

リスク制御のための現場知識—工事現場監督の視線と発話解析によるメタ・ドメイン知識の抽出

久代 紀之^{1,a)} 妻鹿 利宏¹ 西永 航志郎¹ 住吉 恵弥¹ 青山 裕介¹

概要：視線計測センサとモーションセンサを備えた動画ベースのリスク知識獲得装置を開発した。本リスク知識獲得装置を用い、実際の現場監督から、リスクを制御するために必要となるメタ・ドメイン知識を抽出した。本論文では、リスク知識獲得装置と獲得できたメタ・ドメイン知識の概要を述べる。さらに、これら現場で獲得されたリスク知識と作業安全マニュアルに記載されたリスク知識との差異を論じる。また、その差異に基づき、新たな安全教育ツールのあり方に関して提案する。

Field Knowledge for Risk Management—Extracting Meta & Domain Knowledge from Eyes and Utterances of Field Overseers

1. はじめに

建築・運輸・製造などの業種では、労働災害の防止のため、安全教育の実施が義務化されている。現状、安全教育は、主に下記2つの方法で実施されている。

- 安全教育マニュアル：作業手順、作業時の留意事項を体系化したもので、作業項目毎に文書記載されている（数十ページから百ページ程度）。記載内容は、定期的にアップデートされ、作業に関わる作業員には、本マニュアルによる事前教育が義務化されている
- 危険予知トレーニング：労働災害を発生する可能性が高い作業場面のイラストを提示し、発生可能性のあるリスクとその対処策を、作業員間のブレインストーミング形式で検討する。イラストは、安全教育マニュアルに記載された作業項目を元に作成され、1～2週間単位で定期的に実施される

一方、労働災害は、近年、増加傾向にあり、年間12万人を超える作業員が休業4日以上重大な労働災害に遭遇 [1] しているのが実情である。

リスク教育の実効が上がらない要因として、

- 安全教育マニュアル・危険予知トレーニングによる安全教育が、教育方法として適切でないこと

- 安全教育マニュアルに記載されたリスク知識が実践的でないこと

が想定される。

本研究では、以下の項目を実施する。

- 現場監督のリスク知識の収集装置と知識構造可視化ツールを開発し、設備工事企業に勤務する熟練の現場監督からリスク知識を収集する
- これらツールを適用し、同企業の安全教育マニュアルに記載されたリスク知識と現場監督から取得されたリスク知識の差異を分析する
- その差異に基づき、実践的な安全教育用ツールのあり方に関し提案する

2. 実験 I：現場監督の知識の特徴

熟練の現場監督が、現場で利用しているリスク知識の抽出を試行する。現場で使用されるリスク知識は、暗黙知（身体知）的な側面を持つ。つまり、自転車には乗れるが自転車への乗り方を言葉として説明することは難しいと同様に、リスク認知が日常的活動となっている熟練の現場監督にとっては、リスク知識の言語化自体が難しい可能性が高い。従って、一般的な聞き取りによるヒアリング調査では、リスク知識の獲得は困難である。

本研究では、上記課題を解決するために、現場監督に工事現場の画像（動画）を視聴してもらい、その際の自身の視線の動きの“理由”を説明してもらうことで、リスク知

¹ 九州工業大学 情報工学部
KIT, Iizuka, Fukuoka 820-8502, Japan
^{a)} kushiro@ai.kyutech.ac.jp

識の言語化を促進した。本章では、視線と発話データ分析機能を有するリスク知識収集装置の概要と、現場監督 12 名に対して、本リスク知識収集装置を用いてリスク知識を収集した結果に関し述べる。

2.1 リスク知識収集装置の概要

本節では、現場監督のリスク知識の収集装置 [2] の概要を説明する。リスク知識収集装置は、視線計測のための視線計測センサと、発話データ収集のためのモーションセンサ、被験者に工事現場の動画を提示するとともに、視線・発話データを処理する PC で構成される (図 1)。視線・発話データの処理には、多大な計算機資源が必要となるため、リスク知識収集装置は、インターネットを介し 8 台の計算機クラスターに接続され、視線・発話データは、左記の計算機クラスター上で処理される。

発話データの収集

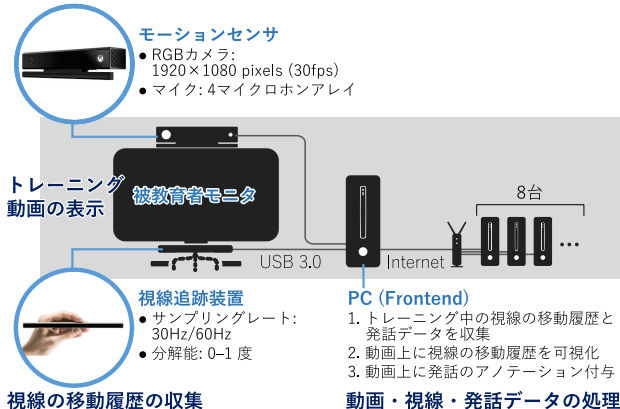


図 1 現場監督のリスク知識収集装置の構成

リスク知識収集装置には、表 1 に示す 3 つの機能を実装した。視点表示・視点履歴表示 (図 4 左) では、被験者の現在の視点と、過去・将来 n 秒間にわたる視点履歴を提示する。観察対象履歴表示 (図 4 右) では、時間単位の動画上のオブジェクトへの注視率と注視対象となるオブジェクトの推移パターンを提示する。これらの情報を被験者に提示し、なぜそのような部位を注視していたかの“理由”を説明させることで、現場監督者のリスク知識の言語化を促進する。

表 1 リスク知識収集装置の機能

機能名	概要
視点表示	動画上の視線位置を実時間で表示
視点履歴表示	動画上の前後 n 秒間の視点位置をヒートマップとして表示
観察対象履歴表示	動画上のオブジェクトへの注視率の推移を表示

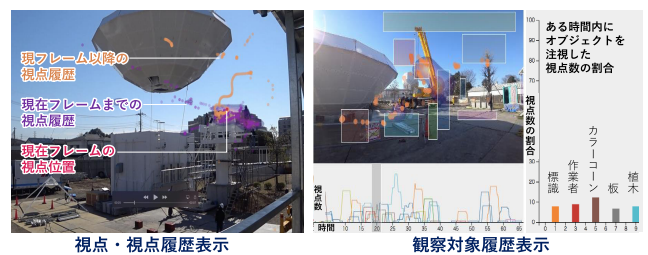


図 2 視点履歴表示画面 (左)、観察対象履歴表示画面 (右)

2.2 実験 I のセットアップ

開発したリスク知識収集装置を用い、実際の現場監督 12 名に対し、以下に示す 3 種類の現場作業動画を観察してもらいリスク知識を抽出した。被験者は、現場監督として 20 年以上 (最大 35 年) の経験を持つ熟練者 8 名と、現場経験 10 年未満の新人 4 名で構成した。現場作業動画としては、屋外での大型アンテナの設置作業 (準備、架台への設置の 2 種)、屋内での制御盤設置作業 (図 3) を用いた。

動画 1: アンテナ設置の準備作業



作業員は各々作業準備を実施している。続けて、作業開始のミーティングのために中央付近に集合する。

動画 2: アンテナの台座への設置



アンテナの台座への設置と倉庫への搬入作業の二つの作業が同時に進行している。さらに、台座への設置は、アンテナの吊り下げと台座設置の 2 つのフェーズで構成される。

動画 3: 制御盤の設置



室内での制御盤の設置を実施している。制御盤の梱包の解除作業とレールへの設置作業の 2 つのフェーズで構成される。

図 3 実験 I の対象動画

実験は、以下の 2 プロセスで構成した (図 4)。プロセス 1 では、被験者 (現場監督) に現場作業の動画を提示させ、プロセス 2 では、プロセス 1 での自身の視点履歴を見て、なぜそこを見ていたのかの“理由”を説明させた。各プロセスの実施時間は、おおよそ 15 分程度とし、プロセス 1 とプロセス 2 の間は、視線・発話データ処理のため、30 分程度の休憩を挟んだ。



プロセス 1



プロセス 2

図 4 実験 I の実施手順

2.3 実験 I の結果

実験 I の被験者 12 名の発話データ解析の結果、熟練現場監督のリスク知識の特徴として以下を抽出した。

- 発生が懸念される複数リスクの認知：作業環境を広く観察し、現在の作業内容を理解し作業内容から発生が懸念されるリスクを認知
- リスク発生の蓋然性を高める事象（予兆）の認知：上記リスク発生の蓋然性を高める事象（予兆）を認知
- リスク発生時の対処策の阻害事象の認知：リスク発生時の対処策を実行を阻害する事象を認知

例えば、図 5 に示す大型アンテナの設置作業においては、以下に示すプロセスでリスクが認知されていた。

- (1) 現場の状況を広く観察することで、手前のアンテナの設置工事と画面左上部の荷物の搬入作業という複数作業が並行して実施されていることを認識し
- (2) アンテナ設置作業で想定されるリスク（例えば、アンテナが振動により、架台上の人と接触する）と荷物搬入作業で想定されるリスク（荷物搬入の作業員がアンテナ設置作業領域に侵入する）を認知する
- (3) 続けて、アンテナの振動を引き起こす要因（例えば、強風でアンテナが揺れる）、荷物搬入の作業員が作業領域に侵入する要因（アンテナ設置の作業領域区分が示されていない）を想定し
- (4) 上記要因を引き起こす予兆事象（雲の有無、遠くの電線や木々の状況、パイロンによる工事区分の適切性、アンテナ設置・荷物搬入作業の各々の現場監督の配置の有無）に着目する
- (5) さらに、万一アンテナが大きく揺れた場合の対処として、アンテナへのガイドロープの設置、架台上の作業員の逃場の有無、作業員への回避指示を行う現場監督の有無等のリスク発生時の対処策を阻害する事象の認知を行う

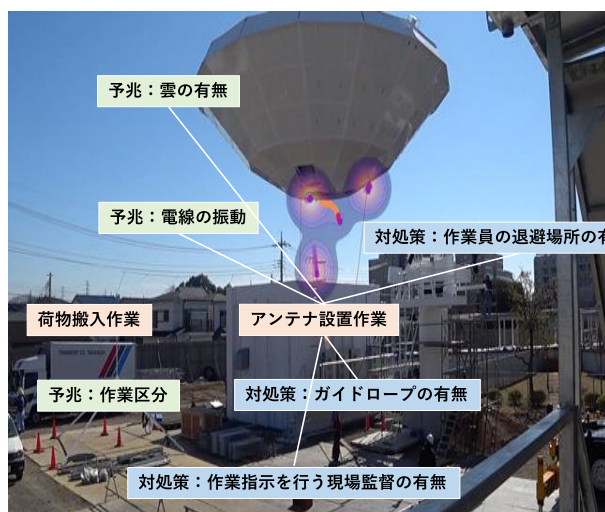


図 5 大型アンテナ設置作業におけるリスク知識

すなわち、熟練の現場監督のリスク知識は、

- 図 6 に示すような構造を持った知識であること
- そのリスク知識の運用には、現場作業に伴うリスクを発見 (Step1) し、リスクの発生の蓋然性を高める予兆事象 1 を定義し (Step2)、リスク発生時の対処策を検討し (Step3)、リスク対処策の実行を阻害する要因を定義し (Step4)、対処策の阻害要因の蓋然性を高める予兆事象 2 (Step5) を定義するという 5 つのプロセスでこれらのリスク知識を運用するメタ知識があることを確認した。

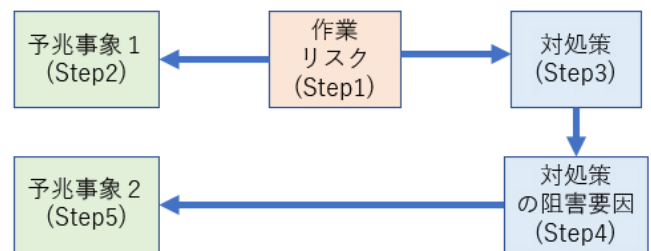


図 6 リスク認知知識の構造

視線にも、上述のメタ知識の存在を裏付ける特徴が現れている。熟練の現場監督の視線の移動には、画面全体の概観と画面内のある部位を注視を交番するパターンが、経験の浅い現場監督の視線より、端的に現れている (図 7)。

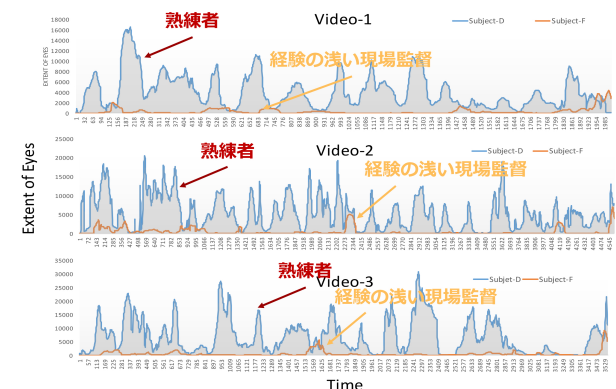


図 7 熟練者・新人の注視点の違い (1)

また、熟練と経験年数の浅い現場監督者の動画上で注視するオブジェクトの遷移パターンでは、熟練者のオブジェクトの遷移パターンは、経験年数の浅い現場監督に比較し、統制された動きをしていることが見て取れる (図 8)。すなわち、図 6 に示した構造を持つ一連のリスク知識とメタ知識に先導される形で、視線・注視点の移動が発生することが観察された。

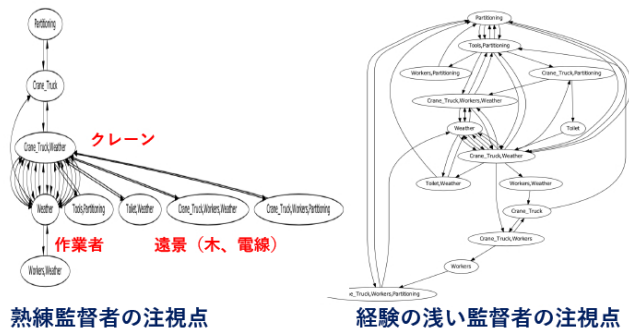


図 8 熟練者・新人の注視点の違い (2)

3. 実験 II：現場監督で使う知識とマニュアルに掲載された知識の差異

実験 I では、視線計測と発話データの収集装置を用い、実際の現場監督のリスク知識（ドメイン・メタ知識）の獲得を行った。その結果、熟練の現場監督のリスク知識は、図 6 に示す構造を持っていることを示した。実験 II では、知識構造可視化ツールを開発し、現場で利用されている知識と作業安全マニュアルに掲載されたリスク知識の差異を示す。

3.1 知識構造可視化ツールの概要

作業安全マニュアルと現場で利用されている知識の構造の差異を可視化するために、本研究では、図 9 に示す知識構造可視化ツール [3] を開発した。

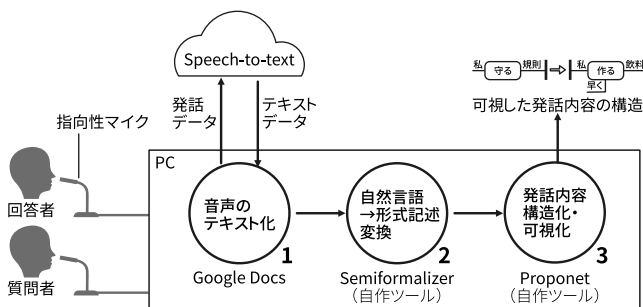


図 9 知識構造可視化ツールの構成

知識構造可視化ツールは、インターネットに接続された PC と指向性の高いマイクで構成される。スタンドマイクで収集された発話データは、“Google Document” を介してクラウド上の “Cloud Speech-to-text” を利用してテキストに自動変換される。指向性の高いマイクを用いることで、現状、8 割程度の発話データが修正なしに正しくテキストに変換することができるが、変換失敗した発話データに関しては、この時点で人手で修正を加える。修正したテキストは、自然言語が内包する曖昧性を削除するために “Semiformalizer” と呼ぶ自作の自然言語 ⇒ 形式記述変換

ツールを用い、“関係語（主体、対象、制約）” の形式（本形式で表現された記述を、本論文では“命題プリミティブ”と呼ぶ）で表現される形式記述 [5] に変換する。さらに、形式記述されたテキストは、発話内容の論理構造を可視化する “Proponet” と呼ぶ自作の発話内容構造化ツール（本ツールにより、可視化された結果を“命題ネットワーク”と呼ぶ）により可視化する。

“Semiformalizer” では、形態素・構文解析器 [6] から得られる係受け、格、品詞情報、およびツールに搭載した文節・句結合ルールを用い、テキストデータを単文化する。単文化中の文節・句を、配置ルールを用い所定位置に形式的に配置することで、単文中の文節・句の役割を明確化する。形式化した単文間の論理関係の同定には、単文への変換時と同様に、形態素・構文解析器から得られる係り受け、格、品詞情報ともに、節結合ルールを用いる。節結合ルールに基づき同定した論理関係に基づき、二項関係ペア結合オペレータ（AND,OR,IMPLY）により、形式化された単文を相互に連結する。

結合ルールは、文節・句・節の結合ルールと、節を構成する要素の命題プリミティブへの配置ルールの 4 種で構成される。“沸騰ボタンか給湯ボタンを押したらブザーを 1 回鳴らす” [8] という例を用い、アルゴリズムの概要を説明する (図 10)。文節結合ルールには、2 つの体言 (+ 助詞) が係り受けの状況にある時には、1 つの句に連結するという規則がある。この規則を用い、“沸騰”、“ボタン”、“給湯”、“ボタン” の各文節は、“沸騰ボタン”、“給湯ボタン” のように句として連結される。句結合ルールには、体言 (+ 助詞) と体言 (+ 助詞) の係り受け関係が、並列関係にあるときには、係る元・係る先の句を OR 演算子で結合するという規則がある。この規則を用い、“沸騰ボタン” と “給湯ボタン” が OR 関係として二項関連ペア結合オペレータにより連結される。文節・句の命題プリミティブへの配置ルールとして、表層格の “ガ格” を動作主、“ヲ格” を対象とするという規則 [7] があり、この規則を用い、“押す (?、給湯ボタン) | 押す (?、沸騰ボタン)” のような命題プリミティブに変換される (ただし、“|” は、OR を表す)。

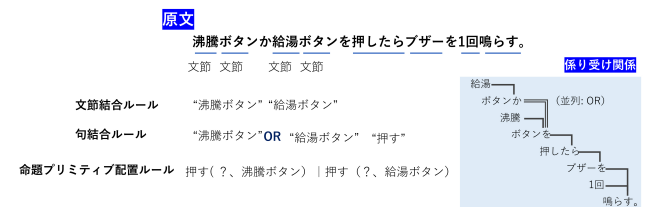


図 10 知識構造可視化アルゴリズムの概要

“Proponet” では、“Semiformalizer” で形式化された発話データを図 11 に示したルールで、その論理構造を可視化する [9]。

例えば、図 11 においては、モードが沸騰中に（かつ）ユーザが給湯ボタンを押すか、（あるいは）ユーザが沸騰ボタンを押すと、ポットは、ブザーを 1 回鳴らすというように、命題プリミティブの論理ネットワーク構造を示すことにより、発話全体のロジックを可視化することを意図している。また、“Proponet”には、“関係語（主体、対象）”が同じ命題プリミティブを結合して表示する機能（“Minify”）が実現されており、本機能を用いて、別文で記載された同内容の発話を統合表示することができる。

セミ形式記述

is (モード, 沸騰中) ^ 押す (ユーザ, 給湯ボタン) v 押す (ユーザ, 沸騰ボタン)
→ 鳴らす (ポット, ブザー, 1回) .

命題ネットワーク表示

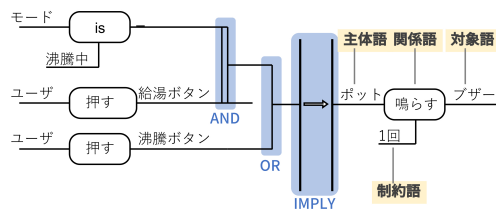


図 11 知識構造可視化ツールによる可視化

この知識構造可視化ツールを用いて、図 6 に示したリスク知識構造を直感的に分析することが可能となる。例えば、実験 I の大型アンテナの設置作業で獲得された“アンテナが架台上の作業者に接触するならば架台上の作業者は転落する”というリスク知識は、以下のようにセミ形式記述として変換される。

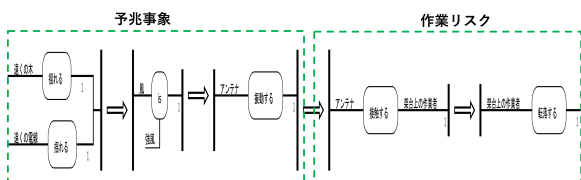


図 12 実験 I で獲得されたリスク知識の構造可視化例

- 接触する (アンテナ, 架台上の作業者,) ⇒ 転落する (架台上の作業者,,)

また、予兆事象である“強風時はアンテナが振動し、架台上の作業者に接触する”というリスク知識は、以下のように変換される。

- is(強風,,) ⇒ 振動する (アンテナ,,)
- 振動する (アンテナ,,) ⇒ 接触する (アンテナ, 架台上の作業者,,)

さらに、“遠くの木が揺れる、あるいは、遠くの電線が揺れるならば、強風である”という予兆事象は、以下のように形式化される。

- 揺れる (遠くの木,,) | 揺れる (遠くの電線,,) ⇒ is (強風,,)

ツールにより、これらの結果を統合すると、図 12 のように表示される。作業に伴う直接的リスク知識なのか、あるいは、そのリスク発生の蓋然性を高める予兆事象に位置づけられるリスク知識なのかを、図上の位置関係から直感的に把握できるようになる。

3.2 実験 II のセットアップ

現場監督の発話から獲得した現場で使用されているリスク知識と作業安全マニュアルに掲載されたリスク知識の差異を、知識構造化可視化ツールを用いて明らかにする。現場監督からのリスク知識の獲得は、実験 I と同プロセスで実施した。また、対象動画は、重量物の荷揚げ作業である“揚重”を使用した。

被験者は、設備工事会社に所属する 10 名現場監督者（8 名の熟練の現場監督、2 名の経験年数の浅い現場監督者）とし、安全教育マニュアルは、左記設備工事会社で実際に利用されているものを利用した。安全教育マニュアル、現場監督から獲得したリスク知識に関しては、図 9 に示した知識構造可視化ツールを用い、それぞれリスク知識構造の可視化を行った [3], [4]。

3.3 実験 II の結果

作業安全マニュアルおよび現場監督の発話データから獲得されたリスク知識の内訳を図 13 に示す。

“揚重”に関わる作業安全マニュアル記載のリスク知識のうち、76.8% が作業安全マニュアルにのみ出現していた。実験の対象として用いた動画に、該当するリスク自体が包含されていない可能性があるため、この比率に関しては、課題とは断定することができない。

作業安全マニュアルとしての課題は、作業安全マニュアルと現場監督の発話に共通するリスク知識が、3.9% に対し、現場監督の発話データにのみ含まれるリスク知識が、19.3% と大きいことであると考えられる。すなわち、現場監督が現場で実際に利用するリスク知識（実践的なリスク知識）の大半が、作業安全マニュアルには、記載されていないということが課題となる。

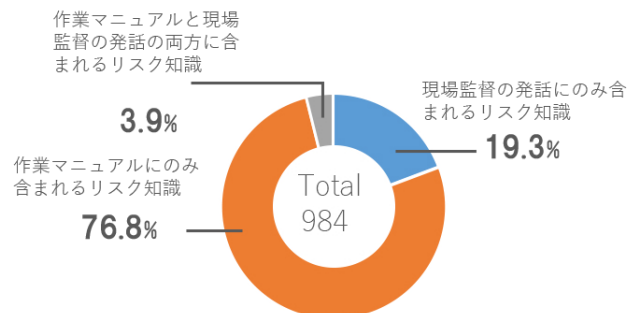


図 13 作業安全マニュアルと現場監督のリスク知識の差異

現状の作業安全マニュアルに欠落しているリスク知識が、

2.3 節で論じたリスク知識構造のどの部位に相当するかを分析するために、作業安全マニュアルと現場監督から獲得したリスク知識を統合して可視化した結果を図 14 に示す。なお、獲得したリスク知識は、トータルで 984 あり、全体を表示することは、紙面の関係上難しいため、図 14 では、その一部のみを掲載した。

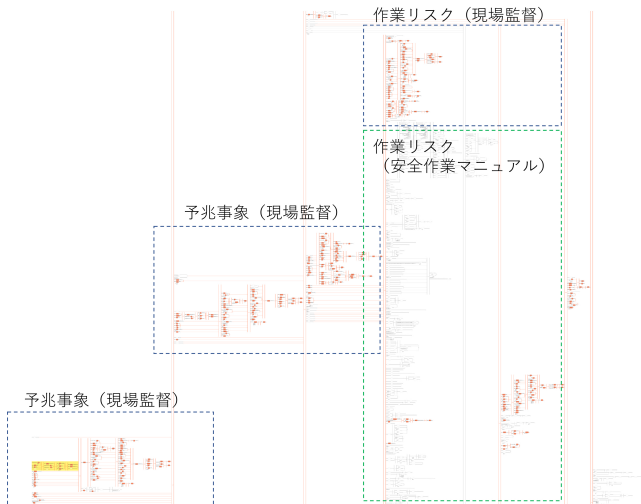


図 14 リスク知識構造における現場監督と作業安全マニュアルの知識の位置づけ

図 14 の着色した部位が現場監督から得られたリスク知識であり、黒で表示された部位は、作業安全マニュアルにのみ記載されているリスク知識である。これら分布から、作業安全マニュアルに記載された知識は、図 6 に示した“作業リスク”と“対処策”に該当するリスク知識が主体で、該当する作業リスクの蓋然性を高くする“予兆事象 1”や対処策の実施を困難にする“予兆事象 2”が欠落していることが判明した。

4. 実践的なリスク教育ツールの企画

実験 I、実験 II から得られた知見から、リスク教育ツールのコンセプトを検討した。

4.1 リスク制御と知識

現場監督の職務は、いうまでもないが“現場の作業安全を達成する”ということである。上記文脈において、現場監督のリスク制御は、

- 作業リスクが発生すること自体を回避する、その可能性を最小化する
- 作業リスクが発生した際には、作業リスクによるダメージを最小化するための対処策を実行する

と換言することができる。現場監督が、リスク制御を行うには、“作業リスク”とリスク発生時の“対処策”だけでなく、作業リスク発生の蓋然性を評価する“予兆事象”、対処策の実施を阻害する“予兆事象”に関するリスク知識が必

須である。つまり、図 6 に示す構造を持ったリスク知識が必要とされる。

この構造を持ったリスク知識の教育には、

- リスク知識を予兆事象ーリスクー対処策という構造を持った一連の知識体系（本研究では、リスクシナリオと呼ぶ）としてドメイン知識として教育すること
- リスクシナリオを基本として、リスクシナリオで実行する対処策が無効となる阻害要因（反証）を検討し、その反証の蓋然性を高める予兆事象を推論するメタ知識を教育すること

が、必須要素と考えられる。現状のリスク教育では、作業安全マニュアルによる教育が、上記 (1) に、危険予知トレーニングが上記 (2) の教育に相当するものと考えられる。予兆事象ーリスクー対処策という体系を持った知識としての教育の視点、対処策が成立しなくなる反証を検討し、反証の蓋然性を高める要因を探すというメタ知識を教育するという視点の欠落が、現状のリスク教育ツールの最大の課題ではないかと考える。

4.2 実践的なリスク教育ツールの企画

以上の実験に基づき、実践的なリスク教育ツールを企画した (図 15)。

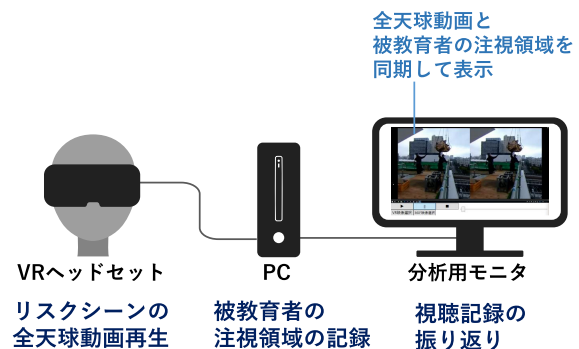


図 15 実践的なトレーニングツールのコンセプト

企画したリスク教育ツールは、以下を特徴とする。

- 予兆事象ーリスクー対処策という構造を持つリスクシナリオを、360°動画を用いることで時間軸・空間軸上に自由に配置可能としたこと
- 360°動画中の熟練の現場監督の注視点と自身の注視点の差異を示すことで、リスクシナリオを発見的に学習するための学習モードを設けたこと
- 対処策の反例の蓋然性を高める予兆事象を探すメタ知識の習得のための学習モードを設けたこと
- 注視したいポイントへ被験者自身が自在に移動することが可能な VR 装置を導入し、計算負荷が高い視線計測センサの利用をやめたこと

上記のリスク教育ツールのコアとなる機能を試作したところ、以下を確認した (図 16)。

- 360°動画の時間軸・空間軸上に、予兆事象 - リスク- 対処策というリスク知識のチップをアノテーションとして自在に配置すること
- 相互の関係を可視化することで、予兆事象- リスク- 対処策という構造を持ったリスクシナリオが獲得できること



図 16 実践的リスク教育ツールの試作

一方で、長い実務経験を持つ現場監督の知識は、新人教育に必要なリスク知識の粒度よりも高い粒度で存在することがあることが判明した。例えば、揚重作業においては、“is (ロープ,, 短い) ⇒ is (作業員, 危険, 荷物の下敷き)”という粒度のリスク知識が熟練の現場監督からは獲得される。これら粒度が高いリスク知識は、長い現場経験に支えられたリスク知識として有用ではある一方、他の場面に活用するときに課題となる可能性もある。リスク教育としては、“is (ロープ,, 短い) ⇒ 移動する (作業員,, 荷物の下) ⇒ is (作業員, 危険, 荷物の下敷き)”のような低い粒度の知識に分解した上で教育するような、教育対象者のスキルに応じた知識の粒度の操作が必要であることも判明した。

5. 終わりに

視線計測センサとモーションセンサを備えた動画ベースのリスク認知知識獲得装置を開発し、現場監督が現場で利用しているリスク知識 (メタ・ドメイン知識) を抽出した。この結果、

- 図 6 に示す構造を持った知識であること
- そのリスク知識を運用するメタ知識があること

を確認した。

リスク知識構造可視化ツールを開発し、現場で利用されている知識と作業安全マニュアルに掲載されたリスク知識の差異を示した。この結果、

- 作業安全マニュアルと現場監督の発話に共通するリスク知識が、3.9 % に対し、現場監督の発話データのみ含まれるリスク知識が、19.3 % と大きく、現場監督が実際に利用するリスク知識 (実践的なリスク知識) の大半が、作業安全マニュアルには、記載されていないこと
- 作業安全マニュアルに記載された知識は、図 6 に示した“作業リスク”と“対処策”に該当するリスク知識が主体で、該当する作業リスクの蓋然性を高くする“予

兆事象 1” や対処策の実施を困難にする“予兆事象 2” が欠落していること

を確認した。

上記知見に基づき、新たな安全教育用ツールとして、以下のコンセプトを提案した。

- 予兆事象- リスク- 対処策という構造を持つリスクシナリオを、360°動画を用いることで時間軸・空間軸上に自由に配置可能としたこと
- 360°動画中の熟練の現場監督の注視点と自身の注視点の差異を示すことで、リスクシナリオを発見的に学習するための学習モードを設けたこと
- 対処策の反例の蓋然性を高める予兆事象を探すメタ知識の習得のための学習モードを設けたこと
- 注視したいポイントへ被験者自身が自在に移動することが可能な VR 装置を導入したこと

今後は、上記コンセプトを満足する安全教育用ツールの実装を進め、実際の安全教育に適用するなかで、精緻化を行っていく。

謝辞 本研究の一部は、科研費 基盤研究 (A) 「漂流する信念に心のレジリエンスをもたらす情報の生成・提供技術の実現」16H01836 の支援を受けて実施されました。

参考文献

- [1] 平成30年度の労働災害発生状況: https://www.mhlw.go.jp/stf/newpage_04685.html
- [2] Noriyuki Kushiro, Yusuke Aoyama, Yuji Fujita: Tool for Extracting Latent Field Overseers' Knowledge for Risk Recognition on Eyes and Algorithm for Structuring Meta and Domain Knowledge from Utterances, *Procedia Computer Science*, Volume 126, 2018, Pages 2003-2012
- [3] Noriyuki Kushiro, Taishiro Tanaka, Yoshitaka Watanabe: EMC Design Support Tool for Consumer Product, 2019 IEEE International Conference on Consumer Electronics, 11-13 Jan. 2019, DOI: 10.1109/ICCE.2019.8661984
- [4] 久代紀之、藤田裕司、村上響一、青山祐介: リスク認知における知ってる/知らない知識の表出化と可視化、*信学技報* Vo.117, no.440, AI2017-22, pp.27-32, 2018.
- [5] C.Rolland and C.B.Achour: Guiding the construction of textual use case specifications. *Data & Knowledge Engineering*, Vol. 25, No.1-2, pp.125-160, 1998.
- [6] A.Tolmachev, D.Kawahara, and S.Kurohashi: Juman++: A morphological analysis toolkit for scriptio continua. In *Proceedings of the 2018 Conference on Empirical Methods in Natural Language Processing: System Demonstrations*, pp.54-59, 2018.
- [7] 国立国語研究所: 日本語における表層格と深層格の対応関係、1997.
- [8] 組込みソフトウェア管理者・技術者育成研究会 (SES-SAME): 話題沸騰ポット第7版、Last accessed: May 23, 2018.
- [9] 青山裕介、黒岩丈瑠、久代紀之: テストケース生成のためのシステム仕様書の論理記述変換アルゴリズム、*情報処理学会論文誌* (2020年3月号掲載予定), 2020.