

한국군합동지휘통제체계의 전투력 상승효과 측정에 관한 연구 (A Study on the Measurement of Force Improvement Effectiveness of Korean Joint Command & Control System)

정환식*, 이재영**

Whan-Sik Jung, Jae-Young Lee

*국방대학교 대학원, **국방대학교 운영분석과 교수

*Graduate School of Korea National Defense University

**Professor, Dept of Operations Research, Korea National Defense University

Abstract

KJCCS(Korean Joint Command & Control System) is a system that integrate each military tactics C4ISR into JCS(Joint Chiefs of Staff) level.

It is established in major CP(Commanding Post) and provides all battlefield situation in real time by sharing that between connection troops.

The objective of this study is to suggest a way for the measurement of force improvement effectiveness of KJCCS.

C2 model is applied to measure force improvement effectiveness of KJCCS.

This study will be also present a requirement logic for C4ISR system acquisition later.

key word : force improvement effectiveness, C2, C4ISR

1. 서론

C4ISR은 장차 미래작전개념을 지원하기 위한 필수적인 요소로 그 중요성이 증대될 것이다. 각종 센서 및 탐지기술 발달로 인하여 무기체계 정교화가 진행되는 시점에서 우수한 기동, 정밀교전, 전방위방호, 집중군수 지원의 기반이 되는 것도 C4ISR이라고 할 수 있다. 또한 전투우위 확보의 요체로서 C4ISR은 전장인식도(SA:Situational Awareness) 제고를 통하여 정보우위, 정보 지배를 달성하는데 핵심적인 역할을 할 것으로 보인다. 특히, 먼저 보고(look first), 먼저 결심하고(decide first), 먼저 행동하는(act first(strike first)) 개념을 바탕으로 신속우위(rapid dominance)를 확보하는데 C4ISR의

의의가 있으며, “시간적”으로 상대를 압도하고, 전체상황을 통제하여 빠른 템포로 전장상황의 주도권을 장악하는데 중점이 있다.

정보기술이 급속히 발전하고, 모든 제대의 지휘관에게 정보를 제공하기 위해 정보기술 활용이 증가함에 따라 작전환경 또한 변화를 거듭하고 있으며, 이러한 양상은 미래에도 지속될 전망이다[1],[2].

우리나라의 경우 최근에 각군 C4I사업 등을 포함하여 정보수집자산에 적지 않은 예산을 투자하고 있으나 C4ISR 효과를 측정할 수 있는 척도나 도구의 부족으로 C4ISR 효과에 대한 평가가 미진한 실정이다.

본 연구에서는 정보전력 체계의 구축으로 인하여 발생하는 전투효과중 지휘통제체계에 초점을 맞추어 지휘통제체계 강화와 부대 전투력과의 상관관계를 가상 시나리오를 사용하여 전투력 상승효과를 측정하고자 한다.

합참에서 구축한 지휘통제체계의 효과성을 평가함에 있어 미국 해군대학원의 Diniel Schutzer가 제시한 C2 효과측정 모델[3] 중 부대의 유형과 특성을 고려하고 란체스터 제곱법칙을 적용한 모델을 이용하여 상관관계를 분석하였다.

본 연구는 5절로 구성되어 있다. 제 2절에서는 C4I체계 이전·이후로 구분하여 기존 연구에 대해 살펴본다. 제 3절에서는 Diniel Schutzer가 제시한 C2 효과측정 모델을 설명하고, 제 4절에서는 KJCCS체계를 소개하고, 가상 시나리오를 사용하여 지휘통제체계 강화로 인한 전투력 상승효과를 제시하였다. 마지막으로 제 5절에서는 본 연구를 통한 기대효과와 향후 연구 방향에 대해 기술하였다.

2. 관련 연구 고찰

2.1 C4I체계 이전

C4I체계 이전의 전투력 또는 전력 평가방법은 크게 정태적 방법과 동태적 방법으로 아래 <표-1>과 같이 구분된다. 정태적 비교평가방법이란 비교하고자 하는 양국 혹은 양진영이 보유하고 있는 군사력을 어느 한 시점에서 비교 평가하는 방법으로 대체로 전쟁이 개시되지 않은 상태에서 특정 시점을 기준으로 비교평가하는 방법이고, 동태적 비교평가는 일정기간 동안 전투행위가 지속되었을 때 나타나는 전투결과를 가지고 쌍방 간의 군사력을 비교 평가하는 방법으로 위게임이나 전투모의기법을 활용한다[4].

<표-1> 전력 평가방법 구분

구분	정태적	동태적
평가방법	<ul style="list-style-type: none"> ·단순 수량 비교법 ·지수비교법 ·군사지분스톡비교법 ·계층분석기법(AHP) 	<ul style="list-style-type: none"> ·단순 동태적 비교법 -키우프만/엡스타인/상황 전략지수 모형 ·위게임-복합 동태적 비교법

2.2 C4I체계 이후

미래 전력의 핵심이 산업화 시대의 기존(단일 플랫폼) 전력 체계에서 정보화 시대의 정보전력체계로 변화하고 있다. 이에 따라 새로운 전력체계에 맞는 전력평가 개념 및 효과측정 척도(yardstick)가 요구되고 있으나 무기효과지수(WEI) 및 부대효과지수(WUV) 등과 같은 계량화 평가방법이나 란체스터 전투모델과 같은 소모중심의 전력 평가개념 그리고 임무달성도(Mission Accomplishment) 및 손실부분비(LE: Loss Exchange Ratio) 등과 같은 기존 효과측정(MOE : Measures of Effectiveness) 척도로는 속도중심 및 정보우위를 바탕으로 하는 정보전력체계의 전투력 효과(Force Effectiveness)를 측정하는데 적합하지가 않다. 따라서 정보전력체계의 전투효과를 계량적으로 평가할 수 있는 새로운 MOE가 필요한 것이다.

전통적인 전력평가 방법은 소모전 위주의 화력과 기동 전투력에 중점을 두었다면,

현대전은 C4I체계, 정밀타격에 중점을 둔 네트워크전으로 변모하게 됨에 따라 C4I체계의 효과와 군사작전시 창출되는 전투효과사이의 상관관계를 명확히 규명할 필요성이 제기되었다.

현재까지도 상관관계 규명이 명확하진 않지만, 기존 연구를 살펴보면 아래 <표-5>와 같다.

<표-2> 기존 연구 방법 및 결과

구분	연구방법	고려요소	결과
육해공군 전술 C4I 체계[5]	PAM모델 C2분석 모델	지휘통제 시간	육해공군 각각 55%/70%/68% 상승
ANP기법 적용[6]	ANP기법	C2Cde Time 정보 유통속도 장외질	육해공군 각각 50.4/63/60% 상승
육군 지상전술 C4I체계[7]	ANP기법	센체계 C4I체계 타체계	65.4% 상승
해군 KNIDS[8]	C2분석 모델 AHP기법사용	자통제시간 생존확률	32% 상승(C2), 61% 상승(AHP)
자상술 C4I체계[9]	C2분석 모델	생존확률 합성기법 교환기법	고려요소에 따라 85% ~ 516% 상승
자통제시간 부대투력간 생존확률[10]	C2분석 모델	생존확률 합성기법	고려요소에 따라 71% ~ 224% 상승

기존 전력 체계와 정보전력체계간 전력평가 개념의 가장 큰 차이점은 정보의 역할이다. 즉 기존 전력체계에서는 화력 및 소모중심을 바탕으로 소모율에 의한 쌍방의 전력평가가 가능한 반면 정보화 시대의 네트워크화로 연결된 전장체계에서는 실시간으로 공유되는 정보의 역할이 전투에서의 승패를 결정짓는 가장 중요한 변수로 작용하기 때문에 어느 한쪽이 어느 정도의 정보우위(Information Superiority)가 있는지를 측정하는 것이 정보전력체계에 대한 전력평가의 핵심이라 할 수 있다. 위에서 소개한 전력평가 방법중에 일반적으로 적용된 C4I체계 평가는 지휘통제 개선으로 나타나는 전투력 상승효과를 생존확률 증가, 자산비율 증가등을 고려 란체스터

전투모델을 이용하여 교전 전후의 효과척도를 비교하여, 체계 구축에 따른 전투력 상승효과를 산정했다. 그러나, 센서와 슈터의 효과까지는 반영하지 못했다[11].

3. C2이론을 이용한 C4I체계 평가

3.1 C2이론 소개

미국 해대원의 Schutzer 교수는 해군함정간의 교전시 지휘통제체계의 획기적인 개선으로 나타나는 전투력 상승효과 측정하였다. 지휘통제체계(C2)의 개선으로 나타나는 3가지 효과요소(생존확률 증가, 할당된 자산비율 증가, 자산 개별효과 증가)를 설정하여 지휘통제 과정상의 시간변수들과 Lanchester 전투모델 이용 교전 전·후 부대의 전투효과(MOE)를 비교하여 부대 전투력 상승효과를 측정하는 것이다. 모델에서는 교전 전·후의 전투력의 상대적인 비율(최초 투입 전투력 대비 잔존 전투력과의 비)을 전투효과 측정의 기준으로 삼으며, 일반적으로 적용하는 C2 모델유형은 다음과 같다.

$$\langle MOE \rangle_j = \frac{\langle N^2 \rangle_j - \langle M^2 \rangle_j}{N^2} \quad (1)$$

$$\langle N^2 \rangle_j = \sum_{k=1}^T \sum_{k'=1}^S \frac{v_k p_{kj} m_{k'j}^2}{1 + X_{kk'}} : \text{교전j에서 청군 전력지수}$$

$$\langle M^2 \rangle_j = \sum_{k=1}^T \sum_{k'=1}^S \frac{v_{k'} X_{kk'} q_{k'j} m_{kj}^2}{1 + X_{kk'}} : \text{교전j에서 홍군 전력지수}$$

N^2 : 최초 청군 전력지수

p_{kj} : 청군 k자산의 교전 j에서 생존확률

$q_{k'j}$: 홍군 k'자산의 교전 j에서 생존확률

n_k : 청군 k형 자산의 수

$m_{k'}$: 홍군 k'형 자산의 수

v_k : 청군 k형 자산의 전력 가중치

$v_{k'}$: 홍군 k'형 자산의 전력 가중치

$X_{kk'}$: 청군 k형 자산 손실 / 홍군 k'형 자산 손실

T : 청군 자산 종류

S : 홍군 자산 종류

3.2 효과요소별 상관관계

생존확률은 지휘관의 관심지역 내에 위치한 적을 정확하게 분석할 수 있는 확률이며, 산출식은 다음과 같다.

$$p = \frac{1}{1 + \Delta A} = \frac{1}{1 + C_1 \rho v_p \sigma^2 T c s^2} \quad (2)$$

C_1 = 임의의 상수

v_p = 적군의 공격속도

t_{cs} = 지휘통제시간

σ = 정보의 부정확도

ρ = 적군의 밀도

생존확률은 적군의 공격속도, 지휘통제시간, 정보의 부정확도가 작을수록 증가하고, 적군의 공격속도, 지휘통제시간, 정보의 부정확도가 클수록 감소한다.

할당비율은 특정 교전지역에 투입되는 자산의 비율로, 산출식은 다음과 같다

$$.a(Area) = C_0 \left(1 + \frac{v_p}{v_w} \left(\frac{t_a}{t_w} - 1\right)\right)^2 \quad (3)$$

C_0 = 임의의 상수

v_p = 아군의 전진속도

t_a = 투입부대 가용시간

v_w = weapon 속도

t_w = weapon 비과시간

할당비율은 아군의 공격속도, 투입부대 가용시간이 클수록 증가하고, 아군의 공격속도, 투입부대 가용시간이 작을수록 감소한다.

교환비율은 각 자산별 적 손실 대비 아군 손실비율을 의미하며, 산출식은 다음과 같다.

$$X_{kk'} = C_3 \{1 + C_1 \rho v_p (T_R - t_m)^2 \sigma^2\} \quad (4)$$

C_1 = 교환비율 상수

v_p = 적군의 공격속도

t_{cs} = 지휘통제시간

σ^2 = 정보의 부정확도

ρ = 적군의 밀도

교환비율은 적군의 공격속도, 지휘통제시간, 정보의 부정확도가 클수록 증가하고, 적군의 공격속도, 지휘통제시간, 정보의 부정확도가 작을수록 감소한다.

4. KJCCS체계 전투력 상승효과 측정

4.1 KJCCS체계 소개

KJCCS체계는 합참중심의 전·평시 통합 지휘통제 능력 확보를 위해 작전사급 이상 전략제대 합동지휘통제체계이며, 전·평시 합참 중심의 합동작전수행을 위한 지휘통제수단으로 운용하고, 화상회의체계는 이동식으로 운용이 가능하고 연합사 VTC와 연동하여 실시간 작전상황 파악 및 협조회의간 운용하며, 전문처리단말기는 전·평시 KJCCS 운용에 필요한 자료입력과 상황보고 및 전파수단으로 운용한다.

4.2 전투력 상승효과 측정

4.2.1 시나리오 설정

상급부대 정보자산에 의해 북한군의 대대적인 공격준비징후가 포착되었으며, 북한의 선제공격으로 00년 00월 00일 00시를 기해 H-hour가 발령된 상태이다. 적군은 개진 초 기습공격을 감행하여, 아군에게 큰 피해를 입혔으며, 아군은 적군의 진격을 저지하기 위해 방어임무를 수행 중에 있다. 아군은 공세적 작전으로 전환하는데 필요한 시간 및 공간을 확보하기 위해 전략적 요충지인 00지역을 반드시 사수해야 한다. 아군의 00부대 지휘관은 00지역을 고수하기 위해 적군의 움직임을 면밀히 주시하고 있으며, 상부 명에 의거 적군의 화력지원 수단과 이를 지휘통제하는 모든 요소를 무력화시키기 위해 가용 화력을 통합 운용하고자 한다. 적군 및 아군의 자산은 다음과 같다.

- 적군 : 보병사단 2개, 기보사단 2개, 기갑여단 1개
- 아군 : 보병사단 5개, 기보사단 1개, 기갑여단 1개, 150S/T(Pre-ITO), 정찰자산(무인항공기, 정찰기 등)

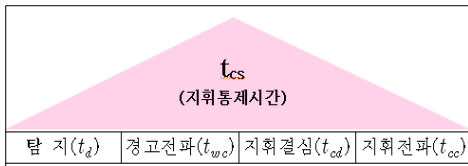
4.2.2 전투력 상승효과 및 운용자료

KJCCS체계를 구축시 기대되는 효과는 다음과 같다

- 지휘통제시간(t_{cs}) 단축

$$t_{cs} = t_d + t_{wc} + t_{cd} + t_{cc}$$

t_d : 탐지 시간
 t_{wc} : 경고전파 시간
 t_{cd} : 지휘결심 시간
 t_{cc} : 지휘전파 시간



<그림-1> 지휘통제체계의 시간전개

KJCCS 구축 전·후 지휘통제시간 단축효과는 아래 <표-3>과 같다고 가정한다.

<표-3> 체계 구축 전·후 지휘통제시간

구분	계	경고전파 시간	지휘결심 시간	지휘전파 시간
구축 전	17~30분 (평균 23.5분)	2~5분	10~20분	5분
구축 후	14분	3분	10분	1분

- 정보의 정확도 증가

각 군별 정찰자산에 의해 획득된 표적 정보를 합참 중심으로 통합/공유함으로써 정보의 신뢰성 증대

- 복합시스템에 의한 합동성 효과
 C2효과와 2단계 평가방법 적용
 (각군 C4I효과 + 합동성 효과)

본 연구에서는 지휘통제시간 단축에 따른 전투력상승 효과만을 고려하였다.

KJCCS체계 전투력 상승효과를 산출하기 위해 운용되는 자료인 상호교환 비율, 전력지수는 보안목적상 아래 <표-4>, <표-5>와 같다고 가정하였다.

<표-4> 상호교환 비율

구분	보병사단(2)	기보사단(2)	기갑여단(1)
보병사단(5)	0.6	0.9	0.5
기보사단(1)	0.4	0.5	0.5
기갑여단(1)	0.8	0.7	0.6
Pre ITO	0.6	0.6	0.7

<표-5> 전력지수

구분	보병사단	기보사단	기갑여단	Pre ITO
청군	500	700	300	500
청군전력가중치	0.125	0.175	0.075	0.125
홍군	250	350	150	-
홍군전력가중치	0.185	0.259	0.111	-

<표-6> KJCCS체계 구축전후의 생존확률 변화

구분	보병사단	기보사단	기갑여단	항공기
최초 생존확률	0.5			
정보의 정확도	0.5			
지휘통제시간	구축 전	23.5분		
	구축 후	14분		
C1	1.304	0.261	0.261	0.016
개선 생존확률	0.739	0.739	0.739	0.739
α (생존확률 승)	1.478			

생존확률 산출시 적 밀도 및 단위부대 이동속도는 고려하지 않았으며, 최초 생존확률과 정보의 정확도는 0.5로 가정하였다.

4.2.3 전투력 상승효과 산출

전투력 상승효과 산출을 위한 가정사항과 산출과정은 다음과 같다.

■ 가정사항

- 체계 구축 전·후 할당 및 교환비율 변화는 없음
- 초기정보의 정확도가 일정함
- 지휘통제시간 감소로 인한 생존확률만 고려함

■ 구축 전 전투력 상승효과

$$\langle N_1^2 \rangle_j = \sum_{k=1}^4 \sum_{k'=1}^3 \frac{p_{kj} n_{kj}^2 v_{kj}}{1 + X_{kk'}} = 3.201$$

$$\langle M_1^2 \rangle_j = \sum_{k=1}^4 \sum_{k'=1}^3 \frac{X_{kk'} q_{k'j} m_{k'j}^2 v_{kj}}{1 + X_{kk'}} = 1.455$$

$$N_j^2 = \sum_{k=1}^4 \sum_{k'=1}^3 n_{kj}^2 v_{kj} = 14.000$$

$$\langle MOE_1 \rangle_j = \frac{\langle N_1^2 \rangle_j - \langle M_1^2 \rangle_j}{N_j^2}$$

$$= \frac{3.201 - 1.455}{14.000} = 0.00012469$$

■ 구축 후 전투력 상승효과

$$\langle N_2^2 \rangle_j = \sum_{k=1}^4 \sum_{k'=1}^3 \frac{p_{kj} n_{kj}^2 v_{kj}}{1 + X_{kk'}} = 4.729$$

$$\langle M_2^2 \rangle_j = \sum_{k=1}^4 \sum_{k'=1}^3 \frac{X_{kk'} q_{k'j} m_{k'j}^2 v_{kj}}{1 + X_{kk'}} = 1.455$$

$$N_j^2 = \sum_{k=1}^4 \sum_{k'=1}^3 n_{kj}^2 v_{kj} = 14.000$$

$$\langle MOE_2 \rangle_j = \frac{\langle N_2^2 \rangle_j - \langle M_2^2 \rangle_j}{N_j^2}$$

$$= \frac{4.729 - 1.455}{14.000} = 0.00023381$$

■ 전투력 상승효과 지수(K)

$$K = \frac{\text{체계구축후} \langle MOE_2 \rangle_j}{\text{체계구축전} \langle MOE_1 \rangle_j} = 1.875$$

지휘통제시간 단축효과를 고려하여 산출한 결과, KJCCS체계 구축에 따른 전투력 상승효과 지수는 1.875이다.

5. 결론

본 연구에서는 현재 합참에서 구축되어 운용중인 KJCCS체계의 전투력 상승효과를 지휘통제시간 단축효과 측면에서 평가하여 보았다. 기존에 적용하였던 C2 효과측정 모델을 이용하여 KJCCS체계 구축에 따른 전투력 상승효과지수는 1.875값이 산출되었다. 현대전은 정보우위에 기초한 장거리 정밀교전 및 효과적인 합동작전 수행으로 적 지휘통제능력과 주요 전략목표의 노드를 타격함으로써 대량 소모전보다는 효과달성 위주로 수행될 것이다. 이에 따라 KJCCS 체계가 구축되었으나, 현재까지 정보전력체계에 대한 객관적인 측정기준이 부재하여 국방 정

보화 사업 구축이후 전투력 상승효과가 어느 정도 발생하였는지에 대하여 체계적이고 신뢰할 만한 판단이 제한되는 가운데, 본 연구는 제한적이지만 정보전력 체계의 중요성에 대한 타당한 이론적 근거를 제공한다.

KJCCS체계 구축으로 예상되는 기대효과 중 정보의 정확도 증가, 복합시스템에 의한 합동성 효과 등을 반영한다면 보다 현실성 있는 전투력 상승효과를 산출할 것이며 이에 대한 연구는 향후 연구과제로 남겨둔다.

참고문헌

- [1] Masback, Keith J. "Knowledge Dominance", Army AL&T,(Nov-Dec, 2001), pp.9~11.
- [2] Hayes, Richard E. "C4ISR Framework of the Future," PHALANX,(March, 2001), pp.1~16.
- [3] Schutzer, D. M., "Selected Analytical Concepts in Command and Control ; C2 Theory and Measure of Effectiveness", GORDON AND BREACH SCIENCE PUBLISHERS, 1982.
- [4] 원은상, "전력평가의 이론과 실제", KIDA 연구보고서, 1998.8.
- [5] 장수진, "PAM모델을 이용한 전술 C4I체계 효과척도 산출에 관한 연구", 국방대학교 석사논문, 2003.12.
- [6] 김진준, "ANP기법을 이용한 C4I체계의 효과 평가 방법에 관한 연구", 국방대학교 석사논문, 2003.12.
- [7] 강승철, "AHP기법을 이용한 지상전술 C4I체계의 전투효과 분석에 관한 연구", 국방대학교 석사논문, 2001.12.
- [8] 이수열, "KNTDS의 전투력 상승효과 평가에 관한 연구", 국방대학교 석사논문, 2001.12.
- [9] 박송기, "지상전술 C4I체계의 군단 통합 화력운용간 전투력 상승효과 평가에 관한 연구", 국방대학교 석사논문, 2002.12.
- [10] 신철, "C2효과측정 모델을 이용한 지통제 체계 강화와 부대 전투력과의 상관관계 연구", 국방대학교 석사논문, 2002.12.
- [11] Daniel M.Schutzer, "C2 Theory and Measures of Effectiveness,"In John Hwang, Daniel M. Schutzer, Kenneth Shere & Peter Vena Eds. Selected Analytical Concepts in Command and Control,(Gordon and Breach Science Publisher:New York, 1982), pp.119~144.
- [12] Washburn, Alan R., "Bits, Bangs or Bucks? The Coning Information Crisis," PHALANX(September, 2001), pp.6~24.