

第6章 3D-VR を活用した安全教育プログラムの開発

近年、処理施設高度化している。それに対応するための新技術の適用が急速に進み現場運転員の対応が間に合わず、現場において事故が多発している。廃棄物処理・リサイクル関連施設における現場教育の充実が1つの方法であると考え。そこで、ある施設に新人運転員教育についてヒアリング調査を行ったところ、数日間の座学教育と数カ月間にわたる現場教育を行っているとのことであった。

そこで、現場教育を効果的に支援するツールとして、我々は運転員教育支援ツール APT (Accident Prevention Training tool) を提案、開発している。本ツールは 3D-VR 技術を活用することで、仮想空間内に施設を建てその中で実機に近い訓練を行い、事故やトラブルの未然防止策の教育や装置や機器の操作方法等、施設を安全・安心に操業するために必要な技術を教育することを目的としたものである。

6. 1 安全教育プログラムの自動生成の検討

APT は従来のマニュアル等、紙ベースの資料では実現できなかった視覚的な教育を実施できる。現場教育で実現できなかったものとして、実機では実施することができない教育をすることや死亡事故に至るような大事故を実際に体験できること等がある。

さらに紙ベースのものと異なり、英語等の外国語への対応も容易にできる。また、このように作成した施設を周辺住民への説明会等に応用すると、施設建設前にどのような施設を建設するのか、それによってその地域がどのようなになるのかを視覚的に提示することが可能となり、周辺住民の安心感の向上にもつながると考える。さらに通常の施設見学でも従来の方法であれば、ビデオと決められた見学コースからの見学が一般的であるが、このツールを活用することで、安全に施設内を見学することも可能となる。

そこで、APT および ATHDB を活用した安全教育プログラムの自動生成の手法について検討を行ってきた。個別施設では、構築した ATHDB から事故・トラブル・ヒヤリハットの発生状況や被害等を把握することで、事故の発生率の抑制や、潜在している危険の認知（プリベンション）、事故被害の低減（フェイルセーフ）、発生した場合の被害拡大の防止（セーフティネット）において個別施設の特性に対応した教育シナリオを作成し決定する。つぎに、ATHDB より作成した教育シナリオを実施できる APT を作成する。

ここで、簡易的かつ自動的に作成できるツールである必要があるため、施設を構成しているあらゆる装置・機器をユニット化し汎用性の向上を図った。さらに、装置・機器ユニットに対して現場感のあるアニメーションを付加したものを1つの安全教育コンテンツとし、あらゆる教育シナリオに応じた安全教育コンテンツを作成してきた。安全教育コンテンツにおけるシナリオは ATHDB-all を活用する。このように作成した安全教育コンテンツを組み合わせることで、安全教育プログラムを作成することができる。

6. 1. 1 運転員教育支援ツール APT-SL の高度化

開発しているそれぞれの 3D-VR の特徴を表 6. 1 に示す。WEIVS はネット環境が不要であり、アニメーションが作成しやすい反面、作成にかかる時間が多く、また、作成に高いスキルが要求される。VRML は作成する場合にはネット環境が不要なく、発信の時にだけネット環境を必要とする。視覚的な作成は不可能であり、テキストエディタを用いてプログラムコードを書かねばならず、習得までに大きな時間を要する上、試行錯誤をしながらの作成であるので、作成に時間がかかってしまう。それらに対し、Second Life は、作成、発信ともにネット環境を必要とするが、視覚的な作成が可能なので、ポリゴンやアニメーションも作成しやすい。また、操作方法も直観的にわかりやすいものになっているので習得にかかる時間も少なく済む。以上より、WEIVS と VRML のよい部分を併せ持っていると考えられる Second Life を APT のベ

ースとし、APT-SL の高度化を図った。

APT-SL が現場感のある施設を短時間で再現することができるよう、焼却発電施設や粗大ゴミ処理施設が保有する代表的な装置・機器をユニット化（あらかじめ、装置・機器を作成し、Second Life 内の持ち物リスト保存しておくこと）し、それらを施設作成の際に取り出し組み合わせるだけで施設が作成できるツールとした。これまでに合計 62 ユニットの装置・機器を作成してきた。作製したものを表 6. 2 に示す。

これらを組み合わせることによって、作成者は、さまざまな施設（焼却発電施設、灰溶融施設、RDF 発電施設、粗大ゴミ処理施設、ガス化発電施設）を短時間で再現することができる。その一例として、灰溶融施設を再現したところ、15 ユニット用いて約 5 分で作成することができた。再現した施設は、安全教育プログラムへ活用していく。また、作成した装置・機器ユニットは 3D-VR による施設見学にも活用することができる。

表 6. 1 開発した 3D-VR プラットホームの特徴

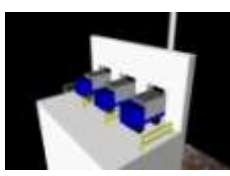
項目		APT-WEIVS	APT-VRML	APT-SL （ Second Life）
プログラム作成・教育実施	操作方法	マウス等	不可 （閲覧のみ）	マウス等
	コンテンツ入手方法	ネットワーク・電子媒体	ネットワーク・電子媒体	ネットワークのみ
	コンテンツの説明	マニュアル	マニュアル	マニュアル・動画
	必要なソフトウェア	WEIVS	汎用ブラウザソフトウェア	Second Life Viewer
	コンテンツのイメージ図	 溶融炉	 プラットフォーム	 破碎設備の導線
コンテンツ作成	必要なデータ	3D-CAD データ	写真 or 設計図等	写真・設計図等
	必要なソフト	FORM-Z 3dsmax	テキストエディタ	Second Life Viewer
	作成の方法	視覚的な作成	テキストでの作成	視覚的な作成
	作成にかかる時間	長	長	短
	必要スキル	高	高	中

表6.2 ユニット化する装置・機器の一覧

設備	装置・機器等の名称	設備	装置・機器等の名称
受け入れ供給設備	プラットホーム	余熱利用施設	タービン
	ごみバンカ		発電機
	ごみクレーン	通風設備	ファン
	供給フィーダ		空気予熱器
燃焼設備	ストーカー炉	灰処理設備	灰固化装置
	流動床炉		灰クレーン
	ロータリーキルン炉		灰搬送装置
	シャフト炉		灰バンカ
	ガス化炉	スラグ搬出設備	スラグコンベヤ
灰溶融設備	アーク式溶融炉		スラグバンカ
	プラズマ式溶融炉		スラグ破砕機
	表面溶融炉(固定型)	給水設備	ポンプ
	表面溶融炉(回転型)		水貯槽
固形化設備	乾燥機		熱交換器
	RDF 成型機	排ガス処理設備	バグフィルタ
破砕設備	一軸破砕機		サイクロン集塵機
	多軸破砕機		ガス冷却塔
	ハンマー式破砕機		触媒反応塔
	ギロチン		煙突
選別設備	コンベヤ	燃焼ガス冷却設備	排熱ボイラ
	振動コンベヤ		蒸気復水器
	アルミ選別機	その他	ごみ収集車
	振動篩機		フォークリフト
	回転篩機		階段
	風力選別機		中央制御室
	比重選別機		分析室
	磁選機		台貫
			ポンプ
排水処理設備	下水管		配管
	オゾン式処理槽		計測器
	沈殿槽		手すり
	触媒反応槽		



図6. 1 APT-SL の装置・機器ユニットの拡充

このように作成した装置・機器のユニットは持ち物リストに分類ごとに整理されている。この持ち物リストから必要な装置・機器を選びドラッグ&ドロップして使用する。持ち物リストに入ったユニットは何度でも取り出すことができ使用することができる。また、作成する施設にユニットの大きさや色、テクスチャーが合わない場合には簡単に変更が可能である。

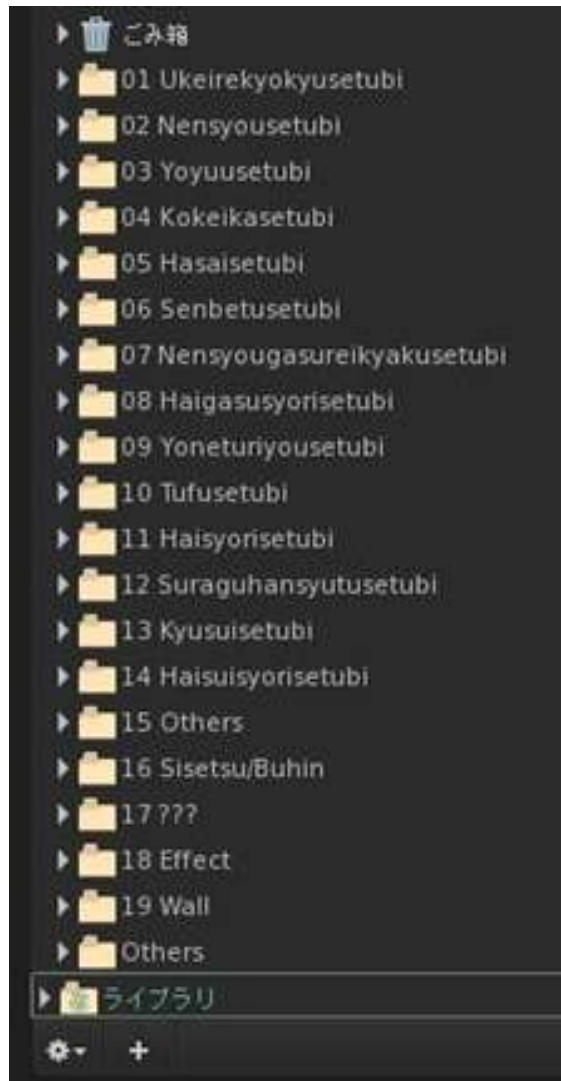


図6. 2 持ち物リスト

これによって、時間の短縮を図り簡易化することができる。作成してあるユニットは **Second Life** 内で共有することもできる。

装置・機器ユニットを用いて作成した工場 C の外観を図 6. 3 に示す。作成した施設は施設内で撮影した写真のみから作成したため装置・機器の大きさや、配置は厳密に正確にはなっていないができる限り実際の施設を再現したものになっている。また、**Second Life** で作成する場合には **SL** 内で自分の目の代わりとなるカメラの位置も考慮して作成しなければならないために、実際の施設よりも広く作っている部分がある。

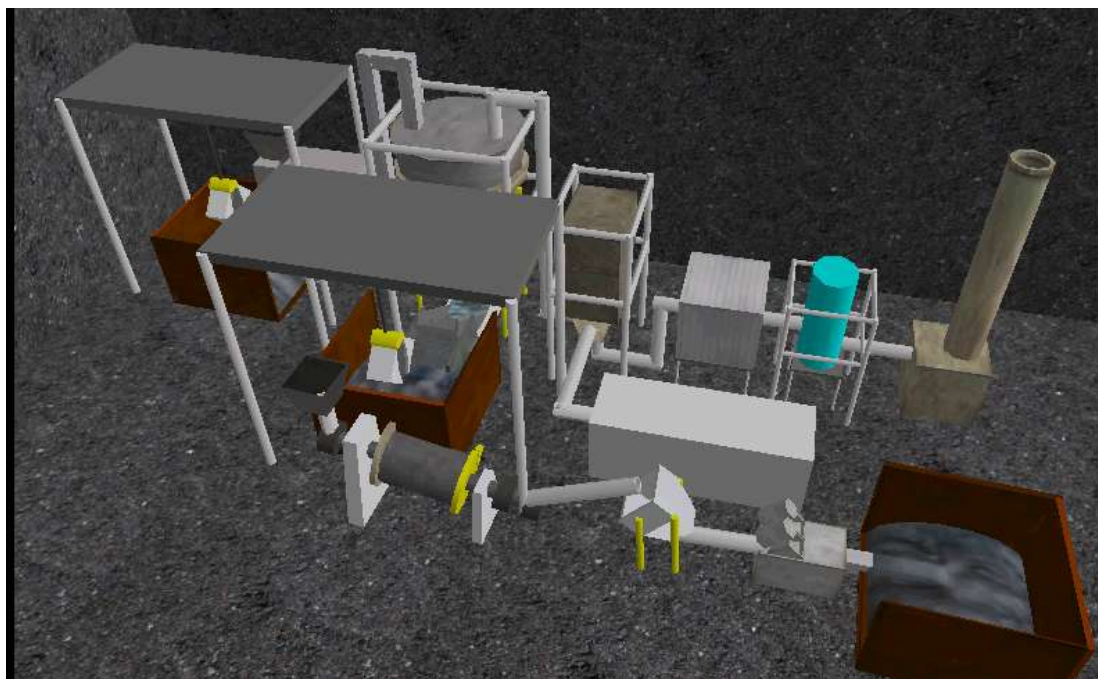


図6. 3 装置・機器ユニットを用いて作成した工場 C の外観

6. 2 安全教育コンテンツの開発

APT-SL を活用した安全教育プログラムの作成の流れを図 6. 4 に示す。

現場の安全教育担当者などが実施したい安全教育コンテンツを選択し、これを実際の施設の配置に合わせて安全教育コンテンツを配置していく。安全教育コンテンツとは、これまでに作成した装置・機器ユニット（62 ユニット）に ATHDB-all から抽出した事例（事故の型・被害者・物）を LSL 関数によってプログラミングしたコンテンツである。安全教育コンテンツをあらかじめ作成しておくことにより、簡単に安全教育プログラムを作成することができる。今後は、安全教育コンテンツをさらに拡充していく。

今年度は「フォークリフト＋接触＋運転員」、「ピット＋転落＋搬入業者」、「ピット＋火災＋運転員」を作成した。このとき、プログラミングは不要であり、装置・機器ユニットを配置する作業と同様に安全教育コンテンツを配置していくことで、安全教育プログラムを作成することが可能である。

このように現場の担当者は、安全教育コンテンツを組み合わせた安全教育プログラムを実施し、危険認知や事故発生の抑制等に役立てていく。さらに、安全教育プログラムには Second Life が備えている付加機能を活用し事故概要や安全対策が提示できるような安全教育コンテンツを使用できるよう開発していく。

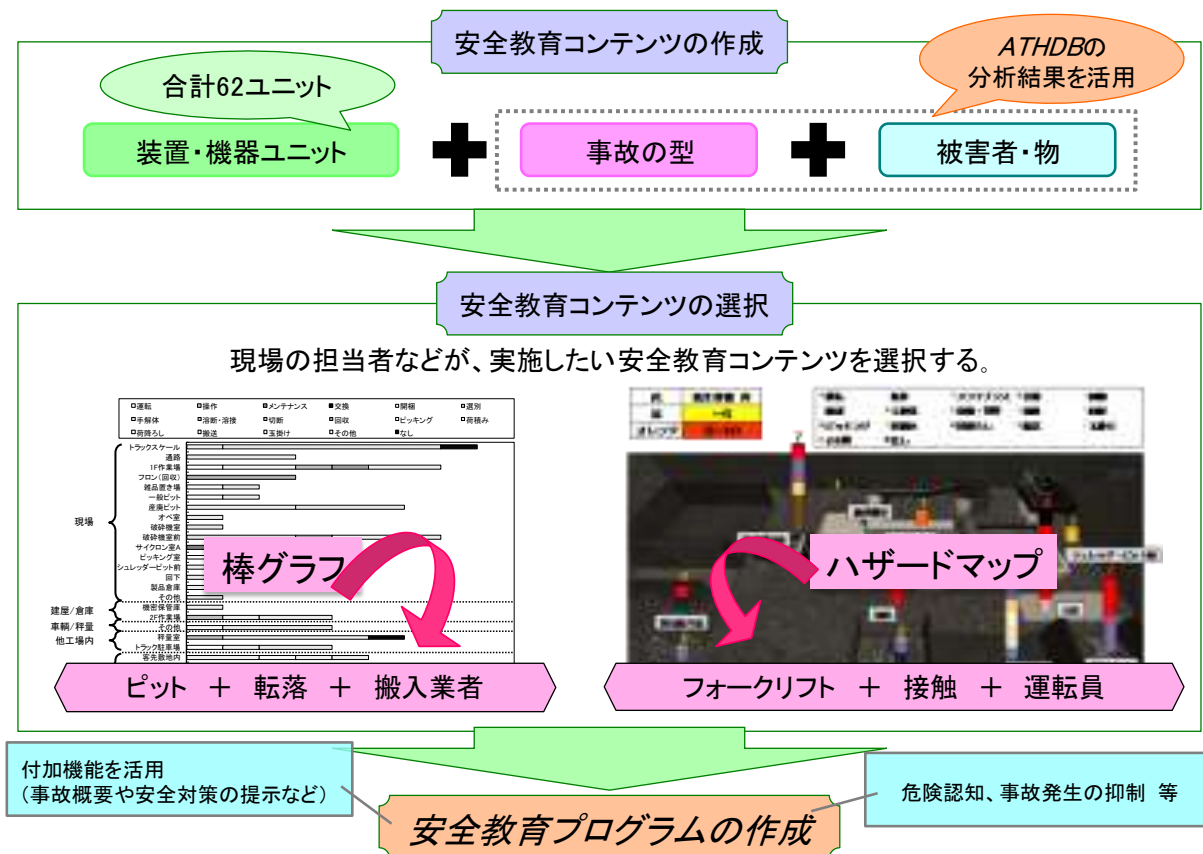


図6. 4 安全教育プログラム作成の流れ

実際に作成した安全教育コンテンツを図6. 5, 6. 6に示す。今回は、処理能力が37.8t/Dの施設において最大被害額19万円で事故発生率が34件/施設・年であるフォークリフトとの接触事故につながるヒヤリハット事例と処理能力が100t/Dの焼却発電施設において最大事故被害額が2580万円で事故発生率が0.001件/施設・年であるピットへの転落事故につながるヒヤリハット事例の安全教育コンテンツを作成した。これらのコンテンツは、特定の場所をアバターが通ったことを自動で認識し事例が自動的に発生するようになっている。

これら事例を作成する際に要したプログラムの時間が約2時間であった。安全教育コンテンツ（事例がプログラムされた装置・機器ユニット）は配置するだけで使用することができるため、これら事例については約5分で作成することが可能である。



図6. 5 安全教育コンテンツピット転落

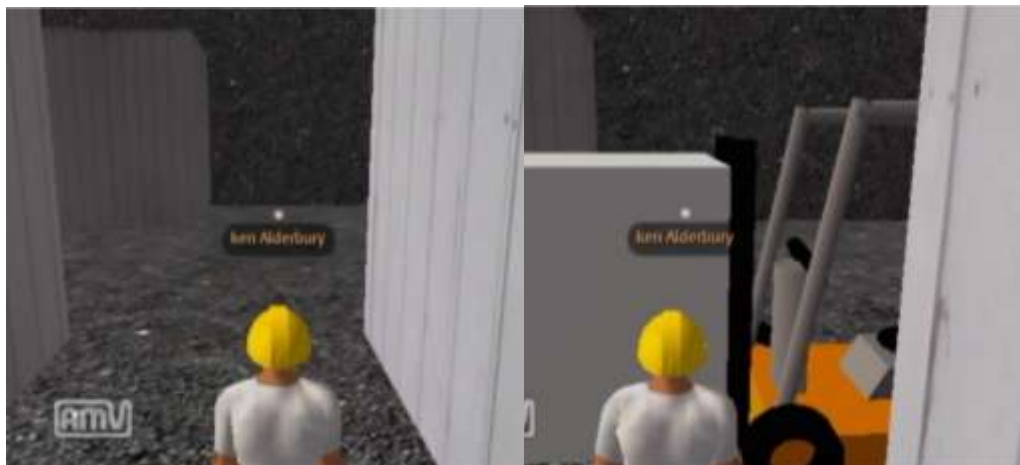


図6. 6 安全教育コンテンツフォークリフト接触

6. 3 施設作成に必要な装置・機器ユニットの整理

ユニット化を予定していたこれらの 62 ユニット全てを作成した。しかし作成者がそれぞれのアカウントを使っていたため、名称や仕様が統一されていなかった。そのためどのユニットが Second Life 上でどの持ち物を指すのか非常にわかりづらい状態だった。

そこで今回、今後この研究において長期に使うアカウントを作成し、旧アカウントからユニットを移動・整理した。エクセルを用いて整理表を作成した。

設備	装置・機器等の名称	画像	持ち物の名称	SL 上での名称	フォルダ	コピー	作成者	スクリプト	備考
溶融施設	プラズマ式溶融炉	21	プラズマ式溶融炉	plazmasol	02 Yoyusasetubi	○	ken	なし	編集不可
	表面溶融炉(固定型)	22	表面溶融炉(固定型)	hyomensol	02 Yoyusasetubi	○	ken	なし	
	表面溶融炉(回転型)	23	表面溶融炉(回転型)	hyomensol	02 Yoyusasetubi	○	ken	なし	
固形化設備	乾燥機	24	乾燥機-ロータリーキルン	kansouki	04 Kokokasetubi	○	ken	なし	
	RF成型機	25	RF成型機	RFseiki	04 Kokokasetubi	○	Nacto	なし	
	一軸破砕機	26	一軸破砕機	ichikubaisai	05 Hazasetubi	○	Toomr	なし	グループ
破砕設備	多軸破砕機	27	多軸破砕機	taikubaisai	05 Hazasetubi	○	Nacto	なし	グループ
	ハンマー式破砕機	28	ハンマー式破砕機	hama-sepaki	05 Hazasetubi	○	Nacto	なし	グループ
	破砕機ヘッドアップディスプレイ	29	破砕機ヘッドアップディスプレイ	haseki-HUD	05 Hazasetubi	○	Toomr	なし	
選別設備	ギロチン	30	ギロチン	Girochin	06 Hazasetubi	○	Toomr	なし	
	篩選機	31	篩選機	Jisenki1	06 Senbetusetubi	○	Nacto	なし	
	篩選機	32	篩選機	Jisenki2	06 Senbetusetubi	○	Nacto	なし	
	アルミ選別機	33	アルミ選別機	Aluminium senbetuki	06 Senbetusetubi	○	ken	なし	
	アルミ選別機2	34	アルミ選別機2	Aluminium senbetuki2	06 Senbetusetubi	○	Nacto	なし	
	振動篩機	35	振動篩機	Shindousuki1	06 Senbetusetubi	○	Nacto	なし	
	回転篩機	36	回転篩機	Kaitenfunuki1	06 Senbetusetubi	○	Nacto	なし	
	風力選別機	37	風力選別機	Funkoku senbetuki1	06 Senbetusetubi	○	ken	なし	
	風力選別機2	38	風力選別機2	Funkoku senbetuki2	06 Senbetusetubi	○	Nacto	なし	
	比重選別機	39	比重選別機	Hiru senbetuki	06 Senbetusetubi	○	ken	なし	
燃焼ガス処理設備	排熱ボイラ	40	排熱ボイラ	Haimetubora1	07 Nensyousasunekiya	○	ken	なし	

図6. 7 Second Life 持ち物整理表 (一部)

詳しい項目は

- ・「設備」・「装置・機器等の名称」・・・ユニットの表(表6. 2)と対応
- ・「画像」・・・下に添付した画像の番号と対応. 視覚的にユニットを探せることで, 素早く目的のユニットがわかる.
- ・「持ち物の名称」・・・「装置・機器等の名称」とかぶるが, いくつかの装置が組み合わさっているものや同じ装置でも複数ユニットがある場合があったので, この項目を追加した.
- ・「SL 上での名称」・・・アルファベットしか使えないため, わかりにくく, 現状では作成者によって名称の付け方がまちまちであるため, 改名しました.
- ・「フォルダ」・・・SL 上でユニットが入っているフォルダ名. こちらもユニット作成者によってまちまちな整理方法になっていたため, 統一しました.
- ・「コピー」・・・SL では作ったユニットが他人に勝手にコピー・編集されないよう制限がかかるようになっている. その有無である.
- ・「作成者」・・・ユニットの作成者(アカウント名)
- ・「スクリプト」・・・触れると爆発する・歯車が回転するといったユニットについての付加効果の有無.
- ・「備考」

コピー制限がかかっていたユニットも全て移動し, 昨年までに作成した 62 ユニット全てを確認・整理して表を完成させた.

また SL 上でのユニットの名称を統一し, 表と対応させたことで, 今後はこの表を参照することにより, 使いたいユニットを簡単に探して使用できるようになった.

6. 4 作成する事例の抽出方法の開発

どのような動画を製作すればいいのかすぐにわかることによって、素早いフィードバックを行うことを目的として、データベースから発生件数の多い場所・作業内容を自動で抽出できるようにした。

開発した自動分析ツールを応用し、ランキング形式で場所・作業内容別に発生件数の多い事例をランキング形式で表示し、またその事例の概要を全てピックアップして表示されるようにした。これによって概要を読むことですぐに発生件数の多い事例を知ることができ、動画製作に移ることができる。

個別施設の ATHDB は全国版と異なり、ヒヤリハットの事例が多いため「事故の型」の入力項目がないため形式的に発生件数の多い事例を抽出するのが困難で、概要を読まなくてはならない。今後はこれらのことも考慮に入れ、PDA の入力項目も検討する必要がある。

また、今後はこれまで検討してきた事例抽出方法と合わせた抽出を行えるようにする。

順位	件数	場所・作業内容	概要1	概要2	概要3
1	10	現場1.台費16.その他	シュレッダーが飛んでき	誘導を守らないでバック	通行しているとき
2	8	工場外4.その他1.運転	対向車とぶつかりそうにな	交差点を左折しようとし	前の車が急にブ
3	7	現場4.フロム(回収)10.回収	自販機が倒れそうにな	自販機が倒れそうにな	工アコンのバック
4	6	他工場内5.その他16.その他	椅子から落ちそうにな	机から落下しそうにな	ガラスの縁で手
5	5	現場9.産廃ピット16.その他	つかみそこなった什器を	落下した	パレットに積ん
5	5	現場21.シュレッダーピット前12.荷積み	トラックのあおりにぶつ	けマグネを旋回させた時	、重機のアームが
5	5	工場外2.高圧道路1.運転	落下物に乗り上げそうに	前方に乗用車が急に割	突然の横風で八
8	4	現場9.産廃ピット14.搬送	落しそうになった	滑って落しそうになった	重機の先端がエ
8	4	現場12.破砕機室前13.荷降ろし	トラックから落しそうにな	フォークの爪の先でトラ	重心の位置を読
8	4	車輻/秤量1.秤量室16.その他	ドアが突然開いた	カッターで手を切りそう	に専用伝票の宛先
11	3	現場1.台費12.荷積み	モーターの落下	トラックの荷台上にて積	フレコンを搬送中
11	3	現場2.通路16.その他	フォークリフトにぶつかり	鉄箱の影から人が飛び	通路に置いてあ
11	3	現場3.1F作業場5.開梱	床面にあった部材を踏	床に飛散したパーツを踏	風でダンボール
11	3	現場3.1F作業場14.搬送	荷がくずれた	作業者とぶつかりそう	に2Fに上げようと
11	3	現場7.雑品置き場13.荷降ろし	横に積んだアングル(長	重心を見定められず、フ	置き方が安定し
11	3	現場9.産廃ピット5.開梱	数人で密集して作業をし	投げた開梱物が他の作	業者の足で手が動か
11	3	現場12.破砕機室前7.手解体	ドアに指を挟みそうにな	自販機が倒れそうにな	風で自販機が倒
11	3	現場12.破砕機室前14.搬送	前が見にくく人にぶつ	け 作業者にぶつかりそう	にフォークの爪が同
11	3	建屋/倉庫8.その他16.その他	よそのドライバーが内部	階段で転倒しそうにな	台車にぶつかり
11	3	工場外1.客先敷地内1.運転	トラックをバックさせて	い 縁石にのりあげた	パワーゲートを閉
11	3	工場外1.客先敷地内12.荷積み	荷崩れした	トラックの荷台から落ち	木パレの落下
11	3	工場外1.客先敷地内16.その他	トラックをバックさせて	い トラックの荷台にシ	ートをトラックの荷台
11	3	工場外3.一般道14.搬送	停車中の車の影から自	車運転しながら眠くなり	意図突然のゲリラ豪
11	3	工場外4.その他14.搬送	ブレーキをかけた時、ス	信号の無い交差点で右	折路面が凍結して

図6. 8 今回開発した抽出方法の出力例

6. 5 動画作成支援ツールの作成

動画製作はアカウントが必要なため、施設で製作してもらうことはできない。しかし今後研究室などにおいて簡単に動画が制作できるよう、また整理したユニットが再びバラバラになることを防ぐため、動画作成支援ツールを作成した。

また、どのような動画を作成すればいいのかすぐにわかることによって、素早いフィードバックを行うことを目的として、データベースから発生件数の多い場所・作業内容を自動で抽出できるようにし、動画作成支援ツールに組み込んだ。

ツールはエクセルマクロを使用して作成した。機能は以下のとおりである。

- ・ATHDB の入力・・・クリックすると入力用のシートが表示される。自動分析ツールによって出力されたデータ表を直接読み込むまたはコピー&ペーストし、ファイルを追加する。
- ・制作するシナリオの抽出・選択・・・クリックすることで、入力された DB の中から場所・

作業内容の組み合わせが多い順にランキング形式で表示され、その事例の概要が全て表示される。

その事例をクリックするまたは入力フォームに作りたい事例に必要なユニット名などを入力すると、使用できそうなユニットの情報と写真が検索され、表として出力される。

- ・ **SL での施設再現方法**・・・SL 上で施設を再現する方法や注意点が記述されている。特に整理したユニットが再びバラバラにならないように、動画制作のたびに新しいフォルダを作り、ユニットは全てコピーしてから使用することに注意する。

検索されたユニットの表から使いたいものを選び、SL 上で探して実際に施設を再現する。

- ・ **動画撮影方法**・・・動画を撮影する方法や注意点が記述されている。「SimShot」などのソフトを使い、動画を作成する。実際に人を動かす撮影係と物を動かす係がいるとより高度な動画が作成できる。
- ・ **ユニット表確認**・・・SL 上にある全てのユニットの情報と写真を見ることができる。
- ・ **ATHDB 確認**・・・現在入力されている ATHDB を確認できる。



図6. 9 動画作成支援ツールの起動画面

今回初めて動画を作る人が実際にピット転落事故の動画を作成したところ、約 15 分で作成することができた。ある程度パソコンと動画圧縮に関する知識があれば、この程度の時間で作成できると考えられる。

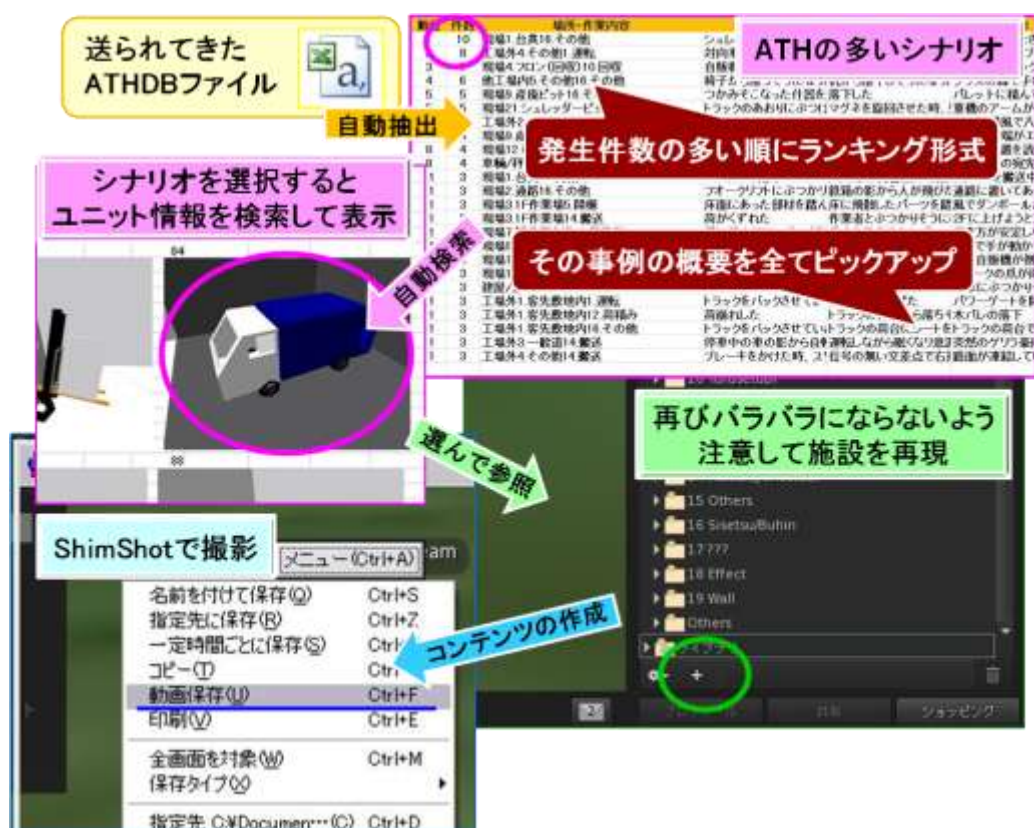


図6. 10 動画作成支援ツールを使った動画作成手順の概要