

2012年度 卒業論文

ドライビングシミュレータにおける自動車の機械の  
配置や損傷を考慮した性能変化についての研究

指導教員：渡辺 大地 講師  
三上 浩司 講師

メディア学部 ゲームサイエンスプロジェクト  
学籍番号 M0109059  
岩崎 宏俊

**2012年度 卒業論文概要**

**論文題目**

ドライビングシミュレータにおける自動車の機械の  
配置や損傷を考慮した性能変化についての研究

**メディア学部**

**学籍番号： M0109059**

**氏名**

岩崎 宏俊

**指導  
教員**

渡辺 大地 講師  
三上 浩司 講師

**キーワード**

ドライビングシミュレータ 訓練 自動車 損傷 性能低下 急制動 故障

自動車の整備不良による事故は毎年140件から200件ほど発生している。自動車事故全体の割合で見ると、さほど多くはないが、それを差し引いても毎年整備不良による事故が発生していることは軽視できない。自動車の点検・整備を正しく行うことで、整備不良による事故を減らすことができると推察する。しかし、必ずしも自動車の点検をすることによって、事故を防ぐことはできない。点検が不十分なために起きてしまった事故は自動車に限らず、過去に多数存在する。自動車が走行中に、整備不良や、落下物などによって何らかの異常が発生した時に、冷静に対処できるように訓練し、事故を減らすことはできないかと考えた。そこで、本研究で着目したものがドライビングシミュレータである。いつでも繰り返し同じ条件で、危険を伴うことなく運転の体験をすることができる。

しかし、既存のDRSでは自動車に搭載されている機械の損傷を考慮できる機能が備わっていない。そのため、自動車の整備不良や、機械の故障による交通事故を減らすためにDRSを利用し、正しい対処を行うことができるようにするという目的を達成することが難しい。プログラムの数値を変更することで、機械の故障による自動車の性能の変化を表現することはできても、機械の損傷による性能の変化は難しいと考えた。

本研究の目的は次の2つである。第1に、障害物が自動車に衝突する場所が異なると、損傷する機械や低下する自動車の性能も異なるということである。第2に、機械の損傷により自動車に表れる異常を連鎖的に行うことである。それを実現するための手法を提案した。本手法で考慮した事柄は次の4つである。第1に、自動車の操作性に関係する自動車のパラメータの設定である。第2に、自動車の機械の配置場所の簡略化である。第3に、自動車の機械の役割の設定である。第4に、自動車の機械が損傷した時に及ぼす影響の設定である。これらにより、障害物が自動車に衝突する場所が異なると、損傷する機械や低下する自動車の性能も異なる結果が得られた。また、自動車に表れる異常を連鎖的に行うこともできた。

# 目次

<b>第1章</b>	<b>はじめに</b>	<b>1</b>
1.1	研究背景 . . . . .	1
1.2	研究目的 . . . . .	4
1.3	本論文の構成 . . . . .	4
<b>第2章</b>	<b>提案手法</b>	<b>5</b>
2.1	自動車パラメータの設定と、行う処理の内容 . . . . .	6
2.2	エンジンルーム部分の簡略化 . . . . .	8
2.3	シャーシ部分の簡略化 . . . . .	12
2.4	機械が損傷する条件 . . . . .	14
<b>第3章</b>	<b>研究評価</b>	<b>16</b>
3.1	実装結果 . . . . .	17
3.2	考察 . . . . .	25
<b>第4章</b>	<b>まとめ</b>	<b>26</b>
	<b>謝辞</b>	<b>27</b>
	<b>参考文献</b>	<b>28</b>

# 目 次

2.1	自動車のパート化 . . . . .	8
2.2	エンジンルームの簡略化 . . . . .	9
2.3	シャーシ部分簡略化 . . . . .	12
3.1	デモ画面 . . . . .	17
3.2	パターン1 トラックからの落下物が障害物の場合 . . . . .	18
3.3	パターン1 トラックから障害物の落下 . . . . .	18
3.4	パターン1 エンジンルーム部分の損傷1 . . . . .	19
3.5	パターン1 エンジンルーム部分の損傷2 . . . . .	19
3.6	パターン2 小さい障害物の場合 . . . . .	20
3.7	パターン2 ディスクブレーキの損傷 . . . . .	21
3.8	パターン3 壁が障害物の場合 . . . . .	22
3.9	パターン3 壁への激突 . . . . .	22
3.10	パターン3 壁への激突 . . . . .	23
3.11	パターン4 損傷する条件を満たしていない場合 . . . . .	24

# 表 目 次

1.1	平成 18 年に発生した整備不良による事故の内訳 . . . . .	2
2.1	図 2.2 の説明と機械に影響を与える自動車パラメータ . . . . .	10
2.2	図 2.3 の説明 . . . . .	13

# 第 1 章

## はじめに

### 1.1 研究背景

交通事故データからみた自動車の点検整備に関する調査 [1] によると、自動車の整備不良による事故は毎年 140 件から 200 件ほど発生している。自動車事故全体の割合で見ると、さほど多くはないが、それを差し引いても毎年整備不良による事故が発生していることは軽視できない。表 1.1 は、前述の調査のデータを基に作成した。これは平成 18 年に発生した、車両的要因が整備不良とみなされた事故の内訳を示している。

これらの事故の発生件数が、前述の自動車の整備不良による事故件数よりも圧倒的に多くになっているのは主要因とならない整備不良も数多くあるためである。一口に整備不良といっても、車両的要因や制動装置不良、タイヤ不良など原因はさまざまである。車両的要因が整備不良とみなされた事故データから、自動車の点検・整備を正しく行うことで、交通事故を減らすことができると推察する。しかし、必ずしも点検することによって事故は防ぐことはできない。点検が不十分なために起きてしまった事故は自動車に限らず、過去に多数存在する [2][3][4]。たとえば自動車の整備を正しく行っても、走行中に障害物が自動車にぶつかり、制動装置などに異常をきたすこともある。それにより、自動車を制動することができなくなり、自動車事故につながる。自動車が走行中に、整備不良や落下物の衝突

表 1.1: 平成 18 年に発生した整備不良による事故の内訳

車両的要因	発生件数
制動装置不良	224 件
かじとり装置不良	49 件
タイヤ不良	553 件
車輪不良	34 件
灯火不良	23 件
エンジン故障	12 件
変速機不良・故障	4 件
燃料・潤滑装置不良	4 件
フロントガラス等不良	21 件
ミラー調整不良、破損、欠落	9 件
不良改造	2 件
その他車両等の構造・装置等の整備不良	31 件

などによって自動車に異常が発生した時に、冷静に対処できるように訓練し、事故を減らすことはできないかと考えた。

そこで、本研究ではドライビングシミュレータ（以下、DRS）に着目した。DRSとは、コンピュータ上で自動車の運転や走行のシミュレーションを行うためのものである。近年、DRSは様々な目的や用途に応じて、進化している。DRSは、主にドライバの運転に必要な知識の学習を目的として制作・使用されている。

DRSは、いつでも繰り返し同じ条件で、危険を伴うことなく運転の体験をすることができるという点で有効である。実走行では、周囲の環境は変化してしまうため、同じ条件で走行することは難しい。また自動車の操作ミスをした際にドライバや周囲に危険が及ぶ。DRSを利用することにより、そのリスクをなくすことができる。

トヨタ自動車株式会社が開発した DRS[5] では、自動車が走行しているときに発生する振動や、風を切る音、体感加速度といったものを再現できるようになっている。実際の自動車を運転している時の状況を、再現することが可能となっている。この DRS によって、実際の運転に限りなく近いデータを取ることができ、そ

のデータを予防安全技術に生かすことができる。予防安全技術とは、自動車が事故を起こさないようにするために、自動車の運動を制御する技術のことである。

DRS の特性を生かした研究・開発が数多く行われている。DRS では、入力されたデータをもとに交通のシミュレートをすることが可能なものもあり、運転手の特性の研究 [6][7][8][9] のために使われる例や、既存のシステムの評価を行うために利用される例 [10]、自動車の乗り心地などを評価 [11] する例も存在する。そのほか、夜間運転支援システムの効果評価 [12] や、出会い頭事故のヒューマンエラー分析と対策と提案 [13]、運転状態推定技術の開発 [14] といった、安全対策のために利用される例もある。このように、DRS は広い分野で、研究・開発を目的として利用されており、汎用性が高いといえる。また、船舶にもシミュレータは存在する。例えば、プラントの起動・停止や事故発生などの非常操作といった訓練に対応したシミュレータ [15] が挙げられる。船舶の長い航行には、様々なトラブルが発生するため、そのトラブルに適切に対応できるよう訓練するのである。

DRS にも、緊急時運転操作を模擬できるドライビングシミュレータ [16] が開発されている。この DRS には、並進機構や 6 本の電動シリンダ、傾斜台により実車の揺れや加速度などの車両運動を再現することができる。これらを利用して緊急時から通常時までの運転感覚を模擬することができる。この DRS は、プログラム上のパラメータを変更することで、あらゆる種類の交通環境や、任意の車両の特性を再現することもできる。

しかし、既存の DRS では自動車の搭載されている機械の損傷を考慮できる機能が備わっていない。そのため、自動車の整備不良や、機械の故障による交通事故を減らすために DRS を利用し、正しい対処を行うことができるようにするという目的を達成することが難しい。プログラムの数値を変更することで、機械の故障による自動車の性能の変化を表現することはできても、機械の損傷による性能の変化は難しいと考えた。それを解決するために研究目的を 2 つ定めた。



## 1.2 研究目的

本研究の目的は次の2つである。第1に、障害物が自動車に衝突する場所が異なると、損傷する機械や低下する自動車の性能も異なるということである。第2に、機械の損傷により自動車に表れる異常を連鎖的に行うことである。本論文ではそれを実現するための手法を提案した。本手法で考慮した事柄は次の4つである。第1に、自動車の操作性に関する自動車のパラメータの設定である。第2に、自動車の機械の配置場所の簡略化である。第3に、自動車の機械の役割の設定である。第4に、自動車の機械が損傷した時に及ぼす影響の設定である。これらにより、障害物が自動車に衝突する場所が異なると、損傷する機械や低下する自動車の性能も異なる結果が得られた。また、自動車に表れる異常を連鎖的に行うこともできた。

## 1.3 本論文の構成

本論文は、本章を含めて全4章からなる。第2章では提案手法について述べる。第3章では本研究の評価を行う。第4章では本研究のまとめを行う。

# 第 2 章

## 提案手法

本研究では、次のような自動車を対象とした。

1. 右ハンドルの自動車である。
2. 自動車はフロントにエンジンと駆動がある。
3. 4ストロークの4気筒レシプロガソリンエンジンである。
4. ディスクブレーキを採用している自動車である。
5. MTの自動車である。

レシプロエンジンとは一般的な自動車に使用されているエンジンの1つである。4ストロークというのは、エンジンの動作周期に4つの行程があることをいう。気筒は、シリンダのことを指す。4気筒エンジンであれば、エンジンに4つのシリンダが設けられているということである。

ディスクブレーキとは、回転する円盤をパッドで挟み込むことによってブレーキをかける自動車のブレーキの1つである。

MTとは、マニュアルトランスミッションの略である。運転手が、自動車のギアを任意で選択、切り替えを行うことができる機械である。

今回の手法は、次の4つの事柄を考慮した。第1に、自動車の操作性に関するパラメータ（以下、自動車パラメータ）の設定である。自動車のどの機械が損傷

したかによって自動車に与える影響は変化するため、このパラメータという概念も必要である。第2に、機械がどこに配置されているのかということである。第2の事柄は、本研究において重要な要素である。自動車の破壊が行われた時、その内部にある機械も損傷する。このとき、機械の配置を考慮することにより、どの機械が壊れたかの決定ができる。第3に、それらがどういった役割を担っているのかということである。そして第4に、機械がどのように損傷した場合、自動車の運転にどのような影響を及ぼすのかということである。

2.1節において、自動車の操作性に関係するパラメータの設定について先に述べる。2.2節の前半部分と2.3節の前半部分では、自動車の機械がどこに配置されているのかということについて述べる。2.2節の後半部分と2.3節の後半部分では、自動車の機械が、どういった役割を担っているのかということと、自動車の機械が損傷した場合、自動車の運転にどのような影響を及ぼすのかということについて詳しく述べる。

## 2.1 自動車パラメータの設定と、行う処理の内容

本研究では、自動車の挙動の管理をしやすいように簡単なパラメータで再現することとする。自動車パラメータは次の5つとした。

### 1. 自動車の最高速度 (Ability of Full Speed, 以下、AFS)。

AFSは、自動車が出せる最高速度を示す。AFSはギアの段階ごとに設定する。ギア1の最高速度は時速45キロメートル、ギア2の最高速度は時速80キロメートル、ギア3の最高速度は時速110キロメートル、ギア4の最高速度は時速140キロメートルとした。

### 2. 自動車のブレーキ性能 (Ability of Brake, 以下、AB)。

ABは、自動車のブレーキの力を表す。単位は百分率である。数値は、最低値で0、最高値で100とする。初期値は100である。100は正常な状態を指す。0は全くブレーキが働かない状態を指す。自動車のABに影響を与える

要因は次の2つである。第1に、ブレーキ性能に関する装置自体が損傷した場合である。第2に、その装置を使用するための電力が供給されない場合である。

3. 自動車のハンドリング性能 (Ability of Handle, 以下、AH)。

AHは、自動車のハンドルを切った時に、旋回できる度合いを示す。数値の設定はABと同様である。AHに影響を与える要因もABと同様である。

4. 自動車のバッテリーの残量 (Remaining Amount of Battery, 以下、RAB)。

RABは、自動車が発電した電力が、バッテリーに充電された電力量を指す。数値の設定はABと同様である。オルタネータによる発電が行われなくなると、RABの値は減少する。オルタネータとは、自動車に搭載されている発電機である。電気を必要とする機器の電源がオルタネータからバッテリーに切り替わる工程も考慮する。バッテリーが電力を供給することになった場合、RABは低下していく。

5. 自動車の冷却水の残量 (Remaining Amount of Water, 以下、RAW)。

数値の設定はABと同様である。RAWが0になると、エンジンの冷却は行えなくなる。RABと違い、減少した冷却水分は元に戻らない。

これら5つの自動車パラメータは、自動車の状態に応じて逐一変化する。

本研究に利用する自動車の機械とその配置を定義する。自動車にはたくさんの機械がある。そのため、自動車を2つに分けて紹介したいと思う。自動車を2つに分けた様子を、図2.1に示した。

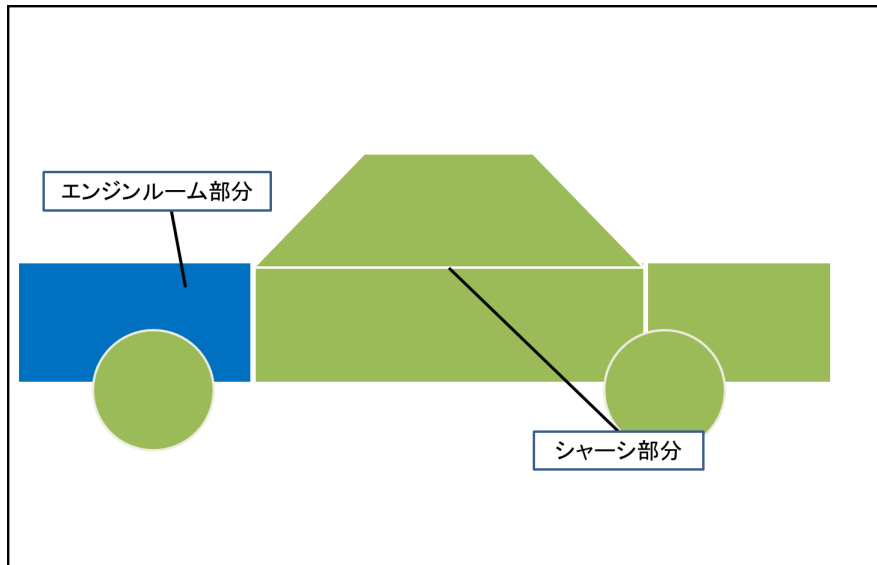


図 2.1: 自動車のパート化

エンジンルームに搭載されている機械の部分をエンジンルーム部分、それ以外の、機械の部分をシャーシ部分とした。

## 2.2 エンジンルーム部分の簡略化

エンジンルーム部分の簡略化について説明する。エンジンルームの構成は、自動車メンテナンス DIY9 の web ページ [17] とトヨタ車のサクシードワゴン [18] を参考に、図 2.2 に示した。

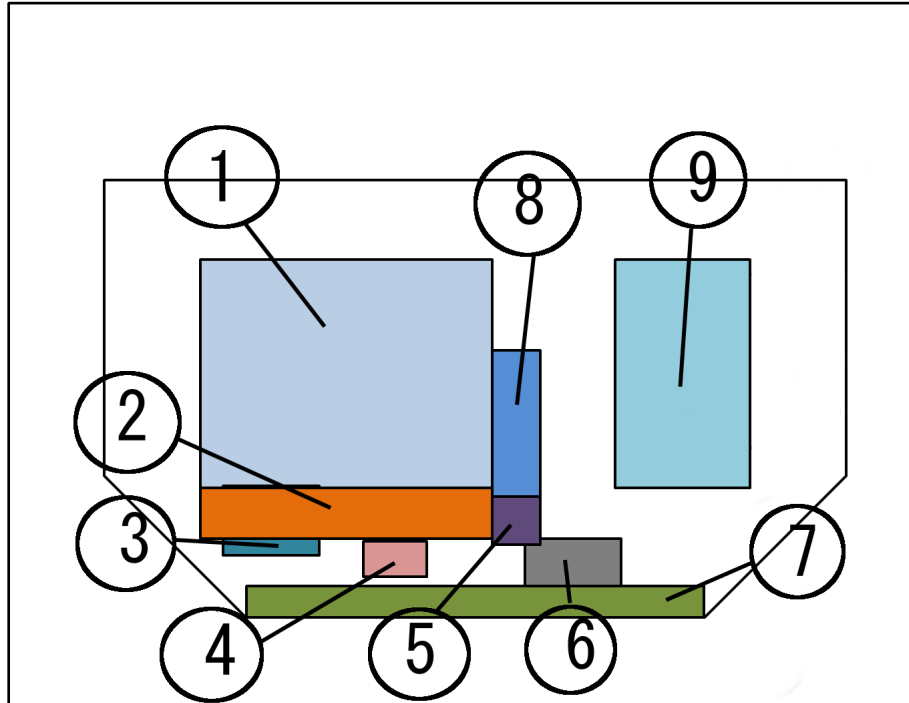


図 2.2: エンジンルームの簡略化

この図 2.2 は、自動車に向かい、ボンネットを開けた時の状態を表している。図中の番号は、表 2.1 と対応している。また、表 2.1 には機械が故障した時、どの自動車パラメータに影響を与えるのかも併せて記述した。

図中の番号 1 のエンジンの前方に図中の番号 2 のインテークマニホールドがある。インテークマニホールドとは、エンジンのシリンダに空気と燃料の混合気を導入するための管である。人間でいうところの気管の役割である。インテークマニホールドによって酸素や燃料の混合気が供給されなければ、エンジンは、動き続けることが出来ない。エンジンが動かなければ、自動車は走行できないため、エンジン、インテークマニホールドには AFS を設定した。

インテークマニホールドが故障し、混合気が供給されなくなるとエンジンは十

表 2.1: 図 2.2 の説明と機械に影響を与える自動車パラメータ

図中の番号	機械名	影響を与える自動車パラメータ
1	エンジン	AFS
2	インテークマニホールド	AFS
3	オルタネータ	RAB
4	セルモータ	-
5	ラジエータキャップ	RAW
6	ラジエータリザーバタンク	RAW
7	ラジエータ	RAB
8	アッパーホース、ロアホース	RAW
9	バッテリー	RAB

分に力を発揮できなくなる。本研究で対象とした自動車のエンジンは4気筒である。それに伴い、インテークマニホールドも4つ気筒がある。そのため、インテークマニホールドは最大4段階の壊れ方をする。気筒が1つだけ損傷した時、AFSは0.4倍される。気筒が3つ壊れると、AFSに0.4の3乗倍する。AFSはギアごとに設定されているが、本研究においてはすべて同じ割合で、数値が変化する。またエンジンが完全に停止してしまった場合は、AFSは0となる。

エンジンは、それ単体では動き出すことが出来ない。図中の番号4のセルモータは、停止しているエンジンを始動させるためのモータである。セルモータは、エンジンが始動した後は役割がないため、自動車パラメータは設定しない。仮に停止しているエンジンを始動させる必要がある際、セルモータが故障しているのなら、エンジンはかからない処理を行う。

自動車に搭載されている機械は電力を消費して稼働している。図中の番号3のオルタネータは、その電力の発電を行う。また、発電された余剰電力は図中の番号9のバッテリーに充電される。バッテリーは充電されている電力を利用して、自動車に電力を供給する。なお、エンジンが停止中であっても、カーナビゲーションやパワーウィンドウが利用できるのは、バッテリーに充電されている電力を利用しているからである。バッテリーから電力を消費した時のRABは1秒につき1%ずつ減少していく。バッテリーの減る割合は、使用している自動車の周辺機器の数

や種類によって異なる。本研究では、使用する周辺機器の数や種類は考慮しない。図中の番号7のラジエータは、エンジンの過熱を冷却するための機械である。ラジエータは冷却水を利用して、エンジンを冷却する。図中の番号5のラジエータキャップはラジエータ内に圧力をかけ、冷却水の沸点を高めることによって、蒸発するのを防いでいる。図中の番号6のラジエータリザーバタンク（以下、RRタンク）は、冷却水を保管するタンクである。そのタンクとラジエータを結ぶホースが、図中の番号8のアップーホースとロアホースである。RRタンクやラジエータキャップ、アップーホース、ロアホースが損傷すると冷却水が漏れだしてしまう。冷却水が漏れだしたとき、RAWは1秒につき1%ずつ減少していく。なお、冷却水の漏れ出し方に自動車の運動は考慮しないこととする。

エンジンルーム部分に搭載されている機械のうち、セルモータとラジエータは電力を必要とするものである。この機械に電力が供給されることによって、機械は稼働することができる。つまり電力が供給されなくなると、機械は稼働することができなくなる。セルモータが損傷したのであればエンジンを始動することはできなくなり、ラジエータが損傷したのであればエンジンを冷却することができなくなる。

このような電力を必要とする機械が機能しなくなる要因は次の2つとする。第1に、電力が供給されなくなり使用できなくなった場合（以下、電力的要因）である。第2に、装置そのものが壊れてしまった場合（以下、自機的要因）である。電力的要因は、オルタネータやバッテリーから電力が供給されなくなったことが原因である。電力的要因は、オルタネータやバッテリー自体の故障が原因ではなく、電力を供給する配線系統が断線することが原因とする。自機的要因は、その装置そのものが損傷することが原因である。それ以外の損傷していない装置は、正常に機能する。



## 2.3 シャーシ部分の簡略化

シャーシ部分の簡略化について説明する。シャーシ部分の構成は、吉川修著書 [19] を参考にした。それを図 2.3 に示した。

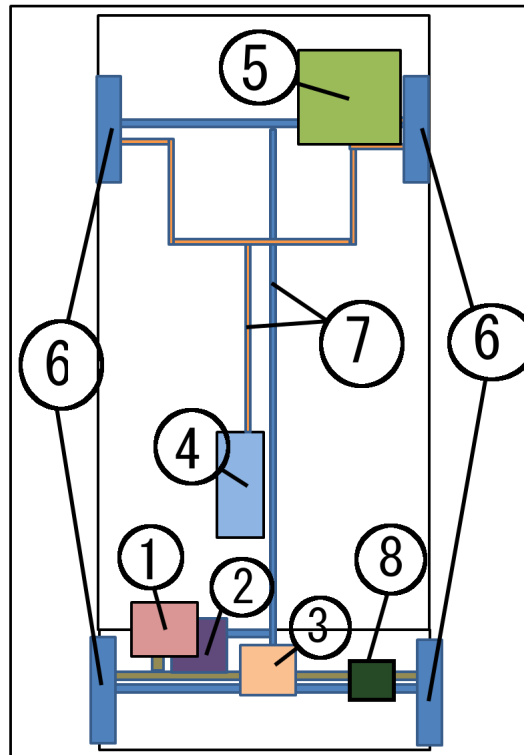


図 2.3: シャーシ部分簡略化

この図 2.3 は、自動車に向かい、さらにそれを俯瞰した状態を表している。図中の番号は、表 2.3 と対応している。また、表 2.3 には機械が故障した時、どの自動車パラメータに影響を与えるのかも併せて記述した

図中の番号 1 のパワーステアリングは、ドライバーのハンドルを切る力を増幅させる機械である。そのため AH を設定した。パワーステアリングが壊れた場合、AH のステアリング性能を低下させる。パワーステアリングが壊れた場合やエンジンが停止している場合は、AH は 0.35 となる。図中の番号 2 のブレーキブースタと

表 2.2: 図 2.3 の説明

図中の番号	機械名	影響を与える自動車パラメータ
1	パワーステアリング	AH
2	ブレーキブースタ（倍力装置）	AB
3	ABS	AB
4	パーキングブレーキ	AB
5	燃料タンク	-
6	ディスクブレーキ	AB
7	油圧機構	AB
8	トランスミッション	-

は、ドライバのフットブレーキの踏力を増幅させる機械である。ブレーキブースタが損傷した場合やエンジンが停止している場合は、に AB は 0.35 となる。図中の番号 6 のディスクブレーキは自動車に 4 つ備えられている。本研究では、1 つあたりのブレーキの力はすべて均一とする。ディスクブレーキの 1 つが損傷し機能しなくなった時に、AB に 0.25 をかける。全てのディスクブレーキが損傷した時、AB は 0 となる。図中の番号 3 の ABS とはアンチロックブレーキシステムの略称である。フットブレーキを強く踏むと、タイヤの回転が止まったまま滑る現象が起こる。ABS はこの現象を防ぐ役割がある。ABS が正常であれば、強くブレーキを踏んでもタイヤの回転が止まることなく停止できる。しかし ABS が故障した場合はタイヤの回転が止まってしまい、自動車が停止するまでに走行する距離は長くなる。ABS が正常に働かなくなり、タイヤの回転が止まった時、AB は 0 となる。図中の番号 4 のパーキングブレーキは、サイドブレーキとも呼ばれ、自動車の車輪が動き出さないようにするためのブレーキである。フットブレーキが故障した場合にはこちらを利用して停車する。パーキングブレーキは、ディスクブレーキや後述の油圧機構の影響は受けないため、AB は常に 100 とする。なお、パーキングブレーキには、ブレーキブースタや ABS は備えられていない。図中の番号 7 の油圧機構とは、フットブレーキの力を、ディスクブレーキに伝える機構のことである。油圧によりディスクブレーキの力を管理しており、ABS が作動すると油圧

はストップする。この油圧機構は、片方が損傷しても制御に支障をきたさないように、2本のラインでつながれている。ブレーキブースタとABSとパーキングブレーキとディスクブレーキと油圧機構はブレーキを司る機械であるので、ABを設定した。また、2つある油圧機構の双方とも損傷した時もABは0となる。図中の番号5の燃料タンクは、自動車が走行するために必要な燃料を保管するタンクである。本研究では、ガソリン車を対象としているので、タンクにはガソリンが保管される。このタンクが損傷した場合、燃料が減っていく処理を行う。なお、自動車パラメータに直接影響を与えないため、自動車パラメータの設定を行わない。図中の番号8のトランスミッションとは、動力をエンジンから活軸へと伝達する役割を持っている。自転車同様、変速ギアを持っているため速度変化に応じてギア比を切り替えることが可能になる。トランスミッションが破損することをミッションブローといい、場合によっては、ギアチェンジが出来なくなるだけでなく、自動車が自走が不可能になることがある。そのため、自動車のギアチェンジが出来なくなるといったことと、自走することが出来なくなるといった2つの処理を行う。自走が不可能になった場合、AFSを0にする。ギアチェンジが不可能になった場合は、ギア2までしかギアチェンジできなくする。

このシャーシ部分にも、電力を必要とする機械が存在する。パワーステアリングとブレーキブースタとABSである。これも、電力的要因と自機的要因によって機能しなくなる。

## 2.4 機械が損傷する条件

本研究では、機械が損傷する条件を次の2つの概念で考慮する。第1に、自動車と障害物が衝突する速度の上限（以下、上限速度）である。この速度が一定値を超えた場合、上限速度の条件をクリアしたことになる。第2に、自動車と衝突する障害物の質量の上限（以下、上限質量）である。この質量の差が一定値を超えた場合、上限質量の条件をクリアしたことになる。上限速度と上限質量の条件を2つとも満たしたとき、自動車の機械は損傷することとする。

例えば障害物の質量を 14 とする。上限速度は 40、上限質量は 15 とする。この条件で、自動車が 45 の速度で障害物に衝突した時をみてる。自動車の速度は、上限速度を上回っているため上限速度の条件をクリアしたことになる。障害物の質量は 14 であり、上限質量は 15 である。障害物の質量は、上限質量を下回っているため上限質量の条件はクリアしていない。結果、自動車の機械は損傷しないということになる。

# 第 3 章

## 研究評価

第 3 章で述べた手法を、ゲームエンジンの Unity[20] を利用してコンテンツの作成を行い検証を行った。自動車の各機械の位置は、本研究の提案手法にのっとりて配置した。各機械に障害物が衝突すると機械損傷し、対応したパラメータが低下したり、別の機械が使用できなくなることを検証した。図 3.1 は、作成したコンテンツのデモ画面である。

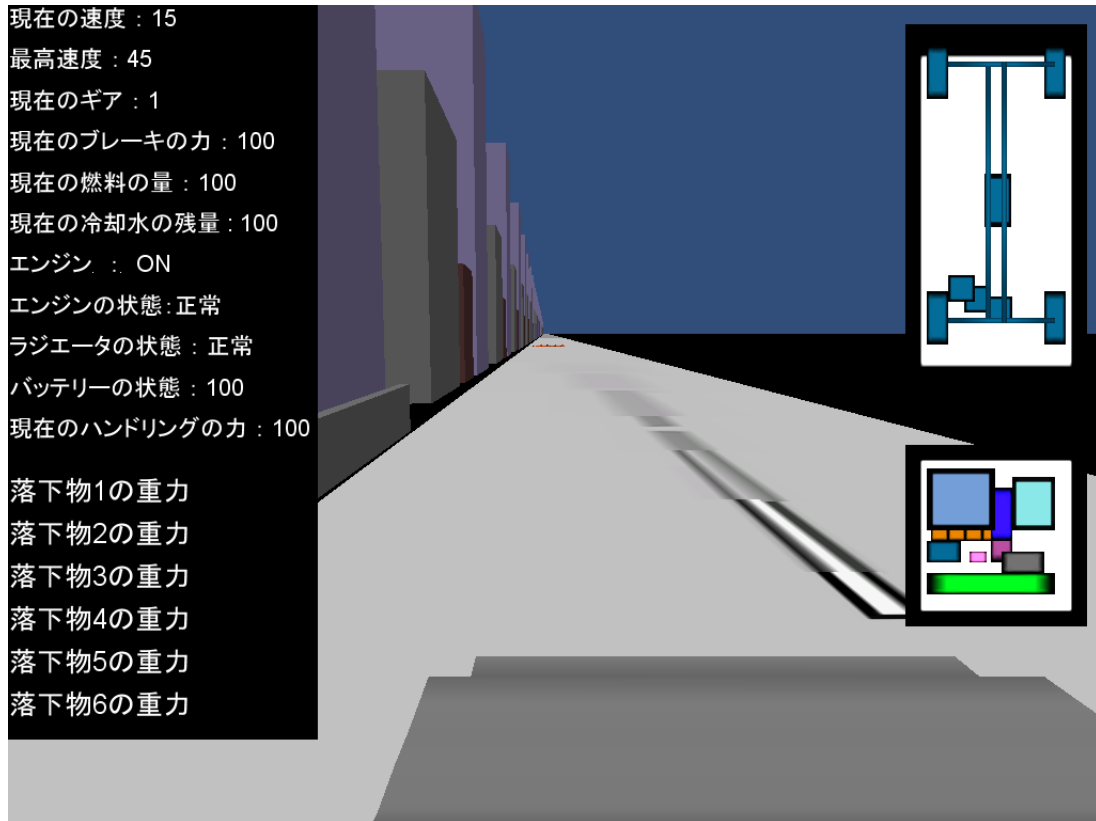


図 3.1: デモ画面

画面の左側には現在の自動車パラメータが表示されている。画面の右側の図は、自動車の機械の配置場所を簡略化したものである。上の図がシャーシ部分である下の図がエンジンルーム部分である。走行中の自動車の機械が損傷すると、シャーシ部分とエンジンルーム部分の対応した場所が赤色に変化する。

### 3.1 実装結果

自動車を走行させ、障害物に衝突させる。自動車のどの部分に衝突するのかによって、自動車の機械の損傷する種類や、低下する自動車パラメータは異なった。パターン1は、トラックから障害物が落下することを想定したものである。その様子を図3.2に示した。

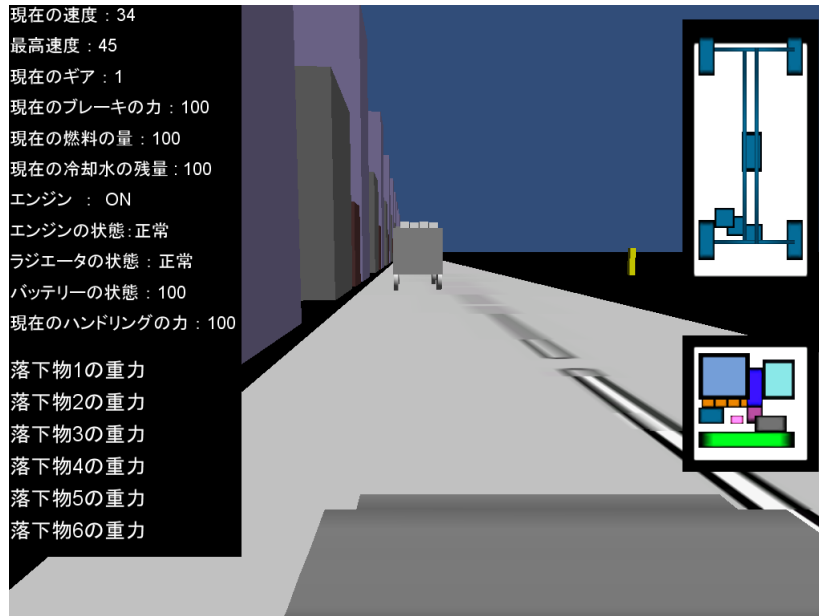


図 3.2: パターン 1 トラックからの落下物が障害物の場合

自動車とトラックは同じ道を直進している。走行中にトラックから多数の障害物が落下してきた。その様子を図 3.3 に示した。

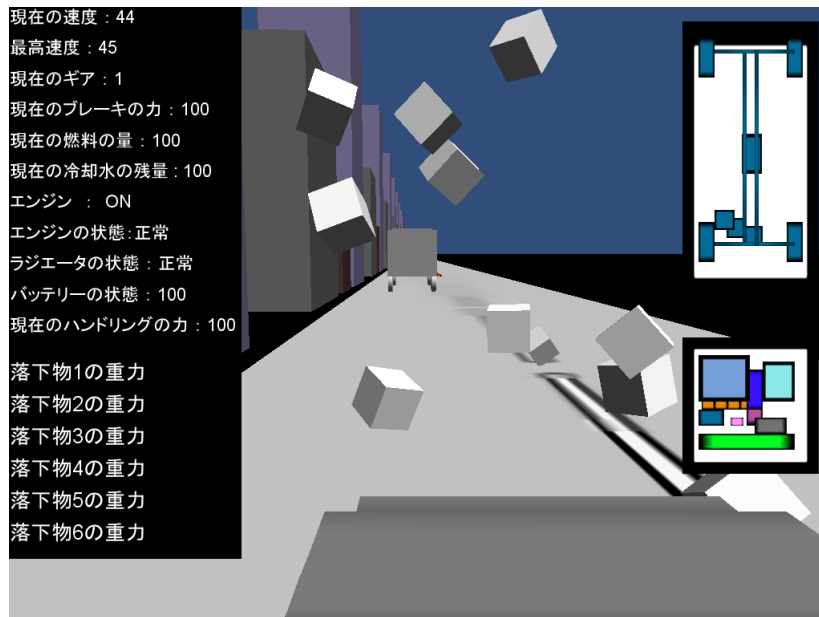


図 3.3: パターン 1 トラックから障害物の落下

図 3.4、図 3.5 は、障害物がエンジンルーム部分に衝突し、内部にある機械が損傷した時の様子を示している。

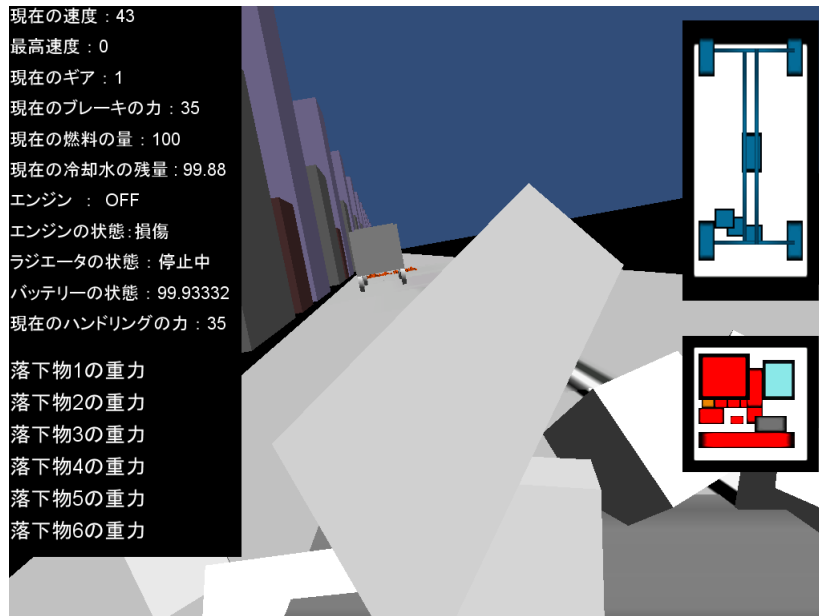


図 3.4: パターン 1 エンジンルーム部分の損傷 1

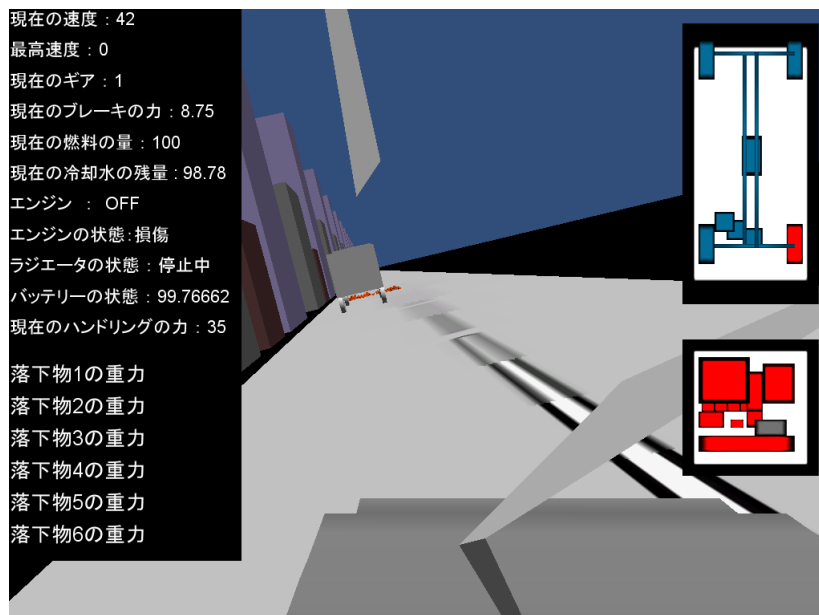


図 3.5: パターン 1 エンジンルーム部分の損傷 2



この衝突によりエンジンルーム部分の機械の大半が損傷した。一方シャーシ部分は前輪の左側のディスクブレーキを除いて損傷することはなかった。今回は、エンジンやラジエータ、バッテリーなどが損傷し、それに応じた症状が自動車に現れた。エンジンが停止したことにより AB や AH は低下した。また冷却水も漏れ出した。

パターン 2 は、小さい障害物を轢いたときを想定した。その様子を図 3.6 に示した。

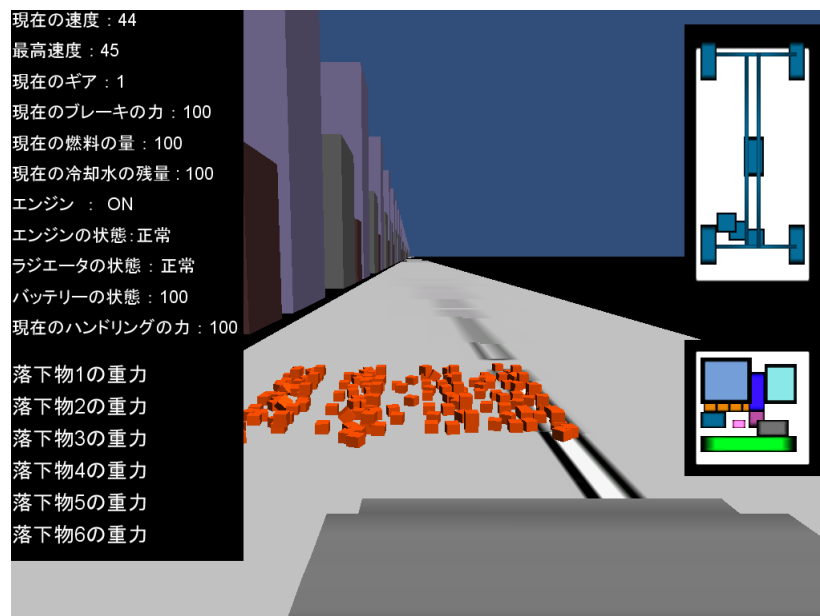


図 3.6: パターン 2 小さい障害物の場合

自動車は加速を続け、障害物を轢いて通過した。その様子を図 3.7 に示した。

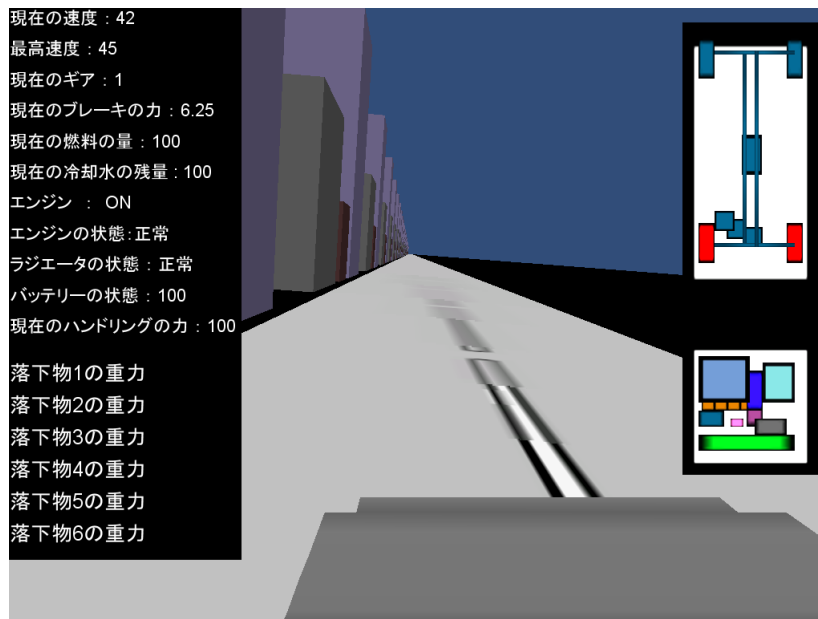


図 3.7: パターン 2 ディスクブレーキの損傷

この接触により、パターン 1 とは異なりエンジンルーム部分は一切損傷しなかった。一方シャーシ部分では、前輪のディスクブレーキが双方とも損傷した。これに伴いブレーキの力が低下した。今回自動車と衝突した障害物はエンジンルームより低い位置にあったことが要因である。

パターン 3 は、自動車が壁に衝突した時を想定した。その様子を図 3.8 に示した。

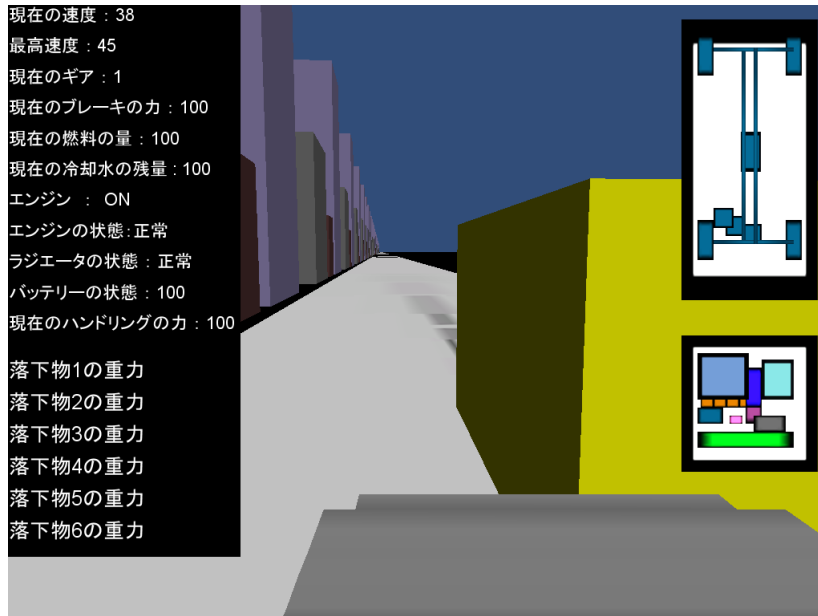


図 3.8: パターン 3 壁が障害物の場合

この衝突により、エンジンルームの前方部分が損傷した。その様子を図 3.9、図 3.10 に示した。

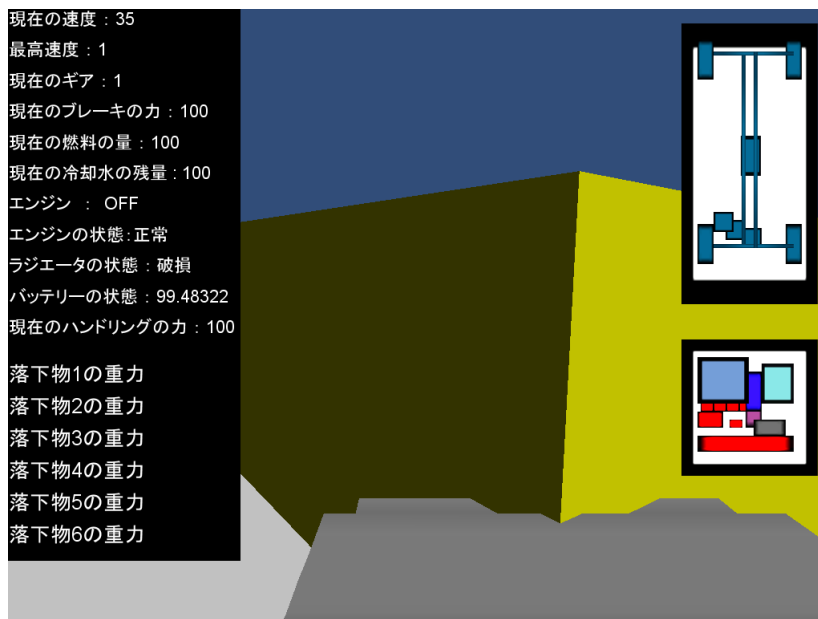


図 3.9: パターン 3 壁への衝突

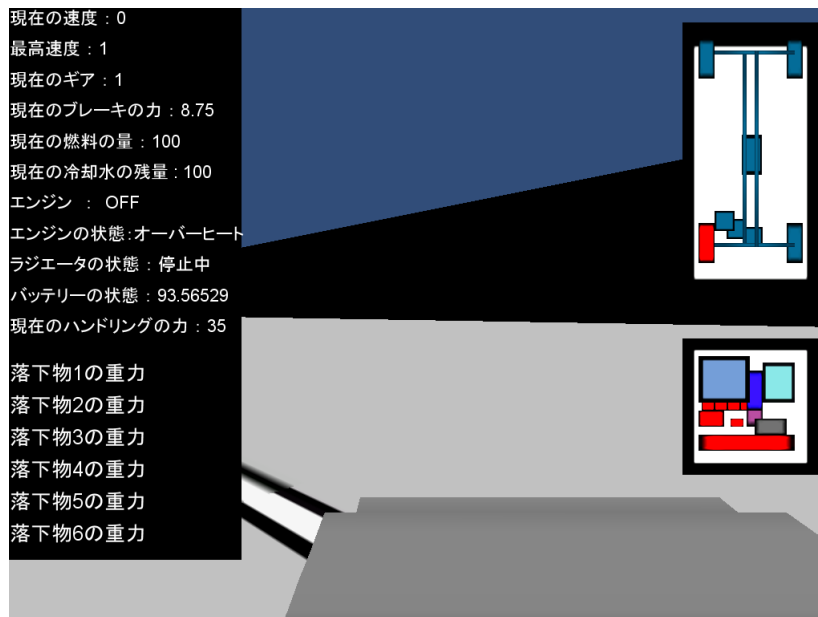


図 3.10: パターン 3 壁への激突

ラジエータが損傷したことによって、エンジンは冷却されなくなり結果、オーバーヒートしてしまった。それに伴い AB や AH は低下した。パターン 1 の場合は、エンジンルーム上部から障害物が衝突することにより、エンジンルーム部分の機械のほとんどが損傷した。パターン 3 では、エンジンルームの前方方向のみからの衝突なので、一部が損傷した。

パターン 4 は、機械が損傷する条件を満たさなかった時を想定した。その様子を図 3.11 に示した。

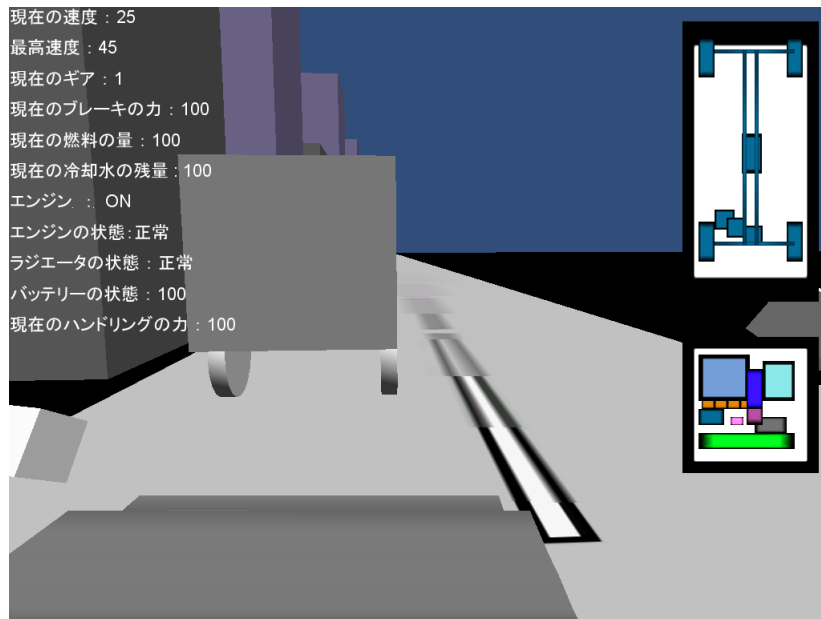
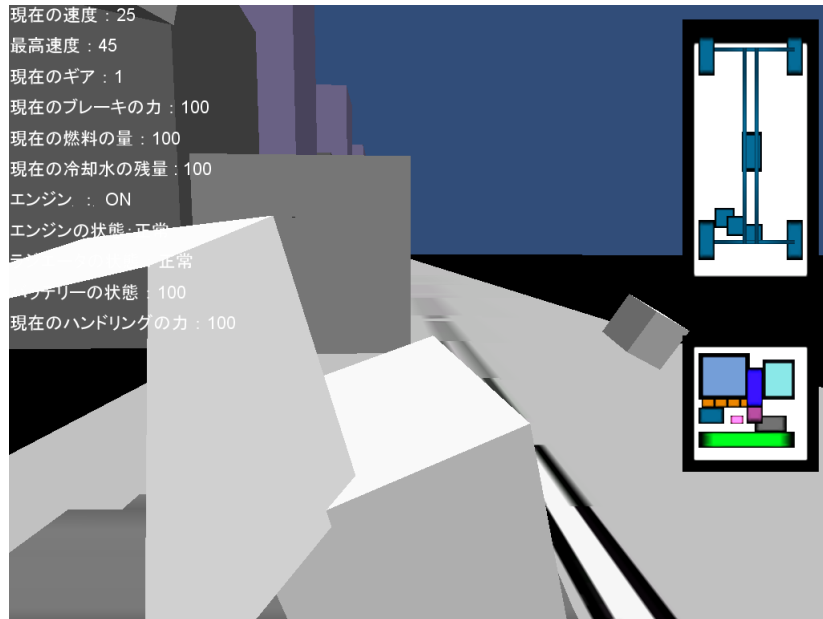


図 3.11: パターン 4 損傷する条件を満たしていない場合

上限速度を 20、上限質量を 10 とし、落下物の質量を 1 とした場合で実行した。上限速度は、機械が損傷するための条件を満たしていたが、上限質量は条件を満

たしていなかった。そのため、機械の損傷は行われなかった。

このように、障害物が自動車に衝突する場所が異なると、それによって損傷する機械や現れる症状に違いがでた。

## 3.2 考察

障害物が衝突する場所によって、損傷する機械が異なり、その後の自動車の性能の変化も異なるという結果を得ることができた。しかし、本手法には問題点が2つある。第1の問題点がそれぞれの機械の耐久度を考慮していないことである。例えば、RR タンクの材質はポリプロピレンであることが多い。一方でインテークマニホールドはアルミニウムを主成分としている。材質によって耐久度は異なる。材質が異なれば、機械が損傷するために必要な衝撃も異なる。RR タンクとインテークマニホールドの場合は、ポリプロピレンの材質である RR タンクの方が損傷しやすいといえる。そのため、障害物が双方にぶつかっても RR タンクのみが損傷することも考えられる。しかし、本手法においては一定の衝撃が加われば破壊が行われてしまうのである。

第2の問題点が、壊れ方が単調になることである。自動車の機械は細かい部品や配線で構成されている。自動車やその機械の損傷は配線や配管の損傷であったり、機械本体の損傷など多くの損傷の仕方がある。それら部品や配線の構成を考慮していないため、機械の損傷のバリエーションが単純な破壊という1つしかないのである。

## 第 4 章

### まとめ

本研究では、DRS を利用して自動車の機械が損傷し急制動を体験できるようにする手法を提案した。この手法とは、自動車が搭載している機械の配置場所と、その機械の役割や他の機械との関係性を改善することである。これにより、障害物が自動車に衝突する場所が異なると、損傷する機械や自動車に出る影響も異なる結果を出すことができた。また、ある機械が壊れることにより、それと連動してほかの機械も役割を担うことができなくなるという結果も得られた。

一方で、機械の耐久性を考慮していないことや壊れ方が単調という問題点もある。これらを考慮することにより、より自動車の性能の性能の低下の表現に磨きがかかると思われる。

# 謝辞

本研究を進めていくに当たり、ご指導してくださった先生方や院生方、両親、そして学部生に感謝いたします。特に渡辺大地先生、竹内亮太先生には、熱い指導をしていただきました。至らないところが多々あり、大変お世話になりました。また、院生の方々には親身に相談に乗っていただき、的確な助言をいただきました。卒業論文が佳境に入ると、家に帰る時間が遅くなったり、帰らないこともありました。それでも暖かく接してくれた両親に感謝します。そして同じ学部生の人たちには、常に支えられていました。時にやさしく、時に厳しい言葉で、私の研究について言及してくれました。

私一人では、到底ここまで成し遂げることはできませんでした。皆様、本当にありがとうございました。深く感謝を、厚くお礼を申し上げます。



## 参考文献

- [1] 整備 2008 年 7 月号. 交通事故データからみた自動車の点検整備に関する調査.  
[http://www.tossnet.or.jp/letterzine/item\\_3352.html](http://www.tossnet.or.jp/letterzine/item_3352.html), 2008.
- [2] 事業用バス、火災事故分析結果「点検整備不十分」などが最多. [http://www.jnp.com/news/contents\\_00026471.shtml](http://www.jnp.com/news/contents_00026471.shtml).
- [3] トンネル「打音点検すべきだった」 中日本高速が会見.  
[http://www.nikkei.com/article/DGXNASDG0301V\\_T01C12A2CC0000/](http://www.nikkei.com/article/DGXNASDG0301V_T01C12A2CC0000/).
- [4] 国土交通省自動車交通局. バス火災事故の状況について.  
[http://www.mlit.go.jp/kisha/kisha07/09/090216\\_.html](http://www.mlit.go.jp/kisha/kisha07/09/090216_.html), 2007.
- [5] トヨタ自動車株式会社. クルマの安全性の追求.  
[http://www.toyota.co.jp/jpn/tech/safety/concept/driving\\_simulator.html](http://www.toyota.co.jp/jpn/tech/safety/concept/driving_simulator.html).
- [6] 飯田克弘 渡邊亨金子哲也. ドライビング・シミュレータを用いた追従挙動特性の研究. 土木計画学研究・講演集 No23(2), 2000.
- [7] 須田義大 田中伸治山口大助. ジレンマゾーン実験へのドライビングシミュレータの活用. 生産研究 59(3-1), 46-50, 2007.
- [8] 根本哲也 松浦弘幸伊藤安海. 高齢者向けドライビングシミュレータ適応課題の検討. 国立長寿医療研究センター, 2001.

- [9] 宮澤佑樹. マルチエージェント交通シミュレーションのための協調的な運転行動のモデル化. 京都大学大学院, 2011.
- [10] 田中雅樹 熊本博光 齋藤裕昭 畑中健平岡敏洋. 前方障害物の視認性に基づく環境適合型警報タイミングの効果評価. 自動車技術会学術講演会前刷集, 2007.
- [11] 川村彰 白川龍生石田樹. ドライビングシミュレータによる舗装路面の乗り心地と走行安心感の評価. 北海道開発土木研究所月報第 630 号, 2005.
- [12] 西原修 熊本博光 畑中健一 齋藤裕昭田中雅樹. ドライビングシミュレータを用いた夜間運転支援システムの効果評価. 自動車技術会論文集, 2007.
- [13] 大門樹 有住正人宗広裕司. ドライビングシミュレータを活用した出会い頭事故のヒューマンエラー分析と対策の提案. 土木計画学研究・講演集, 2006.
- [14] 安土光男柳平雅俊. 運転状態推定技術の開発 心拍解析による眠気状態の検出. *Pioneer R & D*, Vol. 13, pp. 75–82, 2003.
- [15] 第 161 号 ガスタービン・ジェットエンジン特集号.  
<http://www.khi.co.jp/rd/tech/161/nj161ir01.html>.
- [16] 波多野忠廣瀬敏也. 緊急時運転操作を模擬できるドライビングシミュレータの開発. 交通安全環境研究所研究発表会講演概要, pp. 89–94, 2006.
- [17] 自動車メンテナンス DIY9. <http://car-diy9.com/>.
- [18] サクシードワゴン. TOYOTA MOTOR CORPORATION, 2006.
- [19] 吉川修. ”史上最強カラー図解 プロが教える自動車のすべてがわかる本”. ナツメ社, 2009.
- [20] Unity Technologies. Unity. <http://japan.unity3d.com/>.