

수요의 공간적 조정과 시간적 변화를 고려한 최적의 교통·물류계획

김 종 석*

Optimal planning under dynamic adjustment and variation in demand: the unidimensional case

JongSeok Kim

Abstract

In this Paper, we present the investment rule which takes into account not only spatial adjustment but also dynamic variation of population whose members are potential users of invested facilities. Then we present the optimal investment rule which overturns the optimality of the investment rule used by government. For this aim, we utilize a unidimensional space over which population is dispersed according to some distribution.

Under the circumstances we examine the consequences of the various investment rules which may or may not encompass the possibility of spatial adjustment of people. We extend the model to cover dynamic increase in the number of population, and compare the investment rules.

1. 서론

현재 정부는 항만이나 공항, 물류터미널 등 교통 및 물류시설의 설치투자를 위해 다음과 같은 방법을 택한다. 우선 시설물의 투자후보지를 선정 한 후 각 위치에 대한 현재 및 미래수요를 추정하여 시설물의 용량을 결정한 후 그에 따른 각 위치별 순편익을 결정한다. 그 다음 순편익을 가장 크게 만드는 후보지를 선택하여 투자에 들어간다. 시설이 완료되어 운영에 들어간 이후 수요가 증가하면 그에 따라 기존 위치에 증설투자를 할 것인지 혹은 새로운 후보지에 기존시설과 별도의 신규투자를 할 것인지 결정한다.

이와 같은 교통물류시설에 대한 투자계획법은 최소한 다음 두 가지 점에서 오류를 범한다.

첫째, 특정후보지를 결정하여 투자가 이루어지면 개인이나 기업은 그에 맞추어 시설이용비용을 줄

* 해양대학교 국제대학 국제무역경제학부 조교수.

이기 위한 공간적 이동을 택하게 된다. 그에 따라 인구의 공간적 배치에 변화가 발생하며, 이는 기존 시설물 이용에 따른 순편익에 변화를 일으키게 된다. 둘째, 인구가 공간적으로 증가하게 된 이후 신규투자나 증설투자를 택하게 되면 또다시 시설이용비용을 줄이기 위해 인구의 재배치가 발생하며 그에 따라 증설 및 신규투자의 순편익이 또 한번 변화를 일으킨다.

이와 같이 기존의 시설투자계획방식은 인구의 공간적 재배치와 인구의 증가에 따른 순편익을 고려에 넣지 않기 때문에 투자의 위치와 규모산정에 있어 오류를 범할 위험을 지닌다.

이 논문에서는 투자시설물에 따른 이용비용을 줄이기 위한 인구의 공간적 이동과 인구의 증가에 따른 인구의 공간적 확산을 고려한 최적투자방식을 제시한다. 분석은 단순화된 일차원 공간상에 균일하게 분산된 초기인구분포상태에서 출발한다. 이 상황에서 시설물에 대한 투자가 이루어졌을 경우 인구의 공간적 이동에 따라 균형상태에서의(누구도 더 이상 공간적 이동을 행할 유인이 없는 상태에서) 투자에 따른 인구의 재배치와 공간별 임대료의 변화를 분석한다. 그 다음 기존투자방식의 한계를 논한다. 마지막으로 인구배치가 완료된 후 인구의 위치별 균일적 증가가 발생할 경우 최적투자의 방향에 대해서 분석한다.

2. 인구의 재배치와 시설투자의 효과



2-1 상황설정

인구는 시설물 투자가 이루어지기 전에 $[0, 1]$ 의 직선공간에 분포 f 를 따라 주거한다. 초기상태의 총인구수는 L 로서 $\int_0^1 f(x) dx$ 는 L 과 같다. 분석의 편의를 위해 f 는 주어진 공간상에 균일한 분포 지니는 함수를 가정한다. 각 개인은 교통물류시설 서비스를 제공받음으로써 동일한 효용을 누린다.

인구분포와 개인선호가 주어졌을 때 정부의 문제는 시설물투자에 따른 사회적 순편익이 극대화되도록 투자의 규모와 위치를 설정하는 것이다. 시설물의 위치가 결정되어 투자가 행해지면 각 개인은 그 시설물을 무료로 이용한다. 단, 이 경우 각 개인은 시설물이용에 따른 접근비용(교통비용)과 혼잡비용을 지불해야 한다. 각 개인은 단위기간동안 1회씩 시설물을 이용하여 그 회수는 이용비용의 변화에 관계없이 일정하다.

질문 1. 인구가 시설물 이용에 있어서 각종 이용비용을 줄이기 위해 재배치되는 경우의 투자의 최적성 여부: 여기서는 초기의 배치를 전제로한 시설물 위치선정의 최적성 여부가 인구의 공간적 재배치에 의해 어떻게 영향을 받는가를 살펴본다. 이때 시설물의 서비스 용량은 일정하다고 가정하여 인구의 재배치방식이 시설물의 서비스수요의 제약(용량의 제약으로 인한)에 의해 통제된다고 전제한다.

질문 2. 인구의 재배치가 끝난 후 각 지점별 인구가 일정비율로 상승했을 때 새로운 시설투자의 최적위치선정문제와 그에 따른 인구의 재배치: 인구가 증가하기 시작하면 어느 시점에서 이용수요가 시

설물의 용량을 초과하게 되어 혼잡비용이 상승하게 되며 이 경우 추가투자의 필요성이 발생한다. 그러나 추가투자가 완성되면 각 개인은 시설물이용비용을 줄이기 위해 공간상의 이동을 행하게 되며 그에 따라 인구배치의 새로운 균형점이 도출된다.

질문 3. 인구의 재배치와 시간적 변화를 염두에 둔 시설물투자계획의 설정: 이 문제는 시설물투자와 인구증가에 따라 지속적으로 인구의 공간상이동이 발생할 때 최적의 투자방식은 어떤 모습을 지녀야 하는 질문과 관련된 것이다.

2-2 인구의 재배치를 고려하지 않을 때의 시설물의 위치와 규모의 선정

모형의 설정을 위한 가정들을 정리하면 다음과 같다.

가정 1: 각 지점별 사람들이 층을 이루어 살 수 있다고 가정하면, 이는 지극히 현실적인 가정이다. 고층아파트나 상가, 사무실 빌딩의 존재가 이 가정의 타당성을 입증하고 있다.

가정 2: L명의 인구가 존재하며 초기상태에서 인구의 분포는 [0, 1] 공간상에서 uniform하다. 이 경우 $\int f(x) = L$ 이다. 여기에서 $f(x)$ 는 [0, 1]의 직선상의 인구의 분포를 나타내는 방식이다.

가정 3: 각 인구는 반드시 시설물로부터 창출되는 서비스를 단위 시간당 1번씩 이용한다고 가정

가정 4: 시설물투자의 투자비용으로서는 규모에 따른 고정비용(K)만이 들어가며 이용자수가 증가함에 따라 $g(L;K)$ 만큼의 혼잡비용을 각 이용자별로 지불해야 한다. 단 $\frac{L}{K}$ 은 1보다 클 수 없으며 g', g'' 은 영보다 큰 값을 띄게 되어 이용자수가 증가함에 따라 혼잡비용은 더욱 빠른 속도로 증가한다.

가정 5: 각 이용자는 혼잡비용뿐만 아니라 시설물이용에 따른 암묵적 비용을 지불해야 한다. 이는 시설물의 위치와 이용자가 위치한 곳과의 거리에 의해 결정되는 거래비용이다.

이를 $t(z; \alpha)$ 로 표시한다. 즉, [0, 1] 공간상에 있어서 시설물이 0으로부터 α 만큼 떨어진 위치에 소재하고, 이용자는 z 만큼의 거리에 위치하고 있을 때 시설물 이용에 따른 거래비용은 $t(z; \alpha)$ 가 된다.

초기위치와 규모의 설정은 다음 최적화 문제(M1)의 해(解)에 의해 결정된다.

$$M1: NB \equiv \min_{K, \alpha} L \cdot \int_0^1 t(z; \alpha) dz + Lg(L; K) + K$$

위의 식에서 $\int_0^1 t(z; \alpha) dz$ 는 [0, 1] 공간상에 균일하게(uniformly) 분포되어 있을 때 α 에 위치한

시설물을 이용하기 위해 지불해야 하는 거래비용을 의미한다. $g(L; K)$ 은 단위기간당 인구 L명이 규모 K인 시설물을 이용해야 할 때 지불해야 하는 개인혼잡비용을 나타내며 $Lg(L; K)$ 는 사회 전체적으로 지불해야 할 혼잡비용에 해당한다.

K는 시설의 규모를 K로 했을 때의 고정비용을 의미한다¹⁾.

시설물의 최적위치는 모형 M1의 α 에 관한 인계조건으로부터 도출된다. 이 경우 최적위치는 위치의 변화로 인한 이용비용 t 의 각 개인별 변화분, 즉 $dt/d\alpha$ 의 평균값인 $\int (dt/da)f(z)dz$ 이 영과 같아지는 곳에서 결정된다. 만일 이용비용함수 z 가 α 를 중심으로 대칭적인 형태를 띄고 있을 경우 최적위치 α 는 인구분포의 평균값인 $\int zf(z)dz$ 와 같아진다.

시설규모는 고정비용의 변동과 사회전체적 혼잡비용의 변동이 같아지는 곳에서 결정된다. 이는 $\frac{Ldg(L;K)}{dK} + L = 0$ 의 식으로 표현된다.

즉 K 의 증대로 인한 지체비용의 감소인 Ldg/dK 가 -1 인 곳에서 투자규모가 결정된다.

우리 모형은 고정수요(Fixed demand)의 구조를 갖고 있기 때문에 투자규모가 위치선정과 분리되어 도출된다. 일반적으로 수요가 변화할 때는 위치선정이 규모산정에 영향을 미치지만 여기에서는 분석의 편의를 위해 고정된 수요 구조를 가정한다.

2-3 인구의 재배치를 고려한 투자규모와 위치의 선정

인구재배치 모형의 근거는 각 개인이나 기업은 거주지와 공장 등의 이전을 통해 시설물 이용에 따른 거래비용을 감소시키고자 한다는 점이다. 즉 주거지 이동에 따른 효용이 비용보다 큰 이상 개인이나 기업은 계속해서 거주위치를 변경한다.

특정지점의 지대는 각 개인이 그 위치로 새로이 이동함으로써 얻을 수 있는 거래비용의 절약의 크기에 의해 결정된다. 예를 들어 시설물 위치가 α 일 때 z 에 위치하고 있는 개인이 z' 으로 새로이 이전함에 있어 그 개인이 지불하고자 하는 최대금액 $m_\alpha(z':z)$ 은 $t(z:\alpha) - t(z':\alpha)$ 로 표현할 수 있다.

각 위치별 고도제한이 1로서 주어져 있다고 하자. 이때 시설물의 위치 α 로부터 Δ 만큼 떨어진 구역 $[\alpha - \Delta, \alpha + \Delta]$ 에 위치할 수 있는 인구수는 $2\Delta \cdot 1$ 로서 주어진다. 이 구역에 대한 주거시장의 수요함수는 다음과 같이 표현된다.

정리 1: 임대시장의 균형상태일 때 인구는 $[\alpha - x, \alpha + x]$ 의 구간에만 집중되며 그때의 새로운 인구 분포 f 은

1) 고정비용을 투자규모에 따른 일반적 함수로 표현할 수도 있으나, 이 논문에서는 분석의 편의를 위해 핵심만 전달하는 가정을 한다.

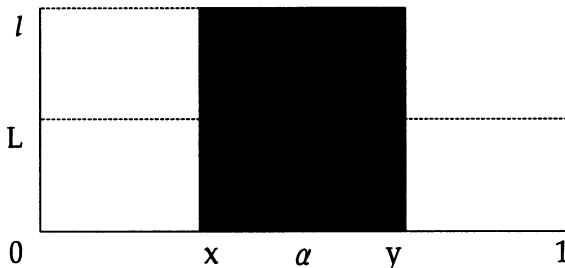
$$f'(z) = \begin{cases} 0, & 0 < z < a-x, \quad a+x < z < 1 \text{ 일 때} \\ \frac{L}{2l}, & a-x < z < a+x \end{cases}$$

의 형태를 띄게 된다. 또한 이때 z 지점의 균형지대 $r^*(z)$ 은

$$r^*(z) = \min m_a(z; z_0) \text{이다.}$$

증명: 먼저 $A(\Delta) \equiv \{x \in [0, 1] : a-\Delta \leq x \leq a+\Delta\}$ 로 정의된 지역만이 임대시장에 공급되었다고 하자. 고도제한이 1이라 하고, $A(\Delta)$ 안에 위치하고 있던 개인은 여전히 자신의 본래위치에서 이동하지 않는다고 가정하면 $A(\Delta)$ 지대로부터 공급되는 임대지의 공급량 $S(\Delta)$ 은 지대에 관계없이 $S(\Delta) = \Delta l(1-L)$ 로 표현된다. 만일 Δ 가 충분히 작다면, $r(\Delta)$ 의 지대 하에서 $(a-\Delta)$ 지점으로 이주하고자 하는 수요 $d(r(\Delta); \Delta) = \int_0^x f(z) dz$ 로 표현될 수 있다. 이때 x 의 값은 $m_a(x, a-\Delta) = r(\Delta)$ 의 방정식을 만족시킨다. 따라서 $A(\Delta)$ 가 주어졌을 때 균형지대 $r^*(\Delta)$ 는 $\int_0^x f(z) dz = \Delta(1-L)$ 을 만족시키는 지대의 크기가 된다. 그러나 이 상태는 $A(\Delta)$ 가 주어졌을 때의 일시적 균형상태일 뿐이며 진정한 시장균형상태에서는 Δ 가 충분히 커지고 그에 따라 $r^*(\Delta)$ 가 계속 낮아져 그때의 일시적 시장균형상태 하에서 수요와 공급이 일치할 뿐 아니라 Δ 를 증가시키고 $r^*(\Delta)$ 를 더욱 낮추었을 때 어떤 개인도 더 이상 새로운 지역으로 이주할 유인이 없는 상태이다. 이때의 Δ 의 값을 Δ^* 라고 했을 때 Δ^* 하에서의 $r^*(\Delta) = 0$ 이 되어야 한다. 따라서 위의 정리가 성립한다.

인구의 재배치가 끝났을 때 $[0, 1]$ 상의 인구분포를 보면 다음 그림과 같다.



(그림 1) 재배치후의 인구분포

재배치이후 인구는 a 지점을 중심으로 대칭적으로 분포하며, $(0, x)$, $(y, 1)$ 구간의 주민들은 모두 $[x, y]$ 의 구간 안으로 이동한다.

위의 그림에서 x 의 값은 다음 등식을 만족시키는 값과 동일하다. $\int_{a-x}^{a+x} l dz = L$ 이 성립하고,

$2xl = L$ 이 되므로 $x = \frac{L}{2l}$ 의 값의 계산이 된다.

특정지점 y 의 균형 지대($r(y)$)는 다음과 같이 구해진다.

고도제한이 달라지거나 기타 개인의 이주에 따른 다른 비용이 존재할 경우²⁾, 인구재배치의 결과는 위와 상이해진다. 그러나 시설주변으로의 인구의 집중은 어느 경우에도 동일하다.

이전하는 개인은 이주하기 전과 비교했을 때 증대된 효용만큼 지대를 지불하기 때문에 동일한 효용을 경험한다. 그러나 $[a-x, a+x]$ 의 구간에 위치했던 사람들은 양의 지대를 경험하게 된다. 그러므로 사회 전체적으로는

$$\Delta NB \equiv \int_0^{a-x} t(z; a) dz + \int_{a+x}^1 t(z'; a) dz'$$

만큼 효용이 증가하며, 증가된 효용부분만큼 양(陽)의 지대를 받은 사람들의 부(富)의 증가로 귀속한다.

여기에서 ΔNB 는 인구이동이전과 이후의 시설물 투자로 인한 순편익의 차이를 나타낸다고 볼 수 있다. 이에 따라 인구이동을 고려하지 않았을 때와 고려했을 때의 투자의 순편익의 차이를 다음 정리로 요약할 수 있다.

정리 2: 인구의 이동을 고려했을 때 시설물투자의 순편익은

$$\Delta NB = \int_0^{a-x} t(z; a) dz + \int_{a+x}^1 t(z; a) dz \text{ 만큼 증가한다.}$$

증명: 시설물 투자의 순편익은 인구의 이동으로 ΔNB 만큼 상승함으로 위의 정리가 얻어진다.

위의 정리를 참고했을 때 인구의 재배치까지 고려한 투자의 순편익을 최대로 하는 시설물의 위치는 다음 문제(M2)를 푸는 해(解)와 동일하다.

$$M2: \min_{k, a} NB - \Delta NB$$

여기에서 NB 는 최적화문제 M1의 그것과 동일하며 ΔNB 는 위에서 정의된 바와 같다.

정리 3: 일반적으로 M2의 답과 M1의 답은 같지 않다. 단, 초기인구분포가 $[0, 1]$ 공간상에 균일

2) 이자비용이 여기에 포함되며, 기타 이주에 따른 문화적 갈등으로 발생하는 무형의 비용도 이 개념에 포함될 수 있다.

한 경우는 그 답이 일치한다.

증명: M1의 최적화문제를 푸는 α 의 1계 조건과 M2의 α 에 대한 1계 조건은 ΔNB 가 α 의 함수 일 경우 일반적인 인구분포 f 에 대해서는 일치할 수 없으므로 위의 정리가 성립한다. 단, 초기인구분포가 균일한 경우에는 ΔNB 가 α 와 관계없이 일정한 값을 지니므로 예외로 간주된다.

이 정리는 일반적으로 인구의 재배치를 고려했을 때 최적시설물의 위치가 그렇지 않은 때와 상이해짐을 보여준다.

3. 인구의 동태적 증가를 고려한 투자의 효과

3-1 인구의 증가와 추가투자

인구가 L 에서 k 내만큼 증가함에 따라 새로운 지점에 대한 투자나 기존시설에 대한 증설투자사가 다시금 계획되고 있다고 하자.

물론 기존시설을 증설할 것인지 새로운 위치에 새로운 시설물을 건축할 것인지 하는 문제는 두 값을 비교한 이후 결정된다.



$$\int_0^1 f'(z) t(z; \alpha) dz + kLg(kL; K^1) + K^1$$

$$\geq \int_I f'(z) t(z; \alpha) dz + \int_{II} f'(z) t(z; \alpha) dz$$

$$+ \lambda_1 kLg(\lambda_1 kL; K) + \lambda_2 kLg(\lambda_2 kL; K) + K + K^1$$

위 식에서 $f'(\cdot)$ 은 재배치이후의 인구분포로서 $\int_0^1 f'(z) dz = kL$, I 는 첫 번째 시설물을 이용하는 인구가 거주하는 공간, II 는 두 번째의 새로운 시설물을 이용하는 인구가 거주하는 공간, λ_1 은 kL 의 인구가운데 첫 번째 시설물을 이용하는 사람의 비율, λ_2 은 kL 의 인구가운데 두 번째 시설물을 이용하는 사람의 비율, 그리고 K^1 은 새로운 시설물의 규모를 각기 나타낸다.

위 부등식의 첫 번째 식은 기존시설을 증설하는 경우의 사회 전체적 비용을 나타내며, 두 번째 식은 새로운 시설물을 건축했을 경우의 사회 전체적 비용을 의미한다.

새로운 시설의 건축이 최적대안으로 되면, 정책당국은 다음의 최적화문제의 해들을 이용하여 시설

물의 위치와 건축규모를 결정한다.

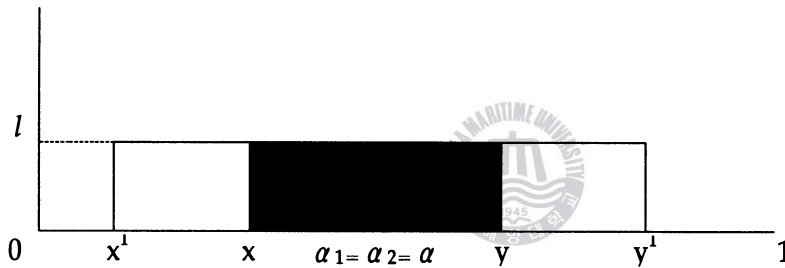
인구분포가 주어져 있다고 가정했을 때 새로운 시설물의 위치는 원래 주어진 시설물의 바로 옆에 설정되는 것이 사회적 후생을 최대화시킨다. 그 이유는 다음과 같다.

두 번째 시설물이 첫 번째 시설물의 왼편에 들어선다는 가정 하에 총거래비용은

$$\int_{\frac{a_2+a_1}{2}}^{a_1} k(z, a_1) dz + \int_{x_1-x}^{\frac{a_1+a_2}{2}} k(z, a_2) dz$$

이 되며 총거래비용을 최소화시키는 a_2 의 크기는 (즉 두 번

째 시설물의 위치는) a_1 과 일치해야 한다. 그러나 시설물의 위치와 인구증가에 따라 이용비용을 줄이기 위해 인구의 재배치가 일어난다는 시설을 고려했을 때는 앞의 결과와는 다른 최적투자방안이 강구되어야 한다. 다음 소절에서는 인구의 증가에 따라 주거재배치가 일어났을 때의 결과를 제시한다.



(그림 2) 인구의 재배치를 고려하지 않은 최적시설추가와 그에 따른 인구의 재배치

3-2 인구의 증가 및 재배치와 추가투자

인구의 증가는 기존시설물에 대한 이용수요의 증가와 주거지역의 공간적 확산이라는 두 가지 효과를 발생시킨다. 기존시설물만으로 수요를 감당하는 경우(물론 시설용량의 범위 내에서) 증가된 인구는, 기존의 밀집지역으로부터 가까운 곳으로부터 입주한다. 만일 인구가 2배³⁾, 즉 2L만큼 증가하고 시설용량 K가 2L보다 작을 경우 인구의 공간적 확산결과는 다음의 인구분포함수로 표현된다.

$$g(t) = \frac{L}{2l}$$

새로운 인구분포함수는 기존의 분포와 동일하다. 그러나 인구가 거주하는 공간 Z는 $[a - \frac{L}{l}, a + \frac{L}{l}]$ 로 인구증가이전에 비해 길이가 2배 확대된다.

이 경우 신규시설물의 최적위치는 추가투자로 인한 인구의 재배치를 고려하여 다음의 극소화문제 M3로 집약된다.

3) 인구가 k배 증가하여도 분석은 동일하다. 그러나 인구규모에 따라 필요시설물의 개수를 정하는 문제를 피하기 위해 여기에서는 인구가 2배로 증가하되 시설물의 숫자는 2개를 유지하는 것이 사회적으로 가장 바람직하다고 전제하여 불필요한 논의확대를 제한하였다.

$$M3: \min \int_I (NB_1 - \Delta NB_1) + \int_{II} (NB_2 - \Delta NB_2)$$

여기에서 I 은 기존시설물을 이용하는 사람들이 거주하는 공간을 나타내며 II는 신규시설물을 이용하는 사람들의 거주공간을 의미한다. $(NB_i + \Delta NB_i)$ 는 i시설을 이용하는 사람들의 이용비용으로부터 새로운 거주지로의 이전에 의한 비용의 감소분을 제외한 값을 나타낸다.

정리 4: 인구가 2배 증가할 때 신규투자는 결코 기존시설의 확장이 될 수 없으며 가능한 한 두 시설물을 이용하는 공간을 분리시키는 것이, 즉 I와 II가 이 $[0, 1]$ 내에서 연결되지 않는 공간을 구성하는 것이 사회적으로 가장 유익하다.

증명: 혼잡비용함수의 성질에 의해 두 시설물의 용량을 일치시키고 동일한 수의 이용자가 각기 다른 시설물을 이용토록 하는 것이 가장 바람직하다. 한편 두 시설물이 인접해 있으며 $2L$ 의 인구는 $[\alpha - \frac{L}{4l}, \alpha + \frac{L}{4l}]$ (여기에서 α 는 초기시설물의 위치)에 균일적으로 분포하는 것이 가장 유리하다. 그

러나 이 경우 $\int_{\alpha - \frac{L}{4l}}^{\alpha + \frac{L}{4l}} k(z, x) dz$ 만큼의 평균이용비용이 들게 된다. 그러나 두 시설물을 각기 다른 곳에 위



치시키고 I와 II가 서로 연결되지 않는 분리된 공간(다시 말해 모든 개인이 두 시설물 중 하나의 시설물을 이용하는 것이 더욱 좋다고 느끼게 되는 상황)일 경우 $\int_I k(z, \alpha) dz + \int_{II} k(z', \alpha) dz'$ 가 들어

$I = [\alpha_1 - \frac{L}{2l}, \alpha_1 + \frac{L}{2l}]$, $II = [\alpha_2 - \frac{L}{2l}, \alpha_2 + \frac{L}{2l}]$ 로 설정되면 개인별 이용평균비용이 가장 최소화 된다.

만일 $I \cup II$ 가 $[0, 1]$ 의 진부분집합이 아닐 경우에는, 즉 I의 고도제한 하에서 II의 인구를 수용할 수 없을 때는 고도제한을 해소함으로써 정리 4가 입증된다.

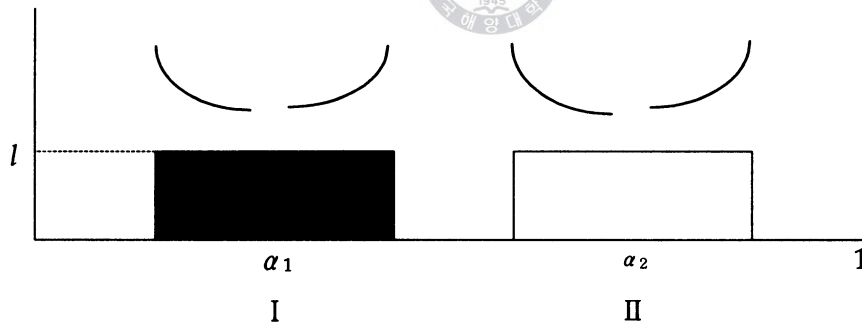
한편 원래시설의 이용자들이 위치한 공간 $[\alpha - \frac{L}{2l}, \alpha + \frac{L}{2l}]$ 의 여타공간 즉 $[0, \alpha - \frac{L}{2l}]$ 혹은 $[\alpha + \frac{L}{2l}, 1]$ 의 어느 한편이 L의 인구를 I의 고도제한에서 흡수할 수 없을 경우에 인구의 공간적 확산은 α_1, α_2 을 중심으로 대칭적 분포를 펼 수 없게 되어, 그렇지 않을 경우에 비해 큰 사회적 비용을 지불할 수밖에 없다.

정리 5: 인구의 공간적 재배치와 인구의 증가는 동시에 고려한 시설물투자정책이 인구의 증가를 고

려하지 않은 시설물투자정책보다 사회적 비용을 낮추는 효과가 있다.

증명: 만일 $[0, \alpha - \frac{L}{2l}]$ 혹은 $[\alpha + \frac{L}{2l}, 1]$ 의 공간이 증가하는 인구를 수용할 수 있다면 최선의 추가투자정책은 L 의 인구단계에서와 동일하다. 즉 위의 2개의 공간중 I U II가 연결되지 않도록 두 번째 시설물의 위치를 설정하면 사회적으로 최적이다. 하지만 잔여공간이 증가한 인구를 수용할 수 없다면 두 가지 시설의 이용자가 동일하지 않고(즉 $\int_1 dz \neq \int_0 dz$) 절반이상의 인구가 하나의 시설물만을 이용해야 하므로 이용비용과 혼잡비용이 보다 커지게 된다.

정리 5는 동태적 시설투자에 있어서 사전적 수요증가의 고려가 대단히 중요하다는 사실을 알려준다. 예를 들어 초기인구분포가 $[0, 1]$ 상에 균일하게 분포하고 있을 경우 초기시설투자의 위치는 $[0, 1]$ 의 정중앙점인 $\frac{1}{2}$ 이 될 것이다. 하지만 인구가 2배로 증가하여 새로운 시설이 $[0, \frac{1}{2}]$ 이나 $[\frac{1}{2}, 1]$ 의 공간상에 위치해야 할 경우에 사회가 지불하는 비용이 예를 들어 $\frac{1}{3}$, $\frac{2}{3}$ 의 지점에 두 개의 시설물이 들어서 있는 경우에 비해 높아지게 된다.



(그림 3) 인구의 재배치를 고려한 최적시설추가와 그에 따른 인구의 재배치

4. 결론

이 논문의 주요한 부분을 요약하면 다음과 같다.

첫째, 인구의 동태적 이동은 교통물류시설투자의 순편익을 증가시키는 민간차원의 적응과정이라 볼 수 있다. 시설물의 투자정책을 이와 같은 동태적 이동까지 염두에 두어야 한다.

둘째, 인구의 동태적 이동 뿐 아니라 증가현상까지 동시에 염두에 넣은 시설투자정책이 그렇지 않은 순차적 투자정책(순차적으로 주어진 인구상황에 따라 최적의 투자방향을 결정하는 정책)에 비해 사회적 비용의 최소화측면에서 우수할 수밖에 없다. 순차적 투자정책의 사회적 비용은 주거지역(즉,

추가시설의 수요건인능력, 앞부분의 II에 해당)의 제약에 의해 그 크기가 결정된다. 순차적 투자정책을 동일시설물중 초기투자시설에 대한 수요압력을 추가시설보다 강하게 받게 만듦으로써(즉, 균일한 인구분포의 경우 I의 길이가 II의 길이보다 길다) 초기시설이용에 따른 혼잡비용을 가중시키는 결과를 빚는다.

셋째, 인구의 이동은 이동에 따른 편익(시설이용비용의 감소)이 증대되는 방향으로 발생하며 이와 같은 현상으로 인해 공간상의 주거지점별로 차등화된 지대가 형성된다. 또한 거주지역이 우연히 밀집지역 안에 위치한 개인이나 기업의 부는 지대의 상승으로 인해 증가되며, 이로 인해 시설물투자로 인한 혜택은 대부분 그 사람들에게 지대의 상승형식으로 귀착된다.

한편 본 논문은 교통물류투자정책뿐 아니라 산업입지, 주택, 토지정책에 대해서도 유효한 시사점을 줄 수 있다. 우선 그린벨트제도와 주택의 고도제한정책은 인구의 증가에 따른 공간적 확산에 지대한 정책변수로 작용함은 논문내의 1과 $[a - \frac{L}{2l}, k + \frac{L}{2l}]$ 의 공간상의 위치를 설정해 준다. 주택 및 토지

정책은 인구의 재배치 가능성을 제약하는 주요한 변수로서 인구증대에 따른 추가시설투자의 효율성을 제고한다. 산업입지의 설정(규제 및 공단 등 지원제도)은 산업과 환경과의 상호작용을 고려하여 인구의 재배치문제에 영향을 미친다.

이 논문은 다음과 같이 주요한 확장 및 개선이 가능하며 이는 차후 연구과제로 남겨둔다.

정부가 제공하는 서비스가 다양한 경우의 인구의 동태적 이동방식과 새로운 균형점의 모색: 교육, 복지, 환경, 기업선택, 문화 등의 요소를 첨가하여 분석을 할 수 있다.

[0, 1]의 폐쇄된 직선공간의 확장과 그것의 효과분석: 이 경우 점이 아닌 선의 교통시설(도로, 철도)의 투자에 대한 분석이 가능해지며 인구의 주거공간이 보다 현실적으로 된다.

참고문헌

김종석, "헨리 조지의 정리와 균형지대", 교통정보, 1992.

김종석, 「종합물류론」, 강의를 위한 논문모음집, 1999.

Anderson, T.S., De Palma, A, and Thisse, J.F., [Discrete Choice Theory of Product Differentiation], the MIT Press, 1993.

