

事務所建築における自動制御機器の保全実態に関する研究

保全、建築設備、故障率

正会員 原 英嗣*1
 名誉会員 尾島俊雄*2

1.はじめに

現在、建築資源の有効利用と建築の長寿命化が求められている。建築の長寿命化に伴って、建築LCCにおける建築維持管理費の増大が予測される。特に建築躯体に比べ、建築設備の寿命は短く、その保全、運用如何によって、経済面・環境面に多大な影響を与えることは容易に考えられる。

近年、建築設備の管理・運用の多くは、経済的・合理的かつ安全な運営を目的として、中央監視制御されている。これら建築設備の効率的な運用に際して、制御機器の重要性が高まるとともに、その適切な管理運用が必要である。

本研究では、築10年前後の延べ床面積5000㎡から15000㎡の事務所ビルを対象とした自動制御機器の保全実態を把握することが目的である。保全の実態を把握するために、点検結果及び修理記録から、それぞれのMTTF（平均故障時間）及び故障確率密度分布を求め、その保全状態を考察する。また、本研究は文献1)の内容を再検討し、加筆、修正したものである。

2.調査データ概要及び自動制御機器の分類

今回分析に用いたデータは、1990年から2000年までの10年間に行われた、関東の事務所用途建築13棟の自動制御機器に関する某メーカーによる機器販売記録及び点検記録である。調査対象建物概要を表1に示す。

対象建物は、築10年前後であり、延べ床面積がおおよそ5000㎡から10000㎡程度の事務所ビルである。また、各データの概要を以下に説明する。

点検履歴

1991年～2000年の10年間に行われた保守対象の機器レベルの点検結果が記録されたものである。各機器を良好、調整後良好、要注意、故障の4段階に分類して評価を行っている。本論においては、点検履歴による故障の評価を故障時と捉える。

機器販売記録

1991年～2000年の10年間に行われた機器及び部品の販売記録であり、部品から故障対象機器の把握が可能なものである。本論においては、機器販売時を機器の機能回復と捉える。

今回の分析対象は、主に空調・熱源設備の制御に用いられる自動制御機器であり、これらを機能別に、センサー・計量器、調節器、変換器、操作器の4つに分類した。各分類の機能を表2に示す。

表1 調査建物概要

建物	用途	延べ床面積(㎡)	竣工年月
建物A	事務所	10000	1984年1月
建物B	事務所	7912	1986年12月
建物C	事務所	6184	1987年9月
建物D	事務所	8000	1987年10月
建物E	事務所	5700	1987年10月
建物F	事務所	11700	1990年7月
建物G	事務所	11200	1990年7月
建物H	事務所	10000	1990年11月
建物I	事務所	8700	1990年12月
建物J	事務所	14000	1991年5月
建物K	事務所	10000	1991年6月
建物L	事務所	9982	1991年6月
建物M	事務所	10000	1992年3月

表2 自動制御機器の分類

分類	内容
センサー・計量器	温度センサー、湿度センサー、流量計等
調節器	アナログ式：調節器の機能がデジタル装置（マイクロプロセッサ等）で行われるもの デジタル式：調節器の機能が電流、電圧空気圧等のアナログ回路で行われるもの
変換器	トランス、電-空変換器等
操作器	制御弁、二方弁、電動ボール弁等

3.分析手法

点検履歴及び機器販売記録より、各分類ごとの故障確率を算出する。信頼性特性値の推定方法には、累積ハザード解析を行い、ワイブル分布パラメーターを求め、その後形状・尺度パラメーターより故障確率密度関数を算出する手法を用いた。ワイブル分布による故障率 $F(t)$ の算出式を示す。

$$F(t) = 1 - e^{-\left(\frac{t}{\eta}\right)^m}$$

$F(t)$:故障率関数, t :稼働時間
 m :形状パラメーター
 η :尺度パラメーター

故障率を算出するに当たり、故障までの時間として集計する故障は、点検履歴の場合は、要注意及び故障の発見時とする。機器販売に関しては、記録にある機器及び部品の発送時とし、部品の発送個数は1個に対して1個の機器に対応するものとして集計した。また、分析対象総個数は、最新の点検記録（2000年度）の自動制御機器個数とする。

今回調査したデータが1990年から2000年までの10年間分であり、それ以前のデータが無いものの、今回対象とした建物が築10年前後（1990年前後に竣工）であるので、記録以前の故障は無いものと仮定し、故障までの稼働時間は、竣工時から故障時までとした。

4.分析結果及び考察

各分類の集計値及びMTTFを表3に示す。また、分析結果より得られた故障率の確率密度分布を図1～図3に示す。変換器の点検履歴において、故障が1件であるためMTTFは算出できなかった。

結果よりセンサー・計量器に関しては、MTTFにおいて約6.4年機器販売の方が先行していることがわかる。しかし、図1の分布から稼働初期においては、故障が先行していることがわかる。

調節器においては、MTTFにおいて点検履歴が14.2年先行しており、図2の分布より機器の機能が停止してから回復するまでの時間が長く、稼働10年目において故障している機器の半数が故障したままであることがわかる。

操作器においては、MTTFにおいて点検履歴が44.2年先行しており、図3より稼働年数7年目までは、故障と回復は同時であるが、それ以降は故障しているものが増加し、稼働10年目で故障した機器全体の70%、20年目においては約30%しか機能を回復されない結果となった。

5.まとめ

本論において点検履歴と機器販売記録より故障率を算出し、保全の実態を考察した。その結果、自動制御において機能停止になってから、停止状態で数年置かれる機器が存在し、経年によりその個数が増加傾向になることが明らかになった。機器販売は人為的なものであるため、故障率を安易に算出することはできないが、調査期間の10年間に機能停止した状態で数年置かれる機器が多く存在していることがわかった。

また、自動制御機器は、建築設備においては微々たるものであるが、機能停止による空調設備に与える影響、特にエネルギー損失、快適性などを調査し、今回の結果に指標として加えることが今後の課題になると考えられる。

参考文献

- 1) 川上恵司・松村 亘・原 英嗣・高 偉俊・尾島俊雄：賃貸事務所建築における自動制御機器の保全に関する調査研究、日本建築学会関東大会学術講演梗概集、2001
- 2) 日本空調衛生設備協会：建築設備更新マニュアル、技術書院、1989
- 3) 建築設備学教科書研究会：建築設備学 教科書、彰国社、1991
- 4) 真壁 肇：信頼性工学入門、財団法人 日本規格協会、1985

表3 各分類の集計結果及びMTTR

	点検履歴	機器販売
センサー・計量器	総個数	860
	故障個数	57
	打ち切り数	803
	m	6.33
	MTTF (年)	15.7
調節器	総個数	3006
	故障個数	44
	打ち切り数	2962
	m	2.57
	MTTF	45.2
変換器	総個数	1235
	故障個数	24
	打ち切り数	1211
	m	3.57
	MTTF	19.9
操作器	総個数	2249
	故障個数	31
	打ち切り数	2218
	m	1.98
	MTTF	71.9

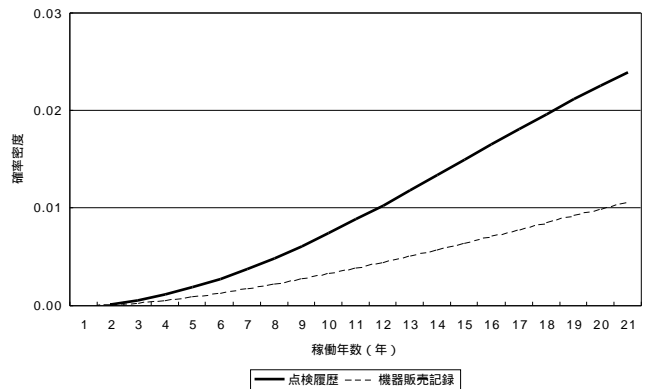


図2 故障確率密度 (調節器)

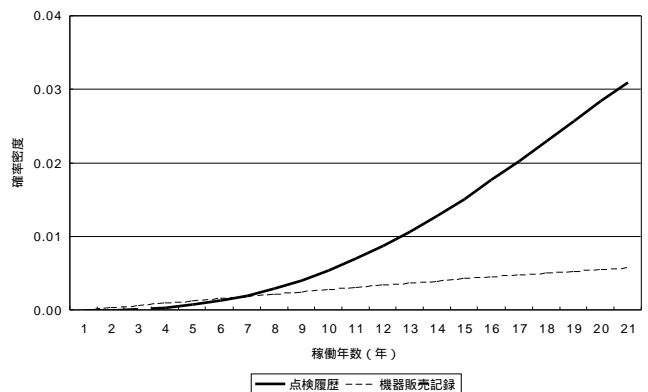


図3 故障確率密度 (操作器)

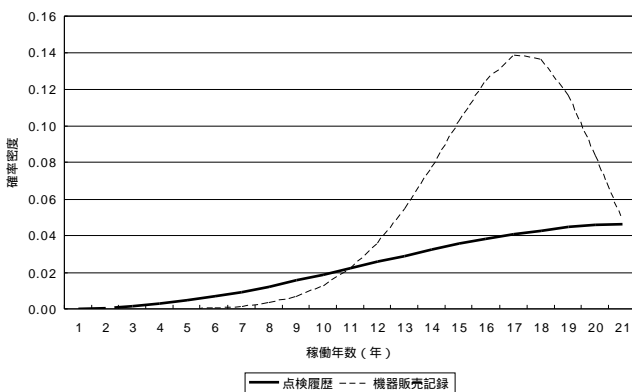


図1 故障確率密度 (センサー・計量器)

*1 早稲田大学大学院理工学研究科 博士課程・工修

*2 早稲田大学理工学部建築学科 教授・工博