

クオリティ レポート QUALITY REPORT

安全性解析を主眼としたエラーモード抽出 手法にもとづくデジタルカメラ使用時のト ラブル予測[†]

伊藤 誠*/岩田隼人*/立川貴之*

Listing Potential Troubles when Using Digital Cameras with Methods for
Predicting Usage Errors

*Makoto ITOH/*Hayato IWATA/*Takayuki TACHIKAWA

1. はじめに

製品使用時のトラブルは、安全を損ないうるという意味ではもちろん、製品に対する安心感・信頼感の妨げとなりうる意味でも未然防止が重要である。いかなるトラブルが起こりうるかをあらかじめ把握しておくことは、未然防止の対策を効果的に講じる上で重要である。

最近、市場型製品を対象として、製品の構造や使用方法を十分には理解していない使用者が犯しうる不適切な使用の形態を網羅的に抽出する手法が開発されている。「動作のガイドワードを用いる方法」^[1]や、「製品属性・使用者・使用状況の関わりに基づく方法」^[2]は、その代表的な例である。これらは主として製品安全のためのエラーモードの抽出に使われることを前提としているが、怪我や破壊を伴わないトラブル解析にも適用可能であると考えられ、広く普及していくことが期待される。

トラブル解析の手法には、誰にでも容易に利用でき

るものであることが要請される。ヒューマンエラーに関する予備知識なしにでも十分な結果を得られることが望ましい。文献 [1],[2] などでは、手法提案者自身による評価は行われているものの、ヒューマンエラー解析を専門としない開発・設計者が解析を行うことによる評価は十分に行われているとはいえない。

また、これまでの手法の評価においては、比較的単純な機構・機能の製品・システムを解析対象とすることが多かった。これに対し情報技術に立脚した複雑な機構を有する製品・システムが増えつつあり、実際の製品の状態と利用者が想定している状態とが食い違うなどの新しいタイプのトラブルも発生している。システムの複雑さゆえに生じうる問題をいかに把握できるかが課題である。

本稿では、複雑な機構を有する製品を対象に、ヒューマンエラーに起因するトラブルの抽出をヒューマンエラー解析を専門としない開発・設計者が行うことに対して、従来のエラーモード抽出手法の適用可能性を検討する。

具体的には、文献 [1],[2] をもちいてデジタルカメラ使用時に生じうるトラブルの予測を試み、解析上どのような問題が生じるか、推測の困難な事例にはどのような特徴があるかを調べる。

2. 方法

本研究は、筑波大学大学院システム情報工学研究科

*平成 18 年 6 月 15 日 受付

平成 18 年 9 月 13 日 改訂

平成 18 年 9 月 27 日 採択 (論文誌編集委員会)

*筑波大学大学院 システム情報工学研究科

連絡先: 〒305-8573 茨城県つくば市天王台 1-1-1(勤務先)

E-mail: itoh@risk.tsukuba.ac.jp

リスク工学専攻の「リスク工学特別演習」におけるグループ研究として行われた。文献 [3] に紹介されている手法のうち、動作のガイドワードを用いる方法 [1]、製品属性・使用者・使用状況の関わりに基づく方法 [2] を用いた解析を、著者のうち 2 名で分担した。なお、2 名の解析者はそれぞれクラスタリング、画像検索を専門に研究する学生であり、いずれもヒューマンエラー解析に関する教育を受けた経験はない。

グループ研究は、2003 年の 5-9 月の 5 カ月間にわたり行われた。週に 1 回 (75 分) のミーティングにおいて取り組むべき課題を具体化し、持ち帰って作業を行い、その結果を次回のミーティングで議論した。ただし、1 カ月目は文献 [3] の輪講による手法の習得、2 カ月目は解析対象の選定と計画の立案、5 カ月目はレポートの取りまとめならびに発表会でのプレゼンテーションの準備に費やしたことから、トラブル予測とその評価に要した正味の期間は約 2 カ月である。

なお、本稿においては利用者にとって好ましくない結果をもたらさうる行為をヒューマンエラーとみなすものとする。

3. 動作のガイドワードを用いる方法によるトラブル予測

鈴木ら [1] の方法は、動作を表す語に「不十分に」などのガイドワードを付与することによってエラーモードを抽出するものである。今回は、本手法の手順におけるエラーモードの抽出までを行った。

手順 1. 要素作業の列举：デジタルカメラ使用時の要素作業として挙げたものを表・1 に示す。

手順 2. エラーモード案の作成：文献 [1] でまとめられた動作のガイドワードと、手順 1 で挙げた要素作業を組み合わせ、エラーモード案を作成した。

手順 3 と 4. エラーモードの選定と整理：手順 2 で列举したエラーモード案のうち、意味のある影響をもたらすもののみ取り出した (表・2 参照)。

以上の手順に基づき、68 のエラーモードを挙げる事ができた。

4. 製品属性・使用者・使用状況のかかわりに基づく方法によるトラブル予測

佐井・中條 [2] の方法では、事故が危険な製品の属

表・1 デジタルカメラ使用時の要素作業

作業目的	要素作業
移動	持ち上げる
	運ぶ
操作	周囲の安全確認
	レンズカバーをはずす
	電源を入れる
	撮影モードを設定する
	シャッターを押す
	電源を切る
接続	ケーブルを接続する
メンテナンス	充電をする
	電池・メディアを交換する

表・2 ガイドワードによるエラーモード (一部)

要素作業	エラーモード	影響
電源を入れる	力強く入れる	スイッチの破損
	急いで入れる	スイッチの破損
	ずっと入れたままにする	電池の浪費・過熱による出火
	不十分に入れる	電源の入れ忘れ
	違う手順で入れる	電源の入れ忘れ
	繰り返し入れる	電池の浪費・メディアの破損
	多く入れる	電池の浪費・メディアの破損

性と人および行動とのかかわりによって生じると考え、「事故発生にかかわる製品属性モード表」「事故発生にかかわる使用者・使用状況モード表」から、事故につながる製品属性、使用者およびその使用状況を列挙し、それらを二次元で整理した「エラーモード表」に基づきエラーを抽出する。

本研究で扱うトラブルは必ずしも安全性を損ねるとは限らないことから、文献 [2] の各表をそのままは適用できない。そこで製品属性モード表、使用者・使用状況モード表、エラーモード表を別途作成し、以下の手順で解析を進めた。

手順 1'. 解析対象製品の、誤使用発生に関する製品属性モード表を作成する。

手順 2'. 解析対象製品の、誤使用発生に関する使用者・使用状況モード表を作成する。

手順 3'. 製品属性表を縦軸に使用者・使用状況モード表を横軸にとった表を作成し、各セルに製品属性と使用者・使用状況から連想されるエラーを書き込む。

この手法は、次の 2 点において文献 [2] の手法と異なる。

- ・各種モード表を解析対象製品のみの属性や、使用者・使用状況から作成すること

・過去の事故事例からエラーを予測するのではなく、抽出した属性、使用者・使用状況から想定すること
ただし、結果系に着目して製品の属性、使用者・使用状況に基づいてエラーモードを抽出する点では、文献[2]の特色は失っていないものとする。

上記の手順1'~3'によって得られた製品属性モード表、使用者・使用状況モード表、エラーモード表（一部）をそれぞれ表・3、表・4、表・5に示す。表・5を得るプロセスは概略次のようである。たとえば、表・3から「レンズに写った映像を記録する機能」を選び、表・4から「製品に慣れていない状況で使用する」を選んだ場合、使用方法がわからない状態で映像記録を行うというエラー、具体的には「(カバーをはずさずにシャッターを押したので)撮影したつもりができていない」という事例が得られる。

5. アンケートによるトラブルデータ収集

3, 4節で抽出したエラーモードを評価するために、デジタルカメラ使用時のトラブルデータをアンケート調査により収集した。

アンケートにおいては、可能な限り多様な事例を入手するために自由記述を採用した。ただし、回答者が事例を思い出しやすいように、エラーの発生する場面や例をキーワードとして挙げた設問を複数用意した。

回答者が経験したトラブル事例のすべてを網羅するためには、設問自体を体系的に構成する必要があると考えられる。そこで、本研究ではガイドワードを用いたヒューマンエラーを予測する際のキーワードに基づ

表・3 デジタルカメラ使用時のトラブル発生に関する製品属性モード表

レンズに写った映像を記録する機能
レンズに映った映像を液晶に表示する機能
撮影データの解像度を調整する機能
内蔵記憶メディアあるいはリムーバブルメディアにデータを保存する機能
保存したデータを閲覧する機能
保存したデータを消去する機能
他の機器とデータを通信する機能
光を発生させる機能
日付を表示する機能
電気を流す機能
電気を供給する機能 (電源のON/OFF)
電気を蓄積する機能
コンパクトな構造

表・4 デジタルカメラ使用時のトラブル発生に関する使用者・使用状況モード表

製品を改造する
製品の保守・整備を行う
製品状態が劣化や故障により悪く、対処が必要な状況で使用
特殊な自然状況下で使用を行う
物理的に製品の使用に集中できない状態で一般的な使用を行う
肉体的または精神的疲労で集中力の鈍った状態で一般的な使用を行う
製品の一般的な使用
製品の片づけ・運搬
消耗品を交換または補給する
製品を清掃する
製品に慣れていない状況で使用する
身体的、体力的原因でエラーを起こしやすい使用者による一般的な使用
説明書を読まずに使用
製品状態が悪いことを把握したうえでそれを無視して使用
新しい技術に疎い高齢者による使用
子供による使用
一般的に危険だと思われることを判断できない使用者
説明書の禁止事項の危険性を判断できない使用者
説明書の禁止事項を故意に行ってみようとする使用者

表・5 製品属性と使用者・使用状況の組み合わせによるエラーモード表 (一部)

エラーモード	発生トラブル・誤使用
レンズに写った映像を記録する機能	
未熟な知識で製品を改造する	製品が故障する、意図しない動作をするようになる
未熟な知識で保守・整備を行う	間違った扱いにより製品が故障する
逆光の状態で撮影を行う	きれいに撮影ができない
まわりが暗い状態で撮影を行う	きれいに撮影ができない、フラッシュによって赤目になってしまう
無理な姿勢で撮影を行う	撮影対象からずれる、手ぶれを起こす、間違った操作をしてしまう、製品を落とす・ぶつけるなどして破損する
撮影するために液晶画面を見ながら移動する	人・ものにつかる、躓いて転倒する、カメラを落とす
撮影に集中できない状態で使用する	撮影対象からずれる、手ブレを起こす、誤って他の操作をしてしまう、撮影したつもりができていなかった、製品を落とすなどして破損する
使用方法がわからない状態で使用する	誤って他の操作をしてしまう、操作に手間取る、撮影できない、撮影したつもりができていなかった
乱暴に操作する	製品が破損する
故障・劣化箇所がある状態であえて撮影を行う	撮影に失敗する、撮影したつもりができていなかった、意図した操作ができない
不用意にボタンを押す	意図しない撮影を行ってしまう
レンズに直接太陽などの強い発光体を見る	目がくらむ、失明する

いたアンケート A, 製品属性・人・使用状況の組み合わせを用いてヒューマンエラーを予測する際のキーワードに基づくアンケート B, の2種類を用意した。

図・1, 図・2にアンケートの文面の一部を示す。

アンケートには, 筑波大学学生・大学院生 250 名に回答を依頼した。250 名を, アンケート A への回答を依頼するグループ, アンケート B への回答を依頼するグループにランダムに割り当てた。事例データとして活用できる回答が記載された用紙を, アンケート A, B それぞれ 48 部ずつ, 計 96 部を回収し, 総計 106 件の事例を収集できた。そのうち機器の故障などを除くと, ヒューマンエラーを含む可能性のある事例は総計 100 件であった。

6. 予測されたトラブル事例の網羅性

6.1 動作のガイドワードを用いる方法

動作のガイドワードを用いて列挙したヒューマンエラーが, 第4章で収集したトラブル事例のうち予測できている件数を集計した。その結果, 100 件中, 本手法により列挙されたヒューマンエラーを含む事例は, 28 件と判断できた。

本手法により予測されたヒューマンエラーを含まない 72 件は, 以下の(a)-(e)のように分類できた。なお, 一つの事例が複数の項目に属することもあるため, ここでは各項目の件数は計数していない。

(a) 要素作業を挙げ損ねた事例

例 「カバーをし忘れてレンズに傷がつく」「カメラをかばんから取り出す際に手が滑って落とす」

(b) エラーモードからトラブルを想像できない事例

例 「バッテリーの残量が少なくなるときの撮影したために, 撮影途中で電源がきれてしまい, レンズが出たままになった」

(c) 使用する環境や状況に依存する事例

例 「湿気の多い場所に保管していたらレンズが

1. 周辺のものとのカメラの衝突 (例: 勢い良く持ち上げた, 安全確認を怠った, カメラがあることに気がつかなかった)
2. カメラを落下させる (例: 急いで運ぶ, 不安定な状態で持ち歩く)
3. レンズカバーのトラブル (例: はずし忘れ, 破損, 落下)

図・1 アンケート A (一部)

1. 撮影中に起こったトラブル (例: 逆光で撮影, 撮影に気を取られて転倒など)
2. 撮影したデータを記録, 削除, 閲覧, 転送などしている際に起こったトラブル (例: 誤って必要なデータを削除する, 保存すべきデータを破棄してしまうなど)
3. フラッシュを使用した際に起こったトラブル (例: フラッシュが故障していて使えなかった, 使用時にフラッシュを覗き込んで人体に悪影響を受けたなど)

図・2 アンケート B (一部)

かびた」

(d) 特定の機種・機能に依存するエラー

例 「オートモードでフラッシュが意図したとおりに作動しない」「データを PC に転送する際に, 転送モード (OS によって違う) を間違えて, 転送に失敗した」

(e) その他, 製品使用時の動作とは関連性の低い事例

例 「カメラを人に投げつけて破損する」「分解して戻せなくなる」

ヒューマンエラーを列挙する際に欠落していた要素作業として, 「カメラを取り出す」「レンズカバーをつける」「カメラをしまう」「清掃する」を加えると, 本手法によりカバーできる事例は 58 件にのぼる。

ただし, (c)の事例に見られるように, 本手法は使用する環境や状況に依存する事例を挙げにくいといえるが, この点を改善した手法の開発も進んでいる[4]。

なお, デジタルカメラの設計・開発の専門家が特定の機種に限定して解析する場合は, (b), (d)の事例も十分に列挙できると考えられる。本稿の場合, それぞれ 15 件, 7 件が該当する。

6.2 製品属性・使用者・使用状況のかかわりに基づく方法

本手法により列挙したエラーモードが, 第5章で収集したトラブル事例のうち何件を予測できているかを評価した。その結果, 本手法により予測されたヒューマンエラーを含む事例は 80 件であった。

本手法により予測されたヒューマンエラーを含まない 20 件は, 以下の(a)-(c)のように分類できる。なお, 一つの事例が複数の項目に属することもある。

(a) エラーにつながるデジタルカメラの機能と使用者・使用状況を抽出し損ねた事例

例 「夜間の撮影時に赤目防止に切替え忘れた」

(b) 製品機能とその使用者・使用状況からの具体的な事例の想定に失敗した事例

例 「カメラを太陽に向けてしまい、CCDが焼きついた」

(c) その他、製品属性・使用者・使用状況からは想定しにくい事例

例 「カメラを持ち上げる際、物にぶつけた」「お尻のポケットに入れたまま座ってしまい、踏んだ」

誤使用に関する製品属性として「オートタイマーで撮影する機能」「物に引っかかりやすい構造（ストラップ）」「不安定な持ち方をしやすい構造（ストラップ）」「湿気・水分に弱い構造」「手動あるいは電動で変形する構造」「構成部品数が多く、組み立ての複雑な構造」を加えると、93件をカバーできる。これらの属性は、ヒューマンエラーがどのようにして起こるかの知識を持っていないと、必ずしもその属性からエラーを想像するのが容易でないものである。エラーの抽出成績を上げるためには、過去の事例を十分に活用するなどの工夫が必要である。

本手法の場合、本稿で示したように手法そのものを改変すれば、事故には至らない事例についても抽出できる可能性がある。ただし、その場合、いかなる特性を取り上げるかには解析者に自由度がある。「事故」ではない事例については、各種モード表の基盤となる事例の収集が困難であることも考えられることから、適切にエラー抽出を行えるか否かは解析者の洞察力に委ねられることになる。

6.3 考察

(1) ヒューマンエラーの非専門家による解析の有効性

今回の解析の結果からは、いずれの手法においても十分なエラー抽出ができるためには解析対象の構造・機構についての深い知識が必要であることがわかった。すなわち、対象となる製品・システムの設計や開発を担当する技術者がエラー抽出の解析を行うか、少なくともその技術者がエラー抽出の解析チームに加わる必要がある。製品・システムの開発設計担当の技術者は必ずしもヒューマンエラーやその解析に十分な知識を有することを仮定できないことから、エラー抽出手法はヒューマンエラー解析に関しては非専門家である人でも十分に利用できるものでなければならないことが改めて確認される。

「動作のガイドワードを用いる方法」では解析者が要素作業の設定を的確に行わなければ、予測の網羅性

が低下しやすいことも示された。少なくとも設計時に想定する作業は解析対象として取り上げる必要がある。要素作業の抽象度をいずれのレベル設定するかには自由度があるが、サブリックを基にするのが一つの方法であると考えられている^[1]。しかし、サブリックの概念の理解と適切な利用を解析者に強いることによって解析者の負担が大きくなりすぎるのは必ずしも好ましいとはいえない可能性がある。取扱説明書の本案があれば、そこに現れる作業・動作に基づいて要素作業を列挙する方法も考えられる。

「製品属性・使用者・使用状況のかかわりに基づく方法」でのエラーモード表の構築においては、機械的に作業が可能であるという意味で、ヒューマンエラーの非専門家でも解析作業を行える。しかし、この作業を手で行う場合、表の完成には多大な労力が必要となることが今回の解析でも確認された。解析を円滑に行うためには、表の作成の自動化が必要であるのはもちろんであり、すでにそのための取り組みも行われている^[2]。

ただし、解析能力の向上を目的として、あえて手作業で表の作成を行わなければならないことも考えられる。その場合は同種製品について過去に作成したエラーモード表の適切な再利用が必要になると考えられる。

(2) 製品・システムの複雑さに起因するトラブルの抽出可能性

製品・システムの複雑さは、利用者の利便性を向上させるために、製品・システムがさまざまな状態をとりうるように設計されていることに起因すると考えられる。

「動作のガイドワードに基づく方法」では、「撮影モードを設定する」要素作業において、複雑さに起因するエラーの少なくとも一部が抽出できている。

また、「製品属性・使用者・使用状況のかかわりに基づく方法」では、製品の有する機能を製品属性表に含めることによって、複雑さに起因するエラーの少なくとも一部を抽出できている。

しかし、いずれの方法についても、製品の複雑さに起因するエラーを体系的に網羅できているはいえないことから、さらなる手法の改善が必要といえる。

7. おわりに

本研究では、主として製品の安全性を損ねるヒューマンエラーを抽出する手法に基づいて、デジタルカメ

ラ使用時のトラブル予測を試みた。その結果、動作のガイドワードを用いる方法の場合、手法提案者以外による解析では、要素作業の抽出に注意が必要であることが示唆された。また、製品属性・使用者・使用状況のかかわりに基づく方法の場合、どのような特性が誤使用に結び付きやすいかについての知識が重要であることがわかった。

今回は、評価対象となる事例収集の都合上、機種を特定せずデジタルカメラ一般を対象としてエラー抽出を試みたが、実用の際には特定の機種を対象にすることから、今回の結果よりも高い精度でエラー予測が可能であると考えられる。

製品が有する情報処理機能や判断能力が向上するにつれ、人と製品との関係が、単に人間が「使用する」のではなく、人間と製品とが「かかわりあう」ものに変わりつつある。そのような人と製品との相互作用におけるトラブルを未然に防止するための体系的な手法の開発が今後の重要な課題といえる。

謝辞 アンケートにご協力いただいた方々に謝意を表す。また、本稿の校閲にあたり有益な助言を賜った査読委員に謝意を表す。

参考文献

- [1] 鈴木・金田・平野 (2002)：“未然防止のための潜在的エラーモード抽出”，「信頼性」，**24**，(7)，653-663.
- [2] 佐井・中條 (2004)：“製品属性と使用者・使用状況の関わりに基づく人的エラーの予測”，「品質」，**34**，(3)，69-79.
- [3] 複合技術領域における人間行動研究会 (2002)：“人間行動に起因する事故・品質トラブルの未然防止のための方法論の体系化”，日本品質管理学会.
- [4] 金田・鈴木 (2003)：“潜在的エラーモードの抽出とその未然防止策に関する考察”，電気通信大学大学院情報システム学研究科シンポジウム 第7回「信頼性とシステム安全学」予稿集，10-13.