모델들은 배경 이론이나 적용 원리, 주의사항 등

\*종신회원, sykang@kmaritime.ac.kr 051)410 4323

을 정확히 이해하지 못한 상태로 운용하게 되면 전혀 상식에 맞지 않는 결과를 낼 수도 있어 현장에서 실무자가 활용하기에는 어렵다는 평가를 받아왔다. 더구나 최근에 개발중인 수치 모델은 선박의 제원과 환경자료들을 입력파일로 제공해야 하고 계산된 결과를 수작업으로 해도상에 도시해야 하기 때문에 인위적인 오류를 범할 가능성이 크다.

본 연구에서는 이러한 어려움을 해소하기 위하여 운영자가 모델들을 윈도우 운영체제에서 쉽게 운영할 수 있는 GUI(Graphic user Interface) 프로그램을 개발하였다. 운영자가 화면의 선택사항을 보고 마우스 작동과 간단한 숫자 입력만으로 표류물체와 해상환경조건을 입력시킬 수 있도록 하였고, 계산된 추정점 및 선박의 표류 궤적이 좌표와 함께 화면의 해도

상에 표시되게 하여 현장에서 쉽게 결과를 알 수 있도록 하였다.

개발된 프로그램에는 2가지 방식의 표류지점 추정 모델이 들어있다. 하나는 표류실험 자료에서 추출한 Leeway 공식들을 사용하는 방식이고[2], 다른 하나는 유체역학적인 측면에서 Newton의 운동방정식을 유도하고 미분방정식의 해를 구해 추정점을 계산하는 방식이다[3]. 프로그래밍에 사용된 언어는 FORTRAN이고, 그래픽 처리를 위한 소프트웨어는 Lahey사의 Winteracter 4.0이 활용되었다.

한편 개발된 프로그램은 입력자료들을 쉽게 바꿀 수 있고 결과를 순식간에 알 수 있기 때문에 표류지점 예측과 관련된 연구 도구로도 활용될 수 있다. 즉 모델의 예측 궤적과 실제 현장실험 결과와의 비교나, 선박이 침수 또는 파손되어 선박의 제원이 변경될 경우 표류속도에 미치는 영향, 모델간의 추정점 비교, 또는 해상 상태의 변화가 표류속도에 미치는 영향 등 많은 연구에 활용될 수 있을 것으로 예상된다. 본 논문에도 2000년 7월 부산 근해에서 실시한 현장실험 결과와 표류지점 예측 모델에 의한 결과들을 비교하여 도시하였다.

## 2. 표류지점 예측 모델

### 2.1 Leeway 공식에 근거한 모델들

해난사고 발생시 표류지점을 추정하는데 현재 사용되고 있는 방법으로 1) 미국의 National SAR manual[4], 2) GDOC (Geographic Display Operation Computer) AMM (Automated Manual Method)[5], 3) CASP (Computer Aided Search Planning)[6], 그리고 4) CANSARP (Canadian Search And Rescue Planning)[7]의 4가지이다. 외형적으로 자료처리 및 입·출력 기법들이 모두 다르지만 표류지점 계산에 대한 기본 공식들은 거의 같다고 할 수 있다. 즉 현장실험에서 도출된 공식들을 활용하는데 현재 시험 운영중인 CASP 2.0이나 AP98 모델[5]도 마찬가지다. 하지만 뉴턴의 운동역학에 근거하여 운동방정식을 유도하고, 유체역학적인 이론을 도입한 수학적 모델은 이 방법들과 전혀 다른 형태라고 할 수 있다.

대표로 GDOC AMM 방법을 간단히 설명하면 표 1의 leeway speed 방정식과 최대분산각(leeway divergence angle)으로부터 수색구역을 결정하는데, 표류거리의 계산에 표류속도를 항상 100% 적용시킨다. 수색작업을 수행하는 본부에서는 수색구역의 계산을 위하여 목표물과 관련된 leeway code, 최종 확인위치, 수색 개시시간, 오차 요소, 수색구역 확장지표 등의 자료를 입력시켜 추정위치, 오차, 수색반경 등에 관한 정보를 산출해 내어 현장에 제공한다.

Table 1 USCG GDOC AMM Leeway Target Classes and Values.

Type of Craft	GDOC AMM	
	Leeway Speed (U is wind speed)	Divergence Angle (degree)
Light displacement cruisers, outboards, rubber raft without drogue	$0.07 \cdot U + 0.04$	$\pm 35$
Light displacement cruisers, outboards, rubber rafts with drogue	$0.05 \cdot U - 0.12$	$\pm 35$
Large cabin cruisers	$0.05 \cdot U$	$\pm 60$
Medium displacement sailboats, fishing vessels	$0.04 \cdot U$	$\pm 60$
Heavy displacement deep draft sailing vessels	$0.03 \cdot U$	$\pm 45$
Surfboards	$0.02 \cdot U$	$\pm 35$
Person in Water	0.00	

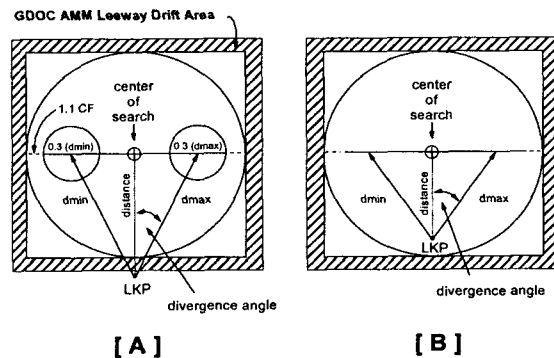


Fig. 1 The Leeway Drift Area of GDOC AMM.

수색구역을 결정하는 방법은 Fig 1에서 보는 것과 같이 양 쪽 최대분산각 방향으로 leeway 방정식을 적용시킨 표류거리  $d_{max}$ ,  $d_{min}$ 을 구하고, 그 끝점에서 표류거리의 0.3배를 한 값을 반경으로 하여 원을 그린다. 그러면 두 작은 원의 중심을 연결시킨 직선상의 가운데 지점이 수색지역의 중심(center of search)이 되고 이 지점을 중심으로 다시 큰 원을 그리는데, 첫 번째 수색구역 결정시는 확장지표 1.1을 곱하므로 반경 및 수색구역의 면적은 그림과 같이 정사각형으로 표시된다. 한편 1999년 1월에 발표된 IAMSAR(International Aeronautical and Maritime Search and Rescue) Manual[8]에는 분산각을 사용하지 않고 바람이 불어 가는 방향과 같은 방향으로 표류한다고 가정하여 수색구역을 결정하는 방법이 사용되고 있다.

본 연구의 GUI 프로그램에는 IAMSAR 방식을 택하였다.

2.2 운동 역학에 근거한 모델

이것은 뉴턴의 운동 역학과 유체역학적인 이론에 근거하여 유도된 방정식을 수치해석적인 방법으로 해법을 구하는 방식이다. 이 방법은 수학 모델(Mathematical model) 또는 이론 모델(Theoretical model)이라 부른다. 표류물체의 운동을 3자유도(surge, sway, yaw)로 제한하고 운동방정식을 세운 다음 해상환경조건으로부터의 외력을 계산하여 각 운동방향에 대한 미분방정식을 풀어 이동거리를 산출해 낸다. 이 방법에 사용되는 운동방정식을 소개하면 다음과 같다.

$$\begin{aligned} \text{surge: } & (M + m_x) \frac{du}{dt} - (M + m_y) v \theta' = F_x \\ \text{sway: } & (M + m_y) \frac{dv}{dt} + (M + m_x) u \theta' = F_y \\ \text{yaw: } & (I_{zz} + J_{zz}) \frac{d\theta'}{dt} = M_z \\ & \frac{dX}{dt} = u \cos \theta - v \sin \theta \\ & \frac{dY}{dt} = u \sin \theta + v \cos \theta \\ & \frac{d\theta}{dt} = \theta' \end{aligned}$$

여기서 M은 표류물체의 질량 그리고  $m_x, m_y$ 는 각각 x와 y축 방향의 부가질량,  $I_{zz}$ 와  $J_{zz}$ 는 관성모멘트와 부가관성모멘트, u와 v는 각각 x와 y방향의 속도, 그리고  $\theta'$ 는 회두각속도이다. 한편 각 방향의 외력성분  $F_x, F_y, M_z$ 는 바람과 해류 그리고 파도에 의한 영향을 선형적으로 합성하는데 외력 산정에는 유체역학 이론에 근거한 실험식을 활용하고 있다. 이 모델은 외력 산정에 필요한 각종 계수들에 대한 정확한 값과 표류물체의 질량과 부가질량 그리고 관성모멘트와 부가관성모멘트 등 형태적인 특성에 대한 자료만 충분히 확보되면 여러 상황에 대한 수치 시뮬레이션을 쉽게 할 수 있어 표류실험에 필요한 막대한 예산을 줄일 수 있는 장점이 있다.

3. 프로그램 개요

먼저 바탕 화면에서 아이콘을 누르면 Fig. 2와 같은 시작화면이 나온다. Main window는 메뉴바와 단축 아이콘으로 구성되어 있으며 Select Menu를 통하여 두 가지 모델을 선택할 수 있다.

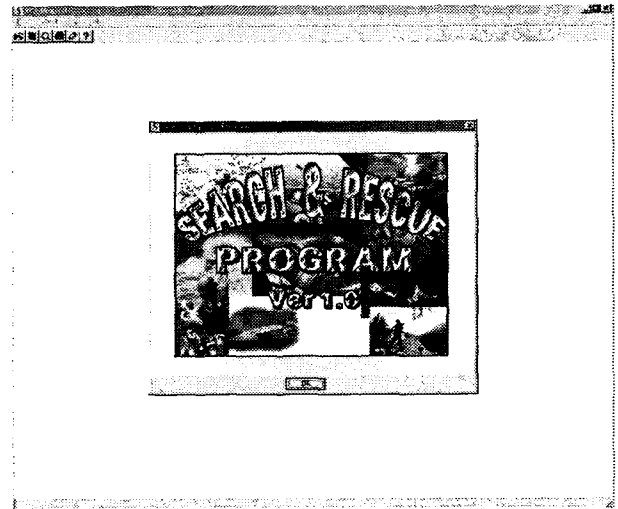


Fig. 2 Start & Main window.

먼저 Leeway 방정식을 사용하는 초기화면은 Fig. 3과 같다. 이 창은 Input Data, Plotting, Output Data의 세 가지 Tab window로 구성되어 있다. Input Data window에는 해상 환경자료, 조난 물체, 조난 위치를 입력하는 부분과 해석 결과를 볼 수 있는 Grid field가 있다.

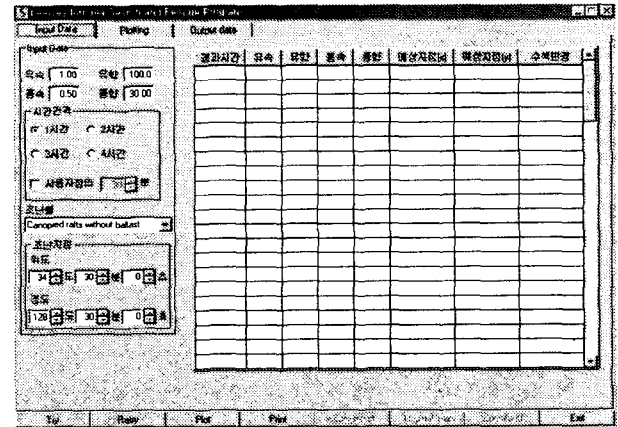


Fig. 3 Window of Leeway formula method (Input Data window)

조난 물체의 종류는 U.S. Coast Guard의 분류를 따랐다 (표 1). 필요한 입력자료를 넣은 다음 아래의 'Try' 버튼을 누르면 해석이 수행되며 'Plot' 버튼을 누르면 Fig. 4와 같은 Plotting window가 나온다. Plotting window에서는 경도 124°~131°, 위도 33°~38° 범위의 전자지도에 표류경로가 Plotting된다. Zoom select button을 통하여 Fig. 5와 같은 확대 화면을 볼 수 있고 Mouse point의 이동에 따른 경위도 좌표도 확인할 수 있다.

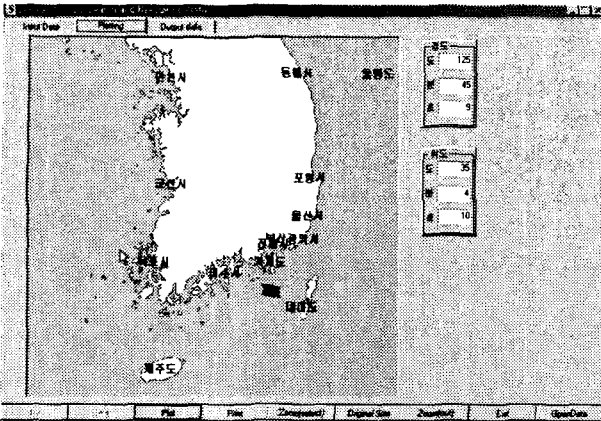


Fig. 4 Window of Leeway formula method (Plotting window)

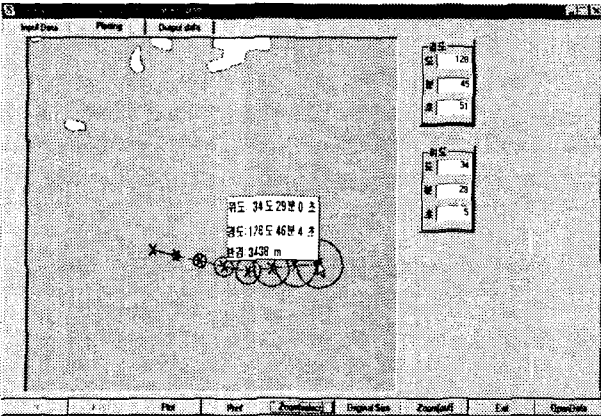


Fig. 5 Window of Leeway formula method (Plotting window)

그리고 Output Data Tab을 누르면 Fig. 6과 같은 Output Data window를 볼 수 있다. 여기서는 경과시간, 시간별 해상 환경조건, 표류물체의 경위도 좌표, 수색반경 등을 표로 확인할 수 있다.

한편 이론 모델을 사용하는 초기화면은 Fig. 7과 같다. 이 창의 구성은 Leeway방정식을 사용하는 창의 구성과 조난 물체의 선택만 다를 뿐 모든 부분에서 같은 구성을 가진다. 조난 물체는 선박, 구명뗏목, 기타 세 개의 Button으로 구성되고 각각의 경우에 따른 일반적인 제한들이 Default로 주어진다.

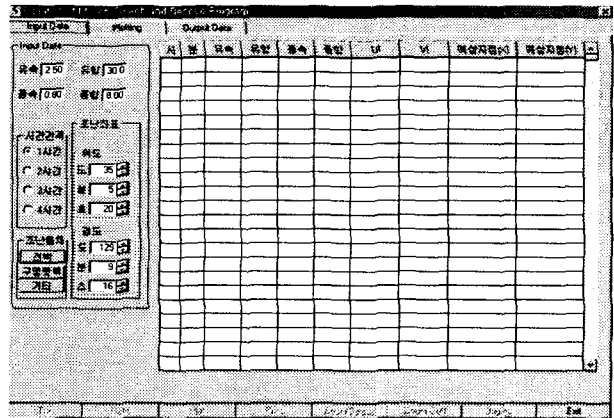


Fig. 7 Window of Equation of motion method (Input Data window)

Fig. 8에 선박의 제원을 입력시키는 창이 나와 있다. 기본 제원에서 수정시켜야 할 부분을 입력시키고 'OK' 버튼을 누르면 계산이 수행되고 Fig. 4-6과 같은 결과들을 볼 수 있게 된다.

No.	경과시간	풍속	풍향	풍속	풍향	경위(도)	위도(도)	경위(도)	위도(도)	수색반경	비고	
1	1.0	1.0000	100.0000	0.5000	30.0000	128	37	16	34	25	36	481.2028
2	2.0	1.0000	100.0000	0.5000	30.0000	128	34	33	34	26	13	826.7676
3	3.0	1.0000	100.0000	0.5000	30.0000	128	36	50	34	26	49	1372.3374
4	4.0	1.0000	100.0000	0.5000	30.0000	128	39	7	34	26	26	1817.8961
5	5.0	1.0000	100.0000	0.5000	30.0000	128	41	24	34	26	3	2283.4561
6	6.0	1.0000	100.0000	0.5000	30.0000	128	43	40	34	27	39	2709.0225
7	7.0	1.0000	100.0000	0.5000	30.0000	128	45	57	34	27	16	3154.5823

Fig. 6 Window of Leeway formula method (Output window)

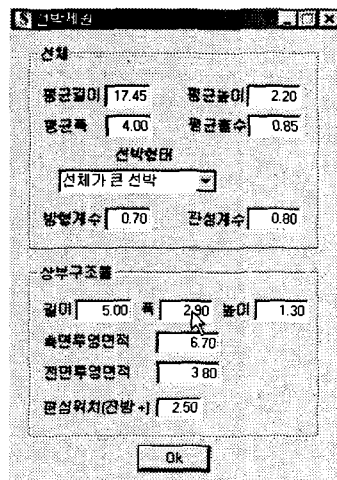


Fig. 8 Target input data

### 4. 적용예

개발된 프로그램의 유용성을 예시하기 위하여 2001년 5월 10일 부산 근해에서 실시된 실험 자료를 활용하여 프로그램을 운용해 보았다. 실험은 약 5시간 동안 수행되었으며, 측정된 환경자료는 Table 2와 같다. 실험에 대한 자세한 내용은 강과 이[9]의 논문에 나와 있다.

Table 2 Environmental input data

시간 (hour)	유속 (m/s)	유향 (degree)	풍속 (m/s)	풍향 (degree)
1	0.41	65	4.43	321
2	0.61	64	5.61	322
3	0.65	47	4.56	294
4	0.75	43	6.46	226
5	0.63	45	8.33	216

표류기간 중 바람 및 해수유동의 변동은 Fig. 9와 같다. 관측기간 중 바람은 북서풍에서 남서풍으로 변동하였으며, 해수유동은 동향류에서 북동향류로 변동하였다. 풍향과 해수유동의 방향이 다소 차이를 보인 실험초기에 선박의 표류는 동향으로 다소 미약하게 나타났으나, 풍향과 유향이 거의 유사하게 나타난 후반부에는 표류속도가 비교적 크게 나타났다.

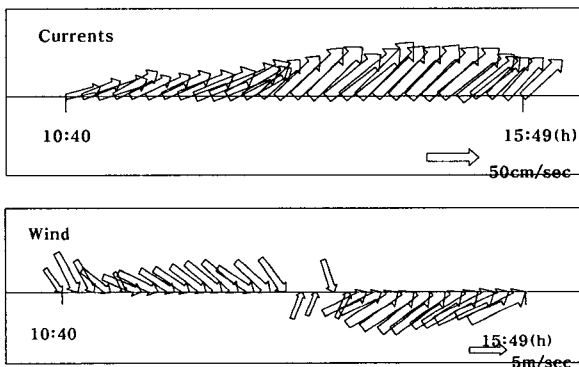


Fig. 9 Environmental conditions of May 10, 2001.

프로그램 수행후 계산된 선박의 표류경로는 실측치와 함께 Fig. 10과 11에 도시하였다. Fig. 10은 Leeway 방정식을 사용한 것이고 Fig. 11은 이론 모델을 사용한 것이다.

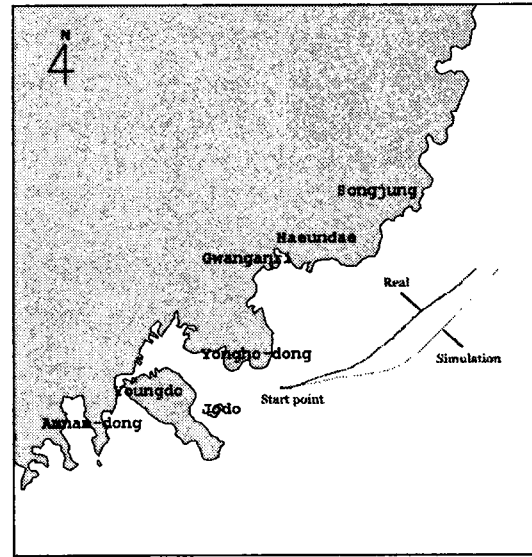


Fig. 10 Trajectories of Leeway equation method & real drift

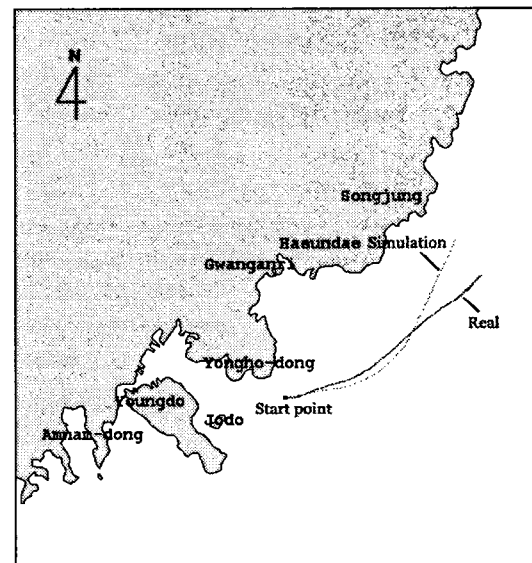


Fig. 11 Trajectories of Theoretical model & actual drift

### 5. 결론

본 연구에서는 해상에서 조난 선박 발생시 수색·구조작업의 운용자가 인위적인 오류를 최소화시키며 신속하게 표류지점 예측을 할 수 있는 GUI 프로그램을 개발하였다.

개발된 프로그램에는 표류실험 자료에서 추출한 Leeway 공식들을 사용하는 방식과, 유체역학적인 측면에서 Newton의

운동방정식을 유도하고 미분방정식의 해를 구해 추정점을 계산하는 수학 모델을 활용하였다.

최근의 현장실험 자료를 활용하여 모델을 운용해본 결과 신속성과 유용성을 확인할 수 있었고, 향후 표류지점 예측과 관련된 연구 도구로도 활용할 수 있음을 예상할 수 있었다. 즉 모델의 예측 궤적과 실제 현장실험 결과와의 비교나, 선박이 침수 또는 파손되어 선박의 제원이 변경될 경우 표류속도에 미치는 영향, 모델간의 추정점 비교, 또는 해상 상태의 변화가 표류속도에 미치는 영향 등 많은 연구에 활용할 수 있을 것이다.

### 후 기

본 연구는 한국과학재단 지정 동아대학교 지능형통합항만관리연구센터의 지원에 의해 수행되었습니다.

### 참고문헌

- [1] 강신영(2000), “조난물체의 표류지점 추정 모델”, 해양환경·안전학회지 통권11호:111-120.
- [2] 강신영(1998), “수색구조 작업에 사용되는 표류지점 추정 공식 분석”, 한국항만학회지 12권 2호:373-384.
- [3] 강신영(2000), “유체역학 이론에 근거한 조난물체의 위치추정 모델”, 한국항만학회지 14권 3호:353-360.
- [4] U.S. Coast Guard(1991), Commandant Instruction M16120.5A, “National Search and Rescue Manual”, Washington D.C.
- [5] Allen, A. A. and Plourde, J. V(1999), “Review of Leeway: Field Experiments and Implementations”, U.S. Coast Guard RN CG-D-08-99.
- [6] Raunig D. L., Robe R. Q. and Perkins, B. D.(1995) “Computer Aided Search Planning Version 1.0 Validation”, Interim Report, U. S. Coast Guard.
- [7] Canadian Coast Guard(1996), “National Search and Rescue Manual”, TP 5421 B-GA-209-001/FP-001, English Version. 299pp.
- [8] IMO(1999), IAMSAR Manual
- [9] 강신영, 이문진(2002), “부산항 연안해역에서의 소형선박 표류 거동특성 관측 및 분석”, 한국항해항만학회 26권 2호:221-226.