

化学実験中における危険回避と安全学習の両立に向けた 情報提示タイミングの基礎検討

内藤理佐[†] 宗官祥史[‡] 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

化学実験のような特殊作業において、指導者が実験室全体に監督の目を行き届かせることで安全教育を徹底することは難しい。そこで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]を提案している^[1]。A³は実環境で化学実験の安全学習を支援し、最終的には学習者がシステムから独立して安全に化学実験が行えるようになることを目標とする。提示情報には、一つの状況に対して複数の解釈を持たせることを意味する「多義性」の概念を活用する。多義性を付加することで、学習者自身が状況や予見される危険について能動的に考えることが期待される^[2]。多義性は意味、空間、時間の3種の領域において適用し、具体的には警告メッセージ内容、提示空間、提示タイミングにそれぞれ付加する。本研究では時間的多義性に焦点をあて、危険回避と安全学習に活かすための情報提示タイミングの設計原理について言及する。意味と空間の領域の設計原理に関しては[3]を参照されたい。

2. 実験

2つの情報提示タイミング T1 と T2 について、解釈数および学習効果との関係性を調査するための実験を行った。T1 は化学実験開始から終了まで絶えず情報を提示し、T2 は注意事項が含まれる最小の手順の間情報を提示する。例えば化学実験中に加熱するという手順があった場合、マッチに火をつけてからマッチの火を消すまでといった、加熱するために最低限必要な操作をする間情報提示を行うのが T2 である。提示する情報は、化学実験中における危険の通知と化学実験を失敗しないための警告メッセージである。

2.1 情報提示タイミングと解釈数

2.1.1 実験概要

危険予知訓練^[4]の KYT シートを参考に作成した動画を被験者に提示し、動画と提示された情報に対する回答数や回答開始時間、回答内容の傾向を調査した。動画には中学校で定番とされる化学実験^[5]を2種類

(A, B) 用意し、それぞれ異なるタイミング (T1, T2) で情報を提示した。被験者は理工系の大学生および大学院生 18 名で、動画と提示された情報に関する危険事項や注意事項について自由に回答した。各提示タイミングで9名の回答が得られたが、そのうち有効回答は各7名であった。無効回答と判断した理由は、動画中の提示や各提示タイミングが異なることに気付いていなかったからである。また、回答には反芻解答や明らかに状況に即していない例外的回答がみられたため、我々が開発した被験者が意図した解釈を回答から推定する手法^[6]に則して実効的な解釈数を算出した。

2.1.2 実験結果と考察

被験者の解釈数は、化学実験 A, B の提示タイミングに対する解釈数の平均、被験者の回答内容から分析した。化学実験と提示タイミングの組み合わせにおける解釈数の平均値を図1に示す。分散分析から各化学実験間 ($F(1,16)=0.362$, $p=.556$) も各提示タイミング間 ($F(1,16)=0.119$, $p=.736$) も有意差は認められなかった。回答開始時間については、T1 が平均 34.8 秒 (分散 616.9), T2 が平均 8.10 秒 (分散 12.68) となった。分散分析から各化学実験間 ($F(1,16)=0.132$, $p=.722$) は有意差が認められなかったが、各提示タイミング間 ($F(1,16)=12.131$, $p<.01$) は有意差が認められた。化学実験種別を区別せずに t 検定を行ったところ、提示タイミングの違いによる回答開始時間にも有意差が認められた ($t(8)=3.19$, $p<.05$)。

T2 よりも T1 の解釈数が多くなった理由として、T1 は提示の意図の特定が困難だったからであると考えられる。実験後のインタビューでも、T1 は注意すべきことが分かりづらい、という意見を多くの被験者から得た。T1 の回答開始時間が長くなった理由も同様に提示の意図の特定しにくさに起因すると考えられる。このことから、T1 は提示の意図を特定することが困難なため、提示があっても回答しないまたは意図を特定しようと思つた結果、発話に時間を要し多様な解釈を得ることができたと考えられる。一方で、T2 は提示の意図が比較的容易に特定しやすいため、情報が提示されると被験者は時間をかけることなく同様な解釈を得ることができたと考えられる。

A Preliminary Study on the Timing of Information Presentation for Risk Avoidance and Safety Training in Chemistry Experiments

Risa Naito[†] Akifumi Sokan[‡] Kaori Fujinami[‡]

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

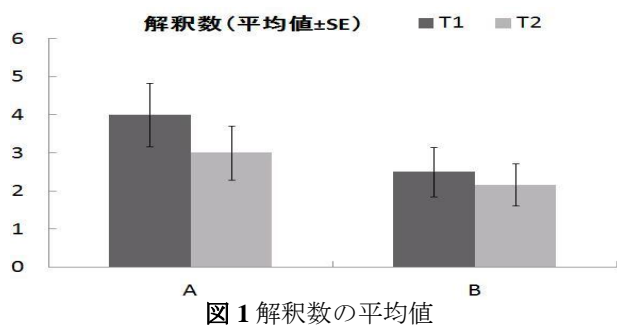


図1 解釈数の平均値

2.2 情報提示タイミングと学習効果

2.2.1 実験概要

被験者に筆記テスト3回と動画による学習を行ってもらい、筆記テストの回答内容の傾向を調査した。実験は事前テスト、学習、事後テスト1、事後テスト2の順で、事前テストから事後テスト1までを一度に行い、そこから1週間後に事後テスト2を行った。筆記テストは2種類の化学実験についてそれぞれ注意すべきことを思いつく限り記述してもらう内容であり、意味と空間の領域に対するもの^[3]と同様である。事前テストは学習前の化学実験に対する知識を、事後テスト1は学習効果を、事後テスト2は学習の持続性をそれぞれ調査するために行った。学習で用いた動画は化学実験に警告と正答の2つの情報を提示する内容で、実際に教科書で指摘されているものを正答とみなした。また、化学実験を行う際には事前に手順を知っている必要があるため、動画を見る前に化学実験の内容と手順の確認を行った。被験者は理工系の大学生および大学院生24名で、動画には2種類の化学実験を用い、3種の多義性の高低を組み合わせた8パターンのうち2パターンの情報提示を被験者に見せた。よって、1パターンにつき6人の回答を得たことになる。

2.2.2 実験結果と考察

事後テスト1と2の正答数の平均値を図2に示す。図2の横軸は提示タイミング、空間的多義性、意味的多義性を組み合わせた情報の提示パターンを示す。つまり、T1-HLはT1の提示タイミングで空間的多義性が多義、意味的多義性が少義の提示を示す。分散分析から事後テスト1の化学実験間においては有意差が認められた ($F(1,32)=10.3$, $p<.01$) が、事後テスト1の各提示パターン ($F(7,32)=1.73$, $p=.139$)、事後テスト2の化学実験間 ($F(1,32)=0.781$, $p=.384$) および各提示パターン ($F(7,32)=0.523$, $p=.811$) では有意差は認められなかった。

事後テスト1において化学実験間の差に有意傾向が認められた理由は、化学実験特有の注意事項しかない実験(A)と、火の取り扱いのような化学実験以外に

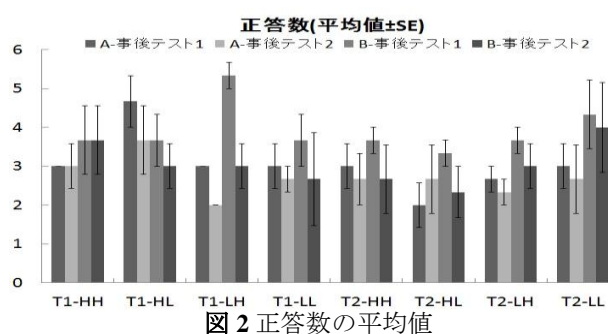


図2 正答数の平均値

も適用できる注意事項がある実験(B)を扱ったためであると考えられる。これは化学実験で起りうる危険の性質が「限定的危険」と「普遍的危険」に大別されること^[6]に関係すると考えている。事後テスト1と2の結果から、正答数はT1で学習した方が減少する傾向にあった。空間的多義性はT1だとL、T2だとHでそれぞれ正答数が減少する傾向にあり、意味的多義性は提示タイミングとの関連がなかった。T1の正答数がT2よりも減少傾向にあったことから、注意事項と情報提示の時間的な関連性が強い方が学習効果として記憶力に影響を与える効果も高くなると考えられる。

3. おわりに

危険回避と安全学習に活かす情報提示タイミングの設計原理を明らかにするために、解釈数および学習効果との関係性についてそれぞれ調査した。その結果、危険回避に重きをおく場合にはT2で提示し、学習に重きをおく場合には空間的多義性の度合いを考慮する必要があるが、T1で提示することで学習者が提示の意図を特定しようとするため、T1の提示による繰り返し学習によって記憶に残る効果的な支援が期待される。

謝辞 本研究は、科学研究費補助金(基盤研究(C):21500117)の助成を受けたものである。

参考文献

- [1] Sokan, A., et al. : Alerting Accidents with Ambiguity: A Tangible Tabletop Application for Safe and Independent Chemistry Experiments. In Proc. UIC'10, pp.151-166. 2010.
- [2] Sengers, P. and Gaver, B.; Staying open to interpretation: engaging multiple meanings in design and evaluation. In Proc. DIS'06, pp.99-108, 2006.
- [3] 宗官, 他; 情報提示の多義性に着目した化学実験の安全学習支援—警告メッセージの内容と提示場所の効果比較—, インタラクシオン 2012 (インタラクティブ発表), 2012.
- [4] 中央労働災害防止協会; 危険予知訓練 KYT, <http://www.jisha.or.jp/zerosai/kyt/index.html>, (参照 2012-1-13)
- [5] 日本化学会 化学教育協議会; 定番化学実験, <http://edu.chemistry.or.jp/teibanjikken/jhigh/index.html>, (参照 2012-1-13)
- [6] 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, 第68回ヒューマンインタフェース学会研究会 (SIG-DE-03), pp.5-12, 2010.