

수치지형 해석에 의한 가시성 및 시인성의 경관정보화 연구

- CAD 기반의 분석 도구 개발을 중심으로 -

조 동 범

전남대학교 조경학과

Development of a CAD Based Tool for the Analysis of Landscape Visibility and Sensitivity

CHO, Tong Buhm

Department of Landscape Architecture, Chonnam National University

ABSTRACT

The purpose of this research is to develop a CAD-based program for data analysis of digital elevation model(DEM) on the aspect of landscape assessment. When handling DEM data as a visual simulation of topographic landscape, it is basic interest to analyze visible area and visualize visual sensitivity distributions. In reference with landscape assessment, more intuitive and interactive visualizing tools are needed, specially in area of visual approach.

For adaptability to landscape assessment, algorithmic approaches to visibility analysis and concepts for visual sensitivity calculation in this study were based on processing techniques of entity data control functions used in AutoCAD drawing database. Also, for the purpose of quantitative analysis, grid-type 3DFACE entities were adopted as mesh unit of DEM structure.

Developed programs are composed of main part named VSI written in AutoLISP and two of interface modules written in dialog control language(DCL) for user-oriented interactive usage.

Definitions of camera points(view points) and target points(or observed area) are available alternatively in combined methods of representing scenic landscape, scenery, and sequential landscape. In the case of scene landscape(single camera to fixed target point), only visibility analysis is available. And total visibility, frequency of cumulative visibility, and visual sensitivity analysis

are available in other cases. Visual sensitivity was thought as a view angle(3 dimensional observed visual area) and the strengths were classified in user defined level referring to statistical characteristics of distribution. Visibility analysis routine of the VSI was proved to be more effective in the accuracy and time comparing with similar modules of existing AutoCAD third party utility.

Key Words : landscape assessment, visibility analysis, visual sensitivity, DEM data processing

I. 서론

1. 연구의 필요성과 목적

지형이 갖는 시각물리적 중요도의 문제는 자연경관이라든지 지역, 지구적 규모의 도시경관 등에서는 기본적인 경관정보 가시화 과제로서, 개발에 따른 시각적 영향의 평가나 경관보전을 위한 고도규제 및 토지이용계획 등의 수립을 위한 양적인 기초자료로서 그 이용성이 모색되고 있다. 시각물리적 경관현상의 성립은 기본적으로 대상의 물리적 구성 및 보이는 대상(景觀要素, 景觀場)과 인간측의 시지각(視點)간의 상호관련성(투시적 조망에 의한 이미지)에 의해 성립한다. 따라서, 경관의 상대적 중요성 평가는 시점과의 관계성에 있어, 경관대상 단위들이 「보이는가, 보이지 않는가, 「보인다면 어떠한 규모로 보이는가」라는 1차적 내용에 의해 결정될 것이며, 2차적으로는 「그 지형단위 내에 어떠한 경관관련 속성을 내포하고 있는가」라는 경관대상의 고유속성으로 나누어 볼 수 있다.

여기에서 1차적 관계성에 의해 파악할 수 있는 지형경관의 중요도 지표나 인공경관(인간에 의한 광범위한 성격의 토지이용)에 의한 시각적 영향 등은 「경관훼손가능성」연구(Litton, 1974)나 토지이용에 대한 지형경관의 「시각적 흡수능력」연구(Jacobs and Way, 1979), 「시각선호예측모델」연구(Shafer et al., 1971) 등을 통해 보고된 바와 같이 지형의 위요나 기복의 복잡성이 크게 좌우하며, 결국은 시점-대상의 상대적 위치관계에 의해 결정되는 경관요소의

전개양상(스카이라인으로 전개되는가, 주위에 비해 상대적으로 높거나 급한 경사지역으로 나타나는가 등)으로 나타낼 수 있다. 그러나 실질적으로 광역적 지형경관의 시각적 구조를 효율적으로 파악하기 위해서는 DEM, 즉 수치지형모델(또는 수치표고모형) 등으로써 표현하고 이를 양적으로 해석하는 모의적 기법이 일반적이는데, 그 기법의 적용에 있어서는 수치지형자료의 표현구조, 자료의 해석방법 및 가시권 등의 계산 알고리즘과, 일반적인 경관 평가 틀에의 적용에 있어 정합성 등이 문제시되기 때문에 그 관계성 파악은 용이하지 않다.

지형경관의 구조를 지표면의 기복에 한정지을 때 수치지형자료를 표현하는 방법, 즉 경관 단위를 어떠한 구조로 표현하는가는 문제는 래스터 타입의 DEM¹⁾이나 TIN²⁾에 의한 경우로 대별할 수 있고 각기 장단점을 가지지만, 래스터 타입 DEM은 규칙적인 지형격자로 표현되므로 복잡한 경우라도 양적 자료의 획득이 용이하다는 점 때문에 나름대로 활용성이 높다(최규만 등, 1997). 다만 분석상 수평투영면의 지형(래스터 타입의 DEM에 있어서 grid cell 또는 mesh unit)을 표현단위로 하므로 매쉬규모에 따라 경관재현성이 상대적이라는 점(東海林과 齊藤, 1995)과 가시권 분석에 있어서는 그 결과가 과대평가 쪽으로 편향되기 쉽다는 점 및 자료량이 방대하여 분석시 효율적 계산을 어렵게 한다는 점 등이 거론된다.

본 연구에서는 이러한 점들에 주목하여, 수치지형자료에 의해 경관예측과 평가가 이루어지는 경우 래스터 타입의 DEM 적용상 문제시되는 점들을 해

1) raster type digital elevation model : 공간상의 연속적인 기복변화를 행렬구조의 격자단위(grid cell)로 표현하는 수치표고모형(유복모, 1996)

2) Triangulated Irregular Network : 복잡한 지형변화를 보다 효율적으로 나타내기 위해 불규칙한 삼각망으로 표현하는 수치표고모형(유복모, 1996)

결하면서, 시점과 대상과의 관계성을 기초로, 경관 평가 틀에의 정합성을 고려한 가시분석기법 및 이에 기초한 지형경관단위의 시인성 가시화 수단개발에 목적을 두었다.

2. 연구의 배경과 범위

可視·不可視 분석은 지형경관의 시각적 중요도를 파악하기 위한 기초적인 접근방법으로서, 수치지형자료를 기반으로 하는 여러 방법에서 이미 다뤄지고 있으며, CAD 기반의 래스터 타입 DEM을 대상으로 한 경우는, 조경분야에서 활용성이 높은 LANDCADD내(View Analysis module)에도 포함되어 있다. LANDCADD의 모듈은 관찰지점의 2차원 좌표는 사용자가 임의로 용이하게 지정할 수 있지만 그 지점의 표고는 미리 확인된 수치를 입력하여야 하며, 관찰방향과 시야범위를 한정하지 않고 360° 시야를 일정간격씩(16, 64, 128 division 등) 나누어 분석하도록 되어있다. 따라서 분석간격 설정에 따라 精度가 다를 수 있다는 점은 래스터 타입 DEM 기반의 가시권 분석이 갖는 오차의 문제(樋口忠彦, 1993)를 내포하고 있는 셈이다. 분석간격을 좁힐수록 오차는 줄일 수 있지만 그에 따라 계산시간이 급증하며, 계산 도중 에러가 발생하는 경우가 있다는 점도 단점으로 거론할 수 있다. 따라서 이러한 제한점들을 극복하고 경관예측·평가시의 실질적 적용성을 높이기 위해서는 적어도 다음과 같은 요건들이 가시권 분석 알고리즘 설정시 해결되어야 할 것으로 보인다.

- 분석정도의 균질화 : 동일시점에서의 분석결과는 시야의 폭(視角)과 그 내에서의 분석간격에 관계 없이 동일한 정도(精度)를 가져야 한다.
- 계산시간의 고속화 : 취급하는 수치지형자료 중 계산상 불필요한(시야에 포함되지 않는) 자료를 줄여, 가능한한 계산시간이 단축될수록 바람직하다.
- 시야방향과 범위의 임의 설정 : 360° 시야 뿐만 아니라 한정된 시야를 갖는 장면경관을 상정하

여 관찰방향과 시야의 범위를 임의로 설정할 수 있어야 한다.

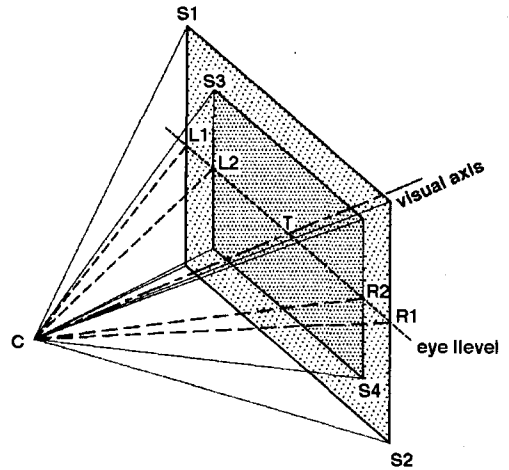
- 관찰대상의 지역적 범위 인식 : 분석대상이 한 지점에 국한되지 않고 공간적 범위일 경우에는 수치 지형 자료 내에서 구분된 특정지역(지역, 지구등)만을 대상으로 분석이 가능하여야 한다. 이 때 분석하고자 하는 대상지역의 공간적 전개에 대해 관찰지점으로부터의 시야 범위를 인식할 수 있다면 시야내 자료를 최소화하게 되므로 상기의 계산시간 단축면에서도 효율적일 것이다.
- 관찰지점 좌표입력의 간략화 : 수치지형상에서 마우스나 디지털타이저 등에 의한 2차원 좌표입력만으로 관찰지점을 설정할 수 있어야 한다.

가시·불가시 정보와 더불어 지형경관의 파악에 있어서 요구되는 것은 지형단위(경관대상)와 시점과의 관계성을 파악하고, 여러 시점으로부터의 결과 자료를 종합적 경관정보로서 가시화하는데 까지 연계되어야 한다는 점이다. 지형을 일정규모의 매쉬단위로 구분하고 매쉬의 수치지형적 속성(경사도, 경사방향 등) 및 고유속성(토지이용 및 지피특성)과 시점과의 관계(매쉬의 보이는 크기 변화, 시거리, 관찰되는 빈도 등)를 이용하여 지형경관단위의 시각적 민감성을 계산한다거나(Iverson, 1975), 자연경관지를 통과하는 송전선의 위치를 선정하기 위해 지형이 갖는 차폐성을 지형단위의 정량적 변수로써 파악하고자 하는 시도(安島, 1985; Hadrian et. al, 1988) 등에서는 경관정보의 가시화라는 접근을 취하고 있지만, 지역적 공간규모의 DEM과 같은 팽대한 자료의 효율적 처리라는 면에서는 고려하지 못하고 있다.

시점과 가시되는 경관대상의 관계성에 있어 대상이 어떠한 중요도로 보이는가의 문제는 시거리와 대상의 크기에 의해 좌우되며 나아가 대상의 공간적 전개(시선에 대한 회전각도; 경사와 경사방향)에 따라 변화된다. 즉 인지되는 물체의 크기는 시 거리에 대한 視角(見込角; 대상이 공간적으로 펼쳐져 있는 규모의 수평·수직적 인식각)의 크기³⁾로 나타

3) 대상의 한변(높이나 폭)의 크기를 S, 시점으로부터 대상까지의 視距離를 d라 하면, 그 관계는 $s(\text{radian})=S/d$ 또는 $s(^{\circ})=\tan^{-1}(S/d)$ 로 나타낼 수 있다.

낼 수 있지만(篠原, 1984 : 85), DEM mesh unit와 같이 면적(面的) 대상일 경우에는 단일 입사각의 크기만으로 정의하기 곤란하다. 매쉬형일 경우에는 지각되는 수평길이와 지각되는 수직길이의 변화량⁴⁾으로 나타내기도 하는데(Iverson, 1975 : 279), 이 경우 매쉬면에 경사가 있다고 하더라도 4 정점 중 2개 정점씩 같은 표고로 보고 최대 경사 방향에 대해 수직길이의 변화를 계산하기 때문에 4 정점의 표고가 모두 다른 DEM 자료의 견입각을 계산하기에는 부적당하다. 따라서 단위 mesh 면에서 그 경계선들의 견입각 크기로 각각 계산한 후 입체각으로 나타낼 수 있는 방법이 보다 적절할 것으로 보여진다.



C : camera point T : target point
 L1&L2 : left limit of visual field on eye level
 R1&R2 : right limit of visual field on eye level
 S1&S3 : upper left corner of view as a visual field
 S2&S4 : lower right corner of view as a visual field

II. 연구내용 및 방법

1. 可視·不可視 분석의 개념과 효율적 적용성 제고

1) 분석 정도(精度)의 균질화

특정 지점에서 대상이 되는 매쉬가 보이는가의 여부는 DEM 상에서 특정방향으로의 장면을 사진촬영하는 투시적 개념으로 보면 현상적으로 설명이 가능하다. 즉, AutoCAD의 DVIEW 기능을 이용하여 perspective view로 전환한 후 隱線을 제거하고, 시야내의 매쉬집합을 선택(perspective view에서 선택 범위 결정개념은 Figure 1 및 2 참조)하면 가시되는 매쉬만을 filtering할 수 있는데, 이렇게 되면 모든 매쉬와 시점간의 시선벡터를 구하지 않고도 시야 범위의 대소에 관계없이 시야내에 포함되는 매쉬는 일괄 선택할 수 있으므로 분석정도를 일정하게 유지할 수 있다.

Figure 1. Conceptual diagram representing the perspective relationship between camera point and target direction in defining the visual field of camera angle.

2) 처리시간의 고속화

은선제거된 perspective view 내의 매쉬만을 시야내 가시매쉬로 보면, 시점 위치나 매쉬면들의 공간적 전개에 따라서는 AutoCAD의 은선제거 결과에 있어 일관성이 없다는 문제가 발생한다. 즉, <Figure 2>에서와 같이 시점 근방의 매쉬는 상대적으로 큰 규모로 투시전환되므로 3DFACE의 경계가 perspective view내에 모두 들어오지 못하기 때문에 이 매쉬는 그 배후의 매쉬를 가리는 면으로서 작용하지 못하는 오류가 발생할 수도 있다는 점이다. 이를 보완하기 위해서, 선택된 매쉬집합에 대해서만 시점

4) 단위매쉬의 크기를 $a \times a$ 라 할때 이 매쉬가 어느 시점으로부터 변화된 수평길이가 변화된 수직길이로 보일 때 그 관계는
 지각되는 수평길이 = 매쉬수평길이 $(a) \times \sin\theta_h$
 지각되는 수직길이 = 매쉬수직길이 $(a) \times \sin\theta_s / \cos\theta_s \times \cos\theta_v$
 θ_h : 매쉬 중앙과 시점을 잇는 시선이 매쉬경사방향과 이루는 수평성분각
 θ_s : 매쉬 중앙과 시점을 잇는 시선이 매쉬경사방향과 이루는 수직성분각
 θ_s : 지면경사에 해당되는 지면경사각

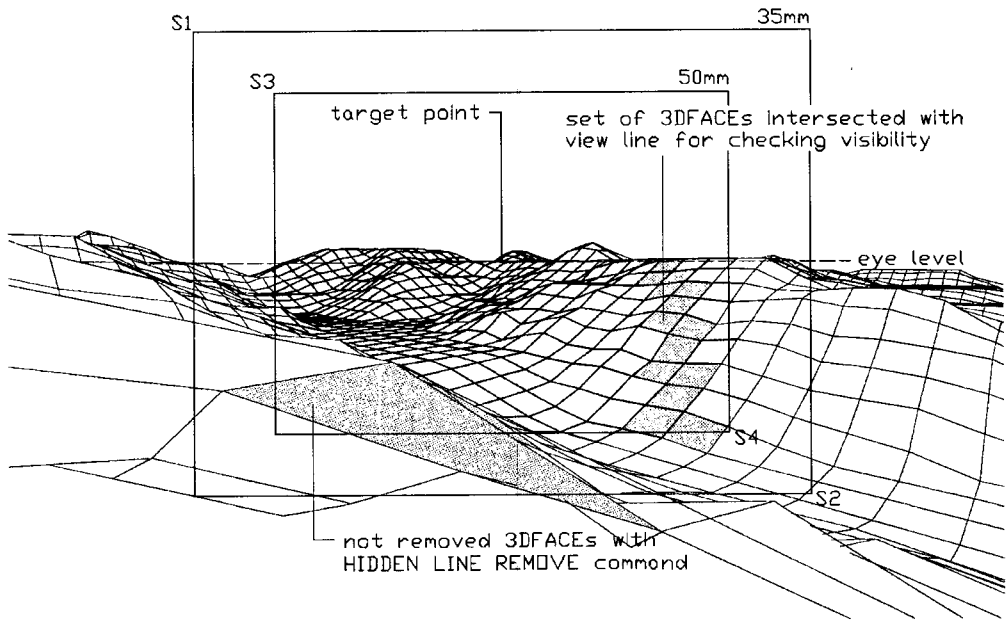


Figure 2. 3DFACEs that not removed by AutoCAD's 'hidden line remove command' and set of meshes in plan intersected with line of sight to a mesh while checking visibility process.

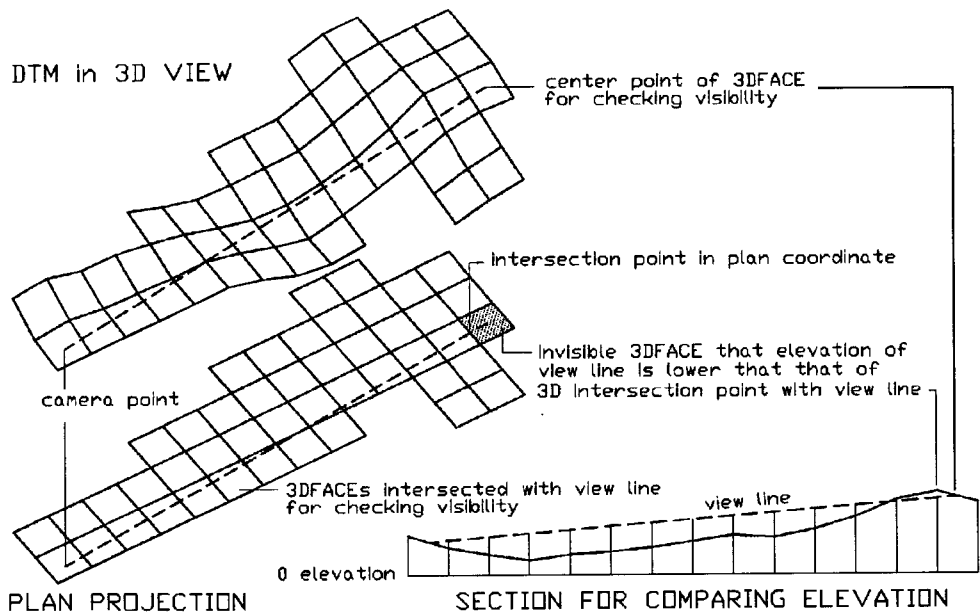


Figure 3. 3DFACEs of DEM in 3 dimensional view and set of meshes in plan intersected with view line on their perimeters processed in checking visibility. Section diagram represents a mesh proved to be invisible by comparing elevation of intersection point of each mesh and height of view line above or below it.

위치와 대상 매쉬의 중앙점(표고는 3DFACE의 4 점 점 Z치 평균)간에 시선벡터를 구하고, 이 시선과 평면적으로 교차하는 그 중간의 매쉬들(Figure 2의 3DFACE set)의 교차점이 시선보다 높은지 낮은지를 판단하는 알고리즘을 병행하였다. 이러한 방법을 개념적으로 나타내면 <Figure 3>과 같다.

은선 제거전의 시야내 모든 매쉬(또는 360° 방향 DEM 전체)를 대상으로 하지 않고 1차적으로 가시매쉬를 얻어낸 다음 이 중에서 시선방향으로 전개되는 지형과 시선벡터와의 교차를 판단하기 때문에, 처리 자료량을 줄일 수 있다는 점에서 계산시간의 단축효과를 얻을 수 있을 것으로 보인다.

3) 시야방향과 범위의 결정

고정 관찰방향에 대해 일반적인 사진촬영시의 카메라 렌즈 초점길이를 기준으로 광각 24mm부터 표준 50mm 까지 4단계의 시야범위를 설정하였으며(Figure 7의 camera lens popup list), 이 때 관찰방향은 관찰지점 입력과 동일한 방법으로 입력하도록 하였다(Figure 7의 pick button 2 및 edit box 2). 시야범위 선택을 4단계로 한 것은 경관분석·평가시 사진촬영이 병행되며, 여기에서 설정된 바와 같은, 표준 이하의 광각렌즈 범위 내에서 고정초점렌즈로 촬영되는 것이 보편적이기 때문이다. 관찰지점의 설정은 그 지점에서의 관찰방향을 지시하게 되며 그 지점의 높이는 관찰지점과 동일한 높이, 즉 수평 視軸으로 유지된다.

고정시점과 고정관찰방향의 경우에는 수치지형이 디스플레이된 상황에서 시측과 범위를 사전확인할 수 있도록 하였다(Figure 7의 camera angle preview button). 관찰방향과 그 시야의 범위가 고정되어 있지 않은 景觀對象場의 경우(수치지형 자료 전체가 대상이 되는 경우)에는 360° 범위에 대해 렌즈길이 16mm(畫角 약 130°)를 적용하여 3회에 걸쳐 관찰방향을 회전해 가면서 가시권 분석이 진행되도록 한 후 그 결과를 합산하도록 하였다.

4) 관찰대상의 지역적 범위 인식

DEM 내에서 레이어로 구분된 특정 매쉬집합 전

체(특정 토지이용 등의 경관대상)에 대해 분석을 실시하는 경우 목표점을 지정하지 않기 때문에 시점 위치에 따라 관찰방향과 시야의 범위가 달라지므로 시야의 한계는 시점위치에 따라 추정되어질 필요가 있다.

<Figure 4>에서와 같이 매쉬 집합의 최소, 최대 경계를 공간좌표로 판독한 후 시점 위치에 따라 시야의 한계 및 시측을 판단하며, 경계내에 시점이 포함될 경우에는 360°의 범위가 분석된다. 이 때 렌즈길이 16mm를 초과하는 경우에는 시야의 범위에 따라 2-3회에 걸쳐 분석 후 합산되도록 하였다. 시야 범위를 인식하고 그에 따라 시야한계를 최소화하게 되면 시야 내에 들어오는 불필요한 대상의 수(매쉬자료량)를 줄이게 되므로 분석시간을 단축한다고 하는 의미도 있다.

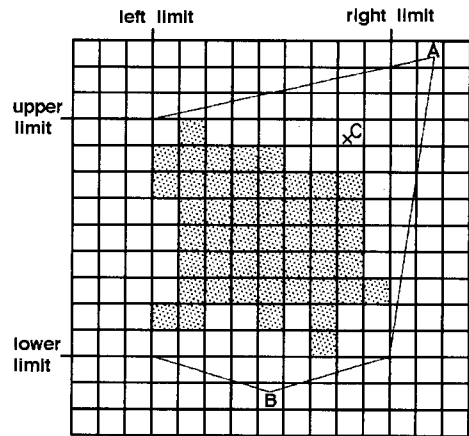
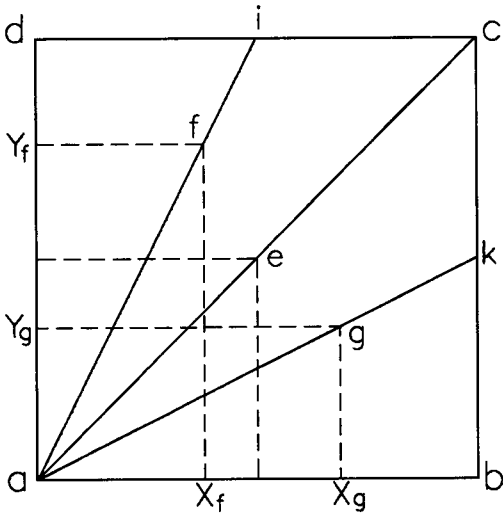


Figure 4. Concept of defining view angles from camera point A, B, and C to predefined area(hatched meshes). From camera C, view angle will be set to 360 degree. Thick solid line represents the limit boundary of analysis area.

5) 관찰지점좌표 입력의 간략화

화면상의 수치지형상에서 마우스 또는 calibrated 된 디지털타이저로 직접관찰지점을 입력하거나 다이얼로그 편집상자에서 2차원 좌표를 수치입력하고



$$Z_e = Z_a + D_{ae} / MS1/2 \times (Z_c - Z_a)$$

$$Z_f = Z_a + D_{af} / D_{ai} \times (Z_i - Z_a)$$

$$Z_g = Z_a + D_{ag} / D_{ak} \times (Z_k - Z_a)$$

$$Z_i = Z_d + D_{di} / MS \times (Z_c - Z_d)$$

$$D_{di} = (X_f - X_a) \times MS / (Y_f - Y_a)$$

where,
 a~d : vertex of a 3DFACE entity
 MS : unit size of mesh
 Ze, Zf, Zg : elevation of point e, f, g
 D : distance between two points in XY plane

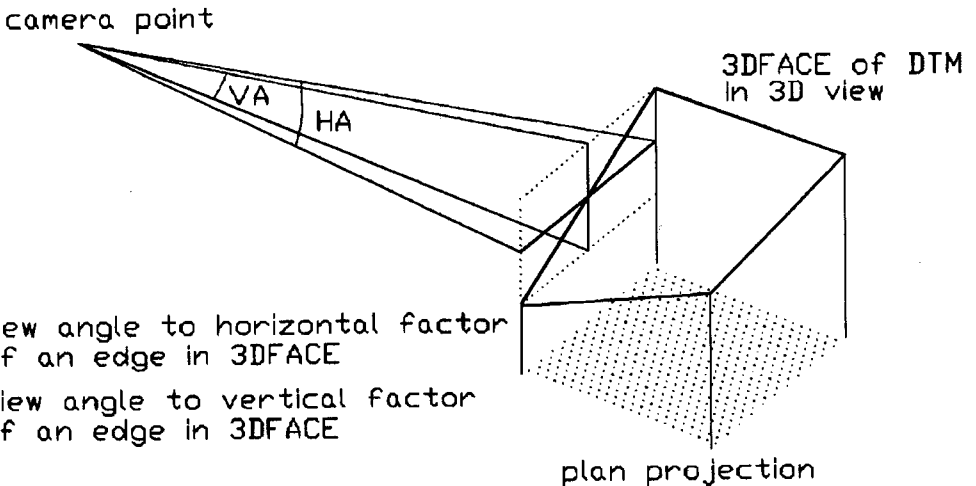
Figure 5. Method of deciding the camera elevation corresponding to plan coordinates e, f, g on mesh surface of a 3DFACE.

(Figure 7의 pick button 1 및 edit box 1), 3차원 좌표로의 이행(표고 계산)은 자료해석을 통해 내부적으로 계산되도록 하였다. 즉 입력한 지점의 2차원 좌표(실세계 좌표상 0 표고)로부터 지면에 해당되는 표고(3차원 좌표)를 계산하게 되는데, 격자형의 수치지형일 경우 3DFACE의 4개 정점자료의 Z치가 모두 다를 수 있기 때문에 그 점을 포함하는 매쉬자료의 정점자료 평균만으로 생각하기 곤란하다. 이를 위해 <Figure 5>에서와 같이 매쉬내 지점의 평면적 위치에 따라 지면상의 지점표고를 보간으로 계산하는 알고리즘(조동범, 1996)을 사용하였다. 지면으로부터 눈높이는 별도 수치로 입력하여 지면상 시점높이를 임의로 설정가능하도록 하였다.

2 지형단위의 시각량 산출과 視認性 카테고리화

1) 매쉬의 視覺量

단일시점에 대한 가시·불가시 분석 결과를 토대로 복수시점에 있어서는 가시되는 지형매쉬의 시각물리량을 계산하였다. 여기에서는 3DFACE 4개변의 건입각(Figure 6)을 모두 계산하여 매쉬 수평방향과 수직방향의 평균치를 구하고 시면적에 해당되는 건입각을 산출(제곱합의 제곱근)하였다. 두 선간의 각도를 알아내기 위해서는 AutoCAD의 내장함수를 이용



HA : view angle to horizontal factor of an edge in 3DFACE
 VA : view angle to vertical factor of an edge in 3DFACE

Figure 6. Visual angle to an edge of 3DFACE from camera point is square root value of $HA^2 + VA^2$.

할 수도 있지만 각도 확인은 current UCS에 의존하므로 수직각에 대해서는 일시적으로 UCS를 변경하여 측정 후 환원하도록 하였다.

2) 복수시점에 대한 종합적인 시각량의 산출

가시되는 매쉬의 시각물리량은 기본적으로 시점과 매쉬 간의 거리 및 매쉬의 경사, 경사방향 등에 따라 견입각(시면적)의 대소로 나타낼 수 있지만 복수시점에 대해서는 각 시점으로부터의 가시여부를 고려하여야 한다. 즉, 복수의 시점에서 가시되는 매쉬의 경우(가시중복도가 높은 경우) 각 시점에서의 견입각이 모두 합산된 량을 그 매쉬의 시각량으로 보아야 하기 때문이다. 따라서 복수시점에 대한 시각량은 시점별로 가시·불가시를 판단하여 가시매쉬 만을 추출한 다음, 가시되는 매쉬에 대해서는 입체견입각(視面積)을 계산하고 시점별로 합산하는 과정(다음 식)을 거치도록 하였다.

$$VS_{mn} = \sum_{j=1}^n (vf_j \cdot vaj)$$

- VS_{mn} ; n개의 시점에 대해 최소 1회 이상 가시되는 m개 매쉬의 시각량 합
- vf_j ; n개의 시점중 시점 j에 대한 매쉬 i의 가시도 (가시 1, 불가시 0)
- vaj ; 시점 j에 대한 시각량(입체견입각)

3) 視認性的 산출

매쉬간의 시각량 차이는 시점 설정에 따라 상대

적일 수 있으므로 그 절대치를 기준으로 시각적 중요도를 분류하거나 등급화하기 곤란하다는 문제가 따른다. 여기에서는 가시되는 매쉬 전체의 시각량 자료 평균치 및 표준편차를 구한 후 각 계급치를 표준점수(standardized score)화 하여, 분류하고자 하는 등급치에 대응되는 정규분포 확률구간의 표준점수 범위에 따라 카테고리화하므로써 그 등급을 시인성으로 보았다. <Table 1> 은 사용자가 설정하고자 하는 시인성 카테고리별 정규분포 확률치에 따른 z score를 병기한 것이다.

Ⅲ. 결과 및 고찰

1. 시인성 지수(Visual Sensitivity Index) 분석을 위한 VSI 프로그램 개발

이상에서 설정된 개념을 바탕으로 3DFACE를 엔티티로 하는 DEM 자료에서 단수 및 복수시점의 선택, 관찰방향 및 관찰지역(대상장) 등을 용이하게 설정하고 이로부터 가시권, 가시중복도 및 시인성 분포를 산출하여 공간적으로 나타낼 수 있는 CAD 기반의 대화형 프로그램을 개발하였다. DEM 자료를 외부적 자료해석 없이 AutoCAD 환경내에서 이용하기 위해 AutoLISP을 개발언어로 하였으며 GUI에 의한 인터페이스 구축을 위해 DCL(Dialog Control Language)이 이용되었다.

Table 1. Values of probabilities and standard scores in each class of sensitivity.

	No. of classes											
	3		4		5		6		8		10	
probabilities*	0.00-0.333	-0.4372	0.00-0.25	-0.6745	0.00-0.20	-0.8418	0.00-0.167	-0.9672	0.00-0.125	-1.1505	0.00-0.10	-1.2817
	0.333-0.667	0.4372	0.25-0.50	0.00	0.20-0.40	-0.2533	0.167-0.333	-0.4372	0.125-0.25	-0.6745	0.10-0.20	-0.8418
	0.667-1.00		0.50-0.75	0.6745	0.40-0.60	0.2533	0.333-0.50	0.00	0.25-0.375	-0.3187	0.20-0.30	-0.5244
(z-scores** of upper limits)			0.75-1.00		0.60-0.80	0.8418	0.50-0.667	0.4372	0.375-0.50	0.00	0.30-0.40	-0.2533
					0.80-1.00		0.667-0.833	0.9672	0.50-0.625	0.3187	0.40-0.50	0.00
							0.833-1.00		0.625-0.75	0.6745	0.50-0.60	0.2533
									0.75-0.875	1.1505	0.60-0.70	0.5244
									0.875-1.00		0.70-0.80	0.8418
											0.80-0.90	1.2817
											0.90-1.00	

* normal distribution curve areas ** standardized deviate units from normal curve table

1) 시점 설정 및 관찰방향(경관대상장) 설정

2) 복수시점의 설정 및 시인성 등급 설정

DEM 자료를 AutoCAD의 Drawing으로서 open한 뒤 VSI.LSP을 load하고 실행하면 그림과 같은 다이얼로그 박스(dialog box 1)가 디스플레이되며 여기에서 시점과 관찰방향(대상장)의 지정이 이루어지도록 하였다. 가시지역 색상을 임의로 변경하기 위해 AutoCAD의 color dialog를 이용하였으며(Figure 7의 color dialog load button), 대상장이 되는 분석레이어는 수치지형 전체를 대상으로 하는 경우(All over DTM)와 특정 레이어(pick layer button으로 지정)를 대상으로 하는 경우 중 한가지를 선택할 수 있도록 하였다.

시점 위치가 수치지형의 공간적 범위(평면좌표로서의)를 벗어나는 경우나 고정시점 및 고정 관찰방향을 선택하고 지점입력이 이루어지지 않은 경우에 있어서는 에러체크 루틴을 거쳐 확인된 내용을 OK-CANCEL button 하단에 배치된 error tile에 디스플레이 하도록 하였다. 분석된 가시권의 매쉬는 "VISIBLE_AREA"라는 레이어에 지정색상으로 별도의 엔티티로 작성되므로 가시비율등을 확인할 수 있도록 하였다.

〈Figure 7〉의 dialog box 1에서 복수시점을 선택(camera option의 radio button 중 multi points)하고 분석을 위한 기타 내용이 입력된 상태에서 OK 버튼이 입력되면 〈Figure 8〉과 같은 다이얼로그 박스(dialog box 2)가 디스플레이되며 여기에서 복수시점의 입력방법 및 시점의 수, 분석결과와 디스플레이 방법 등을 설정하도록 하였다.

복수시점의 입력은 DEM 상에서 마우스나 디지털이저로 직접입력하는 방법(direct pick points on DEM)과 도로 등 연속시점을 나타내는 엔티티(polyline으로서 도면내에 사전에 추가)를 지정(crop existing polyline path)하는 방법 및 기존의 text 화일⁵⁾로부터 읽어들이어(get from existing point file) 시점의 수 및 그 좌표를 지정하는 방법 등 3가지(radio button 1, 2, 3)로 하였다. 직접 화면상에서 지점 입력한 자료는 text 파일로 저장할 수 있어 첫 번째의 입력방법을 보완하도록 하였다. 시점 좌표는 2차원 좌표입력만으로, 지면상으로의 이행은 앞서의 표고계산 방법(Figure 5)에 의해 내부적으로 이루어지도록 하였다.

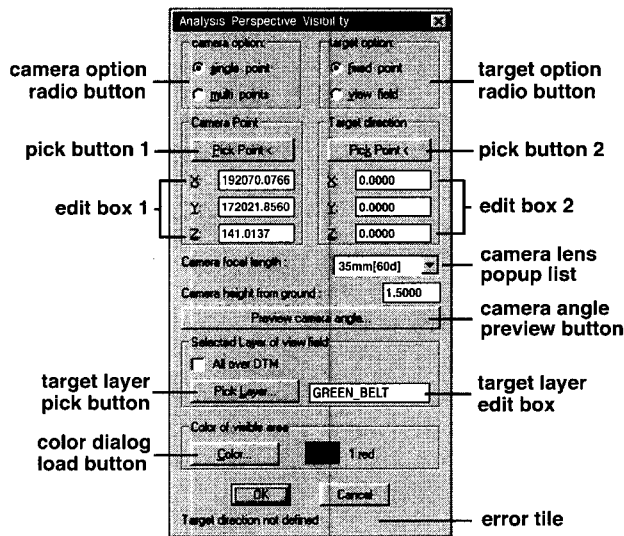


Figure 7. Dialog box as an interface for defining camera and target options.

5) 에디터를 이용하여 외부에서 아스키 화일로 작성할 수도 있으며 이 때 각 시점자료는 (X좌표 Y좌표 Z좌표)로 입력한 후 시점별로 라인으로 구분, 〈화일명.DAT〉로 저장.

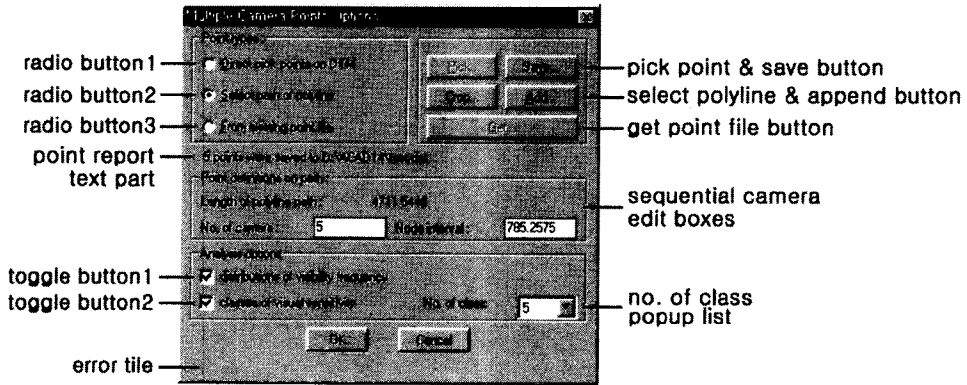


Figure 8. Dialog box as an interface for defining multiple camera and analysis display options.

분석결과의 디스플레이 선택사항으로서는 「가시중복도분포 (distributions of visibility frequency)」와 「등급화된 시인성 (visual sensitivity class)」을 독립적으로 선택 (toggle button 1, 2) 하도록 하였으며, 그 중 한가지도 선택하지 않은 경우에는 「종합 가시권 (total visibility)」만을 산출하도록 하였다.

복수시점 중 DEM의 범위를 벗어나는 경우와 서로 중복되는 시점 자료일 경우는 분석 도중에 판단하도록 하여 분석시점의 수에서 제거하며, 만약 분석시점의 수가 1개만 남는다면 복수시점에 관련된 의미가 없어지므로 가시중복도와 등급화된 시인성을 선택하였다더라도 가시권 만이 산출되도록 하였다.

가시중복도는 “visibility_frequency_중복횟수” 레이어에, 등급화된 시인성은 “visual_sensitivity_class_등급번호”의 레이어에 각각 고유색상을 갖는 새로운 3DFACE 엔티티로 작성⁶⁾ 되며, 등급번호는 큰 수치일수록 높은 시인성 카테고리를 나타낸다.

3) 지형자료를 이용한 분석사례

<Figure 9>와 <Figure 10> 및 <Figure 11>은 전남 화순지방(화순읍 포함, 8km × 8km)이 포함된 지형적 범위를 대상으로 50m×50m의 단위매쉬의 수치지형자료를 구축하고 VSI를 적용한 가시권과 지

형경관 시인성 분석결과를 나타낸 것이다. 시점으로부터의 경관적 정보를 지형도의 자료상에서 직관적으로 확인할 수 있도록 도출된 결과를 이미지화하여 음영지형화상과 합성, 가시화 (조동범, 1994) 하였다.

<Figure 9>는 도면내에 표기된 시점으로부터 대상 지 상부의 개발제한구역 전체를 경관대상으로 하였을 때 가시지역분포를 나타낸 것으로서 <single camera



Figure 9. Visible area on topographic map from single camera point to view field.

6) 각 레이어의 색상구분을 위해, 가시중복도일 경우 중복횟수를 AutoCAD의 고유색상번호로, 시인성 등급일 경우 분포 확률 (Table 1)과 가능한 일치시키기 위해 소수점 미만을 반올림한 수치를 색상번호로 하였다. 예를 들어 3등급 분류시 class_2는 시인성 상위 66.7% 미만의 계급치에 해당되며 레이어 색상번호는 67이 된다.

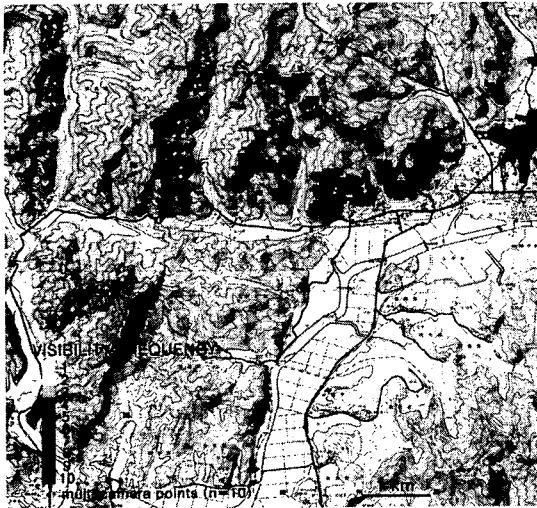


Figure 10. Distribution of visibility frequency from sequential multi camera points to view field.

point - view field> 옵션에 의한 것이다.

<Figure 10>과 <Figure 11>은 화순읍 남동측으로부터 능주 방향(대상지의 하단)으로 연결되는 29번 국도를 연속시점으로 선정환 후 시점수를 10개로 하여, 역시 개발제한구역을 경관대상장으로 하는 가시

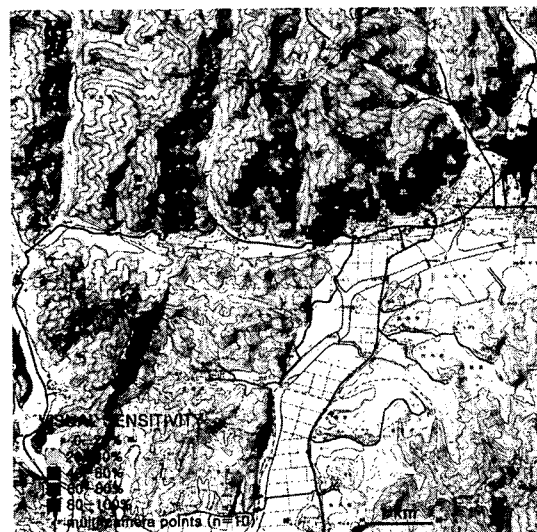


Figure 11. Distribution of visual sensitivity from sequential multi camera points to view field at 5 levels of sensitivity classes.

중복도와 시인성을 각각 분석한 것이다. VSI에서 <multi camera의 crop polyline - view field>의 조합과 분석옵션은 두가지 모두 선택한 것이다. 가시 중복도는 최대 설정 시점수까지, 시인성은 5등급으로 구분되었다. 여기에서의 분석사례는 특정한 경관평가 목적을 두지 않고 VSI의 적용성을 검토하기 위한 것이었다.

IV. 결론

경관평가·예측 목적상 수치지형자료를 양적으로 이용하기 위해 CAD 기반의 엔티티 자료구조 해석을 통한 가시·불가시 분석 및 지형경관 시인성 가시화 수단을 마련하고자 하였다.

가시·불가시 계산 알고리즘에서는 AutoCAD의 DVIEW 기능을 부분적으로 활용하고 처리자료수를 최소화하기 위한 시선교차 선택집합개념을 도입함으로써, LANDCADD의 기능과 비교할 때 동일한 자료에 대해 약 1/3 수준으로 계산시간을 단축할 수 있었으며, 分析精度를 일정하게 유지할 수 있었다. 또한 시점과 분석 매쉬 중앙을 연결하는 시선이 시야 내에 들어오게를 추적함으로써 가시권이 과대평가된다는 단점도 부분적으로 보완할 수 있었다. 다만, 시점과 목표 매쉬의 중앙점을 잇는 시선의 표고와 평면에서 교차하는 매쉬 교차점의 표고와 비교하는 point-point 비교(Fisher, 1993) 방식을 취하였기 때문에 한 매쉬내에서 가시부분과 불가시 부분을 분리할 수는 없었다.

경관평가시의 다양한 상황에 대응될 수 있도록 단일시점 뿐 아니라 복수시점 설정 및 지역적 대상의 분석 틀을 마련하였으며, 이를 기초로 지형단위별 물리적 시각량을 계산하고 그 계급치의 통계적 분포를 고려한 시인성 산출이 가능하게 되어 지형경관정보의 가시화가 보다 효율적으로 이루어질 수 있을 것으로 보인다.

여기에서의 가시권 분석은, 지면상에서의 높이를 임의로 설정할 수 있고 연속적 시점 설정도 그 간격 등을 임의 설정할 수 있기 때문에, 역으로 해석하면 수직구조물(송전탑 등)의 통과예정 노선에 대한 시각

적 영향범위 예측(시점위치들을 송전탑들의 입지로, 시점의 높이를 구조물의 높이로 보면, 분석결과는 그 구조물이 가시되는 지역적 범위가 된다)에도 활용 가능할 것으로 보인다. 래스터 타입의 GIS에 있어서도 이러한 분석은 가능하지만, 여기에서는 시인성 분석을 병행하므로써 송전탑의 시각적 영향을 공간적 범위로서 파악할 뿐 아니라, 그 영향의 공간적 차이를 나타낼 수 있는 셈이다(이 경우에는 시인성이 아닌 시각적 영향의 분포로 보아야 한다).

본 연구에서의 가시권 분석은 지형자료만을, 시인성 해석은 건입각 개념을 위주로 다루었지만, 건물자료나 구조물 자료의 통합처리 방법이 보완될 필요가 있으며, 스카이라인의 검출과 不可視 深度의 분포 해석 등 주요 지형경관지표가 추가되므로써 그 활용성을 보다 높힐 수 있을 것으로 보인다.

인용문헌

- 1) 篠原 修(1984) 新體係土木工學 59. 土木景觀計劃. 東京: 技報堂出版. pp. 85-97.
- 2) 安島博幸, 熊谷圭介(1985) 自然風景地内の構造物に對して地形がもつ景觀的融和力に關する研究. 日本造園學會誌. 48(5) : 228-233.
- 3) 東海林克彦, 齊藤 馨(1995) メッシュ標高モデルを用いた可視. 不可視領域シミュレーションの再現性に關する調査. 日本造園學會誌ランドスケープ研究. 58(5) : 189-192.
- 4) 유복모(1996) 지형공간정보론. 서울: 동명사. pp. 396-398.
- 5) 조동범(1994) 컴퓨터 그래픽스 응용에 의한 경관정보의 가시화 연구. 대한국토도시계획학회지. 29(4) : 311-321
- 6) 조동범(1996) 컴퓨터 그래픽스를 이용한 경관시뮬레이션에 있어서 지형상의 구조물 형상 입력과 가시화 방법에 관한 연구. 한국조경학회지. 24(3) : 29-41.
- 7) 최규만, 이춘석, 임승빈(1997) GIS를 이용한 가시권 정보 분석기법에 관한 연구. 한국조경학회지. 25(2) : 31-42.
- 8) 樋口忠彦(1993) 景觀の構造. 東京: 技報堂出版. pp.12-15.
- 9) Fisher, P. F.(1993) Alogorithm and implementation uncertainty in viewshed analysis. International Journal of Geographical Information Systems. 7(4) : 331-347.
- 10) Hadrian, D. R., I. D. Bishop, and R. Mitcheltree(1988) Automated Mapping of Visual Impacts in Utility Corridors. Landscape and Urban Planning. 16(3) : 261-282.
- 11) Iverson, W. D.(1975) Assessing Landscape Resources : A Proposed Model. In E. H. Zube, R. O. Brush, and J. G. Fabos eds., Landscape Assessment. Stroudsburg : Dowden, Hutchinson & Ross. pp. 274-278.
- 12) Jacobs, P. and D. Way(1979) How much development can landscape absorb?. Landscape Architecture. 59(4) : 296-298.
- 13) Litton, J. B.(1974) Visual Vulnerability. Journal of Forestry. (July) : 392-397.
- 14) Shafer, E. L., J. F. Hamilton, and E. A. Schumidt(1971) Natural Landscape Preference; a predictive Model. Journal of Leisure Research. 1(1) : 1-19.