

■ 論 文 ■

LISREL 모형을 이용한 조명색채별 감성공학적 터널 내부경관 연구

A Study on Human Sensitivity Engineered Internal Landscape by Lighting Colors in Tunnels using LISREL Model

박 일 동

(명지대학교 교통공학과 석사과정)

임 성 빈

(명지대학교 교통공학과 교수)

지 길 용

(명지대학교 교통공학과 박사과정)

금 기 정

(명지대학교 교통공학과 교수)

목 차

- I. 서론
 - 1. 연구의 배경 및 목적
 - 2. 연구의 범위
 - 3. 관련문헌 검토
- II. 연구의 방법
 - 1. 연구의 방법
 - 2. CPS(Color Planning System) 개념적용
- III. 분석결과
 - 1. 선호도 분석
 - 2. 상관분석
 - 3. 요인분석
 - 4. LISREL모형 구축
- IV. 결론 및 향후 과제
 - 참고문헌

Key Words : CPS(Color Planning System), 터널, 선호도분석, 요인분석, LISREL 모형

요 약

최근에 친환경적성에 대한 사회적 관심이 높아짐에 따라 도로건설에 있어서도 주변자연 조건을 훼손을 최소화할 수 있는 터널에 대한 수요가 늘어나고 있고(2001년 12월 현재 전년대비 42.7% 증가), 터널의 연장도 장대화(일반적으로 연장 1km이상의 터널)되고 있다. 그러나 장대터널은 장시간동안 좁고 한정된 공간에서의 주행을 하게 되는 운전자의 심리적 불안감을 증가시키고 집중력과 주변지역으로부터의 외부정보 인지가 충분하지 않는 등 인적, 물적의 다양한 교통문제와 깊은 관련을 갖고 있다. 따라서 본 연구에서는 현재 개통·운영 중인 터널을 대상으로 조명색채에 따른 내부경관을 연구함으로써 터널 내부조명시설의 개선을 통한 주행 쾌적성의 증대효과를 기대할 수 있는 방안제시에 주 목적을 두고 있다.

본 연구에서는 조명색채에 대한 감성이미지를 나타내기 위한 형용사 선정을 위하여 컬러 플래닝 시스템(CPS)를 사용하였다. CPS는 인간의 감성 표현을 정의된 "용어"로 표현하고 이 "용어"는 "이미지 스케일"상에 검색되어 이에 결합된 "이미지 패널"로 특정의 색채로 지정되는 일련의 과정을 나타낸다. 그리고 이렇게 선정된 용어로 SD (Semantic Differential Scale)법을 이용하여 설문지를 작성하고, 요인분석을 통해 피실험자들의 의식구조를 파악하였다. 또한 LISREL을 이용하여 터널 내부경관의 '선호도'를 종속변수로 한 모형을 구축한 결과, 조명색채에 대한 경관선호도에 영향을 미치는 요인으로 색채의 정서성과 기능성을 제시하였다.

1. 서론

1. 연구의 배경 및 목적

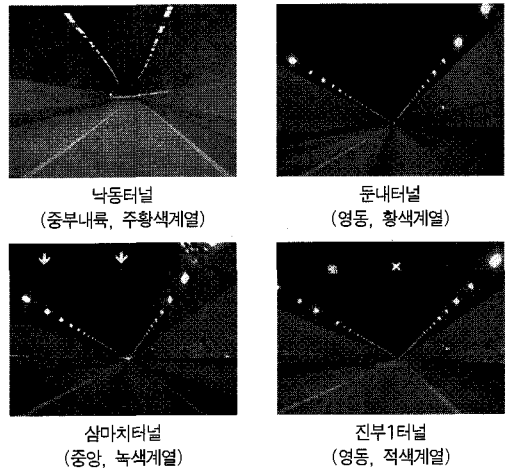
우리나라는 2001년 12월 현재 전국(터널¹⁾은 (상·하행) 528개소에 달하며 이중 고속도로 터널은 255개소(48.3%), 국도터널은 116개소(22.0%), 지방도 터널은 35개소(6.6%), 그 외 특별·광역시도, 시도, 군도는 모두 122개소(23.1%)로 집계되고 있다. 그리고 고속도로 터널연장은 172.0km로서 지난 2000년의 98.5km보다 42.7% 늘어나 급격한 증가추세를 나타내고 있다.

이와 같은 증가의 배경으로는, 국토의 70% 이상이 산지로 이루어진 지형적 특성과 함께 최근에는 친환경성의 사회적 관심이 높아짐에 따라 터널에 대한 수요가 늘어나고 있는 추세로 판단된다. 이러한 추세에 의하여 기존의 짧은 연장을 가진 터널보다 긴 연장으로 건설되는 장대터널(일반적으로 연장이 1km이상 되는 터널)의 수가 증가하고, 장대터널은 장시간동안 좁고 한정된 공간에서 운전자의 심리적 불안감을 증대시키고 집중력을 떨어뜨려 터널내 교통사고의 위험성을 증가시키는 원인으로 작용하는 등 다양한 교통문제와 인과관계를 갖는 것으로 파악되고 있다.

따라서 본 연구에서는 현재 개통·운영중인 터널을 대상으로 조명색채에 따른 내부경관을 연구함으로써, 터널 내부 조명시설의 개선을 통한 주행 쾌적성의 증대효과를 기대할 수 있는 방안제시에 주 목적을 두고 있다.

2. 연구의 범위

본 연구에서는 터널이 위치하는 도로의 여러 유형 중 장대터널의 분포가 많고, 조명의 색채가 비교적 다양한 고속도로상의 터널을 그 대상으로 하였다. 고속도로상의 터널 중 현재 사용되고 있는 색채(주황색, 황색, 녹색, 적색)를 네 가지 경우로 나누고 이에 적합한 4개소(낙동, 둔내, 삼마치, 진부1)의 터널을 선정하였다. 터널의 조명은 터널내에 설치하는 조명과 터널 전후의 접속도로에 설치하는 조명에 따라 구성한다. 터널내에 설치하는 조명은 그 기능에 따라 기본조명, 입구 조명, 출구조명의 3개 구간으로 구성되고 입구조명과



〈그림 1〉 대상터널의 현황

출구조명은 외부와의 조도차에 인한 블랙홀(Black Hole), 화이트홀(White Hole) 현상 등을 고려하기 위하여 광원의 조도를 크게 설계했기 때문에 색채가 그 근본색 보다 밝게 보이는 특성을 갖는다. 따라서 본 연구에서는 입구조명과 출구조명을 제외한 터널내 내부의 기본조명을 대상으로 하였다.

3. 관련문헌 검토

정충근 외(2002)²⁾는 터널부 교통류 일반특성 중 도로 일반구간에서 정상적으로 주행 중인 차량이 터널 부 접근시 측방여유폭 및 터널에 대한 운전자의 심리적 요인 등에 의해 속도저하 및 용량감소 현상으로 차량의 지체를 유발하는 것을 제시하고 있다.

또 Ir D.A. Schreuder(1998)는 Road Lighting for Safety에서 도로조명에 쓰이는 색채에 대해 언급하면서, CIE(국제조명위원회: Commission Internationale de l'Eclairage)의 표색계를 이용하였다. CIE표색계는 분광광도계에 의한 측정값을 기초로 하여 모든 색으로 x, y, z라는 세 가지 양으로 표시한다. z는 색의 밝기의 양을 의미하며, x, y는 밝음을 제외한 색의 성질, 즉 색도를 뜻한다. 백열등, 형광등 수은등, 나트륨등 등의 조명 색채는 이 CIE표색계에서 color point로 표현됨을 언급 하면서, 조명은 광원에서 나오는 빛과 그 빛이 물체에 반사되어 운전자가 인식하게 되는 두 가지 빛이 있음을 밝히고 있다.

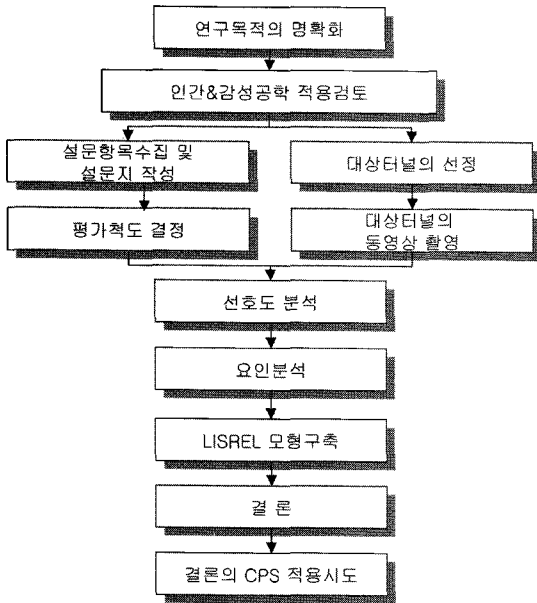
1) 건설교통부(2002), 도로업무편람

2) 정충근·서승환·원재무(2002), 연속터널구간에서 터널간격에 따른 속도변화특성에 관한 연구, 대한교통학회지

II. 연구의 방법

1. 연구의 방법

본 연구에서는 터널색채에 대한 선호도 감성요인 분석을 위해 선정된 4개소의 대상터널을 대상으로 동영상 촬영과 그 동영상상을 이용한 설문조사를 실시하였다. 설문조사를 위한 설문항목은 일본의 사프(주)가 개발한 Color Planning System(CPS)을 이용한 이미지 스케일상의 형용사들로 구성하였다. 설문조사 결과는 상관분석을 실시하여 최종적인 감성요인을 추출하고, 요인분석을 실시하여 터널의 선호도를 나타내는 감성적 요인을 추출하였다. 그리고 상관분석과 요인분석의 결과를 토대로 조명색채에 대한 터널 내부경관 선호도를 LISREL모형으로 구축하고, 그 결과를 CPS개념에 도입하는 과정으로 진행하고 전체적인 연구의 흐름은 <그림 2>와 같다.



<그림 2> 연구의 흐름도

2. Color Planning System(CPS)의 개요

CPS는 한 대상에 대한 색채계획 시스템으로, 인간의 감성을 제품의 이미지와 결부시켜 사람들의 선호도에 맞는 제품을 생산함으로써 그 제품의 판매량을 증가시키기 위한 인간/감성공학적 전략 중 하나이다.

<표 1> CPS를 적용한 터널조명 색채계획의 과정

CPS 개념	터널조명 색채계획의 적용
1. 제품이미지	• 터널 각 구간의 고려사항에 따른 적용 계획
2. 낱말	• 선호요인별 선호형용사 추출
3. 이미지 스케일 / 이미지 패널	• 선호도 요인(정서성, 기능성)에 대한 각 형용사의 색채변환 (언어 이미지 스케일 -> 컬러 이미지 스케일)
4. 색채계획	• 터널 각 구간의 고려사항에 따른 적용

CPS 개념을 터널 내부조명계획에 적용하기 위해서는, 본 연구에서 다음과 같은 과정들을 수행하였다. 첫째로 현재 사용되고 있는 조명에 대한 선호도를 파악하고자 선호도 분석을 실시하고, 둘째로 각 색채별 선호도에 대한 선호요인을 알아내고자 설문응답 결과로 요인분석의 실시, 그리고 조명 선호도에 대한 선호 요인간의 관계를 정량적으로 설명하고자 회귀분석의 발전형태인 LISREL 모형을 통한 분석을 실시한 후 최종적으로 선호요인을 터널조명 색채계획에 사용하기 위하여 CPS개념을 적용하였다.

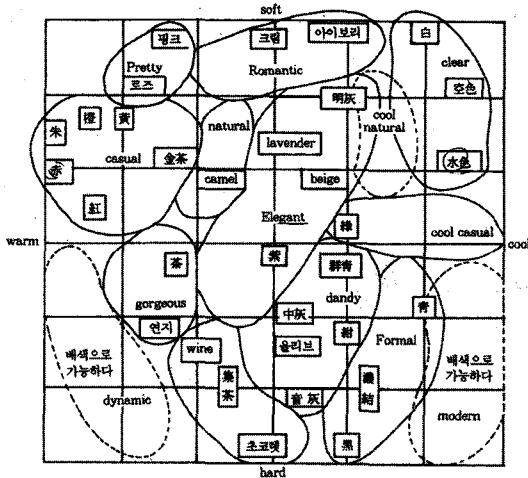
3. 설문항목의 추출 및 신뢰성 검정

1) 설문항목의 추출

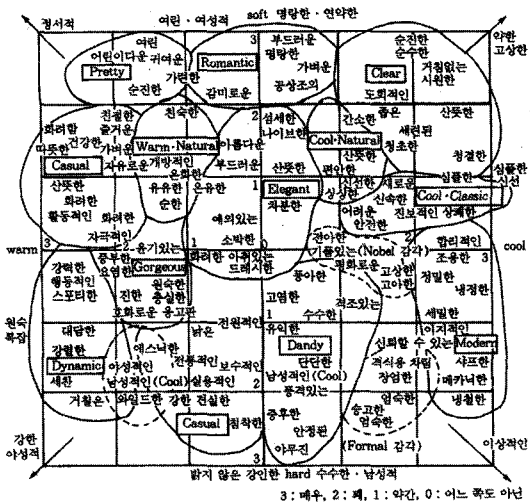
기존의 감성공학을 이용한 문헌을 살펴보면, Feimer의 형용사 목록이나 관련문헌에서 사용했던 형용사, 혹은 주관적 의견에 의한 형용사로 피실험자의 주관적 감성을 측정하였다. 그러나 이러한 방법은 기존 연구문헌과 관련된 결과치가 나올 수밖에 없으며, 외국문헌을 참고한 경우 인용한 형용사가 외국과의 문화적 정서나 환경의 차이를 반영하지 못하는 문제가 있다. 또한 지극히 연구자의 주관적 관점이 개입될 수밖에 없는 형용사의 인용은 그 단점이 그대로 나타날 수밖에 없는 문제가 있다.

따라서 본 연구에서는 위와 같은 단점들을 고려하고자 일본의 사프(주)가 개발한 컬러 플래닝 시스템(CPS)을 사용하였다. CPS는 인간의 감성을 제품디자인 개발에 적용하는 기법으로 "제품이미지"를 "용어"로 표현하고 그 "용어"는 "이미지 스케일"상에 검색되어 이에 결합된 "이미지 패널"로 특정의 색채로 지정되는 일련의 과정이다.

설문항목의 추출을 위하여 현재 설치된 조명의 색을 기준으로 컬러 이미지 스케일에 대한 언어 이미지 스케일의 형용사를 추출하였다. 언어이미지 스케일 상의 형



〈그림 3〉 컬러이미지 스케일



〈그림 4〉 언어이미지 스케일

용사 중 터널내 조명의 기본적 기능인 시인성, 안전성과 색채의 정서성을 나타내는 쾌적성, 심미성과 관계된 형용사를 추출하였다. 그리고 추출된 형용사를 바탕으로 설문항목을 구성하고, 5단계의 의미구별척도 (Semantic Differential Scale)에 의한 조명색채 선호도의 심리량을 측정하였다.

〈표 2〉 언어 이미지 스케일 상에서 추출된 형용사

조명색채의 기능성 및 정서성		형용사
기능성	안전성	안전한, 편안한, 안정된
	시인성	넓은, 청결한, 뚜렷한
정서성	쾌적성	상쾌한, 활동적인, 즐거운, 밝은
	심미성	아름다운, 화려한, 세련된, 산뜻한

2) 설문항목의 신뢰성 검증

신뢰계수를 추정하는 방법으로는 반분법, 재검사법, 복수양식법, 내적 일관성 분석법 등이 있다. 이 가운데 본 연구에서 사용한 방법은 일반적으로 사용하고 있는 내적 일관성 분석법으로 그 중 대표적인 Cronbach's α 계수를 사용하였다. 즉 어떠한 개념을 측정하기 위한 설문항목이 여러 개가 모여 있다고 가정할 때, '각 항목이 동일한 개념을 측정한다'는 가정이 성립하지 않을 경우에는 이 신뢰도 계수는 신뢰도를 과소추정하게 된다는 사실이 알려져 있다. 따라서 계산된 α 계수는 특정개념을 측정하기 위한 설문항목들이 갖는 신뢰도의 하한이라 판단되고 α 계수는 다음 식(1)과 같이 계산된다.

$$\alpha = [k/(k-1)] [1 - (\sum \sigma_i^2) / \sigma_x^2] \quad (1)$$

(K: 문항수, σ_i^2 : 문항 i의 분산, σ_x^2 : 총점수의 총분산)

SAS를 이용하여 신뢰도 계수 α 에 의한 신뢰도 검정을 실시한 결과, 분석결과 16개 종속변수에 대한 신뢰도 계수 α 는 0.9098이며, 변수들을 표준화시킨 뒤의 신뢰도 계수는 0.9108로 나타났다. 이 결과에 근거하여 계수값이 0.9108보다 큰 X₅(조용한-시끄러운)와 X₇(시원한-따뜻한) 변수를 제외한 14가지 변수를 최종적으로 확정하였다.

III. 분석결과

1. 선호도 분석

선호도 분석을 위해서 설문지에 조명색채의 전체적인 선호를 묻는 문항을 삽입하고, 이 문항에 의해 표출된 피험자의 선호도(Likert Scale 점수)는 아래와 같이 선호도의 Likert Scale 산술평균점수로 분석하였다.

$$Pa = \frac{\sum_{i=1}^N P}{N} \quad \begin{matrix} Pa: \text{선호도평균점수} \\ P: \text{선호도점수} \\ N: \text{설문응답자수} \end{matrix} \quad (2)$$

그리고 각 피험자가 동영상을 보고 각 형용사에 대하여 느끼는 정도를 5점 Likert Scale로 평가하도록 하고, 끝으로 전체적 조명색채에 대한 선호도를 묻는 설문항목을 추가하여 조명색채에 대한 선호도를 분석하

〈표 3〉 산술평균값에 의한 선호도 순위

순위	색채(터널명, 고속도로명)	선호 점수	분산
1	주황색계열(낙동터널, 중부내륙)	2.917	1.067
2	녹색계열(삼마치터널, 중앙)	2.950	1.164
3	적색계열(진부1터널, 영동)	3.116	1.153
4	황색계열(둔내터널, 영동)	3.421	0.879

였다. 선호도는 피실험자(121명)가 5점 Likert Scale 로 평가한 총 점수에 대한 산술평균값으로 분석하였다(〈표 3〉).

그 결과 선호점수에 의한 선호도분석결과 주황색계열이 가장 좋은 선호도를 나타내고 황색계열이 가장 낮은 선호도를 나타냈다. 선호점수의 차가 약 0.5(2.917~3.421)로 큰 차이는 없고 5점 Likert Scale 평가에서 피실험자들이 일반적으로 나타내는 중간적 평가의 심리와 극단적인 평가(최저 또는 최고평가)를 피하려 하는 심리를 고려한다면 그리 적지 않은 차이로 판단된다.

2. 상관분석에 의한 결과

상관계수의 절대값이 0.2보다 작으면 상관관계가 없거나 무시해도 좋으며 절대값이 0.4정도 이하이면 양(+)의 상관관계, 0.6이상이면 밀접한 상관관계로 볼 수 있다. 그 결과 변수 X₃(상쾌한-불쾌한)과 X₄(아름다운-추한), X₁₃(청결한-지저분한)간, X₇(편안한-불편한)과 X₁₁(안정된-불안한)간, X₁₃(청결한-지저분한)과 X₁₄(산뜻한-우울한)간의 상관계수가 0.6이상으로 강한 상관관계를 보이며, X₁(안전한-불안전한)과 X₆(화려한

-수소한)간의 상관계수가 0.2보다 작아 상관관계가 없는 것으로 나왔다. 그 외 변수들은 0.2~0.6 사이 값을 나타내 이 변수간에는 상관관계가 갖는 것으로 분석되었다.

3. 요인분석에 의한 결과

요인분석은 요인수효의 결정과 그에 따른 최적구조를 파악하기 위한 요인구조의 회전, 그리고 최종적인 요인추출로 구성된다. 따라서 우선 자료에 맞는 최적의 요인분석을 시행하기 위하여 다음과 같은 요인분석 방법을 선택하였다.

- ① 고유분산(설문항들에 대한 측정결과에서 측정의 신뢰도가 완벽하다고 볼 수 없음)을 배제할 수 없어 공통요인 모형을 선택하였다.
- ② 공통분 추정치로서는 다중상관계수(SMC)를 사용하고, 기초구조의 추출은 단일주축분해를 하였다.
- ③ 요인의 수효결정을 위해서 Scree검사, 누적퍼센트, 그리고 해석가능성을 적용하고
- ④ 요인구조의 회전방법은 상관관계가 높은 변수들끼리 동질적인 집단으로 묶는 Varimax법을 적용하였다.

1) 요인수효의 결정

요인수효는 첫째, Scree검사 둘째, 누적퍼센트, 셋째, 해석가능성으로 판단하였다. Scree Plot를 보면 고유치(Eigenvalue)가 1, 2번째까지 급격히 감소하다가 3번째부터 변화가 거의 없는 것으로 나타나고 누적 퍼센트에서도 두 번째까지가 100%로 나타나 요인은 2개가 적당하다고 판단된다.

〈표 4〉 원상관행렬 (P < 0.001)

	X ₁	X ₂	X ₃	X ₄	X ₅	X ₆	X ₇	X ₈	X ₉	X ₁₀	X ₁₁	X ₁₂	X ₁₃	X ₁₄
X ₁	1.00													
X ₂	0.36	1.00												
X ₃	0.47	0.39	1.00											
X ₄	0.36	0.29	0.65	1.00										
X ₅	0.34	0.27	0.38	0.34	1.00									
X ₆	0.13	0.36	0.39	0.46	0.26	1.00								
X ₇	0.50	0.25	0.49	0.47	0.34	0.25	1.00							
X ₈	0.34	0.32	0.48	0.45	0.32	0.39	0.41	1.00						
X ₉	0.36	0.29	0.54	0.50	0.30	0.41	0.45	0.47	1.00					
X ₁₀	0.33	0.29	0.53	0.55	0.35	0.47	0.42	0.45	0.54	1.00				
X ₁₁	0.57	0.20	0.45	0.42	0.38	0.12	0.60	0.41	0.40	0.43	1.00			
X ₁₂	0.44	0.37	0.47	0.47	0.38	0.36	0.45	0.54	0.38	0.49	0.52	1.00		
X ₁₃	0.50	0.37	0.61	0.58	0.40	0.34	0.55	0.53	0.51	0.53	0.57	0.59	1.00	
X ₁₄	0.44	0.37	0.57	0.54	0.32	0.38	0.50	0.49	0.59	0.54	0.48	0.50	0.68	1.00

2) 요인구조의 회전 및 요인추출

요인수효의 결정으로 기초구조를 나타내는 기초요인(계수)행렬(factor loading matrix)을 얻을 수 있다. 이 기초요인(계수)행렬은 상관관계가 높은 변수들끼리 동질적인 집단으로 묶는 Varimax법으로 요인구조를 회전시켜 최종구조를 산출하였다. 회전 결과로 전체 설명분산은 변치 않으나, 각 요인이 설명하는 분산은 변화한다. 따라서 최종적으로 산출된 최종요인구조는 <표 5>와 같다.

그 결과 추출된 2요인군의 설명력(설명분산÷총분산)이 전체변량 중에서 100%인 것으로 분석되었다. 여기에서 설명분산은 기초구조에서의 1번 고유치부터 14번째 고유치까지의 합이고, 총분산은 공통요인 모형에서 고유치 총합과 설명분산 중 큰 값으로 정의된다.

또 요인 1을 구성하고 있는 변수는 '화려한', '세련된', '아름다운', '상쾌한', '즐거움', '산뜻한', '밝은', '활동적인'으로 고유치와 공통변량은 각각 3.5359, 50.65%로서 <표 2>의 분류에 의한 쾌적성과 심미성을 포함하는 색채의 '정서성'이다. 요인 2를 구성하는 변수는 '안정된', '안전한', '편안한', '청결한', '뚜렷한', '넓은'으로 고유치와 공통변량은 각각 3.4447와 49.35%이다. 요인 2는 안정성과 시인성을 포함하는 색채의 '기능성'이다. 최종요인구조에서 두 요인은 전체변량을 각각 비슷한 비율로 설명하고 있음이 확인되었다.

<표 5>에서와 같이 운전자의 터널내부 조명색채에 대한 경관만족 요인은 '심미성'과 '쾌적성'으로 설명되는 색채의 '정서성'과 '안정성', '시인성'으로 설명되는 색채의 '기능성'으로 요약할 수 있다. 예를 들면 일반 운전자들은 조명색채를 인식할 때 시(視)감성적 심미성(審美性), 쾌적성(快適性)과 관련된 요소들을 먼저 인식하고, 그 다음으로 심적 안정감에 대한 만족감을 주는 안정성(安定性), 시인성(視認性)과 관련된 요소들을 인식하고 있음을 알 수 있다. 이를 앞에서 언급된 컬러이미지 스케일과 연관시켜 고려하면, 명도가 높은 적색(赤)계열, 백색(白)/푸른색(靑)계열, 녹색(綠)계열 순으로 선호함을 알 수 있다. 따라서 일반적으로 녹색은 안정감을 주는 기능을 갖지만, 요인분석 결과에서는 터널내부조명 색채의 기능성보다 정서성을 먼저 인식하는 일반 운전자에게는 자연광과 유사한 명도가 높고, 심미적 쾌적감을 주는 색채를 더 선호됨을 파악할 수 있다.

<표 5> 최종요인(계수)행렬

변수	요인 1	요인 2
X6 (화려한-수수한) [심]	0.7131	0.0068
X10 (세련된-촌스러운) [심]	0.6336	0.3506
X4 (아름다운-추한) [심]	0.6325	0.3829
X3 (상쾌한-불쾌한) [쾌]	0.6001	0.4708
X9 (즐거움-슬픈) [쾌]	0.5859	0.3667
X14 (산뜻한-우울한) [심]	0.5787	0.4970
X8 (밝은-어두운) [쾌]	0.5159	0.4163
X2 (활동적인-안정한) [쾌]	0.4170	0.2422
X11 (안정된-불안한) [안]	0.1551	0.8152
X1 (안전한-불안전한) [안]	0.2030	0.6734
X7 (편안한-불편한) [안]	0.3124	0.6438
X13 (청결한-지저분한) [시]	0.5187	0.6214
X12 (뚜렷한-흐릿한) [시]	0.4605	0.5228
X5 (넓은-좁은) [시]	0.3218	0.3848

주) [심] : 심미성, [쾌] : 쾌적성, [안] : 안정성, [시] : 시인성

4. LISREL 모형 구축

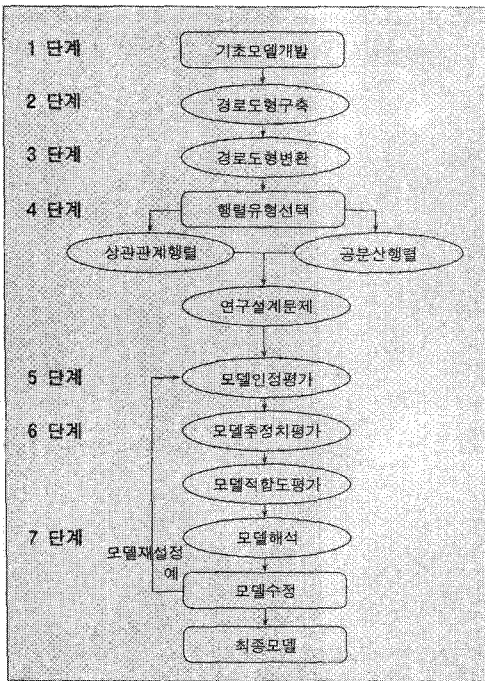
1) 기존 모형의 한계

LISREL은 연구자가 설정한 인과관계에 대한 모형을 검증하기에 가장 적합한 분석기법으로 기존의 회귀분석, 분산분석 또는 경로분석과는 달리 모형내에 내재되어 있는 측정오차를 알 수 있으며, 이론변수와 측정변수 사이의 관계를 검증 가능한 것이 가장 큰 장점이 라 할 수 있다.

따라서 다변량 분석기법의 주요 목적의 하나는 연구자의 설명능력과 통계적 효율성을 확장하는데 있다. 다중회귀분석(Multiple Regression), 요인분석(Factor Analysis), 다변량 분산분석(Multivariate Analysis of Variance), 판별분석(Discriminant Analysis)이나 다른 많은 분석방법들은 논리적 또는 이론적 문제의 폭넓은 범위를 설명해 준다. 그러나 이들 분석방법은 공통적으로 한 가지 한계점은 각 분석방법들이 단지 한 시점에서 단일관계만을 시험할 수 있다는데 있다. 다변량 분산분석과 정준분석과 같은 다중속변수(Multiple Dependant Variables)를 수용하는 분석기법조차도 단지 종속변수와 독립변수들 사이의 단일관계만을 설명하는데 그치고 있다.

2) LISREL 모형의 개념

구조방정식 모형이 다른 다변량 분석기법과의 가장 두드러진 차이는 종속변수 집합의 각각에 대한 개별관



(그림 5) 구조방정식모델의 분석단계

계의 활용에 있다. 구조방정식 모형은 이 개별관계를 연속적으로 추정한다. 이는 곧 종속변수가 다른 관계에서 독립변수가 될 때는 물론 독립변수와 종속변수 사이의 상호관계를 밝혀준다는 것을 의미한다.

(그림 5)는 구조방정식 모형의 분석과정으로서 LISREL모형을 적용하고자 하는 경우에는 적용되는 변수(종속변수, 독립변수 등)의 인과관계에 기초하여 기초모형을 개발하고 그에 따른 경로도형을 구축한다. 그 후 분석에 사용할 입력자료 행렬을 선택하고 (구조방정식 모형에서 사용되는 입력자료는 분산/공분산 행렬과 상관관계 행렬) 공분산행렬의 경우에는 다른 모집단 또는 표본간의 비교를 효과적으로 제공할 수 있는 장점이 있는 반면 결과해석이 어려운 반면, 상관행렬의 경우에는 개별추정 단위가 일반화되어 모형의 계수에 대한 직접비교가 가능한 장점이 있다.

그리고 추정된 모형은 인정(Identification: 모형인정의 제약조건에 대한 합치여부 판단), 추정치 평가와 적합도 지수(Fit Index)에 의한 적합도 평가, 모형분석을 통하여 최종모형이 구축된다.

3) 모형식의 가정

추출된 요인의 적합성 판단(확인적 요인분석)과 터

널내부 조명의 색채에 대한 선호도의 정량적 경관평가를 위해 LISREL(공분산구조분석) 모형을 구축하였다. 본 연구에서 LISREL 모형을 적용한 이유는 기존의 경관평가에서 적용된 회귀분석에서는 예측(독립)변수들이 하나의 그룹으로 다루어져 그들 간의 함수적인 관계가 있을 경우에도 하나의 회귀방정식으로 통합적인 결과(종속)변수의 값을 예측하는 데에 쓰였지만, LISREL(공분산구조분석)에서는 모형 내에 내재되어 있는 측정오차를 파악할 수 있어 이론(종속)변수와 측정(독립)변수 사이의 관계가 검증 가능하기 때문이다.

경관평가 모형을 구축하기 위해 먼저 경로도형 설정을 위한 식(3)~식(6)과 같은 방정식을 구축하고 이를 바탕으로 (그림 6)과 같이 경로도형을 작성한 결과는 다음과 같다.

$$\eta = \begin{pmatrix} \gamma_1 & 0 \\ 0 & \gamma_2 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} \xi_1 \\ \xi_2 \end{pmatrix} + \zeta \tag{3}$$

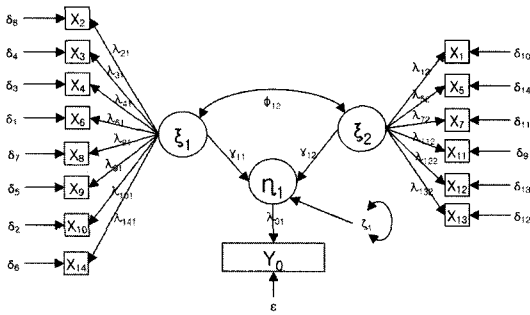
$$y = \eta + \varepsilon \tag{4}$$

$$\begin{pmatrix} X_1 \\ \vdots \\ X_8 \\ X_9 \\ \vdots \\ X_{14} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \lambda_{X_1} & 0 \\ \vdots & \vdots \\ \vdots & \vdots \\ \lambda_{X_8} & 0 \\ 0 & \lambda_{X_9} \\ \vdots & \vdots \\ 0 & \lambda_{X_{14}} \end{pmatrix} \begin{pmatrix} \xi_1 \\ \xi_2 \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} \delta_1 \\ \vdots \\ \delta_8 \\ \delta_9 \\ \vdots \\ \delta_{14} \end{pmatrix} \tag{5}$$

$$\psi = \begin{pmatrix} 1.0 & \phi_{12} \\ \phi_{21} & 1.0 \end{pmatrix} \tag{6}$$

공분산구조 모형은 크게 측정모형과 이론구조모형으로 나뉜다. 측정모형은 각 이론변수가 어떤 측정변수들에 의해 측정되는가를 나타내고, 이론구조 모형은 이론변수들 간의 관계를 보여주는 모형이다. 측정모형은 요인분석과 수학적으로 동일하다.

(그림 6)의 가정모형 경로도형에서 $X_1 \sim X_{14}$ 는 외생 변수(독립변수)로써 터널내부 조명의 색채에 대한 경관평가를 위한 측정변수를 나타내고, ξ_1, ξ_2 는 잠재변수로 요인분석에서 추출된 색채의 정서성과 가능성을 나타낸다. 그리고 δ 는 관측치와 잠재치의 측정오차를 나타내며, η 는 터널내부 조명의 색채에 대한 종합적인 경관평가 잠재변수로서 경관선호도를 나타낸다. ϕ_{12} 는



〈그림 6〉 조명색채 선호도에 대한 가정모형의 경로도형

두 요인간의 상관을 나타내며 마지막으로 내생변수 Y_0 (종속변수)에 영향을 미친다. ϵ 은 δ 와 같이 측정오차를 나타내며, ζ 는 잠재변수의 교란(disturbance)을 나타낸다.

4) 모형구축 결과

위와 같은 구조에서 모형을 구축한 결과는 〈표 6〉과 같고, 모형 구축시 잠재변수 η 는 내생변수 Y_0 를 완벽하게 설명한다고 가정하여 Y_0 의 측정오차를 표현하는 ϵ 도 0.0으로 가정하였다.

모형에서 외생변수로 사용된 $X_1 \sim X_{14}$ 는 요인분석에서 추출된 요인계수에 따른 요인별 구성요소이며, 내생변수로 사용된 Y_0 은 “터널내부 조명색채에 대한 감성의 정량적 경관평가”를 나타낸 것이다.

모형의 적합도를 판단하는 부합도 지수는 χ^2 , GFI, AGFI, RMR을 사용하였다. χ^2 는 자료에 대한 정규분포의 이론을 근거로 하여 계산되고, 자료가 큰 경우에만 좋은 통계적 가치를 갖고, 분석자료는 공변량이어야 한다. 적합도지수(GFI)의 해석은 회귀분석에서 다중상관자승치(R^2)와 유사한 기능을 갖는다. 즉 GFI는 주어진 모델이 자료의 변량/공변량을 얼마나 잘 설명하는지의 판단척도로 사용되고, 조정된 적합도지수(AGFI)는 GFI를 자유도에 대하여 수정한 것으로 GFI보다는 작은 숫자가 산출된다. AGFI는 회귀분석에서 조정된 다중상관자승치(shrunken R-square)와 유사하게 해석된다. 원소평균제곱근 잔차(RMR)는 분석자료의 매트릭스와 미지수들에 의해 재생산된 매트릭스간에 원소들이 얼마나 차이가 있는가를 나타내는 것으로, 이 재생산된 공변량은 모형에 의하여 뒷받침되는 공변량 자료를 나타낸다.³⁾ 그 결과 일반운전자의 정성적 평가(선

〈표 6〉 조명 색채에 대한 경관평가모형의 추정계수

계수	추정치 (t값)	표준화 추정치	계수	추정치 (t값)	표준화 추정치
λ_γ	0.9927 (61.18)	1.0000	ζ	0.4078 (15.62)	0.6340
γ_{11}	0.7976 (5.82)	0.2650	ϕ_{12}	0.2864 (14.25)	0.8841
γ_{12}	0.5507 (2.79)	0.5291	ϵ	0.0000 (0.00)	
λ_{12}	0.9695 (18.40)	0.6478	δ_1	0.7246 (14.97)	
λ_{21}	0.9574 (11.39)	0.4641	δ_2	0.4909 (13.96)	
λ_{31}	1.6060 (26.87)	0.7786	δ_3	0.4563 (13.73)	
λ_{41}	1.5209 (23.97)	0.7373	δ_4	0.3938 (13.19)	
λ_{52}	0.7599 (12.74)	0.5077	δ_5	0.4981 (14.01)	
λ_{61}	1.0824 (13.50)	0.5248	δ_6	0.3909 (13.16)	
λ_{72}	1.0696 (21.80)	0.7147	δ_7	0.5665 (14.38)	
λ_{81}	1.3581 (19.35)	0.6584	δ_8	0.7846 (15.13)	
λ_{91}	1.4613 (22.16)	0.7085	δ_9	0.4692 (13.64)	
λ_{101}	1.4717 (22.46)	0.7135	δ_{10}	0.5803 (13.34)	
λ_{112}	1.0903 (22.57)	0.7285	δ_{11}	0.4893 (13.79)	
λ_{122}	1.0618 (21.51)	0.7095	δ_{12}	0.3319 (12.10)	
λ_{132}	1.2233 (28.01)	0.8174	δ_{13}	0.4967 (13.84)	
λ_{141}	1.6099 (27.01)	0.7805	δ_{14}	0.7422 (14.97)	
χ^2			359.37(0.06)		
GFI			0.9090		
AGFI			0.8715		
RMR			0.0488		
RMSEA			0.0817		

호도)를 이용하여 모형을 구축하므로 생기는 오차는 〈표 6〉의 $\delta_1 \sim \delta_{14}$ 로 계산된다.

경관선호(평가)에 영향을 미치는 정도를 나타내는 γ_{11} , γ_{12} 는 $\gamma_{12}(=0.5291) > \gamma_{11}(=0.2650)$ 순으로 나타나고 각 측정변수의 계수와 t값 또한 높게 나타나 모형구축의 결과는 다음과 같이 해석할 수 있다. 즉 일

3) 이순복(2000), 요인분석의 기초, 교육과학사

반운전자의 터널내부 조명색채에 대한 경관선호 요인은, 요인분석에 의하여 색채의 정서성(제1요인)과 기능성(제2요인) 순으로 추출되었으나, LISREL 모형 구축결과 경관선호도에 영향을 미치는 요인으로는 색채의 기능성 요인이 중요하게 인식되고 있다. 따라서 일반 운전자의 터널내부 조명색채에 대한 정서적인 경관만족 요인은 색채의 정서성과 기능성으로 설명할 수 있으며, 정서적인 평가의 측정오차를 고려한 요인의 경관평가에 대한 영향은 색채의 기능성 요소가 좀 더 많은 영향을 미치고 있는 것을 알 수 있다.

5) 모형의 합치도 지수

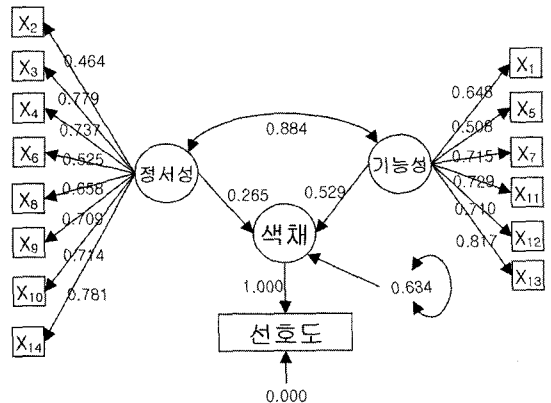
구축된 모형이 전반적으로 주어진 경험자료에 잘 맞는지를 나타내 주는 부합지수(overall fit measure) 가운데 주로 인용되는 지표는 <표 7>과 같다. 각 부합지수는 서로 다른 장점과 문제점을 갖고 있어, 가설화된 모형에 대하여 특성에 맞도록 부합지수를 선택하여 모형의 검증에 사용해야 한다.⁴⁾

χ^2 통계량은 자료가 방대한 경우에 적합하며, GFI는 회귀분석에서의 R²값과 비슷한 특성과 판단기준을 갖는다. 그리고 AGFI는 GFI를 자유도에 대해 수정한 것으로 회귀분석에서의 조정된 R²값과 비슷하게 해석한다.

RMR은 분석자료의 매트릭스와 미지수들에 의해 재

<표 7> 구조방정식모형의 합치도지수

합치도	최저 합치도	이론적 최고 합치도	좋은 합치도 기준
χ^2	큰 양의 수	0	-
비표준합치도(NNFI) Non-Normed Fit Index	0	1.0 이상	0.9 이상
표준합치도(NFI) Normed Fit Index	0	1.0	0.9 이상
기초합치도(GFI) Goodness of Fit Index	0	1.0	0.9 이상
조정합치도(AGFI) Adjusted GFI	0	1.0	없음
원소간 평균차이(RMR) Root Mean Square Residual	큰 양의 수	0	0.05 이하
개략화 오차평균(RMSEA) Root Mean Square Error of Approximation	큰 양의 수	0	0.05 이하 (0.08도 무난)



<그림 7> 조명색채 선호도에 대한 경로도형

생산된 매트릭스간에 원소들이 얼마나 차이가 있는지를 나타내며, RMSEA값은 모집단을 추정하기 위한 표본으로 기대되는 GFI를 의미한다.

이러한 개념에서 모형의 적합도를 평가하는 χ^2 통계량 (=359.37), 적합도지수(GFI=0.9090), 조정적합도지수(AGFI=0.8715), 원소평균제곱근 잔차(RMR=0.0488), 개략화 오차평균(RMSEA=0.0817) 등의 기준을 종합적으로 고려해 볼 때 본 연구에서 제안된 모형은 비교적 적절한 모형이라고 할 수 있다. <그림 7>

IV. 결론 및 향후과제

본 연구는 일반 운전자들이 느끼는 터널내부의 조명 색채에 대한 경관만족 요인을 분석하고 그에 따른 선호도 모형을 구축하여 터널내부 경관평가의 정량적 기준을 제시하는 것을 목적으로 한 연구로서, 터널내부의 조명색채에 따른 시각적 선호도에 미치는 결정요인은 운전자의 경관선호도에 영향을 미치는 색채의 정서성과 기능성을 제시하였다. 그 결과 요인분석에서는 색채의 정서성으로 나타난 변수는 <표 2>의 분류에 의한 심미성과 쾌적성을 나타내는 내생변수이며, 기능성은 안정성과 시인성을 포함하는 내생변수이다.

LISREL 모형구축 결과 적합도 지수에 의한 모형의 적정성은 통계적으로 유효하다고 판단되며, 정서성과 기능성이 조명색채에 대한 선호도에 미치는 영향은 0.265와 0.529로 색채의 기능성이 더 많은 영향을 미침을 알 수 있다.

CPS개념의 적용 시도에서는, LISREL 모형구축의

4) 이순목(1990), 공변량구조분석, 성화사.

〈표 8〉 터널내부 조명색채계획의 CPS개념 적용

CPS 개념	터널 각 구간의 색채계획
1. 제품 이미지	• 터널의 기본부 : 쾌적성 中心계획
2. 낱말	• 터널내부 조명의 선호도 2요인 정서성 : 심미성, 쾌적성 기능성 : 안정성, 시인성 관련 형용사
3. 이미지 스케일 / 이미지 패널	• 선호요인 관련 각 형용사의 색채변환 (언어 이미지스케일 → 컬러 이미지스케일)
4. 색채계획	• 기본부 → 쾌적성 → 정서성 → 붉은색계열

결과로 도출된 변수(색채 이미지 표현 형용사)의 구성을 CPS개념에 도입함으로써, 터널내부 조명의 색채계획에 적용하여 터널 기본부에 대한 색채계획을 실시하며 일련의 과정은 다음 〈표 8〉과 같고, ① 폐쇄공간인 터널내 주행에서의 쾌적한 주행을 위해서는 심미성과 쾌적성을 증가시켜주는 붉은색계열(적색, 주황색, 황색 등)의 조명이 더 적절하다고 판단된다.

그러나 본 연구에서는 터널내부의 조명별 운전자의 특성을 정성적 판단에 의한 해석으로 운전자의 인체공학적 특성을 직접 파악할 수 있는 상호연계된 분석이

필요할 것으로 판단된다. 이에 따라 운전자의 심리적 저항이 클 것으로 예상되는 터널공간에 있어서 친인간적 환경성 확보가 가능한 제반 사항에 관한 운전자적 입장의 인간행태(Human Factor)의 연구가 필요할 것으로 판단된다.

참고문헌

1. 조영일 역(1997), '인간공학', 대영사
2. 정충근·서승환·원제무(2002), '연속터널구간에서 터널간격에 따른 속도변화특성에 관한 연구', 대한교통학회지, 제20권 제2호, 대한교통학회, pp.49~58
3. 김대현(2001), '보행자 전용도로의 이용자 경관만족 요인분석', 한국환경복원녹화학회지.
4. 이순목(2000), '요인분석의 기초', 교육과학사.
5. 이순목(1990), '공변량구조분석', 성화사.
6. SAS와 통계자료분석(2001), 이종구, 학지사.
7. 조선배(1996), LISREL 구조방정식모델, 영지문화사.
8. 이순요·양선모(2001), 감성공학.

- ☞ 주 작 성 자 : 박일동
- ☞ 논문투고일 : 2003. 11. 15
- 논문심사일 : 2004. 3. 11 (1차)
- 2004. 5. 20 (2차)
- 2004. 7. 1 (3차)
- 심사판정일 : 2004. 7. 1
- ☞ 반론접수기한 : 2004. 12. 31