

# 事務所ビルにおける故障・不具合発生と 保全体制に関する一連の研究

EHS&S 研究センター研究アドバイザー 高草木明

Keyword : 大規模事務所ビル, 故障・不具合, 保全, 信頼性解析, 修復期間

## 1. はじめに

著者が2006年から始め<sup>注1)</sup>、現在も継続している建物に発生する故障・不具合に関する研究において、対象建物は大規模事務所ビルと大中小とりまぜた病院・診療所である。本稿は、大規模事務所ビルを対象とした研究からいくつか得られた知見をピックアップする。

建物が竣工し使用が始まると、その日からさまざまな故障・不具合が発生する。故障はJISの信頼性用語に定義され、設備機器等が機能に支障をきたす事象を意味する<sup>注2)</sup>。大規模な建物にはメンテナンス員が常駐する。メンテナンス員は故障とはいえないような不具合にも出動し処置する。

建築物は、彫刻のように鑑賞するものではなくて使用するものなのである。使用上の障害となる故障・不具合について、建築界で関心が薄い。このような故障・不具合を把握することは、建築についての基本的な認識形成のための要件の一つであろう。しかし、それは建築分野の知見として共有されていない。このことは、実利的側面からも問題がある。

建築物のメンテナンス員は、当然、重要な任務の一つとして日々、故障・不具合に対応しており、そのすべてが記録されている保全現場も少なくない。しかし、それを自ら分析して公表したり、あるいはそれが研究者に提供されるようなことはほとんどない。したがって、故障・不具合の発生実態に対応した保全業務品質水準<sup>1)</sup>と保全体制の設定、また点検頻度などの保全計画が、基礎資料の不足故に十分な合理性を確保できていない現状にある。

ここに紹介する一連の研究は、このような問題意識によるものである。

## 2. 保全現場における繁忙状況の 保全品質への影響<sup>4)</sup>

保全計画において、保全員の能力、人数など保全体制の計画は保全人件費に影響が大きく、また保全の仕事の品質にかかわり極めて重要である。保全員数が過剰であれば不経済であり、不足であれば、保全現場は繁忙とな

り保全品質の低下が生じると考えられる。適切な保全体制を設定するためには、繁忙による保全品質への影響を把握することが必要である。

保全品質の重要な評価要素の一つは、故障・不具合の修復に要する時間である。保全現場の仕事は故障・不具合対応だけではなく、繁忙の要因はさまざまであるが、故障・不具合対応は居住者満足度確保のために優先度が高く、その修復の阻害要因としては、重複して生じている他の故障・不具合への対応が大きいと考えられる。

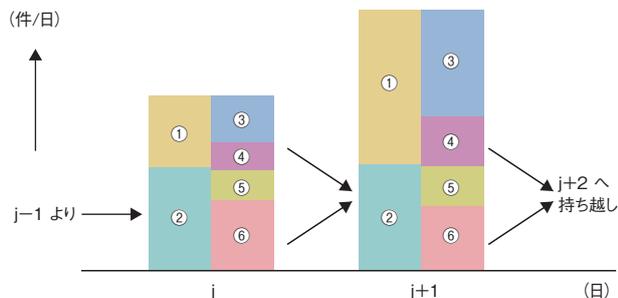
小松と高草木は、文献<sup>2)</sup>において保全現場の繁忙の程度の指標として、各故障・不具合の一つ前のものとの時間間隔、あるいはこれに一つ後のものとの時間間隔を加えた値を採り、修復時間との関連をデータ散布図により示している。この結果は、繁忙の程度が修復時間の長さに影響を及ぼしていることをうかがわせる。

信頼性工学で扱われる修理系の機器の「故障」の修復時間は、対数正規分布に従うことがよく知られている。建物には修理系の能動機器の機能に係わる、すなわち信頼性理論の対象となる「故障」以外に、多くのさまざまな不具合が発生する。これらを修復するのに要する時間も対数正規分布となることが、小松と高草木の文献<sup>2,3)</sup>に報告されている。すなわち修復時間の非常に長い故障・不具合があり、その期間中に他の故障・不具合の発生が多い日もあれば少ない日もあるから、故障・不具合発生時前後の状況だけでは、繁忙状況と修復時間との関係を正確に捉えることは難しい。

本研究では、故障・不具合の修復進捗の阻害要因としての日々の繁忙状況を、その日に新規に発生したものと前日来の継続のものを合わせ保全員がその日に取り組みねばならない故障・不具合の件数によって表わし、その影響は、翌日への持ち越しの件数の割合に顕れるものと考えた。保全記録データの分析によりこの関係を把握し、繁忙を原因とする保全時間の延伸を定量化して、個々の保全現場において保全体制の過不足状況を評価する方法を提供した。

保全現場における故障・不具合の日々の件数の状況は、図1のように表現される。

保全現場において、その日に取り組みねばならない故



- ①その日新たに発生した故障・不具合件数
- ②前日以前からの持ち越し件数
- ③新たに発生した故障・不具合のうち、その日に修復が完了した件数
- ④新たに発生した故障・不具合のうち、その日に修復が完了せず翌日以降に持ち越しとなった件数
- ⑤前日以前からの持ち越しの故障・不具合のうち、その日に修復が完了した件数
- ⑥前日以前からの持ち越しの故障・不具合のうち、その日に修復が完了せず翌日以降に持ち越しとなった件数

図1 保全現場における故障・不具合件数の日々の状況（説明図）

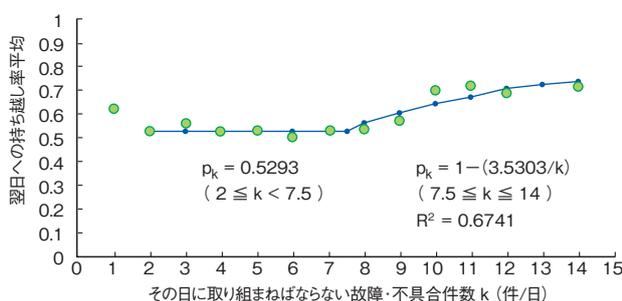


図2 その日に取り組まねばならない故障・不具合件数kに対する翌日への持ち越し率の各kについての平均値 $p_k$

障・不具合件数を $k$ (件/日)とする。これは、前日から修復未了のまま持ち越されたものと、その日に新たに発生したものの合計件数(①+②, 件/日)とする。

図2は、某大規模事務所ビル(Aビル, 延床面積 $74,827\text{m}^2$ )の保全記録による故障・不具合発生件数と修復時間のデータから、その日に取り組まねばならない故障・不具合件数 $k$ に対し、翌日への持ち越し率((④+⑥)/(①+②))の各 $k$ についての平均値 $p_k$ をプロットしたものである。 $k=1$ で $p_k$ はやや大きな値となる。 $k=2\sim k=8$ では $p_k$ に大きな差がない。

新規故障・不具合の発生件数①については、全く発生しない日が特に多い。1件のみ発生する日はこれに比べ少ない。一方、前日より持ち越された故障・不具合の件数②については、0件の場合と1件の場合に大差がない。 $k=1$ となるのは、①が1件で②が0件、あるいは①が0件で②が1件の場合である。 $k=1$ となるのは、後者の方が多いのは明らかである。よって、 $k=1$ においては翌日への持ち越し率平均がやや大きな値となるのは当然である。

$k=2\sim k=8$ では $p_k$ に大きな差がないということは、この調査建物の保全体制では、平均的には8件/日程度までの故障・不具合に対しては余裕があり、繁忙の故に翌日への持ち越しの件数の割合が増えるということがないと判断できる。 $k=1\sim k=8$ の間の $p_k$ は、現状の保

全体制の処理能力内での基礎的な(繁忙の影響がない)持ち越し率と考えられる。

繁忙の影響がない $k$ の上限を $k=A$ とする。 $k=2\sim A$ における持ち越し率を $\mu$ とする。 $A$ を超えた分は翌日に持ち越すとすれば、 $k\geq A$ における持ち越し率は、

$$p_k = \{A \times \mu + (k - A)\} / k, \quad (k \geq A)$$

となる。

### 3. 保全記録データに基づく信頼性解析<sup>5,6)</sup>

#### 3.1 電気設備

設備の故障の多くは、環境ストレスと動作ストレスとによって発生する。電気設備は空調設備機器に比べ、水との接触がなく、駆動部も少ないから受変電設備の主要機器の機能停止による停電など深刻な支障をもたらすような故障は非常に少ない。

事務所ビルの保全記録を調査し、保全員の稼働が発生したあらゆる故障・不具合の実態について調査研究を行ってきた。たとえば、故障とはいえない便器の詰まりなども含めている。この研究結果によれば、電気設備における軽微な不具合の発生件数は少なくない。その多くは末端のコンセント設備や照明設備などに発生している。

建物の保全では、建物機能の十全の維持を目標としている。建物のごく一部の機能についての支障であっても、建物の性能評価に加える必要がある。このような観点から、本研究では某大規模事務所ビル2件(AビルとBビル, Aビルは前出, Bビルの延床面積は $142,759\text{m}^2$ )の保全記録データに基づき、電気設備に発生する故障・不具合の特徴を捉えたうえで、故障・不具合の信頼性解析を行った。電気設備全体を一つの信頼性対象のアイテムと捉えて、その信頼性はJISの「信頼性」の定義を踏まえ、「規定の期間中、要求された機能を果たすことができる性質」とする。ここで、「要求された機能」とは、当該建物における電気設備の機能に全く支障がないこととする。このようにして機能停止をきたさない軽微な不具合も対象に加えて信頼性の把握を行い、電気設備の設計と保全の品質向上に向けた基礎資料を提供することを研究の目的とした。このような電気設備全体にかかわる信頼性を定量化した値は、冗長設計の資料となるものではないが、たとえば、SLA/KPI (Service Level Agreement/Key Performance Indicator) における目標設定や、保全計画における保全員数や点検頻度の設定などに有用である。

故障・不具合発生間隔の分布関数、修復時間の分布関数が得られれば、これを用いてモンテカルロ法で故障・不具合の発生をシミュレーションすることなどが可能となり、保全計画などに有用な基礎資料となると考えられる。今後、実態データの分析の蓄積が必要である。

AビルとBビルの電気設備関連の故障・不具合の間隔

表1 故障・不具合の間隔と発生件数の数え方

日	故障・不具合番号	故障・不具合間隔
1	①	0.25
	②	0.25
	③	0.25
	④	0.25
2	⑤	0.3333
	⑥	0.3333
	⑦	0.3333
3	発生なし	2.3333
4	発生なし	
5	⑧	0.5
	⑨	
6	発生なし	1.5
7	⑩	
8	⑪	1 観測打ち切り
計	11件	7(日) 不完全データ

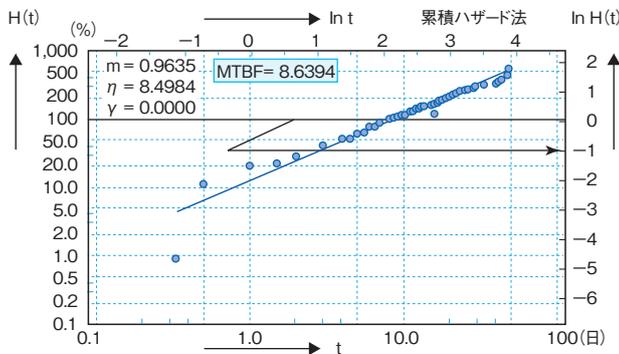


図3 Aビル電気設備関連の故障・不具合の間隔データのワイブル分析

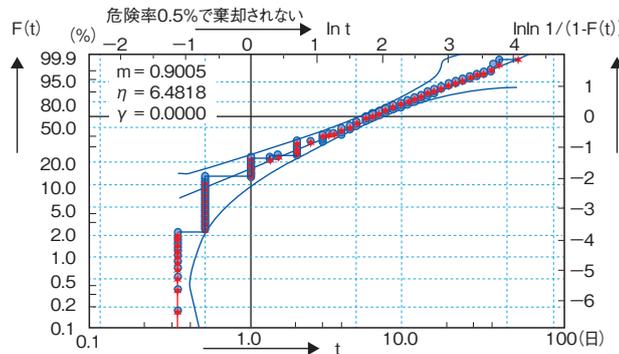


図4 Bビル電気設備関連の1日で修復される故障・不具合を除いた間隔データのワイブル分析

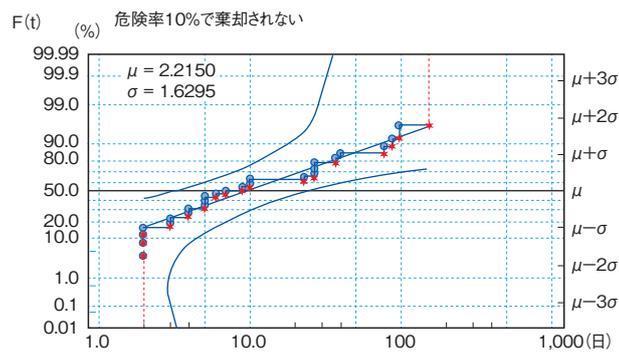


図5 Aビル電気設備故障・不具合修復日数の対数正規確率紙上のプロット (修復日数1日のデータを除く)

データについてワイブル分析を行った。Aビル、Bビルとも故障・不具合の間隔は日単位とし、1日に複数件発生している場合には、件数の逆数を間隔データとし、翌日までの間隔をこの件数の逆数とした。表1に故障・不具合の間隔と発生件数の数え方を示す(わかりやすさのため、数値は実態値ではない)。

Aビルの故障・不具合の間隔データ(不完全データ)のワイブル確率紙上への累積ハザード法によるプロットとその回帰直線を図3に示す。

K-S検定(Kolmogorov-Smirnov test)を行うと、危険率10%(両側)で棄却されない。形状パラメータは0.96であり1に近く、指数分布に近似でき、故障・不具合はほぼ偶発的に発生しているといえる。

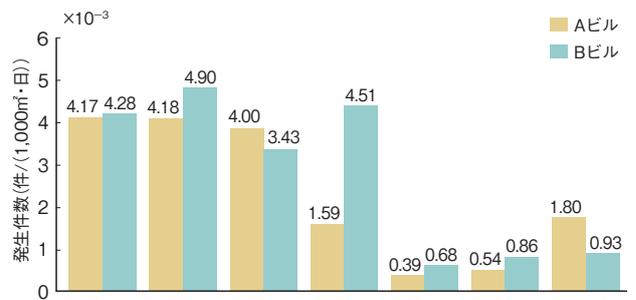
大規模なため故障・不具合間隔の著しく小さいBビルでは、修復が1日で終了する軽微な故障・不具合を除外して、それ以外の重要性の高い故障・不具合(569件)の間隔についてメジアンランク法でワイブル分析を行った。この結果を図4に示す。K-S検定で危険率0.5%(両側)で棄却されない。

Aビルでは、1日で修復が完了する188件(全件数の87.85%)のデータを除外し、2日以上での26件の修復日数のデータを対数正規確率紙上にメジアンランク法によりプロットした。回帰直線とK-S検定の危険率10%の判定線とともに図5に示す。危険率10%で棄却されない。

### 3.2 空調設備と衛生設備

大規模事務所ビル2件(Aビル、Bビル)の保全記録に基づき、空調設備と衛生設備にかかわる故障・不具合の発生について特徴を捉え、また、信頼性解析を行った。空調・衛生設備の故障・不具合の発生の特徴に関し得られた主な知見は、以下のようにまとめられる。

- 故障・不具合発生件数の原単位として、1,000m<sup>2</sup>・日当たり件数を求めた。これを図6に示す。
- 故障・不具合発生は、居住者からの「申告」によってビル管理者に知らされる割合が大きい。特に衛生設備



※Aビルの電気設備のデータには受変電設備と中央監視装置に関する故障・不具合が含まれていない  
 ※Bビルには地下1階と1階に店舗・飲食店があり、衛生設備の故障・不具合数に特にその影響がある  
 ※Bビルのデータは、故障・不具合発生件数の多い初期故障期を含んでいる

図6 建物・設備区分別の故障・不具合発生件数

において顕著である。故障・不具合が居住者に知覚される割合が大きいということであり、この割合は居住者の快適性満足度への影響が大きいと考えられる。

- 空調・衛生設備の故障・不具合の原因区別や、曜日別・時間帯別、また階別の発生割合を示し、原因と現象、および発生場所と時間という観点からの特徴を明らかにした。

空調・衛生設備の故障・不具合データに信頼性解析を適用して得られた主な知見は、以下のようにまとめられる。

- 事務室部の階別、および事務室部の間隔データ全体により故障・不具合発生間隔のワイブル分析を行い、2件のビルとも、空調設備、衛生設備それぞれによくあてはまるワイブル分布が得られた。階別のMTBFには大きなばらつきがあるが、形状パラメータはばらつきが小さく、平均的には0.7~0.8程度であり、ほぼランダムに発生していると見做すことができる。図7はAビルの事務室部空調設備の故障・不具合間隔のワイブルプロットである。
- Bビルでは竣工以来の故障・不具合のデータにより、初期1年間の月単位の平均故障率 [件/(月・1,000m<sup>2</sup>)] について、対数関数による回帰式(決定係数は、空調では0.6833、衛生では0.6975)が得られた。初期故障期の故障率変化が数式で捉えられた。図8は空調設備の場合である。

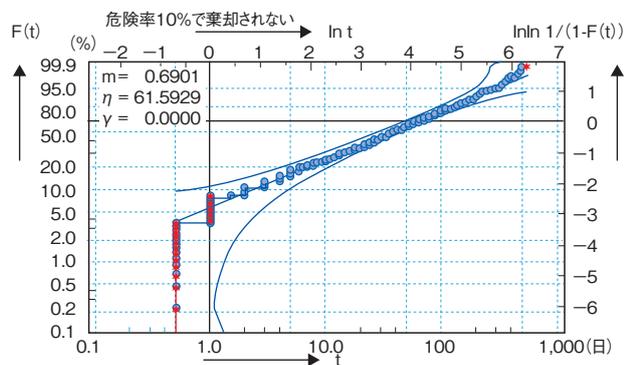


図7 Aビルの事務室部空調設備の故障・不具合間隔のワイブルプロット

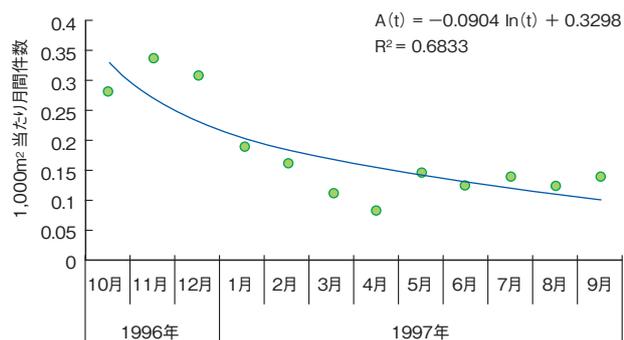


図8 空調設備初期故障期の月次の平均故障率とその回帰曲線

- Aビル、Bビルの故障・不具合について、修復に要した日数の度数分布(件数割合(%))を示した(図は省略)。当日に修復が修了する割合が、いずれの場合も80%を超えている。平均修復日数はAビル、Bビルとも空調設備のほうが長い。

## 4. 故障・不具合の発生の特性と修復所要日数<sup>7)</sup>

### 4.1 故障・不具合に関する記録業務の水準調査

建物の現場での保全業務品質の水準には建物によってばらつきがあると考えられる。著者らは文献<sup>1)</sup>、<sup>注3)</sup>に細分した保全業務個々の水準を具体的な仕事の仕方として表現した。この業務水準の分類を用い、表2に示す13件の事務所建物において、どの水準で業務がなされているかを調査した。この調査は建物の保全を請け負う会社、または保全現場を訪問し、担当者から直接ヒアリングを行った。建物所有企業はBビルとDビルが同じ、他はすべて異なる。

ここではこの調査結果のうち、故障・不具合の記録の水準に関する6つの質問とその回答の結果を示す。

①故障・不具合の発生状況の記録の対象について、下記のL1~L4の選択肢を設けてどの水準が採用されているかを質問した。

L1: 故障・不具合の状況・原因・処置結果を主なものだけでなく、些細な故障・不具合についても記録している

L2: 主な故障・不具合の状況・原因・処置結果について記録している

L3: 主な故障・不具合の状況のみ記録している

L4: 故障・不具合の状況を記録していない

これに対し、IビルがL3と回答し、他はすべてL1と回答した。多くのビルでかなり詳細な保全記録が残されていることがわかる。

②故障・不具合の発生時刻と修復に要した時間の記録については、次の中からの選択を求めた。

L1: 故障・不具合の発生時刻および修復完了時刻を記録している

L2: 故障・不具合の発生時刻のみを記録している

L3: 故障・不具合の発生時刻を記録していない

表2 調査対象事務所建物延床面積

Aビル	約160,000m <sup>2</sup>	Fビル	25,462m <sup>2</sup>	Kビル	6,291m <sup>2</sup>
Bビル	142,759m <sup>2</sup>	Gビル	21,251m <sup>2</sup>	Lビル	5,975m <sup>2</sup>
Cビル	82,857m <sup>2</sup>	Hビル	13,858m <sup>2</sup>	Mビル	約3,000m <sup>2</sup>
Dビル	74,827m <sup>2</sup>	Iビル	11,883m <sup>2</sup>		
Eビル	55,556m <sup>2</sup>	Jビル	約10,000m <sup>2</sup>		

※延床面積が概数となっている建物は、調査への回答の匿名性の徹底を期したいという回答者の意向による

これに対し、Cビル、Kビル、LビルがL2と回答、IビルがL3、他はすべてL1であった。約7割が発生時刻と修復完了時刻とを記録している。

③現時点で処置を完了していない故障・不具合の保全記録上の管理について、次の選択肢を設けた。

L1: 現時点で処置を完了していない故障・不具合を記録し、担当者以外でも情報共有で把握できるようになっている

L2: 故障・不具合に対応した担当者のみが把握している

L3: 現時点で処置を完了していない故障・不具合を記録していない

この質問にはCビルとMビルのみがL2と回答し、他はL1であった。どのビルでも、保全記録において、処置を終えていない故障・不具合はわかるようになっている。

④修理費、修理依頼先の記録等について、次の選択肢を設けて質問した。

L1: 修理費に加え、修理依頼先、修理内容等が記録されており、検索可能な状態となっていて、他のビルとも情報を共有している

L2: 修理費、修理依頼先、修理内容等が記録されているが、他のビルとの情報共有はしていない

L3: 修理費の把握には都度、経理台帳等を調べる

この質問には、F・G・H・IビルがL1、A・B・C・J・K・LビルがL2、D・E・MビルがL3であった。約77%の保全現場が修理費等を記録している。

⑤保全記録に基づく非修理系の器具・部品の寿命の把握と、予備品管理に関して次の水準を設定した。

L1: 非修理系の器具・部品について取り替えた数量と時期を記録し、寿命分布を把握して予備品を管理している

L2: 非修理系の器具・部品は取り替えた数量と時期を記録している

L3: 非修理系の器具・部品は、都度、取り替え、記録していない

これに対し、E・K・L・MビルがL2と回答し、他はL1と回答した。約70%のビルで蛍光灯などの取り替えを記録し、理論的な予備品管理を行っている。

⑥定期点検の成果の分析・評価に関し、次の選択肢を設けた。

L1: 定期点検で発見された不具合が記録され、定期点検の意義が評価されている

L1: 主要機器のみ定期点検の結果が記録されている

L1: 定期点検の結果が記録されていない

この設問に対し、L・MビルのみがL2と回答し、他はすべてL1と回答した。なお、他の質問から、機器等の定期点検、定期取り替えの周期は調査ビル13件すべてで計画され決められていることがわかっている。

この調査で、先に挙げた既往研究や本研究に用いているような保全記録は重要視され、高い水準でなされている

ため珍しいものではないことがわかった。しかし、Bビル（本研究の調査対象）とDビル（本稿ではAビル、著者らによる既往研究での調査対象）以外では、データの提供はできないとのことであった。保全記録データ自体が希少なのではなく、研究に提供されるデータが希少なのである。保全記録データの分析結果等が公表されることは非常に少なく、当該ビル関係者の間でのみの知見に留まっている場合が多い。

本稿に用いたデータは、データの希少性だけでなく、保全記録としての質が高く、建物保全の模範的な基準値としてのベンチマークを提供するものであるという点の価値も大きいと思われる。

## 4.2 Bビルのデータの分析結果

某大規模事務所建物（Bビル）の故障・不具合についての保全記録データを調査分析対象とした。この記録は建物竣工以来、約11年の長期にわたり、ごく些細な事象をも含んでいる。記録された故障・不具合は、総件数で10,937件である。故障・不具合発生の特徴に関して、以下のことがいえる。

i) 建物、設備区分別発生件数、曜日別、1日の時間帯別、建物階別（建物用途別）などの発生件数、また、発生間隔の分布を示した（図は省略）。

ii) 故障・不具合の発見区分として、居住者からの「申告」、ビルオートメーションシステムからの「アラーム」、建物保全関係者による「発見」の別を示した。全体では居住者満足度に影響の大きい「申告」が65.6%を占めている。図9は建物・設備区分別故障・不具合発見区分の割合である。

現場知識に乏しい管理職や経営者等にはBAS、BEMSを過大評価し、保全情報が集約されると誤解している人が多いが、アラームにより知らされる故障・不具合の割合は大きなものではない。

iii) 竣工から1年間の初期故障期について、平均故障率の推移を実績データに基づく回帰式 ( $R^2 = 0.8093$ ) として捉えた。

使用した保全記録データは故障・不具合発生時刻と修

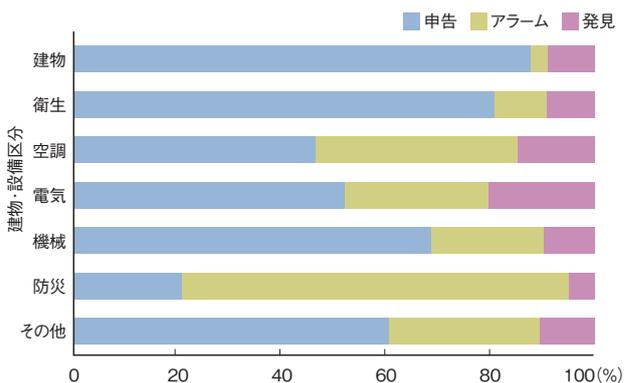


図9 建物・設備区分別故障・不具合発見区分の割合

復完了時刻とが含まれており、また、修復を外注した場合には外注先も記録されていた。このようなデータの分析から、以下の知見が得られた。

- i) 修復に要した日数の分布を示した（図は省略）。大方の故障は短時間で復旧するが、修復に長時間要するものも少数存在するという信頼性工学で知られる保全時間の分布の特徴に共通する。
  - ii) 外注率を建物・設備区分別にみると、エレベータを含む機械設備の外注率のみが特段に高いが、他は大きな相違がない。また、故障・不具合の原因区分別にみると、設備故障（機械的、電気的故障）の場合のみ外注率が50%を超える。
- 図10は、故障・不具合の建物・設備区分別外注件数と割合である。
- iii) 外注、非外注の別に修復に要した日数の分布は、1日で終了する故障・不具合のみ非外注の件数が多く、2日以上を要するものは外注の件数の方が多い。建物、衛生、空調、電気を個別にみると、それぞれの外注率は20%を若干超える程度で差は小さい。いずれにおいても、修復を外注している場合の方が修復日数が長くかかっている。図11は、建物・設備種別による平均修復日数の外注・非外注での比較である。
  - iv) 故障・不具合のモード区分別の件数を、外注と非外注の件数で分けた。モードとして特に件数が多いのは動作不能であり、機能低下がこれに次いでいる。外注率が高いのは、ガス漏れ、読値異常、制御不能、蒸気漏れなどである。

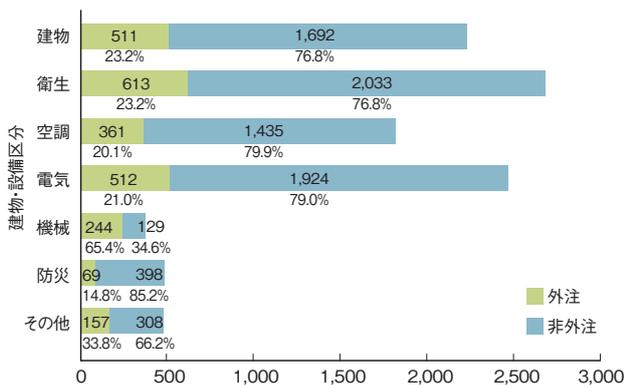


図10 故障・不具合の建物・設備区分別外注件数と割合

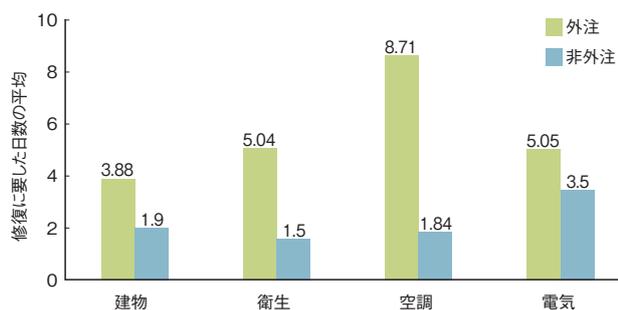


図11 建物・設備種別による平均修復日数の外注・非外注での比較

- v) 空調設備について、機器の製造メーカーあるいはその関連会社等によるサービスメンテナンスの利用状況を調べたところ、機器メーカーへの外注は10%。計装会社への外注は16%であった。調査建物では地域熱供給を受けており熱源機器がないため、2次側ではこのように少なく、多くは工事会社へ外注されている。

## 5. 修復期間の長い故障・不具合の特徴<sup>8)</sup>

大規模な事務所ビル（Bビル）における保全記録データに基づき、修復期間の長い故障・不具合について、現象面および保全処置の面からの特徴を把握するための調査研究を行った。

- 1) 修復が1日で完了する故障・不具合は、全体件数の83%を占め、修復日数が2日は8%である。3日以上1週間以内では6%、8日以上1カ月以内では3%、これ以上が1%であった。
- 2) 修復に3日以上要した故障・不具合に限ると、平均修復日数は13.1日となる。設備区分別にみると、空調、防災の平均修復日数が長い。年間の平均修復日数は、その年の故障・不具合発生件数と相関がみられ、保全現場の繁忙が影響すると考えられる。図12は年間故障・不具合発生件数と年ごとの平均修復日数との関係である。
- 3) 故障・不具合の検知方法には、居住者からの申告、アラーム、点検時の発見がある。申告によるものはビル管理上重要であり、これは全体の65%を占める。このような故障・不具合は居住者が日常的に接する設備に多く、平均修復日数は短い。保全員が優先的に速やかに対処するためと考えられる。
- 4) 居住者からの申告により検知される故障・不具合で、かつ修復日数が1週間を超えるもの、すなわち、排除すべき最重点ターゲットをピックアップし、1週間以内に処置が終わるものと現象や原因の面からの特徴を比較した。件数の順に相違がみられるものの、これらに際立った相違は認められなかった。
- 5) 故障・不具合の記録データで、衛生、空調、電気の

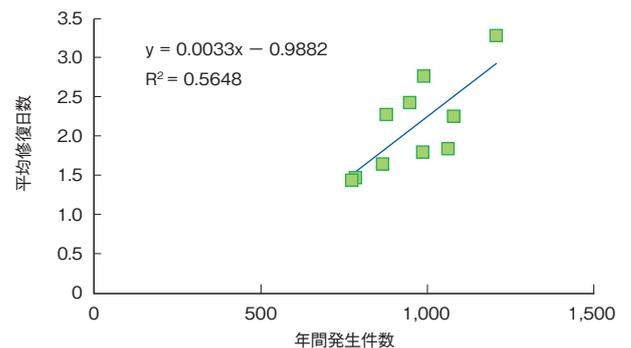


図12 年間故障・不具合発生件数と年ごとの平均修復日数との関係

別で、それぞれ修復期間の長さにおいて上位20件について、現象、保全員による確認状況、処置内容を一覧表に示した。表3は空調設備の場合である。修復期間が長くなったことについて、事情が推察できるような経緯が記録されているものもある。修復期間が長期に及ぶ故障・不具合について、基礎的な認識と把握のためにこのような具体的な提示も有効と

考えられる。

6) 本研究成果は事務所ビル管理のベンチマークとみれば、SLA/KPIにおける修復日数目標値設定が可能になると考えられる。また、修復に時間を費やす設備の項目やその原因についての具体的事例による知見は、修復時間短縮に向けた基礎資料となると思われる。

表3 修復期間が長期に及ぶ故障・不具合（空調）

発生月日	発見区分	現象	確認および応急対応または対応方針	処置	修復日数	
1	1月30日	発見	蒸気ヘッダーと熱交換器間の大流量弁より漏水	蒸気ヘッダーSH-2と熱交換器HEX-2の間の大流量弁より漏水、下にバケツを置き水滴を受ける	次の暖房期間前までにパッキンを交換	230
2	9月27日	発見	パントリー空調制御盤AP-03-5電源表示灯消灯	表示灯用トランス不良。受電整備時に対応	トランス交換で良好	145
3	11月25日	申告	厨房内の吹出しが寒いと申告あり	左記を確認	修理完了	127
4	10月23日	発見	吹出し口ACI-O22-2VAV2-1より風が吹いていないのを発見	点検時に発見し、翌日VAVの入口まで正常を確認。その後再調査予定	VAVのモーターを取り替えて良好となる	120
5	8月16日	発見	空調機ACI-06-9のマノメータが30で固着している	ACI-06-9のマノメータが30で固着している。修理依頼。11月16日マノメータ入荷	マノメータ取り替え実施。良好となる	112
6	5月17日	発見	空調機ACI-025-9から異常音が出ているのを発見	モーターのベアリングから異常音が出ている。工事会社に手配済み。修理日連絡待ち	修理依頼により手配中完了処理実施。モーター冷却ファン交換を実施。モーター交換（9月上旬）までの応急処置が終了した（8月6日）。モーター交換して良好となった（9月3日）	110
7	5月24日	申告	天井より異常音が出る	空調機ACI-020-2より異常音が発生している模様。再調査を要す	ACI運転時に照明器具が振動し、異常音が発生していた。取り付け調整して良好となる	94
8	2月22日	アラーム	給排気設備SF-010-6故障発報	サーマルトリップ。強風で煽られたため	サーマルの動作値を上げて対応。0.32より0.34へ変更。以後様子を見る。3カ月後処置完了を確認	91
9	10月23日	発見	空調機ACO-022-7の冷水2方弁が50%しか開かないものを発見する	MMIにて100%にして50%で止まってしまうのを確認	冷水2方弁を交換	83
10	3月8日	申告	28号エレベータ横の天井から異常音が出ると申告があった	ファンコイルユニットFCU-0B1-3より異常音が出ているのを確認。3月9日再調査	3月9日手配完了。3月14日にメーカーが調査、4月以降モーター交換予定とする。5月21日モーター1台、ファン2個、コンデンサー1個交換して良好となった	75
11	4月5日	発見	BASの空調画面上で25階(東側)CO <sub>2</sub> 濃度表示が0となっている。また、7階西側のCO <sub>2</sub> 濃度表示も74PPMと低い	左記を確認	空調機ACO-07-4に新しいCO <sub>2</sub> アナライザ取り付け	71
12	7月21日	アラーム	室温30℃HIアラーム発報	空調機ACE34-15冷水弁開だが冷水が流れていない。冷水ポンプCP3運転。冷水流量1.6m <sup>3</sup> /hで空回り状態だった。CP4を手動運転。CP3を停止させた冷水流量230m <sup>3</sup> /h。21時38分HIアラーム復帰	再発しないので一旦完了とした。9月末完了確認	71
13	5月15日	発見	AHU点検時、差圧オーバー(25mmH <sub>2</sub> O)を多数発見	左記を確認。6月に交換予定	中性性能フィルタ32個交換実施	61
14	4月26日	発見	空調機ACO-22-4モーターより異常音発生	左記を確認	モーターベアリング交換して良好となる	60
15	10月13日	発見	FCUから異常音が出る(FCU-29-2, 26-5, 25-5, 19-2, 16-2, 16-5, 15-2)以上7台	左記を確認	FCUのオーバーホールにて良好	50
16	7月11日	発見	外調機(ACO-C2-1)の送風モーターの過熱を発見	左記を確認	7月11日工事会社に手配。8月26日モーター、ベルトを交換して良好となった	47
17	7月11日	申告	空調機(ACH-C5-2)の送風モーターの異常音と過熱を発見	左記を確認	7月11日工事会社に手配。8月26日モーター、ベルトを交換して良好となった	47
18	12月2日	発見	空調機室内で異常音	空調機ACI-O28-9より振動音のような音が出ている	最高周波数を42Hzに変更しその後経過を確認するも異常なし	41
19	6月7日	申告	空調の吹出しが強いので閉めて欲しい	希望する場所を確認	アネモ1カ所を全閉して申告者に確認してもらい完了とした	40
20	12月25日	アラーム	漏水警報が発報した	蒸気発生器で熱交換時に漏水したと思われる。12月28日増し締めしたがまだ漏れる	パッキン交換して止まる	35

## 6. むすび

保全記録に基づく故障・不具合の研究は、2013年1月発行の日本建築学会計画系論文集に掲載された論文「病院施設における保全記録データに基づく保全特性の把握」以来、対象を病院施設に移した。病院施設では事務所ビルの場合と比べさまざまな相違がある。特に発生件数原単位において顕著である。いずれ、病院施設の故障・不具合に関する一連の研究を本稿と同じようなスタイルでまとめることとしたい。

### [注記]

注1) 本稿に紹介する一連の研究には、小松正佳と著者による先行研究<sup>2,3)</sup>がある

注2) 「故障」とは、JIS信頼性用語の定義では「アイテムが規定の機能を失うこと」としている

注3) 発注者の求める性能を明確化できれば、保全、管理業務を性能発注とすることができる。近年注目を集めているSLA/KPI (Service Level Agreement/Key Performance Indicator) は、このようなことを意図していると考えられる。性能とは、管理と保全の業務の意義を実現する程度と解釈することができよう。この報告では、意義を実現するために有効なさまざまな業務をどの程度の水準で実施するか、あるいは実施するかしないかの選択を、「意義の実現の程度の設定」の代替とすることにした。すなわち、分類した業務の意義を個々に明らかにし、その業務品質水準あるいはそれを実施するか否かを決めて契約における受注側のコミットメントとする方法を提案した。この方法のために体系的、網羅的に整理したコミットメント選択肢を資料化した。オフィスビルの建築設備の保全と管理を対象としている

### [参考文献]

- 1) 高草木明, 西千春, 本田精一, 小泉幸秀: 建築設備の保全と管理の契約のための業務品質水準設定方法, 日本建築学会技術報告集, 第25号, pp.197~202, 2007.6
- 2) 小松佳正, 高草木明: 事務所建物における不具合発生と常駐管理者による対応の実態に関する調査研究, 日本建築学会計画系論文集, No.540, pp.259~265, 2001.2
- 3) 小松佳正, 高草木明: 中小規模事務所ビルにおける不具合発生と建物管理者による対応の実態に関する調査研究, 日本建築学会環境系論文集, No.574, pp.161~168, 2003.12
- 4) 高草木明, 大澤昌志, 佐々木有生: 大規模事務所建物の保全現場における繁忙状況の故障・不具合修復に要する時間への影響に関する研究, 日本建築学会計画系論文集, No.616, pp.145~151, 2007.6
- 5) 高草木明, 大澤昌志, 町田勝美: 大規模事務所ビルにおける保全記録データに基づく建築電気設備の信頼性に関する研究, 電気設備学会誌, Vol.28, No.12, pp.954~961, 2008.12
- 6) 高草木明, 大澤昌志, 吉野大輔, 永峯章: 大規模事務所ビルにおける保全記録データに基づく空調・衛生設備の信頼性に関する研究, 空気調和・衛生工学会論文集, No.155, pp.1~10, 2010.2
- 7) 高草木明, 町田勝美, 大澤昌志: 大規模事務所建物における故障・不具合の発生件数の特性と外注の場合を含む修復所要日数に関する研究, 日本建築学会計画系論文集, No.638, pp.897~904, 2009.4
- 8) 千明聰明, 高草木明, 須藤美音, 永峯章: 事務所ビルにおける修復期間の長い故障・不具合の特徴に関する調査研究, 日本環境管理学会, 環境の管理, 第73号, pp.9~17, 2011.11



たかくさぎ あきら  
高草木 明

EHS&S 研究センター研究アドバイザー  
建物・設備の保全研究に従事  
博士(工学), 技術士(衛生工学), 設備設計一級建築士, SHASE技術フェロー(LCM技術)  
日本建築学会, 空気調和・衛生工学会, 電気設備学会, 日本環境管理学会会員  
2003年日本建築学会賞受賞  
元NTT建築総合研究所(現 NTTファシリティーズ総合研究所)取締役, 前 東洋大学理工学部建築学科教授  
(現在, 日本メックス株式会社特別顧問)

## Synopsis

### Series of Studies pertaining to the Occurrence of Failures and Troubles and Maintenance Systems in Office Buildings

Akira TAKAKUSAGI

This paper presents some of the insights obtained by the author regarding research into large-scale office building from studies that have been ongoing since 2006 pertaining to the occurrence of failures and troubles in buildings.

A wide range of failures and troubles begin to occur in buildings from the very day they are put into use after the completion of their construction. The term “failure” is defined in “Glossary of terms used in dependability” of JIS and refers to phenomena originating in facilities and equipment that impede functions. Maintenance personnel are permanently deployed in large-scale buildings and are dispatched to take appropriate action even in cases of the occurrence of troubles that cannot be considered to be failures.

The purpose of an architectural structure is not to be admired as a work of sculpture, but rather to be put to practical use. The world of architecture shows little interest in the subject of failures or troubles that can impede usage of such architectural structures. An understanding of such failures and troubles can be regarded as one element in the formation of basic awareness regarding architecture. However, this basic awareness is not shared as knowledge in the field of architecture and this also represents a problem from the economical aspect.

It goes without saying that coping with failures and troubles on a daily basis is an important part of the duties of building maintenance personnel and, in many instances, full records of such tasks are preserved on site. However, there are almost no examples of maintenance personnel performing work such as analyzing or publicizing such records, or providing the results of these activities to researchers. Therefore, in the present situation, because of the lack of basic materials, it cannot be said that adequate rationality is ensured in the establishment of a quality level of maintenance work and maintenance systems compatible with the actual state of occurrence of failures and troubles as well as in maintenance planning including inspection cycles.

The series of studies presented in this paper addresses the awareness of issues such as the above.

Based on the five papers already presented, this paper discusses the four themes listed below.

- The impact of busy on-site status on the quality of maintenance
- Reliability analysis based on maintenance record data (Electrical, air-conditioning and sanitation facilities)
- Features of occurrence of failures and troubles and term for restoration in large-scale office buildings
- Characteristics of failures and troubles that take long term for restoration in office buildings