

텔레매틱스를 위한 경로선택 행동에 관한 기존 연구의 고찰



변완희

1. 들어가며

텔레매틱스 환경하에서의 교통정보 제공에 의한 도로 네트워크 혹은 운전자의 효과를 분석함에 있어서 고려해야 할 가장 중요한 요인 중의 하나는 운전자의 경로선택 행동이다. 특히, 최근 텔레매틱스와 같은 차내 정보단말기 보급의 증가에 따라, 정보를 제공 받는 운전자의 선택행동 분석 연구는 매우 중요한 사안이 되고 있다. 왜냐하면, Behn(1982)이 자신의 연구에서 주장한 "다양하고 가능한 결과를 수반하며, 확률적 변화를 갖는 미래의 사건에 대한 의사 결정자의 불확실성이 감소된다면 정보는 가치가 있다. 이때, 완벽한 정보는 모든 불확실성을 제거하여 완벽한 예측을 허용하는데, 흔히 얻을 수 있는 대부분의 (불완전한) 정보 조차도 불확실성을 완전하지는 않지만 상당히 감소시킬 수 있다"고 한 바와 같이, 정보를 제공 받는 운전자와 그렇지 않은 운전자는 선택행동에 있어서의 동일한 행동 모델을 적용할 수 없기 때문이다.

일반적으로 도로 네트워크 상에서의 경로선택 행동은 경제학의 효용 혹은 기대 효용의 개념을 통해 많이 설명되어 왔다. 그러나, 경제학의 기대 효용 이론의 근거를 이루고 있는 선호도는 선택 행동을 연구하는 심리학자들에 의해 그 문제점이 지속적으로 지적되어 왔고, 이를 대신하거나 보

완하는 여러 연구결과들이 제시되어 왔다. 최근 들어, 교통분야에서도 이들 심리학적 연구 결과를 채용한 사례가 늘어가고 있는 추세이다.

본 연구는 경로선택 행동이 넓게는 인간의 선택 행동의 하나로서 이해되어야 하며, 따라서, 이에 대한 충분한 고찰이 이루어지지 않는다면 경로선택 행동에 대한 이해 역시 어렵다는 전제하에 경제학과 심리학 등 일반 분야에서 다루는 인간의 선택행동을 먼저 고찰한 후, 교통 분야에서 다루는 일반적인 경로선택 행동 분석 연구를 고찰하고자 한다. 그리고, 그러한 고찰의 결과로서, 텔레매틱스 환경하에서 인간의 경로 선택의 행동 분석을 위해 필요한 향후 과제를 제시하고자 한다.

II. 인간의 선택 행동에 대한 종래의 연구

1. 경제학의 기대효용 이론

일반적으로 인간의 선택행동에 대한 연구는 Von Neumann(1994)이 저서 '게임의 이론과 경제적 형태'에서 효용이라는 주관적 개념을 눈에 보이는 선택 행동으로 측정할 수 있는 이론적 근간을 제시한 후였다. 이것은 사람의 선택 행동이 자신의 효용을 극대화하기 위한 것으로 설명될 수 있다고 보는 것이다.

경제학에서 인간의 기대 효용에 따른 선호는 시간과 함께 변하거나 상황에 달라지는 것이라고 보지 않는다. 따라서, 선호는 절대적이며, 행동이나 선택이 선호에 근거하거나 혹은 일치하며, 현재와 미래의 어느 시점에서든 변하지 않는다고 전제하고 있다.

그러나, 이러한 기대효용 이론의 선호가 인간의 실제 선택행동에서는 다르게 나타나고 있다고 비판되면서, 인간의 선택행동 연구는 다양한 발전을 거듭하게 된다. 그러한 연구 사례로, March(1978)는 선호에 대해, "사람은 (1) 자신의 선호를 조정한다. 즉 선호를 높이거나 줄이기 위해 자신의 행동을 조절한다. (2) 선호도는 구성된다. 자신의 선호도가 항상 명확한 것은 아니어서 때로는 새로운 선호를 구성하거나, 자신의 행동을 이해하는 방편으로 선호도를 고안하기도 한다. (3) 사람들은 자신의 선호

를 전략적으로 제어한다. (4) 사람들은 자신의 선호도를 혼동하기도 한다. 예로, 사랑과 증오와 같은 상반되는 감정이 공존할 수도 있다. (5) 선호를 희생하기도 한다. 예로, 사람들은 사회규범 등에 의해 자신의 선호를 포기하기도 한다. (6) 사람들은 자신의 선호가 바뀔 수 있음을 알고 있다. 예로, 지금과 달리 미래에는 자신의 현 선호도가 바뀔 것을 생각해 결정을 유보하길 원할 경우도 있다”라고 주장하고 있다.

Simon(1956)은 기대효용 이론은 전지전능한 사람을 가정한 이론(Olympian model)이라고 비판하면서, 기대효용 이론에 따라 효용을 극대화하려면 의사결정자는 선택을 내리기 전에 모든 가능한 대안들을 살펴보고, 또, 각 대안에 대한 모든 정보를 가지고 대안의 효용을 구하여 그것을 서로 비교한다고 하였다. 또한 그는, 사람이 모든 대안에 대한 정보를 가지고 결정을 내리는 경우는 거의 없고, 어느 정도의 기준치를 정해 놓고 그 수준을 만족하는 대안이 나오면 탐색을 정지한다고 하였다.

2. 심리학의 선택 행동 이론

심리학에서는 선택 상황에 처한 사람들이 주어진 여러 정보 중에서 어떤 정보에 주의를 기울이고, 어떤 정보를 사용하는가를 관찰함으로써, 선택이라는 일련의 인지과정에 대한 연구를 주로 수행한다.

이와 관련된 연구들을 살펴보면, 먼저, Payne(1976)은 그의 연구에서, 정보의 양이 다른 경우, 그리고 문제의 중요도와 시간 제약이 다른 경우 사람들이 사용하는 의사결정 규칙이 변화하는 데에 어떤 경향이 있음을 발견하였다. 다시 말해, 제시되는 정보의 양이 적은 경우, 즉 주어진 대안의 수와 속성의 수가 적을 때 사람들은 가능한 한 주어진 정보를 모두 사용하려 하고, 이때 효용 이론과 같은 보완적 규칙들을 사용하려는 경향을 보이는 반면, 제시되는 정보의 양이 많을수록 사람들이 사용하는 정보의 양은 상대적으로 작아지게 되고 사용되는 규칙에 더 많은 변화가 있으며, 속성별 처리가 더 많이 일어난다는 것을 밝히었다. 또한, 상황이 중요할 경우에는 가능한 한 많은 정보를 이용하여 속성간의 보완을 고려하며, 선택에 필요한 시간이 부족할수록 쉽게 적용 가능한 비보완적인 규

칙(예, 사전찾기식 의사결정)을 사용한다고 하는 연구결과를 제시하였다.

Hogarth(1987)에 의해 제시된 갈등이론은 교통분야에서도 이미 적용된 바 있다. 이 이론은 선택을 갈등의 해소 과정으로 본다. 사람은 욕구를 충족시키기 위해 선택을 하는데 욕구로 인하여 어떤 목표를 갖게 되고 그 목표 달성을 위해 구체적인 대안을 생각하게 된다는 것이다. 다시 말해, 사람은 여러 대안을 생각하면서 갈등을 경험하게 되는데, '그 갈등은 하나를 취하면 다른 하나는 포기해야 하는, 즉 두 가지를 동시에 가질 수 없는 상황에서 비롯된다. 그래서, 이 이론에 의하면, 사람은 각 대안의 이득과 비용을 비교하여 결국 한 대안을 선택함으로써 갈등을 해소하게 되는 것이다.

또, Loomes(1982)는 후회이론을 제시하였다. 이 이론은 기대효용 이론이 너무 단순하다고 비판과 함께 제시된 것으로, 사람들이 최대 효용만으로 대안을 선택하는 것이 아니라, 자신이 선택하지 않은 대안으로 인한 후회를 최소화하는 선택을 한다고 본다. 다시 말해, 인간은 선택한 대안의 결과를 자신이 선택하지 않았던 대안의 결과와 비교를 하게 되는데, 이러한 이전 경험치를 통해 새로운 선택이나 결정에 앞서 자신이 느끼게 될 후회에 대해 예측하고, 그 후회 정도를 선택 시에 고려하게 된다는 것이다.

이 밖에도 동기요인(motivational factors) 이론이 있다. Larrick(1993)은 동기 이론을 통하여 사람들의 선택행동이 경쟁하는 두 욕망 사이의 절충으로 나타난다고 보았다. 즉, 사람들은 가치를 극대화할 수 있는 대안을 선택하기를 원하면서 동시에 실망감을 가져오는 열등한 선택을 피하기를 원하기 때문에 이 두 욕구는 긴장 관계에 있으면서 사람으로 하여금 얼마간의 리스크를 감수하는 행동을 취하게 한다는 것이다.

동기 요인을 구체화한 몇 가지 이론 중의 하나로 Atkinson(1957, 1983)의 위험수용이론(theory of risk taking)이 있다. Atkinson은 사람들이 성취감을 극대화시키는 행동을 선택한다고 보는데 이때 성취감과 과제의 난이도에 따라 달라진다고 한다. 또 다른 이론으로는 Lopes(1987)의 위험선호의 이요인 이론(two-factor theory of preference)이 있다. 이 이론에 의하면 사람은 선택에 따른 결과가 가져올 기대수준(level of

aspiration)과 선택에 따라 예상되는 결과가 발생할 확실성 사이에서 의사 결정을 하게 되는데, 리스크 회피형의 사람은 확실한 결과가 기대되는 대안을 선호하고, 동시에 대안이 가져오는 최악의 결과에 초점을 맞추는 반면, 리스크 모험형의 경우는 결과의 확실성 보다는 기대 수준이 높은 모험적인 결과를 선호하고 대안이 가져오는 최선의 결과에 초점을 맞추어 선택하게 된다.

III. 경로선택행동에 관한 종래의 연구

II장에서는 인간의 선택 행동에 대한 일반적 이론으로서 경제학의 기대 효용 이론과 심리학 분야의 이론들을 간단히 살펴보았다. 본 장에서는 교통 분야의 경로선택 행동 분석에 대한 연구 결과들을 살펴보기로 한다.

텔레매틱스와 같은 수준 높은 교통정보 제공서비스를 위해서는 제공되는 정보와 운전자의 경로선택 행동간의 관계를 명백하게 밝히는 것이 중요하다. 이를 위해서는 운전자의 행동 분석에 기초한 정보 제공의 소프트웨어 측면을 연구할 필요가 있으며, 정보의 내용, 정보의 정확성, 그리고 정보제공의 타이밍이 중요한 연구 대상이 된다. 이러한 관점에서 종래의 연구들을 살펴보기로 한다.

먼저, Iida(1999)는 정보의 정확성이 운전자의 경로선택 메카니즘에 끼치는 영향을 분석하였다. 이들은 이 연구에서, 피실험자는 소요시간 정보와 자신의 운전경험에 기초하여 목적지까지의 소요시간을 예측한다고 가정하고, 1OD 2Route인 간단한 도로 네트워크를 통해 정보시스템과 도로 네트워크의 대한 지식을 쌓도록 하였다. 이때, 피실험자는 정보를 받지 못하는 경우, 부정확한 정보를 받는 경우, 매우 정확한 정보를 받는 경우 등 세 가지 경우로 나누었다. 연구 결과, 운전자의 경로선택 행동 메커니즘은 정보의 제공 여부에 따라 변화를 보였으며, 제공된 정보의 정확도에도 영향을 받는 것으로 나타났다. 또, 운전자는 한번 형성된 자신의 경로 선택 메카니즘을 (정보의 정확도가 변해도) 쉽사리 바꾸려 하지 않는, 행동 메커니즘의 관성(inertia)이 있음을 제시하였다.

Fujii(2001)은 운전자의 소요시간 예측 능력은 그 개인이 획득한 정보

의 양과 질에 의해 영향을 받는다고 생각하였다. 따라서, 이들은 예측 통행시간과 관련하여 운전자가 획득한 정보와 경험이 어떠한 영향을 주는가를 분석하였다. 이를 위해 한신 고속도로의 Sakai Route(境線)에서 앙케이트를 행하였고, 조사자료는 통근 시 이용한 교통수단, 이용 경로, 실제 통행시간, 예측 통행시간 등이었다. 앙케이트 분석결과, 도로에 익숙하지 않은 운전자들은 익숙한 운전자에 비해 정보 획득에 더 열심이었고, 소요시간 정보를 획득한 운전자는 그렇지 못한 운전자보다 더욱 정교한 통행시간을 예측한다는 것을 알 수 있었다. 또한, 목적지까지의 소요시간을 정확하게 예측할 수 있는 정보가 제공된다면 운전자의 경험이 반드시 참조되는 것은 아니다라는 것을 알 수 있었다. 이와 관련된 연구로서, kokawa(小川, 1999)는 “운전자의 예측 소요시간과 실제 소요시간의 분포가 일치한다”라는 기존의 연구결과(Chang 1998, Hall 1983, Yamasita, 1996, Fujii 1999)에 근거하여 소요시간 정보의 정확도를 소요시간 정보와 운전자가 예측한 소요시간과의 차이로 정의하였고, 그 차이가 20% 이내일 때 소요시간 정보가 운전자의 경로선택 행동에 영향을 미친다는 연구결과를 제시하였다.

Srinivasan(1999)은 경로선택행동 메커니즘으로 compliance와 inertia를 고려한 multinomial logit model을 제안하였는데, 이를 통해, 운전자는 교통정보에 따라 경로를 선택하려는 경향(Compliance 메커니즘)과, 운전자가 자신의 현 경로를 계속 고집하려는 경향(inertia 메커니즘)을 제시하였다. 이 연구에서 운전자는 대안 도로들 중에서 효용이 가장 큰 도로를 선택하며, 주요 도로시설의 관점에서 경로를 잘 인지하고 있다고 가정하고 있다. 연구 대상 도로는 출퇴근을 위한 3개의 병렬 도로로 구성되어 있고, 각 도로는 속도 제한이 있으며, 주행 중에 경로 변경이 가능한 네 개의 지점이 있다. 실험은 시뮬레이션에 의해 수행되었으며, 도로 네트워크의 교통수요를 3개의 레벨로 나누어 적용하였다. 피험자들은 자신들의 출발시간을 선택할 수 있으며, 교통 정보에 의해 주행 전 및 주행 중에 경로를 선택 및 변경할 수 있도록 하였다. 연구 결과, 혼잡이 증가하면 교통정보에 따라 경로를 선택하려는 경향이 강해지며, 교통정보의 신뢰성이 떨어질 때 교통정보에 따라 경로를 변경하기보다는 자신의 현 경로를 유지하려는 경향을 크

게 나타내었다. 이와 유사한 연구로서, Uno(2001)은 자기 자신의 경로에 어떤 심각한 문제가 있음에도 불구하고, 우회 경로에 대한 정보가 없을 때는 우회경로로의 경로 변경을 쉽게 결정하지 못하는 의사결정의 불능상태가 있음을 제시하였다.

Adler(1993)은 운전자의 경로선택 행동을 갈등과 동기에 기초한 방법론을 통해 분석하기 위한 시뮬레이션을 제안하였다. 그들은 운전자의 경로선택은 통행목표에 의해 결정되며, 운전자의 경로 변경은 통행목표를 달성하기 위한 운전자의 판단에 의해서만 이루어진다고 생각하였다. 이 연구에서 적용된 경로선택 행동 모델은 갈등 이론에 기초하고 있다. 이 모델에 따라 운전자는 통행 이전 자신의 통행 목표에 가장 근접한 경로를 선택하지만, 운전자가 자신의 현 경로를 지속할 경우에 통행목표를 달성할 수 없다고 판단될 경우에는 경로 변경을 하게 된다. 이 연구에서 운전자의 통행 목표는 도착 지연의 최소화, 소요시간의 최소화, 정지수의 최소화, 회전수의 최소화 등 4개의 요소로 구성하고 있으며, VMS(Variable Message Signs), HAR(Highway Advisory Radio), IVNS(In Vehicle Navigation System) 등에 의해 정보를 제공 받는 것으로 가정하고 있다.

이외에도, Nakayama(2000)는, 불확실성 하에서 인간은 반드시 확률적으로 행동하는 것은 아니고, 자기의 경험에 의한 나름대로의 경로선택 원칙을 만들고 그것에 기초해 행동한다는, 즉 귀납적 추론에 기초한 경로선택 행동을 정식화하였다. 이때, 운전자는 if-then 룰에 의한 행동규칙을 만들고, 과거의 m일분의 주행경로와 여행시간을 기억한다고 가정하였다. 이 연구결과, 운전자에게는 교통환경의 변화가 적은 경우, 경로 선택시에 사고를 생략하고, 어떤 강한 믿음에 의한 행동의 동결이 나타나는 행동의 관습화가 나타남을 제시하였다.

시간제약과 관련된 경로선택 행동 연구로서, Kuwabara(1985), Akamtsu(2000), Ran(1996)은 근무개시 시각 등의 시간제약이 있는 경우에는 통행비용을 지체 시간과 출발시각의 조정에 따른 스케줄 지연 시간으로 보고 이 통행비용이 최소가 되는 출발시각과 경로의 동시선택 문제를 정식화하는 연구를 수행하였다. 또한, yamasita(山下,1996)은 시간제약과 지각확률을 고려한 교통행동 분석으로서 공항 접근 교통을 대

상으로 지각확률에 대한 지각회피 행동을 출발시각 선택행동을 통해 모델화했다. 최근, Iida(飯田, 2000)은 통근교통을 대상으로 지각확률을 고려한 출발시각 선택과 경로선택 행동을 모델화하였고, Byun(2003)은 운전자의 처한 상황에 따라 시간가치가 달라지며, 따라서 동일한 교통상황하에서도 경로선택 행동이 동일하지 않다는 것을 '지각패널티'에 의해 설명하였고, 이를 모델화하였다.

IV. 향후 연구과제

지금까지 경로선택 행동과 관련된 기존의 연구들을 개략적으로 살펴 보았다. 본 장에서는 이들 기존 연구들에서 고려하지 못했던 이슈들과 향후 해결해야 할 몇 가지 과제들을 정리하여 제시하고자 한다.

우선, 기존의 연구들은 도로 네트워크의 불확실성을 충분히 고려하지 못했음을 알 수 있었다. 여기서, 불확실성이란 사람이 경로를 선택하는 때의 불확실성만이 아니라, 주변의 도로 네트워크로부터 유입된 교통량에 의한 불확실성을 포함한다. 전자의 경우는, 랜덤 기대효용 모델에 의해 어느 정도의 설명이 가능하지만, 후자의 경우는 아직까지 충분한 연구 결과가 제시되지 못하고 있다.

또한, 운전자의 정보 의존과 관련된 종래의 연구는 정보의 의존도를 대체로 제공정보와 실제소요시간(혹은 지각소요시간)의 차에 의해 설명하여 왔다. 이들 연구는 정보가 정확하면 정보에 대한 의존도가 높아진다는 결론을 내리고 있고, 혼잡 혹은 매일 매일의 교통수요가 크게 변할 경우 정보의존도가 높게 되고, 주행경험이 많아지면 정보의존도가 낮아진다고 하고 있다. 그러나, 이들 연구결과들도 제공정보와 축적된 경험 모두 정확도 낮은 경우(혹은 높은 경우), 목적지까지의 도착시간 예측을 위해 정보에 어느 정도 의존할 것인가에 대해 그 답을 충분히 제시하지 못하고 있다. 다시 말해, 정보 의존도에 있어서 정보의 정확도를 고려한 연구는 있지만, 운전자의 경험을 고려한 연구는 흔치 않았다고 말할 수 있다.

또한, 기존의 연구들은 정보의 정확도를 고정시켜 왔음을 알 수 있다. 그러나, 운전자마다 제공정보에 대해 느끼는 정확도는 다를 수 있고, 교

통상황에 따라서도 시스템이 제공하는 정보의 정확도는 달라질 수 있다. 가령, 소통이 원활한 경우 높은 정확도를 갖는 교통 시스템이라 할지라도, 혼잡한 경우에는 높은 정확도의 교통정보 제공이 어려운 경우가 흔하기 때문이다.

또한, 기존 연구는 운전자를 외부 시스템으로부터 획득한 정보를 이용하여 경로를 선택하는 정보이용층과, 자신의 주행경험만을 참조하려는 경험이용층 등으로 분류하고 있다. 즉, 운전자의 경로선택 행동을 극히 단순화하여 경로선택 행동을 설명하려고 하고 있는 것이다. 이러한 행동 메커니즘만을 따른다면, 동일 교통상황에서 동일 시간대에 동일한 목적을 갖고 동일한 지점에서 경로를 선택할 경우, 정보이용층 운전자는 모두 같은 경로를 선택하게 된다. 그러나, 동일 교통상황에서 동일한 정보이용층 운전자들이 서로 다른 경로를 선택하고 있다는 것을 실세계에서 어렵지 않게 찾을 수 있는데, 긴급성과 같이 운전자가 처한 상황이 다른 경우가 여기에 해당한다.

상기의 기존 연구의 검토 결과를 정리하면, 금후의 교통정보 제공 효과 및 경로선택 행동 분석 연구에는 다음과 같은 사항이 고려되어야 한다고 생각한다.

- ① 도로 교통상황에 대한 불확실성
- ② 정보와 경험 모두를 고려한 운전자의 정보의존도
- ③ 운전자가 처한 상황에 따라 경로선택 행동의 차이를 설명할 수 있는 모델의 개발

참고문헌

1. Akamtsu, T. and Kuwahara, M.(2000), Dynamic Network Equilibrium Model of Simulations Route/Departure Time Choice for a Many-to-One OD Pattern, submitted to Transportation Research B.
2. Behn, R.D. and Vaupel, J.W.(1982), "Quick Analysis for

- Busy Decision Makers, Basic Books, Inc, New York.
3. Chang, G.L. and H.S., Mahmassani(1998), "Travel Time Prediction and Departure Time Adjustment Behavior Dynamics in a Congested Traffic System, Transportation Research, Vol, 22B, pp.217~232.
 4. Fujii, S and R. Kitamura(1999), Framing Uncertainty Travel Time : A Re-examination of Departure Time Choice, mimeograph.
 5. Fujii, S, T. Morita, R, Kitamura and M. Sugiyama.(1999), An Emprical Analysis of the Heterogeneity in Attitude toward Uncertainty and Development of a Route-Choice Model for Demand Forecasting, Infrastructure Planning Review, No. 16.
 6. Hall, R. W.(1983), Travel Outcome and Performance the Effect of Uncertainty on Accessibility, Transportation Research, Vol.17B, pp.275~290.
 7. Jeffrey L. Adler, Wilfred W. Recker(1993), Michael G. McNally, A Conflict Model and Interactive simulator (FASTCARS) for Predicting Enroute Driver Behavior in Response to Real-Time Traffic Condition Information, Published in Transportation, 20, pp.83~106.
 - 8) Karthik K. Srinivasan, Hani S. Mahmassani(1999), Modeling Inertia and Compliance Mechanisms in Route Choice Behavior under Real-Time Information, Transportation Research Board and publication in Transportation Research Record.
 9. Kuwahara, M.(1985), A Time-Dependent Network Analysis for Highway Commute Traffic in a Single Core City, Institute of Transportation Studies, University of California, Berkeley, Dissertation Series, UCB-ITS-DS-85-2.
 10. March, J. G.(1978), Bounded rationality, anbiguity, and

- the engineering of choice, *Bell Journal of Economics*, 9, pp.587-608.
11. Nobuhiro Uno, Yasunori Iida, Seiichiro Kawaratani and Masumi Suganuma.(2001), An Analysis of Potential of Providing Information on Traffic Accident to Enhance Travel Time Reliability, *INSTR*, pp65~68.
 12. Payne, J. W. (1976), Task complexity and contingent processing in decision making: An information search and protocol analysis. *Organizational Behavior and Human Performance*, 16, pp.366~387.
 13. Ran, B., Hall, R.W. and Boyce, D.E.(1996), A Link-Based Variation Inequality Model for Dynamic Departure Time/Route Choice, *Transportation Research* 30B, pp.31~46.
 14. Satoshi Fujii and Ryuichi Kitamura(2001), Information Dominance Hypothesis and Experience Dominance Hypothesis for Drivers Anticipated Travel Time, *INSTR*.
 15. Shoichiro Nakayama and Ryuichi Kitamura(2000), A Route Choice Model with Inductive Learning, *TRB* 00733, p.10.
 16. Simon, H.(1956), Rational choice and the structure of environment. *Psychological Review*, 63, pp.129~138.
 17. Yamashita, S. and K. Kuroda.(1996), Uncertainty Evaluation and Delay Avoidance in Mode Choice(in Japanese with English abstract), *Journal of Infrastructure Planning and Management*, Japan Society of Civil Engineers, No.536, IV-31, pp.59-68.
 18. Yasunori Iida, Nobuhiro Uno and Tadashi Yamada(1999), Experimental Analysis of Effects of Travel Time Information on Dynamic Route Choice Behavior, In *Behavior and Network Impacts of Driver Information Systems*(Emmerink, R. and Nijkamp, P.eds), Ashgate.

19. Wanhee Byun, Yasunori Iida(2003), "Travel Choice Behavior under Road Pricing", Theory and Practice of Congestion Charging Symposium, Imperial College London.
20. 小川圭一(1999), 交通情報の提供による経路選擇行動への影響, 土木計畫學會學術研究會, ITS研究ワークショップ.
21. 山下智志(1996), 黒田勝彦, 交通機關の定時性と遅刻回避形効用關數, 土木學會論文集, No.536/IV-31, pp.59~68.
22. 飯田恭敬(1991), 柳澤吉保, 内田敬: 通勤交通の経路選擇と出發時刻分布の同時推定法, 土木計畫學研究論文集, No.9, pp.93~100.