Research Paper

Journal of Aerospace System Engineering
Vol.11, No.6, pp.50-55 (2017)

ISSN 1976-6300
EISSN 2508-7150
https://doi.org/10.20910/JASE.2017.11.6.50

무인전투기 물리적 전투력 분석

민승식[1]· 오경원[2,†]

[1]해군사관학교 이학과
[2]호원대학교 국방과학기술학부

Analysis of Physical Combat Power for Unmanned Combat Aerial Vehicle

Seungsik Min[1], Kyungwon Oh[2,†]

[1]Department of Natural Science, Korea Naval Academy
[2]Department of Defence Science & Technology, Howon University

Abstract

The objective of this study was to use the Lanchester equation to predict the outcome of our engagement between our unmanned aerial vehicle (UAV) (Blue Group) and enemy UAV (Red Group). Lanchester's law states that the power of corps is proportional to the number of combatants. A second law states that the power of corps is proportional to the square of the number of combatants. The first law is a suitable law for guerrilla warfare while the second law is known as the law suitable for all-out war. Therefore, the second law is commonly used. The second law of Lanchester's was used in this study to predict engagement results. We estimated the battle loss rate value to win the battle as well as the required power number. We also predicted power number to make the damage of our group less than one. The battle loss rate to reliably receive victory when the enemy's UAV and the ally’s UAV are equal in number of combat units must be 1: 1.5 or more.

초 록

본 논문은 란체스터 방정식을 이용하여 우리의 무인전투기(블루군)과 적 무인전투기(레드군) 간의 교전 결과를 예측하였다. 란체스터 법칙은 군단의 전력이 전투원 수에 비례한다는 제1법칙(linear law)과 전투원 수의 제곱에 비례한다는 제2법칙(square law)가 있다. 제1법칙은 게릴라전에 적합한 법칙이고 제2법칙은 전면전에 적합한 법칙으로 알려져 있으며 일반적으로 제2법칙이 많이 쓰인다. 란체스터의 제2법칙을 이용하여 교전 결과를 예측하였다. 교전에서 승리하기 위한 전투손실률 값은 물론 필요 전력수를 추산하였고, 우리 군의 피해를 1대 미만으로 만들기 위한 전력수도 예측하였다. 적 무인전투기와 아군 무인전투기의 전투 대수가 같을 경우 승리를 보장받으려면 전투손실률이 1:1.5 이상이 되어야 한다.

Key Words : Lanchester’s equation(란체스터 수식), Unmanned Aerial Vehicle(무인항공기), Physical Combat Power(물리적 전투력), UCAV(Unmanned Combat Aerial Vehicle)

1. 서 론

현대전에서 작전 수행을 위해서는 제시되는 방책의 분석 및 비교가 필요하고 이 과정에서 워게임이 수행된다. 워게임의 성능은 실제 교전 결과와의 비교를 통해 가능할 것이다. 하지만 현대는 일부 국가를 제외하고는 국가 간의 직접적인 무력 충돌보다는 경제나 외교적 제재를 통한 간접적인 분쟁이 대세이다. 따라서 워게임의 토대인 modeling and simulation의 기본 이론을 완벽히 해석하는 것이 무엇보다도 중요하다. 교전 모형(combat model)의 가장 대표적인 이론 중의 하나는 란체스터의 교전법칙이다[1]. 란체스터의 법칙

Received: Oct. 24, 2017 Revised: Dec. 21, 2017 Accepted: Dec. 22, 2017
† Corresponding Author
Tel: +82-63-450-7724, E-mail: kwoh@howon.ac.kr

은 게릴라전이나 전면전의 해석에 광범위하게 적용되는 법칙이다. 전력상 차이가 있는 양자가 전투를 벌인다면, 원래 전력 차이의 제곱만큼 그 전력 격차가 더 커지게 된다는 것으로 영국의 항공공학 엔지니어인 란체스터(F. W. Lanchester)가 1, 2차 세계대전의 공중전 결과를 분석하면서, 무기가 사용되는 확률 전투에서는 전투 당사자의 원래 전력 차이가 결국 전투의 승패는 물론이고 그 전력 격차를 더욱 크게 만든다는 사실을 발견하게 되었다. 즉 성능이 같은 아군 전투기 5대와 적군 전투기 3대가 공중전을 벌인다면 최종적으로 살아 남는 아군 전투기는 2대가 아니라 그 차이의 제곱인 4대가 된다는 것이다. 결국 전력차이의 제곱만큼 그 격차가 더 벌어지게 된 것이다. 이러한 확률 전투에서의 힘의 논리, 힘의 격차 관계를 란체스터 법칙이라고 한다. 란체스터의 법칙은 2차 세계대전 당시 연합군의 전략 수립에 커다란 영향을 미친 것으로 알려져 있다[2]. 란체스터의 법칙은 전쟁 뿐만 아니라 경제학, 생태학 등에서도 사용될 정도로 활용폭이 넓다[3-8]. 란체스터법칙은 핵무기처럼 한번에 다수의 상대방을 무력화 시키거나 다수가 동시에 공격하는 곳에서는 란체스터 법칙이 적용하기 어렵다는게 통설이다. 하지만 과거의 사료를 통해 란체스터 법칙을 적용하여 분석한 결과에서 유의미한 결과를 도출하였다. Jeong and Min (2014)은 일본의 조선 침략 전쟁인 임진왜란(1592-1598) 중 매우 극적인 전투였던 명량해전 승리의 결정적인 요인을 단순히 수적 우위가 아니라 적절한 전략과 화력집중에 있다는 결과를 도출하기도 하였다[9]. 나아가 임진왜란 시 발생했던 20여 차례 교전의 결과로부터 한국과 일본 함선의 전투력지수가 전투에 미치는 영향을 분석하기도 하였다[10]. 하지만 칠전량 해전처럼 인적요소(전략, 전술)도 승리에 미치는 영향이 크다는 것을 확인하였다. 현재 무기체계 개발은 단위 유닛에 다양한 임무와 전투력을 향상시키기 위해 노력하고 있다. 특히 무인항공기는 크기가 3가지 형태로 구분하여 개발되고 있다. 중대형기는 주로 정찰 및 탑재된 무기를 이용한 공격형으로 개발되어 지고 있고 소형은 지상군 정찰이나 자폭형 형태로 개발되고 있다. 지난 2017년 11월 특정재래식무기금지협약(CCW) 유엔 컨퍼런스에서 “슬롯터봇(slaughtbots)”이란 주제로 소량의 폭약을 탑재한 소형 드론이 자폭형태로 수십만 개가 살포되면 이를 막을 수 있는 방법은 무엇인가?[13] 질문이 있었다. 답은 현재로서는 불가능하다는 것이다. 란체스터법칙은 단일 유닛이 다수로 있을 때 법칙으로서 효과가 있음을 확인하였다면 현재 기술상으로 군집기술이 발전되고 있는 시점에 다수의 무인전투기가 큰 군집을 이룬다면 그 군집은 하나의 단일 개체로 볼 수 있다. 이러한 사항을 가정해 볼 때, 본 논문에서는 기존 연구들을 토대로 전차전, 화공전과 같은 다대다 교전의 대표적인 모델식인 란체스터 방정식을 이용하여 차세대 무인전투기와 적군의 무인전투기 간 교전을 전력화지수를 무차원하여 결과 예측하고 전투우세에 있어 필요한 전투력과 대수를 분석하였다.

2. 배경 이론

2.1 Lanchester’s equation

제1차 세계대전 이전에는 주로 백병전 형태로 교전이 이루어졌다. 백병전에서는 주로 교전 상대 전투원들 간 1대1의 교전이 이루어졌기 때문에 서로의 전투력(지금부터 각 군은 블루군과 레드군으로 명명하기로 한다.)은 다음과 같이 나타낼 수 있다.

$$B'(t) = -\beta B(t)R(t) \tag{1}$$

; $B(0) = n_B$, n_B는 블루군의 초기 전력 수

$$R'(t) = -\rho B(t)R(t) \tag{2}$$

; $R(0) = n_R$, n_R은 레드군의 초기 전력 수

여기서, $B'(t)$, $R'(t)$는 시간에 대해 미분한 항이다. ρ는 레드군의 전력손실율, β는 블루군의 전력 손실률이다.

식 (1), (2)의 양변에 ρ와 β를 각각 곱하면 다음 식을 얻을 수 있다.

$$-\beta\rho B(t)R(t) = \rho B'(t) = \beta R'(t) \tag{3}$$

위 식을 적분하여 정리하면 직선 형태의 란체스터 제1법칙(비례법칙)을 얻을 수 있다.

$$\rho B(t) - \beta R(t) = \rho n_B - \beta n_R \tag{4}$$

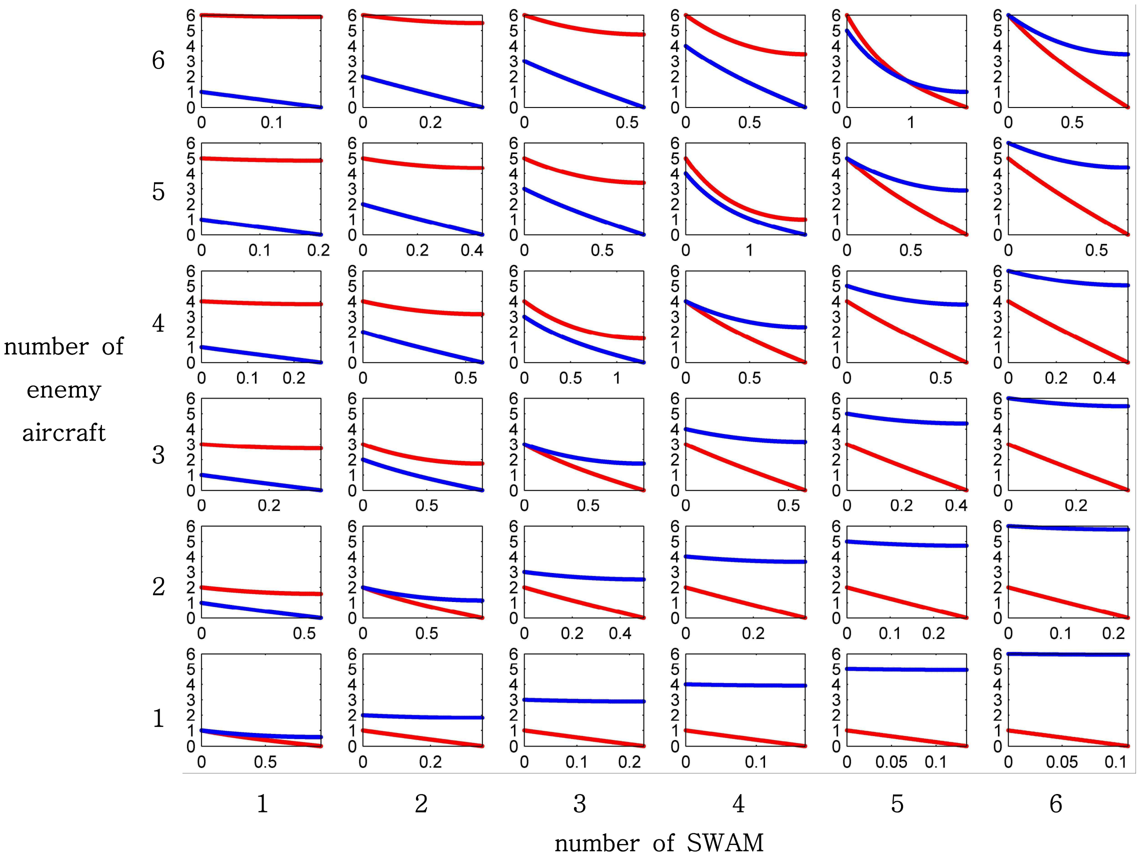

Fig. 1 Change of real-time power number according to change of SWAM and enemy aircraft (case $\beta:\rho = 1:1.5$)

따라서 $\rho n_B - \beta n_R$의 부호에 따라 다음과 같이 승리군의 잔존전력(한쪽 전력 궤멸 후 상대의 전력)을 구할 수 있다.

√ case 1 : $\rho n_B - \beta n_R > 0$

블루군이 승리, 승리군 잔존 전력 : $n_B - \dfrac{\beta}{\rho} n_R$

√ case 2 : $\rho n_B - \beta n_R = 0$

무승부

√ case 3 : $\rho n_B - \beta n_R < 0$

레드군이 승리, 승리군 잔존 전력 : $n_R - \dfrac{\rho}{\beta} n_B$

한편, 전차와 전투기, 함선 등 기계화 군단의 등장으로 백병전은 교전을 설명할 수 있는 모델로 적합하지 않게 되었다. 상대 전투원들 간 1대1의 교전이 이루어졌던 백병전과 달리 상대 전투 단위(사람 또는 기기)들 간 다대다 원격전이 이루어지는 모델로 수정하게 되었다. 군집 무인전투기(블루군)와 적의 전투기(레드군) 간의 교전을 가정하였다. 블루군의 전력을 $B(t)$, 레드군의 전력을 $R(t)$라고 하고, 각 군의 전력손실률을 β, ρ라고 했을 때, 블루군은 레드군으로부터 온전한 전투기 1대 당 β의 전력을 손실하므로 단위시간당 $\beta R(t)$만큼 전력을 손실한다. 마찬가지로 레드군은 블루군으로부터 온전한 전투기 1대 당 ρ의 전력을 손실하므로 단위시간 당 $\rho B(t)$만큼 전력을 손실한다. 즉,

$$B'(t) = -\beta R(t) \tag{5}$$

; $B(0) = n_B$, n_B는 블루군의 초기 무인전투기 수

Table 1 Case $\beta : \rho = 1 : 1.5$, The final remaining power (Battle result)

		BLUE												
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
RED	1	0.6	1.8	2.9	3.9	4.9	5.9	7.0	8.0	9.0	10.0	11.0	12.0	13.0
	2	1.6	1.2	2.5	3.7	4.7	5.8	6.8	7.8	8.9	9.9	10.9	11.9	12.9
	3	2.7	1.7	1.7	3.2	4.4	5.5	6.6	7.6	8.7	9.7	10.7	11.7	12.8
	4	3.8	3.2	1.6	2.3	3.8	5.0	6.2	7.3	8.4	9.5	10.5	11.5	12.6
	5	4.8	4.4	3.4	1.0	2.9	4.4	5.7	6.9	8.0	9.1	10.2	11.3	12.3
	6	5.9	5.5	4.7	3.5	1.0	3.5	5.0	6.3	7.5	8.7	9.8	11.0	12.0

Table 2 Enemy Number of UAVs needed to win the friendly against the number of aircraft(ρ/β)

초기 적 무인전투기 \ ρ/β	1/8	1/4	1/2	1	2	4	8
1	3	3	2	2	1	1	1
2	6	5	3	3	2	2	1
3	9	7	5	4	3	2	2
4	12	9	6	5	3	3	2
5	15	11	8	6	4	3	2
6	17	13	9	7	5	4	3

$$R'(t) = -\rho B(t) \quad (6)$$

; $R(0) = n_R$, n_R은 레드군의 초기 전투기 수

일반적인 미분방정식 해법에 의해 다음 식을 유도할 수 있다.

$$B(t) = \frac{1}{2}\left(n_B - \sqrt{\frac{\beta}{\rho}}\,n_R\right)e^{\sqrt{\beta\rho}\,t} + \frac{1}{2}\left(n_B + \sqrt{\frac{\beta}{\rho}}\,n_R\right)e^{-\sqrt{\beta\rho}\,t} \quad (7)$$

$$R(t) = \frac{1}{2}\left(n_R - \sqrt{\frac{\rho}{\beta}}\,n_B\right)e^{\sqrt{\beta\rho}\,t} + \frac{1}{2}\left(n_R + \sqrt{\frac{\rho}{\beta}}\,n_B\right)e^{-\sqrt{\beta\rho}\,t} \quad (8)$$

한편, 식 (5)와 식 (6)에 각각 $\rho B(t)$와 $\beta R(t)$를 곱하면 다음 식이 유도된다

$$-\beta\rho B(t)R(t) = \rho B(t)B'(t) = \beta R(t)R'(t) \quad (9)$$

이를 적분하여 정리하면 쌍곡선 형태의 란체스터 제2법칙(제곱법칙)을 얻을 수 있다.

$$\rho[B(t)]^2 - \beta[R(t)]^2 = \rho n_B^2 - \beta n_R^2 \quad (10)$$

그러면 $\rho n_B^2 - \beta n_R^2$의 부호에 따라 다음과 같이 교전의 승패는 달라진다.

√ case 1 : $\rho n_B^2 - \beta n_R^2 > 0$

블루군이 승리, 승리군 잔존 전력 : $\sqrt{n_B^2 - \frac{\beta}{\rho} n_R^2}$

√ case 2 : $\rho n_B^2 - \beta n_R^2 = 0$

무승부

√ case 3 : $\rho n_B^2 - \beta n_R^2 < 0$

레드군이 승리, 승리군 잔존 전력 : $\sqrt{n_R^2 - \frac{\rho}{\beta} n_B^2}$

3. 분석 결과 및 논의

3.1 교전 프로세스

아군의 무인전투기와 적의 무인전투기 간의 교전 결과를 예측하기 위해 다음의 시뮬레이션 과정을 거친다. 아군의 무인전투기(블루군)와 적군 무인전투기(레드군) 사이의 교전 시 동일 군단 전투기의 전력손실률은 동일하다고 가정한다. 또한 전력손실률은 상대적인 것이므로 모든 교전에서 아군의 전력손실률을 두고 적군의 전력손실률을 변경해가며 교전 결과를 예측한다. 무인전투기의 초기 전력과 적 무인전투기의 초기 전력을 1대~6개까지 변화시켜가며 잔존전력 값을 계산하는 것은 물론 적군의 전력손실률이 1/8부터 8까지 변해갈 때 우리군이 승리하기 위한 무인전투기의 필요 대수도 계산한다. 각군의 전력화 지수는 무차원화를 통해 비교한다.

3.2 교전결과

란체스터 방정식을 분석하는 목적은 크게 두 가지이다. 첫째는 단위 무기체계 당 전투손실률이나 초기 전력이 정해진 상태에서 교전의 결과를 예측하는 것이고, 둘째는 교전의 결과로부터 전투손실률을 추정하거나 교전에서 승리하기 위한 전투손실률 값을 설정하는 것이다. Figure 1은 아군의 무인전투기와 적 무인전투기의 전투손실률이 $\beta : \rho = 1 : 1.5$일 때 전투기 수가 1~6대인 범위에서 실시간 전력수의 변화를 나타낸 그래프이다. 전투손실률이 고정되어 있더라도 적 무인전투기와 아군 무인전투기의 수에 따라 전력 손실이 극명하게 달라지는 것을 확인할 수 있다. 왼쪽 상단의 적 무인전투기 6대, 아군 무인전투기 1대인 경우와 오른쪽 하단의 적 무인전투기 1대, 아군 무인전투기 6대인 경우 블루군(아군 무인전투기)과 레드군(적 무인전투기)의 전력수는 초기 전력수가 적을수록 크게 감소하는 것을 알 수 있다.

Table 1은 Fig. 1을 확장하여 블루군의 전투기 수를 13대까지 늘렸을 때 한 쪽이 궤멸되는 순간 잔존 전력을 나타낸 것이다. 좌하 영역은 적 무인전투기의 승리하는 구간이고 우상 영역은 아군 무인전투기의 승리하는 구간이다. 특히 굵은 글씨로 표시된 가장 위쪽 영역은 아군 무인전투기의 피해가 1대 미만인 경우를 나타낸 것이다. 즉, 적 무인전투기의 수가 1~6대으로 변할 때, 아군 무인전투기의 수를 1, 2, 3, 4, 5, 5대로 대응할 경우 승리하는 것으로 나타나며, 1, 2, 4, 6, 9, 13대로 대응하는 경우에는 블루군의 손실이 1대 미만으로 나타나는 것을 알 수 있다. 전투 지역에 따라 완파된 전투기는 적에 대한 우리측 전력 정보를 빼앗기는 결과를 초래할 수도 있으므로 우리의 전력 손실이 1대 미만으로 나타나는 것은 중요한 사안이 될 수 있다.

마지막으로 Table 2는 다양한 ρ/β 값에 대해 초기 적 무인전투기의 수가 1~6대일 때 아군 측이 승리하기 위한 전투기의 수를 나타낸 것이다. 가령, 초기 적 무인전투기의 수가 6대인 경우 적군의 전투손실률이 아군의 1/8배인 경우 아군은 17대의 무인전투기가 필요한 반면 적군의 전투손실률이 아군의 8배인 경우 아군은 3대의 무인전투기로 승리를 이루게 된다.

3.3 분석결과 및 논의

란체스터 방정식을 이용하여 아군의 무인전투기(블루군)과 적군의 전투기(레드군) 간의 교전 결과 다음의 사실들을 알아낼 수 있었다. 아군(블루군)과 적군(레드군)의 전투손실률이 β와 ρ, 아군과 적군의 초기 전력 수를 n_B와 n_R이라 할 때, 백병전에서는 $\rho n_B > \beta n_R$일 경우 아군이 승리하는 반면, 공중전과 같은 다대다 전면전에서는 $\rho n_B^2 > \beta n_R^2$일 경우 아군이 승리하는 것으로 해석되었다. 전투 단위의 손실률이 정해져 있을 경우 전력 수의 제곱에 비례하는 전투력이 발휘되는 것이다. 따라서 n_B^2/n_R^2이 β/ρ보다 크면 아군의 승리를 기대할 수 있을 것이다. 만일 적 무인전투기와 아군 무인전투기의 전투 대수가 같을 경우 승리를 보장받으려면 전투손실률이 1:1.5 이상이 되어야 한다(Figure 1). 나아가 아군의 전력 손실이 1 미만이 되기 위한(아군 무인전투기가 1대도 완파되지 않기 위한) 아군의 필요 전력 수도 계산할 수 있었다(Table 1). 한편, 다양한 각 군의 전력손실률에 따라 아군의 승리를 보장받기 위한 필요 전력 수도 추측할 수 있었다(Table 2).

4. 결　　론

본 연구는 무기 체계 발전 계획에 중요한 시사점을 제공한다. 즉, 무기 체계의 성능보다 수량이 승리에 미치는 영향을 간과할 수 없다는 것이다. 실제 성능이 2배인 무기체계의 개발 비용이 2배 이상 드는 것을 감안하면 다소 성능이 미약하더라도 자폭형 무인체계와 같이 단일 임무에 집중하는 소형 무기체계의 배치가 비용 절감은 물론 교전에서의 승률을 더욱 높일 수 있음을 시사하는 것이다. 더구나 아직까지는 대형무기체계에 다수의 전투원이 탑승하는 점을 감안했을 때 인명 손실을 우려할 필요가 없는 무인전투기는 발전하는 무기체계에 아주 적합할 것으로 사료된다.

References

[1] F. W. Lanchester, “Mathematics in Warfare” in *The World of Mathematics, edited by Newman* (Simon and Schuster, New York, pp. 2138-2157, 1956.

[2] [Lanchester’s laws] http://terms.naver.com/entry.nhn?docId=780889&cid=42111&categoryId=42111, 2006.

[3] J. G. Taylor, “Lanchester Models of Warfare” in Research Monographs (Military Applications Section, Operations Research Society of America, Arlington, 1983.

[4] C. S. Chen and P. Chu, *Naval Research Logistics* 48(8), 653-661, 2001.

[5] C.-Y. Hung, G. K. Yang, P. S. Deng, T. Tang, S.-P. Lan and P. Chu, *Journal of the Operational Research Society* 56(8), 942-946, 2005.

[6] C. Spradlin and G. Spradlin,Computers & Mathematics with Applications 53(7), 999-1011, 2007.

[7] E. S. Adams and M.-G. Michael, Behavioral Ecology 14(5), 719-723, 2003.

[8] P. A. Naik, K. Raman and R. S. Winer, *Marketing Science* 24(1), 25-34, 2005.

[9] W. Jeong and S. Min, GunSa 90, 261-290, 2014.

[10] W. Jeong and S. Min, GunSa 91, 139-165, 2014.

[11] Hughes, Wayne P., Jr., "Two Effects of Firepower: Attrition and Suppression", Military Operations Research, Calhoun, NPS, 1995.

[12] T.j. Chang, Regulatory environment and structural change of UAV industry, *SASE*, Vol.9, No.3, pp.17-22, 2015

[13] “slaughter bots”, http://autonomousweapons.org/