

画像認識技術を応用した HMD 型注意喚起システムの開発

内野 大輔^{*1}, 関根 務^{*2}

Development of HMD-type attention attracting system using image recognition technology

Daisuke UCHINO^{*1}, Tsutomu SEKINE^{*2}

ABSTRACT : This study describes a development of attention attracting system using a head mounted display (HMD), and the potential is indicated based on essential experiments. In these days, augmented reality (AR) and virtual reality (VR) technologies are applied to a variety of fields, such as education, industry, medical science, and so on. Moreover, image recognition technology has been widely used with the rapid development of machine learning. However, the practical knowledge has been scarcely accumulated so far. In this study, we could reveal the high potential of attention attracting system during workpiece setting on a machining center.

Keywords : mixed reality, image recognition, HMD, safety check, error management

(Received , 2019)

1. 緒 言

職場において、重大な事故には至らなかったものの、「ヒヤリ」としたり、「ハッ」としたりする状況に遭遇する割合は必ずしも低いものではなく、これらの危険が認知される事象はヒヤリ・ハットと総称されている。ハイリッヒの法則によれば、大事故が1件発生する背景には、29件の軽微な事故が存在し、また、それらの軽微な事故の発生する背景には、300件ものヒヤリ・ハットが存在するという経験則が成り立つことから、これらの数的バランスは労働災害における指標の1つとなっている。そこで、ヒヤリ・ハットの事象を収集・分析して、再発防止策を講じることで、大事故を未然に防ごうとする取り組みが多く職場で進められている。

近年では、安全教育にデジタル技術を活用することで、様々な分野で事故の発生率を低減しようとする試みも報告されている。特に、AR(拡張現実感)やVR(仮想現実感)技術は、最近の情報通信技術の発展とともに、開発環境等の周辺技術が高性能化し、応用範囲を益々拡大している²⁾⁻⁴⁾。例えば、AR技術の応用として、体感型のマ

ニユアルを作成することで、その教育効果と作業効率の向上を図っている研究⁵⁾、現在位置のハザードマップの情報をドライビングシミュレータの視覚情報に重畳し、予想される被害や近くの避難場所を容易に判断することのできるシステムの開発⁶⁾、工作機械を利用する際に発生しうる危険作業や事故の防止を目的とした研究⁷⁾、産業オートメーション技術を担う人材育成のためのエラーマネジメントシステムの提案⁸⁾等が試みられている。

また、VA技術を応用した例としては、船舶機関士の安全教育のためのウォークスルーシステムの開発⁹⁾、自転車運転シミュレータを用いた高齢自転車乗員の交通事故誘発リスクの検討¹⁰⁾、複雑な作業から構成される放射線計測業務を対象としたVR訓練システムに関する研究¹¹⁾、安全教育VRコンテンツにおけるクロスモーダル刺激の呈示方法に関する検討¹²⁾等があり、いずれの研究においても、応用技術の利用に関して有意な効果が認められることを報告している。

一方で、最近ではPC機能を有するヘッドマウントディスプレイ(以下、HMDと呼ぶ)型デバイスが続々と登場し、アプリケーション開発等の目的で利用できる環境も整ってきている¹³⁾。それに加えて、機械学習技術の急速な発展¹⁴⁾を追い風にして、画像認識技術も飛躍的に進歩し、応用技術として様々な分野への適用が試みられてい

*1 : システムデザイン学科学生

*2 : システムデザイン学科准教授(tsekine@st.seikei.ac.jp)

る¹⁵⁾。こうした新しい技術を安全教育や重大事故の防止を目的として活用できれば、これまで以上の成果が期待できるだけでなく、次世代社会に貢献できる知見を得ることが期待できる。

そこで本研究では、画像認識技術を応用したHMD型注意喚起システムを開発するとともに、そのシステムを生産現場に適用した実験によって、作業時の安全確認への有用性を評価することを試みた。

2. HMD型注意喚起システムの開発

本研究では、画像認識技術を用いて、作業者に危険を知らせることのできるHMD型注意喚起システムを開発した。このシステムでは、HMD型デバイスとしてMicrosoft社製のHoloLensを用いた。HoloLensの外観を図1に示す。また、危険と判断されうる場面を判別する機械学習のモデル作成には、任意の画像をタグを設定して分類可能であるMicrosoft Azure Custom Vision Service（以下、Custom Visionと呼ぶ）を用いた。さらに、危険を知らせるアプリケーションの開発には、統合開発環境を携えたマルチプラットフォーム対応ゲームエンジンのUnityを利用した。ここでは、システム開発の中で、学習モデルとアプリケーションの作成について説明する。

2.1 画像を判別する学習モデルの作成

本研究では、危険と判断されうる場面を判別するための学習モデルの作成にCustom Visionを用いた。ここで、Custom Visionは任意の画像进行分类することのできる機械学習アルゴリズムである。このアルゴリズムの大きな特徴の1つは、タグを自由に設定し、画像の特徴とともにアルゴリズムに学習させることができる点である。これにより、利用者のニーズに合わせた独自の画像分類器を作成できる。またCustom Visionはクラウドコンピューティングシステムであり、web APIを用いてクラウド上で分類器の学習及び分類器を用いた分析を実施することが可能である。学習させたアルゴリズムは再度、画像データを用いてトレーニングすることで、アルゴリズム自身の精度と再現率を検証できる。

学習モデル作成の手順としては、まずCustom Visionに新規プロジェクトを作り、危険と判断されうる場面の画像100枚を学習用として読み込ませ適切なタグ付けを行う。タグ付けした画像の例を図2に示す。Custom Visionでは学習させたモデルを複数用意できるため、最新のモデルをDefaultに設定しておく。Defaultに設定することでweb APIで使用するモデルとして設定される。次に、web

APIで使用するためにPrediction URLとPrediction Keyを取得した。これらの情報は事項で述べるUnityを用いたアプリケーション開発のC#のScript内に記述することになる。

2.2 Unityを用いたアプリケーションの作成

本研究では、HoloLensで利用できる危険を知らせるアプリケーションをUnityの開発環境を用いて作成した。HoloLensでアプリケーションを立ち上げた際の各オブジェクトの初期配置は、Unityで新規プロジェクト作成後にHoloToolkit-Unity-v1を立ち上げて、必要なファイルをインポートすることで定めた。また、開発したアプリケー



図1 Microsoft HoloLens

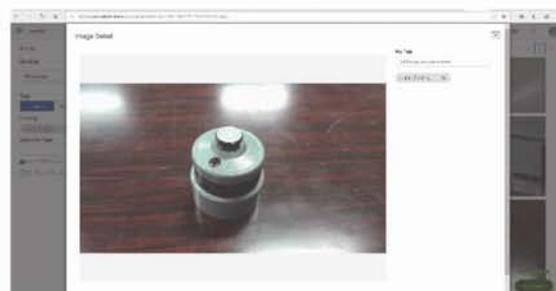


図2 タグ付け画像の一例

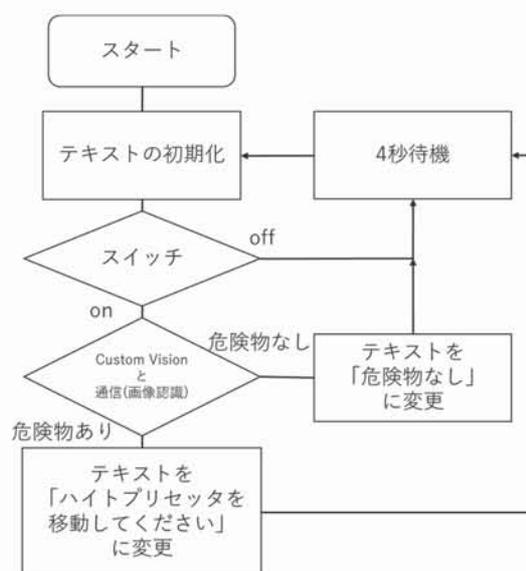


図3 開発したアプリケーションのフローチャート

ションをHoloLensで利用するために、UWP (Universal Windows Platform) 形式でプロジェクトをビルドした。さらに、Unity上で各オブジェクトを配置し、HoloLensで実行した際の入力操作に対応する各機能を適宜設定した。その後、C#のScript内の適切な位置にPrediction URLとPrediction Keyを追加し、slnファイルを利用して実行ファイルを作成した。その実行ファイルをHoloLens上で起動することでアプリケーションを利用できる状態にした。開発したアプリケーションのフローチャートを図3に示す。なお、実験で用いたスイッチにはLogicool K375s マルチデバイスを開発したシステムと連動させて利用し、Custom Visionとの通信はJson形式を用いて行った。

3. 確認実験

開発したシステムの有用性を確認するための実験を行った。実験では、図4に示すOKK社製MCV-410 マシニングセンタへの段取り作業を想定して、図5に示すハイトプリセッタを用いた工作物座標系の工作機械への設定作業時の安全確認において、危険を知らせることのできるシステムを開発し、そのシステムの有用性について調べた。被験者は、マシニングセンタの利用経験がない19～24歳の大学生10名を対象とした。被験者のデータを表1に示す。



図4 MCV-410 マシニングセンタの外観



図5 ハイトプリセッタ

表1 被験者のデータ

No.	実験順序	年齢	性別
1	無有	19	男
2	有無	23	男
3	無有	24	男
4	有無	20	女
5	有無	21	男
6	無有	23	男
7	有無	21	女
8	無有	20	男
9	有無	22	男
10	無有	22	男

3. 1 実験手順

まず始めに、被験者には実験用に準備したマシニングセンタの操作手順書を通読するように指示した。その後、手順書に沿って実験説明者がハイトプリセッタを用いた段取り操作の実演を行い、被験者に操作手順を理解させた。次に、被験者には手順書を見ながらマシニングセンタを2回操作するように指示した。1回はHoloLensを装着して開発したシステムを起動した状態で実施してもらい、もう1回は何も装着せずに行ってもらった。このとき、操作を繰り返すことで学習による結果への影響が出ないように被験者を2グループに分けた上で実験を実施した。一方のグループには1回目にHoloLensを装着せずに操作を行わせ、2回目にHoloLensを装着して操作するように指示した。他方のグループでは1回目にHoloLensを装着して操作を行わせ、2回目にHoloLensを装着せずに操作するように指示した。

3. 2 評価方法

実験後に被験者に対して、被験者の個人特性、システムの有用性及びシステム利用時の印象に関するアンケートにそれぞれ回答してもらうことで評価した。アンケート項目を表2、表3及び図6に示す。表2と表3は「とてもそう思う」から「ほとんどそう思わない」までの4段階で回答してもらう。図6の印象に関するアンケート項目はHoloLensを装着した実験と装着しなかった実験の2回について5段階項目の中で最も当てはまるものを回答してもらった。

表2 被験者に関するアンケート項目

Q1	キーボードタイピングは得意だと思いますか？
Q2	料理は得意だと思いますか？
Q3	商品を買ったとき取扱説明書を読みますか？
Q4	ARを使ったことがありますか？

表3 実験に関するアンケート項目

Q5	実験操作は複雑だと思いましたか？
Q6	手順書を用いて機械を操作したとき安全に対する注意力は落ちたと思いますか？
Q7	HoloLensは安全確認に役立つと思いましたか？
Q8	HoloLensの注意喚起は適切だと思いましたか？
Q9	また、使用したいと思いましたか？
Q10	HoloLensが邪魔だと感じましたか？

悪い	1	2	3	4	5	良い
古い	1	2	3	4	5	新しい
楽しくない	1	2	3	4	5	楽しい
不便	1	2	3	4	5	便利
不親切	1	2	3	4	5	親切
おそい	1	2	3	4	5	はやい
危険	1	2	3	4	5	安全
見にくい	1	2	3	4	5	見やすい

図6 システムに対する印象に関するアンケート項目

4. 結果と考察

本実験から得られた結果をまとめ、それらについての考察した。以下では、特に有意な傾向が現れた項目について取り上げる。

Q7の回答をまとめたものを図7に示す。Q7については「とてもそう思う」と「少しそう思う」の合計が100%となった。したがって、実験に用いたHoloLensのアプリケーションは安全確認に役立つことが確認できた。同様に、Q8の回答をまとめたものを図8に示す。Q8についても「とてもそう思う」と「少しそう思う」の合計が100%となった。これらの結果から、開発したHoloLens用アプリケーションの視覚情報による注意喚起は、被験者に対して適切に動作していたといえる。

次に、HoloLensを装着してマシニングセンタを操作したときとHoloLensを装着しなかったときでは操作に対する印象がどのように変わったかを比較した。それぞれのアンケート項目の平均値をレーダーチャートとしてまとめたものを図9に示す。図9からHoloLensを装着しているほうが全体的に良い印象だとわかる。注目する項目は

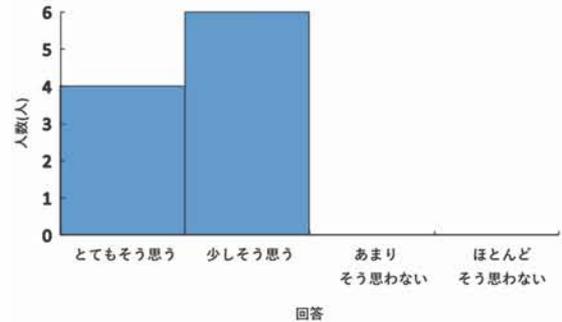


図7 Q7の回答結果まとめ

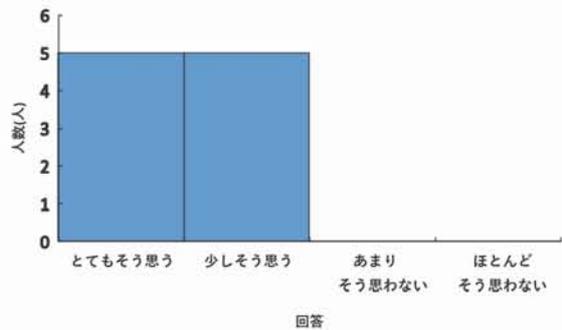


図8 Q8の回答結果まとめ

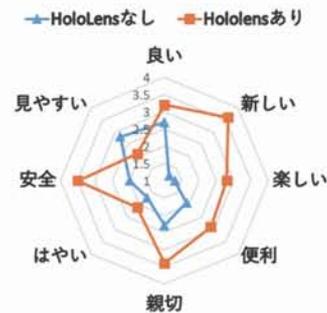


図9 システム利用の有無による印象の比較

「安全」に関する印象である。HoloLens装着時のほうが安全という印象の評価は高かった。これは、開発したシステムによって被験者に対する適切な注意喚起が行われていたことに起因していると考えられる。さらに、この結果は画像認識により、危険と判断される場面が首尾よく分類できていたことも示唆している。そのため、被験者に対して安心感を与え、心理的な不安が低減していたのではないかと推察される。

次に、「見やすさ」に関する印象については、HoloLens装着時の方が評価が低くなった。これはHoloLens装着時には、透過型ディスプレイ越しにマシニングセンタを視認するために視界が暗くなり、視認性の低下を招く。そのため、HoloLensを装着しないときのほうが評価が高くなったと考えられる。

これらのことから、開発したシステムを用いることで、

ハイトプリセッタを用いた工作物座標系の工作機械への設定作業時に、作業者の見落とししている危険に気付きを与え、重大事故の発生を抑止できる可能性が高いことがわかった。しかし、如何に優れたシステムを開発しても、人間の安全への意識が低下し、システムに依存しきってしまう状況下では、潜在的な事故発生率は高くなることに今後も注意していく必要がある。

5. 結果と考察

本研究では、ハイトプリセッタを用いた工作物座標系の工作機械への設定作業時に、画像認識技術を用いて危険と判断されうる場面を判別するために、Microsoft社のHMD型デバイスであるHoloLensを用いて注意喚起を行うシステムを開発した。また、手順書をもとに工作機械を操作している被験者に対して開発したシステムの確認実験を行った。

その結果、「HoloLensは安全確認に役立つと思いませんか?」と、「HoloLensの注意喚起は適切だと思いませんか?」という問いに対して「とてもそう思う」と「少しそう思う」と答えた割合がいずれも100%となった。また、システム利用の有無による安全に対する印象評価は、全体的にシステム利用時の方が高評価が得られた。

これらのことから、開発したシステムを用いることで、作業者の見落とししている危険に気付きを与え、重大事故の発生を抑止できる可能性が高いことがわかった。

6. 謝辞

本研究の一部は成蹊大学理工学部特別研究費による助成を受けて遂行されたことをここに記して、深甚なる謝意を表す。

参考文献

- 1) 北川 徹三, 「1 : 29 : 300 の法則」, 安全工学, Vol.18 (1979), No.4, pp.185.
- 2) T. Hoshi, A. Hiyama and M. Inami: Industrial Applications of VR, AR, and MR Technologies, Journal of JSPE, Vol.83, No. 6 (2017), pp.485. (in Japanese)
- 3) J. Orlosky, K. Kiyokawa and H. Takemura: Virtual and Augmented Reality on the 5G Highway, Journal of Information Processing, Vol.25 (2017), pp.133.
- 4) L. Chen, T.W. Day, W. Tang and N.W. John: Recent Developments and Future Challenges in Medical Mixed Reality, Proceedings of 16th IEEE International Symposium on Mixed and Augmented Reality (2017).
- 5) Y. Uchida, S. Fujishita and M. Furuichi: A Proposal of Intangible AR Manual for Improvement of Training Effect and Working Efficiency, Bulletin of JSSE, Vol.63, No.6 (2017), pp.27. (in Japanese)
- 6) 榊想 太郎, 丸山 喜久, 「ドライビングシミュレータ実験による津波避難のためのハザードマップ利用の有効性の検討」, 日本地震工学会論文集, Vol.16 (2016), pp.274.
- 7) K. Mitsuhashi: Suggestion and Verification of the Booting System for Necessary Safety Check using Augmented Reality Technology, Journal of Polytechnic Science, Vol.34 (2018), pp.79. (in Japanese)
- 8) 石井 庸介, 大石 憲児, 櫻井 康樹, 「拡張現実技術の産業オートメーションへの応用」, 横河技報, Vol.56 (2013), pp.65.
- 9) K. Mukose, S. Ichikawa and K. Kumagawa: Engine Room Walkthrough System for Safety Educations of Marine Engineers, Journal of JSEE, Vol.63 (2015), pp.59. (in Japanese)
- 10) 半田 修士, モハンマド ズルファデウリ, 松井 靖浩, 及川 昌子, 水戸 部一孝, 「自転車運転シミュレータを用いた高齢自転車乗員の横断行動の計測と交通事故誘発リスクの検討」, 日本交通科学学会, Vol.16 (2016), pp.19.
- 11) 渡部 直人, 永村 慎吾, 齋藤 泰範, 林 雄太, 村山 淳, 原田 哲也, 「実用的な VR 訓練システムの習熟評価に関する一考察」, 日本バーチャルリアリティ学会論文誌, Vol.15 (2010), pp.45.
- 12) 盛川 浩志, 河合 隆史, 宗形 昌幸, 田邊 亨, 齋藤 史彦, 野中 睦, 「安全教育 VR コンテンツにおけるクロスモーダル刺激の呈示方法に関する検討」, 日本バーチャルリアリティ学会論文誌, Vol.11 (2006), pp.479.
- 13) E. Oyama, S. Nakamura and H. Okada: From Projection Engineering to Projection Science, The 31st Annual Conference of the Japanese Society for Artificial Intelligence (2017). (in Japanese)
- 14) W.G. Hatcher and W. Yu: A Survey of Deep Learning: Platforms, Applications and Emerging Research Trends, IEEE Access, Vol.6 (2018), pp.24411.
- 15) 馬場 基文, 小野 真史, 片山 茂樹, 佐々木 久幸, 森 達矢, 「情報機器での画像認識技術の活用」, 日本画像学会誌, Vol.55 (2016), pp.330.