

予備発電機とバッテリーをもつ電源システムの信頼性評価†

安井一民** 中川覃夫** 本告光男**

最近、フォールトトレランス技術の進展とともに、コンピュータ・システムの運用・保守段階における使用信頼性の向上方策が種々考案されてきている。コンピュータ・システムの使用信頼性を向上させる基本的課題の一つとして、供給電源の安定性の問題がある。すなわち、コンピュータなどの情報・通信機器は、供給電源電圧の微小な変化にも非常に敏感であり、例えば1/100秒程度の瞬断や瞬時電圧低下などにより、誤動作または停止することがある。わが国の商用電力の質は、諸外国に比べ極めて高いレベルにあるが、雷発生期における上述のような瞬断や瞬時電圧低下は頻繁に発生しているのが現状である。このため、通常の主要コンピュータ・システムにおける供給電源は、一般商用電源の障害時に対応して、バッテリーや自家発電機などの予備電源を確保することにより、その安定性が保障されている。ここでは、上述のような観点から、コンピュータ・システムに対する供給電源の信頼性の問題を考察する。すなわち、コンピュータ・システムの電源が、通常の商用電源の障害時に、予備電源（バッテリーおよび発電機）によってバックアップされる信頼性モデルを設定し、システム用電源の信頼性を解析するとともに、予備電源の有効性について考察と評価を行う。さらに、実際の数値例により種々の議論を行う。

1. はじめに

コンピュータ・システムの高信頼化の問題は非常に重要である。最近におけるフォールトトレランス (Fault-tolerance) 技術の進展とともに、コンピュータ・システムの運用・保守段階における使用信頼性の向上方策が種々考案されてきている^{1),2)}。コンピュータ・システムの使用信頼性向上問題は、通常、保全・運用・環境の三つに大別して考察されているが、いわゆる供給電源の安定性の問題は、環境信頼性向上方策における基本的な課題である。すなわち、コンピュータなどの情報・通信機器は、供給電源電圧の微小な変化にも非常に敏感であり、例えば1/100秒程度の瞬断や瞬時電圧低下などにより、誤動作または停止することがある³⁾。

わが国の商用電力の質は、諸外国に比べ極めて高いレベルにあるが、雷発生期における上述のような瞬断や瞬時電圧低下は頻繁に発生しているのが現状である^{3),4)}。このため、通常の主要コンピュータ・システムにおける供給電源は、一般商用電源の障害時に対応して、バッテリーや自家発電機などの予備電源を確保することにより、その安定性が保障されている。

ここでは、上述のような観点から、コンピュータ・システムに対する供給電源の信頼性の問題を考察する。すなわち、コンピュータ・システムの電源が通常

の商用電源の障害時（電源断、周波数低下、電圧低下など）に、予備電源（バッテリーおよび発電機）によってバックアップされる信頼性モデルを設定し、システム用電源の信頼性を解析するとともに、予備電源の有効性について考察と評価を行う。さらに、実際の数値例により種々の議論を行う。その結果、平均5秒以内の瞬断電源障害に対しては、予備発電機は不要で最小容量のバッテリーを設置すれば十分であり、およそ12分の放電能力をもつバッテリーを確保することによって、商用電源の平均復旧時間が60秒以内ならば、システムの定常アンアベイラビリティを 10^{-9} 以下に保障することが可能であることなどが示される。

2. 電源システムのモデルと解析

モデルの概要を図1に示す。

商用電源は、一般分布 $F(t)$ (平均 $1/\lambda$) に従って障害が発生し、その障害は指数分布 $G(t)=1-\exp(-\mu t)$ に従って復旧して、正常に電源を供給するものとする。

(1) 商用電源に障害が発生した場合。

- i. ただちにバッテリー電源により一定時間 ℓ_1 だけバックアップを行う。すなわち、バッテリーのミッション稼動時間を一定時間 ℓ_1 とする。
- ii. もし、商用電源が ℓ_1 未満に復旧した場合は、ただちに商用電源に切り替える。
- iii. もし、商用電源が ℓ_1 未満に復旧せずにバッテリー障害が発生すると、システム故障となる。この場合のバッテリーの障害発生時間分布を、 $B_1(t)=1-\exp(-\beta_1 t)$ とする。

† Reliability Evaluations of a Power Supply System with a Standby Generator and Batteries by KAZUMI YASUI, TOSHIO NAKAGAWA and MITSUO MOTOORI (Department of Industrial Engineering, Aichi Institute of Technology).

** 愛知工業大学経営工学科

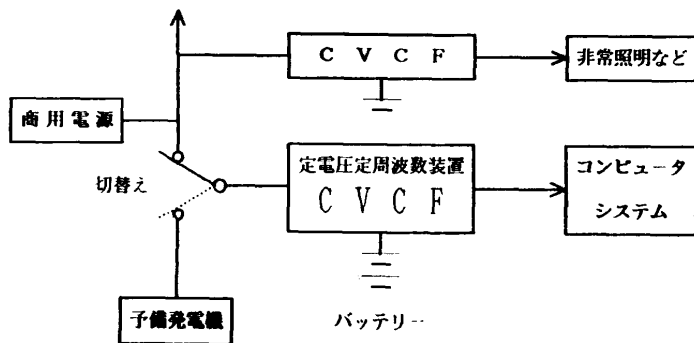


図1 予備発電機とバッテリーをもつ電源システムの概要
Fig. 1 Outline of a power supply system with a standby generator and batteries.

(2) バッテリーのバックアップ時間 l_1 までに商用電源が復旧しない場合.

- i. ただちに予備発電機への切替えを行い、一定時間 l_2 だけバックアップを行う。この場合、切替えは瞬時で、確率 p で成功するものとし、予備発電機のミッション稼働時間を一定時間 l_2 とする。逆に、確率 $1-p$ で切替えが失敗し、システム故障となる。
- ii. もし、商用電源が l_2 未満に復旧した場合は、ただちに商用電源に切り替える。この場合、切替えは瞬時で、確率 p で成功し、失敗した場合はシステム故障となる。
- iii. もし、商用電源が l_2 未満に復旧せずに予備発電機障害が発生すると、システム故障となる。この場合の予備発電機の障害発生時間分布を、 $B_2(t) = 1 - \exp(-\beta_2 t)$ とする。

(3) 予備発電機のバックアップ時間 l_2 までに商用電源が復旧しない場合、システム故障となる。

以上の仮定のもとで、システムの挙動を表す各状態を次のように定義する。

- 状態0：商用電源正常。
- 状態1：バッテリーによるバックアップ開始。
- 状態2：予備発電機によるバックアップ開始。
- 状態3：システム故障。

上のように定義された各状態は、マルコフ再生過程⁵⁾を形成し、各状態とも再生点となる。

マルコフ再生過程における1ステップ推移確率時間分布を $Q_{ij}(t)$ ($i, j=0, 1, 2, 3$) とし、そのラプラス・スティルチェス (LS) 変換を $q_{ij}(s)$ とする。そのとき、

$$q_{01}(s) = f(s), \tag{1}$$

$$q_{10}(s) = \frac{\mu}{s + \mu + \beta_1} [1 - e^{-(s + \mu + \beta_1)l_1}], \tag{2}$$

$$q_{12}(s) = p e^{-(s + \mu + \beta_1)l_1}, \tag{3}$$

$$q_{13}(s) = (1-p) e^{-(s + \mu + \beta_1)l_1} + \frac{\beta_1}{s + \mu + \beta_1} [1 - e^{-(s + \mu + \beta_1)l_1}], \tag{4}$$

$$q_{20}(s) = \frac{p\mu}{s + \mu + \beta_2} [1 - e^{-(s + \mu + \beta_2)l_2}], \tag{5}$$

$$q_{23}(s) = e^{-(s + \mu + \beta_2)l_2} + \frac{(1-p)\mu + \beta_2}{s + \mu + \beta_2} [1 - e^{-(s + \mu + \beta_2)l_2}], \tag{6}$$

$$q_{30}(s) = \frac{\mu}{s + \mu}, \tag{7}$$

を得る。ここで、一般に $f(s) \equiv \int_0^\infty \exp(-st) dF(t)$ とおく。例えば $q_{13}(s)$ は $Q_{13}(t)$ の LS 変換を示し、 $Q_{13}(t)$ は、商用電源に障害が発生し、バッテリーによるバックアップを開始してから、バッテリーのミッション稼働時間 l_1 の間に、商用電源が復旧せずに、予備発電機への切替えが失敗してシステム故障となる場合と、 l_1 未満にバッテリー障害が発生してシステム故障となる場合の、確率の和であるから、

$$Q_{13}(t) = (1-p) \int_0^t \bar{G}(t) \bar{B}_1(t) dL_1(t) + \int_0^t \bar{G}(t) L_1(t) dB_1(t),$$

となる。ここで、一般に、 $\bar{G} \equiv 1 - G$, $L_1(t) \equiv 0 (t < l_1)$, $\equiv 1 (t \geq l_1)$ とおく。

さて、(1)~(7)式を用いて状態 j ($j=1, 2, 3$) における定常確率 P_j を求めよう。システムが、時刻 $t=0$ で状態0から出発したとき、時刻 t で状態 j にある確率を $P_{0j}(t)$ とし、その LS 変換を $p_{0j}(s)$ とすると、

$$p_{01}(s) = q_{01}(s) [1 - q_{10}(s) - q_{12}(s) - q_{13}(s)] / [1 - h_{00}(s)], \tag{8}$$

$$p_{02}(s) = q_{01}(s) q_{12}(s) [1 - q_{20}(s) - q_{23}(s)] / [1 - h_{00}(s)], \tag{9}$$

$$p_{03}(s) = [q_{01}(s) q_{12}(s) q_{23}(s) + q_{01}(s) q_{13}(s)] [1 - q_{30}(s)] / [1 - h_{00}(s)], \tag{10}$$

を得る。ここで、

$$h_{00}(s) = q_{01}(s) [q_{10}(s) + q_{12}(s) q_{20}(s) + q_{12}(s) q_{23}(s) q_{30}(s)]$$

$$+ q_{13}(s)q_{30}(s), \quad (11)$$

であり、状態0から初めて状態0に戻る再帰時間分布のLS変換形を示している。

システムが定常状態で状態 j ($j=1, 2, 3$) にある確率 P_j は、

$$P_1 = \left\{ \frac{1}{\mu + \beta_1} [1 - e^{-(\mu + \beta_1)\ell_1}] \right\} / \ell_{00}, \quad (12)$$

$$P_2 = \left\{ \frac{p}{\mu + \beta_2} e^{-(\mu + \beta_1)\ell_1} \cdot [1 - e^{-(\mu + \beta_2)\ell_2}] \right\} / \ell_{00}, \quad (13)$$

$$P_3 = \left\{ \frac{1}{\mu} - \frac{1}{\mu + \beta_1} [1 - e^{-(\mu + \beta_1)\ell_1}] - \frac{p^2}{\mu + \beta_2} e^{-(\mu + \beta_1)\ell_1} \cdot [1 - e^{-(\mu + \beta_2)\ell_2}] \right\} / \ell_{00}, \quad (14)$$

である。ここで、

$$\ell_{00} = \frac{1}{\lambda} + \frac{1}{\mu} + \frac{p(1-p)}{\mu + \beta_2} e^{-(\mu + \beta_1)\ell_1} \cdot [1 - e^{-(\mu + \beta_2)\ell_2}], \quad (15)$$

であり、状態0における平均再帰時間を示す。なお、定常アベイラビリティは、状態3がシステム故障であるから、 $1 - P_3$ で与えられる。

同様な方法によって、システムが単位時間あたりに状態 j ($j=1, 2, 3$) を訪問する平均回数 M_j を、次のように求めることができる。

$$M_1 = 1/\ell_{00}, \quad (16)$$

$$M_2 = p e^{-(\mu + \beta_1)\ell_1} / \ell_{00}, \quad (17)$$

$$M_3 = \left\{ 1 - \frac{\mu}{\mu + \beta_1} [1 - e^{-(\mu + \beta_1)\ell_1}] - \frac{p^2 \mu}{\mu + \beta_2} e^{-(\mu + \beta_1)\ell_1} \cdot [1 - e^{-(\mu + \beta_2)\ell_2}] \right\} / \ell_{00}. \quad (18)$$

ここに、 M_3 は単位時間あたりの平均システム故障回数を示す。

3. 考 察

最初に、商用電源障害時におけるバッテリー機能について考えよう。システムの定常アベイラビリティをバッテリーのミッション稼働時間 ℓ_1 の関数と考えると、

$$A(\ell_1) \equiv 1 - P_3$$

$$= \left\{ \frac{1}{\lambda} + \frac{1}{\mu + \beta_1} [1 - e^{-(\mu + \beta_1)\ell_1}] + \frac{p}{\mu + \beta_2} e^{-(\mu + \beta_1)\ell_1} \cdot [1 - e^{-(\mu + \beta_2)\ell_2}] \right\} / \ell_{00}, \quad (19)$$

となる。明らかに、

$$A(\infty) \equiv \lim_{\ell_1 \rightarrow \infty} A(\ell_1) = \left\{ \frac{1}{\lambda} + \frac{1}{\mu + \beta_1} \right\} / \left\{ \frac{1}{\lambda} + \frac{1}{\mu} \right\}, \quad (20)$$

である。ここで、 $A(\ell_1)$ を ℓ_1 で微分すると、

$$A'(\ell_1) = \frac{e^{-(\mu + \beta_1)\ell_1}}{(\ell_{00})^2} \left\{ \left[1 - \frac{\mu + \beta_1}{\mu + \beta_2} \cdot p [1 - e^{-(\mu + \beta_2)\ell_2}] \right] \ell_{00} + \frac{\mu + \beta_1}{\mu + \beta_2} p(1-p) [1 - e^{-(\mu + \beta_2)\ell_2}] \cdot \left[\frac{1}{\lambda} + \frac{1}{\mu + \beta_1} [1 - e^{-(\mu + \beta_1)\ell_1}] + \frac{p}{\mu + \beta_2} e^{-(\mu + \beta_1)\ell_1} \cdot [1 - e^{-(\mu + \beta_2)\ell_2}] \right] \right\},$$

を得る。したがって、

$$\frac{\mu + \beta_1}{\mu + \beta_2} p [1 - e^{-(\mu + \beta_2)\ell_2}] \leq 1, \quad (21)$$

と仮定すると、 $A'(\ell_1) > 0$ となり、 $A(\ell_1)$ は ℓ_1 の単調増加関数となる。一般に $\beta_1 \leq \beta_2$ と考えられるので、この仮定は妥当であろう。よって、 $A(\infty) > \alpha$ ならば、

$$A(\ell_1) \geq \alpha, \quad (22)$$

を満たす ℓ_1 を求めることができる。いわば、電源システムのアベイラビリティを α 以上にするための、バッテリーのミッション稼働時間の下限を求めることができる。

次に、予備発電機によるバックアップを考慮しない場合を考察する。(19)式において、 $\ell_2 = 0$ とおくことによつて、アベイラビリティ $A(\ell_1)$ は、

$$A(\ell_1) \equiv \left\{ \frac{1}{\lambda} + \frac{1}{\mu + \beta_1} [1 - e^{-(\mu + \beta_1)\ell_1}] \right\} / \left\{ \frac{1}{\lambda} + \frac{1}{\mu} \right\}, \quad (23)$$

となる。(23)式の $A(\ell_1)$ は、 ℓ_1 の単調増加関数であり、 $A(0) = (1/\lambda)/(1/\lambda + 1/\mu)$ は商用電源のアベイラビリティに等しい。よって、 $A(\infty) > \alpha$ ならば、 $A(\ell_1) \geq \alpha$,

すなわち、

$$\frac{1}{\mu + \beta_1} [1 - e^{-(\mu + \beta_1)\ell_1}] \geq \frac{\alpha}{\mu} - \frac{1 - \alpha}{\lambda}, \quad (24)$$

を満たす最小の ℓ_1 を求めることができる。いわば、(24)式を満たす最小のミッション稼働時間 ℓ_1 を保有するバッテリーを設けることによって、予備発電機を設置しなくても、確率 α で電源システムの稼働を保障することができる。

4. 数値例

わが国の1982年から1986年までの5か年の実績によれば、商用電源の障害発生は、およそ10回/年の瞬時停電(平均復旧時間0.1~2秒)と、およそ0.5回/年の一般停電(平均復旧時間30分)があったとされている^{3),4)}。ここでは、これらの数値を参考として、前章で求めた定常アベイラビリティ等の具体的な数値を求めてみよう。

最初に、一般商用電源の障害が約3か月の雷発生期に平均10回の割合で発生するものとし、平均発生間隔を $1/\lambda = 216$ 時間、平均復旧時間を $1/\mu = 5 \sim 60$ 秒(可変)とする。このとき商用電源自身の定常アベイラビリティは、 $0.6430 \times 10^{-5} \sim 0.7715 \times 10^{-4}$ となる。また、バッテリーおよび予備発電機の平均故障間隔を、それぞれ $1/\beta_1 = 8,760$ 時間、 $1/\beta_2 = 240$ 時間とし、予備発電機のミッション稼働時間を $\ell_2 = 3$ 時間とする。なお、バッテリーから予備発電機、予備発電機から商用電源への切替え成功確率を $p = 0.9$ と仮定する。

表1には、所望の定常アベイラビリティ $1 - \alpha = 10^{-6} \sim 10^{-9}$ に対応して、予備発電機がある場合とない場合における、バッテリーのミッション稼働時間の下限 ℓ_1 (分) の数値例を示す。

例えば、システムの定常アベイラビリティを 10^{-9} 以下に保障するためには、バッテリーのミ

ッション稼働時間 ℓ_1 で与えられる容量の下限は、商用電源の平均復旧時間 $1/\mu$ が30秒の場合5分、60秒の場合10分であり、予備発電機を設置しない場合、それぞれ6分、12分であることを示している。このような両者を比較することによって、予備発電機を設置することによる減少可能なバッテリー容量は非常に小さいことがわかる。いわば、5秒以内の瞬時障害に対して、最小容量のバッテリーのみ確保すれば十分であり、平均復旧時間が60秒でも、およそ12分間の容量をもつバッテリーを確保すれば、予備発電機なしでシステムのアンアベイラビリティを 10^{-9} 以下に保障することができる。実際、商用電源の瞬時停電における平均復旧時間が、およそ0.1~2秒であるという現況に鑑み、バッテリーなど何らかの予備電源をもつシ

表1 $1/\lambda = 216$ 時間のとき、 $A(\ell_1) \geq \alpha$ を満たす最小の ℓ_1 の数値例
Table 1 Numerical values of minimum mission times ℓ_1 which satisfy $A(\ell_1) \geq \alpha$ when $1/\lambda = 216$ hours.

単位 分

$1 - \alpha$	$1/\mu$ (秒)							
	5		10		30		60	
	予備発電機		予備発電機		予備発電機		予備発電機	
	有	無	有	無	有	無	有	無
10^{-6}	1	1	1	1	1	2	3	5
10^{-7}	1	1	1	1	3	3	5	7
10^{-8}	1	1	1	2	4	5	8	9
10^{-9}	1	1	2	2	5	6	10	12
商用電源のアンアベイラビリティ	0.6430×10^{-5}		0.1286×10^{-4}		0.3858×10^{-4}		0.7715×10^{-4}	

表2 $1/\lambda = 17,520$ 時間のとき、 $A(\ell_1) \geq \alpha$ を満たす最小の ℓ_1 の数値例
Table 2 Numerical values of minimum mission times ℓ_1 which satisfy $A(\ell_1) \geq \alpha$ when $1/\lambda = 17,520$ hours.

単位 分

$1 - \alpha$	$1/\mu$ (分)							
	5		10		30		60	
	予備発電機		予備発電機		予備発電機		予備発電機	
	有	無	有	無	有	無	有	無
10^{-6}	1	8	6	23	52	101	156	244
10^{-7}	12	20	29	46	121	171	298	385
10^{-8}	23	31	53	70	195	245	495	583
10^{-9}	35	43	78	94	—	—	—	—
商用電源のアンアベイラビリティ	0.4756×10^{-5}		0.9513×10^{-5}		0.2854×10^{-4}		0.5707×10^{-4}	

システムにおいては、定常アンペアラビリティが大略完全に保障されているといえるであろう。また、CVCFなどを設置した電源供給システムでは、商用電源の瞬時停電に対してのシステム障害は、ほとんど発生していないのが現状である³⁾。

次に、一般停電に関する数値例を求めよう。仮定として、商用電源の障害が平均 0.5 回/年の割合で発生するものとし、平均発生間隔を $1/\lambda=17,520$ 時間、平均復旧時間を $1/\mu=5\sim 60$ 分(可変)とする。このとき商用電源自身の定常アンペアラビリティは、 $0.4756 \times 10^{-5} \sim 0.5707 \times 10^{-4}$ となる。その他の仮定は前と同様とする。

表 2 には、表 1 と同様に、 $1-\alpha=10^{-6} \sim 10^{-9}$ に対応して、予備発電機がある場合とない場合における、 ℓ_1 の下限の数値例を与えている。ここで、 $1-\alpha=10^{-9}$ 、 $1/\mu=30$ 、60 分のとき、 $A(\infty) < \alpha$ となるため、どんなバッテリーを設置しても、アンペアラビリティを 10^{-9} 以下に達成できないことを示している。

さらに表 3 には、平均復旧時間を $1/\mu=30$ 分としたとき、各 ℓ_1 に対応する各状態の定常確率 P_j ($j=1, 2, 3$) と各状態への平均訪問回数 M_j ($j=1, 2, 3$) の数値例を与える。ここで、 P_3 は定常アンペアラビリティを、 M_3 は単位時間あたりの平均システム故障回数を表している。

例えば、商用電源の平均復旧時間 $1/\mu$ が 30 分のとき、システムの定常アンペアラビリティを 10^{-6} 以下に保障する場合を考えてみよう。表 2 から、バッテリーと予備発電機の両方でバックアップを行う場合、バッテリー容量の下限 ℓ_1 は 52 分であり、バッテリーのみによってバックアップする場合は、予備発電機と併用する場合に比し、およそ 2 倍の 101 分を要することが示される。また、表 3 から、 $\ell_1=52$ 分に対応する定常確率および平均訪問回数の値を読みとることができる。このとき、定常アンペアラビリティは約 0.97×10^{-6} であり、単位時間あたりの平均システム故障回数は、およそ 0.3×10^{-7} 回である。

これらの数値例から、一般停電のように発生頻度が少なく、かつ復旧に比較的長時間を要する場合、予備発電機なしでバッテリーを大容量化する方策と、バッテリーと予備発電機とを併用する二つの方策について、設備費用や保全費用等を考慮した比較検討が必要

表 3 $1/\lambda=17,520$ 時間、 $1/\mu=30$ 分のとき、定常確率 P_j ($j=1, 2, 3$) および平均訪問回数 M_j ($j=1, 2, 3$) の数値例

Table 3 Numerical values of steady-state probabilities P_j ($j=1, 2, 3$) and expected numbers of visits to each state M_j ($j=1, 2, 3$) when $1/\lambda=17,520$ hours and $1/\mu=30$ minutes.

ℓ_1 (分)	P_1 $\times 10^{-4}$	P_2 $\times 10^{-7}$	P_3 $\times 10^{-8}$	M_1 (回) $\times 10^{-6}$	M_2 (回) $\times 10^{-8}$	M_3 (回) $\times 10^{-9}$
52	0.23495	45.266	96.945	0.95127	15.126	32.315
121	0.28031	4.5377	9.8648	0.95127	1.5163	3.2883
195	0.28493	0.38505	0.98614	0.95127	0.12867	0.32871

であろう。

5. おわりに

コンピュータ・システムにおける使用信頼性を向上させる基本的課題の一つとして、供給電源の安定性の問題を考察した。実際、主要コンピュータ・システムにおける電源が、バッテリーや予備発電機等を設置することによって供給電源の安定性を保障している現状に着目し、このような予備電源の有効性と評価に関して考察を行った。

商用電源の瞬時障害に関しては、予備発電機は不要であり、平均 5 秒以内の電源障害に対して最小のバッテリー容量を確保すれば十分である。およそ 12 分の放電能力をもつバッテリーを確保することによって、商用電源の平均復旧時間が 60 秒以内ならば、システムのアンペアラビリティを 10^{-9} 以下に保障することが可能である。さらに、比較的長時間である一般停電に関しては、バッテリーの容量を増加させる方策と、バッテリーと予備発電機との併用方策の、どちらが経済的に有利であるかを議論することが望ましい。このような予備電源の経済的評価の問題は、信頼性的観点からも重要であり、今後の課題として期待されるであろう。

参考文献

- 1) 情報処理学会編：新版情報処理ハンドブック，p. 1166，オーム社（1982）。
- 2) 向殿政男編：コンピュータシステムの高信頼化技術入門，p. 249，日本規格協会（1988）。
- 3) 定由征次：無停電電源装置（UPS）導入実戦ガイド，p. 284，電気書院（1989）。
- 4) 資源エネルギー庁公益事業部技術課編：昭和 61 年度電気事故統計，資源エネルギー庁（1987）。
- 5) Nakagawa, T. and Osaki, S.: Stochastic Behavior of a Two-unit Standby Redundant System, *INFOR*, Vol. 12, No. 1, pp. 66-70 (1974).

(平成元年 8 月 3 日受付)

(平成 2 年 1 月 16 日採録)

**安井 一民 (正会員)**

昭和11年生。昭和49年名城大学理工学部数学科卒業。工学博士。昭和30年中部電力(株)入社。情報処理システムの分析・設計・開発に従事。平成元年愛知工業大学経営工学科助教授。現在に至る。計算機システムの信頼性の研究に従事。電子情報通信学会, 日本OR学会各会員。

**中川 肇夫 (正会員)**

昭和17年生。昭和42年名古屋工業大学工学研究科計測工学専攻修士課程修了。工学博士。昭和42年名城大学理工学部助手。昭和53年同大学助教授。昭和63年愛知工業大学経営工学科教授。現在に至る。信頼性理論および計算機システムの信頼性の研究に従事。電子情報通信学会, 日本OR学会, 日本経営工学会各会員。

**本告 光男 (正会員)**

大正14年生。昭和22年多賀工業専門学校電気科卒業。工学博士。昭和22年中部配電(株)(現中部電力(株))入社。発電関係業務, ORの開発・応用, 情報処理システムの分析・設計・開発・管理に従事。昭和60年愛知工業大学経営工学科教授。現在に至る。ORの応用に関する研究に従事。電気学会, 電子情報通信学会, 日本OR学会各会員。