

과랑중을 항행하는 어선의 자동조타시스템에 작용하는 불규칙 외란 추정에 관한 연구

이 경 우
목포해양대학교 해양 및 조선공학부
(1998년 2월 10일 접수)

A Study on the Evaluation of Irregular Disturbances to Automatic Steering System of Fishing Boat in Waves

Gyoung-Woo Lee

Mokpo National Maritime Univ., Faculty of O.E. & N.A.
(Received February 10, 1998)

Abstract

When an automatic course-keeping is concerned, as is quite popular in modern navigation, the closed-loop steering system consists of autopilot device, power unit (or telemotor unit), steering gear, magnetic or gyro compass and ship dynamics. In order to estimate automatic steering system of ships in open seas. we need to know the characteristics of each component of the system, and also to know the characteristics of disturbance to ship dynamics.

In this paper, I provide calculation method of imposing irregular disturbance to autopilot navigation system of the ship in open seas, and also show calculation examples about fishing boat. The disturbance consists of the irregular wave and the fluctuating component of wind.

Finally, The disturbances are calculated in terms of equivalent yaw angular velocity. Each spectrum and time history of disturbance are reasonably evaluated.

서 언

선박의 조종성에 관한 연구중, 운항 경제성 향상에 관한 연구는 선박이 대양에서 미리 설정된 항로를 따라서 여하히 보침 제어함으로써 추진 에너지 손실을 최소화하고 최단 시간에 목적지에 도달할 수 있을까 하는 경제성 문제가 관심의 초점이 되고 있다.

대양을 항해하는 거의 모든 선박은 오토파일럿을 이용하여 자동으로 침로를 유지하고 있고, 이

러한 오토파일럿은 파워 유닛, 조타기, 선체운동 및 컴퍼스와 함께 폐루프(closed-loop) 제어 시스템을 이루고 있다. 이들 요소중 선체운동은 조타기에 의한 타의 작동에 기인해서도 유발되지만, 바람, 파도 등의 끊임없는 외란에 기인해서도 선체운동이 동시에 유발된다. 이 두가지 성분을 합성한 선체운동 즉, 회두각속도가 컴퍼스를 경유해서 다시 오토파일럿으로 피드백 되어 새로운 타각을 명령하게 된다. 이러한 과정에서 외란 특성은 선박 자동조타 시스템의 유일한 외부 입력으로서

도 그 역할이 중요하다.

한편, 일반적으로 외란에 기인하는 선체운동은 조타에 기인하는 선체운동에 비해서 고주파수 영역의 운동이라고 할 수 있으며, 주파수 영역이 서로 다른 두 종류의 회두각속도 성분이 동시에 작용하는 자동조타 시스템은 외란 특성에 따라서 시스템의 거동이 크게 좌우된다. 예를 들면, 오토파이럿의 특성은 그대로 두고 외란의 크기만을 여러 형태로 변경시켜 선박의 회두각속도를 관찰해 보면 선수동요 진폭이 감소하기도 하고 때로는 증가하기도 한다는 것이 확인된 바 있다[1].

본 연구에서는 Fig.1과 같은 자동조타 시스템의 구성요소의 하나인 선체운동 응답중, 외란에 기인하는 회두각속도 성분을 추정하는 방법에 대해서 검토하였다. 즉, 불규칙 파도와 바람의 변동 성분에 기인하는 외란 스펙트럼의 계산법에 대해서 논하였으며, 계산된 스펙트럼으로부터 외란의 시계열을 구하는 방법을 제시하였다.

본 연구의 풍·파랑 조건으로서는 선수 사파, 사풍 및 선미 사파, 사풍을 다루도록 하고, 어선에 대한 시계산 결과에 대해서 고찰하였다.

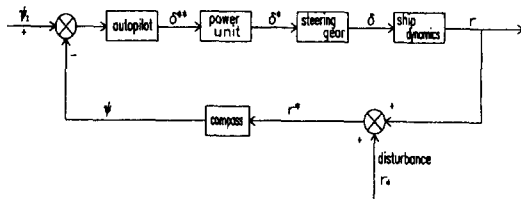


Fig. 1. Block diagram of automatic steering system.

불규칙 외란의 추정

자동조타 항행시에 선체에 작용하는 외란으로서, 불규칙 파도에 의해서 유기되는 외란과 바람의 변동 성분에 의해서 유기되는 외란을 생각한다. 본 연구에서는 상기 외란을 회두각속도로 환산하여 자동조타 시스템에 작용하는 것으로 간주한다. 계산에 필요한 좌표계를 Fig.2.1과 같이 정의한다. Fig.2.1에서 $\bar{O}-X_0 Y_0$ 는 공간고정좌표계

$G-xy$ 는 선체고정좌표계이다. 선박의 조종운동은 $G-xy$ 좌표계에서 정의되며, 운동의 주요 파라미터로서 선박의 회두각속도를 r , 사항각을 β , 타각을 δ 라 한다. 그리고 선체와 파도의 만남각을 χ , 선체와 바람의 만남각(진풍향)을 γ_T 라 한다.

1. 불규칙 파도에 기인하는 외란 스펙트럼

파도가 선체에 유기하는 회두각속도 스펙트럼은 파도의 스펙트럼과 규칙파에 대한 선수동요 응답함수로부터 식(2.1)과 같이 계산할 수 있다. 한편, 선수동요 응답함수는 스트립이론을 이용하여 계산한다[2].

$$S_{rw}(\omega) = \omega^2 \cdot S_w(\omega) \cdot \left[\frac{V_a}{\zeta_a}(\omega) \right]^2 \quad (2.1)$$

여기서

$S_{rw}(\omega)$: 불규칙 파도에 기인하는 선체의 회두각속도 스펙트럼 [deg²/sec]

$S_w(\omega)$: 파도의 스펙트럼 [m²·sec]

ω : 파도와 선체의 만남 주파수

$\left[\frac{V_a}{\zeta_a}(\omega) \right]$: 규칙파에 대한 선수동요 응답함수

계산에 사용된 파도의 스펙트럼은 ISSC 스펙트럼을 이용한다[3].

$$S_w(\omega_0) = 0.11 H_w^2 \omega_1^{-1} \left(\frac{\omega_0}{\omega_1} \right)^{-5} \exp \left[-0.44 \left(\frac{\omega_0}{\omega_1} \right)^{-4} \right] \quad (2.2)$$

여기서

ω_0 : 파도의 원주파수, $\omega_1 = 2\pi T_1$

T_1 : 평균 파주기, H_w : 유의 파고

만남파 스펙트럼 $S_w(\omega)$ 와 ISSC 스펙트럼 $S_w(\omega_0)$ 사이에는 식(2.3)의 관계가 성립된다.

$$S_w(\omega) = S_w(\omega_0) \left(1 - \frac{2\omega_0 V}{g} \cos \chi \right) \quad (2.3)$$

여기서 V : 선속, g : 중력가속도,

χ : 파도와 선체의 만남각

($\chi=0^\circ$: 선미파, $\chi=180^\circ$: 선수파)

그리고 만남 주파수와 파도의 원주파수 사이에는 식(2.4)의 관계가 성립된다.

$$\omega = \omega_0 \left(1 - \frac{\omega_0 V \cos \chi}{g} \right) \quad (2.4)$$

2. 추사파중에서의 외란 스펙트럼 계산

파도의 입사각이 $\frac{\pi}{2} < \chi < \frac{3\pi}{2}$ 사이에서는 원주파수와 만남주파수는 1대 1 대응관계이므로, 선박의 응답 스펙트럼 계산은 별문제가 없다. 그러나 파도의 입사각이 $0 \leq \chi < \frac{\pi}{2}$, $\frac{3\pi}{2} < \chi \leq 2\pi$ 사이인 추사파중에서는 만남주파수가 음이 되는 부분이 생기므로 파도의 원주파수 ω_0 와 만남주파수 ω 의 관계를 다시 정의할 필요가 있다. 즉, 파도의 원주파수 ω_0 가 $\frac{g}{V \cos \chi} < \omega_0 \leq \infty$ 의 영역에서는 식(2.4)를 다음과 같이 변환시켜야 한다.

$$\omega = -\omega_0 \left(1 - \frac{V \omega_0}{g} V \cos \chi \right) \quad (2.5)$$

식(2.5)와 같이 변환된 만남주파수를 그림으로 나타내면 Fig.2.2와 같다. Fig.2.2에서 c 는 파속(wave celerity)을 나타낸다. Fig.2.2에서와 같이 추사파중에서는 동일한 만남주파수에 3가지의 원주파수 존재하게 된다. 그러므로, 추사파중에서 항행하는 선박의 회두각속도 외란 스펙트럼을 식(2.6)과 같이 주파수 범위에 따라 3부분으로 나누어 계산할 수 있다[4].

$$\begin{aligned} \text{영역 I } S_{r_w}(\omega) &= \omega^2 \cdot S_w(\omega) \cdot \left[\frac{\psi_a(\omega)}{\zeta_a} \right]_{\text{I}}^2 \\ \text{영역 II } S_{r_w}(\omega) &= \omega^2 \cdot S_w(\omega) \cdot \left[\frac{\psi_a(\omega)}{\zeta_a} \right]_{\text{II}}^2 \\ \text{영역 III } S_{r_w}(\omega) &= \omega^2 \cdot S_w(\omega) \cdot \left[\frac{\psi_a(\omega)}{\zeta_a} \right]_{\text{III}}^2 \end{aligned} \quad (2.6)$$

여기서, 첨자 I, II, III는 Fig.2.2의 해당 영역을 나타낸다. 식(2.6)의 각 영역에서의 파도의 만남 스펙트럼은 식(2.7)과 같다.

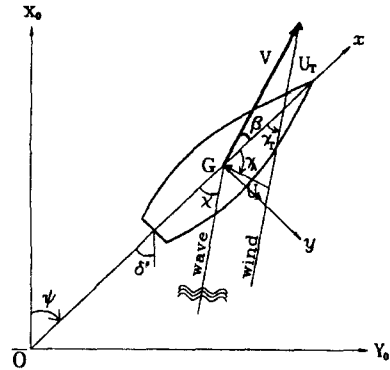
$$\text{영역 I } S_w(\omega)_{\text{I}} = \frac{S_w(\omega_0)}{1 - \frac{2\omega V}{g} \cos \chi}$$

$$\text{영역 II } S_w(\omega)_{\text{II}} = \frac{S_w(\omega_0)}{1 - \frac{2\omega V}{g} \cos \chi}$$

$$\text{영역 III } S_w(\omega)_{\text{III}} = \frac{S_w(\omega_0)}{-1 + \frac{2\omega V}{g} \cos \chi}$$

그러므로 추사파중에서의 최종적인 선박의 회두각속도 외란 스펙트럼은 식(2.8)과 같다.

$$S_{r_w}(\omega) = S_{r_w}(\omega)_{\text{I}} + S_{r_w}(\omega)_{\text{II}} + S_{r_w}(\omega)_{\text{III}} \quad (2.8)$$



- G : center of gravity
- V : ship speed
- U_T : true wind speed
- U_A : apparent wind speed
- β : drift angle
- χ : encounter angle of wave
- γ_T : angle of true wind
- γ_A : angle of relative wind off bow

Fig.2.1. Coordinate system and symbol definitions.

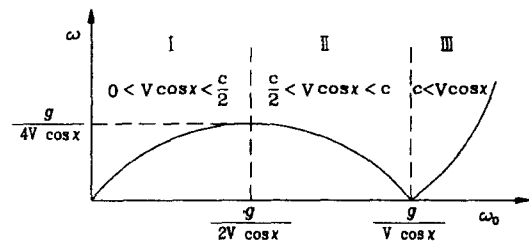


Fig.2.2. Variation of encounter circular frequency ω with circular frequency of wave ω_0 .

3. 다방향파중에서의 외란 스펙트럼의 계산

본 연구에서는 실제 해상 상태에 가까운 다방향 파중에서 항행하는 선박의 회두각속도 외란 스펙트럼을 구하기 위하여 다방향파 스펙트럼을 적용한다.

파도의 스펙트럼이 파의 평균 진행방향에 대해서 $-\frac{\pi}{2} \sim \frac{\pi}{2}$ 범위에 있어서 $\cos^2\mu$ 의 분포를 하고 있다고 가정하면, 파도의 스펙트럼은 식(2.9)와 같이 표현할 수 있다[5].

$$S_w(\omega, \mu) = \left(\frac{2}{\pi}\right) S_w(\omega) \cos^2\mu : \frac{\pi}{2} \leq \mu \leq \frac{\pi}{2} \quad (2.9)$$

여기서

$S_w(\omega, \mu)$: 다방향파의 스펙트럼,
 μ : 파도의 퍼짐각

따라서 선박이 다방향파중에서 항행할 때, 파도가 선체에 유기하는 불규칙 회두각속도 스펙트럼은 식(2.10)과 같이 나타낼 수가 있다.

$$S_{rw}(\omega, \chi) = \int_{-\frac{\pi}{2}}^{\frac{\pi}{2}} \omega^2 \cdot S_w(\omega, \mu) \cdot \left[\frac{Y'_a}{\zeta_a}(\omega, \chi - \mu)\right]^2 d\mu \quad (2.10)$$

여기서

$S_{rw}(\omega, \chi)$: 다방향파중의 선체의 회두각속도 스펙트럼

4. 바람의 변동성분에 기인하는 외란 스펙트럼

바람이 선체에 유기하는 회두각속도 스펙트럼은 타각으로 환산한 변동풍의 외란 스펙트럼과 선박의 전달 함수를 이용하여 다음과 같이 계산할 수 있다[6].

$$S_{rw}(\omega) = S_\delta(\omega) \cdot |G(j\omega)|^2 \quad (2.11)$$

여기서

$S_{rw}(\omega)$: 바람의 변동 성분에 기인하는 선체의 회두각속도 스펙트럼[deg²/sec]

$S_\delta(\omega)$: 타각으로 환산한 변동풍 외란 스펙트럼 [deg²·sec]

$$G(j\omega) = \frac{K(1+T_3j\omega)}{(1+T_1j\omega)(1+T_2j\omega)} : \text{선박의 전달 함수}$$

(타각에 대한 회두각속도의 전달함수)

$$K, T_1, T_2, T_3 : \text{조종성 지수, } j = \sqrt{-1}$$

식(2.11)에서 정의한, 타각으로 환산한 변동풍의 외란 스펙트럼 계산법은 다음과 같다.

타각 0° 이고 외력으로서 정상 풍압력을 생각할 때 정상상태에서의 선형 조종운동 방정식은 다음과 같다.

$$-Y'_\beta \beta - (Y'_r - m' - m'_x)r' = Y'_w \left(\frac{U_A}{V}\right)^2 \quad (2.12)$$

$$-N'_\beta \beta - N'_r r' = N'_w \left(\frac{U_A}{V}\right)^2$$

여기서 m', m'_x '는 각각 선체질량과 x방향 부가질량의 무차원치, $Y'_\beta, Y'_r, N'_\beta, N'_r$ '은 유체력 미계수, U_A 는 상대풍속이다. 그리고 Y'_w, N'_w '는 바람에 기인하는 횡방향 힘과 회두 모멘트의 무차원치로서 다음과 같이 표시된다.

$$Y'_w = \frac{\rho_a}{\rho} \cdot \frac{A_S}{L_d} \cdot C_Y \quad (2.13)$$

$$N'_w = \frac{\rho_a}{\rho} \cdot \frac{A_S L_{OA}}{L^2 d} \cdot C_N$$

여기서

ρ_a : 공기의 밀도, ρ : 해수의 밀도,

L : 선체 수선간장, L_{OA} : 선체 전장

A_S : 수면상부의 선체 길이방향의 투영면적

$$C_Y : \text{풍압력 계수 } C_Y = Y_w \frac{1}{2} \rho_a U_A^2 A_S$$

$$C_N : \text{풍압 모멘트 계수 } C_N = N_w \frac{1}{2} \rho_a U_A^2 L_{OA} A_S$$

Y_w, N_w : 풍압에 기인하는 횡방향 힘과 회두 모멘트

여기서 C_Y, C_N 는 풍동 실험의 결과로부터 구할 수 있는데, 본 연구에서는 Isherwood의 회귀식[7]을 이용하여 계산한다. 식(2.12)에서 β 를 소거하면

$$r' = \frac{N'_w Y'_\beta - Y'_w N'_\beta}{N\beta(Y'_r - m' - m'_x) - Y'_\beta N'_r} \cdot \left(\frac{U_A}{V}\right)^2 \quad (2.14)$$

한편, 정상 풍압력에 의한 회두각속도를 등가

타각 δ_w 로서 표시하면

$$r' = K' \delta_w = \left[\frac{N_s' Y_\beta' - Y_s' N_\beta'}{N_\beta' (Y_r' - m' - m_x') - Y_\beta' N_r'} \right] \times [f(\gamma_A) \cdot \left(\frac{U_A}{V}\right)^2] \quad (2.15)$$

여기서 K' 는 선회력 지수, γ_A 는 상대풍향이다. 그리고 $f(\gamma_A)$ 는 등가 타각계수라 정의하고 식(2.14), (2.15)로부터 다음과 같이 주어진다.

$$f(\gamma_A) = \frac{N_w' Y_\beta' - Y_w' N_\beta'}{N_s' Y_\beta' - Y_s' N_\beta'} \quad (2.16)$$

$$\delta_w = f(\gamma_A) \cdot \left(\frac{U_A}{V}\right)^2 \quad (2.17)$$

그리고 선박이 보침중이므로 평균 사항각을 0° 라 간주하면 코사인 제 2법칙을 이용하여 γ_A 와 U_A 는 다음과 같이 표시된다.

$$\gamma_A = \cos^{-1} \left[\frac{V^2 + U_A^2 - U_T^2}{2VU_A} \right] \quad (2.18)$$

$$U_A = \sqrt{V^2 + U_T^2 - 2VU_T \cos \gamma_T} \quad (2.19)$$

식(2.16), (2.17)은 정상 풍압력에 대해서 유도된 결과이지만, 바람과 같이 저주파수 영역의 변동 성분을 갖는 경우에는 다음과 같이 생각할 수 있다.

$$U_A = \bar{U}_A + \bar{U}_A \quad (2.20)$$

$$\delta_w = \bar{\delta}_w + \bar{\delta}_w \quad (2.21)$$

여기서 “—” 표시는 정상 성분, “~” 표시는 변동 성분을 나타낸다.

식(2.17), (2.20), (2.21)로부터

$$\begin{aligned} \delta_w &= \bar{\delta}_w + \bar{\delta}_w = f(\gamma_A) \cdot (\bar{U}_A + \bar{U}_A)^2 / V^2 \\ &= f(\gamma_A) \cdot (\bar{U}_A^2 + 2\bar{U}_A \bar{U}_A + \bar{U}_A^2) / V^2 \\ &\approx f(\gamma_A) \cdot (\bar{U}_A^2 + 2\bar{U}_A \bar{U}_A) / V^2 \end{aligned}$$

상기 식에서 변동 성분만을 양변 등치하면

$$\bar{\delta}_w = 2f(\gamma_A) \bar{U}_A \bar{U}_A / V^2 \quad (2.22)$$

그리고 식(2.19), (2.20)로부터

$$(\bar{U}_A + \bar{U}_A)^2 = V^2 + (\bar{U}_T + \bar{U}_T)^2 - 2V(\bar{U}_T + \bar{U}_T) \cos \gamma_T$$

상기 양변에서 고차의 미소항을 생략하고 변동 성분만을 양변 등치하면

$$\bar{U}_A = (\bar{U}_T / \bar{U}_A - V / \bar{U}_A \cos \gamma_T) \bar{U}_T \quad (2.23)$$

식(2.23)을 식(2.22)에 대입하면

$$\bar{U}_w = \{2f(\gamma_A) \cdot (\bar{U}_T - V \cos \gamma_T) / V^2\} \bar{U}_T \quad (2.24)$$

식(2.24)의 $\bar{\delta}_w$ 와 \bar{U}_T 를 각각 타각으로 환산한 변동 풍 외란 스펙트럼 $S_\delta(\omega)$ 와 풍속의 변동 성분 스펙트럼 $S_u(\omega)$ 로써 표시하면 다음과 같다.

$$S_\delta(\omega) = \{2f(\gamma_A) \cdot (\bar{U}_T - V \cos \gamma_T) / V^2\}^2 \cdot S_u(\omega) \quad (2.25)$$

한편, 풍속의 변동 성분 스펙트럼으로서는 다음 식으로 표시되는 Davenport 스펙트럼[8]을 이용한다.

$$S_u(\omega) = 4.0 k \cdot \frac{(\bar{U}_T)^2}{\omega} \cdot \frac{x^2}{(1+x^2)^{4.3}} \quad (2.26)$$

여기서

k : 표면의 마찰 계수(해면의 경우 0.003)

$x = 600\omega / (\pi \bar{U}_T)$

$S_u(\omega)$: 평균 풍속 \bar{U}_T 의 변동 성분 스펙트럼

그리고, 계산에 필요한 유체력 미계수와 조종성 지수는 참고 문헌[9]에 의해 구한다.

5. 회두각속도 외란

회두각속도로 환산한 외란 스펙트럼이 구해지면 회두각속도 외란의 시계열은 식(2.27)과 같다.

$$r_d(t) = \sum_{i=1}^{\infty} \sqrt{2S_r(\omega_i) \delta\omega \cdot \sin(\omega_i t + \omega_i)} \quad (2.27)$$

여기서 $S_r(\omega)$ 는 외란 스펙트럼 밀도함수이다. 그리고 ϵ_i 는 랜덤 위상각으로서 0에서 2π 까지의 값을 가지는 난수를 취하도록 한다.

수치계산 및 고찰

1. 공시선과 계산 조건

수치계산에 이용한 선박은 소형 어선의 주요목

을 Table 3.1에, 정면도와 선수미 측면 형상을 각각 Fig.3.1에 나타낸다. 그리고 양 선박의 유체력 계수, 조종성 지수를 Table 3.2에 나타낸다.

외란의 계산 조건으로서는, 가장 대표적인 해상 상태인 평균 풍속 (\bar{U}_T) 10 m/sec를 상정하였으며, 이 평균 풍속에 대응하는 파랑 특성은, WMO code 1100[11]에 의하면 평균 파주기 5.74 초 유의 파고 2.2 m이다. 그리고 진풍향(γ_T)과 파도의 진행 방향(χ)은 동일한 것으로 가정하였고, 바람과 파도는 $\chi = \gamma_T = 135^\circ$ (선수 사풍, 선수사파) 방향과 $\chi =$

$\gamma_T = 45^\circ$ (추사풍, 추사파) 방향이다. 그리고 어선의 항행속도는 Froude 수 0.25 이다.

2. 외란 스펙트럼의 계산 결과

상기 공시 선박에 대해서 수치 계산한 결과는 다음과 같다. Fig.3.2, 3.3은 외란 스펙트럼 계산에 사용한 ISSC 파도 스펙트럼과 Davenport 변동풍 스펙트럼을 나타낸다. Fig.3.4는 Isherwood 회귀식을 이용한 풍압력 및 풍압 모멘트 계산결과를 나타낸다. 그리고 계산에 필요한 선체 상부구조물의 형상을 Fig.3.5에 나타낸다. Fig.3.6은 식(2.9)의 방향 분포함수를 적용하여 다방향파의 스펙트럼을 추정, 생성된 방향파 스펙트럼을 표시한다. Fig.3.6에서 주방향을 0° 로 표시하고 퍼짐각은 22.5° 이다. 그리고 방향파의 갯수는 7개로 한다. 성분파의 회두각속도 응답은 Fig.3.7과 같다. 다방향파의 스펙트럼과 성분파의 회두각속도 응답을 이용하여 식(2.10)에 의해 다방향파중에 파도가 선체에 유기하는 불규칙 회두 각속도 스펙트럼을 구한다. 그리고 이들 계산 결과와 단방향파중의 계산 결과를 Figs.3.8~3.9에 동시에 나타낸다. 바람의 변동성분에 기인하는 외란 스펙트럼은 Figs.3.10~3.11에 나타낸다.

시계열 해석결과가 외란 스펙트럼의 특성을 충분히 나타내고 있는지를 확인하기 위해서, 시계열 데이터를 일정 시간간격으로 표본을 취해 Blackman - Tukey법[10]을 이용하여 스펙트럼을

Table 3.1 Principal particulars of ship

items	fishing boat	
HULL		
Length B. P.	L (m)	27.90
Breadth	B (m)	6.30
Mean draft	d (m)	2.25
Trim	τ (m)	0.0
Block coefficient	C_B	0.6868
Midship section coefficient	C_M	0.9695
Rudder		
Height	H(m)	2.0
Area ratio	A_R/Ld	1/26.5
Aspect ratio	λ	1.7
Propeller		
Diameter	D (m)	1.9
Pitch ratio	P/D	1.0

Table 3.2 Coefficients of characteristics of ship dynamics, steering gear and power unit

items	fishing boat
a_{vv}'	0.0453
a_{rr}'	0.6166
$a_{\delta\delta}'$	0.3008
T_1'	2.45
T_2'	0.29
T_3'	0.72
K'	2.05

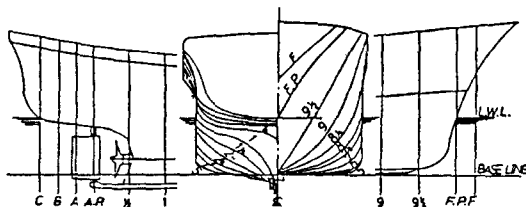


Fig.3.1. Body plan and hull end profiles.

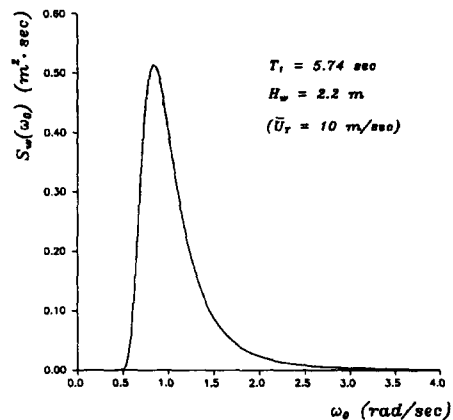


Fig.3.2. ISSC wave spectrum.

파랑중을 항행하는 어선의 자동조타시스템에 작용하는 불규칙 외란 추정에 관한 연구

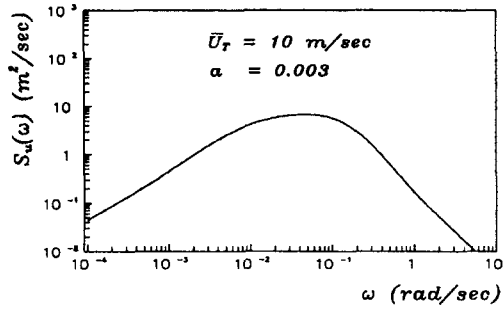


Fig.3.3. Davenport wind spectrum.

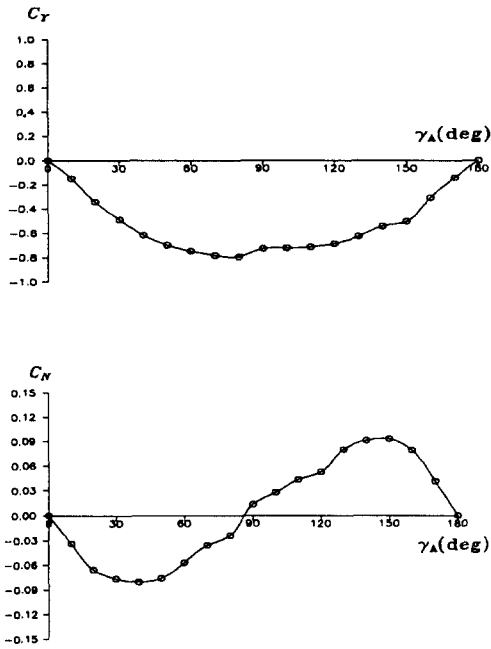


Fig.3.4. Wind force and moment coefficients estimated by Isherwood's empirical equations.

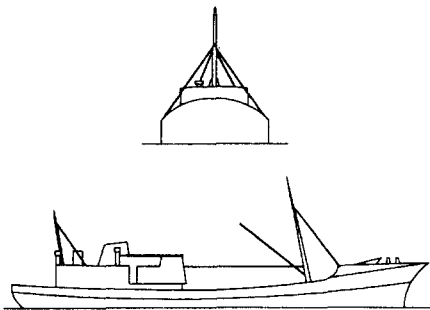


Fig.3.5. Projected plan of fishing boat.

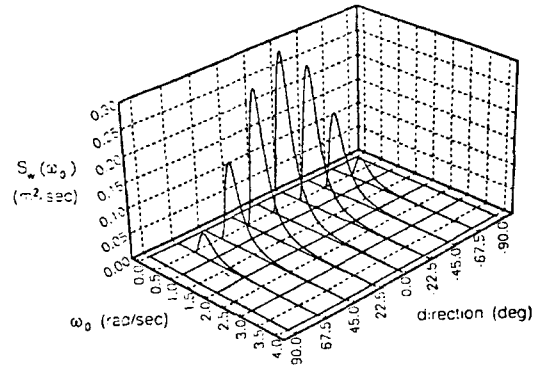


Fig.3.6. Directional wave spectrum.

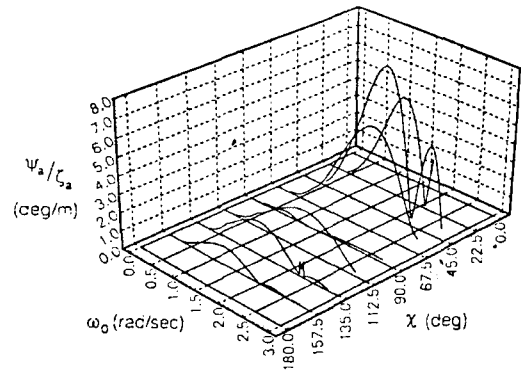


Fig.3.7. Response amplitude operator of yaw according to heading angle.

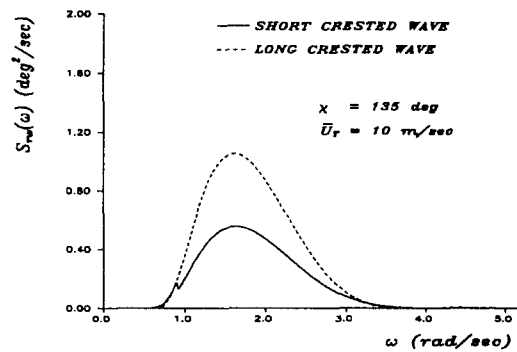


Fig.3.8. Comparison of disturbance spectrum due to wave ($\chi=135^\circ$).

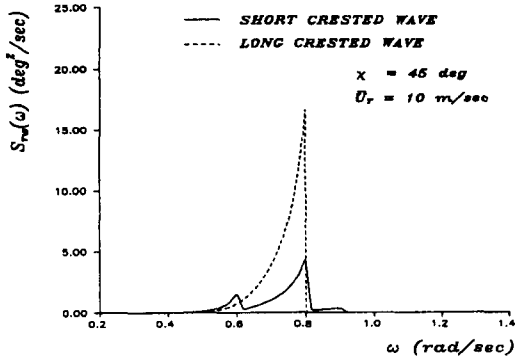


Fig.3.9. Comparison of disturbance spectrum due to wave($\chi=45^\circ$).

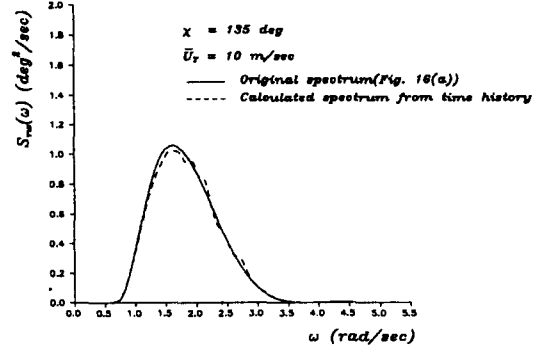


Fig.3.12. Comparison of original spectrum with calculated spectrum from time history(wave).

수치계산하여 구하고, 그 결과를 원래의 스펙트럼과 비교한 것이 Fig.3.12이다. Fig.3.12로부터 양자는 잘 일치하고 있음을 알 수 있다.

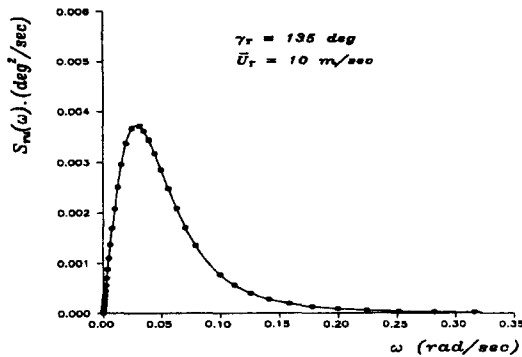


Fig.3.10. Disturbance spectrum due to wind ($\chi=135^\circ$).

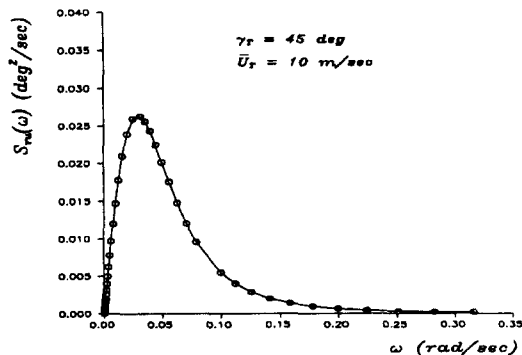


Fig.3.11. Disturbance spectrum due to wind ($\chi=45^\circ$).

결 론

본 연구에서는 선박 자동조타 시스템의 유일한 외부 입력항인 불규칙 외란 추정법에 관해서 검토하였다. 본 연구에서 제안한 계산법에 따르면 임의 해역에서 자동조타로써 항행하는 선박에 작용하는 외란을 구할 수 있으며, 특히 불규칙 외란을 회두각속도로 환산하여 스펙트럼 또는 시계열의 형태로서 구할 수 있으므로 자동조타 시스템의 평가, 해석에 용이하게 이용될 수 있을 것이다.

또한, 추파 영역에서는 주파수 변환을 이용하여 회두각속도 외란 스펙트럼을 계산하므로써 전 범위에서의 파 입사각에 대한 불규칙 응답 스펙트럼의 계산이 가능함을 보였다. 그리고, 임의의 해역에서 파도를 단방향파로 가정하여 도출한 불규칙 응답 스펙트럼 계산 결과와 다방향파에 의한 해석이 상당한 차이를 보이는 것을 알 수 있었다. 그러므로 보다 정확한 선체 응답 특성을 구하기 위해서는 다방향파에 의한 해석이 필요하다.

상기 계산 결과를 이용한 자동조타 시스템의 평가, 해석에 관해서 앞으로 계속 연구를 수행할 예정이다.

후 기

본 연구는 한국학술진흥재단의 1997년도 자유
공모과제(1997-001-E00122)연구비 지원으로 수
행중인 연구결과의 일부임을 밝힌다.

참고문헌

- [1] Tsubokawa, T. et al., "Power Loss Related to Automatic Course - keeping - with Reference to Minimum Necessary Course - stability -", Journal of the Society of Naval Architects of Japan, Vol. 151, 1982(in Japanese).
- [2] 손경호, 이경우, 김진형, "규칙과에 대한 조종운동의 응답함수에 관한 고찰", 한국항해학회지, 제18권 4호, 1994.
- [3] 元良誠三, "船舶と海洋構造物の運動學", 成山堂書店, 1982.
- [4] Price, W. G., Bishop, R.E.D., "Probabilistic Theory of Ship Dynamics", JHON WILEY & SONS, 1974.
- [5] Takezawa, S. et al., "耐航性に関する實船計算と實験 -實船試驗結果と豫測値の對應-", 第2會耐航性に関するシンポジウム, 日本造船學會, 1977.
- [6] Hasegawa, K. et al., "On the Instability Criterion of the Autopilot Steering of Ships(1st Report) - Frequency Response Analysis and Basic Considerations", Journal of the Society of Naval Architects of Japan, Vol. 148, 1980(in Japanese).
- [7] Isherwood, R. M., "Wind Resistance of Merchant Ships", Transaction of The Royal Institution of Naval Architects, Vol.115, 1973.
- [8] Davenport, A.G., "The Spectrum of Horizontal Gustiness Near the Ground in High Winds", Quarterly Journal of Royal Meteorological Society, Vol. 87, 1957.
- [9] 손경호, 이경우, 김진형, "자동조타로써 항행하는 선박에 작용하는 불규칙 외란 추정법에 관한 고찰", 한국항해학회지, 제19권 2호, 1995.
- [10] 日野幹雄, "Spectral解析", 朝倉書店, 1986.