

情報処理用空調システムの信頼性評価に関する研究
その1 計算方法の概要と計算例

正会員 ○ 阿南陽介*1
同 羽山広文*2
同 絵内正道*3
同 森 太郎*4
非会員 石沢輝彦*5

信頼性評価 情報処理室 空調システム

1. はじめに

メディア情報を大量・高速に処理・伝達する情報システムは、今日の高度情報社会の中で、重要な役割を果たしている。情報システムを構築する機器は、高密度・大容量化のため発熱量が大きく、これらを設置した機械室の発熱密度は一般オフィスと比較すると著しく高くなっている。情報システムのダウンは、社会的な影響も大きなことから、情報システムの適正な運用には、機器冷却用温度条件を常時要求される範囲に維持することが求められる。

このことから、情報処理室用空調システムは、室内に設置された機器が許容する室温を維持する必要がある、高い信頼性が求められる。信頼性の評価に空調機停止後の室温変化を考慮した研究は、大島ら¹⁾、羽山ら²⁾によってなされている。しかし、最近の空調システムはその構成を益々複雑にしているので、従来技術によって信頼性評価を行うことは困難となってきている。

そこで、情報処理室の空調設備に関し、より複雑な系統の解析にも耐えうる信頼性評価方法の明確化が必要となっている。これの解決にあたり、渡辺ら³⁾が空調システムの機械的な評価法、近似を用いた評価法を発明し、特許を申請している。本研究では、この評価方法の紹介と、それを利用した事例検討を行う。

2. サブシステムを利用した評価方法

空調システム構成例(商用電源、予備発電機、空調機3台)に対する信頼性評価方法の概要を図1、図2に示す。従来の評価方法(図1)では、全ての空調機器を対象にマルコフモデルにより解析し、不稼働率を求めた。²⁾システム検討の場面では、様々な構成のシステムを解析して結果を比較することにより最適なシステム構成が探求される。これを

能率的に行うには、上記の解析を機械的に実施する方法が必須である。

そこで、解析対象となる空調システムを、挙動が独立なサブシステムに分割して、まずはそれらのサブシステムのマルコフ過程(以下、サブマルコフ過程)を作成する。これらを組み合わせて、以降は機械的に解析する手法を提示する。計算のフローチャートを図3に示す。

3. 近似を用いた評価方法

システム構成が複雑になると上記の方法でも、解析の基礎となるマルコフ過程の状態数が爆発的に増えるので、計算時間や精度の面で現実的ではなくなる。そこで、サブマルコフ過程を利用した、計算量を削減する近似方法を提示する。

サブシステムの空調能力の劣化段階は一般には2つ(空調能力の無い段階と、完全に失われている段階)にとどまらないが、これを図4のように2つしかないものと仮定する。これをサブシステムの1ユニット化と言うことにする。本評価方法は、この1ユニット化を利用し、挟み撃ちの原理によって、逐次計算精度を向上させ、所定の計算精度に達すると、そこで計算を終わりとする近似方法である。このフローチャートを図5に示す。つまり計算結果は次のようになる。

$$\alpha_1 < \alpha_2 < \dots < \alpha_m < \text{真の値} < \beta_m < \dots < \beta_2 < \beta_1$$

(m<サブシステム総数)

4. 検討事例

建築設備の機器構成を各種変化させ、空調設備の不稼働率を求めた。なお、図7、図8に示したグラフは図6に示す計算条件を用いた。

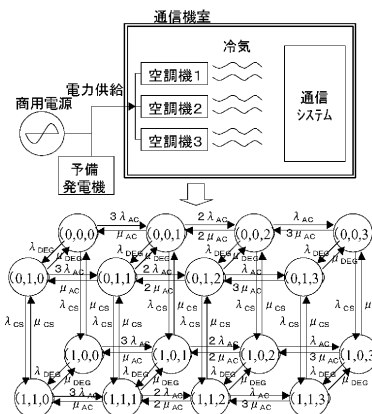


図1 従来の評価方法

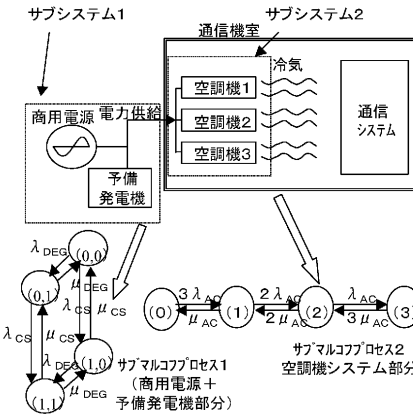


図2 サブマルコフ過程

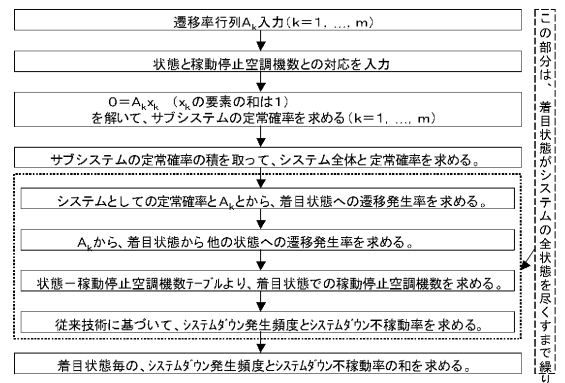


図3 サブシステム計算フロー

この部分は、着目状態がシステム全体の全状態を尽くすまで繰り返す。

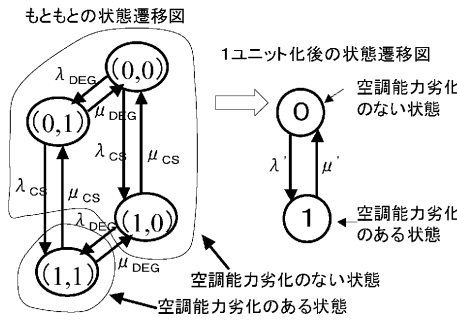


図4 1ユニット化モデル

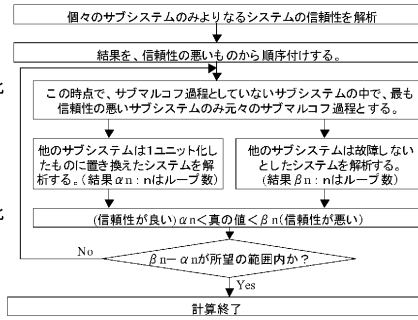


図5 近似計算フロー

床面積	: 780[m ²]	室内の発熱密度	: 300[W/m ²]
総発熱量	: 234[kW]	空調機不稼働率	: 9.0 × 10 ⁻³
空調機の冷却能力	: 39[kW/台]	空調機修理時間	: 50[h]
許容温度上昇	: 13[°C]	基準室温 (θ _{Br})	: 27[°C]
熱容量	: 30[Wh/m ² °C]	基準外気温 (θ _{Bo})	: 32.5[°C]
室温による冷却能力の変化係数 (C _r)	: 750[W/°C]		
外気温による冷却能力の変化係数 (C _o)	: 285[W/°C]		
外気温	: 年平均外気温 (東京)		

図6 計算条件

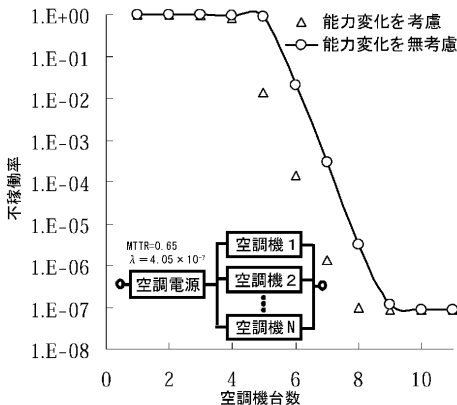


図7 空調機冷却能力の考慮

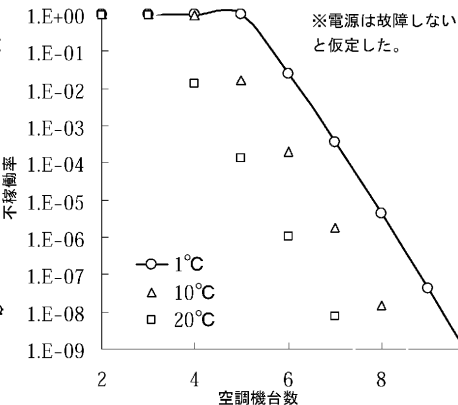


図8 許容温度ごとの信頼性評価

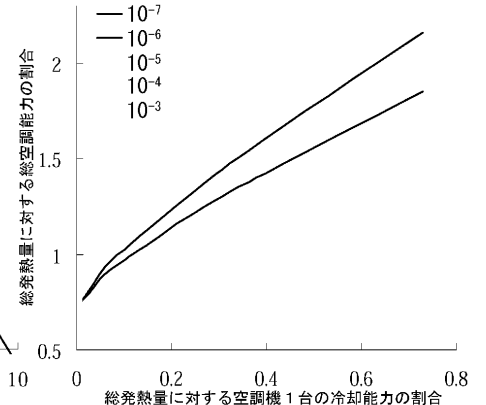


図9 不稼働率ごとの必要空調機容量

4. 1 温度による空調機冷却能力の変化

空調機の冷却能力は、空調すべき室の温度が高くなるにつれて向上するということが、羽山ら²⁾によって、明らかとなっている。H_Aを空調機の冷却能力、H_{BA}を空調機の定格冷却能力とすると、H_Aは次式によって表される。

$$H_A = H_{BA} - C_r (\theta_{Br} - \theta_r) - C_o (\theta_o - \theta_{Bo})$$

これを考慮に入れ、空調機台数と不稼働率の関係を示したものを図7に示す。この結果、能力変化の考慮の有無にかかわらず、空調機台数を増やしていくと、最終的には電源の信頼性に収束することがわかった。また、空調機の能力変化の考慮は信頼性を検討するにあたって、無視できない影響があるということがわかった。

4. 2 許容温度

前項では、空調機の冷却能力は室温の上昇に伴って向上することを示した。そのことから、許容温度の範囲の拡張は、予備空調機の削減につながると考えられる。図8に許容温度ごとの空調機台数と不稼働率の関係を示す。この結果、許容温度の範囲を拡張すると、空調機台数に対する不稼働率の変化の割合は変わらないが、必要空調機台数は削減されることがわかった。

4. 3 空調機の台数と冷却能力

冷却が必要な発熱量が与えられたとき、設計者は最適な空調機一台の冷却能力と空調機台数を知る必要がある。そこで、それを知るためのチャート(図9)を作成した。この

結果、低い信頼性で満足する機器であれば、空調機構成による必要空調容量の変化はほとんど無い。しかし、高い信頼性を要求すべき機器であれば、小型の空調機を多数用意した方が、必要空調容量は少なく済むことがわかった。

5. まとめ

高発熱な情報処理室における、空調設備の信頼性の評価方法に関し検討した結果、以下の結論が得られた。

- 1) 多様な構成システムを能率的に解析するため、空調システムの信頼性評価を機械的に行える解析方法を提示した。
- 2) 複雑なシステムを評価するために、計算量を削減できる近似方法を提示した。
- 3) 高発熱室の信頼性評価にあたり、室温変化による空調機冷却能力の変化の考慮は無視できない。また、許容温度範囲の拡張は予備機削減に寄与することがわかった。
- 4) 高い信頼性を要求すべき機器であればあるほど、多数の機器で構成されたシステムにした方が、必要空調容量は少なく済むことがわかった。

謝辞

本論文執筆にあたり、ご協力いただいた日本電信電話株式会社 サービスインテグレーション基盤研究所の渡辺等氏、林正博氏に深く感謝の意を表します。

参考・引用文献

- 1) 大島一夫, 実川博史: 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, pp. 197-200, 1989. 10
- 2) 羽山広文, 大島一夫, 高草木明, 松島修: 日本建築学会計画系論文集 第507号, pp. 71-78, 1998. 5
- 3) システム信頼性解析装置及び方法 特許出願中

*1 北海道大学大学院工学研究科修士課程
 *2 北海道大学大学院工学研究科助教授・工博
 *3 北海道大学大学院工学研究科教授・工博
 *4 北海道大学大学院工学研究科助手・工博
 *5 NTT ファシリティーズ研究開発本部・工修

*1 Graduate student, Graduate school of Eng., Hokkaido Univ.
 *2 Assistant Prof., Graduate school of Eng., Hokkaido Univ., Dr. Eng.
 *3 Prof., Graduate school of Eng., Hokkaido Univ., Dr. Eng.
 *4 Inst., Graduate school of Eng., Hokkaido Univ., Dr. Eng.
 *5 Research and Development Dept., NTT Facilities, M. Eng.