

実世界オブジェクトを用いた 生活空間内における事故予測支援手法

立花 巧樹¹ 呉 健朗² 富永 詩音² 大西 俊輝² 鈴木 颯馬³ 諏訪 博彦¹ 宮田 章裕^{4,a)}

受付日 2020年4月8日, 採録日 2020年10月6日

概要: 生活空間における事故を未然に防ぐためには, 将来起こりうる事故を積極的に予測し, その事故の原因を解消することが必要である. しかし, 多くの人にとって事故を網羅的・手間をかけずに予測することは難しい. そこで本研究ではユーザが生活空間を撮影するだけで, 事故を予測させる手がかりを提示する手法を提案する. 提案手法は, 生活空間の種別と撮影された実世界オブジェクトに基づき, 当該空間における事故事例を Web 上から収集し, 事故を予測するために特徴的な単語を抽出してユーザに提示する. プロトタイプシステムを用いた検証実験の結果, 提案手法は網羅的・効率的な事故予測の支援に有効であることが確認できた.

キーワード: 事故予測, 発想支援, 実世界オブジェクト

Prediction Support Method for Accidents in Living Space Using Real-world Objects

KOKI TACHIBANA¹ KENRO GO² SHION TOMINAGA² TOSHIKI ONISHI² SOMA SUZUKI³
HIROHIKO SUWA¹ AKIHIRO MIYATA^{4,a)}

Received: April 8, 2020, Accepted: October 6, 2020

Abstract: To prevent accidents in living space, we need to actively predict accidents and resolve problems leading to accidents. However, predicting accidents exhaustively and efficiently is difficult for most people. Hence, we propose a method that provides users with clues for predicting accidents; users simply take a picture of a real-world object in their living space. In the proposed method, cases of accidents are collected from web pages using the type of the living space and general name of the captured real-world object; these cases yield characteristic words for predicting accidents. We developed a proof of concept and conducted evaluation tasks, confirming that our approach can support exhaustive and efficient prediction of accidents.

Keywords: predicting accidents, idea support, real-world objects

1. はじめに

国内外における死傷者が発生するような事故が繰り返し報道されている. 人類は事故事例に対応した事故防止対策として, 技術的な対応をはじめとし, 従来から様々な方法を模索してきた. しかし, 生活空間における事故を未然に防ぐ方法についてはまだまだ不十分である. 文献 [1] によると, 生活空間で起こりうる事故である, 乳幼児の窒息・誤飲などの事故により, 医療機関に救急搬送された人数は平成 25 年から平成 28 年にかけて毎年増えている. 他にも,

¹ 奈良先端科学技術大学院大学
Nara Institute of Science and Technology, Ikoma, Nara 630-0192, Japan
² 日本大学大学院総合基礎科学研究科
Graduate School of Integrated Basic Sciences, Nihon University, Setagaya, Tokyo 156-8550, Japan
³ 明治大学大学院先端数理科学研究科
Graduate School of Advanced Mathematical Sciences, Meiji University, Nakano, Tokyo 164-8525, Japan
⁴ 日本大学文理学部
College of Humanities and Sciences, Nihon University, Setagaya, Tokyo 156-8550, Japan
a) miyata.akihiro@acm.org

オフィスチェアがガス爆発したり、コンセントにホコリが溜まって火災につながるなど、生活空間には我々がふだん気がつかないような将来起こりうる事故が潜んでいる。生活空間における事故を未然に防ぐためには、起こりうる事故を積極的に予測し、その事故の原因を解消することが必要である。しかし、特別な訓練を受けていない人が、生活空間で将来起こりうる事故を網羅的・手間をかけずに予測することは難しい。たとえば、子供を持たない人は、ドラム式洗濯機の中に子供が閉じ込められることをふだんは意識しておらず、洗濯機の蓋を開けっ放しにしているかもしれない。この状況で、親戚の子供が遊びに来たら、大事故につながる可能性がある。この問題を解決するために、将来起こりうる事故の把握を支援する手法や、ユーザの想像を支援する手法の利用が考えられる。

この問題を解決するために、本研究では、ユーザが生活空間をデバイスを用いて撮影するだけで、Web上から生活空間に適応した将来起こりうる事故を予測させる手がかりを提示するシステムを提案する[2]。提案手法は、生活空間の種別と撮影された実世界オブジェクトに基づき、当該空間における事故事例をWeb上から収集し、事故を予測するために特徴的な単語を抽出してユーザに提示する。

2. 関連研究

本研究は、ユーザが将来起こりうる事故を網羅的・手間をかけずに予測することで事故防止を目指すものであり、事故を把握する研究分野、事故を想像する研究分野に関連する。

2.1 将来起こりうる事故の把握を支援する研究事例

2.1.1 特定の場所を前提とする研究事例

特定の場所における将来起こりうる事故の把握を支援する研究事例がある[3], [4], [5], [6], [7], [8], [9]。手法[3]は病院における医療・看護活動で起こりうる事故の把握を支援している。看護師の業務中の行動を小型センサで計測したデータに基づき、業務に有用な知識を構築し、研修中の看護師などに知識を提供する。手法[4]は小型船舶で起こりうる事故の把握を支援するシステムである。手法[5]は、地下鉱山の採掘時の事故を防止するために、作業監視者が作業者のストレス状態を具体的な数値で把握できるようにしている。作業監視者は、ウェアラブルセンサで計測する作業者のストレス値が閾値を超えたら作業を終了させることで事故を防止できる。手法[6]は作業現場における安全上の問題をリアルタイムでユーザに提示することで起こりうる事故の把握を支援している。システムはウェアラブルセンサのデータをもとに、ユーザに安全上の問題点を特定して提示することで、ユーザの意思決定を支援している。手法[7]は作業におけるユーザの不適切な動作をウェアラブルセンサを用いて検出し、リアルタイムで通知すること

で起こりうる事故の把握を支援している。手法[8]は作業道具や作業者にセンサを取り付けることで、VR空間で正確な作業訓練環境を再現し、起こりうる事故の把握を支援している。具体的には、ユーザの頭・肩・腕・手、ユーザが使用する作業道具にデバイスを装着してトラッキングを行い、ユーザの作業内容に応じてHMDにユーザの作業状況を提示する。手法[9]はVR訓練環境を実現するものであり、作業道具、作業者の位置をセンシングすることで、起こりうる事故の把握を支援している。

2.1.2 特定の場所を前提としない研究事例

特定の場所に依存せずに将来起こりうる事故の把握を支援する研究事例がある[10], [11]。手法[10]はタブレット端末などのカメラ機能を使ったAR技術を用いて、実際の現場を歩きながら危険と思われる箇所を登録し、情報を共有することで、起こりうる事故の把握を支援している。手法[11]は防犯や交通事故防止のために、地域の安全情報を住民同士で共有することで起こりうる事故の把握を支援している。システムは地図関連のサービスとコンテンツ管理システムを連携させることで、管理・運用が容易にできる点が特徴である。

2.2 ユーザの想像を支援する研究事例

ユーザの想像を支援する研究事例がある[12], [13], [14], [15], [16], [17]。手法[12]は分類されたテキスト情報をもとに連想辞書を作成し、ユーザが入力した単語と関連の高いキーワードを提示してユーザの想像を支援している。手法[13]はブレインストーミング中の会話内容に基づいてWeb上から動的に画像を取得してユーザに提示することでユーザの想像を支援している。手法[14]はキーワードを意味ごとにグルーピングし、入力内容と同じグループの語をユーザに提示することでユーザの想像を支援している。手法[15]は発想が苦手なユーザを対象とし、アイデア出しが停滞した際、アイデア出しのテーマに関連した単語を提示して新たな連想のきっかけを与えることでユーザの想像を支援している。文献[16]は生活の中で多くの情報と接するための“眺めるインタフェース”を提案し、ユーザの想像を支援している。システムは情報を継続的にWeb上から抽出し、水槽の中に浮遊するように動くカードとしてユーザに常時提示する。文献[17]は特定物体認識技術を用いることで、身の回りの“もの”を介してアイデアを日常的に共有するシステムを提案し、ユーザの想像を支援している。“もの”につけられたアイデアは、不特定多数のユーザと共有することができる。

3. 提案システム

3.1 要件定義

本節では、前述した既存研究に基づき、提案システムの要件を定義する。2.1節に示した将来起こりうる事故の把

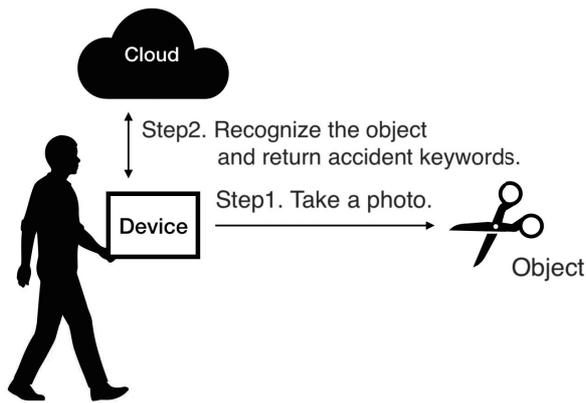


図 1 提案システムの概念図
Fig. 1 Concept of the proposed system.

握を支援するアプローチ [3], [4], [5], [6], [7], [8], [9] を用いれば、ユーザは特定の空間で将来起こりうる事故を網羅的・手間をかけずに予測できるかもしれない。しかし、これらの手法は病院 [3] や小型船舶 [4] など、利用場所が限定的であるため、生活空間への適用は困難である。利用場所を限定しない手法 [10], [11] であれば生活空間への適用は可能であるが、この場合は他者が空間内に情報を登録しておく必要があり、個々人の生活空間への導入は現実的ではない。

2.2 節に示したユーザの想像を支援するアプローチ [12], [13], [14], [15], [16], [17] を用いれば、ユーザは様々な状況を想像することで生活空間で将来起こりうる事故を網羅的・手間をかけずに予測できるかもしれない。しかし、ここには2つの問題がある。1つ目は、これらのシステムはアイデア発想支援に特化しているため、事故とは関係が薄い単語が出力される可能性が高いという問題である。2つ目は、これらのシステムの多くはキーボード入力を要するため、生活空間を網羅的に調査する場合、システムへの入力に手間がかかるという問題である。

これらの問題点をふまえ、本研究では下記の要件を満たす事故予測支援手法を確立することを目的とする。

- 要件 1 利用場所が限定されない。
- 要件 2 事故を事前に記録しておく必要がない。
- 要件 3 事故と関連性の高い情報を出力できる。
- 要件 4 入力に手間がかからない。

3.2 提案システムの概要

提案システムのコンセプトを図 1 に示す。提案システムは、ユーザが生活空間をデバイスを用いて撮影するだけで (Step1)、Web 上から生活空間に適応した将来起こりうる事故を予測させる手がかりを提示する (Step2)。ユーザは生活空間をデバイスを用いて撮影するだけなので、特定の場所に縛られず (要件 1)、かつ手間がかからない (要件 4)。また、入力された生活空間に適応した事故に関する情報を、膨大な Web 上から収集するため、事前記録も必要

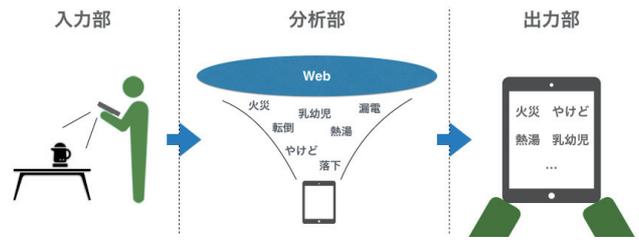


図 2 提案システムの概要
Fig. 2 Overview of the proposed system.

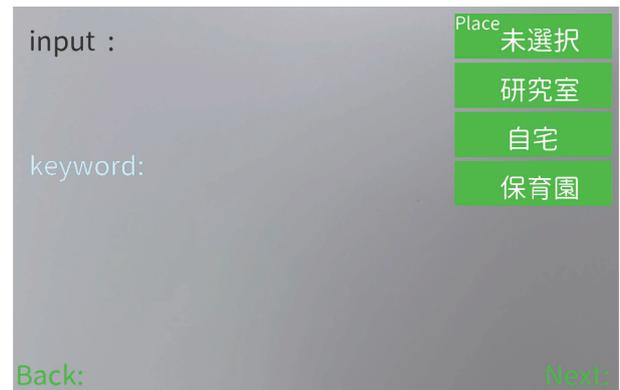


図 3 入力時のユーザインタフェース
Fig. 3 User interface (input).

なく (要件 2)、事故と関連性の高い情報を出力することができる (要件 3)。

システムは入力部・分析部・出力部の3つで構成されている (図 2)。入力部は、事故予測を行う空間の種別と、その空間に存在するオブジェクトの一般名称をシステムに入力する機能を提供する。分析部は、空間種別・オブジェクトの一般名称に基づき、事故を予測させる手がかりを Web 上から収集する。出力部は、事故を予測させる手がかりを整形してユーザに提示する。デバイスは、背面カメラ付きでプログラムの実行が可能である Surface Pro 6 を用いた。ユーザはデバイスを用いてオブジェクトを撮影するだけでシステムに入力可能となり、起こりうる事故を手間をかけずに予測できると考えられる。それぞれの実装方法について述べる。

3.3 入力部の実装

入力時のユーザインタフェースを図 3 に示す。ユーザは、画面右上の場所リストから、現在自分がいる空間種別を選択入力できる。現時点で用意した選択肢は、未選択 (空間種別を指定しない)、研究室、自宅、保育園である。ユーザは、利用目的や利用場面に合わせて、空間種別を自由に変更することができる。将来的には、GPS 情報と地図情報を連携させて空間種別を判定したり、シーン画像データセット [18] で訓練した推定器を用いて Vision ベースアプローチで空間種別を判定したりするなどして、手動で空間種別を入力する負担を減らす方針である。このように、

利用場所が限定されないシステムとなっている（要件 1）。

場所リスト以外の画面領域には、デバイスの背面カメラで撮影中の映像がリアルタイムで表示されている。ユーザはデバイスのカメラを空間内のオブジェクトに向けて撮影することで、当該オブジェクトの名称をシステムに入力する。オブジェクトの名称は、Deep Learning を用いた一般物体認識技術 [19] などにより判定され、ユーザが写真を撮る以外の手間をかけなくてもよいシステムを実現する（要件 4）。具体的な認識モデルとしては、高性能かつ高速な物体認識手法として様々な場面で利用されており、今回対象としている冷蔵庫やヘアドライヤーなども認識できる YOLOv3 を想定している [20]。YOLOv3 は、データを追加する必要があるものの、認識するオブジェクトを容易に追加できるため、今回対象とするすべてのオブジェクトの認識が可能と考えている。

ただし、本研究は提案概念の検討フェーズであるため、空間内のオブジェクトには名称を表す QR コードが貼られている。すなわち、ユーザがカメラで QR コードを撮影すると、当該 QR コードが貼られたオブジェクトの名称がシステムに入力される。今後は、一般物体認識のアプローチを導入予定である。

3.4 分析部の実装

分析部では、下記に示す Step1～Step6 に分けて処理を行い、Web 上から生活空間に適応した事故を予測させる手がかりを収集する。

Step1：Web 検索

Web 検索を行い、検索結果の HTML を取得する。検索クエリは入力部で取得した空間種別・一般名称を用いて“空間種別 AND 一般名称 AND (危険 OR 事故 OR 問題)”とする。ユーザが場所の設定において“未選択”を選択していた場合、検索クエリは“一般名称 AND (危険 OR 事故 OR 問題)”とする。

Step2：URL の抽出

検索結果の HTML から上位 30 件の URL を抽出する。URL を取得する際、商品の広告が大半を占めるショッピングサイトや、テキスト形式での情報抽出が困難な動画共有サイトなどは除外した。

Step3：Web ページにアクセス

取得した URL の Web ページにアクセスし、HTML を取得する。Step4～Step6 の処理は時間短縮のため、並列で処理を行う。

Step4：テキストを抽出

取得した HTML からテキストを抽出する。事故を予測するのに不必要だと考えられる HTML タグの id 属性もしくは class 属性に下記のいずれかの文字列を含むタグ内の本文は対象外とする。

style, script, header, footer



図 4 出力時のユーザインタフェース

Fig. 4 User interface (output).

Step5：事故に関する単語を収集

取得したテキストから、次の手順で事故に関連する単語を抽出する。まず、テキストに対して MeCab [21] で形態素解析を行い、名詞群を取得する。次に、その名詞群から“時”や“場合”など、事故を予測する手がかりになりにくいものを取り除く。そして、検索クエリである“事故”と“危険”も同様に取り除く。最後に、各名詞群の各名詞について、Word2vec [22]*1を用いて“事故”という単語とのコサイン類似度を算出し、コサイン類似度が 0.1 未満の単語を取り除いている。この閾値は、著者らが 20 種類のオブジェクトに対してコサイン類似度の閾値を変化させて出力される語を確認し、事故を予測する手がかりに該当する単語が出力されるように試行錯誤し決定した*2。

Step6：マージ&ソート

Step5 における条件を満たした単語を配列に格納する。各 Web ページから得られた配列をマージし、テキスト中に含まれていた単語の数で降順にソートする。

この手順を通じて、過去に誰かが Web 上に投稿した事故を参照することにより、事故を予測させるために必要な情報を収集する。過去に誰かが Web 上に投稿した情報からユーザは事故を予測するため、事故情報を事前に記録しておく必要がない実装となっている（要件 2）。

3.5 出力部の実装

出力部は 3.2 節で述べたように分析部で収集した事故を予測させる手がかりを画面領域の中央部に表示する（図 4）。分析部から取得した配列の先頭から 10 個の単語をタブレット端末の画面上に表示する。画面領域には、右下に Next ボタン、左下に Back ボタンが配置されている。ユーザは Next ボタンを押すと配列の次の 10 件の単語が、Back ボタンを押すと前の 10 件の単語が画面領域に表示される。これにより、事故と関連性の高い情報を出力し、ユーザに提

*1 Word2Vec の学習用コーパスには、2017 年 10 月 20 日時点の日本語 Wikipedia 全文を利用した。

*2 今後、危険などの他の用語を含めた複数単語の類似度を総合的に判断するなど工夫の余地があると考えている。

供することができる (要件 3)。

4. 評価実験

4.1 実験概要

本節では、実験目的、実験環境、評価対象、評価方法、実験手順について述べる。

4.1.1 実験目的

本実験では、提案システムを利用することによってユーザが将来起こりうる事故を網羅的・手間をかけずに予測できるかどうか検証することを目的とする。

4.1.2 実験条件

実験環境は我々が日常的に利用している研究室内に構築した。被験者は 20 代の大学生 10 名である。研究室はテーブルで 3 分割されており (図 5)、分割された研究室の名称をそれぞれ研究室 1、研究室 2、研究室 3 とする。研究室 1、研究室 2、研究室 3 には QR コードが貼られたオブジェクトが 10 個ずつ配置されている (表 1)。被験者は研究室 1、研究室 2、研究室 3 にあるオブジェクトから事故を予測する。被験者が事故を予測する際、実験者が事故を分類しやすくするために、下記の発言フォーマットを設けた。

〇〇せいで△△可能性があり××恐れがある

被験者は〇〇にオブジェクトの名称と事故が起きる原因、△△には事故の内容、××には事故の結果どのような被害を受けるかをそれぞれあてはめて発言する。具体例を下記

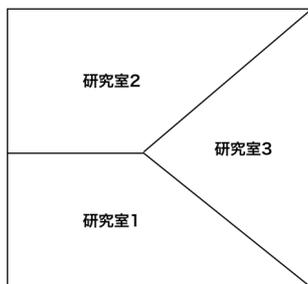


図 5 実験環境

Fig. 5 Experimental environment.

表 1 オブジェクトの名称一覧

Table 1 List of object names.

研究室 1	研究室 2	研究室 3
冷蔵庫	掃除機	ケトル
電子レンジ	エアコン	空気清浄機
コンセント	延長コード	電源タップ
ジグソー	はんだごて	蛍光灯
のこぎり	グルーガン	ハサミ
スポンジ	脚立	カッター
蛇口	プロジェクター	本棚
ドア	鍵	植木鉢
傘	ソファ	スリッパ
マグネット	コップ	オフィスチェア

に示す。

「ドライヤーをつけたまま畳の上に放置した」せいで
「火災が引き起こされる」可能性があり
「火傷や一酸化炭素中毒になる」恐れがある

4.1.3 評価対象

提案手法を評価するために、比較対象として、ベースライン手法、提案手法 1、提案手法 2 の計 3 手法を用意する。ベースライン手法は、被験者が自身のスマートフォンで Web 検索し、事故を予測する手法である。その際、提案手法 1、提案手法 2 と対等な条件で比較を行うために、被験者は検索クエリに必ずオブジェクトの一般名称を入れるという制約を設けた。提案手法 1 は、分析部で収集する事故を予測させる手がかりを、3.4 節の Step1 で Web 検索した結果から得られるタイトル文にする手法である (図 6)。提案手法 2 は、3 章で述べた手法である (図 4)。

4.1.4 評価方法

評価は、各手法においてユーザが事故を予測する際の網羅性と手間によって行う。その際、被験者が予測した事故の数を算出する際、実現性の低い事故内容は除外した。具体的には、研究室で起こりうる事故として適切でないものを著者らで協議し、被験者が予測した事故の数として含めないこととした。具体例を下記に示す。

運転中に自動車の鍵が劣化していたせいで
鍵が折れてしまう可能性があり
車を操作できずに衝突事故の恐れがある

網羅性を評価する指標として、被験者が予測した事故の数と多様さを用いる。被験者が予測した事故の数に加えて、多様さを評価する理由は、仮に予測した事故の数が多かったとしても、その内容が同種のものであった場合、事故を未然に防ぐことができないと考えるためである。たとえば、ドラム洗濯機から水漏れに関連する事故を数種類予測できたとしても、子供が閉じ込められて窒息することが予測できない場合は、事故を未然に防ぐ手立てを考えるこ



図 6 提案手法 1 の出力時のユーザインタフェース

Fig. 6 User interface of proposed method1 (output).

表 2 事故の内容一覧

Table 2 List of accident names.

火災事故	ガス漏れ	転落・転倒	腐敗・変質
燃料・液漏れなど	機能故障	異物の混入	ガス爆発
使用性の欠落	中毒事故	破裂	製品破損
化学物質による危険	点火・燃焼	漏電の障害	交通事故
発煙・発火・過熱	誤飲	部品脱落	その他

表 3 実験アンケートの質問項目

Table 3 Questionnaire items.

質問項目	回答方法
Q1. システムの操作は手間に感じましたか？	5段階リッカート尺度
Q2. 何か思ったことがあればご自由にお書き下さい	自由記述

とは難しい。そのため、単に事故の数だけでなく、事故の多様性を考慮する必要がある。

事故の多様性を評価する方法として、事故情報データベース [23] の検索項目にある“事故内容”を利用する (表 2)。事故情報データベースは、生命・身体に係る消費生活上の事故情報を関係機関から一元的に集約して提供するシステムである。実験者は実験終了後、被験者が予測した事故を表 2 の“事故内容”のどれにあてはまるか分類する。手法ごとに分類された“事故内容”の数によって事故の内容が多様であるか評価を行う。

手間を評価するために、被験者は手間に関するアンケートに回答し、その結果を評価指標として用いる。実験アンケートの質問項目を表 3 に示す。

4.1.5 実験手順

実験は下記に示す Step1~Step8 の手順で行う。

Step1:

実験者は、被験者に「この研究室で将来起こりうる事故を予想してください」と想定シーンについて説明する。

Step2:

被験者は、3枚の場所が書かれた裏向きのカード (研究室1・研究室2・研究室3) の中からランダムに1枚選び、場所を選択する。被験者にランダムにカードを選択させた理由は、順序効果を相殺するためである。

Step3:

被験者は、3枚の手法が書かれた裏向きのカード (ベースライン手法・提案手法1・提案手法2) の中からランダムに1枚選び手法を選択する。被験者にランダムにカードを選択させた理由は、同様に順序効果を相殺するためである。

Step4:

実験者は、被験者が選んだ場所にある、10個のオブジェクトの名称を1つずつ被験者に説明する。

Step5:

被験者は、Step3で選んだ手法を用いて、発言フォーマットに沿う形式で発言できるようになるまで練習する。被験

表 4 各手法におけるオブジェクト数の平均値, 分散

Table 4 The average and variance number of objects in each method.

	ベースライン手法	提案手法1	提案手法2
平均値	5.1	6.1	6.4
分散	1.89	1.89	3.24

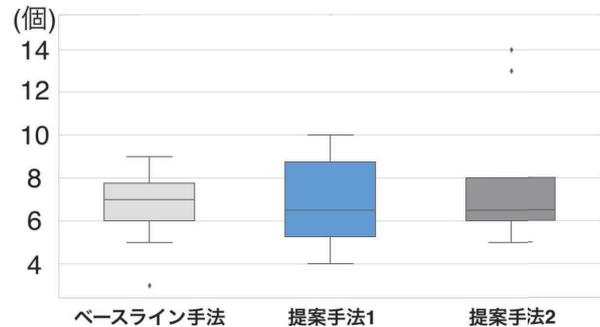


図 7 事故の数の結果 (N = 10)

Fig. 7 Result of accident number (N = 10).

者が最初に事故の予測を行う際、「時間いっぱい考えること」、「1つのオブジェクトに対し、複数の事故を考えることは可能であること」などを注意点として説明した。

Step6:

被験者は、Step2で選んだ研究室で10分間事故を予測して発言する。実験者は被験者の発言内容をボイスレコーダで記録する。

Step7:

被験者は、アンケートに回答する。

Step8:

実験者は、被験者が選んだ場所・手法のカードを取り除いて、再びStep2から始める。

4.2 実験結果・考察

4.2.1 実験結果

研究室1のオブジェクトの一部の出力結果と、それに対する各手法で予測された事故の個数 (平均値) の結果を表 5 に示す。まず、各手法で被験者が予測した事故の網羅性を対等に比較できるか確認するため、被験者が各手法で事故予測に用いたオブジェクトの数を確認する。各手法におけるオブジェクト数の平均値, 分散は表 4 のとおりである。各手法のオブジェクト数の結果に対し、一元配置反復測定分散分析を用いて検証を行ったところ、有意差は見られなかった。つまり、各手法において被験者が用いたオブジェクト数に統計的な差は確認できず、各手法による事故予測の多様性は対等に比較できると考える。

被験者が予測した事故の数の結果を図 7 に示す*3。この

*3 収集したデータの実態が伝わるように外れ値検出のある箱ひげ図を用いた。なお、ここでの外れ値の意味は、ユーザ (被験者) によって、予測できる事故の数や事故の多様性にばらつきがあることを示しており、異常値を意味しない。

表 5 研究室 1 のオブジェクトに対する予測された事故の個数
Table 5 The number of predicted accidents for objects in Lab1.

研究室 1 のオブジェクト	上位 10 件の出力単語	ベースライン手法 (N = 2)	提案手法 1 (N = 5)	提案手法 2 (N = 3)
冷蔵庫	火災, 発火, 食中毒, 予防, 感染, 結露, ガス, フロンガス, 劣化, 電源	1.5	1.2	1
電子レンジ	火災, 電源, 電気, ほこり, 火花, 電流, 掃除, プレーカー, 湿気, 感電	1	0.6	1
コンセント	火災, 配線, 電気, 感電, 転倒, 漏電, ハブ, 熱, 湿気, ストープ	0	0.8	0.33
蛇口	腐敗, 金属, 錆, 鉄, 食中毒, 水, アレルギー, 掃除, 水漏れ, 交換	0.5	0.6	1
傘	衝突, 目, 失明, 透明, 先, 強打, ビニール, 隙間, 先端, ジャンプ	0.5	0.8	1

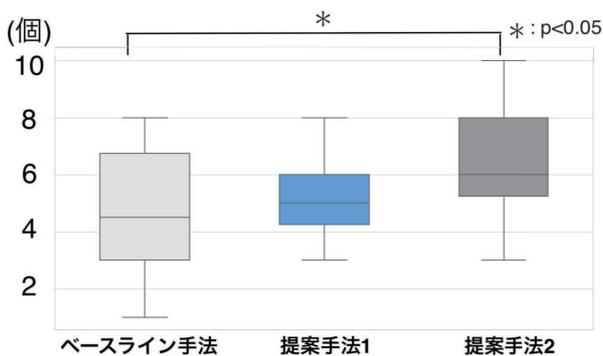


図 8 事故の多様性の結果 (N = 10)

Fig. 8 Result of accident diversity (N = 10).

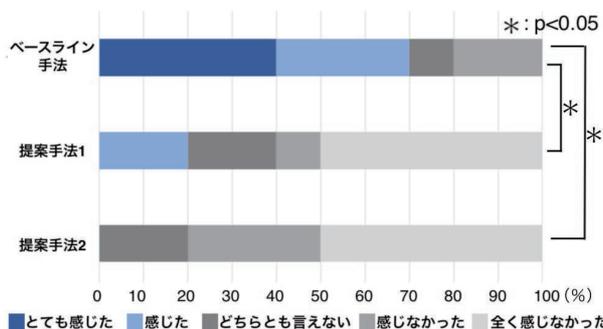


図 9 Q1 の結果 (N = 10)

Fig. 9 Result of Q1 (N = 10).

結果に対し一元配置反復測定分散分析を用いて検証を行ったところ, 手法間に有意差は見られなかった. 被験者が予測した事故の多様性の結果を図 8 に示す. この結果に対し一元配置反復測定分散分析を用いて検証を行ったところ, 5%水準で有意差が見られた. 各手法間の結果に対し, ボンフェローニの多重比較検定を行ったところ, ベースライン手法と提案手法 2 の手法間において, 5%水準で有意差が見られた.

アンケート (表 3) の Q1 の結果を図 9 に示す. Q1 の結果に対しフリードマン検定を行ったところ, 5%水準で有意差が見られた. 各手法間の結果に対して, スティール=

ドゥワスの多重比較検定を行ったところ, ベースライン手法と提案手法 1 の手法間, ベースライン手法と提案手法 2 の手法間において 5%水準で有意差が見られた.

4.2.2 考察

被験者が予測した事故の多様性の結果で, ベースライン手法と提案手法 2 の手法間で有意差が見られた理由を考える. アンケートの Q2 の自由記述に注目すると, 提案手法 2 に対して“文章はすでに意味が定められているのに対し, 単語では意味を制限されていないため, 自由に組み合わせられて良かった”という意見が見られた. この意見から, 提案手法 2 を用いることで, 被験者は出力結果の単語を組み合わせることにより様々な状況を想像できたため, より多様な事故を予測できたのではないかと考えられる.

アンケートの Q1 の結果で, ベースライン手法と提案手法 1 の手法間, ベースライン手法と提案手法 2 の手法間で有意差が見られた理由を考える. アンケートの Q2 の自由記述に注目すると, ベースライン手法に対して“検索クエリを考えるのが面倒だった”や“Web ページには情報が多すぎて, 必要な情報を探すのに手間がかかった”といった意見が見られた. これらの意見から, 被験者はベースライン手法を用いる際, 事故を予測するのに負担がかかっていたと考えられる. これに対し, 提案手法 1, 提案手法 2 を用いる際, 被験者は最初に空間種別を選択するだけでよいので検索クエリを考える必要はない. また, デバイスの画面領域には事故と関連の高い情報のみが表示されるため, 被験者は必要な情報を探すのに手間がかからない. よって, 提案手法 1, 提案手法 2 を用いることで, 被験者は負担なく事故を予測できたのではないかと考えられる.

考察をまとめると, 網羅性に関する評価実験の結果から, ベースライン手法に比べ, 提案手法 2 を用いることで, 被験者はより多様な事故を予測できることが確認された. また, 手間に関する評価実験の結果から, ベースライン手法に比べ, 提案手法 1, 提案手法 2 を用いることで, 被験者は事故を手間をかけずに予測できることが確認された. 以上より, 提案手法 2 は被験者が将来起こりうる事故を網羅

的・手間をかけずに予測するタスクにおいて、最も有効であると考えられる。

5. おわりに

本研究では、生活空間における事故を未然に防ぐためには将来起こりうる事故を網羅的・手間をかけずに予測することが必要と考え、ユーザが生活空間をデバイスを用いて撮影するだけで、Web 上から生活空間に適応した将来起こりうる事故を予測させる手がかりを提示するシステムを提案した。提案システムの有効性を検証するために、網羅性と手間の観点から評価を行った。評価実験の結果、ユーザがスマートフォンで Web 検索する方式に比べ、システムが事故の手がかりを単語群で提示する方式（提案システム）を用いることでユーザはより多様な事故を予測できることが確認された。また、ユーザがスマートフォンで Web 検索する方式に比べ、システムが事故の手がかりを単語群で提示する方式（提案システム）、文章群で提示する方式を用いることで、ユーザは手間をかけずに事故を予測できることが確認された。これらの結果から、提案システムはユーザが将来起こりうる事故を網羅的・手間をかけずに予測することを実現していると考えられる。

最後に今後の展望を述べる。現在の入力部では、ユーザがデバイスのカメラで QR コードを撮影すると、当該 QR コードが貼られたオブジェクトの名称がシステムに入力されるようになっている。今後は、一般物体認識のアプローチを導入する予定である。また、生活空間により適応した、事故を予測するための手がかりをユーザに提示するために、生活空間の種別に加え、生活空間の利用ユーザやオブジェクトの配置場所を選択できるようにする予定である。提案システムの実装は、3.4 節で述べたように収集した Web ページから抽出した単語を同条件で扱っていた。今後は、事故情報データバンクのような事故情報を専門に収集するサイトから抽出する単語は、出力結果の上位に出力されやすくなるなどの工夫も考えられる。また、3.4 節の Step5 では、事故とコサイン類似度を算出し、0.1 未満の単語を取り除いている。今後は、危険や他の単語とのコサイン類似度も算出し、閾値未満の単語を取り除くことで、より高精度の結果が出力されるかどうか検証していく予定である。本稿では提案手法の比較対象として、スマホを用いる手法（ベースライン手法）を採用したが、今後はいっさいシステムを用いずに事故予測した場合の結果との比較も行う必要があると考えられる。本システムの利用シーンは、ユーザが一般家庭において家電などの日常的に使用するオブジェクトに係る事故の原因を意識して予測したい場合である。たとえば、新しいオブジェクトを導入した際に、それによって将来起こりうる事故の原因を予測することを支援できると考える。しかし、本システムでは、ユーザが事前に事故予測を行うオブジェクトを意識し、撮影する必要がある。そ

のため、ユーザが危険と意識しないオブジェクトや 1 度確認したオブジェクトに新たなリスクが発見された場合などには対応できない。今後は、ユーザが意識していないオブジェクトや新たにリスクが発見されたオブジェクトに対しても意識を向けさせるために、複数オブジェクトが存在する生活空間（部屋全体）を撮影することで、事故を予測すべきオブジェクトを意識させ、そののちに提案手法で事故予測を支援するなど、より高度な事故予測支援を検討していきたい。その際には、ユーザが予測した事故内容の正確さや適切性について、ユーザ自身が振り返る機能なども検討する。

参考文献

- [1] 東京消防庁防災部防災安全課：救急搬送データからみる日常生活事故の実態、入手先 (<https://www.tfd.metro.tokyo.lg.jp/lfe/topics/201810/nichijoujiko/data/all.pdf>).
- [2] 立花巧樹, 大西俊輝, 鈴木颯馬, 富永詩音, 呉 健朗, 宮田章裕：生活空間における危険予測支援システムの基礎検討, 情報処理学会グループウェアとネットワークサービスワークショップ 2019 論文集, Vol.2019, pp.99-102 (2019).
- [3] 野間春生, 土川 仁, 桑原教彰, 小暮 潔：E-Nightingale プロジェクト-ヒヤリ・ハット防止を目的とした看護業務のための知識共有システム, 体験の記録・利用とその意義特集号, Vol.50, No.1, pp.17-21 (2006).
- [4] 長尾和彦, 瀬尾敦生, 肥田琢弥, 宇崎裕太：スマートフォンで動作する AIS と連携した小型船舶向け事故防止システムの開発, 日本航海学会論文集, Vol.135, pp.11-18 (2016).
- [5] Huang, W., Alem, L., Nepal, S. and Thilakanathan, D.: Supporting tele-assistance and tele-monitoring in safety-critical environments, *Proc. 25th Australian Computer-Human Interaction Conference*, pp.539-542 (2013).
- [6] Dubinsky, Y., Limonad, L. and Mashkif, N.: Wearable-based Mobile App for Decision Making: The Case of a Safe Workplace, *Proc. 2nd International Workshop on Mobile Development Lifecycle*, pp.19-22 (2014).
- [7] Bernal, G., Colombo, S., Ai Baky, M.A. and Casalegno, F.: Wearable-based Mobile App for Decision Making: The Case of a Safe Workplace, *Proc. 10th International Conference on Pervasive Technologies Related to Assistive Environments*, pp.163-170 (2017).
- [8] Borba, E.Z., Cabral, M., Montes, A., Belloc, O. and Zuffo, M.: Immersive and interactive procedure training simulator for high risk power line maintenance, *ACM SIGGRAPH 2016 VR Village*, Article No.7 (2016).
- [9] 渡部直人：バーチャルリアリティ技術による可視化訓練システムの現場適用に関する検討, 電力中央研究所報告, 研究報告, N/電力中央研究所地球工学研究所編, Vol.05056, pp.1-23 (2006).
- [10] 広兼道幸, 伴場 翔, 大幡勝利, 田邊準一：AR 技術を用いた現場における安全管理情報の共有化システムの構築, 土木学会論文集 F6, Vol.69, No.2, pp.165-170 (2013).
- [11] 服部 哲, 後藤昌人, 安田孝美, 横井茂樹：地図サービスと CMS の連携による安全情報共有システム, 情報処理学会研究報告, Vol.2007-GN-063, No.32, pp.37-42 (2007).
- [12] 渡部 勇：発散的思考支援システム Keyword Associator, 計測自動制御学会合同シンポジウム論文集, pp.411-418 (1991).
- [13] Wang, H.-C., Cosley, D. and Fussell, S.R.: Idea Ex-

pander: Supporting Group Brainstorming with Conversationally Triggered Visual Thinking Stimuli, *Proc. 2010 ACM Conference on Computer Supported Cooperative Work*, pp.103-106 (2010).

- [14] 森 康真, 國藤 進: 情報フィルタリング機能をもつ発散的思考支援環境の試作, 情報処理学会研究報告, Vol.1993-GN-005, No.12, pp.133-140 (1994).
- [15] 伊藤淳子, 東 孝行, 宗森 純: 単語共起度の低い単語を提示する発想支援システムの提案と適用, 情報処理学会論文誌, Vol.56, No.6, pp.1528-1540 (2015).
- [16] 渡邊恵太, 安村通晃: ユビキタス環境における眺めるインタフェースの提案と実現, 情報処理学会論文誌, Vol.49, No.6, pp.1984-1992 (2008).
- [17] 松原嘉那子, 吉野 孝: 実世界のモノと関連づけたアイデアの共有による発想支援システム“ものびこん”の開発と評価, 情報処理学会シンポジウム論文集, マルチメディア, 分散, 協調とモバイル, Vol.2013, pp.599-607 (2013).
- [18] Zhou, B., Lapedriza, A., Khosla, A., Oliva, A. and Torralba, A.: Places: A 10 Million Image Database for Scene Recognition, *IEEE Trans. Pattern Analysis and Machine Intelligence*, Vol.40, No.6, pp.1452-1464 (2017).
- [19] Hechun, W. and Xiaohong, Z.: Survey of Deep Learning Based Object Detection, *Proc. 2nd International Conference on Big Data Technologies*, pp.149-153 (2019).
- [20] Redmon, J. and Farhadi, A.: YOLOv3: An Incremental Improvement, ArXiv, abs/1804.02767 (2018).
- [21] Kudo, T., Yamamoto, K. and Matsumoto, Y.: Applying Conditional Random Fields to Japanese Morphological Analysis, *Proc. 2004 Conference on Empirical Methods in Natural Language Processing*, pp.230-237 (2004).
- [22] Mikolov, T., Chen, K., Corrado, G. and Dean, J.: Efficient estimation of word representations in vector space, *Proc. International Conference on Learning Representations* (2013).
- [23] 消費者庁・独立行政法人国民生活センター: 事故情報データベースシステム, 入手先 (http://www.jikojoho.go.jp/ai_national).



立花 巧樹 (学生会員)

2020年日本大学文理学部情報科学科卒業。同年奈良先端科学技術大学院大学先端技術研究科博士前期課程に進学。ヒューマンコンピュータインタラクションの研究に従事。



呉 健朗 (正会員)

2020年日本大学大学院総合基礎科学研究科博士前期課程修了。ヒューマンコンピュータインタラクションの研究に従事。2017年VR学会サイバースペース研究賞, 2018年情報処理学会GN研究賞, 山下記念研究賞。



富永 詩音 (学生会員)

2019年日本大学文理学部情報科学科卒業。同年日本大学大学院総合基礎科学研究科博士前期課程に進学, 現在に至る。2018年情報処理学会DI-COMO2018最優秀プレゼンテーション賞。ヒューマンコンピュータインタラクションの研究に従事。



大西 俊輝 (学生会員)

2020年日本大学文理学部情報科学科卒業。同年日本大学大学院総合基礎科学研究科博士前期課程に進学, 現在に至る。ヒューマンコンピュータインタラクションの研究に従事。



鈴木 颯馬 (学生会員)

2020年日本大学文理学部情報科学科卒業。同年明治大学大学院先端数理科学研究科先端メディアサイエンス専攻博士前期課程に進学。ヒューマンコンピュータインタラクションの研究に従事。



諏訪 博彦 (正会員)

2006年電気通信大学大学院情報システム学研究科博士後期課程修了。博士(学術)。2019年4月より奈良先端科学技術大学院大学特任准教授および理化学研究所研究員。



宮田 章裕 (正会員)

2005年日本電信電話株式会社入社。2008年慶應義塾大学大学院博士課程修了。2016年より日本大学文理学部情報科学科准教授。インタラクション, 実世界指向インタフェース, バリアフリーの研究に従事。情報処理学会2017年度・2018年度論文賞。ACM, HI学会, 日本DB学会各会員。博士(工学)。本会シニア会員。