

シミュレータによる運転者教育の現状と展望

坂野輝雄*

シミュレータによる運転者教育は、近年の急速な電子技術の進歩による機能、性能の向上に伴い日本における運転者教育に定着し、広がりを見せている。シミュレータには実映像方式とCG（コンピュータ・グラフィックス）方式の二種類あるが、それぞれ長所と短所を持ち、教育の目的に応じて使い分けられている。将来的には更にその分野を広げ、運転者教育の中核になる可能性を秘めているが、これらを実現するためには、教育プログラムの確立や教材ソフトの開発体制などの課題をクリアする活動の継続が不可欠である。

Simulator Driver Training Today and Developments in the Future

Teruo SAKANO*

With the rush of progress in electronics in recent years, simulator driver training has been able to achieve better results and has established itself and expanded in Japan. There are two types of simulator: one using live footage and the other using computer graphics. Each has advantages and disadvantages and is applied in accordance with the training objectives. Simulator training has the potential to be used more extensively and become the core element of driver training but to achieve this, work must continue to create training programs and develop educational software.

1. はじめに

シミュレータ技術の発展は航空機に端を発し、その原型は1930年代初頭に米国のEdwin Linkによって製作された。当時はエレクトロニクス技術が十分発展していなかったこともあり、シミュレーションの範囲、質ともに非常に簡素なものであったが、戦後の急速なエレクトロニクスの発展に伴い、本格的なフライトシミュレータが製作されるようになった。

現在も航空機の世界では、経済性、安全性、実機

使用回数の削減、技量の正確な把握といった利点から、パイロットの技量維持のためにシミュレータを活用している。操縦に従って姿勢を変えるコックピットと、コンピュータがリアルタイムで生成する映像により、パイロットは地上にいながら実際に飛行しているような感覚を得ることができる（Fig.1）。

一方、自動車の世界を眺めてみると、大別して二つの発展過程が見られる。一つは、研究用として1960年頃から米国をはじめとして、日本、西独などで人間工学研究、道路設計の解析、車両開発などを目的に比較的規模の大きいものが開発された¹⁾。1984年にDaimler-Benz社が開発したものが最も代表的で、フライトシミュレータ同様6軸の油圧モーション装置を使用しており、実車と同様の運転感覚が得られる本格的なものがある。

*三菱プレジジョン(株)ソリューション・ビジネス第二部
交通安全システム課長
Manager, Traffic Safety Systems Section,
Mitsubishi Precision Co., Ltd.
原稿受理 2001年3月30日



Fig. 1 T-4フライトシミュレータ



Fig. 2 DC 1000

運転者教育を目的にシミュレータが利用されはじめたのは1967年のことで、その用途は事故または違反により運転免許証の停止処分を受けたものに対する講習、すなわち行政処分者講習であった。その後急速な電子技術の進歩、特に集積回路（IC）技術の進歩により、主力構成部品である映像装置が改善され、1991年には自動車教習所における運転免許取得時の教育用としての活用がはじまり、現在では多くの場で利用され効果をあげている。

ここでは、四輪車の運転者教育用シミュレータ（以降、シミュレータ）にしぼり現在の利用状況を中心に、現状の課題や今後の展望などについて述べることにする。

2. シミュレータの種類別発展と特徴

シミュレータは、運転者に提示される模擬視界映像の方式で、実映像方式とCG（コンピュータ・グラフィックス）方式の二つに分類される。それぞれの方式には長所、短所があり、教育の目的に応じ使い分ける必要がある。

以下に個々の発展の過程と特徴を述べる。

2-1 実映像方式

1) 発展の過程

実映像方式は、実際の運転状況をビデオ等で撮影した映像をスクリーンまたはテレビモニタに提示し、模擬運転席に座った運転者が、この映像を見ながら

各自運転操作を行うというものである。日本においてはじめてこのシステムが実用化されたのは1967年のことで、この時開発されたのが警察庁が企画し、当社が製作したDC-1000（以下型式Dは、すべて当社製品を示す）である（Fig.2）。

この装置はシネスコ・サイズの16mm映画映像を見ながら最大30台の模擬運転席に座った運転者が、各自運転した内容を要所所で記録、映像内容と対比して危険予測の有無、その個癖を指摘し教育しようというものである²⁾。

映画方式には、フィルムの劣化による鮮明度が低下する、運転者の座席の位置によって映像の見え方が異なるなどの欠点があったため、1980年には運転席ごとに個別にテレビモニタを持ち、ビデオテープにより映像を発生させる方式へと移行して行った。1988年には任意の画面をランダムに頭出しができるレーザ・ディスク方式へ、更に画像をより鮮明に緻密な映像情報を提供するハイビジョンテレビを使ったものへと発展し現在へ至る。

2) 特徴と適した教育内容

この方式はシミュレータの映像としてみた場合、共通して以下のような長所を持つ。

ドライバーが運転中に必要とする道路、信号、標識、自分以外の交通参加者の微妙な動きなど、詳細な視界情報を提示することができる

映像に現実感があり、奥行き感、距離感がつかみやすい

反面、以下のような欠点を持つ。

運転者の運転行動に映像がフィードバックされないため、自分の運転行動が正しかったのか、誤っていたのかを自己確認することができない

第三者的（客観的）視点から見た場面の再現、死角を作る障害物の透視再現ができない

これらの特徴から、安全運転においては、時間の経過とともに刻々と変化する交通状況において、自分以外の交通参加者の特性（例えば歩行者の年齢）、微妙な動き（視線方向、表情等）、道路環境、気象状況など複雑な情報から危険を読み取る教育に適しているといえる。また、運用的には多人数の教育を同時に実施するのに適している。

2-2 CG方式

1) 発展の過程

CG方式は、運転操作に応じてコンピュータが1秒間に30～60フレームの画像を創り出すことで、運転者の意思どおり自由走行が可能である。



Fig. 3 DS 6000

CG方式のシミュレータの開発は、1987年に運転経験の乏しい初心運転者に対し、一般の運転者が長い運転経験の間で体験する「ヒヤリ」「ハット」を計画的に遭遇させ、危険はどのような場所に潜むのか、危険に陥らないためにはどのような対処すべきかを教育することを目的にスタートした。警察庁を中心とした「教習用シミュレータ研究委員会」の2年半にわたる研究開発、実験教習による教習効果の検証を経て³⁾、1991年に指定自動車教習所の教習カリキュラム外、いわゆる任意教習という位置付けで実用化された。これが日本初の教習用シミュレータDS-5000である。DS-5000は、前方の状況を模擬する3台の29インチモニタ(水平視野角度:108度)、後方(ルームミラー、左右ドアミラー)を模擬する3台の6インチモニタ、実車同様の運転席を有し、10の危険パターンを運転者の行動に対応して事故が発生したり、安全に通過できるような教材が組み込まれている。

その後、1993年にはシミュレータを使用した高速教習の調査研究により教材開発、実験教習が実施され、その結果シミュレータによる高速教習は実車による技能教習の代替が可能であり、実車走行と組み合わせる方式が最も効果的であるという結論に達した⁴⁾。

このような過程を経て、1994年の教習カリキュラム改正により「危険を予測した運転」「高速道路での運転」の二項目に使用することが認められ、自動車教習所での本格的なシミュレータ教育がはじまった。

しかしDS-5000には画像を生成する模擬視界発生装置(IG:イメージ・ジェネレータ)の性能上の制



Fig. 4 夜間設定の映像例



Fig. 5 降雪設定の映像例



Fig. 6 トラック視点の映像例

限により、以下の欠点が指摘され、多くのユーザーから改善を求められていた。

- ・映像上の景観に現実感が乏しい
- ・全体的に奥行き、距離感がない
- ・自分に係わり合いを持つもの、持たないものを含め、自分以外に動く車両や歩行者(移動物体)が少ない、またそれらの動きが不自然である
- ・場面の難易度を変更できない、時間帯・気象状況を変更できないなど、状況設定に制限がある

世の中の技術進歩を背景とし、IGの性能向上によりこれらの問題点を補完し、より高い教育効果を目指したものが1998年に実用化されたDS-6000である(Fig.3)。

DS-6000は、DS-5000と比較し主に以下の点で大幅に機能・性能において上回り、DS-5000ではできなかった新たな教育を可能とし、多くのユーザーから高い評価を受けている。

- ・映像能力向上: 景観および移動物体にテクスチャ・マッピング(物体にスキャナで取りこんだ写真や模様をつけることにより物体の質感、奥行き感を持たせる技術)を施し、より現実に近い映像を提供
- ・同時に動かす移動物体数の増加
- ・各種状況設定の拡張
 - 各場面の難易度: 四段階に切替え可能
 - 時間帯: 夜間の設定が可能(Fig.4)
 - 気象条件: 降雨、降雪、霧、強風の設定が可能(Fig.5)
 - 車両特性: タイヤ種類(ノーマル/スタットレ

Table 1 運転教育用シミュレータの利用状況

利用者	教育対象者	用途	運用形態	シミュレータのタイプ
都道府県警	違反者、行政処分者など	危険予測教育など	多人数	実映像、CG併用タイプ
	身体障害者	運転適性検査	個別	CGタイプ
自動車安全センター	研修生	危険感受性教育など	多人数	実映像タイプ
自動車教習所	教習生	装置の取扱、基本操作	1～5名複数	実映像タイプ
	教習生	危険予測、高速道路急ブレーキ、特殊な環境	1～3名複数	CGタイプ
	企業運転者	危険予測教育など	個別または複数	実映像またはCGタイプ
	高齢者	運転適性検査	個別	CGタイプ
一般企業	社員	危険予測教育など	個別または複数	実映像またはCGタイプ
保険会社	契約企業	危険予測教育など	出前教育等	車載のCGタイプ
自治体	一般運転者	危険予測教育など	個別または複数	実映像またはCGタイプ
リハビリ、病院	身体障害者	身体機能回復など	個別	CGタイプ

ス/チェーン)、ABS装置(あり/なし)、車両視点(普通車/トラック)、車両特性(普通車/トラック)をそれぞれ切替え可能(Fig.6)

2) 特徴と適した教育内容

CG方式の長所は主に以下の点である。

- ・ドライバーの運転行動に映像がフィードバックされるため、自分の運転行動が正しかったのか、誤っていたのかを自己確認することができる
- ・運転状況を記録し、車内や俯瞰、または自分に係わり合いを持つ車両や歩行者などさまざまな視点から映像により再現できる。また、死角を作る障害物の透視再現ができる
- ・各種の状況設定を教育目的に応じて容易に変更できる
- ・同一条件で繰り返し反復学習ができる

これらの長所からCG方式は、以下の教育に向いていると言える。

- ・時間経過の中で変化する交通状況から危険の兆しを捉え、どのように対処すべきかを認知、判断、操作の一連の行動として、主体的に学習する
 - ・自分の運転行動を客観視することで、危険パターンの全体像、死角となる場所などのイメージを正しく認識する
 - ・ポジショニングによる危険の見え方に違いを知る
 - ・少人数のグループディスカッションにより、参加者の相互の意見交換により自ら気付かせる
- また前述の特徴から、運用形態は少人数のグループによる方式が適している。

3. シミュレータによる交通安全教育の現状

現在、さまざまな運転者教育の場でシミュレータ

が活用されているが、用途、運用方法などによって前述した二種類の方式のシミュレータは使い分けられている。それぞれの利用者別に見てみると、Table 1のようにまとめることができる。以下に主要な利用者ごとの運用状況を述べることにする。

3-1 都道府県警察本部

違反者、行政処分者を対象として、短時間に同時に多人数(最大事例43人)を教育するという運用形態をとる。また、使用機種は実映像とCG映像を任意に提示が可能で、1台の中央制御装置で複数の運転席をコントロールするタイプのシミュレータ(DS-100)を使用する(Fig.7)。以下に二つの事例について述べる。

教育目的1: 交通弱者への対応

実映像方式の教材を使用し、老人、子どもなどの歩行者、自転車(いわゆる交通弱者)の行動特性を把握し、どのような運転行動をとるべきかを教育する。以下は代表的な場面事例である。

- ・場面事例1: 高齢者の自転車、歩行者の側方通過
- ・場面事例2: 駐車シルバーマーク車の側方通過
- ・場面事例3: 通学路での集団小学生の脇を通過
- ・場面事例4: 雨天時自転車の側方通過

教育目的2: 隠れた危険に対する対応



Fig. 7 DS 100

教育目標の提示（映像、ナレーション解説）	実映像
練習走行（シミュレータの運転に慣れる）	CG
運転体験（危険に遭遇し自己判断で対処）	CG
自転車視点での再現映像提示、解説	CG
俯瞰視点での再現映像提示、解説	CG
模範運転映像の提示、解説	CG
類似危険パターンの提示	実映像

Fig. 8 「隠れた危険に対する対応」の学習の流れ

CG教材と実映像を併用し、隠れた危険パターンを次々と提示し、Fig.8の流れで自動的に学習していく。

ではどこに危険が隠れていたのかを知り、で危険パターンの全体像と死角部分のイメージを認識し、では実際にこのような場面が身近なものとしてあることを確認する。

シミュレータを使用した講習は、受講者の評判も上々であるが、以下のような問題も指摘されており、今後さまざまな角度から改善を要する。

- ・各受講者個々の特性に応じた教育ができない
- ・効果測定ができない
- ・短時間に多くを詰め込みすぎている

3-2 自動車教習所

教習項目「危険を予測した運転」は、免許取得段階で最も重要視されている項目の一つである。以下にシミュレータによる代表的な教育手法を述べる。

条件設定：教習時間50分、学習者3名

使用機種：DS-6000

教習の流れ：はじめに教育目標と学習の全体像を説明、次に教習生三名が交代で運転体験するが、単純に多くの危険場面を体験させるのではない。各場面を題材に教育のねらいを設定し、そのつど説明、学習者の体験、さまざまな角度からの再現映像の提示、学習者への質問、学習者が答える、を状況に応じ繰り返し実施し、学習者が変容するまで続ける。

代表教習事例：

[場面例：交差点右折時、右折待ち対向車の死角を走行してくる二輪車] Fig.9

[教育目標：対向車の死角部分を理解し、二輪車が



Fig. 9 危険場面例

来ることを予測する]

学習者に右折待ち対向車のない交差点を右折させる(学習者の行き先がどこであるか知らせる)。前方交差点に右折待ち普通車(死角部分が小さい)ありの状況で学習者に右折させる。影から二輪車1台が出てくるが、衝突してもしなくてもよい。運転後、自転車視点の再現映像で二輪車をいつ発見したかを質問する。見つからない場合はスロー、ポーズで見つけさせる。また、ベテランドライバーがいつ、どこで対向二輪車を発見し、どう対処するのかを説明する。

同様の状況で、右折待ち対向車を大型車(死角部分が大きい)に変更して体験させる。体験後、前回の状況と何が違うのか、自分の運転行動にどのような影響があるか、どうすればよいかなどを質問し、死角について考えさせる。

真上俯瞰と自転車視点を切替えながら、再現映像を提示し、死角はどこに存在するかのイメージを認識させる

学習者が変容したことを確認する

このように学習者が免許取得前の教習生であるという特性に合わせ、教育側のねらいを明確に伝え、学習者の神経が育つよう、単純な場面から複雑な場面へ展開させることが、効果的な教育の進め方であると思われる。

いまひとつ、ある設定されたコースを連続運転体験し、走行中の過程でさまざまな危険に遭遇させ、運転体験終了後まとめて危険場面をプレイバックし、解説、ディスカッションを行うという手法もある。この手法には、通常走行の過程でごく自然な形で危険に遭遇できるというメリットがあるが、「時間の制約上、ディスカッションする時間が十分とれない」、「教育のポイントが絞れない」といった声もあり、前述した手法に切り替えるところも出ている。

ただし、いずれの手法を用いるにしても、指導者側がシミュレータの能力を十分に把握し、明確な教育目標の設定とそれを実現する効果的手法を教案としてまとめ、どの指導者が行っても同一の効果が得られるようにすることが重要である。教案は教習効果

に伴い、変更を加える必要性を考えれば、各々の教習所が独自に作成することが望ましい。

3-3 リハビリテーションセンター

近年、身体障害者の社会参加の高まりから、移動手段としての自動車は必要不可欠なものとなっている。身体障害者が運転免許を取得するには、都道府県警察本部の障害者適性相談室でチェックを受けた上で、自動車教習所により教習を受けなければならない。

リハビリテーションセンターでは、その前の段階で、運転を行うのに必要な基本的身体機能があるかをチェックするとともに、シミュレータでの運転体験を通し、身体機能の回復、運転のイメージを定着させるトレーニング用としても使用されている。

4. シミュレータ教育の課題²⁾

前述のとおり、シミュレータ教育は日本における運転者教育に定着し、将来的にはその中核になると予想されている。しかし今後、より有効に活用するためには以下の点が課題として挙げられる。

4-1 教育プログラムの確立

シミュレータは万能のシステムではなく、あくまで教育目標を実現するための教育ツールであることは前にも述べた。したがって、シミュレータによる教育を独立して考えるとどうしても無理が生じ、マイナス効果を生じさせてしまう恐れがある。これを避けるためには、何を教育するのか、対象者は誰か、どの程度の期間で実施するのか、どの程度の効果を求めるのか、シミュレータはどの位置付けでどのように使うのか、という全体的な教育プログラム確立することが重要である。

4-2 教材ソフトの開発体制

現在シミュレータの命である教材ソフトは、ある範囲で開発メーカーに任されている状況にある。しかし、前述の教育プログラムに従った教材ソフトの開発が必要であり、使用者側が十分満足するものを必ずしも提供できていないと思われる。

これを解決し、より有効なものを開発するためには、研究者、現場の教育者、行政機関、開発メーカーが一体となったプロジェクトチームで取り組むことが必要と思われる。また、開発メーカー側は運転者教育に必要な心理学的側面、人間工学的側面などさまざまな分野での研究に継続して取り組むとともに、教育プログラム作成にも参加する意欲と姿勢を示すことも必要である。

5. 今後の展望

シミュレータはコストの兼ね合いで、機能・性能上の限界から、用途にも制約が出てくることはいうまでもなく、これまで、この制約の中でどのように効果的に活用するかを述べてきた。しかし、各種シミュレーション技術の進化に伴い、近々ローコストで高性能なものの開発も実現するものと思われる。以下にその可能性について述べる。

5-1 運転技術訓練用シミュレータ

運転技術訓練は従来、自動車の機構と運転装置取扱いなど基本的なものを除いては、実車による訓練が最もよい手法とされてきた。しかし、実車では訓練しにくい項目もあり、シミュレータによる訓練で補完することにより、より短時間で運転をマスターすることが可能であると考えられる。

1971年5月30日の日本経済新聞に取り上げられた記事によると、財団法人能力工学センターが開発したシミュレータは運転実技のすべてを学習することができ、10時間くらいで習得できるとしている。このシステムは、自動車を運転する場合、人間はどのような行動をとるかを分析し、これがどのような基本動作から成り立っているかを調べ、この基本動作をどのように教えていけばよいかをプログラムに組立てることにより、運転の基本動作から応用動作までマスターできるというものである。

この研究から推測すると、現在シミュレータが持っている問題点を解決し、最新の技術を駆使して教育プログラムに対応したハードとソフトを開発すれば、運転技能訓練のすべてをシミュレータで実現することも可能であろう。

5-2 運転者性格診断用シミュレータ

現在ペーパーで行っている運転者性格診断をより実際の運転に近い手法でできないかというものである。現在のシミュレータは、機能・性能上において運転者がごく自然に自己の普段どおりの運転ができる領域まで達していない。しかし運転者が普段どおりの運転を自然に行えるようなハードとソフトを開発し、更にシミュレータからアウトプットされる運転中に運転者が行う操作系のデータ、操作系以外の行動（運転態度、運転者が発する言葉など）などから運転者の特性を特定する解析ソフトができれば、これも不可能ではない。

このシミュレータの開発が実現すれば、各運転者に各々の持つ運転特性や癖を認識させるのみなら

ず、このデータから各々に応じた教育のプログラムを開発することも夢ではない。

5 - 3 ITS教育用シミュレータ

ITS (Intelligent Transport Systems: 高度道路交通システム) は、渋滞・交通事故の低減や利用者の快適性の向上を目的に、最先端の情報技術等を活用して創り出す新しい道路交通システムの総称であり、国家的プロジェクトとして推進されている。ITSは、既に実用化されたナビゲーションシステムの高度化、現在すすめられている自動料金収受システム、将来実用化をめざし現在研究されている自動運転などさまざまな点で現在の交通システムを大きく変化させるものである。

ITSのそれぞれの項目が具現化される中で、運転者はこの変化に対応する教育を受ける必要性が出てくるものと推測される。これらの教育に必要とされるものは何かは、まだ明確に見えてこないが、条件設定を自由に变化させることができるという特長から、シミュレータによる教育が中核になるのではな

いかと予想される。

以上のように、将来的にシミュレータによる運転者教育はますます広がりを見せる可能性を秘めている。しかしこれらを実現させるためには、前述した現在抱える教育プログラムや教材開発などの課題をクリアするための継続的な活動が不可欠である。

参考文献

- 1) (財)日本交通管理技術協会「高速教習用シミュレータの開発に関する調査研究報告書」1980年
- 2) 樋泉史彦「運転者教育用四輪車シミュレータ」『IATSS Vol.18 No.2』1992年
- 3) (財)日本交通管理技術協会「教習用シミュレータ研究報告書」1990年
- 4) (財)日本交通管理技術協会『シミュレータを使用している高速教習についての調査研究報告書』1990年
- 5) 蓮花一己『交通危険学』啓正社、pp.128-138、1996年