

化学実験安全教育システムにおける メッセージ内容及び提示方法の検討

伊藤香織[†] 田口宏明[‡] 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

1. はじめに

化学実験では、徹底した安全指導が必要であるが、人件費や時間的制約から教育の現場での実践は難しい。我々は拡張現実感の概念を用いた化学実験支援システム A³ (A-CUBE)を開発してきた^[1]。A³は実環境で化学実験の安全を支援し、最終的には学習者がシステムから独立して安全に実験作業が行えるようになることを目標とする。宗官らは、A³の警告メッセージに1つの状況に対して複数の解釈を持たせる「多義性」を活用することで、学習効果が得られることを確認した^[1]。しかし、多義性の高低を判断するためには多くの負担がかかる。さらに、実験ごとに多義性の高低を判断する必要があることがわかった。これは、同じメッセージでも多義性の度合いが実験手順ごとに異なることを示しており、1つの実験で定義した多義性を他の実験に流用することは難しい。そこで本研究では、実験内容に限定されることのない汎用的なメッセージ内容及び提示方法の提案を行う。

2. 対象操作の選定

実験事故事例集^[2]を元に事故分類を行った。これは、多くの事故に共通して見られる実験操作を抽出することで、安全支援を効率的に行えると考えたためである。A³が対象とする大学1, 2年生の実験中の事故80件を発生原因に基づき分類したところ、ガラス器具の取扱い、ゴム管とガラス管の接続、薬品の移し替え、薬品の加熱、るつぼの取り扱いにおける事故が全体の93%を占めていることが分かった。本研究では、これら5つの操作を対象とした情報提示を行うこととした。

3. メッセージ設計

学習者の安全な操作を支援するための、操作ごとの提示メッセージを設計する。A³の目標とするユーザの将来的な独立も考慮し、以下の2点を提案する。

3.1 質問の利用

ユーザの将来的な独立には、自発的な危険察知能力を高める必要がある。教育の現場において、生徒に質問を投げかけることで自発的な思考力を育成する取り

組みがなされている^[3]。そこで、本研究でも先述の5つの操作で多く見られる事故原因を基に質問を作成し、ユーザに問いかけることで、危険察知能力の向上を目指す。該当する操作の直前に質問を提示し、ユーザに思考時間を与えた後に解答を提示する方法を質問形式とし、質問を提示せず注意点のみを提示する従来の方法を解答提示形式とする。この両者を比較することで、質問形式の安全支援に対する有効性を検証する。

3.2 失敗例の提示

事故の96%は過去の事故と同じ理由で発生しているという現状から、過去の事故に学ぶ失敗学が注目を集めている^[4]。事故調査でも複数の事故に共通する原因が散見された。例えば加熱時、熱した器具に接触し、やけどするという事例がある。熱いものに触れることの危険性は誰もが認知しているにもかかわらず多くの事故が発生している。そこで本研究では過去の事故に共通する原因の操作を「失敗例」と名付け、失敗例を提示することで安全意識に見られる影響を調査する。

4. 評価実験

4.1 実験概要

3節で述べたメッセージの安全学習効果を調査するために、質問形式と解答提示形式を比較する評価実験を行った。本実験の手順を図1に示す。被験者に指定した操作手順にしたがって2節で選定した5操作を含む3種類の実験を行ってもらい、あらかじめ作成した1操作5つほどの操作評価項目を用いて安全度のチェックを行った。操作評価項目は加熱時、試験管の口を人の方向に向けていないかなど、安全な実験動作の基準であり、教材や事故調査を元に化学系教員の監修を受けて作成した。次に①で実施した3種類の実験の正しい操作動画を見せた。動画には質問形式と解答提示形式で図2のように情報を組み込んだ。質問形式には5秒、10秒、30秒と3種類の思考時間を設定し、その間被験者には提示される質問に対する回答を発言してもらう。1週間後に①と同様の操作④を行い、再度操作評価項目によって評価をした。①から④にかけて操作が改善された項目数を操作改善項目数とし、学習効果の評価指標とした。被験者は非化学系の大学生及び大学院生32名を4グループに分け、表1に示すように1グループあたり3種類の動画を見せることで学習効果を測った。なお動画の学習効果を正確に測るため

Effective Message Presentation for Safety Training System in Chemistry Experiments

Kaori Ito[†] Hiroaki Taguchi[‡] Kaori Fujinami[‡]

^{†,‡} Department of Computer and Information Sciences, Tokyo University of Agriculture and Technology

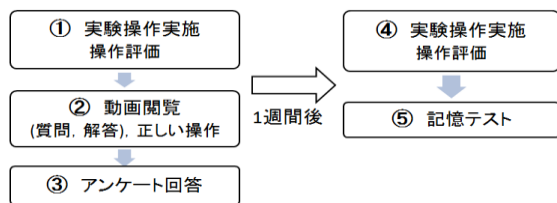


図1 実験手順



図2 情報提示例(左:質問 中央:答え 右:失敗例)

表1 被験者グループと動画の種類

	A	B	C	D
実験1	5秒	10秒	30秒	none
実験2	10秒	30秒	none	5秒
実験3	30秒	none	5秒	10秒

に、日常的に化学実験を行っている化学系の学生は被験者から除外した。

4.2 実験結果と考察

操作改善項目数及び最も理解し易かった動画を尋ねた結果を図3に示す。noneは解答提示形式、5秒、10秒、30秒は質問形式の思考時間を表す。

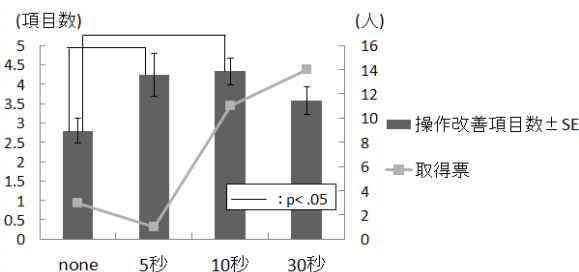


図3 操作改善項目数と動画の理解し易さ

操作改善項目数について一元配置分散分析を行ったところ、有意差が確認された($F(3,73)=2.96614, p < .05$).そしてDunnett法を用いた多重検定の結果、noneと5秒及び10秒において有意差が認められた($p < .05$)ことから、5秒及び10秒の場合に操作改善に効果が見られたと考える。また被験者に行ったアンケートでは思考時間が10秒と30秒の動画が多く票を集めた。以上から、質問形式で適度な思考時間を与えた場合に解答提示形式に比べて安全学習効果があると分かった。これは質問を提示することで被験者自身が危険について考えるため安全意識が高まることに起因すると考えられる。操作評価の向上とアンケートの両方で思考時間が10秒の動画が肯定的な結果を出している。それに対して思考時間が5秒の動画は操作改善の効果が見られるにもかかわらず被験者からは否定的な回答を得た。その理由として、5秒の思考時間は極端に短く、

考える前に答えが出てしまい不満という意見が得られた。また思考時間が30秒の場合には操作評価の改善項目数が少ないにもかかわらず、被験者の評価は高い。被験者からは思考時間が十分に与えられるため納得した答えが出せたのが良かったという意見が得られた。しかし中には思考時間が極端に長く、途中で考えることをやめてしまったと答えた被験者も見られた。以上から個人に合わせた思考時間が重要ではあるが、極端に長すぎず短すぎない適度な思考時間を与えることで安全学習に効果が得られることが確認された。さらに図4に失敗例提示が安全意識等に与える影響について5段階で評価を得たものを示す。これにより、安全学習において失敗例提示が肯定的な印象を与えたことが分かる。

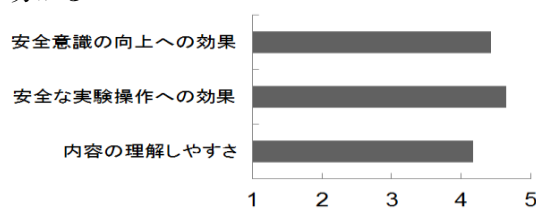


図4 失敗例提示についてのアンケート結果

5. おわりに

本稿では化学実験における安全学習を支援する汎用的なメッセージ内容として質問形式と失敗例提示を提案し、その有効性について調査した。メッセージ内容及び提示方法に関する評価実験の結果、質問形式が解答提示形式に比べて危険な実験操作を改善することに適していることが示唆された。思考時間は5秒と10秒の場合に安全学習効果が確認されたことから質問を提示してからユーザが解答を考えることができ、かつ極端に長すぎない思考時間を与えることで学習効果を得られることが判明した。よってA³で実際に適用できる程度の思考時間で高い学習効果が検証できた。また提示情報に失敗例を加えることによる安全意識の向上が示唆された。

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ッド・レンゴロ氏に感謝する。本研究はJSPS 科研費基盤研究(C): 24500142の助成を受けたものである。

参考文献

[1] 宗官,他: 化学実験の安全学習支援のための警告メッセージにおける多義性尺度設計の基礎検討,HI学会研報, Vol.12, No.10,pp.5-12, 2010.
 [2] 白井: 化学系実験中の事故事例集と安全指針の作成,鳥取大学工学部技報第3集,p.15,2003.
 [3] 武田: 自ら考える授業への変革,学陽書房,2001.
 [4] 中尾: 歴史にまなぶ失敗学,(財)素形材センターWeb素形材,Vol.48,No.8,pp. 34-38,2007.