

# 해상안전을 확보하기 위한 인공위성 리모트센싱과 환경부하모델의 접목

양찬수\* · 박영수\*\*

\*한국해양연구원 해양시스템안전연구소, \*\*주)일본해양과학

## Merging of Satellite Remote Sensing and Environmental Stress Model for Ensuring Marine Safety

Chan-Su Yang\* · Young-Soo Park\*\*

\*Korea Research Institute of Ships & Ocean Engineering, KORDI, Daejeon 305-343, Korea

\*\*Japan Marine Science Inc., Tokyo 140-0004, Japan

**요 약** : 본 연구에서는 선박의 충돌이나 좌초와 같은 사고의 예방에 기여할 수 있는 가상교통관제시스템의 개념을 소개한다. 지금의 VTS는 사고의 억제효과가 있음에도 불구하고, 그 한계점을 가지고 있다. 그래서 현 시스템을 광역 VTS개념으로 확대 시행하더라도 그 효과에 많은 의문이 발생할 수 있다. 가상교통관제시스템은 인공위성에 의한 해상환경의 리모트센싱과 여기서 얻어진 데이터에 기반을 둔 환경부하 모델(INOUE model)로 구성된다. 인공위성 리모트센싱은 선박, 기상, 해양 정보를 포함하는 대부분의 해상 교통 환경 정보를 제공할 수 있다. 이들 정보를 이용해서 각 선박에 대한 환경 부하를 시뮬레이션 함으로써, 미래의 (예, 5분후) 교통환경을 예측하고, 교통제어를 할 수 있는 시스템을 제시한다. 마지막으로, 인공위성 데이터를 사용해서 선박정보를 추출하는 방법을 보여 준다.

**핵심용어** : 인공위성 리모트센싱, 환경부하 모델, 가상교통관제시스템

**ABSTRACT** : A virtual vessel traffic control system is introduced to contribute to prevent a marine accident, e.g. ship collision or stranding, from happening. The system that comes from VTS limitations, consists of both data acquisition by satellite remote sensing and a simulation of traffic environment stress (here, INOUE model used) based on the satellite data. Remotely sensed data can be used to provide timely and detailed information about the marine safety, including the location, speed and direction of ships, and help us operate vessels safely and efficiently. If in the future, e.g. 5-minute after, environmental stress values that a ship may encounter on a voyage can be available, proper actions can be taken to prevent accidents. It lastly can be shown that JERS satellite data are used to track ships and extract their information.

**KEY WORDS** : satellite remote sensing, environmental stress model, virtual vessel traffic control system

### 1. 연구배경 및 목적

해상교역의 증가와 해상교통의 발달에 따라 선박이 대형화되고 있고, LNG선을 포함한 다양한 위험물 운반선의 출현 등으로 인하여 해상안전의 확보가 중요한 문제로 되어 있다. 유조선 씨프린스호 좌초사고(1995년 7월 23일)에서처럼, 초대형 선박들이 해난사고로 이어지는 경우에는 인명과 재산의 손실은 물론 엄청난 환경 파괴를 초래하게 된다.

한편, IMO나 IALA등의 조직은 해상교통을 관리하고 해상에서의 위험을 줄이기 위한 규정을 제정해왔다. 또한 전자항해장비도 발달해서 항해에 필요한 정보를 거의 다 얻을 수 있게 되었다. 그러나, 현재의 항행시스템에서는 인간의 실수가 사고를 일으키는 중요한 요인이기 때문에 해난사고는 우리들이 기대하고 있는 만큼 감소하지 않고, 오히려 사고의 규모는 이전보다 커지고 있다.

VTS시스템의 도입은 항만주변의 안전의 향상에 많은 기여를 하고 있음에도 불구하고, 해양사고는 거의 전 연안에서 발생하고 있다. 최근, AIS<sup>1)</sup>의 시작과 더불어 광역VTS를 시행하려는 움직임도 일어나고 있다. 본 연구에서는 메소스케일(약200 -

\*정회원, yangcs@kriso.re.kr Tel: 042) 868 7276

\*\*정회원, park@yms.co.jp Tel: +81-3 3740 0754

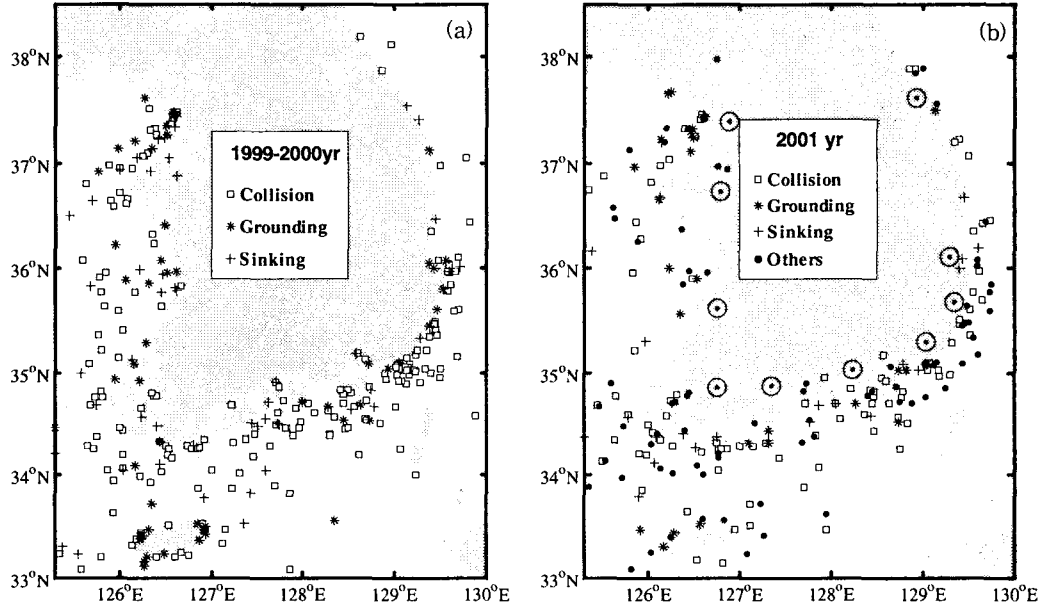


Figure 1 Distributions of marine accidents during the period from 1999 to 2001 in inquired year. The double circle(⊙) denotes the site of PTMS.

300km) 범위의 해역에 대해서 인공위성을 이용해서 선박과 해상교통환경의 정보를 취득하고, 이를 기반으로 선박의 충돌이나 좌초와 같은 사고의 예방에 기여할 수 있는 가상교통관제시스템의 개념을 소개한다.

조선환경의 곤란성과 밀접한 관계에 있는 선박과 항행환경 정보를 수집하고, 시뮬레이션 한 결과에 근거하여 위험선박을 제어하는 시스템을 여기에서 제안한다. 해상교통류 제어 시스템은, 해상교통환경 정보수집, 교통류 시뮬레이션, 교통류 제어의 요소로 이루어진다. 전체적인 시스템구성에 대한 개략적인 설명을 한 후, 인공위성데이터(JERS/OPS, LANDSAT/TM, ERS-2/SAR)에 의한 선박정보수집방법에 대한 검토결과를 제시한다. 마지막으로 수집된 정보를 이용한 교통류 시뮬레이션 방법을 보여준다.

## 2. 현재의 해양사고 현황 및 해상교통관리시스템

현재 운용 중이며 앞으로 본격적으로 활용예정인 해상교통관리시스템의 소개를 하고, 해양사고 분포와의 비교검토를 통해, 현 시스템의 한계점을 설명한다.

### 2.1 VTS현황 과 해양사고 경향

그림 1은 우리나라 연근해에 있어서 사고종류별 그 발생위치를 해양안전심판재결서기준으로 1999년-2000년(충돌, 좌초, 침몰)<sup>2), 3)</sup>과 2001년(충돌, 좌초, 침몰, 기타)<sup>4)</sup>에 대해서 각각 나타낸 것이다. 충돌, 좌초, 침몰은 해양사고의 유형으로, 해난의 대표라고 할 수

있다. 이들 사고의 전체적인 분포를 보면, 거의 전 연근해에 일정하게 분포되어 있다. 주변 해안선의 길이에 비례할 것 같은 경향을 나타내고 있다. 즉, 동해안 보다는 남해안과 서해안 주변에서 사고건수가 많은 것을 알 수 있다. 반면에, 섬과 육지와 상당히 떨어져 있는 해역에서의 충돌, 좌초, 침몰사고도 높은 것으로 보여진다. 이 분포도로부터 충돌이 전사고의 가장 높은 비율을 차지하고 있으며, 해마다 비슷한 경향을 나타내고 있음을 알 수 있다.

그림1(b)에 선박교통서비스 (Vessel Traffic Service: VTS) 설비가 갖추어진 위치(⊙)를 표기하였다. 항만주변에서 선박사고를 예방하고 효율적으로 선박통항관리를 하기 위한 VTS시스템은 포함항만(93년 1월)에 최초로 설치된 후, 지금은 여수/광양항, 울산항, 마산/진해항, 인천/평택항, 대산항, 부산항, 목포항, 군산항, 동해항, 제주항에서 운영되고 있으며 서비스의 명칭을 VTS에서 1999년부터 항만교통정보서비스(Port Traffic Management Service: PTMS)로 개칭하여 사용하고 있다.

거리상의 제약성을 갖는 레이더 선박정보를 주로 다루며, 음성으로 전달하는 VTS시스템은 실시간 해양교통정보의 제공 면에서는 뚜렷한 한계성을 갖고 있다. 또한 레이더의 사각지대(blind sector)문제는 정보의 신뢰성을 높일 수 없는 이유의 하나이다.

연도별 해양사고 발생건수에 의하면, VTS가 운용되고 있는 지역에서는 사고건 수가 감소경향을 나타낸다고 할 수 있다. 그러나, 그림 1의 해역별 해양사고의 발생건수(97-2001년 사이의 총건수: 동해 457건, 남해 1376건, 서해 896건의 비교에서 보이는 것처럼, 연안의 지형이 복잡하고 섬들이 많은 해역인 남해와 서해에서 해양사고건수가 아주 많다. 또한, 각 해역별

의 사고위치에 따른 사고비율을 비교해 보면, 항만 및 진입수로에서는 전체의 약 19.5%, 그 외의 해역에서 약 80.5%이다 (그림 1의 충돌과 좌초/침몰의 사고위치 참조). 즉, 국내의 해양사고는 VTS가 운용중인 선박의 출입항을 위한 해역에서 보다는 선박의 밀도가 현저히 감소하는 연근해 해역에서 주로 발생하고 있다.

2.2 선박자동식별시스템(AIS)

선박자동식별시스템(AIS)은 선박과 선박간, 선박과 육상공간에 선박 및 운항정보를 자동으로 교환하도록 하여, 충돌사고를 회피하고 VTS운용의 효율성을 증대시키기 위한 시스템으로 2002년 7월부터 여객선과 300톤 이상의 선박에 대하여 적용된다<sup>1)</sup>.

AIS는 VTS관제범위의 확대를 가져올 수 있으며, 해난수색과 구조활동에서의 지원도 가능할 것으로 기대된다. 그러나, 주된 사고 원인인 소형선박은 대상외라는 점과 지형이 복잡한 해역에서는 다른 정보와의 상이에 의한 사고의 위험이 존재한다.

AIS와 같은 대부분의 항해 안전용 장비 및 시스템의 경향은 단지 많은 정보를 제공함으로써 선박 운항자들에게 부담을 가중시켜오고 있다. 또한, 지금까지는 자선과 타선의 정보를 취득하는 방법쪽에서의 연구가 진행되어왔지만, 앞으로는 자선과 타선의 현재 및 미래정보를 예측하고, 교통환경스트레스를 계산하여 충돌과 좌초와 같은 사고를 미리 예방할 수 있는 시스템의 구현이 요구되어진다.

본 연구에서 제안하는 시스템은, 해상교통에 관한 모든 정보를 선박에 의존하지 않고, 또한 지금의 방법으로는 수집이 어려운 해양환경정보도 최종적으로 연동시키는 것이다.

2.3 인공위성(원격탐사)데이터 이용

해난사고를 방지하기 위해서는 해상교통환경에 영향을 미치는 기상정보, 지리정보, 항로정보, 선박통항정보 등의 각종 정보를 입수하여 이를 바탕으로 적극적인 해상교통류 제어를 해야 한다. 또한, 우리나라의 영해 내에 불법 침입하는 국적불명선박의 감시 및 관리를 위해서는 기존의 시스템만으로는 불가능하다. 광범위한 대상 해역에 대해서, 경제적인 방법으로 위와 같은 목표를 달성하기 위해서는 인공위성 등의 원격탐사기술을 활용한 방법이 대안이라고 생각한다. 앞으로 성층권플랫폼이 완성되면 실시간 원격탐사가 가능할 것으로 예상된다.

원격탐사데이터와 자동데이터분석기술이 확보된다면, 광범위한 연근해역에 대한 해상환경의 모니터링과 선박들의 탐지가 실현될 것이다.

현재 인공위성데이터에 의한 해상환경정보(해류, 바람, 파고, 안개 등)의 취득 방법 등에 대해서는 이미 많은 연구와 검증이 이루어져 왔다.<sup>5),6),7),8),9)</sup> 그림 2는 Topex/Poseidon과 ERS위성에 의한 데이터 수집의 예이다. 해면고도정보(그림 2(a))를 이용해서 구해진 해면 지형류(그림 2(b))는 선박의 항로의 선정

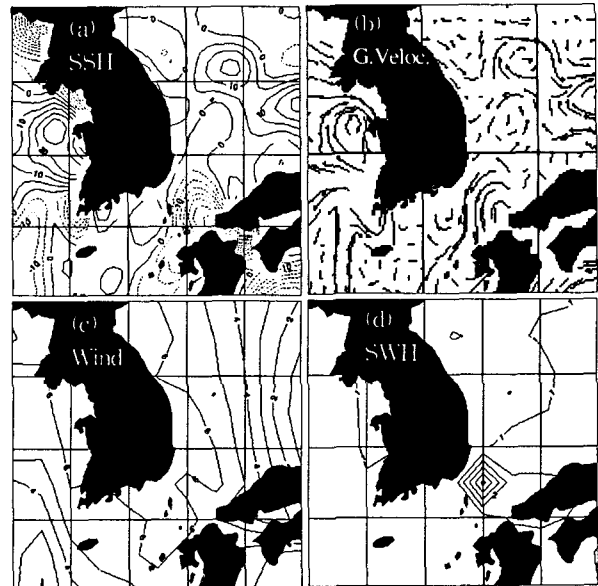


Figure 2 Sea surface height (a), geostrophic velocity (b), wind speed (c), and significant wave height (d) on July 15, 2003.

시 유용하게 사용될 수 있다. 그리고 해상풍(그림 2(c))과 유의 파고(그림 2(d)) 또한 선박의 안전 운항면에서 중요한 정보들이다.

반면에, 선박의 정보를 검출하는 연구는 거의 이루어져 있지 않은 실정이다. 가상교통관제시스템은 기본적으로 선박과 해상환경정보를 인공위성으로 얻어서, 장래의 해상교통환경의 부하를 정량적으로 평가함으로써, 적극적인 해상교통관제를 하는 것이다. VTS와 AIS정보도 쉽게 연동시켜 활용할 수 있다고 생각된다. 그림 2는 이 시스템의 전체적인 구성을 보여준다.

3. 인공위성데이터로부터 선박정보 검출

3.1 사용데이터 및 해석조건

일본지구자원위성1호(JERS-1)의 가시근적외방사계(OPSVNIR)

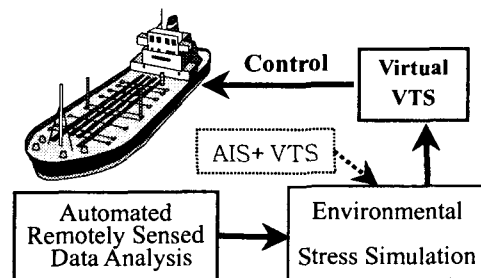


Figure 3. Diagram of Virtual VTS

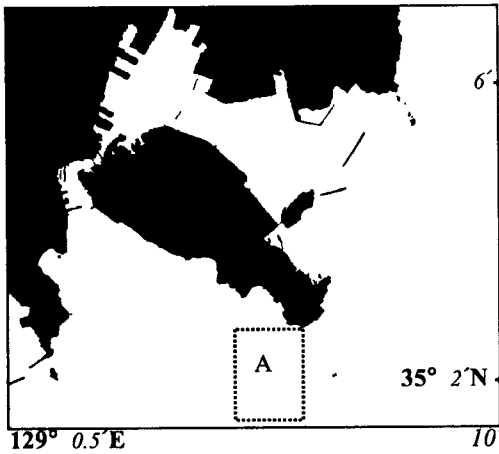


Figure 4. Map of the study area with land mask produced by JERS-1(OPS).

센서의 Ch.3과 Ch.4의 데이터를 이용하였다. 이 두 채널사이의 데이터취득간격은 약 20초 있으므로 물체의 이동정보를 얻는데 유용하다. 또한 분해능도 약 18m이다.

대상해역은 부산항을 중심으로 한 연안해역이다(그림 4). 그림 4에서 보이는 것처럼 JERS-1(OPS)를 이용해서 Landmask 데이터를 만들었다. 그림 4의 영역'A'는 ERS-2/AMI-영상에서 사용된 해역범위를 나타낸다.

선박의 최대속도는 30kts로 가정하였다. 그래서, 두 위성데이터의 관측시간간격동안의 탐색거리는 300m이다. 탐색방위는 선수중심으로 ±30도로 하였다.

3.2 JERS/OPS에 의한 선박정보추출

JERS/OPS를 이용해서, 선박을 자동으로 찾은 후, 선박정보인 침로, 속도, 폭과 길이를 구하기 위하여 다음의 절차를 따라 수행했다.

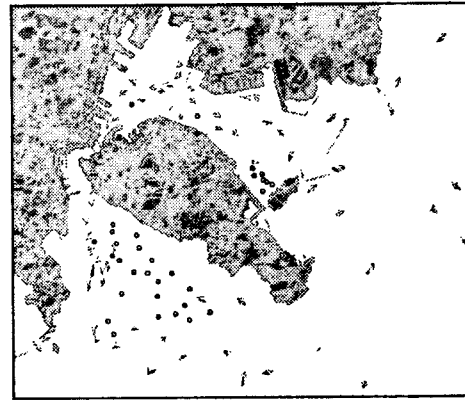


Figure 5. An example of Ship detection

- 1) 0.76-0.86μm 파장대에 대한 선박 및선박wake의 강도(intensity), 선박과 해면사이의 중간치(Mixel)취득
- 2) Ch.3과 Ch.4의 위치보정/ Landmask
- 3) Ch.4으로부터 선박 정보(선위, 침로, 선폭, 길이) 검출
  - Ch.4의 윤곽처리: 2치화
  - 좌에서 우방향 검색
  - 검색된 지점에서 반시계방향으로 추적 (침음 시작 위치에 따라 시작점은 달라짐) 하여 하나의 선박을 추출
  - 침로는 선박 Wake의 위치에 의해 결정
- 4) Ch.3으로부터 선박 정보 검출:
  - 3)항과 동일방5) 3)항과 4)항의 결과를 이용 선속벡터작성 그림-5

3.3 단일 밴드데이터 사용의 경우: LANDSAT/TM과 ERS-2/AMI-영상

단일 밴드데이터 사용의 경우에는 선속을 선박 wake로 구하지 않으면 안 되기 때문에, 실제 선박을 이용한 비교작업을

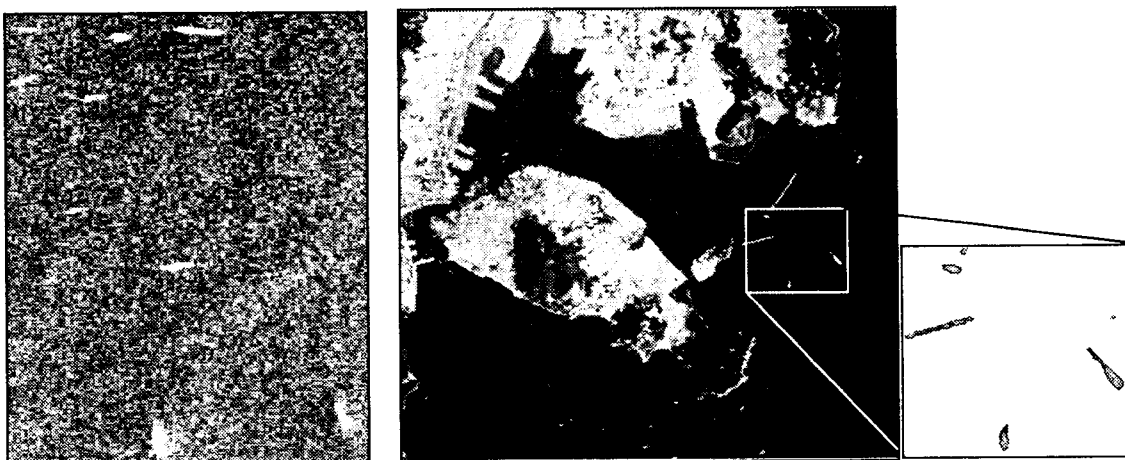


Figure 6. ERS-2/AMI-image mode(refer the area 'A' of Fig. 3)(Left) and LANDSAT/TM True color(3,2,1)(Right)

해야만 한다는 단점이 있다. 또한, SAR데이터(그림 6(좌))의 경우, 선박의 wake가 나타나지 않는 경우가 많다<sup>10)</sup>. 그리고, 선박탐지가 풍속의 영향을 많이 받는다. 그러나, 다른 환경모니터링의 기능이 좋기 때문에 앞으로 많이 활용될 것으로 생각된다.

LANDSAT/TM(그림 6의 오른쪽)에서는 선박과 바다사이의 알베도차이가 크기 때문에 선박의 식별이 용이하며, 선박의 wake도 뚜렷이 나타나는 것을 알 수 있다. 여기에서는 세 개의 채널의 데이터를 이용해서 True color화상으로 보여준 것으로, 각 채널별 분광특성을 이용해서 선박정보를 얻어 낼 수 있다.

앞으로 선박의 특성에 따른 분광특성의 조사 및 선형과 선속에 따른 선박wake를 파악할 예정이다.

#### 4. 검출장래선박위치 및 교통환경하중예측

Inoue(2000)<sup>11)</sup>가 개발한 조선 및 교통환경 스트레스 모델을 이용하여, 선박과 해상구조물등의 지형조건에 의해 받게 되는 해상교통환경하중을 계산했다. 기본적인 선박정보는 3장에서 얻어진 값을 기반으로 만들었다. 이 시뮬레이션의 목적은 선박들이 장래에 받게 될 해상교통환경 스트레스를 예측하여 사고를 방지하도록 조치하기 위한 정량적 데이터를 얻고자 함이다.

그림 7은 모델선박을 중심으로 해상교통환경변화의 시나리오이고, 그림 8은 그림 7에서의 모델선박이 시간에 따라 주변 선박 및 지형(구조물)으로부터 받게 되는 조선자의 부담감을 나타낸 것이다.

이와 같은 정량적인 위협도를 나타내는 값들을 얻게 됨으로써 장래의 위협도가 높은 선박에 대한 교통관제를 해서 해양 안전을 확보할 수 있을 것으로 기대된다.

#### 5. 결 론

이 연구의 목적은, 21세기의 해상교통기술전략의 핵심이라고 볼 수 있는, Weather Routing 시스템, 선대관리시스템, 충돌/좌초회피시스템, 교통류제어시스템의 실현을 위해 필요한 필수 불가결한 해상교통환경정보수집의 방법으로 인공위성데이터의 이용가능성을 찾는 것이었다.

먼저, 현재의 해난사고의 경향과 해상교통관리시스템을 소개하고, 새로운 시스템의 도입의 당위성을 설명했다. 본 연구에서 제안한 가상교통관제시스템의 기본요소인 해상교통환경정보의 취득방법은 인공위성 리모트센싱으로, 이를 위해 서로 다른 특성의 두 가지 센서의 데이터를 사용해서 선박정보를 얻기 위한 방법의 검토를 했다. 그리고 다 채널과 단일 채널의 경우에 있어서의 차이점을 조사했다.

연구결과를 통해, 선박운항관리에 인공위성데이터를 활용할 수 있다는 결과를 얻었다. 앞으로 더 정확한 선박정보추출에

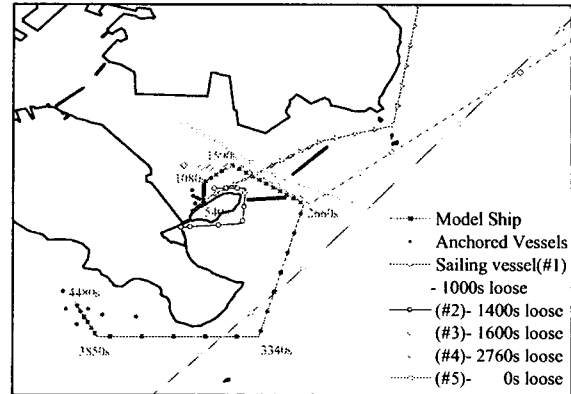


Figure 7. Simulation of environmental stress under the traffic condition partly obtained from ship traffic information of Fig.6.

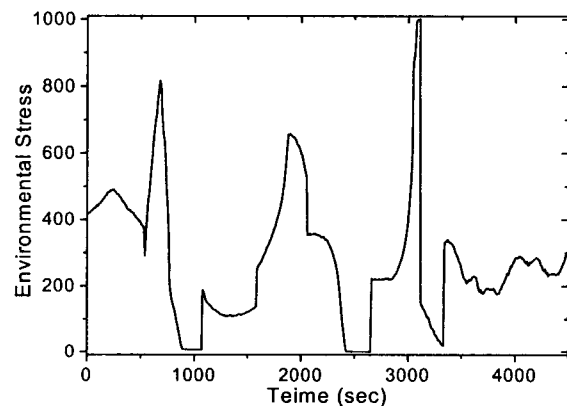


Figure 8. Environmental stress for a model ship.

관한 알고리즘의 개발 및 시스템구성의 완성도를 높여나갈 계획이다.

구체적으로는, 우리나라의 다목적 실용위성인 KOMPSAT의 EOC센서를 이용해서 선박정보추출과 관련된 연구를 진행중에 있다.

#### 후 기

본 연구는 과학기술부의 기본연구사업 "해양위해도 통합관리시스템 기반기술 개발" 과 "해양안전분야에 있어서 인공위성 리모트센싱의 활용 방안"의 일환으로 수행되었다. 본 연구에서 사용된 해상교통모델을 제공해준 일본고베상선대학 Kinzo Inoue교수(현, 일본항해학회 회장)에게 감사사를 드립니다.

## 참 고 문 헌

- [1] 심우성, 서상현(2000): 국내 AIS 서비스 실시를 위한 요구사항 분석, 한국해양환경공학회논문집, 3권 1호, pp.45-51.
- [2] 해양안전심판원(2000): 해양안전심판사례집(2000).
- [3] 해양안전심판원(2001): 해양안전심판사례집(2001).
- [4] 해양안전심판원(2002): 해양안전심판사례집(2002).
- [5] Allan, T.D. Editor(1983): *Satellite microwave remote sensing*, Ellis Horwood Limited.
- [6] Ducet, N, P.Y. Le Traon, G. Reverdin(1999): Global high resolution mapping of ocean circulation from the combination of Topex/Poseidon and ERS-1/2. *J. Geophys. Res.*
- [7] Yang, C.S., T. Suga, N. Shikama(2002): Trajectories of profiling floats in the Kuroshio Extension Region, *A. J. Hydraulic Eng.*, Vol.46, pp. 989-994. (In Japanese)
- [8] Jones, I.S.F., Y. Sugimori, R.W. Stewart(1993): *Satellite Remote Sensing of the Oceanic Environment*, Seibutsu Kenkyusha.
- [9] Yang, C.S., A. Ishida, N. Iwasaka(2002): On Prediction of the Argo Floats Drifted Ashore after Termination, Report of Japan Marine Science and Technology Center, Vol.46, pp. 989-994. (In Japanese)
- [10] Vachon, P.W., J.W.M. Campbell, C. Bjerkelund, F.W. Dobson, and M.T. Rey(1997): Ship detection by the RADARSAT SAR: Validation of detection model predictions. *Can. J. Rem. Sens.*, vol. 23(1), pp.4859.
- [11] Inoue, K.(2000): Evaluation method of ship-handling difficulty for navigation in restricted and congested waterways, *J. Navigation*, vol. 53, pp. 167-18

---

원고접수일 : 200 년 월 일

원고채택일 : 200 년 월 일