

GIS를 이용한 교통망상 시간거리 지도화 방법 및 접근성의 구조 분석

김소연* · 이금숙**

(*성신여자대학교 대학원 · **성신여자대학교 교수)

< 요약 >

카토그램(Cartogram)은 통계데이터를 이용하여 지리공간에 나타나는 현상을 효과적으로 표현하는 방법 중 하나이다. 카토그램이란 넓은 의미에서 모든 통계지도를 포함하지만, 좁은 의미에서 지도의 변형을 통해 통계데이터의 특징을 표현하는 시각화 방법을 의미한다. 이 연구에서는 후자의 의미에서 카토그램이란 용어를 사용하였으며, 우리나라를 대상으로 절대적 공간을 시간거리 접근성에 의한 공간 카토그램으로 재구성하여 지도화하고, 변화된 공간 패턴을 분석하고자 하였다. 카토그램은 특정한 목적을 위해 기본도의 형상이나 지역간의 연속성을 강조시켜서 만든 변형된 지도의 일종으로 전통적인 지도와는 매우 다른 이미지를 주게 되지만, 표현하고자 하는 현상의 공간적 구조를 매우 효과적으로 나타낼 수 있다.

1. 서론

지표공간에서의 공간현상을 지도로 표현할 때, 물리적인 절대공간에 의해 장소와 장소간의 거리를 측정하고 지도화하는 것이 일반적이지만, 장소간의 관계는 공간의 내용에 따라 달라지기 때문에 항상 절대적이지는 않다. 공간은 교통수단의 발달 정도에 따라 수축될 수도 있으며, 개인의 공간인지에 따라 공간관계가 다르게 결정되기도 한다. 이렇게 공간의 내용에 따라 공간관계가 달라지는 것을 기능공간이라고 하는데, 기능공간의 대표적인 예가 시간거리(time-distance) 공간이다. 시간거리는 공간거리와는 달리 고정되어 있지 않으며 기술의 발달, 특히 교통망이 발달하면서 지역 간 시간거리도 변화하게 된다⁴⁾.

본 연구에서는 우리나라를 대상으로 절대적 공간을 시간거리 접근성에 의한 공간 카토그램으로 재구성하여 지도화하고, 변화된 공간패턴을 분석하고자 하였다. 접근성은 일반적으로 지표상의 한 지점이 주변의 다른 지점들로부터 도달하기 쉬운 정도를 나타내는 개념이다. 지표상의 공간이동에서 가장 경제적인 방법을 택하려는 인간의 기본 속성을 감안할 때 이는 한 장소가 주변 지역에 대해 지니는 입지의 상대적 우위성을 나타내는 지표로 사용될 수 있다⁵⁾. 시간거리라는 수치데이터를 공간데이터로 변형하여 시간거리 접근성을 지도형상으로

4) 정인철, 1992, “技能空間 構造分析 및 地圖化에 관한 方法論的 研究;時間距離 接近性を 중심으로”, 地理學 47, p 148.

표현하고 시각화된 적용 결과를 바탕으로 정보전달을 보다 쉽게 할 수 있다는데 본 연구의 의의가 있다.

2. 카토그램의 개념

정보 통신 기술이 발달함에 따라 방대한 통계데이터의 획득이 점차 용이해지면서 다양한 통계데이터를 활용해 지역적 현상이나 변화상을 분석·파악할 수 있는 시각화에 대한 요구가 계속 증대되고 있다.

현재 통계데이터를 시각화하는 도구 중에서 가장 효과적이고 강력한 도구는 지리정보시스템(GIS; Geographic Information System)이다. GIS는 방대한 양의 통계데이터를 다양한 표현을 통해 정확하면서도 효과적으로 지도화하는데 주로 사용되고 있다. 대량의 통계데이터가 행정구역 등의 집계 단위에 근거하여 GIS 상에서 관리되고 있으며, WebGIS의 발달과 더불어 통계지도를 웹상에서 쉽게 이용할 수 있게 됨에 따라 GIS를 통한 통계데이터의 지도화는 더욱 대중화되고 있다⁵⁾.

통계데이터를 이용하여 지리공간에서 나타나는 지리현상을 효과적으로 표현하는 방법 중 하나는 카토그램(Cartogram)이다. 카토그램이란 넓은 의미에서는 모든 통계지도를 포함하지만, 좁은 의미에서는 지도의 변형을 통해 통계데이터의 특징을 표현하는 시각화 방법을 의미한다. 본 연구에서는 후자의 의미에서 카토그램이란 용어를 사용하였으며, GIS를 이용하여 카토그램을 제작하였다. 카토그램은 특정한 목적을 위해 기본도의 형상이나 지역간의 연속성을 강조시켜서 만든 변형된 지도의 일종으로 전통적인 지도와는 매우 다른 이미지를 주게 되지만, 표현하고자 하는 현상의 공간적 구조를 매우 효과적으로 나타낼 수 있다. 그러나 우리나라의 경우 카토그램 지도 제작 사례가 극히 드물고 기존의 상용 GIS 툴에서도 카토그램 지도제작 기능을 제공하고 있지 않기 때문에 카토그램 지도 제작이 아직까지 보편화되지 못하고 있는 실정이다.

3. 카토그램의 분류 및 형태

카토그램의 형태는 크게 Distance 카토그램과 Area 카토그램으로 나뉜다. Distance 카토그램은 데이터를 거리의 길고 짧음으로 표현하는 방법을 말하고, Area 카토그램은 데이터를 면적에 표현하는 방법을 말한다. Area Cartogram은 지역간의 인접관계를 유지하면서 지도가 연속적으로 변형되는 연속 Area 카토그램과 각 지역의 인접관계를 추상화해서 표현하는 보다 간편한 형태의 비연속 Area 카토그램으로 나눌 수 있다. 연속 Area 카토그램은 객체간의 토폴로지(topology)⁷⁾가 정확히 유지되기 때문에 지도의 형태가 크게 변형되는 특징이 있

5) 이금숙, 1995, “지역집근성 측정을 위한 일반 모형”, 응용지리, 18, p.25.

6) 井上 亮, 2005, 井上 亮, 2005, “カルトグラムの作成手法に関する研究 - GISを用いた統計データの新たな表現に向けて(Studies on Cartogram Construction Algorithms for Better Visualization of Statistical Data on GIS)”, 東京大學 大学院工学系研究科 社會基盤工学専攻. pp.1-2.

고, 비연속 Area 카토그램은 인접 객체간의 연결성이 유지되지 않기 때문에 각 객체 본래의 형태를 유지하면서 각각의 객체가 자유롭게 커지거나 작아지는 특징이 있다. 비연속 Area 카토그램은 객체의 중심(centroid)을 유지하는지의 여부에 따라서, 객체의 중심을 유지하는 중첩(Overlapping) 방법과 비중첩(Non-Overlapping) 방법으로 구분된다. 비연속카토그램의 또 다른 형태로는 원형 Area 카토그램을 들 수 있다. 원형 Area 카토그램은 이것을 고안해낸 리즈 대학(University of Leeds)의 Danny Dorling(1995)의 이름을 붙여서 Dorling 카토그램이라고도 한다. 원형 Area 카토그램은 지도의 형태와 토폴로지, 객체의 중심 등을 유지시키지 않는다. 이 카토그램은 객체를 적당한 크기의 균일한 형체(보통은 원을 사용함)로 대체하고, 각 형태(shape)의 온전한 영역이 보여 지도를 하기 위해 중첩(Overlap)되지 않게 이동시켜 표현한다는 점이 특징이다⁸⁾.

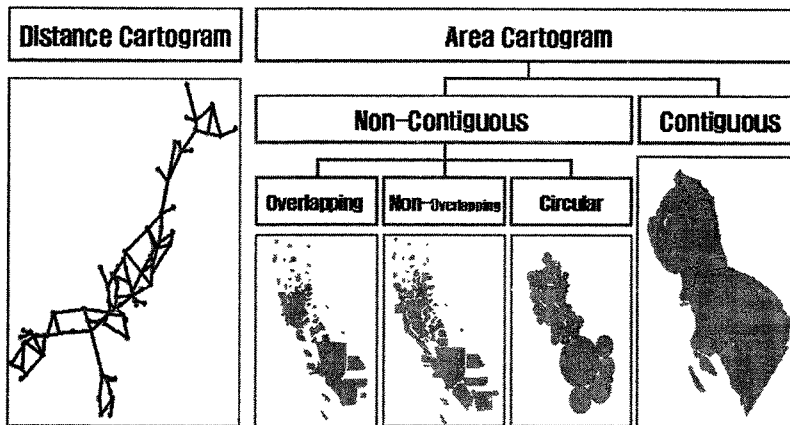


그림 3. Cartogram의 분류 및 형태

자료: Distance 카토그램-井上 亮, 2005, Area 카토그램-Keith Clarke, Ian Bortins, Steve Demers, 2002에서 발췌하여 필자가 재구성하였음.

본 논문에서는 연속 Area 카토그램의 한 방법인 Rubber Sheet Method를 주로 이용하였다. Rubber Sheet Method는 지도상의 모든 vertex(지도내부에 일정한 간격으로 배열된 정점)에 방사상의 완력을 가하여 지도를 변형시키게 되는데 그 힘의 크기는 면적오차에 비례하고 거리에 반비례하게 된다. 지도가 과도한 값으로 변형되는 것을 방지하기 위해서 지역 경계의 중심부에 위치한 vertex에는 선형적으로 감소하는 가중치를 부여하였다. 지도는 각각의 vertex에 가해지는 모든 가중치의 합에 비례하여 이동하고, 균등한 밀도로 분포될 때까지 처리과정을 연속적으로 진행한다.

7) 토폴로지(topology)란 인접한 객체와의 연결성을 의미한다.

8) 井上 亮, 2005, 前掲論文, pp 2-3.

4. 시간거리 접근성 카토그램

본 논문의 공간적 범위는 육상교통망으로 연결된 7개 특별·광역시와 전국 8개도의 153⁹⁾개 시·군이다. 해상교통수단과 항공교통수단을 이용해서 도달할 수 있는 도서지역(제주도, 울릉도 등)은 연구 대상에서 제외하고 철도, 도로교통망으로 연결된 160개 시·군을 대상으로 하였다. 5대 중심도시(서울, 대전, 대구, 광주, 부산)¹⁰⁾와 155개 시·군 간의 도로 및 철도 네트워크를 통한 소요 시간거리 값을 이용하여 지역별 접근성을 공간 카토그램으로 재구성하고 국토 전반의 시간거리 접근성을 비교하였다.

1) 5대도시 도로교통망

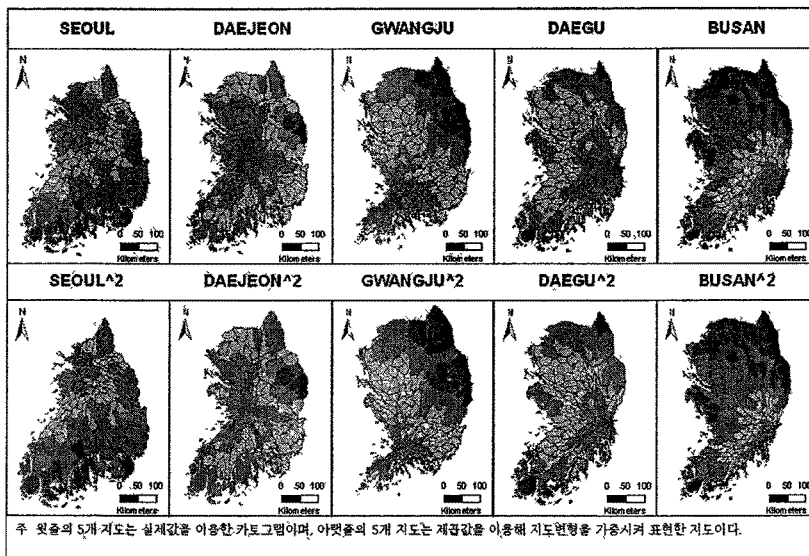


그림 4. 5대도시 도로교통망 시간거리 접근성 카토그램

시간거리 공간 카토그램으로 각 도시별 접근성을 분석해 본 결과, 5대 도시 중 도로교통망상 접근성이 가장 낮은 도시는 부산이었으며, 가장 접근성이 높은 도시는 대전으로 나타났다. 국토를 기준으로 4방향을 나눠볼 때, 서울과 광주, 부산은 중앙으로부터 비교적 떨어진 거리로 한쪽 방향에 치우쳐서 위치한다. 그러나 이 세 도시를 비교해 보면 위치상으로

- 9) 시·군간 시간거리 OD표 작성 시 시청과 군청을 기준으로 함. 청원군청은 청주시에 위치하고 있기 때문에 청원군 Polygon을 청주시 Polygon과 합쳐 153개의 시·군이 되었음.
- 10) 서울과 인천은 거리가 인접해 있어서 카토그램 작성 시 매우 유사한 형태를 가지게 된다. 때문에 인접해 있는 대도시 중에서 인구, 면적 등의 규모가 더 큰 지역을 중심도시로 선정하였다. 서울과 인천 중에서는 서울을, 부산과 울산 중에서는 부산을 중심도시로 선정하여 우리나라 7대 특별·광역시 중에서 5대 중심도시(서울·대전·광주·대구·부산)를 선택하게 되었다.

비슷한 여건에 있음에도 불구하고, 서울이 월등히 높은 접근성을 보였다. 이것은 서울의 도로교통망 연결성이 타 대도시에 비해 우수하다는 의미로 해석될 수 있다.

2) 철도교통망

철도교통망 시간거리 카트그램에서 고속철도(KTX) 개통 후, 가장 큰 접근성 향상은 대전-대구-부산 축과 그 부근 지역, 그리고 서해안일대로 나타났다. 강원도 지역은 철도교통망 접근성에서 낮은 연결성을 보였고, KTX 개통 이후에도 접근성이 떨어지는 것으로 나타났다. 이는 고속철도(KTX) 개통이 강원도지역의 접근성 향상에 영향을 주지 않았으며, 오히려 다른 지역의 접근성이 향상됨에 따라 상대적 접근성은 더 떨어진 것으로 해석할 수 있다.

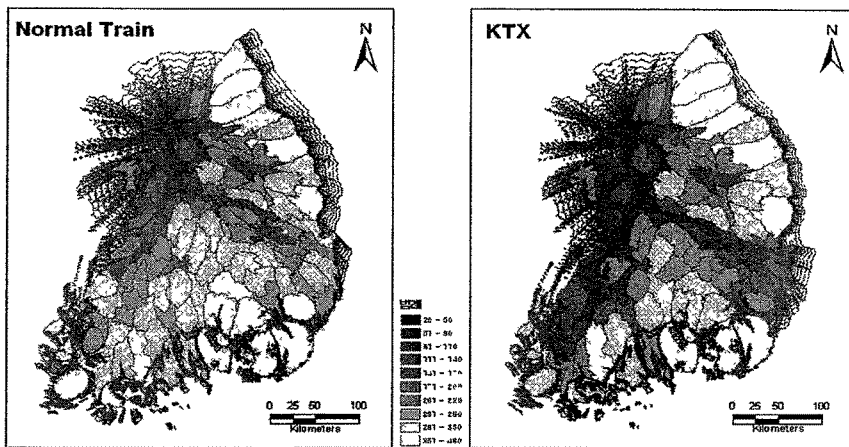


그림 3. 철도교통망 시간거리 카트그램(서울중심)

3) 교통망별 비교

서울을 기점으로 도로교통망 접근성과 철도교통망 접근성을 비교해 보았다. 강원도와 경기도에 대한 연결성은 도로교통망이 우수하며, 전라도와 경상도지역으로의 연결성은 철도교통망이 우수한 것으로 나타났다. 도로와 철도 교통망 모두에 대한 접근성 낙후 지역은 광주와 부산 사이에 위치한 대부분의 시군들과 강원도의 고성, 속초, 양양, 경상북도의 울진, 영덕지역으로 산출되었다.

5. 결론

서울, 대전, 광주, 대구, 부산은 이들 도시를 중심으로 광역교통권을 형성하고 있으며,

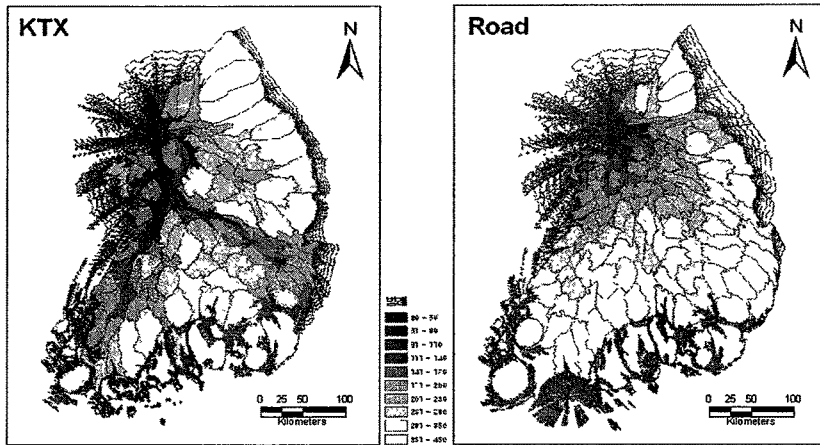


그림 4. 철도교통망과 도로교통망 접근성 비교(서울중심)

장거리 네트워크 형성보다는 권역의 중심도시를 기반으로 권역중심의 네트워크가 형성되었다. 광역대도시는 지방도시 생활권의 중심이 되므로 지방 대도시간 연결을 중심으로 교통망을 확충하는 것이 지역생활권을 활성화하는 대안이 될 수 있다. 강원지역의 경우 중심도시 역할을 수행할 대도시가 존재하지 않아 강원도내의 도시들간의 연계가 활발하게 일어나지 못하고 있다. 강원도 내에서 모든 도시로의 교통망 접근성이 높은 중심도시를 분석하고, 지역특성 및 통행패턴에 적합한 교통망을 확충할 필요성이 제기된다.

고속철도(KTX)의 개통으로 서울-대전-광주를 잇는 서해안지역과 대전-대구-부산축의 통행시간이 단축되었고, 특히 4시간 이상의 장거리에 대한 접근성이 크게 향상되었다. 이처럼 도시의 접근성이 향상되면 유동인구가 증가하게 되고, 개발가능성이 높아지기 때문에 접근성이 향상된 지방도시 중에서 국토의 균형발전을 위한 인구분산 정책을 시행하는 거점도시를 육성할 수 있다. 기업의 입지선정에서 가장 중요한 요인은 시장 및 고객과의 접근성이다. 기업의 활동은 승용차 혹은 화물차량에 의한 수송을 중심으로 이루어지고 있기 때문에 도로교통망 접근도가 높은 지방도시를 산출하여 적합한 도시를 선택하고 해당 도시 위주로 산업단지를 개발하는 전략을 수립할 수 있다. 이와 같은 국토의 균형발전과 효율적 이용을 위한 계획수립에 있어 본 연구에서 사용된 연구방법을 활용할 수 있다.

본 연구에서는 연속 Area 카토그램을 이용해 접근성 구조를 파악하였다. 그러나 이외에도 Distance 카토그램 등 다양한 카토그램 제작 방법이 존재하며, Area와 Distance 카토그램 방법을 접목시킨 카토그램 제작 기술도 등장하고 있다. 다양한 형태의 알고리즘을 이용하여 카토그램을 산출해 본다면 보다 연구 목적에 부합하는 지도화 방법을 발견할 수 있을 것이다. 데이터 구축에 있어 구득(求得)이 비교적 용이한 범위로 한정하였기 때문에 시대별 교통망 발전상과 같은 비교를 실시하지 못하였다. 또한 전국단위의 상대적 접근성에 대한 데이터가 구축된다면 기점도시로부터의 접근성이 아닌 전체 도시들 간의 상대적 접근성 지도를 제작하여 국토의 전반적인 시간거리 공간구조를 파악할 수 있을 것이다.

[참고문헌]

- 곽영호, 1994, 수도권 교통망의 접근도에 관한 연구, 동국대학교 대학원 박사학위 논문.
- 김형철 · 조응래, 1992, "고속도로 건설에 따른 지역간 접근도의 변화 분석," 대한교통지리학회지, 10(3), pp.43-58.
- 남선애, 1997, 경부고속철도건설에 따른 공간변화에 관한 연구, 성신여대 대학원 석사학위 논문.
- 남영우, 1992, 계량지리학, 법문사.
- 서정화, 1994, "교통공급의 도시간 지역불균형에 관한 연구: 한국 도시간 도로접근도를 중심으로," 충남대 대학원 석사논문.
- 손일 · 정인철 역, 1998, 지도와 거짓말, 푸른길
- 손정목, 1988, 한국현대도시의 발자취, 일지사.
- 원광희, 2003, "고속도로 건설에 따른 지역간 접근성 변화분석," 도시행정학보, 16(1), pp.49-81.
- 원재무, 2005, 도시교통론, 박영사.
- 이금숙, 1995, "지역접근성 측정을 위한 일반 모형," 응용지리, 18, pp.25-55.
- 이종용, 1997, "GIS기법을 활용한 종합접근성 분석: 서울시 강남구를 사례로," 건국대 대학원 석사논문.
- 이희연, 1995, 지도학: 주제도제작의 원리와 기법, 법문사.
- 정인철, 1992, "技能空間 構造分析 및 地圖化에 관한 方法論的 研究; 時間距離 接近性을 중심으로," 地理學, 47, pp.148-160.
- 조남건, 2002, 국토공간의 효율적 활용을 위한 도로망체계의 구축방향 연구, 국토연구원.
- 최윤정, 2003, 한국 철도교통망 접근성에 따른 기회잠재력의 공간구조 분석, 성신여대 대학원 석사학위논문.
- 행정자치부, 2004, 한국도시연감.
- 행정자치부, 2005, 지방자치단체의 행정구역 및 인구현황.
- 허우궁, 2004, "교통지리정보시스템(GIS-T)에 기반한 접근성 분석", 地理學論叢, 43, pp.1-32.
- Borden Dent, 1999, *Cartography: Thematic Map Design*, NJ:Pearson Prentice Hall.
- Dorling, D., 1995, "Visualizing Changing Social Structure from a Census," *Environment and Planning*, 27, pp.353-378.
- Dougenik, J.A et al.(eds.), 1985, "An Algorithm to Construct Continuous Area Cartograms," *The Professional Geographer*, 37(1), pp. 75-85.
- Jones, C., 1997, *Geographical Information Systems and Computer Cartography (Textbook Binding)*, Prentice Hall.
- Kocmoud, C.J. and House, D.H., 1998, "A Constraint-Based Approach to Constructing

- Continuous Cartograms," The 8th International Symposiums on Spatial Data Handling Proceedings, pp.197-204.*
- Perkins, C.R., Parry, R.B., 1990, *Information sources in cartography*, London Bowker-Saur.
- Peterson, M., 1995, *Interactive and Animated Cartography*, Englewood Cliffs, NJ: Prentice-Hall Inc.
- Tobler, W.R., 1973, "A *Continuous Transformation Useful for Districting*," New York Academy of Sciences, 219, pp. 215-220.
- Wolf, E.B., 2005, *Creating Contiguous Cartograms in ArcGIS 9*, ESRI GIS Application Support.
- 井上 亮, 2005, "カルトグラムの作成手法に関する研究 - GISを用いた統計データの新たな表現に向けて," 東京大学 大学院工学系研究科 社会基盤工学専攻 박사학위논문.
- 清水英範, 井上 亮, 2004, "時間地図作成問題の汎用解法", 土木学会論文集, 765(IV-64), pp.105-114.