1998年度日本オペレーションズ・リサーチ学会
秋季研究発表会

ATMの自動監視システムの点検方策

01402793 名古屋銀行 ＊中村 正治 NAKAMURA Syouji
日立中部ソフトウェア㈱ 林 逸樹 HAYASHI Ituki
01400053 愛知工業大学 中川 覃夫 NAKAGAWA Toshio

1．はじめに

金融機関では業務の機械化として1975年頃から現金自動機（ATM）をオンラインに接続し利用してきた．近年，金融の自由化に伴い，設置台数の増加，稼働時間の延長，土日と祝日の稼働などが実施されている．また，現在ではATMの多機能化に取り組まれており，振り込み，定期預金の契約・解約，ローンの申込受付などの取扱ができるものもある．さらに，郵便貯金のATMとの接続も計画されてネットワーク網が拡大され，社会生活の中でATMはインフラとなりつつある．このような状況の中で，金融機関において多数のATMを監視する業務は重要であり，特に，故障に迅速に対応することは顧客サービスの観点からも重要である．これらに対処するため，金融機関では，警備会社と契約して現金の補充，簡単な修理を依頼するなど多額の経費が使われている[1]．

ATMの設置場所は支店に併設してあるもの（ここでは店内ATMと呼ぶ）と，支店の外の顧客に利便性のよい駅，デパート，スーパーマーケットや公共施設などに設置されているもの（ここでは店外ATMと呼ぶ）がある．これら全てのATMは金融機関のオンラインシステムと回線で接続されているが，稼働状況の監視はオンラインシステムとは別回線で集中的に監視されている．

土日と祝日の稼動においては，店内ATMと店外ATMをセンターで一括監視している．これら両者の管理面における違いは，店外ATMは常時無人監視であるが，店内ATMでは，休日の翌営業日には行員が始業前に点検を行い当該店舗でATMの監視をおこなうので，休日の障害が放置されていても正常な状態に復旧される．

ATMを集中的に監視をしているセンター（ここでは集中監視センターと呼ぶ）では，障害の状況をディスプレー端末機に表示し，障害発生都度プリンタにも出力する．また，利用者との障害の状況を連絡し合うための専用電話の集中管理もおこなっている．障害が発生すると，集中監視センター員は障害の状況により，端末機の遠隔操作により障害を解除する場合もあるが，現地に出向いて故障箇所を修理しなければならない場合がある．後者の場合は，監視員が契約していある警備保障会社もしくはメーカの保守センターに電話連絡して障害や故障に対処させる．

ここでは，ATMに障害が発生し故障に至であろう現象のみをとらえ，障害が発生しても端末機による遠隔操作で障害が解除できる場合は考慮しない．このような，ATM監視を運用するとした場合，故障の分布と，点検費用，故障に関わる費用を与えて期待費用をもとめる．さらに，これを最小にする点検時間を解析的に求める．

2．モデル

集中監視装置はＡＴＭに対して回線でポーリング・セレクティング方式により監視し，ＡＴＭの状態をディスプレーに表示する．状態は大まかに次の４つの状態に分類することができ，監視員は監視装置に表示された状態により定められた対応をする．

状態０：正常（監視装置に障害の表示が無い状態）

状態１：障害発生（現在は故障ではないが，近い将来故障になり易い状態），例えば，現金が後少しで無くなる，レシートが無くなるという警告など．また，機械の物理的な故障，例えば，キャシュカードや現金が機械に詰まってしまい取れなくなった場合などにも障害発生を知らせる．
状態0から，状態1には，指数分布$(1-e^{-\lambda t})$で推移する．

状態２：障害発生後，t_0時間後に点検する．

状態３：障害発生後，t_0時間までに故障する（技術員が出向かないと修理できない故障）．
故障には２種類あり，１つは現金，レシート用紙，ジーナル用紙がなくなったときで

ある．他方は，機械の物理的な故障であり，電源断，機械の不都合（故障），現金，カードが機械に詰まり取れなくなってしまうときであり，前者は障害発生した後故障までの時間は余裕があるが，後者は障害発生後すぐに故障となる．

ATM の運用では，現金，レシート用紙，ジャーナル用紙の障害が発生した場合，土日と祝日の稼動期間中では１回の補充で次の障害となることはほとんどない．したがって，ATM 稼動期間を (0,T]間として，障害は１回しか発生しないと仮定する．また，障害発生後，時刻 t までに故障する確率を一般分布 $F(t)$ とおく．さらに，障害発生のとき，障害状態となってやがて，故障する場合と障害発生即故障となる場合を考える．この確率を α とおく $(0 \le \alpha \le 1)$．この確率は，機械の物理的な故障を表す．

① (0,T]間で障害なしの確率は，

$$e^{-\lambda T} \tag{1}$$

②障害が発生したが，点検も故障もせずに T になる確率は，

$$\int_{T-t_0}^{T} \lambda e^{-\lambda x}(1-\alpha)\overline{F}(T-x)dx \tag{2}$$

③障害発生後，t_0 で点検する確率

$$\int_{0}^{T-t_0} \lambda e^{-\lambda x}(1-\alpha)\overline{F}(t_0)dx \tag{3}$$

④障害発生後，すぐ故障となる確率

$$\int_{0}^{T} \lambda e^{-\lambda x}\alpha dx \tag{4}$$

④障害発生後，点検までに故障する確率

$$\int_{T-t_0}^{T} \lambda e^{-\lambda x}(1-\alpha)F(T-x)dx + \int_{0}^{T-t_0} \lambda e^{-\lambda x}(1-\alpha)F(t_0)dx \tag{5}$$

明らかに，

式(1)+(2)+(3)+(4)+(5) =1

である．

3．費用

ここで，次の費用を導入する．

c_0 ： T 時点において，正常，障害発生中の費用．

c_1 ：点検費用．

c_2 ：故障の費用．　$c_2 > c_1 > c_0$

上記の記号の下で ATM 稼動 (0,T]間の総期待費用は次式で与えられる．

$$\begin{aligned}C(t_0) &= c_0\left[e^{-\lambda T} + (1-\alpha)\int_{T-t_0}^{T}\lambda e^{-\lambda x}\overline{F}(T-x)dx\right] \\ &+ c_1(1-\alpha)\overline{F}(t_0)\left(1-e^{-\lambda(T-t_0)}\right) \\ &+ c_2\left[(1-\alpha)\int_{T-t_0}^{T}\lambda e^{-\lambda x}F(T-x)dx \right.\\ &\left. + (1-\alpha)F(t_0)\left(1-e^{-\lambda(T-t_0)}\right) + \alpha\left(1-e^{-\lambda T}\right)\right] \\ &(0 \le t_0 \le T)\end{aligned} \tag{6}$$

とくに，

$$C(0) = c_0 e^{-\lambda T} + c_1(1-\alpha)\left(1-e^{-\lambda T}\right) \tag{7}$$

$$\begin{aligned}C(T) &= c_0\left[e^{-\lambda T} + (1-\alpha)\int_0^T \lambda e^{-\lambda x}\overline{F}(T-x)dx\right] \\ &+ c_2\left[(1-\alpha)\int_0^T \lambda e^{-\lambda x}F(T-x)dx + \alpha\left(1-e^{-\lambda T}\right)\right]\end{aligned} \tag{8}$$

$C'(t_0) = 0$ とおくと，α に関係なく

$$\frac{\gamma(t_0)}{\lambda}\left[e^{\lambda(T-t_0)} - 1\right] = \frac{c_1 - c_0}{c_2 - c_1} \quad (0 \le t_0 \le T) \tag{9}$$

となる．ただし，

$$\overline{F} \equiv 1 - F, \quad \gamma(t) \equiv \frac{f(t)}{\overline{F}(t)}, \quad f(t) \equiv F'(t)$$

4．数値計算

(9)式において，$e^{\lambda(T-t_0)} = 1 + \lambda(T-t_0)$ とおくと，(9)式は

$$\gamma(t_0)(T-t_0) = \frac{c_1 - c_0}{c_2 - c_1} \tag{10}$$

例えば，$\gamma(t) = \lambda_1 m t^{m-1}$　$(m > 1)$ のとき

$$\lambda_1 m t_0^{m-1}(T-t_0) = \frac{c_1 - c_0}{c_2 - c_1} \tag{11}$$

とくに，$m = 2$ のとき，

$$t_0 = \frac{T - \sqrt{T^2 - \dfrac{2(c_1 - c_0)}{\lambda_1(c_2 - c_1)}}}{2} \tag{12}$$

$\gamma(t) = \lambda_1 m t^{m-1}$　$(m > 1)$ とおいて、数値計算をすると $C(t_0)$ のグラフは図１となる．

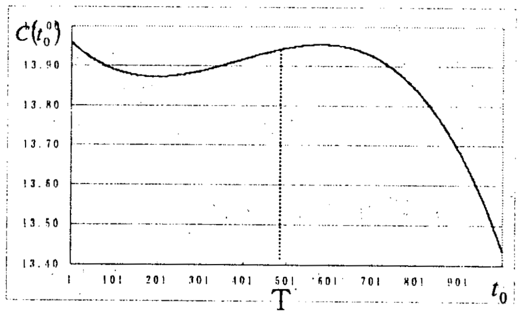

図１．総期待費用 $C(t_0)$ のグラフ

参考文献

[1]中村正治，三道弘明，中川覃夫：“無人 ATM における最適予備キャシュボックス数”日本 OR 学会誌，vol.42，no.10，pp.663～666

[2]田井等，長谷川篤：“自動機監視システムにおける高信頼性技術” 日立 TS 技報，第３号，平成 10 年，pp.31～32