

# ハザード・モデルによる自動車不具合率の推計

福本 潤也<sup>1</sup>・後藤 雄太<sup>2</sup>

<sup>1</sup>正会員 東北大学准教授 大学院情報科学研究科 (〒980-8579 宮城県仙台市青葉区荒巻字青葉6-6-06)

E-mail: fukumoto@plan.civil.tohoku.ac.jp

<sup>2</sup>非会員 仙台市水道局 (〒982-8585 太白区南大野田29-1)

E-mail: yuuta\_gotou@city.sendai.jp

2004年に国土交通省の下に「自動車の検査・点検整備に関する基礎調査検討会」が設けられた。同検討会は自動車検査証の有効期間延長の社会的影響について推計・試算を行い、有効期間の延長が自動車の安全確保と環境保全に甚大な悪影響を及ぼすと結論づけた。しかし、同検討会の推計・試算で重要な位置づけを占める自動車の不具合率の推計は様々な問題を抱えている。本研究では、同検討会の推計が抱える問題を克服するハザード・モデルを提案する。同検討会が不具合率の推計に用いたデータを使用してハザード・モデルのパラメータを推計する。推計結果に基づき、同検討会による社会的影響の推計・試算結果が過大推計であった可能性を指摘する。

**Key Words :** hazard model, vehicle inspection and maintenance, failure rate, deterioration

## 1. はじめに

自動車検査・登録制度に基づく自動車の継続検査制度と点検整備制度は、自動車交通の安全確保と環境保全にとって不可欠な制度である。本研究では両制度を車検制度と総称する。車検制度は1951年に公布された道路運送車両法に基づいており、既に半世紀を超える歴史を有している。車検制度は自動車交通の安全確保と環境保全の他に、適正な納税の確保や無保険車の排除等の機能も果たしており、自動車交通を支える最も重要な制度の一つと言える。

自家用乗用車の自動車ユーザーは、初回継続検査以降、24カ月毎に車検（厳密には、自動車検査証の有効期間を延長するための継続検査と法定24カ月点検整備）を受ける必要がある<sup>[1]</sup>。車検時には、継続検査の手数料に加えて自動車重量税・自賠責保険料・法定24カ月点検費用等を負担しなければならない。国土交通省<sup>[1]</sup>の調査結果によると、1,500～2,000ccの自家用乗用車の自動車ユーザーは、ユーザー車検の場合に、自動車重量税や自賠責保険料を含めて6万6千円～8万7千円を負担している。整備工場を利用する場合には9万1千円～16万6千円を負担している。多くの自動車ユーザーは車検時の負担を大変重く感じている。そのため、これまでに何度か自動車ユーザーの負担軽減を目的とした

車検制度の見直しが図られてきた<sup>[2][3]</sup>。ただし、自家用乗用車の自動車検査証の有効期間（以下、有効期間）等は、1952年以降の50年間でわずかに2回しか見直されていない。自動車の技術進歩や使用形態の変化を踏まえた車検制度の抜本的な見直しが必要であるとの根強い主張が存在する<sup>[4]</sup>。過去10年間の動きを振り返ってみると、2001年8月に総務省が国土交通省に対して「自動車の検査・登録及び整備に関する行政評価・監視結果に基づく勧告<sup>2)</sup>」を出している。同勧告は、検査・登録業務の実施体制の見直しと検査・登録及び整備に関する規制の見直し（具体的には、定期点検項目の簡素化、申請手続きの簡素化等）を求めている。2003年10月には、車検制度の抜本的見直しをめぐって総合規制改革会議と国土交通省による公開討論<sup>3)</sup>が行われている。総合規制改革会議の委員は、1)自動車部品の耐久性等の品質と自動車の性能の向上、2)自動車ユーザーの保守管理責任、3)官製市場として肥大化している自動車整備産業<sup>[5]</sup>、という3つの理由から車検制度の抜本的見直しが必要であると主張している。2004年3月には、「規制改革・民間開放推進3ヶ年計画<sup>4)</sup>」が閣議決定され、「安全で環境と調和のとれた車社会の実現を目指すという車検・点検整備制度本来の目的を念頭に置き、必要なデータ等を収集の上、安全確保・環境保全・技術進歩の面から有

効期間の延長を判断するための調査を平成 16 年度中に取りまとめ、その結果に基づき速やかに所要の措置を講ずる」としている。

これらの動きに対して、国土交通省自動車交通局は 2004 年 10 月に「自動車の検査・点検整備に関する基礎調査検討会」（以下、基礎調査検討会）を設置して、有効期間の延長に関する調査検討を行っている。基礎調査検討会は 13 名の委員で構成されており、学識経験者 3 名、ユーザー代表 5 名、自動車産業関係者 3 名、検査実施機関 2 名という構成であった。基礎調査検討会は、国土交通省が全国の指定整備工場から 4 年間にわたって収集した 73 万台規模の自動車の不具合発生状況に関するデータを用いて、自動車検査証の有効期間の見直し（延長）の社会的影響を推計・試算した。推計・試算結果は 2005 年 3 月に取りまとめられた「自動車の検査・点検整備に関する基礎調査検討結果報告書<sup>1)</sup>」で公表されている。例えば、自家用乗用車（軽自動車を含む）の初回有効期間を 3 年から 4 年に延長すると、交通事故による年間推定死傷者数が 6.5%、年間推定交通渋滞長が 9.9%、排出ガス成分に含まれる環境汚染物質が 0.4~0.9%増加すると推計・試算されている。基礎調査検討会は有効期間延長の社会的影響の推計・試算結果とその他の調査結果を総合的に検討した上で、有効期間の延長が自動車の安全確保と環境保全に大きな悪影響を及ぼすと結論づけている。

上述の基礎調査検討会による推計・試算において、自動車の不具合発生率の推計が重要な役割を担っている。基礎調査検討会は、耐久消費財の製品寿命の推定などに用いられる製品劣化曲線を用いて不具合発生率を推計している。詳しくは 3.(5)で議論するが、基礎調査検討会による不具合率の推計には、以下の 3 つの問題がある。第一に、自動車を構成する多数の部品の劣化要因の違いを考慮していないという問題である。第二に、部品の劣化には時間的要因による劣化（経年劣化）の他に使用状況に起因する劣化（走行劣化）が働くことを十分に考慮していないという問題である。第三に、自動車部品の一部が前回までの法定 12 ヶ月点検や法定 24 カ月点検で整備されている可能性を考慮していないという問題である。

基礎調査検討会に課せられた使命は期限内に結論を出すことであった。そのため、信頼性の高い推計・試算結果を算出するのに必要なデータや分析方法について十分に検討できなかったのは致し方ないとも言える。ただし、基礎調査検討会の結論をもって車検制度の見直しをめぐる議論が終わったわけ

ではない。国民生活に占める自動車の重要性を鑑みれば、自動車の技術進歩や使用形態の変化、自動車交通がもたらす社会的費用の大きさなどを踏まえて、車検制度を改善する余地が残されていないか常に検討していく必要があると考えられる。また、可能な限り合理的に判断する上で必要なデータや調査・分析方法についても常に検討していく必要があると考えられる<sup>16)</sup>。

以上の問題意識のもと、本研究では以下の 3 つの課題に取り組む。第一に、基礎調査検討会の推計・試算の妥当性について考察する。第二に、基礎調査検討会の推計・試算方法が抱える上記の問題を克服するハザード・モデルを提案する。第三に、基礎調査検討会と同じデータを使用して提案するハザード・モデルを推計する。さらに、有効期間延長による不具合率変化の試算を行う。

論文の構成は以下の通りである。2.では、車検制度の見直しをめぐる既存研究をレビューする。3.では、基礎調査検討会の推計・試算方法の概要を解説し、その妥当性について考察する。4.では、本研究における自動車検査証の有効期間延長時の不具合率変化の推計の手順を示す。5.では、不具合率変化の推計に用いるハザード・モデルを提案する。6.では、基礎調査検討会と同じデータを用いてハザード・モデルを推計する。さらに、不具合率の変化について試算する。7.では、分析結果をまとめ、今後の課題について検討する。

## 2. 関連研究

### (1) 検査・点検整備の規制緩和の経済的価値

RIA (Risk Impact Assessment) に対する社会的関心の高まりとともに、規制緩和の経済的価値を推計する試みが様々な形で行われている。自動車の検査・点検整備の仕組みは 1995 年に大きく見直された。当時の見直しの経済的価値を事後的に推計する試みが、総務省<sup>5)</sup>、住友生命総合研究所<sup>6)</sup>、内閣府政策統括官室<sup>7)</sup>、によって行われている。

1995 年の見直しのポイントは、1) 自家用乗用車の 6 ヶ月点検の廃止、2) 定期点検項目の削減、3) 前整備・後検査の義務付けの廃止（いわゆるユーザー車検の導入）、4) 車齢 11 年以上の自家用乗用車等の有効期間の 1 年から 2 年への延長の 4 つであった。総務省はそのうち 4) の経済的価値を推計している。具体的には、車検回数の減少による直接的な受検コストの節約額を求めている。推計結果として、毎年約 57.5 億円の国民負担が軽減されたと指摘し

ている。また、自動車保有の費用節約に伴う波及効果については応用一般均衡モデルを用いて、生産誘発額については産業連関分析を用いて推計している。市場経済便益として約 116.8 億円/年が生産誘発効果として約 189.7 億円/年が生じたと指摘している。一方、住友生命総合研究所と内閣府政策統括官室は、上記の見直しのポイントのうち 2)と 3)の効果に着目している。見直し前後で定期点検整備の料金が大きく下落していることから、自動車ユーザーの負担が約 5,000 億円/年(1996年と1997年の平均、住友生命総合研究所)ならびに約 3,900~8,600 億円/年(1995年から2005年、内閣府政策統括官室)が軽減されたとしている。定期点検整備項目の簡素化やユーザー車検の増加がもたらす業者間の競争圧力により、自動車整備業界から自動車ユーザーへと非常に大きなレントが短期間のうちに移転した可能性を示す興味深い結果である。ただし、ここで取り上げた分析はいずれも自動車ユーザーの負担軽減効果しか考慮していない。検査・点検整備の見直しにより、例えば、整備不良車両が増加して、交通事故や交通渋滞、環境汚染物質の排出等の社会的費用が増加するといった規制緩和の負の側面については全く考慮していない。

## (2) 車検制度と交通事故

米国では自動車交通がもたらす外部性の一つである交通事故と車検制度の関係について多数の実証分析が行われている。米国では州毎に車検制度の導入の有無や詳細が異なるため、実証分析を行う上で必要なデータの収集が比較的容易である<sup>17)</sup>。初期の研究は、クロス集計表を用いて車検制度の導入州では死亡率が概ね低いことを指摘したり<sup>8),9)</sup>、車検後1年以内の車両の事故率が低いことを示している<sup>10)</sup>。また、DD推定量を算出し、車検制度の導入が交通事故の軽減につながったかどうかは不明であると指摘する研究<sup>11)</sup>もある。1980年代に入るとクロスセクションデータ<sup>12)-16)</sup>や時系列データ<sup>17),18)</sup>、プーリングデータ<sup>19)</sup>等を用いて回帰分析を行い、車検制度と交通事故の関係を統計的に検証する試みが増える。この時期に行われた分析は、一部の例外<sup>12),13)</sup>を除き、車検制度が交通事故の軽減に寄与すると結論づけている。一方、1990年代には、車検制度が交通事故の減少に寄与しないとする実証研究<sup>20)-24)</sup>や、当初は交通事故の減少に寄与したものの時間の経過に伴い効果が失われたとする実証研究<sup>25),26)</sup>が多くなる。

車検制度が交通事故の減少に寄与しない可能性についても検討が加えられている。代表的な仮説に、

車検制度の導入がドライバーの危険な運転を誘発して制度導入の効果を相殺するという Offset 仮説<sup>27)</sup>がある。交通安全規制と交通事故のデータを用いて Offset 仮説の妥当性を実証的に示す研究も行われている<sup>28),29)</sup>。Offset 仮説の他にも、車検による自動車の点検整備はそもそも交通事故の軽減に大きく影響しないという Policy Ineffectiveness 仮説<sup>30)</sup>や、民間事業者が出来るだけ多くの顧客(自動車ユーザー)を引き付けようと競争する結果、検査基準が甘くなるという Patronize 仮説<sup>31)</sup>が提示されている。

米国以外のデータを用いて車検制度と交通事故の関係を検討した研究事例は限られている<sup>32),33)</sup>。わが国についても同様であり、実証研究の蓄積は乏しい。数少ない研究事例に斉藤<sup>34)</sup>と Saito<sup>35)</sup>がある。前者は、軽自動車の車検制度導入の影響をプログラム評価<sup>36)</sup>の方法を用いて分析している。分析結果として、車検制度の導入が交通事故を減少させたという結果は得られないと結論づけている。ただし、データの制約が非常に厳しいこともあり、分析結果の信頼性は高いとは言えない。後者は保険会社の自動車保険のクレームデータを用いた分析である。こちらも車検制度の導入が交通事故を減少させたとは言えないと結論づけている。

## (3) 車検制度と環境影響

車検制度と環境影響の関係についても米国を中心に研究が蓄積されている。米国では1990年に大気浄化法が改正された。同法の改正を受け、1992年に自動車排気ガスによる大気汚染の緩和を目的として、環境保護庁が自動車排気ガスの点検整備プログラムを強化した<sup>18)</sup>。プログラムの詳細は州によって異なるが、大気汚染が深刻な大都市圏で登録されている全車両に定期的な検査の受検が義務づけられる点で共通している。排出基準に適合しない車両は全体の10-30%程度とされており、全車両を検査対象とすることで大きな機会費用が発生していると指摘されている。例えば、アリゾナ州では点検整備プログラムで発生する全費用の2/3は検査の所要時間や費用によるものであり、排出ガス削減につながる車両の修理費用は全費用の1/3に過ぎないとの推計結果が示されている<sup>37)</sup>。プログラム強化時に環境保護庁が実施した規制影響分析が過大評価であったとする事後検証結果も報告されている<sup>37),38)</sup>。また、大都市圏のみを対象とすることで不適合車がプログラム対象地域外に転売されるリーケージが発生しているとの指摘もある<sup>39)</sup>。同プログラムの実施に伴う費用を最小化するため、車齢・走行距離等に応じた選択的な検査の実施<sup>40),41)</sup>、規制水準・検査期間

等の変更<sup>42)</sup>、罰金方式の導入<sup>43)</sup>といった制度の見直しの可能性について実証的な検討が加えられている。

米国以外のデータを用いて車検制度と環境影響の関係について検討している研究事例は交通事故の場合と同じく少ない<sup>44)</sup>。わが国でも同様である。車検制度とは直接関係ないが、本研究と問題意識が重なる先行研究に「自動車から排出される窒素酸化物及び粒子状物質の特定地域における総量の削減等に関する特別措置法」の規制影響分析の研究<sup>45),46)</sup>がある。

### 3. 基礎調査検討会による推計・試算の考察

#### (1) 推計・試算方法の概要

基礎調査検討会による自動車検査証の有効期間延長の社会的影響の推計・試算は2つのステップからなる。第一ステップでは、有効期間を延長した場合の不具合率の増加を推計・試算している。不具合率は、車検時に実施される法定24カ月点検の点検項目のうち少なくとも1項目が道路運送車両法の保安基準に適合しない車両の比率と定義されている。保安基準への適合の有無は指定整備工場の自動車検査員による判断結果が用いられている。基礎調査検討会は、車種・車齢毎に求めた不具合率の増加を車種・車齢別の自動車台数で重みづけて車種別に不具合率の増加を推計・試算している。第二ステップでは、不具合率の増加と交通事故・交通渋滞・環境汚染の関係を推計・試算している。交通事故の場合には、車種別に不具合率と整備不良を原因とする交通事故発生件数の相関関係を推計している。交通渋滞の場合には、不具合率と路上故障の発生件数の相関関係を推計している。相関関係の推計結果に第一ステップで求めた自動車検査証の有効期間延長時の不具合率の推計値を代入することで、交通事故・交通渋滞・環境汚染がそれぞれ何%増加するかを推計・試算している。

#### (2) 社会的影響の推計・試算の課題

社会的影響の推計・試算の課題として、次の2点を指摘することができる<sup>9)</sup>。第一に、相関関係の推計に用いるデータ数が極端に少ない。例えば、交通事故の場合、「整備不良を原因とする交通事故発生件数」を被説明変数、車齢別に収集した「自動車不具合率」を説明変数とする回帰分析を行っている。しかし、推計に使用したデータ・サンプルは7~11個しかない。推計結果の信頼性も決して高いとは言

表-1 属性情報 (自家用乗用自動車)

属性	区分数	分類
検査年	4	H12, H13, H14, H15
初度登録年	—	
種別	3	普通, 小型, 軽
メーカー名	36	国内外の36メーカー
型式	—	
車体形状	6	箱形, ステーションワゴン他
車両重量	—	
累計走行距離	—	
前回定期検査の受検	2	有, 無
前輪ブレーキ	3	ドラム, ディスク, その他
後輪ブレーキ	3	ドラム, ディスク, その他
パワーステアリング装置	2	有, 無
駆動方式	5	FR, FF, RR, 4WD, その他
トランスミッション	3	AT, MT, その他
点検項目 1	3	不適合, 適合しなくなる可能性大, 問題なし
⋮	⋮	
点検項目 67	3	

えない<sup>10)</sup>。第二に、不具合率の定義が不適切である。基礎調査検討会は、車検時の点検項目のうち少なくとも1項目が保安基準に適合しなかった自動車の比率を不具合率と定義して、不具合率と交通事故・交通渋滞・環境汚染の関係について分析している。しかし、自動車は多数の装置・部位によって構成されている。交通事故の原因となりやすい装置・部位もあれば、環境汚染の原因となりやすい装置・部位もある<sup>11)</sup>。装置・部位の違いを考慮しない推計・試算結果は大きなバイアスを含んでいる可能性がある。

基礎調査検討会による社会的影響の推計・試算は上述の課題を抱えているが、それらの解決は容易ではない。相関関係の推計に用いるデータを増やすための対処法として、例えば、都道府県別に集計したパネルデータを用いることが考えられる。しかし、その場合には都道府県別の不具合率の推計結果が必要になる。装置・部位別の不具合率を考慮した推計・試算を行うには、交通事故調査や路上故障調査において、交通事故や交通渋滞の原因となった装置・部位を特定しなければならない。現在の交通事故原因の調査体制では、交通事故や路上故障の原因となった装置・部位に関する情報を蓄積することは難しい。

基礎調査検討会による社会的影響の推計・試算が抱える限界と解決の難しさを踏まえると、推計・試算結果に大きな信頼を寄せることは危険である。推計・試算結果はあくまで参考程度の情報と捉えるべきであろう。

表-2 点検項目と基準不適合率

項目番号	装置名	部位及び点検項目	法定12ヶ月	省略可能	普通(%)	小型(%)	軽(%)
1	かじ取り装置	ハンドル	操作具合		0.05057	0.04967	0.04505
2		ギヤ・ボックス	取付けの緩み	○	0.04995	0.04783	0.02378
3		ロッド、アーム類	緩み, なた, 損傷	○	1.49161	0.68246	0.57819
4			ボール・ジョイントのダスト・ブーツの亀裂		1.35176	3.30670	1.26777
5		サイド・スリップ		○	2.32202	2.50246	3.27768
6		パワー・ステアリング装置	ベルトの緩み, 損傷	○	10.01049	10.89687	5.76692
7			油漏れ, 油量		1.38859	0.96574	0.16270
8			取付けの緩み	○	0.03496	0.03311	0.02878
9	制御装置	ブレーキ・ペダル	遊び, 踏み込んだときの床板とのすき間	○	0.06431	0.14054	0.17020
10		ブレーキのきき具合	○	0.05432	0.08167	0.12640	
11		駐車ブレーキ機構	引きしろ	○	0.70117	0.87928	0.80096
12			ブレーキのきき具合	○	0.14860	0.19830	0.14517
13		ホース及びパイプ	漏れ, 損傷, 取付状態	○	0.86163	1.14123	0.16019
14		マスタ・シリング	機能, 摩耗, 損傷		0.31905	0.33369	0.19523
15			液漏れ	○	0.38773	0.60630	0.67957
16		ホイール・シリンダ	機能, 摩耗, 損傷		0.45142	2.10881	4.15123
17			液漏れ	○	0.94717	4.24521	8.61659
18		ディスク・キャリバ	機能, 摩耗, 損傷		1.05393	1.09929	1.06002
19			液漏れ	○	0.47390	0.64456	0.52188
20		ブレーキ・ドラム及びブレーキ・シュー	ドラムとライニングとのすき間	○	0.12612	0.55627	0.66079
21			シューの摺動部及びライニングの摩耗	○	0.41645	3.25519	2.67321
22			ドラムの摩耗, 損傷		0.01623	0.08866	0.07634
23		ブレーキ・ディスク及びパッド	ディスクとパッドのすき間	○	0.37712	0.32964	0.31162
24	パッドの摩耗		○	13.82163	11.86887	9.94819	
25	ディスクの摩耗, 損傷			0.99274	0.71262	0.44553	
26	走行装置	タイヤの空気圧	○	1.85187	2.29166	2.52553	
27		タイヤの亀裂, 損傷	○	0.59877	0.80644	0.71586	
28		タイヤの溝の深さ, 異常摩耗	○	3.47086	4.51783	4.57299	
29		ホイール・ナット及びホイール・ボルトの緩み	○	0.27035	0.27261	0.26532	
30		フロント・ホイール・ベアリングのなた	○	0.44954	0.35466	0.51061	
31		リヤ・ホイール・ベアリングのなた	○	0.09740	0.29101	0.44178	
32	装置緩衝	取付部及び連結部	緩み, なた, 損傷	1.25873	0.76487	0.62200	
33	ショック・アブソーバ	油漏れ, 損傷		0.73301	0.66590	0.35918	
34	動力伝達装置	クラッチ	ペダルの遊び, 切れたときの床板とのすき間	○	0.07617	0.27041	0.14267
35		トランスミッション	油漏れ, 油量	○	1.66394	1.46719	1.16265
36		トランスファ	油漏れ, 油量	○	0.19106	0.11589	0.13266
37		プロペラ・シャフト	連結部の緩み	○	0.09053	0.04709	0.01752
38		ドライブ・シャフト	連結部の緩み	○	0.03809	0.08351	0.18397
39			自在継手部のダスト・ブーツの亀裂, 損傷		2.41443	7.09976	9.92191
40		デファレンシャル	油漏れ, 油量		0.82541	0.43707	0.52813
41	電気装置	点火装置	点火プラグの状態	○	4.22759	7.68693	8.79055
42		点火時期	○	0.01623	0.03054	0.06132	
43		ディストリビュータのキャップの状態	○	0.11114	0.13060	0.17396	
44		バッテリー	ターミナル部の接続状態	○	0.64747	0.68246	0.68833
45		電気配線	接続部の緩み, 損傷		0.16296	0.16960	0.20650
46	原動機	本体	エア・クリーナ・エレメントの状態	○	10.51435	9.74056	7.91074
47		排気の状態	○	0.02685	0.04820	0.06633	
48		潤滑装置	油漏れ	○	3.52081	4.87874	5.29010
49		燃料装置	燃料漏れ		0.27784	0.30462	0.07384
50		冷却装置	ファン・ベルトの緩み, 損傷	○	13.12546	12.69186	16.87525
51			水漏れ	○	2.46813	2.65330	2.96230
52	排出ガス発散防止装置等	ブローバイ・ガス還元装置	メタリング・バルブの状態		0.00812	0.01766	0.07634
53			配管の損傷		0.02622	0.05187	0.02253
54			配管等の損傷		0.00812	0.03753	0.00876
55		燃料蒸発ガス排出抑制装置	チャコール・キャニスタの詰まり, 損傷		0.00437	0.00441	0.00375
56			チェック・バルブの機能		0.00250	0.00441	0.00501
57		一酸化炭素等発散防止装置	触媒反応方式等排出ガス減少装置の取付けの緩み, 損傷		0.03809	0.02244	0.03004
58			二次空気供給装置の機能		0.00937	0.00957	0.00250
59			排気ガス再循環装置の機能		0.00999	0.00957	0.00876
60			減速時排気ガス減少装置の機能		0.00375	0.00368	0.01126
61			配管の損傷, 取付状態		0.01186	0.04636	0.02753
62		排出ガス	CO		0.05744	0.19094	0.40048
63			HC		0.04121	0.09823	0.17020
64			黒煙		0.07680	0.06512	0.00000
65	装防騒音装置	エグゾースト・パイプ及びマフラー	取付けの緩み, 損傷	○	0.78858	0.97972	1.10633
66		マフラーの機能		1.04831	1.49809	2.94979	
67	車体枠	車枠・車体	緩み, 損傷		0.18294	0.21118	0.27408
台数					160,162	271,812	79,904

### (3) 不具合率推計の使用データ

不具合率の増加の推計・試算の課題について考察する前に、不具合率の推計・試算で用いられたデータについて詳しく見ておきたい。基礎調査検討会が使用したのは、平成12年度から15年度の延べ13ヶ月間に全国の指定整備工場に入庫した自動車の基準適合性を国土交通省が調査した結果である。調査対象車両は、自家用乗用自動車・事業用乗用自動車・事業用乗合自動車・レンタカー・大型特殊自動車・軽貨物車・二輪自動車に及んでいる。国内の自動車保有台数の約1%に相当する約73万台について調査している。自家用乗用自動車の場合、表-1の属性情報を各サンプルについて調査している。このうち、自動車の不具合に関するものが表-2に示した67点検項目の基準適合性である。指定整備工場の自動車検査員が、点検整備時に各点検項目の基準適合性について、1) 不適合、2) 適合しなくなる可能性大、3) 問題なしの3段階で判定した結果が記録されている。点検項目とそれぞれの基準不適合率は表-2の通りである。

なお、法定24カ月点検では、必ずしも全ての自動車が67項目の点検を受けなくてもよい。自動車検査証の交付を受けた日又は前回の点検以降の年間走行距離が5000km未満の自動車は、一部の項目の点検を省略できる。省略可能な項目を表-2に示しておく。また、車検の中間年に実施される法定12ヶ月点検の点検項目も表-2に示しておく。

### (4) 不具合率の推計法

自家用乗用車の初回有効期間を3年から4年に延ばす場合を例に、基礎調査検討会の不具合率の推計法について解説したい。推計は初回有効期間延長後の1) 車齢4年の自動車の不具合率の推計、2) 車齢1-3年の自動車の不具合率の推計、3) 車齢5年以上の自動車の不具合率の推計、の三段階からなる。

延長後の車齢4年目の自動車の不具合率は基準不具合率に経年劣化と走行劣化の補正を加えて求める。基準不具合率には平均的な走行距離(車齢3年で累計走行距離3万キロ)の自家用自動車の不具合率の実測値が用いられる。走行劣化補正には、車齢3年の自動車の中で累計走行距離が車齢4年時の自家用自動車の累計平均走行距離(4万キロ)とほぼ等しい自動車の不具合率の実測値と基準不具合率の差が用いられる(図-1参照)。経年劣化補正には、累計走行距離が約3万キロで車齢5年の自家用自動車の不具合率の実績値と基準不具合率の差が用いられる(図-1参照)。

有効期間延長後の車齢1-3年の車両の不具合率の

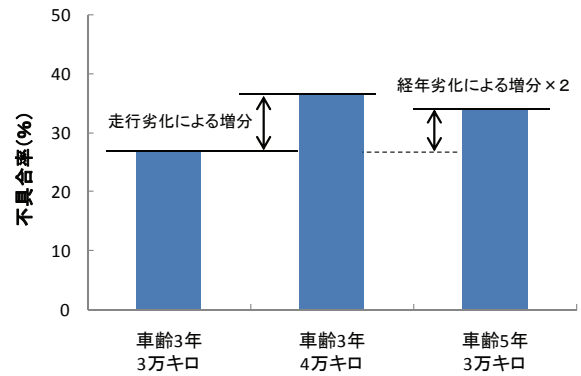


図-1 不具合率の試算方法(車齢4年)<sup>1)</sup>

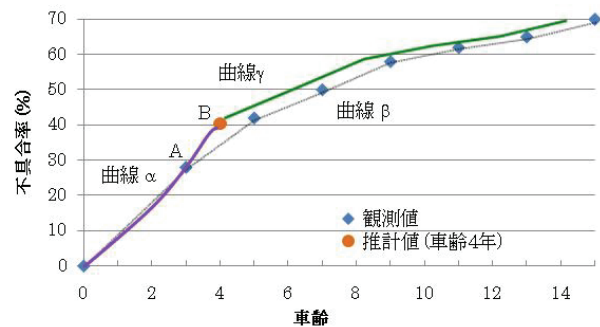


図-2 不具合率の試算方法(車齢4年以外)<sup>1)</sup>

推計の概要は図-2に示されている。原点、有効期間延長前の車齢3年の不具合率(A)、有効期間延長後の車齢4年の不具合率の推計値(B)の3点を通過するように製品劣化曲線(ワイブル分布に基づく生存曲線)のパラメータを推計して算出される(曲線α)。

車齢5年以上の自家用自動車の不具合率の推計法の概要も図-2に示されている。車齢4年以上の自家用乗用車の不具合率の実績値の傾向線(曲線β)を先に算出した延長後の車齢4年の自家用自動車の不具合率と一致するまで左側にスライドすることで、有効期間延長後の車齢4年以上の自家用乗用車の不具合率が求められる(曲線γ)。

### (5) 不具合率の推計法の課題

基礎調査検討会の不具合率の推計法の課題として、次の3点を指摘できる。第一に、自動車を構成する装置・部位の劣化特性の差異を考慮していない。表-2からも明らかな通り、点検項目毎に基準不適合率は大きく異なる。自動車検査証の有効期間を延長した場合、基準不適合率が大きく変化する点検項目もあれば、ほとんど変化しない点検項目もあると考えられる。第二に、個票に含まれる詳細情報を有効に利用していない。(4)で解説した通り、基礎調査検討会は車種・車齢別に集計した不具合率のデータ

を用いて推計している。集計データを用いているため、推計結果の精度や有意性に関する統計学的な議論を行うことができない。また、走行距離等の車両属性が調査されているにも関わらず、推計では有効に利用されていない。第三に、調査対象車両が過去に整備された可能性を無視している。調査対象の車両は、調査時点以前の定期点検整備等で整備がされている可能性が高い。基礎調査検討会の推計では、これらの可能性を無視しており、不具合率を過小推計している可能性がある。

基礎調査検討会の推計が抱える問題点を克服するため、基礎調査検討会と同じデータを用いて自動車の不具合率の変化を推計している事例に、田尻<sup>47)</sup>と規制改革・民間開放推進会議<sup>48),49)</sup>がある。いずれも自動車の不具合率が車齢と累計走行距離に依存するロジスティック回帰モデルを基礎調査検討会が十分に利用しなかった個票データを用いて推定している。いずれも上記の第二の課題については対処しているものの、第一と第三の課題については対処していない。本研究では上記の3つの課題すべてに対処することが可能なハザード・モデルを定式化して、基礎調査検討会と同じデータを使用して自動車の不具合率の再推計を行う。

#### 4. 不具合率推計の概要

##### (1) 推計の手順

本研究における自動車検査証の有効期間延長時の不具合率の再推計は、点検項目別のハザード・モデルの推定と推定結果を用いた不具合率の推計の二段階からなる。第一段階では、車検時に点検整備を行う自動車の各点検項目が道路運送車両法の保安基準に適合しない確率をハザード・モデルを用いて表現する。ハザード・モデルは車齢等の自動車属性を入力変数、点検項目が基準に適合しない確率を出力変数とする確率モデルである。第二段階では、車検時に点検する全67項目のうち1つ以上の点検項目が基準に適合しない確率を不具合率と定義して、点検項目別に推定したハザード・モデルを用いて不具合率を推計する。

##### (2) 基礎調査検討会との違い

本研究の不具合率の定義は基礎調査検討会の定義と同じである。ただし、不具合率を推計する手順が大きく異なる。基礎調査検討会は車齢と不具合率の関係を集計データを用いて直接推定している。一方、本研究では各点検項目が基準に適合しない確率をハ

ザード・モデルを用いて表現し、個票データを用いてハザード・モデルを推定する。そして、ハザード・モデルの推定結果を用いて不具合率を推計する。個票データを用いるため、基礎調査検討会の推計では有効利用されていなかった車齢以外の自動車属性を取り入れた推計となっている。

基礎調査検討会は調査対象の自動車は過去に点検整備を受けている可能性を明示的に考慮していない。一方、本研究では5.(2)で後述する方法に基づき、過去の点検整備の履歴を明示的に考慮した推計を行う。今回使用するデータは、車検時に点検整備された自家用乗用車について、ある一時点の点検結果を記録しているに過ぎない。ほとんどの自動車は調査時点以前にも法的に義務付けられた点検整備を定期的に受けている。ユーザーの自主的判断によって、不定期に点検整備を受けている可能性もある。過去の点検整備の可能性を無視すると不具合率の推計結果が大きく歪む可能性がある。こうしたバイアスを避けるため、基礎調査検討会では過去の点検整備の履歴を明示的に考慮する必要の少ない車齢3年と車齢5年の自動車のデータを主に用いて不具合率を推計している。これに対し、本研究では、過去の車検時に整備・点検が行われている可能性を明示的に考慮して、全ての車齢のサンプルを用いてハザード・モデルを推定する。

#### 5. ハザード・モデル

##### (1) ワイブル・ハザード・モデル

自動車の劣化メカニズムは大きな不確実性を持つと考えられる。確定的な現象としてモデル化するより、確率的な現象としてモデル化することが望ましいと考えられる。劣化現象を表現するための確率的なモデルとして広く用いられているモデルにハザード・モデルがある。本研究では自動車の点検項目が基準に適合しなくなる確率的な現象をワイブル・ハザード・モデル<sup>50)</sup>を用いて表現する。ワイブル・ハザード・モデルは、ハザード・レートが時間を通じて一定の現象に加えて、時間と共に単調増加する現象や単調減少する現象も表現できる。ワイブル・ハザード・モデルは土木計画学分野でも自動車の保有期間の分析<sup>51)</sup>やアセット・マネジメントへの適用<sup>52)</sup>を中心に研究成果が蓄積されている。本研究では過去の点検整備の可能性を考慮したワイブル・ハザード・モデルを提案するが、それに先立ち、以下ではワイブル・ハザード・モデルの基本的な定式化を簡潔に示しておく。

自動車*i*の初回登録時点を $t_i=0$ で表す. 点検項目*j*が基準に不適合となる状態に最初に到達する時刻を $t_{ij}$ で表す. 時刻 $t_{ij}$ がワイブル分布に従うと仮定する. この時, 時刻 $t_{ij}$ の確率密度関数は次式で表される.

$$f(t_{ij}; \lambda_j, \theta_j) = \frac{\lambda_j t_{ij}^{\lambda_j - 1}}{\theta_j^{\lambda_j}} \exp\left[-\left(\frac{t_{ij}}{\theta_j}\right)^{\lambda_j}\right] \quad (1)$$

$\lambda_j$ は分布の形状を表す加速度パラメータである.  $\lambda_j > 0$  ( $\lambda_j < 0$ )の場合にハザード・レートは単調増加(単調減少)する.  $\lambda_j = 0$ の場合は指数ハザードモデルに一致し, ハザード・レートは時間を通じて一定になる.  $\theta_j$ は分布の尺度を表す到着率パラメータであり,  $\theta_j > 0$ を満たす.  $\phi_j = \theta_j^{-\lambda_j}$ と変数変換すると, 確率密度関数が次式に変形される.

$$f(t_{ij}; \lambda_j, \phi_j) = \lambda_j \phi_j t_{ij}^{\lambda_j - 1} \exp[-\phi_j t_{ij}^{\lambda_j}] \quad (2)$$

これより, 時刻 $T_i$ までに点検項目*j*が基準に適合しなくなる確率は次の分布関数であらわされる.

$$F(t_{ij}; \lambda_j, \phi_j) = 1 - \exp[-\phi_j t_{ij}^{\lambda_j}] \quad (3)$$

一方, 時刻 $T_i$ において点検項目*j*が基準に適合する確率は次の生存関数で表される.

$$S(y_i; \lambda, \phi) = \exp[-\phi y_i^{\lambda}] \quad (4)$$

ハザード・レートは次式で表される.

$$h(t_{ij}; \lambda_j, \phi_j) = \lambda_j \phi_j t_{ij}^{\lambda_j - 1} \quad (5)$$

一般に, 同じ点検項目であっても, 自動車の属性や利用状況が異なれば, ハザード・レートも異なってくると考えられる. そこで, パラメータ $\phi_j$ を自動車の属性を表す変数 $\mathbf{x}_{ij}$ とパラメータ $\beta_j$ を用いて,  $\phi_j = e^{\mathbf{x}_{ij}^T \beta_j}$ とモデル化する. ハザード・レートは次式で表される.

$$h(t_{ij}; \lambda_j, \beta_j, \mathbf{x}_{ij}) = \lambda_j e^{\mathbf{x}_{ij}^T \beta_j} t_{ij}^{\lambda_j - 1} \quad (6)$$

式(6)のハザード・レートを持つハザード・モデルは, 車齢以外の自動車属性が比例定数の形でハザード・レートに影響する. そのため, 比例ハザード・モデルと呼ばれる. 本研究では, 基礎調査検討会と同じデータを用いて, 式(6)に含まれる未知パラメータを推定する.

## (2) 点検整備の履歴のモデル化の基本的考え方

4.(2)でも指摘した通り, 本研究で用いるデータ

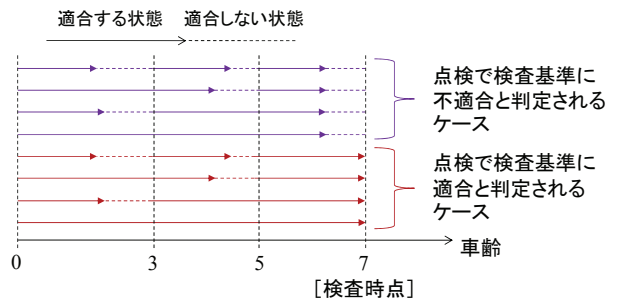


図-3 過去の点検整備の可能性

には, 自動車が過去に受けた点検整備に関する情報が含まれていない. そのため, 車齢の高い自動車が点検を受けて基準に適合すると判定された場合に, 1) そもそも当該項目の劣化の速度が遅いためなのか, それとも, 2) 劣化の速度は速いものの過去の点検で基準に適合しないと判定されて整備を受けたため, 今回の点検では基準に適合すると判定されたのか, いずれか判断できない. 同様に, ある点検項目が基準に適合しないと判定された場合でも, 1) 今回の検査で初めて基準に適合しないと判定されたのか, それとも, 2) これまでに何度も基準に適合しないと判定されて整備されてきたのか, いずれか判断できない. 図-3はデータから観察可能な情報と過去の点検整備の多様な履歴の関係を模式的に表している. 過去の点検整備の可能性を無視してハザード・モデルを推計すると, 自動車の劣化を過小評価してしまう. この問題に対処するには, 過去の点検整備の履歴を明示的にモデル化したハザード・モデルを定式化して推定する必要がある.

点検整備の履歴のモデル化にあたり, 次の2つの仮定を置く. 第一に, 全ての自動車は, 車検時のみに点検整備を受けていると仮定する. 第二に, 車検時の点検において基準に適合しないと判定された場合には, 整備が行われて自動車が初回登録された際の劣化状態, すなわち, 全く劣化していない状態に戻ると仮定する. 第一の仮定は法定12ヶ月点検やユーザーの自主的な判断による不定期点検を無視することを意味する. 車検時以外の点検は, 車検時に行われる法定24ヶ月点検とは点検項目や定期性の有無が異なる. 車検時の点検整備とそれ以外の点検整備の両方の履歴をモデル化するとモデルが著しく複雑になる. 今回は車検時の点検整備の履歴のみモデル化し, 車検時以外の点検整備の履歴のモデル化については今後の課題とする. 第二の仮定は, 点検整備により劣化が完全に回復することを意味する. 自動車を構成する装置・部位の中には部品の交換により劣化が完全に回復するものもあれば, 補修が行われても劣化が完全には回復しない装置・部位もあ



ると考えられる．今回はひとまず完全に回復するものと仮定してモデル化する．劣化が不完全にしか回復しない可能性については今後の課題とする．

上述の2つの仮定を用いて過去の点検整備の履歴をモデル化する前に，モデル化の基本的な考え方を図-4を用いて説明しておこう．図-4には，車齢7年の自動車の点検整備の履歴が二項モデルを用いて表してある．データから観察できる情報は7年目に実施される点検整備の結果のみであり，車齢3年時と5年時の点検整備の結果を観察することはできない．ただし，二項モデルの確率を特定化することで確率的に推測することは可能である．例えば，7年目の点検整備で基準に適合すると判定される確率は次式で与えられる．

$$\text{Prob} = F(3) \cdot F(2) \cdot S(2) + F(3) \cdot S(4) + [F(5) - F(3)] \cdot S(2) + S(7) \quad (7)$$

$F(\cdot)$  と  $S(\cdot)$  は式(6)のワイブル・ハザード・モデルから求まる分布関数と生存関数である．一方，適合しないと判定される確率は次式で与えられる．

$$\text{Prob} = F(3) \cdot F(2) \cdot F(2) + F(3) \cdot [F(4) - F(2)] + [F(5) - F(3)] \cdot F(2) + [F(7) - F(5)] \quad (8)$$

式(7)や式(8)と同様の定式化により，任意の車齢の自動車について観測された点検結果が得られる確率を表すことができる．これより，過去の点検整備の履歴を明示的に考慮したハザード・モデルを定式化することができる．

### (3) ハザード・モデルの定式化

(2)で解説した考え方に基づき，過去の点検整備の履歴の可能性を明示したハザード・モデルを定式化する．自動車*i*の車齢を $N_i$ で表す．自動車*i*がこれまでに点検整備を受けた時点における車齢の集合を $T_i = \{\tau_{ik}\}_{k=1, \dots, K_i}$ で表す．ただし， $\tau_{ik} = N_i$ ， $\tau_{i1} < \dots < \tau_{iK_i}$ である． $K_i$ は調査時点の点検が初回登録以降，何回目の点検であるかを表す変数である．第*k*回目の点検における自動車*i*の点検項目*j*の点検結果を $d_{ijk}$ で表そう． $d_{ijk}$ は0または1になる二値変数である． $d_{ijk} = 0$ は基準との適合を， $d_{ijk} = 1$ は基準との不適合を意味する．基準に適合しないと判定された車齢の集合を $\Delta_{ij} \in 2^{T_i}$ で表す．任意の $\tau_{ik} \in T_i$ について $d_{ijk} = 0$ が成り立つ場合， $\Delta_{ij} = \{\emptyset\}$ である．最低一回は基準に適合しないと判定された場合， $\Delta_{ij} = \{\delta_{ijm}\}_{m=1, \dots, M_{ij}}$ である．ただし， $1 \leq M_{ij} \leq N_i$ ， $\delta_{ij1} < \dots < \delta_{ijM_{ij}}$ である． $M_{ij}$ はこれまで

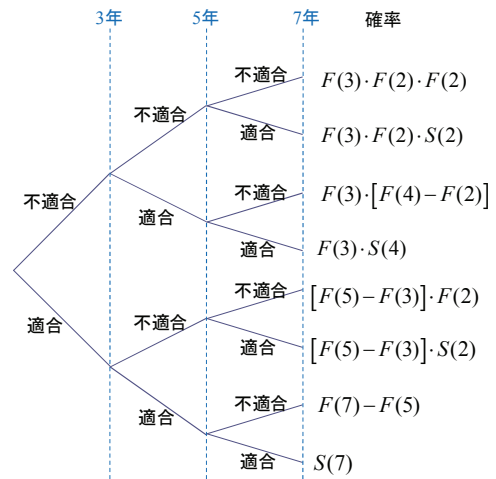


図-4 点検整備の履歴のモデル化

に基準に適合しなかった点検の回数を表す．

以上の変数を用いると，自動車*i*の点検項目*j*が基準に適合しないと判定される確率 ( $M_{ij} = K_i$ になる確率) を次のように表すことができる．

$$\text{Pr}(d_{ijK_i} = 1) = \sum_{\substack{\Delta_{ij} \in 2^{T_i} \\ M_{ij} = K_i}} \prod_{m=1}^{M_{ij}} [F(\delta_{ijm}) - F(\delta_{ijm^-})] S(\tau_{iK_i} - \delta_{ijM_{ij}}) \quad (9)$$

ただし， $m^- \equiv m-1$ ， $\delta_{ij0} = 0$ である． $M_{ij} = K_i$ より， $S(\tau_{iK_i} - \delta_{ijM_{ij}}) = S(0) = 1$ が常に成り立つ．一方，基準に適合すると判定される確率 ( $M_{ij} \neq K_i$ になる確率) は次式で表される．

$$\text{Pr}(d_{ijK_i} = 0) = \sum_{\substack{\Delta_{ij} \in 2^{T_i} \\ M_{ij} \neq K_i}} \prod_{m=1}^{M_{ij}} [F(\delta_{ijm}) - F(\delta_{ijm^-})] S(\tau_{iK_i} - \delta_{ijM_{ij}}) \quad (10)$$

本研究では式(9)と式(10)で表されるハザード・モデルを用いて，自動車の点検項目が保安基準に適合する確率的な現象を表現する．

### (4) 尤度関数の定式化

(3)で定式化したハザード・モデルのパラメータを最尤法により推定する．式(9)の $\text{Pr}(d_{ijK_i} = 1)$ と式(10)の $\text{Pr}(d_{ijK_i} = 0)$ を用いると対数尤度関数は次式で表される．

$$LL_j(\lambda_j, \beta_1, \dots, \beta_j) = \sum_{i \in I} \{d_{ijK_i} \text{Pr}(d_{ijK_i} = 1) + (1 - d_{ijK_i}) \text{Pr}(d_{ijK_i} = 0)\} \quad (11)$$

表-3 説明変数の候補

変数名	変数種類	変数候補		
		普通	小型	軽
定数項	固定	1 (alfa)		
年間走行距離	連続	距離 (dist)		
前回の定期点検の有無	ダミー	有 (insp)		
前輪ブレーキ	ダミー	ドラム (fdrum), ディスク (fdisk)		
後輪ブレーキ	ダミー	ドラム (rdrum), ディスク (rdisk)		
パワーステアリング装置	ダミー	有 (ps)		
駆動方式	ダミー	FR (FR), FF (FF), RR (RR), 4WD (4WD)		
トランスミッション	ダミー	AT (AT), MT (MT)		
メーカー	ダミー	メーカー1 (M1)	メーカー1 (M1)	メーカー1 (M1)
		⋮	⋮	⋮
		メーカー7 (M7)	メーカー8 (M8)	メーカー3 (M3)
説明変数の最大数		20	21	7

(5) モデル選択

表-1 に示した属性情報のうち、表-3 に示す変数を自動車の属性変数  $x_{ij}$  として用いる。変数の後ろの括弧内は対応するパラメータ名である。メーカーについては分類が細かいので、普通車を7メーカー、小型車を8メーカー、軽自動車を3メーカーにそれぞれ集約している。

最尤推定では説明変数とそれに対応する未知パラメータの数を増やせば観測データとの適合度が必ず高まる。しかし、モデルの頑健性の低下という過適合問題が生じる危険性がある。過適合問題を避けるにはモデル選択手法を用いて適切な説明変数を選択する必要がある。本研究では、統計モデルの適合度の評価指標に赤池情報量基準 AIC を用いる。AIC の定義式は次式で与えられる。

$$AIC = -2 \ln L + 2k \tag{12}$$

ただし、 $L$  は最大尤度、 $k$  は自由パラメータ数である。説明変数の候補が多いため、表-3 に示した全ての変数の組み合わせについて AIC を計算することはほぼ不可能である。そこで、本研究では変数増加法に従って AIC を最小化するモデルを選択する。変数増加法のアルゴリズムは図-5 の通りである。

普通車・小型車・軽自動車のそれぞれについてハザード・モデルを推定する。67 個の点検項目全てについて図-5 のアルゴリズムに従って推定する。サンプル数は 153,897 台、261,704 台、76,559 台である。ただし、一部のサンプルについては、自動車検査証の交付を受けた日もしくは前回の点検以降の年間走行距離が 5,000km 未満であり、一部の項目については点検を受けていない。全ての項目について点検を受けたサンプル数は 101,431 台、171,413 台、47,562 台である。

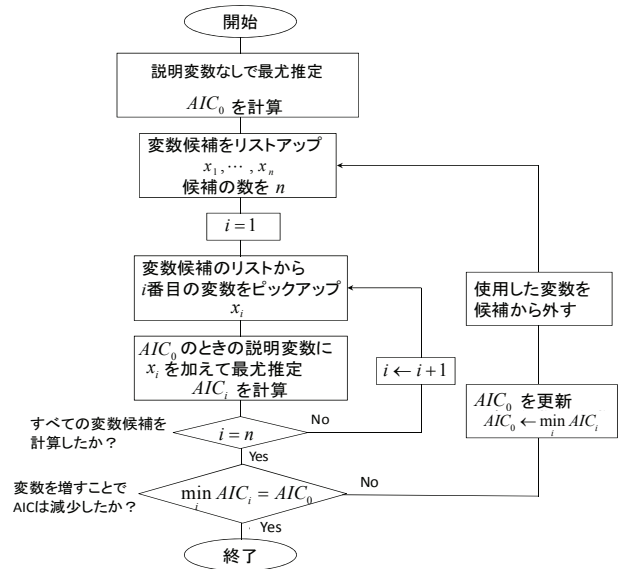


図-5 モデル選択のアルゴリズム

6. 不具合率の再推計

(1) ハザード・モデルの推定結果

パラメータ推定結果を表-4 から表-6 に示す。それぞれの表の最下段にはパラメータの推定値が 10% の有意水準で有意に正になった推定値と有意に負になった推定値の個数が記してある。緑色で塗られている点検項目は法定 12 ヶ月点検でも点検される項目である。全体的な傾向として、以下の 6 点を確認できる。

第一に、経年的な劣化を表わすパラメータ lambda (式(1)の  $\lambda$ ) は、軽自動車の点検項目 58 を除く全ての点検項目において有意に 1 を上回っている。自動車を構成するほぼ全ての装置・部位が時間の経過に伴い加速的に劣化する可能性を示している。第二に、走行距離に伴う劣化を表わすパラメータ dist が 67 点検項目中、普通車と小型車では 48 項目、軽自動車では 38 項目で有意に正となっている。すなわち、普通車と小型車では点検項目の約 72% で、軽自動車では約 57% で走行劣化のメカニズムが働いている。第三に、前回の法定 12 ヶ月点検の受検を表わすパラメータ insp が 67 点検項目中、普通車では 27 項目、小型車では 38 項目、軽自動車では、9 項目で有意に負となっている。法定 12 ヶ月点検の 32 点検項目に限ると、普通車では 13 項目、小型車では 20 項目、軽自動車では 4 項目で有意に負となっている。一方、前回の法定 12 ヶ月点検の受検が有意に正となっている点検項目は普通車・小型車・軽自動車にそれぞれ 1 項目ずつしかない。これ

表-4 パラメータ推定結果 (普通自動車)

	lambda	alfa	dist	msp	fdrum	fdisc	rdrum	rdisc	ps	FR	FF	RR	4WD	AT	MT	M1	M2	M3	M4	M5	M6	M7
1	2.13***	-12.15***	3.92***											0.70*	1.55***							1.57***
2	3.27***	-13.72***	6.24***													-1.43***					-1.36	
3	3.00***	-10.86***	6.52***							0.54***							0.23***	0.76***	1.69***			1.23***
4	4.18***	-13.12***	5.51***							0.87***	0.77***					-1.58***		0.69***	0.85***	-0.63***		0.29***
5	1.40***	-5.52***	2.37***	-0.29***						-0.23***					0.08	0.29***	-0.33***	0.43***				-0.42***
6	1.86***	-5.22***	3.65***	-0.08***			0.34***	0.18**		0.10***	0.24***			-0.08***		-0.48***	0.39***	-1.28***		0.13***	-0.63***	-0.65***
7	2.67***	-10.07***	4.47***					0.38***								1.11***				0.96***		1.79***
8	3.23***	-14.99***	5.09***													0.97**			1.27**			
9	2.05***	-11.12***	3.89***	-0.82***			1.11***				-0.43***						0.71***					
10	2.62***	-12.12***	5.02***	-0.48*				-0.58**											0.89***	0.86**		
11	1.38***	-6.65***		-0.36***			0.35***										0.35***					
12	1.96***	-9.15***	4.47***	-0.50***						-1.11***	-0.52***			0.44***		-0.57***		-1.31***	-0.46**		0.42	
13	4.01***	-11.03***	5.87***				-1.79***	-1.56***			-0.41***						-2.01***	-1.65***		-1.88***		
14	2.06***	-9.96***	4.24***								0.42***							2.08**				1.04***
15	3.11***	-10.77***	2.34***				0.23**			0.23*	0.18						-1.76***		-0.80***			-1.14***
16	1.53***	-10.05***	3.22***	-0.42**			4.04***											0.46**	0.35***			
17	1.80***	-6.32***	3.03***	-0.51***			0.76***	-8.64***		0.23***							-0.88***				0.67***	
18	2.51***	-8.97***	4.68***	-0.28***				0.30***		-0.58***	-0.46***											-0.47***
19	2.83***	-10.28***	4.58***	-0.31**													-0.67***		-0.48***			-0.80***
20	1.33***	-10.69***					4.30***										-0.42**					
21	3.08***	-14.09***	8.07***				3.86***			0.22	0.76***				-0.55***		0.23**				1.37***	
22	2.15***	-14.25***					4.42***							-1.69***								
23	1.95***	-8.89***	4.74***														-0.42***			-0.34***		
24	2.09***	-5.26***	5.10***	-0.28***				0.10***		-0.28***	-0.29***			0.14***		-0.23***	0.12***	-0.29***				0.41***
25	1.66***	-7.77***	4.22***								-0.42***									0.83***	0.90***	2.52***
26	1.32***	-5.09***		-0.33***													-0.41***					
27	1.47***	-7.07***								0.41***	1.26**								-0.38**		0.51***	
28	1.54***	-6.23***	3.42***							0.72***	0.68***											
29	2.02***	-8.82***	3.58***	-0.18**			0.28**			-1.05***	-0.87***						0.57**					
30	2.71***	-11.15***	5.97***	-0.14**			0.55***			0.32*				1.27***			-0.75***	-2.16***	0.27**			
31	2.26***	-10.10***	4.79***	-0.59***							0.32*			0.67***			-0.62***	-1.72***	-1.53***	-1.39***		-1.90*
32	2.74***	-9.93***	4.67***							-0.88***							1.17**		1.14**			1.23***
33	2.22***	-8.93***	4.58***							-0.93***							0.58**					
34	2.10***	-11.61***											0.60***		3.44***				0.75***	0.63**		
35	1.74***	-6.70***	4.44***	0.20**						-0.15***							-0.69***					
36	1.82***	-11.22***	5.57***										3.47***				-0.69***	-0.68***	-2.29***			
37	3.38***	-16.42***	6.35***					-0.53*					1.04			1.52**			3.31***	3.49***		4.93***
38	2.68***	-12.70***		-0.69*						-1.49***					0.82*			-1.14***		1.10**	1.26**	2.11***
39	4.10***	-10.07***	5.36***	-0.29***			-1.54***	-1.20***		-3.71***	0.64***			0.41***			0.36**	-0.79***	-1.72***	0.48***		
40	1.87***	-8.65***	5.02***										1.75***				-0.33***		-0.38***	0.41***		
41	1.64***	-5.97***	5.03***	-0.03**			0.36***			0.31***	0.36***						-0.67***	-0.21***	0.82***			0
42	2.61***	-15.07***	4.22***							1.64**								2.53***	1.46*			
43	3.42***	-14.44***	5.23***							0.49***					0.65				0.71***			1.45***
44	1.48***	-6.74***								0.21***							-0.73***					
45	2.32***	-10.10***	4.18***											-0.18***			-0.95***		-0.51*			
46	1.54***	-4.47***	4.71***				0.00***			-0.12***	-0.26**			0.02	-0.13*	-0.04***	0.07**		-0.29***	0.11**	0.06	
47	2.91***	-13.46***											0.66**									
48	2.75***	-7.98***	4.36***	-0.01**	0.00***		0.02			-0.08*	0.12**	0.00***		0.06	-0.01***	-1.00***	0.05	-0.98***	-0.02***	0.26	-0.03***	0
49	2.57***	-10.39***	3.32***	0.27**			0.89***			-0.46***	-1.12***						-1.22***		-3.41***			2.25***
50	1.90***	-5.17***	4.07***	-0.12**			0.17***			-0.03***						0.04	0.59***	-1.03***	0.34***	0.48***		
51	2.61***	-8.32***	4.46***					-0.29***		-0.16***	-0.18**			0.37***	0.16		-0.42***		-0.14**	0.29***		0.73***
52	2.61***	-14.00***																			2.38***	
53	3.71***	-16.49***	4.30***														1.08**					2.87***
54	1.92***	-14.62***	2.24**														1.69**				2.22*	2.36***
55	2.80***	-16.55***	2.65**									3.90***										
56	2.43**	-14.80***																				
57	1.33***	-11.37***	3.96***	-0.73**				1.30**			-1.97***				2.03***		1.02***				3.11***	1.86***
58	1.50***	-12.04***								1.53**					-1.00*					1.88**		2.16***
59	1.06***	-10.51***											-1.68*					2.39***				
60	3.94***	-17.97***													2.46***							
61	3.67***	-16.59***															1.57***				2.28***	1.55**
62	2.02***	-9.07***		-0.42***				-1.14**	-1.37***								-0.76***			0.91***		0.72**
63	2.01***	-10.58***																-0.68**				
64	2.19***	-15.33***	4.03***	-0.35**			0.92***			3.05***		4.13***	-0.38*				1.05***		2.16**			
65	2.80***	-9.26***	4.77***	-0.31**						-1.07***	-1.03***											
66	3.04***	-9.35***	4.47***	-0.37**				-0.48***											0.33***	0.63***		
67	1.97***	-9.45***	2.75***	-0.32**						0.25*							-0.30**					
+	67	0	48	4	0	0	15	5	0	13	10	2	8	6	3	2	19	7	14	17	9	18
-	0	67	0	20	0	0	3	8	0	13	16	0	2	5	1	25	5	15	7	1	3	5

(注) \*\*\* : 1%有意, \*\* : 5%有意, \* : 10%有意

より、一部の点検項目については法定 12 ヶ月点検の受検が有効に機能している可能性が示唆される。第四に、基礎調査検討会の推計・試算の妥当性を議論する上で重要な点だが、点検項目によって経年劣化を表すパラメータ lambda と走行劣化を表すパラ

メータ dist の推定値が大きく異なることが分かる。表-2 からは、点検項目により基準に適合しないと判定される確率が点検項目間で大きく異なることがわかる。これらより、点検項目間の差異を考慮せずに車齢と不具合率の関係を推計している基礎調査検

表-5 パラメータ推定結果 (小型自動車)

	lambda	alfa	dist	insp	fdrum	fdisc	rdrum	rdisc	ps	FR	FF	RR	4WD	AT	MT	M1	M2	M3	M4	M5	M6	M7	M8
1	2.13***	-11.24***	3.45***								-0.40**	1.22											1.38***
2	3.31***	-13.69***	4.15				-0.37*									-0.72***		-0.81***					
3	3.15***	-10.94***	4.18***		2.04***			0.28***			-0.91***					-0.47***		0.94***		1.09***			1.01***
4	4.40***	-12.59***	4.30***	-0.22**	-1.67***		-0.16**				0.49***			-0.37***	-0.35***	-0.29***	0.36***			0.59***			
5	1.51***	-5.58***	2.61***	-0.42**												-0.18***	-0.29***	0.31***					
6	1.95***	-5.13***	3.36***	-0.12**	0	0.04*	-0.02**		-0.27***	-0.09**	0.00***			-0.04**	-0.12***	-0.34***	0.50**	-0.92***	0.01	0.00***	0.16		
7	2.69***	-10.03***	4.16***	-0.05**			-0.76***	0.07		-0.22**						0.32***		1.32***	-0.59***		0.71***		1.26***
8	1.82***	-11.27***	2.23*											0.63**	0.94**			-1.57***					
9	1.75***	-9.58***	3.45***	-0.57***			0.21	-0.85***		0.45***							0.64***						
10	2.27***	-11.06***	3.90***	-0.39**			-0.74***						0.57***			-0.33**							
11	1.54***	-6.93***	2.53***	-0.41**			0.22**				-0.17**											-0.32**	
12	2.82***	-10.92***	4.43***	-0.53***						-0.66***	-0.92***				0.77***	-0.46***							
13	4.06***	-11.57***	5.00***	-0.35**	-2.27***		-0.88***	-0.44***			0.22**	-0.88***					-2.30***	-1.03***	-1.09***		-1.80***		
14	2.09***	-9.84***	3.83***							0.59***								1.80***					
15	2.80***	-10.21***	3.43***					0.38***		0.51***						-1.33***							
16	1.70***	-5.91***		-0.38**				-5.57***													0.36***		
17	2.23***	-6.60***	2.73***	-0.38**			0.12**	-5.90***			0.28**				-0.01***	-0.78***							0.99***
18	2.28***	-8.15***	3.89***	-0.12**	-2.36***			0.23***		-0.38***	-0.63***			-0.23***		-0.19***	0.17**						
19	2.52***	-9.30***	3.84***	-0.34**			-0.12**			-0.36***						-0.44***	0.21***						
20	1.37***	-6.47***		-0.52***				-5.36***			-0.29**						0.45***						
21	2.61***	-9.12***	4.38***	-0.37**			0.46***	-5.97***			0.65***			-0.18***		0.60***		-0.92***					
22	2.08***	-12.45***	3.97***				1.20***			0.54***				-0.12***		0.61***		-1.09*					2.37**
23	1.77***	-8.64***	3.28***	-0.24**									0.49***			-0.28***							
24	1.96***	-4.89***	4.33***	-0.29**	-2.34***		-0.06*	0.26**	0.02	-0.24***	-0.28**			-0.03*	-0.40***	-0.29***		-0.24***	0		0.00***		0.40***
25	1.74***	-7.37***	3.64***				-0.33**			-1.01***	-1.01***					0.32***					0.54***		2.92***
26	1.32***	-5.08***		-0.33**				-0.15***						-0.07**		-0.06***	0.21***						
27	1.50***	-7.09***		-0.17**							0.49***				-0.49***								
28	1.40***	-5.63***	2.66***	-0.05**			0.10**	-0.15***		0.58***	0.79***			-0.09***	-0.22***		0.09**	-0.29***	0				
29	1.67***	-7.43***							-1.10***	-1.10***						-0.33***	0.53***						
30	2.59***	-10.76***	4.39***	-0.18*			0.54***			-1.30***						0.79***							
31	2.44***	-10.37***	3.84***					-0.36***		-0.95***					0.47***	0.47***	-1.00***	-1.20***					1.86***
32	2.54***	-8.81***	4.01***	-0.10*						-0.57***	-1.66***					0.28***				0.55***	-0.85***		
33	2.28***	-8.93***	3.83***				0.31***			-0.55***	-0.70***			-0.10*		0.58***		-1.20***					
34	2.08***	-8.76***		-0.42**			-0.66***	-0.47***			-0.37***				1.96***	-0.25***							
35	1.67***	-7.10***	3.33***													0.77***						0.30***	
36	1.83***	-13.70***	4.53***										4.90***		0.49***		0.63***		0.95***				
37	3.01***	-15.03***	5.41***	-0.67**			-1.06***	-0.58*					3.21***			1.29***			0.98***	-2.44**			3.98***
38	3.27***	-13.56***	4.74***						-2.39***					-0.52**	-1.04***				1.37***		0.88***		
39	4.11***	-10.54***	4.77***	-0.40**			-0.48**	-0.42**	-3.86***	0.35**				-0.14***	-0.29***	0.02	0.72***		0.90***	-1.53***	0.55***		
40	1.89***	-10.02***	4.00***				0.68***						2.39***		0.15						0.43***		
41	1.41***	-4.38***	3.09***				0.08***	-0.06*		-0.48***	-0.01***				-0.07***	-0.29***	-0.20***	0.13***	0.05	0.23***	-0.01***		
42	2.27***	-10.63***					-0.54**	-0.85**	-1.81***		0.63**					0.76**		1.30***		-1.54***			
43	3.02***	-12.49***	4.26***													-0.79***		0.78***					1.40***
44	1.17***	-10.67***	0.67*												0.94*		-0.83***						
45	2.03***	-9.59***	2.62***	-0.39**												-0.32***				0.36**			
46	1.51***	-4.30***	3.60***	-0.01**			0	-0.04***		-0.12***	-0.20**			-0.02***	-0.01***	-0.04***	0.02	-0.01***	0	-0.70***			
47	2.61***	-12.03***	3.44***							-0.51**	-0.76***												
48	2.58***	-6.94***	3.91***	-0.08**			-0.11***	0.06*		-0.52***	-0.14***			-0.03***	-0.15***	-1.08***	0.04	-1.13***	-0.28***	-0.50***		-0.02***	
49	3.27***	-11.95***	4.50***	-0.36**				-0.86***			-1.14***						0.55***				0.78***		2.64***
50	2.00***	-4.96***	3.41***	-0.18**	0	0.00***	0.04**	-0.03***	0.00***	-0.19***	-0.03*	0		0.00***	-0.01***	-0.45***	0.34	-0.97***	0.02				
51	2.21***	-7.41***	3.50***	-0.02**			-0.02***	-0.17***	0.01	-0.01***				0.03		-0.31***	-0.01***	-0.68***	0	0.47***			1.31***
52	2.82***	-13.27***					-0.66**			-1.57***													1.55***
53	2.34***	-12.74***					-1.12***				0.90***						0.91***						4.03***
54	2.44***	-14.55***					-1.74***	-3.59***			1.11***			1.34***	1.33***		3.41***						4.21***
55	2.38***	-14.47***														1.18**							
56	2.70***	-16.52***		-1.33***							2.12**											1.56**	
57	1.64***	-10.68***	3.19***	-1.24***			-1.34***	-0.03***		1.61***			0.62*		1.26***	-0.91***							
58	1.01***	-10.56***														0.83*							
59	1.17***	-10.67***		0.67*											0.94*		-0.83***						
60	3.64***	-22.36***							-2.41**		6.57						2.46**			2.33*			
61	3.50***	-14.93***					-0.98***	-2.03***			0.73**					-0.84**	1.93***		1.02**				
62	3.03***	-11.27***	4.16***	-0.25**			-0.40**	-1.06***			0.57**					-0.79***	0.37**						
63	2.68***	-11.39***	3.86***				-0.33**						-0.97***			-0.99***		-0.59**					
64	2.48***	-12.29***	4.21***	-0.41**			0.83***				-1.59***		0.45**		0.61***				0.92***	1.23***	-0.77**		
65	2.84***	-9.30***	3.83***	-0.21**					-0.79***	-0.87***													
66	3.66***	-10.78***	3.87***	-0.31**	0	0.03	-0.04***		-0.67***	-0.95***				-0.18***		-0.30**	-0.02***	0.72***	0.01	0.00***	0.01		
67	1.68***	-8.22***		-0.50***						-0.20**													
+	67	0	48	2	1	0	11	6	0	6	13	0	6	3	11	6	25	5	5	10	8	0	15
-	0	67	0	34	4	0	17	22	3	20	25	0	2	13	9	25	3	12	3	3	6	0	0

(注) \*\*\* : 1%有意, \*\* : 5%有意, \* : 10%有意

討会の分析結果の妥当性は低いと推測される。第五に、変数選択の結果に着目すると、前輪ブレーキとパワーステアリング装置のダミー変数は統計的に有意になった点検項目はほとんどないのに対し、後輪ブレーキ・駆動方式・トランスミッションのダミー変数は統計的に有意になった点検項目が比較的多い

ことが分かる。ただし、推定結果が有意になった後輪ブレーキ・駆動方式・トランスミッション等のダミー変数と当該点検項目の間に技術的な関連性が見出しにくいペアも少なくないため、保安基準に適合しなかったサンプルが極端に少ないためにそうした結果が生じていないか検証する必要がある。第六に、

表-6 パラメータ推定結果 (軽自動車)

	lambda	alfa	dist	insp	fdrum	fdisc	rdrum	rdisc	ps	FR	FF	RR	4WD	AT	MT	M1	M2	M3
1	2.00***	-11.35***	6.16***												0.78*			
2	2.67***	-12.97***																
3	3.18***	-11.69***	9.15***	-0.34*								0.83***			0.30*	0.26*		-0.27*
4	4.35***	-13.51***	8.42***												-0.26**	0.61***	-0.48***	0.59***
5	1.46***	-5.39***	4.10***											-0.26***				
6	1.71***	-5.50***	5.73***													0.74***	-1.84***	
7	2.19***	-9.14***	7.51***													-2.15***	-3.10***	-2.73***
8	1.95***	-12.19***																1.12
9	1.98***	-9.52***										0.48**	-0.56**				0.48***	
10	2.32***	-11.20***	7.28***									0.84***				-0.55*		
11	1.62***	-7.65***	2.99***								0.29***				0.50***		0.24***	
12	2.56***	-10.17***	8.47***				-0.58**				-0.91***					-1.64***		
13	4.07***	-14.41***	6.06***			-1.86***	1.34*								0.34	0.85***		-0.49*
14	2.20***	-9.61***	5.82***				-0.87***					1.80***						0.61***
15	1.87***	-8.15***	3.72***					1.24***								-1.06***		0.63***
16	1.73***	-5.90***	4.71***					-5.32**								-0.15***	0.02	
17	2.10***	-5.35***		-0.27***												-0.65***		
18	2.46***	-8.50***	7.55***								-0.78***			-0.46***		-0.52***		
19	2.14***	-9.06***	5.93***	0.27**												-0.47***		
20	1.75***	-8.03***	3.85***														0.33***	
21	2.97***	-8.32***	9.03***								-0.76***				-0.49***	-2.04***	-0.44***	-0.78***
22	2.51***	-12.60***	7.71***									1.27***			-0.83***		0.68**	
23	1.96***	-9.21***	7.22***								-0.30***							
24	2.20***	-6.17***	7.64***	-0.15***													0.26***	-0.23***
25	1.58***	-8.05***	6.87***	-0.54***								0.82***	0.52***			-0.84***		-1.35***
26	1.39***	-5.27***															0.19***	
27	1.54***	-6.65***					-0.65***				0.62***				-0.83***	-0.39**	-0.27**	
28	1.48***	-5.41***									0.81***						-0.19***	
29	2.51***	-10.63***							0.6			0.56***						-0.49**
30	2.43***	-10.23***	9.53***									0.49***					0.68***	-1.15***
31	2.30***	-9.97***	7.30***												0.29	0.66***	0.64***	-0.13***
32	3.04***	-11.15***	7.09***									1.01***	-0.17***			0.39***	-0.78***	
33	2.66***	-10.15***	7.35***								-0.59***						-1.08***	
34	2.58***	-11.20***								1.15**					1.19***			0.43**
35	1.76***	-7.32***	5.93***								-0.28***			0.19**	-0.62***	0.45***	0.27***	
36	1.76***	-14.27***		-0.47***								5.44***				1.64***	1.31**	1.60***
37	2.19**	-11.53***					-2.17**									2.61***		
38	3.53***	-15.16***	9.90***				1.22*								-0.99*	0.82***	0.67**	
39	4.09***	-10.41***	7.93***	-0.29***				-0.10***			0.74***			-0.43***	-0.50***		0.25***	-0.96***
40	1.99***	-11.14***										4.64***			-0.31***		-0.20***	-0.45**
41	1.57***	-4.54***	6.47***								-0.25***			0.13***			-0.36***	-0.25***
42	2.98***	-9.73***				-1.74***		-0.72*								-1.01**	-0.55***	-1.32***
43	3.26***	-12.07***														-0.56*	0.36*	-1.27***
44	1.60***	-7.09***																
45	2.11***	-10.40***	2.94*							0.92*						0.79**	0.98***	0.82***
46	1.70***	-4.79***	6.81***													-0.88***	-0.50***	-0.82***
47	2.48***	-9.12***		-1.14*		-2.03***						0.62**				-1.30**	0.13	-1.10**
48	2.61***	-6.77***	7.32***	-0.16***							-0.45***				-0.40***	-1.17***	-0.39***	-1.30***
49	3.68***	-14.88***	6.82***									2.98***					0.71***	
50	2.33***	-5.54***	5.96***	-0.03***							-0.27***					0.23***	0.48***	
51	2.19***	-8.11***	6.20***											0.14***		0.88***	0.57***	1.00***
52	2.45***	-11.93***										0.78***			-1.23*		1.43***	-2.27**
53	2.13***	-11.84***			2.17*			2.29***										
54	2.08***	-10.15***				-2.66**												
55	5.75**	-21.86***																
56	2.47**	-15.49***													2.16**		1.91*	
57	2.48***	-12.90***	6.88***		2.77**							0.98**						-0.96***
58	0.58	-11.13***													2.88**			
59	5.22***	-20.27***															1.2	
60	2.70***	-19.43***		1.46**							5.03					1.86***		
61	2.77***	-12.91***																
62	3.05***	-11.35***									0.87***			-0.69***				-0.49***
63	2.85***	-11.78***									0.83***			-0.75***			0.3	-0.73***
64																		
65	2.67***	-8.84***	6.64***								-0.89***						0.44***	-0.36***
66	2.95***	-8.96***	4.42***					-1.27***				0.87***				-0.70***	0.43***	-1.29***
67	1.61***	-8.10***														0.33**		
+	66	0	38	2	2	0	2	2	0	2	6	2	14	5	5	15	21	7
-	0	66	0	7	0	4	4	3	1	0	9	0	0	6	8	18	10	21

(注) \*\*\* : 1%有意, \*\* : 5%有意, \* : 10%有意

点検項目 64 は, 保安基準に適合しないサンプルがデータセットになかったため, ハザード・モデルを推定できなかった。

自動車メーカーのダミー変数に着目すると、普通車と小型車の場合、M1・M3は有意に負になる点検項目が相対的に多いのに対し、その他は有意に正になる点検項目が相対的に多いことが分かる。

(2) 走行劣化と経年劣化

次に、点検項目が経年劣化と走行劣化のいずれの影響を強く受けるか検討してみたい。経年劣化の指標として、経年劣化弾力性を次式で定義する。

$$\text{経年劣化弾力性} = \frac{F_j(t + \Delta t, x^{dist}) - F_j(t, x^{dist})}{F_j(t, x^{dist})} \quad (13)$$

$F_j(t, x^{dist})$  は初回登録以降、点検整備を一度も受けていない車齢  $t$ 、年間走行距離  $x^{dist}$  の自動車の点検項目  $j$  が基準に適合しない状態にある確率である。一方、走行劣化の指標として、走行劣化弾力性を次式で定義する。

$$\text{走行劣化弾力性} = \frac{F_j(t, x^{dist} + \Delta x^{dist}) - F_j(t, x^{dist})}{F_j(t, x^{dist})} \quad (14)$$

定義から明らかな通り、経年劣化弾力性と走行劣化弾力性は車齢や走行距離等の属性によって値が異なる。ここでは、車齢3年の全てのサンプルについて経年劣化弾力性（3年から4年への延長を想定）と走行劣化弾力性（年間走行距離の10,000kmの増加を想定）を点検項目別に算出し、その平均値を求める。分析結果を図-6から図-8に示す。図の縦軸と横軸は経年劣化弾力性と走行劣化弾力性の大きさを表す。上側ほど経年劣化要因が強く、右側ほど走行劣化要因が強く働くことを意味する。ハザードモデルの推定結果でパラメータ  $dist$  が有意に正にならなかった点検項目では、走行劣化弾力性がゼロになる。

経年劣化と走行劣化の相対的な大きさを見るため、経年劣化弾力性と走行劣化弾力性の比を点検項目別に計算してみる。表-7には67個の点検項目の中で比が大きい上位10項目と小さい下位10項目を示してある。比が大きい項目は経年劣化要因が相対的に強いことを意味する。現行の車検制度では、自動車検査証の交付を受けた日、又は前回の点検を行った日以降の走行距離が年間当たり5000km以下の自動車については一部の点検項目の点検を省略することが可能である。走行劣化と経年劣化の比が大きな値をとる項目は、走行劣化の影響が小さく経年劣化の影響が大きいため、点検を省略すべきではないと考えられる。上位10項目に着目すると、普通車では項目38が経年劣化の影響が強いにもかかわらず省略可能な項目に含まれている。同様に、軽自動車で

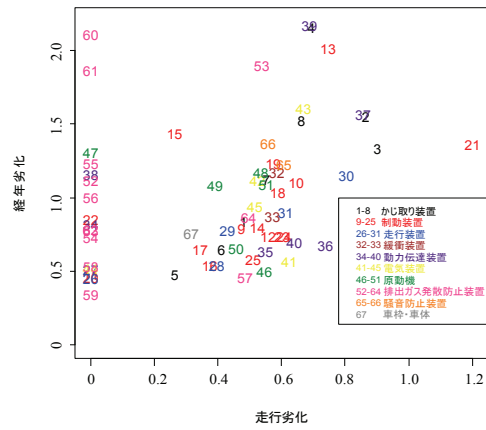


図-6 経年劣化と走行劣化（普通自動車）

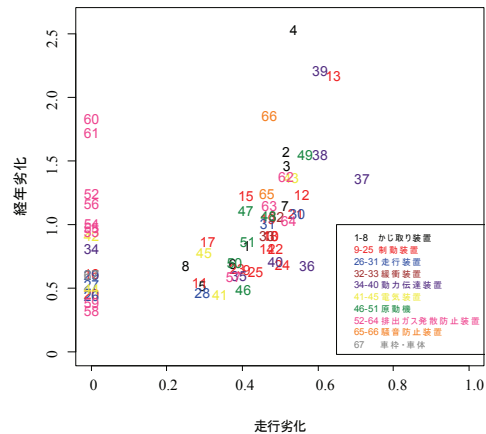


図-7 経年劣化と走行劣化（小型自動車）

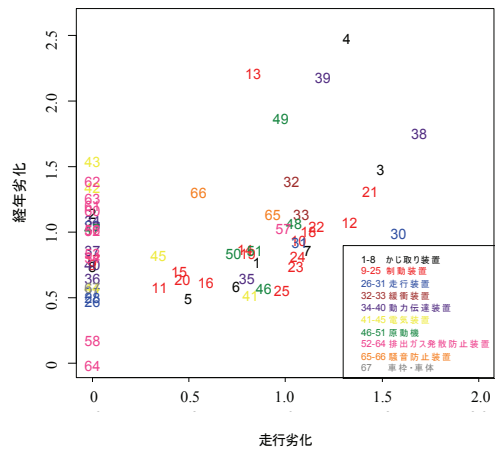


図-8 経年劣化と走行劣化（軽自動車）

表-7 走行劣化弾力性と経年劣化弾力性の比

	普通車	小型車	軽自動車
上位10項目	4, 15, 38, 39, 47, 52, 53, 55, 56, 60, 61	4, 39, 52, 53, 54, 55, 56, 60, 61, 66	2, 34, 42, 43, 55, 59, 60, 61, 62, 63
下位10項目	21, 23, 24, 25, 35, 36, 40, 41, 46, 57	9, 24, 25, 28, 35, 36, 40, 41, 46, 57	6, 7, 12, 23, 24, 25, 30, 35, 41, 46

(注) 同順位の項目があったため、普通車の上位10項目の欄には11項目が示されている。

は項目 2 が省略可能な項目に含まれている。一方、下位 10 項目に着目すると、普通車で 8 項目、小型車で 7 項目、軽自動車で 6 項目が省略可能な項目に含まれる。これらの項目は、経年劣化の影響が小さく、走行劣化の影響が大きく、走行距離の少ない自動車について点検を省略することは妥当であると考えられる。他方、省略可能な項目に含まれていない項目 25 は 3 車種すべてで下位 10 項目に、項目 57 は 2 車種で下位 10 項目に含まれている。これらの項目は省略可能な項目に含めてもよいかもしれない。

以上の分析結果が示す通り、各点検項目の経年劣化と走行劣化の影響は大きく異なっている。車検制度の見直しにあたっては、有効期間の延長だけでなく、点検項目の見直しも検討する必要があると考えられる。点検項目の見直しに当たっては、以上の分析の通り、各点検項目の経年劣化と走行劣化の影響を明らかにすることが有効であると考えられる。

**(3) 有効期間延長に伴う不具合率の増加**

最後に、基礎調査検討会と同様に、自家用乗用車の初回有効期間を 3 年から 4 年へ延長した場合の不具合率の増加を推計する。推計の手順は以下の通りである。まず、車齢毎にサンプル・データセットを作成する。車検が行われる車齢 (3 年, 5 年, 7 年, …) についてはハザード・モデルの推定に用いたデータセットから当該車齢のデータを抜き出して作成する。一方、車検が行われない車齢 (1 年, 2 年, 4 年, 6 年, …) についてはハザード・モデルの推定に用いたデータセットから当該車齢の前後の車齢のデータを抜き出して作成する (車齢 1 年と車齢 2 年については車齢 3 年のデータを用いる)。次に、各サンプルについて、少なくとも一つの点検項目が基準に適合しない確率を、自動車検査証の有効期間を延長する場合と延長しない場合の 2 つのケースについて計算する。ある点検項目が基準に適合しない確率は式(9)を用いて計算する。少なくとも一つの点検項目が基準に適合しない確率については、点検項目間の独立性を仮定して次式で計算する。

$$P = 1 - (1 - P_1)(1 - P_2) \cdots (1 - P_n) \quad (15)$$

ただし、 $P_i$  は点検項目  $i$  が基準に適合しない確率である。次に、サンプル・データセットの各サンプルについて計算した基準に適合しない確率を車齢毎に平均して、車齢別不具合率を推計する。車齢別不具合率も自動車検査証の有効期間を延長する場合と延長しない場合の 2 つのケースについて推計する。最後に、車齢別車両保有台数で重みづけして車齢別不

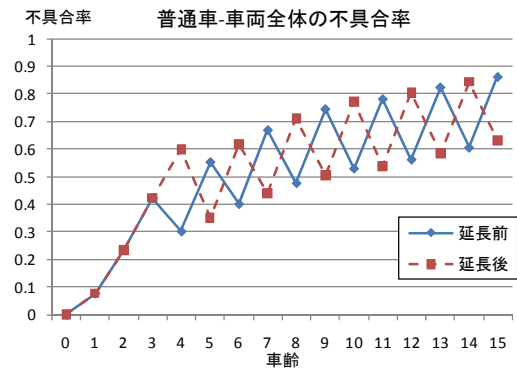


図-9 車齢別不具合率の推計値 (普通車)

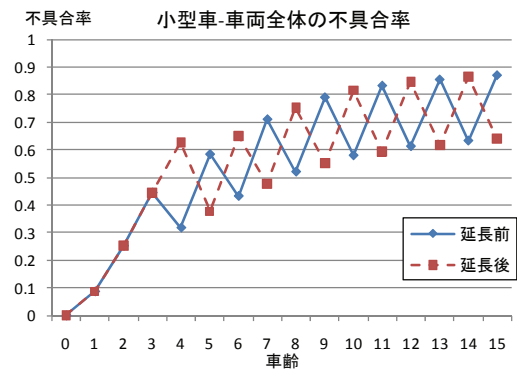


図-10 車齢別不具合率の推計値 (小型車)

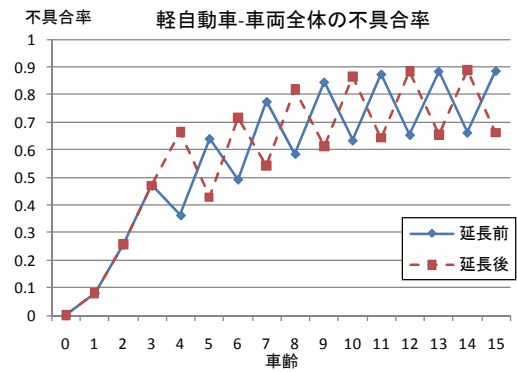


図-11 車齢別不具合率の推計値 (軽自動車)

具合率を平均する。これより、自動車検査証の初回有効期間を延長する場合と延長しない場合のそれぞれについて全自家用乗用車の平均不具合率が求まる。その差を計算することで不具合率の変化も求まる。なお、車齢別車両保有台数は、普通車と小型車については財団法人自動車検査登録情報協会の自動車保有車両統計の情報を利用できる。一方、軽自動車については利用できる情報がない。そこで、普通車と小型車について不具合率の変化を推計する。

図-9 から図-11 は車齢別の不具合率の推計結果である。車検の翌年は、その前年より必ず不具合率が低下していることが図より分かる。その理由は、車

検時に点検整備が行われることで、車検前は基準に適合しなかった点検項目であっても整備の結果、基準に適合する状態に回復するからである。

表-8 は検査証の有効期間延長による不具合率の変化の推計結果を示している。基礎調査検討会の推計結果は、車齢 4 年の車両の不具合率が 10.6%増加するという推計結果である。一方、本研究の推計結果は、全車齢について不具合率が 1%強増加するという推計結果である。単純に比較できないが、基礎調査検討会による不具合率の増加の試算が過大である可能性を示唆している。自動車検査証の有効期間延長による交通事故・交通渋滞・環境汚染の変化の推計も不具合率の推計結果に基づいている。これより、自動車検査証の有効期間延長による社会的影響の推計結果も過大推計になっている可能性が示唆される。

## 7. おわりに

本研究では、基礎調査検討会と同じデータを用いて車検時の点検項目別にハザード・モデルを推計した。点検項目別に推計することで、自動車を構成する部品の劣化特性についていくつかの知見を示した。また、個別点検項目の基準不適合率から車両の不具合率を推計し、有効期間延長に伴う不具合率の増加分を推計した。推計結果から、基礎調査検討会の不具合率の増分の試算が過大である可能性を指摘した。

本研究の推計結果の今後の応用として、自動車ユーザーが負担する費用最小化を目的とする自動車検査証の有効期間や車検時の点検整備項目の最適設計への展開が考えられる。

ハザード・モデルの推計に関する今後の課題として、以下の三点を指摘することができる。第一に、複数の点検項目の相関関係を明らかにすることである。自動車は多数の装置・部位から構成される複雑なシステムである。複数の点検項目が相関を有する可能性について検討し、自動車の劣化モードのようなものの同定を試みたい。第二に、推計方法の改良が必要である。今回の推計方法には、1) 点検整備により劣化が完全に回復する、2) 前回の 1 年点検以外の 1 年点検とユーザーによる自主的な点検を無視している、3) 自動車の故障や買い替えによる高車齢のサンプルのバイアス (attrition bias) を無視している、4) 欠損データを取り除いて分析している、といった限界がある。これらを見直すことでより精度の高い分析結果を示していく必要がある。第三に、点検整備の実態について調査する必要がある。現在

表-8 有効期間延長による不具合率の増加

	普通	小型
延長前	46.84%	50.55%
延長後	48.39%	51.83%
不具合率の増加	1.55%	1.28%

の点検整備では、自動車の劣化を詳細に点検しているわけではなく、メーカーの推奨基準等に従って機械的に部品等の交換を行っている場合もあるという。点検整備の実態を踏まえた推計を試みる必要がある。

謝辞：本研究は科研費 (20686034) の助成を受けたものである。

## 注

- [1] 法定点検整備には 24 カ月点検の他に 12 カ月点検もある。ただし、未点検時の罰則がないため、実施率は 40-50%程度に留まっている<sup>1)</sup>。
- [2] 継続検査の主な見直しとして、軽自動車の車検の導入 (昭和 48 年)、自家用乗用車の初回有効期間の 2 年から 3 年への延長 (昭和 58 年)、車齢 11 年以上の自家用乗用車等の有効期間の 1 年から 2 年への延長、前整備・後検査の義務付けの廃止 (平成 7 年)、自動車ユーザーに対する分解整備検査義務の廃止 (平成 10 年)、小型貨物自動車等の初回有効期間の 1 年から 2 年への延長 (平成 12 年) などが挙げられる。また、平成 14 年に、陸運局及び自動車検査登録事務所で行われていた業務のうち自動車の検査が自動車検査独立行政法人へと移行された。
- [3] 点検整備の主な見直しとして、自家用乗用車の初回 6 カ月点検の廃止、定期点検項目の削減等 (昭和 58 年)、自動車ユーザーの保守管理責任の明確化、自家用乗用車の 6 カ月点検の廃止、定期点検項目の削減 (1 年点検：60→26 項目、2 年点検：102→60 項目)、定期交換部品の見直し、指定整備工場における立会整備方式の導入等 (平成 7 年)、事業用自動車等の 1 カ月点検の廃止、定期点検項目の削減 (2 年点検：60→56 項目) 等 (平成 12 年) が挙げられる。
- [4] 総合規制改革会議の議長代理を務めた鈴木良男氏は、車検問題は現代規制緩和史のトップを飾った問題の一つであり、業界や所管省庁による抵抗が極めて強いと指摘している (総合規制改革会議 第 12 回アクションプラン実行 WG 議事録)。
- [5] 平成 21 年度自動車分解整備業実態調査報告書によると、自動車整備産業の総整備売上高は 5.5 兆円、整備関係従業員数は 56.4 万人、事業場数は 9.1 千場である。車検制度に伴う点検整備の売上が総売上の約 40%を占めている。自動車整備産業の主要な業界団体に、道路運送車両法 95 条に基づいて設置されている日本自動車整備振興会がある。
- [6] 1995 年 12 月に行政改革委員会より出された「規制緩和の推進に関する意見 (第 1 次)」でも「営業用自動車等を含めた車検期間及び点検・検査項目については、その判断材料となる各種データの動向について、毎年継続的に監視を行う仕組みを設け、適時適切に見直しを行っていくべきである。この際、デー



タや検討プロセスの公開により、制度の透明性の確保に努めるべきである」と指摘されている。2004年3月に規制改革・民間開放推進会議より出された「国土交通省の「自動車検査制度等の抜本的見直し」の検討に対する当会議の見解」でも更なる検討の必要性が述べられている。

- [7] 国土交通省の資料（総合規制改革会議からの資料提出依頼に対する回答，2003年11月20日）によると，米国連邦政府は，安全に関する検査をガイドライン（罰則なし）により，環境に関する検査を連邦法（大気汚染が深刻な人口集中地域のみ，罰則あり）により規定している．また，約40の州が州法等により安全・環境に関わる検査を導入している．
- [8] 強化された点は主に以下の3点である．第一に，点検と修理の分離である．従来のプログラムでは自動車所有者の自宅のガレージ等でも点検整備を行うことができたが，整備士に歪んだインセンティブ<sup>53)</sup>を与えないため，検査所で点検することとされた．第二に，免責支出額の増額である．米国の点検整備プログラムでは所有者が排出削減のために一定の費用を支出したことを証明できれば，排出規制を満たさなくても修理義務を免れることができる．従来のプログラムでは免責支出額が修理費用より極端に低かったため，大幅に増額された．第三に，点検方法の強化である．従来のプログラムではアイドリング状態でのみ点検されたが，走行時に近い状態下での排出量を計測するため動力計テストが導入された．
- [9] 規制改革・民間開放推進会議は，この他に，車両要因交通事故数の試算に用いるデータの恣意性（交通事故警察官による調査ではなく，交通事故総合分析センターによる交通事故事例を使用している点）についても問題視している．
- [10] 規制改革・民間開放推進会議は，統計的に有意ではない推定結果が含まれている点や，事故発生件数が著しく低い車齢1年のデータの取り扱い（外れ値とするかどうか）により推定結果が大きく異なる点も問題点として指摘している．
- [11] 規制改革・民間開放推進会議の議事概要によると，整備不良を原因とする交通事故発生件数のうち最も大きな割合を占めるのはタイヤ要因である．しかし，国土交通省が収集したデータにおいて走行装置（タイヤを含む）の不具合率は5.7%に過ぎない．交通事故発生件数に影響しない装置・部位の不具合まで考慮することで自動車検査証の有効期間延長による交通事故発生件数の増加を過大推計してしまう危険がある．なお，タイヤ要因の事故の約半分は夏タイヤによる雪道走行が原因であり，そもそも車検で防ぐことが不可能な事故である．

## 参考文献

- 1) 国土交通省自動車交通局：自動車の検査・点検整備に関する基礎調査検討結果報告書，2005.
- 2) 総務省：自動車の検査・登録及び整備に関する行政評価・監視結果に基づく勧告，2001.
- 3) 総合規制改革会議：第12回アクションプラン実行WG配布資料（自動車検査制度の抜本的見直し—自家用乗用車を中心とする自動車検査証の有効期間の延長—），2003.
- 4) 閣議決定：規制改革・民間開放3か年計画，2004.
- 5) 総務省：検査検定制度に関する政策評価書，2004.
- 6) 住友生命総合研究所編：運輸分野の規制緩和，規制緩和

- 和の経済効果，東洋経済新報社，pp.103-139，1999.
- 7) 内閣府政策統括官室（経済財政分析担当）：規制改革の経済効果—利用者メリットの分析（改訂試算）2007年版—，政策効果分析レポート，No.22，2007.
  - 8) Colton, T. and Buxbaum, R.G.: Motor vehicle inspection and motor vehicle accident mortality, *American Journal of Public Health*, Vol.58, pp.1090-1099, 1966.
  - 9) Buxbaum, R.G. and Colton, T.: Relationship of motor vehicle inspection to accident mortality, *Journal of the American Medical Association*, Vol.197, pp.101-06, 1966.
  - 10) Schroer, B.J. and Payton, W.F.: The effects of automobile inspections on accident rates, *Accident Analysis & Prevention*, Vol.11, pp.61-68, 1979.
  - 11) Little, J.W.: Uncertainties in evaluating periodic motor vehicle inspection by death rates, *Accident Analysis & Prevention*, Vol.2, pp.301-13, 1971.
  - 12) Crain, W.M.: *Vehicle Safety Inspection Systems*, American Institute for Public Policy Research, 1980.
  - 13) Garbacz, C. and Kelly, J.G.: Automobile safety inspection: new econometric and benefit/cost estimates, *Applied Economics*, Vol.19, pp.763-771, 1987.
  - 14) Loeb, P.D.: The efficacy and cost-effectiveness of motor-vehicle inspection using cross-sectional data: An econometric analysis, *Southern Economic Journal*, Vol.52, pp.500-509, 1985.
  - 15) Loeb, P.D.: The determinants of automobile fatalities with special consideration to policy variables, *Journal of Transport Economics and Policy*, Vol.21, pp.279-287, 1987.
  - 16) Fowles, R. and Loeb, P.D.: Speeding, coordination, and the 55-MPH limit: comment, *American Economic Review*, Vol.70, pp.916-921, 1989.
  - 17) Loeb, P.D. and Gilad, B.: The efficacy and cost-effectiveness of motor vehicle inspection: A state specific analysis using time series data, *Journal of Transport Economics and Policy*, Vol.18, pp.145-64, 1984.
  - 18) Loeb, P.D.: Automobile safety inspection: further econometric evidence, *Applied Economics*, Vol.22, pp.1697-1704, 1990.
  - 19) Saffer, H. and Grossman, M.: Drinking age laws and highway mortality rates: cause and effect, *Economic Inquiry*, Vol.25, pp.403-17, 1987.
  - 20) Garbacz, C.: How effective is automobile safety regulation?, *Applied Economics*, Vol.22, pp.1705-1714, 1990.
  - 21) Leigh, J.P.: Non-random assignment, vehicle safety inspection laws and highway fatalities, *Public Choice*, Vol.78, pp.373-87, 1994.
  - 22) Fowles, R. and Loeb, P.D.: Effects of policy-related variables on traffic fatalities: An extreme bounds analysis using time-series data, *Southern Economic Journal*, Vol.62, pp.359-366, 1995.
  - 23) Merrell, D., Poitras, M. and Sutter, D.: The effectiveness of vehicle safety inspection: An analysis using panel data, *Southern Economic Journal*, Vol.65, pp.571-83, 1999.
  - 24) Sutter, D. and Poitras, M.: The political economy of automobile safety inspections, *Public Choice*, Vol.113, pp.367-387, 2002.
  - 25) Crain, W.M. and Kimensyi, M.S.: Old regulations never fade away: The case of vehicle inspections, *Journal of Public Finance and Public Choice*, Vol.2, pp.117-32, 1991.
  - 26) Keeler, T.E.: Highway safety, economic behavior, and driving environment, *American Economic Review*, Vol.84, pp.684-693, 1994.
  - 27) Peltzman, S.: The effects of automobile safety regulation, *Journal of Political Economy*, Vol.83, pp.677-725, 1975.
  - 28) Calkins, L.N. and Zlatoper, T.J.: The effects of mandatory seat belt laws on motor vehicle fatalities in the United States, *Social Science Quarterly*, Vol.82, pp.716-732, 2001.
  - 29) Sobel, R.S. and Nesbit, T.M.: Automobile safety regulation and the incentive to drive recklessly - Evidence from

- NASCAR, *Southern Economic Journal*, Vol.74, pp.71-84, 2007.
- 30) Poitras, M. and Sutter, D.: Policy ineffectiveness or offsetting behavior? An analysis of vehicle safety inspections, *Southern Economic Journal*, Vol.68, pp.922-34, 2002.
- 31) Hemenway, D.: A failing grade for auto inspections and motorists like it that way, *Journal of Policy Analysis and Management*, Vol.8, pp.321-325, 1989.
- 32) White, W. T.: Does periodic vehicle inspection prevent accidents, *Accident Analysis & Prevention*, Vol.18, pp.51-62, 1986.
- 33) Fosser, S.: An experimental evaluation of the effects of periodic motor vehicle inspection on accident rates, *Accident Analysis & Prevention*, Vol.24, pp.599-612, 1992.
- 34) 齊藤都美: 自動車検査制度が交通事故率に与える影響について, 日本経済研究, No.50, pp.1-18, 2004.
- 35) Saito, K.: Evaluating automobile safety inspection policy using auto insurance data, *Contemporary Economic Policy*, Vol.27, pp.200-215, 2009.
- 36) 富岡淳: 政策評価のミクロ計量経済学展望, 日本経済研究センター, 国の政策についての評価手法のあり方: 行政政策評価研究報告書, pp.161-209, 2004.
- 37) Harrington, W., McConnell, V. and Ando, A.: Are vehicle emission inspection programs living up to expectations?, *Transportation Research Part D*, Vol.5, pp.153-172, 2000.
- 38) Zhang, Y., Stedman, D.H., Bishop, G.A., Beaton, S.P. and Guenther, P.L.: On-road evaluation of inspection/maintenance effectiveness, *Environmental Science & Technology*, Vol.30, pp.1445-1450, 1996.
- 39) Stedman, D.H., Bishop, G.A. and Slott, R.S.: Repair avoidance and evaluating inspection and maintenance programs, *Environmental Science & Technology*, Vol.32, pp.1544-1545, 1998.
- 40) Bin, O.: A logit analysis of vehicle emissions using inspection and maintenance testing data, *Transportation Research Part D*, Vol.8, pp.215-227, 2003.
- 41) Washburn, S., Seet, J. and Mannering, F.: Statistical modeling of vehicle emissions from inspection/maintenance testing data: an exploratory analysis, *Transportation Research Part D*, Vol.6, pp.21-36, 2001.
- 42) Moghadam, A.K. and Livernois, J.: The abatement cost function for a representative vehicle inspection and maintenance program, *Transportation Research Part D*, Vol.15, pp.285-297, 2010.
- 43) Ando, A.W., Harrington, W. and McConnell, V.: Fees in an imperfect world: an application to motor vehicle emissions, *RFF Discussion Paper*, 07-34, 2007.
- 44) Kazopoulos, M., Kaysi, I. and El Fadel, M.: A stated-preference approach towards assessing a vehicle inspection and maintenance program, *Transportation Research Part D*, Vol.12, pp.358-370, 2007.
- 45) 有村俊秀, 岩田和之: NOx・PM 法における車種規制の経済分析: 定量的政策評価, 環境科学会誌, Vol.21, pp.103-114, 2008.
- 46) Iwata, K. and Arimura, T.: Economic analysis of Japanese air pollution regulation: an optimal retirement problem under the vehicle type regulation in the NOx - particulate matter law, *Transportation Research Part D*, Vol.14, pp.157-167, 2009.
- 47) 田尻慎太郎: 自動車検査制度の規制緩和による不具合率の推計, 嘉悦大学研究論集, Vol.49, pp.81-94, 2006.
- 48) 規制改革・民間開放推進会議: 第6回エネルギー・運輸 WG 配布資料 (走行劣化, 経年劣化効果試算の検証について), 2005.
- 49) 規制改革・民間開放推進会議: 第6回エネルギー・運輸 WG 配布資料 (不具合発生率と整備不良事故発生率の回帰モデルの検証について), 2005.
- 50) Klein, J.P. and Moeschberger, M.L.: *Survival Analysis*, 2<sup>nd</sup> edition, Springer, 2003, 打波守訳, 生存時間解析, シュプリンガー・ジャパン, 2009.
- 51) 例えば, 山本俊行, 北村隆一, 藤井宏明: 車検制度が世帯の自動車取り替え更新行動に及ぼす影響の分析, 土木学会論文集, No.667/IV-50, pp.137-146, 2001.
- 52) 例えば, 青木一也, 山本浩司, 小林潔司: 劣化予測のためのハザードモデルの推計, 土木学会論文集, No.791/VI-67, pp.111-124, 2005.
- 53) Hubbard, T.N.: An empirical examination of moral hazard in the vehicle inspection market, *RAND Journal of Economics*, Vol.29, pp.406-426, 1998.

(2010. 12. 7 受付)

## ESTIMATION OF VEHICLE DURABILITY USING HAZARD MODEL

Junya FUKUMOTO and Yuta GOTO

In 2004, the Ministry of Land, Infrastructure, Transport and Tourism set up Panel on Inspection and Maintenance of Vehicles. The panel investigated on the negative impacts of the extension of validity period of vehicle inspection certificate and drew a conclude that the extension would cause severe harmful effects. However, the estimation of vehicle failure rate by the panel had many problems. In this paper, we propose a hazard model that can resolve the problems in the estimation by the panel. We estimate the hazard model using the same data with that used by the panel. Based on the estimation results, we point out the possibility that the estimates of negative impacts by the panel was overestimation.