



실선 시운전을 통한 무인수상정 정수중 조종성능 평가

전명준¹·윤현규^{1,†}·유재관²·이원희²·구평모²
창원대학교 조선해양공학과¹
LIG넥스원(주) 무인체계연구소²

Evaluation of Maneuverability in Still Water of an Unmanned Surface Vehicle through Sea Trials

Myung-Jun Jeon¹·Hyeon-Kyu Yoon^{1,†}·Jea-Kwan Ryu²·Won-Hee Lee²·Pyung-Mo Ku²
Department of Naval Architecture and Marine Engineering, Changwon National University¹
LIG Nex1 Unmanned Systems R&D Lab²

This is an Open-Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License(<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0>) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

This paper describes the process of evaluating maneuverability in still water of an unmanned surface vehicle based on data measured by performing sea trials. First, we set up a test scenario that is easy to analyze the maneuverability of the unmanned surface vehicle and to identify and verify the dynamics model. Since the attitude of hull varies according to the speed of the unmanned surface vehicle which has a planing hull shape, the relationship between waterjet RPM, speed and attitude is analyzed by performing straight forward tests at various speeds. The turning tests of the unmanned surface vehicle in which the waterjet angle rotates while turning are performed by changing the waterjet rotation angle under the condition of two representative speeds to analyze turning ability. The turning ability of the unmanned surface vehicle includes speed reduction, yaw rate, heel, and turning diameter at steady turning phase according to the speed and RPM.

Keywords : Unmanned Surface Vehicle(무인수상정), Sea trial(실선 시운전), Maneuverability(조종성능)

1. 서론

최근 실생활과 산업 속에서 편리함, 경제성, 안정성 등을 추구함에 따라 다양한 분야에서 무인화 시스템이 개발되고 있다. 조선·해양 산업분야에서는 무인잠수정, 무인수상정 등 소형 물수체 또는 선박에 대한 무인화 시스템이 적용되어 운용되고 있다. 10 m 이하 급에서 운용되는 무인선박은 감시, 정찰 등 복합임무를 수행하며 빠른 속력이 요구되므로 활주선형(planing hull type) 형상을 가지는 경우가 많다. 무인선박은 경로생성부터 제어까지 사람이 직접 조종 제어를 하지 않고 스스로 의사결정을 수행하므로 우수한 의사결정 알고리즘을 개발하기 위해서는 무인선박의 정확한 조종성능을 예측하는 동역학 모델을 알아야 한다. 또한 무인수상정을 원격에서 제어하거나 훈련 용도로 활용하기 위해 조종 시뮬레이터(maneuvering simulator)를 개발하여 육상에서

검증하는데, 이 때 운동을 정확히 모사하기 위해 실선 시운전을 수행하여 정확한 운동 특성을 예측하여야 한다. 활주선은 상선(commercial ship)과 달리 항주 속력에 따라 자세각이 달라지므로 항주 속력별 조종성능이 상이한 경우가 발생한다. 즉 동력학 모델을 구성하는 동유체력미계수가 속력에 따라 달라지므로 동유체력미계수를 대표 속력에서의 상수로 가정하는 상선에 비해 조종성능 해석이 복잡하다(Lewandowski, 2004; Yoon & Kang, 2016; Park et al., 2011; Jeon et al., 2016). 따라서 구속모형 시험을 통해서 활주선의 동력학 모델을 식별하려면 다양한 속력에서 PMM(Planar Motion Mechanism) 시험을 수행해야 하므로 시험 케이스가 상선에 비해 몇 배로 증가할 뿐더러 고속에서 시험을 수행해야 하므로 시험시설에 물리적인 제약이 발생할 수 있다. 모형선을 고속으로 예인하기 위해서는 예인전차가 가벼워야 하므로 PMM 시험 장비와 같이 무거운 시험 장비를 설치하는 것 또한 제약이 있을 수 있다.

활주선의 조종성능을 예측하는 또 다른 방법은 자유항주모형 시험(*free running model test*)을 수행하는 것이다. 실내 해양공학수조에서 자유항주모형시험을 수행하기 위해서는 활주선의 빠른 속력을 수용할 수 있을 만한 충분한 크기의 시험수조가 확보되어야 하는데 이 또한 물리적인 제약이 존재한다. 따라서 옥외에서 자유항주모형시험을 수행하거나 실선 시운전을 수행하여 운동을 계측하는 것이 활주선의 조종성능을 예측하는 가장 좋은 방법이라고 할 수 있다. 국내에 존재하는 대부분의 활주선은 전장 10 m 이하 급으로 소형선박에 해당하므로 대형 상선에 비해 실선 시운전을 수행하기 용이하다. 조종성능을 평가하는 관점에서 자유항주모형시험 또는 실선 시운전을 수행하는 목적은 크게 두 가지로 볼 수 있다. 첫 번째는 특정 속력에서 타각과 운동을 계측하여 직진, 선회, 변침 등 표준 조종성능을 확인하는 것이다. 두 번째는 실선시험에서 계측한 데이터를 활용하여 선박의 동역학 모델을 식별하는 시스템식별법(*system identification method*)을 수행하거나 간략한 조종모델을 만들고 이를 검증하기 위한 데이터로 활용하기 위함이다. 두 번째 방법과 관련하여, Yoon et al. (2007b)은 RIB(Rigid Inflatable Boat) 실선시험을 수행하고 시험 데이터를 바탕으로 RIB의 운동을 묘사하는 조종 간략모델을 개발하였다. Yoon et al. (2007a)은 컨테이너선의 횡동요 동유체력모멘트계수를 식별하기 위한 시험 시나리오를 정립하고 자유항주모형시험을 수행하였고, 계측값과 시스템식별법을 활용하여 횡동요 계수를 추정하였다. Kim et al. (2010)은 상선의 실선 시운전데이터를 참고하여 해석적 방법을 활용한 선회운동을 잘 묘사하는 시뮬레이터용 간략 조종모델을 개발하였다. 언급한 기존 연구는 대부분 수평면 운동을 가정하고 대표되는 하나의 속력에서 실선시험을 수행하거나 시스템식별을 수행한 결과를 보여준다. 앞서 언급한 바와 같이 활주선은 속력별로 항주자세가 바뀌게 되므로 다양한 속력별 조종시험이 수행되어야 한다.

본 연구는 실선 시운전을 수행하는 첫 번째 목적인 무인수상정의 표준 조종성능을 해석하는 내용으로 향후 개발할 활주선 동역학 모델을 검증하기 위한 기초연구 결과를 다룬다. 속력별로 조종특성이 상이한 활주선형임을 고려하여 직진시험은 저속에서 고속 범위까지 다양한 속력별로 시험을 수행하였고, 대표속력 2개에 조건에 대하여 선회시험을 수행하였다. 동역학 모델 식별에 필요한 계측값인 운동변수와 제어입력인 워터제트 회전각, RPM(Revolution Per Minute)을 계측할 수 있는 센서와 시스템을 구성하였고, 무인수상정 동특성을 파악할 수 있는 조종 시나리오를 정립하였다. 국내에서 단독 개발중인 해검-II 무인수상정을 대상으로 직진, 선회, 지그재그 등 조종시험을 수행하여 속력과 제어입력별 정수중 조종성능을 분석하였다.

2. 실선 시운전 개요

2.1 대상 무인수상정

실선 시운전 대상 무인수상정은 Fig. 1에 도시한 실시간 수상/수

중 감시정찰 이중 플랫폼인 해검-II(SEA SWORD-II)로 주요제원은 Table 1에 도시하였다. 선미에 워터제트 2개가 부착되어 있으며, 워터제트 노즐 각도를 변경하여 조종하는 선박이다. 시운전에서 계측하는 선박의 상태와 계측에 사용되는 센서는 Table 2에



Fig. 1 A subjected unmanned surface vehicle

Table 1 Principal particulars of the subjected unmanned surface vehicle

Item		Value (unit)
Length overall	L	12.00 (m)
Beam overall	B	3.5 (m)
Depth at bow	D _b	1.87 (m)
Depth at stern	D _s	1.56 (m)
Draft	T	0.77 (m)
Weight	W	103796 (N)
Deadrise angle at bow	β _b	76.4 (°)
Deadrise angle at mid	β _m	25.2 (°)
Deadrise angle at stern	β _s	18.3 (°)

Table 2 Measurement variables and sensors

Item	Measured value	Sensor
Navigational information	Longitude (°)	DGPS
	Latitude (°)	
	Altitude (°)	
	Speed (m/s)	
Attitude and heading reference	x _b -acceleration (g)	Accelerometer
	y _b -acceleration (g)	
	z _b -acceleration (g)	
	Roll rate (°/s)	IMU
	Pitch rate (°/s)	
	Yaw rate (°/s)	
	Roll (°)	
Pitch (°)		
Yaw (°)		
Control input	Waterjet rpm	
	Waterjet angle (°)	



Fig. 2 Test place

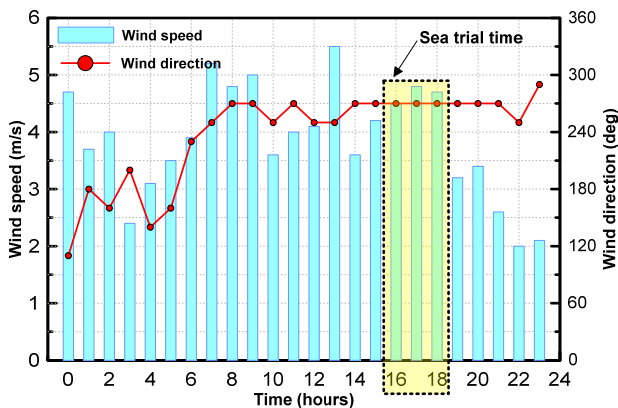


Fig. 3 Wind information

기술하였다. 시운전시 사용되는 센서와 계측하는 물리량은 Table 3에 기술하였다. DGPS(Differential Global Positioning System)을 활용하여 항법정보인 경도, 위도, 고도를 계측하고, 가속도계(accelerometer)와 관성계측장치(inertia measurement unit)를 활용하여 가속도, 각속도, 자세각을 계측한다.

시운전은 Fig. 2에 도시한 경상남도 김해시 대동면 동북로 293 부근에 위치한 낙동강에서 수행하였다. 강 폭은 약 500 m 정도 되는 시험 장소이며, 2020년 6월에 시험을 수행하였다. Fig. 3과 같이 시운전 당일 풍속은 4~5 m/s이며, 비교적 일정한 풍향 조건에서 시험이 수행되었다(기상청 기상자료개방포털).

2.2 실선 시운전 시나리오

표준 조종성능을 명확히 파악할 수 있으면서 무인수상정의 동력학모델 식별에 용이한 최적의 실선 시운전 시나리오를 정립하는 것이 필요하다. 시운전 시나리오는 Table 3에 기술한 3가지 조종 패턴으로 구성되며, 모든 시험에서 제어입력(control input)인 워터제트 회전수와 타각을 실시간으로 계측하여야 한다. 직진

Table 3 Scenarios of sea trials

Maneuvering	Scenario
Straight forward	<ul style="list-style-type: none"> - Go straight for more than 10 seconds after the speed reaches steady state - Target speeds are 5 to 30 knots with 5 knots intervals
Turning	<ul style="list-style-type: none"> - Change waterjet angles when speed converged steady state - Turn until the head angle is 720° - Target speeds are 10 and 20 knots
Zig zag	<ul style="list-style-type: none"> - Change waterjet angles when speed converged steady state - Monitor heading and waterjet angle - Change waterjet angle when heading angle is same with waterjet angle - Measure more than 2 periods of heading angles

(straight forward) 시험은 워터제트 회전수와 정상상태로 수렴한 속력 간에 관계, 속력과 자세각 간에 관계를 분석하기 위해 시험이므로 다양한 속력별로 수행하여야 한다. 일반적으로 선회(turning) 시험은 선회성능 지수(index)로 정의되는 선회 전술직경(tactical diameter), 전진거리(advance), 횡이동거리(transfer) 등을 계측하여 선회성능을 정의한다. 12 m 급 소형선박의 정확한 선회성능 지수를 계측하기 위해서는 사람이 조종하기보다 무인수상정의 상태값을 확인하면서 프로그램화 된 컴퓨터 알고리즘으로 자동 제어하여야 한다. 사람이 조종하는 경우 워터제트 각을 회전시키는 시점 또는 속력 수렴 여부가 부정확 할 수 있으므로 본 연구에서는 위에 언급한 선회성능 지수가 아닌 정상선회 구간에서의 선회 직경(turning diameter)으로 평가한다. 워터제트 각에 대한 각속도 응답과 횡동요 등을 분석하기 위해 수행하는 시험으로 속력과 워터제트각을 변경하며 시운전을 수행한다. 선회시험 시 해당 워터제트 회전수에서 속력이 정상상태로 수렴한 후 워터제트 각을 변경하여야 한다. 지그재그(zig zag) 시험은 무인수상정의 변침성능(yaw checking ability)을 평가하는 시험으로 워터제트각 변경에 대한 선수각 응답을 확인하는 것이 목적이다. 선회시험과 지그재그 시험을 수행할 때에는 속력을 확인하면서 원하는 속력에 수렴한 시점을 기준으로 RPM을 고정하고 워터제트 각을 회전시켜야만 회두운동을 할 때에 속력이 감소하는 현상을 정확히 알 수 있다. 따라서 워터제트 각을 회전시키는 시점에 각별히 유의하여야 한다.

3. 실선 시운전 결과

3.1 직진

대상선박이 무인수상정이지만 시운전을 수행할 때에는 조종사가 탑승하여 조종하였다. 따라서 직진시험 시 목표로 하는 속력과 실제 계측된 속력이 소폭 차이가 있을 수 있다. Figs. 4~8에

직진시험 시 계측한 속력, 자세각, 워터제트 RPM 시계열을 도시하였다. 워터제트 RPM은 좌, 우현에 설치된 워터제트 RPM 값의 평균을 취한 결과를 도시하였다. Fig. 9과 Fig. 10에 각각 워터제트 RPM에 따른 속력 수렴값과 속력별 트림 변화를 도시하였다. 선수부가 부상하여 선미트림 상태가 되는 경우 트림각이 양의 값으로 계측된다. 정지상태와 비교하여 모든 속력 구간에서 선미트림이 되는 결과가 나타났다. 속력 수렴값과 트림값은 정상상태에서의 시계열을 평균낸 결과이며, Fig. 4에서 Fig. 8에 평균을 취한 샘플링 시간(sampling time)을 함께 도시하였다. 워터제트 RPM이 2400이 넘어가는 영역에서 RPM이 소폭 증가했음에도 수렴 속력이 급격하게 증가하는 경향을 확인할 수 있는데 항주 자세가 변하면서 침수표면적이 급격히 줄어들어 저항이 오히려

감소하는 영역으로 유추할 수 있으며, 동일한 선형은 아니지만 활주선 모형시험 결과에서도 유사한 경향을 확인할 수 있다 (Kim et al., 2013). Fig. 10에 표기한 트림을 확인하면 15 knots 속력에서 트림이 최대각을 보이다가 속력이 더 증가하게 되면 트림이 감소하는 경향을 보이는 기존 연구에서 밝혀진 전형적인 활주선 항주 자세각을 보여준다 (Kim et al., 2013; Kim et al., 2014). 트림이 줄어들었음에도 저항이 감소하는 속력 특성을 보이는 것은 RPM이 2400이 넘어가는 영역에서 선미가 부상하는 완전 활주상태가 되는 현상으로 추정할 수 있다. 트림은 선저면에 작용하는 양력에 의해서 발생하는 운동이지만 워터제트 추력에 의한 모멘트로 인해 발생하기도 한다. 본 연구에서는 워터제트 추력모

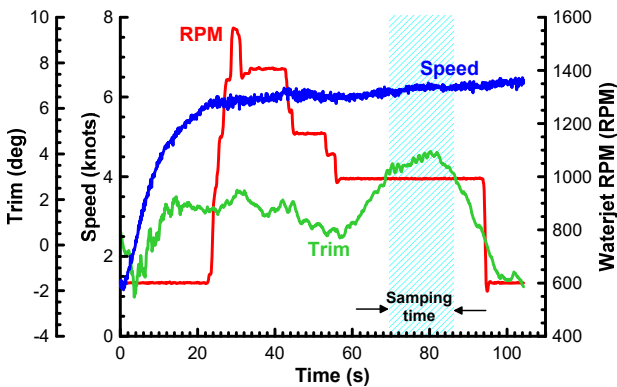


Fig. 4 Straight forward test targeting 5 knots

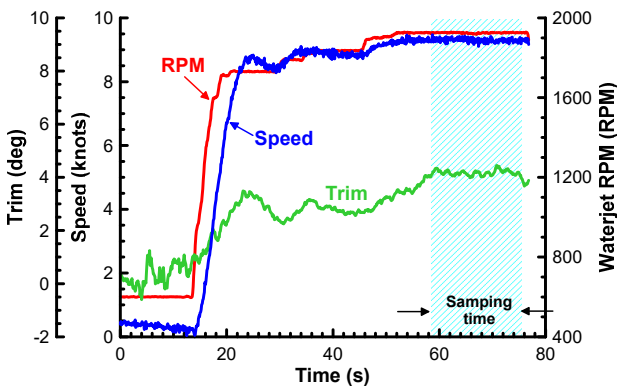


Fig. 5 Straight forward test targeting 10 knots

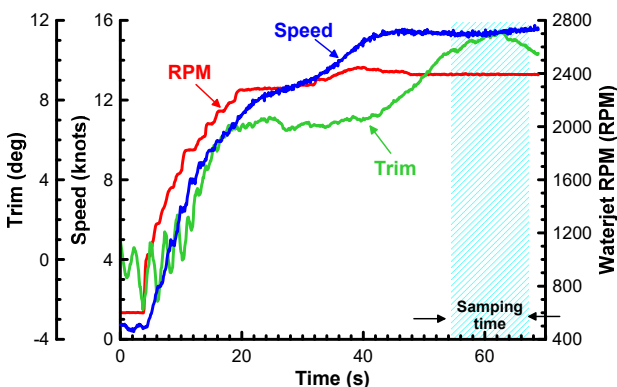


Fig. 6 Straight forward test targeting 15 knots

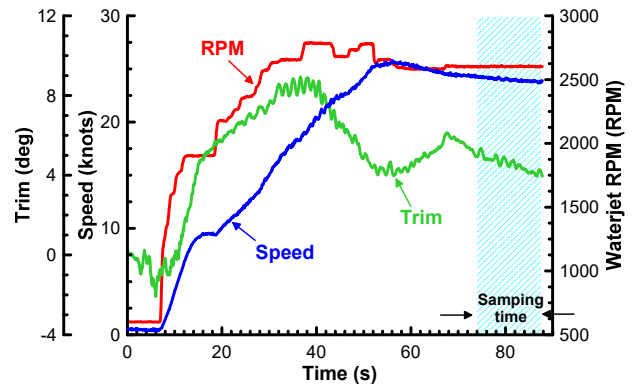


Fig. 7 Straight forward test targeting 25 knots

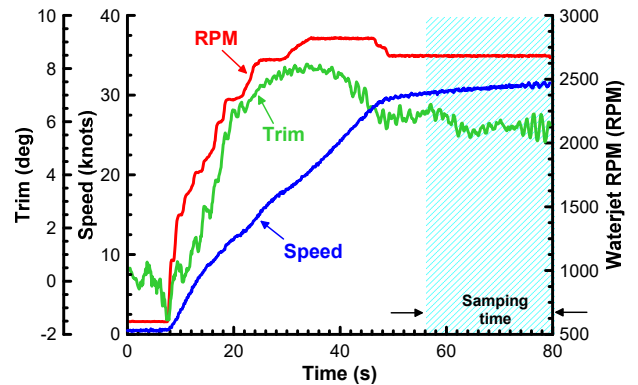


Fig. 8 Straight forward test targeting 30 knots

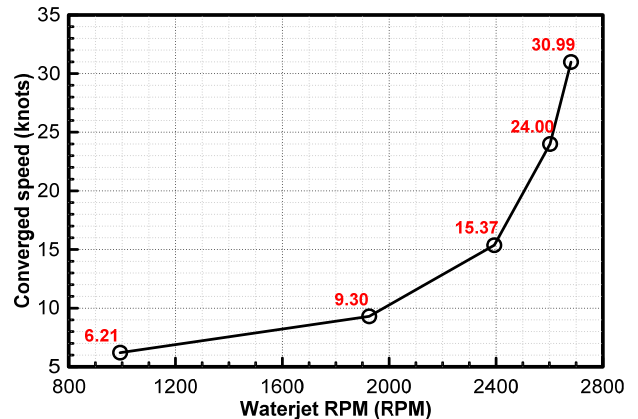


Fig. 9 Converged speed according to waterjet RPM

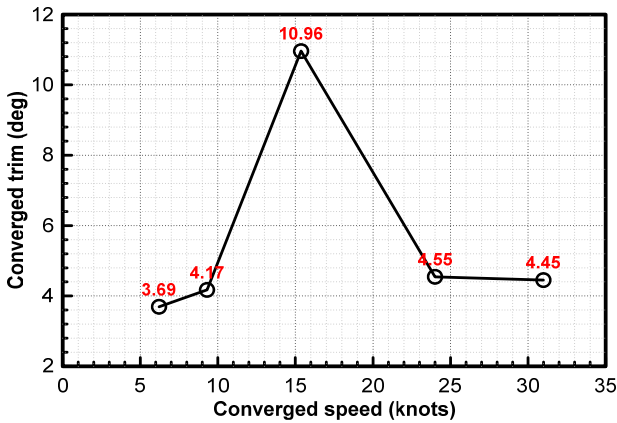


Fig. 10 Converged trim according to converged speed

먼트에 기인하는 트림을 확인할 수 없으나, 추력, 속도, 트림간에 명확한 관계를 확인하기 위해서는 Bollard pull 시험을 수행하여 추력변화에 따른 트림각 변화를 확인할 필요가 있다.

3.2 선회

직진 시험과 동일하게 선회시험 시 사람이 직접 조종하므로 목표 속력과 실제속력, 목표 워터제트 각과 실제 워터제트 각 간에 소폭 오차가 있어 계속되는 데이터를 기준으로 선회성능을 분석한다. Fig. 11과 12에 초기속력 10 knots에서 좌현선회시 궤적과 운동 시계열을, Fig. 13과 14에 우현선회시 궤적과 운동 시계열을 도시하였다. 속도 시계열 결과에 선회시험 시 일정하게 유지한 워터제트 RPM을 함께 표기하였다. 시험 조건별 RPM이 소폭 편차가 있으나 1% 이내의 표준편차를 보이므로 선회 시 속력은 시험 조건별로 동일하다고 가정할 수 있다. 완전 자율조종이 아닌 사람이 수동으로 조종하여 시험을 수행하였으므로 워터제트를 회전시키는 변화율이 시험 조건별로 완벽히 일치하지 않는다. 또한 환경 외란에 의해서 정상상태로의 수렴 시간이 시험 조건 별로 상이하여 초기 과도구간에서의 초기 선회성능을 분석하기는 어렵다. 따라서 정상선회(steady turn)가 되는 구간에서의 운동을 확인하여 선회성능 관련 변수를 획득하였다. 일반적으로 선박은 회두, 표류, 조타에 의해 선회하는 동안 저항이 증가하게 되는데 무인수상정도 동일한 결과를 보여주고 있다.

타(rudder)를 회전시켜 선회하는 상선과 비교했을 때, 비교적 작은 워터제트 회전각에서도 선회직경이 작은 결과를 보여준다. 선회성능 관점에서 속력이 줄어들수록, 각속도가 커질수록 성능이 우수하다. 대상 무인수상정 선회성능 관점에서 워터제트 각 변화에 대한 속도 감소와 각속도 증가 변동이 크기에 우수한 선회성능을 보여주고 있다. Fig. 15에서 Fig. 16, Fig. 17에서 Fig. 18은 각각 초기속력 20 knots에서 좌현, 우현 선회시험 결과를 보여준다. 일반 대형 상선과는 달리 소형 활주선은 선회시 선회하는 방향으로 내방경사 하는 특징이 있으므로 선수동요 각속도와 횡경사의 부호가 같게 나타나는 것이 일반적이다. Fig. 19는 선회시험 결과를 종합한 그래프로 워터제트 회전각과 속력에 대한 정상선회 구간에서의 속도감소, 선수동요 각속도, 횡경사, 선

회직경 등을 보여준다. 선회직경은 궤적이 완벽한 원(circle)이 아닌 것을 감안하여 원 궤적의 장반경과 단반경의 평균치를 적용하여 계산한다. 워터제트 각을 변경하기 전 정상 직진상태에서의 속력을 U_0 라고 했을 때 정상 선회구간에서의 수렴속력을 U_{ss} 로

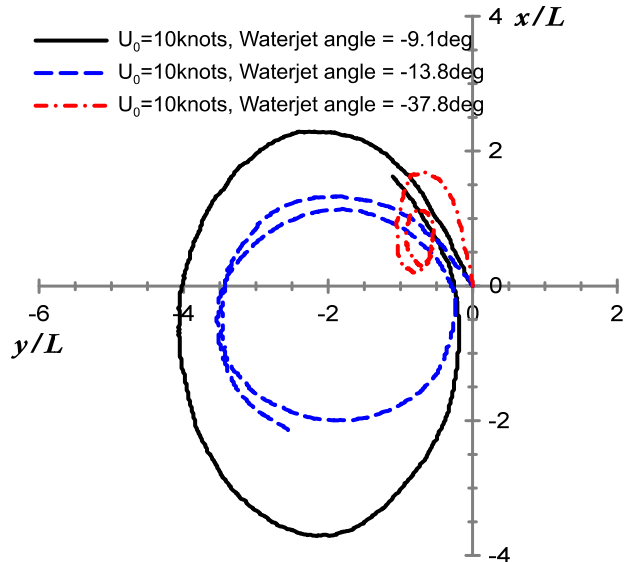


Fig. 11 Port turning trajectory targeting 10 knots

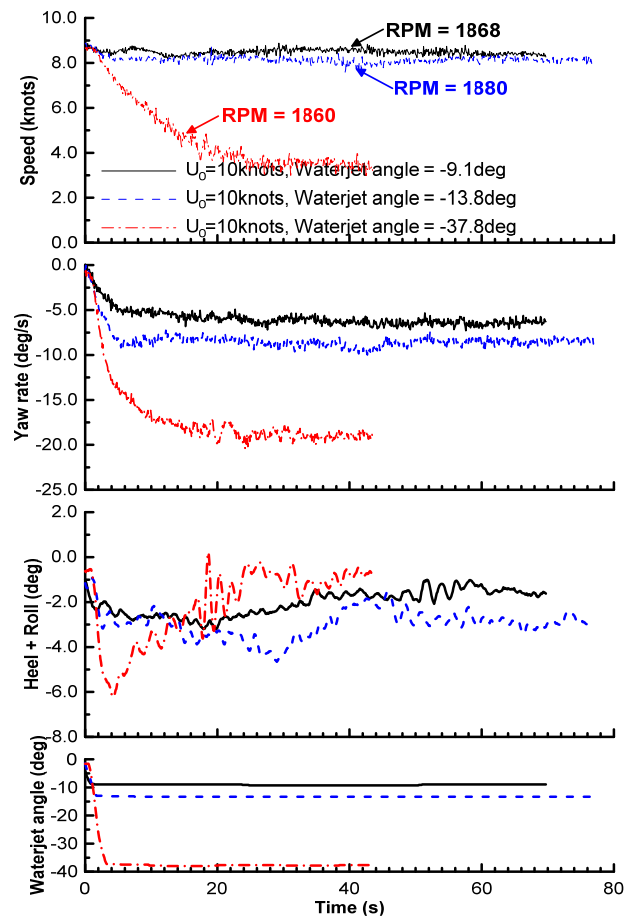


Fig. 12 Motion variables and control input in port turn targeting 10 knots

정의하여 속력이 감소하는 비율을 Fig. 19 표현하였다. 워터제트 회전각이 20°가 넘어가는 시점부터 속력이 크게 줄어들면서 30° 넘어가면 초기 속력대비 절반 이하로 떨어진다. 각 속도는 워터제트 회전각이 ±20°까지 선형적인 변화 추세를 보이

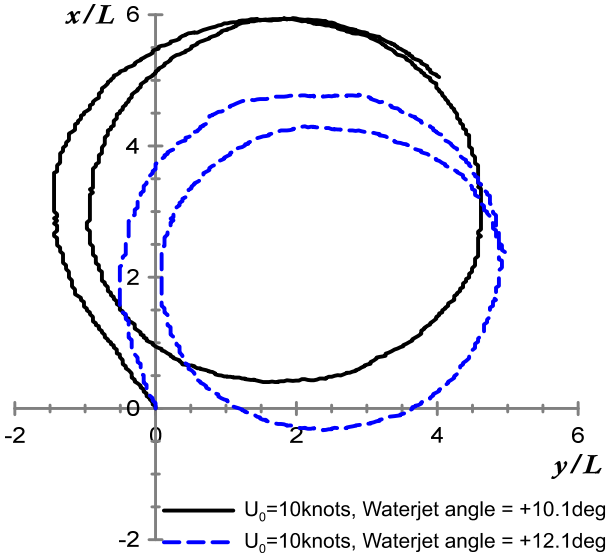


Fig. 13 Starboard turning trajectory targeting 10 knots

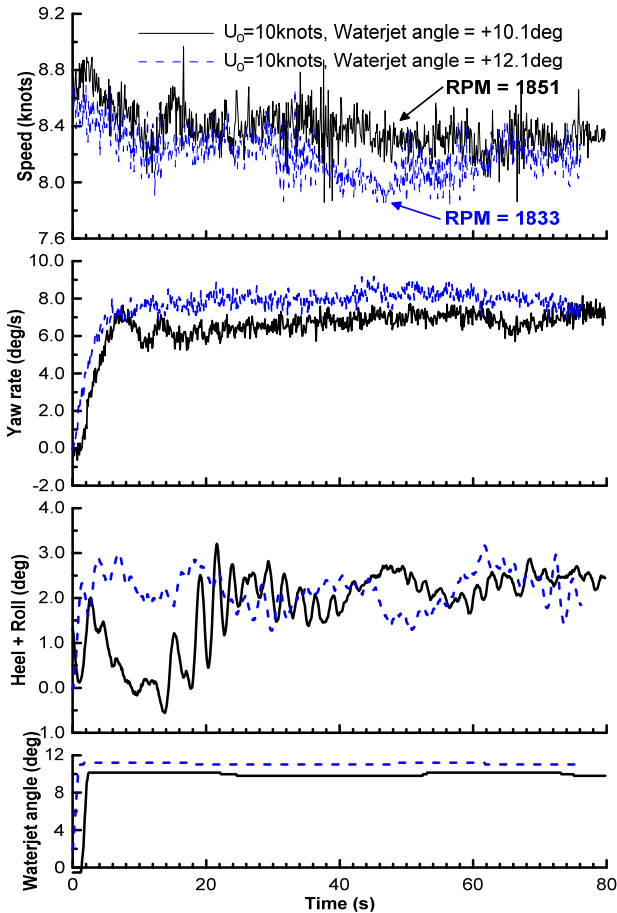


Fig. 14 Motion variables and control input in starboard turn targeting 10 knots

다가 그 이상 변경하면 비선형적인 각속도 변화가 발생한다. 속력에 따른 자세각의 변화는 무인수상정의 안정성과 선회성능에 변화를 초래한다.

Fig. 19에 나타난 무인수상정의 각속도는 속력이 2배 차이에도

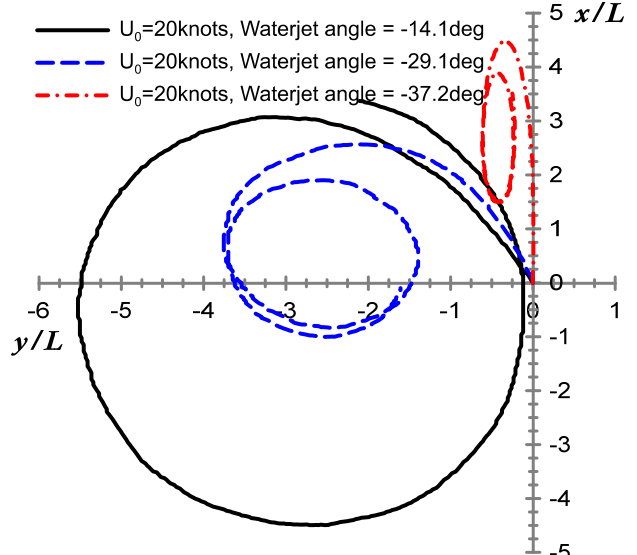


Fig. 15 Port turning trajectory targeting 20 knots

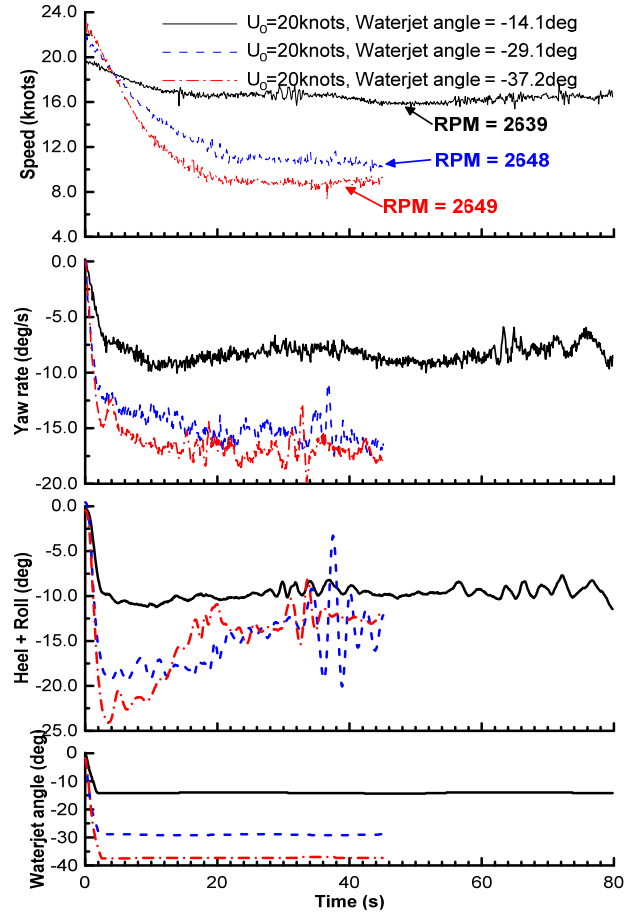


Fig. 16 Motion variables and control input in port turn targeting 20 knots

큰 변화가 보이지 않는데 활주 상태에 따라서 좌우동요 동유체력이 작용하는 위치가 바뀌어 선수동요 동유체력모멘트가 달라지는 영향으로 설명할 수 있다. 20 knot에서 선회직경이 증가하는 원인은 트림이 증가하여 좌우동요 동유체력 작용점이 선미쪽으로

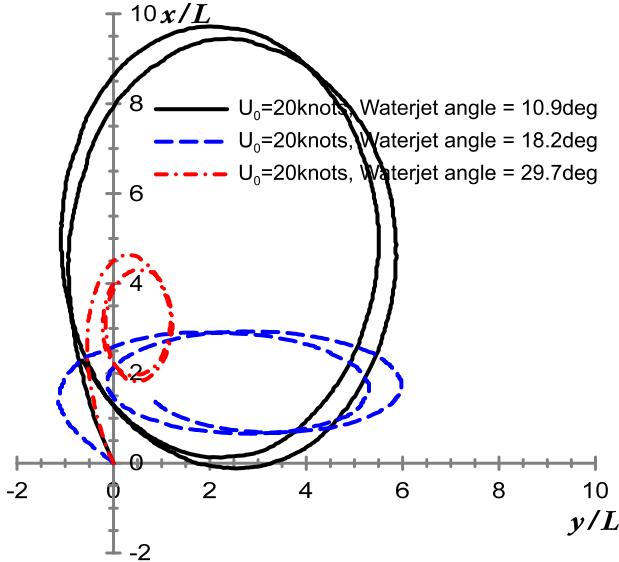


Fig. 17 Starboard turning trajectory targeting 20 knots

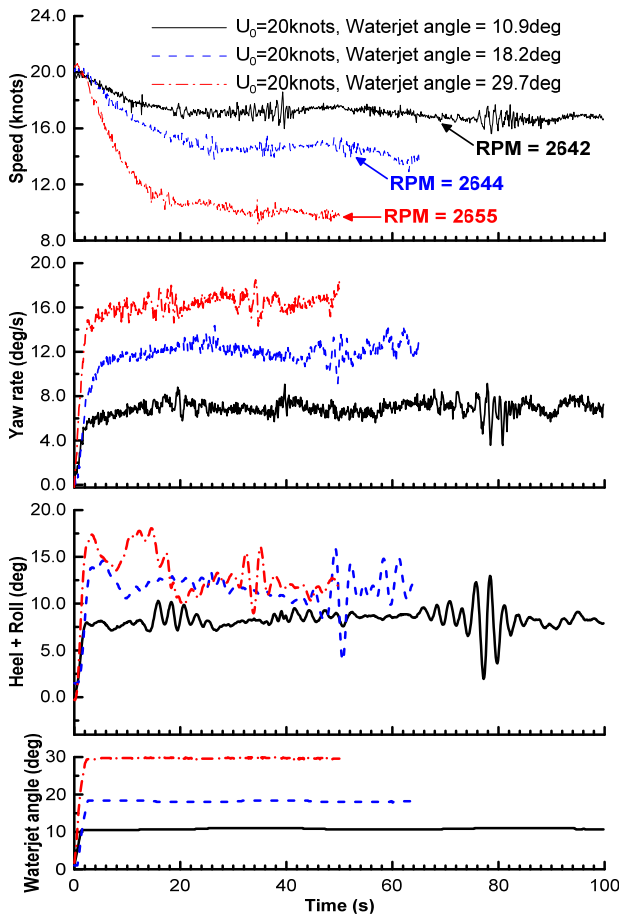


Fig. 18 Motion variables and control input in starboard turn targeting 20 knots

이동하면서 직진 안정성은 좋아지고 선회성능은 저하되는 결과로 판단된다. 10 knots 속력 조건에 비해 20 knots에서 워터제트 각 변화에 대한 횡경사가 급격히 증가하는 경향을 보여주며, 워터제트 추력이 발생하는 위치가 선미 아래에 위치했으므로 추력이 크게 발생하는 속력 조건에서 추력모멘트가 크게 발생한 것이 주요 원인이다.

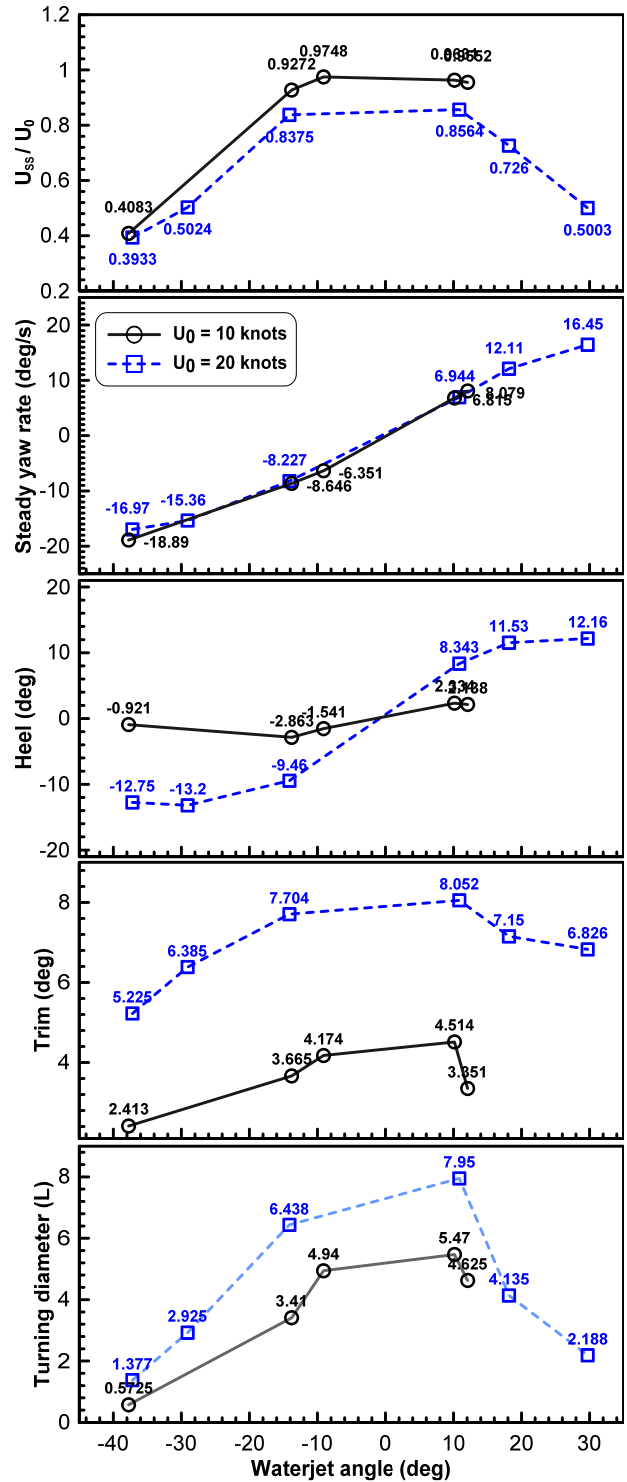


Fig. 19 Speed reduction, yaw rate, heel, trim and turning diameter at steady turning phase

3.3 지그재그

선박의 선회운동은 일정시간이 지나면 정상상태가 되는 반면에 지그재그 시험은 가속도가 항상 존재하는 시험으로 과도구간에서의 응답을 확인할 수 있다. Fig. 20와 Fig. 21에 초기속력 10 knots에서 20-20 지그재그 시험 결과인 워터제트 각, 선수각 시계열과 운동변수 시계열을 도시하였다. 워터제트 추진기의 각도 회전율은 계측값을 기준으로 약 7.5 °/s 로 추정된다. Fig. 19에 나타난 첫 번째, 두 번째 선수각 오버슈트는 각각 20.9°, 22.4°로 계측되었다. Fig. 20에서 타각에 대한 선수각 응답이 빠름에도 오버슈트가 크게 발생하는 것은 Fig. 21에 도시한 워터제트각 변화에 대한 속력이 대형 상선처럼 크게 나타나지 않고 주기적으로 줄어드는 정도가 작아서 나타나는 현상이다. 워터제트 각도의 회전을 증가시킨다면 선수각 오버슈트를 줄일 수 있을 것으로 판단된다.

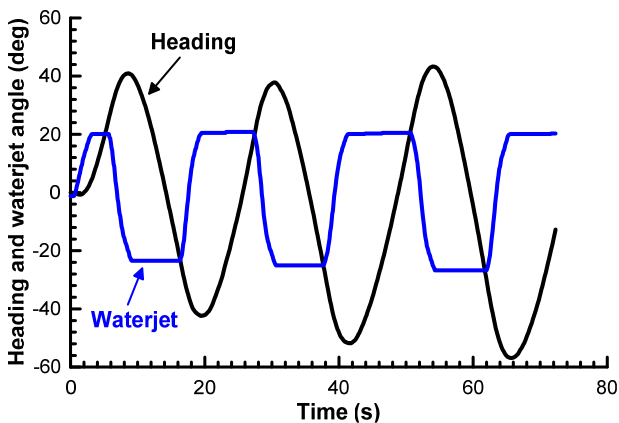


Fig. 20 Heading and waterjet angle in 20-20 zig zag test

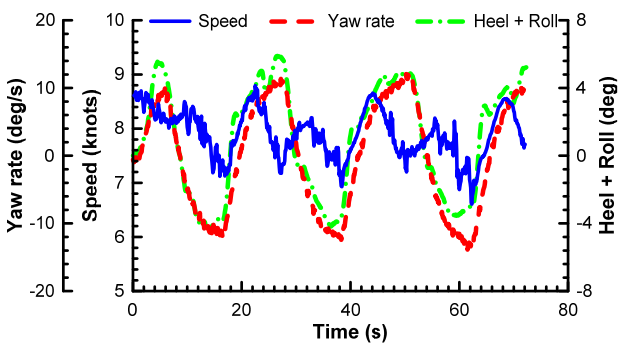


Fig. 21 Motion variables angle in 20-20 zig zag test

4. 결론

무인수상정의 정수중 조종성능을 평가하기 위해 조종시험 시나리오를 정립하고 직진, 선회, 변침시 운동특성을 분석하는 실선 시운전을 수행하였다. 시운전 수행 단계에서 무인수상정 동역학 모델 개발에 필요한 주요 운동변수와 제어입력을 실시간으로 계측하였다. 직진 시험에서 워터제트 RPM과 속력, 자세각 간에 관계를 도출하였고, 저항이 줄어드는 속력구간을 간접적으로 추정할 수 있었다.

선회 시험을 통해 무인수상정의 속력과 워터제트 회전각도에 대한 선회 특성을 분석하였다. 기준속력 10 knots와 20 knots에서 선회 성능이 상이한 경향성을 보이는데 자세각이 변하면서 유체력 작용점이 선체 길이방향으로 변하는 것이 요인으로 판단되며, 20 knots에서 급격하게 변동하는 횡경사는 향후 운용단계에서의 참고자료로 활용될 수 있을 것으로 사료된다. 본 연구에서 얻은 시운전 데이터는 수치해석 검증용, 시스템식별법을 통한 동역학 식별 또는 딥러닝(Deep learning)을 활용한 무인수상정의 운동예측에 필요한 시험 데이터로 활용될 수 있을 것으로 기대한다.

본 연구의 한계점은 다음과 같이 요약할 수 있으며, 향후 유사한 시험을 수행할 때에 고려해야 할 것으로 판단한다.

- 무인수상정 설계 기준점에서의 질량분포와 흡수가 시운전을 수행할 때의 조건과 정확히 일치하지 않는다. 저자를 포함한 4명이 시운전시 함께 탑승하였으므로 질량분포와 흡수에 소폭 변화가 있을 것으로 사료된다. 정확한 설계점에서의 조종성능을 분석하기 위해서는 사람이 탑승하지 않고 자동제어 알고리즘을 적용하여 약속된 조종패턴으로 조종 시험을 수행하여야 할 것이다.
- 직진시험의 데이터를 확인한 결과, 트림의 안정적으로 수렴하지 못하는 시험 조건들이 존재하였다. 신뢰성 높은 자세각 변화를 추정하기 위해서는 본 연구에서 수행한 직진시험보다 더 장시간 계측하여야 할 것으로 판단된다.
- 본 연구에서는 환경 외란을 별도로 추정하여 외란을 보정하는 내용은 언급하지 않는다. 비록 정수 중에서의 조종시험을 가정하더라도 옥외에서 실선 시운전을 수행할 때에는 바람에 의해 발생하는 파도와 바람 자체에 의한 외력에 의해 무인수상정의 정수중 조종성능이 영향을 받을 수 있다. 12 m 급 소형 선박이므로 상선에 비해 파도에 더 민감하게 반응하게 된다. 무엇보다 무인수상정이 선회를 하면서 발생시키는 발산파(Kelvin wave)가 강(River) 가장자리를 맞고 반사되면서 원치 않는 운동이 크게 발생하였다. 이 또한 선회 궤적이 찌그러지는 가장 큰 원인으로 사료된다. 따라서 환경 외란을 최대한 줄이기 위해 가능한 한 넓은 시험장소에서 시운전을 수행하는 것이 필요하다. 또한 선박에 외란을 측정할 수 있는 센서를 부착하여 외란을 식별한 후 미끄러지는 선회궤적을 보정하는 데이터 해석이 필요할 것으로 판단된다.

후기

본 논문은 민군기술협력사업 “실시간 수중 감시정찰을 위한 이종플랫폼 통합운영제어 기술 개발” 사업의 지원으로 작성되었습니다.

References

Jeon, M.J., Lee, D.H. & Yoon, H.K., 2016. Development of 6-DOF

equations of motion for a planning boat based on the results of sea trial tests. *Journal of Navigation and Port Research*, 40(5), pp.231–239.

Kim, D.J., Yeo, D.J. & Rhee, K.P., 2010. Development of a simple manoeuvring model for ship-handling simulator by analytical methods. *Journal of the Society of Naval Architects of Korea*, 47(6), pp.776–781.

Kim, D.J., et al., 2013. Design of high-speed planing hulls for the improvement of resistance and seakeeping performance. *International Journal of Naval Architecture and Ocean Engineering*, 5(1), pp.161–177.

Kim, D.J., et al., 2014. Effect of hull form variations on resistance and seakeeping performance of planing hulls with and without incoming regular waves. *Journal of the Society of Naval Architects of Korea*, 51(5), pp.369–379.

Lewandowski, E.M., 2004. *The Dynamics of Marine Craft*. World Scientific: Singapore.

Park, H.S., et al., 2011, The effect of appendages of a water-jet propelled high speed vessel on the course keeping ability. *Journal of the Society of Naval Architects of Korea*, 48(4), pp.357–362.

Yoon, H.K. & Kang, N., 2016. Modeling and simulation of the 6 DOF motion of a high speed planing hull running in calm sea. *Journal of the Society of Naval Architects of Korea*, 53(1), pp.10–17.

Yoon, H.K., Son, N.S. & Lee, G.J., 2007a. Estimation of the roll hydrodynamic moment model of a ship by using the system identification method and free running model test. *IEEE Journal of Oceanic Engineering*, 32(4), pp.798–806.

Yoon, H.K., Yeo, D.J., Yoon, K.H. & Lee, C.M., 2007b. A simplified horizontal maneuvering model of a RIB-type target ship. *Journal of the Society of Naval Architects of Korea*, 44(6), pp.572–578.



전명준



윤현규



유재관



이원희



구평모