

曖昧な危険警告による 化学実験の安全技能向上支援に関する研究

宗官祥史[†] 稲川暢浩[‡] 西條洸介[‡] 品川徳秀[‡] 江木啓訓^{†‡} 藤波香織[‡]

[†] 東京農工大学 工学部 情報工学科 [‡] 東京農工大学 工学府 情報工学専攻

^{†‡} 東京農工大学 総合情報メディアセンター

1. はじめに

近年、快適性や効率性を重視した空間のスマート化が多くなされており、化学実験のような特殊作業においては分子構造を学習するためのタンジブルな学習システム[1]などが提案されている。その一方で、特殊作業に従事する非熟練者の安全技能の向上を目的とした空間の活用は国内外見渡しても十分な普及に至っていない。

本研究では非熟練者による化学実験を通じて安全確保に関わる技能を向上し、さらに座学では得られないような学習効果を促進するようなシステムの設計原理を明らかにする。

2. 安全技能向上のためのコンセプト

2.1 安全教育と支援システム

本研究では安全教育のためのシステムを提案するが、そのシステムが目指すのは作業者をシステムから独立させ、システム無しでも安全に作業できるようになることである。作業者がシステムに依存してしまうようであれば、それは作業者の独立という本質的な安全教育には繋がらないと考えている。

2.2 提示情報の曖昧さ制御

そこで、我々は警告提示に曖昧さを持たせることを提案する。曖昧さを用いることは、直面した状況に複数の解釈を与えると同時に、作業者に思考の機会を与え、関連する事項への認識を増加させると考えられている[2]。Sengers らによれば交通標識において、指し示す対象や意味を曖昧にした、従来の標識とは異なるものを用いたところ、標識を認識した者の安全に貢献したという[3]。以下に、提案する 3 種の曖昧さを述べ、図 1 に提示例を示す。

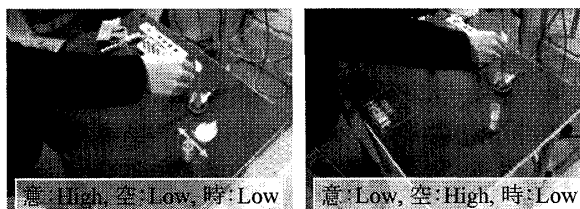


図 1 3 種の曖昧さ設定と提示例

- 意味的曖昧さ
提示コンテンツに曖昧さを付加する。ここでは、曖昧であるものを画像情報、曖昧ではないものを文字情報と定める。前者は曖昧性から即座に意味を理解できない場合があり、後者は正確に意味を伝える。
- 空間的曖昧さ
提示場所に曖昧さを付加する。最も曖昧でない提示例は対象となる物体上に情報を提示することであり、この着想は外国語の獲得学習にも利用されている[4]。一方で、固定域に提示すると対象を即座に特定することができないために、作業者が状況理解に努めることが期待される。
- 時間的曖昧さ
提示タイミングに曖昧さを付加する。物体の動作に関連させて、危険が生じる直前に情報を提示することを時間的に曖昧でないとし、提示を事前にする事で時間に曖昧性を持たせる。

3. 実験

3.1 手順

2.2 節の 3 種の曖昧さと作業者の危険回避および学習の関連性を明らかにする実験として、実際の化学実験を模した表 1 のような 2 度の実験を行った。情報提示はプロジェクタによって卓上に投影され、場所やタイミングは Wizard-of-Oz 法により実験者が制御した。これは、センシングや画像解析による情報提示の精度は完全ではなく、曖昧さの効果の検証にシステムそのものが有する曖昧さが介入する危険性を排除するためである。また、実験 B は実験 A の内容を詳細に覚えていることを避けるために、実験 A の後、3 日以上の間隔が空けられた。

被験者は、表 2 のように 3 人ずつ 8 組に分類された、化学を専門としない理系大学生および大

A Study on Alerting with Ambiguity toward On-site Safety Training for Chemistry Experiments

Akifumi SOKAN[†] Nobuhiro INAGAWA[‡] Kosuke NISHIJO[‡]

Norihide SHINAGAWA[‡] Hironori EGI^{†‡} Kaori FUJINAMI[‡]

[†] Department of Computer and Information Sciences, Tokyo University of Agriculture and Technology

[‡] Department of Computer and Information Sciences, Tokyo University of Agriculture and Technology

^{†‡} Information Media Center, Tokyo University of Agriculture and Technology

表 1 各々の実験工程

工程	実験 A	実験 B
1	食塩水の加熱	砂糖水の加熱
2	硫酸とアルミニウム の反応	硫酸とマグネシウム の反応
3	実験台の片付け	実験台の片付け

表 2 3種の曖昧さ (High/Low) によるグループ

グループ	1	2	3	4	5	6	7	8
意味的曖昧さ	H	H	H	H	L	L	L	L
空間的曖昧さ	H	H	L	L	H	H	L	L
時間的曖昧さ	H	L	H	L	H	L	H	L

学院生 24 人 (男性 22 人, 女性 2 人) である. また, 投影された提示数は, 実験 A, B ともに危険に関する提示 3 個, ダミー提示 7 個の全 10 個であり, 後者は実験環境のような普段直視しない状況が, 曖昧さの活用と関係無く提示を記憶させる可能性があるという懸念から用意した. 実験 B 終了後, 実験 A に基づく情報提示の予見度合いに関するアンケートへの回答に加え, インタビューにより主観的意見を述べてもらった.

3.2 結果と考察

アンケート結果より, 実験 B で危険に直面したとき実験 A の経験を想起し, 投影されるであろう危険提示を予見できた件数を図 2 に示す. 図 2 のグラフは, 3 種の曖昧さが意味:High, 空間:Low, 時間:Low に設定されたとき最も危険の学習に有効であることを示している. これは, 直感的で意識への刺激が強い画像情報が, いつ・どこで危険が生じ, 情報が提示されたかを明らかにする空間的曖昧さ, 時間的曖昧さの設定と影響し合い, 相乗的に作業者に与える刺激を強くしたことに起因していると推測される.

また, 危険のレベル, 危険の性質, 作業者の性格といった, 3 種の曖昧さに影響を与え学習をより効果的にすると考えられる要素の存在がインタビュー結果より示唆された.

4. プロトタイプシステム

3 節で Wizard-of-Oz 法を用いて制御した曖昧な情報提示をシステム化した. 構成要素を図 3 に示す. 入力では, ARToolkit を用いたマーカー認識によりマーカーの ID とカメラ座標を取得し, ロジック部分では, マーカー認識によりシーンを遷移させるルール (シーン遷移ルール) と, 提示のコンテンツや座標をシーン毎に記述する. 意味的曖昧さはコンテンツ画像の切替え, 空間的曖昧さはマーカー座標をリアルタイムでスクリーン座標に変換し, マーカーの移動に提示を追尾させることで実現する. 時間的曖昧さは, 事前のシーンで提示を行うことにより実現する.

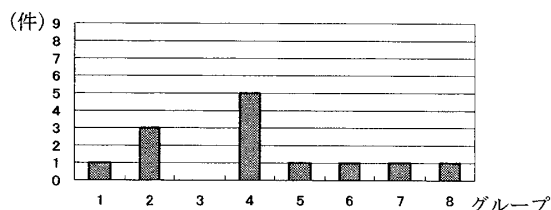


図 2 予見された危険提示数

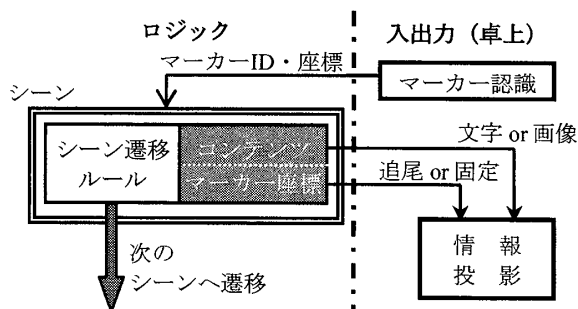


図 3 システムの構成要素

動作結果として, システムの挙動は「いつ, どこで, なにを」提示されたか容易に理解できる精度であった. しかし, 本システムは現状では手順が存在する実験にしか適用できないという制約がある.

5. まとめと展望

本稿では, 化学実験を通じて作業者の安全技能向上と独立を促進する情報提示として, 曖昧さの効果を検討し, プロトタイプシステムを実装した. 今後は, 本検討により確認した曖昧さに影響を与える要素の制御を加えて追加実験を行い, さらに発展した安全技能向上支援の理論体系構築を進めると同時に, 現状では制約のあったプロトタイプシステムの改良も進める.

謝辞 化学実験における危険事例について助言をいただいた東京農工大学工学部化学システム工学科ウレド レンゴロ氏に感謝いたします. 本研究は, 科研費:基盤研究(C):21500117 の助成を受けたものである.

参考文献

- [1] M. Fjeld, et al. Chemistry Education: A Tangible Interaction Approach. In Proc. INTERACT2003, pp. 287-294, 2003.
- [2] W. Gaver, et al. The History Tablecloth: Illuminating Domestic Activity. In Proc. DIS '06, pp. 199-208, 2006.
- [3] P. Sengers, et al. Staying open to interpretation: engaging multiple meanings in design and evaluation. In Proc. DIS'06, pp. 99-108, 2006.
- [4] S. S.Intille, et al. Ubiquitous Computing in the Living Room: Concept Sketches and an Implementation of a Persistent User Interface. In Proc. UbiComp'03, pp. 265-266, 2003.