

除雪車オペレーターの効率的且つ早期のスキル習得に資する 除雪車シミュレーターの開発

西部 美鈴*¹ 濱口 隆成*²

1. はじめに

本開発の背景として、除雪車両のオペレーターの高齢化や、建設業労働者の減少による担い手不足があり、新規オペレーターの育成が必要となっている。

また、高速道路での除雪作業は約40km/hの作業速度で複数台の大型車両が連携して走行し（梯団除雪という）、高速道路に雪をできるだけ残さない高度な運転技術と車両間連携が必要であるが、実際の除雪車でスキルを習得する機会が少ないという課題がある。

そこで、中日本高速道路株式会社、中日本高速道路ハイウェイ・メンテナンス名古屋株式会社（以下、「メンテ名古屋」という。）、株式会社フォーラムエイト（以下、「フォーラムエイト」という。）の3者にて実際の除雪車に近い状態での運転訓練を可能にする除雪車シミュレーター（以下、「シミュレーター」という。）を共同開発したものである。

2. シミュレーターの主な特徴

シミュレーターの主な特徴は次のとおりであり、悪天候下での技能訓練、季節や時間帯を問わない訓練、評価の可視化により、早期の運転技能の向上を期待するものである。

- イ) 実車両の運転席を再現し、車両先端に取り付ける（スノープラウ）の操作
- ロ) 降雪強度及び積雪量を変化させ訓練内容に応じた気象条件を再現
- ハ) 実際の高速道路の道路線形、縦断勾配や横断勾配、橋、トンネル、料金所などの道路構造物を忠実にVR再現
- ニ) 最大3台のシミュレーターとの連携訓練が可能
- ホ) 1人訓練時でも自動運転機能を使った他2台の除雪車との連携訓練が可能
- ヘ) 除雪時の振動を運転席で体感できる機能（モーションシート）
- ト) スノープラウ操作情報や走行軌跡情報を保存し、訓練後に訓練結果を再現するリプレイ機能
- チ) 訓練結果の5段階評価機能

3. シミュレーター開発

3.1 全体構成

シミュレーターはハードウェア、ソフトウェア、VRコン

テンツの三要素で構成されており、全体構成を表-1に示す。

表-1 シミュレーターの全体構成

構成要素	位置づけ
ハードウェア	・実車と同等程度の部品を用いて運転模擬を行う
ソフトウェア	・ハードウェアによる運転を VR 空間上に再現する ・VR 空間上で起きた事象をハードウェアにフィードバックする
VR コンテンツ	・実世界を VR 空間上に表すために、道路や建物、雪などをモデル化した 3DCG データ

3.2 ハードウェア

(1) 対象車両

図-1、図-2に運転模擬の対象となる車両を示す。大型トラックにスノープラウ、グレーダーを架装した構成であり、スノープラウについてはワンウェイプラウ、三折プラウの二種類とした。



図-1 除雪対象車両(ワンウェイプラウ、グレーダー)



図-2 除雪対象車両(三折プラウ)

2) ハードウェア構成

ハードウェア構成は、計3台の筐体で構成され、いずれも実車両を模した運転座席とした。なお、複数のパターンで運転模擬が行えるよう、各筐体で異なるデバイスを採用した。（表-2、図-3）

* 1 中日本高速道路(株) 名古屋支社 環境・技術管理部 環境・技術課

* 2 中日本高速道路(株) 八王子支社 大月保全・サービスセンター

表-2 ハードウェアの構成

車両 No.	スノー プラウ	トラック グレーダー	モーション シート	VR ゴーグル
1	三折	無	有	無
2	三折	無	無	有
3	ワンウェイ	有	無	無



図-3 設置筐体 (3台)

実際の除雪車両を模した運転座席を再現するため、シート、ハンドル、レバー、操作盤など、実車で用いるものと同様の部品を使用した。(図-4)

なお、No.1の筐体については、運転によって座席が振動するモーションシート(図-5)の設置、No.2の筐体には3画面の液晶モニターと別にVR空間の全方向を確認できるVRゴーグル(図-6)を設置した。



図-4 運転座席 (架装操作・ハンドル・シート)



図-5 モーションシート



図-6 VRゴーグル

3.3 ソフトウェア

(1) ソフトウェアの基本機能

ソフトウェアは、フォーラムエイトが開発した3次元リアルタイム・バーチャルリアリティソフトであるUC-win/Road Ver. 14.1を採用した。UC-win/Roadは主に以下の基本機能を有しており開発期間の短縮に貢献した。

- ①複数の通信手段により様々なデバイス・ハードウェアと連携できる機能
- ②特定の季節・日時への対応や気象の表現、時間の変化を考慮した4次元シミュレーションなど、実世界の物理現象をVR空間で再現できる機能
- ③様々な車両・道路でドライビングシミュレーションを行え、マルチユーザーで同一のVR空間を走行シミュレーションできる機能
- ④シミュレーション後、走行速度やコースの妥当性等を評価し、リプレイにより過去の運転を確認できる、運転診断機能
- ⑤実測の地形データに基づく3次元の大規模な地形を作成し、地形上に道路を生成。また、BIM/CIMによる設計成果データをVR空間に取り込みVRコンテンツにできる、VR空間のプラットフォームとしての機能

(2) 開発シミュレーターへの拡張

前項で説明したソフトウェアの基本機能を拡張し、模擬環境を開発した事例を記載する。

ア 積雪および除雪表現

前項②に関する機能では、VR空間全体に降雪を生じさせる機能が存在しており、本開発では積雪状況表現及び道路面のスノープラウ及びグレーダーによる除雪表現を行った。(表-3、図-7)

表-3 積雪の状態

パラメータ名称	意味
積雪量	2cm/5cm /15cm
色(新雪状態)	新雪状態の色
色(圧雪状態)	圧雪状態の色
色(除雪状態)	除雪した雪の色
色(積雪状態)	移動した雪の色



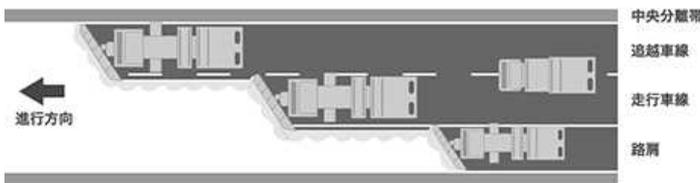
図-7 除雪表現

イ 自動運転による梯団除雪

前項③に関する機能を拡張し、梯団除雪を自動運転で再現できるようにした。

梯団除雪は、追い越し車線→走行車線→路肩の順に除雪を行う手法であり、車両関係の位置関係が重要となる。

(図-8) 通常であれば訓練時に3人のオペレーターが必要であるが、自動運転機能を組み込むことで、オペレーターが1人又は2人でも梯団除雪の訓練が可能となるようにした。(図-9)



梯団除雪の様子：雪を順番に路肩へ寄せる
図-8 梯団除雪の手法



図-9 VR空間での梯団除雪

ウ 3台同時での運転診断・リプレイ

前項④に関する機能を拡張し、運転診断(図-10)・リプレイ(図-11)を、3台同時に行えるようにした。

なお、3台の車両を同一VR空間で走行させるために、管

理用PC1台と運転模擬用PC3台で構成した。(図-12)



図-10 運転診断結果

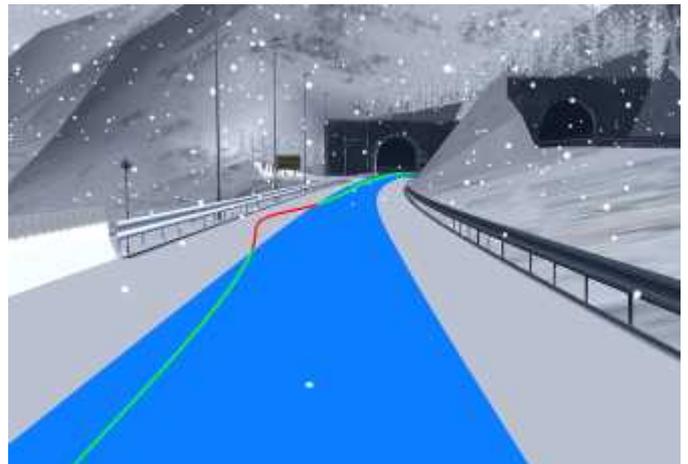


図-11 リプレイ機能(模範ルート逸脱)



図-12 管理用PCと運転模擬用PC(3台)

3.4 VRコンテンツ

前節⑤の機能を用いて、本開発に必要な除雪車両及び周辺環境をVR空間上に構築した。VR空間の作成は、トンネルや橋梁、ジャンクション、休憩施設など一連の高速道路の構造物が設置されている、名神高速道路の関ヶ原IC～彦根ICまでの約25km区間を選定し、同区間の沿道の道路照明や標識、建物などの構造物を作成した。(図-13、図-14、図-15)

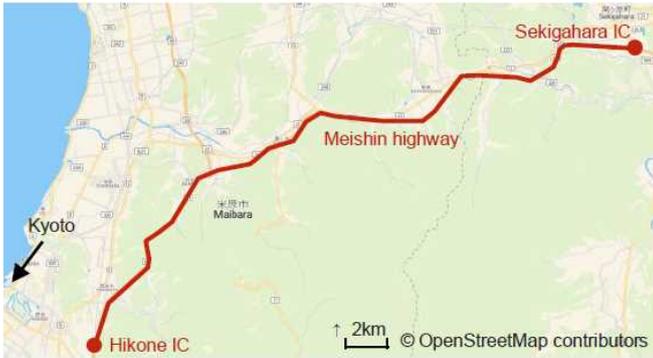


図-13 VRコンテンツ作成区間



図-11 訓練状況



図-14 彦根 IC～関ヶ原 IC 区間内の道路



図-17 操作状況



図-15 彦根 IC 周辺

4. 検証

2020年度の冬期雪氷期間前に滋賀県内の名神高速及び北陸道を作業担当しているメンテ名古屋彦根事業所に所属するオペレーター延べ126人による訓練を実施し、検証を行った（図-16、図-17）結果、以下の訓練で効果を確認した。

- ①新規オペレーターの実車前の慣熟効果
- ②実交通やお客様への影響の無い環境での安心感
- ③リプレイ機能で自らの除雪技術力の客観的確認

5. まとめ

検証結果より、オペレーターの効率的且つ早期のスキル習得に役立つシミュレーターであるとの評価を、主に除雪経験の浅い作業員から得ることができた。

今後は、他の事業所への訓練展開を早めることで、高速道路の安全安心を守っていきたいと考えている。