

## 製品回収公表時期に関する考察 Consideration about Timing of Callback Announcement

柏木厚人 (ATSUHITO KASHIWAGI)  
佐藤毅 (TAKASHI SATOW)  
河合一 (HAJIME KAWAI)

鳥取大学工学部社会開発システム工学科  
Department of Social Systems Engineering, Faculty of Engineering, Tottori University

### 1. 序論

消費者に安全な製品を供給することは、事業者の基本的な責務である。しかし、現実には周到な製品安全管理や近年の技術進歩にも係わらず、製品に起因する事故等の発生を完全に無くすことは極めて困難である。事業者は事故の発生又は発生を予見させる欠陥等の兆候を発見した段階において、事故の発生や拡大の可能性を最小限にする措置を講ずる必要がある。対策措置の例として、リコールを挙げることができる。自主的に迅速かつ的確なリコールを実施することは、消費者の安全確保、及び事業者の法令遵守経営の観点からみて当然の責務である。この責務を果たさず欠陥や事故の発生を隠匿、さらに虚偽情報の公表は消費者を危険にさらす行為であり、社会的責任の放棄とも考えられる。しかし、事業者は未だリコールに代表される製品回収・修理等措置を躊躇する傾向がある。その理由は、通常多額の費用が必要であり、さらには企業のブランドイメージを損ね信頼を失う恐れがあると考えるからである。独立行政法人国民生活センター発刊「たしかな目 - 特集, 商品のリコール大研究」[1]によると、事業者の危惧に反し、告知して製品回収する企業やブランドに対しイメージを損ねると考える消費者は 13.3% しかいないことが報告されている。つまり事業者は、消費者の安全および信頼を得るためにもリコールに代表される製品回収措置等を積極的に実施すべきである。しかしながら、事業者のうち 36.6% はリコールに関する決まった判断基準があるわけではなく、マニュアルそのものも存在しないと答えている。すなわち、そのような事業者は対策措置等を実施するにも、社告を何回公表すべきか、その規模、および公表時期の判断基準が存在しないため戸惑うこととなる。一般消費者に対する危害及び災害の拡大防止をはかるため、回収等の必要な措置を行うこと及びそれに関する罰則を定めた法令(消費生活用製品安全法)の第八十二条には、「主務大臣は、消費生活用製品の欠陥により一般消費者の生命又は身体について重大な危害が発生し、又は発生する急迫した危険がある場合において、当該危害の拡大を防止するため特に必要があると認めるときは、政令で定める場合を除き、必要な限度において、その製品の製造又は輸入の事業を行う者に対し、その製造又は輸入に係るその製品の回収を図ること。その他その製品による一般消費者の生命又は身体に対する重大な危害の拡大を防止するために必要な応急の措置をとるべきことを命ずることができる。」と定められている。リコールに関するガイドラインとして、文献 [2][3] 等が参考になる。海外におけるリコール制度について紹介する。米国では、家電製品等のリコールについては消費者製品安全委員会 (CPSC) が所管し、事業者が欠陥品の存在を認識した場合、その事実を CPSC に報告することを義務づけている。この報告は、CPSC が作成したリコールハンドブックに基づいて実施される。EU では製品安全に関する要求に基づき、加盟各国において法律を整備、製品の安全確保をはかっている。消費者の健康や安全を脅かす情報を交換するためのシステム (RAPEX) が構築され、他加盟国へ影響を及ぼす恐れがある場合には EC 委員会により加盟国に通知される。英国では、製品

回収は通産省の所管であり、リコール実施のための企業向けガイドを発行、社告記事等について詳細なリストを準備している。韓国は、2001年より改正消費者保護法に基づき、製品不具合情報の通知が義務づけられた。同法には緊急製品回収命令制度があり、迅速な製品回収を目指し、重要な欠陥を発見した場合は5日以内に報告することが義務付けられている。

事業者は不具合を認識した場合、切迫した危害等の恐れがある場合には直ちに情報を公表し、製品の使用中止を求める必要がある。反対に、切迫した危害等の恐れがないならば、円滑な製品回収を実施するため適切な対策措置を講じた後、市場に公表し回収措置等を実施するものと考えられる。対策措置には対策品の製造費用やその在庫費用、社告費用等の経費が必要となり、また事故が発生した場合の賠償費用が生じる可能性がある。事業者は、不具合をもつ製品の早期回収等措置を実現しつつも、これら総費用を削減し効果的な対策措置を講じたいと考える。本稿は、対策措置実施時における最適な社告時期の決定方の規範とすべき評価尺度とし、対策措置に必要な総費用を社告発表時期  $T_1$  を変数とした関数形として導出する。

## 2. モデル概要

製品製造開始時を時刻 0 とする。事業者は、回収もしくは修理実施すべき不具合を時刻  $T_p$  ( $\geq 0$ ) で認識する。認識時刻  $T_p$  以前に製造された製品を対象品と呼び、回収等対策措置を施さなければならない。回収等対策措置とは、不具合を取り除いた製品、部品を用いた交換、取替、修理を意味する。認識時刻  $T_p$  において対象品の製造は直ちに中止され、不具合が除かれた製品（以降、対策品と呼ぶ）の製造を開始する。対策品は、市場に流通した対象品数に達するまで連続して生産されるとする。モデル簡略化のため、製造された対象品はすべて市場に流通すると仮定する。対象品は単位時間当たり  $a_n$  個、対策品は  $a_f$  個の生産速度で製造される。製造される対策品のうち、 $v$  割を回収措置用として割り当てる。対策すべき対象品が事業者のもとに無い場合、製造された対策品は事業者により保管、つまり対策品在庫として残る。対策品在庫に対しては、在庫費用（時間に依存しない）が必要と仮定する。

市場に残存する対象品は、社告の有無に係わらず故障し事業者のもとに持ち込まれる。故障により持ち込まれる対象品は、市場に残存する対象品数に依存し、パラメータ  $\lambda$  により表される。認識時刻  $T_p$  以前に持ち込まれた対象品は、新しい対象品との交換もしくは修理が行なわれるものの、 $T_p$  で認識される不具合は除かれられない。つまり、対象品として市場に残る。認識時刻  $T_p$  以後に持ち込まれる対象品は、社告公表前であってもすべて対策品と交換、もしくは対策を施した修理を実施する。故障とは別に、社告により注意喚起された消費者が事業者のもとに対象品を持ち込む。持ち込まれる対象品数は、社告公表後の経過時間  $t$  を変数とした反応関数  $R(t)$  に従うと仮定する。

事業者は、製品回収等対策措置を社告（新聞、テレビ、ラジオ媒体）により消費者へ公表する。対策措置の消費者への告知は時刻  $T_1$  ( $\geq T_p$ ) にて実施する。対策品在庫が存在する場合、持ち込まれた対象品は直ちに対策品を用いた回収措置がとられる。対策品在庫が存在しない場合、持ち込まれた対象品は事業者のもとで保管され、対策品割り当てが在り次第、修繕措置がとられる。対策品の欠品には、時間に依存した費用がかかるものとする。

不具合に起因した事故等により消費者に損害を与えた場合、事業者はその損害を賠償すると仮定する。モデル簡略化のため、1件あたりの期待損害賠償金額を用いる。損害の生じる割合を  $0 \leq p \leq 1$  と仮定する。また、損害賠償費用は社告の前後により異なるものとし差別化を行なう。社告公表後の損害賠償額に対し、不具合認識後から社告発表前までに生じる損害に対する損害賠償額は一般的に高額になると考えられる。社告公表前後における1件あたりの賠償金額比を係数  $\alpha$  ( $\geq 1$ )（発表前/発表後）と仮定する。また、本モデルの解析対象となる期間長  $G_1$  は、全対象品の回収終了時  $T_e$ 、もしくは当初から予定される計画期間  $T_H$  のいずれか早い時点とする。つまり、 $G_1 = \text{Min}\{T_H, T_e\}$ 。

最後に、事業者が製品回収等措置に係わる費用として次の費用を仮定する。対象品1製品あたりの

修理（交換）費用  $c_1$ 、単位時間あたりの1対策品欠品損害費用  $c_2$ 、対策品に起因する事故への故障賠償費用  $c_3$ 、1対策品あたりの在庫費用  $c_4$ 、1回あたりの社告費用  $c_5$ 。

### 3. モデルの定式化

対策品の製造終了時刻と社告公表時刻の関係により、2つのモデルに分ける。

モデル(A)：対策品準備完了前，社告掲載。つまり，

$$va_f(T_1 - T_p) \leq a_n T_p.$$

モデル(B)：対策品準備完了後，社告掲載。つまり，

$$va_f(T_1 - T_p) \geq a_n T_p.$$

各モデルにおいて、時刻  $x$  から  $y$  時間経過した時点における市場に残存する対象品数  $M_x(y)$ 、および対策品在庫数  $I_x(y)$  を導出し、評価規範とする費用関数を導出する。また、 $R(t)$  を社告実施  $T_1$  から  $t$  時間経過後の市場反応数とし、対策品の製造完了までに必要な時間を  $t_u$  として定義する。

$$t_u = \frac{a_n T_p}{va_f}.$$

#### 3.1. モデル(A)：対策品準備未完了モデル

任意時刻における対象品残存数、および対策品在庫数を導出するため、時間軸を3状態に分割する。

$$\text{状態(A-1)} : T_p \leq t < T_1$$

$$\text{状態(A-2)} : T_1 \leq t < T_p + t_u$$

$$\text{状態(A-3)} : T_p + t_u \leq t < G_1$$

状態(A-1):  $T_p \leq t < T_1$

不具合認識後，状態(A-1)内の任意時刻  $\forall t$  における対策品在庫数は，

$$\frac{\partial I_{T_p}(t)}{\partial t} = va_f - \lambda M_{T_p}(t), \quad I_{T_p}(0) = 0. \quad (1)$$

不具合認識後，状態(A-1)内の任意時刻  $\forall t$  における対象品残存数は，

$$\frac{\partial M_{T_p}(t)}{\partial t} = -\lambda M_{T_p}(t), \quad M_{T_p}(0) = a_n T_p. \quad (2)$$

これより，

$$M_{T_p}(t) = a_n T_p e^{-\lambda t}, \quad (3)$$

$$I_{T_p}(t) = va_f t - a_n T_p (1 - e^{-\lambda t}). \quad (4)$$

状態(A-2):  $T_1 \leq t < T_p + t_u$

社告実施  $T_1$  後，状態(A-2)内の任意時刻  $\forall t$  における対策品在庫数は，

$$\begin{aligned} \frac{\partial I_{T_1}(t)}{\partial t} &= va_f - \lambda M_{T_1}(t) - R(t), \\ I_{T_1}(0) &= I_{T_p}(T_p - T_1) = va_f(T_1 - T_p) - a_n T_p \left\{ 1 - e^{-\lambda(T_1 - T_p)} \right\}. \end{aligned} \quad (5)$$

社告実施  $T_1$  後, 状態 (A-2) 内の任意時刻  $\forall t$  における対象品残存数は,

$$\begin{aligned}\frac{\partial M_{T_1}(t)}{\partial t} &= -\lambda M_{T_1}(t) - R(t), \\ M_{T_1}(0) &= M_{T_p}(T_1 - T_p) = a_n T_p e^{-\lambda(T_1 - T_p)}.\end{aligned}\quad (6)$$

これより,

$$\begin{aligned}M_{T_1}(t) &= \left\{ a_n T_p e^{-\lambda(T_1 - T_p)} - \int_0^t e^{\lambda y} R(y) dy \right\} e^{-\lambda t}, \\ I_{T_1}(t) &= v a_f (T_1 - T_p) - a_n T_p + v a_f t \\ &\quad + \left\{ a_n T_p e^{-\lambda(T_1 - T_p)} - \int_0^t e^{\lambda y} R(y) dy \right\} e^{-\lambda t}.\end{aligned}\quad (7)$$

状態 (A-3):  $T_p + t_u \leq t < T_e$

対策品製造完了  $T_1 + t_u$  後, 状態 (A-3) 内の任意時刻  $\forall t$  における対策品在庫数は,

$$\begin{aligned}\frac{\partial I_{T_p+tu}(t)}{\partial t} &= -\lambda M_{T_p+tu}(t) - R(T_p + tu - T_1 + t), \\ I_{T_p+tu}(0) &= I_{T_1}(T_p + tu - T_1).\end{aligned}\quad (8)$$

対策品製造完了  $T_1 + t_u$  後, 状態 (A-3) 内の任意時刻  $\forall t$  における対象品残存数は,

$$\begin{aligned}\frac{\partial M_{T_p+tu}(t)}{\partial t} &= -\lambda M_{T_p+tu}(t) - R(T_p + tu - T_1 + t), \\ M_{T_p+tu}(0) &= M_{T_1}(T_p + tu - T_1) \\ &= \left\{ a_n T_p e^{-\lambda(T_1 - T_p)} - \int_0^{T_p+tu-T_1} e^{\lambda y} R(y) dy \right\} e^{-\lambda(T_p+tu-T_1)}.\end{aligned}\quad (9)$$

このとき, 製造が完了しているので,

$$\begin{aligned}I_{T_p+tu}(0) &= M_{T_p+tu}(0), \\ I_{T_1}(T_p + tu - T_1) &= M_{T_1}(T_p + tu - T_1).\end{aligned}\quad (10)$$

これより,

$$M_{T_p+tu}(t) = \left\{ I_{T_1}(T_p + tu - T_1) - \int_0^t e^{\lambda y} R(y) (T_p + tu - T_1 + y) dy \right\} e^{-\lambda t}, \quad (11)$$

$$I_{T_p+tu}(t) = \left\{ I_{T_1}(T_p + tu - T_1) - \int_0^t e^{\lambda y} R(y) (T_p + tu - T_1 + y) dy \right\} e^{-\lambda t}. \quad (12)$$

以上より, モデル A における在庫費用, 欠品損害費用, 修理費用, 故障賠償費用それぞれを導出できる.

在庫費用  $A_1(T_1)$

$$\begin{aligned}A_1(T_1) &= c_1 \left\{ \int_w^{T_1 - T_p} I_{T_p}(x) dx + \sum_{j=1}^{nd} \int_{t_{u_j} - T_1}^{t_{d_j} - T_1} I_{T_1}(x) dx \right. \\ &\quad \left. + \int_{t_{u_{nd+1}} - T_1}^{T_p + tu - T_1} I_{T_1}(x) dx + \int_0^{G_1 - (T_p + tu)} I_{T_p+tu}(x) dx \right\}.\end{aligned}\quad (13)$$

欠品損害費用  $A_2(T_1)$

$$A_2(T_1) = -c_2 \left\{ \int_0^w I_{T_p}(x) dx + \sum_{j=1}^{nd} \int_{t_{d_j} - T_1}^{t_{v_{j+1}} - T_1} I_{T_1}(x) dx \right\}.\quad (14)$$

修理費用  $A_3(T_1)$

$$A_3(T_1) = c_3 \{a_n T_p - M_{T_p+tu} [G_1 - (T_p + tu)]\}. \quad (15)$$

故障賠償費用  $A_4(T_1)$

$$A_4(T_1) = c_4 p \left\{ \alpha [a_n T_p - M_{T_p}(T_1 - T_p)] + \left[ M_{T_1}(0) - M_{T_p+tu}(G_1 - (T_p + tu)) - \int_0^{G_1 - T_1} R(y) dy \right] \right\}. \quad (16)$$

式 (13), (14), (15), (16) より, 事業者が製品回収等措置に支出する総費用  $TC_A(T_1)$  は次式として導出される.

$$TC_A(T_1) = A_1(T_1) + A_2(T_1) + A_3(T_1) + A_4(T_1) + c_5. \quad (17)$$

ここで,

$$\begin{aligned} t_{d_i} &= \inf \{ t \mid I_{T_1}(t) \leq 0, t > t_{u_i} \}. \\ t_{u_i} &= \inf \{ t \mid I_{T_1}(t) \geq 0, t > t_{d_{i-1}} \}. \quad (t_{d_0} = t_{u_0} = T_1) \\ w &= \inf \{ t \mid I_{T_p}(t) > 0, 0 \leq t \leq T_1 - T_p \}. \\ nd &= \max \{ i, t_{d_i} < T_p + tu \}. \end{aligned}$$

### 3.2. モデル (B) : 対策品準備完了モデル

任意時刻における対象品残存数, および対策品在庫数を導出するため, 時間軸を 3 状態に分割する.

$$\text{状態 (B-1)} : T_p \leq t < T_p + tu$$

$$\text{状態 (B-2)} : T_p + tu \leq t < T_1$$

$$\text{状態 (B-3)} : T_1 \leq t < G_1$$

状態 (B-1):  $T_p \leq t < T_p + tu$

不具合認識後, 状態 (B-1) 内の任意時刻  $t$  における対策品在庫数は,

$$\frac{\partial I_{T_p}(t)}{\partial t} = va_f - \lambda M_{T_p}(t), \quad I_{T_p}(0) = 0. \quad (18)$$

不具合認識後, 状態 (B-1) 内の任意時刻  $t$  における対象品残存数は,

$$\frac{\partial M_{T_p}(t)}{\partial t} = -\lambda M_{T_p}(t), \quad M_{T_p}(0) = a_n T_p. \quad (19)$$

これより,

$$\begin{aligned} M_{T_p}(t) &= a_n T_p e^{-\lambda t}, \\ I_{T_p}(t) &= va_f t - a_n T_p (1 - e^{-\lambda t}). \end{aligned} \quad (20)$$

状態 (B-2):  $T_p + tu \leq t < T_1$

対策品製造完了  $T_1 + t_u$  後, 状態 (B-2) 内の任意時刻  $t$  における対策品在庫数は,

$$\frac{\partial I_{T_p+tu}(t)}{\partial t} = -\lambda M_{T_p+tu}(t), \quad (21)$$

$$I_{T_p+tu}(0) = I_{T_p}(tu) = va_f tu - a_n T_p (1 - e^{-\lambda tu}). \quad (22)$$

ここで、製造が完了していることから、

$$M_{T_p+tu}(t) = I_{T_p+tu}(t). \quad (23)$$

したがって、

$$\frac{\partial I_{T_p+tu}(t)}{\partial t} = -\lambda I_{T_p+tu}(t). \quad (24)$$

以上より、

$$\begin{aligned} M_{T_p+tu}(t) &= \{va_f tu - a_n T_p (1 - e^{-\lambda tu})\} e^{-\lambda t}, \\ I_{T_p+tu}(t) &= \{va_f tu - a_n T_p (1 - e^{-\lambda tu})\} e^{-\lambda t}. \end{aligned} \quad (25)$$

状態 (B-3):  $T_1 \leq t < T_e$

社告実施  $T_1$  後、状態 (B-3) 内の任意時刻  $\forall t$  における対策品在庫数は、

$$\begin{aligned} \frac{\partial I_{T_1}(t)}{\partial t} &= -\lambda M_{T_1}(t) - R(t), \\ I_{T_1}(0) &= I_{T_p+tu}(T_1 - T_p - tu) = \{va_f tu - a_n T_p (1 - e^{-\lambda tu})\} e^{-\lambda(T_1 - T_p - tu)}. \end{aligned} \quad (26)$$

ここで、製造が完了していることから、

$$M_{T_1}(t) = I_{T_1}(t). \quad (27)$$

したがって、

$$\frac{\partial I_{T_1}(t)}{\partial t} = -\lambda I_{T_1}(t) - R(t). \quad (28)$$

以上より、

$$\begin{aligned} M_{T_1}(t) &= \left\{ [va_f tu - a_n T_p (1 - e^{-\lambda tu})] e^{-\lambda(T_1 - T_p - tu)} \right\} e^{-\lambda t}, \\ I_{T_1}(t) &= \left\{ [va_f tu - a_n T_p (1 - e^{-\lambda tu})] e^{-\lambda(T_1 - T_p - tu)} \right\} e^{-\lambda t}. \end{aligned} \quad (29)$$

以上より、モデル B における在庫費用、欠品損害費用、修理費用、故障賠償費用それぞれを導出できる。

在庫費用  $B_1(T_1)$

$$B_1(T_1) = c_1 \left\{ \int_0^{tu} I_{T_p}(x) dx + \int_0^{T_1 - (T_p + tu)} I_{T_p+tu}(x) dx + \int_0^{G_1 - T_1} I_{T_1}(x) dx \right\}. \quad (30)$$

欠品損害費用  $B_2(T_1)$

$$B_2(T_1) = -c_2 \int_0^w I_{T_p}(x) dx. \quad (31)$$

修理費用  $B_3(T_1)$

$$B_3(T_1) = c_3 \{a_n T_p - M_{T_1}(G_1 - T_1)\}. \quad (32)$$

故障賠償費用  $B_4(T_1)$

$$\begin{aligned} B_4(T_1) &= c_4 p \left\{ \alpha [a_n T_p - M_{T_p+tu}(T_1 - (T_p + tu))] \right. \\ &\quad \left. + \left[ M_{T_1}(0) - M_{T_1}(G_1 - T_1) - \int_0^{G_1 - T_1} R(y) dy \right] \right\}. \end{aligned} \quad (33)$$

式 (30), (31), (32), (33) より、事業者がリコールに支出する総費用  $TC_B(T_1)$  は次式として導出される。

$$TC_B(T_1) = B_1(T_1) + B_2(T_1) + B_3(T_1) + B_4(T_1) + c_5. \quad (34)$$

#### 4. まとめ

社告に対する市場反応  $R(t)$  を考慮した製品回収措置等に必要な総費用を導出した。現在、リードタイム(対策品製造準備期間)を考慮したモデル、および市場の社告に対する反応関数  $R(y)$  を社告費用に依存させたモデル、2回目以降の社告時期決定モデルについても総費用の導出を行っている。今後の課題は、各モデルにおいて適切な社告公表時期、社告に対する反応関数の推定法など多くの問題が残っている。

#### REFERENCES

- [1] 独立行政法人国民生活センター, たしかな目 - 特集, 商品のリコール大研究, vol.11, no.208, pp11-26, 2003
- [2] 社会法人ビジネス機械・情報システム産業協会, リコールガイドライン, 2003
- [3] 社会法人製品安全協会, 消費者活用製品のリコールハンドブック, 2002