

손해배상모형을 활용한 자율주행자동차 사고위험에 대한 연구

조 인 오* · 김 철 영**

요약

본 연구에선 손해배상모형을 활용하여 자율주행기술의 발전이 자동차 사고 위험에 미치는 영향에 대해 이론적으로 분석하고 있다. 분석에 의하면 엄격책임(strict liability) 하에선 자율주행기술이 발전함에 따라 운전자의 태만함이 증가할 수 있으며, 이러한 효과의 크기에 따라 사고확률 자체가 높아질 수 있다. 하지만 과실책임(negligence) 하에선 자율주행기술이 발전하더라도 운전자의 태만함이 증가하는 효과가 존재하지 않으며, 따라서 만약 자율주행자동차 사고위험에 대한 대중의 경각심이 큰 상황이라면 엄격책임 방식보다는 과실책임 방식으로 규제하는 것이 사회 전반에 대한 자율주행기술 도입 속도를 높일 수 있는 방법이라 할 수 있다.

주제분류 : B030200, B030901

핵심 주제어 : 손해배상모형, 자율주행자동차, 사고 위험, 엄격책임, 과실책임

I. 서론

21세기 들어서면서 과거엔 상상 속의 산물에 불과했던 자율주행자동차 관련 기술이 눈부시게 발전하고 있다. 몇 년 전까지만 하더라도 고급 자동차에서 사용할 수 있었던 차선 유지나 크루즈 컨트롤(운행 제어) 시스템은 이제는 경차에서도 사용할 수 있을 뿐만 아니라, 비록 아직 제한적이긴 하지만 한국의 도로에서 점차 자율주행 시스템이 자율적으로 차량을 운행하는 모습을 종종 볼 수 있다. 이 분야의 선도기업인 미국의 테슬라는 2023년 5

* 제1저자, 연세대학교 경제학과 박사과정, e-mail: cio513@naver.com

** 교신저자, 연세대학교 경제학부 교수, e-mail: chulyoung.kim@yonsei.ac.kr

월 기준으로¹⁾ 자사의 자율주행자동차들이 총 1천억 마일을 운행하였음을 공지하였으며, 현대자동차를 비롯한 여러 주요 자동차기업들 역시 자사의 자율주행자동차 운행거리를 급속히 높이고 있다.

자율주행기술은 미국자동차공학회의 구분법에 따르면 크게 6레벨로 구분된다.²⁾ 레벨 0~2는 차선 유지 혹은 크루즈 시스템과 같이 인간의 운전을 보조하는 기술을 의미한다. 레벨 3은 “조건부 자동화 단계”로 주행 시 운전자의 적극적 개입은 필요 없지만, 긴급하거나 예상 밖의 상황으로 인해 시스템이 요청하면 운전자가 운행에 개입하는 방식의 기술이다. 레벨 4는 “고도 자동화 단계”이며 악천후 등 특정 상황을 제외하고는 모든 구간에서 인간이 제어권을 가지지 않고 자율주행시스템이 운전을 담당하는 기술이다. 마지막으로 레벨 5는 “완전 자동화 단계”로 운전이 진행되는 전 구간에서 자율주행시스템이 운전을 담당한다. 레벨 5의 기술이 달성되면 인간이 운전하는데 필요한 차량의 조향과 가속 및 감속 제어 장치들이 차량에 설치되지 않아도 된다. 현시점에서 아직 레벨 4단계의 자율주행자동차가 상용화되어 있지는 않지만, 구글의 웨이모나 테슬라 차량의 경우 레벨 4 수준에 이른 것으로 평가되고 있으며 각 자동차회사는 몇 년 이내에 레벨 5단계의 완전 자율주행기술을 개발할 수 있을 것으로 전망하고 있다.

대한민국 또한 나날이 자율주행자동차에 대한 관심도가 높아지고 있고, 관련 기술을 발전시키고 있다. 지난 2023년 글로벌 시장조사 전문기관 ‘가이드하우스 인사이트’에서 발표한 자율주행 기술 종합순위에 따르면, 현대차 그룹과 애플이브가 합작한 미국 기업 ‘모셔널’이 5위, 국내 스타트업인 ‘오토너머스아이투지’가 13위를 기록했다.³⁾ 오토너머스아이투지는 국내기업으로는 유일하게 순위권에 들었다. 그뿐만 아니라 현대차그룹은 최근 구글 웨이모와 제휴를 맺어 자사 차량에 웨이모의 기술을 적용할 계획을 가지고 있다.⁴⁾ 또한 정부 차원에서 국토교통부는 서울시에 자율주행자동차 시범운행지구를 지정하고 지속적으로 확대하고 있으며⁵⁾ 지난 2024년 하반기에는 화성시에

1) <https://x.com/Tesla/status/1658301638514298880?mx=2>

2) 산업통상자원부, “자율주행 레벨 4+ 상용화 앞당긴다!”, 『산업통상자원부 보도자료』, 2021.3.23.

3) 전자신문, “韓 ‘오토너머스아이투지’, 글로벌 자율주행 기술력 ‘13위’ 쾌거”, 2023.3.2.

4) 이코노미뉴스, “자율주행차 시대, 한국 자동차산업 준비됐나”, 2024.10.25..

5) 테크월드뉴스, “대한민국의 자율주행 현주소... 시범 운행 현황과 적용 기술”, 2023.9.27..

도 전국 최대 규모로 시험운행지구를 신규 지정하였다.⁶⁾ 산업통상자원부는 여러 기업, 기관, 대학 등과 함께 차량 및 사람 인지를 넘어서서 돌발 상황에까지 대응할 수 있는 한국형 ‘레벨 4 플러스’ 자율주행자동차를 개발하며 올해 시연을 목표로 하고 있다.⁷⁾

한편으로 자율주행기술에 대한 장밋빛 미래가 전망되고 있는 반면에, 종종 발생하는 사고 소식들은 대중으로 하여금 자율주행의 미래에 대한 회의를 불러일으키곤 한다. 미국에선 자율주행자동차 사고가 발생하면 미국교통부에 보고하게 되어 있는데, NHTSA(National Highway Traffic Safety Administration) 데이터에 의하면 2019년에서 2024년 상반기까지 총 3,979건의 자율주행자동차 사고가 발생하였으며 이러한 사고 건수는 해마다 증가하는 추세다. 이렇게 증가하는 사고 건수는 소비자들로 하여금 자율주행기술에 대해 의구심을 품게 하는데, 특히 테슬라 자동차가 컨테이너 트럭의 옆면을 하늘과 구분하지 못하여 사망 사고가 발생하는 등의 경우로 인해 이러한 의구심이 더욱 증폭되는 경향이 있다.

이러한 기술적 한계로 인해 발생하는 사고 이외에도, 자율주행기술에 대한 과신으로 인해 운전자 부주의 정도가 증가함으로 인한 사고 역시 큰 논란이 되고 있다.⁸⁾ 현재 상용화된 자동차 중 가장 자율주행기술 수준이 높은 것으로 평가되고 있는 테슬라의 경우, 운전자가 주행 중 지속적으로 주행 상황에 대해 주의해야 함에도 불구하고 많은 운전자가 부주의한 모습을 보이는 것이 현실이다. 만약 자율주행기술의 수준이 높아짐에 따라 이러한 운전자의 주의 태만 정도가 증가한다면 자율주행기술이 사회전반에 도입됨에 따라 자동차 사고확률이 높아지는 결과가 발생할 수도 있을 것이다. 따라서 비록 자율주행기술의 도입이 전반적으로 사회후생을 높인다고 하더라도, 만약 사회구성원들이 사고확률의 증가에 민감하게 반응한다면 이로써 기술의 사회적 확산에 큰 장애물로 작동하게 될 것이다.

본 연구에선 범경제학에서 주로 활용되는 손해배상모형을 활용하여 이러한 상황을 분석하고 있다. 구체적으로, 엄격책임과 과실책임 방식 규제의

6) 연합뉴스TV, “자율주행 첫걸음…화성시, 자율주행차 시범운행지구 신규 지정”, 2024.12.5..

7) 전자신문, “한국형 레벨4+ 자율주행차 내년 나온다”, 2024.7.21.

8) Guardian, “Tesla driver killed while using autopilot was watching Harry Potter, witness says”, 2016.7.1.

효과를 비교하고 있는데, 사회구성원들이 사고확률에 민감하게 반응하는 상황에서 과연 어떤 규제 방식이 사고확률에 미치는 부정적 효과를 최소화하는지를 분석하고 있다.

본 연구와 관련된 문헌은 다음과 같다. 먼저 여러 법학 연구는 전통적인 제조물책임(product liability) 방식을 유지해도 문제가 없다고 주장한다. Vladeck(2014) 연구는 비대칭적 정보로 인해 사고 원인에 대한 책임을 밝히낼 수 없는 경우가 아니라면, 기존의 법체계를 유지하며 자율주행자동차 제조업체뿐 아니라 부품 제조업체 모두를 포괄하여 책임을 부여하는 방식을 주장하고 있다. 나아가 자율주행 기계가 일으킨 사고의 책임을 정확히 규명할 수 없을 때는 제조사가 피해를 보상하는 방식을 이용해야 함을 강조하고 있다. Smith(2017) 연구 역시 기존의 제조물책임 방식이 자율주행자동차 관련 사고에도 적용될 수 있다고 보았다. 나아가 자율주행자동차를 하나의 제품이 아닌 서비스로 접근하는 모델을 제안했고, 비록 자율주행자동차가 대중화가 되어 사고 비중을 많이 차지하더라도 자동차 사고가 지금보다 적을 것으로 예상했다. Logue(2019) 연구에서도 미래에는 운전자의 과실책임 형태는 사라지면서 자동차 기업의 제조물책임 방식만 남는데, 자동차 제조사가 사고에 대한 책임을 온전히 지면서 자동차 보험 산업과 더 긴밀히 협력하거나 보험회사의 역할까지 맡게될 것으로 예상하였다. Lemann(2019) 연구에서는 자율주행자동차로 인해 발생한 4가지 사망 사고를 분석하여 자율주행자동차 관련 사고에도 전통적인 제조물책임 방식을 도입하여 제조사에 책임을 부과하는 방식을 주장하고 있다. 국제법, 유럽 연합 및 유럽 나라별 제도를 분석하고 미국 법제도와도 비교 분석한 Chatzipanagiotis and Leloudas(2020) 연구 역시 새로운 법적 체계가 필요하다고 보지 않고 전통적인 책임 규정을 옹호하는 입장이다.

이와 대조적으로 전통적 제조물책임 방식을 수정 및 보완해야 한다고 주장하는 법학 연구들 역시 존재한다. Cowger(2018) 연구는 자율주행자동차의 소프트웨어 업데이트가 알고리즘을 학습하면서 변화하는 특징을 지적하며, 불가피한 충돌 발생 시 자율주행자동차가 학습한 알고리즘을 바탕으로 피해를 줄 대상을 선택하는 상황이 발생할 수 있는데 이러한 상황은 전통적인 제조물책임 방식을 적용하기 어렵다고 보았다. 따라서 이런 경우는 특정 개인이나 집단에 책임을 묻는 대신, 사고가 발생했을 경우를 대비해

자율주행자동차 보험 상품을 만들어 피해자를 보상하는 방안을 제안하고 있다. Kim(2018) 연구에서도 의도치 않은 소프트웨어 결함으로 인해 사고가 발생했을 때 기존 제조물책임 방식을 그대로 적용하기 어려움을 지적하며, 자율주행자동차를 마치 한 명의 운전자로 취급해서 보험 상품을 만들어 사고를 대비해야 함을 강조하고 있다.

Abraham and Rabin(2019) 연구는 레벨 4-5단계 기술의 자율주행자동차의 점유율이 국가의 25% 이상일 때는 기존의 제조물책임 방식이 아닌 “Manufacturer Enterprise Responsibility(MER)”라는 제도를 도입해야 한다고 주장하고 있다. 해당 제도는 자동차 소유주 혹은 사용자에게 과실책임이 없을 때 제조업체들이 자금을 제공하여 운영되는 기금으로 사고 피해를 보상하는 제도를 의미한다. Davola(2018) 연구에서는 MER을 보완하여 두 단계에 걸친 엄격책임 방식을 제안하였다. 만약 사고 자동차 제조업체의 과실이 발견될 경우는 해당 업체가 피해액 전액을 보상하고, 만약 과실이 발견되지 않을 시에는 제조업체들의 자금 50%와 공공재원 50%로 운영되는 기금으로 보상하는 방식이 더 좋을 것으로 분석했다.

Wansley(2021) 연구에 따르면 자율주행자동차의 사고 이력 데이터를 분석한 결과 사고 횟수는 줄었지만, 보행자와 같은 도로 사용자의 부주의함 혹은 실수로 인해 발생한 사고를 피하지 못하는 것으로 나타났다. 이에 대해 저자는 인간의 부주의함 혹은 과실로 인해 발생한 사고마저 자율주행자동차를 만든 기업이 책임을 지는 제도를 제안하며, 이에 따라 자동차 제조사가 더 안전하고 좋은 자율주행자동차를 만들 것이라 주장하고 있다. Mackie(2018) 연구는 호주의 현행법상 4단계 이상의 기술이 적용된 자율주행자동차로 인해 사고가 발생하는 경우, 원고 측이 제품의 결함을 증명하거나 제조업체에 과실책임을 묻기가 복잡하고 어려움을 지적하고 있다. Epstein(2021) 연구는 기존 과실책임 체제가 자율주행자동차와 관련해서도 잘 작동되기 때문에 기존 법체계를 급진적으로 바뀌서는 안 되며, 현행 체계를 유지하면서 기존에 경험치 못한 사건 사고들이 발생했을 때 보완하며 개정해야 할 필요성을 강조하고 있다.

경제학계에서도 자율주행자동차 사고 관련하여 여러 연구가 진행되어 오고 있다. Talley(2019) 연구는 미국 각 주의 현행 제도에 대해 알아보고, 운전자들이 자율주행자동차와 일반자동차를 선택하여 운전할 수 있는 경우

에 과연 어떤 제도를 통해 사회적으로 바람직한 결과를 유도할 수 있는지를 이론적으로 연구하였다. 후속 연구에 해당하는 Di et al.(2020) 연구에서는 과실책임 바탕의 제도를 가정하고 운전자, 자율주행자동차 제조사, 입법자 등 여러 경제주체 간의 게임 상황을 연구하여 인간의 도덕적 해이를 예방하고 제조사가 안전한 자동차를 만들도록 하는 수준의 규제 방식에 대해 이론적으로 분석하였다. Shavell(2020) 연구는 전통적 책임 방식은 레벨 5단계 자율주행자동차의 사고에는 잘 적용되지 않음을 수학적으로 논증하며, 사고 피해에 대한 배상금을 피해자가 아닌 국가에 지급하는 것이 사회적으로 더 나은 결과를 도출할 수 있음을 보이고 있다. De Chiara et al. (2021) 연구에서는 자율주행자동차 독점기업 및 완전경쟁을 하는 다수의 일반자동차 기업들이 존재하는 시장을 이론적으로 분석하고 있다. 분석 결과에 의하면 독점기업의 R&D 투자가 자율주행자동차의 사고확률을 줄이는 상황에서 운전자와 제조사에 엄격책임을 적용할 때, 독점기업이 R&D 투자를 할 유인이 생기며 소비자 또한 자율주행자동차를 구매할 유인이 생겨 최선의 결과를 도출할 수 있는 것으로 나타났다. Guerra et al. (2022) 연구는 “Manufacturer Residual Liability(MRL)”라는 규제 방식을 제시했는데, 자율주행자동차 사고에 대해 운전자나 피해자에게 과실책임이 있을 때는 해당 주체가 사고비용을 부담하고, 두 주체 모두에게 과실책임이 없으면 제조사가 사고비용을 부담하는 방식이다. 해당 연구에 따르면 MRL 규제 방식은 운전자와 피해자에게 충분히 조심할 유인을 제공하고, 제조사에는 더 안전한 제품을 만들 유인을 제공한다. 마지막으로 Kim (2024) 연구는 제조사에게 사고 피해에 대한 모든 책임을 부담시키는 것은 4단계 이상의 자율주행자동차의 사고에는 비효율적일 수 있고, MRL도 3단계 이하의 자율주행자동차의 경우에만 효율적일 수 있음을 지적하고 있다. 그리고 레벨 4단계 이상의 자율주행자동차를 운전하는 사용자로 하여금 운행거리를 강제할 수 없을 때는 “Human Operator Residual Liability(HRL)”라는 규제 방식을 제안하고 있는데, 제조사와 피해자에게는 과실책임 방식을 적용하고 사용자에게는 기여과실(contributory negligence) 혹은 과실상계(comparative negligence)를 적용하는 규제 방식이다. HRL은 피해자는 사고확률에 영향을 미치지 못하는 경우엔 사회적으로 바람직한 결과를 달성할 수 있도록 유도하는 것이 가능하다. 이에 추가하여 만약 운

전자의 운행거리를 강제할 수 있는 상황이라면, 제조사와 사용자에게 과실 책임 방식을 적용하고 만약 두 주체 모두 과실이 없는 경우엔 피해자가 사고 피해를 모두 부담하는 “Victim Residual Liability(VRL)”를 최선의 규제 방식으로 제시하고 있다.

본 연구에선 앞서 소개한 경제학 논문들과 마찬가지로 손해배상모형을 활용하여 자율주행기술 발전의 효과에 대해 이론적으로 분석하고 있다. 하지만 다른 연구들과는 달리 본 연구는 기술 발전이 사고확률에 미치는 효과에 대해 중점적으로 분석하고 있으며, 다양한 규제 방식 아래에서 기술 발전이 사고확률에 영향을 미치는 요인들에 관해 연구하고 있다는 점에서 차별성이 있다. 기존 연구에도 사고확률은 모형의 주요 요인으로 나타나지만, 기존 문헌에서는 책임 방식에 따라 사고확률이 어떻게 다른지에 대해 구체적으로 분석을 하고 있지는 않다. 특히 기술이 발전함에 따라 사고확률이 변하는 양상을 각 책임 방식 하에서 구체적으로 분석한 연구는 없는 실정이다. 이렇게 사고확률에 초점을 둔 이유는 자율주행기술이 아무리 효율적이어도 사고확률이 높다면 소비자의 구매가 위축될 수 있기 때문이다. 이때 반응 정도가 민감하다면 기업에 이윤이 되지 않아 기술 발전이 저해될 가능성이 있다. 따라서 자율주행기술 수준과 사고확률 간의 관계를 살펴보고, 규제 방식마다 어떤 차이가 있는지 분석하는 것이 본 연구의 목표이다.

본 연구는 다음과 같이 구성된다. 다음 제Ⅱ장에선 기본적 형태의 손해배상모형에 자율주행기술 변수를 추가한 확장 모형을 제시하고, 이를 바탕으로 자율주행기술의 발전이 운전자의 안전운전을 위한 노력수준과 기대비용 및 사고확률에 미치는 영향에 대해 이론적으로 고찰하고 있다. 마지막으로 제Ⅲ장에서는 본 연구의 결과를 요약 및 정리하고 결론을 제시하고 있다.

Ⅱ. 손해배상모형과 자율주행기술

다음과 같은 손해배상모형을 생각해보자. 해당 모형에서는 운전자가 필요한 레벨 4 이하의 자율주행자동차를 가정한다. 운전자와 보행자라는 두 경제주체가 존재하며, 운전자는 자신의 노력(x)을 투입하여 사고확률(p)을 낮출 수 있다. 사고가 발생하면 보행자에게 h 만큼의 비용이 발생하며, 보행

자는 사고확률에 영향을 주지 못한다고 가정하자. 본 연구의 핵심 변수인 자율주행기술의 수준은 변수 a 로 나타내고, 이 값이 증가하면 자율주행기술이 높아지며 자동차 사고확률이 낮아진다고 가정하자. 따라서 자동차 사고확률함수는 $p(x, a)$ 로 주어지며, 운전자의 노력과 자율주행기술이 사고확률을 낮추는 효과는 다음의 편미분 값으로 정의할 수 있다.

$$p_x \equiv \frac{\partial p}{\partial x} < 0 \quad (1)$$

$$p_a \equiv \frac{\partial p}{\partial a} < 0 \quad (2)$$

식 (1)은 $p_x < 0$, 즉 운전자의 노력수준이 높아질 때 자동차 사고확률이 낮아짐을 의미한다. 마찬가지로 식 (2)는 $p_a < 0$, 즉 자율주행기술의 수준이 높아질수록 자동차 사고확률이 떨어짐을 나타낸다. 이에 추가하여 사고확률함수는 다음과 같은 2계 도함수 조건들을 만족한다고 가정하자.

$$p_{xx} > 0, p_{aa} > 0, p_{xa} = p_{ax} > 0 \quad (3)$$

식 (3)은 사고확률함수의 2계 도함수들이 모두 양수임을 가정하고 있는데, 이는 x 나 a 의 값이 증가함에 따라 사고확률을 낮추는 것이 점점 어려워진다는 것을 의미한다. 즉, 운전자의 노력 수준이 증가하거나 자율주행기술 수준이 발전할수록 사고확률이 감소하는 효과가 점차 줄어든다는 의미이다. 운전자의 노력의 경우, 초기에는 운전자의 주의력이나 적극적인 조치가 사고확률을 효과적으로 낮출 수 있지만, 일정 수준 이상에서는 추가 노력의 효과가 점점 감소하는 것이다. 이는 운전자의 피로 누적, 주의력 한계 등으로 인해 현실에서도 일정 이상의 노력 증가가 사고 감소에 미치는 효과가 제한적이라고 볼 수 있다. 반면 자율주행기술의 경우, 초기 기술 향상은 사고 예방에 크게 기여하지만 기술 수준이 높아질수록 추가적인 개선의 여지는 줄어든다. 특히 고도화된 자율주행기술일수록 소수의 극히 드문 사고를 예방하는 데 집중해야 하므로, 이에 따라 기술 향상에 드는 비용 대비 효과가 점점 감소하는 것으로 해석할 수 있다.

먼저 엄격책임(strict liability)의 경우를 살펴보자. 엄격책임 하에선 자

동차 사고 발생 시 운전자의 과실 여부와 상관없이 운전자가 보행자에게 발생한 비용을 전액 배상해야 한다. 따라서 운전자의 기대비용(expected cost) 최소화 문제는 다음과 같다.

$$\min_x x + p(x, a)h$$

즉, 운전자는 엄격책임 하에서 자신의 기대비용을 최소화하고자 한다. 기대비용의 첫 번째 부분은 노력비용(x)이며, 두 번째 부분은 기대사고비용($p(x, a)h$, expected accident cost)이다. 운전자 입장에서는 이 두 부분의 비용 간에 상충관계가 존재하는데, 노력비용을 줄이기 위해 노력수준을 줄이게 되면 이에 따라 사고확률이 증가하여 기대사고비용이 증가하기 때문이다. 따라서 운전자는 이 두 비용 간의 상충관계를 고려하여 자신에게 최선의 선택을 하게 된다. 이러한 운전자의 선택(x^*)은 다음의 1계 조건으로부터 도출할 수 있다.

$$1 = -p_x(x^*, a)h \quad (4)$$

좌변에 나오는 값인 1이 의미하는 바는 운전자가 노력수준을 한 단위 높일 때 추가로 발생하는 노력비용을 의미하는데, 본 모형에선 노력수준과 노력비용이 동일하기 때문에 노력비용 역시 한 단위 높아진다. 우변에 나오는 값은 운전자가 노력수준을 한 단위 높임으로 인해 사고확률이 줄어들고 따라서 기대사고비용이 줄어드는 양을 나타낸다. 위의 1계 조건 식 (4)에 의하면 이러한 양변의 값이 같아지는 수준에서 운전자의 노력수준인 x^* 가 결정된다.

그렇다면 자율주행기술이 발전함에 따라 운전자의 노력수준은 어떻게 변하게 될 것인가? 위의 1계 조건을 전미분함으로써 이에 대한 답을 내릴 수 있는데, 전미분을 하면 아래와 같은 식을 얻을 수 있다.

$$x_a^* \equiv \frac{\partial x^*}{\partial a} = -\frac{p_{xa}}{p_{xx}} < 0 \quad (5)$$

식 (5)에 의하면 자율주행기술이 발전함에 따라 운전자의 노력수준은 줄어들게 됨을 알 수 있는데, 이러한 결과는 자율주행기술과 운전자의 노력수준이 대체관계(substitutes)에 있음을 나타낸다. 따라서 자율주행기술이 발전함에 따라 운전자의 태만함이 급격히 증가한다면 자동차 사고확률은 오히려 증가할 수 있을 것이다. 이러한 점을 아래 식으로부터 확인할 수 있다.

$$\frac{dp^*}{da} = \underbrace{p_x^*}_{(-)} \times \underbrace{x_a^*}_{(-)} + \underbrace{p_a^*}_{(-)} \quad (6)$$

위 식 (6)은 운전자의 선택을 감안할 때 자율주행기술의 발전이 자동차 사고확률에 어떻게 영향을 미치는지를 우리에게 알려준다. 앞서 사고확률함수에 대한 가정인 식 (2)에 의해 자율주행기술의 발전은 사고확률을 낮추는 역할을 하는데, 이러한 효과는 식 (6)의 마지막 항인 p_a^* 에 나타난다. 하지만 자율주행기술의 수준이 높아질 때 식 (5)에 의해 운전자의 노력수준이 감소하게 되므로, 이러한 점을 고려하면 식 (6)에서 볼 수 있듯이 기술 발전에도 불구하고 자동차 사고확률은 오히려 높아질 수 있음을 알 수 있다. 즉, 식 (6)에서 처음 두 항의 곱은 양수인데 이는 기술 발전으로 인해 운전자의 태만함이 증가하여 사고확률이 높아지는 효과를 나타낸다.⁹⁾ 따라서 기술 수준의 증가는 그 자체로는 자동차 운전을 더욱 안전하게 만들지만, 운전자의 태만함을 유도하는 간접적인 효과를 통해 사고확률을 높일 수도 있는 부정적 효과가 존재한다. 식 (6)은 이 두 가지 효과 중 어느 효과가 더 큰지에 따라 자율주행기술의 발전으로 인해 자동차 사고확률은 증가할 수도 있고 감소할 수도 있음을 보여준다.

하지만 기술 발전으로 인해 사고확률이 증가한다고 하더라도 운전자가 지불하게 되는 기대비용 자체는 감소하기 때문에, 운전자 입장에서는 기술 발전이 후생을 증진하는 효과가 있다. 운전자가 선택하는 노력수준(x^*)으로부터 발생하게 되는 기대비용을 계산하면 다음과 같다.¹⁰⁾

9) 즉, a 값이 증가하면 운전자의 노력수준을 나타내는 값인 x^* 가 두 번째 항의 x_a^* 값 만큼 줄어든다. 이때 첫 번째 항인 p_x^* 에 의하면 x 값과 p 값은 반대 방향으로 움직이므로, 두 항의 곱에 의해 운전자의 노력수준이 줄어들면 p 가 증가하는 효과가 나타난다.

$$C_p^* = x^* + p(x^*, a)h$$

자율주행기술의 수준이 높아질 때 해당 기대비용이 어떻게 변하는지 살펴보기 위해 위의 값을 a 에 대해 미분하면 다음과 같다.

$$\frac{dC_p^*}{da} = x_a^* + (p_x^* \times x_a^* + p_a^*)h = x_a^* \underbrace{(1 + p_x^* \times h)}_{=0} + \underbrace{p_a^*}_{<0} \times h$$

위 식에서 괄호 안의 값이 0이 되는 이유는 식 (4) 때문이며, 따라서 위의 미분값은 음수이다. 즉, 자율주행기술이 발전할 때 비록 사고확률은 높아질 수 있다 하더라도 궁극적으로는 운전자 입장에서는 기대비용을 줄일 수 있고 이에 따라 후생이 높아지는 결과로 이어진다. 이러한 결과를 놓고 볼 때 최근 다양한 자율주행자동차 사고로 인해 대중의 경각심이 높아지고, 이로 인해 자율주행자동차의 사고 위험성이 지나치게 주목받아 자율주행기술의 도입이 사회적으로 위축된다면 이는 운전자 후생의 감소로 이어질 수 있음을 본 모형의 결과로부터 지적할 수 있을 것이다.

마지막으로, 기술 발전에 들어가는 비용을 포함한 사회적 비용을 고려하면 아래와 같이 표현할 수 있다.

$$C_s^* = C_p^* + c(a) = x^* + p(x^*, a)h + c(a)$$

위의 비용은 운전자의 사적비용에 기술 발전비용을 더한 사회적 비용이며, 이러한 사회적 비용을 최소화하는 자율주행기술의 수준(a^*)은 다음과 같은 1계 조건으로부터 구할 수 있다.

$$\begin{aligned} \frac{dC_s^*}{da} &= \frac{dC_p^*}{da} + c'(a^*) = p_a^* \times h + c'(a^*) = 0 \\ \Leftrightarrow c'(a^*) &= -p_a^* \times h \end{aligned} \quad (7)$$

10) 운전자의 기대비용을 나타내는 C_p^* 에서 아래첨자 p 는 사적비용(private cost)을 의미하며, 아래의 C_s^* 에서 아래첨자 s 는 사회적 비용(social cost)을 의미한다.

위 식의 좌변은 자율주행기술의 수준을 한 단위 높일 때 발생하는 사회적 비용을 의미하며, 우변은 그로 인해 발생하는 기대사고비용의 감소분, 즉 사회적 편익을 의미한다. 따라서 사회적 관점에서 볼 때 기술 향상으로 인한 비용과 편익을 고려하여 최적 수준의 자율주행기술(a^*)을 결정할 수 있다.

최근 들어 자율주행기술이 눈부시게 발전하고 있으며 해당 분야 선도기업들은 수년 이내에 5단계의 완전자율주행기술이 상용화될 것으로 전망하고 있으나, 식 (7)에 의하면 이러한 전망의 구체적 실현 여부는 다양한 변수에 달려 있다고 할 수 있다. 우선 기술이 발전함에 따라 추가적 기술의 향상에 큰 비용이 발생하거나(즉 식 (7) 좌변에서 기술 발전을 위한 한계비용이 급격히 체증하는 경우) 혹은 추가적 기술 향상이 사고확률에 미치는 효과가 미미하다면(즉 식 (7) 우변에서 사고확률함수의 변화값이 급격히 체감하는 경우), 사회적 최적 기술 수준 자체가 낮게 형성될 수 있다. 즉, 한계비용이 많이 증가하거나 사고확률 개선 효과가 상당히 제한적이라면 사회적으로 정당화될 수 있는 기술수준이 매우 낮을 수 있다. 다만 식 (7)은 사회 전체의 후생을 극대화하는 사회적 최적 기술 수준을 결정하는 조건이며, 실제 시장에서의 기술 상용화는 이와 반드시 일치하지 않을 수 있다. 개별 기업의 기술 개발은 비용, 수익성, 시장 수요, 규제 환경 등에 따라 달라지며, 경우에 따라 사회적 최적 수준과 다를 수 있다. 대신 사회적 최적 수준과 민간 기업이 선택하는 기술 수준 사이에 차이가 있다면 정부가 이를 조정하기 위해 개입할 수 있으며, 이 과정에서 기술 상용화 속도가 다소 늦춰질 가능성이 제기될 수 있다.

다음으로 과실책임(negligence)의 경우에 대해 살펴보자. 과실책임 아래에서는 자동차 사고 발생 시 운전자의 노력수준이 일정 수준($\bar{x}$)을 넘지 않는 경우에만 운전자가 보행자의 비용을 배상할 의무가 존재한다. 따라서 사고 발생 시 운전자는 자신의 노력수준이 $\bar{x} \leq x$ 라면 보행자에게 발생한 사고비용을 배상할 의무가 없으므로 이 경우 운전자의 기대비용은 자신의 노력비용인 x 만으로 구성된다. 만약 자신의 노력수준이 $x < \bar{x}$ 인 상황이라면 배상의무가 존재하므로, 운전자의 기대비용은 엄격책임 하에서와 마찬가지로 노력비용과 기대사고비용을 포함한 $x + p(x, a)h$ 가 될 것이다. 아래의 논의에선 과실책임의 여부를 결정하는 과실기준이 앞서 식 (4)에서 구한

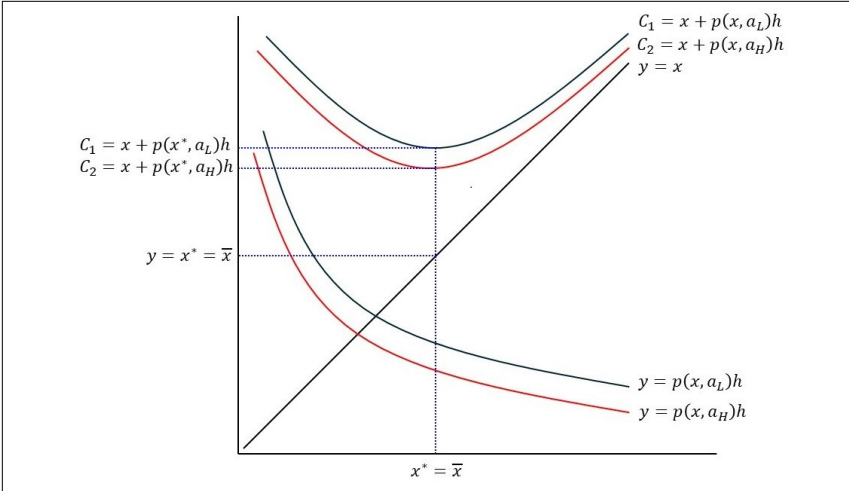
x^* 와 같은 값으로 설정되어 있다고 가정하고 논의를 진행하도록 하자. 즉, $\bar{x} = x^*$ 인 상황을 고려하도록 하자.

우선 운전자는 자신의 노력수준을 선택할 때 $\bar{x}$ 보다 큰 값을 선택할 이유가 없다. 왜냐하면 운전자의 노력수준이 $\bar{x}$ 를 넘어서는 시점부터는 어차피 사고비용에 대한 배상책임이 없으므로 추가적인 노력은 자신의 노력비용만을 추가로 발생시키기 때문이다. 따라서 과실책임 하에서 운전자는 최대한 $\bar{x}$ 까지만 노력할 유인이 존재하므로, 정확히 $\bar{x}$ 만큼만 노력하고 노력비용만 지불하든가 아니면 그보다 적게 노력하고 노력비용과 기대사고비용을 지불하는 선택을 하게 될 것이다. 구체적으로, 운전자가 정확히 $\bar{x}$ 만큼만 노력하게 되면 이 경우 운전자의 기대비용은 $\bar{x}$ 와 같다. 만약 운전자가 $x < \bar{x}$ 라는 선택을 한다고 하면 이 경우 운전자의 기대비용은 $x + p(x, a)h$ 로 주어진다. 하지만 $x < \bar{x}$ 라는 선택으로부터 발생하는 운전자의 기대비용은 항상 $\bar{x}$ 보다는 큰데, 이는 <그림 1>로부터 알 수 있다.

우선 <그림 1>에서 $y = x$ 로 주어진 직선의 그래프는 운전자의 노력비용을 나타낸다. 기대사고비용인 $p(x, a)h$ 함수는 자율주행기술이 낮은 수준인 a_L 과 높은 수준인 a_H 로 구분하여 나타나는데, 먼저 a_L 의 경우를 살펴보면 기대사고비용인 $p(x, a_L)h$ 함수의 그래프는 x 값이 증가할 때 점차로 감소하는 형태의 그래프를 가지고 있다. 과실책임 하에서는 운전자가 과실기준보다 높은 노력수준을 선택하면 운전자의 기대비용은 노력비용인 x 만을 포함하므로, $\bar{x} \leq x$ 경우엔 기대비용이 $y = x$ 로 주어진 직선의 함수값으로 주어짐을 알 수 있다. 그리고 운전자가 과실기준에 비해 낮은 수준의 노력을 선택하면 운전자의 기대비용은 노력비용과 기대사고비용의 합으로 나타나므로, $x < \bar{x}$ 경우엔 운전자의 기대비용은 이 둘의 합인 C_1 그래프로 나타난다.

<그림 1>에서 C_1 함수의 최소값은 $x = x^*$ 지점에서 발생하는데, 이는 C_1 함수의 최소값을 찾는 문제는 수학적으로 볼 때 엄격책임 하에서의 운전자 문제와 동일하기 때문이다. 과실책임 하에서 $\bar{x} = x^*$ 인 경우를 상정하고 있으므로, 운전자가 $x = \bar{x}$ 를 선택하면 그 경우 운전자의 기대비용은 <그림 1>의 y 축에서 $\bar{x}$ 로 주어진다. 만약 운전자가 $x < \bar{x}$ 인 값을 선택하게

〈그림 1〉 과실책임에서 운전자의 기대 비용 및 사고확률¹¹⁾(Expected cost of injurer and accident probability under negligence rule)



되면, 운전자의 기대비용은 C_1 함수값으로 주어진다. 이때, 〈그림 1〉에서 볼 수 있듯이, 해당 함수값들은 항상 $\bar{x}$ 보다 크기 때문에 운전자는 과실책임 하에서 정확히 $x = \bar{x}$ 를 선택하는 것이 최선이 될 것이다. 따라서 과실기준이 적절하게 설정되어 있거나 하다면, 엄격책임과 과실책임 하에서의 운전자 선택은 동일하며 이러한 결과는 이미 손해배상모형 관련 문헌에 잘 알려져 있는 결과이다.

이제 자율주행기술의 수준이 증가할 때 과실책임 하에서 운전자 선택이 어떻게 변하는지 살펴보자. 이때 과실기준에는 변화가 없다고 가정하자. 자율주행기술의 수준이 a_L 에서 a_H 로 증가하게 되면 식 (2)에 의해 사고확률이 낮아진다. 이러한 효과는 〈그림 1〉에서 기대사고비용의 그래프가 아래로

11) 〈그림 1〉은 과실책임 하에서 자율주행기술 수준에 따라 운전자의 기대비용과 사고확률이 어떻게 달라지는지를 나타낸다. $y=x$ 직선은 운전자의 노력비용을 의미하며, 자율주행기술 수준이 낮을 때의 사고확률 함수 및 기대사고비용은 검은색 그래프로, 기술 수준이 높을 때는 빨간색 그래프로 각각 표시하였다.

〈Figure 1〉 illustrates how a driver's expected cost and accident probability vary with the level of autonomous driving technology under the negligence rule. The 45-degree line represents the driver's effort cost, while the accident probability function and expected accident cost are shown in black for low levels of technology and in red for high levels of technology.

이동하는 것으로 표현할 수 있으며, 새로운 기대사고비용의 그래프는 $p(x, a_H)h$ 로 나타난다. 개선된 자율주행기술을 사용하는 자동차를 운전하는 경우, 운전자가 과실기준에 부합하는 선택을 하면 기대비용은 앞서와 마찬가지로 y 축에 $\bar{x}$ 로 나타난다. 하지만 과실기준 보다 낮은 수준의 노력을 선택하면 기대비용 그래프는 C_2 로 주어지는데, 높은 수준의 자율주행기술로 인하여 사고확률 및 기대사고비용이 낮아짐으로 인해 C_2 의 그래프는 C_1 보다 아래에 위치함을 알 수 있다. 이 경우 앞서와 마찬가지로 논리로, 여전히 운전자는 과실기준에 부합하는 선택을 함으로써 자신의 기대비용을 최소화할 수 있으며 따라서 자율주행기술이 a_L 에서 a_H 로 높아질 때 운전자의 노력수준은 변화가 없음을 알 수 있다.

이러한 결과는 과실책임 하에서 운전자의 기대비용에 불연속성(discontinuity)이 있기 때문에 나타나는 결과이다. 즉, <그림 1>에서 볼 수 있듯이 운전자의 선택이 $x < \bar{x}$ 인 경우엔 배상책임이 존재하므로 기대비용에 기대사고비용이 포함되는데, 이때 x 값이 증가하다가 $\bar{x}$ 가 되면 그 시점부터 즉시 배상책임이 소멸하므로 기대비용에서 기대사고비용이 불연속적으로 제외되며 값이 낮아지기 때문이다. 따라서 앞서 엄격책임 하에서와는 달리 과실책임 하에서는 자율주행기술의 발전이 사고확률을 직접적으로 낮추는 효과만 존재하며, 기술발전으로 인해 운전자의 태만함이 증가하는 부정적 간접효과가 존재하지 않는다. 그러므로 과실책임 하에서는 기술이 발전할 때 사고확률은 항상 낮아진다는 것을 알 수 있다. 이러한 결과로 볼 때 사회적으로 자율주행기술의 발전이 운전자의 태만함을 유발하는 상황에 대한 우려가 크다고 한다면, 엄격책임보다는 과실책임의 비중을 높임으로써 사회적으로 바람직한 기술의 확산속도를 높일 수 있을 것으로 판단된다.

III. 결 론

본 연구는 법경제학 분야에서 주로 활용되는 손해배상모형을 사용하여 자율주행기술의 발전이 운전자의 선택과 자동차 사고확률에 미치는 영향에 대해 이론적으로 분석하였다. 주요 결과는 다음과 같다. 먼저, 엄격책임 하에

서는 운전자가 비용을 최소화하는 방향으로 최적 노력 수준을 선택하는데, 자율주행기술이 발전함에 따라 운전자의 태만함을 증가시켜 오히려 사고확률을 높이는 간접효과가 생기고, 이는 기술 발전으로 인해 사고확률이 증가할 가능성이 있음을 의미한다. 결과적으로 이처럼 신기술 도입으로 인한 사고 증가 가능성에 대해 대중이 우려하게 됨에 따라 신기술의 도입과 확산 속도가 늦춰질 수 있다. 반면 과실책임 하에서는 기술 수준이 발전하더라도 운전자의 태만함이 증가하는 간접효과가 나타나지 않으며, 따라서 자율주행 기술의 발전은 일관되게 사고확률의 감소로 이어진다. 이러한 결과는 사회적으로 신기술 도입에 대한 대중의 우려가 크고 반발이 큰 상황일수록 엄격 책임보다는 과실책임의 비중을 높이는 것이 대중의 수용성을 확보하고 기술 확산을 유도하는 데 유리할 수 있음을 시사한다.

아래에서는 본 연구의 한계점을 서술하고 향후 연구 방향을 제시하고자 한다. 우선, 본문에서 활용한 모형에선 보행자를 고려하지 않았는데, 보행자가 모형에 추가되면 과실책임 방식이 사회적으로 보다 나은 대안이 된다. 이를 살펴보기 위해 보행자의 노력을 y 라고 하고 $p_y \equiv \frac{\partial p}{\partial y} < 0$ 라고 가정하며 다른 조건들은 본문과 동일할 경우, 사회후생을 극대화 하는 문제는 다음과 같다.

$$\min_{x,y} x + y + p(x,y,a)h$$

$$1 = -p_x(x^*, y^*, a)h$$

$$1 = -p_y(x^*, y^*, a)h$$

만약 엄격책임 방식이 적용된다면 보행자는 사고가 일어났을 때 항상 보상을 받기 때문에 사고를 피하기 위해 노력할 유인이 없고 따라서 y 의 값은 0이 된다. 따라서 운전자는 이러한 점을 감안하여 자신의 노력수준을 결정하게 되며, 결국 엄격책임 하에선 사회적으로 최적 노력수준이 달성되지 않는다. 이에 반해 과실책임 하에선 운전자에게 요구되는 노력수준이 사회적 최적수준으로 설정되어 있다면 (즉, $\bar{x} = x^*$) 운전자와 보행자 모두 사회적 최적 노력수준을 선택한다는 것이 일반적으로 잘 알려져 있는 결과이다. 따라서 운전자 뿐만 아니라 보행자의 노력수준까지 고려한다 하더라도 과실책임 방식을 활용하는 것이 사회적으로 더 나은 제도 방안이 될 것이다.

둘째, 본문에선 자율주행기술과 운전자 노력 간에 대체관계를 가정함으로 인해 두 변수 간 보완관계의 가능성은 고려하지 않았다. 현실의 레벨 2단계 수준의 자율주행기술 수준에서는, 운전자 보조 시스템과 같은 기술과 인간의 노력수준이 보완관계로 작동할 수 있다. 하지만 자율주행기술의 단계가 높아질수록 운전자가 조작해야 하는 많은 기능들을 기계가 수행하게 됨에 따라, 기술과 인간의 노력이 점차 대체관계가 강화되는 추세이다. 특히 향후 레벨 4-5단계에 이르는 자율주행자동차들이 상용화 되면, 도로에서 볼 수 있는 자동차들은 대부분 인간 운전자의 조작 수행이 완전 배제된 상태에서 처음부터 끝까지 주행을 하게 될 것으로 예상된다. 따라서 기술과 운전자의 노력 간에 대체관계가 있음을 가정한 연구가 현실에 보다 부합하는 결과들을 제시할 수 있을 것으로 판단된다.

또한, 과실책임에서의 과실 기준이 운전자의 최적 노력 수준과 일치한다고 가정했는데, 현실에서는 해당 기준을 객관적으로 산정하고 제도화하는데 어려움이 존재할 수 있다. 특히, 과실책임 하에서 사회후생이 극대화 되는 결론을 도출함에 있어서 핵심이 되는 가정이 해당 가정임을 감안할 때, 현실에서 과실책임 기준을 활용하는 경우 제도적 장치의 완비가 아주 중요함을 알 수 있다. 이러한 이유로 인해 학계에서는 현실적으로 활용하기에 엄격책임 방식이 훨씬 더 강건한(robust) 규제방식임을 주장하는 목소리도 큰 상황이다. 하지만 과실기준을 적절하게 잘 설정할 경우 과실책임 방식의 규제가 사회적으로 큰 혜택을 가져옴을 감안할 때, 사회적으로 비용이 발생한다 하더라도 사회적 최적노력수준을 객관적으로 산정하고 이를 바탕으로 정확한 과실기준을 설정하는 사회적 노력이 중요하다 할 것이다.

마지막으로, 본 연구에서 활용한 모형에 나오는 사고확률함수에 대해 구체적인 형태를 가정하고 다양한 파라미터 값에 대해 시뮬레이션 분석을 수행함으로써 현실 정책에 대한 흥미로운 함의점들을 도출할 수 있을 것으로 판단된다. 예를 들어 사고확률함수의 형태를 아래와 같이 가정할 수 있다.

$$p(x,a) = (1-x)^{\alpha}(1-a)^{\beta}$$

이러한 함수 형태를 활용하여 α 와 β 등의 파라미터 값이 변함에 따라 사회후생을 극대화 하는 기술수준과 운전자의 노력수준이 어떻게 변하는지,

또한 기술발전이 운전자의 선택에 미치는 영향이 파라미터 값에 따라 어떻게 다른지 등을 연구할 수 있을 것이다. 이러한 분석은 추후 흥미로운 연구 주제로 활용될 수 있을 것으로 보인다.

투고 일자: 2024. 4. 15. 심사 및 수정 일자: 2025. 1. 27. 게재 확정 일자: 2025. 2. 4.

◆ 참고문헌 ◆

- Abraham, Kenneth S. and Robert L. Rabin (2019), "Automated Vehicles and Manufacturer Responsibility for Accidents," *Virginia Law Review*, 105(1), 127-171.
- Chatzipanagiotis, Michael and George Leloudas (2020), "Automated Vehicles and Third-Party Liability: A European Perspective," *University of Illinois Journal of Law, Technology & Policy*, 2020(1), 109-200.
- Cowger, Alfred R. Jr. (2018), "Liability Considerations when Autonomous Vehicles Choose the Accident Victim," *Journal of High Technology Law*, 19(1), 1-60.
- Davola, Antonio (2018), "A Model for Tort Liability in a World of Driverless Cars: Establishing a Framework for the Upcoming Technology," *Idaho Law Review*, 54(3), 591-614.
- De Chiara, Alessandro, Idoia Elizale, Ester Manna, and Adrian Segura-Moreiras (2021), "Car Accidents in the Age of Robots," *International Review of Law and Economics*, 68.
- Di, Xuan, Xu Chen, and Eric Talley (2020), "Liability Design for Autonomous Vehicles and Human-driven Vehicles: A Hierarchical Game-theoretic Approach," *Transportation Research Part C: Emerging Technologies*, 118.
- Epstein, Richard A. (2021), "Liability Rules for Autonomous Vehicles," *Journal of Entrepreneurship and Public Policy*, 10(2), 218-234.
- Guerra, Alice, Francesco Parisi, and Daniel Pi (2022), "Liability for Robots II: an Economic Analysis," *Journal of Institutional Economics*, 18(4), 553-568.

- Kim, Jeong-Yoo (2024), "Law and Economics of Artificial Intelligence: Optimal Liability Rules for Accident Losses Caused by Fully Autonomous Vehicles," *The Korean Economic Review*, 40(1), 49-75.
- Kim, Sunghyo (2018), "Crashed Software: Assessing Product Liability for Software Defects in Automated Vehicles," *Duke Law & Technology Review*, 16, 300-317.
- Lemann, Alexander B. (2019), "Autonomous Vehicles, Technological Progress, and the Scope Problem in Products Liability," *Journal of Tort Law*, 12(2), 157-212.
- Logue, Kyle D. (2019), "The Deterrence Case for Comprehensive Automaker Enterprise Liability," *Journal of Law and Mobility*, 2019, 1-31.
- Mackie, Tom (2018), "Proving Liability for Highly and Fully Automated Vehicle Accidents in Australia," *Computer Law & Security Review*, 34(6), 1314-1332.
- Shavell, Steven (2020), "On the Redesign of Accident Liability for the World of Autonomous Vehicles," *The Journal of Legal Studies*, 49(2), 243-285.
- Smith, Bryant Walker (2017), "Automated Driving and Product Liability," *Michigan State Law Review*, 2017(1), 1-74.
- Talley, Eric (2019), "Automatorts: How Should Accident Law Adapt to Autonomous Vehicles? Lessons from Law and Economics," working paper.
- Vladeck, David C. (2014), "Machines without Principals: Liability Rules and Artificial Intelligence," *Washington Law Review*, 89(1), 117-150.
- Wansley, Matthew (2021), "The End of Accidents," *UC Davis Law Review*, 55(1), 269-346.

A Tort Liability Model of Accident Risk in Autonomous Vehicles

In Oh Cho* · Chulyoung Kim**

Abstract

This study theoretically analyzes how the advancement of autonomous driving technology affects automobile accident risk using a tort liability framework. The analysis shows that under strict liability, improvements in autonomous driving technology may lead to increased driver inattentiveness, which can raise the overall probability of accidents depending on the magnitude of this behavioral response. In contrast, under the negligence rule, the development of autonomous technology does not induce such inattentiveness, and the accident risk consistently decreases. Therefore, in contexts where public concern over autonomous vehicle accidents is high, adopting a negligence-based regulatory regime rather than strict liability may facilitate the faster and broader adoption of autonomous driving technologies across society.

KRF Classification : B030200, B030901

Key Words : tort liability, autonomous vehicles, accident risk, strict liability, negligence rule

* First Author, Ph.D Candidate, Department of Economics, Yonsei University, e-mail: cio513@naver.com

** Corresponding Author, Professor of Economics, Yonsei University, e-mail: chulyoung.kim@yonsei.ac.kr