

대함유도탄 공격유형에 따른 수상함 방어효과도 분석 연구

김재익^{1)*}, 정영란²⁾, 김현실³⁾, 김철호⁴⁾, 유찬우⁵⁾
국방과학연구소¹⁾²⁾³⁾⁴⁾⁵⁾

A Study on the Defense Effectiveness of Surface Ships against diverse Anti-Surface Missile Attack Strategies

Jae Ick Kim¹⁾, Young Ran Jung²⁾, Hyun Sil Kim³⁾, Cheol Ho Kim⁴⁾ and Chan Woo Yu⁵⁾
1)2)3)4)5) Agency for Defense Development, P.O. Box 18 Jinhae-gu Changwon Gyeongnam, 645-600, Korea

Abstract : Anti-surface missiles have been the most dangerous threat to the surface ships, therefore analyzing the defense effectiveness of surface ships against diverse anti-surface missiles attack strategies is very important to evaluate and anticipate the naval combat ship's abilities in terms of AAW (Anti-Air Warfare). In this paper, we don't study on the defense effectiveness of a ship against a missile, but focus on the defense effectiveness for surface ships against multiple missiles specialized in strategies of anti-surface missiles; ripple fire attack and simultaneous time on target attack (STOT). So, we conduct a variety of monte-carlo simulations with high-fidelity simulators, analyze the measure of defense effectiveness for the key factors of strategies and evaluate the effects and possible interactions of several factors through the analysis of the design of experiment (DOE).

Key Words : Defense effectiveness, Measure of effectiveness, AAW (대공전), Ripple Fire, STOT (Simultaneous Time On Target), DOE (Design of Experiment)

1. 서 론

현대 해전에서 네트워크 중심전(NCW) 개념 구현, 첨단 감시정찰 체계의 도입 및 정밀 유도무기 발전에 따라 수상함의 주요 위협이 수상함에서 다양한 플랫폼(수상함, 항공기, 잠수함 및 지상)에서 발사하는 대함유도탄으로 변화되었다.

대함유도탄은 1950년대에 개발되기 시작하여 1960년대 중동전에서 이스라엘 구축함 Eliat호가 소련제 Styx 유도탄에 의해 격침, 1980년대 초 포클랜드 전쟁에서 영국 구축함 Sheffield호가 프랑스제 Exocet 유도탄에 의해 피격되는 등 그 효과와 위력이 입증되었다. 이후 각국에서는 대함유도

탄 개발 및 확보에 노력을 기울여 주변국에서 대함유도탄을 개발 또는 보유하게 되었다. 또한 항공 기술, 유도 제어 기술, 센서 기술 및 전자 기술 등의 발전과 더불어 대함유도탄은 지속적으로 발전하고 있으며, 그 특징은 고속화, 고기동화, 고정밀화, 지능화 및 스텔스화로 요약할 수 있다.

수상함은 발전하는 대함유도탄에 대응하기 위해 센서 체계의 탐지 능력 증대, Hard Kill 무장을 이용한 계층 방어 능력 보유 및 기만 체계를 이용한 기만, 회피 등으로 대함유도탄에 대한 방어 능력을 증대시켜 나가고 있다.

*교신저자 : Jaeick@add.re.kr

수상함은 함정 설계 단계에서 탑재 센서 및 무장 체계가 결정된 후, 전투체계 개발 시 탑재 센서 및 무장 체계의 성능에 따른 효과도 분석을 실시하여 전투체계 방어율 및 함정 생존율을 사전에 분석하는데, 이 때 M&S 기술을 이용한 가상시제를 활용한다.

본 연구는 독자 개발한 공학 수준의 전투체계 가상시제를 활용하여 발전하는 대함유도탄의 다양한 공격유형에 따른 수상함의 방어효과도를 분석하기 위한 것으로, 분석 1단계에서는 수상함에 탑재된 Hard Kill 무장을 활용하여 다양한 대함유도탄의 공격전술에 대한 수상함의 방어효과도를 분석하였다. 분석 1단계에서 사용한 대함유도탄 방어용 대응 무장은 차기호위함 탑재 대상 장비인 대함유도탄방어유도탄(SAAM) 및 근접방어무기체계(CIWS)이다.

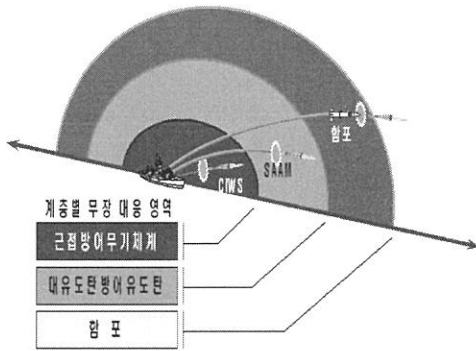


Fig.1 수상함 대공전 계층방어 개념

대함유도탄에 대한 수상함의 방어효과도 분석을 위한 많은 연구들이 국내외에서 진행되고 있다. 예를 들어, 기존에는 함포 중심의 대함유도탄 방어효과도 분석을 수행하거나, 일정 속도의 단일 대함유도탄에 대해 SAAM만 교전하는 경우와 SAAM과 CIWS가 교전하는 경우에 대해 교전 성공률을 비교 분석하였다.^{1,2} 그리고, 대함유도탄의 속도, SAAM의 명중확률, 수상함 전투체계의 반응시간, 센서의 탐지거리 등 다양한 요소에 대한 효과도 분석을 수행하였지만, 이들 연구들은 단일 대함유도탄이라는 분석의 한계를 가지고 있다.^{3,4} 또한 다중 대함유도탄에 대한 수상함의 방어효과도를 분석한 연구들^{5,6,7}도 있지만, 이들은 수치적 해석 방법으로 수상함 전투체계의 반응시간에 대한 영

향 등을 고려하지 못한 한계를 가지고 있다.

본 논문에서는 공학 수준의 모델로 구성된 전투체계 가상시제를 활용하여, 대함유도탄 공격 유형에 따른 다중 대함유도탄에 대한 수상함의 방어효과도를 분석한다. 이를 위해 2절에서는 대함유도탄의 발전 추세와 전술 개념을 소개하고, 3절에서는 이를 분석하기 위한 전투체계 가상시제(시뮬레이터) 모델들을 간략히 설명하고, 4절에서 대함유도탄 다중 공격 유형에 따른 수상함의 방어효과도를 분석하고, 5절에서 결론을 맺는다.

2. 대함유도탄 발전 추세 및 전술

2.1 대함유도탄 발전 추세

현대 수상함이 SAAM, CIWS 등 Hard Kill을 이용한 계층 방어 기능을 보유함에 따라 대함유도탄은 수상함의 방어 시스템을 돌파하기 위하여 속도의 증가, 고기동성 및 스텔스화로 발전하고 있다. 주요 대함유도탄의 속도 증가 발전추세를 Fig.2에 나타내었다. 현재 대부분의 대함유도탄은 마하 0.9~2.5 속도를 가진다.

대함유도탄은 고기동화, 고정밀화, 지능화 등으로 인한 종말 단계에서의 가속도 향상 및 Pop-Up, Sea-Skimming, High-Dive 등의 다양한 기동 패턴을 통한 공격으로 수상함의 대함유도탄 방어를 더욱 어렵게 하고 있다.

또한 대함유도탄의 사거리는 공격과 방어 효과를 극대화시키기 위해 꾸준히 늘어나고 있다.

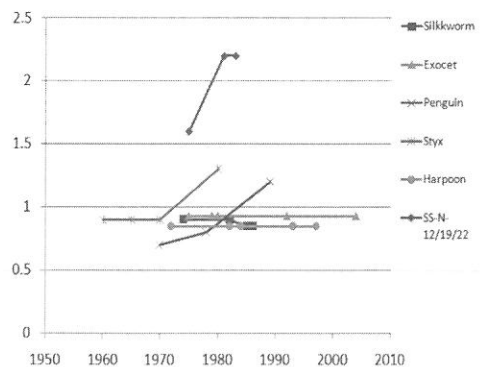


Fig.2 대함유도탄 속도 증가 발전추세

2.2 대함유도탄 전술

대함유도탄은 격침 확률을 높이기 위해 다양한 공격 전술을 사용한다. 우회 공격 등을 통해 방어 수상함의 위협 우선순위를 낮추도록 유도하거나, 단발이 아닌 다중(Salvo)으로 수상함을 공격할 수 있다. 다중 공격은 시간 간격에 따라 Ripple 공격과 동시 공격으로 나뉜다.

Ripple 공격은 다수의 유도탄이 시간차를 두고 동일 취약 부분을 요격하는 전술로, 방어가 취약한 부분을 집중적으로 타격하여 교전 효과를 극대화 시킬 수 있다. 동시 공격은 경로를 설정하고, 목표물까지 도달하는 시간을 계산하여 다수의 대함유도탄이 동시에 목표물을 공격하도록 하는 방법으로, 먼저 발사된 유도탄이 긴 경로를 돌아 목표물을 타격하도록 함으로써 전체 대함유도탄의 공격 도달 시각을 동일하게 맞추는 것이다. 본 논문에서는 대함유도탄의 주요 공격 전술인 Ripple 공격과 동시 공격에 대한 수상함의 방어효과도를 분석한다.

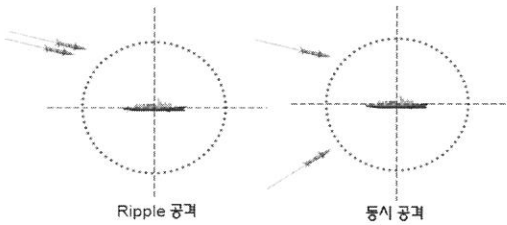


Fig.3 대함유도탄 전술 비교

3. 전투체계 가상시제 (시뮬레이터)

수상함 전투체계 가상시제는 공학 수준의 모델인 지휘무장통제체계 모델과 함정에 탑재되어 전투체계와 연동되는 센서 및 무장 모델로 구성되며, 다양한 해상 전투 상황에서의 방어효과도 분석을 위해 개발되었다. 8,9,10

3.1 지휘무장통제체계 모델

지휘무장통제체계 모델은 수상함의 지휘무장통제체계 기능 및 운용자 조작을 모의한다. 기능은 크게 센서로부터 수신되는 센서 탐지 표적을 처리하여 전술 상황을 파악하도록 지원하는 지휘통제(Command and Control) 기능, 전술 상황으로부터 위협을 평가하고 위협으로 평가된 표적들에 대해

적합한 무장을 할당하여 무장의 교전을 수행하는 무장통제(Fire Control) 기능, 연동하는 센서 및 무장체계를 통제하는 자원통제(Resource Control) 기능으로 구분된다. Fig.4는 지휘무장통제체계 모델의 주요 기능 흐름도를 나타낸다.

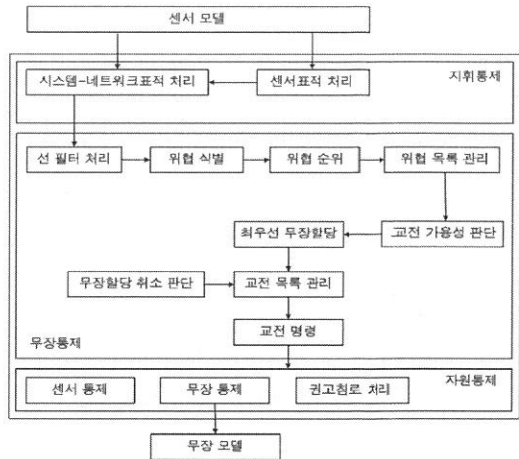


Fig.4 지휘무장통제체계 모델

3.2 센서 모델

센서 모델은 위협을 탐지하여 지휘무장통제체계 모델로 위협 정보를 제공하는 기능을 모의한다. 제공되는 정보는 자함을 기준으로 하는 표적 정보들(거리, 방위, 고각)이다. 즉, 입력 파라미터들을 통해 모의하고자 하는 센서를 설정하고, 탐지방정식을 이용하여 탐지여부를 판단한다. Fig.5는 센서 모델 중에서도 탐색레이더 모델의 기능 흐름도를 나타낸다.

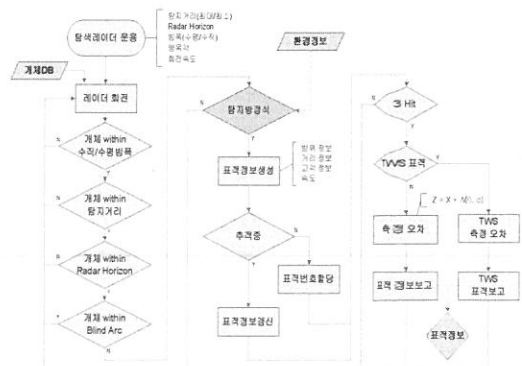


Fig.5 센서 모델 예: 탐색레이더 모델

3.3 무장 모델

무장 모델은 지휘무장통제체계 모델로부터 교전 명령을 수신 받은 후, 교전 절차에 따라 무장 발사를 모의한다. 예를 들면, SAAM 모델에서는 발사대 구동, 발사 초기화, 교전상태 점검, 발사 절차 등을 모의한다. Fig.6은 무장 모델 중에서도 SAAM 모델의 기능 흐름도를 나타낸다.

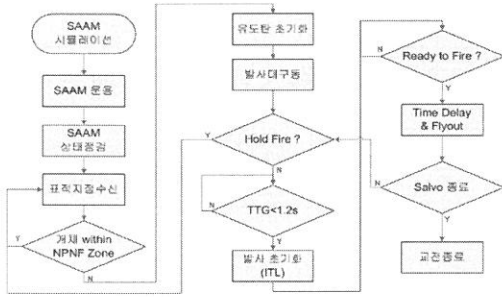


Fig.6 무장 모델 예 : SAAM 모델

4. 대함유도탄 방어효과도 분석

다양한 대함유도탄의 공격유형에 따른 수상함의 방어효과도를 분석하기 위해 앞에서 설명한 전투체계 가상시제를 이용하였으며, 시험조건 및 설정값은 Table 1과 같다.

Table 1 대함유도탄 방어효과도 분석 시뮬레이션 조건

시험조건	설정값
위협 대함유도탄 전술	Ripple 공격 동시 공격
위협 대함유도탄 수	2~4 개
위협 대함유도탄 속도	300~900 m/s
Ripple 공격 시 공격 시간 간격	2~4 초
동시 공격 시 공격 방위 간격	60~180 도
SAAM 최대 교전거리	10 km
CIWS 최대 교전거리	2 km

자함의 RCS는 방위에 따라 동일하다고 가정하였으며, 각 시나리오를 1000번씩 반복 수행한 결과로 교전 결과 및 자함 생존율을 분석하였다. 또한 추가적으로 결과값의 변동을 요인 별로 분해해 각각의 요인에 의한 영향성을 분석하는 분산분석법(ANOVA: Analysis of Variance)¹¹을 사용하여 교전 결과를 분석하였다.

4.1 Ripple 공격 교전 결과

4.1.1 위협 대함유도탄 수에 따른 효과도 분석

먼저, Ripple 공격 시 위협 대함유도탄 수 증가(2~4개)에 따른 효과도 분석을 수행하였다. 위협 대함유도탄에 대해 SAAM과 CIWS로 모두 교전이 가능하며, 위협 대함유도탄의 공격 시간 간격은 2 초이다.

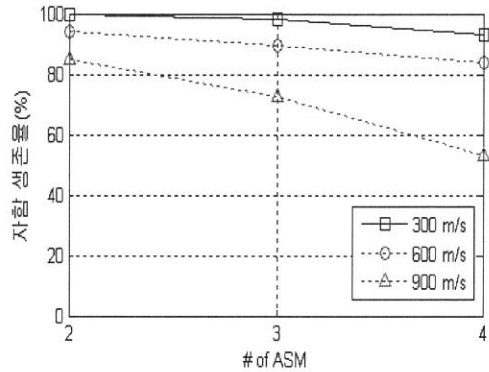


Fig.7 위협 대함유도탄 수에 따른 분석 결과 1

Fig.7에서 보듯 위협 대함유도탄의 수가 증가할수록 자함 생존율이 감소함을 알 수 있다. 또한, 위협 대함유도탄의 속도가 증가할수록 자함 생존율의 줄어드는 정도가 더 큼을 추가적으로 알 수 있다.

Table 2 자함 생존율에 대한 분산분석 결과 1

요인	P(인자별 유의성)
ASM 속도	0.020
ASM 수	0.095

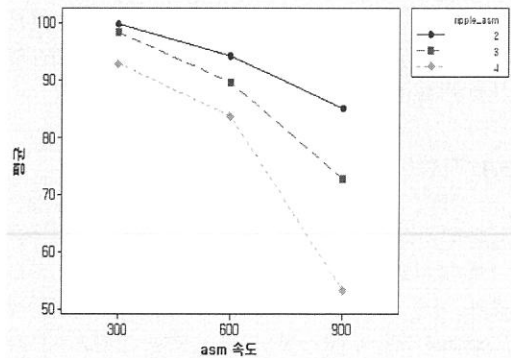


Fig.8 ASM 속도-수에 따른 교호작용 1

ASM 속도의 인자별 유의성 값이 더 작음을 통해 ASM 속도에 의한 자함 생존율이 더 크게 줄어듦을 Table 2를 통해서도 확인할 수 있고, 특히 ASM 수와 상관없이 ASM 속도가 600m/s에서 900m/s로 증가할 때, ASM 수와 속도에 의한 교호작용(Interaction)으로 자함의 생존율이 더 크게 줄어듦을 확인할 수 있다.

4.1.2 공격 시간 간격에 따른 효과도 분석

공격 시간 간격에 따른 수상함의 효과도 분석을 수행하기 위해 공격 시간 간격을 가변(2~4초) 시키면서 시뮬레이션을 수행하였다. 위협 대함유도탄에 대해 SAAM과 CIWS로 모두 교전 가능하며, 위협 대함유도탄은 2발 동시 공격한다.

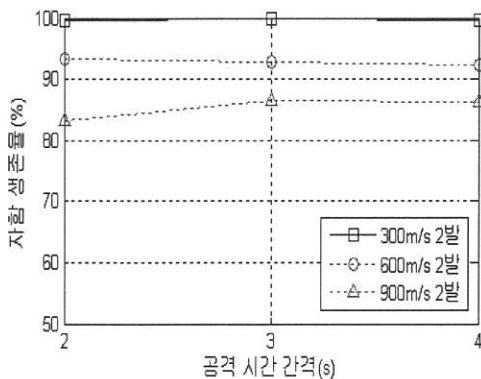


Fig.9 공격 시간 간격에 따른 분석 결과

Fig.9에서 보듯 위협 대함유도탄 사이의 공격 시간 간격과 자함 생존율 사이에는 큰 연관성이 없음을 알 수 있다. 이는 대함유도탄의 빠른 속도에 불구하고 센서의 빠른 탐지와 동일한 위협 방위라는 공격 특성으로 인해 수상함의 교전 반응 시간이 충분했기 때문으로 판단된다. 오히려 위협 대함유도탄 사이의 공격 시간 간격보다 속도 증가가 자함 생존율 결과에 더 크게 작용함을 알 수 있다.

Table 3 자함 생존율에 대한 분산분석 결과 2

요인	P(인자별 유의성)
시간 간격	0.623
ASM 속도	0.000

ASM 속도의 인자별 유의성 값이 더 작음을 통

해 ASM 속도에 의한 자함 생존율이 더 크게 줄어듦을 Table 3을 통해서도 확인할 수 있다.

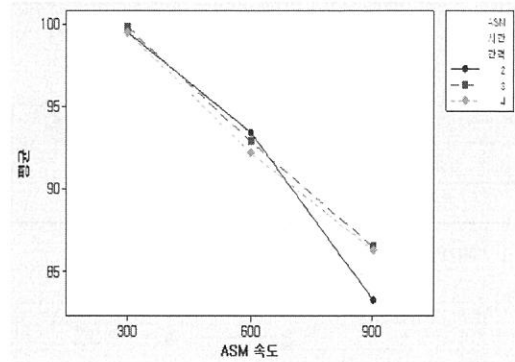


Fig.10 ASM 속도-시간 간격에 따른 교호작용

또한 ASM 속도와 공격 시간 간격에 의한 교호작용이 없음을 확인할 수 있다.

4.2 동시 공격 교전 결과

4.2.1 위협 대함유도탄 수에 따른 효과도 분석

동시 공격 시 위협 대함유도탄 수 증가(2~4개)에 따른 효과도 분석을 수행하였다. 위협 대함유도탄에 대해 SAAM과 CIWS로 모두 교전이 가능하며, 위협 대함유도탄은 60° 방위 차로 공격한다.

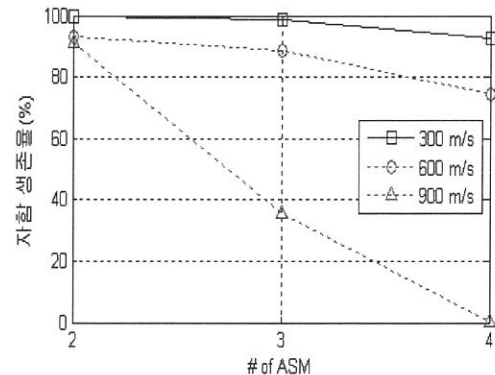


Fig.11 위협 대함유도탄 수에 따른 분석 결과 2

Fig.11에서 보듯 위협 대함유도탄의 수가 증가함에 따라 자함 생존율이 감소함을 알 수 있다. 또한 Fig.7의 Ripple 공격과 비교해보면, 일정 속도 이하에서는 Ripple 공격이나 동시 공격에서 유사한 자함 생존율을 보이지만, 고속인 경우 공격 방위 차이가 있는 동시 공격에서 대함유도탄 수

증가에 따른 자함 생존율이 더 급격하게 감소하는 것을 알 수 있다. 이는 대함유도탄의 60° 방위 차라는 공격 특성으로 인해 대응 무장의 구동 시간이 증가하게 되었고, 이로 인해 수상함의 교전 반응시간이 증가했기 때문으로 분석된다.

요인	P(인자별 유의성)
ASM 속도	0.091
ASM 수	0.236

Table 4 자함 생존율에 대한 분산분석 결과 3

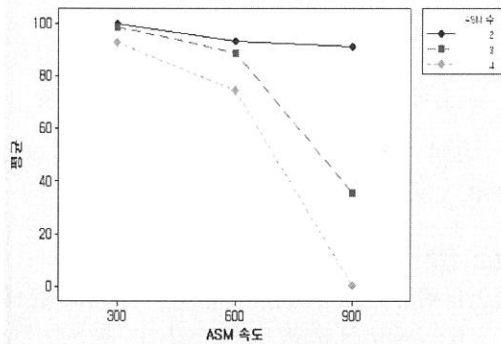


Fig. 12 ASM 속도-수에 따른 교호작용 2

ASM 속도의 인자별 유의성 값이 더 작음을 통해 ASM 속도에 의한 자함 생존율이 더 크게 줄어들음을 Table 4를 통해서도 확인할 수 있었고, 특히 ASM 수가 2개에서 3개로, ASM 속도가 600m/s에서 900m/s로 증가할 때, ASM 수와 속도에 의한 교호작용으로 자함의 생존율이 더 크게 줄어들음을 확인할 수 있었다.

4.2.2 공격 방위 간격에 따른 효과도 분석

위협 대함유도탄의 공격 방위 간격에 따른 효과도 분석을 수행하기 위해 공격 방위 간격을 가변(60~180도)시키면서 시뮬레이션을 수행하였다. 위협 대함유도탄에 대해 SAAM과 CIWS로 모두 교전이 가능하며, 위협 대함유도탄은 2발 동시 공격한다.

Fig. 13에서 보듯 위협 대함유도탄 사이의 공격 방위 간격과 자함 생존율 사이에는 큰 연관성이 없음을 알 수 있다. 오히려 위협 대함유도탄의 공격 방위 간격보다 속도 증가에 따라 자함 생존율이 더 크게 낮아짐을 알 수 있다.

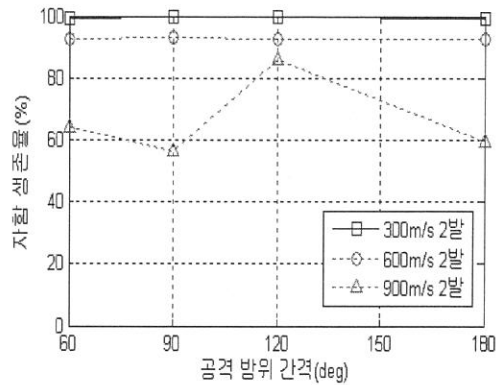


Fig. 13 공격 방위 간격에 따른 분석 결과

Table 5 자함 생존율에 대한 분산분석 결과 4

요인들의 조합	P(인자별 유의성)
방위 간격	0.455
ASM 속도	0.002

ASM 속도의 인자별 유의성 값이 더 작음을 통해 ASM 속도에 의한 자함 생존율이 더 크게 줄어들음을 Table 5를 통해서도 확인할 수 있다.

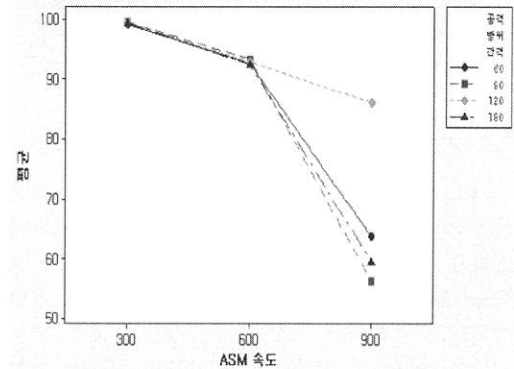


Fig. 14 ASM 속도-방위 간격에 따른 교호작용

또한, 일부 구간에서 보이는 자함 생존율의 급격한 변화는 공격 방위 간격보다 특정 방위에 따라 자함의 방어효과도가 달라짐을 보여주는 것이라 판단되며, 향후 이를 검증하기 위한 시험을 수행할 예정이다.

5. 결론

본 논문에서는 수상함의 주요 위협 세력인 대함유도탄의 공격유형에 따른 방어효과도를 분석하기 위해 공학 수준의 모델 충실도(fidelity)를 가지는 전투체계 가상시제(시뮬레이터)를 사용했다.

Ripple 공격에서는 위협 대함유도탄의 수, 속도, 공격 시간 간격에 따른 방어효과도를 분석하였다. 분석 결과는 공격 시간 간격보다 위협 대함유도탄의 수와 속도가 자함 생존율에 더 큰 영향을 주었고, 위협 대함유도탄의 특정 속도 증가에서 ASM 수와 속도에 의한 교호 작용으로 자함의 생존율이 더 크게 줄어들음을 확인할 수 있었다. 또한 Ripple 공격보다 동시 공격에서 위협 대함유도탄의 수와 속도가 자함 생존율에 더 큰 영향을 주었고, 위협 대함유도탄의 특정 속도와 수 증가에서 ASM 수와 속도에 의한 교호 작용으로 자함의 생존율이 더 크게 줄어들음을 확인할 수 있었다.

추후 본 논문에서 분석한 수상함의 대함유도탄 Hard Kill 방어효과도 분석에서 더 나아가 대함유도탄 Hard Kill & Soft Kill 방어효과도 분석 및 성분작전별 교전 성능 분석을 수행할 예정이다.

참고문헌

1. 황근철, “차기 고속정 전투체계의 함포 중심 대공전 성능분석”, 한국군사과학기술학회지, vol. 10 no.4, pp. 62~72, 2007
2. 이호철, 이동호, 김영주, “함정전투체계의 교전 효과도 분석을 위한 MOP/MOE 설정”, 한국군사과학기술학회 종합학술대회, 2008
3. 임희동, 권용수, “전장네트워크 기반 이지스급 함정의 공중방어능력에 관한 연구”, 한국국방경영분석학회지, v28. no.2, pp. 125~135, 2002
4. Hideto Ito, “A study of the measures of effectiveness for the JMSDF Aegis Destroyer in a littoral, air defense environment”, Master's Thesis, Naval postgraduate school, 1995
5. 한웅기, “대함유도탄 계층 방어효과도 분석”, 국방기술연구, 제8권 제2호, pp. 111~122, 2002
6. 김경기, 김영주, 이동호, “함정 대공방어체계 최적 구성 방안 연구”, 국방과학연구소, NWS-519-961295, 1996
7. W. J. Bradford, “The theoretical layered air-defence capability of a ship engaged against multiple anti-ship capable missile attacks”, Guided Weapons Technical Memorandum, Defense Science and Technology Organization, Australia, 1992
8. 김철호, 김재익, 한웅기, 김영주, “전투체계 체계검증 시뮬레이터 개발 프로세스 제안 및 적용에 관한 연구”, 국방과학연구소, ADDA-2008-0215, 2008
9. 김재익, 이동호, 김철호, 정영란, “체계 검증용 시뮬레이터를 이용한 함정 전투체계 개발”, 시스템 엔지니어링 추계 심포지엄, pp 100~103, 2009
10. 김재익, 김철호, 정영란, 이동호, “울산-I급 전투체계 체계검증용 시뮬레이터 모의논리 설계 - 총론”, 국방과학연구소, ADDR-525-100482, 2010
11. 박성현, 현대실협계획법, 민영사, 2005