

GIS 기법을 이용한 최적입지 선정 연구

—서울—동두천간의 최적방어지역 선정*—

김두일 · 이형호 · 한 옥**

본 연구의 목적은 GIS 기법을 이용하여 지형을 분석함으로써 서울—동두천 간의 추가령곡에서 최적방어지역을 선정하는 것이다. 연구내용은 지형요소에 의한 보병부대의 최적방어지역 선정, 접근로를 중심으로 한 최적방어지역 선정, 그리고 양자간 차이점의 비교·분석이다. 연구과정은 최적방어지역의 선정을 위한 고려요소의 검토, GIS를 이용하여 지역을 선정하는 과정 그리고 선정된 최적지역을 분석하는 과정의 세가지로 구성된다. 지형요소를 고려한 보병부대의 최적 방어지역은 도봉산, 수락산, 왕방산, 국사봉 등과 같은 험준한 산악지역이며, 접근로를 고려한 최적 방어지역은 국사봉—축석령—불국산을 연결하는 동—서의 지역으로서 공간적 패턴이 특징적으로 나타난다.

主要語 : GIS, 지형분석, 최적방어지역, 추가령곡, 수치지형모델

1. 서 론

1) 연구배경 및 목적

학문에서 새로운 연구방법이나 기법의 출현은 그 이전에는 개념적 또는 이론적으로만 논의되던 개념들을 구체화시키거나 새로운 분야의 발전을 가져오게 한다. 최근 지리학에서 발전하고 있는 새로운 기법의 하나는 GIS(Geographic Information System)이며 이것이 지리학 분야에서 공헌한 것은 현재까지는 아마도 전자에 가까울 것이다. 방대한 공간자료를 다루어야 하는 지리학의 학문속성상 이러한 자료를 처리하고 분석할 수 있는 효과적인 기법의 출현은 매우 반가운 일이며 GIS는 지리학을 비롯하여 공간관련 학문분야에서 실용성을 넓혀가고 있으며 그 중의 하나가 군사분야이다.

대부분의 군사작전은 그 본질상 공간문제이기 때문에 지리학의 다양한 개념이나 방법들은 군사문제의 해결에 폭 넓게 적용될 수 있다. 지리학에서 이러한 개념중의 하나가 지표공간상에서 인간 활동에 적합한 위치를 선정하는 개념인 입

지(location)이다. 지표상의 최적 위치를 추구하는 지리학의 전통적 분야인 입지연구와 광대한 공간자료를 분석할 수 있는 최신의 기법인 GIS를 결합함으로써 공간문제의 일종인 군사작전 문제의 해결에 도움을 줄 수 있다.

본 연구의 목적은 GIS 기법을 이용하여 지형을 분석함으로써 서울—동두천간의 추가령곡에서 최적 방어지역을 선정하는 것이다. 연구내용은 첫째, 지형요인에 의해 보병부대의 최적 방어지역을 선정하는 것이고, 둘째, 접근로를 중심으로 한 최적 방어지역을 선정하고, 마지막으로 양자간의 차이점을 비교·분석하는 것이다.

군사작전의 문제는 본질적으로 공간문제임에도 불구하고 그 내용과 자료에의 접근이 제한되어 있기 때문에 지리학자의 관심에서 떨어져 있는 것이 현실이다. 지리학의 개념과 방법을 군사적인 지형분석 문제에 적용함으로써 지형분석의 효과적인 과정을 제시하고 자동화·표준화의 가능성을 모색하는 직접적인 효과 외에도 지리학의 영역을 확대하는 간접적인 효과도 기대할 수 있다.

이 글의 순서는 연구방법과 연구지역 및 연구동향을 개관한 다음 최적 방어지역 선정시의 고

* 본 논문은 육군사관학교 부설 화랑대 연구소 1992년도 국고연구비에 의해 지원받았으며, 1993년 대한지리학회 춘계 학술대회에서 발표되었음.

** 육군사관학교 환경학과

GIS 기법을 이용한 최적입지 선정 연구

려요소를 검토하고 그 결과 선정된 최적방어지역을 비교하고 분석하는 것이다.

2) 연구방법

본 연구의 과정은 세 부분으로 나뉘어진다. 첫째는 최적 방어지역의 선정을 위한 고려요소의 검토이고, 둘째는 이러한 고려요소를 바탕으로 GIS를 이용하여 지역을 선정하는 과정이며, 셋째는 이러한 최적지역을 분석하는 과정이다.

첫째 과정은 최적방어지역을 선정하기 위하여 고려되는 지형요소를 검토하고 이를 GIS에 적용할 수 있게 操作(operation)하는 과정이다. 둘째 과정은 GIS 기법을 적용하는 단계로서 입력자료의 수치화, TIN 모델화, GRID 전환, 그리고 최적 지역선정의 4단계로 구성된다. 마지막 과정은 GIS 기법에 의해 선정된 지역을 검토하고 비교 분석하여 최적 방어지역으로서의 적절성 여부를 평가하는 것이다.

분석에 사용된 GIS 소프트웨어는 ARC/INFO 6.0이며 GRID 전환시 grid의 한변의 길이는 50m이다.

GIS 기법에 적용된 분석개념은 수치지형모델(Digital Terrain Model: DTM)이다. DTM이란 지형자료를 수치화하여 표현하고 분석하는 모델이다(Petrie and Kennie, 1990). DTM은 지형자료를 수치화함으로써 컴퓨터를 이용하여 분석과정을 자동화하고 표준화할 수 있는 외에도 구축된 자료를 이용하여 여러가지의 분석을 수행할 수 있다는 장점이 있다. 연구에 이용된 ARC/INFO에서는 DTM의 이러한 개념과 방법이 구현될 수 있다.

3) 연구지역 개관

본 연구의 대상 구역은 추가령곡 중에서 동두천 및 포천에서 의정부를 걸쳐 서울에 이르는 지역이다. 경위도는 북위 37도 36분~37도 55분, 동경 127도 0분~127도 15분이며, 거리는 동서 22km, 남북 35km로서 장방형 형태의 구역이다(그림 1 참조).

본 지역은 추가령 구조곡이라 불리는 서울—원산간의 곡의 일부로서 단층곡으로 판단되는(원

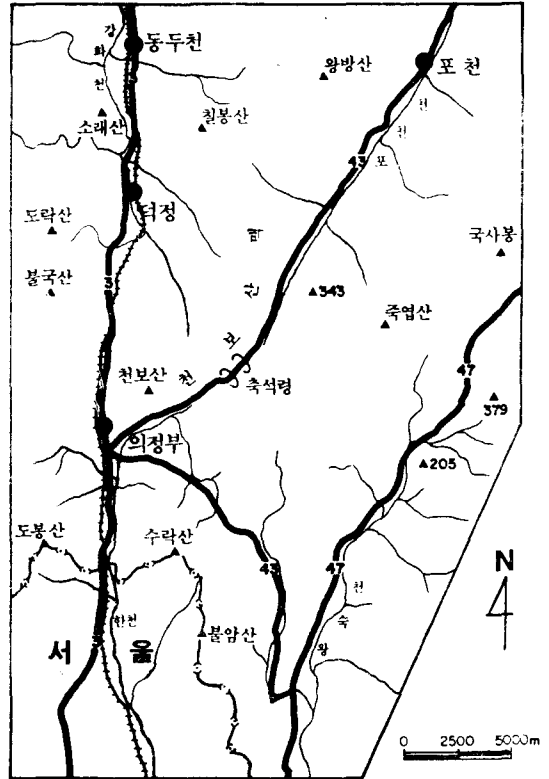


그림 1. 연구지역 요도

종관 의, 1990) 3개의 곡이 형성되어 있다. 이들은 서쪽으로 부터 N-S 방향의 서울—동두천, NNE-SSW 방향의 의정부—포천 그리고 퇴계원—김화간의 곡이며, 이곳에는 각각 3번, 43번 및 47번 도로가 놓여 있고 3번 도로에 연하여서는 경원선 철도가 달리고 있다.

곡과 곡 사이는 험준한 산지이다. 주요 산으로는 도락산, 불국산, 도봉산, 왕방산, 천보산, 국사봉, 죽엽산, 수락산 등이 있다. 대체적으로 불국산과 국사봉을 연하는 동—서의 선을 경계로 북부는 한탄강 수계(강화천 및 포천천)이고 남부는 한강 수계(한천 및 왕숙천)이다.

연구지역 내의 주요 도시는 서울, 의정부, 동두천의 3개 시와 포천, 회천, 진접의 3개 읍이 있다. 연구지역 내의 총인구는 서울의 2개구(도봉 및 노원구)를 포함하여 약 1,607천명이며 읍급 이상의 도시인구율은 94%에 달하여 도시화율이 높은 편이다.

군사적 측면에서 볼 때 이곳은 동두천으로 부터의 3번 도로와 포천 방면으로 부터의 43번 도로가 남향하면서 의정부에서 만나서 서울로 이어지는 전형적인 횡격실 지형이다. 때문에 43번 도로와 3번 도로는 6·25시 적의 주력 전차부대가 기동한 서울로의 주 접근로였다. 동두천이나 포천은 직선거리로 서울에서 30km 이내로서 이 지역은 수도 방어의 마지막 관문이다.

4) 연구경향

GIS의 자료처리 및 분석능력은 지리학의 많은 문제점을 해결하고 새로운 지리정보(geographic information)를 산출한다. 지리학에서 GIS의 이러한 능력이 가장 잘 이용되는 분야의 하나가 아마도 입지연구(location studies) 분야일 것이다(Chrisman et al., 1989). 입지론 분야는 지리학에서 비교적 오랜 연구전통과 잘 발달된 이론체계를 갖추고 있으며 특히 1950년대 이후 실증주의 지리학이 성립되면서 현실적인 문제의 해결에 폭 넓게 적용되었다.

입지연구는 일찍부터 계량화되어 컴퓨터를 이용하게 되었으며 이러한 경향은 GIS의 등장으로 더욱 강화되고 있다. 입지론이 컴퓨터를 이용하여 현실문제에 적용된 것은 Tobler와 Wineberg(1971)가 입지론을 적용하여 고대 도시의 위치를 추정한 것과 Sugiura(1991)가 고대의 중심지를 예측한 것이 있다. 이러한 연구는 중심지 이론과 같이 공간구조를 다루는 입지론이 사용되었다는 점에서 공간구조(spatial structure)적 입지연구이며 이 점에서 다음에 논의되는 적지분석과 차이가 있다.

지리학의 여러 분야 가운데에서도 특히 GIS의 영향을 많이 받은 분야는 適地分析(site analysis)이다. 이 분야는 고려되는 입지요소에 의해 공간분석을 실시하고 활동의 최적입지를 결정한다는 점에서 입지요소(location factor)적 입지연구라 할 수 있다. 이러한 형태의 입지연구에는 쓰레기 매립장의 부지선정(김윤중 외, 1990; Durrant, 1990), 화력발전소의 입지선정(Smith and Robinson, 1983), 선사유적지의 표정(성효현, 1992) 최적경로의 선정(고준환, 1992) 등과 같이 다양

한 주제가 있다.

GIS는 이외에도 도시 및 지역계획 분야(Schooten and Stillwell, 1990 참조; Huxhold, 1991), 환경계획 및 영향 평가(오휘형 등, 1993; Teicholz and Berry, 1983), 도시내 open space의 연구(서동조, 박종화, 1990) 등 공간자료가 사용되거나 공간정보가 필요한 모든 분야에서 사용되고 있다(Star and Estes, 1990; GIS World, 1992 참조).

GIS 및 DTM은 군사적으로도 다양하게 이용되고 있으나 많은 경우 그 내용이 공개되지 않고 있다. GIS가 군사적으로 이용된 사례는 '사막의 폭풍' 작전을 들 수 있다. Porter(1990)에 의하면 미국의 각종 GIS 관련 국방 연구기관 및 일반사회에서 제작한 GIS 소프트웨어, 지형 및 지리자료가 광범위하게 사용되어 작전을 성공시키는 바탕이 되었다.

GIS가 군사적으로 이용되는 대표적인 분야로는 가시계 분석(visibility analysis)을 들 수 있다. 視界의 범위는 군사작전의 지형분석에서 매우 중요한 요소이며 이러한 중요한 지형정보를 현지 정찰을 하지 않고도 신속하게 획득할 수 있는 것은 바로 GIS가 가지는 장점의 하나이다. 가시계 분석은 우리나라에서도 다양한 군사작전을 지원하기 위해 연구되고 있다(손영환, 1990; 이봉섭 외, 1992).

한편 DTM은 무인기동차량의 운영을 위한 소프트웨어의 개발에서도 중요한 자료이다(Griffin, 1990; Ogorkiewicz, 1986).

2. 최적 방어지역 선정시 고려요소

1) 방어작전과 지형분석

군사활동의 최종목표는 국가의 보위이며 이러한 목표는 「국토의 방위」라는 구체적 실행으로서 달성된다. 군사활동이 공간영역으로서의 「국토」에 관심을 가지기 때문에 군사작전은 본질적으로 공간문제가 된다. 특히 육군의 작전은 대부분이 地表에서 面的으로 행해지기 때문에 더욱 그러하다. 군사작전의 문제가 공간문제인 것은 지리학의 학문수단인 지도가 군사작전의 의사소

통에서 중요한 수단이 되고 있음에서도 알 수 있다.

지형과 기상은 단일 요소로서는 장비, 무기, 보급품 등의 다른 어떤 요소 보다도 전투에 미치는 영향이 크다. 특히 방어작전은 다른 형태의 작전에 비해서 지형에의 의존성이 크고 지형의 이점을 잘 활용할 수 있는 작전이다. 적의 기동을 어렵게 하고 아군에게는 양호한 시계와 함께 적절한 은폐나 엄폐를 제공할 수 있는 지형을 찾는 것은 방어작전의 성공을 위해서는 필수적이다.

아군에게 유리한 방어진역을 선정하기 위하여 본 연구에서는 지형을 위시한 6개의 고려요소를 선정하였다. 이들은 '전술거리', '방향', '고도', '사면경사', '사면방향' 및 '주요 도로로부터의 거리'이다. 전술거리와 방향은 전술적 요소를 보다 중시한 선정이고 고도, 사면경사, 사면방향 및 주요 도로로부터의 거리는 자연적 요소를 보다 중시한 선정이다.

GIS를 이용한 입지연구에서 고려요소가 결정되면 최적입지는 GIS 소프트웨어에 의해 거의 기계적으로 결정되기 때문에 입지요소의 선정이 중요한 비중을 차지한다. 입지요소는 입지 대상 활동의 특성과 최적입지의 목적을 고려하여 적절하게 선정하여야 한다. 한편 GIS를 이용하기 위해서는 이러한 요소의 선정 못지 않게 중요한 것이 분석과정에서 이들을 구체화시키기 위한 操作과정이다. 이러한 조작과정을 통하여 각 입지요소가 GIS의 분석과정을 거치면서 구체화되고 결과적으로 유용한 지리정보가 산출되는 것이다.

2) 고려요소의 분석

전술거리 : 전술거리란 어떤 지점(grid)에 영향을 미치거나 그 지점으로 부터 영향을 받는 주변 지형의 범위를 말한다. 이는 해당 지점에 대한 일종의 영향권(zone of influence)을 설정하는 것과 유사하다. 전술거리의 선정은 지형 자체 보다는 지형분석의 결과를 이용할 작전부대의 단위와 밀접한 관계가 있으며, 따라서, 이를 전술거리라고 명명하였다.

본 연구에서는 보병부대의 방어작전에 이용될

수 있는 지형분석을 목표로 하였기 때문에 전술거리를 450m로 하였다. 이 거리는 현재 육군이 보유하고 있는 개인화기의 유효사거리와 근사하다. 부대의 단위가 달라지거나 작전의 형태가 변하면 전술거리는 달라지게 된다.

방향 : 방향이란 어느 지점에서 전술거리를 반경으로하여 원형으로 나타나는 구역 중 분석대상이 되는 것을 말한다. 방향은 중심으로 부터의 각도로 표시될 수 있다. 서울의 방어라는 측면에서 지형을 분석할 경우 방향이라는 관점에서 중요한 방향은 북쪽이다. 따라서 방향을 북을 중심으로 한 45도 구간, 그로부터 좌우측으로 각각 45도 구간의 3개로 나누어 분석하였다. 따라서 실제로는 3개 방향 135도 각도에 대한 지형이 고려되었다. 위의 3개 방향 외에 다른 방향의 지형도 방어작전에 영향을 미칠 수 있으나 관측이나 사격 등의 직접적인 전투행위와는 관련이 적기 때문에 제외되었다.

추가령곡의 주요 방향은 NNE-SSW이므로 다른 방향에 비해 이 방향을 보다 중요시 할 필요가 있다. 따라서 위의 3개 방향 중 추가령곡의 방향과 가장 관계가 먼 제일 서측의 방향에 대해서는 방어점수의 계산시 다른 방향의 75%에 해당하는 가중치를 주었다.

고도 : 고도는 방어진역 선정을 위한 지형분석에서 중요한 고려요소이다. 특히 우리나라와 같이 산악이 많은 지형에서 고도는 다른 어떤 요소 보다 중요하게 작용한다. 고도는 주로 관측이나 은폐 또는 엄폐와 관련된다. 어떤 지점의 고도가 주위의 고도보다 낮다면 그 지점은 적의 관측이나 사격으로 부터 보호받기 어렵기 때문에 군사적인 가치는 낮게 된다.

본 연구에서 고도(E)는 2가지 관점에서 평가되었다. 첫째는 상대고도(R)에 대한 고려이다. 어떤 지점으로 부터 방향 구간 45도, 거리 450m의 부채꼴 내에 있는 다른 곳의 최고고도가 해당 지점의 고도와 같거나 보다 높다면 그 지점은 0점을 얻게 되며 그렇지 않은 지점은 1점을 얻게 된다. 최종 점수의 계산방법에 의하면, 0점을 얻는다는 것은 해당 지점이 사실상 최적지점의 선정에서 배제됨을 의미한다.

둘째는 평균고도(H)의 고려이다. 주위 지형의 최고고도만을 고려하는 상대고도의 경우에는 극단적인 경우들, 예를 들면, 주위 지형의 상대고도는 낮으나 모든 지점이 5~10m 정도 낮은 지형과 50~60m 정도 낮은 지형이 구별되지 않기 때문에 지형을 적절하게 평가하기 어렵게 된다. 이러한 단점을 보완하기 위하여 평균고도를 고려하였다.

평균고도에서는 어떤 지점 주위의 평균고도가 해당 지점 보다 135m 낮으면 그 지점은 만점을 받고 그렇지 않은 지점은 고도차에 비례하여 점수를 얻는다. 고려된 고도차 135m는 고려대상이 되는 grid와 지역 평균고도의 차이를 고려함에 있어서 지역 중앙의 고도와 해당 grid에서 고도의 차이에 대한 가상적인 각도가 31도가 되기 위한 것이다. 어떤 지점의 고도에 대한 최종점수는 상대고도와 평균고도의 곱으로 나타난다.

사면경사: 사면경사(S)는 적이 아군의 진지에 접근하기 위한 기동성을 평가함에 있어서 중요한 요인이다. 경사가 급할수록 기동은 어려워지며 아주 급한 경우에는 접근 자체가 불가능하여진다. 사면경사는 고려되는 구역내의 평균경사이며 방어점수로의 환산은 탱크의 등판능력을 고려하여 경사 31도 이상일 경우에는 최고점수를 얻고 나머지의 경우에는 각도에 비례하여 점수를 획득하였다.

사면방향: 사면방향(A)은 사면이 향하는 주요 방향을 말한다. 위에서 논한 '사면경사'는 순수하게 경사만을 고려할 뿐이며 이러한 사면의 방향, 즉, 남향인가 또는 북향인가에 대해서는 고려하지 않는다. 만약 어떤 지점에서 북방으로의 지형이 고도도 낮고 경사도 급하나 사면이 북동 또는 남서 방향으로 있다면 북으로 향한 경우와는 상당한 차이가 나게 된다. 이러한 방향의 차이를 고려하는 것이 사면방향이다.

사면의 방향이 북에서 동서로 90도 이내에 있을 경우만을 고려하며, 북쪽 방향은 만점을 얻고 나머지는 북으로부터의 각도의 cosine에 비례하여 점수를 획득하였다. 남쪽을 향한 방향은 점수가 0이 되었다.

주요 도로로부터의 거리: 연구지역내에는 추

가령곡을 따라서 3번, 43번 및 47번 도로가 있으며 이들은 6·25전투시에 적의 주요 접근로로 이용된 도로이다. 어느 두 지점에서 방어를 위한 지형적 조건이 동일하다고 하여도 이러한 접근로로부터의 거리에 따라 방어지역으로서의 중요성이 달라질 수 있는 것이다. 따라서 이 지역에서의 지형분석을 위해서는 이러한 도로가 방어지역 선정에서 중요한 고려요소가 되어야 한다. 이러한 점을 고려하여 '주요 도로로부터의 거리'를 지형분석의 요인으로 선정하고 이에 따라 점수를 부여하였다. 이 경우 도로로부터 가까운 지점은 높은 점수를 얻고 멀리 떨어진 지점은 낮은 점수를 얻게 된다.

주요 도로의 선정은 추가령곡의 방향과 일치하는 3번, 43번 및 47번 도로를 선정하였다. 그러나 43번 도로의 경우 의정부에서 퇴계원에 이르는 부분은 추가령곡의 방향과 일치하지 않고 서울의 우회도로로서의 성격을 가지기 때문에 분석에서 제외되었다. 거리에 따른 점수는 해당 grid가 도로로부터 450m 이내에 있을 경우에는 만점을 부여하고 그 보다 먼 거리에서는 potential 모델에 의해 100m 단위로 점수를 계산하였다. 사용된 potential 모델의 식은 $I_{ij} = kP_j/d_{ij}^b$ 이고 여기서 $k=100 \cdot 450^{4.5}$, $P_j=1$, $b=1.5$ 이다. 지수 및 상수의 값은 전술적 고려와 총점을 100으로 하기 위한 판단에서 부여하였다.

3) 방어점수

최적 방어지역을 선정하기 위하여 고려요소를 계량화한 후 각 지점의 방어점수(defense score)를 계산하였다. 고려된 6개 요소 중 전술거리와 방향은 주변 지형의 범위를 지정하기 위하여 사용되었기 때문에 점수로 환산되지 않았다. 한편 각 지점에 대해 3개의 방향이 있기 때문에 고도(E), 사면경사(S) 및 사면방향(A)은 3개 방향에 대하여 점수가 계산된 후 주어진 가중치를 곱하고 이를 다시 2.75로 나눔으로써 각 요소의 점수는 100점으로 환산되었다.

각 요소를 고려한 어떤 지점에서 총 방어점수의 계산은 다음과 같다. 최적방어지역 I을 위한 방어점수(DS_I)의 계산은

GIS 기법을 이용한 최적입지 선정 연구

$$DS_1 = E \times S \times A \times 100^{-2},$$

그리고 최적방어지역 II를 위한 방어점수(DS_2)의 계산은

$$DS_2 = E \times S \times A \times T \times 100^{-3},$$

이다. 100^{-2} 또는 100^{-3} 을 곱한 것은 방어점수를 100으로 환산하기 위한 것이다.

방어점수의 계산에서 습보다는 곱을 택한 이유는, 합인 경우 어느 한 두가지 요소의 점수가 낮아도 다른 요소의 점수가 높은 경우가 각 요인에 대해서 모두 평균 정도의 점수를 얻은 경우보다 총 점수에서 더 높게 나타날 가능성이 있으나 곱의 경우는 모든 경우에서 평균점수를 얻은 경우가 더 높게 나타난다. 군사적 지형분석에서는 모든 요소가 적절한 조건을 갖추고 있는 것이 중요하므로, 즉 한 두가지 요소에서는 적합하나 다른 요소에서는 부적합한 지점은 방어지역으로 적당하지 않으므로, 합보다는 곱의 방식을 선택하였다.

3. 최적 방어지역의 평가

1) 최적방어지역 I

방어작전을 위한 지형분석에서 최종목표는 방어에 적합한 지역은 어디인가하는 방어지역 선정의 문제이다. 적절한 지형요소에 의해 선택된 방어지역은 천연의 요새와도 같은 지역이기 때문에 소수의 병력으로도 방어가 가능하게 된다. 위와 같은 지역을 선정하기 위하여 전술거리, 방향, 고도, 사면 경사 및 사면 방향의 5개 요소를 고려하여 지형을 분석한 결과 선정된 방어지역은 그림 2와 같다.

최고 방어점수(DS_1)는 약 80점이며 5점 미만의 지역이 대부분을 차지한다. 이러한 점수분포는 방어에 적합한 지역이 많지 않음을 의미한다. 높은 점수를 얻은 곳은 금경사의 산지인 도봉산, 수락산, 천보산맥의 남단, 불국산 그리고 동두천과 포천 사이의 왕방산, 343고지, 죽엽산, 국사봉, 379고지 등이다. 특히 이러한 산지 중에서도北向 斜面이 선정되었기 때문에 방어지역이 연속되지 않고 단절되어 나타난다. 군사적으로 볼 때 높은 산은 양호한 시계와 관측을 제공하기 때문



그림 2. 최적 방어지역 I

에 전투에서 중요한 지형지물로 평가되어 왔다. 한편 山地의 남향사면, 남-북 방향으로 형성된 산지, 평지 등은 낮은 점수를 기록하여 방어에 적절하지 못함을 보여주었다.

높은 점수를 받은 지역들의 공간분포를 고찰하면 뚜렷한 지역적 연계성이 없이 독립적으로 나타난다. 이것은 이 지역의 산지의 분포와 관계가 된다. 대체로 NNE-SSW 방향으로 분포하나 이러한 방향으로 분포한 산지는 관측이 불량하기 때문에 방어에 적합한 지형으로 선정되지 못하고 상대적으로 높은 일부의 산들만이 선정된 결과이다. 군사적인 관점에서 평가할 때 이러한 방향은 서울에 대하여 중격실 지형을 형성하여 방어에 불리한 지형이 된다.

2) 최적 방어지역 II

방어점수가 높은 지역은 지형적으로 방어에 적합한 지역이므로 이곳에는 상대적으로 소수의 병력을 배치하는 유리함이 있다. 반면 방어점수가 낮은 지역은 방어에는 불리한 지역임에는 틀림이 없지만 전적으로 방어할 필요가 없거나 상대적으로 많은 병력을 배치하여야함을 의미하는 것은 아니다. 본 연구에서 상대적으로 점수가 낮

은 지역은 대부분이 추가령곡의 低地로서 평탄하거나 구릉인 곳이 많다. 이러한 곳은 방어에 부적합할지는 모르나 종종 주요 접근로로서의 역할을 하기 때문에 반드시 방어하여야 하는 곳이기도 하다. 앞의 분석에서 고려된 요소에 의해 이러한 지역을 찾아내기는 어려우며 따라서 새로운 요소의 선정이 필요하다.

본 연구지역에는 3개의 도로가 서울을 향해 거의 일직선으로 분포하고 있으며 그 중의 하나는 6·25 전투시 적의 전차기동로였다. 따라서 방어 지역 선정시 접근로로서의 이러한 도로를 고려하여 도로에 근접하면서도 방어에 적합한 지형을 선정하는 것이 중요하다. 위와 같은 논의에 따라 최적 방어진역 선정의 두번째는 앞에서 선정한 5개 요소에 '주요 도로로부터의 거리'를 추가한 6개 요소에 의해 방어진역을 선정하는 것이다(그림 3).

방어점수(DS₂)의 분포는 매우 다양하다. 최고 점수는 40점대이며 대부분의 지역은 점수가 낮은 편이다. 이러한 점수분포는 방어에 적합한 지역이 대단히 제한되어 있음을 보여주는 것이다. 그러나 이 분석에서는 도로를 중심으로 한 접근

로의 방어를 위해서 적합한 지역이 특징적으로 나타난다.

방어점수가 높은 지역은 3번, 43번 및 47번 도로에 근접하고 있는 산지이다. 3번 도로에서는 소래산과 칠봉산 일대, 불국산 일대와 천보산맥 남단의 북사면이, 43번 도로에서는 축석령과 그 북쪽으로 343고지 일대가 그리고 47번 도로에 연한 지역에서는 포천군 내촌면 일대의 국사봉에서 205고지에 이르는 산지가 높은 점수를 획득하였다.

그림 3에 나타난 최적 방어진역의 분포는 공간적으로 두 가지 뚜렷한 특징을 갖고 있다. 첫째는 도로에 연하는 남-북 방향의 분포이고 둘째는 국사봉에서 불국산으로 이어지는 동-서 방향의 분포이다.

첫째, 도로에 연하는 남-북 방향의 분포는 방어진역 II의 연구방법상 어느 정도 예견된 분포이다. 주요 접근로로 선정된 도로에서 멀리 떨어진 지역은 낮은 점수를 받기 때문에 이러한 곳은 적절한 방어진역으로 선정될 확률이 낮다. 방어점수가 높은 지역은 앞에서 열거한 것과 같이 3번, 43번 및 47번 도로를 연한 지역으로서 각 도로에 의해 3개군으로 구별된다. 반면 이러한 도로에 접근한다고하여 모두 방어점수가 높은 것은 아니어서 포천읍에서 축석령에 이르는 저지대, 서울시 일대, 남양주군 일대의 구릉지역들은 낮은 점수를 획득하였다.

둘째, 동-서로 이어지는 분포는 그림 3에서 방어점수가 높은 3개 지역인 47번 도로의 국사봉 일대, 43번 도로의 축석령과 343고지 일대 그리고 3번 도로의 불국산 일대가 거의 동-서 방향으로 분포하고 있다는 점이다. 최고의 방어점수를 보이면서도 서로 다른 도로를 따라 독립적으로 분포하는 이러한 3개의 최적 방어진역이 동-서로 연결된 패턴을 나타내는 것은 방어진역의 선정에서는 매우 중요한 의미를 갖는다. 이것이 의미하는 바는 서울 북부인 본 연구지역에서 최적 방어선은 바로 국사봉에서 불국산에 이르는 동-서의 방어선이며 그 남쪽에는 적절한 방어선이 존재하지 않음을 의미하는 것이다.

이러한 동-서 방향의 방어선은 지형적으로도



그림 3. 최적 방어진역 II

특색이 있는 선이다. 이 선은 바로 연구지역 북부의 한탄강 수계와 남부의 한강 수계가 경계를 이루는 분수령과도 대략 일치한다. 이 점으로 볼 때 최적 방어진역 II는 지형적 특색을 상당히 반영한 적절한 지역선정이라고 생각된다.

3) 두 지역의 비교

그림 2와 그림 3은 각각 천연적 방어진역과 접근로 위주의 방어진역을 나타낸다. 특히 최적 방어진역 II는 최적 방어진역 I과 같은 효율적인 최적의 방어진역은 아니지만 적의 접근이 예상되는 도로를 위주로 한 분석에서 선정된 최적의 방어진역이다. 두 그림에서 나타난 방어진역의 패턴을 비교하면 다음과 같은 세가지 특징이 나타난다.

첫째는, 전체적으로 점수가 낮아졌다는 점이다. 그림 2에서 최고점수는 80점대이고 그림 3에서는 40점대로 거의 40점 정도 낮아졌으며 다른 지역의 점수들도 전반적으로 낮아졌다. 이러한 결과는 연구방법상 도로에서 450m 이내의 지역만이 방어점수가 변하지 않을 뿐 나머지 기타 지역은 거리에 반비례하여 점수가 낮아진 결과이다. 특히 방어점수의 총계가 곱의 형태를 취하기 때문에 점수는 거리가 멀수록 급격히 낮아진다. 점수가 낮아졌다는 것은 최적 방어진역에서 제외됨을 의미하는 것이다.

둘째는 방어점수가 높은 지역이 급변하였다는 점이다. 그림 2에서 높은 점수를 획득하였던 험준한 산지지역은 도로 부근의 일부를 제외하고는 그 점수가 낮아졌다는 점이다. 이것은 점수가 급변한 이러한 지역은 소수의 병력으로도 방어가 가능한 천연의 요새일지는 모르나 접근로 위주의 방어에서는 그다지 중요한 지역이 아닐을 의미한다.

마지막은 그림 3에서는 최적 방어진역이 일목요연하게 드러난다는 점이다. 그림 2는 방어점수가 산지지역과 크게 연관되어 있기 때문에 높은 점수지역이 산재해 있으나 그림 3에서는 도로 주변으로 좁혀지면서 3개의 지역으로 압축되어 나타난다. 더욱이 이러한 3개 지역이 거의 동—서로 일직선으로 분포하며 단순화된 구조적

패턴을 보여준다. 최적 방어진역의 공간적 패턴이 이와 같이 단순화되면 방어진역 선정과 관련된 의사결정에 도움을 줄 수 있다.

4. 결 론

본 연구에서는 GIS 기법을 이용하여 서울—동두천간의 추가령곡에서 최적 방어진역을 선정하였다. 전술요소와 지형요소 그리고 이들에 접근로를 추가한 2가지 형태의 최적방어진역을 선정하고 비교·분석하였다. 그 결과 서울—동두천·포천간에서 지형요소를 고려한 보병부대의 최적 방어진역 I은 험준한 산악지역이며 접근로를 고려한 최적 방어진역 II는 국사봉—축석령—불국산을 연하는 동—서방향의 지형이 선정되었다.

위의 최적 방어진역의 분석결과가 의미하는 바는 다음과 같다. 서울의 방어를 위해 서울—동두천·포천 축선에 보병부대의 진지를 선정할 경우 지형에 의존한 최적 지역은 대체로 도봉산, 수락산, 왕방산 등과 같은 험준한 산악지역이다. 그러나 이러한 지역은 적의 접근로와는 상당한 거리가 있으므로 접근로로 예상되는 주요 도로를 고려한 최적지역은 국사봉—축석령—불국산을 연하는 동—서 방향의 방어선이다. 남—북 방향의 종격실로 형성된 추가령곡에서 이러한 동—서 방향의 방어선이 인식되는 것은 상당히 의미있는 것이며 이것은 수도권에서의 적절한 방어선이 어딘가를 시사하고 있다.

GIS 기법을 이용하는 컴퓨터화된 지형분석체계는 군사문제의 해결에 유용하게 이용될 수 있다. 군사작전에서 지형을 입체적으로 인식하고 전술에 해박하여 지형 및 지역구조에 적합한 작전지역을 선택하는 것은 군사작전에서 핵심적 과정의 하나이며 이를 위해서는 상당한 교육과 오랜 기간의 경험을 갖춘 장교의 양성이 필요하다. 그러나 DTM을 적용한 GIS에 의한 최적 입지분석은 비교적 단시간에 효과적인 지형분석을 수행하여 최적 방어진역을 선정할 수 있기 때문에 이 분야에 대한 연구의 확대가 필요하다.

군사작전은 대부분이 지표에서 면적으로 행하여지기 때문에 공간문제의 일종이 될 수 있다.

이러한 관점에서 본 연구를 수행하면서 나타난 앞으로의 연구과제는 다음의 두가지로 정리할 수 있다. 첫째는 최적 방어지역의 선정에 영향을 미치는 지형적·공간적 요소에 대한 연구가 있어야 한다는 점이다. 예를 들면 본 연구에서는 전술거리를 보병방어의 연구로서 450m로, 방향을 북을 중심으로 135도에 한정하였으나 이것이 적합한가에 대한 검증은 실시하지 않았다. 최적 방어지역의 분포는 이러한 요소의 선택에 의해 결정되며 대부분의 경우 GIS 기법은 이에 따라 기계적인 계산위주의 분석을 하기 때문에 자동화된 지형분석 체계를 발전시키기 위해서는 우선적으로 이러한 기준요소에 대한 연구가 선행되어야 한다.

둘째는 본 연구에서 방어작전의 주 목적은 서울의 방어이기 때문에 공간적 중심지로서의 서울이 어떠한 형태로든 방어지역의 선정에서 고려되는 것이 필요하다. 예를 들면 서울에서 가까워질수록 방어의 절박성은 커질 것이며, 이러한 것이 고려 요소로 반영되는 것이 필요하다. 특히 정치적 상징성이 있는 도시나 지역을 중심으로 방어작전을 할 경우 이러한 요소는 중요한 고려요소가 된다.

최적지역의 선정과 같은 입지연구는 군사작전이 지역의 확보를 목적으로 하는 한 끊임없이 수행하여야 할 군사적 과제이다. 지리학에서 오랜 전통을 지닌 입지분석의 개념을 새로운 기법인 GIS와 결부시켜 군사적인 최적방어지역의 선정을 시도한 본 연구는 공간문제를 다루는 지리학의 개념이 역시 공간문제로 귀결되는 군사작전의 문제에 여러가지로 기여할 수 있는 한 단면을 보여준다. (投稿 1993년 6월 31일)

文 獻

고준환, 1992, "ARC/INFO를 이용한 제주도 공간구조분석", 국토연구, 17, 109-133.
 김윤종·김원영·유일현·백종학·이현우·류중희, 1990, "쓰레기 매립장 부지선정을 위한 GIS 활용연구," 대한원격탐사학회지, 6(2), 135-151.

서동조·박동화, 1990, "지리정보체계를 이용한 안산시의 오픈 스페이스 분석," 대한원격탐사학회지, 6(2), 89-113.
 성효현, 1992, "서울시 선사문화자원 분포에 관한 예측 모델 : GIS 활용연구," 문화역사지리, 4, 167-179.
 손영환, 1990, "수치지형자료를 활용한 레이다 시계도 작성에 관한 연구," 국방논집, 10, 176-202.
 오휘영·이주형·연상호·김영동, 1993, "GIS 개념을 이용한 토질구조변화에 따른 환경위해 요소 분석시스템 개발에 관한 연구," 국토계획, 28(2), 149-168.
 원종관·김윤규·이문원, 1990, "추가령 알칼리 현무암에 대한 지구화학적 연구," 지질학회지, 26(1), 70-81.
 이봉섭·임춘택·백용기, 1992, "컴퓨터를 이용한 지형분석 시스템," 컴퓨터의 군사적 응용, 육군사관학교 화랑대연구소, 83-107.
 Chrisman, N.R., Cowen, D.J., Fisher, P.F., Goodchild, M.F. and Mark, D.M., 1989, Geographic information systems, in Gaile, G.L. and Willmott, C.J. (eds.), *Geography in America*, Merrill Publishing Co., Columbus, 776-796.
 Durrant, A.M., 1990, The use of digital terrain model within a geographical information system for stimulating overland hydraulic mine waste disposal, in Petrie, G. and Kennie, T. J.M. (eds.), 1990, *Terrain Modelling in Surveying and Civil Engineering*, Whittles, London, 241-249.
 GIS World(ed.), 1992, *1993 International GIS Sourcebook*, Fort Collins, GIS World.
 Griffin, M.W., 1990, Military applications of digital terrain models, in Petrie, G. and Kennie, T.J.M. (eds.), 1990, *Terrain Modelling in Surveying and Civil Engineering*, Whittles, London, 277-289.
 Huxhold, W.E., 1991, *An Introduction to Urban Geographic Information Systems*, Oxford Uni-

- versity Press, New York.
- Ogorkiewicz, R.M., 1986, Automated unmanned and robotic tanks, *International Defense Review*, 19(9), 1283-1290.
- Petrie, G. and Kennie, T.J.M. (eds.), 1990, *Terrain Modelling in Surveying and Civil Engineering*, Whittles, London.
- Porter, E., 1990, Military GIS community supports Desert Shield, *GIS World*, 3(10), 57-60.
- Scholten, J.H. and Stillwell, J.C.H. (eds.), 1990, *Geographical Information Systems for Urban and Regional Planning*, Kluwer Academic Publishers, Norwell, MA.
- Smith, D.R., and Robinson, J.H., 1983, Computer-aided siting of coal-fired power plant: A case study, in Teicholz, E. and Berry, B.J.L., (eds.) *Computer Graphics and Environmental Planning*, Prentice-Hall, Englewood Cliffs, NJ, 187-201.
- Star, J. and Estes, J., 1990, *Geographic Information Systems: An Introduction*, Prentice-Hall, Englewood Cliffs, NJ.
- Sugiura, Y., 1991, A map transformation approach to the location of central places: The case of the central Kanto region in preindustrial Japan, *Environment and Planning A*, 23, 969-986.
- Teicholz, E. and Berry, B.J.L., 1983, *Computer Graphics and Environmental Planning*, Prentice-Hall, Englewood Cliffs, NJ.
- Tobler, W. and Wineberg, S., 1971, A Cappadocian speculation, *Nature*, 231, 39-42.

A Study on the Selection of Optimum Location Using GIS Technique: The Case of Optimum Defense Area between Seoul and Dongducheon

Dooil Kim, Hyung-Ho Lee and Uk Han*

Summary

Terrain is one of the most important factors in the selection of defense areas. The objective of the study is selecting optimum defense area between Seoul and Dongducheon using GIS technique. The contents of the study are: (1) to select the defense area by pure terrain factors, (2) to select the defense area with focusing on the avenues of approach, and (3) to compare the above two kinds of area. The study area is located in the northeastern part of Seoul metropolitan area. It is a part of Choogaryung Rift Valley which is running from Seoul to Wonsan.

Six factors are considered for the selection: tactical distance, direction, elevation, slope,

aspect and the distance from main roads. The defense score of each area is calculated by the multiplication of scores of each factors.

The optimum defense area I consists of high-mountain areas such as Mt. Dobong, Mt. Wangbang, etc. The optimum defense area II consists of high-mountain areas along the three main roads selected. An east-west line of optimum defense area from Kuksabong in the east to Mt. Bulkuk in the west through Chookseok pass is identified from the spatial pattern of the area II. The line is also a dividing line between the northern and the southern watersheds.

Key Words: GIS, terrain analysis, optimum defense area, Choogaryung Rift Valley, digital terrain model.

* Department of Environmental Sciences, Korea Military Academy.