

修士論文

2011 年度

実車とシミュレータを用いた高齢者ドライバの  
安全運転特性の分析に関する研究

山田 純嗣

(学籍番号:81033555)

指導教員 教授 小木 哲朗

2012 年 3 月

慶應義塾大学大学院システムデザイン・マネジメント研究科

システムデザイン・マネジメント専攻

# 論 文 要 旨

学籍番号	81033555	氏 名	山田 純嗣
論文題目：  実車とシミュレータを用いた高齢者ドライバの安全運転特性の分析に関する研究			
<p>(内容の要旨)</p> <p>高齢者ドライバの事故が年々増加してきている。超高齢化が進んでいる日本において、大きな社会問題となっている。高齢者ドライバの事故は比較的中・小規模の市街地や商店街における交差点で発生している。そこで、本研究では、市街地や商店街における高齢者ドライバの運転行動を分析し、高齢者ドライバの安全特性を明らかにすることを目的とした。実験装置としては実験をより安全に行うため、没入型ドライビングシミュレータを用いた分析を行う。没入型ドライビングシミュレータは、CAVEの立体映像の技術と磁気センサによってドライバの視点位置の動きを検出し、これまで再現が難しかった市街地や商店街の交差点の再現が可能となり、高齢者ドライバが事故を起こしやすい場面での分析が可能になった。また、視点位置センサにより、高齢者ドライバの視点の位置や視線の動きなどの詳細な挙動を分析することが可能となった。</p> <p>今回は、没入型ドライビングシミュレータを用いた分析を行うための過程として、実車実験において、商店街や市街地の交差点における安全確認行動の分析を行った。これにより、高齢者ドライバは交通量が多い交差点の右左折において、安全確認が不十分になっていた。また、実際の街を没入型ドライビングシミュレータで再現して、実車実験と同じ被験者、同じ交差点で実車実験と同様の分析を行い、その結果を実車実験と比較し、実車実験の結果と同様の傾向が現れたことで、没入型ドライビングシミュレータが実環境に近い場면을再現していて、分析装置として有効であるということを証明した。</p>			
キーワード (5語) 高齢者ドライバ、交差点、CAVE、ドライビングシミュレータ、視線計測			

## SUMMARY OF MASTER'S DISSERTATION

Student Identification Number	81033555	Name	Junji Yamada
Title Analysis of Driving Behavior of Senior Citizen Driver Using Simulator and Real Car			
Abstract <p>Recently, increase of car accidents by senior citizen driver is a major issue in Japan that has rapidly become aging society. Accidents of senior citizen driver has occurred comparatively at the small-scale crossing in inside, and a city area and shopping center. So, in this research, the driving action of the senior citizen driver in a city area or a shopping center was analyzed, and it aimed at clarifying the safe characteristic of an senior citizen driver. In order to experiment more safely as an experimental device, analysis using an absorbed type driving simulator is conducted. The absorbed type driving simulator detected the motion of the viewpoint position of a driver with the technology and the magnetometric sensor of 3-dimensional scenography of CAVE, the reappearance of the crossing of the city area for which reappearance was difficult, or a shopping center of it was attained until now, and analysis in the scene where an senior citizen driver tends to cause an accident was attained. Moreover, the viewpoint position sensing device enabled it to analyze detailed actions, such as a position of the viewpoint of an senior citizen driver, and a motion of a look. In the real vehicle experiment, the confirming-safe-conditions action in the crossing of a shopping center or a city area was analyzed as a process for conducting this time analysis which used the absorbed type driving simulator. Thereby, in the right and left chip box of a crossing heavy-trafficked senior citizen driver, confirming safe conditions were insufficient. The result by moreover, the thing which the actual town was reproduced by the absorbed type driving simulator, the same analysis as a real vehicle experiment was conducted at the same subject as a real vehicle experiment, and the same crossing, and the same tendency as the result of a real vehicle experiment appeared as compared with the real vehicle experiment, The absorbed type driving simulator was reproducing the scene near real environment, and it proved that it is effective as analysis equipment.</p>			
Key Word(5 words) Senior Citizen Driver, Crossing, CAVE, Driving Simulator, Eye Tracking			

# 目次

<b>1章</b>	<b>序論</b> .....	<b>5</b>
1.1	研究背景 .....	5
1.1.1	高齢者ドライバの事故の現状.....	5
1.1.2	高齢者ドライバに対する施策の実施.....	7
1.2	本研究の目的.....	8
1.3	本論文の構成.....	9
<b>2章</b>	<b>関連研究</b> .....	<b>10</b>
2.1	高齢者ドライバに関する研究.....	10
2.2	ドライビングシミュレータを用いた研究.....	14
2.3	本研究の新規性 .....	15
<b>3章</b>	<b>実車実験 1</b> .....	<b>16</b>
3.1	目的 .....	16
3.2	実験方法 .....	16
3.2.1	被験者について .....	16
3.2.2	実験装置 .....	16
3.2.2.1	実験車両.....	16
3.2.2.2	視力計測装置.....	17
3.2.2.3	視線計測装置.....	18
3.2.2.4	運転行動計測装置.....	19
3.2.3	チェックポイントについて .....	20
3.2.3.1	チェックポイント 1.....	20
3.2.3.2	チェックポイント 2.....	23
3.3	分析方法 .....	24
3.3.1	タグ付け .....	24
3.3.2	分析項目 .....	25
3.3.2.1	右左折時間 .....	25
3.3.2.2	左右確認回数.....	26
3.3.2.3	左右確認タイミング .....	27
3.3.2.4	左右停留時間.....	27
3.3.2.5	一時停止の有無.....	27
3.3.2.6	覗き込み具合.....	28
3.4	結果 .....	29

3.4.1	静止視力と動体視力 .....	29
3.4.2	分析項目ごとの分析 .....	29
3.4.2.1	右左折時間 .....	29
3.4.2.2	左右確認回数 .....	31
3.4.2.3	左右確認タイミング .....	34
3.4.2.4	左右停留時間 .....	37
3.4.2.5	一時停止 .....	40
3.4.2.6	覗き込み .....	42
3.5	考察 .....	43
<b>4章</b>	<b>実車実験 2 .....</b>	<b>45</b>
4.1	目的 .....	45
4.2	実験方法 .....	45
4.2.1	被験者について .....	45
4.2.2	実験装置 .....	45
4.2.2.1	実験車両 .....	45
4.2.2.2	視力計測装置 .....	45
4.2.2.3	視線計測装置 .....	45
4.2.2.4	運転行動計測装置 .....	46
4.2.3	チェックポイントについて .....	46
4.2.3.1	チェックポイント 3 .....	47
4.2.3.2	チェックポイント 4 .....	49
4.2.3.3	チェックポイント 5 .....	50
4.2.3.4	チェックポイント 6 .....	52
4.3	分析方法 .....	53
4.3.1	タグ付け .....	53
4.3.2	分析項目 .....	53
4.3.2.1	右左折時間 .....	53
4.3.2.2	左右確認回数 .....	53
4.3.2.3	左右確認タイミング .....	54
4.3.2.4	左右停留時間 .....	55
4.3.2.5	一時停止の有無 .....	55
4.3.2.6	覗き込み具合 .....	55
4.4	結果 .....	56
4.4.1	視力と動体視力 .....	56
4.4.2	分析項目ごとの分析 .....	56
4.4.2.1	右左折時間 .....	57

4.4.2.2	左右確認回数.....	59
4.4.2.3	左右確認タイミング.....	65
4.4.2.4	左右停留時間.....	69
4.4.2.5	一時停止.....	73
4.4.2.6	覗き込み.....	75
4.5	考察.....	77
<b>5章</b>	<b>シミュレータ実験.....</b>	<b>80</b>
5.1	目的.....	80
5.2	実験方法.....	80
5.2.1	被験者について.....	80
5.2.2	実験装置.....	81
5.2.2.1	没入型ドライビングシミュレータ.....	81
5.2.2.2	視線計測装置.....	83
5.2.2.3	運転行動計測装置.....	83
5.2.3	シミュレータ上のチェックポイント.....	83
5.2.3.1	チェックポイント1.....	84
5.2.3.2	チェックポイント2.....	85
5.2.4	分析方法.....	86
5.3	結果.....	86
5.3.1	障害物の回避.....	86
5.3.2	分析項目ごとの分析.....	87
5.3.2.1	右左折時間.....	87
5.3.2.2	左右確認回数.....	88
5.3.2.3	左右確認タイミング.....	90
5.3.2.4	左右停留時間.....	91
5.3.2.5	一時停止.....	93
5.3.2.6	覗き込み.....	93
5.4	考察.....	94
<b>6章</b>	<b>結論と今後について.....</b>	<b>96</b>
6.1	結論.....	96
6.2	今後の課題.....	96
	謝辞.....	98
	参考文献.....	99
	学外発表.....	101

図 1	高齢者による交通事故件数の推移.....	6
図 2	高齢者ドライバの事故増加割合 .....	6
図 3	高齢者運転標識.....	7
図 4	年齢と視力の関係 .....	11
図 5	実車実験に用いた自動車.....	17
図 6	動体視力計測装置 .....	17
図 7	EMR-9.....	18
図 8	視線計測映像 .....	18
図 9	車載カメラの様子 .....	19
図 10	実車実験 1 における運転行動計測 .....	19
図 11	チェックポイント 1~2.....	20
図 12	チェックポイント 1 の様子 .....	21
図 13	チェックポイント 1 の右折先の様子.....	21
図 14	チェックポイント 1 の用語定義.....	22
図 15	チェックポイント 2 の様子 .....	23
図 16	チェックポイント 2 の用語定義.....	24
図 17	右左折時間の定義 .....	26
図 18	覗き込み具合の目安.....	28
図 19	チェックポイント 1 における右折時間の高齢者ドライバ平均と一般ドライバ平均.....	30
図 20	チェックポイント 2 における右折時間の高齢者ドライバ平均と一般ドライバ平均.....	31
図 21	チェックポイント 1 における右の確認回数 .....	32
図 22	チェックポイント 1 における左の確認回数 .....	33
図 23	チェックポイント 2 における右の確認回数 .....	33
図 24	チェックポイント 2 における左の確認回数 .....	34
図 25	チェックポイント 1 における右を見始めるタイミング .....	35
図 26	チェックポイント 1 における左を見始めるタイミング .....	36
図 27	チェックポイント 2 における右を見始めるタイミング .....	36
図 28	チェックポイント 2 における左を見始めるタイミング .....	37
図 29	チェックポイント 1 における右の停留時間 .....	38
図 30	チェックポイント 1 における左の停留時間 .....	39
図 31	チェックポイント 2 における右の停留時間 .....	39
図 32	チェックポイント 2 における左の停留時間 .....	40
図 33	チェックポイント 1 の一時停止 .....	41
図 34	チェックポイント 2 の一時停止 .....	41

図 35	チェックポイント 1 における覗き込み具合 .....	43
図 36	チェックポイント 2 における覗き込み具合 .....	43
図 37	実車実験 2 における運転行動計測の様子 .....	46
図 38	チェックポイント 3~6 のコース .....	47
図 39	チェックポイント 3 の様子 .....	48
図 40	チェックポイント 3 の用語定義 .....	48
図 41	チェックポイント 4 の様子 .....	49
図 42	チェックポイント 4 の用語定義 .....	50
図 43	チェックポイント 5 の様子 .....	51
図 44	チェックポイント 5 の用語定義 .....	51
図 45	チェックポイント 6 の様子 .....	52
図 46	チェックポイント 6 の用語定義 .....	53
図 47	チェックポイント 3 における青信号時の右折時間の比較 .....	58
図 48	チェックポイント 4 における右折時間の比較 .....	58
図 49	チェックポイント 5 における右折時間の比較 .....	59
図 50	チェックポイント 6 における左折時間の比較 .....	59
図 51	チェックポイント 3 における右側の確認回数 .....	61
図 52	チェックポイント 3 における左側の確認回数 .....	62
図 53	チェックポイント 4 における右側の確認回数 .....	62
図 54	チェックポイント 4 における左側の確認回数 .....	63
図 55	チェックポイント 5 における右側の確認回数 .....	63
図 56	チェックポイント 5 における左側の確認回数 .....	64
図 57	チェックポイント 6 における右側の確認回数 .....	64
図 58	チェックポイント 6 における左側の確認回数 .....	65
図 59	チェックポイント 4 における左側の確認タイミング .....	67
図 60	チェックポイント 5 における右側の確認タイミング .....	67
図 61	チェックポイント 5 における左側の確認タイミング .....	68
図 62	チェックポイント 6 における右側の確認タイミング .....	68
図 63	チェックポイント 6 における左側の確認タイミング .....	69
図 64	チェックポイント 4 における左側の停留時間 .....	71
図 65	チェックポイント 5 における右側の停留時間 .....	71
図 66	チェックポイント 5 における左側の停留時間 .....	72
図 67	チェックポイント 6 における右側の停留時間 .....	72
図 68	チェックポイント 6 における左側の停留時間 .....	73
図 69	チェックポイント 5 における一時停止 .....	74
図 70	チェックポイント 6 における一時停止 .....	75

図 71	チェックポイント 5 における覗き込み.....	76
図 72	チェックポイント 6 における覗き込み.....	77
図 73	K-CAVE.....	82
図 74	没入型ドライビングシミュレータの様子.....	83
図 75	没入型ドライビングシミュレータの構造.....	83
図 76	シミュレータで再現されたチェックポイント 1.....	84
図 77	チェックポイント 1 の障害物.....	85
図 78	シミュレータで再現されたチェックポイント 2.....	85
図 79	シミュレータ上の障害物回避.....	86
図 80	実車の障害物回避.....	87
図 81	実車実験における右折時間の高齢者ドライバと一般ドライバの比較.....	87
図 82	シミュレータ実験における右折時間の高齢者ドライバと一般ドライバの比較.....	88
図 83	実車実験における確認回数 (右) の高齢者ドライバと一般ドライバの比較.....	88
図 84	シミュレータ実験における確認回数 (右) の高齢者ドライバと一般ドライバの比較.....	89
図 85	実車実験における確認回数 (左) の高齢者ドライバと一般ドライバの比較.....	89
図 86	シミュレータ実験における確認回数 (左) の高齢者ドライバと一般ドライバの比較.....	89
図 87	実車実験における確認タイミング(右)の高齢者ドライバと一般ドライバの比較.....	90
図 88	シミュレータ実験における確認タイミング (右) の高齢者ドライバと一般ドライバの比較.....	90
図 89	実車実験における確認タイミング(左)の高齢者ドライバと一般ドライバの比較.....	91
図 90	シミュレータ実験における確認タイミング (左) の高齢者ドライバと一般ドライバの比較.....	91
図 91	実車実験における停留時間(右)の高齢者ドライバと一般ドライバの比較.....	92
図 92	シミュレータ実験における停留時間(右)の高齢者ドライバと一般ドライバの比較.....	92
図 93	実車実験における停留時間(左)の高齢者ドライバと一般ドライバの比較.....	92
図 94	シミュレータ実験における停留時間(左)の高齢者ドライバと一般ドライバの比較.....	93

表 1	高齢者の運転に関わる機能と具体的行動内容、事故・違反形態.....	11
表 2	タグデータ.....	25
表 3	チェックポイント 1～2 における左右確認回数の視線対象.....	27
表 4	チェックポイント 1～2 における左右確認タイミングの視線対象.....	27
表 5	実車実験 1 における静止視力と動体視力.....	29
表 6	チェックポイント 1～2 における右折時間.....	30
表 7	チェックポイント 1～2 における右の確認回数.....	32
表 8	チェックポイント 1～2 における左の確認回数.....	32
表 9	チェックポイント 1～2 における右のタイミング.....	35
表 10	チェックポイント 1～2 における左のタイミング.....	35
表 11	チェックポイント 1～2 における右の停留時間.....	38
表 12	チェックポイント 1～2 における左の停留時間.....	38
表 13	チェックポイント 1～2 における一時停止.....	41
表 14	チェックポイント 1～2 における覗き込み具合.....	42
表 15	チェックポイント 3～6 における左右確認回数の視線対象.....	54
表 16	チェックポイント 3～6 における左右確認タイミングと停留時間の視線対象.....	55
表 17	実車実験 2 における静止視力と動体視力.....	56
表 18	チェックポイント 3～6 における右左折時間.....	57
表 19	チェックポイント 3～6 における右を見た回数.....	60
表 20	チェックポイント 3～6 における左を見た回数.....	61
表 21	チェックポイント 5～6 における右を見たタイミング.....	66
表 22	チェックポイント 4～6 における左を見たタイミング.....	66
表 23	チェックポイント 5～6 における右の停留時間.....	70
表 24	チェックポイント 5～6 における一時停止.....	74
表 25	チェックポイント 5～6 における覗き込み具合.....	76
表 26	<b>一時停止</b> における実車とシミュレータの比較.....	93
表 27	覗き込みにおける実車とシミュレータの比較.....	94

# 1章 序論

第1章では、本研究の背景、本論文の構成について述べる。1.1節では、高齢者ドライバの事故の現状について、1.2節では本論文の構成について述べる。

## 1.1 研究背景

1.1項では、高齢者ドライバについて、高齢者ドライバの事故の現状、高齢者ドライバに対しての施策、そして高齢者ドライバに関する研究の動向について述べる。

### 1.1.1 高齢者ドライバの事故の現状

日本において、2010年10月1日時点で、65歳以上の高齢者人口は過去最高の2958万人で、1億2806万人の総人口に占める割合は23.1%となった。一般的に、総人口に占める65歳以上の人口（高齢化率）が14~21%であると高齢化社会であるとされ、それを超える高齢化である日本は超高齢化社会であるといえる。また、高齢者人口は、1947~49年生まれの「団塊の世代」が65歳以上になる2015年には3000万人を超え、75歳以上の後期高齢者となる2025年には、高齢化率が30.5%に達すると推計されている[1]。そして人口の高齢化に伴い、ドライバの年齢も高齢化していく。平成22年12月末現在の運転免許保有者数は、約8100万人であり、その内約1200万人は高齢者で、免許保有者における高齢化率は約15%である。今後団塊の世代やその周辺の世代が高齢になれば免許保有者における高齢化率も上昇していく。そして、ライフスタイルの変化による若者の車離れが叫ばれる中、免許を保有する若者が減少することで全ドライバにおける若者の割合が減少し、ドライバに占める高齢者の割合はさらに増加していく[2]。そのような中で、近年、65歳以上の高齢者ドライバの事故が増加してきている[1]。高齢者ドライバ交通事故が平成12年に71,806件であったのに対し、平成22年には106,311件と1.5倍に増加してきているのである(図1)。しかし、高齢者ドライバ自体が増えればそれに伴い、高齢者ドライバの事故が増えるのは当然であると考えられるが、日本損害保険協会によると、高齢者ドライバの増加割合を越えて高齢者ドライバの事故が増加してきている[3] (図2)。それゆえ、免許保有者の高齢化と高齢者ドライバの事故の増加は非常に大きな社会問題となりつつある。

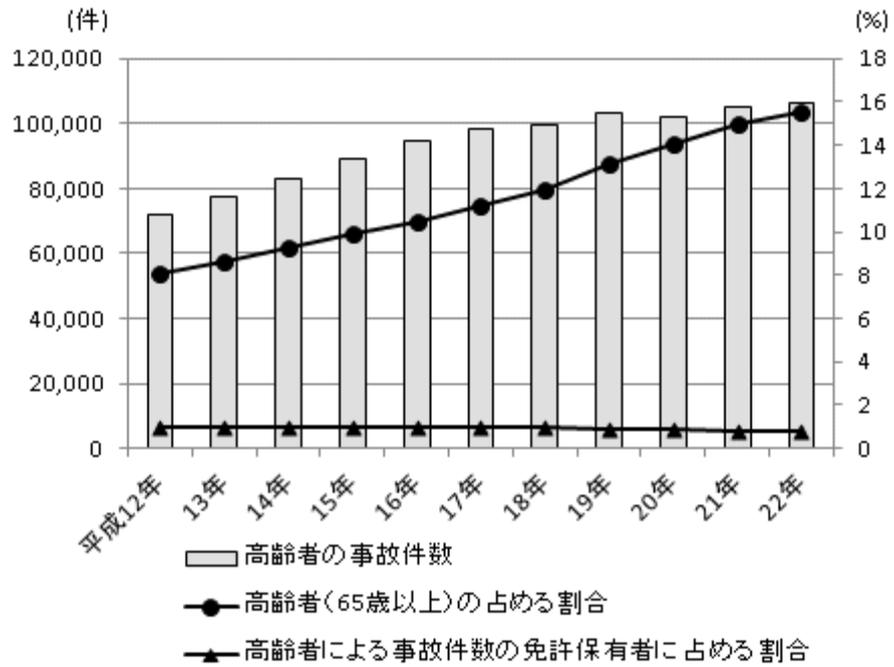


図 1 高齢者による交通事故件数の推移

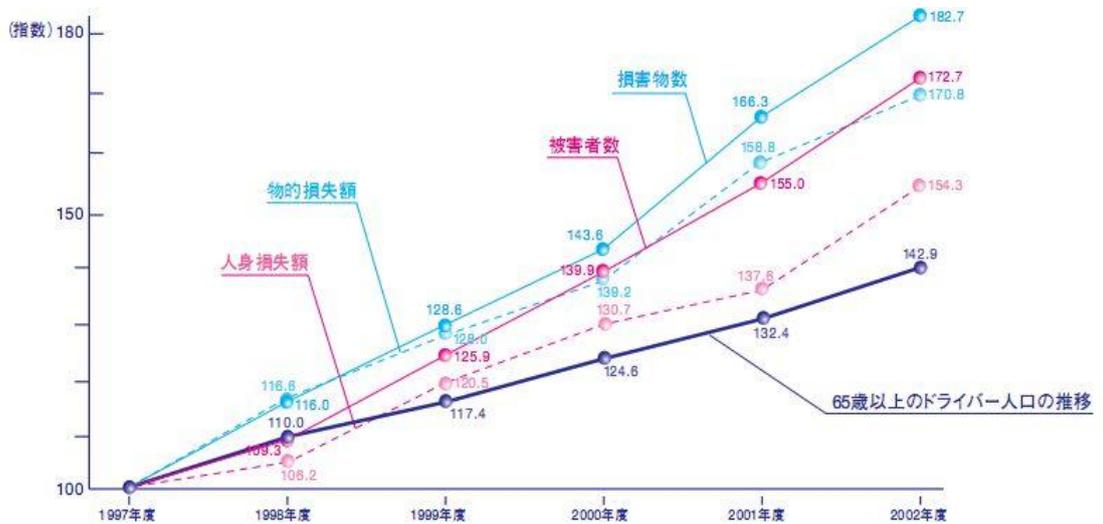


図 2 高齢者ドライバーの事故増加割合

### 1.1.2 高齢者ドライバに対する施策の実施

高齢者ドライバの事故の増加は社会的にも関心が高く、国によって様々な施策が行われている。高齢者ドライバのうちで、自分自身の身体的機能の衰えによって運転機能が落ちていることを自覚する者は多く存在し、警察庁はそういったドライバに対する施策として、高齢運転者標識（高齢運転者マーク）というものを導入している。これは、普通自動車運転免許を受けた、年齢が70歳以上の人で、加齢に伴って生ずる身体機能の低下が自動車の運転に影響を及ぼすおそれがある人に対して、自分は高齢者ドライバであるという事を示すためのマーク（図3）をつけることを推奨するというもので、このマークを表示して普通自動車を運転しているときは、危険防止のためやむを得ない場合を除き、進行している当該車両へ「側方に幅寄せ」や「割込み」をした場合には、道路交通法違反になる。道路交通法第71条の5第2項に、「七十五歳以上のものが高齢運転者標識を付けずに普通自動車を運転すること」を禁じる規定を設けたが、この規定は、道路交通法附則第22条により、当分の間、適用しないこととされているので、現在、高齢運転者標識の表示義務及び違反者に対する罰則はない。つまり、このマークを表示することは、初心運転者標識（初心者マーク）と違って任意である。そのため、本当は身体的機能が低下しているがそれを自覚せず自身の運転能力を過信している高齢者ドライバはこのマークを表示していないという問題がある。警察庁の調べによると、高齢者運転標識の表示率は2008年9月には75%を超えているという事を発表している[4]が、標識を表示することが任意である以上は依然として自身の運転能力を過信している高齢者ドライバは存在している可能性がある点がこの施策の大きな問題点となっている。

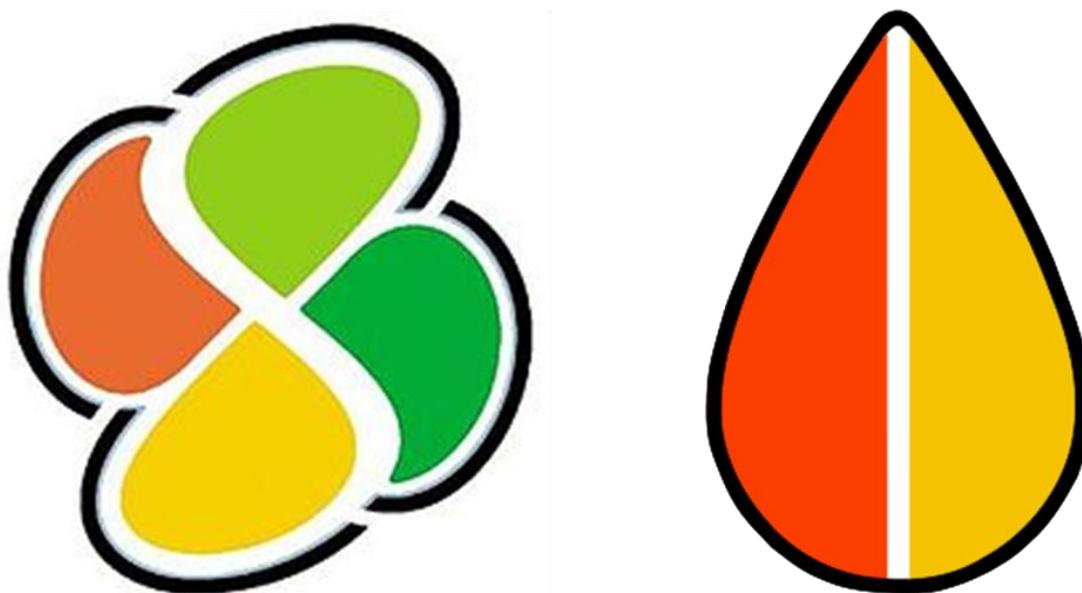


図3 高齢者運転標識  
(左：2011年2月から 右：1997年から2011年1月まで)

また、他にも判断力や身体能力が低下した高齢ドライバーによる交通事故が増えたことを背景に、警察庁は1998年から高齢者ドライバーの運転免許を自主返納する制度がスタートさせた。当初この制度は、高齢者は身分証明書がなくなることや、交通手段がなくなること理由になかなか浸透しなかったが、警察庁は2002年から返納者に対して免許証の代わりとなる「運転経歴証明書」の発行を開始し、民間事業者の間では、証明書の提示によるバスやタクシー運賃の割引、百貨店で買い物配送料無料、預金金利の上乗せといったサービスが広がってきている[5]。そのような対策により、警察庁によると、2008年に約2万8000人だった65歳以上の自主返納者は2009年に約4万9000人、2010年には約6万3000人に増加。65歳以上の統計が残る02年に比べ8・7倍になった[6]。この施策も義務ではないため、自主的に運転免許を返納しないからといって罰則はなく、自身の身体機能の低下を自覚している高齢者ドライバーしか返納しないという問題点がある。また、農村部では依然として公共交通機関が発達しておらず、食事や医療といった日々の生活に自動車の運転が不可欠であるという人が多くいて、そうした人達にとって運転免許証の自主返納は不可能である。

これらの施策は講じられてはいるものの、様々な問題点が存在し、前述のように高齢者ドライバーの事故は増え続けていて、問題の根本的な解決には至っていない。

## 1.2 本研究の目的

高齢者ドライバーの事故の原因を探るために、高齢者ドライバーの特性を明らかにする研究が進められているが、これまでの方法ではいくつかの問題点があった。研究の方法として、実車を用いた研究とシミュレータを用いた研究があるがそれぞれに、メリット・デメリットが存在し、本質的に高齢者ドライバーの事故状況に即した研究が行われてこなかった。具体的には、実車を用いた研究では実環境での実験を行え、普段と変わらない運転行動を計測できる。しかし、高齢者ドライバーが実際に事故を起こす可能性があり、安全上問題がある上、教習所のような場所でなければ環境をコントロールすることが困難である。また、分析を行うにあたって、計測装置が運転行動を妨げてしまう場合があり、計測方法に限界がある。シミュレータを用いた研究では事故を起こす事無く安全に実験を行え、様々な状況をコントロールでき、より詳細に分析が行える。しかし、多くのシミュレータのモニタは二次元平面のディスプレイを用いていて、実環境を完全に再現できるわけではなく、必ずしも実環境における運転行動を分析しきれていない。そこで本研究では、実環境に近い場면을再現できる没入型ドライビングシミュレータを用いて分析を行うことで高齢者ドライバーの運転特性を詳細に明らかにすることを目的とする。

本研究では最終的に、没入型ドライビングシミュレータを用いて、高齢者ドライバーの分析を行い、実車では難しい計測を行うことで詳細に高齢者ドライバーの運転特性を明ら

かにしていく。本論文では、没入型ドライビングシミュレータを用いた分析を行うために、実車を用いて高齢者ドライバの大きな運転特性を把握し、また、高齢者ドライバの事故の多い商店街や住宅街といった、実環境に近い場면을再現できる没入型ドライビングシミュレータの分析装置としての有効性を検証をするために行ったシミュレータ実験と実車実験の比較について述べる。

### 1.3 本論文の構成

第2章では、高齢者ドライバの事故に関して、高齢者ドライバの運転特性をあきらかにするための研究として、高齢者ドライバの潜在能力や運転行動能力に関する研究が行われているが、その現状とその課題について述べる。また、運転行動を分析する装置としてドライビングシミュレータを用いた様々な研究について述べる。そのような背景における本研究の新規性を述べる。第3章では、高齢者ドライバの運転特性を明らかにするために、2箇所の交差点右折場面における、実車を用いて行った一般ドライバと高齢者ドライバを対象とした比較実験について述べる。第4章では、4箇所の交差点右左折場面における、実車を用いて行った一般ドライバと高齢者ドライバを対象とした比較実験について述べる。そして、第5章では、東京海上日動リスクコンサルティング株式会社との共同プロジェクトで開発された没入型ドライビングシミュレータの有効性を検証するために、第3章で用いた2箇所の右折場면을シミュレータ上に再現し、実車を用いた分析方法とドライビングシミュレータを用いた分析方法で、どのような共通点があるかを比較検討した研究について述べる。

## 2章 関連研究

本章では、高齢者ドライバの機能に関する研究についてとこれまでのドライビングシミュレータを用いた分析について述べる。

### 2.1 高齢者ドライバに関する研究

高齢者ドライバの事故の増加を背景にその原因を特定するために高齢者ドライバの自動車運転に関しての特性を明らかにする研究が現在進んできている。研究の流れとしては大きく2つに分けられる。①高齢者ドライバの潜在能力の研究 と ②高齢者ドライバの運転行動能力の研究である。

#### ① 高齢者ドライバの潜在能力の研究

一般的に人間は高齢になってくると、身体的な機能に衰えが生じてくる。例えば、視力、聴力、筋力等があり、自動車の運転行動はそのような身体機能を用いて行われるため、身体機能が衰えることは、自動車を運転する能力が低下することに繋がる可能性がある。また、人間は高齢になってくると記憶や認知などの脳の機能が衰えることが知られていて、自動車の運転行動は身体機能だけでなく脳の機能も用いて行われるため、脳の機能が衰えることもまた自動車を運転する能力が低下することに繋がる可能性がある。自動車運転行動は認知・判断・動作というプロセスで行われていて、そのような一連のプロセスにおける高齢者ドライバの能力について研究が進んでいる。特に、高齢者の身体的老化の特性を、定量的に把握した先行研究は数多く行われている。主として身体的特性を中心にとらえた高齢者の運転にかかわる機能と具体的行動内容および事故・違反形態は表1のように整理される[7]。そのような高齢者ドライバの潜在能力について述べる。

表 1 高齢者の運転に関わる機能と具体的行動内容、事故・違反形態

機能	具体的行動内容		事故・違反形態
認知	視力	相手の車を見落とす 相手の速度を誤認する 信号・標識を見落とす 小さな移動体を見落とす	出会い頭事故  一時不停止
	聴力	エンジンの音が聞きとりにくい 緊急車両の接近が分からない 踏切警報音が分からない	
判断	判断・決定の情報処理に時間がかかる とっさの判断の遅れや誤りが生じる 複雑な情報処理が苦手である		信号無視 右折時の事故 優先通行妨害
操作	瞬時的対応ができない 機敏で巧みな行動がまだできるという錯覚がある 認知から操作に至る時間が遅れる 意識に行動が伴わない		ハンドルやブレーキ の操作不適

(1) 視力

自動車の運転には静止視力よりもむしろ動体視力が重要であるが、動体視力は高齢になるにつれて低下していくことがわかっている。静止視力は26歳～30歳から低下が始まり、動体視力が36歳～40歳から低下が始まる[8]。さらに、高齢者は視力だけでなく視野も狭くなるといわれている。特に動的周辺視に関して、高齢者は若年者の動的視野面積に対して狭くなるという研究もある[9]。

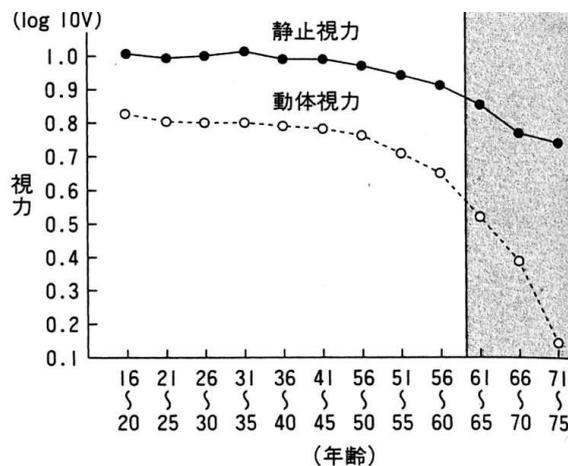


図 4 年齢と視力の関係

## (2) 聴力

聴力の低下開始は個人差があるが、一般的に聴力変化が明瞭になり、聴力低下の進みが早くなるのは 60 歳代以降といわれている。特に高周波の音に対して高齢者の聴力が低下する[8]。

## (3) 危険知覚能力

事態の危険が起こる前に予測する危険知覚能力も高齢者ドライバは低下している。太田(1992)は、危険感受性テストを用いて 20 歳代、40 歳代、65 歳以上のドライバについて年代観比較を行ったところ、潜在的危険要素の発見について高齢者ドライバは若年者に比べて低下した[10]。

## ②高齢者ドライバの運転行動能力

高齢者ドライバの運転行動能力は、実際の交通環境下における特定の場面でどのような行動を取るのかというのが研究されている。運転行動は様々な過去の経験から認識、判断を伴って行われ、また、①で示した様々な高齢者ドライバに関する能力が全て合わさって行われる総合的なプロセスである。そのような認識、判断能力の低下や経験から来る慣れによって高齢者ドライバは不安全行動をとることによって交通事故が引きこされるという仮説を元に研究が進んでいる。以下にそのような高齢者ドライバの運転行動能力について述べる。

### (1) 危険認識力の低下

高齢者は長年の運転経験により、危険な場面、自分自身の危険な運転行動に対しての能力の低下が発生している可能性が示唆されている。鈴木(2011)は高齢ドライバの特性として、運転が自分本位になり相手に甘えがちになる点や、長年運転してきたことが「慣れ」を生みそれらが原因で優先通行妨害や一時不停止、信号無視などの違反につながり、事故を引き起こしやすい状況になっているのではないかと述べている[11]。また、木幡ら(2011)は、高齢者の移動範囲は若年者に比べて一般的には狭いために高齢者の交通事故は自宅から遠くないところで多く発生しており、高齢者は通りなれた近所の道で事故にあうはずがないと思いつている可能性があるとして述べている[12]。財団法人自動車事故総合分析センター(2007)の事故分析結果によると、四輪車が衝突相手を見落とした理由は 75 歳以上の高齢運転者では他の年齢層に比べ、「他の車両はいるはずがない」との思い込みで敢えて見ようとしなかった」という理由が多い[13]。大谷ら(2007)は高齢者を対象とした調査ではないが、客観的な危険度が同じでもドライバが主観的に感じる危険度に過小評価が生じると、対応行動に遅延が生じ衝突リスクが高まることを示した[14]。

## (2) 高齢者の安全確認行動

高齢者ドライバの潜在能力の衰えや慣れによって、特定の場面における安全確認の行い方に問題があるのではないかと示唆されている。

### [交差点における安全確認行動]

交差点は、他の交通物と直接的に交わる場面で危険が多く、実際に交通事故が多く発生している。第一当事者が高齢者ドライバである事故は交差点で発生する割合が高く、かつ無信号交差点[15]、小・中規模な交差点[16]、一時停止規制のある交差点での事故が多い[17][18]。国際交通安全学会(2004)が行った運転パフォーマンスの調査のうち4箇所の交差点(左折交差点、一時停止交差点 左折・右折、見通しの悪い交差点)の確認回数を評価した結果によると、左折交差点および見通しの悪い交差点は高齢になるほど確認しない傾向が見られた[19]。橋本ら(2010)の調査によると信号機のない交差点を非優先道路から通過する場合、停止、徐行せずに交差点を通過する運転者の割合は青年層と高齢者が同程度であり、中年層に比べて約2倍高かった。また各年齢層とも確認可能位置にて停止、徐行する運転者は左右方向を確認する割合は高いが「通過」する運転者は左右方向を確認しないまま交差点を通過する割合が大きかった[20]。また、岡村ら(1997)の調査によると、高齢者ドライバは一時停止交差点で一時停止を行わない傾向が見られた[21]。

### [安全確認行動の道路状況の影響]

一見、安全そうに見える交通環境下では危険度が過少評価され安全確認が省略されやすいということを指摘する研究がある。高原ら(2010)によると、高齢ドライバに対して、交差点における一時不停止の状況について交差点の見通しの良し悪し、一時停止標識の目立ちやすさ(LEDライトの有無)の観点で調査した結果、見通しが良く標識にLEDライトが無い条件下では不停止が有意に発生した[22]。大谷(2009)によると、高齢ドライバを対象として調査されたものではないが、対象物が潜在している可能性のある道路(住宅街)では危険度が大きく評価される一方、見通しが良く、衝突の可能性のある対象物が顕在している道路では危険度が小さく評価される[23]。

このように高齢者ドライバの運転行動に関する潜在能力だけでなく、様々な場面での危険認識や運転行動に関する研究がなされてきている。研究の傾向として、高齢者ドライバの自動車運転中の視力や確認の仕方について等、「見る」ということに関する研究が多い。また、高齢者ドライバの事故の多くは交差点で発生しており、交差点における高齢者ドライバの安全確認行動をあきらかにすることが最も重要であると考えられる。

## 2.2 ドライビングシミュレータを用いた研究

本研究では、ドライビングシミュレータに関する現状と先行研究を挙げ、本研究の位置付けを示す。ドライバの運転特性を明らかにする研究にドライビングシミュレータを用いる利点として以下のものが挙げられる。

(1) 実際の道路環境では行うことが難しい危険な実験的操作を行うことができる。飲酒や疲労による覚醒低下、車載情報機器の利用によって生じる不注意や加齢・認知症等の病気による身体的・認知的機能の低下などの運転者の特性についての要因は通常交通環境の中で実験的に研究することは、安全上・倫理上の問題から困難であることが多いが、ドライビングシミュレータを用いれば安全上の問題は起こらない。

(2) 同じ交通状況を正確かつ自由に再現することができる。実際場面ではほかの交通参加者や自分自身の空間的配置や時間的關係を完全に再現することは困難であるが、ドライビングシミュレータでは、特定の交通状況における交通参加者の行動を正確に、また繰り返し測定することが可能である。また、意図的に交通状況を突然変化させてその変化に対する対応を測定することも可能である。

そのような利点があるため、様々なドライビングシミュレータが開発され、それを用いた様々な研究が行われてきている。ドライビングシミュレータは図のような構成要素になっていて、運転者の操作信号から車両運動を計算し、各種間隔模擬装置を通じて走行感覚を運転者に与える。これによって運転者は視覚、運動感覚などの間隔で自動車の走行感を体感しながらシミュレータを操作する。模擬装置には様々な種類があり、それらの機能を持つ組み合わせによって、多様な方式に分かれる。そのような機能は実験状況に合わせて適切な模擬装置が選定され、組み合わせられることが重要である。以下はドライビングシミュレータで行われた高齢者ドライバの研究について述べる。

高地ら(2008)は、高齢者ドライバのカーブにおける運転特性の研究を行い、高齢者ドライバはほとんどのコースにおいて、カーブに先んじてハンドルを切っていることを明らかにした[24]。國分ら(2003)は思い込みの評価として高齢者ドライバのリスク知覚について研究を行い、高齢者ドライバは思い込みの程度が高くなり、特に信号のない交差点での思い込みの程度が高い傾向がみられた[25]。木平(2008)は高齢者ドライバのミラー確認を行なって危険を回避する能力を調べたところ、加齢に従って成績が著しく低下することが明らかになった[26]。

これまでのドライビングシミュレータ研究はその装置をなるべく実車に近いものにするための開発が進み、研究がなされてきた。しかし、これらのドライビングシミュレータのモニタは二次元平面で、視線の位置を明らかにしていないため、その情報がシミ

ミュレータに反映されずに、比較的近いものの距離感を測るための視線移動や首を動かしたの覗き込み具合などの分析は行われて来なかった。

さらに、再現されたコースの多くが、大きな通りにおける交差点や高速道路など、実際の交通事故が起きている市街地や住宅街の小・中規模な交差点での分析は行われて来なかった。

## 2.3 本研究の新規性

高齢者ドライバの運転特性把握の研究の問題点として、以下のようなものがある

- ・高齢者ドライバの運転特性に関する研究として様々なものが行われていて、特に高齢者ドライバの自動車運転中の視力や確認の仕方について等、「見る」ということに関する研究が様々な場面での研究が行われている。しかし、そのような研究における問題点として、具体的にどのような交差点の場面で、どのようなタイミングで確認をしているかを明らかにする研究は存在しない。

- ・高齢者ドライバの運転行動の分析に際して、実車を用いた研究だけでなく、安全上の理由や実験の簡便さが理由で、ドライビングシミュレータが用いられた研究が盛んに行われているが、その多くの装置はディスプレイとして二次元平面の画面を利用したもので、再現できる場面や分析できるドライバの運転行動に限界が生じていた。また、ドライバの運転行動よりは自動車の挙動を測るものが多かった。また、ドライバの確認行動を観察する研究でも、場面として高速道路等の広い道路、または広い交差点での研究が多く、実際の高齢者ドライバの事故状況に即しているものとはいえない。

そこで、東京海上日動リスクコンサルティング株式会社との共同プロジェクトにおいて、没入型ドライビングシミュレータが開発された[27]。没入型ドライビングシミュレータは、CAVEの立体映像の技術と磁気センサによってドライバの視点位置の動きを検出ことができ、両眼視差、運動視差の効果を利用することで、比較的近くの物体との距離感関係等を分かりやすく表示でき、これまで分析が難しかった道幅が狭い交差点での安全確認のタイミングや覗き込み具合の分析が可能となり、高齢者ドライバの運転行動特性をさらに詳細に分析することが可能となった。没入型ドライビングシミュレータを用いることにより、これまでの実車実験では計測できなかった高齢者ドライバのデータをこれまでのシミュレータでは再現できなかった商店街や住宅街の交差点で、安全にかつ確実に実験を行えるということが、本研究の新規性である。

## 3章 実車実験 1

本章では、交差点における高齢者の運転特性を明らかにするために行った、一回目の実車実験について述べる。

### 3.1 目的

高齢者ドライバの事故の多くは、比較的中小規模の交差点、つまり商店街や住宅街の交差点において発生している[15][16][17][18]。そのような場面における高齢者ドライバ交差点の安全確認について詳細に分析を行う必要がある。これまで、交差点の安全確認について研究が行われてきたが、その多くは教習所のようなコントロールしやすいものや、比較的大きな交差点といった、高齢者ドライバの事故の状況に即しているとは言えない場面での研究であった。そこで、没入型ドライビングシミュレータを用いた分析を行なうために、実際に高齢者ドライバはそのような場面でどのような運転行動をとるのかを明らかにする必要がある。そこで、日吉の街の商店街や住宅街の交差点を用いた実車実験を行った。

### 3.2 実験方法

#### 3.2.1 被験者について

高齢者と一般ドライバを比較するために、一般ドライバ（30代、いずれも男性）2名と高齢者ドライバ（65歳以上、いずれも男性）3名に被験者として参加してもらった。高齢者ドライバのうち、一名は眼鏡を使用していた。

#### 3.2.2 実験装置

##### 3.2.2.1 実験車両

実験に使用した車両はレンタカーとして使用されているセダンタイプの自動車であるトヨタ・アリオン（4速オートマチック）を用いて行った（図5）。被験者が普段から乗っている自動車は実験で用いた自動車とは異なるが、それに合わせて自動車を変えて実験を行うのは、自動車によって挙動などが若干異なることが理由で、運転行動を比較分析するためには適切ではない。自動車教習所でも用いられるように一般的な自動車のタイプはセダンタイプである。よって本実験ではセダンタイプの自動車を用いて行った。



図 5 実車実験に用いた自動車

### 3.2.2.2 視力計測装置

走行前に、各被験者の静止視力と動体視力を計測した。用いたのは動体視力計測装置（AS-4A 興和株式会社）である。（図 6）動体視力には、KVA 動体視力（近づいてくる物を見極める能力）と DVA 動体視力（目の前のものを横切る物を見極める能力）の二種類が存在するが、この測定機は KVA 動体視力を計測するものである。



図 6 動体視力計測装置

### 3.2.2.3 視線計測装置

ドライバの視線計測は、EMR-9(ナックイメージテクノロジー株式会社)を用いて行った。使用した EMR-9 は、図 7 のような帽子型のヘッドユニットに装着された瞳孔／角膜反射方式を用いた眼球運動計測装置である。本装置で計測された眼球運動は、図 8 のように左目と右目の視線の位置とその値から演算によって両目の視線の位置として映像上に表示され、記録される。



図 7 EMR-9



図 8 視線計測映像

### 3.2.2.4 運転行動計測装置

またドライバの運転行動計測のために、自動車にビデオカメラを設置し、撮影を行った。ビデオカメラは図9のように配置し、車の左横方向の風景、ドライバの顔面、フロントガラスに写る風景、ドライバの足元の記録を行った。これらの映像を視線計測映像と同期をとることで、視線だけでなく総合的にドライバの行動や注視点の分析を行った。図10はビデオ映像の動きをとった評価映像を示したものである。



図9 車載カメラの様子

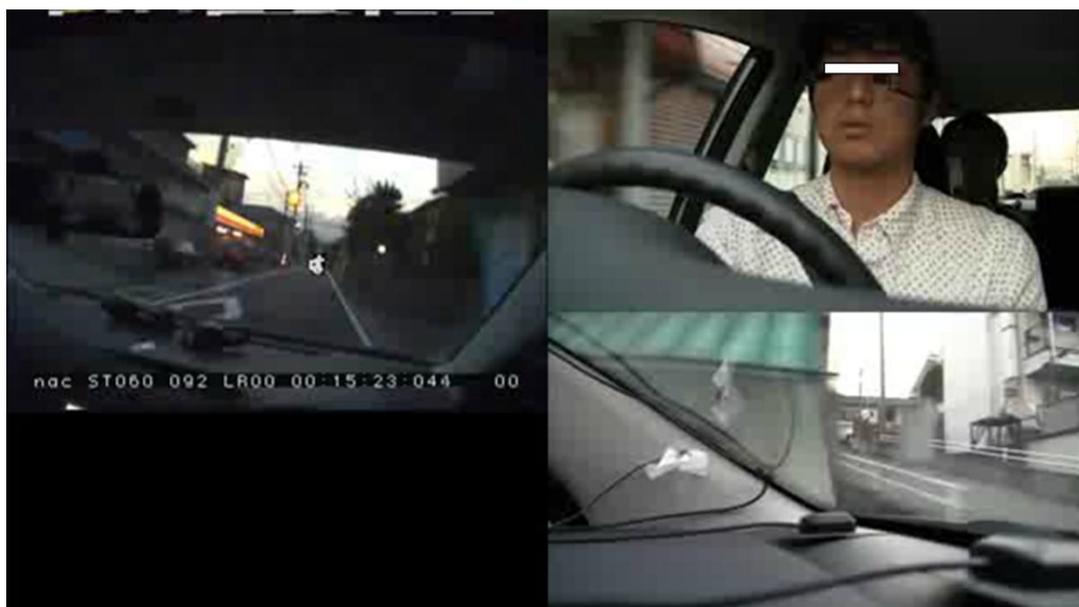


図10 実車実験1における運転行動計測

### 3.2.3 チェックポイントについて

安全確認を必要とし、通行が難しい交差点として、次の2つに大別できる。①道幅が狭いなどの理由で自分自身が危険源となる交差点②見通しが悪いなどの理由で外的なものが危険源となる交差点である。①の交差点は自動車自身が環境によって行動が制限されることにより、危険となりうる。②の交差点は自動車自身は危険ではないものの、外的なものが危険となりうる。そこで、本実験は、日吉の街を一周するコースを設定した(図11)。その中で①の自分自身が危険源となる交差点として、狭路の右折をチェックポイント1、②の外的なものが危険源となる交差点として、見通しの悪い一時停止交差点をチェックポイント2と設定した。各ポイントについて3.3.1~3.3.2で述べる。

全体的な構造としては、図11の右側に日吉駅が存在し、そこから直進してコンビニエンスストアがある十字路交差点で右折をする箇所がチェックポイント1、チェックポイント1から直進して突き当たりの丁字路交差点を右折する箇所がチェックポイント2である。



図 11 チェックポイント 1~2

#### 3.2.3.1 チェックポイント 1

チェックポイント1は、図12のようにコンビニエンスストアがある交差点を狭路へ右折する場面である。右折する先は水色の丸で示されているところで、別の図13のように道幅が狭く、車両と両サイドの壁の間隔が非常に狭くなることによって、自車が壁に当たらないように注意するための安全確認行動が必要とされる。曲がる前の道路は優先道路のため、特に一時停止は義務付けられていない。



図 12 チェックポイント1の様子



図 13 チェックポイント1の右折先の様子

図 14 は分析の際に用いた、チェックポイント 1 に存在するものの用語定義である。ドライバーが見ているものを場所によって名前の定義を行った。東からやってきたドライバーは黄緑色の矢印の方向へ右折を行う。

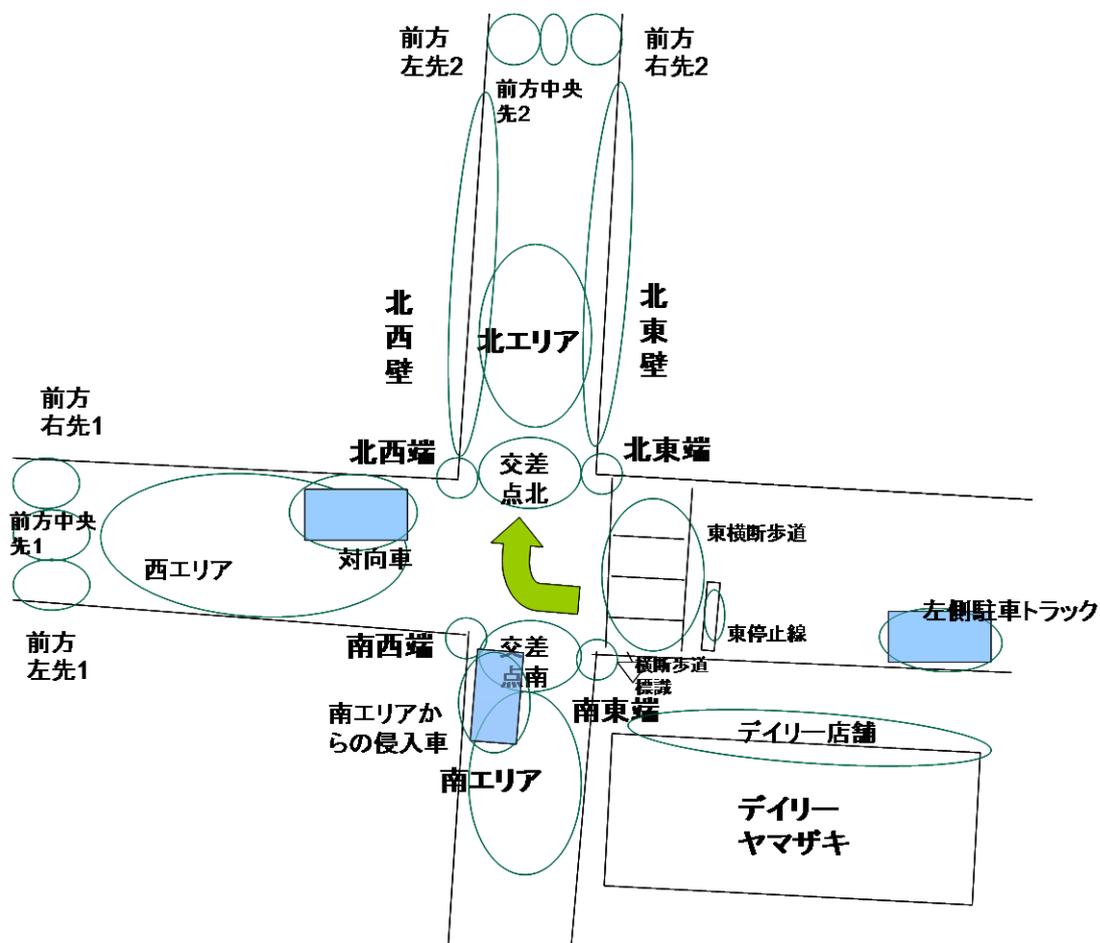


図 14 チェックポイント 1 の用語定義

### 3.2.3.2 チェックポイント2

チェックポイント2は、図15のように見通しの悪い丁字路を右折する場面である。この丁字路は左方の見通しが悪く、交差点に侵入しなければ左方をきちんと確認することはできない。また、優先道路への侵入であるために、一時停止が義務付けられている。



図 15 チェックポイント2の様子

図16は分析のタグ付けの際に用いた、チェックポイント2に存在するものの用語定義である。南からやってきたドライバは黄緑色の矢印の方向へ右折を行う。

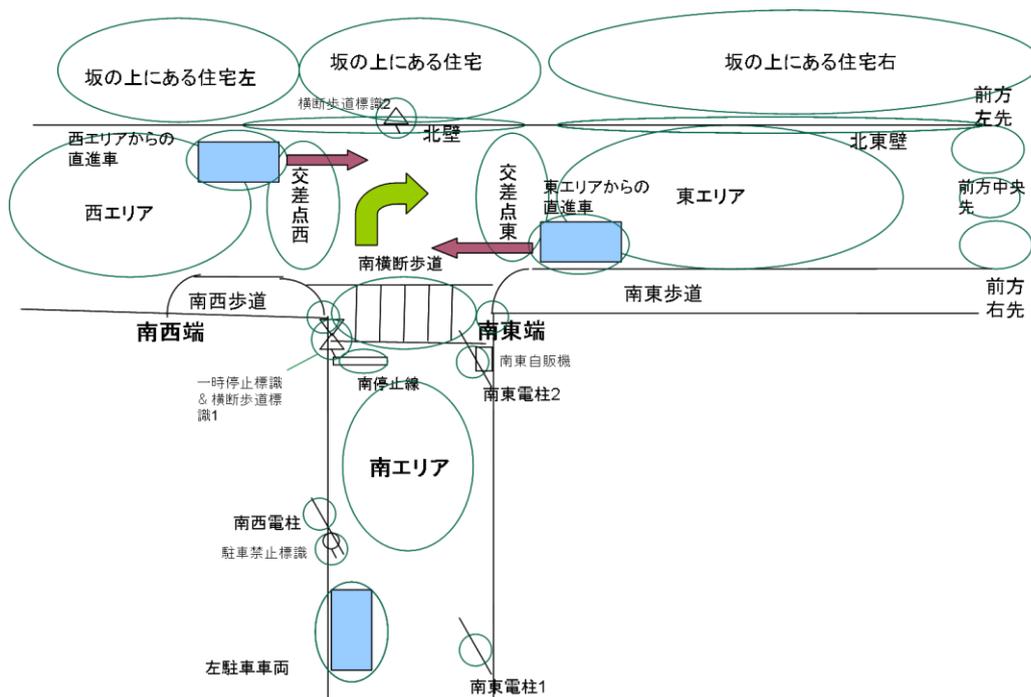


図 16 チェックポイント 2 の用語定義

### 3.3 分析方法

本研究における分析は、映像を基に運転行動を数字と言語のデータにするタグ付けを行ない、それぞれのチェックポイントにおけるドライバの右折の運転行動の6つの安全確認における分析項目を設定して行った。本項では分析の方法について述べる。

#### 3.3.1 タグ付け

運転行動計測装置によって得られた図 10 のような映像を分析データとして扱うために、映像で得られたドライバの行動のタグ付けを行った。

運転行動計測によって示された映像を表 1 のように文字情報にかきおこし、タグデータとした。このタグデータを基に運転行動の分析を行った。タグデータは、視線計測による視線の位置とハンドル操作の時間、視線移動回数を記録していったもので、視線の位置を視線という項目、始まりと終わりの時間を開始と終了という項目、終了時間から開始時間を差し引いたものを停留時間という項目にしている。また、ハンドルの回し始めと回し終わりとその方向をハンドル操作という項目にした。

表 2 タグデータ

開始	終了	経過時間	視線	ハンドル操作	車状態	アクセル・ブレーキ操作	視線移動回数
30:47:45	30:47:51	00:06	交差点東		走行		
30:48:07				左回し始め			
30:48:09	30:48:17	00:08	ルームミラー				
30:48:35	30:48:45	00:10	西エリア				左 1
30:48:49	30:49:11	00:22	南 西 歩 道 歩行者				
30:49:15	30:49:45	00:30	西エリア				左 2
30:49:47	30:50:21	00:34	前方車?				
30:50:19				左回し終わり			
30:50:21						アクセル置く	

### 3.3.2 分析項目

#### 3.3.2.1 右左折時間

高齢者ドライバは交差点において安全確認が疎かになるという研究がある[19]その場合、高齢者ドライバは安全確認を省略して、右左折にかかる時間が短くなる可能性がある。そこで、交差点において、ドライバがハンドルを回し始めてから回し終わるまでの時間を右左折時間と設定し、その時間を高齢者ドライバと一般ドライバで比較した。ハンドルの回し始めと回し終わりの定義として、一度ハンドルを曲がる方向とは逆側に切ってからハンドルを回し始めたり、ハンドルを回し終わっても自動車の向きを整えるために完全に静止させずに回したりするドライバがいるため、ハンドルを動かさずに正面にしたときを0度として左右に動いたときを設定し、回し終わりはハンドルが0度に戻ったときを設定した(図17)。



図 17 右左折時間の定義

さらにこの時間において、どのような安全確認を行なっているかについて調べるために、左右確認回数と左右確認のタイミングと停留時間を分析項目として設定した。

### 3.3.2.2 左右確認回数

交差点には様々な人や物があり、安全に通行するためにはそれらをきちんと確認して運転しなければならない。高齢者は運転に対しての能力の衰えで、しなければならない交差点の様々な人や物についての確認がおろそかになっている可能性がある。そこで、3.4.2.1 で設定した右左折時間中に行う安全確認行動として、交差点を曲がる際に確認すべき左右のものを交差点の特定の対象を決めることで設定し、それらを確認した回数を左右確認回数として設定した。

チェックポイントによって設定した左右の対象は異なり、図 14 と図 16 で定義したチェックポイントの用語を用いてそれぞれを表 3 に示す。チェックポイント 1 においては自車自身が危険源となり、右折先に侵入するときの車幅と道幅を測るために左右の家の壁と自車の右サイドミラーを確認しながら運転をする必要がある。そのため、それぞれの壁とそれに加えて自車のサイドミラーを左右の対象と設定した。チェックポイント 2 においては右折の際に見通しの悪い交差点の右方と左方から危険がないかを十分に

確認する必要があるため、それぞれの交差点の右左方を左右の対象と設定した。

表 3 チェックポイント 1~2 における左右確認回数の視線対象

	左	右
チェックポイント1	北西端 北西壁	北東端 北東壁 右サイドミラー
チェックポイント2	西エリア	東エリア

### 3.3.2.3 左右確認タイミング

左右確認回数に加えて、右左折の行動において、いつ左右を確認しているかが重要であると考え、ハンドルを回し始めてから左右確認回数で設定した確認すべき左右の対象の内の、一番目のもの（表 4）を確認するまでの経過時間を左右確認タイミングとして設定した。

表 4 チェックポイント 1~2 における左右確認タイミングの視線対象

	左	右
チェックポイント1	北西端	北東端
チェックポイント2	西エリア	東エリア

### 3.3.2.4 左右停留時間

左右確認回数とタイミングに加えて、確認すべき左右の対象の一番初めのものをどれくらいの時間で、注意を向けているかということが重要であると考え、それらを見始めてから見終わるまでの停留時間を、左右停留時間として設定した。

### 3.3.2.5 一時停止の有無

交差点において、信号機がなく、道路の優先度が共通でない場合、一時停止が義務付けられている道路がある。しかし、この義務は一時停止すること自体は目的ではなく、

この交差点では危ないから、一旦自動車の加速を止めて十分な安全確認が必要であるということである。しかし、一時停止義務の有無は別にして、特に危険のある交差点の安全確認のためには一時停止を行う事が重要であると考えられ、一時停止は安全確認を行うための意識の現れであると考え、ドライバーの交差点においての一時停止の有無に関して指数を定義して、分析項目として設定した。定義としては、チェックポイントにおいてドライバーが運転行動として一時停止を行ったもの、もしくは一時停止寸前まで減速を行ったものを1、減速はしたものの一時停止をしなかったもの、もしくは一時停止の意思が全くなかったものを0として設定した。

チェックポイント1においては一時停止の義務はないが、交差点を十分に確認するためには一時停止は不可欠であると考えて検証した。

### 3.3.2.6 覗き込み具合

見通しが悪い交差点等において、ドライバーは身体を傾けて覗き込まなければ交差点の安全確認ができない場合がある。そのような時に、きちんと身体を傾けて交差点の奥を覗き込む動作が重要であると考えて覗き込み具合を分析項目として設定した。交差点において、身体を傾けて覗き込んだものを1、首を動かしたのみだったものを0として設定した。



図 18 覗き込み具合の目安

### 3.4 結果

本実験は実環境下で行われたため、いくつかの外部要因が発生しており、まずその影響と、主効果として高齢者と一般ドライバでの差がどのようなものであるのか調べるために分散分析を行った。外部要因としては、歩行者と他の自動車があった。また、それぞれの分析項目について、高齢者ドライバと一般ドライバの結果において平均をとって比較を行った。そして、高齢者ドライバと一般ドライバの平均を比較するために、t検定を行った。

#### 3.4.1 静止視力と動体視力

高齢者ドライバと一般ドライバの静止視力と動体視力を表5に示す。高齢者ドライバと一般ドライバの平均において、t検定を行ったところ、比較有意ではないものの、一般ドライバよりも高齢者ドライバの方が静止視力と動体視力に関しては低い傾向にあった。しかし、一般ドライバDの値は高齢者ドライバA,Bと近い値にみえる。これは、計測方法として動体視力は5回計測したうちの平均をとるものであるが、一般ドライバDはその計測の途中で目の不調を訴え、視力が悪く測定されていた。その結果として、動体視力が低くなってしまった可能性がある。また、高齢者ドライバDは眼鏡を使用していて視力が矯正されている。そのため、視力においては厳密な意味での高齢者ドライバと一般ドライバの比較はできていない。

表5 実車実験1における静止視力と動体視力

	静止視力	動体視力		静止視力	動体視力
高齢者ドライバA	0.8	0.4	一般ドライバD	0.8	0.5
高齢者ドライバB	0.8	0.4	一般ドライバE	1.5	0.9
高齢者ドライバC	0.4	0.2			
平均	0.7	0.3	平均	1.2	0.7
標準偏差	0.2	0.1	標準偏差	0.5	0.3

#### 3.4.2 分析項目ごとの分析

##### 3.4.2.1 右左折時間

チェックポイント1とチェックポイント2における右左折時間の分析結果を以下に示す。

・分散分析を行ったところ、チェックポイント1では歩行者と自動車の要因に対してデータ不足のために有効確率が算出されなかった。ドライバの属性に関しては、有意な差はあらわれなかった。

・外部要因に関してはチェックポイント1に関しては有意確率が算出されず、チェックポイント2においては有意な差ではなかったため、右折時間における外部要因の影響は少ないと考えて、それらの要因を排除せずにt検定を行ったところ、チェックポイント1においては、比較有意 ( $p<0.05$ ) であった。チェックポイント2においては比較有意ではなかった。

いずれのチェックポイントにおいても高齢者ドライバの方が右折に時間がかかる傾向にあるということがわかった。

表 6 チェックポイント1～2における右折時間

右左折時間	チェックポイント1		チェックポイント2	
	高齢者	一般	高齢者	一般
平均(秒)	12.91	8.67	7.34	5.25
標準偏差	1.39	0.28	0.55	1.06
データ数	3	2	3	2
t検定結果 (有意差有り:○ 無し:-)	○		-	

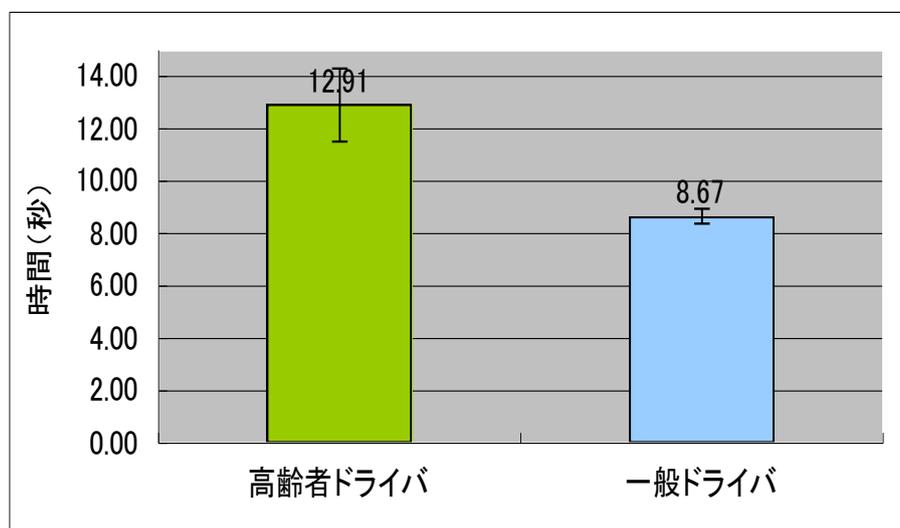


図 19 チェックポイント1における右折時間の高齢者ドライバ平均と一般ドライバ平均

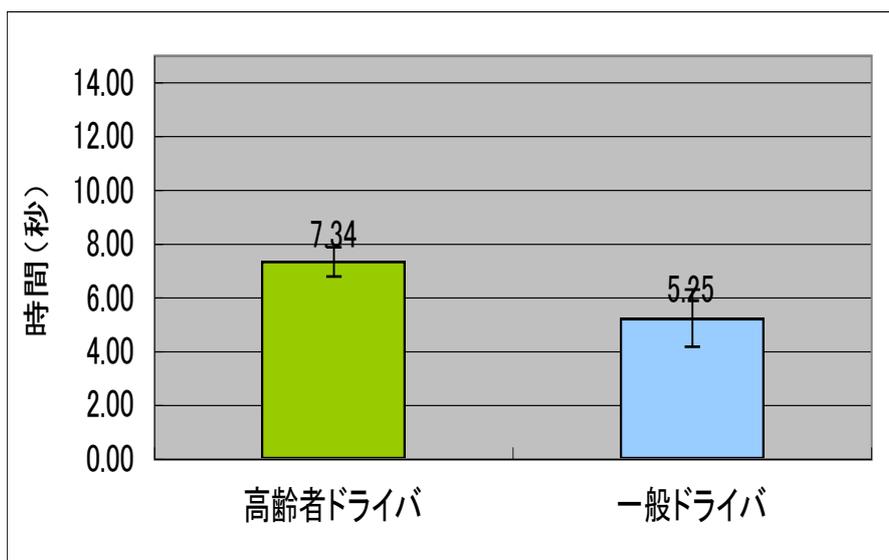


図 20 チェックポイント 2 における右折時間の高齢者ドライバ平均と一般ドライバ平均

### 3.4.2.2 左右確認回数

チェックポイント 1 とチェックポイント 2 における左右確認回数の分析結果を以下に示す。

- ・分散分析を行ったところ、チェックポイント 1 では歩行者と自動車の要因に対してデータ不足のために有効確率が算出されなかった。ドライバの属性に関しては、有意な差はあらわれなかった。

- ・外部要因に関してはチェックポイント 1 に関しては有意確率が算出されず、チェックポイント 2 においては有意な差ではなかったため、左右確認回数における外部要因の影響は少ないと考えて、それらの要因を排除せずに t 検定を行ったところ、チェックポイント 1 においてもチェックポイント 2 においては比較有意ではなかった。

チェックポイント 1 とチェックポイント 2 における左右確認回数の分析結果を図に示す。高齢者ドライバ平均と一般ドライバ平均の比較において、チェックポイント 1 とチェックポイント 2 のどちらも、右を見た回数も左を見た回数も一般ドライバより高齢者ドライバのほうが多い傾向にあることが分かった。

表 7 チェックポイント 1~2 における右の確認回数

左右確認回数(右)	チェックポイント 1		チェックポイント 2	
	高齢者	一般	高齢者	一般
平均	6.00	4.00	2.33	1.50
標準偏差	3.00	1.41	1.15	0.71
データ数	3	2	3	2
t 検定結果 (有意差有り:○ 無し:-)	-		-	

表 8 チェックポイント 1~2 における左の確認回数

左右確認回数(左)	チェックポイント 1		チェックポイント 2	
	高齢者	一般	高齢者	一般
平均	5.00	3.50	1.67	1.00
標準偏差	3.61	0.71	1.15	0.00
データ数	3	2	3	2
t 検定結果 (有意差有り:○ 無し:-)	-		-	

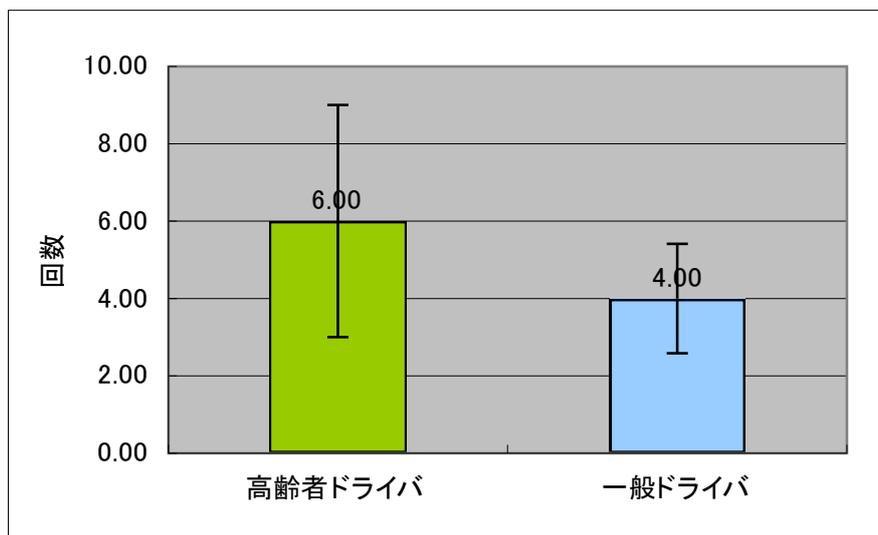


図 21 チェックポイント 1 における右の確認回数

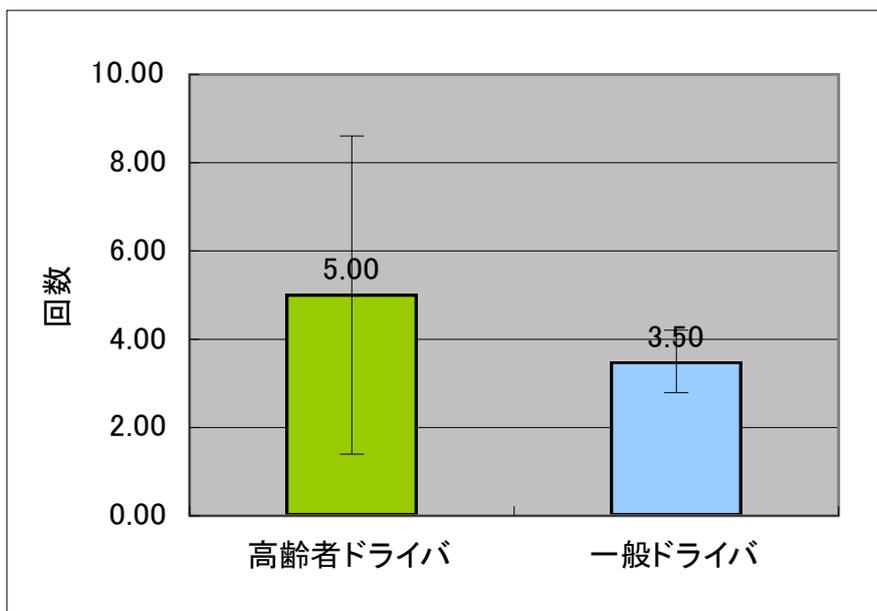


図 22 チェックポイント 1 における左の確認回数

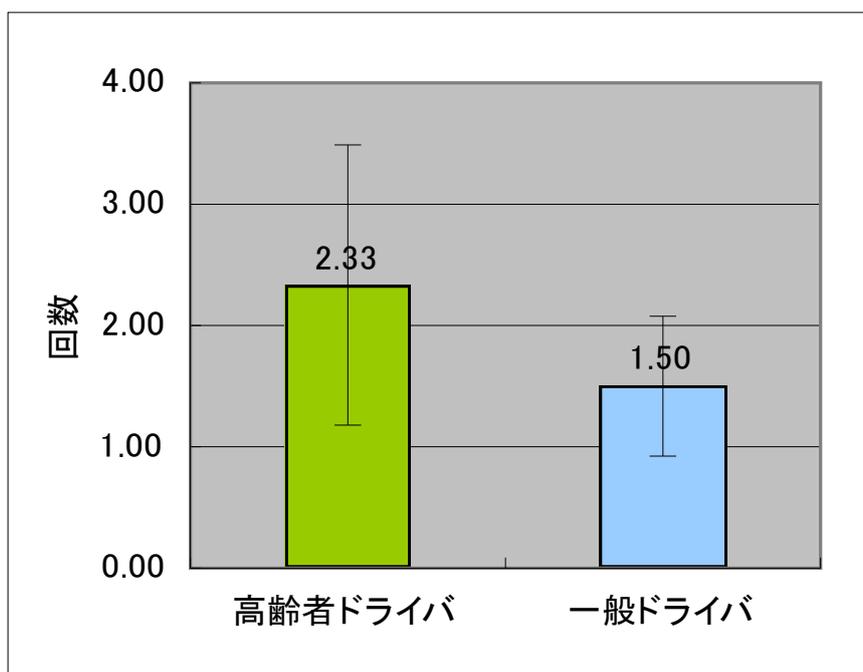


図 23 チェックポイント 2 における右の確認回数

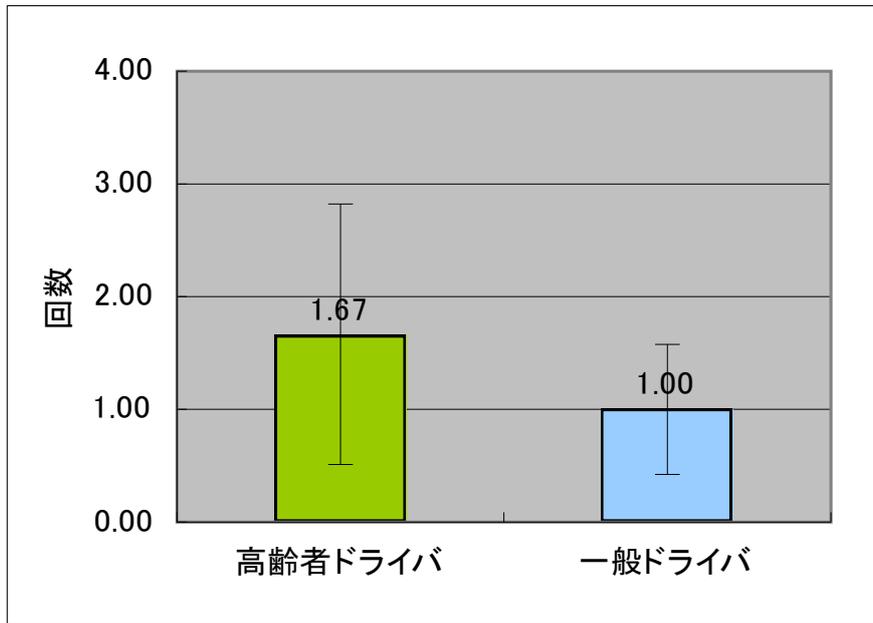


図 24 チェックポイント 2 における左の確認回数

### 3.4.2.3 左右確認タイミング

チェックポイント 1 とチェックポイント 2 における左右確認タイミングの分析結果を以下に示す。

- ・分散分析を行ったところ、チェックポイント 1 では歩行者と自動車の要因に対してデータ不足のために有効確率が算出されなかった。ドライバの属性に関しては、有意な差はあられなかった。

- ・外部要因に関してはチェックポイント 1 に関しては有意確率が算出されず、チェックポイント 2 においては有意な差ではなかったため、左右確認タイミングにおける外部要因の影響は少ないと考えて、それらの要因を排除せずに t 検定を行ったところ、チェックポイント 1 においてもチェックポイント 2 においては比較有意ではなかった。

チェックポイント 1 とチェックポイント 2 における左右確認のタイミングの分析結果を図に示す。チェックポイント 1 とチェックポイント 2 のどちらにおいても、右を見るタイミングも左を見るタイミングも一般ドライバより高齢者ドライバのほうが遅い傾向にあることが分かった。

表 9 チェックポイント 1~2 における右のタイミング

タイミング(右)	チェックポイント 1		チェックポイント 2	
	高齢者	一般	高齢者	一般
平均	2.99	1.58	1.76	0.77
標準偏差	1.13	0.31	0.99	1.08
データ数	3	2	3	2
t 検定結果 (有意差有り:○ 無し:-)	-		-	

表 10 チェックポイント 1~2 における左のタイミング

タイミング(左)	チェックポイント 1		チェックポイント 2	
	高齢者	一般	高齢者	一般
平均	4.33	3.02	1.29	0.73
標準偏差	1.01	0.68	0.69	0.14
データ数	3	2	3	2
t 検定結果 (有意差有り:○ 無し:-)	-		-	

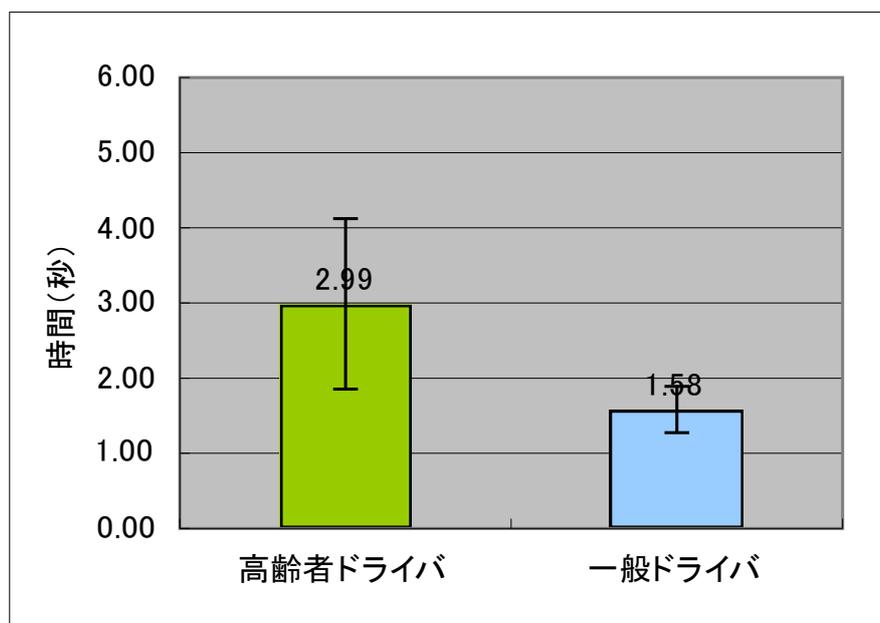


図 25 チェックポイント 1 における右を見始めるタイミング

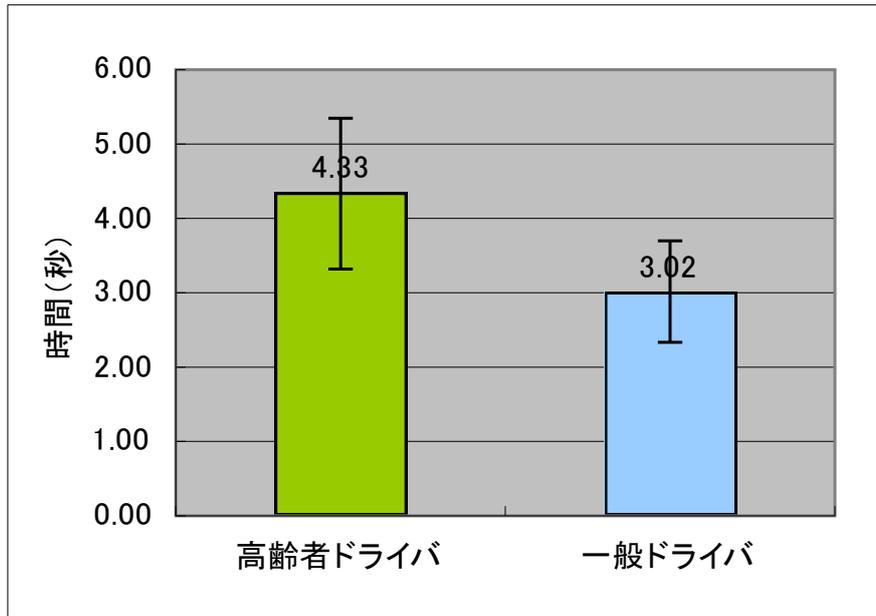


図 26 チェックポイント1における左を見始めるタイミング

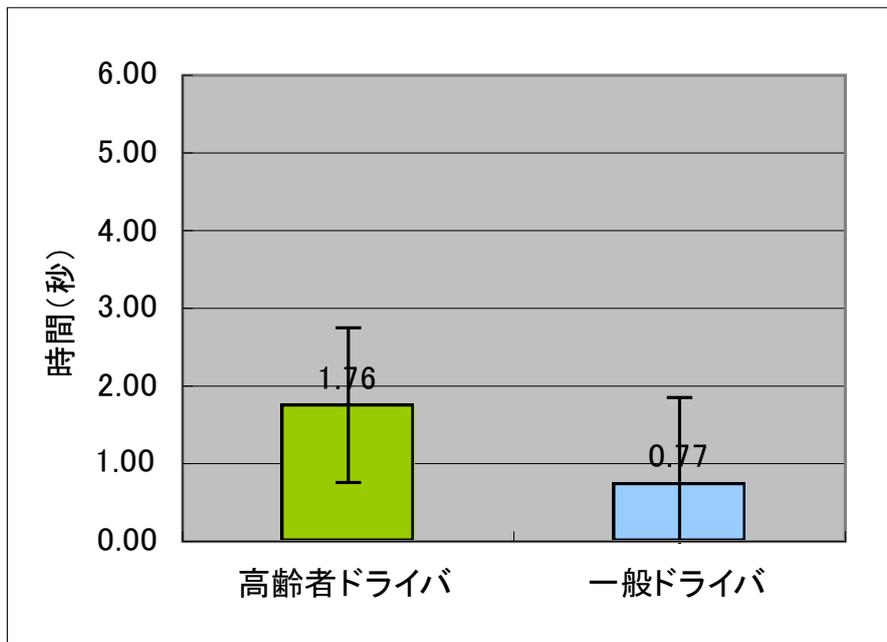


図 27 チェックポイント2における右を見始めるタイミング

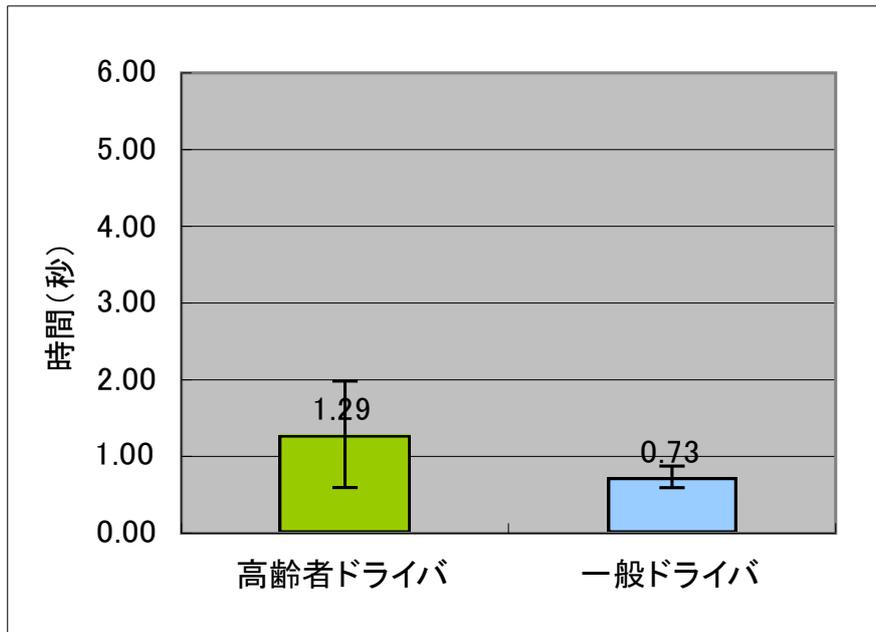


図 28 チェックポイント2における左を見始めるタイミング

#### 3.4.2.4 左右停留時間

チェックポイント1とチェックポイント2における左右停留時間の分析結果を以下に示す。

- ・分散分析を行ったところ、チェックポイント1では歩行者と自動車の要因に対してデータ不足のために有効確率が算出されなかった。ドライバの属性に関しては、有意な差はあらわれなかった。

- ・外部要因に関してはチェックポイント1に関しては有意確率が算出されず、チェックポイント2においては有意な差ではなかったため、左右確認の停留時間における外部要因の影響は少ないと考えて、それらの要因を排除せずにt検定を行ったところ、チェックポイント1においてもチェックポイント2においては比較有意ではなかった。

チェックポイント1とチェックポイント2における左右確認の停留時間の分析結果を表に示す。高齢者ドライバ平均と一般ドライバ平均の比較において、t検定の結果、どちらのチェックポイントにおいても比較有意とはいえなかった。特に、右の停留時間に関しては、p両側値が1に近く、その差は殆ど無いといってよいが、左の停留時間に関しては、チェックポイント1は一般ドライバより高齢者ドライバのほうが短く見ていて、チェックポイント2においては、一般ドライバより高齢者ドライバのほうが長く見ている傾向にあることが分かった。

表 11 チェックポイント 1~2 における右の停留時間

停留時間(右)	チェックポイント 1		チェックポイント 2	
	高齢者	一般	高齢者	一般
平均	0.77	0.88	0.94	1.05
標準偏差	0.57	0.68	0.81	1.20
データ数	3	2	3	2
t 検定結果 (有意差有り:○ 無し:-)	-		-	

表 12 チェックポイント 1~2 における左の停留時間

停留時間(左)	チェックポイント 1		チェックポイント 2	
	高齢者	一般	高齢者	一般
平均	0.29	1.05	1.14	0.20
標準偏差	0.08	0.64	0.69	0.14
データ数	3	2	3	2
t 検定結果 (有意差有り:○ 無し:-)	-		-	

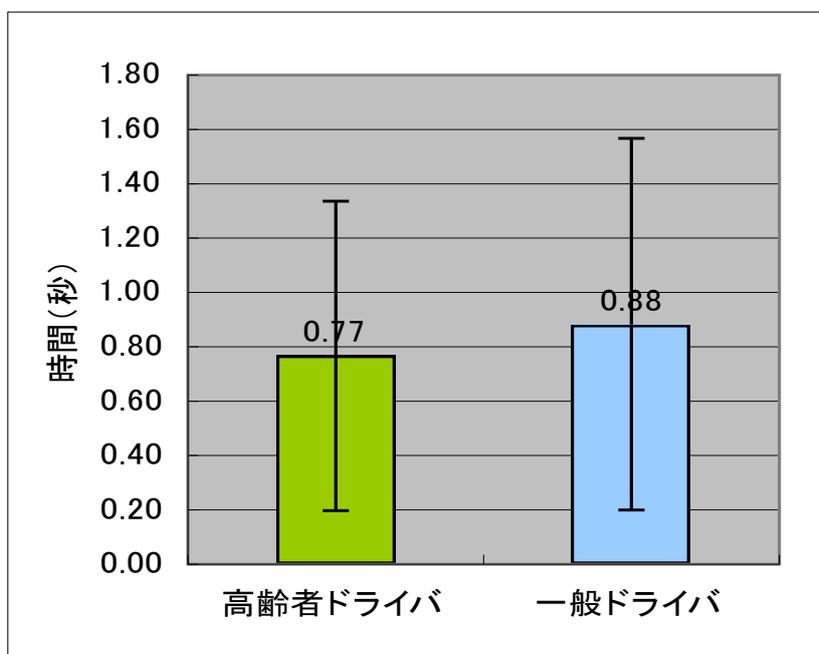


図 29 チェックポイント 1 における右の停留時間

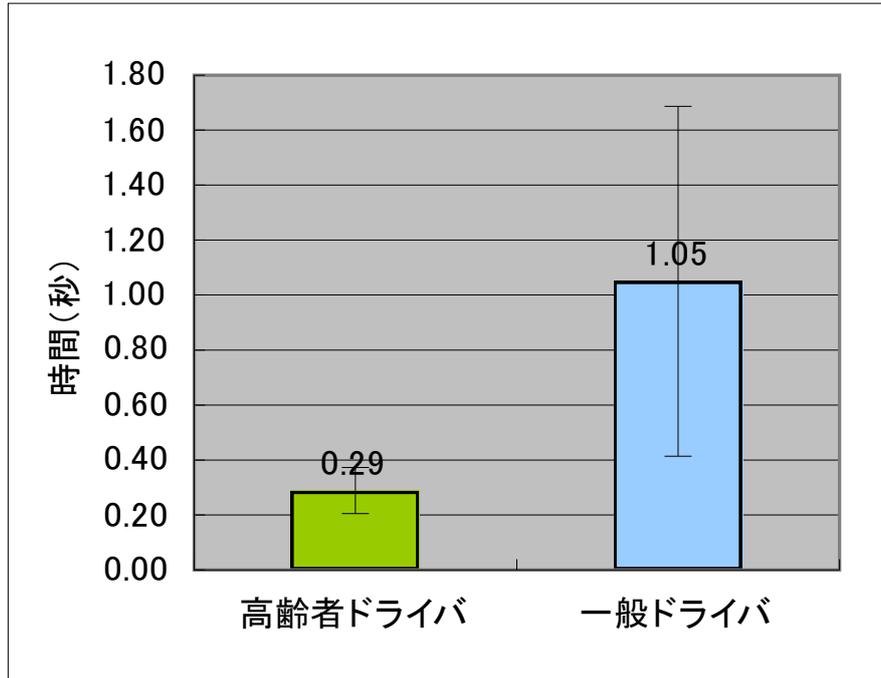


図 30 チェックポイント 1 における左の停留時間

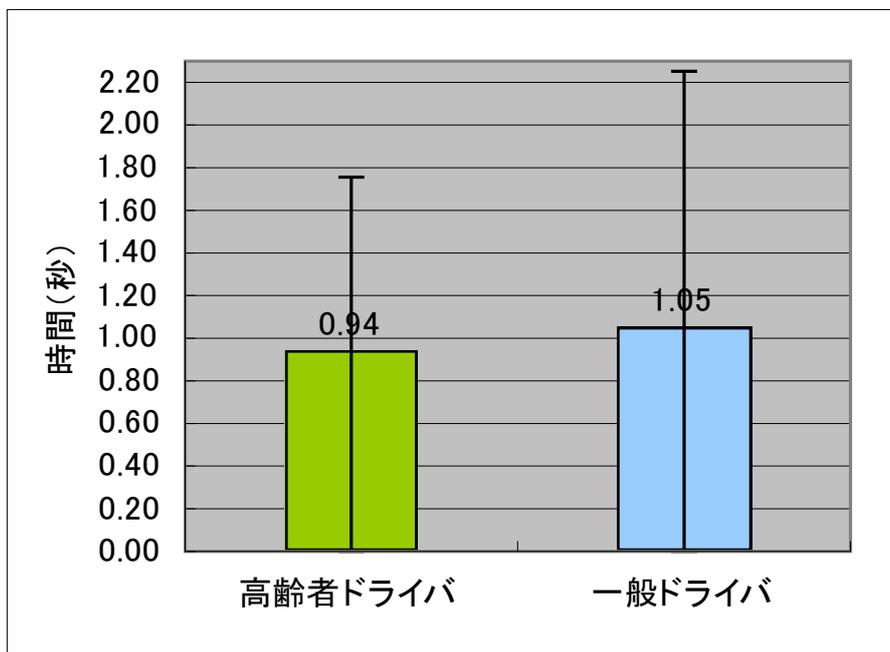


図 31 チェックポイント 2 における右の停留時間

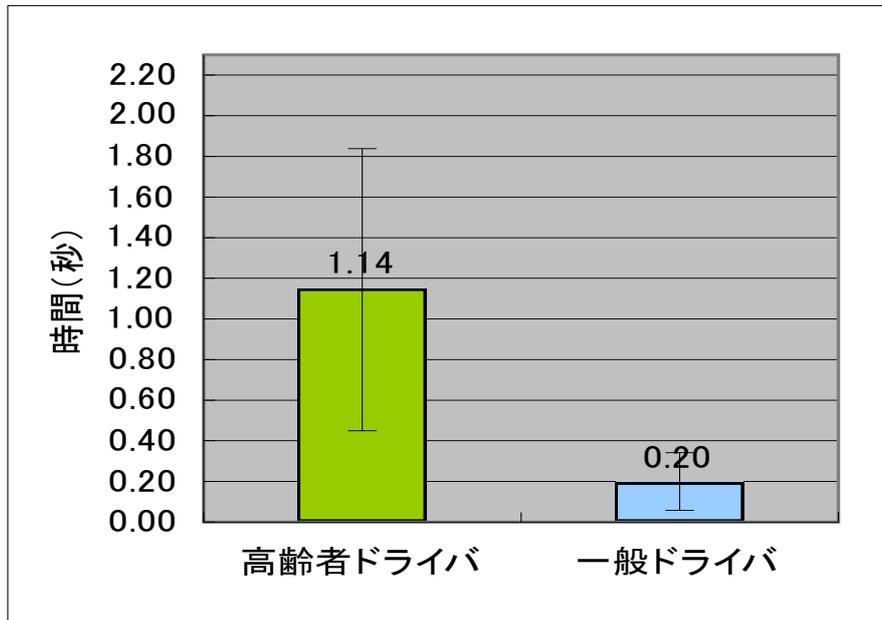


図 32 チェックポイント 2 における左の停留時間

#### 3.4.2.5 一時停止

チェックポイント 1 とチェックポイント 2 における一時停止の分析結果を以下に示す。  
 ・分散分析を行ったところ、チェックポイント 1 では歩行者と自動車の要因に対してデータ不足のために有効確率が算出されなかった。ドライバの属性に関しては、有意な差はあらわれなかった。

・外部要因に関してはチェックポイント 1 に関しては有意確率が算出されず、チェックポイント 2 においては有意な差ではなかったため、一時停止における外部要因の影響は少ないと考えて、それらの要因を排除せずに t 検定を行ったところ、チェックポイント 1 においてもチェックポイント 2 においては比較有意ではなかった。

チェックポイント 1 とチェックポイント 2 における一時停止の分析結果を図に示す。高齢者ドライバ平均と一般ドライバ平均の比較において、t 検定の結果、どちらのチェックポイントにおいても比較有意とはいえなかったが、チェックポイント 1 では、高齢者のほうが一時停止を行なっていて、チェックポイント 2 では、一般ドライバの方が一時停止を行う傾向にあることが分かった。

表 13 チェックポイント 1~2 における一時停止

一時停止	チェックポイント 1		チェックポイント 2	
	高齢者	一般	高齢者	一般
平均	0.67	0.00	0.33	1.00
標準偏差	0.58	0.00	0.58	0.00
データ数	3	2	3	2
t 検定結果 (有意差有り:○ 無し:-)	-		-	

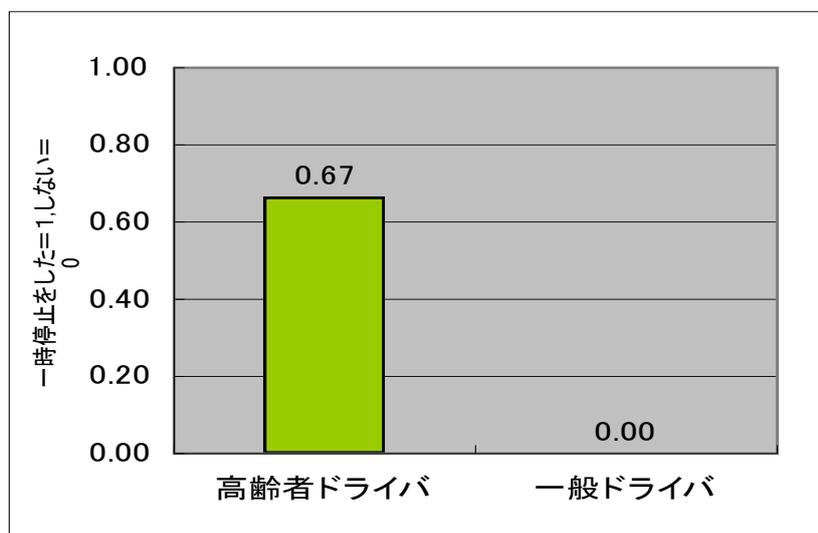


図 33 チェックポイント 1 の一時停止

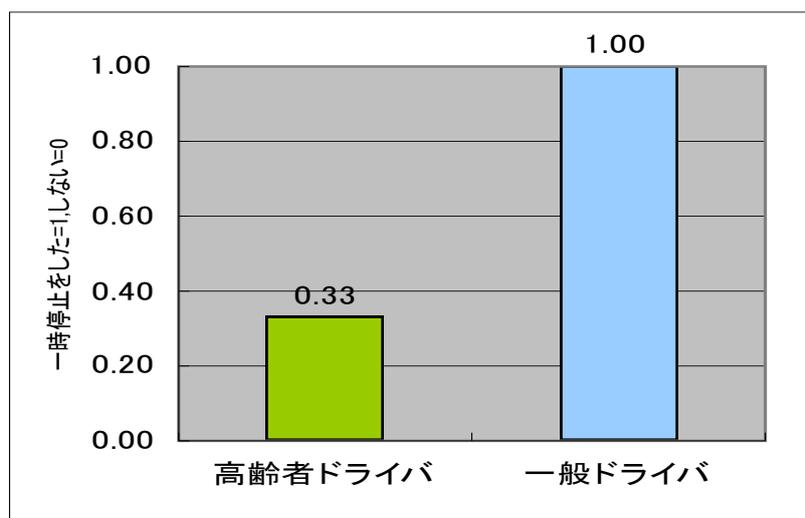


図 34 チェックポイント 2 の一時停止

### 3.4.2.6 覗き込み

チェックポイント1とチェックポイント2における一時停止の分析結果を以下に示す。

- ・分散分析を行ったところ、チェックポイント1では歩行者と自動車の要因に対してデータ不足のために有効確率が算出されなかった。ドライバの属性に関しては、有意な差はあらわれなかった。

- ・外部要因に関してはチェックポイント1に関しては有意確率が算出されず、チェックポイント2においては有意な差ではなかったため、覗き込み具合における外部要因の影響は少ないと考えて、それらの要因を排除せずにt検定を行ったところ、チェックポイント1においてもチェックポイント2においては比較有意ではなかった。

チェックポイント1とチェックポイント2における覗き込み具合の分析結果を図に示す。高齢者ドライバ平均と一般ドライバ平均の比較において、t検定の結果、どちらのチェックポイントにおいても比較有意とはいえなかった。特に、チェックポイント2に関しては、p両側値が1に近く、その差は殆ど無いといってよいが、チェックポイント1に関しては、一般ドライバより高齢者ドライバのほうがのぞき込んでいる人が多い傾向にあることが分かった。

表 14 チェックポイント1~2における覗き込み具合

覗き込み具合	チェックポイント1		チェックポイント2	
	高齢者	一般	高齢者	一般
平均	0.33	0.00	0.67	0.50
標準偏差	0.58	0.00	0.58	0.71
データ数	3	2	3	2
t検定結果 (有意差有り:○ 無し:-)	-		-	

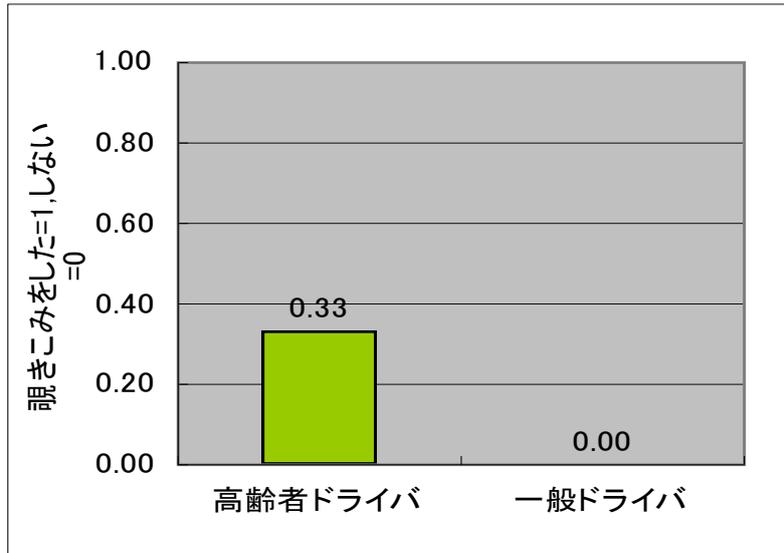


図 35 チェックポイント 1 における覗き込み具合

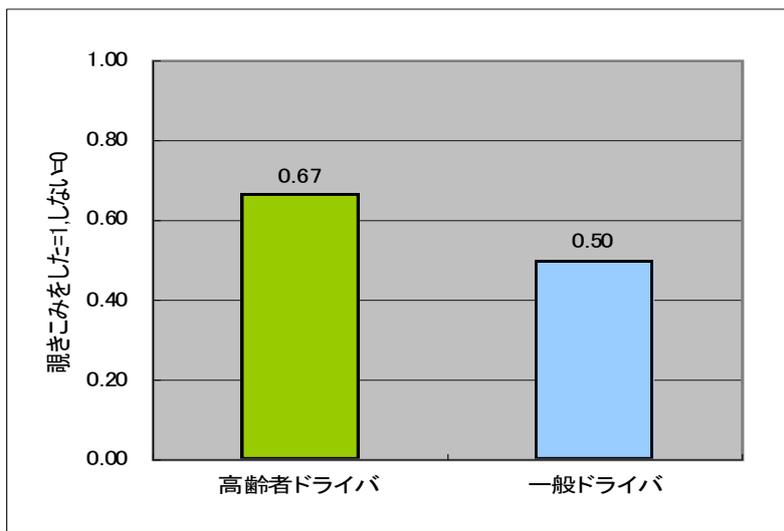


図 36 チェックポイント 2 における覗き込み具合

### 3.5 考察

[視力について]

高齢者ドライバと一般ドライバの平均において、t 検定を行ったところ、比較有意ではないものの、一般ドライバよりも高齢者ドライバの方が静止視力と動体視力に関しては低い傾向にあったが、条件の違いで厳密な意味での比較が出来なかった。また、高齢者ドライバ C に関しては自動車運転に必要な静止視力である 0.7 に達していないが、免許更新時には 0.7 であると判定されていた。これは、計測器や環境によって視力の測定

結果に違いがあらわれる可能性がある。また、体調によって視力が変わった可能性もある。いずれにしても、高齢者ドライバ C は普段は特に問題なく自動車運転を行なっている。もし視力が様々な条件によって変化するのであれば、視力と運転行動の関係については今後慎重に調べていく必要がある。

#### [運転行動について]

チェックポイント1においてもチェックポイント2においても、高齢者ドライバは一般ドライバに比べて右折時間が長くかかり、左右の確認回数が多く、左右の確認のタイミングが遅い傾向にあることが分かった。特にチェックポイント1では、一般ドライバよりもかなり時間をかけている。このことから、高齢者ドライバはいずれの交差点の安全確認行動においても、左右をよく確認するものの、そのタイミングが遅れがちで、結果的に右折時間が長くかかっている可能性があることが示される。

一方で、右の停留時間に関しては殆ど差がなく、左の停留時間に関してチェックポイント1は一般ドライバより高齢者ドライバのほうが短く見ていて、チェックポイント2においては、一般ドライバより高齢者ドライバのほうが長く見ている傾向にあることが分かった。高齢者ドライバは自車が危険源の場合は左側の確認が短くなり、危険源が外部にある場合、その方向を一般ドライバよりもよく見ているということである。

一時停止や覗き込み具合に関しては高齢者ドライバと一般ドライバの差が生じている。しかし、歩行者や他自動車の有無などの外的要因は、統計上は影響はほとんどないと出ているものの、それぞれの交差点において、特にチェックポイント2において、他の自動車が交差点に侵入しているかいないかは、一時停止の有無や覗き込みに関しては大きく影響されていると考えられる。また、被験者の数が少なく、データ数が多くはなかったため、本実験で設定した指標に関してはそれぞれの平均を比較することが有効ではなかった可能性が高い。

交差点において、高齢者ドライバは左右を見る回数が少なく、安全確認が疎かになっているという他の研究[19]があるが、本実験ではそのような傾向はみられなかった。逆に高齢者ドライバは十分な時間と回数をかけて安全確認を行なっているともいえる。しかし、その確認のタイミングは遅く、特に道路幅に余裕が無いような交差点に関しては、距離感が右よりもつかみにくい左側を確認する時間が短いことで、その確認の仕方の問題があるのではないかということがいえる。

## 4章 実車実験 2

本章では、高齢者の運転特性をさらに詳しく調べるために行った二回目の実車実験について述べる。

### 4.1 目的

実車実験 1 では、商店街や住宅街の交差点において、2つのチェックポイントを設定し、5人の被験者に対してコースを一周してもらったが、データが少なかつたため、分析結果として、統計的に比較有意とはならなかつたものが多かつた。そこで、実車実験 2 では、被験者を増やしてコースを2週してもらい、データを増やすことで統計的に比較しやすくすることと、コースを変更することで様々なタイプの交差点における安全確認行動の分析をおこなうことを目的とした。

また、実験装置については基本的には実車実験 1 と同じ物を使用した。が、運転行動を観察するカメラに関しては、今後の分析に備えて新たに別のカメラを取り付けて、記録した。そのため、実験方法については実車実験 1 と同じであった場合は説明を省略した。

### 4.2 実験方法

#### 4.2.1 被験者について

本実験において、一般ドライバ 8 名 (30 歳以上 40 歳未満、うち男性 6 名と女性 2 名) と高齢者ドライバ 6 名 (65 歳以上、いずれも男性) に被験者として参加してもらった。

#### 4.2.2 実験装置

##### 4.2.2.1 実験車両

実車実験 1 と同じく、実験に使用した車両は、レンタカーとして使用されているトヨタ・アリオン (4 速オートマチック) をであった。

##### 4.2.2.2 視力計測装置

実車実験 1 と同じく、視力計測装置を用いて実験前に各被験者の視力と動体視力を計測した。

##### 4.2.2.3 視線計測装置

ドライバの視線計測は、実車実験 1 と同じく、EMR-9(ナックイメージテクノロジー株式会社)を用いて行った。

#### 4.2.2.4 運転行動計測装置

実車実験1と同じく、ドライバの運転行動計測のために、ビデオカメラによる撮影を行ったが、実車実験2では車の左横方向の風景、ドライバの顔面に加えて、フロントガラスに写る風景、ドライバの足元の記録を行った。これらの映像を視線計測映像と同期をとることで、視線だけでなく総合的にドライバの行動や注視点の分析を行った。図37は実車実験2におけるビデオ映像の動きをとった評価映像を示したものである。



図 37 実車実験2における運転行動計測の様子

#### 4.2.3 チェックポイントについて

実車実験1では、通行が難しい交差点として、次の2つに分けて、その安全確認皇后を確認した。①制限される環境によって、自動車自身が危険源となりうる交差点で、②は自動車自身は危険ではなく、外的なものが危険源である交差点である。しかし、そのようなすぐにそれと分かる危険な交差点ばかりではなく、一見そこまで危険には見えなくても、潜在的な危険がある交差点が存在する可能性がある。そこで本実験では、日吉の街を一周するコースを新たに設定した(図38)。その中で潜在的な危険がある可能性のある交差点として、チェックポイント3~6を設定した。各ポイントについて4.3.1~4.3.4で述べる。

全体的な構造としては、図38の右下に日吉駅が存在しているが、その真ん中の通りである中央通りへ左折で侵入する信号機付きの十字路交差点をチェックポイント3、そこから直進して学習塾がある交差点で右折をする箇所をチェックポイント4、そこから直進して突き当たりを右折する箇所をチェックポイント5、そこから直進して突き当た

りを左折する箇所をチェックポイント6と設定した。



図 38 チェックポイント 3～6 のコース

#### 4.2.3.1 チェックポイント 3

チェックポイント 3は図 39 のような信号機付きの十字路の交差点を左折する場面である。左折することにより日吉の中央通り商店街の道路へ侵入する。この十字路では、歩行者や自転車など通行料が多い上に、右折後の道路はあまり広くないので、左のものと右のものを十分に安全確認を行なって運転を行う必要がある。



図 39 チェックポイント 3 の様子

図 40 は分析の際に用いた、チェックポイントの用語定義である。南からやってきたドライバーは黄緑色の矢印の方向へ左折を行う。

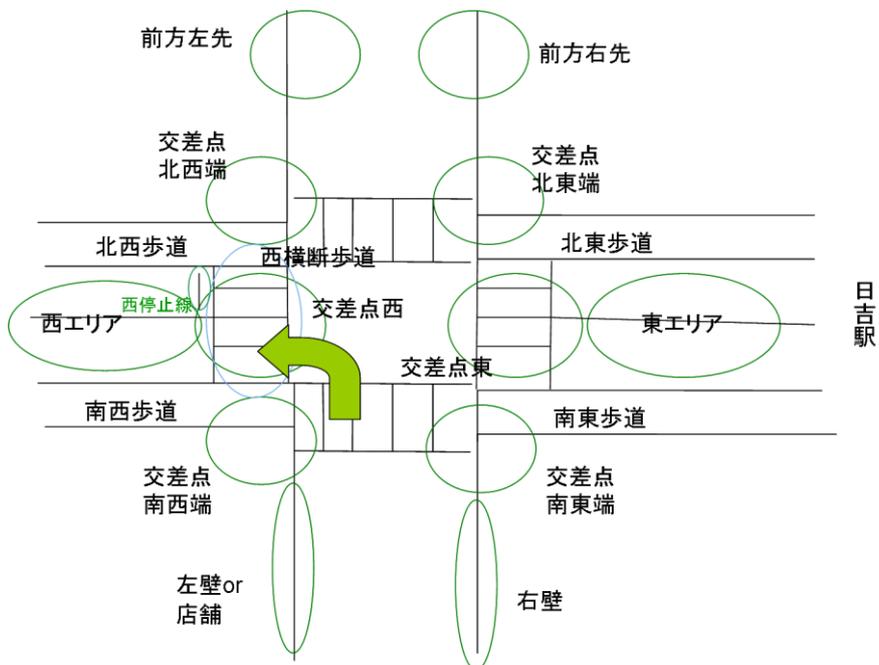


図 40 チェックポイント 3 の用語定義

#### 4.2.3.2 チェックポイント4

チェックポイント4は図41のような日吉の中央通りと小道が交差する十字路の交差点である。センターラインのある道路からない道路への右折であるため、右折先の左側の壁との距離感を十分に確認しなければならない。



図 41 チェックポイント4の様子

図42は分析の際に用いた、チェックポイントの用語定義である。東からやってきたドライバは黄緑色の矢印の方向へ右折を行う。

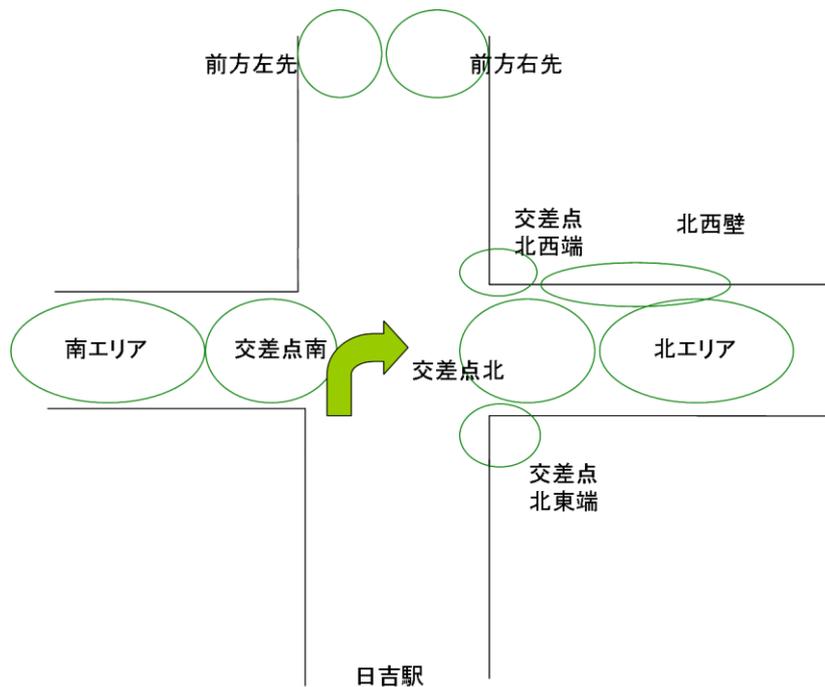


図 42 チェックポイント 4 の用語定義

#### 4.2.3.3 チェックポイント 5

チェックポイント 5 は図 43 のような見通しの悪い丁字路を右折する場面である。一時停止が義務付けられていて、右側の道路を見るためのカーブミラーが設置されているが、左側の道路は交差点に侵入しなければ見えないので、侵入車を十分に確認しなければならない。



図 43 チェックポイント5の様子

図 44 は分析の際に用いた、チェックポイントの用語定義である。西からやってきたドライバは黄緑色の矢印の方向へ右折を行う。

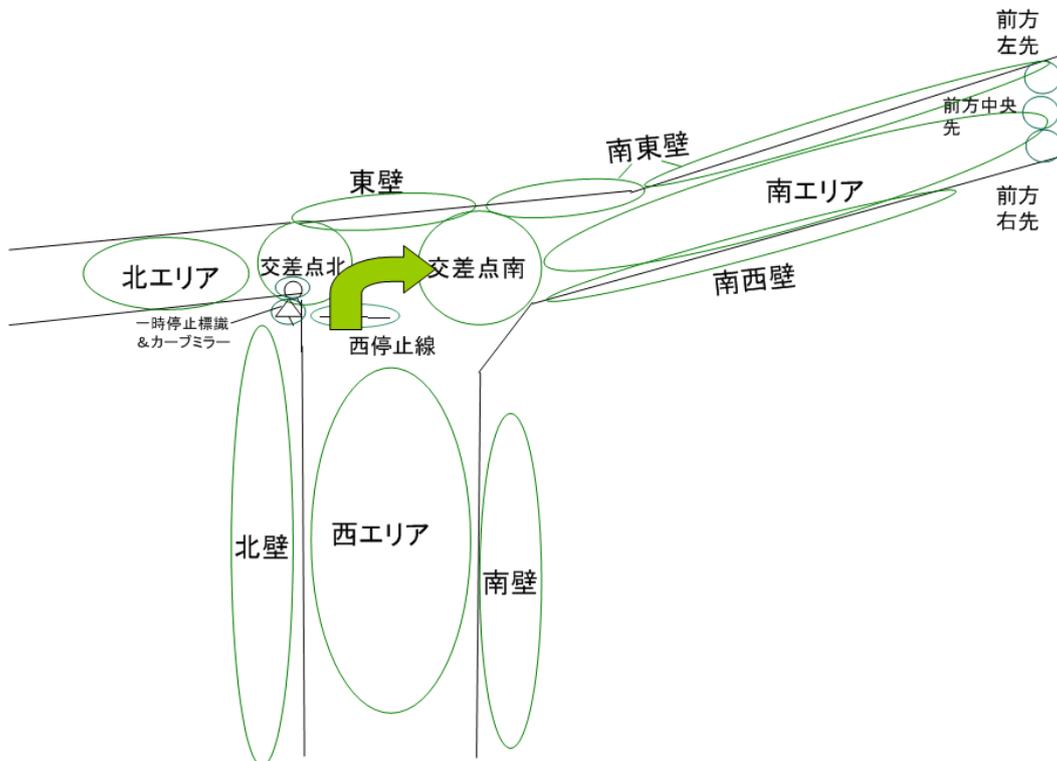


図 44 チェックポイント5の用語定義

#### 4.2.3.4 チェックポイント6

チェックポイント6は図のような見通しの悪い丁字路を左折する場面である。一時停止が義務付けられていて、交通量があるため、侵入車や歩行者を十分に確認しなければならない。



図 45 チェックポイント6の様子

図 46 は分析の際に用いた、チェックポイントの用語定義である。北からやってきたドライバは黄緑色の矢印の方向へ左折を行う。

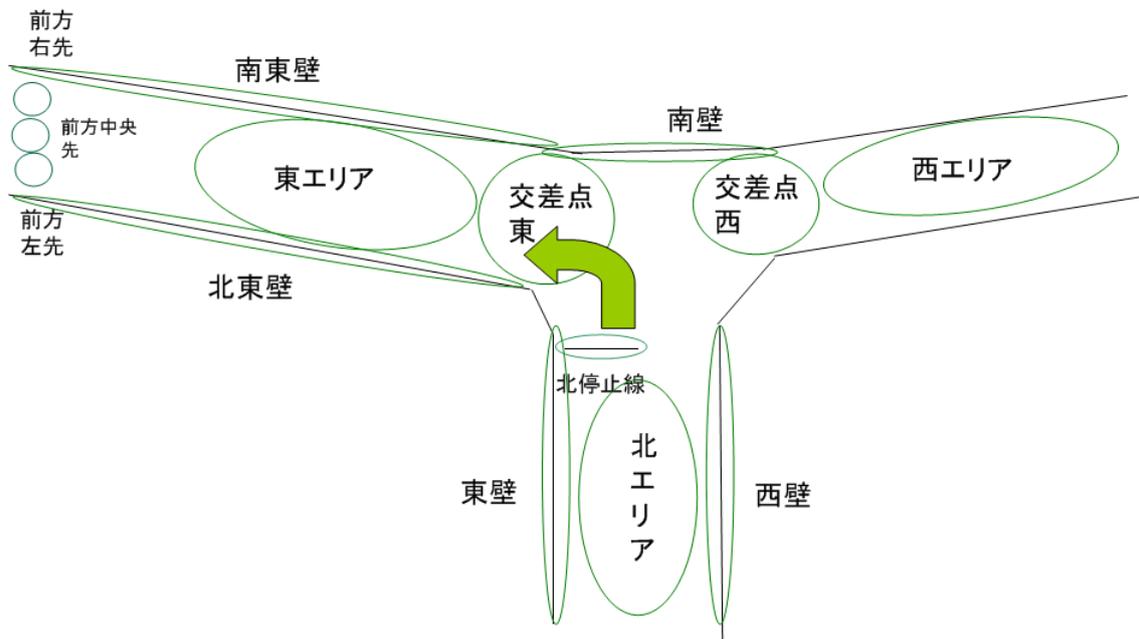


図 46 チェックポイント 6 の用語定義

## 4.3 分析方法

本実験における分析は、実車実験 1 と同じように、映像を基に運転行動を数字と言語のデータにするタグ付けを行なって、それぞれのチェックポイントにおけるドライバの右折の運転行動の 6 つの分析項目を規定して行った。本項では実車実験 1 と同じ分析を行ったため、説明が重複する箇所については省略し、実車実験と 1 と異なる箇所については詳細に分析の方法について述べる。

### 4.3.1 タグ付け

実車実験 1 と同じように、運転行動計測装置によって得られた映像をデータとして扱うために、映像で得られたドライバの行動を数値データとしてタグ付けを行った。

### 4.3.2 分析項目

#### 4.3.2.1 右左折時間

実車実験 1 と同じように、交差点において、ドライバがハンドルを回し始めてから回し終わるまでの時間を右左折時間と設定した。

#### 4.3.2.2 左右確認回数

実車実験 1 と同じように、右左折時間中に行う安全確認行動として、交差点を曲がる

際に確認すべき特定の左と右のものを設定し、それらを確認した回数を左右確認回数として設定した。チェックポイントによって設定した左と右のものは異なり、図と図で設定した用語を用いてそれぞれを以下の表 15 に示す。チェックポイント 3 においては人通りが多く、信号無視をする人や急に横断する自転車などがいて、交差点走行の際には確認する必要のあるものが多数存在するが、その存在は確率的で、平均をとることが難しく、比較対象としては適切ではない。そして、信号機が付いているため、交差点の進入前に左右を確認する必要性は低い。そこで、チェックポイント 3 の左右確認回数は侵入後の左折先において、左右に固定的に存在しているものを設定した。チェックポイント 4 においては、センターラインのある道路からない道路への右折行動であり、右折前の他の交差点侵入車の左右確認よりは、自車が交差点に侵入した後の道幅の左右の確認が重要であると考え、右折先において左右の建物の外壁などを設定した。チェックポイント 5 においては、交通量は多くないものの、見通しが悪く狭い交差点のため、右折前の他の交差点侵入車の左右確認が重要と考え、丁字路の左右を設定した。チェックポイント 6 においては、交通量が多く、見通しが悪い交差点のため、右折前の他の交差点侵入車の左右確認が重要と考え、丁字路の左右を設定した。

表 15 チェックポイント 3～6 における左右確認回数の視線対象

	左	右
チェックポイント3	南西歩道 南西壁	北西歩道 西停車
チェックポイント4	北西端 北西壁 北エリア駐車	北東端 北東壁
チェックポイント5	交差点北 北エリア	交差点南 南エリア
チェックポイント6	交差点東 東エリア	交差点西 西エリア

#### 4.3.2.3 左右確認タイミング

実車実験 1 と同じように左右確認回数で設定した左と右の物の始めのタイミングを分析した。チェックポイント 3 では左右で確認するものが複数存在していて、その状況によって一番に見る必要があるものは異なり、左右確認のタイミングを比較することは難しいため、分析は行わなかった。チェックポイント 4 ではドライバはセンターライ

ンのある道路からない道路へ移動するためその距離感を右折先の左側の壁を見ることで確認する必要がある。そこで、いくつかある左右確認回数の左の項目のうち、北西壁を左のタイミングと設定した。チェックポイント5と6では交差点の左右確認回数と同じ物を設定した（表16）。

表 16 チェックポイント3～6における左右確認タイミングと停留時間の視線対象

	左	右
チェックポイント3	無し	無し
チェックポイント4	北西壁	無し
チェックポイント5	交差点北 北エリア	交差点南 南エリア
チェックポイント6	交差点東 東エリア	交差点西 西エリア

#### 4.3.2.4 左右停留時間

実車実験1と同じように左右確認タイミングで分析した項目に対して、左右停留時間を設定した。

#### 4.3.2.5 一時停止の有無

実車実験1と同じように、交差点において、ドライバーが運転行動として一時停止を行ったもの、もしくは一時停止寸前まで減速を行ったものを1、減速はしたものの一時停止の意思がないものを0として設定した。

チェックポイント3では信号機が付いていて、一時停止の必要性がなく、チェックポイント4では優先道路から脇道への侵入であり、一時停止の必要性がないため一時停止の有無の分析は行わなかった。チェックポイント5と6はいずれも一時停止が義務付けられているため、分析を行った。

#### 4.3.2.6 覗き込み具合

実車実験1と同じように、交差点を身体を傾けて覗き込んだものを1、首を動かしたのみだったものを0として設定した。

チェックポイント3と4は一時停止の義務はなく、見通しが悪いわけではないため、覗き込み具合の分析は行わなかった。チェックポイント5と6は一時停止が義務付けら

れ、見通しが悪い交差点のため、覗き込み具合の分析を行った。

## 4.4 結果

### 4.4.1 視力と動体視力

高齢者ドライバと一般ドライバの視力と動体視力を表に示す。高齢者ドライバと一般ドライバの平均において t 検定を行ったところ、静止視力に関しては比較有意ではない ( $p>0.05$ ) もの、一般ドライバよりも高齢者ドライバの方が低い傾向にあった。動体視力に関しては比較有意であり ( $p<0.05$ )、一般ドライバよりも高齢者ドライバのほうが低いといえる。静止視力と動体視力の差を比較すると、一般ドライバよりも高齢者ドライバの方が差が大きく、高齢者ドライバの静止視力に比較して動体視力が落ちていることが分かる。

表 17 実車実験 2 における静止視力と動体視力

	静止視力	動体視力		静止視力	動体視力
高齢者ドライバ a	0.6	0.3	一般ドライバ g	1.6	0.8
高齢者ドライバ b	0.9	0.5	一般ドライバ h	0.5	0.3
高齢者ドライバ c	0.9	0.4	一般ドライバ i	1.2	0.8
高齢者ドライバ d	0.2	0.1	一般ドライバ j	1.6~	1.1
高齢者ドライバ e	0.6	0.3	一般ドライバ k	1.0	0.6
高齢者ドライバ f	1.3	0.6	一般ドライバ l	0.7	0.7
			一般ドライバ m	0.9	0.9
			一般ドライバ n	0.9	0.7
平均	0.8	0.3	平均	1.0	0.7
標準偏差	0.4	0.2	標準偏差	0.4	0.2

### 4.4.2 分析項目ごとの分析

本実験は実環境下で行われたため、いくつかの外部要因が発生しており、まずその影響と、主効果として高齢者と一般ドライバでの差がどのようなものであるのかを調べるために分散分析を行った。外部要因としては、歩行者と他の自動車があった。また、それぞれの分析項目について、高齢者ドライバと一般ドライバの結果において平均をとって比較を行った。そして、高齢者ドライバと一般ドライバの平均を比較するために、t 検定を行った。

それぞれのチェックポイントの要因としては歩行者や他自動車があり、それらを独立変数、分析項目を従属変数として、分散分析を行った。

#### 4.4.2.1 右左折時間

チェックポイント3~6における右左折時間の統計分析結果を以下に示す。

- ・分散分析を行ったところ、ドライバの属性に関してチェックポイント3とチェックポイント6に関して有意差(<0.05)があった。
- ・外部要因に関してはチェックポイント1に関して歩行者に関しては有意差があった。それ以外のチェックポイントの外部要因においては有意な差ではなく、外部要因の影響は少ないと考えられるものは、それらの要因を排除せずにt検定を行った。しかし、統計には現れないものの、明らかに影響のある要因については排除してt検定を行ったところ、チェックポイント3において、青信号時において外部要因を除いたもので有意差があった。赤信号時においては比較有意ではなかった。チェックポイント4~6において、比較有意ではなかった

チェックポイント3~6における右左折時間の分析結果を図に示す。

- ・ チェックポイント3：青信号左折時に一般ドライバよりも高齢者ドライバの方が時間がかかる傾向にあった（除いた外部要因：歩行者）。赤信号左折時は一般ドライバも高齢者ドライバも殆ど差はなかった；
- ・ チェックポイント4：右折時に一般ドライバよりも高齢者ドライバのほうが時間がかかる傾向にあった（除いた外部要因：歩行者、他自動車）
- ・ チェックポイント5：右折時に一般ドライバと高齢者ドライバで時間の差は殆ど無かった（除いた外部要因：なし）
- ・ チェックポイント6：右折時に一般ドライバと高齢者ドライバで時間の差は殆ど無かった（除いた外部要因：歩行者、他自動車、自転車&バイク）

表 18 チェックポイント3~6における右左折時間

右左折時間	チェックポイント3		チェックポイント4		チェックポイント5		チェックポイント6	
	高齢者	一般	高齢者	一般	高齢者	一般	高齢者	一般
平均(秒)	8.09	5.94	7.82	6.73	8.94	8.64	8.22	8.83
標準偏差	0.65	0.31	1.15	0.56	1.43	1.72	1.27	1.35
データ数	3	3	7	4	9	11	8	5
t検定結果 (有意差有り:○ 無し:-)	○		-		-		-	
除いた要因	赤信号、歩行者		歩行者、他自動車		歩行者、他自動車		歩行者、他自動車、 自転車&バイク	

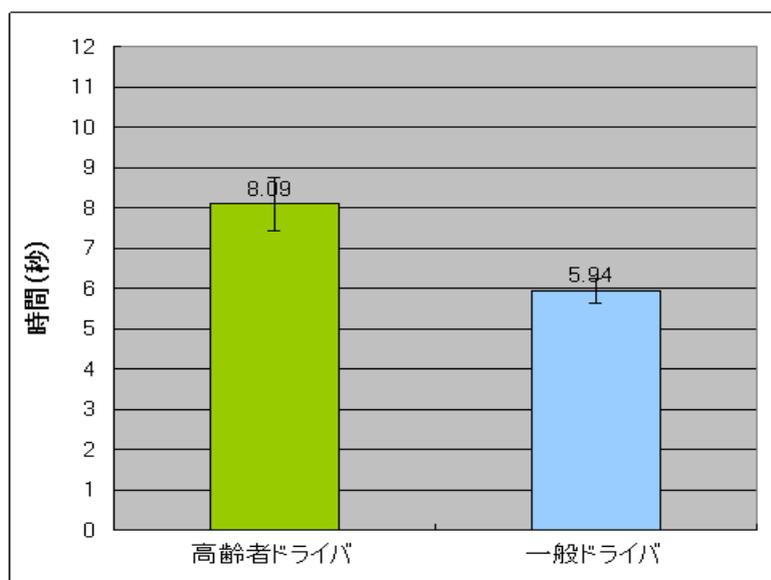


図 47 チェックポイント3における青信号時の右折時間の比較

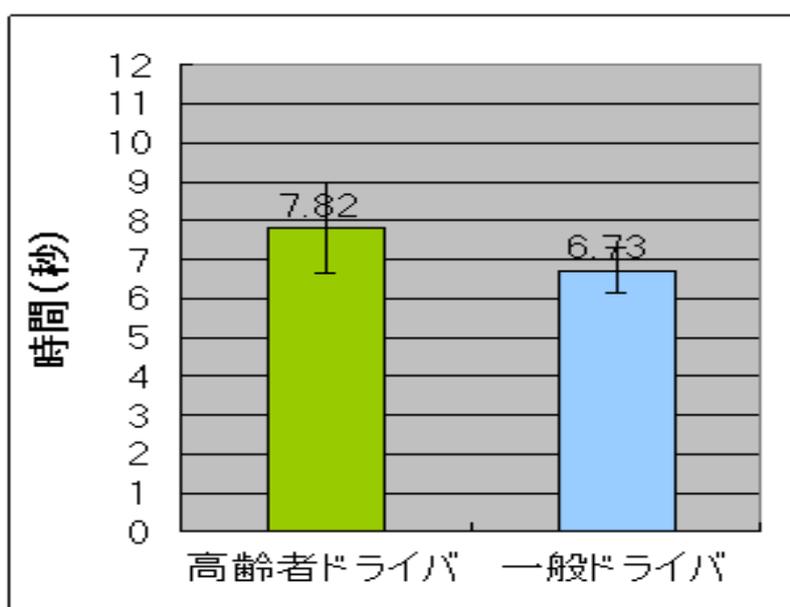


図 48 チェックポイント4における右折時間の比較

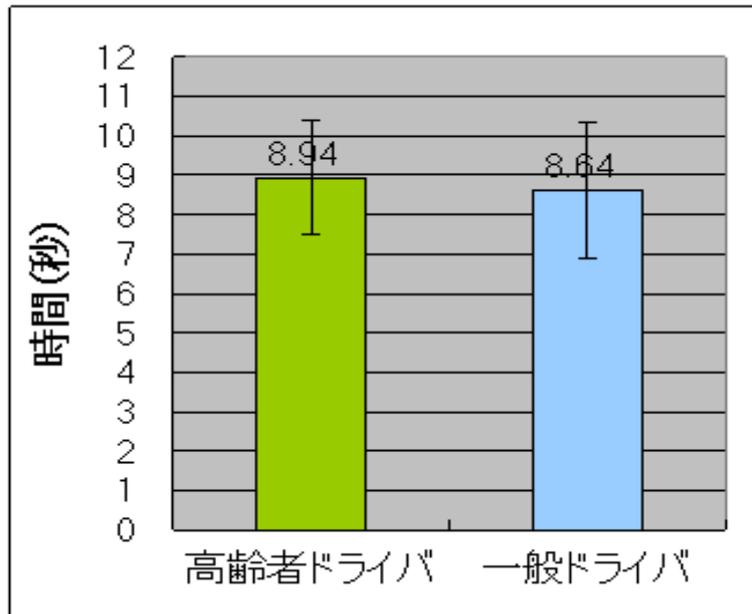


図 49 チェックポイント 5 における右折時間の比較

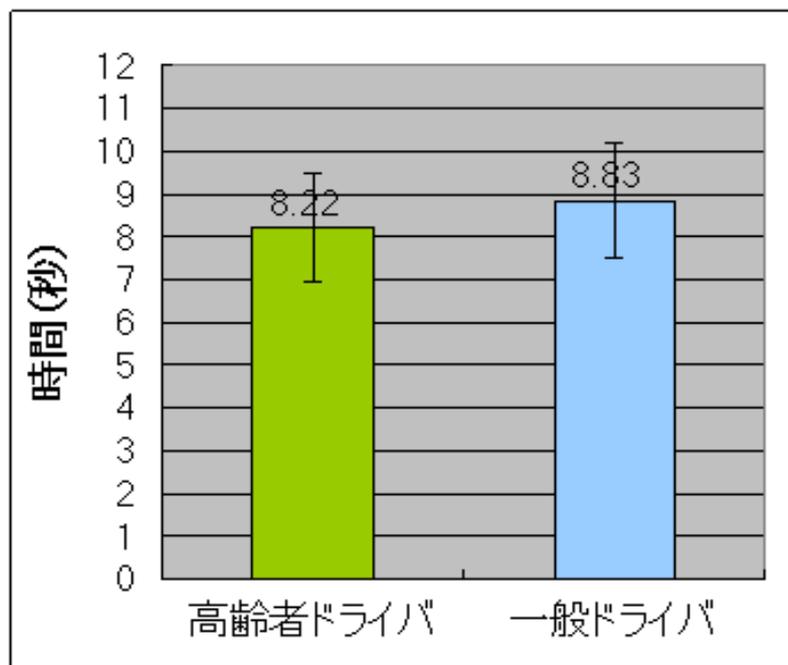


図 50 チェックポイント 6 における左折時間の比較

#### 4.4.2.2 左右確認回数

チェックポイント 3~6 における左右確認回数の統計分析結果を以下に示す。

- ・分散分析を行ったところ、ドライバの属性に関してチェックポイント 4 の左の回数と

に関して有意差(<0.05)があった。

・外部要因に関してはチェックポイント 6 に関して他自動車に関しては有意差があった。それ以外のチェックポイントの外部要因においては有意な差ではなく、外部要因の影響は少ないと考えられるものは、それらの要因を排除せずに t 検定を行った。しかし、統計には現れないものの、明らかに影響のある要因については排除して t 検定を行ったところ、チェックポイント 4 において、左の視線移動回数に有意差があった。他のチェックポイント 4 の右、チェックポイント 5~6 の左右において、比較優位ではなかった。

チェックポイント 3~6 における左右確認回数の分析結果を図に示す。

- ・ チェックポイント 3：青信号左折時に一般ドライバよりも高齢者ドライバの方が右側を見て、左側をあまりみない傾向にあった（除いた外部要因：歩行者）。
- ・ チェックポイント 4：右折時に一般ドライバよりも高齢者ドライバのほうが、右側も左側もあまりみない傾向にあった（除いた外部要因：歩行者、他自動車）
- ・ チェックポイント 5：右折時に一般ドライバと高齢者ドライバで右側と左側の視線移動の数に差は殆ど無かった（除いた外部要因：なし）
- ・ チェックポイント 6：右折時に一般ドライバと高齢者ドライバで右側と左側の視線移動の数に差は殆ど無かった（除いた外部要因：歩行者、他自動車）

表 19 チェックポイント 3~6 における右を見た回数

左右確認回数(右)	チェックポイント3		チェックポイント4		チェックポイント5		チェックポイント6	
	高齢者	一般	高齢者	一般	高齢者	一般	高齢者	一般
平均	3.33	2.33	0.40	1.00	3.00	2.45	1.67	1.80
標準偏差	1.53	0.58	0.55	1.15	0.58	0.93	0.82	0.84
データ数	3	3	5	4	7	11	6	5
t 検定結果 (有意差有り:○ 無し:-)	-		-		-		-	
除いた要因	赤信号、歩行者		歩行者、他自動車		歩行者、他自動車		歩行者、他自動車、 自転車&バイク	

表 20 チェックポイント3～6における左を見た回数

左右確認回数(左)	チェックポイント3		チェックポイント4		チェックポイント5		チェックポイント6	
	高齢者	一般	高齢者	一般	高齢者	一般	高齢者	一般
平均	1.33	2.33	1.80	3.25	2.43	2.27	2.17	2.00
標準偏差	1.53	3.21	1.48	1.71	1.13	0.65	0.41	0.71
データ数	3	3	5	4	7	11	6	5
t検定結果 (有意差有り:○ 無し:-)	-		-		-		-	
除いた要因	赤信号、歩行者		歩行者、他自動車		歩行者、他自動車		歩行者、他自動車、 自転車&バイク	

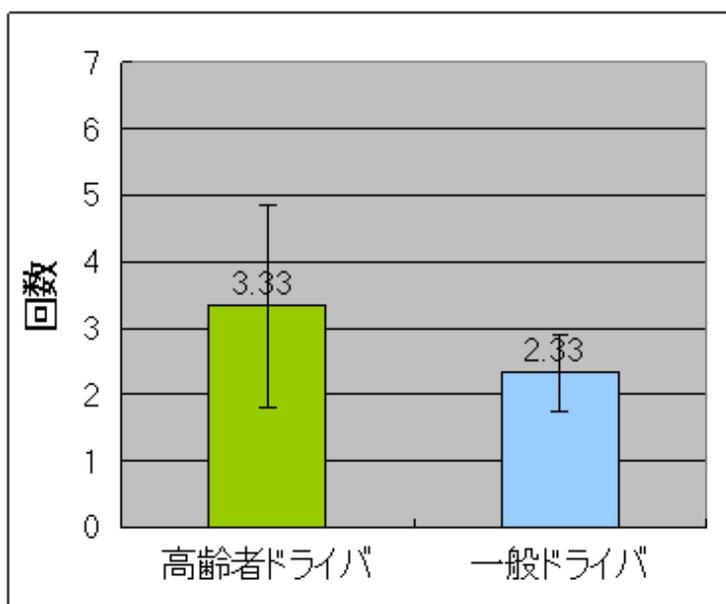


図 51 チェックポイント3における右側の確認回数

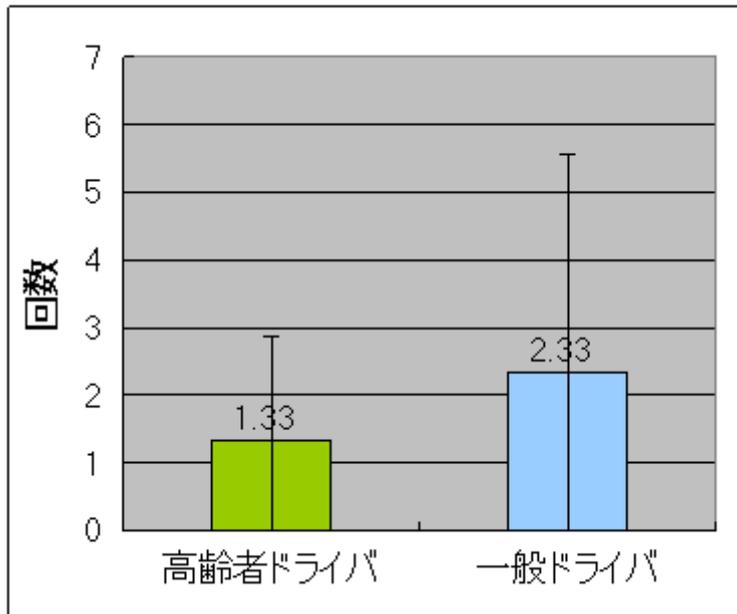


図 52 チェックポイント 3 における左側の確認回数

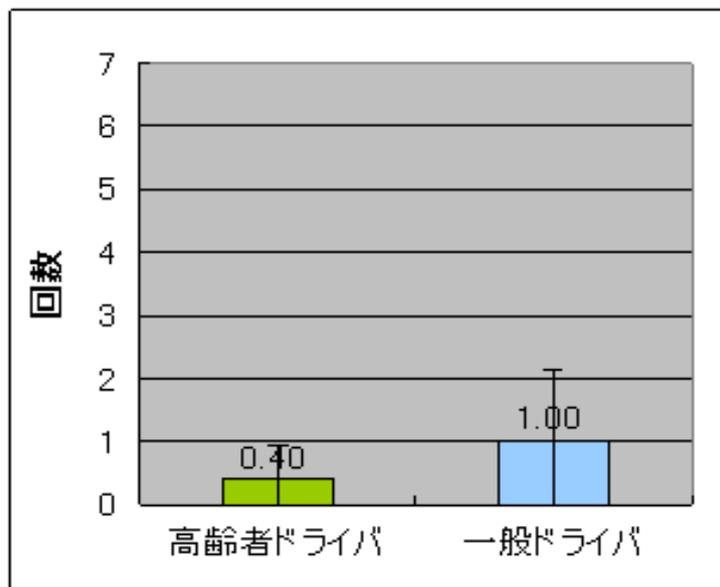


図 53 チェックポイント 4 における右側の確認回数

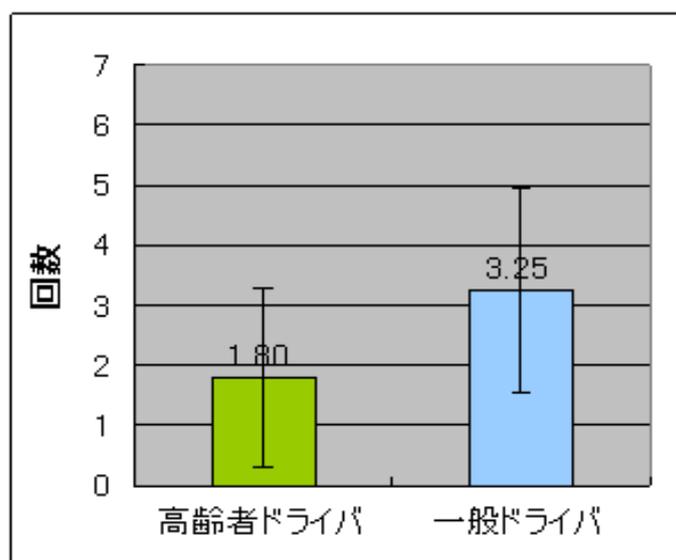


図 54 チェックポイント 4 における左側の確認回数

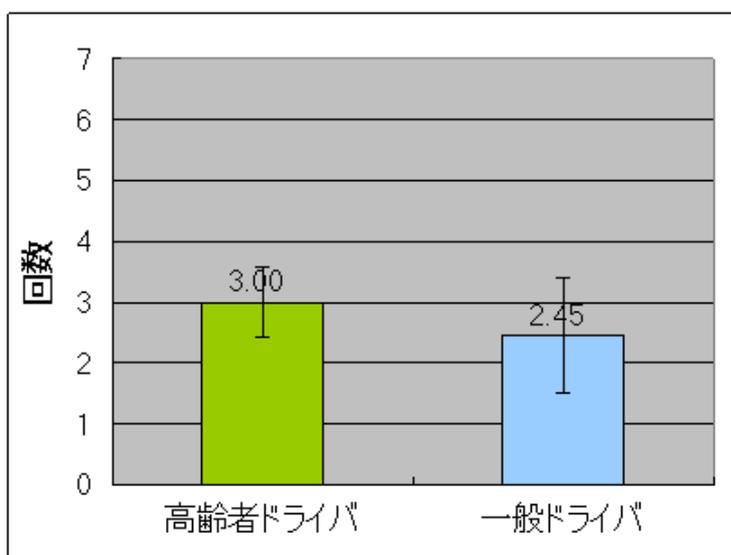


図 55 チェックポイント 5 における右側の確認回数

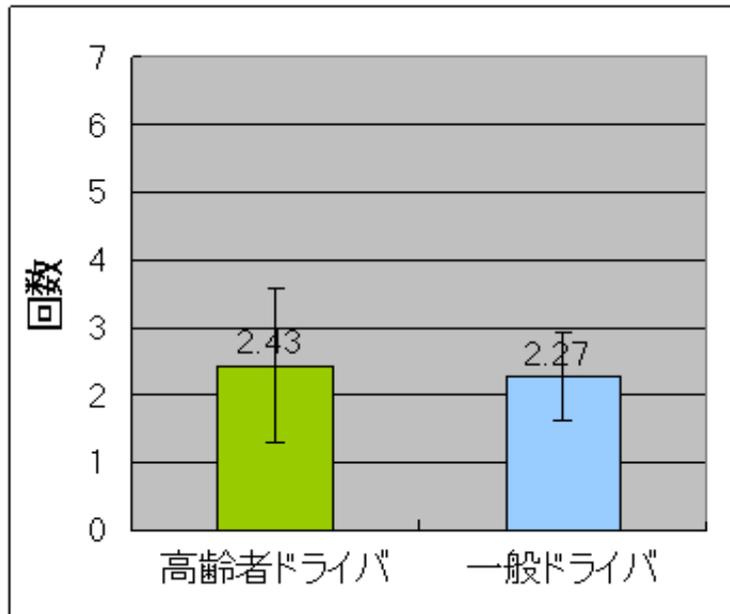


図 56 チェックポイント 5 における左側の確認回数

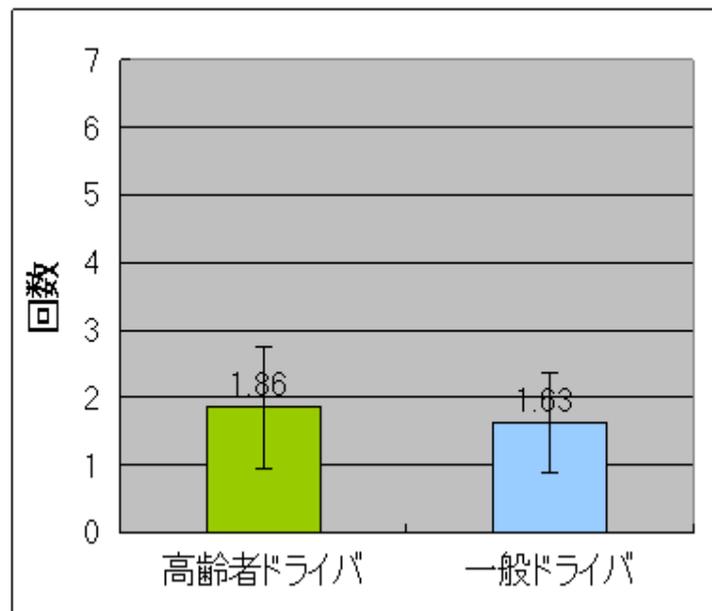


図 57 チェックポイント 6 における右側の確認回数

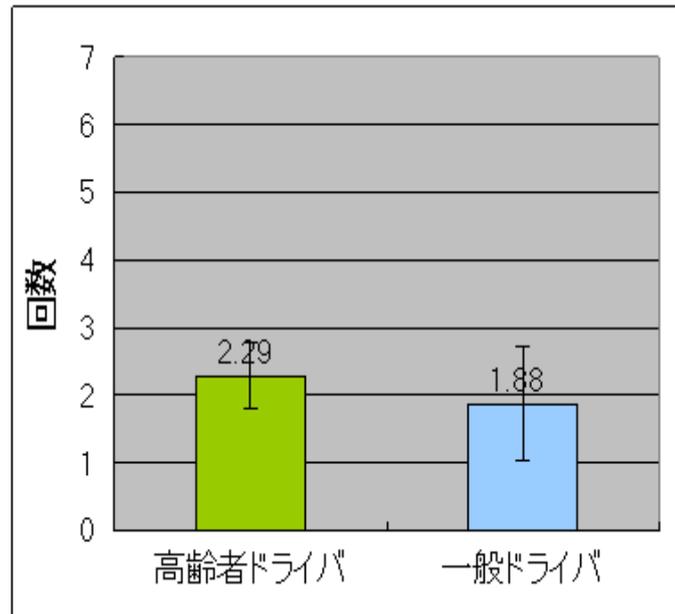


図 58 チェックポイント 6 における左側の確認回数

#### 4.4.2.3 左右確認タイミング

チェックポイント 4~6 における左右確認タイミングの統計分析結果を以下に示す。

- ・分散分析を行ったところ、ドライバの属性に関してチェックポイント 6 の左のタイミングに関して有意差( $<0.05$ )があった。
- ・外部要因に関してはチェックポイント 5 に関して他自動車に関して、チェックポイント 6 に関して歩行者と他自動車に関しては有意差があった。それ以外のチェックポイントの外部要因においては有意な差ではなく、外部要因の影響は少ないと考えられるものは、それらの要因を排除せずに t 検定を行った。しかし、統計には現れないものの、明らかに影響のある要因については排除して t 検定を行ったところ、チェックポイント 4 において、左の確認タイミングに有意差があった。他のチェックポイント 5~6 の左右において、比較優位ではなかった。

チェックポイント 4~6 における左右確認タイミングの分析結果を図に示す。

- ・ チェックポイント 4：右折時に一般ドライバよりも高齢者ドライバのほうが、左側の確認タイミングが遅い傾向にあった（除いた外部要因：歩行者、他自動車）
- ・ チェックポイント 5：右折時に一般ドライバと高齢者ドライバで右側と左側の確認タイミングに差は殆ど無かった（除いた外部要因：歩行者、他自動車）
  - ・ チェックポイント 6：右折時に一般ドライバと高齢者ドライバで右側の確認タイミングが早く、左側の確認タイミングが遅い傾向にあった（除いた外部要因：歩行者、他自動車、バイク & 自転車）

表 21 チェックポイント 5~6 における右を見たタイミング  
タイミング(右)

	チェックポイント5		チェックポイント6	
	高齢者	一般	高齢者	一般
平均	1.90	1.65	0.82	0.58
標準偏差	0.72	0.85	0.36	0.51
データ数	7	11	6	5
t 検定結果 (有意差有り:○ 無し:-)	-		-	
除いた要因	歩行者、他自動車		歩行者、他自動車、自転車 &バイク	

表 22 チェックポイント 4~6 における左を見たタイミング

タイミング(左)	チェックポイント4		チェックポイント5		チェックポイント6	
	高齢者	一般	高齢者	一般	高齢者	一般
平均	4.27	2.13	1.72	1.53	0.67	1.23
標準偏差	0.51	0.27	2.03	0.58	0.50	0.74
データ数	4	3	7	11	6	5
t 検定結果 (有意差有り:○ 無し:-)	○		-		-	
除いた要因	歩行者、他自動車		歩行者、他自動車		歩行者、他自動車、自転車 &バイク	

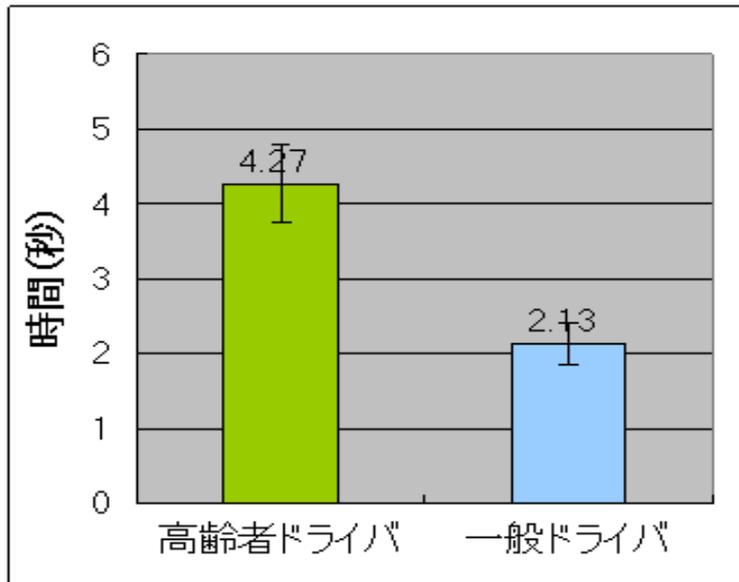


図 59 チェックポイント4における左側の確認タイミング

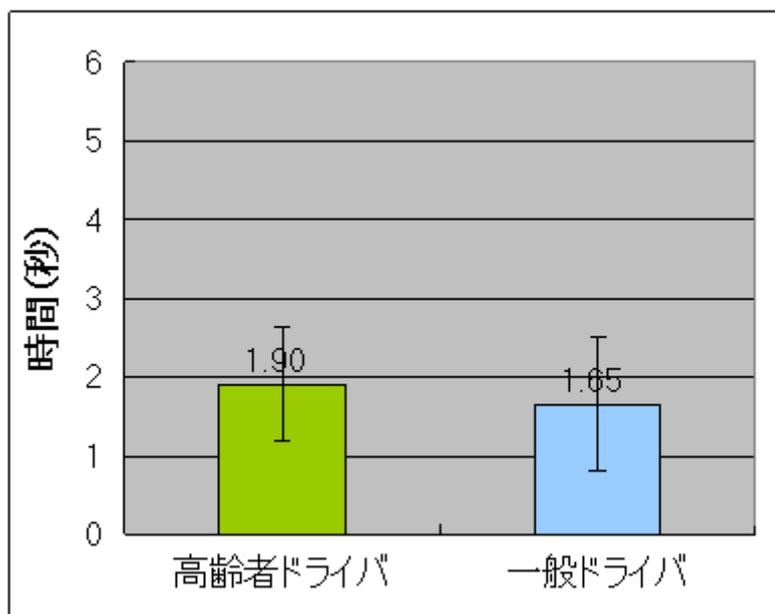


図 60 チェックポイント5における右側の確認タイミング

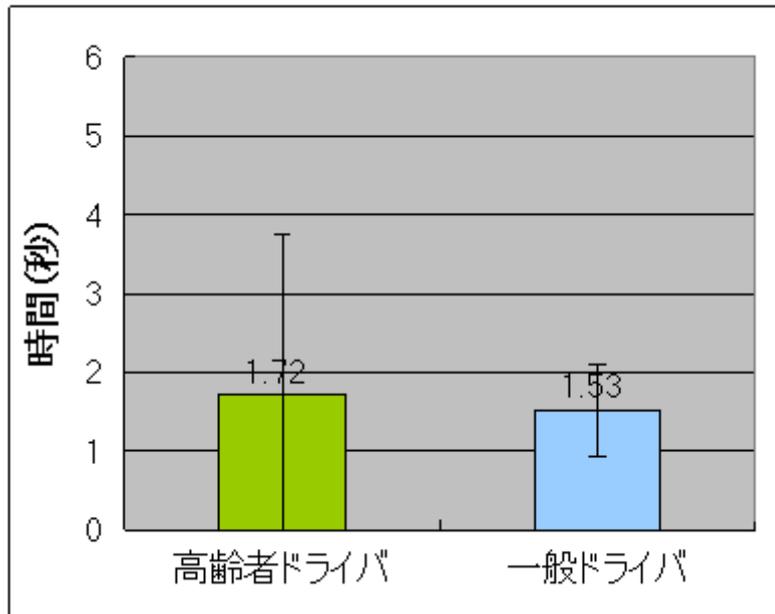


図 61 チェックポイント5における左側の確認タイミング

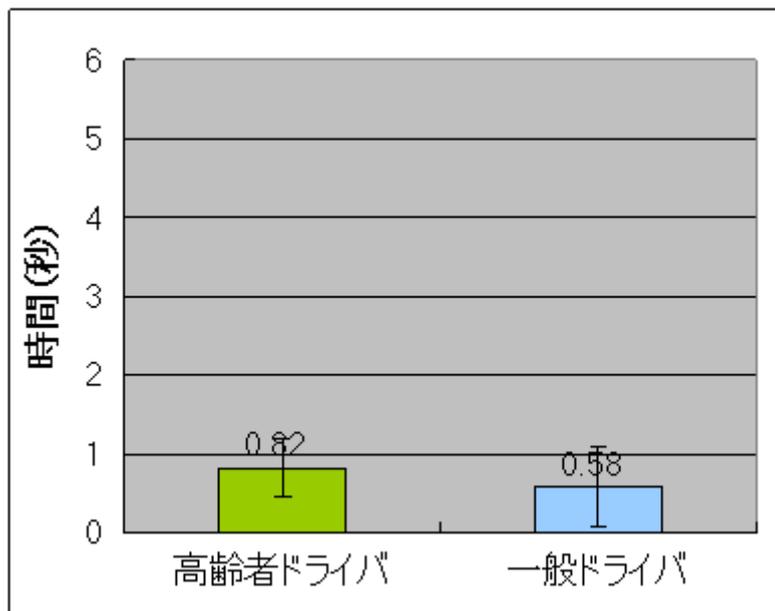


図 62 チェックポイント6における右側の確認タイミング

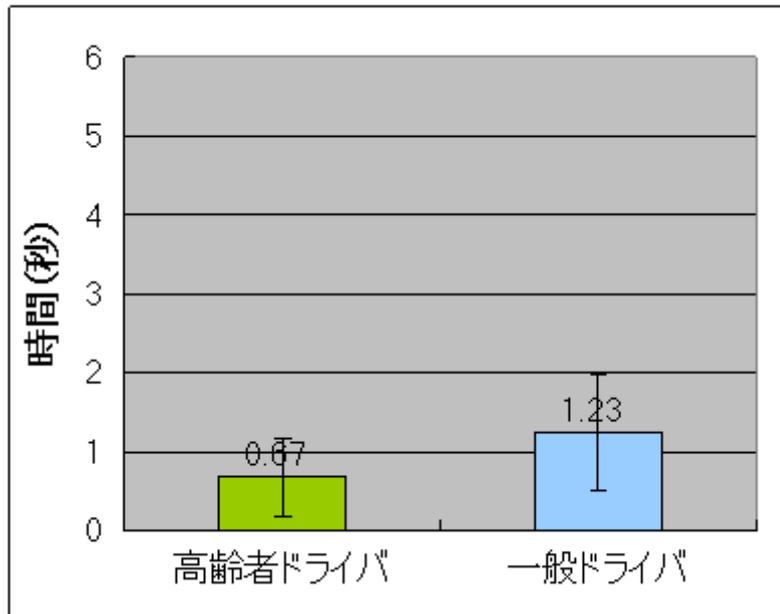


図 63 チェックポイント6における左側の確認タイミグ

#### 4.4.2.4 左右停留時間

チェックポイント4~6における左右停留時間の統計分析結果を以下に示す。

- ・分散分析を行ったところ、いずれのチェックポイントにおいてもドライバの属性に有意差はなかった。
- ・外部要因に関しては有意な差はなく、外部要因の影響は少ないと考えられるものは、それらの要因を排除せずにt検定を行った。しかし、統計には現れないものの、明らかに影響のある要因については排除してt検定を行ったところ、いずれのチェックポイントにおいても有意差はなかった。

チェックポイント4~6における左右停留時間の分析結果を図に示す。

- ・チェックポイント4：右折時に一般ドライバよりも高齢者ドライバのほうが、左側の停留時間が長い傾向にあった（除いた外部要因：歩行者、他自動車）
- ・チェックポイント5：右折時に一般ドライバと高齢者ドライバで右側と左側の確認停留時間が長い傾向にあった（除いた外部要因：歩行者、他自動車）
- ・チェックポイント6：右折時に一般ドライバと高齢者ドライバで右側の確認停留時間にほとんど差はなく、左側の確認停留時間が長い傾向にあった（除いた外部要因：歩行者、他自動車、バイク&自転車）

表 23 チェックポイント5～6における右の停留時間

停留時間(右)	チェックポイント5		チェックポイント6	
	高齢者	一般	高齢者	一般
平均	0.81	0.38	0.72	0.73
標準偏差	0.67	0.20	0.75	0.54
データ数	7	11	6	5
t 検定結果 (有意差有り:○ 無し:-)	-		-	
除いた要因	歩行者、他自動車		歩行者、他自動車、自転車 &バイク	

チェックポイント4～6における左の停留時間

停留時間(左)	チェックポイント4		チェックポイント5		チェックポイント6	
	高齢者	一般	高齢者	一般	高齢者	一般
平均	0.58	0.26	0.64	0.44	0.19	0.93
標準偏差	0.44	0.07	0.46	0.38	0.10	1.02
データ数	4	3	7	11	6	5
t 検定結果 (有意差有り:○ 無し:-)	-		-		-	
除いた要因	歩行者、他自動車		歩行者、他自動車		歩行者、他自動車、自転車 &バイク	

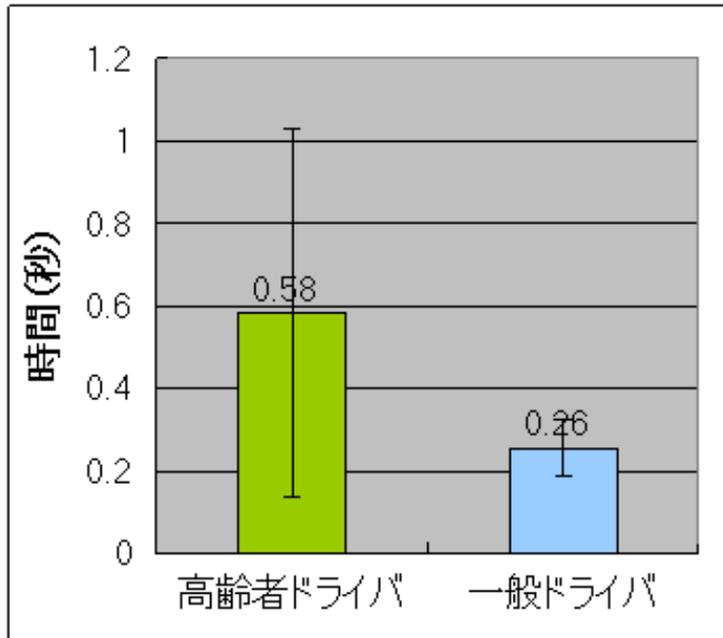


図 64 チェックポイント 4 における左側の停留時間

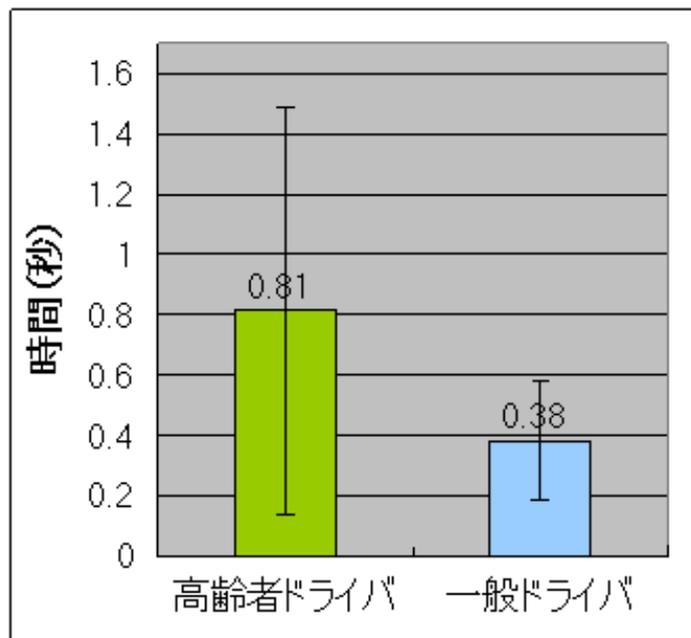


図 65 チェックポイント 5 における右側の停留時間

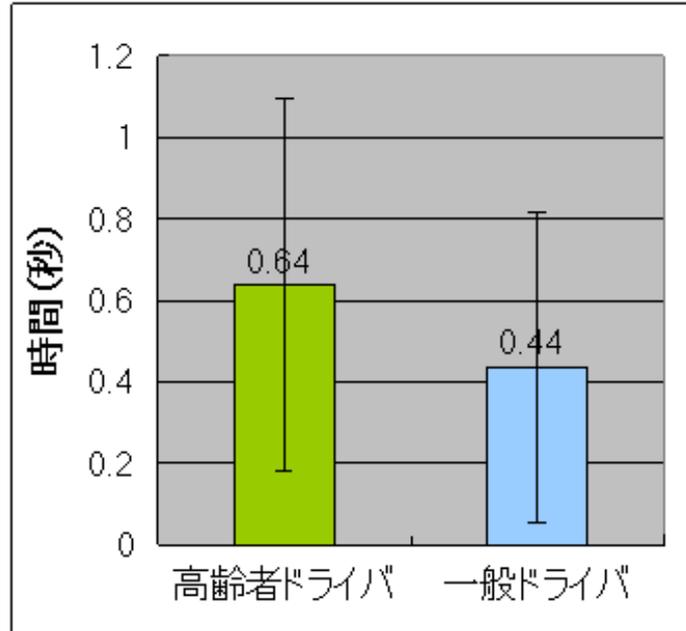


図 66 チェックポイント 5 における左側の停留時間

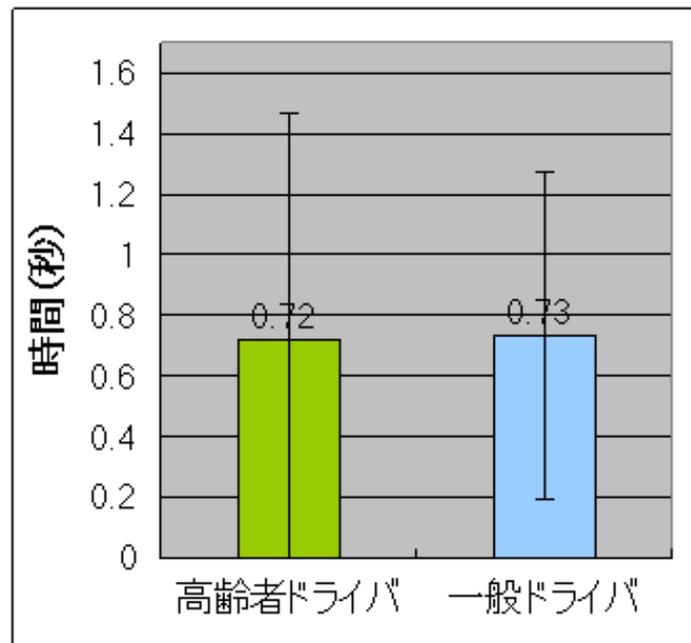


図 67 チェックポイント 6 における右側の停留時間

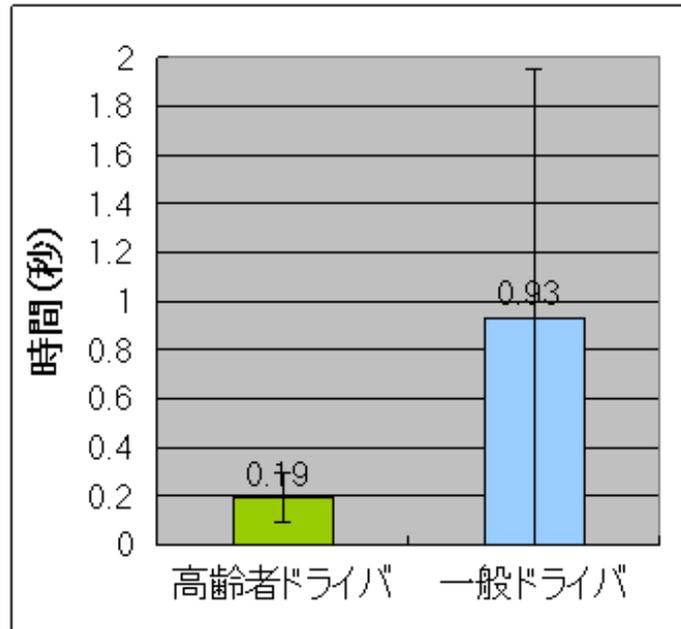


図 68 チェックポイント 6 における左側の停留時間

#### 4.4.2.5 一時停止

チェックポイント 5~6 における一時停止の統計分析結果を以下に示す。

- ・分散分析を行ったところ、ドライバーの属性に関してチェックポイント 5 に関して有意差( $<0.05$ )があった。

- ・外部要因に関しては有意な差はなく、外部要因の影響は少ないと考えられるものは、それらの要因を排除せずに t 検定を行った。しかし、統計には現れないものの、明らかに影響のある要因については排除して t 検定を行ったところ、チェックポイント 5 において、有意差が現れた。

チェックポイント 5~6 における一時停止の分析結果を図に示す。

- ・チェックポイント 5：右折前に高齢者ドライバーは一般ドライバーと比較して一時停止するが多かった (除いた外部要因：歩行者、他自動車)
- ・チェックポイント 6：右折前に高齢者ドライバーは一般ドライバーと比較して一時停止するが多かった (除いた外部要因：歩行者、他自動車、自転車&バイク)

表 24 チェックポイント5～6における一時停止

一時停止	チェックポイント5		チェックポイント6	
	高齢者	一般	高齢者	一般
平均	0.43	0.00	0.38	0.20
標準偏差	0.53	0.00	0.52	0.45
データ数	7	11	8	5
t 検定結果 (有意差有り:○ 無し:-)	○		-	

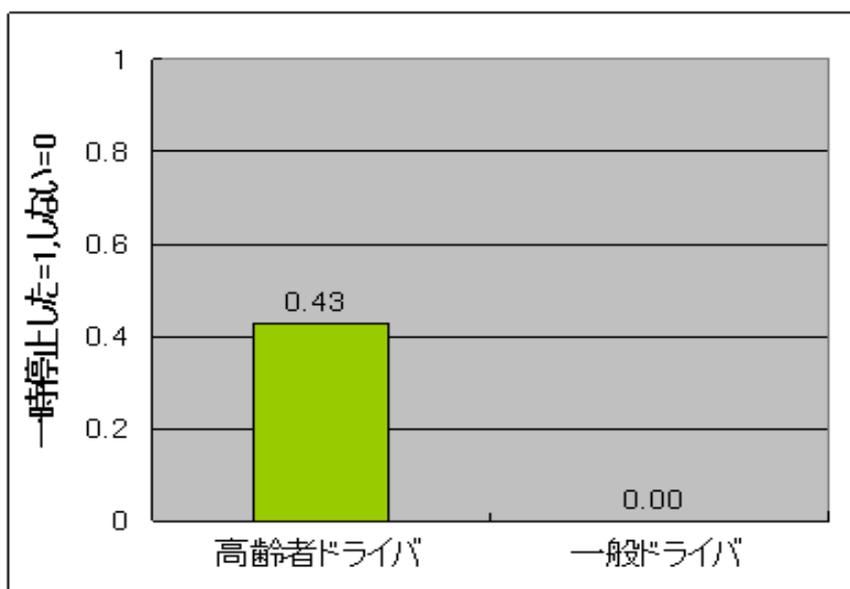


図 69 チェックポイント5における一時停止

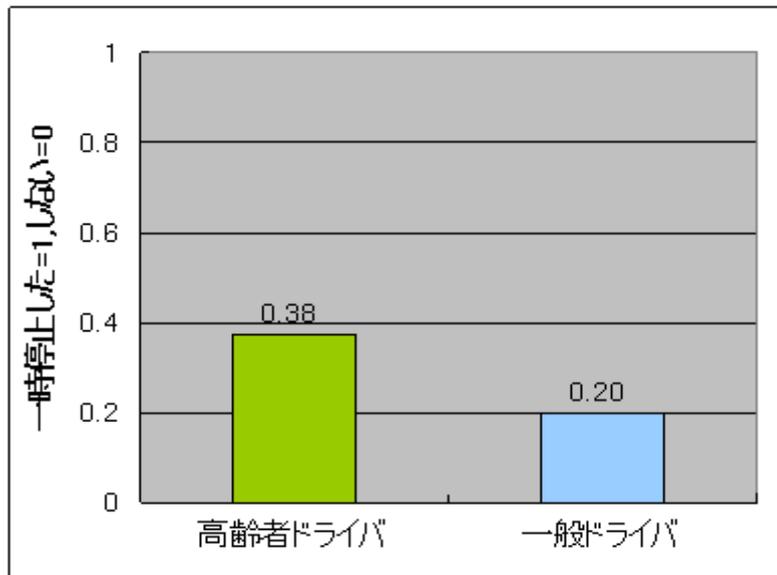


図 70 チェックポイント 6 における一時停止

#### 4.4.2.6 覗き込み

チェックポイント 5~6 における覗き込みの統計分析結果を以下に示す。

- ・分散分析を行ったところ、ドライバーの属性に関していずれのチェックポイントにも有意差はなかった。
- ・外部要因に関しては有意な差はなく、外部要因の影響は少ないと考えられるものは、それらの要因を排除せずに t 検定を行った。しかし、統計には現れないものの、明らかに影響のある要因については排除して t 検定を行ったところ、チェックポイント 5 において、有意差が現れた。

チェックポイント 5~6 における覗き込みの分析結果を図に示す。

- ・チェックポイント 5：右折前に高齢者ドライバーは一般ドライバーと比較して覗き込みをする場合が多かった（除いた外部要因：歩行者、他自動車）
- ・チェックポイント 6：右折前に高齢者ドライバーは一般ドライバーと比較して覗き込みをする場合が多かった（除いた外部要因：歩行者、他自動車、自転車&バイク）

表 25 チェックポイント5～6における覗き込み具合

覗き込み具合	チェックポイント5		チェックポイント6	
	高齢者	一般	高齢者	一般
平均	0.57	0.00	0.63	0.40
標準偏差	0.53	0.00	0.52	0.55
データ数	7	11	8	5
t 検定結果 (有意差有り:○ 無し:-)	○		-	

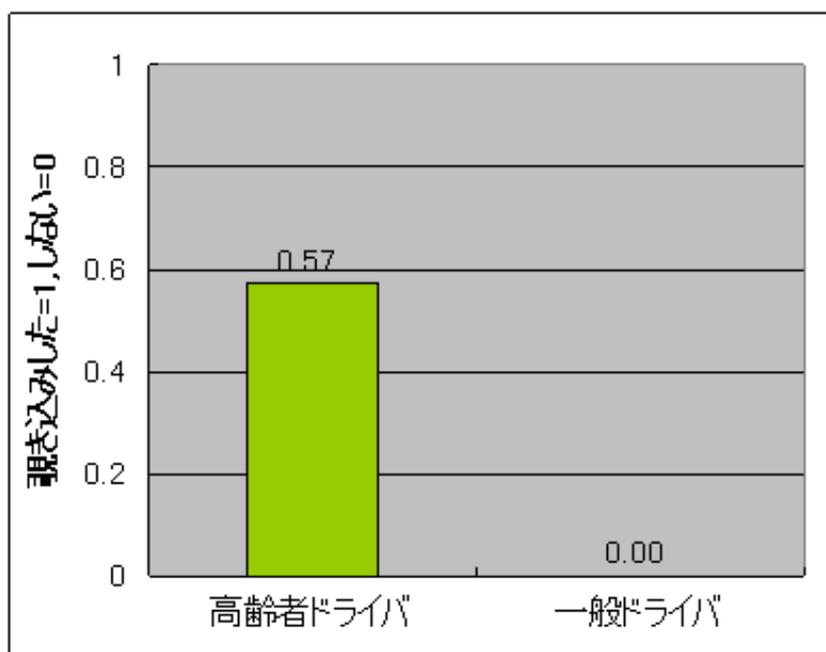


図 71 チェックポイント5における覗き込み

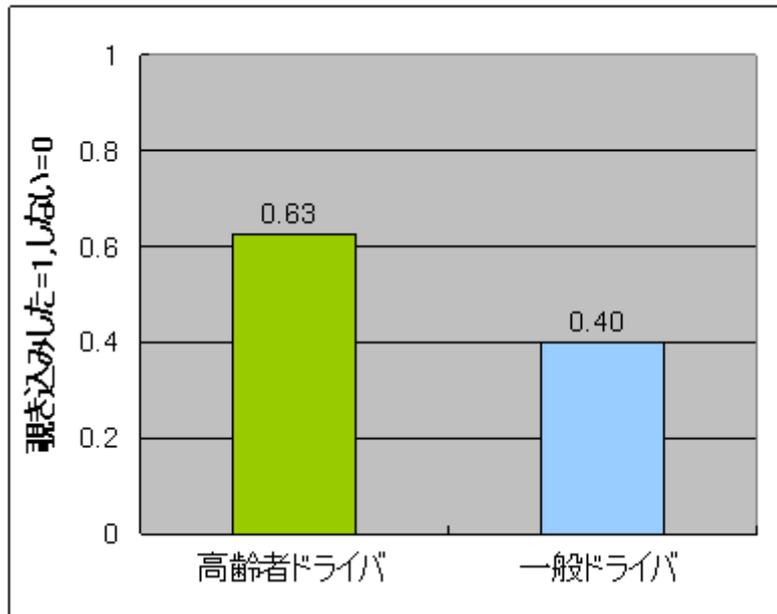


図 72 チェックポイント 6 における覗き込み

## 4.5 考察

[視力について]

静止視力に関しては比較有意ではない ( $p>0.05$ ) もの、一般ドライバーよりも高齢者ドライバーの方が低い傾向にあった。動体視力に関しては比較有意であり ( $p<0.05$ )、一般ドライバーよりも高齢者ドライバーのほうが低いといえる。この傾向は、他の研究でも指摘されていて[8]、安全確認行動に関係がある可能性がある。今後はそのような安全確認行動との相関関係についても調査する必要がある。

また、高齢者ドライバー a,d,e,h、一般ドライバー h に関しては自動車運転に必要な静止視力である 0.7 に達していないが、免許更新時には 0.7 であると判定されている。もちろん、測定を行っていない期間に視力が落ちていることも考えられるが、何人かがそのような状態であることを踏まえると、 $0.7 \pm 0.2$  程度は視力測定における環境における誤差ということがいえる可能性がある。しかし、高齢者ドライバー d は異常に視力が低いが、やはり免許更新時には視力 0.7 以上と評価されている。高齢者ドライバー d に関してだけ、視力を測定した環境に合わない体質である可能性がある。

[運転行動について]

チェックポイント 3 において、高齢者ドライバーは左折に時間がかかっているが、左折先の右側を見る回数が多いが、左側を見る回数は少ない傾向にあることが分かった。チェックポイント 3 のようにたくさんの外的要因が存在する交差点において、高齢者ドライバーは注意が片方に偏ってしまい、そのようなところに注意をとられて結果的に左折に

時間がかかっている可能性がある。

チェックポイント4において、高齢者ドライバは右折に時間がかかっているが、右折先の右側も左側も見回す回数が少なく、左側の確認タイミングが遅く、左側の停留時間が長い傾向にある事がわかった。チェックポイント4のように、センターラインのある交差点からセンターラインのない交差点への移動のような、車両感覚が重要となる交差点において、高齢者ドライバは、きちんと確認せずに右折を行なっていて、特に左側を見るのが遅れて、長く見ざるを得ない状況になっていて、結果的に左折に時間がかかっている可能性がある。

チェックポイント5において、右折時間、左右確認回数に差はないが、高齢者ドライバは左右の停留時間が長く、一時停止や覗き込みをする場合が多い傾向にあることが分かった。チェックポイント5のように、潜在的な危険があるものの、通行量が激しくない場合は高齢者ドライバは一般ドライバよりも確認の体制を整えて、きちんと確認している可能性がある。

チェックポイント6において、左折時間、左右確認回数に差はないが、高齢者ドライバは右の確認のタイミングが早く、左側の確認のタイミングが遅く、左側の停留時間が長く、一時停止や覗き込みをする場合が多い傾向にあることが分かった。チェックポイント6のように、見通しが少し悪く、交通量が激しくない場合は、高齢者ドライバは一般ドライバよりも確認の体制を整えて、きちんと確認している可能性がある。

本実験では、高齢者ドライバはチェックポイント3やチェックポイント4のような交通量がややある場合は、安全確認のやり方に問題が生じていた。また、チェックポイント5やチェックポイント6のような交通量があまりない場合は、高齢者ドライバは一般ドライバよりもきちんと安全確認を行なっていることが分かった。高齢者ドライバは危険度の認識が落ち、また、複雑な場面における反応する能力が落ちるといわれているが、商店街や住宅街の交差点においても交通量の多さが高齢者ドライバの安全確認の仕方に影響を与えている可能性がある。また、チェックポイント4では道幅が比較的広く、自動車も速度が出ていたので判断が遅れた可能性がある。

実車実験1のチェックポイント1とチェックポイント2も含めて考察すると、比較的交通量の多い交差点において高齢者ドライバは安全確認行動に支障が出る傾向にある。それぞれの交差点で、安全確認が不十分な項目は若干異なるが、どちらにしても右左折に時間がかかっている。つまり、安全確認行動と右左折の時間は相関がある可能性がある。以上の2回の実車実験によって、高齢者ドライバはこれまでいわれてきたようにどんな交差点でも安全確認行動、特に確認の回数が一般ドライバよりも疎かになるというわけではなく、交差点の交通量の違いから、確認のタイミングが遅うなったり、確認の時間が偏っていたりしている可能性があることが明らかになり、高齢者ドライバは安全

確認が一件十分に見える場合があるが、能力の衰えから遅れや偏りが発生してしまうと  
いうことがいえる。

## 5章 シミュレータ実験

実車実験では、高齢者ドライバについて商店街や住宅街の交差点において、安全確認方法に問題が生じていて、右左折に時間がかかっているということが明らかになった。しかし、この分析だけで運転行動をすべて網羅しているわけではなく、さらに分析を進めていくためには、安全上の問題や計測できる機械の問題から、ドライビングシミュレータを用いた実験をすることが有効である。そこで、新たに開発された実環境に近い場面を再現することができる没入型ドライビングシミュレータについて、分析装置としての有効性を検証するために行った実験について述べる。

### 5.1 目的

今後、さらに高齢者ドライバの運転特性を分析するためには、実車環境を用いるには外乱が多く、常に同じ環境を再現できない。また、実車実験には交通事故の危険が存在する。そこで様々な道路環境を再現するための方法として、ドライビングシミュレータを用いた研究が行われているが、これまでのドライビングシミュレータは、その多くが二次元平面によって行われ、実車実験で用いた分析方法のように、近接の距離を測る確認や見通しの悪い交差点の覗きこみなどの確認に関しての研究が行われてこなかった。新たに開発された没入型ドライビングシミュレータはそのような場面の再現が可能となり、実車と同じ安全確認に対しての分析を行うことが可能となった。今後はこの没入型ドライビングシミュレータを用いて分析を進めていく。そこで本実験では、現実世界と同じ道路環境をシミュレータ上に構築し、実車運転時とシミュレータ操作時のドライバの運転行動及び視線の動きについて比較実験を行うことで、没入型ドライビングシミュレータの分析装置としての有効性を確認することを目的とする。

### 5.2 実験方法

#### 5.2.1 被験者について

被験者は、実車実験 1 にも参加してもらった、70 代の高齢者ドライバ B と 30 代の一般ドライバ D に再び参加してもらった。実車実験 1 と同じコースを用いて、実車実験を行ってからシミュレータ実験に参加してもらった。この被験者選定の基準としては実車実験において、それぞれの年代の代表となるような結果が得られた人を選んだ。

## 5.2.2 実験装置

### 5.2.2.1 没入型ドライビングシミュレータ

本実験で用いた没入型ドライビングシミュレータについて述べる。没入型ドライビングシミュレータのシステムは、3次元没入型ディスプレイ技術を活用した CAVE と実車にも用いられている部品を用いて実車の運転席を再現したコックピットを合わせたものとなっている。

これまでのドライビングシミュレータとは異なり、両眼視差、運動視差の効果を利用することで、比較的近くの物体との距離感関係等を分かりやすく表示できるのが特徴である。そのため、今までのドライビングシミュレータでは表現が困難だった狭路走行、見通しの悪い交差点におけるドライバの運転行動の観察が可能となった。走行映像を映し出す3次元没入型ディスプレイとしては、没入型ディスプレイ K-Cave を使用した。K-Cave は、正面スクリーン(2.10m×2.63m)、左右スクリーン(2.10m×2.10m)、床面スクリーン(1.05m×2.63m)から構成され、8台の液晶プロジェクタ(NEC NP2150J)による高精細の立体映像を大画面スクリーンに投影することで、没入感や臨場感の高い仮想空間を生成することができる。床面は、4面のスクリーンで囲まれた空間の中に運転席が配置される。図1に3次元没入型ドライビングシミュレータのシステム構成を示す。ドライバは、磁気センサ(Ascension Flock of Birds)を取り付けた円偏光メガネを着用し、この磁気センサによって、ドライバの視点位置の動きを検出することができる。検出された視点位置は制御用コンピュータに送られ、視点位置に対応した映像がリアルタイムに生成される。映像のレンダリングには、1スクリーンにつき1台ずつ合計4台のコンピュータ(Dell Precision T7400, CPU: Dual Core Xenon 3.33GHZ, NVIDIA Quadro FX3700X2)が使用される。使用したコンピュータのポリゴン表示能力は、おおよそ2.5億/秒である。レンダリングされた映像は、液晶プロジェクタから円偏光フィルタを通して、正面、左右のスクリーンは背後から、床面スクリーンは、天井のミラーを介して頭上から投影する仕組みとなっている。スクリーン1面に対して、左目用と右目用の映像に2台ずつのプロジェクタを使用する。



図 73 K-CAVE

K-CAVE とコックピットを合体させたシステムが、ドライバの視点の動きに応じて、投影する立体映像をリアルタイムに変化させることができるインタラクティブな 3 次元没入型ディスプレイ技術を活用したドライビングシミュレータ（没入型ドライビングシミュレータ）である。ドライバが 3D メガネをかけて運転席に座ると、図 2 に示すように視野全体に立体映像が広がって見える。運転席前方には自動車のボンネットが、左右にはサイドミラーが表示され、アクセルを踏み発進すると、視野全体に広がる映像が後ろに流れていき、高い没入感と臨場感の中で運転することが可能となる。元々の自動車モデルとしては、日産フーガ（オートマチック）を用いていて、シミュレータのモデルだけでなくコックピットも実際のフーガの部品を用いている。



図 74 没入型ドライビングシミュレータの様子

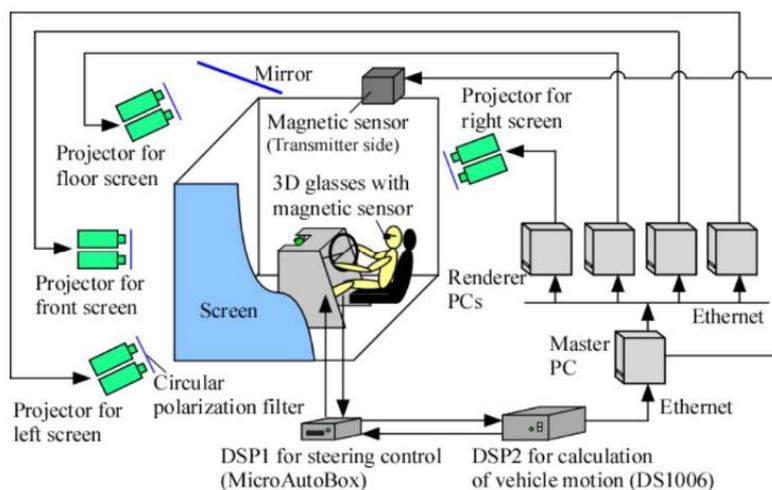


図 75 没入型ドライビングシミュレータの構造

### 5.2.2.2 視線計測装置

ドライバの視線計測は、実車実験 1 と同じく、EMR-9(ナックイメージテクノロジー株式会社)を用いて行った。

### 5.2.2.3 運転行動計測装置

またドライバの運転行動計測のために、ドライビングシミュレータの後方にビデオカメラを 1 台設置して撮影を行った。

## 5.2.3 シミュレータ上のチェックポイント

実車実験 1 で用いたコースとチェックポイントをモデルにして、バーチャル空間モデ

ルを作成した。作成手順としては、地図データと実際の街の計測データと街の建造物の写真のテクスチャデータを基にして 3dsMAX を用いて、バーチャル空間モデルを構築した。そのバーチャル世界を OBJ ファイルで出力している。

#### 5.2.3.1 チェックポイント 1

シミュレータ上のチェックポイント 1 は実際のチェックポイント 1 と同じようにコンビニエンスストアで右折する状況を再現している。また、実車においては、多数の交通車がいて障害物となっているため、右折前にそれを避ける動作を行なっているため、シミュレータ上にもカラーコーンを障害物として設置した。用語についても実際のチェックポイントと同じ物を設定した。



図 76 シミュレータで再現されたチェックポイント 1

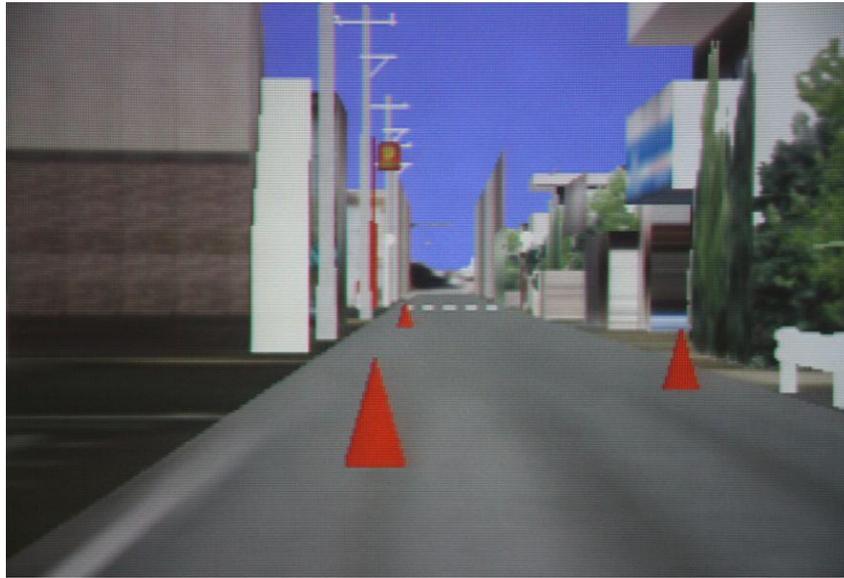


図 77 チェックポイント1の障害物

#### 5.2.3.2 チェックポイント2

シミュレータ上のチェックポイント2は見通しの悪い丁字路を右折する状況を再現している。用語についても実際のチェックポイントと同じ物を設定した。

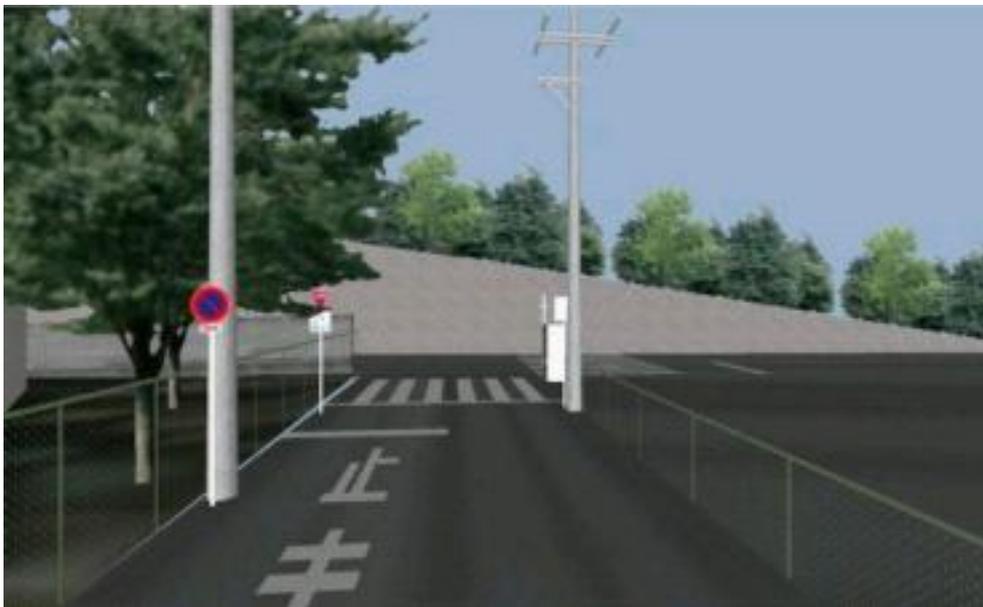


図 78 シミュレータで再現されたチェックポイント2

#### 5.2.4 分析方法

実車実験1と比較するため、実車実験と同じ分析方法を用いた。

### 5.3 結果

シミュレータ実験の結果と実車実験の比較を行うために、両者の結果を並べて示す。

#### 5.3.1 障害物の回避

チェックポイント1では、実車実験の交通状況は、自転車走行者や歩行者等の障害物が存在していたが、シミュレータではロードコーンによって障害物を表現するという差異があったが、図79のようにシミュレータ上においても、図80のような実車の走行と同様に道路上の障害物を無視せずきちんと確認して回避行動を行って運転している様子が観察された。



図 79 シミュレータ上の障害物回避



図 80 実車の障害物回避

## 5.3.2 分析項目ごとの分析

### 5.3.2.1 右左折時間

右折時間の測定結果を以下の図に示す。

実車とシミュレータで比較した時に、高齢者ドライバ B も一般ドライバ E もチェックポイント 1 においては右折時間が早くなり、チェックポイント 2 においては右折時間が遅くなった。

高齢者ドライバ B と一般ドライバ E を比較した時に、チェックポイント 1 においてもチェックポイント 2 においても一般ドライバ E よりも高齢者ドライバ B の方が右折時間が長いという違いは共通してみられた。

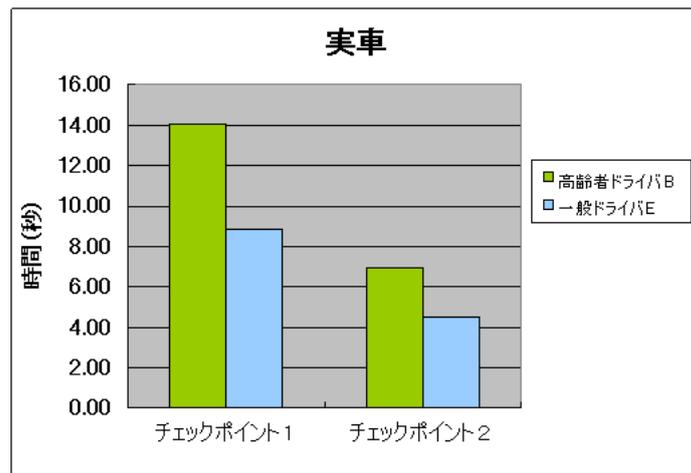


図 81 実車実験における右折時間の高齢者ドライバと一般ドライバの比較

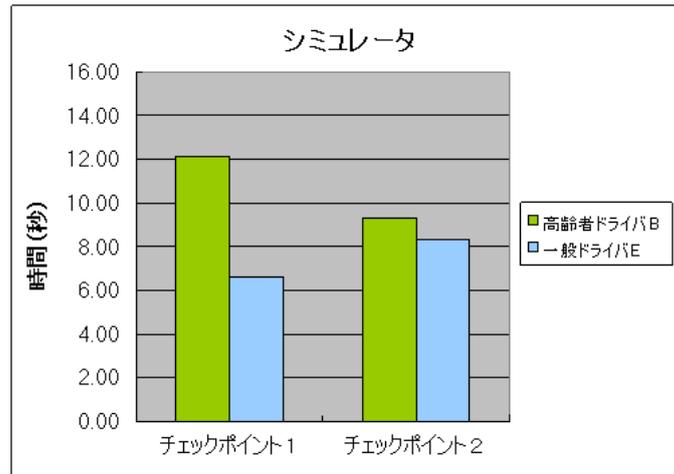


図 82 シミュレータ実験における右折時間の高齢者ドライバと一般ドライバの比較

### 5.3.2.2 左右確認回数

左右確認回数の測定結果を以下の図に示す。

実車とシミュレータで比較した時に、高齢者ドライバ B はチェックポイント 1 において左右を見る回数が少なくなった。チェックポイント 2 では同じくらい確認を行っていた。一般ドライバ E はチェックポイント 1 もチェックポイント 2 も同じくらい確認を行っていた。

高齢者ドライバ B と一般ドライバ E を比較した時に、チェックポイント 1 において、高齢者ドライバ B の左右の確認回数より一般ドライバ E の左右の確認回数が少ないという違いに関しては共通して見られた。

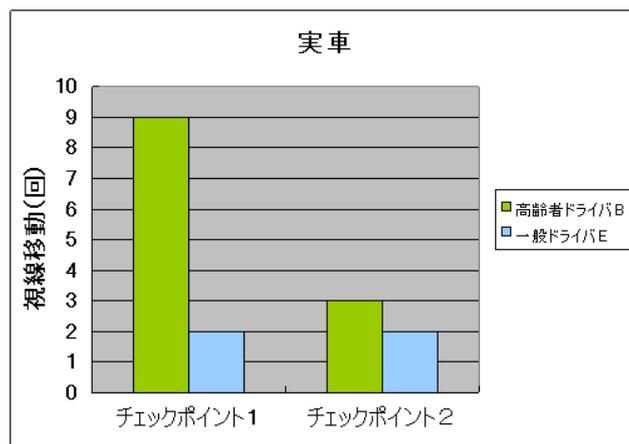


図 83 実車実験における確認回数(右)の高齢者ドライバと一般ドライバの比較

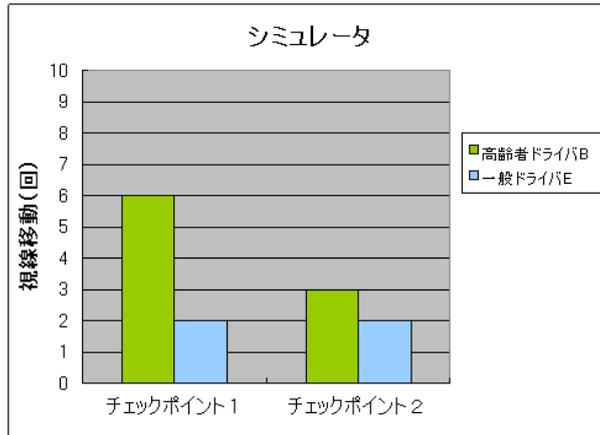


図 84 シミュレータ実験における確認回数 (右) の高齢者ドライバと一般ドライバの比較

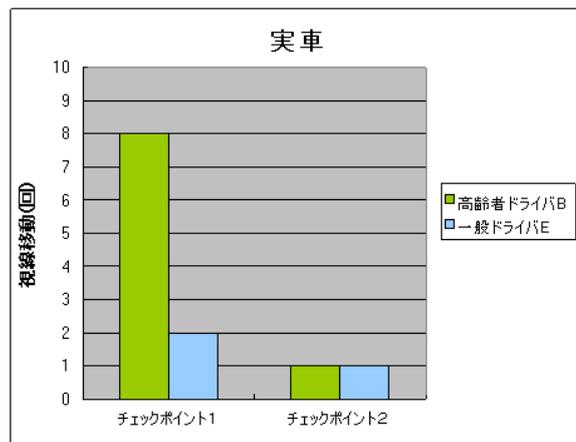


図 85 実車実験における確認回数 (左) の高齢者ドライバと一般ドライバの比較

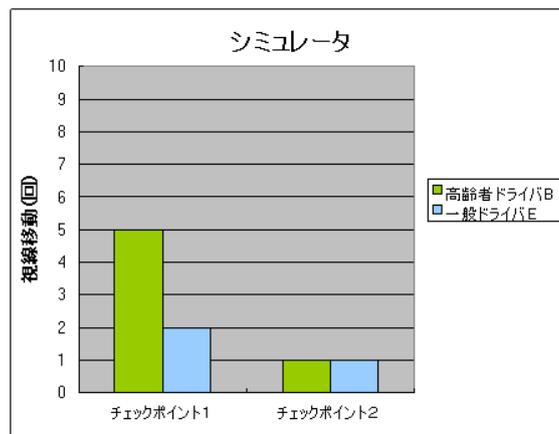


図 86 シミュレータ実験における確認回数 (左) の高齢者ドライバと一般ドライバの比較

### 5.3.2.3 左右確認タイミング

左右確認タイミングの測定結果を以下の図に示す。

実車とシミュレータで比較した時に、チェックポイント1において、右を確認するタイミングは高齢者ドライバ B は少し遅くなったが、一般ドライバ E は早くなった。左の確認タイミングに関しては、一般ドライバ E はあまり変わらないが、高齢者ドライバ B は遅くなった。また、チェックポイント2において、右を確認するタイミングが高齢者ドライバ B はあまり変わらないが、一般ドライバ E は遅くなった。左を確認するタイミングに関しては、高齢者ドライバ B も一般ドライバ E も遅くなった。

高齢者ドライバ B と一般ドライバ E を比較した時に、チェックポイント1でもチェックポイント2でも左を確認するタイミングに関して、実車とシミュレータで同じ違いが現れた。

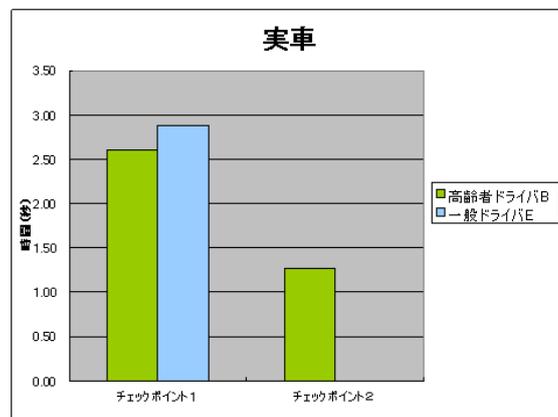


図 87 実車実験における確認タイミング(右)の高齢者ドライバと一般ドライバの比較

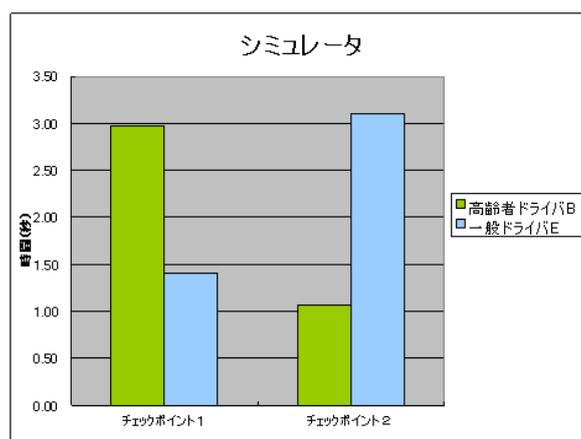


図 88 シミュレータ実験における確認タイミング (右) の高齢者ドライバと一般ドライバの比較

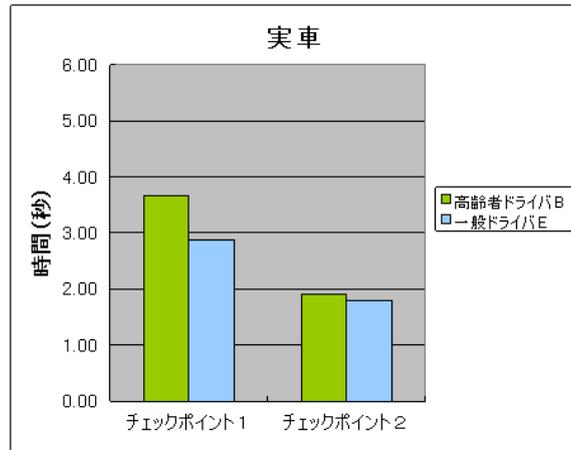


図 89 実車実験における確認タイミング(左)の高齢者ドライバーと一般ドライバーの比較

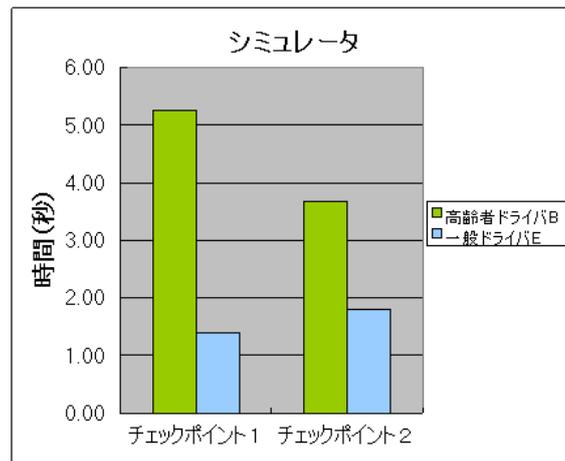


図 90 シミュレータ実験における確認タイミング(左)の高齢者ドライバーと一般ドライバーの比較

#### 5.3.2.4 左右停留時間

左右確認タイミングの測定結果を以下の図に示す。

実車とシミュレータで比較した時に、チェックポイント1において、一般ドライバーEの左の停留時間に関しては0.1秒未満の差であったが、他はあまり共通した値はみられなかった。また、チェックポイント2において、高齢者ドライバーBの左を見る停留時間に関しては同じであったが、他はあまり共通した値はみられなかった。

高齢者ドライバーBと一般ドライバーEを比較すると、どの違いも異なっていた。

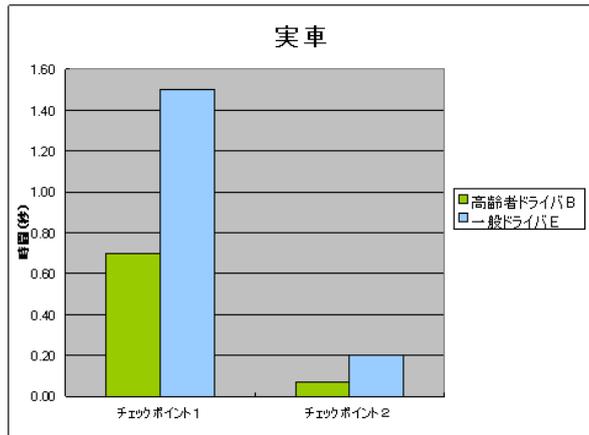


図 91 実車実験における滞留時間(右)の高齢者ドライバと一般ドライバの比較

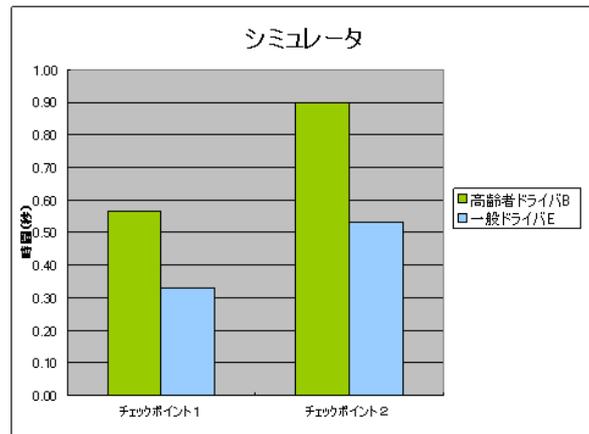


図 92 シミュレータ実験における滞留時間(右)の高齢者ドライバと一般ドライバの比較

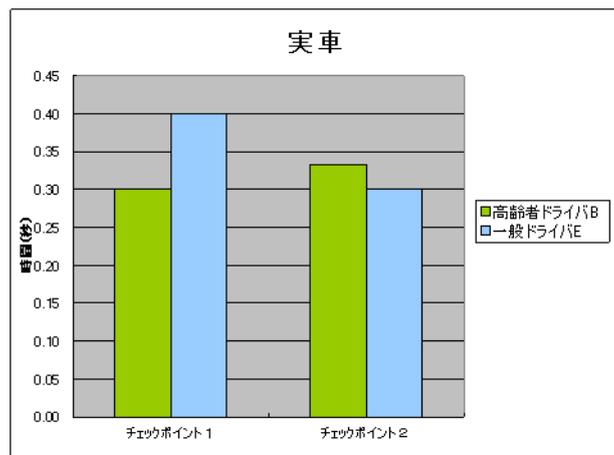


図 93 実車実験における滞留時間(左)の高齢者ドライバと一般ドライバの比較

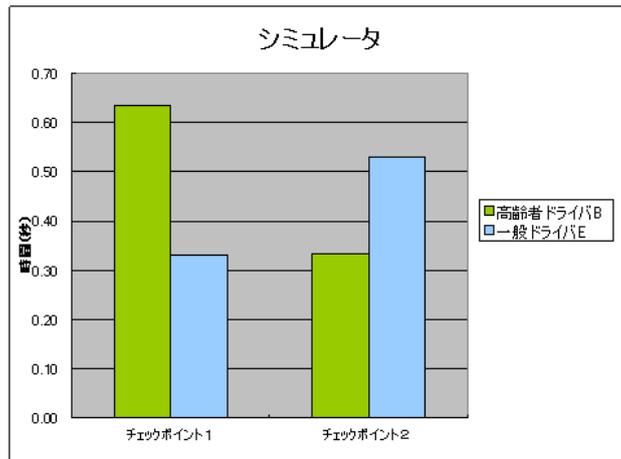


図 94 シミュレータ実験における滞留時間(左)の高齢者ドライバと一般ドライバの比較

### 5.3.2.5 一時停止

一時停止の測定結果を以下の表に示す。

実車とシミュレータで比較した時に、チェックポイント 1 では高齢者ドライバ B も一般ドライバ E も共通して一時停止を行わなかった。チェックポイント 2 では、高齢者ドライバ B は実車では一時停止を行わなかったが、シミュレータでは行っていた。一般ドライバ E は実車もシミュレータも共通して一時停止を行っていた。

表 26 一時停止における実車とシミュレータの比較

一時停止	チェックポイント1		チェックポイント2	
	実車	シミュレータ	実車	シミュレータ
高齢者ドライバ B	0	0	0	1
一般ドライバ E	0	0	1	1

### 5.3.2.6 覗き込み

覗き込みの測定結果を以下の表に示す。

実車とシミュレータで比較した時に、チェックポイント 1 では一般ドライバ E は共通して覗き込みを行わなかった。高齢者ドライバ B は実車では行っていたが、シミュレータでは行わなかった。チェックポイント 2 では高齢者ドライバ B は実車では行っていたが、シミュレータでは行わなかった。一般ドライバ E は実車でもシミュレータでも行なわなかった。

本研究の分析項目としては、完全に体を動かして確認を行う行為を覗き込み=1としたので0となっているが、一般ドライバ E は、チェックポイント 2 において首を傾けて覗き込んでいた。

表 27 覗き込みにおける実車とシミュレータの比較

覗き込み	チェックポイント1		チェックポイント2	
	実車	シミュレータ	実車	シミュレータ
高齢者ドライバB	1	0	1	0
一般ドライバE	0	0	0	0

## 5.4 考察

シミュレータ実験と実車実験の比較の結果、障害物を避ける行動は、実際の環境と同じように行なっていた。視線の動かし方と運転行動について同じ被験者で実車とシミュレータで比較を行うと、それぞれの分析項目で少しずつ値が違って、完全に共通であるという項目はみられなかったが、左右確認回数については、あまり大きく回数が増減しないことが分かった。左右確認回数は被験者によって個人差があるものであるということが、実車実験1で確かめられたため、シミュレータと実車で同様の行動があらわれたことから、実車の運転行動を模擬するためのシミュレータとしてある程度の有効性を確認することができた。また、高齢者ドライバと一般ドライバの安全確認行動の違いについては、高齢者ドライバは一般ドライバと比較して、右折に時間が長くかかっている、左右確認回数が多い、チェックポイント1においてもチェックポイント2においても左を確認するタイミングが遅いという実車実験1で得られた結果と同じ傾向がみられた。

シミュレータ上にどれだけ忠実に再現されていても、実車とシミュレータで完全に共通の行動を取るというデータは得られなかった。しかし、実車実験における一般ドライバと高齢者ドライバの比較で得られた、高齢者ドライバの安全確認行動の傾向がシミュレータ実験でも得られたということで、没入型ドライビングシミュレータを用いた安全確認の分析が有効であるということを確認できた。しかしながら、覗き込み具合に関しては、あまり共通した行動が見られなかった。特に高齢者ドライバBはほとんど覗き込もうとはしていなかった。しかし、一般ドライバEはチェックポイント2において軽く首を曲げて覗きこみを行っていた。このような結果になったのは、チェックポイント2においては他の交通物が存在せず、ドライバがあまり確認しなくても右折できる状況であったからである可能性が高く、今後の課題である。これまで、覗き込みグイアイといったものは、ドライビングシミュレータの構造上、全く行われていなかった検討項目であるので、分析が行える可能性が示せたことは有効であったと考えられる。



## 6章 結論と今後について

### 6.1 結論

実車実験において、狭路と見通しの悪い交差点の右折行動においては、高齢者ドライバの安全確認行動として、安全確認の左右を見る回数は一般ドライバよりも多いが、その際に左を見るタイミングが遅れ気味であるということが明らかとなった。特に狭路の右折では左側を見る停留時間が短く、きちんと安全確認ができていない可能性が低いことが示された。また、商店街の信号交差点左折とセンターラインのある道路からセンターラインのない交差点においては、明らかに危険な交差点ほど顕著ではないものの、それぞれに遅れや偏りがあるということが明らかとなった。交通量がそれほど多くない交差点では、一般ドライバよりも安全確認を行なっていることが明らかになった。高齢者ドライバはこれまでいわれてきたようにどんな交差点でも安全確認行動、特に確認の回数が一般ドライバよりも疎かになるというわけではなく、確認のタイミングが遅かったり、確認の時間が偏っていたりしていることが明らかになり、高齢者ドライバは安全確認が一件十分に見えるが、その実遅れや偏りが発生してしまうということがいえる。従来の研究とは異なる観点での分析が行うことができ、高齢者ドライバの新たな運転特性が明らかになった。

シミュレータ実験では、実車実験との比較では、障害物の回避や左右の確認回数については、同じ確認行動が見られたことと、実車実験によって得られた高齢者ドライバの特性としての右折時間が長いこと、左右確認回数が多いこと、左を見るタイミングが遅いことが共通していえることで、分析装置としての有効性を示すことができた。

### 6.2 今後の課題

高齢者ドライバの特性において、交差点の安全確認行動の分析が重要であると考えて、右左折時間の要素として、安全確認について詳細に分析を行ったが、自動車の速度やどの場所で安全確認を行ったかということも重要な検討項目である。そういった意味で、この分析結果はまだまだ詳細に調べていく必要がある。また、シミュレータ実験では、視き込みに関しての更なる検討が必要である。また、視き込み具合についての定量的なデータが得られなかったため、チェックポイント2については、走行車を配置してドライバの安全確認のレベルを上げて実験を行いたい。そういったシミュレータの改良をおこなって、分析の精度を高めていきたい。

今後は、実車実験で明らかになった高齢者ドライバの運転特性を基にして、住宅地や商店街において、安全確認が様々な点で不十分であることが分かったため、さらにどの

ような条件で特性が表れるかを明らかにし、高齢者ドライバの事故の実態との因果関係を明らかにしていくことで、高齢者ドライバの運転行動モデルを作成し、安全運転能力維持のための安全運転教育プログラムを作成し、高齢者ドライバにトレーニングを行っていく。また、このモデルを基に運転支援システムの検討も行なっていく事も考えられる。

## 謝辞

本論文の執筆にあたり、慶應義塾大学大学院システムデザイン・マネジメント研究科 小木哲朗教授と副査も担当して下さった立山義祐助教から多くのご指導をいただきました。また、副査を担当して下さった春山真一郎教授、当麻哲哉准教授にもご助言、ご指導をいただきました。この場をお借りして心から御礼申し上げます。また、お名前は出せませんが、実験にご協力いただきました被験者の方たちにも大変感謝しております。ありがとうございました。

この研究の始まりは何を研究すれば良いのか迷ってしまったときに小木哲朗教授にドライビングシミュレータのプロジェクトに誘っていただいたことでした。プロジェクトに参加してからは、東京海上日動リスクコンサルティング株式会社の北村憲康様、糸田佳奈様にもたくさんお力になって頂きました。また、西村秀和教授にもご指導をいただきました。心から御礼申し上げます。プロジェクトにおいては一緒にメンバーであった西村研の野寄純平君とは一緒に励まし合うことで研究に望むことが出来ました。ありがとうございました。

特に、立山義祐助教には大変お世話になり、最後までご心配、ご迷惑をおかけいたしました。研究面だけでなく、精神面でも未熟な私を辛抱強くご指導をいただきました。心から感謝いたします。

## 参考文献

- [1] 内閣府 高齢社会白書 (2011)
- [2] 内閣府 交通安全白書(2011)
- [3] 社団法人日本損害保険協会 自動車保険データにみるシニアドライバー事故の現状と予測
- [4] MSN産経ニュース 2008年12月25日
- [5] 日本経済新聞 2011年2月20日 朝刊
- [6] 日本経済新聞 2011年9月9日 西部夕刊
- [7] 社団法人自動車技術会 高齢者運転適性ハンドブック (2005)
- [8] 大阪交通科学研究会 交通安全学 (2000)
- [9] 山中仁寛, 中西 由佳, 川上 満幸 若年者と高齢者の視覚情報処理における眼球運動の違いに関する研究 日本生理人類学会誌 13(1), 39-48, 2008-02-25
- [10] 大田博雄 高齢ドライバーの人的事故要因に関する実証的研究 日本応用心理学研究, No.18, 37-54 (1992)
- [11] 鈴木春男 高齢ドライバーに対する交通安全の動機づけ—交通社会学的視点— 国際交通安全学会誌, 35(3), 50-58 (2011)
- [12] 木幡繁嗣、小禄茂弘 高齢者交通事故低減に向けた取り組み 国際交通安全学会誌 35(3), 161-173 (2011)
- [13] 財団法人自動車事故総合分析センター 高齢者の四輪運転中の事故
- [14] 大谷亮, 宇野宏, 藤田和男 交通状況に起因するドライバの危険度過小評価が運転行動に及ぼす影響に関する検討 : 先行車減速状況と出会い頭状況について 人間工学 43(6), 303-314 (2007)
- [15] 池田武司, 森望, 古屋秀樹, 民田博子, 上野一弘, 菅藤学, 舟川功, 山中彰, 市橋政浩 高齢者ドライバーが第1当事者である事故の道路交通環境要因と対策に関する事例的分析 土木計画学研究・講演集 30,297 (2004)
- [16] 財団法人交通事故総合分析センター 高齢者の四輪運転者の事故～その推移と特徴～ ITARDA Information, 68 (2007)
- [17] Jennifer Oxley, Brian Fildes, Bruce Corben, Jim Langford Intersection design for older drivers Transportation Research Part F: Traffic Psychology and Behaviour 9(5) 335-346 (2006)
- [18] Preusser D.F, Williams A.F, Ferguson S.A, Ulmer R.G, Weinstein H.B Fatal crash risk for older drivers at intersections Accident Analysis and Prevention 30, 151-159 (1998)
- [19] 国際交通安全学会 高齢ドライバーへの教育プログラムと支援システムの開発 平成15年度研究調査報告書 2-10 (2004)

- [20] 橋本博, 細川崇, 平松真知子, 新田茂樹, 吉田傑 高齢運転者の交差点通過時の運転行動実態把握 自動車技術会論文集 41(2) 527-532 (2010)
- [21] 岡村和子, 藤田吾郎 安全運転講習中に観察された高齢運転者の運転パフォーマンス 科学警察研究所報告交通編 38(2) 126-135 (1997)
- [22] 高原美和, 國分三輝, 武市芳才, 和田隆広, 土居俊一 高齢ドライバにおける一時停止標識見落とし要因の検討 自動車技術会学術講演会前刷集 41(2) 527-532 (2010)
- [23] 大谷亮 道路周辺環境がドライバの危険度評価と運転行動との関係に及ぼす影響—運転シミュレータに見通しの良い道路と住宅街を模擬した実験から— 交通心理学研究 25(1) 1-12 (2009)
- [24] 高地康宏, 村岡一信, 沢田康次, 太田博雄 高齢運転者のカーブ走行時運転挙動特性について 人間工学 44(3) 165-170 (2008)
- [25] 国分三輝, 古西浩之, 樋口和則, 倉橋哲郎, 梅村祥之, 西博章 ドライビングシミュレータによる高齢ドライバの運転行動とリスク知覚の分析 電子情報通信学会技術研究報告 103,395 21-24 (2003)
- [26] 木平 真 周囲の車両配置に対する判断能力を計測するドライビングシミュレータの開発 自動車技術会学術講演会前刷集 139(07) 7-12 (2008)
- [27] Yoshisuke Tateyama, Hiroki Yamada, Junpei Noyori, Yukihiro Mori, Keiichi Yamamoto, Tetsuro Ogi, Hidekazu Nishimura, Noriyasu Kitamura, Harumi Yashiro: Observation of Drivers' Behavior at Narrow Roads Using Immersive Car Driving Simulator, The 9th ACM SIGGRAPH International Conference on VR Continuum and Its Applications in Industry (VRCAI 2010),pp. 391–395, Seoul, Korea, (2010)

## 学外発表

- 1 山田純嗣, 立山義祐, 小木哲朗, 桑田佳奈, 北村憲康, 山本敬一, 野寄純平, 西村秀和: 没入型ドライビングシミュレータを用いたドライバの運転行動分析、ヒューマンインタフェースシンポジウム,2011.
- 2 山田純嗣, 立山義祐, 小木哲朗, 桑田佳奈, 北村憲康, 山本敬一, 野寄純平, 西村秀和: 没入型ドライビングシミュレータの実車との比較による運転行動分析システムとしての評価 ASIAGRAPH,2011