HOKKAIDO UNIVERSITY

Title	高発熱通信機室用空調システムの信頼度の検討 ： その1 空調システム信頼度の簡易計算方法
Author(s)	羽山, 広文; 三瓶, 実; 中尾, 正喜 他
Citation	大会学術講演梗概集. D, 環境工学, 1991, 1093-1094
Issue Date	1991-08-01
Doc URL	https://hdl.handle.net/2115/50546
Rights	日本建築学会. 本文データは学協会の許諾に基づきCiNiiから複製したものである.
Type	journal article
File Information	GKKD-K_1093-1094.pdf

Hokkaido University Collection of Scholarly and Academic Papers : HUSCAP

Architectural Institute of Japan

日本建築学会大会学術講演梗概集
(東　北)　1991 年 9 月

高発熱通信機室用空調システムの信頼度の検討

その1　空調システム信頼度の簡易計算方法

正会員○ 羽山 広文[*1]
同 三瓶 実[*1]
同 中尾 正喜[*1]
古保 静男[*2]

信頼度、空調設備、負荷計算

1．はじめに

高度情報化社会の発展にともない、情報通信ネットワークを構築する通信装置や情報処理装置などの導入が増加している。これらの装置が設置される通信および電算機室は高密度実装・高発熱化し、床面積当たりの発熱量は増加する傾向にある。このため、空調システムの故障により短時間で室温が上昇し大きな被害をもたらす恐れがあり、空調システムの信頼度設計が重要である。本報では、通信および情報処理装置を収容した建物を対象に、電源系を含めた空調システムの信頼度計算方法について報告する。

2．空調システムの信頼度と信頼度モデル

通信および情報処理装置を収容した建物では、空調システムが機器の故障や停電等で停止すると室温は時間の経過とともに変化する。したがって、空調システムの信頼度とは単なる空調システムを構成する機器の故障を扱うのではなく、故障により室温が許容値を逸脱する確率(不稼働率)で表す必要がある。

空調システムの基本的な信頼度モデルを図1に示す。空調電源と空調機は直列になり、空調機は複数台の並列構成である。

3．信頼度（不稼働率）の計算方法

3－1．故障パターンの設定

図1の信頼度モデルでは、N＋1（空調機故障N＋空調電源故障1、ただし空調機と空調電源の同時故障は無視）個の故障パターンがある。故障パターン毎にシステムの①故障率、②平均修理時間、③故障の規模(室内発熱量)を求めると以下となる。

(1) 空調機の故障

①空調機N台の内ｉ台が同時故障時の故障率

$$\lambda_c(i)=(N+1-i)\,\lambda_A\frac{N!}{(N+1-i)!\cdot(i-1)!}(\lambda_A\cdot MTTR_A)^{i-1} \quad (1)$$

②空調機N台の内ｉ台が同時故障時の平均修理時間

$$MTTR_c(i)=MTTR_A/i \quad (2)$$

③空調機N台の内ｉ台が同時故障時の故障規模

$$H_c(i)=H_r-H_A\cdot(N-i) \quad (3)$$

(2) 空調電源の故障

①空調電源の故障率　$\lambda_c=\lambda_{cs}$　(4)

②空調電源の平均修理時間　$MTTR_c=MTTR_{cs}$　(5)

③空調電源故障時の故障規模　$H_c=H_r$　(6)

3－2．許容室温超過確率の計算法

(1) 故障後の室温変化：　空調システム故障後の室温変化の例を表2の条件で求め図2に示す。この結果、室温は外壁の貫流負荷の影響を受け故障発生時刻により異なる。故障日時が特定できれば故障後の室温は動的熱負荷計算で求められるが、故障はランダムに発生するため、この方法で全故障パターンの室温を求める

表1　記号表

λ ：故障率	U ：不稼働率
$MTTR$：平均修理時間(h)	Q_r ：室内の熱容量(W/℃)
H_r ：室内発熱量(W)	W_s ：壁体の熱貫大係数(W/℃)
H_c ：故障時の室内発熱量(W)	W_v ：換気の熱貫大係数(W/℃)
H_A ：空調機の冷却能力(W)	θ_s ：故障時の室温(℃)
N ：空調機台数	$\theta_r(t)$：故障後t時間の室温(℃)
c ：故障パターンを示すインデックス	t ：時間(h)
cs ：空調電源を示すインデックス	θ_{so} ：外気条件(℃)
A ：空調機を示すインデックス	$g(\theta_{so})$：外気条件の確率密度

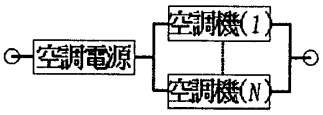

図1 空調システムの信頼度モデル

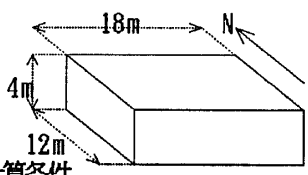

表2　計算条件

床面積　：216(㎡)	室内の容積　：1296(㎥)
外壁面積　：456(㎡)	室内の発熱密度：100(W/㎡)
外壁の熱伝導率:1.63(W/m℃)	室外側熱伝達率:23.3(W/m²℃
外壁の比熱　：0.29(W/kg)	室内側熱伝達率:9.3(W/m²℃)
外壁の比重量：2200(kg/m³)	計算方法　：差分法
外壁の厚さ　：150(mm)	外気条件　：周期定常(図2)
室内の熱容量：11.6(W/m²℃)	日射吸収率　：0.7

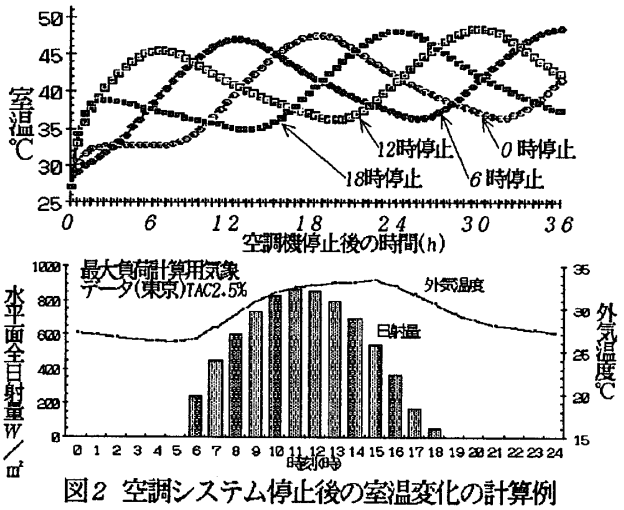

図2 空調システム停止後の室温変化の計算例

Reliability analysis of airconditioning system for telecommunications equipment rooms
Part I Design method of reliability analysis

4547

HAYAMA Hirofumi et al.

NII-Electronic Library Service

Architectural Institute of Japan

には膨大な計算量が必要となる。したがって、故障後の室温を一定の外気条件で求め計算の簡略化を図った。

(2) 許容室温逸脱の時間と外気条件の関係： 壁体および換気の熱移動を定常とすると室内の熱平衡は次式で表される。

$$Q_r\frac{d\theta_r(t)}{dt}=W_s\{\theta_s-\theta_r(t)\}+W_v\{\theta_o-\theta_r(t)\}+H_c \quad (7)$$

$t=0$で$\theta_r(0)=\theta_c$として(7)式を解く。故障時の室温から許容室温までの温度差を$\Delta T=\theta_r(t)-\theta_c$とすると、故障発生後t時間後の室温上昇と外気条件の関係は次式となる。外気条件θ_{so}は時間tの関数である。

$$\theta_{so}=\theta_c+\frac{\Delta T}{1-EXP(-\frac{W_s+W_v}{Q_r}t)}-\frac{H_c}{W_s+W_v} \quad (8)$$

ただし、$\theta_{so}=\frac{W_s\cdot\theta_s+W_v\cdot\theta_o}{W_s+W_v}$ (9)

一方、(8)式の逆関数は外気条件θ_{so}で故障が発生した場合、許容温度に達する時間であり次式となる。

$$t(\theta_{so})=\frac{-Q_r}{W_s+W_v}\cdot\ln\left\{1-\frac{\Delta T}{\theta_{so}-\theta_c+\frac{H_c}{W_s+W_v}}\right\} \quad (10)$$

ただし、$0\leqq t(\theta_{so})<\infty$

(3) 外気条件： 外気条件θ_{so}は標準年気象データの毎正時データを用い、建物の形状、日射吸収率を考慮した日平均相当外気温度θ_sと日平均外気温度θ_oを求め(9)式でθ_{so}(365/年間) を算出する。これを用い外気条件の確率密度関数$g(\theta_{so})$を求める。

(4) 許容温度の超過確率分布： 故障後室温が変化しt時間後に許容室温を逸脱する確率は次式で表される。

$$P_c=\int_0^\infty g(\theta_{so})\cdot P\{MTTR_c\geqq t(\theta_{so})\}\,d\theta_{so} \quad (11)$$

$P\{MTTR_c\geqq t(\theta_{so})\}$は故障後$t(\theta_{so})$時間後に故障が継続している確率を示しており、(11)式は故障がランダム発生ならば次式に書き換えることができる。

$$P_c=\int_0^\infty g(\theta_{so})\cdot EXP\left(-\frac{t(\theta_{so})}{MTTR_c}\right)d\theta_{so} \quad (12)$$

(5) 不稼働率： システム全体の不稼働率Uは故障パターン毎の不稼働率の総和で求められる。

$$U=\sum_{c=1}^{m}P_c\cdot\lambda_c\cdot MTTR_c \quad (13)$$

4．計算精度の検討

上記の簡易計算法と清算法で求めた不稼働率を図3に示す。計算は空調機1台の構成とし、平均修理時間をパラメータに表3の条件で行った。清算法は差分法を用い、年間3時間毎(2920回)の故障発生を仮定し、故障後100時間迄の毎時刻の室温を求め許容室温の逸脱確率(不稼働率)を算出した。この結果、簡易計算法は清算法よりやや大きな値となるが、信頼度の検討としては十分実用的な精度といえる。

5．計算例

図1の構成で空調システムの不稼働率を簡易計算法で求め図4に示す。計算は表4に示す条件で行った。この結果、空調機台数の増加にともない不稼働率は減少するが、空調電源の信頼性がネックとなり頭打ちとなる。発熱密度の増大にともない不稼働率は増加の傾向となる。

6．まとめ

空調システムの信頼性を容易に求める簡易計算方法を検討した。清算法との精度比較、信頼度計算例を示し本計算法の有効性を明らかにした。

■参考文献
(1)松島他,通信機室における空調装置の信頼度設計法,空気調和・衛生工学会学術講演会論文集(1984-10)
(2)大島他,通信装置用空調システムの信頼度の検討,空気調和・衛生工学会学術講演会論文集(1989-10)

表3 計算条件

建物条件：表2と同様
空調機故障率：1×10^{-4}
平均修理時間：0～60(h)
発熱密度：100(W/m²)
許容室温：40(℃)
外気条件：標準年気象データ 新東京

表4 計算条件

建物条件：表2と同様
空調電源故障率：1×10^{-6}
空調電源平均修理時間：1(h)
空調機故障率：1×10^{-4}
空調機平均修理時間：50(h)
発熱密度：100～900(W/m²)
許容室温：40(℃)
外気条件：標準年気象データ 新東京
空調機容量：15(kW/台)

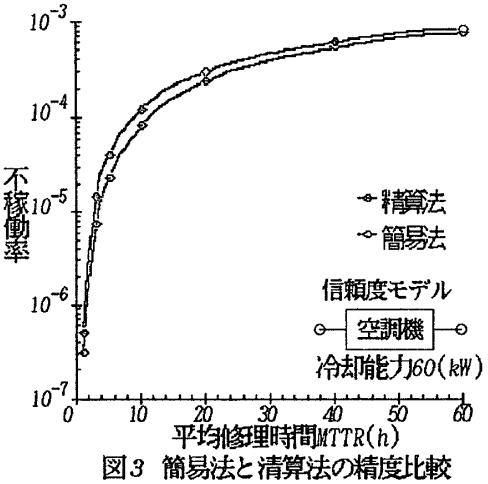

図3 簡易法と清算法の精度比較

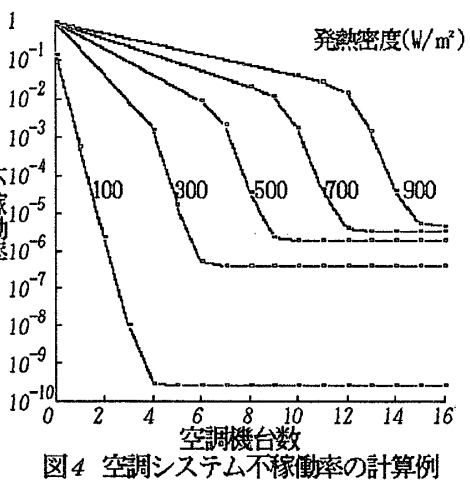

図4 空調システム不稼働率の計算例

*1 NTT建築部 建築技術開発室 *2NTT総合企画本部

NII-Electronic Library Service