

シミュレーターを活用した 二輪車安全運転教育の研究

報 告 書

平成5年3月



財団法人

国際交通安全学会

International Association of Traffic and Safety Sciences

研 究 組 織

P L 長江 啓泰 (日本大学理工学部教授)

メンバー 井口 雅一 (東京大学工学部教授)

(50音順)

岡野 道治 (日本大学理工学部助教授)

小口 泰平 (芝浦工業大学システム工学部長)

落合 英雄 (本田技研工業株式会社技術主任)

富田 隆夫 (株式会社本田技術研究所 E C A)

野口 薫 (千葉大学教養部教授)

矢橋 昇 (交通評論家)

柚原 直弘 (日本大学理工学部教授)

事務局 下田 宣義 (財団法人国際交通安全学会研究組織部)

久田 哲史 (財団法人交際交通安全学会研究組織部)

目 次

はじめに

第1章 二輪車安全教育の課題	1
----------------------	---

- 1-1 二輪車事故の背景
- 1-2 二輪車安全運転教育の現状
- 1-3 シミュレーターによる安全運転教育の可能性
- 1-4 シミュレーターによる二輪車安全運転教育の方向

第2章 シミュレーターシステムについて	16
---------------------------	----

- 2-1 はじめに
- 2-2 イマジネーション
- 2-3 利用目的
- 2-4 目的の違いによるシステム構成
- 2-5 シミュレーターを開発するための進め方
- 2-6 タスク分析
- 2-7 シミュレーターのシステムフロー
- 2-8 シミュレーターのフローチャート
- 2-9 コンピューター制御プログラム項目内容
- 2-10 センサー類と要求分解能の諸元例
- 2-11 項目別の製作費比率
- 2-12 シミュレーター機能概要
- 2-13 おわりに

第3章 シミュレーターの安全運転教育に対する有効性の評価方法及び結果 ...	36
--	----

- 3-1 はじめに
- 3-2 評価方法
- 3-3 タスク (yi) と必要機能 (xi) の抽出法と表現法
- 3-4 ケーススタディ

第4章 ライディングシミュレーターを用いた教育の実際例	52
4-1 はじめに	
4-2 ライディングシミュレーターの教育の目的	
4-3 ライディングシミュレーターの教育カリキュラム	
4-4 安全運転教育の実施例と受講時のアンケート	
4-5 ライディングシミュレーター受講者の追跡調査結果	
4-6 今後のシミュレーター教育	
4-7 おわりに	
第5章 今後の二輪車安全運転教育システムの展望	71
5-1 これまでの二輪車運転者教育の課題	
5-2 教育手法の検討	
5-3 二輪車運転者教育へのシミュレーターの活用	
付録	74
付録1 ホンダライディングシミュレーターの主要諸元及び性能	
付録2 ドライビングシミュレーターについて	
付2-1 概要	
付2-2 利用目的とその分野	
付2-3 主な構成システム	
付2-4 ドライビングシミュレーターの例	
付録3 本研究の参考資料	

はじめに

国際交通安全学会の自主研究プロジェクトである「シミュレーターを活用した二輪車安全運転教育の研究」は、平成2年にスタートした。当時是一種のシミュレーター・ブームであり、危険を体験するためにはシミュレーターはまたとないツールと考えられ、その必要性、有効性が盛んに叫ばれた時期でもあった。

初年度の研究では、現存の航空機、船舶、電車、自動車等の各種シミュレーターの資料収集、見学を行い、シミュレーターの定義、性能限界、活用上の課題を討議するところから始めた。そして、当然の帰着とも言えることであるが、言わば教育目標を明確にしないまま、シミュレーターの在り方を論ずることはできないとの結論となった。

第2年次には、二輪車用のシミュレーターに焦点を絞り、まずは二輪車運転者の教育問題での重要な課題はなにかの議論がなされた。その結果、危険予知の能力を向上させるための教育・指導が現行の仕組みでは効果的になしえない状況にあるとの結論を得た。

シミュレーターと一口で表現されるが、その捉え方は人によって様々であり、的確に分類し、定義付けることが必要との議論がなされた。この時期に、三菱プレジジョン製の二輪車シミュレーターが供用を開始し、同時期にホンダ製のライディングシミュレーターが公開された。

このような状況の中で、シミュレーター自体の性能・機能を教育項目と関連付け、客観的、数量的に評価する必要が明らかとなり、ファジー集合論を用いた計算法の試案が提案された。

最終年度である今年度は、さらに評価法のブラッシュアップを図り、鈴鹿サーキット交通教育センターに設置されているライディングシミュレーターを用い、安全運転教育の有効性と、シミュレーターの性能評価を行なった。

本プロジェクトを進めるにあたり、運転者教育の内容、手法が指導者によって異なる表現がなされること、教育項目と学習過程での習得効果が数量的に把握できず、勢い観念的、主観的となるなど、多くの解決できない難問に遭遇した。しかし、参加したメンバーのあくなき情熱と知恵によって、徐々にその方向性が明確となった。

研究を進める過程で、多くの方々のご協力とご支援を頂戴し、開発途上の機材の見学、体験のみならず、率直な問題点等の検討を行っていただきました。ここに多方面にわたる多くの関係者の方々に対し、深く感謝申し上げます。

平成5年3月

第1章 二輪車安全教育の課題

1-1 二輪車事故の背景

1-1-1 若年者事故多発の要因

若年者による交通事故の多発が大きな問題として取り上げられるようになって久しく、その対策も様々な形で試みられてきた。しかし、依然として事故減少につながる顕著な成果を上げ得ていないのはなぜだろうか。

若年者の事故というと、大人達の行動規模とは相容れぬ、現代の若者に特有な無軌道な行動の所産と受け止め、抑止すべき対象と考えられてきたきらいが強かったような気がしてならない。

しかし、仔細に彼らの起こす事故を分析してみると、その多くは、意図的な無謀な運転の結果ではなく、いわば、運転者としての、様々な意味での未熟さ、つまり、運転者教育の不十分さに起因しているのではないかという印象をぬぐうことが出来ないのである。

その最大の問題点が、車を扱うということに対する社会的責任意識の稀薄さやマナー配慮の欠落等にみられる、社会性の未成熟さにあることは明らかである。遊び感覚主体の気ままな運転の中に散見する無分別な行動は、まさに、この部分の未熟さの表れ以外の何物でもないと言えよう。

しかし、それと並んで見過ごすことが出来ないのが、免許取得に値するとは思えぬ運転技能そのものの未熟さである。もちろん、運転経験の浅い運転者に、ベテランと同等の技量を求めるべくもない。しかし、自らの技術の限界を知り、その域を越えない運転を心掛けようとする思慮さえ備えていれば、大きな失敗を起こさず車を操ることは不可能ではないはずだが、その判断を下すに必要な安全のスキルをわきまえていない運転者が少なくないというところに、ことの重大さを感じないわけにはいかないのである。

しかも、そうした傾向はひとり若年者層にとどまらず、分別をわきまえているはずのより高年齢層にも広がっているのではないかという懸念が、事故統計などからも読みとれる。

例えば、年齢別の交通事故死者の推移を見ると、ここ10年ほどの間、16～19歳代よりも20～24歳、25～29歳の年齢層の方が増加率で上まわっているし、平成4年には25

～29歳代での増加が際立っている（表1－1）。

表1－1 年齢別の死者数の推移

年 年 齢	昭和				平成				増減数
	54年	61年	62年	63年	元年	2年	3年	4年	
15 歳 以 下	1,069	565	600	532	623	580	481	491	＋ 10
16～19歳	1,107	1,427	1,515	1,644	1,680	1,705	1,557	1,588	＋ 31
20～24歳	738	1,101	1,131	1,402	1,476	1,453	1,509	1,457	－ 52
16 ～ 24 歳	1,845	2,528	2,646	3,046	3,156	3,158	3,066	3,045	－ 21
25 ～ 29 歳	521	474	527	546	614	642	598	683	＋ 85
30 ～ 39 歳	866	950	810	837	966	905	850	859	＋ 9
40 ～ 49 歳	1,073	1,039	963	1,072	1,149	1,193	1,241	1,162	－ 79
50 ～ 59 歳	1,008	1,172	1,147	1,353	1,392	1,346	1,351	1,445	＋ 94
60 ～ 64 歳	471	477	552	589	666	730	684	775	＋ 91
65～69歳	473	485	497	567	608	664	708	727	＋ 19
70歳以上	1,140	1,627	1,605	1,802	1,912	2,009	2,126	2,264	＋ 138
65 歳 以 上	1,613	2,112	2,102	2,369	2,520	2,673	2,834	2,991	＋ 157
合 計	8,466	9,317	9,347	10,344	11,086	11,227	11,105	11,451	＋ 346

注 増減数は前年同期と比較した値である。

警察庁交通局交通企画課作成資料

また、利用車種別の事故数を第一当事者の年齢別に見てみると、利用頻度から、原付に於ける10歳代の数が突出しているのは別として、自動二輪の16～19歳と20～24歳の間にはさほどの差はみられず、30～34歳代辺りまでは、その上の年齢層と比べて明らかに多さを示しているし、自動車の場合も、20～24歳が際立つというものの、25～29歳もそれ以降と比べれば、まだ、かなりの開きを見せている（表1－2）。

このことが、社会的分別の未成熟さが若年層以外にも広がっていることの証拠であるとしたら問題は更に深刻だが、多分これは、こうした年代層にも、安全運転技能の未熟な運転者が、かなりの割合で含まれていることを物語っているのではないかとと思われる。

つまり、年齢よりは、むしろ、運転経験の乏しさや安全スキルの不十分さが事故に結びついているのではないかと推察出来るのである。

表1－3は、平成3年中の事故を第一当事者の運転経験（免許取得後の経過年数）別に示したものであるが、四輪自動車では、免許取得後4年間ほどをかけて、なだら

表1-2 年齢層別・当事者交通事故件数（第1当事者）

当事者 年 齢		自 動 車 等					自転車	歩行者	その他	合 計
		自動車	自 二	原 付	小 計	免許保有者当たり件数				
15歳以下	6歳以下	—	—	1	1	—	1,038	4,607	—	5,646
	7～12歳	1	1	4	6	—	4,143	3,217	—	7,366
	13～15歳	69	98	472	639	—	3,318	359	—	4,316
	小 計	70	99	477	646	—	8,499	8,183	—	17,328
16～24歳	16～19歳	50,242	6,438	14,673	71,353	280.0	4,159	424	1	75,937
	20～24歳	127,159	4,746	5,084	136,989	171.0	973	480	3	138,445
	小 計	177,401	11,184	19,757	208,342	197.3	5,132	904	4	214,382
25～64歳	25～29歳	69,542	1,642	1,660	72,844	101.5	521	336	3	73,704
	30～34歳	48,982	719	1,083	50,784	74.2	435	240	3	51,462
	35～39歳	49,674	511	1,392	51,577	71.9	538	301	1	52,417
	40～44歳	62,630	528	2,160	65,318	73.2	957	564	2	66,841
	45～49歳	46,110	449	2,144	48,703	78.4	984	551	3	50,241
	50～54歳	38,463	531	2,287	41,281	78.3	1,208	616	2	43,107
	55～59歳	32,076	525	2,207	34,808	83.2	1,285	614	3	36,710
	60～64歳	20,233	477	1,792	22,502	73.7	1,231	526	2	24,261
	小 計	367,710	5,382	14,725	387,817	79.4	7,159	3,748	19	398,743
65歳以上	65～69歳	10,933	378	1,563	12,874	71.2	1,183	441	2	14,500
	70～74歳	5,073	307	1,040	6,420	76.3	1,017	440	3	7,880
	75～79歳	2,244	180	826	3,250	84.6	868	438	2	4,558
	80歳以上	625	63	408	1,096	90.0	753	418	1	2,268
	小 計	18,875	928	3,837	23,640	74.9	3,821	1,737	8	29,206
合 計		564,056	17,593	38,796	620,445	99.2	24,611	14,572	31	659,659

20歳代計	196,701	6,388	6,744	209,833	138.2	1,494	816	6	212,149
30歳代計	98,656	1,230	2,475	102,361	73.0	973	541	4	103,879
40歳代計	108,740	977	4,304	114,021	75.3	1,941	1,115	5	117,082
50歳代計	70,539	1,056	4,494	76,089	80.5	2,493	1,230	5	78,817
60歳代計	31,166	855	3,355	35,376	72.7	2,414	967	4	38,761
70歳代計	7,317	487	1,866	9,670	78.9	1,885	878	5	12,438

注1 「免許保有者当たり件数」は自動車等の小計に対する免許保有者1万人当たりの件数である。

2 当事者不明（2,729件）は含まない。

（財）全日本交通安全協会 平成3年度版「交通統計」より抜粋

かなカーブを描きながら、事故が半減していることがよく分かる。又、二輪車に関しては、年々半減を示しながら、こちらは4年ほどで1/6 程度まで事故数が減少している。

つまり、事故多発傾向が収まるまでに、各車種とも4年の運転経験を必要としていくと考えても良いだろう。

表1-4、表1-5は、表1-2と表1-3の事故数の一部を車種別の事故総数に対する比率に置きかえてみたものであるが、四輪自動車全体では、初心運転者の数が最も多いと思われる20～24歳代が全体の 1/4近くを占める一方、25～29歳代でもなお12%強を示し、この層にも、免許歴4年以内の未熟者がかなり含まれていることをしのばせる。

一方、二輪車の場合は、原付が、初心運転者の多数が属するであろうと思われる16～19歳代が突出し、20～24歳代がその 1/3程度にとどまっているのとは比べ、自動二輪ではその差は大きく縮まり、 3/4程度にまで迫っているのも、年齢を越えた初心運転者の分布とかかわりがあると考えて良いのではなかろうか。

前にも述べた通り、安全運転者育成の根源が、車という、時として危険をもたらしかねない道具を、道路という公共の場で扱うにふさわしい社会性の養成にあることは言うまでもない。しかし、そうしたモラルや行動規範は免許年齢に達するまでに身につけられているべき基本資質であり、運転者教育の場で、にわかに意識の変容を図り得るものではないだろう。

もちろん、あらゆる機会を通して、そのための指導・教育の努力が一層強められねばならないのは言うまでもないが、当面緊急な課題は、そうした意識・行動面が未成熟な人達が運転免許を手にしていくという現実の中で、何とかそれを補う手だてを考えていかねばならないということだろう。

つまり、免許取得後4年ほどをかけて自習によって身につけている様々な交通場面での適切な運転行動のあり方を、初期の運転教育の段階で、より効果的に習得させることが不可欠だと思うのである。しかも、そうした教育を通して、より高いレベルの安全配慮の必要性を学びとることによって、いわゆる交通マナーやモラルも自ずと身に付けていくことも出来るのではないだろうか。

表1-3 自動車等（原付以上）運転者の事故車種の免許取得後の経過年数別交通事故件数
（第1当事者）

当事者		経過年数	1 年 未 満	2 年 未 満	3 年 未 満	4 年 未 満	5 年 未 満	10 年 未 満	10 年 以 上	無免許 不 明	合 計
事業用	乗 用 車	バ ス	44	69	87	58	75	275	1,709	—	2,317
		マイク ロ	1	1	1	1	2	2	25	—	33
		普通乗用車	454	375	393	383	459	1,808	12,177	5	16,054
		軽 乗 用 車	—	—	—	—	—	—	—	—	—
		小 計	499	445	481	442	536	2,085	13,911	5	18,404
	貨 物 車	政 令 大 型	140	204	190	159	208	743	2,245	7	3,896
		大型貨物車	131	158	175	143	204	670	1,811	4	3,296
		トレーラー	53	60	74	53	86	277	758	—	1,361
		普通貨物車	1,194	1,677	1,613	1,215	1,075	2,581	5,467	21	14,843
		軽 貨 物 車	149	163	142	110	93	291	1,058	3	2,009
	小 計		1,667	2,262	2,194	1,680	1,666	4,562	11,339	35	25,405
	事業用計		2,166	2,707	2,675	2,122	2,202	6,647	25,250	40	43,809
家用	乗 用 車	バ ス	5	2	8	3	3	12	163	—	196
		マイク ロ	9	5	16	9	9	43	446	1	538
		普通乗用車	40,578	33,980	29,269	20,520	20,846	58,208	137,022	2,649	343,072
		軽 乗 用 車	3,949	2,903	2,183	1,424	1,319	3,978	8,169	140	24,065
		小 計	44,541	36,890	31,476	21,956	22,177	52,241	145,800	2,790	367,871
	貨 物 車	政 令 大 型	62	61	76	70	86	329	1,165	2	1,851
		大型貨物車	61	76	69	59	89	247	1,044	5	1,650
		トレーラー	19	29	20	16	22	53	217	1	377
		普通貨物車	4,231	4,585	4,454	3,456	3,818	11,298	37,439	548	69,829
		軽 貨 物 車	6,513	5,545	5,421	3,994	3,904	12,055	39,932	669	78,033
	小 計		10,886	10,296	10,040	7,595	7,919	23,982	79,797	1,225	151,740
	自家用計		55,427	47,186	41,516	29,551	30,096	86,223	225,597	4,015	519,611
特殊車	ミニカー		3	5	1	—	—	6	3	—	18
	農 耕 作 業 用		—	2	1	1	6	13	156	49	228
	大型特殊車		11	14	10	6	7	25	138	24	235
	小型特殊車		6	6	2	6	8	15	102	10	155
	特殊車計		17	22	13	13	21	53	396	83	618
自動車計		57,613	49,920	44,205	31,686	32,319	92,929	251,246	4,138	564,056	
二輪車	自 二 輪 車	小型二輪	1,810	1,162	581	342	303	556	442	535	5,731
		軽 二 輪	2,198	1,456	886	497	398	747	676	330	7,188
		二種原付	381	285	214	120	152	436	2,980	106	4,674
		小 計	4,389	2,903	1,681	959	853	1,739	4,098	971	17,593
	原 付		10,415	5,234	2,541	1,446	1,174	3,791	12,566	1,629	38,796
二輪車計		14,804	8,137	4,222	2,405	2,027	5,530	16,664	2,600	56,389	
合 計		72,417	58,057	48,427	34,091	34,346	98,459	267,910	6,738	620,445	

（財）全日本交通安全協会 平成3年版「交通統計」より抜粋

表 1－4 第 1 当事者の年齢層別交通事故構成比率（平成 3 年）

年齢層 車 種	16～10歳	20～24歳	25～29歳	30～34歳
自 動 車	8.9%	22.5%	12.3%	8.7%
自 二	36.6%	27.0%	9.3%	4.1%
原 付	37.8%	13.1%	4.3%	2.8%
二 輪 計	37.4%	17.4%	5.9%	3.2%

* (財)全日本交通安全協会 平成3年版「交通統計」に基づいて算出

* 小数点以下 2 桁で 4 捨 5 入

* 35才以上は、省略

表 1－5 交通事故数全体に対する第 1 当事者の免許取得後の経過年数別構成比率（平成 3 年）

経過年数 車種	1 年 未 満	2 年 未 満	3 年 未 満	4 年 未 満	5 年 未 満	10 年 未 満	10 年 以 上	不 明
自家用車	10.7%	9.1%	8.0%	5.7%	5.8%	16.6%	43.4%	0.8%
自 動 車	10.2%	8.9%	7.8%	5.6%	5.7%	16.5%	44.5%	0.7%
二 輪 計	26.8%	14.4%	7.5%	4.3%	3.6%	9.8%	29.6%	4.6%
(原 付)	26.3%	13.5%	6.5%	3.7%	3.0%	9.8%	32.4%	4.2%
(自 二)	24.9%	16.5%	9.6%	5.5%	4.8%	9.9%	23.3%	5.5%

* (財)全日本交通安全協会 平成 3 年版「交通統計」に基づいて算出

* 小数点以下 2 桁で 4 捨 5 入

1－1－2 二輪車運転に特有の問題

以上概観したように、極めて深刻である初心運転者の事故の中でも、二輪車は特に問題が大きく、免許歴 1 年未満の運転者による事故の比率が、26.3%と、四輪車の場合の 2 倍以上に達している。死亡事故の約 1/4 も、1 年未満の初心運転者によるものである（表 1－5・表 1－6）。もちろん、この数字は、二輪車が比較的若年層による利用が多く、利用期間も短期である場合が多いということとも無関係ではないかもしれないが、2 年目以降、年毎に比率が半減していることと考えあわせれば、初心者事故の危険性の大きさは明白である。

二輪車は、いうまでもなく四輪車と比べれば軽便であり、取扱い方も簡単であると言えるかも知れない。だからこそ、四輪車よりは 2 才若い 16 才で免許取得が許されてきたのに違いない。

確かに二輪車の多くは、乗り物である以上にスポーツやレジャーの用具としても愛

表1-6 死亡事故数全体に対する第1当事者の免許取得後の経過年数別構成比率（平成3年）

経過年数 車種	1 年 未 満	2 年 未 満	3 年 未 満	4 年 未 満	5 年 未 満	10 年 未 満	10 年 以 上	不 明
自家用車	11.4%	9.2%	7.4%	5.6%	5.8%	15.0%	43.1%	2.7%
自動車	10.7%	8.8%	7.3%	5.6%	5.6%	15.3%	44.2%	2.5%
二 輪	24.6%	15.1%	7.0%	4.3%	3.0%	8.1%	27.6%	10.3%

*（財）全日本交通安全協会 平成3年版「交通統計」に基づいて算出

* 小数点以下2桁で4捨5入

好され、乗馬やスキーなどと同様の感覚で楽しむという点では、運動神経のすぐれた若者達なら、比較的容易に乗りこなすことも出来るかも知れない。

また、交通量の少なかった時代なら、ある程度の失敗も、多少の怪我を負うだけで済んだかも知れないし、それだけなら、他のスポーツ等と比べても、特に問題とするには当たらなかったろう。

しかし、昨今の輻輳した交通事情の中で、これを安全に使うのは容易なことではないだろう。むしろ、その難しさは四輪車以上と言っても過言ではあるまい。何よりも、四輪車には稀な転倒性がある。速度を落とせば落とすほど不安定になる代物である。バランス、制動（とりわけ緊急制動）、旋回など、操作の習熟の難しさも四輪車以上と言えるかも知れない。

更に運転姿勢やヘルメットなどとの関わりから生ずるライダーの視野の特性や、四輪車と比べての被視認性の低さ、その上、事故時の乗員保護方法の限界など、四輪車にはない安全上の問題を有することも否定できない。

それにも拘らず、二輪車の運転者教育や安全対策は、四輪車のそれと比べ、遅れをとってきたのが実情である。

昭和30年代頃までは、自動二輪免許は普通四輪免許に付随していたし、現在も指定自動車教習所に於ける実技（技能）教育が四輪と比べて短時間で済まされている。原付一種に関していえば、今も四輪免許で運転が許されているし、その訓練にも十分な時間がさかれているとは言い難い。一方、道路施設や安全施設などに関しても、必ずしも二輪車にとって十分な配慮がなされてきたとは言えないだろう。

これら様々な制度や対策のあり方については、もちろん軽々に判断を下すことは出来ないが、いずれにしても、二輪車事故の多発ぶりは放置出来ることなく、出来る限りの改善を図っていかなければならないことだけは間違いない。そして、その最も手近で確実な方法は、運転者教育の質的向上以外に考えられないのではないだろうか。

1-2 二輪車安全運転教育の現状

ここで、二輪車運転者の安全運転教育の実情を概観しておくことにする。

1-2-1 免許取得のための教育（指定自動車教習所に於ける教習）

指定自動車教習所で取得出来る自動二輪免許は中型（400cc 以下）と小型（125cc 以下）の限定免許であるが、免許取得に必要な教習時限は、学科については共に20時限、技能教習は、中型11時限、小型8時限である。

学科に関しては、このうち13時限が普通四輪免許と共通要素のものであり、従って普通四輪免許所得者はその部分の受講が免除されている。

技能教習は「正しい手順及び正確な操作」「運転装置の操作時期及び円滑な操作」「法規履行及び安全な運転」の3段階に分かれ、中型がそれぞれ、3、5、3、時限ずつ、小型は、各段階とも、それより1時限ずつ少なくなっている。

二輪免許取得教習は、路上教習が行われないという点で、四輪の場合との間に決定的な開きが生じている。加えて、教習時限が少なく、それを補うに十分ではない。

学科に関しては、後半の5時限ほどが、危険予測や防衛的運転の指導に当てられており、必要な内容は総花的には網羅されてはいるが、それらをもとに議論を交わし、安全運転に対する認識を深めたり、安全確保のための心の働かせ方を学ぶまでのゆとりはないように感じられる。

技能教習は、基本操作と法規走行の方法の習得で精一杯の感があり、実際の追い越し行動や四輪車との関わり方などを体験する機会は皆無に近い。また、学科で学んだ知識を実技を通して確認していくといった学科・技能間の連繋も、四輪の場合以上に図りにくいのが現実だと考えて良さそうである。

1-2-2 運転者再教育の現状

こうした、免許取得段階での訓練を補うために、関係者は免許取得後の追教育の必要性を強く訴えているが、多くのライダーは、そうした機会に接することもなく、先輩達の助言を頼りに我流の運転方法を模索していくのが実情であり、その過程で、『事故』という形の厳しい訓練に直面し、最悪の事態に立ち至っている場合すら少なくないように思える。

二輪車運転者に対する安全運転技能向上のための教育としては、

- ・専門の運転訓練施設に於ける教育

- ・各地で催される、安全運転講習会などの催し
- ・各種ライダークラブ等を通じての指導

等、様々な形で行われており、参加者も、かなりの数にのぼっている。しかも、少なくとも四輪の場合と比べると、ライダー達の運転技術向上への意欲が高いことも間違いなく、これらの訓練機会に、積極的に参加する人達も決して少なくはない。

しかし、こうした訓練も、受講するのは、もともと安全意識の高い運転者が中心であるし、指導の主眼も主として操作技術の向上に置かれているように感じられる。複雑な交通場面での他の人や車との対応や、危険予知、防衛運転などに関しては、座学による指導はなされているとはいえ、実際の運転行動と結びつけた具体的な教育にまで踏み込むには至っていない場合がほとんどと考えて良いだろう。また、原付などは、さしたる訓練も必要としないもののように受け止められがちで、企業や何らかの組織を通じた以外は、こうした教育の狭間に取り残されがちであるといった印象が強い。

1-2-3 求められる教育と問題点

こうした現状にあって、二輪車運転者の教育の強化が、交通事故防止対策上の急務であることは、もはや、疑問をさしはさむ余地もないだろう。

特に補強を求められる課題としては、次のような点があげらる。

①初心運転者（免許取得教育）

- ・基本的な運転技術の未熟さ

少なくとも、情報収集に必要な最低限のゆとりが持てるレベルまでの、操作技術の習熟が必要である。

- ・実道路での対応方法の未習得

現状では、基本的な法規走行すら、多くの場面については具体的には未体験といって良く、もとより、道路での他の通行者との対応の経験は皆無である。

何らかの形で、路上教習に変わる訓練が求められる。

- ・道路上の危険に関する知識不足

教習所内の訓練では危険を実感することが難しく、特に安全確保のための情報収集の必要性も理解しにくい。従って、危険予防のための基本的な着眼点や、典型的な事故パターンについての認識と、その対応方法だけは身に付けさせておきたい。

- ・自己の運転能力の認識

比較的、運転技能の習得が早いライダーの場合、自己の運転技術を過信する

きらいがあり、これが、事故につながるケースが多い。自己の運転技術、とりわけ、安全技術の未熟さを自覚出来るような、客観的な尺度を示せることが望ましい。

②経験者（運転者再教育）

・我流の運転方法の矯正

基本技術面（制動や旋回方法、運転姿勢等）、応用技術面（実際の道路での、他者との対応方法、法規の曲解、慣れによる安全の手抜き等）での問題点に気付かせる必要がある。

・運転技術の向上

技術的な弱点を強化し、緊急時の対応など、より高度な運転技能の習得を目指すことが求められる。

・防衛運転能力の向上

あらゆる交通場面での、危険認知・判断・操作方法のブラッシュアップ。

こうした点の教育に関しても、各教育機関等で、様々な努力がなされており、それぞれに、指導による効果を上げていることは間違いないが、まだ十分な成果を得るには至っていないという実情は否定出来ない。その問題点としては、

・教習・教育時間の不足

・訓練手段の限界

路上教育や四輪車の場合のような同乗運転観察が出来ない。追尾やビデオ撮影等による路上訓練にも、危険を伴う上、時間的制約など様々な物理的限界がある。

・訓練施設の不足

専門施設の経営上の問題。施設造成・改良や運営上の投資・出費の限界。

・指導者不足

指導者の絶対数の不足、指導者の能力のバラツキによって生ずる問題。

・教育技法の模索

路上訓練の可否、その安全性をめぐる問題が、いわば手つがずのままであり、それに代わり得る教育方法にも、決め手を欠いている。

といったことが上げられる。

つまり、多くの交通安全関係者が、運転者教育の不十分さを認識しながら、その方策に苦慮しているのが現状であり、その中でも、とりわけ、事故防止上の急務とも言える安全のスキルの育成が後手にまわっているという現実を認め

ないわけにはいかない。

そして、特に二輪車の場合、実際の交通場面での安全行動習得に不可欠ともいえる路上訓練の難しさが、安全教育上の隘路となっていることも間違いないように思える。

この間隙をどう埋めていくかは、交通安全教育界に課せられた重大な責務であり、これまでの教育方法の見直しを含む様々な角度からの改善の努力が重ねられるべきであることは言うまでもないが、その一つとして、シミュレーターの使用に目が向け始められてきているのも、こうした背景があつてのことに他ならないのではあるまいか。

1-3 シミュレーターによる安全運転教育の可能性

1-3-1 シミュレーターによる教育の位置付け

安全運転教育の要素は、

- ①運転者としての基本的な資質の向上
- ②安全能力（安全のスキル）の向上
- ③運転技術（操作のスキル）の向上

に大別できる。

①は、自動車という、一つ間違えば他者に迷惑や危険を及ぼしかねない自動車という道具を、道路という公的な場で用いるに足る社会性を育成することであり、自己管理能力、確かな規範意識、安全感覚（危険感受性）と安全態度、対人・対社会配慮能力（いわゆるマナーやモラル）等が、その代表的な要素と考える。

②は、いわゆる危険予知のための情報収集方法や予測される危険を排除し安全を確保するための運転行動のあり方、いわゆる防衛運転や運転に関わる心の働かせ方の修練に関するものである。

そして③は、人車一体となって車を操りつくすに足る技術の習得である。

このうち①は、本来、免許年齢に達するまでに、当然、身に付けられているべき資質といえるが、これこそが、安全な運転の必要性を認識出来るかどうかの基をなすものであり、安全のスキル、操作のスキルを学ぶ大前提に位置付けられねばなるまい。

もちろん、これは、いわば態度変容を求める人間教育（態度教育）に他ならないから、機械によって代替し得るものではないだろう。また、②③に関しても、原則的には①をベースにした人間的触れ合いを通じて、指導者という人間の手による、実車や

実際の交通場面での教育が本来の姿であり、もっとも効果を上げ得るであろうことは疑う余地もない。

シミュレーターによる教育は、あくまでそうした本来の教育手法の手助けとなり、それらの手段だけでは満たしきれない部分を補完するものとして活用していくべきものと考えておくことが欠かせないだろう。

アメリカなどに於いては、すでに、シミュレーターを活用した指導方法が定着しており、講義→シミュレーション→レンジ（range＝場内教習）→路上訓練という流れによる教育が実施されている地域が多い。この場合のシミュレーションは、学科と技能を繋ぐ役割を担うと共に、運転に必要な各種の配慮能力を繰り返し体得させるために活用されていると考えて良いようである。

考えてみれば、自動車教習所等の訓練コースでの教習自体、実道路のシミュレーション教育の一つと言えるかもしれない。シミュレーターは、そうしたシミュレーションを、より複雑、且、より実際に近い形で体験させるためのツールであり、それを利用することによって、他の教育要素が割愛出来るといったものではないことを忘れてはならないだろう。

1－3－2 シミュレーターの用途

シミュレーターの具体的な活用目的として考えられ、あるいは、すでに導入されている分野としては、

- ①運転装置の基本的な操作方法の習得・習熟
- ②初期の路上教習の代替となり得る実際的な道路走行の模擬体験（法規走行を含む）
- ③事故につながる危険場面の認識と対応方法の学習

が、代表的なものといえる。①に関しては、四輪では以前から様々なレベルの装置が使われてきている。実際のオートバイを利用した二輪車の操作習熟用シミュレーターを使用している自動車教習場の例もある。③は最近、四輪車用に続いて二輪車用も実用化されており、現在はこの用途を目的としたシミュレーターの開発に関心が集まっている。

②に関しては、我々の調査の範囲では活用例はなかったが、②のシミュレーターのソフトを変更することで十分に対応することが出来ると考えられる。

このうち③分野のシミュレーターを導入した教習所等の指導員らの意見を総合すると、シミュレーター利用の利点としては次の各点が上げられる。

①危険を安全に体験出来る

②教えたい危険場面や事故事例を、適切に提示することが出来る。

③路上訓練だけでは学べぬ事例を体験出来る。

イ. 路上訓練を行っても、遭遇する場面に限りがある。

ロ. 指導員の補助があるため（四輪車の場合）、本当の危険に直面することはない。つまり、ヒヤリ、ハット体験をするところまで行かない。

ハ. 訓練の結果をプレイバックすることにより、自分の運転ぶりを客観的に見詰めることが出来る。実車訓練のビデオ撮影による反省という手法も考えられるが、多角的な視点からの画像を示しながら検証することも可能であるなど、コンピューターグラフィックを用いたシミュレーターの利点は大きい。

④訓練結果をもとにした講評やグループディスカッションが活発に行え、教育内容についての理解を深める上で大いに役立っていると考えられる。また、そうした場で、実車訓練時には聞けない受講者の本音に触れることが出来、新たな指導のポイントを見出せるという指摘もあった。

こうした危険予知等の訓練については、すでに様々な教育の手法が確立しており、高額なシミュレーターを導入しなくても、他の視聴覚教材でこと足りるという意見もあったが、危険予知訓練は単に危険要素を見付け出すことにとどまらず、察知した危険に対応する方法を見出し、的確に、しかも素早く行動に結び付けられるようになってこそ意味がある。危険予知訓練シートやOHP、スライド等による教材が静止画であり、ビデオや映画も参加性に乏しいのとは比べ、シミュレーター利用の訓練は認知・判断・操作を一貫して経験することが出来、より実質的な成果を期待し得るところに最大の利点があると考えてよいのではなかろうか。

一方、シミュレーターの弱点としては、

- ・実車同様の操縦性を求めることは出来ない。
- ・速度感、距離感、車両感覚などの表現には限界がある。
- ・導入に伴う経費、設置スペースの確保等、導入の条件整備が容易とは言えない。

などが考えられる。

1-4 シミュレーターによる二輪車安全運転教育の方向

1-4-1 二輪車安全運転教育に求められるシミュレーター像

以上の調査や考察から、安全運転指導に役立て得るシミュレーターとしては、次の

ような機能や条件を備えたものが求められていると考えることが出来る。

イ. 基本的な操作技術の習得に役立つもの。(安全を学ぶゆとりを作り出すもととなる手足の訓練のための模擬運転装置)

ロ. 基本的なルールを実際の場面に即して習得出来るようなもの。(路上教習の代替及び反復訓練用＝各場面に於ける行動・操作手順の確実な習得のため)

ハ. 目の付け所を知らしめ、見ることの大切さを認識させ得るもの。

ニ. 危険場面、高速走行など、実車訓練が難しい部分を補えるもの。(出来れば、スキッド体験が出来るようなものがあれば、という要望も聞かれた。)

ホ. ヒヤリ、ハットを実感できるもの。

ヘ. 典型的な事故パターンを徹底するのに役立つもの。

ト. 考え得る危険場面を網羅したもの。

チ. 認知・判断した事象を、正確に動作(操作)に表すことが出来るもの。

リ. 自分の運転技能のレベルを、正しく認識できるものであること。

ヌ. 客観的な評価が下せるものであること。

ル. 指導者の技量に左右されず、誰もが均等に安全スキルを養成し得るものであること。

ヲ. 設置や運用の経費の負担が過大でないものであること。

このように、要望は多用であるが、一基のシミュレーターで、すべての目的を達し得るものを望んでいるわけではなく、それぞれの目的にあった様々な種類のシミュレーターがあつてよいと考えるべきだろう。すべての面で実車での運転により近い性能を持たせるのが望ましいことは言うまでもないが、それには自ずと限界があり、むしろ、それぞれの機種種の守備範囲での機能を、より高いレベルで満たしていることの方が重要であろう。つまり、ハードの機能の高さ以上に、ソフトの充実(質、量、種類)の方が望まれるのである。

1-4-2 シミュレーターによる安全運転教育を行う上での課題

シミュレーターの導入を疑問視する意見の中には、シミュレーターの使命は確実な操作手順の習得にあるのであり、複雑な交通場面での臨機応変な対応を身につける用具として果たして役立ち得るか、といった見方が多い。

確かに、いかにすぐれたシミュレーターとはいえ、実車同様の運転感覚を期待することは不可能であろう。シミュレーターは、あくまで、実用利用に近い形をとり、より実際の状況の中で、技術や、技能を習得していくものであり、実車訓練そのものの

を代替させ得ると考えてはならないことを、改めて銘記しておく必要があると思う。

つまり、シミュレーターによる教育は、実車訓練だけでは充足しきれぬ、より多くの交通場面での運転の模擬体験など、実車訓練とは違った目的のもとに行われなければならないと考えるのである。従って、シミュレーターの導入に当たっては、

- ・シミュレーター利用の目的を明確にすること。
- ・単なる機器のオペレーターではなく、シミュレーターを真に活用出来る指導者を養成すること。
- ・常に実車訓練と組み合わせて活用し、知識・技術の相互による裏打ちを図ることなどが欠かせまい。

更に大切なことは、シミュレーターなしでも出来る指導訓練が軽視されたり、その部分に手抜きが生じるようなことがあっては、シミュレーターの利用が逆効果ともなりかねないという点である。既存の施設や練習場内で為し得る指導を、あらゆる工夫をこらして試みた上で、そうした努力の限界を越える部分をシミュレーターで補っていくという姿勢を忘れるべきではないだろう。

ともあれ、安全運転教育用のシミュレーターは各方面から注目され、期待されている。しかし、わが国に於ける利用の歴史は浅く、その必要性、有効性についての評価は、まだまちまちである。

こうした中で、単に目新しや指導の手軽さだけから、安易にシミュレーターを導入することは、決して望ましいとは思えない。

従って、今求められるのは、あくまで、これまでの教育方法だけでは成し得なかった成果をもたらし得る、本当に必要な教育ツールとしてのシミュレーターの開発あり、真に効果的なその活用手法の研究だといえるだろう。

第2章 シミュレーターシステムについて

2-1 はじめに

交通機関の細胞として、約8千万台の二輪車が世界で愛用されている。その教習方法は各国の特徴を活かし実施されているが、一般交通を阻害しない路上教習代替可能な二輪車用シミュレーター（以下本章シミュレーター）は実現していない。二輪車の実走訓練は、転倒のリスクを伴い、四輪車の教習に比較して大きな差異となっている。

こうした背景で教習課程に、応用可能なシミュレーター実現の一助として、本章の表題について述べてみたい。

二輪車のシミュレーターは、「動く、曲がる、止まる」に「倒れる」が付加され、また系の応答周波数帯域の広さが航空機用との相違点であろう。しかし、「倒れる」機能を模範的に実現するには多分に経験要素と試行錯誤が必要である。それ以外は人を含む、映像、音響、機械駆動系、の閉ループ自動制御系とほぼ同様な考え方である。

ここでは、一般路上に於ける違法走行と危険予知訓練（KYT）が可能な運転教育用のシミュレーターシステムについて考えてみたい。これが、教習所の実技と併用され、初心者講習用に路上教習代替として危険察知や状況判断を反復練習でき、「認知、判断、行動」の反応時間が短縮可能であれば、導入意義は大きい。

2-2 イマジネーション

ここでは、教育用シミュレーターの構想を具体化するため、そのシミュレーターをイメージしてみることとする。シミュレーターの前に立つと、排気量400cc程度の大きさの疑似二輪車が、軽量化のために樹脂化された筐体内に設置されている。この疑似二輪車には、スロットルグリップをはじめ、ハンドル回り、シート、ウィンカー、ブレーキランプなど本物の二輪車と同じ機器類が装着されている。本物の二輪車と異なるのは、エンジンとタイヤが無いことである。

この疑似二輪車は、シミュレーターのコントロール装置による車体の動きに即応できるように軽量化されていることが大きな特徴である（図2-1）。

筐体内部に入り、疑似二輪車のシートにまたがる。筐体内部は、ヘルメットをかぶった180cm程度の長身のライダーでも窮屈さはなく、十分な空間が確保されている。ラ



図2-1 シマジネーション

イダーの前面には大型のTVのスクリーン、そのスクリーンの背後にはTV投映機（後方反射型ブラウン管）が設置されている。ハンドル右側に設置されたスターターボタンを押すと、スターターの作動する音が聞こえ、次にエンジンが始動したことを伝えるエンジン音が聞こえてくる。もちろん、エンジンがついているわけではないので、聞こえてくる音は全て音響発生装置による疑似音である。

アイドリング状態のエンジン音が聞こえ、シート、ハンドル、ステップから細かな振動が伝わってくる。回転計の針は1000rpm前後で揺動し、速度計は0 km/hを示している。

スロットルグリップを手前に回すと回転計の針は変化を示し、グリップの角度に比例したエンジン回転音が音響発生装置から聞こえ、本物らしく振動が身体に伝わる。

いよいよコース一周（様々なコースが選択可能）のトライだ！

クラッチレバーを握り左足でチェンジベタルをニュートラル→ローに入れる。「カチン」と音と振動を伴いコンソールのインジケータが緑から赤に変わる。スロットル開度を徐々に広げ、握りしめたクラッチレバーを徐々にゆるめて発進する。身体全体が0.3G程度の加速度を感じつつ、画面がどんどん流れ始め、顔には爽やかな走行風を感じる。

チェンジ操作（クラッチの断続と変速機の切り換え）を繰り返しスピードを増す。気が付くと、既に速度計の針は60km/hを示し、最初のカーブが目前に迫ってくる。減速のためにブレーキをかけるがフットブレーキを強く踏みすぎたのか後輪がロック

状態になりスキッド音が発生、左方向にタイヤがスリップし、車体が傾く。それと同期して画面も横に流れる。この臨場感に思わず、「あっ！」と叫ぶ。

右カーブでは右側に体重を移動するが、ジャイロ効果も加わり車体思うように倒れてくれない。ハンドルを意識的に左へきることによって、車体を右へ強制的に倒し込むと、狙い通りのコーナワークが出来る。次のカーブでは、カウンターを当てすぎて転倒しそうになり、車体が地面に接触した。「ジャジャ」と言う接触音と共に、センサーが働いてシミュレーターは停止する。STOP！！

ヘルメットに装着された、ヘッドフォンから「スピードを控えめに、もう一度トライして下さい」と女性の声でアナウンスが聞こえる。

2－3 利用目的

シミュレーターシステムにどのような機能を期待するかを明確にしておく必要がある。なぜなら、この目的によってシミュレーターの機能・性能・価格の最適なハード構成が決定されるからである。以下に二輪車の安全運転講習に必要な基本的項目を考えてみる。

- (1) 混合交通の環境下で道路交通法に従い、一般路上教習の疑似体験をする
(高速道路及び必要に応じて二人の乗り)
- (2) 過去の重大事故におけるケーススタディを繰り返し疑似体得することで本能的な防衛運転の教育、危険を認知し回避法を学ぶ
- (3) 緊急（パニック）ブレーキ時の車体制御の対処の方法
- (4) 衝突危機の緊急回避（急なハンドル操作）の方法
- (5) 夜間、悪天候などの悪条件下での運転訓練
- (6) 他車の異常な運転行動に冷静な判断で対応できる運転
- (7) 飲酒による酩酊運転の影響が如何に恐いかの体験運転
- (8) さまざまな環境下での運転操作に関する基本的運転の教習
- (9) 運転訓練中のスクリーンを、他の運転教習生が観察する
- (10) その他

2-4 目的の違いによるシステム構成

シミュレーターシステムは使用目的によって、構成が異なり、テクニカルスキルかメンタルスキルか、さらにはその併用に大別できよう。運転技能を全てシミュレーターで代替するには、実車に限りなく近い運動性能を備え、運転感覚、応答感覚も全て忠実に模擬しなければならない。このレベルで実用化しているのがフライトシミュレーターで、実訓練の困難な航空機は高価な装置でも存在価値があろう。一方、二輪車のスキル向上は実走運転がより現実的であり、効果もあげ易い。しかし、教習所では二輪車の一般路上、高速道路、などの教習が実施困難な状況である。こうした背景で、上記代替として教育用シミュレーター（模擬装置）の実用化が望まれる。

二輪車の教育用シミュレーター（模擬装置）による教育項目を分類すると下記のようになれる。

- (1) 実車の台上走行にて、クラッチ、変速機を選択との連係操作を習得
- (2) 一方的に与えられる実走行画面を見ながら、危険予知、状況判断
(画面のみだが大型スクリーン、ハイビジョンなど)
- (3) 一方的に与えられる画面に対応しながら、模擬された二輪車の操作、操縦
- (4) 与えられる画面に対応しながら、模擬された二輪車を操作、操縦し、その結果が画面や二輪車の動きにフィードバックされる。(画面と模擬二輪車のループ操作)

以下、二輪車用シミュレーターとして理想に近い(4)の方式について考えて見たい。

目標要件：運転者が実走運転の雰囲気に入ることができるための条件作り

- (1) 画面は臨場感のある映像（実際のシーンに近い）
- (2) 操作系は実際の二輪車に近い
- (3) 環境騒音の再現
- (4) 物理的条件

物理量の中で、五感に訴える「見る」「聞く」「感じる」即ち映像、音響、加速度、振動、風など、忠実な再現手段の構築が重要である。しばしば経験することであるが、一つの事象に集中していると他の刺激に対して緩慢になる特性がある。シミュレーターの重要な機能として、「混合交通環境下」で「神経の分散状態」を一般路の実走車と同様な条件にし、安全な運転操作を励行させることにある。前方、左右、後方の状況把握、他車、歩行者、もの陰の動きなど、洞察を敏速に、しかも満遍なく時々刻々行う必要がある。運転操作の基本は、「認知」「判断」「操作」の繰り返しである。これ

に経験要素が加わり、学習効果によって安全運転を習得していく課程を経ている。

初心者段階で、この習得課程を一般路の混合交通状況で行うことは危険を伴う。そこで、「安全に危険を体験」できるシミュレーターの実用化が望まれている。

2-5 シミュレーターを開発するための進め方

どの程度の能力をシミュレーターに要求するかは、製作図面の前段階で仕様を決定しなければならない。検討概要を箇条書きにすると以下ようになる。

- (1) 使用目的の明確化
- (2) 製作コストの概算と機能に対する合理的な費用分配
- (3) 日程計画による製作能力配分
- (4) 協力者機関の選択
- (5) 最適構成図（機能ブロックダイアグラム）の作成
- (6) 設置場所、環境の条件（電源、運搬、振動騒音、照明）
- (7) 安全装置の配慮と限界
- (8) タスク分析
- (9) 結果の効果度分析
- (10) 内部、外形のデザインと配色
- (11) その他

2-6 タスク分析

シミュレータ設計の前準備として、二輪車の運転操作タスクやライダーの詳細かつ広範な動作分析（タスクアナリシス）をすることから始めなければならない。

ここでは、「操作と動作」「環境と運転」に分類することを試みた。一連の運転動作として、正しい乗車姿勢・始動開始（セルフスタータースイッチの位置確認）・クラッチ操作・変速機操作・機関回転確認・発進・加速維持・速度調整（スロットル開度調整）・直進（バランス感覚）・「走る、曲がる」の運転操作維持と操舵感覚（指示された方向に運転する）・エンジンプレーキ・前後輪のブレーキ感覚・「止まる」の安全停止で終了する。

2-6-1 運転操作と動作

○ 運転操作の基本

- ・ 始動（セルフスターターモーター）
- ・ 加減速（スロットルワーク）
- ・ 走行バランスの持続（体重移動とハンドル操舵）
- ・ 操舵による方向制御（直進、進路変更、定常旋回、8の字）
- ・ ウィンカー、前照灯点灯や上下、ホーン操作、キルスイッチなど

○ 交通状況に即した運転

- ・ 渋滞車線のすり抜け（進路変更）
- ・ 追い越し（高速道路、一般路）
- ・ 追い抜き（ ク ）
- ・ 追い越され（ ク ）
- ・ 混合交通（交差点の左折、右折、カーブ）

○ 停止

- ・ 制動による減速、前後ブレーキ配分（通常、急、緊急）
- ・ カーブ中の制動
- ・ 制動転倒時の危険回避動作
- ・ 滑り（前輪、後輪、滑りからの回復）

2-6-2 道路環境と運転

○ 市街地

- ・ 路面条件（凸凹、水溜まり、凍結、輪だち、砂利道、等）
- ・ 道路条件（道路工事による障害、ガードレール、歩道段差、電柱、線路、踏切、マンホール、建物、看板、衝立、樹木、駐車車両、複数車線）
- ・ 高速道路

○ 山岳路

- ・ 登り坂、下り坂、カーブ、見通しの悪い頂上付近
- ・ 坂道の凍結路

○ 車両以外の道路利用者

- ・ 道路側面の歩行者、自転車
- ・ 横断歩道の歩行者

- ・動物（犬、猫、牛馬）
- 対向車・隣接車・駐車車両などの動的条件
 - ・対向車接近（車両の進路横切り）
 - ・側面車両（隣接車両、合流、並走）
 - ・他の二輪車との走行
 - ・駐車車両（側面通過、ドア開き、相手の進路変更による急発進）
- 積載
 - ・二人乗り、荷物の積載
- 特殊車両
 - ・路線バス、清掃車、大型トラック
 - ・緊急車両（救急車、消防車、パトカー）
- 天候状況
 - ・雨、雪、霧、煙による視界の障害
 - ・強風、変化の大きい横風
- 夜間運転
 - ・対向車の照明、街灯の有無、バックミラーによる後続車の前照灯反射
 - ・夜間保護色（黒系衣服着用）の人の飛び出し、駐車中のトラック
 - ・日照、薄暮、月、星、道路照明、建物照明
- その他

2-7 シミュレーターのシステムフロー

システム構成はシミュレーターが目標どうり運転動作するかどうかの重要な機能を担っている。下記の項目は全てを入力しなくとも、予め標準値をデフォルト値としてセットしておけば煩雑な入力を避ける意味で便利である。

以下に、シミュレーター稼働時の作動する順序を列挙すると：

(1) 初期セット

運転する前準備として、走行条件をホストコンピューターに教える必要がある。

- ① 運動方程式に必要な定数、係数の入力、完成車重量、ロール慣性モーメントなど
- ② タイヤ特性……コーナリングパワー特性、スリップ角、キャンバ角、横力、セルフアライニングトルク、オーバートーニングモーメント、

空気圧などの定数

③ 機関特性……トルク特性、出力特性～回転速度

④ その他

(2) メニューセット

運転者が運転を始める前に、走行目的コース（市街地、サーキット、模擬教習所など）、車種、機関種類や性能諸元、体重（センサーによる自動セットが望ましい）などを、CRTのメニューのタッチセンサー画面に触れるだけで入力できれば目的の自由度が増す。

(3) 運動方程式

運動方程式の解は模擬二輪車を疑似的に走行させ、時々刻々の動きの基本データを決定する。全ての運動を仮定することで距離、速度、加速度を各自由度につき、メインのコンピューターが監視し、各アクチュエータに的確な命令信号を送る。

従って、運転中の動作基準になる力学的厳密解を得る場合は、二輪車運動を2階の非線形ラグランジュ微分方程式を1階に変形しRunge-Kutter-Gillを適用して解くことになる。後のメンテナンスの容易化を計るためCPU言語はFORTRANを使用する。但し、厳密解を必要としない場合は自由度を3～4に簡略化して、グラフ化した経験要素を用い簡易型理論式で、いわゆるテーブル・ルックアップ方式とすればCPUの要求能力は激減し、PC（CPU 486）程度のハードで応答速度も実用的になろう。

理論モデル（力学的厳密性追求）

・運動解析用プログラム

二輪車の基本モデルは車体が6自由度、操舵系、人間を含め10自由度で表現される。横移動はヨーの前後輪同相運動と考える。

二輪車の運動方程式は一般的に

$$[M] \ddot{u} + [C] \dot{u} + [K] u = F(t)$$

$[M]$: 質量マトリクス u : 変位ベクトル

$[C]$: 減衰マトリクス F : 外力

$[K]$: 剛性マトリクス t : 時間

のように表現される。さらに、

- (1) タイヤの摩擦とモーメント
- (2) 空力中心に加える力とモーメント
- (3) タイヤモデルは非線形関数で与える

などの考慮が必要である。

多入力、多出力のクローズドループ制御可能な理論モデル(数式)を想定し、二輪車の操舵特性、及び重心移動反応機能を含むタイヤスリップ角に対するCP(コーナリングパワー)など非線形特性を持たせる。理論モデルの出力(時々刻々の演算結果)、即ち二輪車の運動に対応する可動装置と画像の動きをコンピュータコントロールする。計算式は運動方程式を周期的(11ms)に解くことになるが、厳密解を求めるためには、微分方程式がA3用紙で8枚程度になる。又、ハードは32ビットのスーパーミニコンピュータ程度の能力が要求される。

(4) 可動部

操舵トルク反力、ロール反力、疑似遠心力や加減速Gを機械的に与える。

可動部は疑似二輪車の運動とハンドル回転方向、装置全体のピッチ方向の駆動をする。これらは、専用のCPUを持ち、メインコンピュータからのデジタル信号によってサーボモーターや油圧機器のサーボバルブに回転角やストロークの指示を与える。(5)の模擬動と関連しながら、モーターや油圧シリンダーをどの角度、変位だけ、どのような速度で駆動するかを決定し、命令する。同時に各駆動軸に配置したセンサーが動きを監視し、CPUにフィードバックする。センサーは絶対位置を正確に示す必要のある場所にはアブソリュート型ポテンシオメーターを使用する。正しく命令どおり作動したかは、メインコンピュータが1サイクル毎に監視する。緊急事態(予め正常範囲を設定)が発生した場合、主電源を即座に切断する。これらは、専用設計のシミュレーター用VLSIを採用すれば、比較的容易に実現可能である。

◇駆動方式

筐体、車体、ハンドル反力等の駆動は強力なサーボモーターまたは、油圧器機を基本とする。筐体可動部の回転方向姿勢保持はラック&ピニオン方式で機械的に駆動する。

(5) 模擬動(本物と同じ動きでなく、錯覚によって、本物らしい感じを与える)

模擬動はシミュレーターを運転する人に、本当らしく、加、減速度を与え、転倒させたり、コーナリング中の下向き加速度(重力加速度の分力による疑似加速

度)を与えるよう、全ての可動部や映像を同期させる。さらに、操舵トルク反力、ロール反力、疑似遠心力と加減速Gを模擬する。特に加減速Gは画面とライダーの相対位置を保持しながら実車と画面を含む筐体全体を傾斜させ重力加速度の成分を利用して疑似Gを発生する。加速時は筐体を前上がり、減速時はその逆の方向にコントロールする(図2-2)。

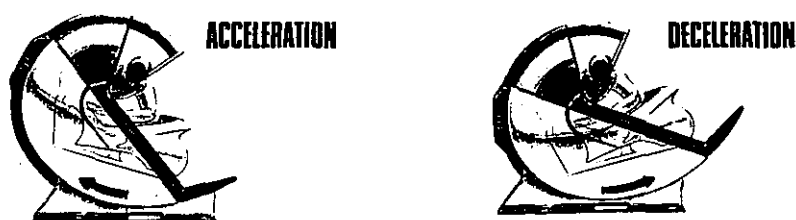
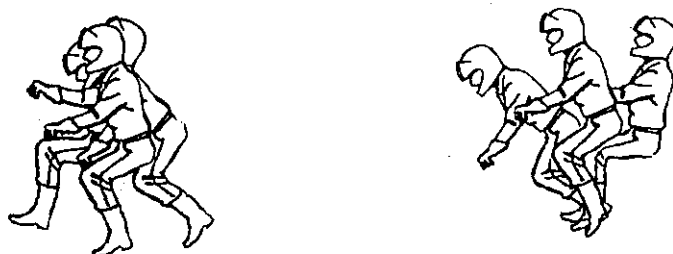


図2-2 減速時と加速時でピッチング方向の角度を変化させる

この際、回転中心をライダーの比較的上部に設定することが重要である。このような配慮がないと、過渡状態で頭部へ逆向きの加速度が発生し、違和感を感じさせる。人間を振り子に乗せ、回転中心をパラメーターに、実験すると理解できる(図2-3)。



(a)回転中心が上部にあり頭部の変位が少なく不要な加速度の発生を制御 (b)回転中心を下にすると頭部に不要な加速度が発生する

図2-3 回転中心の位置と加速度

二輪車の運動状態を、運動方程式の解が可能な限り忠実に示し、各アクチュエーターへ信号が転送される。

スレーブコンピューターはホストコンピューターからの信号を受け模擬動係数を計算した後、可動部の動きに最適なパルス信号(デジタル)に変換し、油圧シ

リンドーやサーボモーターを駆動する。

(6) 映像

二輪車（自車）を中心（ライダー目線の高さ）とした他車も含む環境風景。他車は乗用車、バス、トラック、二輪車、自転車、人間、動物などの一般交通参加対象で物の動きを時々刻々計算する。場面に必要な情報をデータベースから取り出し、遠近法に基づいて、座標変換を行う。各ピクセルの組み合わせによって面張りを行う。これらは高速演算が必要なため、画像専用ハードの高速コンピューターを用いる。

◇テクスチャマッピング

3次元ポリゴンに2次元の写真を張り込むことで、非常に現実性のある、画面が得られる。いわゆるテクスチャマッピング方式である。写真を基として詳細なパターンを実時間で表示可能なテクスチャーパターン（生地 の 縞模様）は128段階の半透明、256諧調の濃淡表現でピクセル毎の逆変換によって各パターンのパースペクティブ補正を実時間（33ms）で実行される。

従って、従来ベタ塗りの貼り絵であった画像が、実際の写真のような臨場感のある画面を比較的容易に入手できるようになった（写真2-1）。

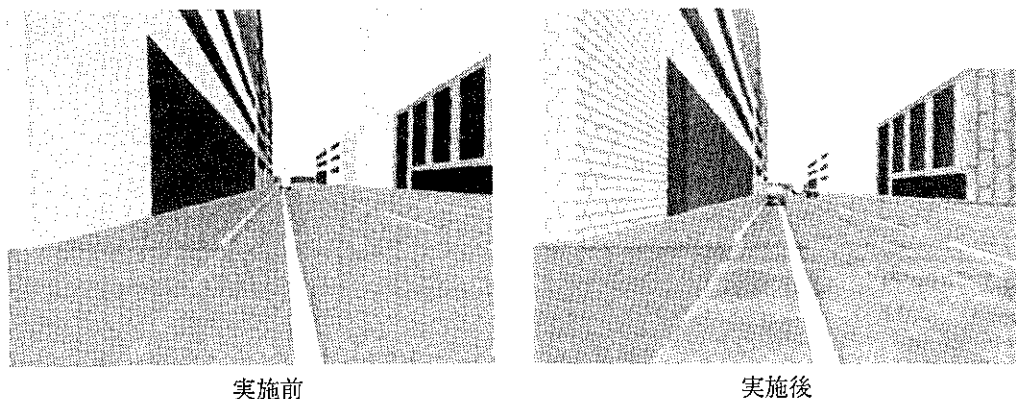


写真2-1 実画面のテクスチャマッピング効果

また、信号機、前照灯、尾燈、方向指示器などの自ら発光する物体の表現も色、大きさ共に変更可能で自由度が増している。非常に広範囲で多彩なシーンを表現する場合、ハードディスクのデータベースからVMEバス（高速転送用回線）を

通してページングすることで変化に富んだ走行風景を演出することもできるようになった。霧、霽、薄暮などの気象条件も表現され、CGが映画やレーザーディスクの繊細さに、幾らか近づいたように思われる。これは専用VLSIの製作技術と廉価化が大きな要因であろう。1,024×1,024の高解像度でありながら、画像変換すれば、NTSC方式にして使用できる。従って、ビデオ画像として、記録する事も可能である。これは、シミュレーター運転後の学習に効果的であろう。

(7) 音響

音響システムは、予め高忠実度機器（DATなど）で実車の音を録音し、ホストからの指令によって必要な音をタイミング良く出力できるデジタルサンプラー方式が便利である。

例えば、運転状況に応じて変化するエンジン音は、機関性能、走行抵抗とスロットル開度などから負荷状態によって、瞬時に運動方程式を解き、その状況の回転数を計算し、相当する回転音を増幅器を通して、デジタルサンプラーによってスピーカーから音を出す仕組みである。さらに、街中の雑音（環境音）、進路を示す声の情報を担う。エンジンの始動、チェンジ、ブレーキ、タイヤスキッド、吸排気、車体接地音、転倒、衝突、風切り音など、また、他車音は、乗用車、トラック、バス、二輪車などの追い越し車、対向車（ドップラー効果も可能）の効果音など、ほぼ実用的に問題が無い程度の忠実度で再生可能である（図2-4）。

自車音（機関、吸排気音、チェンジ、F/Rブレーキ、タイヤスリップ音、接地音、風切り音）、他車運転音、衝突音、市街地環境騒音、緊急自動車のサイレン音（ドップラー効果）など。その他進路案内のアナウンスもホストコンピューターと同期される。

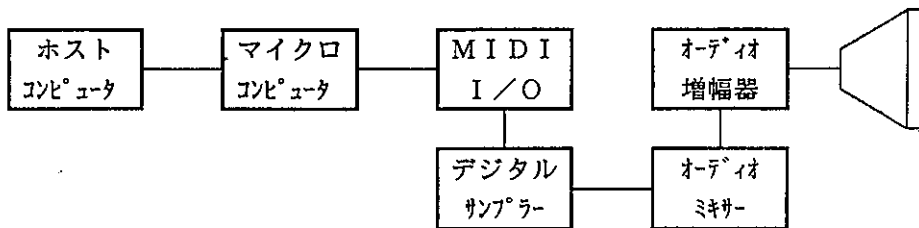


図2-4 音響発生装置の例

(8) 振動

電磁加振器、油圧加振器、サーボモーターなどで、機関振動、変速機作動ショック、などの振動をハンドル、ステップ、シートへ、機関振動は回転数の次数に比例したSIN波を発生させる。

(9) 交通流制御

自車以外の市街地における混合交通流を考える必要がある。この結果を(6)の映像部、(7)の音響部へ出力する。自然な混合交通流を再現させるためにランダム性と、相手の車が自車とのかかわり合いで、行動するよう、いわゆるファジー理論で自然な動きにすることが望ましい。他車の数は多いほど、渋滞場面に近い臨場感がでるが、コンピューター能力に影響を受け、最低限10台は同一画面に登場させたい。他車のX Y座標値 (平面位置)、同期された複数本の信号機制御、ブレーキランプ、ウインカーのON・OFF、また、右折車や、無謀な追い越し、レーンチェンジ、駐車中の車のドアが急に開く危険場面など、このシステムで制御される。その他、動く物体の飛び出し制御などのアルゴリズムが必要である (独立CPU)。

(10) 全体システム制御

全体のシステムが正しく働いているかを常時コンピュータープログラムで監視する。

(a) 安全監視……初期設定以上の動き、荷重など設定値を越えない

(b) 起動停止……センサーフィードバックにより異常事態の監視

ノイズによる外乱、異常負荷、過電流、過熱など

(c) 履歴管理……運転状態を監視し、記録に残す

異常を検知したら速やかに、可動部を停止し、状況次第で主電源を遮断する。

(11) 採点システム

運転者の運転履歴と、複数の教官の標準偏差との差異が採点の目安になる。結果は合格、注意、不合格で、どの運転部分が良くなかったかを教官が指摘する。同時に運転課程をビデオに収録し再生しながら疑問点を再び試みる。

2-8 シミュレーターのフローチャート

2-8-1 コンピュータシステム流れ図

シミュレーター運転時のコンピューターシステム基本フローを (図2-5) に示す。

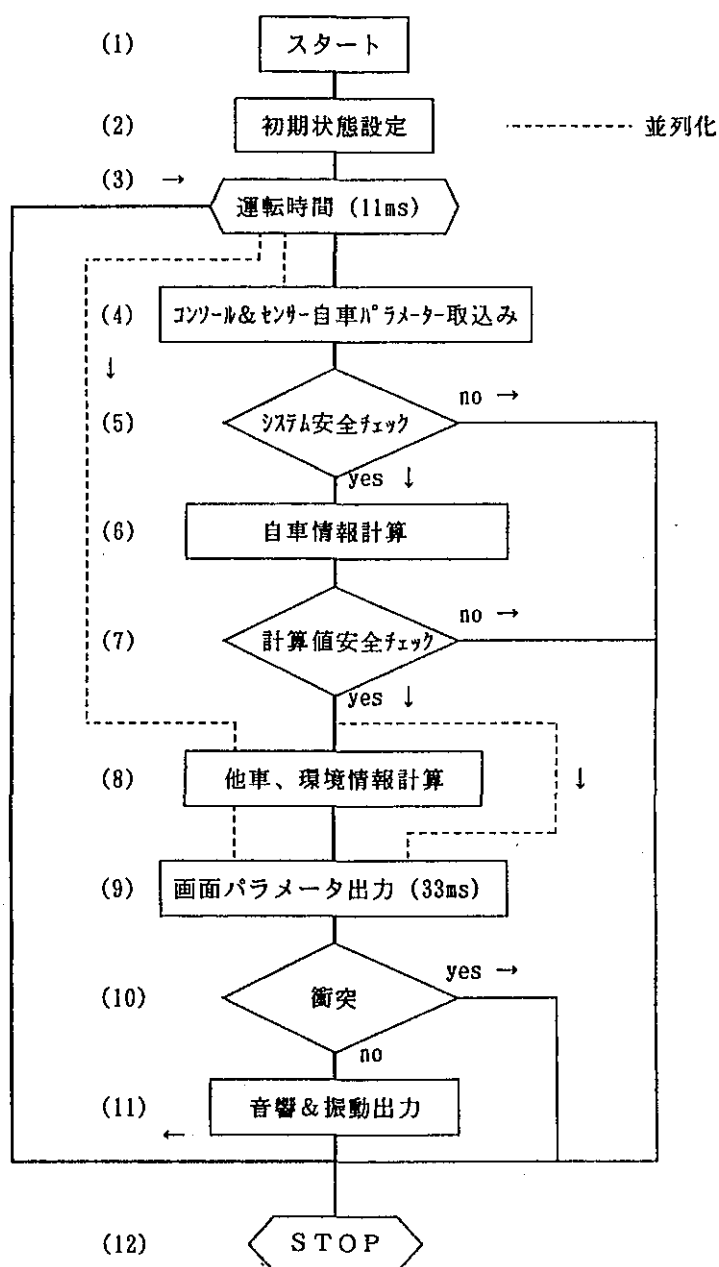


図2-5 ライディングシミュレータの流れ図

ホストコンピュータは、32bitを使用し、運動方程式を解く。その解は二輪車の挙動に関するデータを時々刻々（10ms以内）可動部、映像部、音響部へ転送する。このデータによってシミュレータの機能が総合的に同期されながら運転される。

シミュレーターの動作を行うメインルーチンの流れ図に沿って以下に説明する。

- (1) シミュレーターをスタート（コンピューターへの指令）。
- (2) 初期状態の設定をする。ここでは、全ての条件をリセットして振出しから操作が始まる。
- (3) コンピューターの内部クロックで、全ての動き（映像、音響、可動部など）が同期される。NTSC方式の映像を使用しているため、一画面が33msの周期となり、運動方程式は11msの周期で1画面に3回解くことになる。可動部の遅れ、即ち、運転感覚に違和感を与えないようにするためには、この程度の周期で運動を制御しなければならない。特に、模擬二輪車の運動性能をどこまで再現するかで異なるが、俊敏な動きを要求する場合、この程度のレスポンスが必要であろう。
- (4) CRTで表示されたメニューはコンソールに用意された設定コース（一般の混合交通、練習場など）をCRT上のタッチパネルで選択できる。
- (5) システム安全チェックは、各センサーからの信号をコンピューターで判断する。これらのチェックは、安全性について数十項目にわたり厳密に行う。例えば、装置に運転者以外の人々が接近していないか、運転者は決められた運転姿勢で“正しく操作しているか？”など。
- (6) 自転車情報計算は、運転中の二輪車がどのような状況に置かれているか、どんな姿勢になっているか、速度、機関回転数、変速機の段数位置、ハンドルの操舵角、ブレーキの状態、スロットルの開度、運転者のリーン角など各センサーからのデータ情報を計算して次の状況を判定し、映像、音響、可動部への信号をフィードバックする。
- (7) 上記で計算された値が異常か否かを判定基準に従って、評価し、定められた既定値以内であれば、次のステップに進み、そうでない場合は、直ちに装置を緊急停止させる。
- (8) 他車、環境情報計算は交通環境に於ける他車の挙動や動向が運転操作にとって重要な判断基準になるが、一画面に他車を何台同時表示できるかは記憶容量とCPUの能力により決定される。本装置の教育内容では約10台程度まで必要である。
- (9) 画面パラメーターは運転者の目線の位置から見た、状況を地図データーから、時々刻々計算判定しながら、前面画像をパースペクティブ（Perspective）計算して、遠近感を表現する。

- (10) 干渉チェック（物体同士の重心からの距離）で他の物体と接触した場合、画面は衝突状態の画面（予め用意している）を表示し、衝突音を出して、二輪車を傾け転倒させる。
- (11) 予めメモリーに記録された信号を組み合わせで音響波形を時々刻々の計算結果に基づいて時系列的に増幅器に送り、スピーカーから効果音として出す。振動は機関振動、凹凸路面や継ぎ目を乗り越える振動などを加振機でシート、ハンドル、ステップなどに発生させる。
- (12) シミュレーター運転時の衝突、運転中で装置に危険（予め設定された以外の動作）が検出されたとき、予定の運転行動が完了した場合など運転機能を停止する。また、装置のモニター監視者が緊急事態を発見した場合も緊急停止ボタンを押すことで外部（運転者以外）から緊急停止可能である。

2-9 コンピューター制御プログラム項目内容

主に、自車運動方程式の解、センサー、画面、可動部、安全監視などの制御をする。

(1) システム制御プログラム

項目

- ① コンソールパラメーターの入力
- ② センサーパラメーターの入力
- ③ 画面パラメーターの入力
- ④ サーボ系パラメーターの出力
- ⑤ 二輪モデルの安全性判定
- ⑥ 自車計算プログラムのコントロール
- ⑦ 採点プログラムのコントロール
- ⑧ その他

(2) 自車計算プログラム（運動方程式の解）

項目

- ⑨ 自車プログラムのシステムのインターフェイス
- ⑩ 採点プログラムのためのパラメーター出力

(3) 採点プログラム

項目

- ⑪ 自車パラメーター運転の入力
- ⑫ 採点基準の設定

(4) 採点の表示

⑬ 他車、環境計算プログラム

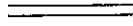
項目

⑭ 地図情報

⑮ 道路情報

(5) 道路種類……直進 曲進 交差路 Y路地 (坂道は含まない)

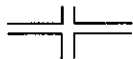
・直進



・曲進



・交差路



(6) 道路接続

(7) 道路形状……長さ、幅、交差点位置、半径、中心

(8) 信号機情報……信号機情報・相対距離、赤、青、黄色、フラッグ
位置、時刻、R・B・Y・BACKのカラー情報

(9) 自転車情報

位置情報……座標位置 (道路番号、道路内相対位置)

自転車運動方程式プログラムから与えられる速度方向情報

(10) 他車情報

位置情報……座標位置 (道路番号 道路内相対位置)

交通流制御プログラムから与えられる速度方向情報

(11) 速度情報……平均速度、平均方向、速度ズレ、方向ズレ

走行情報……直進、方向転換、加減速

干渉情報……他車干渉、道路端干渉、建設物干渉

障害物情報……位置、大きさ、ドア開き

2-10 センサー類と要求分解能の諸元例

ライダーから入力される変位、角度は精度上デジタルエンコードが望ましい。さらに、相対変位でなく絶対変位、角度を必要とする場合 (ハンドル角、転倒角など) アブソリュート型を使用する。また、荷重測定はロードセルが簡便で、精度も満足できる。加速度の計測も歪ゲージ型が極低周波まで測定可能で便利である。トルクメータはクロス歪ゲージを軸に貼る方式で必要な精度が得られる。アナログ出力の場合はA/D変換でデジタル信号に変換し、コンピューターへフィードバックする。これらの要

求分解能の一例を下記に示す。

表 2-1 ライダー入力センサー類の諸元例

ライダー入力	最 大 値	要求分解能	センサー種類	フルスケール	AD分解能
操 舵 角	±30度	0.05度	アブソリュート ロータリエンコーダ	±35度	11 bit (2048)
操 舵 ト ル ク	±10kg-m	0.5kg-m	トルクメータ	±10kg-m	9bit (512)
スロットル角度	90度	1度 (1/90)	ポテンシオメータ	100度	7bit (128)
フロントブレーキ 入 力	15kg レバーレシオ 6 約80kg	0.1kg (1/150)	ロードセル (圧縮型)	100kg	8bit (256) 以 上
リヤブレーキ 入 力	20kg レバーレシオ 4 約80kg	0.2kg (1/100)	ロードセル (圧縮型)	100kg	7bit (128) 以 上
クラッチレバー ス ト ロ ッ ク	32度	0.3度 (1/107)	ポテンシオメータ (抵抗型)	40度	7bit (128) 以 上
ラ イ ダ ー リ ー ン ト ル ク	±10kg-m	0.05kg-m (1/400)	ロードセル 引張圧縮型	アーム長0.2m ±50kg-m	9bit (400) 以上

2-11 項目別の製作費比率

シミュレーターの製作費は大別すると、電子機器部、可動部、音響部、映像部、その他に分類でき概算割合を図 2-6 に示す。概略の内訳は電子機器が20%でメインコンピュータ、及び周辺機器の記憶装置、ディスプレイ、スクリーンなど、機械可動部は10%で筐体、二輪車本体、骨組み、基礎台、油圧機器、サーボモーター類など。音響部は3%で疑似音のメモリー、音響変換部、増幅器、スピーカ、小型加振機、CPUなど。その他は5%で各センサー類、AD変換器、DA変換器、研究費、雑費などである。シミュレーターの機器構成によって、多少の変化はあるが、ほぼこのような価格分布になろう。映像部にCGIを採用すると自由度が高い反面、全体の60%を占め高価になる。

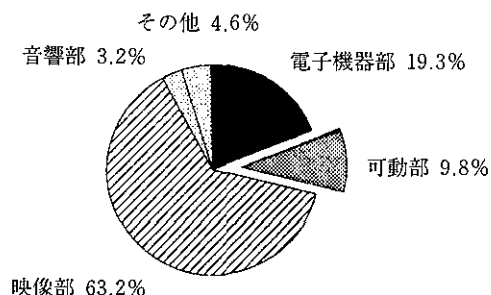


図 2-6 二輪車シミュレータ費用割合

2-12 シミュレーター機能概要

二輪車シミュレーターの例として項目と機能内容について以下に一覧表を示す。

表 2-2 シミュレーター機能例一覧表

	項 目	機 能 内 容
行 モ ー ド	・ふらつきモード ・連続“曲がり”（スラローム） ・加減速、制動制御 ・一本橋モード ・高速直進（250km/h） ・低摩擦係数路（低μ路） ・洗濯板路 ・正弦波路（SIN） ・ABS* ・直進 ・コーナリング	・5 km/h以内の極低速ではハンドル修正しないと立ってられない（不安定に左右操舵） ・ハンドル操作と体重移動でスラローム感を得る ・BOX全体をピッチ方向に土の角度を回転する ・一本橋の巾以上タイヤ接地点が移動しない ・風景が流れるように出る（注視視野角低減） ・路面の色が水色（氷結）になるとμは低下 ・スピードに同期して前後の接地点が上下 ・sin波で上下 ・低μ路でもABSを作動すると安定して止まる体重移動の変化に追従する
反 力	・ロール反力（車体） ・操舵反力（ハンドル） ・テール流れ（車体）	・ジャイロモーメント、路面CP、遠心力 ・高速になると重くなり、体重移動によるハンドリングが主流 ・後輪がスライドしたら逆ハンドルで直進可能
映 像	・視点型（ライダー中心） ・リモコン型（間接）	・CGI方式によるコンピュータ画像 ・自分の二輪車が画面に見える（ゲーム機）
振 動	・機関の回転数に比例 ・1、2次振動	・同期モータ、油圧サーボコントロール ・電磁加振器（主として高周波領域）
音	・立体音響による自車、他車運転音と環境騒音、案内音	・機関回転と同期した音源をシンセサイズする市街地の環境騒音、コースの案内アナウンス
風	・走行風	・顔の方向中心に流す（低速のみ速度比例）

* Anti-Brake System

2-13 おわりに

二輪車用教育シミュレーターの例について述べたが、映像装置に大型スクリーンを使用している限り、小型軽量で廉価な装置は困難である。また、二輪車は操縦者の重心移動と可動部の連係運転制御が必要で、航空機、四輪車用と大きな相違点である。車体の反動と操縦者の操舵、重心移動が同期しないと、コースを外すか転倒につながる。

今後、映像は40万画素以上のヘッドマウントディスプレイ（液晶カラー）の仮想現実装置が小型、軽量化に期待されている（CGデーターを前記の装置で見ると単色でも臨場感向上）。この装置は運転者の頭の動きを上下左右と各回転方向（6自由度）に非接触センサーを利用してデーター変換する。コンピューターはデーターを読み取り、顔の向く方向の画像を計算し映し出す。音響装置は、簡略化された軽量ヘルメットに一体化されたヘッドフォンで外部から遮断された独自の世界を創る。一方、運動方程式は簡略化され、経験要素による、表参照方式（Table-Look-Up）を改良し、採用されよう。

その他ニューロコンピューターの導入によって、模擬動に運転行動の学習効果をもたせ、知能的な要素を付加することで、いっそう自然交通環境に近い運転学習ができるよう。

主CPUはPC(486) 1～2台程度で、小型、軽量、廉価になり「路上教習代替」の一助になり得るシミュレーターの実用化を期待したい。

第3章 シミュレーターの安全運転教育に対する有効性の評価方法及び結果

3-1 はじめに

ライディングシミュレーター(本章以下シミュレーターと略す)の開発の現状は、本報告書の付録2にあるように、単に操作の仕方を訓練するだけの固定ベースのものから交通環境(場面)をある程度ランダムに変化させる映像機能を備えたものまで広範に及んでいる。

しかしながら、安全運転教育用のシミュレーターの設計およびシミュレーターを用いた安全運転教育の計画には、次の二点について定量的な検討が行える数学的方法が是非とも必要である。

第一点は、ある交通危険場面に関する安全運転教育を行なうには、どのような機能あるいは性能をどの程度の模擬忠実度で備えたシミュレーターが要求されるかを定量的に決定する方法である。これは安全運転教育に用いるシミュレーターの設計仕様を定めるときの基本データーを与える方法でもある。

第二点は、ある設計仕様のもとに製作されたシミュレーターを用いて、ある交通危険場面に関する安全運転教育項目を実施するとすれば、そのシミュレーターではどの程度満足にその安全運転教育項目が実現(実行)できるかを定量的に評価する方法である。

しかしながら、現在までのところ、この様なことの定量的な検討を行うための方法は見あたらない。

そこで、本章では上に述べた事項を検討するためのあいまい関係(ファジー関係)を用いた数学的方法と、それに用いるデーターを作成するための方法を提案する。本方法の特徴は、ある交通危険場面において、運転者が実行しなければならないタスクの重要度に関する安全運転教育者のあいまいさ(正確な知識あるいは情報が不足していることによる不確実性)を伴った主観的な決定と、シミュレーターの必要とされる機能の模擬忠実度に関する設計者のあいまいさを伴った主観的な決定を数量的に取り扱って、上記二点についての定量的な評価が行なえることにある。以下にこれらの方法の概略を述べる。

なお、本章の内容は参考文献(1)IATSS Research Vol. 17、No. 1、1993を要約し

たもので、詳細は原論文を参照されたい。

3-2 評価方法

3-2-1 ミッションとタスク

ある特定の安全運転教育項目、すなわち「ある交通危険状態を表した場面」をミッションと名付ける。また、ミッションにおいて「目標を達成するために運転者が実行しなければならない行為あるいは操作」をタスク(y)と呼ぶことにする。一般には、このタスク(y)には認知行為・操作行為・周囲とのコミュニケーションなどが含まれる。しかしながらここでは、認知行為の適否は運転者の行ったミッションの成績に反映されるものと考えて、タスク(y)には、運転者が行うべき確認の行為と外部から見て、実行したかどうかが直接判断できる物理的な行為をとる。安全運転教育で実施される個々のミッションには、複数のタスク(y)が含まれる。それぞれ個々のミッションに含まれた互いに独立なタスク(y)を全部集めたものを、タスク(y)の全体集合と呼び、Yと表す。

したがって、ある特定のミッションにおいて、運転者が実行しなければならないタスク(y)は、このYの一部となる。なお、ある特定のミッションに含まれるタスク(y)の項目の抽出法の要約を3-3に述べる。

3-2-2 安全運転教育用シミュレーターの必要機能

安全運転教育用のシミュレーターは、車両(+乗員)、映像、音、振動、風、採点等の各サブシステムから構成される。さらにサブシステムは、幾つかの機能部品からなる。さらに機能部品は、一つまたは複数の機能要素から構成されており、機能要素はいくつかの属性(機能あるいは性能)を持つ。ここで、機能要素が有していなければならない属性を「必要機能(x)」と表すことにする。

シミュレーターが有する互いに独立な必要機能の全部を集めたものを、必要機能の全体集合と呼び、Xと表す。なお必要機能(x)項目の抽出法の要約を3-3に述べる。

3-2-3 タスク(y_i)と必要機能(x_j)とのあいまい関係(ファジー関係)

一般に、タスクの全体集合Yに含まれるある任意のタスクy_iと必要機能の全体集合Xに含まれるある任意の必要機能x_jとの間には、何らかの関係(関連)が存在する。

ここでは、この関係を、「運転者が実行しなければならないタスク(y_i)とシミュレー

ターの必要機能(x_j)との関連の強さ」としてとらえられる。これはシミュレーターを設計する際に、設計者によって前もって定められる設計仕様にも対応している。しかし、この関係の強さの度合(程度)の決定は、設計者の主観に深く関わりあいまいさが含まれるため、あいまい関係(ファジー関係)として表現するのが適当であると考える。

全体集合YとXに含まれるそれぞれのタスク及び必要機能の間の関連の度合は(関連がない場合も含めて)次のようなファジー行列となる。

$$R = \begin{matrix} & \begin{matrix} x_1 & x_2 & \cdots & x_m \end{matrix} \\ \begin{matrix} y_1 \\ y_2 \\ \vdots \\ y_n \end{matrix} & \begin{bmatrix} \mu_R(y_1, x_1) & \mu_R(y_1, x_2) & \cdots & \mu_R(y_1, x_m) \\ \mu_R(y_2, x_1) & \mu_R(y_2, x_2) & \cdots & \mu_R(y_2, x_m) \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ \mu_R(y_n, x_1) & \mu_R(y_n, x_2) & \cdots & \mu_R(y_n, x_m) \end{bmatrix} \end{matrix} \quad (1) \text{ 式}$$

このRは、YとXの二項ファジー関係と呼ばれる。

ここで、たとえば $\mu_R(y_i, x_j)$ は、タスク y_i と必要機能 x_j との関連の強さを示す0から1の間の値である。この値は、安全運転教育者とシミュレーターの設計者の主観的評価によって決定されるもので、その詳細は参考文献(1)のAppendix Aを参照されたい。

3-2-4 あるミッションを実施するのに必要とされるシミュレーターの必要機能とそれらの模擬忠実度の度合の決定法および評価対象とするシミュレーターの総合性能の評価法

ここでは、まずはじめに、ある特定の安全運転教育項目(ミッション)を完全に実施するためには「シミュレーターの機能要素の必要機能(x)を、どの程度の忠実度の度合で模擬すればよいか」ということを決定する方法を、次に、そのミッションを評価対象とする既存のシミュレーターで実施するとすれば、「そのシミュレーターの各機能要素の必要機能は、そのミッションを実施する上で、どの程度の満足度であるか」というシミュレーターの性能を評価する数学的方法の概略について述べる。

これらの方法の展開において基本となる概念は、「運転者が、実行しなければならないタスク(y)の必要度が低ければ、それに関連するシミュレーターの必要機能(x)の模擬忠実度も低くてよい」ということである。

提案する方法は次のようである。

まず、安全運転教育において設定されているすべてのミッションについて、3-3

に述べる方法にしたがってタスクの全体集合 Y と必要機能の全体集合 X を求め、参考文献(1)のAppendix Aの方法によって上述のファジー行列 R を決定する。次に、同じくAppendix Aの方法によって安全運転教育者は、実施しようとするある特定のミッションにおいて、運転者があるタスク(y)を実行しなければならない必要さの度合を示す $\mu_A(y)$ の値と、この $\mu_A(y)$ の決定に伴う不確実さを表す関数 $v_A(y)$ の値を決定する。またシミュレーター設計者は、評価対象となっているシミュレーターのある必要機能(x)のすでに実現されている模擬の忠実度の度合を表す関数 $\mu_B(x)$ の値と、この $\mu_B(x)$ の決定に伴う不確実さを表す関数 $v_B(x)$ の値を同様に決定する。ここで $\mu_A(y)$ 、 $\mu_B(x)$ は主観的な決定による0から1の間の値である。決定に伴う不確実さとは、その決定に関わる正確な知識あるいは情報が不足していることによる不確実さのことで、 $v_A(y)$ 、 $v_B(x)$ も0から1の間の値である。ある特定のミッションに含まれるそれぞれのタスク y_i (運転者が、実行しなければならない必要さの度合 $\mu_A(y)$ をもつ)の実現(実行)のための「シミュレーターの必要機能(x_j)の備えなければならない模擬忠実度の度合」は、全体集合 Y 上のそのミッションに含まれるタスクを要素とするファジー集合 T_A とファジー行列 R との合成演算によって求められる。この合成演算は、図1にそのイメージを示したようにファジー集合 T_A のファジー写像 f による誘導写像 $f(A)$ として X 上のファジー集合 $F_{B'}(x)$ を求めることを意味している。図中の $F_{B'}(x)$ がそれぞれの必要機能(x_j)に対して要求される模擬忠実度の度合を表している。

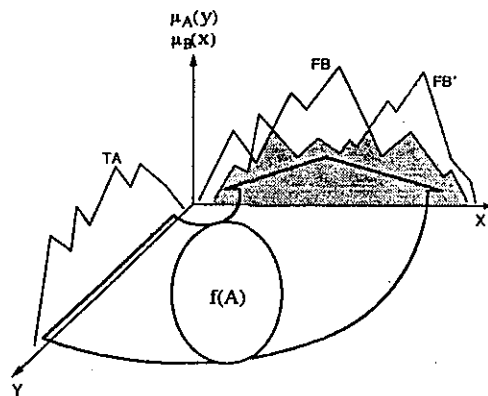


図3-1 ファジー集合 X 上に写された機能

次に、評価の対象とするシミュレーターで、ある特定のミッションを実施するとすれば、どの程度満足にそのミッションが達成(実施)できるかという、シミュレーターの性能の評価方法について述べる。まず 参考文献(1)の方法に従って、評価対象となる既存のライディングシミュレーターの各必要機能の模擬忠実度の度合を表す $\mu_B(x)$ の値を求める。そうすると、そのミッションの実施に対する評価対象とするシミュレーターの総合性能は、図 3-2 に示すように、 $\mu_B(x)$ と $\mu_{B'}(x)$ との重なり具合から

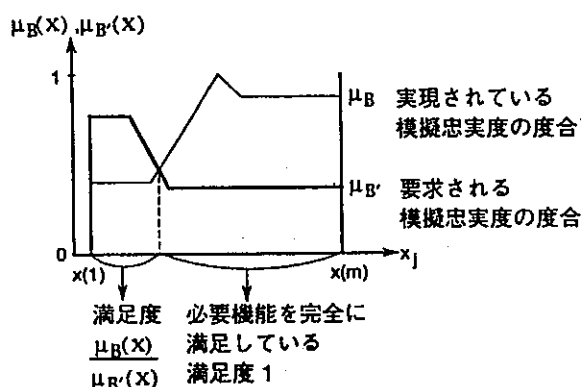


図 3-2 ライディングシミュレーターの性能評価

$$PI = \frac{\sum_{i=1}^m \left\{ \min \left(\frac{\mu_B(x_i)}{\mu_{B'}(x_i)}, 1 \right) \right\}}{m} \quad (2) \text{ 式}$$

として求められる。ただし、(2)式の計算には、 $\mu_{B'}(x_i) = 0$ である項目は、そのミッションを達成する上でその機能を全く必要としていないことを意味するから、分子の合計には考慮せず、 m の個数にも含めない。

また図 3-3 に示すように、これによってそのミッションの実施には、評価対象とするシミュレーターのそれぞれの必要機能の模擬忠実度が、どの程度過不足になっているかも明らかになる。

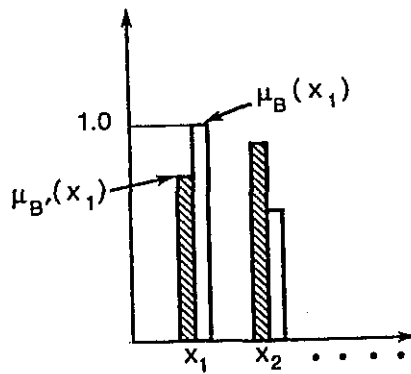


図 3-3 必要機能要素の模擬忠実度の評価

ー 5 評価対象のシミュレーターのある特定ミッション実施に対する有効度の評価法

では、提案する「評価の対象とするシミュレーターによって、ある特定のミッを実施するとすれば、どの程度満足にそのミッションが実現(実施)できるか」、評価対象のシミュレーターのミッション実施についての有効度を評価する方略を述べる。

方法は次のようである。まず、前項と同様に、参考文献(1)の方法に基づいて定のミッションについての $\mu_A(y)$ の値と $v_A(y)$ の値を決める。同じく参考文献の方法に基づいて、評価対象のシミュレーターの必要機能の模擬忠実度の μ_B 直、 $v_B(x)$ の値を決める。そうすると、「現に実現されている程度の模擬忠実度機能をもつ機能要素から構成されたシミュレーターで実現しうる各タスク(y)の割合」は、ファジー集合Rと全体集合X上の必要機能のファジー集合FB演算によって求められる。この演算は、図3-4にそのイメージを示すように一集合FBのファジー写像fによる誘導逆像 $f^{-1}(B)$ としてY上のファジー集 $\mu'(y)$ を求めることを意味している。

、そのミッションの実施に対する評価対象としたシミュレーターの有効度を、うな計算によって求める。すでに、そのミッションに含まれる各タスクについて者が実行しなければならない必要さの割合は、 $\mu_A(y)$ の値によって与えられるので、そのミッションの実施に対する評価対象のシミュレーターの有効度は、5に示したように、 $\mu_A(y)$ と $\mu_{A'}(y)$ との重なり具合から

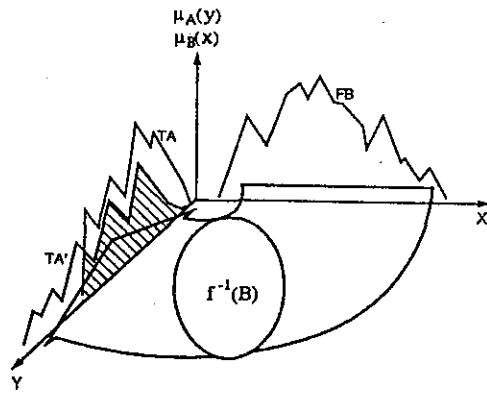


図3-4 ファジー集合Y上に写像されたミッション

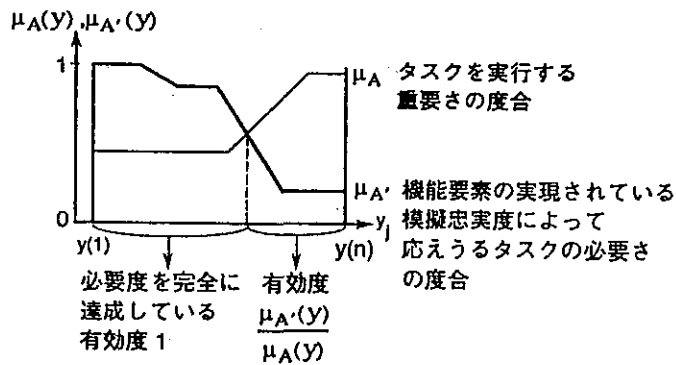


図3-5 ライディングシミュレーターの有効度の評価

$$El = \frac{\sum_{i=1}^n \left\{ \min \left(\frac{\mu_{A'}(y_i)}{\mu_A(y_i)}, 1 \right) \right\}}{n} \quad (3) \text{ 式}$$

として求められる。

この値は、評価対象とする シミュレーター によって実施しようとするある特定のミッション(図3-4中のTA)にどの程度似たミッション(図3-4中のTA')が実現できるかを示すものである。

ただし、(3)式の計算には $\mu_A(y_i) = 0$ の項目は、その特定のミッションに対して全く必要がないことを意味するから、分子の合計の計算には考慮せず、nの個数にも含めない。

また、図3-6に示すように、これによって評価対象のシミュレーターを用いてそのミッションを実施するに際して、個々のタスクの必要度がどの程度満足に実現されているかも明らかになる。

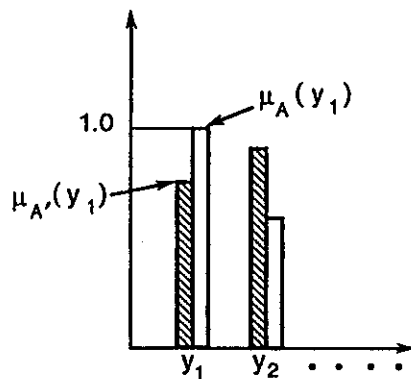


図3-6 タスクの必要度の評価

3-3 タスク(y_i)と必要機能(x_j)の抽出法と表現法

ここでは、前節の評価に用いるデータの作成法を提案する。

それは、まずタスク及び必要機能の表現法、実施したいある特定の安全運転教育項目に含まれるタスク(y_i)の抽出法、シミュレーターの必要機能(x_j)の抽出法である。

以下にその概要を述べる。

3-3-1 タスク抽出の視点

シミュレーターによる安全運転教育の目的は、交通危険場面で起こりうる危険状況を予知・予測して、防衛運転を行うことである。その際、教育の主眼は危険状況の有無を明確に察知して運転行動を決めるということよりは、むしろ常に危険状態が存在するとして、その危険状態を想定してそれに対する防衛運転の行動をとることである。

すなわち、常に安全側の運転行動を取ることを教育することで、危険状態が存在するか否かの「ヨミ」の訓練を行うことではない。

タスクの抽出に際しては、複数の安全運転教育者によってそれぞれに抽出されたタスクのバラツキをなくすために、その特定の安全運転教育項目の危険場面を示した本、スライド、VTR等によって各人共通の危険状況を想定することが大切である。

3-3-3 タスクの抽出法

タスクの抽出には、それが手続き的に行えるよう、参考文献(1)に述べた状態遷移図によるタスクの抽出方法を用いる。なお、状態遷移図の作成法及びタスク抽出手順は、参考文献(1)を参照されたい。

3-3-4 必要機能項目の抽出法

シミュレーターの必要機能の抽出には、それが手続き的に行えるよう、参考文献(1)に示した必要機能抽出のためのダイアグラムを用いる。

3-4 ケーススタディ

ここには、本章で提案した方法の妥当性と有効性を検証するためのケーススタディとその結果について述べる。

ケーススタディに用いるミッションは、二輪車の対車両事故の中で一番重大な事故である『交差点内での右直事故』である。また、本ケーススタディには、本報告書の付録1に示したホンダライデングシミュレーターを用いた。

その危険場面の映像の例を写真3-1に示す。

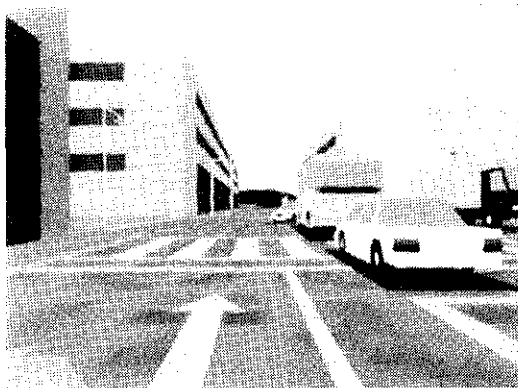


写真3-1 危険場面の映像例

図3-7が、3-3に述べた方法によって求めた「交差点内での右直事故」の状態遷移図である。同様に3-3に述べた方法によって抽出したノードFに於けるオブザベーション、イベント、アクションの一部を図3-8に示す。

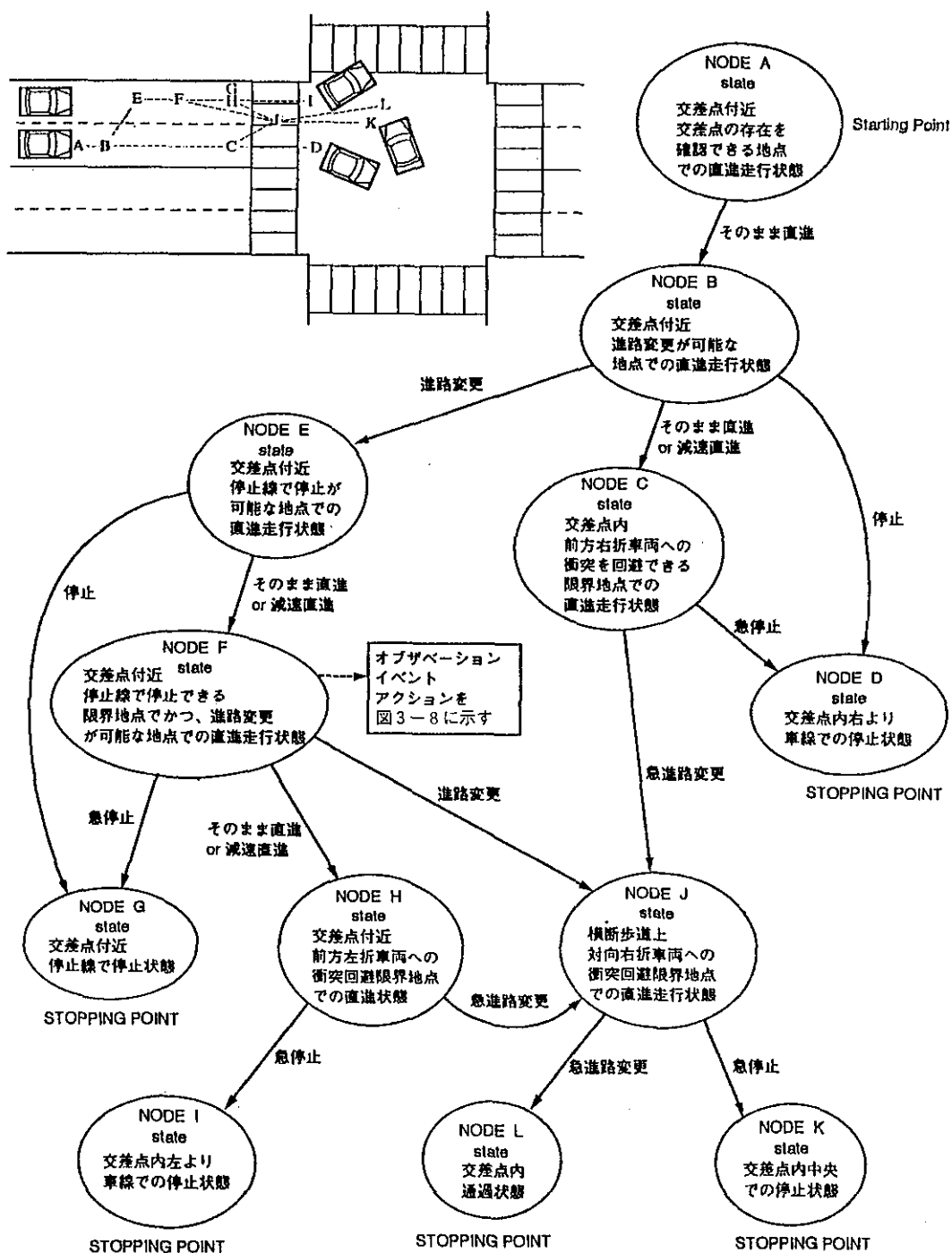
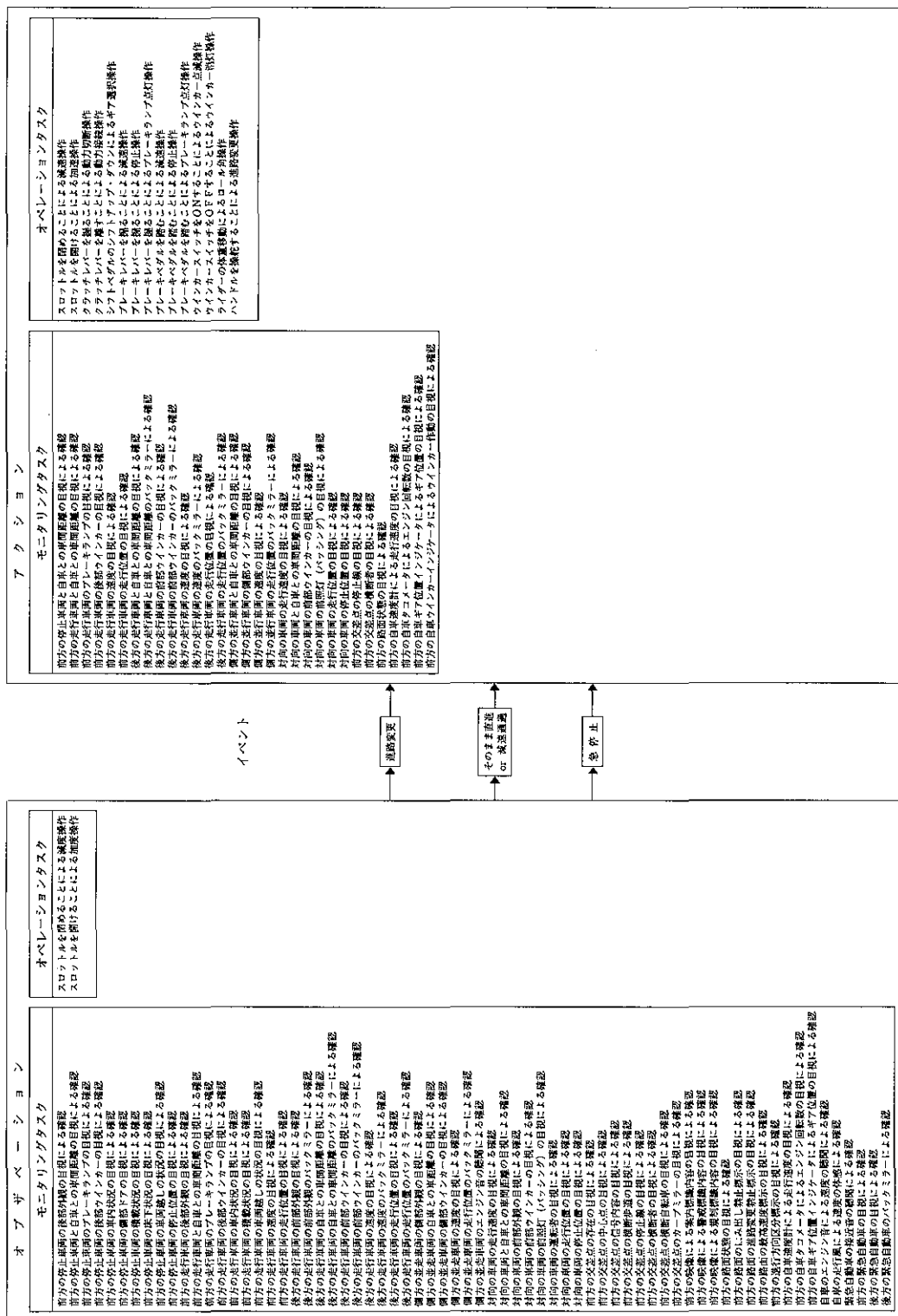


図3-7 「交差点内での右直事故」状態遷移図



ケーススタディに用いたファジー行列Rは“102×163行列”で、その行は監視および操作タスクの項目で、その列はシミュレーターの必要な操作機能、監視機能、状態表現機能の項目である。ファジー行列の要素は参考文献(1)のAppendix Aの方法によって安全運転教育者とシミュレーターの設計者で検討して定めたものである。

本ケーススタディでは、 $\mu_A(y)$ の度合い及び $v_A(y)$ の値は、102項目のタスクの各々について、ミッション「交差点内での右直事故」の場合に対して参考文献(1)のAppendix Aの方法によって安全運転教育者が定めたものを用いた。当該ライディングシミュレーターの165項目の必要機能の各々に対する $\mu_B(x)$ の度合い及び $v_B(x)$ の値は、参考文献(1)のAppendix Aの方法に従って、そのライディングシミュレーターの設計者が定めたものである。

これらのデータを用いて、本章に述べた評価方法によって

- (1) ミッション「交差点内での右直事故」を完全を実現するためのシミュレーターの必要機能の模擬忠実度の度合の決定とこのミッションに対する上記シミュレーターの性能
- (2) このシミュレーターで、ミッション「交差点内での右直事故」を実施する際のミッションの実現(実行)の満足度、すなわち当該シミュレーターでミッション「交差点内での右直事故」をどの程度満足に実現(実行)できるかの度合(シミュレーターの有効度)

についての解析を行った。その解析結果の要約を以下に示す。

3-4-1 (1)の結果

ミッション「交差点内での右直事故」に対して模擬忠実度が、ある程度不足とされた機能項目は、例えば

x 119：前方の交差点の横断者に関するスクリーンを用いた映像機能

x 124：前方の規制標識内容に関するスクリーンを用いた映像機能

など19項目であった。これらは全般的に前方交差点、標識、側方、後方の映像に関するサポートされていない機能である。

また、このミッションに必要なない、あるいは模擬忠実度が過大である機能項目は、例えば

x 129：前方の障害物の外観に関するスクリーンを用いた映像機能

x 21：クラッチレバーの断続操作によってスクリーンの映像が変化する

など16項目であった。これらは、このミッションに対しては、主としてホーンボタン、

キルスイッチ、クラッチ、チェンジペダルなどの二輪車のハードウェアが持つ一部と映像との関係の機能が不必要であったり、ハードウェアの機能自体の模度が高すぎていたものである。

このミッションを実施するのに過不足のない模擬忠実度の度合を持つ機能項は44であった。

ミッション「交差点内での右直事故」を実現するためのシミュレーターの必名および機能の模擬忠実度の過不足の程度の計算方法は、参考文献(1)を参照い。

ミッション「交差点内での右直事故」を当該シミュレーターで実施する場合のレーターの総合性能を(2)式によって求めた。それによって、75.5%の満足のミッションが実現できるという結果を得た。

3-4-2 (2)の結果

ミッション「交差点内での右直事故」の実施において満足に実現(実行)できスク項目は、例えば

y 46：側方の並走車両の車間距離の目視による確認

y 62：前方の交差点の横断者の目視による確認

など17項目であった。これらは全般的に前方、側方、後方の状況を目視によつするというタスクに関したものである。

また実現(実行)の度合に過不足のないタスク項目は、例えば

Y 6：前方の映像による自転車走行速度の目視による確認

Y13：前方の駐車車両の自転車との側方車間距離の目視による確認

など50項目であった。

ミッション「交差点内での右直事故」を実施するのに必要なタスク名およびタスクの実現の過不足の程度の計算方法は、参考文献(1)を参照されたい。

ミッション「交差点内での右直事故」の実施に対する当該シミュレーターのを(3)によって求めた。それによって、66.7%の満足度で実現(実行)できる結果を得た。

これらの結果とミッション「郊外のカーブ」、「駐車車両のドア開き」の計算、安全運転教育者とシミュレーターの設計者各1名に、当該シミュレーターの機及び安全運転実施体験に照らしてチェックしてもらったところ、極めて正当な結ることが確認された。また、このシミュレーターに乗車した交通教育センター

の卒業生およびホンダ学園関西校(HATS)の生徒に対する「シミュレーターの教育効果確認のためのアンケート」でも、上記計算結果を裏付けるコメントと安全運転教育に当該ライディングシミュレーターが有効であるとの評価が得られた。

また、上述の解析を通して、例えば対象車両の全体の映像の詳細さよりも、ウインカー、尾燈、あるいは車内の人物など、その一部分の映像を強調することが必要、運転者に危険の予知・予測を瞬時瞬時に要求するように、交通場面での状況のある程度ランダムに変化させる映像機能が必要であることなど映像を作成する上での要点なども明かになった。このことは、この解析によってシミュレーター設計の際に見落とししていたことがらを見いだしうる可能性を示している。

以上によって、本章に提案した方法の妥当性と有効性が確認された。実施しようとする全てのミッションに対して上述の解析を行なう事によって、安全運転教育に最も合理的なシミュレーターの主要目的およびその設計目標が決定できる。これに加えて、本章で提案した評価法はシミュレーターの設計支援を行なうデザインツールとしても有効である。

以上述べたように、提案の方法はシミュレーターを用いた安全運転教育とその教育法の研究およびシミュレーターの設計に資するところ極めて大であることが明かになった。

参考文献

- (1) N. YUHARA, Y. OGUCHI, H. OCHIAI(1993)
RIDING SIMULATOR IN SAFE DRIVING EDUCATION
—A Method to Evaluate the Effectiveness and the Simulated Fidelity of
Necessary Functions Using Fuzzy Relation—
IATSS Research Vol. 17, No. 1

第4章 ライディングシミュレーターを用いた教育の実例

4-1 はじめに

現在の安全運転教育に於いては、二輪・四輪車の別なく実際に事故を誘発する可能性がある様な交通危険場面の体験学習を行なうことは難しい。体験学習は学習効果が高いことは自明の理であるが、安全運転教育に於いてそれは車種を問わず危険にすぎる。現状では運転者が実際の運転を通して危険を体験しており、往々にして現実の事故に繋がっている。

本章ではホンダの開発したライディングシミュレーター（付録1参照）を用いて、実際に初心運転者教育を行なった経緯とその結果について述べる。

4-2 ライディングシミュレーター教育の目的

二輪車事故の特徴を検討すると、その原因は事故類型別・内容別の内、約90%が車両相互事故。死亡事故原因別の内約55%が認識・判断の誤り。また免許取得後3年未満に約半数の人が事故に遭遇している。また以前(財)国際交通安全学会で行なわれた調査「二輪車運転者教育の効果的な実施に関する調査研究（平成元年）」ではこれらの数字を裏付ける様な結果が掲載されている。書中、事故発生者の対するアンケート調査の中で「免許取得後学んだ事」のトップは、“他車の動きに対する読み”で実に69%に上り、次に“他車とのコミュニケーションが34.3%”で続く（図4-1）。

このことは、同一目的の受講者どうしが規則正しく走行する閉ざされた空間で教育することの限界かもしれない。また実際の路上では、様々なことが起こることは“知識”として皆、知ってはいるが、“体験”がないためなかなか現実の行動につながりづらいのかもしれない。さらに、同報告書では教官の意見として現状の実技教育の対して次のような点が問題として述べられている。“訓練時の速度”“現実に近い速度からのブレーキ操作”“走行ポジション”“レーンチェンジ”等が出され現実の公道走行とのギャップに問題を感じているようである。また二輪車教育全般の問題点と今後の方向に関しては、“他の交通参加者との対応（コミュニケーション）”“学科と技能のリンク”等が述べられている。一方、二輪車事故の事故類型・内容別構成状況をみると“出会い頭”28.2%、“右折時”21.2%、“左折時”11.4%と交差点事

故が続く（表４－１）。

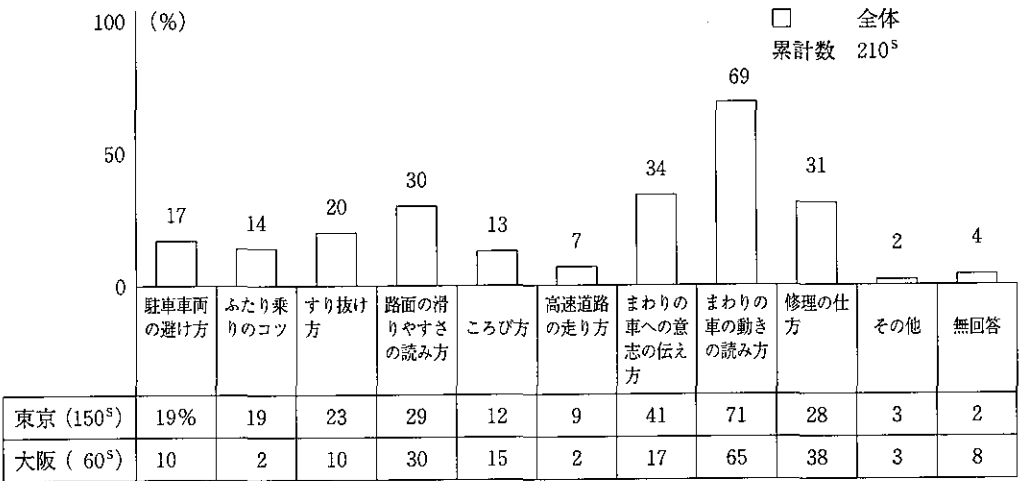


図４－１ 免許を取ってから学んだことの中で安全のために役に立っていること（複数回答）

表４－１ 事故類型・内容別構成状況（１、２当合計）
（％）

事故内容 事故類型		死亡	重傷	軽傷	合計
車 両 相 互	正面衝突	12.0	9.3	4.3	5.1
	追 突	4.4	3.6	3.9	3.9
	出 合 頭	19.9	29.6	28.0	28.2
	追 越 し	3.7	4.0	3.5	3.6
	左 折 時	1.7	5.1	12.7	11.4
	右 折 時	10.6	19.0	21.7	21.1
	そ の 他	8.2	10.9	15.0	14.3
	計	60.5	81.5	89.1	87.6
単 独		31.5	10.6	3.1	4.6
対 人		7.2	7.8	7.8	7.8

・踏切は略
 ・本表のデータは、『交通事故統計資料の活用に関する研究報告書（昭和62年）：（株）日本損害保険協会（以下「損保協会資料」という）』による。

これらは典型的な事故であり、だれしも免許取得時に教習所で事故頻度が高いことを“知識”として教わる。しかしながら“体験”不足で危険な状態であることが認識できない、または認識できたとしてもどのように対応して良いのか分からないのではないだろうか。これらのことから初心運転者の事故につながる危険なパターンを安全

に体験してもらい、一般行動に潜む危険に対する感受性を植え付けることの意義は大きい。シミュレーター教育の主たる目的は今まで行いたくとも有効な手法が無かったこれらの分野と考へ、以下にまとめる。

***危険体験を基とした“危険予知・予測”能力の向上**

- ～ 1. 他者の動きに対する予測
- ～ 2. 危険に対する事前の対応法
- ～ 3. 交通環境に対する潜在的危険に対する予測
- ～ 4. “見る”べきもの（着眼点）の意識付け
- ～ 5. 判断・対応の失敗に対する自己反省 など

また、これらの目的を達成するためのシミュレーター・ハードの必要機能は以下のようになる。

- ～ 1. 運転者の意志通り運転できること
- ～ 2. 事故頻度が高い、若しくは重大事故につながり易い危険場面が再現されている
- ～ 3. 危険な状態を、危険と認識できるリアリティがあること
- ～ 4. 運転者の運転を記録・再現が可能なこと 以上

4-3 ライディングシミュレーターの教育カリキュラム

ホンダのライディングシミュレーターの映像には市街地及び郊外路を含む一つの町が設定されており、道路は自由に走れるようになっている。その道路に便宜上6つの道順を設け各々6箇所、計36箇所の事故頻度が高く重大事故につながり易い交通危険場面を持つ。さらに各コースは近年の夜間事故の急増を鑑み、実際の路上訓練では行いづらい夜間の設定が可能であり、この夜間の設定により視認性や速度の問題などを体験することができる（写真4-1）。

交通危険場面での車両は実際の交通と同じように各々独自の動きをし、必ずしも受講者各人の走行に対し同じタイミングでは動かない。したがって、同一コースを何人かの受講者が走行したとしても、その危険場面に対する本人の判断・対応により事故に遭遇する人と全く危険な状態に陥らない人が出てくる。この設定により、その“交通環境に対する判断”や“他者の動きに対する判断”、その“判断”をもとに実際に操縦させ対応させる。またこの時、失敗し危険な状態に陥る体験も重要でありその失敗の原因は何であったのか、どのように対応しておくべきであったかを反省させ考え

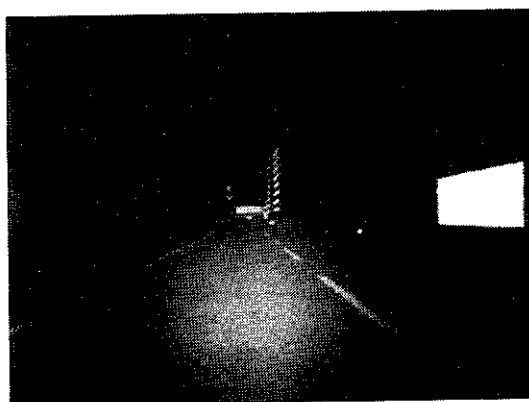


写真 4－1 夜間映像

させる。

この指導の成否は、いかに受講者本人の緊張を取り除き、日頃の判断をシミュレーター上で出させるかにかかっている。以上を踏まえて、安全運転カリキュラムの例を以下に示す。

4－3－1 2 時限（50分＋50分）の場合

表 4－2 カリキュラム例（2 時限）

受講者数	； 4～5 名
インストラクター	； 1 名
内 容	； シミュレーターの操作説明（約 5 分）
	練習走行（約15分）
	模擬一般公道走行訓練（約25分）
	（休憩）
	走行訓練時録画VTRによるグループディスカッション（約30分）
	再乗車訓練（約15分）
	まとめ、質疑応答

受講者の人数はグループディスカッションが全員参加でリラックスした雰囲気で行なえるくらいが良い。練習走行とはライディングシミュレーターの操縦に慣れるための練習で、特別の練習コースを設定し自由に乘ってもらふ。この時、受講者に訓練であることの緊張をほぐすようにすることが望ましい。一般公道走行も同じく日頃の判断が出やすい環境で乗せ、この時の運転をVTRに録画する。このVTRには正面の映像の他、左右のバックミラー映像、車速、ウィンカー、前後のブレーキ操作等が合成されている（写真4-2）。

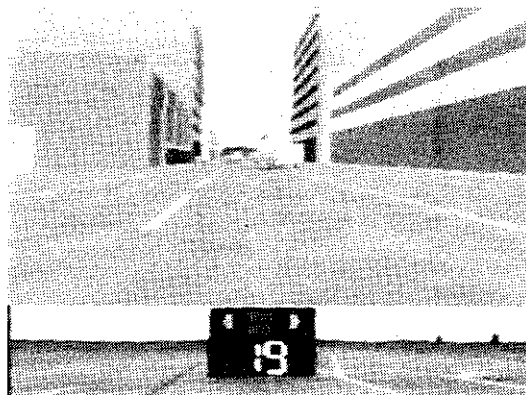


写真4-2 合成映像

このVTRをもとに受講者の走行を振り返り全員で何が悪かったのか、どうすべきかを検討する。これにより交通環境のどこに着目すべきか、どのような危険が予測されるのか具体的に検討でき、また他の受講者の経験も全員で共有できる。再乗車訓練では、乗車訓練やグループディスカッションにより体得した事柄を実際にシミュレーター上で運転してもらい“意識付け”の定着を図る。

4-3-2 1時限（50分）の場合

表4-3 カリキュラム例（1時限）

受講者数	； 2～3名
インストラクター	； 1名
内 容	； シミュレーターの操作説明（事前の資料配布）
	練習走行（約10分）
	模擬一般公道走行訓練（約15分）
	走行訓練時録画VTRによるグループディスカッション（約20分）
	まとめ、質疑応答

このカリキュラムも基本的に2時限の場合と同じであるが、受講者の時間的自由度を増すために1時限とした。この時間短縮に伴い、各訓練時間でなく人数を少なくして対応した。これらのカリキュラムを実際に行なった結果、訓練前に訓練の目的や危険予知・予測についての説明は受講者に訓練であることを意識付けてしまい日頃の運転がシミュレーター上で出にくくなるため避けたほうが良いようである。

また二輪車の場合、日頃他人の運転をその場の交通環境を含めて見る事がなく、他人の走りを見て自分の走りや判断との違いを知ることで教育効果を上げることができそうである。

4-4 安全運転教育の実施例と受講時のアンケート結果

ホンダライディングシミュレーターは平成3年末に鈴鹿サーキットランド株式会社内鈴鹿サーキット交通教育センターに設置され、平成4年1月より同センター有免許者講習及び同所指定二輪教習所の卒業検定合格者を対象に試験的教育を2時限カリキュラムで開始した。また、同年6月より三重県公安委員会の許可を得て「シミュレーター任意教習」として技能試験の第2段階終了者に対し1時限カリキュラムで教育を行い研究を進めている。平成4年12月末時点での受講者数は284名である。以下に受講者の受講時に実施したアンケートの結果について述べる。

4-4-1 乗車時間等の設定について

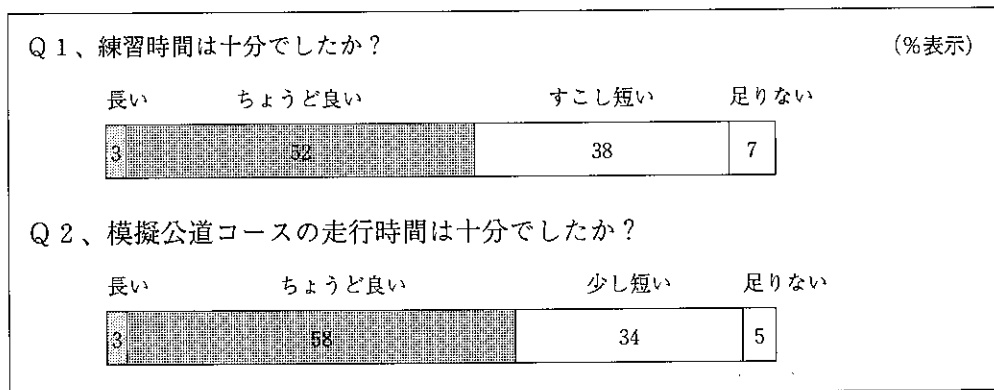


図4-2 アンケート結果（その1）

どちらも“ちょうど良い”で約60%、“少し短い”を含めると90%以上となる。危険場面を多く含み緊張と疲労を伴う、シミュレーター訓練として乗車時間の設定は妥当なものであったと考える。また、信号や危険場面を含まない練習走行はシミュレーターの操作操縦に慣れるばかりでなく、緊張をほぐし受講者同志の一体感を生み出すためにも有効であった。

4-4-2 シミュレーターハードのリアリティについて

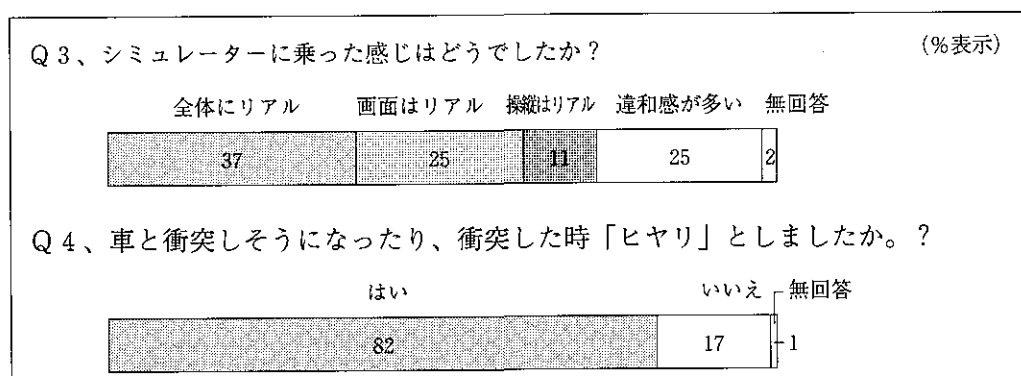


図4-3 アンケート結果(その2)

Q 3に関してはリアルと答えたものが約75%であったが、逆に違和感を訴えるものも約25%と多かった。この違和感とは遠心力の無いライディングシミュレーターの操縦性に起因するものである。またQ 4では、約80%の受講者が「ヒヤリ」としたと回答しており、体験学習の為のハードとして良い評価である。この理由としては動きを伴った車体と大きな画面が有効であったと考えられる。

4-4-3 教育の効果について

Q 5は、90%以上の受講者が“良く分かる”または“少し分かる”と肯定的に回答している。これは実際には走行しないライディングシミュレーターの特徴を示している。運転していない受講者は、正面・左右バックミラー・車速などの合成画面を見ながら、なおかつ運転者の手足や身体の動きをじっくり観察することができる。これを現実の二輪車で行なおうと考えると運転者も観察者も受講生で二人乗りをし、一般公道を走るようなものであろうか。この観察を通して受講者は悪いところの原因を考えるとともに自分と違う判断の人がいることに気づく。

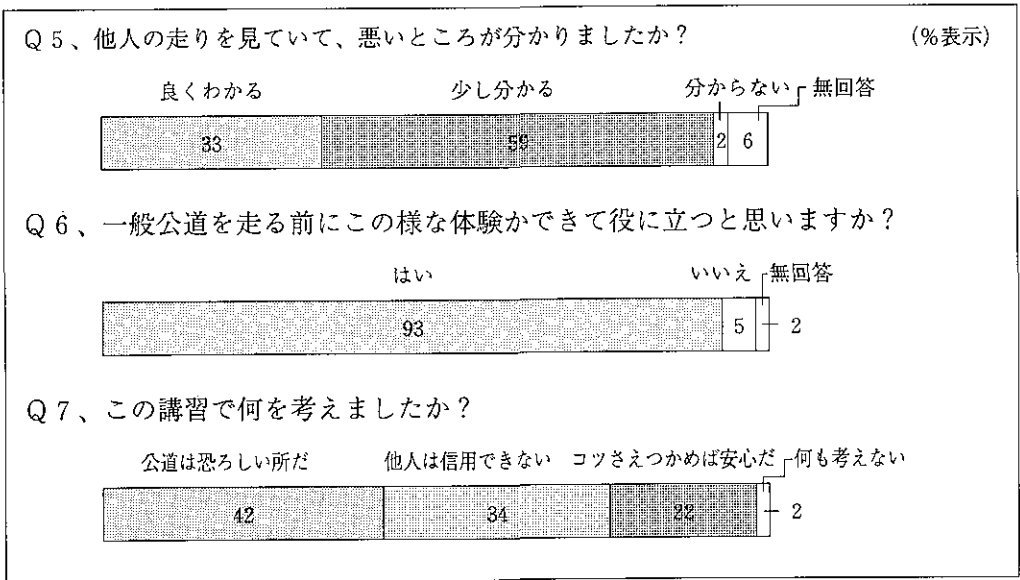


図4-4 アンケート結果（その3）

Q 6とQ 7の回答はリンクしており、Q 6の“役に立つ”という90%以上の回答の内容がQ 7に示されている。まず“公道は恐ろしい所だ”と回答した者が40%を越えている。次に“他人は信用できない”という回答が約34%と続く。これらは、ライディングシミュレーターの映像が特に意地悪く作られているわけではなく“知識”として教育された一般公道の危険を身を持って体験したことによる“想像”と“現実”のギャップに気がついたためと思われる。実際に初心運転者が初めて一般公道走行を行なった時の感想でもあるだろう。特に“他人は信用できない”と回答したものは、“自分の身は自分で守る”という防衛運転の意識付けにもなっているものと考えられる。

また記述回答の抜粋を以下に示す（表4-4）。

表4-4 アンケート結果（その4）

Q 8	ビデオを用いた説明で、分かりやすかった説明はどのようなものでしたか？	
	（記述回答式、回答の多いものより示す）	
回答	*速度の調節	*ブレーキのかけ方
	*危険予測の重要性	*駐車車両の側方通過
	*交差点での車の動き	*進路変更の仕方

*夜間の危険性

*なぜ事故に繋がったのか原因が良く分かる

等等

Q 9 その他の意見

回答 *ぶつかったのでとても後味が悪かった、結構いい勉強になった。

*自分の運転がとても強引で、周りを見ていないことがよく分かった。
自分では安全運転をしているつもりでも周りから見ればかなり危ないと思った。

*一般公道では思った以上に危険があることを知った。帰ってからも情報を多く取るように努力したい。

*自分があまり周りを見ていないのが分かった。

等等

これらQ 8、Q 9はいままでの設問の総括と考えられ、第1節で触れた「教育の目的」にもある程度の回答を与えてくれているものを考える。

Q 8では、VTRに録画された自分の走行場面をインストラクターや他の受講生と共に静止・スロー再生等を交えながら操縦・操作や判断についてグループディスカッションを行なう訳であるが、自分自身の録画VTRであるため自己反省の材料となり易く、他人の意見も聞き入れ易いようである。その結果として得られたものがQ 8の回答であるが、具体的事例に対する意見が多く、第1節で述べられている“より現実に近い訓練”という課題に対し効果が期待される。Q 9では、ライディングシミュレーター上での“ヒヤリ”とした体験学習に関する事柄と“見落とし”など情報収集に関する反省が多く書かれていた。この情報収集は、危険の予知予測や判断をする上で基本となる重要なことであり、このことに対し反省意見が多いのは、映像の作りとグループディスカッション時のインストラクターの指導が良かったためと考えられる。

4-4-4 講習を行なって得られた情報

鈴鹿サーキット交通教育センター内、教習所には通行区分を持つ片側2レーンの道路がなく、シミュレーター上でも通行区分を間違え左折、直進レーンより右折する受講生も見受けられた(写真4-3)。

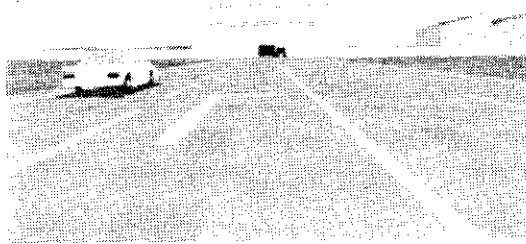


写真４－３ 受講生の多くが間違える
通行区分のある片側２車線道

このようにコースでは設定できないような、法規走行などにも活用の利点が見いだされた。講習中に受講者の事故頻度の高い交通場面より順に列記する。

- ～１、出合頭（住宅街）写真４－４
- ～２、先行車の急停止（交差点）写真４－５
- ～３、駐車場からの駐車車両の飛び出し（対向車に気を取られ）写真４－６
- ～４、出合頭（対向右折トラックに気を取られ、側道よりの車両と）写真４－７
- ～５、側道よりの合流 写真４－８
- ～６、右直（交差点でのバスの死角）写真４－９

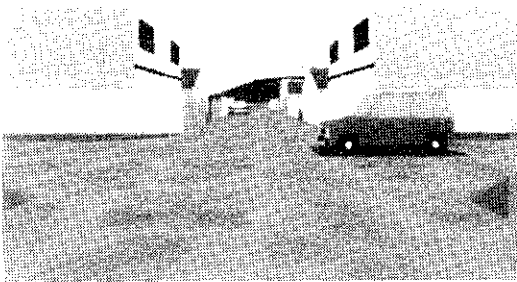


写真４－４ 出 合 頭

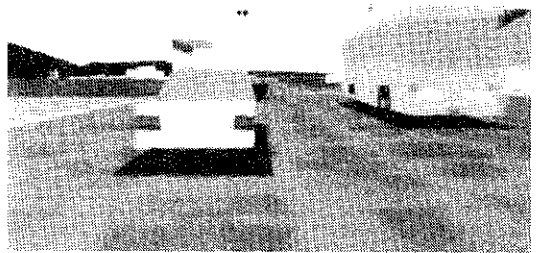


写真４－５ 先行車急停止

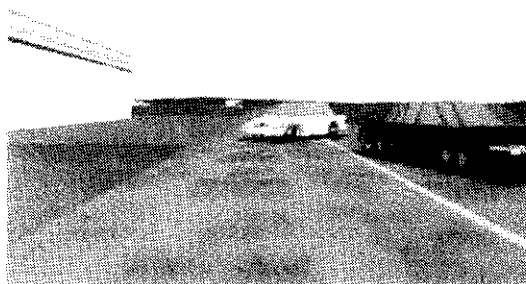


写真 4－6 駐車車両の飛び出し

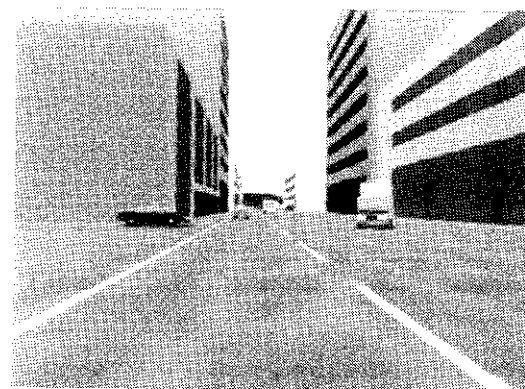


写真 4－7 出 合 頭



写真 4－8 側道よりの合流

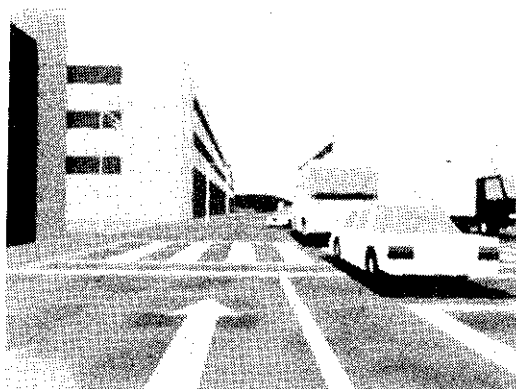


写真 4－9 右 直

以上をまとめると、初心運転者の事故に陥り易い条件は“同時に複数のタスクが存在するとき”言い換えれば危険度合いにプライオリティをつけなければならない時など、また“予測外の出来事が起きた時”瞬時にして様々な可能性を見だし対応する時など、やはり身についた経験の不足が感じられる。

4－5 ライディングシミュレーター受講者の追跡調査結果

この追跡調査は郵送アンケート方式によりライディングシミュレーター受講者及び同時期非受講者を対象に受講後6ヵ月経過を待って、実際の一般公道走行を体験してどのようにライディングシミュレーターの教育が成り立っているかを調査したものである。したがって平成4年末日時点の対象者は、平成4年1月より6月迄の受講者と

なり総計152名、非受講者は回収を考え無作為に抽出し、その約1.5倍位とした。その結果、有効回答は受講者57名（全回答者数80名、二輪乗車対象者57名、四輪のみ乗車者19名、無効4名）であった。また、非受講者は、有効回答79名（全回答者数90名、二輪乗車者79名、四輪のみ乗車者11名）であった。

4-5-1 回答者の性別・年齢分布

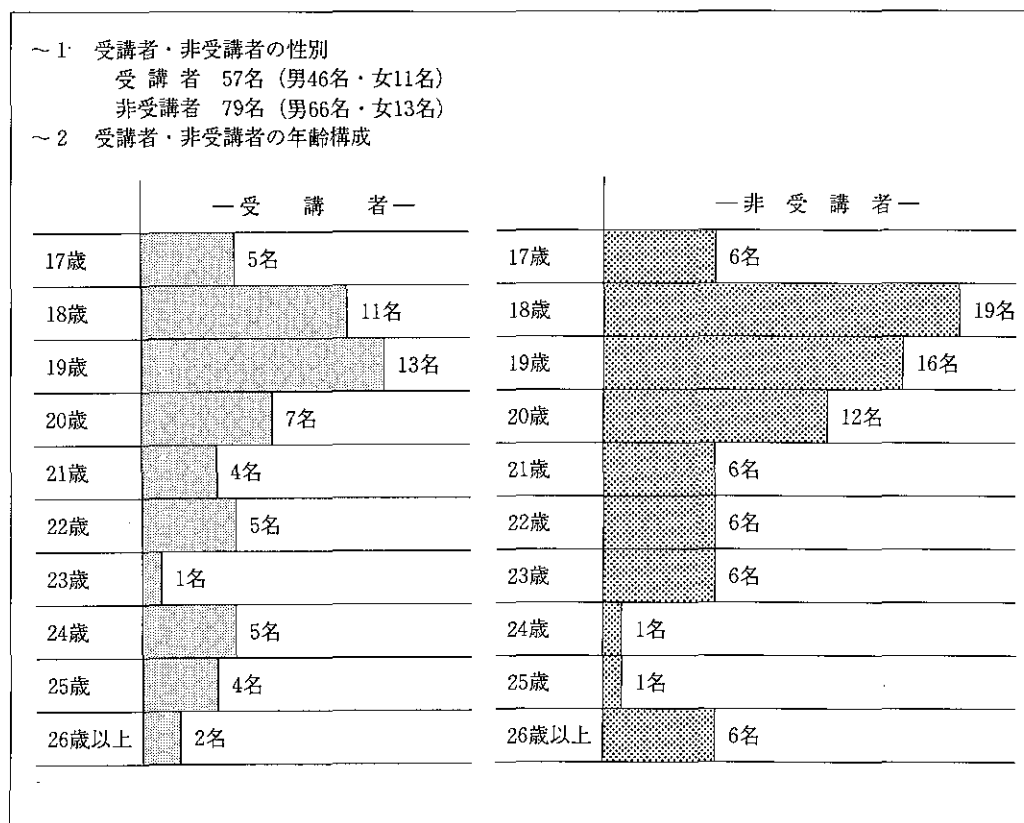


図4-5 回答者の属性

男女及び年齢構成は事故構成比率の高い16歳～24歳が中心となっており、追跡調査の対象としては妥当と考える。

4-5-2 回答者の事故の発生距離

（ここで言うことは、警察扱いの有無に関わらず、立ちごけを除く自損事故を含めた全てを指す。但し、サーキットなどの特殊路は除くとした。）

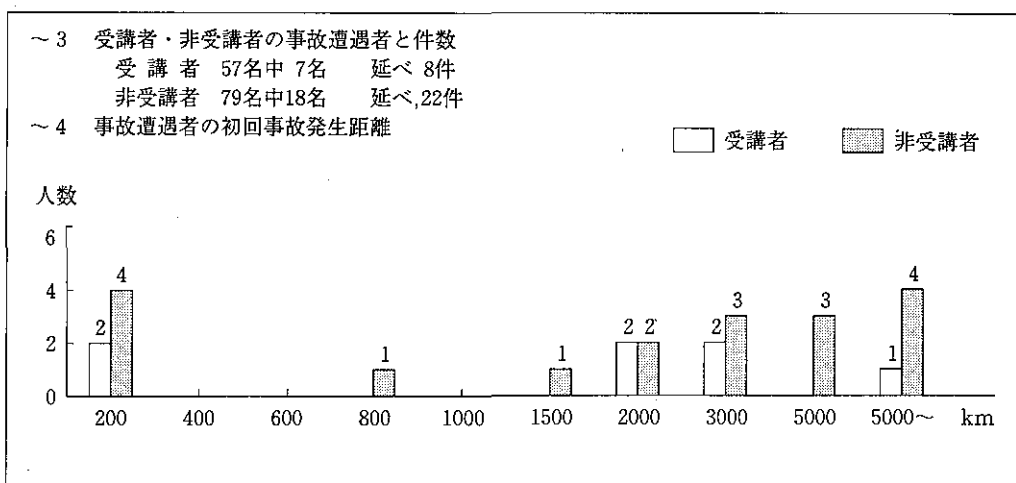


図4-6 回答者の事故発生距離

0～200kmまでの6名を除くと、必ずしも運転初期段階で事故は起きていないようである。むしろ2,000kmすぎて約7割の回答者が事故に遭遇している。これは運転操縦、操作に慣れ、周囲に対する油断が生じたとき、逆に事故に遭遇しやすいものと考えられ、免許取得者の再教育の時期と必要性を示唆しているものと思われる。

4-5-3 受講者の事故状況と原因

表4-5 受講者の事故状況

～5、受講者の事故状況

事故の相手	道路の環境	行 動	事 故 原 因
単 独	連続したカーブ	右 折	運転未熟
単 独	カーブ	その他	その他
単 独	交差点付近	その他	前方不注意
車	交差点付近	直進；等速	わき見
車	交差点付近	停 止	その他
車	直 線	追い越し	無理な追い越し
車	直 線	直進；等速	前方不注意
そ の 他	その他	右 折	スピード

～6、受講者の事故原因

*駐車場を出て右折しようとしたが、曲がりきれずに縁石に乗り上げた。

*下りの右コーナーでブレーキの最中、タイヤがロックしてガードレールに衝突。

*右カーブで減速中に砂が有ったため、スリップして転倒。

受講者の事故状況を見てみると1件の運転未熟を除き、前方不注意・わき見など明らかに油断と思われる事故が多く、その他は安全の限界を考慮しない無謀運転が見受けられる。

4-5-4 非受講者の事故状況と原因

表4-6 非受講者の事故状況

～7、非受講者の事故状況

事故の相手	道路の環境	行 動	事 故 原 因
単 独	連続したカーブ	発 進	運転未熟
単 独	連続したカーブ	直進；減速	スピード
単 独	連続したカーブ	直進；減速	その他
単 独	連続したカーブ	その他	スピード
単 独	カーブ	右 折	運転未熟
単 独	カーブ	右 折	わき見
単 独	カーブ	直進；減速	スピード
単 独	交差点付近	左 折	その他
単 独	交差点付近	右 折	一時不停止
単 独	直 線	直進；加速	スピード
単 独	直 線	直進；減速	その他
単 独	直 線	直進；減速	その他
車	交差点内	直進；等速	一時不停止
車	交差点内	直進；等速	前方不注意
車	交差点内	直進；減速	スピード
車	交差点付近	右 折	運転未熟
車	交差点付近	直進；等速	前方不注意
車	交差点付近	直進；等速	その他
車	直 線	追い越し	その他
車	直 線	直進；加速	運転未熟
車	直 線	直進；減速	スピード
車	その他	直進；減速	運転未熟

～ 8、非受講者の事故原因

- * 右手より車が右折、自分の車線に出てきて避けきれず衝突。
- * 見通しの悪い三叉路で車が急に、ほくの前で右折しようとし衝突。
- * 自分が直進中、対向車が右折してきて衝突。
- * 路地のカーブで自転車が飛び出してきたため、避けて転倒。
- * 駐車場から道路に出ようとしたとき、右からきた車に気づかず一時不停止で飛び出し、慌ててハンドルをきり転倒。
- * 交差点で相手が一時不停止、自分のバイクの側面へ衝突。
- * まっすぐ走っていたら反対車線から車が飛び出し正面衝突。
- * リアタイヤが砂の上でコーナリング中に滑り転倒。
- * フロントタイヤをロックさせてしまい転倒。
- * 直線でスピードを出し過ぎハンドルがとられた。

非受講者の事故状況を見てみると、受講者には見られなかった交差点内の対車両事故が見られる。行動では、直進状態での事故が多いこと、事故原因では、一時不停止・スピードに起因する事故が多いことなどがあげられる。また、筆記回答の事故原因を読んでもみると、単独の中にも他の車両が原因となっているものも多く見受けられ、右直事故や出合頭事故も含まれる。これらには油断もあるだろうが、危険に対する感受性の低さや他の車両の動きに対する予知予測能力の低さがうかがえる。一方ライディングシミュレーターの講義では、特に右直事故は重大事故に繋がりやすく、また事故頻度の高い出合頭事故及びその原因となる交差点の徐行・一時停止は、グループディスカッションの時、強調するところである。

4-5-5 受講者のライディングシミュレーター講習が実際の運転に役立った事柄

表 4-7 ライディングシミュレーターの有効性に関する記述 回答例

(記述回答式)

- * 講習中、信号の無い交差点で車にぶつかり、今でも横から出てくる車に注意している。
- ・ 典型的な事故を具体的に体験できた。
- ・ 起こる可能性のある事故とその対処の仕方が頭に浮かぶ。
- ・ 住宅街での飛び出しを予測し、速度を落としている。

- ・右折時シミュレーターで事故を起こしたので、気を付けている。
- ・右直事故に近い経験をしたが速度を落として走っていたため、事故に繋がらずに済んだ。
- ・危険の予測ができ、運転に余裕ができた。
- ・狭い道でスピードを出していると、すでに遅いということが分かった。
- ・危険を予測し十分余裕を持って回避できるようになった。

－他同様回答19件－

＊夜の見え難さを体験しているので、夜バイクに乗る時、特に気を付けている。

- ・速度を控えている。

－他同様回答2件－

＊教習所のコースでは分かりにくい、一般路における危険性を体験できたので「何が起こるかわからない」というところ構えができた。

- ・学科ビデオを見るのと違って、実際にバイクを操作するため、危険予測の必要性が自然に身についた。など

＊他の車両は全く独自の判断で動いていることがわかった。

＊車より視野が狭いと改めて思った。

記述回答は受講回答者59名中46名より回答があったが、その大半がシミュレーターで事故・危険体験を基とし、“似た状況を感じると思わず対応が頭に浮かぶ”というものであった。これは4－2の教育の目的で述べた“知識”でなく“身体にしみ込んだ”危険予知予測能力の向上という課題を満足するものであると考えられる。また具体的には、右直事故や、左折巻き込みなどを未然に防げたという事例もあげられている。

夜間走行の機能を持つことによる回答も見受けられ、夜間の危険に対する意識付けに役立っていることがわかる。また、4－2で、教官の意見として出されている“現実の公道走行とのギャップ”と近い意見が受講生の回答に出てきていることも興味深い。

4-6 今後のシミュレーター教育

ライディングシミュレーターを用いた交通安全教育の研究は、まだ研究の途にあるが、実際に教育を行なった結果さまざまなことがわかりつつある。本章のまとめとして、今後の活用法、必要機能について簡単に触れておく。

4-6-1 ライディングシミュレーター活用方法について

*法規走行訓練

一般公道走行未経験者にとっては危険の予知・予測だけではなく、一般公道における基本的ルールを身を持って経験させることの必要性を感じた。例えば、標識・標示など経験者・熟練者にとって片側複数の車線のある道路での通行区分の存在は、その標識・標示など見なくともおよその見当はつく。しかし未経験者は通行区分、進路変更、進入禁止など標識・標示を認知し、その後考えないと戸惑うことが容易に想像される。また、片側複数車線のある交差点の右折などでは、右折後どちらの車線に入るべきかなど、知識を基にした一般公道走行での応用時に戸惑う。このように経験者・熟練者がその道路環境と一体化して覚えている一般公道の基本的ルールやマナーを知識だけでなく、その環境に適した応用なども含めた体験訓練することが望ましいものとする。

*走行環境体験訓練

一般公道の運転では、住宅街・繁華街・自動車専用道・山岳路など、様々な交通環境を走ることになると同時に、日の出から深夜まで、春から冬まで、また晴天から雪までと自然環境も多様であり、それらの組合せには各々特徴的な着眼点、留意点がある。それらの内、誰でもが体験するであろう環境を事前に訓練しておき、慌てる事無く対応出来るように訓練しておくことは、実際にその環境にいかなくても済むシミュレーターならではの有効な活用法であるとする。

*危険予知予測訓練

基本的には本章で述べてきた内容で良いと思われる。但し、今後は受講者のレベルに合わせた危険な交通場面の段階的設定、より効果的な講習回数とその時期などはさらに見当の余地がある。また、有免許者の強制訓練などの活用も期待できるものとする。

4-6-2 ライディングシミュレーターの必要性能について

ライディングシミュレーターによる安全運転教育を有効なものにするためには、受講者の意志通り運転できることはまず大切である。意志通り運転出来ないがために事故に繋がると、それがもとで自己反省に繋がらず、逆にシミュレーターのハードや教育への反発に繋がることがある。今回の教育実験で用いたライディングシミュレーターは開発初期より車体部を可動としたが、このように車体の制御を入れなければ、減速時の減速感、旋回時の間隔など、ブレーキやハンドルの反力だけではとうてい表現できずに大幅に操縦性を損ねる。また、音響、映像機器の性能も重要であり、臨場感やリアリティーに繋がる。音響では二輪車の場合、エンジン音、風を切る音や周囲の環境音が重要であるし、映像は可能なかぎり大きいものが良い。受講者にいかに現実と錯覚させるかにシミュレーター機能の性能はかかっている。

4-6-3 ライディングシミュレーターの訓練映像について

今後の活用方法を考え合わせると、4-6-1の活用に合わせて映像が必要となることは言うまでもない。例えば、法規走行訓練用、誰もが体験するであろう夜間（薄暮）訓練用、雨天（降雪）訓練用、自動車専用道訓練用、そして危険予知・予測訓練用などである。

この訓練映像制作時のポイントは、受講生がその場の交通環境や起こった事象を理解できることが重要である。これも先に述べた運転性能と同様に、映像の録画・再生時に受講生が納得できる表現や演出設定でないと逆に反発を受ける可能性があるからである。

以上、実際にライディングシミュレーターを用い教育実験を行い、得られた事柄を簡単にまとめたが、今後の安全運転教育におけるこの種の模擬運転装置の活用の範囲は周辺技術の発達とともにますます広がりを見せていくものと考ええる。

4-7 おわりに

以上、教育カリキュラム、受講時のアンケート、その後の追跡調査について述べてきたが、現時点では追跡調査の回答が57と少なく教育効果に関する明解な回答は得られていない。しかしながら、教育効果に対する手応えならびにシミュレーターの有効な活用に関しては幾分の光明が見られたように思う。

第3章の“シミュレーターの安全運転教育に対する有効性の評価方法及び結果”で

得られた“右直事故”に対するシミュレーター教育有効度の結果は、表4-5～7で類推するしかないが、受講生にはシミュレーター受講時に“右直事故”を体験する者も多く、またアンケートの中には公道走行中に未然に防いだという者もいる。逆に、非受講者には“右直事故”に遭遇してしまった者もいることなどを考え合わせると妥当な結果であろう。

現実の事故では、その場の状況を再現できない、シミュレーターでは事故に至る過程が記録・再生することができる。これなどは現実よりもシミュレーターの方が教育効果に関して勝っている点であろう。

この教育目的に合致した“体験を基とした危険予知能力の向上”を可能としたのは、やはり受講生が“危険体験を現実と錯覚できる”ハード機能があったからにほかならない。

第5章 今後の二輪車安全運転システムの展望

5-1 これまでの二輪車運転者教育の課題

運転者の行動は、「認知」「判断」「操作」に分類され、認知とは運転を持続するために必要な情報を選択することで、判断は操作の手順、自己の経験の下に構築された判断基準に照らし合わせて行なわれるものと言える。このいずれもが頭脳的な作業であり、みずからの経験を通して改善されるものである。

一方操作は、身体的作業と考えられるが、実際には知識による学習では習得できない類いの内容であり、身体で覚えるものである。このようなことから、初心運転者教育においては、技能教習に力点が置かれ、先ずは二輪車の操作法、操縦法から始まり、技能教習を通して車両の特性、運転者の特性を習得させ、合わせて学習教科による法規、危険予測を組み込んだ運転技術の習得を目指している。

しかし、これまでの実績では、様々な要因が介在するものの、学技一体化の教習が完成できるシステムとは言えない状況にある。そのため現実的対応として、免許保有者に対しての実技教育を積極的に実施することが民・官を通して行なわれている。

しかし、上記の双方の過程でも、他者（車）の動きの読み、環境の変化を教育場面に取り込むことは不可能であり、訓練を通して車両の特性、運転者の特性を知り、不足の事態に遭遇した際に起こり得る状況を説明し、理解させ、望ましい運転行動を奨励するところに留まっている。

言わば訓練過程では起こり難く、仮に起こして危険を伴うことであれば採用できないと言う、一歩も踏み込めない領域の指導・学習をなし得ないことが問題とされている。これらのめったにありえない危険場面の対応に必要な危険予知能力と運転者の判断基準を関連させる教育技法が存在しなかったことであり、それがゆえに実用的な運転シミュレーターが望まれていた。

5-2 教育手法の検討

二輪車の運転者教習では、教習生が戸惑いを感じるひとつに、指導員による教え方の違いと、言われた通りに行なってもできないことである。これは、多分に操作が体で覚えるものであり、理屈付けが後追いつける形のものであるからと言える。

今回本研究で提案するシミュレーターの評価法は、教育項目に対してシミュレーターがどの程度を有するかを評価できるものである。同時に、視点を変えると現存のシミュレーターでは、どのような教育項目に対して有効かを評価することもできる。

実際にこれらの評価を行なうためには、指導員のイメージする教育項目、手法とシミュレーターに求める性能との関係を明らかにしなければならない。これまで明確かつ的確に表現し得なかった内容を、提案する評価法とシミュレーターによって検討することが可能となった。また、教習生の学習過程を勘案し、運転者教育への有効性を検証することの道が開けた。

これまで二輪車の運転者教育は、多分に主観的に、観念的と言われたが、新しい道具の導入によって、客観的、科学的に指導要領を検討をすることが可能となり、新たな転機となると言える。四輪車教習カリキュラムの改訂作業が進められている中で、二輪車教習の在り方が重要と叫ばれつつ、踏み込むことができなかった壁を乗り越えることができるまでに至った。今後は、これらを用い、効果的な教育方法の検討を積極的に進めることが必要である。

5-3 二輪車運転者教育へのシミュレーターの活用

二輪車の死亡事故当事者の特徴の一つに、運転経験の浅い運転者が多く含まれていることである。教習過程では、一般路上の体験をすることは皆無と言ってよい状況であり、他者（車）の動きを読み取り、状況の変化をいち早く察知して、未然に危険から遠ざかる能力、言わば「危険予知能力」を身に付けさせることが大きな教育課題である。

これらの能力の習得にあたっては、知識の教授による方法もあるが、一人ひとりの運転者がまさに自分の問題として意識し、それを解決しようとする動機付けが必要である。すでに免許を保有し、運転経験のある二輪車運転者が、再教育の実技指導に参加する動機は、危険場面に遭遇し、なんとか安全な運転法を習得したいとするのが大半である。

通常走行でも、著しい危険場面に遭遇することは確率的にも高くはない。しかし、いったん遭遇した場合には、重大な結果となり得る明白な事実であり、常に不安を抱いている。このような危険場面を実車を用いた訓練に導入することは、大きな危険を伴い、実行が不可能である。失敗を繰り返すことが上達の始まりとも言われるが、万一失敗した場合にも安全が担保される機材、それがシミュレーターである。

これまで試作されたシミュレーター、特に二輪車シミュレーターの評価は、必ずしも良くない。それは、実車に比べて操作感が異なる、写しだされる画面の臨場感が違うという現実を模擬する忠実度の低さを捉えて評価されるためである。

本報告書の第2章にも詳述してある通り、完全に現実を再現できるシミュレーターの製作は不可能であり、教育項目に応じた機材に限られる現状である。二輪車運転者の場合は、実際にシミュレーターにまたがり運転を始めると、仮に100%でなくとも、運転者はその幻想の世界に入り込む特異性を持っている。

危険予知能力の育成ができないと言われつつ、これまで手をこまねきながら長い年月を過ごしてきた。教習過程のどの段階でシミュレーターを導入するか、またコスト負担をどのように解決するかと言う技術的な問題は残るものの、望ましい運転者の育成にあたり、四輪車と同様に、できるところからシミュレーターの導入を検討し、実施すべき時期にきたと言える。

付 録

付録1 ホンダ・ライディングシミュレーターの主要諸元及び性能

本体寸法	巾×長さ×高さ 2,600mm×4,878mm×2,488mm
電 源	200V－130A 100V－30A
重 量	約2,000kg
コンピューター (CPU)	11個 全体制御、運動計算、映像、交通の車制御、音、 二輪車の動き制御、安全、採点
運 動 原 理	運動計算式－7式 計算処理時間－11ms
運 転 操 作	13個 リーントルク、操舵力、スロットル、ブレーキ前・後、 クラッチ、チェンジ、メインスイッチ、セルフスターター、 ホーン、ウインカー、ライト上下、キルスイッチ
運転自由度	5 軸 ロール、ヨー、ピッチ、上下、操舵
二輪車の動き	ACサーボモーター 6 基（ファジー制御）
映 像	スクリーン：100インチ・透過型・1台、視野角70度・CGI 表示シーン：昼間・夜間 表示能力：500面－256色－30Hz 二次元・三次元テクスチャー、ライトポイント 他車の表示：同時8台 交通の車：シナリオで制御
音・振動	自車音：エンジン吸排音、タイヤスリップ音、チェンジ音、 ブレーキ音、セル音、接地音、転倒音、事故衝突音 他車音：他車通過音、環境音 振動：ハンドル振動 アナウンス：走行コースを指示
採 点	車速、ブレーキ入力、走行コースをモニター、ビデオに録画（前 面・バックミラー映像、車速、ブレーキON/OFFを合成）

付録2 ドライビングシミュレーターについて

付2-1 概要

ドライビングシミュレーターは、自動車（四輪、二輪）の運転状況を模擬する装置で、運転技能訓練、安全運転教育、運転動作研究、車両の研究や開発などに用いられる。

ドライビングシミュレーターは、実車を用いる場合と比較して次のような利点がある。

- (1) 運転条件の設定が容易に行なえる。例えば路面状態、道路線形、気象、障害物、交通状況、車両特性などの設定と変更が比較的容易である。
- (2) 危険を伴う運転状況での訓練や教育、研究を安全に行なうことができる。また、実車では困難な限界時の危険体験やパニックシミュレーションなどを安全に行なえる。
- (3) 運転条件の再現性にすぐれ、定量的取り扱いが容易である。
- (4) 計測及び解析がしやすく、効率の良い情報処理が可能となる。

ただし、これらの利点はドライビングシミュレーターが無条件で持つものではない。目的に応じた性能を備えた時に可能となるものである。何よりも認識しておかなければならないことは、シミュレーターはあくまで模擬装置であり、模擬には限界があるということである。とりわけ、ドライバーの意識、緊張感などの心理的問題がある。

道路や他車両などの交通場面の視覚表示、車両運動や操作感などは、物理的近似では補いきれない精神的な働きが常に介在するものである。したがって、利用目的を明確にして、目的に合わせた機能を重点的に高め、そのシミュレーターの利用範囲を踏まえた有効度の評価を定量的に把握しておくことが必要である。なお、本報告に提案されている柚原理論によるライデインシミュレーターの有効性評価方法は、この評価を可能にした1つの方法として極めて意義深いものといえよう。

付2-2 利用目的とその分野

ドライビングシミュレーターの利用目的と活用される主な分野には、次のものが考えられる。

- (1) 運転技能訓練

主として操作類、メーター類、ミラー、シート、シートベルトの取り扱い。操作装置の適切な操作訓練。運転のための各種情報の授受と対応。

(2) 安全運転教育

運転適性診断、一般道路での走り方、高速道路での走り方、危険場面の体験と予知、緊急時の対応、錯視とその対応、気象条件と安全走行、危険の安全体験など。

(3) 運転動作研究

ドライバーの視界と視認性、運転制御メカニズム、加齢と運転制御能力、運転時の心身反応と挙動、疲労や居眠り時の心身反応、車間距離制御、障害物回避能力、気象と運転行動、夜間運転と視覚情報処理機能、運転能力の評価尺度、パニックシミュレーションなど。

(4) 車両の研究・開発

車両設計のパラメーターと応答パラメーターの相関、車両応答特性と主観的評価の関係、緊急危険回避と車両挙動、車両の異常現象とドライバーの反応、インテリジェントカーの基礎研究など。

(5) 道路環境の研究

道路環境と注視行動、道路線形と運転行動、標識などの視認性と表示方法、道路幅員や断面構造と適性速度、路面状態と規制速度の基礎研究など。

付 2－3 主な構成システム

ドライビングシミュレーターは、道路や景観、他の車両や歩行者、障害物などの環境情報を視覚に伝えるビジュアルシステム（視野模擬装置）、車両運動に伴う慣性力の体感的な情報を平衡感覚に伝えるモーションシステム（車両運動模擬装置）、運転操作時の操舵力や踏力などを手足の圧覚に伝える操縦感覚システム、走行時に発生する様々な振動を加速度感覚に伝える加振システムによって構成される。これらのうちで、ビジュアルシステムとモーションシステムは、シミュレーターの性能を左右する重要なサブシステムであるが、その他のものも違和感を低減し、臨場感を高めるうえで予想異常に効果を持つものである。

付 2－3－1 ビジュアルシステム

画像を作り出す方式には、これまで次の3つの方式があった。

映画を用いる方式は、実際の走行路で前方風景を撮影したこの映像をスクリーンに

投影するものである。画質はすぐれているが、ドライバーの意志による運転場面に対応することができないため、利用目的は限定される。

道路模型を用いる方式は、市街路などの模型上をドライバーの運転操作に合わせて、自在に動くテレビカメラが撮影した画像をプロジェクターを用いてスクリーンに投影するものである。複合発生方式は、映写機による景観と映像発生回路による道路映像、スライドプロジェクターによる障害物などを1つの画面に合成するものである。

これらはいずれも走行環境の設定に限界があり、ドライビングシミュレーターの難しさのもととなっていた。近年、CGI方式の実用化によってビジュアルシステムは急速な進歩をみている。この方式は、コンピューターにより生成した画像を1秒間に10～30フレーム程度で表示する。高画質に加え融通性と広い視野を作り出せ、任意の運転操作に対応する景観、道路、他車両、障害物などを組み込むことができる。なお、ビジュアルシステムは視野角は最低でも水平に120度、上下方向には30度以上が望まれる。また、運転操作から画面の更新・表示までの応答時間は50msec以下が望ましいとされている。

付2-3-2 モーションシステム

ドライバーは自動車の6自由度（前後、上下、左右、ヨー、ロール、ピッチング）の運動を慣性力として身体感覚に受けとめる。モーションシステムは、このような運動を運動方程式の演算処理により各種装置を作動させ、擬似的にドライバーに与えるものである。より現実感を求められる開発研究などではモーションシステムを多自由度に、そして可動範囲の大きいことが要求される、モーションシステムはその開発過程において次の3つに代表される。

座席固定式は自由度が無く、画像により運転状態を表現するために画面から取り入れられる視覚情報によって模擬する。主として教育や訓練用に用いられる。

実車／ドラム式は、実車をドラムの上に乗せて、前後方向の自由度を拘束した上で走行させる装置であり、実車両がドラム上を実際に走行するので音響、接地感、ハンドル操作感は比較的現実に近い。また、再現性も良く計測も容易である。操安性の検討などによく用いられ、研究、開発におけるシミュレーターの存在意義を確固たるものとし、以後のシミュレーターの礎となった。しかし、ドラム上での走行であるが故にドラム幅の制約を受け、横運動ならびにヨー運動にも限界を生じる。さらに、前後の自由度が拘束されているため加減速時の体感が十分に得られないなどといった課題がある。

座席可動式は、より現実に近い乗車体感を得るために、油圧や電動モーターによりキャビンまたは運転席に運動により慣性力をドライバーに与えるものである。システムにより表現できる自由度、可動範囲は大小さまざまで、シンバル式、レール式、共働支持式がある。

付 2－3－3 操縦感覚システム

車両の操舵反力、ペダル踏力、メーター類の動きなどを実車の感覚に近似する。ハンドル操作やブレーキ操作に応じた反力をサーボモーターにより付加する。これらは運転制御にかなり影響を与える。

付 2－3－4 車両騒音システム

車両のエンジン音、ロードノイズ、風切り音を車速に応じて再現する。エンジン始動、変速に伴うエンジン音の過渡的な変化、制動時やコーナリング時そしてスピンなどの不規回転におけるタイヤノイズなどをそれぞれ状況に応じて発生させる。これら聴覚情報は、ドライバーが運動や挙動をいち早く察知して制御を行なう重要な情報であり、しかも臨場感を持たせる上で効果大である。これらは実車走行により得られた各種ノイズを分析し、そのモデルを用いて合成音を作り出す。

付 2－3－5 加振システム

エンジンや路面からの振動が座席や床面を通じて、ドライバーに伝達される状況を模擬するものである。主としてエンジンから伝えられる振動数と振幅を加振装置により運転席に加える。

付 2－4 ドライビングシミュレーターの例

近年、コンピューター及びシミュレーション技術の進歩により、前述の機能を備えた、ドライビングシミュレーターが開発され、教育や研究開発に使われるようになった。とりわけ、CGI方式のビジュアルシステムと車両運動シミュレーションを導入したモーションシステムの実用化が効果をもたらしている。表は初期のものから最近の高性能なものまで、その代表的なシミュレーターの仕様などを示す。

付表2-1 代表的なシミュレーターの例

年	名 称	主目的	利用内容	ビジュアルシステム	視野など	設定要素	モーションシステム	製作/所有
1959	実車を用いた360度風景シミュレーター	基礎研究	運転行動、ドライバーの運転操作	360度全周映画方式	水平360度	画面の横移動、画面の速度制御	実車をローラー台上で駆動	カリフォルニア大学
1963	テレビ方式自動車シミュレーター	基礎研究	事故回避行動、反応時間	モニターTV方式	固 定	画面に合わせて運転操作	なし	グッドイヤーRCAアメリカ公衆衛生局
1963	自動車操縦シミュレーター	基礎研究	人間工学的研究	前面投影映画方式	固 定	画面の速度制御	実車をローラー台上で駆動	科学警察研究所
1963	シャーシダイナモメーター	基礎研究 研究開発	操縦性、安全性、微分ハンドドル研究	左右移動目標	水平2m	ステップ目標、周波数目標	実車を2軸ドラム上で駆動	東京大学生産技術研究所 (平尾研究室)
1966	ドライビングチャッカー (DC-1000)	教育訓練	運転技能診断 (最大50席)	前面投影映画方式	固 定	画面に合わせて運転操作	なし	三菱プレシジョン株式会社、警察庁
1968	高速自動車シミュレーター	基礎研究	先行車追従、追越しなど	ベルト式模型、テレビ投影方式	大型スクリーン	画像変化によりヨー運動横変位、限定車線幅内任意走行	運転席油圧駆動 (ロール、ピッチング)	機械技術研究所
1968	自動車シミュレーター	基礎研究 (ドライバー・道路系)	高速道路条件と運転の関係	ベルト式模型、テレビ投影方式	大型スクリーン	限定車線幅内任意走行	油圧駆動、シンバル方式 (ロール、ピッチング)	オハイオ大学
1968	運転操作試験用自動車シミュレーター	基礎研究 研究開発	緊急時のドライバーの行動研究、運転装置類の開発	前面投影映画方式	固 定	不 明	油圧駆動 (ロール、ピッチング)	General Motors社 (テクニカルセンター)
1970	操縦性、安定性シミュレーター	研究開発	自動車の操縦性、安定性など	アナログ演算による描画CRT表示	一部可変	限定幅で任意走行	油圧駆動 (ロール)	日産自動車株式会社
1971	ドライビングシミュレーター	基礎研究	ドライバー、自動車システムの研究	固定模型モニターTV方式	固 定	任意走行	油圧駆動 (ヨー、横変位)	ベルリン大学

年	名 称	主 目 的	利用内容	ビジュアルシステム	視野など	設定要素	モーションシステム	製作/所有
1972	ダイナミックシミュレーター	基礎研究 車両開発	ドライバ、自動車の運転シミュレーションの研究、操作性、安定性の研究、開発車両の設計パラメータの研究	アナログ演算による描画をCRT表示、障害物の表示	水平50度、上下30度	限定幅で任意走行、スピン、コースアウト、一連の走行を模擬	電動モーター駆動（ロー、ピッチ、ヨー）レールとジンバル併用式	Volkswagenwerk社
1973	電気式自動車運転シミュレーター	基礎研究	ドライバ、自動車の運転シミュレーションの研究	アナログ演算によるカラーパラメータをTV表示	固 定	な し	な し	機械技術研究所
1975	ハイウェイ・ドライビングシミュレーター	基礎研究	車両運動、応答パラメータの研究	アナログ演算による道路描画をTV表示	固 定	限定幅で任意走行	油圧シリンダーで床移動（ロー、ヨー、横変位）	バークレー大学
1976	横運動ダイナミックシミュレーター	基礎研究 車両開発	自動車の操縦性・安定性、マン・ビームの研究、4WS開閉研究	左右移動目標、ステッピング目標、周波数目標、ランダム目標	水平5 m 上下3 m	5 m車線幅で任意走行	実車を2軸ドラム上で駆動（油圧）（ヨー、ロー、横変位）	芝浦工業大学（小口研究室）
1978	訓練用自動車シミュレーター	基礎研究	加減速、模擬加速減速などの研究	な し	な し	前後方向（傾斜）	ロッキングチャエアップ	職業訓練大学（永田研究室）
1978	ドライビングシミュレーター	基礎研究 車両開発	ドライバ、自動車の運転シミュレーションの研究、操作性、安全性研究、車両の予防安全性	道路風景とレーンマークの合成映写、操作に連動	前方、側方大型スクリーン	ドラム幅員内で任意走行	実車を2軸ドラム上で駆動（ヨー、ロー、横変位）	トヨタ自動車株式会社（中央研究所）
1980	ドライビングチャエッカー（DC-2000）	教育訓練	運転技能診断	実写映像の個別モニターTV方式	固定プログラム	画面に合わせて運転操作	な し	三菱プレジジョン株式会社、警察庁
1981	高速自動車シミュレーター	教育訓練	高速道路の運転体験と教育	16mmフィルム、フライング・スポット・テレシネ方式	画像制御、前方ビデオプロジェクター後方スクリーン	実景制御（ヨー、コース、ピッチ、ロール）	な し	三菱プレジジョン株式会社、警察庁
1984	ドライビングシミュレーター	研究開発	安定性向上を中心とした自動車の開発、設計など	CGI式、6チャンネル、スクリーン投影	水平180度 上下30度	18種の道路条件、天候、障害物などの各種設定可能	6本の油圧シリンダーによる共働支持方式	Daimler-Benz社

年	名 称	主目的	利用内容	ビジュアルシステム	視野など	設定要素	モーションシステム	製作/所有
1984	ドライビングシミュレーター	基礎研究	ドライバー、自動車、道路環境システムの研究、道路設計	CGI方式、3チャンネル、スクリーン投影	水平108度 上下30度	数種の道路条件における任意走行	レール、ジンバル併用式	V T I (スウェーデン国立道路研究所)
1984	ドライビングシミュレーター	基礎研究	人間-自動車系の研究	CGI方式、CRT表示	高速画像処理	任意走行	4軸油圧(ヨー、ピッチ、上下、左右)	東京大学(吉本研究所)
1988	ドライビングシミュレーター(DC-3000) ライディングシミュレーター(DCH-3000)	教育訓練	運転技能診断	実写映像の個別モニターTV方式	ピッチング模擬の映像など	画面に合わせて運転操作	なし	三菱プレシジョン株式会社、警察庁
1990	ドライビングシミュレーター(DS-5000)	教育訓練	危険予見の教育、危険の安全体験	CGI方式、6チャンネル、CRT表示、3チャンネルは後方視界	水平108度 上下30度	各種危険画面での任意走行	なし	三菱プレシジョン株式会社、警察庁
1990	四輪フラットバルトシャシダイナモメーター	基礎研究 研究開発	アクティブ制御システムの研究、車両の開発、人間-自動車システムの研究	CGI方式、エンジニアリング、ワークステーション	120インチスクリーン(縦1.8m、横2.4m)	画像処理によるヨーを含めた任意走行可能	フラットバルト式直流ダイナモメーター(駆動及び吸収ピッチ、ロール)	三菱自動車工業株式会社
1990	ドライビングシミュレーター	基礎研究 研究開発	緊急、限界時の人間-自動車システムの研究、車両の開発、車両の応答変数の最適化の研究など	CGI方式、1チャンネルスクリーン投影	水平68度 上下34度	各種設定道路の任意走行	レール、ジンバル併用式(ヨー、ロール、ピッチ、横変位)	マツダ株式会社
1991	ライディングシミュレーター	教育訓練	安全運転の体得、運転診断の教育、ヒヤリ・ハット体験など	CGI方式、スクリーン投影、三次元テクスチャ、昼間・夜間表示	100インチスクリーン、視野角70度	任意走行、他者表示は同時8台可	交流サーボモーター6基(ファジー制御)駆動 (ヨー、ロール、ピッチ、上下、操舵)	本田技研工業株式会社
1992	ドライビングシミュレーター	基礎研究	人間-自動車・道路システムの研究、ドライバの運転制御、限界時の制御	CGI方式、3台の液晶プロジェクター、画像生成40ms	水平135度 上下30度	不規則旋転とその視野確保(±360度)	交流サーボモーター3基駆動、5自由度車両モデル(ヨー、ロール、ピッチ)	芝浦工業大学(澤田研究室)

付録3 本研究の参考資料

付表3-1 カタログ

分野	機種	種	利用目的	内容/ビジュアルシステム/視野/音響など	モーションシステム	発行元
航空機	JRC操縦、飛行体験装置		博物館等展示用	CRT: CGI/模擬音響及び解説有り	有り	日本無線株式会社
	T-4 用フライトシミュレーター		乗員訓練用	CRT反射投影: CG/180° H×60° V データ記録再生可	油圧 (6自由度)	三菱プレシジョン株式会社
	P-3 C操縦訓練装置		乗員訓練用	CRT反射投影: CG (昼間、薄暮、夜間、天候等)/データ記録再生可/故障模擬448項目	油圧 (6自由度)	
	C-130H用フライトシミュレーター		乗員訓練用	CRT反射投影: CG/200° H×26° V	油圧 (6自由度)	
	AH-1S戦闘シミュレーター		乗員戦術訓練用	CRT反射投影: CG	油圧 (6自由度)	
	操縦者作業負担度測定装置		航空医学研究用	CRT反射投影: CG/170° H×30° V データ記録再生可+生体信号12ch	—	
船舶	ヘリコプター発着艦操縦訓練装置		乗員訓練用	CRT反射投影: CG	油圧 (6自由度)	
	747-400の概要		実機説明	—	—	日本航空株式会社
鉄道	JRC操縦シミュレーター		乗員訓練及び船舶開発用	CRT反射投影: CG/240° H×14° V データ記録再生可	空気圧	日本無線株式会社
	JR東日本乗員訓練用シミュレーター		乗員訓練用	PRJ: 実写映像+信号及び障害物等の人工映像	空気圧	JR東日本株式会社
	名鉄運転教習シミュレーター		乗員訓練用	PRJ: 実写映像+信号及び障害物等の人工映像 データ記録再生可	油圧 (2自由度)	名古屋鉄道株式会社
	ドライブレシミュレーター		自動車教習用	CRT: CG	—	タスクネット株式会社
四輪車	Skid Car		運転訓練用	実車における人工スキッド発生装置	油圧	アイティエス興業株式会社
	運転適性診断装置 ART-90		運転教育用	CRT/各種適性テストの表示及び診断	—	
	三菱ドライビングチェッカ (四輪車用) (DC-3000)		運転教育用	CRT: 実写映像	—	三菱プレシジョン株式会社
	三菱ドライビングシミュレーター (DS-5000)		運転教育用	CRT: CG/110° H×25° V データ記録再生可	—	
二輪車	三菱ドライビングシミュレーター (DS-1100)		交通安全教育用 (児童)	CRT: 実写映像/ブレーキ反応体験装置	—	
	三菱ドライビングチェッカ (二輪車用) (DC-3000)		運転教育用	CRT: 実写映像	—	
技術	944		模擬視界発生装置	模擬視界発生装置の製品説明	—	株式会社CRC総合研究所
	COMPU-SCENE PT2000		模擬視界発生装置	CGI/模擬視界発生装置の製品説明	—	東芝テスコ株式会社

技 術	バーチャルリアリティ RB2システム	仮想世界 (CG) の体験	人工現実感システムの製品紹介/CG映像を 実際に触覚体験するシステム	—	日商エレクトロニクス 株式会社
	HELMET MOUNTED DIS PLAY	模擬視界発生装置	ヘルメット装着によるCRT:CG1/40°円/ 頭の位置検出による6自由度	—	株式会社島津製作所 航空機器事業部

付3-2 論文/報告書等

分野	タ イ ト ル	内 容 概 略	発 行 元
航空機	フライトシミュレーターと納入実績	システムの概略と納入先の紹介	三菱プレジジョン株式会社
	フライトシミュレーターの概要とシミュレーション技術	システム及びシステム技術と製品の紹介	
	パイロット訓練とシミュレーター	パイロット訓練の紹介 (タスク、評価等)	日本航空株式会社
	AIAA FLIGHT SIMULATION TECHNOLOGIES CONFERENCE AND EXHIBIT	航空シミュレーター技術論文集	AIAA (The American Institute of Aeronau- tics and Astronautics)
鉄 道	鉄道車両シミュレーターと納入実績	システムの概略と納入先の紹介	三菱プレジジョン株式会社
	安全運転検査システム (身体障害者用)	システムの仕様及び各検査内容の説明	新明和工業株式会社
	自動車シミュレーターと納入実績	システムの概略と納入先の紹介	三菱プレジジョン株式会社
	自動車シミュレーターの制作実績と概要	製品別システムの紹介	
	最近の自動車シミュレーターの動向	各種シミュレーターシステムの比較と変遷	
	教習用シミュレーターによる危険予測教習標準指導要領	教習用シミュレーターを使用した指導内容の詳細説明	警察庁交通局
教 育	ドライバシミュレーターを開発し、運転者の感性を研究 する (マツダ)	システムの概略説明及び開発経緯	日経コンピュータ グラフィックス
	CGシミュレーターによる運転者教育	システムの概略と教習現場での評価	月刊自動車管理 (91年7月)
	高校生に対する運転トレーニングのタスク項目リスト	運転トレーニングのタスクの紹介	米国カリフォルニア州
技 術	運転作業と TASK ANALYSIS	運転作業の項目紹介	OECD道路交通研究部
	HMD (HELMET MOUNTED DISPLAY)	システムの説明	株式会社島津製作所
	Feasibility Study and Conceptual Design of a National Advanced Driving Simulator	米国運輸省による研究開発用シミュレーターの技術的検討結果 の報告	NHTSA (National Highway Traffic Sa- fety Administration)