

## 自転車同乗幼児のヘルメット着用率に関する統計学的検証

中 嶋 則 夫\*

### はじめに

自転車は、移動手段や荷物の運搬手段として広く利用されている。また、幅広い年齢層に利用され、環境への負荷も少なく、健康増進に資するなど、今後の利用促進が見込まれる。

他方、自転車走行に関連する社会的批判もあり、自転車利用者の通行ルールの在り方も議論され、平成18年4月に策定された交通安全対策推進プログラムでは、自転車利用の者の安全確保と悪質自転車対策に取り組む姿勢が示された。平成19年6月には、自転車の通行ルールの見直し等を内容とする道路交通法の一部を改正する法律が公布（以下「改正法」という）され、その改正内容の周知と改正法の円滑な施行に向け、自転車の安全利用を促す取り組みの推進がなされ、平成20年6月に改正法が施行されている。

本稿では、その改正法の乗車用ヘルメットに関する規定において、児童又は幼児を保護する責任のある者は、児童又は幼児を自転車に乗車させるときは、乗車用ヘルメットをかぶらせるよう努めなければならないという努力義務規定が設けられた点に注目し、まず、その経済学的解釈を行い、それに続きデータを用いてヘルメットの着用状況に関する統計学的な検証を行う。

道路交通法の改正に関する経済学的解釈では、自転車の利用に伴う外部不経済について議論を行う。保護者の効用を最大にする自転車サービス需要量は、制約無しに選択され、その需要量

の規模が、保護者と自転車に同乗する幼児の効用に影響を与え、その需要に伴う外部不経済の影響で、自転車に同乗する幼児の効用の減少につながる。さらに、保護者と同乗する幼児には、その外部不経済を適切に判断し、両者の効用の合計を引き上げるため、保護者の需要量の調整を行うことは困難である。そのため、改正法のように、保護者の需要量に伴い増加する外部不経済を軽減するための措置が必要となる。

改正法の経済学的解釈を示した後に、行う統計学的な検証では、その実態がどのようになっているのかについて議論をする。そこで用いるデータは、改正法公布前および改正法施行前後に行われた調査データと広島市及び東広島市で収集されたデータである。それらを用い、改正法公布前後の自転車同乗幼児のヘルメット着用状況の変化の有無について、都市規模の違いとヘルメット着用状況の差異について、広島市及び東広島市のヘルメット着用状況などについて統計学的検証を行う。

その結果、全国的な調査では、10万人以上の都市規模の方がそれ未満の都市規模より、改正法公布後施行前の同乗幼児のヘルメット着用状況が改正前の状態よりも着用比率に統計学的に有意な差があることや、広島市及び東広島市の同着用比率は同規模の都市のものより低い水準であることが確認され、保護者の自転車サービス需要に伴う外部不経済の軽減が一部でなされているものの、まだこれからもその改善に向けた取り組みが必要であることが示される。

\* 広島経済大学経済学部准教授

## 1. 自転車同乗に伴う外部不経済とその解決方法について

本章では、まず、自転車同乗に伴う外部不経済とは何かについて議論をする。通常、運転者は同乗者と同様どの程度自転車からのサービスを必要するかを自らの意思で決定するが、保護者が幼児を同乗させる場合、その前提が少し異なり、幼児には、自らの意思でその選択を行うことが困難となることを考慮して分析する必要がある。それについては、1節で議論する。2節では、その外部不経済をどのように軽減すればよいかについて一つの方向性を示し、同乗する児童・幼児のヘルメット着用に関する道路交通法の改正について経済学的解釈を与える。

### 1.1 自転車同乗者の子供に関連する事故と外部不経済について

自転車同乗幼児に関連する事故<sup>1)</sup>は、自転車の転倒などに伴うもので、子供の死亡や、後遺症を残すことにつながる時がある。これは、自転車の利用に伴い、その自転車に同乗する幼児という第3者への外部不経済<sup>2)</sup>に該当する。

自転車には、移動及び、運搬という機能があり、自転車に幼児を同乗させる保護者は、その両サービスを必要していると言える。また、同乗する幼児は、その同乗から効用を得るが、それに伴い生じる危険にもさらされる。

ここで、保護者の効用関数を  $U_1$  とし、移動

サービス及び、運搬サービスを  $X_1$  とし、 $x_i$  を  $i$  が需要する自転車からのサービスの量とすると、保護者の効用関数は、 $U_1=U_1(x_1)$  と表せる。同様に幼児の効用関数を  $U_2$  とすると、 $U_2=U_2(x_2, x_1)$  と表せる。ここで、 $U_2$  に  $x_1$  が含まれているのは、保護者の需要量が  $U_2$  に外部不経済を与えるからである。 $x_1$  は、幼児の需要量  $x_2$  とは独立に  $U_1$  を最大にするように決定され、 $U_2$  の大きさは  $x_1$  からの外部不経済の大きさと  $x_2$  から得られる効用の大きさを考慮して決まる。 $x_2$  は、 $x_1$  からの影響を受けその量を決定するので、 $x_2=\phi(x_1)$  と表すことができる。このことから  $U_2=U_2(\phi(x_1), x_1)=U_2(x_1)$  と表現できる。 $x_2=\phi(x_1)$  に注目すれば、これは  $x_1$  に従い、 $x_2$  を選ぶということを意味しているが、これを幼児が行うことはできないであろう。また、外部不経済は、 $dU_2/dx_1 < 0$  により表され、その存在が示されるが、幼児は、 $x_2$  を  $x_1$  との関係から選ぶことができないので、両者が合意する需要量の実現は困難となる。従って、いかなる  $x_1$  においても、 $dU_2/dx_1=0$  に近づける何かの手段が必要となることを示している。

図1 (a) は、保護者の効用関数をあらわし、保護者は、それが最も大きくなる  $x_1^*$  を選択する。図1 (b) は、幼児の効用関数をあらわし、 $x_1$  の大きさに従い、外部不経済が生じるため、 $U_2$  は、減少して行く様子を表している。図1 (c) は (a) を回転させ、上から (b) に重ね合わせた図である。保護者が  $x_1^*$  を選択すれば、 $b$

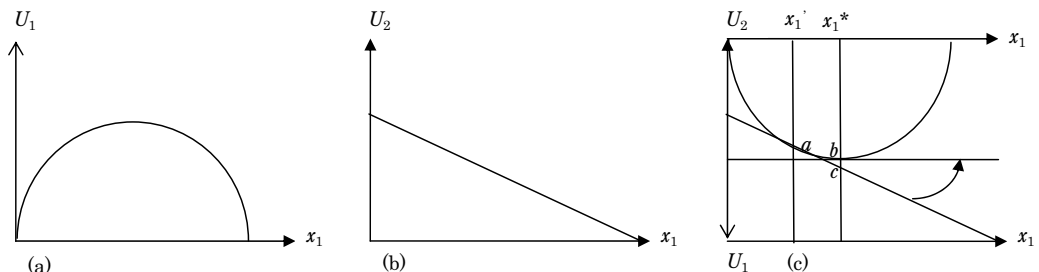


図1 自転車同乗に伴う外部不経済 (武隈 (1993) を参考に作成)

と  $c$  が保護者と幼児の効用の実現値となる。ところが、保護者と幼児の効用の合計は、 $b$  と  $c$  の間の分だけ未実現な効用があり、 $x^*$  を減らすことで、全体の効用を増やすことが可能なことが分かる。つまり、 $x_1^*$  を少しずつ変化させ、 $a$  を通る保護者の需要量が  $x_1'$  の時、未実現の効用分  $b-c$  が追加され、 $x_1^*$  の時よりも、全体の効用は大きなものとなる。このように、外部不経済が存在する場合、保護者にとって最適な需要量が必ずしも、全体の最適な需要量にはならないことを示している。幼児が自らにとって望ましい保護者の需要量を表示できるならば、 $x_1^*$  から  $x_1'$  へと需要量の減少に伴う、保護者の効用の減少を補償しながら、自らの効用を引き上げることが可能である。しかし、幼児にとっては、そのような交渉自体が困難であるので、外部不経済の解消に向けた何らかの政策が必要となる。

## 1.2 外部不経済の解決方法と具体的な取り組みの位置付け

外部不経済は、一般的に課税や補助金による解決や利害関係者の自発的交渉による解決の可能性が示されている。

先のケースは、保護者と幼児の関係上、幼児が主体的に、自らが被る外部不経済の金銭的な不利益を評価し、その補償額を考慮して、保護者の最適な需要量の決定を促すことは困難である。従って、保護者が選ぶ最適な需要量において外部不経済をできるだけ小さくする試みが必要となる。

平成20年に改正道路交通法が施行され、「13歳未満の幼児・児童が自転車に乗る場合、ヘルメットの着用を努めること」が保護者の努力義務とされている。この取り組みは、先に議論した理論的なことを背景とし、事故に伴う幼児・児童が被る不利益を防ごうとする意図で実現したものと解釈できる。つまり、自らその選択を十分にできない幼児に代わって、その外部不経

済を保護者に認識してもらう取り組みと位置づけられる。

## 2. 自転車同乗幼児のヘルメット着用実態について

本章では、平成18年の調査で得られたデータ及び、平成20年の調査で得られたデータを用い、道路交通法改正前後の自転車同乗幼児のヘルメット着用の状況を、全国的な視点、都市規模別の視点から検証する。そこで、法律の改正によって特に10万人以上の規模の都市で自転車同乗幼児のヘルメット着用状況に変化が見られた点が明らかになり、その要因の一つが子供との同乗経験の有無にある可能性が示される。また、2節では広島市及び東広島市で収集されたデータを用い、全国的なデータによる検証結果との比較及び、広島市や東広島市でのヘルメット着用状況の相互比較を行い、広島市及び東広島市の同着用状況が全国的なヘルメット着用状況よりも低い水準であるが、時間的な経過に伴い改善の兆しがみられる点などが示される。

### 2.1 先行研究に示されたデータを用いた自転車同乗幼児のヘルメット着用実態について

本節では、平成18年の調査で得られたデータ及び、平成20年の調査で得られたデータを用い、道路交通法改正前後の自転車同乗幼児のヘルメット着用の状況を、全国的な視点、都市規模別の視点から検証する。そこで、法律の改正によって平成18年の状況に比べ、平成20年の状況の方がヘルメット着用状況が改善している点、特に10万人以上の規模の都市で変化が見られる点が明らかになる。また、10万人以上の規模の都市の方が、子供との同乗経験が多くある可能性が示される。

#### 2.1.1 道路交通法改正前と改正後施行前の自転車同乗幼児のヘルメット着用状況 平成19年に自転車同乗時の幼児のヘルメット

着用 of 努力義務化に関する道路交通法改正がなされ、それを受け、平成20年6月からその法律が施行された。ここでは、その前後に実施された調査結果を用い、自転車同乗時の幼児のヘルメット着用比率に関して考察を行う。まず、平成18年と平成20年に実施された調査結果を参考に、それらの着用比率に統計学的に有意な差があるかどうかの比率の差の検定<sup>3)</sup>を行う。用いるデータは、表1のようになっている。

表1 自転車同乗時の幼児のヘルメット着用状況 (調査年別, Total)<sup>注1</sup>

	H18年	H20年 <sup>注2</sup>
着用比率	0.094	0.281
未着用比率	0.906	0.719
合計人数	4,742	1,578

注1) 財) 自転車産業協会『幼児の自転車同乗の実態に関する調査 (H18年3月)』と警察庁『第7回幼児2人同乗用自転車検討委員会資料 (H21年3月26日)』より作成。

注2) 改正法が効力を持つのはH20年6月からであり、このデータは同年の6月以前に調査されたものである。

このデータを用い、平成18年と平成20年の自転車同乗幼児のヘルメット着用比率の差の検定を次のように行った。

帰無仮説  $H_0$  は、「平成18年の自転車同乗幼児のヘルメット着用比率  $p_1$  と平成20年の同着用比率  $p_2$  には差がない」とし、対立仮説  $H_1$  を「両比率には差 ( $p_1 < p_2$ ) がある」とした。

このとき、帰無仮説  $H_0: p_1 = p_2 = p$  のもとで、平均0、分散  $pq(1/4742 + 1/1578)$  に従う。また、 $p = (0.094 \times 4742 + 0.281 \times 1578) / (4742 + 1578) = 0.1407$  で与えられる。これらの情報から、標準正規分布に従う検定統計量  $z$  を求めると、 $z = -18.41 < -2.33$  となり、下側1%の有意水準で  $H_0$  が棄却され、対立仮説  $H_1$  「両比率には差 ( $p_1 < p_2$ ) がある」が採択される。

その結果、施行前の状況であっても、平成20年のほうが、自転車同乗幼児のヘルメット着用

比率は大きいことが明らかになった。

## 2.1.2 道路交通法改正前と改正後施行前の都市規模別自転車同乗幼児のヘルメット着用状況

次に、平成18年および、平成20年の都市規模別のデータを用い、都市規模間で自転車同乗幼児のヘルメット着用比率に同一性があるかどうかの検定<sup>4)</sup>を行う。用いるデータは、表2のようになっている。

まず、平成18年のデータをもとに、都市規模間の着用比率に同一性があるかどうかの仮説検定を行う。

帰無仮説  $H_0$  は、「すべての都市規模において自転車同乗幼児のヘルメット着用比率は同じである。」とし、対立仮説  $H_1$  は、「すべての都市規模において自転車同乗幼児のヘルメット着用比率は同じであるわけではない。」とする。ここで、検定統計量  $Q$  は、 $Q = \sum \{ (\text{着用数} - \text{期待着用数})^2 / \text{期待着用数} \} + \sum \{ (\text{未着用数} - \text{期待未着用数})^2 / \text{期待未着用数} \}$  で与えられ、これは、自由度  $(2-1) \times (5-1)$  の  $\chi^2$  (カイ二乗) 分布に従う。これらの情報から、カイ二乗分布に従う検定統計量  $Q$  を求めると、 $Q = 7.534 < 9.4877$  となり、5%の有意水準で  $H_0$  が採択される。したがって、改正法前では、すべての都市規模において自転車同乗幼児のヘルメット着用比率は同じであると言える。

同様に、平成20年のデータをもとに、都市規模間の着用比率に同一性があるかどうかの仮説検定を行う。

帰無仮説  $H_0$  は、先と同様に、「すべての都市規模において自転車同乗幼児のヘルメット着用比率は同じである。」とし、対立仮説  $H_1$  は、「すべての都市規模において自転車同乗幼児のヘルメット着用比率は同じであるわけではない。」とする。同様に、カイ二乗分布に従う検定統計量  $Q$  を求めると、 $Q = 14.67 > 13.277$  となり、1%の有意水準で  $H_0$  が棄却され、 $H_1$  が採択さ

表2 自転車同乗時の幼児のヘルメット着用状況（都市規模別，調査年別）

	H18年 <sup>注1</sup>	n = 4,742				H20年 <sup>注2</sup>	n = 1,578			
都市規模	3万人未満	3万人以上 10万人未満	10万人以上 20万人未満	20万人以上 50万人未満	50万人以上	3万人未満	3万人以上 10万人未満	10万人以上 20万人未満	20万人以上 50万人未満	50万人以上
着用比率	0.101	0.096	0.115	0.1	0.081	0.172	0.228	0.289	0.288	0.326
未着用比率	0.899	0.904	0.885	0.9	0.919	0.828	0.772	0.711	0.712	0.674
着用数	30.098	75.552	64.17	109.7	162.162	14.964	72.96	73.984	122.112	160.066
(期待着用数)	28.012	73.978	52.452	103.118	188.188	24.447	89.92	71.936	119.144	137.971
未着用数	267.902	711.448	493.83	987.3	1,839.838	72.036	247.04	182.016	301.888	330.934
(期待未着用数)	269.988	713.022	505.548	993.882	1,813.812	62.553	230.08	184.064	304.856	353.029
合計人数	298	787	558	1,097	2,002	87	320	256	424	491

注1) 財) 自転車産業協会「同乗幼児のヘルメット着用の有無（H18年3月調査）（都市規模別）」『幼児の自転車同乗の実態に関する調査（H18年3月）』より作成

注2) 警察庁「自転車の幼児同乗に関するアンケート調査結果 H20年」『第7回幼児2人同乗用自転車検討委員会資料（H21年3月26日）』より作成

れる。したがって、改正法後施行前では、すべての都市規模において自転車同乗幼児のヘルメット着用比率は同じであるわけではないと言える。

その結果、平成18年では都市規模にかかわらず、自転車同乗幼児のヘルメット着用比率は、同一性を示した。それに対し、平成20年では、その同一性を示さなかった。このことから、改正法後施行前の趣旨周知期間内の同着用率の変化には、都市規模間で違いがある点が明らかとなった。以下では、都市規模間での同着用比率の差の関係を見ていくことにする。

### 2.1.3 道路交通法改正後施行前における都市規模別自転車同乗幼児のヘルメット着用状況

平成20年における都市規模間の着用比率の同一性が確認されなかったことから、平成20年のデータを用い、都市規模別の同着用比率に差があるかどうかの検定を行う。

その結果、50万人以上の規模の都市は、3万人未満、および3万人以上10万人未満の規模の都市との間に、ヘルメット着用比率に有意な差があることが示された。また、3万未満および3万以上10万未満の規模の都市との間には、その比率に有意な差があることが認められなかつ

表3 H20年1月で行われた調査結果に基づく都市規模別の着用比率の差の検定結果 (z)

	②3万人以上	③10万人以上	④20万人以上	⑤50万人以上
①3万人未満	1.125	*2.151	*2.225	**2.881
②3万人以上	-	*1.669	*1.842	**3.014
③10万人以上		-	*1.724	1.035
④20万人以上			-	1.241

注) 表中の数字は、標準正規分布に従う検定統計量 z の値であり、数字の左上にある、\* は有意水準 5%、\*\* は有意水準 1% で帰無仮説 ( $H_0$ : 両着用比率に差がない) が棄却されたことを表す。



た。

都市規模を区分するに際しては、表3 H20年1月で行われた調査結果に基づく都市規模別の着用比率の差の検定で行った都市規模別の着用比率の差の検定結果を参考に行う。この結果を元に、以下では、都市規模を、10万人未満と10万人以上で区切り、自転車同乗幼児のヘルメット着用比率の差の検定を行う。

表4 平成20年のデータに基づく都市規模別自転車同乗幼児のヘルメット着用比率の差の検定

	10万人未満	10万人以上
着用比率	0.2160	0.3042
未着用比率	0.7840	0.6958
着用数	87.92	356.1
未着用数	319.1	814.8
合計人数	407	1,171

注) 警察庁「自転車の幼児同乗に関するアンケート調査結果 H20年」『第7回幼児2人同乗用自転車検討委員会資料 (H21年3月26日)』より作成

都市の規模による自転車同乗幼児のヘルメット着用比率に関して、改正された法律の施行間近の時点でその比率の同一性に差がある点は、その法律施行前の周知状況が都市の規模間で異なる可能性を示している。また、その都市規模間の同着用比率の差の検定により、都市規模間の同着用比率の差の有無を見出し、その区分を10万人未満と10万人以上に設けることとした。同データを用い、10万人未満の都市と10万人以上の都市におけるヘルメット着用比率の差の検定を次のように行った。

帰無仮説  $H_0$  は、「10万人未満の都市における平成20年の自転車同乗幼児のヘルメット着用比率  $p_1$  と10万人以上の都市における平成20年の同着用比率  $p_2$  には差がない」とし、対立仮説  $H_1$  を「両比率には差 ( $p_1 < p_2$ ) がある」とした。

このとき、帰無仮説  $H_0: p_1 = p_2 = p$  のもとで、平均  $0$ 、分散  $pq(1/407 + 1/1171)$  に従う。また、

$p = (87.824 + 356.162) / (407 + 1171) = 0.3916$  で与えられる。これらの情報から、標準正規分布に従う検定統計量  $z$  を求めると、 $z = -3.14 < -2.33$  となり、下側1%の有意水準で  $H_0$  が棄却され、対立仮説  $H_1$  「両比率には差 ( $p_1 < p_2$ ) がある」が採択される。したがって、10万人未満の都市における同着用比率よりも10万人以上の都市の同着用比率の方が大きいと言える。

このように都市規模によって違いが生じる理由としては、改正法の趣旨周知方法による違いによるもの以外に、都市規模が小さい場合、移動の交通手段として自転車が主要なものではない可能性も考えられる。その場合、子供を同乗させた経験があるかどうか重要な点となると考えられる。従って、以下では、これまでと同様の区分による都市規模別の子供同乗経験の有無に関する比率の差の検定を行う。

#### 2.1.4 都市規模別子供の同乗経験有無に関する状況

都市規模が10万人未満かそれ以上かでヘルメットの着用比率に差があったことから、それらの両区分で同乗経験に差があることが予想されたため、同乗経験の有無に関する比率の差の検定を行う。

表5のデータを用い、10万人未満の都市と10万人以上の都市における同乗経験の有無に関する比率の差の検定を次のように行った。

帰無仮説  $H_0$  は、「10万人未満の都市における

表5 都市規模別昨年1年間における自転車への子供同乗経験の有無

	10万人未満	10万人以上
同乗経験あり	345	1,007
同乗経験ありの比率	0.352	0.498
合計人数	979	2,021

注) 警察庁「自転車の幼児同乗に関するアンケート調査結果 H20年」『第7回幼児2人同乗用自転車検討委員会資料 (H21年3月26日)』より作成

平成20年の子供と自転車同乗経験のありの比率  $p_1$  と10万人以上の都市における平成20年の子供と自転車同乗経験のありの比率  $p_2$  には差がない」とし、対立仮説  $H_1$  を「両比率には差 ( $p_1 < p_2$ ) がある」とした。

このとき、帰無仮説  $H_0: p_1 = p_2 = p$  のもとで、平均0、分散  $pq(1/979 + 1/2021)$  に従う。また、 $p = (345 + 1007) / (979 + 2021) = 0.4506$  で与えられる。これらの情報から、標準正規分布に従う検定統計量  $z$  を求めると、 $z = -7.53 < -2.33$  となり、下側1%の有意水準で  $H_0$  が棄却され、対立仮説  $H_1$  「両比率には差 ( $p_1 < p_2$ ) がある」が採択される。したがって、10万人未満の都市における同乗経験ありの比率よりも10万人以上の都市の同乗経験ありの比率の方が大きいと言える。

以上より、道路交通法改正前（平成18年）よりも改正後施行前（平成20年）の自転車同乗幼児のヘルメット着用率の方が統計学的に有意な差があるという結果が得られた。これは、改正法が施行されるまでの間、その趣旨の周知活動がなされた効果であるとも考えられる。また、平成18年では、都市規模にかかわらず同ヘルメット着用率には統計学的に有意な差がなく、平成20年では、都市規模間の同ヘルメット着用率には、統計学的に有意な同一性は確認されなかった。これは、先に述べた、改正法の趣旨に関する周知活動に何らかの違いが存在するかその活動が同じ場合でも、効果に影響を与える要因が存在する可能性を示している。これを受けて、平成20年の都市規模間の同ヘルメット着用率に差があるかを統計学的に検証した。10万人未満の都市と10万人以上の都市の同ヘルメット着用率には統計学的な差があり、改正法の趣旨についての周知活動の効果に違いがある点が指摘できる。効果の違いが都市規模にあるひとつの理由として、10万人未満の都市規模10万人以上の都市規模の保護者に比べ、子供の同乗経験が少ない点が挙げられる。

## 2.2 広島市および東広島市における自転車同乗幼児のヘルメット着用について

平成22年度の広島市の人口はおよそ115万人、平成22年度の東広島市の人口は、およそ18万人となっており、広島市は表2の50万人以上の規模の都市および、東広島市は、10万人以上20万人未満の規模の都市にそれぞれ該当する。ヘルメット着用比率については、50万人以上の都市では0.326であり、10万人以上20万人未満の都市は0.289である。この比率を参考に、収集を行ったデータの考察を行う。

まず、人口規模が類似した都市間の平成20年と平成21年の同着用比率の差の検定を行い、広島市及び東広島市の平成20年、及び平成21年のデータを用いた同着用比率の差の検定を行う。

### 2.2.1 広島市とそれと同等の人口規模の都市間の同着用比率の状況について

まず、広島市と同程度の人口規模の同着用比率の差の検定を行った。

用いたデータは、広島市と、同等都市規模のデータは、平成20年のものであり、広島市に関しては、改正法施行直後のデータであり、同等都市規模のデータは改正法公布後施行前のものである。時間の経過とともに、改正法の趣旨が浸透し、意識が高まっている場合、同着用比率が上昇している可能性もあるが、他方でその実施主体や関連団体の取り組み方などを考慮すれば、同比率が低い水準にとどまる可能性もあるため、本検定は、両側検定とした。

帰無仮説  $H_0$  を「広島市における平成20年の自転車同乗幼児のヘルメット着用比率  $p_1$  と平成20年の同等の都市規模における同着用比率  $p_2$  には差がない」とし、対立仮説  $H_1$  を「両比率には差 ( $p_1 \neq p_2$ ) がある」とした。

このとき、帰無仮説  $H_0: p_1 = p_2 = p$  のもとで、平均0、分散  $pq(1/27 + 1/491)$  に従う。また、 $p = (5 + 160) / (27 + 491) = 0.3187$  で与えられる。これらの情報から、標準正規分布に従う検定統

表6 広島市及び東広島市における自転車同乗幼児のヘルメット着用状況  
(平成20年, 平成21年)

	総 数		該 当 数	
	平成20年	平成21年	平成20年	平成21年
広島市	27	285	5	69
東広島市		92		10

注) 平成20年の広島市のデータは改正法施行直後のデータ。平成21年の広島市、東広島市のデータ<sup>5)</sup>は平成21年度後期開講の実践公共経済学で半期にわたって収集したものから作成。

計量  $z$  を求めると、 $z = -6.88 < -2.58$  となり、両側 1% の有意水準で  $H_0$  が棄却され、対立仮説  $H_1$  「両比率には差 ( $p_1 \neq p_2$ ) がある」が採択される。したがって、広島市と同等の都市規模の同着用比率の間には、統計学的に有意な差が確認される。改正法公布後施行直前の状況と時間が経過した後の変化については、平成20年の同等の都市規模データと平成21年の広島市におけるヘルメット着用比率に関する統計学的検証が必要である。

これを受けて、次に、広島市の平成21年のデータと、同等都市規模の平成20年のデータを用い、両者に統計学的な差があると言えるかどうかの仮説検定を行った。検定は、上記と同じ理由で両側検定とした。

帰無仮説  $H_0$  を「広島市における平成21年の自転車同乗幼児のヘルメット着用比率  $p_1$  と平成20年の同等の都市規模における同着用比率  $p_2$  には差がない」とし、対立仮説  $H_1$  を「両比率には差 ( $p_1 \neq p_2$ ) がある」とした。

このとき、帰無仮説  $H_0: p_1 = p_2 = p$  のもとで、平均 0、分散  $pq(1/285 + 1/491)$  に従う。また、 $p = (69 + 160) / (285 + 491) = 0.2952$  で与えられる。これらの情報から、標準正規分布に従う検定統計量  $z$  を求めると、 $z = -5.12 < -2.58$  となり、両側 1% の有意水準で  $H_0$  が棄却され、対立仮説  $H_1$  「両比率には差 ( $p_1 \neq p_2$ ) がある」が採択される。したがって、広島市と同等の都市規模の同着用比率の間には、統計学的に有意な差が確

認される。改正法施行後、時間の経過に伴う変化については、平成20年と平成21年の広島市におけるヘルメット着用比率に関する統計学的検証が必要である。

続いて、平成20年と平成21年の広島市におけるヘルメット着用比率に統計学的に有意な差があるかどうか仮説検定を行った。

帰無仮説  $H_0$  を「広島市における平成20年の自転車同乗幼児のヘルメット着用比率  $p_1$  と平成21年の同比率  $p_2$  には差がない」とし、対立仮説  $H_1$  を「両比率には差 ( $p_1 < p_2$ ) がある」とした。

このとき、帰無仮説  $H_0: p_1 = p_2 = p$  のもとで、平均 0、分散  $pq(1/27 + 1/285)$  に従う。また、 $p = (5 + 69) / (27 + 285) = 0.2372$  で与えられる。これらの情報から、標準正規分布に従う検定統計量  $z$  を求めると、 $z = -2.36 < -2.33$  となり、下側 1% の有意水準で  $H_0$  が棄却され、対立仮説  $H_1$  「両比率には差 ( $p_1 < p_2$ ) がある」が採択される。したがって、改正法施行後、時間の経過により同比率が大きくなっているといえる。

以上から、広島市は同等の都市規模の同着用比率の間には差があることが確認され、広島市のそれは、低水準である可能性がある。ただ、広島市の平成21年の同着用比率は、平成20年に比べ、上昇している可能性が示された。

## 2.2.2 東広島市とそれと同等の都市規模の都市間の同着用比率の状況について

東広島市の平成21年のデータと、同等都市規模の平成20年のデータを用い、両者に統計学的



な差があると言えるかどうかの仮説検定を行った。検定は、両側検定を行い、上記と同じ考えに従った。

帰無仮説  $H_0$  を「東広島市における平成21年の自転車同乗幼児のヘルメット着用比率  $p_1$  と平成20年の同等の都市規模における同着用比率  $p_2$  には差がない」とし、対立仮説  $H_1$  を「両比率には差 ( $p_1 \neq p_2$ ) がある」とした。

このとき、帰無仮説  $H_0: p_1 = p_2 = p$  のもとで、平均0、分散  $pq(1/92 + 1/256)$  に従う。また、 $p = (10 + 74) / (92 + 256) = 0.2413$  で与えられる。これらの情報から、標準正規分布に従う検定統計量  $z$  を求めると、 $z = -7.86 < -2.58$  となり、両側1%の有意水準で  $H_0$  が棄却され、対立仮説  $H_1$  「両比率には差 ( $p_1 \neq p_2$ ) がある」が採択される。したがって、東広島市と同等の都市規模の同着用比率の間には、統計的に有意な差が確認される。

### 2.2.3 平成21年の広島市と東広島市の同着用比率の状況

次に、平成21年の広島市におけるヘルメット着用比率と同年の東広島市における同比率に統計学的に有意な差があるかどうかの仮説検定を行った。

帰無仮説  $H_0$  を「東広島市における平成21年の自転車同乗幼児のヘルメット着用比率  $p_1$  と広島市における平成21年の同比率  $p_2$  には差がない」とし、対立仮説  $H_1$  を「両比率には差 ( $p_1 < p_2$ ) がある」とした。

このとき、帰無仮説  $H_0: p_1 = p_2 = p$  のもとで、平均0、分散  $pq(1/92 + 1/285)$  に従う。また、 $p = (10 + 69) / (92 + 285) = 0.2095$  で与えられる。これらの情報から、標準正規分布に従う検定統計量  $z$  を求めると、 $z = -6.37 < -2.33$  となり、下側1%の有意水準で  $H_0$  が棄却され、対立仮説  $H_1$  「両比率には差 ( $p_1 < p_2$ ) がある」が採択される。したがって、広島市の方が東広島市よりも、同着用比率が大きいと言える。

上記の統計的仮説検定の結果から、次のようなことが示された。

平成20年広島市と平成20年同規模都市は両者に差が確認され、広島市が低い水準にある可能性が示された。

平成21年広島市と平成20年同規模都市は両者に差が確認され、改正法施行後、時間の経過があるが広島市が低い水準にある可能性が示された。

平成20年広島市と平成21年の広島市は両者に差が確認され、改正法施行後、時間の経過に伴い同着用比率の水準が上昇した可能性が示された。

平成21年東広島市と平成20年同規模都市は両者に差が確認され、改正法施行後、時間の経過に伴い同着用比率の水準が平成20年同規模都市の水準に近づいていない可能性が示された。

平成21年広島市と平成21年東広島市は両者に差が確認された。

以上から、全国的には、改正法公布後施行前の期間にその趣旨周知活動がなされた結果、同着用比率が上昇したと考えられる。しかし、その効果は、都市規模で異なり、10万人以上の都市規模のほうが、同着用比率が高い結果を得た。その要因のひとつとして考えられたのが、都市規模別の子供との自転車同乗経験の有無の大小であり、10万人以上の都市規模においてその値が大きいと言える。

これに続いて、広島市及び東広島市における状況を収集したデータと先行研究に示されたデータを用い考察した。その結果、広島市は、改正法施行後の平成20年から平成21年にかけて、同着用比率は上昇したが、同等の都市規模と比較した場合、その値は低い水準であると考えられる。また、平成21年の広島市と東広島市は、都市規模の大きい広島市のほうが高い水準にあると考えられる。東広島市の改正法施行後一定期間経過した同着用比率とそれと同等の都市規

模の改正法施行前のものとを比較した場合、ある程度、改正法の趣旨が浸透している可能性があるにもかかわらず、低水準であった。総じて、広島市及び東広島は、全国的な水準よりも低いと考えられる。

## 結 論

これまで自転車に保護者と同乗する幼児の外部不経済の理論的な位置づけ、その解決に向けた方策、及び、自転車に保護者と同乗する幼児のヘルメット着用状況を議論してきた。

幼児が自転車に同乗する際、彼らが主体的に、自らが被る外部不経済の金銭的な不利益を評価し、その補償額を考慮して、保護者の最適な需要量の決定を促すことは困難であり、従って、保護者が選ぶ最適な需要量において外部不経済をできるだけ小さくする試みが必要となることを指摘した。

また、平成20年に改正道路交通法が施行され、「13歳未満の幼児・児童が自転車に乗る場合、ヘルメットの着用に努めること」が保護者の努力義務とされ、この取り組みは、先に議論した理論的なことを背景とし、事故に伴う幼児・児童が被る不利益を防ごうとする意図で実現したものであり、自らその選択を十分にできない幼児に代わって、その外部不経済を保護者に認識してもらい取り組みと位置づけられる。

法律を制定し、実際にその実施の後、効果が現れるまでには一定の期間が必要であり、この改正法も、施行まで約一年間の周知期間が設けられた。この前後の同乗幼児にヘルメット着用状況を道路交通法改正前（平成18年）のデータと同法改正後施行前（平成20年）のデータを用い統計的な検証を行った。

その結果、道路交通法改正前（平成18年）よりも同法改正後施行前（平成20年）の自転車同乗幼児のヘルメット着用率の方が統計的に有意な差があるという結果が得られた。これは、

改正法が施行されるまでの間、その趣旨の周知活動の効果があつたと考えられる。

また、平成18年では、都市規模にかかわらず同ヘルメット着用率には統計的に有意な差がなく、平成20年では、都市規模間の同ヘルメット着用率には、統計的に有意な同一性は確認されなかった。そのことから、改正法の趣旨に関する周知活動とその効果に何らかの違いが存在する可能性が示された。

これを受けて、平成20年の都市規模間の同ヘルメット着用率に差があるかを統計的に検証し、10万人未満の都市と10万人以上の都市の同ヘルメット着用率には統計的な差があり、改正法の趣旨についての周知活動の効果に都市規模により違いがある点が指摘できた。効果の違いが都市規模にあるひとつの理由として、10万人未満の都市規模10万人以上の都市規模の保護者に比べ、子供の同乗経験が少ない点も指摘された。

広島市については、同市と同等の都市規模の同着用比率の間には差があることが確認され、広島市のそれは、低水準である可能性が示されたが、広島市の平成21年の同着用比率は、平成20年に比べ、上昇している可能性も示されている。

全国的には、改正法公布後施行前の期間にその趣旨周知活動がなされた結果、同着用比率が上昇し、その効果は、都市規模で異なり、10万人以上の都市規模のほうが、同着用比率が高いようである。その要因のひとつとして考えられたのが、都市規模別の子供との自転車同乗経験の有無の大小であり、10万人以上の都市規模においてその値が大きいと言える。

広島市は、改正法施行後の平成20年から平成21年にかけて、同着用比率は上昇したが、同等の都市規模と比較した場合、その値は低い水準であると考えられる。また、平成21年の広島市と東広島市は、都市規模の大きい広島市のほう

が高い水準にあると考えられる。東広島市の改正法施行後一定期間経過した同着用比率とそれと同等の都市規模の改正法施行前のものとを比較した場合、ある程度、改正法の趣旨が浸透している可能性があるにもかかわらず、低水準であった。総じて、広島市及び東広島は、全国的な水準よりも低いと考えられる。

今後は、広島市及び東広島市の自転車同乗幼児のヘルメット着用率引き上げのためどのような取り組みが可能であるかについて、全国的に高い水準とされている京都府の取り組みなどを参考に、提言するとともに、時間的な経過に伴う、同着用率の変化にも注目していきたい。

## 注

- 1) 自転車対策検討懇談会（平成18年11月）『自転車の安全利用に関する提言』警察庁における資料（図9 自転車乗用中死者の損傷部位割合）では、頭部が68.2%であることが報告されている。また、第7回「幼児二人同乗用自転車」検討委員会（平成21年3月26日）「自転車の幼児同乗に関するアンケート調査結果」（○自転車同乗時の子供の同乗形態とケガの最も大きかった部位）では、約90%がどこかの部位にケガを負っているとの報告がされている。
- 2) 外部不経済とは、他の経済主体に対価を支払わずに不利益を与えることである。
- 3) 比率の差の検定は、次のようなものである。標本の数が  $n_1$  の第1標本の比率を  $p_1$ 、標本の数が  $n_2$  の第2標本の比率を  $p_2$  とした時、 $p_1 - p_2$  で知らされる確率変数は、帰無仮説  $H_0: p_1 = p_2 = p$  のもとで、平均0、分散  $pq(1/n_1 + 1/n_2)$  に従う。ここで、 $p$  は、 $n_1 + n_2$  に占める、ある性質をもったものの比率となる。 $p_1$  に含まれるある性質をもったものの個数は、 $n_1 \times p_1$  であり、 $p_2$  についても同様に求めると、 $n_2 \times p_2$  となる。これらを加え、総数で割れば、 $p$  を求めることができる。従って、 $p = (n_1 p_1 + n_2 p_2) / (n_1 + n_2)$  となる。対立仮説  $H_1$  は、 $H_1: p_1 \neq p_2 (p_1 < p_2 \text{ または } p_1 > p_2)$  である。
- 4) 比率の同一性の検定では、帰無仮説  $H_0$  は、「 $n$  個のグループにおいて対象となる性質の比率が同じである」に対し、対立仮説  $H_1$  「 $n$  個のグループの対象となる性質の比率のすべてが等しいわけではない」となる。検定統計量は、 $Q = \Sigma\{(観測個数 - 期待個数)^2 / 期待個数\}$  で与えられ、 $Q$  は、 $r \times c$  の分割表（合計の行と列は無視）のもと、自由度

$(r-1) \times (c-1)$  の  $\chi^2$  (カイ二乗) 分布に従う。 $Q$  の値は、観測個数と期待個数との差が大きくなれば、それに従い大きな値を取るようになり、期待個数との差が小さいならば、小さい値を取る。すべての観測個数が、期待個数と大きく乖離すれば、帰無仮説が棄却され、対立仮説が採択される。

- 5) データ収集は、担当者が日常生活で移動する際の短い時間を活用し行うよう指示した。このようにして収集したデータの特徴は、一回の標本数は多くなく、移動途中の短い時間を活用するため、同じ母集団から、異なる数の標本数を継続して収集したものと類似している。大数の法則を考慮すると、標本数  $n$  が大きなものを検定に用いる標本とすることが望ましい。また、異なる標本収集時期に同じ母集団からの標本収集となるため、そこで得られる数値は確率的に変動する確率変数の実現値と言える。

ベルヌーイ試行とは成功・失敗二つの結果しかない1回の施行であり、二項分布とはそれを  $n$  回実施した時の分布である。二項分布に従う確率変数  $X$  は  $X = \Sigma x_i$  であらわされる。 $x_i$  は、 $i$  番目のベルヌーイ試行の結果である。この二項確率変数  $X$  の期待値は  $E(X) = E(x_1) + E(x_2) + \dots + E(x_n)$  となり、分散は  $V(X) = V(x_1) + V(x_2) + \dots + V(x_n)$  となる。(該当者の比率が  $p$  である) 同じ母集団から抽出される標本であれば、その期待値と分散は、 $E(X) = np$ 、 $V(X) = npq$  となる。また、このように収集されたデータの比率は中心極限定理により、 $N(p, pq/n)$  の正規分布に従うこととなる。

## 参考文献

- Aczel D. Amir, Sounderpandian Jayavel. (2006). *Complete Business Statistics*, 6/e. McGraw-Hill.
- 井堀利宏. (1996). 『公共経済の理論』. 有斐閣.
- 西村和雄. (1997). 『ミクロ経済学』. 東洋経済新報社.
- 西村清彦. (1993). 『経済学のための最適化理論入門』. 東京大学出版会.
- 武隈慎一. (1993). 『ミクロ経済学』. 新世社.

## 参考資料

- 財団法人自転車産業協会. (2006). 「同乗幼児のヘルメット着用の有無 (H18年3月調査) (都市規模別)」『幼児の自転車同乗の実態に関する調査 (H18年3月)』.
- 警察庁. (2009). 「自転車の同乗に関するアンケート調査結果2008年」『第7回 幼児2人同乗用自転車検討委員会資料』(3月26日).
- 警察庁交通局長. (2005). 「自転車の交通秩序整序化に向けた総合対策の推進について」(平成17年7月12日). 警察庁.